



İSTANBUL  
SANAYİ ODASI



# İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve SU YÖNETİMİ: Sanayi Sektörü Raporu

ÖNE ÇIKAN BULGULAR





İSTANBUL  
SANAYİ ODASI

---

## Proje Ekibi

---

Prof. Dr. İzzet Öztürk (Koordinatör)  
Prof. Dr. Ayşe Gül Tanık  
Prof. Dr. Fatoş Germirli Babuna  
Prof. Dr. Ömer Lütfi Şen  
Prof. Dr. Güçlü İnel  
Prof. Dr. Lütfi Akca (SUEN)  
Doç. Dr. Mustafa Evren Erşahin  
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Cüceloğlu (GTÜ)  
Dr. Öğr. Üyesi Türker Türken  
Araş. Gör. Elif Zeynep Deneri  
Araş. Gör. Serra Selin Övez  
Araş. Gör. Cansu Delibaş

---

## İstanbul Sanayi Odası (İSO) Ekibi

---

Burçin Değirmencioğlu  
Erbil Büyükbay  
Özlem Ercan  
Özge Güven

---

## © 2024, İSO

---

Tüm hakları saklıdır. Bu eserin tamamı ya da bir bölümü, 4110 sayılı Yasa ile değişik 5846 sayılı FSEK'nu uyarınca, kullanılmadan önce hak sahibinden 52. Maddeye uygun yazılı izin alınmadıkça, hiçbir şekil ve yöntemle işlenmek, çoğaltılmak, çoğaltılmış nüshaları yayılmak, satılmak, kiralanmak, ödünç verilme, temsil edilmek, sunulmak, telli/telsiz ya da başka teknik, sayısal ve/veya elektronik yöntemlerle iletilmek suretiyle kullanılamaz.

Rapor Tasarım: Sonntag Agency  
2024

ISBN: 978-625-6720-07-7 (Elektronik)

Meşrutiyet Cad. No:63, 34430 Beyoğlu/İSTANBUL  
Telefon: (0212) 252 29 00 (Pbx) Faks: (0212) 249 50 84 - 293 43 98  
info@iso.org.tr

İKLİM  
DEĞİŞİKLİĞİ ve  
SU YÖNETİMİ:  
Sanayi Sektörü  
Raporu

---

2024

ÖNE ÇIKAN BULGULAR

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	08
GİRİŞ	12
KISALTMALAR	16
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'NİN SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	18
TÜRKİYE VE İSTANBUL'DA SEKTÖREL SU KULLANIMI	30
SANAYİDE TEMİZ ÜRETİM VE İLERİ ARITMA TEKNOLOJİLERİ	46
1. Suya Bağımlı Sektörlerin Dağılımı	46
2. Güncel Atıksu Arıtma Teknolojileri	49
3. Sanayide Temiz Üretim ve Öncelikli Sektörlere Özgü Atıksu Arıtma Teknolojileri	56
SANAYİ İÇİN İKLİM DUYARLI YOL HARİTASI	64
1. İklim Değişikliğinin Sanayi Sektörü ve Alt Sektörlerinde Yol Açması Beklenen Risk ve Tehlikeler	67
2. Sanayi Sektöründe İklim Değişikliği Etkilerinin Azaltılması ve Uyum Süreci Politikaları	69
3. Sanayi İçin İklim Duyarlı Bütüncül Anlayışa Dayalı Su-Atıksu Yönetimi -Yol Haritası	73



# ÖNSÖZ



## **Erdal BAHÇIVAN**

İstanbul Sanayi Odası  
Yönetim Kurulu Başkanı

Hiç şüphesiz “su” dünyanın en değerli varlığı. Sürekli bir döngü içerisinde ama sonsuz bir kaynak değil. Erişilebilir tatlı su kaynakları, dünyanın toplam su varlığının %1,2’sinden bile daha az. Onu besleyen ve depolayan nehirler, göller, sulak alanlar ve yeraltı su kaynaklarına yeterince değer verilmemesinin bir nevi “su körlüğü”nün büyük bedelleri oldu ve olacak. Dünyamız giderek kötüleşen su kriziyle karşı karşıya. Milyarlarca insan hâlâ temiz suya erişimden yoksun, gıda güvenliği tehdit altında, tarım ve sanayiye yönelik su riskleri artıyor. İklim değişikliğinin dünyanın hidrolojik sistemine verdiği zarar sebebiyle artan nüfus ve kentleşme, su kaynaklarına ek baskı oluşturuyor. Zira çağımızda iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin %80’i su izini taşıyor.



## Çağımızda iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin %80'i su izini taşıyor.

Başlıca doğal kaynaklarımızdan olan tatlı suyun tek kaynağı yağışlar. Ancak bugün iyice hissedilir hale gelen iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde yol açtığı olumsuzluklardan, bulunduğu coğrafi konum itibariyle, ülkemiz de önemli ölçüde etkilenmektedir. Kısıtlı su kaynaklarımızın iklim etkisi sonucu azalmaya yüz tutmasıyla birlikte Türkiye, su stresi yaşayan ülkeler arasına girmiştir. Oysa ki su tüm canlıların ihtiyacı olduğu gibi tarım ve sanayi de suya bağımlı sektörlerdendir. Hâl böyle iken, günümüzde her sektörde su verimliliğinin sağlanması önem arz etmekte olup, ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığımız tarafından 31 Ocak 2023 tarihinde başlatılan Su Verimliliği Seferberliği çalışmaları kapsamında sanayide su verimliliği çalışmaları hızlandırılmıştır.

Sanayicilik güven sağlama, iletişim kurma, her an öğrenme, şartlara hızlı uyum sağlama, yol boyunca yeni yatırımlarla kendini yenileme gerektiren bir yolculuktur. İstanbul Sanayi Odası, sanayinin önemli bir temsilcisi olarak gelecek kaygısı taşıdığını ve ortak bir kaynağın en verimli şekilde kullanılmasında gerekli hassasiyete sahip olduğunu sürdürülebilirlik alanında yürüttüğü tüm faaliyetlerle göstermektedir.

Ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesi beklenen bölgeler arasındadır. Yapılan bilimsel çalışmalar, Türkiye geneli için 2020-2100 dönemlerinde, özellikle 2070 sonrası, ortalama sıcaklıkların 2,5~5°C artacağını ve toplam yağış miktarının %10~20 azalacağını belirtir-

# ÖNSÖZ

ken, İstanbul'a su temin edilen mevcut ve potansiyel su kaynaklarının verimliliklerinin ise %30 oranında azalacağını göstermektedir.

Ülkemizde su kullanımının sektörel dağılımına bakıldığında sırasıyla %77 tarımsal sulama, %12 içme-kullanma suyu (hizmetler sektörü dahil) ve %11 ile sanayi su ihtiyacı gelmektedir. İSKİ verilerine göre, sanayi sektörünün, İstanbul'un 2023 yılı toplam atıksuyu içindeki payı %1,6, kirlilik yükü içindeki payı ise %1,1 civarında. Bu veriler, mevcut ve gelecekteki durum itibarıyla sanayi sektörü atıksu debi ve kirlilik yüklerinin İstanbul kaynaklı kirlilik deşarjlarında belirleyici veya kritik boyutta olmadığını göstermekle birlikte "sürdürülebilir üretim" anlayışının bir yansıması olarak özellikle bu raporda temiz üretim ve ileri atıksu geri kazanımı konuları detaylı olarak ele alınmaktadır.

"Su ve Atıksu Yönetimi"; işletmeleri, akademiye, yerel yönetimleri ve hükümetleri ortak su sorununa kalıcı çözümler bulmak için bir araya gelmeye çağırarak bir kaynak yönetimi ve yönetim paradigmasıdır. Temiz üretim ve döngüsel atıksu yönetimi anlayışının uygulanması ile arıtılmış endüstriyel atıksuların %50-70'lere varan oranlarda yeniden kullanımı mümkün olabilecek; özgül su, enerji ve kimyasal madde kullanımlarında önemli oranlarda ekonomi sağlanarak sanayi sektörünün su, karbon ve enerji ayak izlerinde, uluslararası rekabette pozitif ayrışmaya imkân verecek mertebelerde azaltımlar elde edilebilecektir.

İstanbul Sanayi Odası olarak üniversite – sanayi işbirliğine yönelik çalışmalarımız kapsamında, üniversitelerimizde üretilen akademik bilginin stratejik kararlarda bizlere yol gösterici olmasını önemsiyoruz.

**“Su ve Atıksu Yönetimi” işletmeleri, akademiye, yerel yönetimleri ve hükümetleri ortak su sorununa kalıcı çözümler bulmak için bir araya gelmeye çağırarak bir kaynak yönetimi ve yönetim paradigmasıdır.**

Bu doğrultuda, İstanbul Teknik Üniversitesi akademisyenleri tarafından hazırlanan “İklim Değişikliği ve Su Yönetimi: Sanayi Sektörü Raporu”, içerdiği akademik bilginin yanı sıra ilgili tüm paydaşlarımızdan gelen bilgi ve görüşleri de içerecek şekilde bütüncül bir yaklaşımla hayata geçirildi.

Türkiye Bilimler Akademisi Şeref Üyesi ve İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü akademisyenlerinden Prof. Dr. İzzet Öztürk başta olmak üzere bu raporun hazırlanmasında emeği geçen kıymetli akademisyenlerimize ve katkıda bulunan tüm paydaşlarımıza teşekkürlerimi sunuyorum, üzerinde titizlikle çalışılan bu raporun sanayimize ve tüm paydaşlarımıza faydalı olmasını ümit ediyorum.

**Erdal BAHÇIVAN**

İstanbul Sanayi Odası  
Yönetim Kurulu Başkanı

# GİRİŞ

Su, yaşam için olmazsa olmazdır, bununla birlikte yağmur ise başlıca doğal kaynaklarımızdan olan tatlısuyun tek kaynağıdır. Son zamanlarda, su kaynakları üzerindeki iklim değişikliğinin etkileri, coğrafi konumu nedeniyle ülkemizde de önemli ölçüde hissedilmeye başlamıştır. Bu olumsuz iklim etkisi, sınırlı su kaynaklarımızın azalmasına ve Türkiye'nin su stresi yaşayan ülkeler arasına girmesine neden olmuştur.

Su tüm canlılar kadar, çeşitli sektörler tarafından da kullanılmaktadır. Her geçen gün artan sanayileşme ve nüfus ile birlikte, suya olan talep artmaktadır. Bu durum, su kaynaklarının yönetilmesi ve korunması ihtiyacını daha da ön plana çıkarmaktadır. Su verimliliğinin her sektörde artırılması gerekliliği bu bağlamda önem kazanmakta, Türkiye genelinde su seferberliği kapsamında sanayi sektöründe su

kullanımının daha verimli hale getirilmesine yönelik çalışmalar ivme kazanmaktadır.

İstanbul Sanayi Odası için İstanbul Teknik Üniversitesi'nin alanında uzman akademisyenleri tarafından hazırlanan "İklim Değişikliği ve Su Yönetimi: Sanayi Sektörü Raporu", iklim ve hidrolojik modelleme ile mevcut durum analizlerini takiben Türkiye, Marmara Havzası ve İstanbul'da gelecek dönem projeksiyon sonuçlarına değinmektedir. Raporun amacı sanayici-mize öncelikle iklim değişiminin su kaynakları üzerine etkilerini anlatmak; İstanbul'da sanayi sektörünün su ihtiyacı, atıksu debileri ve karakteri, sanayi için alternatif proses suyu temin imkanları ile su arzı güvenliğinin iklim değişikliğine dirençliliğini artırıcı faaliyetleri açıklamak; sanayide temiz üretim ve su geri dönüşümüne imkan veren ileri atıksu arıtma teknolojilerine değinerek, sanayi sektöründe geleceğe yönelik

## İklim Değişikliği etkileri Türkiye'nin su stresi yaşayan ülkeler arasına girmesine neden oldu.

İklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve uyum süreci politikaları çerçevesinde sanayicilerimiz için iklime duyarlı su-atıksu yönetimi yol haritasını ortaya koymaktır.

Bu özet rapor ise çok kapsamlı çalışılan "İklim Değişikliği ve Su Yönetimi: Sanayi Sektörü Raporu"nda öne çıkan noktaları derlemektedir.

Rapor, Türkiye'nin su kaynaklarının korunması alanında karşı karşıya olduğu zorluklara dair kapsamlı bir değerlendirme sunarken, bu zorlukların üstesinden gelmek için multidisipliner bir yaklaşımın benimsenmesinin gerekliliğine işaret etmektedir. Sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin uygulanması konusunda bilgi ve fikir sağlayan rapor bu alandaki politika yapıcılar, sanayiciler ve diğer ilgili taraflar için değerli bir kaynak oluşturmaktadır.

# TABLULAR

<b>Tablo 1.</b> RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı Türkiye ortalama sıcaklık anomali değerleri (°C) (OSİB, 2016a)	23
<b>Tablo 2.</b> RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı Türkiye toplam yağış anomali değerleri (mm)	23
<b>Tablo 3.</b> Türkiye nehir havzaları hakkında genel bilgi (Ormanlık ve Su Şurası, 2017)	24
<b>Tablo 4.</b> Türkiye’deki bazı havzalarda su potansiyellerindeki değişim yüzdeleri (%) (Ozturk vd., 2013)	24
<b>Tablo 5.</b> Türkiye geneli için iklim projeksiyonlarına göre hidrolojik modellemeyle üretilen brüt su potansiyellerinin görölme olasılıkları (OSİB, 2016a)	27
<b>Tablo 6.</b> Türkiye’nin su ayakizi bileşenleri (WWF, 2014)	39
<b>Tablo 7.</b> İSKİ ile ilgili nehir havzalarına ilişkin bilgiler	41
<b>Tablo 8.</b> San Luis Potosi, Meksika Arıtılmış Kentsel Atıksuların Endüstriyel Amaçlı Kullanımı	54
<b>Tablo 9.</b> Türkiye’de tekstil atıksuyu geri kazanım örnekleri	59
<b>Tablo 10.</b> Gıda endüstrisinde geri kazanım amaçlı uygulanabilecek prosesler	61
<b>Tablo 11.</b> İklim Tehlikeleri	67
<b>Tablo 12.</b> Sektörel duyarlılık kriterleri, ağırlıklandırılması ve derecelendirilmesi (örnek çalışma)	68
<b>Tablo 13.</b> Uyum faaliyetlerinin sıralanabildiği ve sektörel analizlerin yürütülebileceği sektör ayırımları	71
<b>Tablo 14.</b> Ziyaret edilen tesislerde özgöl su tüketiminin AB Bref/MET (Temiz Üretim) dokümanları referans değerleri ile mukayesesi (TOB, 2024)	75

# ŞEKİLLER

Şekil 1. Kötümser senaryoya göre Türkiye’de (a) yüzyılın ortasını ve (b) yüzyılın sonunu temsil eden dönemler için sıcaklık değişimi (Sen, 2013)	22
Şekil 2. Gözlemlere göre Türkiye’de tarihsel dönemler için iklim değişikliği (Sen, 2013)	22
Şekil 3. İstanbul ili sınırları ve su temin edilen havzaları (Cüceloğlu, 2019)	25
Şekil 4. Marmara havzası iklim değişikliği projeksiyonlarına göre tahmin edilen toplam akış 30 yıllık ortalamaları (OSİB, 2016a)	25
Şekil 5. Havzalardaki toplam su potansiyelinin değişimi (Cüceloğlu, 2019)	25
Şekil 6. Marmara Havzası’nda iklim değişikliği projeksiyonlarına göre tahmin edilen yas potansiyelinin 30 yıllık ortalamaları (OSİB, 2016a)	26
Şekil 7. Havzalardaki su potansiyeli değişimi (Sen, 2013)	28
Şekil 8. İstanbul su temin sistemi (İMC, 1999)	28
Şekil 9. Evsel su kullanımının kullanım amaçlarına göre miktar dağılımı	36
Şekil 10. Sanayi tesislerinde su yeniden kullanım programı oluşturmada izlenilebilecek adımlar (ÇŞİDB, 2018)	36
Şekil 11. Türkiye’de üretimin ve tüketimin su ayakizi (WWF, 2014)	38
Şekil 12. Sektörlere göre kullanılan su miktarı oranları (TOB, 2023a)	48
Şekil 13. Sektörlere göre İSKİ içme ve atıksu havzalarına deşarj yapan işletme sayıları (İSKİ MP, 2022b).	49
Şekil 14. Sektörlere göre İSKİ içme ve atıksu havzalarına deşarj yapan işletmelerin günlük atıksu debi dağılımları (İSKİ MP, 2022b)	49
Şekil 15. Edward C. Little Su Geri Dönüşüm Tesisi (Lazarova, vd., 2013)	55
Şekil 16. İleri atıksu arıtma teknolojileri (Roy, vd., 2021)	57
Şekil 17: Metal endüstrisinde kullanılan başlıca arıtma yöntemleri (Shrestha vd., 2021).	63
Şekil 18. İklim değişikliğinin sanayi sektörü ve finansal yapı üzerindeki riskleri ve etkileri (WB, 2020)	66
Şekil 19. Halihazır durum analizi kapsamında EK-IV’teki anketle toplanacak veriler	74
Şekil 20. Sanayide su-atıksu yönetimi için önerilen yol haritası	76

# KISALTMALAR

**AAT:** Atıksu Arıtma Tesisleri

**AB:** Avrupa Birliği

**ABD:** Amerika Birleşik Devletleri

**AKM:** Askıda Katı Madde

**AKOSB:** Asım Kibar Organize Sanayi Bölgesi

**BESTÜ:** Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları

**ÇŞİDB:** Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

**DOSAB:** Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi

**TOB:** Tarım ve Orman Bakanlığı

**TMO:** Toprak Mahsulleri Ofisi

**MET:** Mevcut En İyi Teknikler

**ODTÜ:** Orta Doğu Teknik Üniversitesi

**RCP:** Temsili Konsantrasyon Rotaları (Representative Concentration Pathways)

**IPCC:** Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli

**İSKİ:** İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

**İMC:** İSKİ Master Plan Konsorsiyumu

**KOİ:** Kimyasal Oksijen İhtiyacı

**SKA:** Sürdürülebilir Kalkınma Amacı

**SSTP:** Sektörel Su Tahsis Planları

**SPD:** Su Politikaları Derneği

**SYGM:** Su Yönetimi Genel Müdürlüğü

**WWF:** Doğal Hayatı Koruma Vakfı

**YAS:** Yeraltı Suları





# İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'NİN SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Son yıllarda yaşanan iklim değişikliğinin gözle görülür etkileri, su gibi temel doğal kaynaklarımızın sürdürülebilir kullanımını özellikle önemli kılmaktadır. Bu kapsamda, 2023 yılı itibariyle Tarım ve Orman Bakanlığı'nın (TOB) öncülüğünde "Su Verimliliği Seferberliği" başlatılmıştır.

Küresel ve bölgesel düzeyde yapılan çalışmalar, ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinden en çok etkilenmesi beklenen alanlardan biri olduğunu ortaya koymaktadır. Ülkemizdeki farklı bölgeler üzerinde iklim değişikliğinin etkileri çeşitlilik gösterse de 2020 ile 2100 yılları arasında,

özellikle 2070 sonrasında, ortalama sıcaklıkların 2,5°C ile 5°C arasında artacağı ve yağış miktarının %10 ile %20 arasında azalacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca sıcak hava dalgaları, kuraklık ve taşkın gibi aşırı hava olaylarının sıklık, süre ve şiddetinde önemli artışlar öngörülmektedir.

Türkiye de iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmesi beklenen İspanya, İtalya, Yunanistan gibi Akdeniz ülkeleri arasında yer almaktadır.





Bu değişiklikler, hem iklim projeksiyonları sonuçlarıyla hem de ÷lkemizde yapılan hidro-meteorolojik gözlemlerle doğrulanmaktadır. Gerçekleştirilen iklim modelleme çalışmaları, mevcut değişimler hakkında tutarlı ve doğru tahminler sunarak, bu çalışmaların başarısını göstermektedir.

İklim değişikliği, dünya genelinde atmosferin ortalama sıcaklığının artmasına ve hidrolojik döngünün hızlanmasına yol açmıştır. Bu durum, yağış ve sıcaklık gibi meteorolojik parametrelerin dünya genelinde dağılımını etkilemektedir. Karasal alanlardaki değişimler,



## **%10-20 yağış oranında azalma**

---

÷lkemizdeki farklı bölgeler üzerinde iklim değişikliğinin etkileri çeşitlilik gösterse de 2020 ile 2100 yılları arasında, özellikle 2070 sonrasında, ortalama sıcaklıkların 2,5°C ile 5°C arasında artacağı ve yağış miktarının %10 ile %20 arasında azalacağı tahmin ediliyor.

## **%15-50 su potansiyelinde azalma**

---

Türkiye’de yapılan hidrolojik modelleme çalışmaları, 2020 ile 2100 yılları arasında su potansiyelinin %15 ile %50 oranında azalacağını öngörüyor.

## **%30 İstanbul’a su sağlayan kaynakların veriminde azalma**

---

İstanbul’a su sağlayan mevcut ve potansiyel su kaynaklarının verimlerinde 2020 ile 2050 yılları arasında %15, 2050 ile 2100 yılları arasında ise %30 oranında azalma bekleniyor.

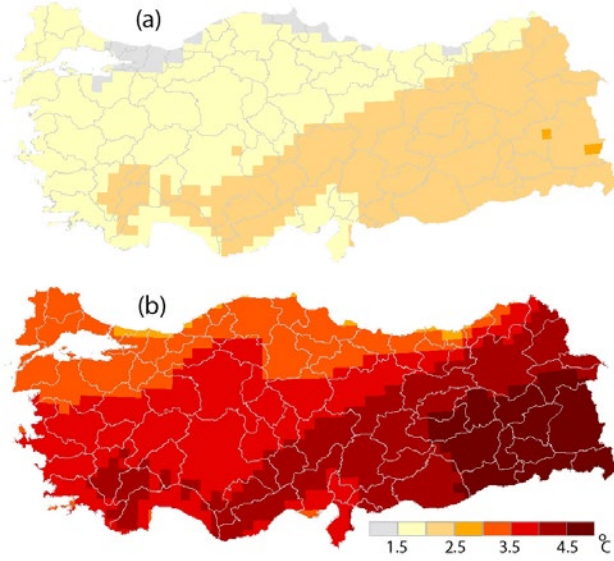


tatlısu kaynaklarının varlığını da etkilemekte, özellikle Akdeniz Havzası'nda yağışların azalması ve sıcaklıkların artması su kaynaklarının erişilebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Türkiye'de yapılan hidrolojik modelleme çalışmaları, 2020 ile 2100 yılları arasında su potansiyelinin %15 ile %50 oranında azalacağını öngörmektedir.

Türkiye'deki yıllık ortalama yağış miktarı geçmişe kıyasla aynı seviyede kalsa bile, özellikle buharlaşma ve terleme kayıplarındaki artış nedeniyle akarsu akışlarında %10'a varan azalmalar beklenmektedir. Su potansiyelin-

deki bu değişimler bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte, hidrolojik modelleme çalışmaları mevcut su kaynaklarının gelecekte daha verimli ve etkin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. İstanbul ve civarındaki su kaynakları üzerine yapılan modellemeler, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin bu yüzyılın ikinci yarısından itibaren, özellikle 2070 sonrası, ciddi boyutlara ulaşacağını göstermektedir. İstanbul'a su sağlayan mevcut ve potansiyel su kaynaklarının verimlerinde 2020 ile 2050 yılları arasında %15, 2050 ile 2100 yılları arasında ise %30 oranında azalma beklenmektedir.

**Şekil 1:** Kötümser senaryoya göre Türkiye’de (a) yüzyılın ortasını ve (b) yüzyılın sonunu temsil eden dönemler için sıcaklık değişimi (Sen, 2013)



## Sıcaklık Artışının Etkileri

Türkiye genelinde yapılan analizler, sıcaklık artışlarının, yağış miktarlarında önemli bir değişiklik olmamasına rağmen, su havzalarını besleyen akarsu akışlarında önemli düzeylerde azalmalara yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Bu durum, su kaynaklarının yönetiminde yeni stratejilerin ve adaptasyon çabalarının geliştirilmesini gerektirmektedir.



**Şekil 2:** Gözlemlere göre Türkiye’de tarihsel dönemler için iklim değişikliği (Sen, 2013)



## Türkiye genelindeki iklim değişimi modellemesi sonuçlarına göre ortalama sıcaklıklar artarken, yağışlarda mevsim normallerinden saplamalar görülecek.

**Tablo 1:** RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı Türkiye ortalama sıcaklık anomali değerleri (°C) (OSİB, 2016a)

Dönem	HadGEM2-ES	MPI-ESM-MR	CNRM-CM5.1
2015-2020	1,2 (1,7)*	0,4 (0,6)	1,0 (0,8)
2021-2030	1,7 (1,7)	0,9 (0,8)	0,6 (1,0)
2031-2040	2,1 (2,2)	1,3 (1,1)	0,9 (1,2)
2041-2050	2,3 (2,7)	1,2 (1,7)	1,1 (1,5)
2051-2060	2,6 (3,2)	1,6 (2,4)	1,5 (2,3)
2061-2070	3,0 (4,1)	1,7 (2,8)	1,5 (3,0)
2071-2080	2,9 (4,5)	1,8 (3,3)	1,9 (3,1)
2081-2090	3,1 (5,3)	1,8 (3,8)	2,0 (3,6)
2091-2100	3,4 (5,9)	2,0 (4,5)	2,5 (4,3)

(\*) Parantez içinde verilen değerler RCP8.5 senaryosu sonuçlarını göstermektedir.

**Tablo 2:** RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı Türkiye toplam yağış anomali değerleri (mm)

Dönem	HadGEM2-ES	MPI-ESM-MR	CNRM-CM5.1
2015-2020	9,20 (-17,20)	0,50 (-29,80)	41,40 (-10,40)
2021-2030	-1,10 (17,20)	-15,50 (5,50)	5,40 (-27,40)
2031-2040	-23,70 (-1,40)	-27,30 (4,00)	24,10 (-11,20)
2041-2050	-2,60 (-16,00)	10,60 (19,70)	32,10 (-13,50)
2051-2060	-24,20 (-42,50)	-7,70 (-30,10)	19,50 (-36,00)
2061-2070	-53,70 (-58,60)	-17,80 (-62,50)	-18,00 (-19,90)
2071-2080	21,20 (-33,30)	-28,10 (-44,30)	23,00 (-30,10)
2081-2090	-13,90 (-6,70)	-11,30 (-40,30)	0,30 (1,80)
2091-2100	-51,00 (-61,50)	-19,00 (-54,60)	-7,20 (-14,90)

(\*) Parantez içinde verilen değerler RCP8.5 senaryosu sonuçlarını göstermektedir.

## İstanbul ve İlişkili Nehir Havzaları

İstanbul'a su temin eden havzalardaki modellemeler, yüzyılın son çeyreğinde, iklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışları ve yağış düzenindeki değişikliklerin su potansiyelinde önemli düşümlere yol açacağını göstermektedir. Özellikle RCP8.5 senaryosu altında, mavi su potansiyellerinde %28 ile %49, yeşil su (toprak nemi)'da %16 ile %22, ve yeraltı suyu beslenmesinde %33 ile %41 arasında azalmalar öngörülmektedir. İstanbul ve çevresindeki yüzeysel su kaynaklarının verimlerinde ciddi azalmalar beklenmekte, bu durum su kaynaklarının özenli korunmasını ve etkin talep yönetimini zorunlu kılmaktadır.

**Tablo 3:** Türkiye nehir havzaları hakkında genel bilgi (Ormancılık ve Su Şurası, 2017)

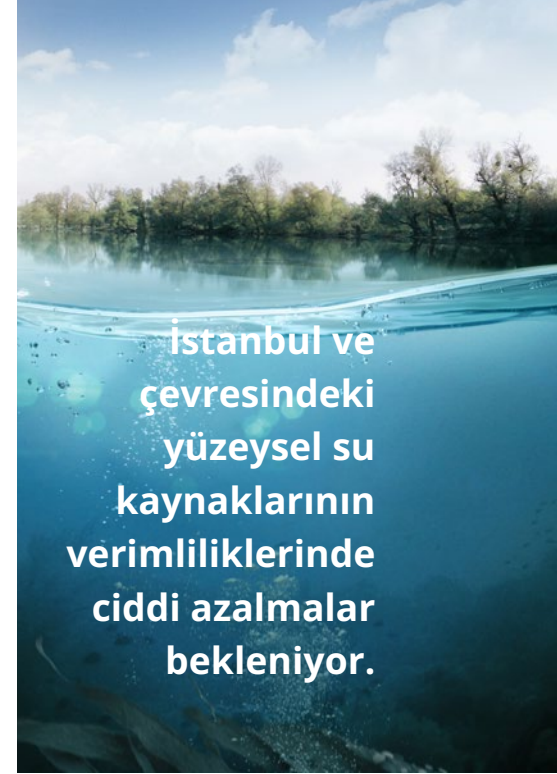
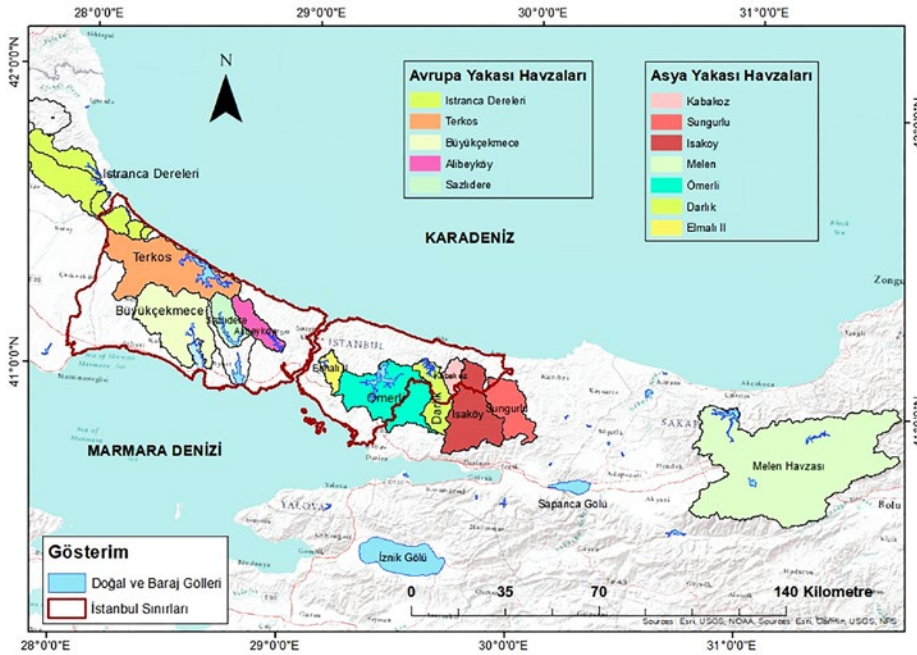
Havza Adı	Yağış Alanı		Yıllık Ortalama Akış (Yüzeysel Su Potansiyeli)		Yıllık Ortalama Verim
	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>3</sup> )	(%)	(l/s/km <sup>2</sup> )
Akarçay	7.605	1	0,49	0,3	1,9
Antalya	19.577	2,5	11,06	5,9	24,2
Aras	27.548	3,5	4,63	2,5	5,3
Asi	7.796	1	1,17	0,6	3,4
Batı Akdeniz	20.953	2,7	8,93	4,8	12,4
Batı Karadeniz	29.598	3,8	9,93	5,3	10,6
Burdur Gölü	6.374	0,8	0,50	0,3	1,8
Büyük Menderes	24.976	3,2	3,03	1,6	3,9
Ceyhan	21.982	2,8	7,18	3,9	10,7
Çoruh	19.872	2,6	6,30	3,4	10,1
Doğu Akdeniz	22.048	2,8	11,07	6	15,6
Doğu Karadeniz	24.077	3,1	14,90	8	19,5
Ergene	14.560	1,9	1,33	0,7	2,9
Fırat-Dicle	184.918	23,7	52,94	28,5	8,3
Gediz	18.000	2,3	1,95	1,1	3,6
Kızılırmak	78.180	10	6,48	3,5	2,6
Konya Kapalı	53.850	6,9	4,52	2,4	2,5
Kuzey Ege	10.003	1,3	2,09	1,1	7,4
Küçük Menderes	6.907	0,9	1,19	0,6	5,3
Marmara	24.100	3,1	8,33	4,5	11
Sakarya	58.160	7,5	6,40	3,4	3,6
Seyhan	20.450	2,6	8,01	4,3	12,3
Susurluk	22.399	2,9	5,43	2,9	7,2
Van Gölü	19.405	2,5	2,39	1,3	5
Yeşilirmak	36.114	4,6	5,80	3,1	5,1
<b>Toplam</b>	<b>779.452</b>	<b>100</b>	<b>186,05</b>	<b>100</b>	<b>-</b>

**Tablo 4:** Türkiye'deki bazı havzalarda su potansiyellerindeki değişim yüzdeleri (%) (Ozturk vd., 2013)

Havza Adı	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Sakarya	21,48	-7,64	-47,32
Batı Karadeniz	20,77	-2,39	-46,45
Marmara	25,47	-3,74	-43,19
Akarçay	21,98	-12,07	-49,35
Konya Kapalı	18,13	-10,47	-44,28
Doğu Akdeniz	17,87	-9,08	-37,90
Seyhan	17,78	-8,96	-38,59

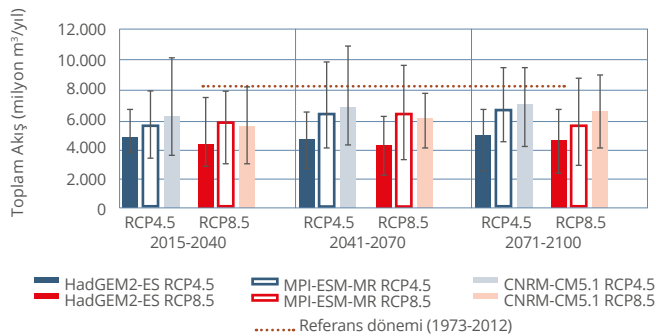


**Şekil 3:** İstanbul ili sınırları ve su temin edilen havzaları (Cüceloğlu, 2019)

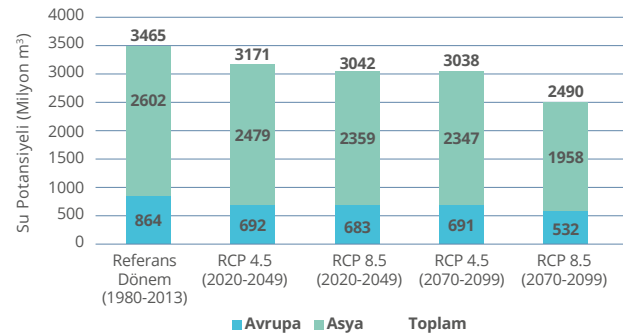


İstanbul ve çevresindeki yüzeysel su kaynaklarının verimliliklerinde ciddi azalmalar bekleniyor.

**Şekil 4:** Marmara havzası iklim değişikliği projeksiyonlarına göre tahmin edilen toplam akış 30 yıllık ortalamaları (OSİB, 2016a)



**Şekil 5:** Havzalardaki toplam su potansiyelinin değişimi (Cüceloğlu, 2019)



**İstanbul'un su ihtiyacının yaklaşık yüzde 97'si yüzeysel su kaynaklarından sağlanıyor.**

## %8-12

### oranında havza su potansiyellerinde azalma

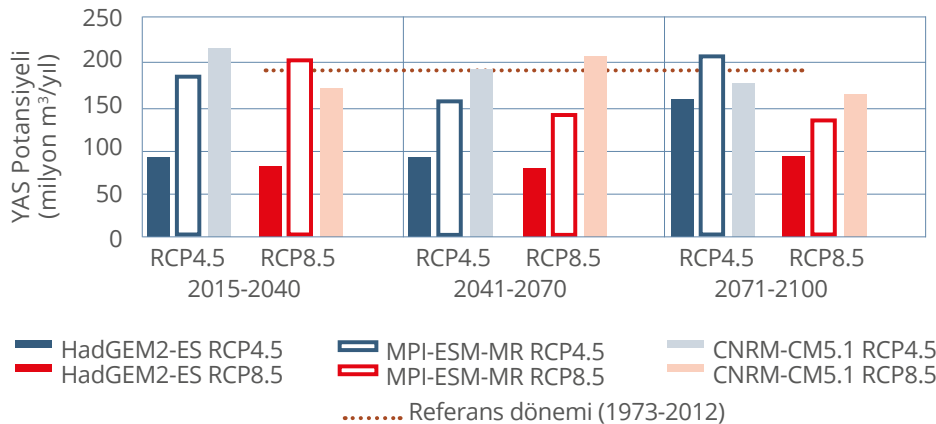
2025 - 2050 yılları arasında (yakın dönemde) İstanbul'a su temin edilen 17 havzadaki toplam su potansiyeli %8 ve %12 civarında azalabilir. Asya yakasında yer alan kaynaklar toplam su potansiyelinin %75'ini oluştururken, İstanbul nüfusunun ancak ~%35'i Asya'da yaşamaktadır.

## Yer Altı Suyu Potansiyeli

İklim değişikliği, Türkiye'nin su kaynakları üzerinde belirgin etkiler yapmaktadır. Marmara Havzası'ndaki akarsu akışlarında, farklı iklim modellerine göre, özellikle RCP8.5 (kötümser

senaryo) altında gelecek yıllarda %25 ile %49 arasında bir azalma beklenmektedir. Net yeraltı suyu yenilenebilirliği (YAS) potansiyeli de %20 ile %57 oranında azalacak şekilde etkilenecektir.

**Şekil 6:** Marmara Havzası'nda iklim değişikliği projeksiyonlarına göre tahmin edilen yas potansiyelinin 30 yıllık ortalamaları (OSİB, 2016a)





## Gelecekteki Su Potansiyelinin Dağılımı

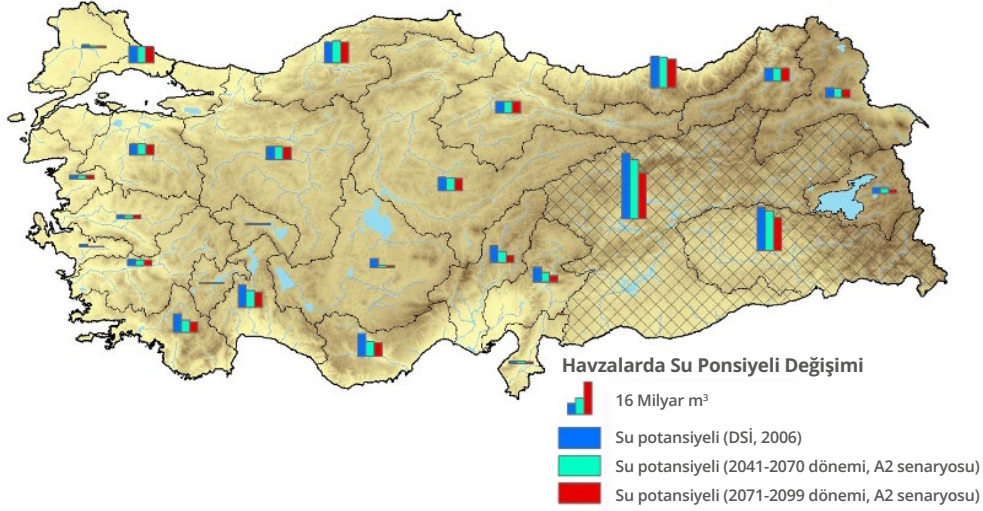
Türkiye için iklim modeli çıktılarına dayalı hidrolojik modelleme ile 2015-2100 dönemindeki 3 alt dönem için brüt su potansiyellerinin, referans dönemi değerine göre %40-45 (kötümser durum) azalacağı tahmin edilmektedir. İstanbul'a su temin edilen havzalardaki toplam su potansiyeli, farklı iklim senaryoları

altında, gelecek yıllarda önemli ölçüde azalacak şekilde etkilenecektir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için sırası ile %8 ve %12 civarında azalması öngörülmektedir. Bu azalmalar, İstanbul'un su temin sisteminde önemli değişiklikler ve su yönetimi stratejilerinde yenilikler yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

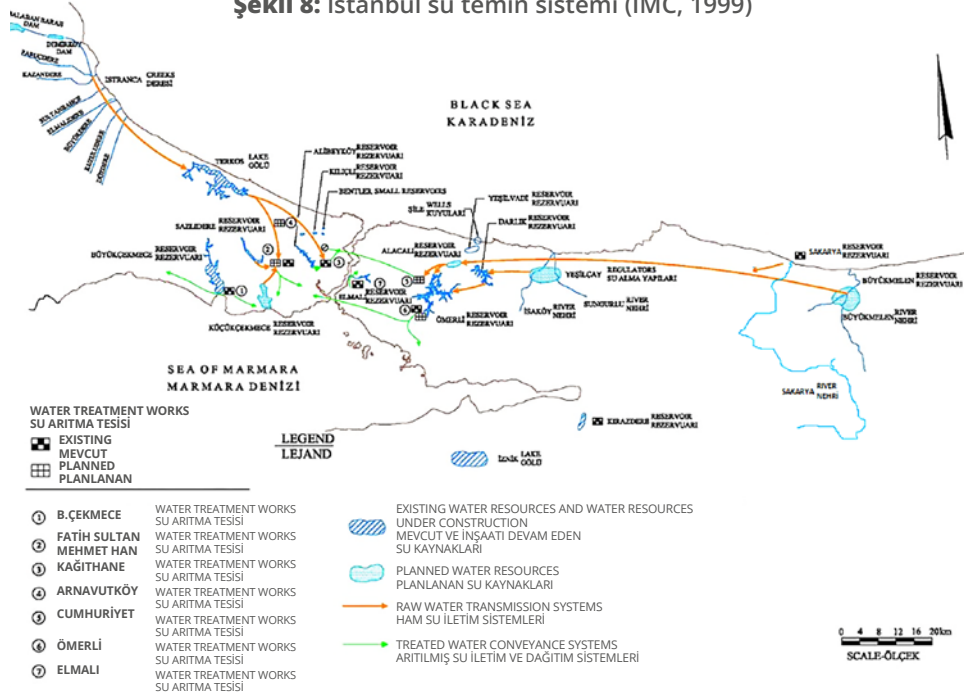
**Tablo 5:** Türkiye geneli için iklim projeksiyonlarına göre hidrolojik modellemeyle üretilen brüt su potansiyellerinin görülme olasılıkları (OSİB, 2016a)

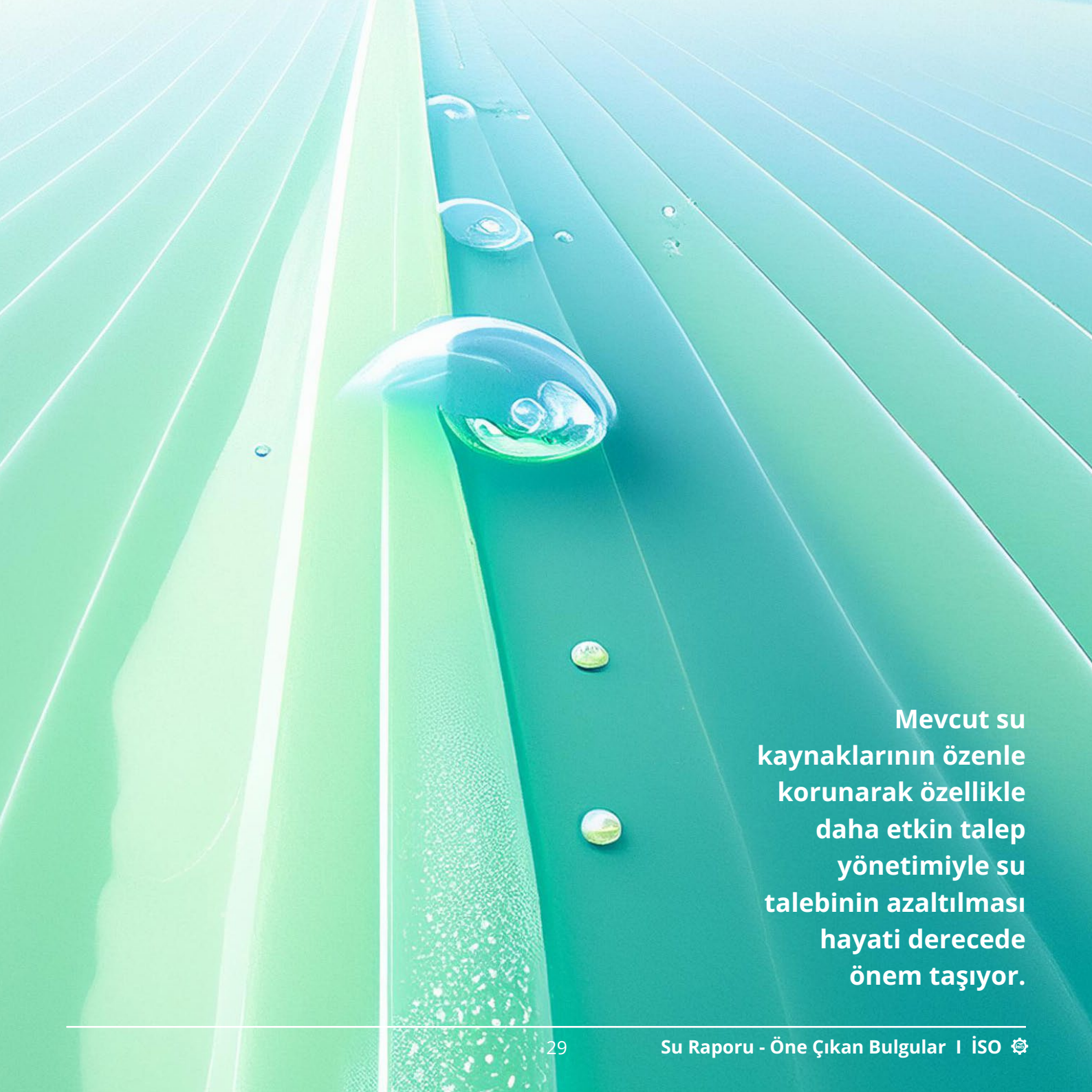
Projeksiyon Dönemi	Görülme Olasılığı (%)	Brüt Su Potansiyeli (milyon m <sup>3</sup> /yıl)						
		Referans Dönemi	HADGEM		MPI		CNRM	
			RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
2015-2040	50	193.499	117.508	118.864	169.903	174.607	169.353	156.950
	90	271.307	141.081	142.539	196.715	215.517	220.161	187.847
2041-2070	50	193.499	111.015	95.687	162.900	147.515	168.470	142.114
	90	271.307	140.465	132.900	212.991	219.495	215.963	178.743
2071-2100	50	193.499	117.363	107.045	153.613	135.158	161.939	156.869
	90	271.307	147.596	136.372	181.192	213.077	200.876	176.317

Şekil 7: Havzalardaki su potansiyeli değişimi (Sen, 2013)



Şekil 8: İstanbul su temin sistemi (İMC, 1999)





**Mevcut su kaynaklarının özenle korunarak özellikle daha etkin talep yönetimiyle su talebinin azaltılması hayati derecede önem taşıyor.**

# TÜRKİYE VE İSTANBUL'DA SEKTÖREL SU KULLANIMI

Türkiye'de su kullanımı ve yönetimi, içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarından başlayıp, ekosistem hizmetleri, tarımsal sulama, enerji ve endüstri suyu ihtiyaçlarına kadar geniş bir öncelik sırasına göre düzenlenmektedir. Ülkemizde su sektörü, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve yerel yönetimler gibi birçok kurum tarafından yönetilmekte olup, bu çerçevede karmaşık bir yapıya sahiptir.





**SU KULLANIMININ  
DÖRTTE ÜÇÜNDEN  
FAZLASI TARIM  
SEKTÖRÜNDE.**

Kurumsal çerçeveyi belirleyen ve su kullanımına yönelik hukuki düzenlemeler, su kaynaklarının etkin, adil ve sürdürülebilir kullanımını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Su yönetimi ve kullanımına ilişkin detaylı bir kurumsal ve hukuki çerçeve mevcuttur; Su Havzalarının Korunması, Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi ve İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunması gibi konularda birçok yönetmelik bulunmaktadır.

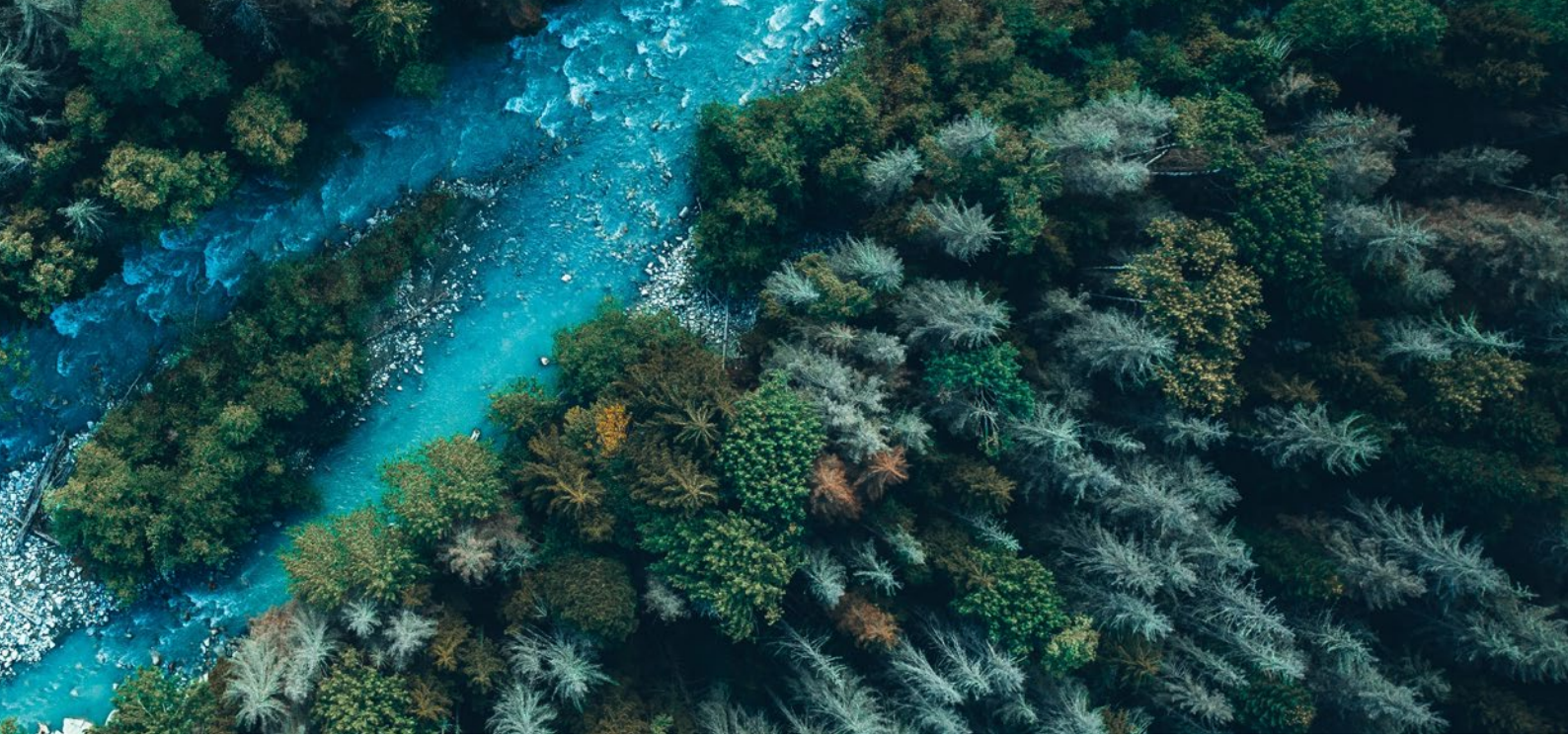
Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, ulusal stratejik planlamaların yanı sıra bölgesel su yönetimi çalışmalarını da içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. Ülkemizde su sektörünün kurumsal yapısı parçalıdır ve su kullanımı toplumun tüm kesimlerini ilgilendirmektedir. Hukuki altyapı olarak, Avrupa Birliği adaylık sürecinde kabul edilen Su Çerçeve Direktifi ilkelerine dayanarak ulusal su mevzuatımız ve ilgili yönetmelikler büyük oranda uyumlaştırılmış, zaman içinde gerekli revizyon ve güncellemeler yapılmıştır.



### **Suya Bağımlı Sektörlerle İlgili Güncel Durum**

Suya bağımlı sektörlerle ilgili mevcut durum, Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033) belgesinde ele alınmaktadır. Bu plan, su kaynaklarının etkin ve verimli kullanımını hedeflemekte, aynı zamanda suyun miktar ve kalite bakımından korunarak sadece insanların değil, aynı zamanda ekosistem duyarlılığı ile tüm canlıların gereksinimlerini dikkate alacak şekilde tüm sektörlerde akılcı, paylaşımcı, etkin, verimli ve hakkaniyetli kullanımını esas almaktadır.





**Su verimliliği yaklaşımı, suyun miktar ve kalitesinin korunup ekosistem duyarlılığı ile tüm canlıların gereksinimlerini dikkate alarak tüm sektörlerde akılcı, paylaşımcı, etkin, verimli şekilde ve hakkaniyetle kullanılmasını esas almaktadır.**

Türkiye’de su kullanımının sektörel dağılımına bakıldığında

**%77’si**  
tarımsal sulama

**%12’si**  
içme ve kullanma suyu

**%11’i**  
sanayi ihtiyaçları

### **Geleceğe Dönük Stratejiler**

Türkiye'nin su stratejisi, sürdürülebilir kalkınma hedefleri çerçevesinde, suyun tüm sektörlerde akılcı, paylaşımcı, etkin, verimli ve hakkaniyetli kullanılmasını temel almaktadır. Bu strateji, tarım, sanayi ve evsel kullanım başta olmak üzere, suyun sürdürülebilir yönetimini ve korunmasını hedeflemektedir.

Bu kapsamda alternatif kaynaklar arasında yağmur suyu hasadı, gri su yeniden kullanımı ve arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı önem kazanmaktadır. Sanayi tesisleri de dahil olmak üzere tüm bina tipolojilerinde alternatif su kaynakları olarak bina-içi ve dışı yağmur suyu hasadı ve gri suyun bina içerisinde arıtıldıktan sonra yeniden kullanımları günümüzde mümkündür ve teşvik edilmektedir.

**Ülkemizde su verimliliğinin suyu kullanan tüm sektörlerde yaygınlaştırılması maksadıyla ileriye dönük hedefler ve stratejilerinin belirlendiği ve Su Verimliliği Seferberliği kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından "Değişen İklimle Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033)" hazırlanmıştır**



## Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı

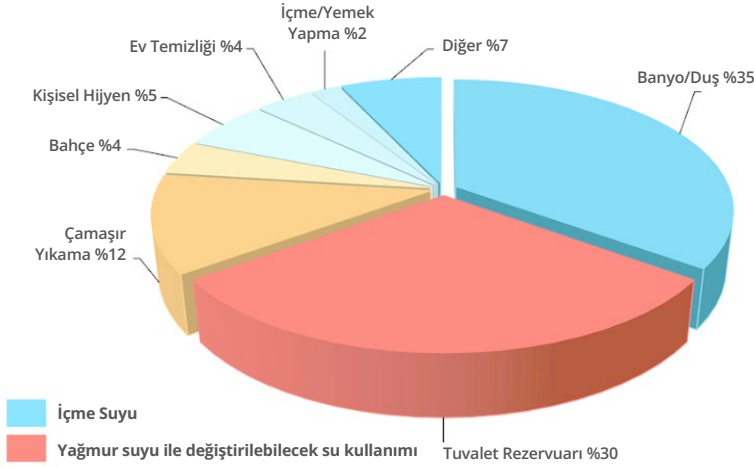
2021 yılı itibariyle ülkemizde arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı oranı %2,5'tir (SPD, 2021). Ancak son yıllarda yapılan projelerin uygulanması ile bu oran artmıştır. 2022 yılı için konulan %4 hedefine ise Temmuz 2022 itibariyle ulaşılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB)'nin projeksiyonlarında, arıtılmış atıksuların yeniden kullanım oranının 2023'te %5'e, 2030 yılında ise %15'e çıkarılması amaçlanmıştır.

## Akım Ayrımı, İkili Şebeke ve Yağmur Hasadı

TOB Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından yürütülen Su Kaynaklarında İklim Değişikliğine Uyum Projesi özellikle çeşitli bina tipolojilerinde gri su ve yağmur suyu hasadı konularında en güncel çalışma sonuçlarını içermektedir. Bu projenin en önemli 2 çıktısı yağmur suyu hasadı ve gri su kullanımı Rehber Dokümanlarıdır. Diğer suya bağımlı (içme-kullanma suyu, sanayi, turizm, vs.) sektörel kullanımlarda amaç deşarjların yapıldığı alıcı ortamın daha az kirletilmesi, kirliliğin

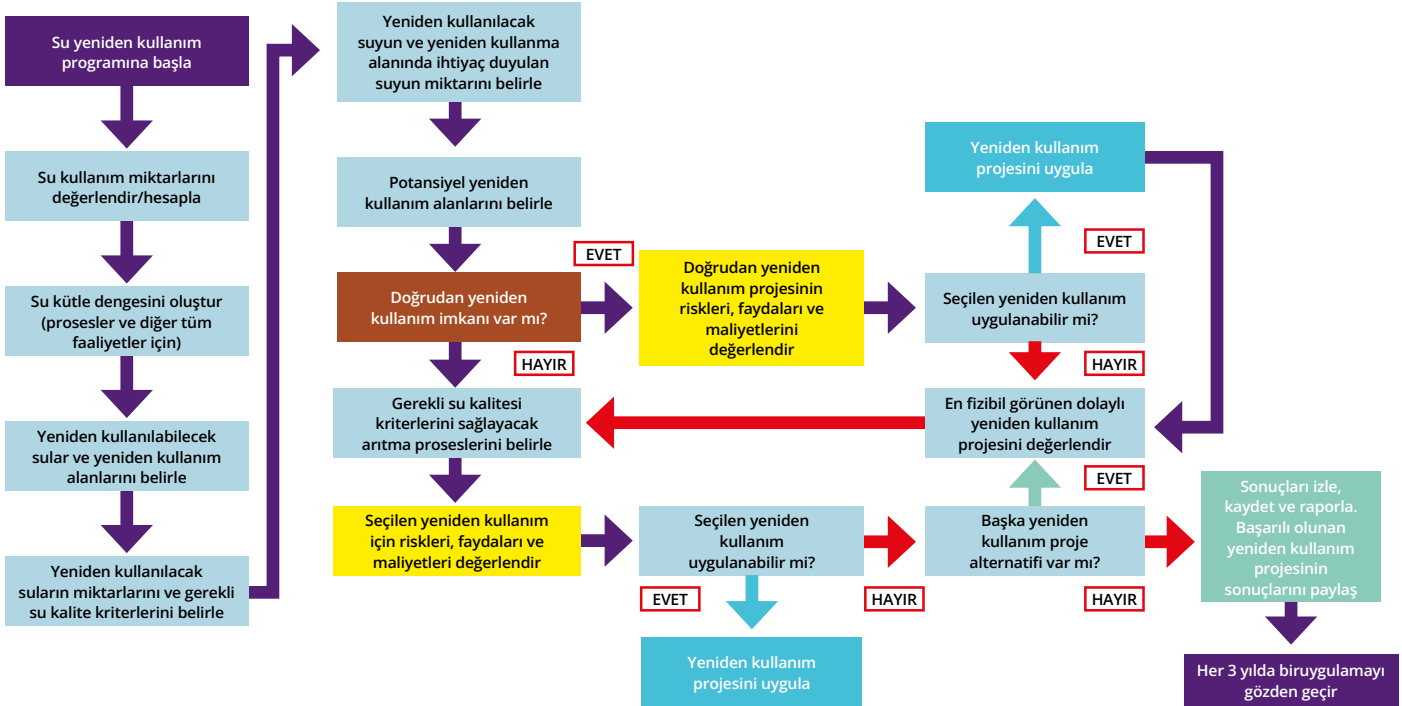
olabildiğince kaynakta kontrolü, yağmur suyu ve farklı kirlilik yükü taşıyan suların ayrı toplanması, tüm bina tipolojilerinde (mevcut ve planlanan mesken, spor kompleksi, otel, turizm merkezleri, kamu binaları, hastaneler, okullar, stadyum, alışveriş merkezleri, ofis binaları, havaalanları, sanayi tesisleri vb.) ikili tesisatın zorunlu olması ve evsel atıksuyun ayrı akımlar olarak toplanması, teknik ve ekonomik yapılabilirlik de gözetilerek, hedeflenmelidir.

**Şekil 9:** Evsel su kullanımının kullanım amaçlarına göre miktar dağılımı



Evsel atıksuların kaynak olarak değerlendirilmesi, önemli bir atıksu yönetim alternatifi sunuyor.

**Şekil 10:** Sanayi tesislerinde su yeniden kullanım programı oluşturmada izlenilebilecek adımlar (ÇŞİDB, 2018)



# %75

Hizmetler ve endüstriyel sektörlerin arasında yer alan enerji alt sektörü, söz konusu sektörlerin kullandığı toplam su miktarının yaklaşık %75'ini tek başına tüketmektedir.

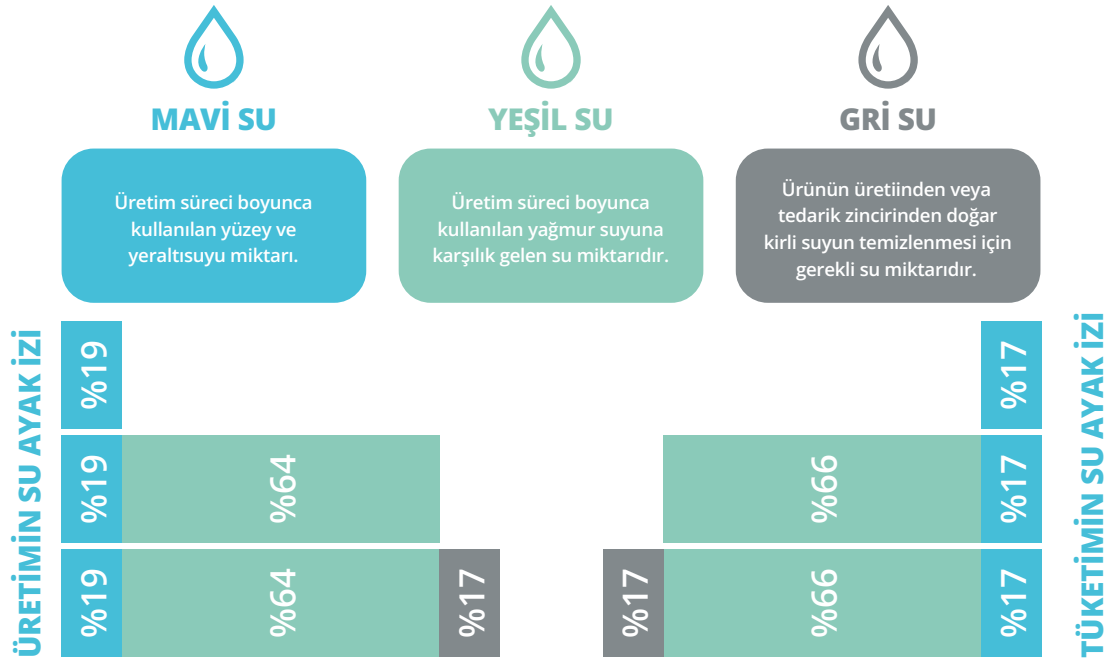
## **Sektörel Bazda Su-Katma Değer İlişkisi, Üretimin, Tüketimin, İthalat ve İhracatın Su Ayakizi**

Su kullanımına yönelik bir gösterge olan su ayakizi, bir mal veya hizmeti üretmek için gerekli tatlı su miktarının tüm tedarik zinciri içindeki ölçümünü ifade eder ve mavi, yeşil ve gri su ayak izlerinden oluşur. Üretim için ihtiyaç duyulan yerüstü ve yeraltı tatlı su kaynakları mavi su ayakizi; toplam yağmur suyu yeşil su ayakizi; üretimde oluşan kirlilik yükünün bertaraf edilmesi ya da azaltılması için kullanılan tatlı su miktarı ise gri su ayakizidir. Dünya ölçeğinde sektörel bazda su-katma değer ilişkisi, aralarında Türkiye'nin de yer aldığı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için AQUAS-TAT istatistiklerinden elde edilebilmektedir. Sektörel su kullanımında en yüksek katma değer, sanayi ve hizmetler sektörlerinde elde edilmektedir. Türkiye'de 2020'de endüstriyel su kullanımı ile sağlanan katma değer 232,75 ABD \$/m<sup>3</sup> iken hizmetler sektörünün su kullanımı ile yarattığı katma değer 83,31 ABD \$/m<sup>3</sup>'dir.

Hizmetler ve endüstriyel sektörlerin arasında yer alan enerji alt sektörü, söz konusu sektörlerin kullandığı toplam su miktarının yaklaşık %75'ini tek başına tüketmektedir. Enerji üretiminde çok miktarda tüketilen su, petrolün pompalanması, santrallerde kirlenici maddelerin temizlenmesi, türbinlerin çalışması için gerekli buharın üretimi ve santrallerin soğutulması gibi enerji üretiminin farklı aşamalarında kullanılmaktadır.

Tarımsal ya da endüstriyel bir ürünün üretim sürecinde kullanılan toplam su miktarı, o ürünlerdeki sanal su olarak adlandırılır. Sanal su kavramı, uluslararası veya bölgeler arası su akışlarının değerlendirilmesinde kullanılır. Bir ülke veya bir bölge bir ürünün ithal veya ihraç ediyorsa, suyu da sanal olarak ithal veya ihraç etmektedir. Bu da genel olarak sanal su ticareti olarak ifade edilmektedir (WWF, 2014).

Şekil 11: Türkiye’de üretimin ve tüketimin su ayakizi (WWF, 2014)



Küresel düzeyde sanal su ticaretine yönelik değerlendirmeler su kaynaklarının etkin yönetimi açısından önem kazanmaktadır. Sanal su ticaretinde en büyük miktarı %76’lık oran ile işlenmiş ve işlenmemiş bitkisel ürünler oluşturmaktadır. Hayvansal ürünler ile sanayi ürünlerinin sanal su ticaretindeki oranları %12 olarak belirlenmiştir (Durmuşlar, 2021).

Toplam sanal su ihracatında Amerika, Çin, Hindistan, Brezilya, Arjantin, Kanada, Avustralya, Endonezya, Fransa ve Almanya öne çı-

kan ülkeler olup bu ülkelerin sanal su ihracatı, küresel sanal su ticaretinin yarısını oluşturmuştur. Amerika, Pakistan, Hindistan, Avustralya, Özbekistan, Çin ve Türkiye ise mavi su ihracatında öne çıkmakta olup bu ülkelerin mavi su ihracatı küresel mavi su ticaretinin %49’una denk gelmektedir. Mavi su ihracatında öne çıkan ülkelerin kısmen su baskısı yaşayan ülkeler olması düşündürücüdür. Kısıtlı olan ulusal su kaynaklarının ihracat ürünlerinde kullanılması su kaynaklarının sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir.

**Tablo 6:** Türkiye'nin su ayakizi bileşenleri (WWF, 2014)

Üretimin su ayak izi	Bir ülke içerisinde üretilen tüm ürünler için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarıdır.
İhracatın su ayak izi (Sanal su ihracatı)	Bir ülkenin ihraç ettiği mal ve hizmetlerin üretimi için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarıdır.
İthalatın su ayak izi (Sanal su ithalatı)	Bir ülkenin ithal ettiği mal ve hizmetlerin üretimi için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarıdır.
Tüketimin su ayak izi	Ülke içerisinde tüketilen mal ve hizmetlerin üretimi için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarıdır.

### Su Ayakizi

Su ayakizi önümüzdeki dönemlerde su tüketimini ölçen en kapsayıcı gösterge olarak kabul edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında su ayakizinin yalnızca musluktan akan su, kaynaktan tarlaya alınan su ya da görünen su kullanımı olmadığını, aksine suyla ilgili doğrudan ve dolaylı, iç ve dış bütün tüketimlerin su ayak izine sebep

olduğu net bir şekilde görülmektedir. Su ayak izi yalnızca su tüketimimizi değil; satın aldığımız ürünlerin içeriğindeki su tüketimini, ithal ürünlerle birlikte başka coğrafyalarda sebep olduğumuz su ayak izini, gereksiz kullanımlarla birlikte küresel ölçekte başka insanların adil su hakkı üzerinde sebep olduğumuz ayak izi gibi görünmeyen su tüketimlerimizi de yansıtmaktadır.

Türkiye'de üretimin su ayakizi yaklaşık **139,6 milyar m<sup>3</sup>/yıl'dır.**

Üretimden kaynaklanan su ayakizinin;

**%64'ü**  
yeşil su ayakizi

**%19'u**  
mavi su ayakizi

**%17'si**  
gri su ayakizi

**%89'u**  
tarımdan

**%4'ü**  
endüstriden

**%7'si**  
evsel su kullanımından oluşmaktadır.

Türkiye'de tüketimin su ayakizi yaklaşık **140,2 milyar m<sup>3</sup>/yıl'dır.**

Tüketimden kaynaklanan su ayakizinin;

**%66'sı**  
yeşil su ayakizi

**%17'si**  
mavi su ayakizi

**%17'si**  
gri su ayakizi

**%89'u**  
tarımdan

**%6'sı**  
endüstriden

**%5'i**  
evsel su kullanımından oluşmaktadır.



### İstanbul'da Sektörel Su Kullanımı

İstanbul özeline gelindiğinde, nüfus yoğunluğu ve artış hızı itibariyle bu mega kentimizin Marmara Havzası'nda bulunmasına karşın bu havzada yerüstü sularını oluşturan büyük kapasiteli akarsular bulunmaması dolayısıyla, 2 komşu havzadan (Batı Karadeniz (Melen) ve Sakarya) su transferi ile ilave olarak beslendiği görülmektedir. 2022 yılında belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere temin edilen yerüstü su kaynaklarından dağıtılan su miktarının kaynaklara göre dağılımına bakıldığında, verilen suyun %60'ının barajlardan, %40'ının ise regülatörlerden ve kuyulardan karşılandığı görülmektedir.

### Su ayakızinin küçültülmesi için özel sektöre yönelik öneriler:

- Öncelikle su kaynaklarıyla ilişkili sorunları sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan değerlendirebilecek gelişmiş bir anlayışa sahip olmak.
- Tedarik zincirleri boyunca su kullanım miktarını, bunun etkisini ve risklerini belirlemek.
- Su ayak izini ölçerek hâlihazırda su kıtlığı yaşanan veya gelecekte yaşayabilecek havzalarda etkilerini azaltmak için harekete geçmek.
- Bir araya gelerek, doğa ve insanlar için temel hak olan suya erişimin güvence altına alındığı uluslararası sözleşmeleri desteklemek.
- Su ayakızinin etkilerini azaltmanın ötesine geçerek, su kaynaklarının sürdürülebilirliği amacıyla karar vericiler, diğer şirketler, akademisyenler ve sivil toplum kuruluşlarıyla ortak çalışmalar yürütmek.



Şehre verilen suyun %100'ü arıtmadan geçirildikten sonra dağıtılmaktadır. İSKİ Yeni Master Planı verilerine göre, sanayi sektörünün, İstanbul'un 2023 yılı toplam atıksuyu içindeki payı %1,6; kirlilik yükü içindeki payı ise %1,1 civarındadır (İSKİ, 2024). KOİ esaslı bu veriler, mevcut (ve gelecekteki) durum itibarıyla Sanayi Sektörü atıksu debi ve kirlilik yüklerinin İstanbul kaynaklı kirlilik deşarjlarında belirleyici veya kritik boyutta olmadığını göstermektedir. Temiz üretim ve döngüsel atık su yönetimi anlayışının kabul edilmesi ile arıtılmış endüstriyel atıksuların %50-70'lere varan oranlarda yeniden kullanımıyla özgül su, enerji ve kimyasal madde kullanımlarında önemli oranlarda ekonomi sağlanarak sanayi sektörünün su, karbon ve enerji ayak izlerinde, uluslararası rekabette pozitif ayrışmaya imkân verecek seviyelerde azaltımlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

**Tablo 7:** İSKİ ile ilgili nehir havzalarına ilişkin bilgiler

Havza Adı	Koordinatör Valilik	Havzada Bulunan Diğer İller
Meriç - Ergene	Tekirdağ	Edirne, Kırklareli
Marmara	İstanbul	Kocaeli, Çanakkale, Bursa, Tekirdağ, Yalova, Balıkesir, Kırklareli
Batı Karadeniz	Kastamonu	Zonguldak, Bolu, Düzce, Karabük, Bartın, Sinop, Çankırı, Sakarya

İstanbul'da toplam endüstriyel atıksuyun çoğunluğu sanayinin yoğun olduğu 6 atıksu havzasında (Tuzla, Yenikapı, Baltalimanı, Ataköy, Küçükçekmece ve Ambarlı) oluşmaktadır. Bu tesislerdeki proses suyunun, İSKİ içmesuyu şebekesinden alınan A kalite su (içme suyu) yerine, İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinde arıtıldıktan sonra dere veya denizlere deşarj edilen düşük kirlilikli atıksudan B kalite (alternatif) su olarak sağlanması düşünülmelidir. Mevcut durum itibarıyla, İSKİ'nin Paşaköy AAT çıkışında 100.000 m<sup>3</sup>/gün, Ataköy AAT çıkışında 20.000 m<sup>3</sup>/gün ve Ambarlı AAT çıkışında 25.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli, arıtılmış atıksuların endüstriyel ve peyzaj maksatlı kullanımını sağlayacak geri dönüşüm amaçlı 3. kademe atıksu arıtma tesisleri kurulmuş bulunmaktadır. Bu tesislerde üretilen B kalite kullanım suları, Tuzla OSB'ler ve Tersaneler Bölgesi, Yenibosna sanayi tesisleri bölgesi ve İkitelli OSB ile Ambarlı Sanayi tesisleri bölgelerindeki fabrikalara, gerekli Mor/Turuncu şebekeler tesis edilmek suretiyle hızlı bir şekilde ulaştırılabilir. İSKİ halen, geri dönüşüm amaçlı

# %64

İstanbul'da sanayinin yoğun olduğu 6 atıksu havzasında (Tuzla, Yenikapı, Baltalimanı, Ataköy, Küçükçekmece ve Ambarlı) toplam endüstriyel atıksuyun %64'ü oluşmaktadır.



arıtılmış atıksuyu tankerlere ~0,07 \$/m<sup>3</sup> bedelle satmaktadır. İSKİ'nin ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri çıkış sularına, geri dönüşüm için ilave 3. kademe arıtma ve dezenfeksiyon uygulanması sonrası, su kalitesi daha da iyileştirilerek endüstriyel proses suyu olarak kullanıma çok daha uygun hale getirilmiştir.

Proses dışı ihtiyaçlar için su kullanımının yüksek olduğu tekil endüstrilerde, evsel atıksu/gri su ayrımı ve yağmursuyu hasadına gidilerek özellikle MBR ile atıksu arıtımı ve dezenfeksiyon sonrası geri kazanılan B kalite suyun WC sifon, sulama ve proses suyu olarak kullanımı da önemli bir diğer su geri dönüşüm seçeneğidir. Böylece su kaynakları üzerindeki baskı azaltılarak, endüst-

riyel su ayak izi küçültülüp, önemli oranda ısı ve kimyasal madde tasarrufuna gidilebilir.

### **Su Arzını Artırıcı Seçenekler**

- İSKİ su dağıtım sistemindeki (hazne ve şebeke) %23 oranındaki fiziki kayıp kaçak oranının her yıl en az %1 azaltılarak orta vadede ≤ %10 seviyesine indirilmesi.
- Melen Barajı'nın devreye alınması.
- İstanbul'daki, aşırı YAS çekimi sonucu statik rezervleri kullanılmış ve tuzlanmış akiferlerin (Bakırköy, Halkalı vd.) belli bir plan dahilinde tekniğine uygun şekilde temiz su ile doldurularak, stratejik rezerv olarak tutulmak üzere, rehabilitasyonları sağlanmalıdır.

Melen Barajı ve Sakarya Terfi Merkezi üzerinden İstanbul'a 33 + 10 = 43 m<sup>3</sup>/s (3.715.000 m<sup>3</sup>/gün ≈ 1,36 milyar m<sup>3</sup>/yıl) su temin imkânı bulunmaktadır. Bu iki sistemle, İstanbul'daki diğer su kaynakları ile birlikte, 3 yıl süren ekstrem kuraklıklara (%50 yağış azalması) bile direnç kazanılmış olmaktadır.



## Su Talebini Azaltıcı Seçenekler

- İstanbul'daki kentsel yeşil alan sulamalarının artırılmış atıksularla yapılması.
- Endüstriyel proses suyu olarak, teknik ve ekonomik uygunluğu sağlayacak 3. Kademe Arıtma uygulanıp gerekli işletme modeli yapılandırılarak geri kazanım amaçlı olarak artırılmış kentsel atıksuların (B kalite su) kullanımı.
- Fabrika, hastane, otel, iş merkezi, site tipi yerleşimler gibi büyük oturma/çatı alanlı yerlerde öncelikli olarak Yağmursuyu Hasadı ve Gri Su Gerikazanım uygulamalarının teşvik edilerek yaygınlaştırılması.
- Kentsel dönüşüm sürecinde oluşturulacak modern uydu kentlerde, ikili (çift) şebeke teşkili ile arıtılmış atıksuların; sulama, araç yıkama ve WC sifon suyu olarak kullanımının teşviki (Bu yolla %30-40 oranında su tasarrufu sağlanabilir).
- Ev ve iş yerlerinde; tasarruflu armatür, özel basınç kırıcı aparat/parça ve WC rezervuarlarının küçültülmesi/bölünmüş hazne uygulamaları yaygınlaştırılarak %50'lere varan oranlarda su tasarrufu sağlanabilmektedir.
- Yüksek enerji tasarruflu çamaşır ve bulaşık makinelerinin kullanımının teşviki de aynı kapsamda önem taşımaktadır.
- Kademeli tarife ile de özellikle talep esnekliği yüksek olduğu bilinen düşük ve alt orta gelirli hanelerde önemli ölçüde su tasarrufu sağlanması mümkündür.
- İstanbul için kritik olmasa da tarım sektörü, dünya genelinde suyun en fazla kullanıldığı sektördür. Türkiye'de de mevcut kullanılabilir su potansiyelinin ~%72'si zirai sulamada kullanılmaktadır. Modern (yağmurlama, damla vb.) sulamanın yaygınlaşması, bölgeye (iklime) uygun ürün deseni ve suya göre tarım uygulamaları ile 2053 yılına kadar tarımda kullanılan su oranının 10 puanlık düşüşle %60~62 düzeyine çekilmesi sağlanabilir. Bu yolla elde edilecek tasarrufla, iklim değişikliği dolayısıyla tarım ve tarım dışı sektörlerde oluşması beklenen su açığının dengelenmesi kolaylaştırılabilir.
- Sıfır atık gibi, "suda sıfır kayıp (israf)" kampanyaları ile farkındalığın artırılması için mevcut iletişim araçlarının etkin kullanımına önem verilmeli, konunun özellikle okul öncesi ve ilk/orta öğretim düzeyindeki eğitim programlarında yer alması sağlanmalıdır.



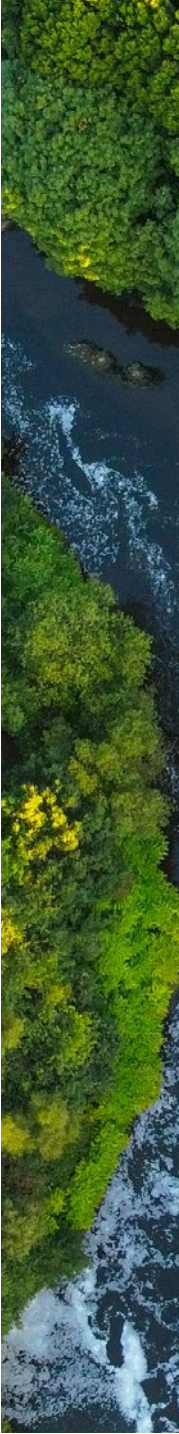
# SANAYİDE TEMİZ ÜRETİM VE İLERİ ARITMA TEKNOLOJİLERİ

**Sanayi sektörlerinin su kullanımı ve atıksu yönetimi üzerine yapılan çalışmalar, temiz üretim ve ileri arıtma teknolojilerinin çevresel etkileri minimize ederken kaynak verimliliğini artırma çözümlerini odağına almaktadır.**

## Suya Bağımlı Sektörlerin Dağılımı

Türkiye’de endüstriyel amaçlı kullanılan suyun %22’sini kullanarak en fazla su tüketen sektör olan gıda sektörünü %18’lik kullanımla tekstil sektörü izlemektedir. Bir diğer yüksek su kullanım oranına sahip sektör, endüstride kullanılan suyun %16’sını oluşturan kimya (kimyasallar ve kimyasal ürünlerin üretimi) sektörüdür. Bu 3 sektörde toplam kullanılan

su miktarı, toplam endüstriyel amaçlı su kullanımının %50’sinden fazlasını oluşturmaktadır. Bu sektörlerle yakın bir diğer sektör ise toplam endüstriyel amaçlı su kullanımının %7’sine karşılık gelen metal sanayi sektörüdür. Gıda, tekstil, kimya ve metal sanayi dışındaki diğer tüm sektörlerin su kullanımları toplamı, Türkiye genelinde endüstriyel amaçlı kullanılan su miktarının %37’sine tekabül etmektedir.

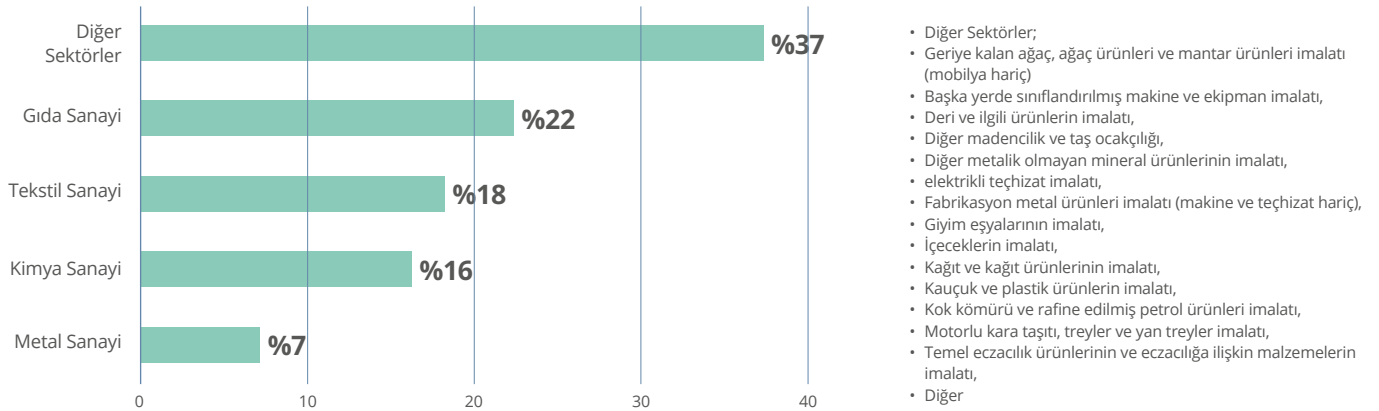




İSKİ tarafından hazırlattırılan (Yeni) Master Plan uyarınca İstanbul ili içinde 11 adet ana üretim yapan sanayi sektörü bulunmaktadır (İSKİ, 2024). Mevcut 11 ana üretim grubundan ve diğer sanayi sektöründen, İSKİ sorumluluğundaki içme suyu ve atıksu havzalarına deşarj yapılan toplam endüstriyel atıksu miktarı, 2021 yılı itibarıyla 70.465 m<sup>3</sup>/gün olarak belirlenmiştir.

İstanbul'da 2021 yılında, İSKİ'nin sorumluluğundaki alanlara atıksu deşarjı yapan toplam 7.484 işletmenin olduğu ve bunların 6.812'sinin atıksularını İSKİ'nin sorumluluğundaki atıksu havzalarına deşarj ettiği tespit edilmiştir. Asya Yakası'nda 2.639 adet, Avrupa Yakası'nda ise 4.845 adet işletme bulunmakta olup, bu işletmelerden bir kısmı Organize Sanayi Bölgesi (OSB) içinde faaliyet göstermektedir. Bu işletmelerden kaynaklanan atıksu miktarı, İstanbul'daki toplam endüstriyel atıksu debisinin yaklaşık %98'ine karşılık gelmektedir.

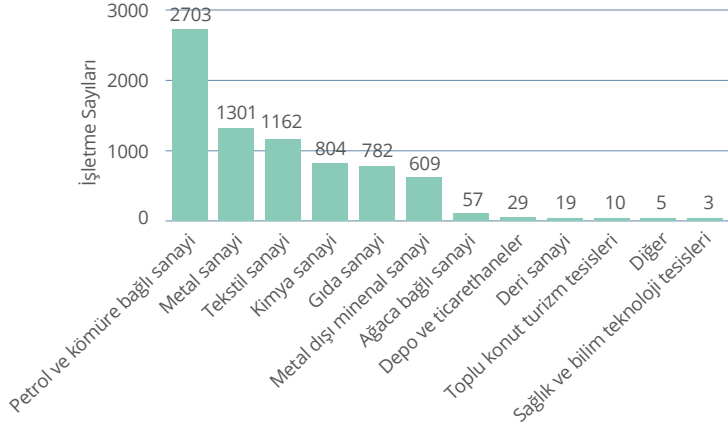
**Şekil 12: Sektörlere göre kullanılan su miktarı oranları (TOB, 2023a)**



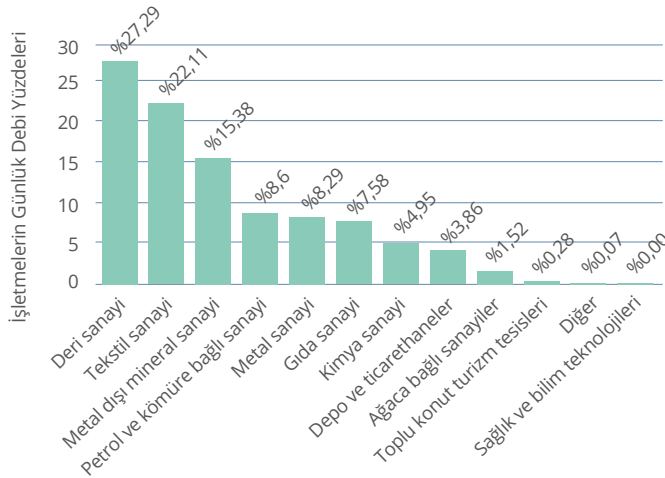


## Ortalama kişi başına kentsel atıksu üretiminin ~200 L/kişi/gün olduğu ülkemizde, endüstriyel su ihtiyacı için kentsel atıksu kullanımının yüksek bir potansiyeli bulunmaktadır.

**Şekil 13:** Sektörlere göre İSKİ içme ve atıksu havzalarına deşarj yapan işletme sayıları (İSKİ MP, 2022b).



**Şekil 14:** Sektörlere göre İSKİ içme ve atıksu havzalarına deşarj yapan işletmelerin günlük atıksu debi dağılımları (İSKİ MP, 2022b)



## Güncel Atıksu Arıtma Teknolojileri

Kentsel AAT çıkışlarındaki suyun geri kazanımı (veya geri dönüşümü) dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, özellikle ileri biyolojik arıtmaya (besi maddesi (N, P) giderimli biyolojik arıtma) tabi tutulmuş olan kentsel atıksuların endüstriyel kullanım için su kıtlığında ulaşılabilir kaliteli bir kaynak olarak dikkate alınabileceği vurgulanmaktadır.

Kentsel atıksulardan endüstriyel su temininde dikkate alınması gereken başlıca unsurlar:

- Geri Kazanılmış Su Kalitesi
- Proses Uyumluluğu
- Geri Kazanılacak Su Miktarı
- Teknoloji Seçimi
- Yönetmeliklere Uyum
- Enerji Verimliliği
- Atık Yönetimi
- Personel Eğitimi
- İzleme ve Bakım

## **Kentsel Atıksular için**

### **Su Geri Kazanım Sistemi Seçimi**

Kentsel AAT'lerin su geri kazanım tesisine dönüştürülmesi için gerekli ilave arıtma sistemi seçimi, tesisin çıkış suyu ve sanayi için gerekli su kalitesine göre değişkenlik göstermektedir. Mevcut AAT'ye entegre edilecek geri kazanım üniteleri ile sanayi için proses, soğutma ve rekreasyonel amaçlı su kaynağı (B kalite su) oluşturulabilir. İlgili sanayi sektörü tarafından belirlenen su kalite parametrelerine göre gerekli ilave sistem bileşenleri belirlenebilir.

### **Granüler Ortam Filtrasyonu:**

Filtrasyon işleminin amacı, sudaki partikülleri tutmak, AKM ve bulanıklığı gidermektir.

### **Mikroelek ve Filtreler:**

Mikroelekler genellikle biyolojik AAT'lerin çıkışına kurulan ve yerçekimi etkisiyle suyun 5~30 mikronluk bir gözenekli yüzeyden (elekten) geçirildiği sistemlerdir.

### **Membran Filtrasyonu:**

Membran filtrasyonu sıvılardan partikül, kol-

loid maddeler ile istenmeyen ve moleküllerin ayrılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

### **Dezenfeksiyon:**

Dezenfeksiyon işlemi arıtılmış sulardaki bakteri, protozoa kistleri, virüsler ve helmint yumurtalarından kaynaklanan hastalıkların yayılmasını önlemek için uygulanır; özellikle atıksu geri kazanımında halk ve çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

## **Organize Sanayi Bölgelerinde**

### **Su Geri Kazanım Uygulamaları**

Ülkemizde kaynak ve enerji yönetimi, üretim planlaması göz önüne alınarak endüstriyel faaliyetlerin OSB'de yürütülmesi, çeşitli kanun ve yönetmelikler aracılığı ile teşvik edilmektedir. İlgili üretimi yapan endüstrilerin bir arada bulunmasıyla üretim planlamasının yanında atıkların/atıksuların yönetimi, deşarjların denetlenmesini kolaylaştırılacak, böylece endüstrilerin çevre yatırımlarını minimize ederek olumsuz çevresel etkileri en aza indirilecektir.

## Endüstriyel Atıksu Geri Kazanımında Öne Çıkan Konular

OSB içinde faaliyet gösteren endüstrilerin atıksuları farklı özelliklere sahip olup, endüstriyel atıksulardaki kirletici parametreler ve arıtılabilirlik seviyeleri de değişkenlik göstermektedir. Atıksulardan proses suyu geri kazanımını endüstriler bireysel olarak planlayabileceği gibi, atıksular OSB tarafından kanal sistemi ile toplanarak merkezi bir tesiste de gerçekleştirilebilir.

- Tekil sanayi bazında su geri kazanımı: İlgili sanayi kendi üretimi içinde su kütlesi dengesini (bütçesini) kurarak; üretim ile uyumlu en uygun entegre arıtma teknolojilerini kullanarak atıksulardan kendi kullanımına uygun proses suyu üretebilir.
- Organize Sanayi Bölgesi genelinde atıksu geri kazanımı: OSB'ler, kanalizasyon sistemi ile topladığı atıksularına merkezi bir tesiste ileri arıtma teknolojisini uygulayarak sanayicinin ihtiyacını karşılar.

Bahsedilen iki farklı yaklaşım birlikte de uygulanabilir. Ancak, en uygun atık/atıksu yönetimi açısından, endüstri özelinde ve/veya OSB genelinde geri kazanım tesisi yatırım ve işletme fizibilitesinin yapılarak karar alınması gerekmektedir.

## OSB'lerde su geri kazanımında dikkate alınması gereken unsurlar:

Bu adımlar, su geri kazanım projelerinin etkili bir şekilde planlanması ve uygulanması için önemlidir.

- Atıksu Karakterizasyonu ve Ön Arıtma İhtiyacı.
- Geri Kazanım Hedeflerinin Belirlenmesi.
- Mevcut AAT Kapasitesinin Belirlenmesi.
- Atıksu Analizi ve İleri Arıtma Teknolojileri.
- Maliyet ve Ekonomik Analiz.
- Su Kalitesi Standartları ve İzinler.
- İşletme ve Bakım Stratejileri.
- Tarife, Katılım Paylarının Belirlenmesi.
- Toplumsal Kabul.

Su geri kazanım projelerinin başarısı, OSB'de faaliyet gösteren fabrikaların su geri kazanım projesi için ortak paydada buluşmasına ve projeye sahip çıkmasına bağlıdır. Geri kazanım sisteminin düzenli ve verimli işletilmesi açısından sanayicinin yaklaşımı büyük önem taşımaktadır.

## Endüstriyel Atıksular için İleri Arıtma ve Geri Kazanım Örnekleri

Asım Kibar Organize Sanayi Bölgesi (AKOSB) AAT'ye entegre edilen geri kazanım tesisi sanayiye uygun kalitede su temin etmektedir.



AKOSB AAT ileri arıtma üniteleri (Ultrafiltrasyon, Aktif Karbon, Ters Osmoz ve Ultraviyole Dezenfeksiyon)

### Geri Kazanım Örnekleri

Rapor çalışmasında kentsel atıksular için geri kazanım sistemi seçimine yönelik teknik bilgilerle birlikte OSB'lerde su geri kazanım uygulamalarına ilişkin örnekler de ele alınmıştır.

Bu kapsamda incelenen İSKİ Paşaköy AAT, Kocaeli SKİ AAT ile Meksika ve ABD California Arıtılmış Atıksu Geri Dönüşüm tesisleri oldukça ilham vericidir.

## Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi (DOSAB) AAT içine kurulan geri kazanım sistemi



*Demirtaş OSB MBR ve TO üniteleri*

## Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO)'nin Afyon Alkaloidleri Fabrikası



*TMO Afyon Alkaloidleri harici MBR, NF ve evaporasyon-kristalizasyon üniteleri*

**Tablo 8:** San Luis Potosi, Meksika Arıtılmış Kentsel Atıksuların Endüstriyel Amaçlı Kullanımı

Proje/ Yapıldığı Yer	Devreye Alınma Tarihi/ Kapasite	Kullanım Alanları	Önemli Hususlar	Faydaları	Zorlukları	Başarılı Yönleri
San Luis Potosi, Meksika Arıtılmış Kentsel Atıksuların Endüstriyel Amaçlı Kullanımı	2006/ Arıtma Kapasitesi: 90.720 m <sup>3</sup> /gün	Bir enerji santrali için soğutma suyu takviyesi, Tarımsal sulama, Yeraltı suyu (akifer) restorasyonu, Çevrenin iyileştirilmesi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geri Dönüştürülen Su Hacmi: 23,9 Mm<sup>3</sup>/yıl'a kadar sulama amaçlı ve 9,9 Mm<sup>3</sup>/yıl endüstriyel amaçlı.</li><li>• İlk Yatırım Maliyeti: 67,4 milyon \$.</li><li>• YİD Projesi.</li><li>• Endüstri için geri dönüştürülen su oranı: 0,76 \$/m<sup>3</sup> çiftçilere ücretsiz.</li><li>• 6 yıl içinde akifer iyileştirme çalışmaları (48 Mm<sup>3</sup>).</li><li>• Enerji santrali tasarruf miktarı: 6 yılda 18 milyon \$.</li></ul>	İçilemez kalitedeki sular için kaynak seçeneği oluşturulmaktadır. Atıksuların %70'i (hedef %85) arıtılmakta ve bunların %100'ü yeniden kullanılmaktadır. Endüstri ve tarım sektörlerine ekonomik kalkınma sağlanmaktadır. Güvenli su temini ve çevre korunması için uzun dönem sürdürülebilir su yönetimi. Sürekliliği ve güvenilirliği sağlamak için projenin ekonomik fizibilitesinin olması.	Güvenli dağıtım yapısı ve sürekli su temini için altyapı inşaa etmek. Muhalif yerel çiftçi, endüstri ve kullanıcılarını ikna etmek. Uygulamayı sağlamak. Endüstrinin maliyetin büyük bir kısmını üstlenmesine rağmen makul ve adil fiyatlandırma stratejisi uygulamak. Aşırı su çekilen akiferler üzerindeki baskının azaltılmasını sağlamak.	Federal ve yerel politikalar, suların yeniden kullanım yönetmeliği ve politik destekler. Yenilikçi proje fonları (YİD sözleşmesi). Tarım ve endüstri için "Amaca Yönelik" kalitede geri dönüştürülmüş sular üretmek. Tüketici isteklerine ve yüksek işletme güvenilirliğine uyarlanmış, tutarlı su kalitesi. Kamu sosyal yardımı ve eğitim

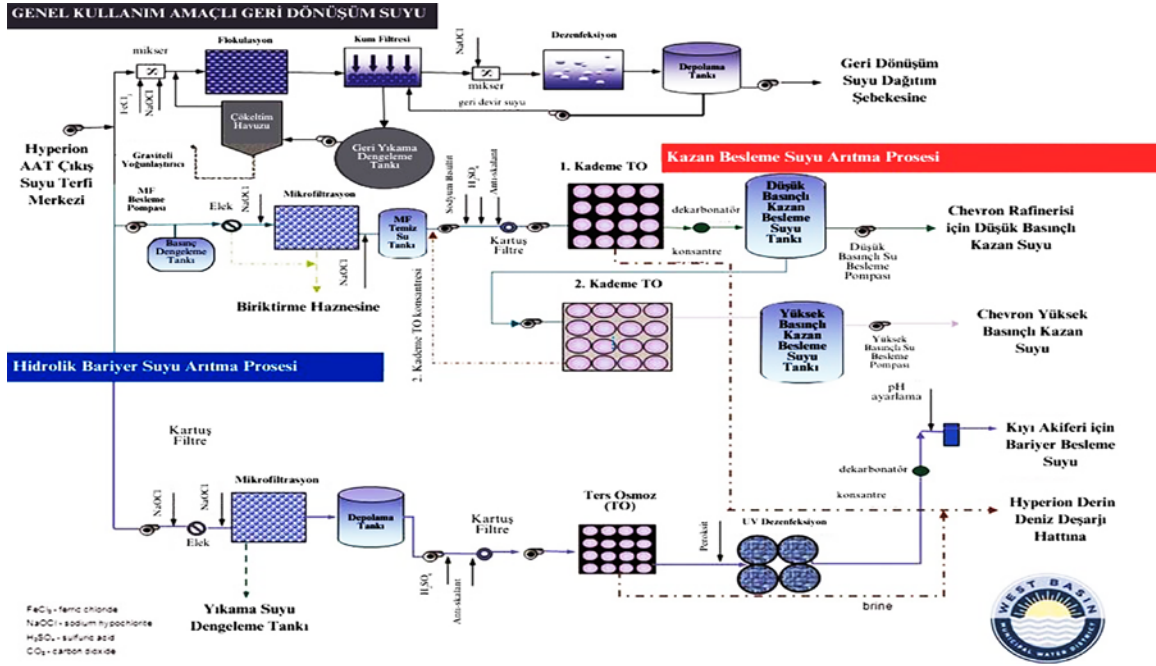
**Kentsel Atıksuların geri kazanım uygulamalarına ilişkin incelenen İSKİ Paşaköy AAT, Kocaeli SKİ AAT ile Meksika ve ABD California Arıtılmış Atıksu Geri Dönüşüm tesisleri ilham verici örnekler olarak öne çıkıyor.**

## Performansı Kanıtlanmış Bir Uygulama Örneği

ABD'nin California eyaleti El Segundo'da kurulu Edward C. Little Su Geri dönüşüm/ Yeniden Kullanım Tesisi, 1995 yılından beri 5 farklı kullanım amacına uygun suyun ürettiği benzersiz bir uygulamadır (Walters vd., 2013). Bu tesiste California'nın kentsel atıklarının arıtıldığı Hyperion AAT'de saf oksijenle ikinci kademe biyolojik arıtma

uygulanmış atıksuların belli bir kısmından, farklı kullanım amaçları için gerekli su kalitesini elde etmek üzere ilave 3. Kademe arıtma prosesleri uygulandıktan sonra, ikinci bir dağıtım şebekesi ile endüstriyel abonelere satılmaktadır. Ortalama 3. Kademe arıtılmış su üretim kapasitesi 132,500 m<sup>3</sup>/gün'dür.

Şekil 15: Edward C. Little Su Geri Dönüşüm Tesisi (Lazarova, vd., 2013)





## Sanayide Temiz Üretim ve Öncelikli Sektörlere Özgü Atıksu Arıtma Teknolojileri

Sanayide temiz üretim ve atıksu arıtma teknolojileri, sürdürülebilirlik ve çevresel etkinin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, ulusal ve uluslararası projelerle desteklenen temiz üretim uygulamaları ve ileri arıtma teknolojileri, endüstriyel süreçlerin çevresel ayak izini azaltmayı amaçlamaktadır.

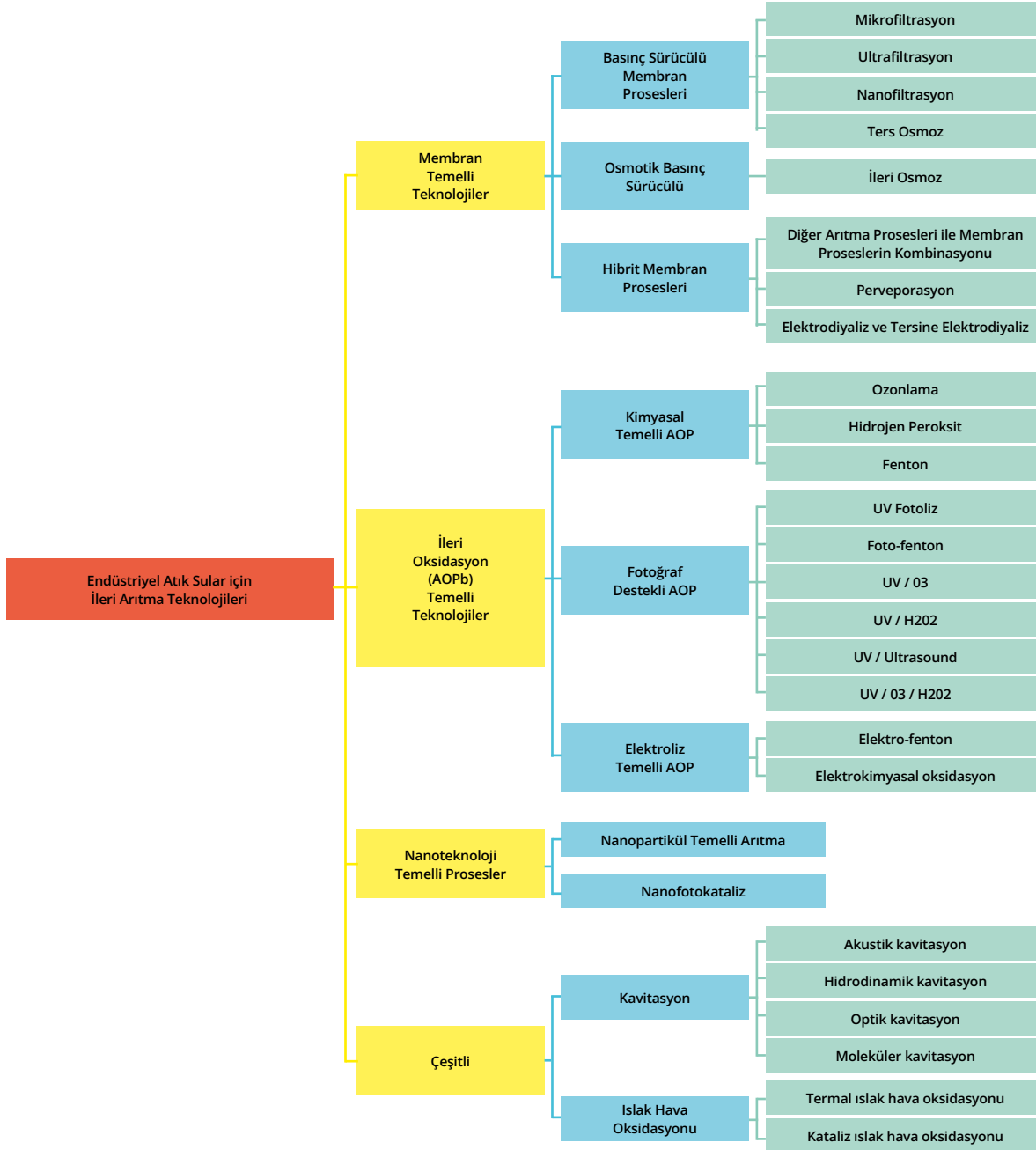
### Genel Durum ve Ulusal Projeler

Türkiye'deki çeşitli sektörler için yürütülen temiz üretim uygulamaları ve atıksu arıtma teknolojileri, sürdürülebilirlik ve çevre dostu üretim yöntemlerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır.





Şekil 16: İleri atıksu arıtma teknolojileri (Roy, vd., 2021)



## **Mevcut en iyi tekniklerin (MET) tanımlanması ve uygulanması, enerji ve su girdilerinin etkin yönetimi, atıksu oluşumunun azaltılması gibi konuları içermektedir.**

Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) tarafından Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı için gerçekleştirilen Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları (BESTÜ) Projesi'nde, tekstil ve deri işleme sektörlerinde Mevcut En İyi Teknikler (MET) üzerine çalışmalar yapılmıştır. Projede, 52 işletmeden toplanan verilerle Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği taslakları oluşturulmuş, sektörel kılavuzlar hazırlanmıştır. Bu kılavuzlar, sektörlerin atıksu yönetimi ve çevresel performansının iyileştirilmesine yönelik önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Sanayide kaynak verimliliği potansiyelinin belirlenmesi amacıyla TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) tarafından yürütülen bir proje, 2014-2017 yılları arasında Türkiye imalat sanayiinde seçilmiş 5 sektörde hammadde, enerji ve su girdileri için etkin ve sürdürülebilir kullanımları ortaya koymuştur.

NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi, yoğun su tüketimi olan

sanayi tesislerinde su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik bir yol haritası oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu projede, sektörlerden temsil edici nitelikte tesisler seçilerek, su kullanım ve atıksu miktarları incelenmiş, su verimliliğine yönelik mevcut uygulamalar değerlendirilmiştir.

### **Geri Kazanım Amaçlı Endüstriyel Atıksu Arıtma Teknolojileri**

Endüstriyel atıksu arıtımında, biyolojik ve ileri arıtma teknolojileri, atık suların çevreye zarar vermeden arıtılması ve mümkün olan durumlarda geri kazanılması için kullanılmaktadır. Kimyasal ve biyolojik arıtma kombinasyonları, atıksuların organik kirlilik yükünün azaltılması ve geri kullanım için uygun hale getirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Aerobik ve anaerobik işlemler, yüksek organik madde içerikli atıksuların stabilizasyonunda etkili olmakta; membran filtrasyonu, ozon gibi ileri arıtma yöntemleri ise özellikle renk ve mikro kirlleticilerin giderilmesinde kullanılmaktadır.

## Sektörel Uygulamalar

### Kimya ve Kimyasal Ürünler Endüstrisi

Kimyasal üretim atıksuları, biyolojik arıtma öncesi özel arıtma gerektiren maddeler içerebilir. Mikro kirleticilerin ve tehlikeli maddelerin giderilmesinde çözünmüş hava oksidasyonu, kimyasal arıtma prosesleri ve ozon gibi yöntemler tercih edilmektedir. Kimyasal üretimden kaynaklanan atıksular, içerdikleri inhibitör organik maddeler ve metaller sebebiyle biyolojik arıtma proseslerinde zorluklar yaratır. Arıtma verimi, atıksu özelliklerine ve çevresel faktörlere bağlıdır. Membran filtrasyonu ile atıksuyun geri kazanımı mümkün-

dür, ancak geri kazanım maliyeti atıksunun içeriğine göre değişir.

### Tekstil Endüstrisi

Tekstil atıksuyunun kalitesi büyük ölçüde kullanılan boyarmaddelere ve kimyasal girdilerine bağlıdır. Tekstil endüstrisi için biyolojik arıtma prosesleri, fizikokimyasal yöntemlere kıyasla tercih edilebilir bir alternatiftir. Biyolojik olarak renk giderimi %40-60 mertebelerinde kalmaktadır. Biyolojik arıtmada anaerobik bölgeler kullanılarak boyar madde giderim verimi arttırılabilir. Ancak biyolojik olarak giderilemeyen renk

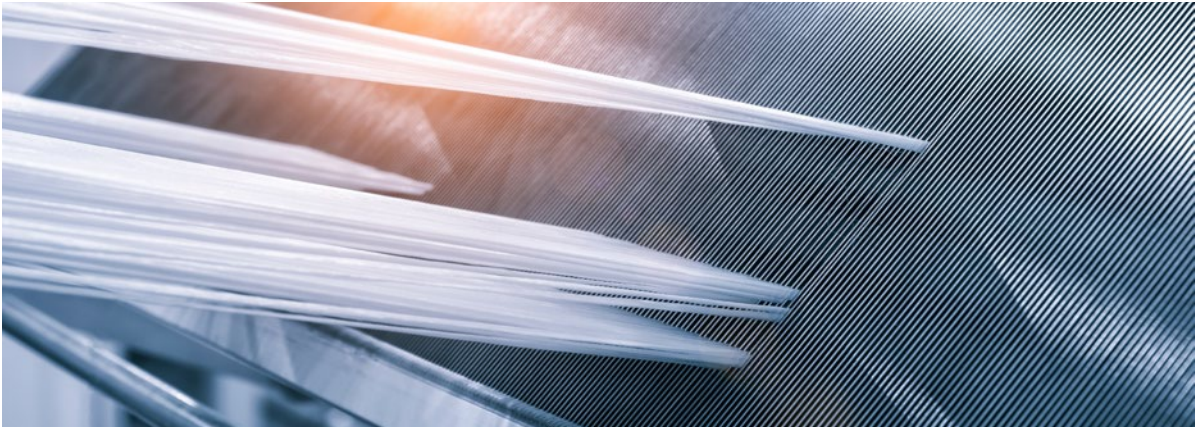
**Tablo 9:** Türkiye’de tekstil atıksuyu geri kazanım örnekleri

Tesis	Kapasite	Geri Kazanım Oranı	Teknoloji
Tesis 1	400 m <sup>3</sup> /gün	%70	MBR + RO
Tesis 2	300 m <sup>3</sup> /gün	%65	MBR + RO
Tesis 3	500 m <sup>3</sup> /gün	%75	MBR + RO + Elektrofenton
Tesis 4	2000 m <sup>3</sup> /gün	%95	MBR + RO + Elektrofenton + Plazma oksijen

ise membran veya ozon oksidasyonu sistemleri kullanılarak giderilebilir. Enerji geri kazanımı ve daha sonra yeniden kullanıma yönelik endüstriyel atıksu arıtma eğilimi göz önüne alındığında, anaerobik MBR (AnMBR) ve aerobik MBR prosesi, tekstil endüstrisi atık su arıtımı için umut verici teknolojilerdir. AnMBR sistemi enerji geri kazanımı, aerobik MBR sistemi ise su geri kazanımı sağlayabilir.

Atıksu geri kazanımının yanısıra tekstil prosesleri sırasında kullanılan tuz, kostik, boya,

haşıl kimyasalları gibi birçok değerli madde membran proseslerle ya da membran proseslerin entegre edildiği klasik yöntemlerle geri kazanılabilir. Tekstil endüstrisinde suyun tekrar kullanımı için en önemli kriterler; sertlik, tuz konsantrasyonu ve rengin tamamen giderilmesidir. Bu kriterleri sağlamak üzere biyolojik arıtma çıkışının nanofiltrasyon veya ters osmoz prosesiyle %60-80 oranında su geri kazanımı yapılan klasik arıtma teknikleri kullanılabilir. Aynı şekilde MBR veya UF uygulanması ile de atıksuyun geri kazanımı mümkün olmaktadır.



## Gıda Endüstrisi

Su yoğunluğu yüksek olan gıda işleme endüstrileri, organik kirliliği fazla atıksuları için biyolojik arıtma sistemlerini tercih etmektedir. Gıda atıksularında, proteinler, yağlar ve diğer organik/inorganik bileşenlerin arıtımı önemlidir. Gıda endüstrisi atıksularının arıtımı, su kıtlığı ve artan çevresel standartlar nedeniyle önem kazanmaktadır. Bu endüstri, su tüketiminde global olarak

üçüncü sıradadır ve kullanılan suyun büyük bir kısmı içme suyu kalitesindedir. Atıksu karakterizasyonu, üretim süreçleri ve tesis kapasitesi gibi faktörlere göre değişiklik gösterir. Biyolojik (anaerobik) sistemler, organik yükü yüksek gıda atıksuları için hem maliyet hem de verimlilik açısından uygun çözümler sunar. Membran teknolojileri, özellikle süt ve balık endüstrisinde, değerli bileşenlerin geri kazanımında etkilidir.

**Tablo 10:** Gıda endüstrisinde geri kazanım amaçlı uygulanabilecek prosesler

Endüstri/Atıksu kaynağı	Entegre membran arıtma prosesi	Su Geri Kazanımı	Kaynak
Süt İşletmesi/Konsantre ve kurutma basamaklarından buhar kondensatları	Kartuş filtre-NF-TO-UV-Oksidasyon	İçme suyu	Chimel vd. (2003)
	İki basamaklı NF sistemi	Buhar kazanında kullanım	Mavrov vd. (2000); Chimel vd. (2000); Cuda vd. (2006); Vourch vd. (2008)
Süt İşletmesi/Flaş soğutucu	Kartuş filtre-NF-UV	Buhar kazanı hazırlama suyu	Koo vd. (2011)
Süt/Şişe makineleri, peynir işleme	UF ve TO	Belirtilmemiş	Rögener vd. (2002); Tay ve Jeyaseelan (1995)
	MF, UF, NF	Belirtilmemiş	Scharnagl vd.(2000); Muro vd. (2012)
İçecek/şişe durulama, mayalama, berrak bira rezervuarı	MBR-NF, TO	Belirtilmemiş	Mavrov ve Belieres (2000); Braeken vd. (2004); Simate vd. (2011); Cornelissen (2002); Blöcher vd. (2002)
Meyve ve sebze prosesi/ Durulama, tahıl prosesi	MF, UF, NF, TO	Durulama	Rajkumar vd. (2010); Muro vd. (2012)

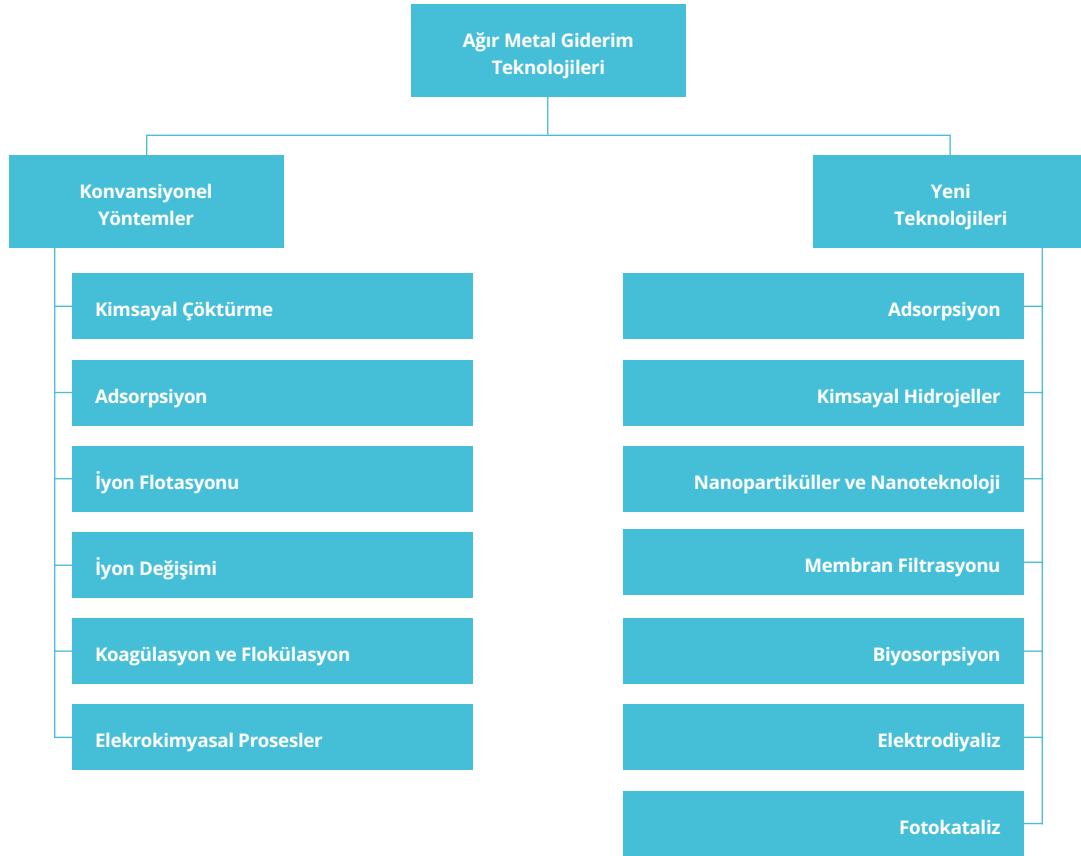


## Metal Endüstrisi

Doğada yaygın olarak dağılan ağır metaller, limit değerlerini aştıkları her yerde genellikle insan sağlığına ve ekosisteme zararlı bir madde olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, su kütleleri gibi doğal kaynakları bu kirleticilerden korumak zorunluluk arz etmektedir. Metal endüstrisi atık suları, deşarj öncesi elektrokimyasal ve fizikokimyasal yöntemlerle arıtılmalıdır, bu yöntemler %12-100 arası verimlilik sunar. Kimyasal çöktürme, adsorpsiyon gibi yöntemler %99'a varan ağır metal giderimi sağlar. Biyoadsorpsiyon, düşük maliyetli ve çevre dostu bir alternatiftir, ancak optimize edilirse, fizikokimyasal yöntemler en etkili arıtma yöntemi olarak kalmaktadır.

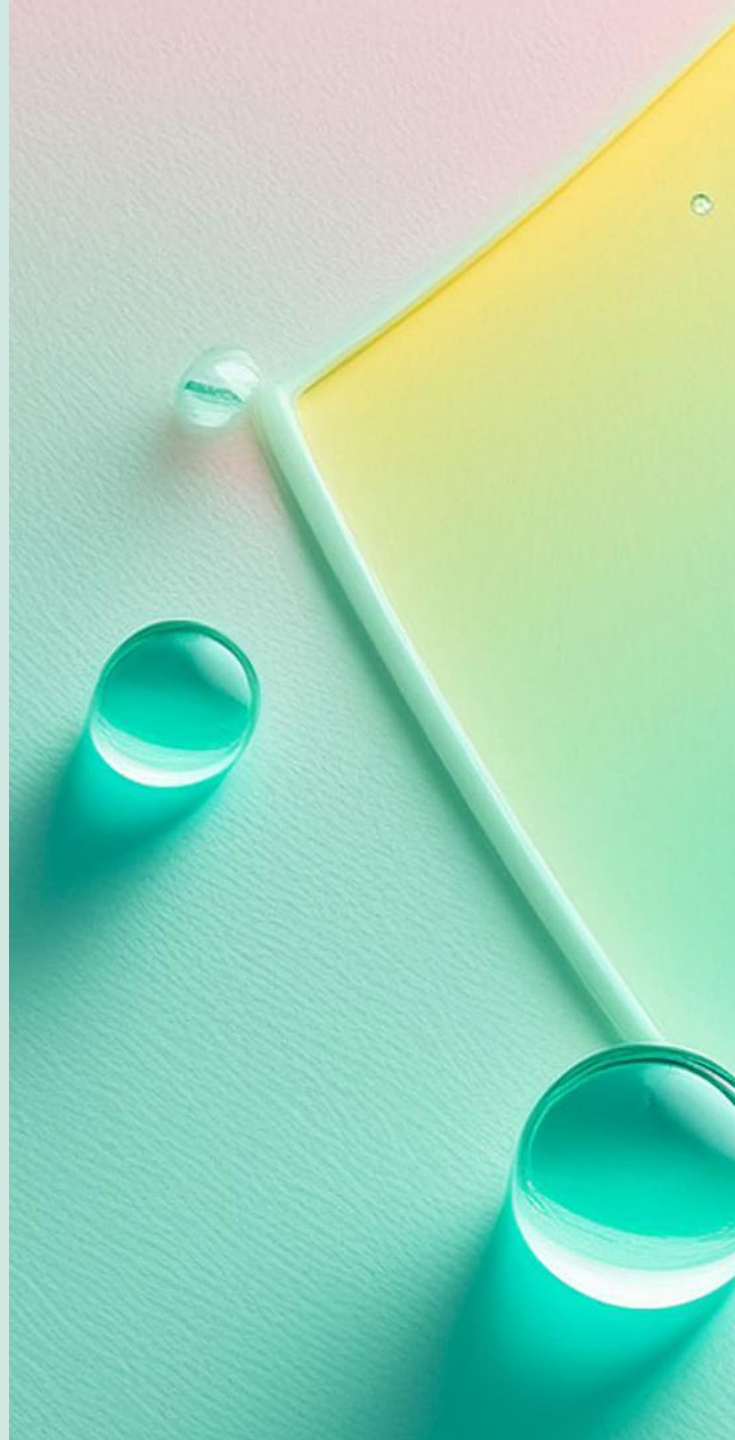
## Şekilde, metal endüstrisi atıksularının ağır metal giderimi için kullanılan başlıca arıtma teknolojileri gösterilmektedir.

**Şekil 17:** Metal endüstrisinde kullanılan başlıca arıtma yöntemleri (Shrestha vd., 2021).

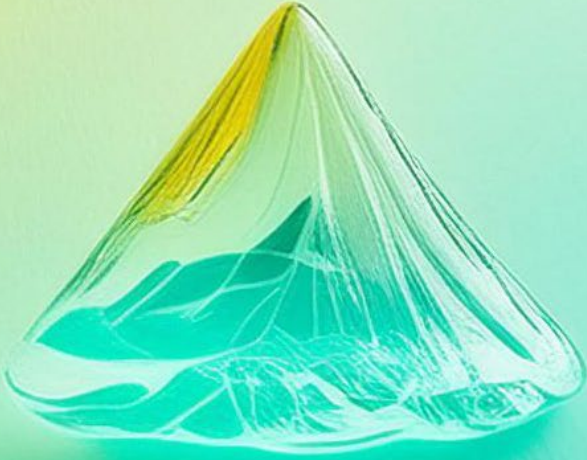


# SANAYİ İÇİN İKLİM DUYARLI YOL HARİTASI

İklim değışikliği kaynaklı riskler sanayi sektörü için iki grupta ele alınmaktadır: Fiziksel riskler ve geçiş riskler. Fiziksel riskler; kuraklık, sıcak hava dalgası, şiddetli yağış ya da taşkın gibi IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) tarafından yıllar içinde oluşma sıklığı ve şiddetinin artacağı belirtilmiş iklim etkileridir. Geçiş riskleri ise düşük karbon ekonomisine geçiş sırasında oluşan risklerdir. Özellikle karbona dayalı sektörler için düşük karbon ekonomisine geçiş sürecinde değer kaybı, üretimde maliyetin artması vb. durumlar oluşabileceği için bu sektörlerin finansal ihtiyaçlarının değışmesi söz konusudur.







## Riske maruz kalma

İklim değişikliğine bağlı fiziksel risklerle başa çıkmak için işletmelerin hangi iklim tehlikesine maruz kalacağı ve bu maruziyetin zamanla nasıl değişeceği üzerine bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Yatırımcılar ve bankalar iklim risklerine genellikle portfolyalarında sahip oldukları tüzel kişiler ve varlıklar üzerinden maruz kalırken; şirketler genellikle operasyonlarını yaptıkları bölgeler ve sahip oldukları fabrikalar, depolama alanları vb. varlıklarının iklim tehlikelerinin doğuracağı riske açık olup olmaması sonucu maruz kalırlar.

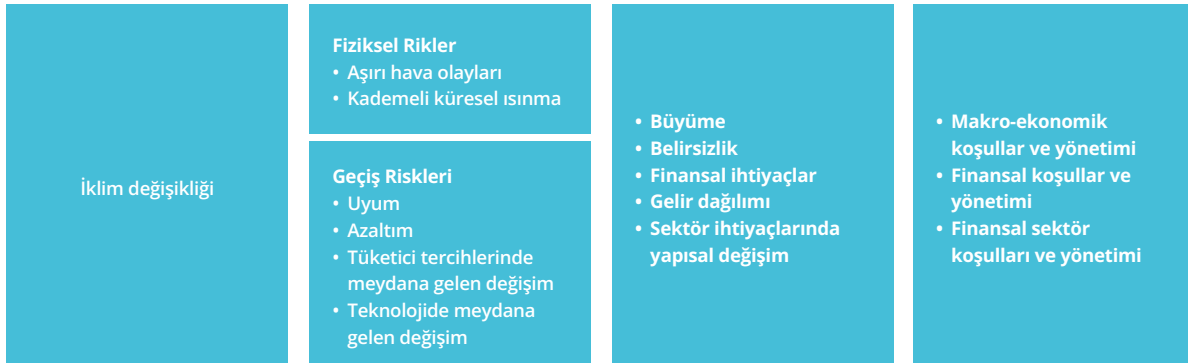
Fiziksel riskler üzerine yapılan kapsamlı çalışmalardan elde edilen bazı sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Fiziksel riskler küresel olarak tüm sektörlerin üretim işleyişlerini tehdit etmektedir. Sektörlerin büyük çoğunluğu sıcaklık ve su stresinden büyük ölçüde etkilenmekte ve bu durum insan sağlığı, kaynaklara olan talep ve faaliyetler üzerinde çok yönlü etkilere neden olmaktadır.
- İmalat sektörü, iklim tehlikelerinden en çok etkilenen sektör olarak tespit edil-

mektedir. En çok etkilenen alt-sektörler; elektronik-elektrik ürünleri üretimi, petrol ve kömür ürünleri üretimi, metal olmayan mineral üretimi, gıda ve kimya sektörleridir.

- Emlak ve inşaat sektörleri akut iklim risklerinden daha çok etkilenebilmektedir. Orman yangınları, taşkın ve fırtınalar bu sektörleri en çok etkileyen tehlikelerdir.
- Kimyasal üretimi yapan şirketler için sıcaklık stresinin yanı sıra, üretim için gerekli temiz suya ulaşım da su stresinden önemli ölçüde etkilenmektedir.

**Şekil 18:** İklim değişikliğinin sanayi sektörü ve finansal yapı üzerindeki riskleri ve etkileri (WB, 2020)

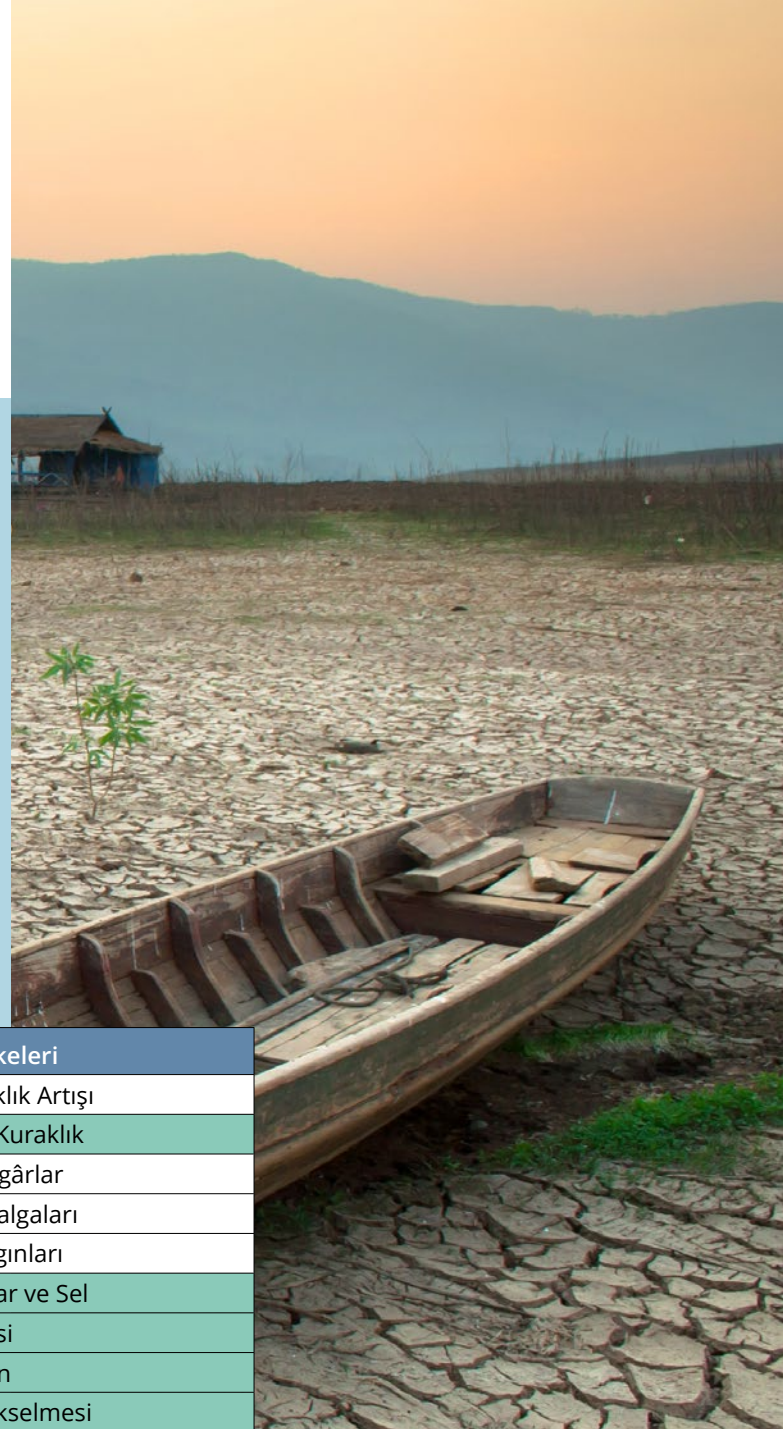


## İklim Değişikliğinin Sanayi Sektörü ve Alt Sektörlerinde Yol Açması Beklenen Risk ve Tehlikeler

TOB SYGM tarafından 2016 yılında tamamlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi kapsamında üretilmiş olan, tüm Türkiye için çalışılmış 10 km çözünürlükteki bölgesel iklim projeksiyonlarında iklim tehlikelerinin detaylarına değinilmektedir. Söz konusu 9 iklim tehlikesinden 5'i su odaklıdır.

**Tablo 11:** İklim Tehlikeleri

Tehlike Kodları	İklim Tehlikeleri
T1	Ortalama Sıcaklık Artışı
T2	Meteorolojik Kuraklık
T3	Şiddetli Rüzgârlar
T4	Sıcak Hava Dalgaları
T5	Orman Yangınları
T6	Şiddetli Yağışlar ve Sel
T7	Su stresi
T8	Heyelan
T9	Deniz suyu yükselmesi



**Tablo 12:** Sektörel duyarlılık kriterleri, ağırlıklandırılması ve derecelendirilmesi (örnek çalışma)

Sanayi Sektörü		Üretimde/ Proseste Suya Bağımlılık	Su kalitesi	Suya Teknolojik gereklilik (soğutma suyu gibi, yıkama suyu gibi)	İş gücü yoğunluğu (İnsan sağlığı)	Aşırı hava olayları (Taşkın, kuraklık)	Toplam Duyarlılık değeri
		%50	%20	%20	%5	%5	%100
1	Tarım ve tarıma dayalı ürünlerin üretimi (Orman ve orman ürünleri dahil)	5	4	1	5	5	4,00
2	Tekstil ve deri sanayi	5	3	2	4	2	3,60
3	Kâğıt ve karton sanayi	4	2	3	3	2	3,25
4	Metal ve metal işleme sanayi (Otomotiv, metal eşya üretim sanayi vb. dahil)	1	1	3	3	2	1,55
5	Demir-Çelik Sanayi (Cevher hazırlama/ işleme vb. hammadde hazırlık prosesleri dahil)	3	1	3	2	2	2,5
6	Maden Sanayii (Cam, çimento, toprak, mermer vb. çıkarma ve işleme faaliyetleri)	3	1	4	4	4	2,9
7	Kömür Hazırlama ve İşleme Tesisleri	3	1	4	4	4	2,9
8	Termik santraller	5	1	5	3	3	4,0
9a	Gıda Hayvan Besiciliği ve Kesim Faaliyetleri	5	5	4	1	4	4,55
9b	Gıda Sebze meyve işleme tesisleri (Bitkisel yağ üretimi dahil)	5	5	4	2	3	4,55
9c	Gıda Süt ve süt ürünleri imalatı	5	5	4	1	3	4,33
9d	Gıda Alkollü ve alkolsüz içecek imalatı	5	5	4	1	2	4,36
9e	Gıda Kuru gıda ürünleri imalatı (Un ve unlu mamuller, şeker, nişasta, baharat, çay, şekerleme, çikolata vb. üretimi dahil)	3	3	2	2	2	2,53
10a	Kimya Plastik ve Kauçuk Ürünleri İmalatı	2	1	1	3	1	1,56
10b	Kimya Petrol ürünleri ve petrokimya sanayi (Organik, inorganik kimyasallar, gübre üretimi dahil)	3	2	3	2	2	2,70
10c	Kimya Kozmetik, sabun, deterjan, yüzey aktif madde vb. imalatı	4	3	2	2	1	3,05
10d	Kimya Boya, boya hammadde ve yardımcı madde vb. üretimi	3	1	1	2	1	2,05
10e	Kimya İlaç Sanayi (Farmosotik ürünler, aşı, hayvan ilaçları, pestisitler dahil)	3	5	3	3	1	3,26

## Sektörel Duyarlılık

Sektörel duyarlılıklar belirlenirken her bir sektörün kendi özel yapısı göz önüne alınmalıdır. İmalat sektörünü etkileyebilen tehlikeler ile enerji sektörünü etkileyebilen tehlikeler hem her zaman aynı değildir hem de aynı olduğu durumlarda bile etkileri derece olarak farklılık gösterir. Farklı sektörlerde sahip

olunan varlıklar, açık alan/kapalı alan oranları, suya ihtiyaçları vb. etkenlerin farklılıkları sektörel duyarlılıkları değiştirmektedir. Üretim sektöründe en büyük sektörel farklılıklar su kullanımı ve ekstrem sıcaklıklar ile ortaya çıkmaktadır. İmalat yapmak için kullanılmak zorunda olan su miktarı, sektörü su stresine karşı duyarlı hale getirmektedir.



**Ülkemizde Su Verimliliği Seferberliği kapsamında endüstriyel faaliyetlerde su kullanım verimliliğinin artırılması ve verimlilik tedbirlerinin yaygınlaştırılmasıyla sanayi sektöründe %50'ye varan oranlarda su tasarrufu hedeflenmektedir.**

Sanayi sektörünün (imalat/üretim) duyarlılık derecelendirilmesi açısından suya bağımlılığı 3 şekilde değerlendirilmelidir.

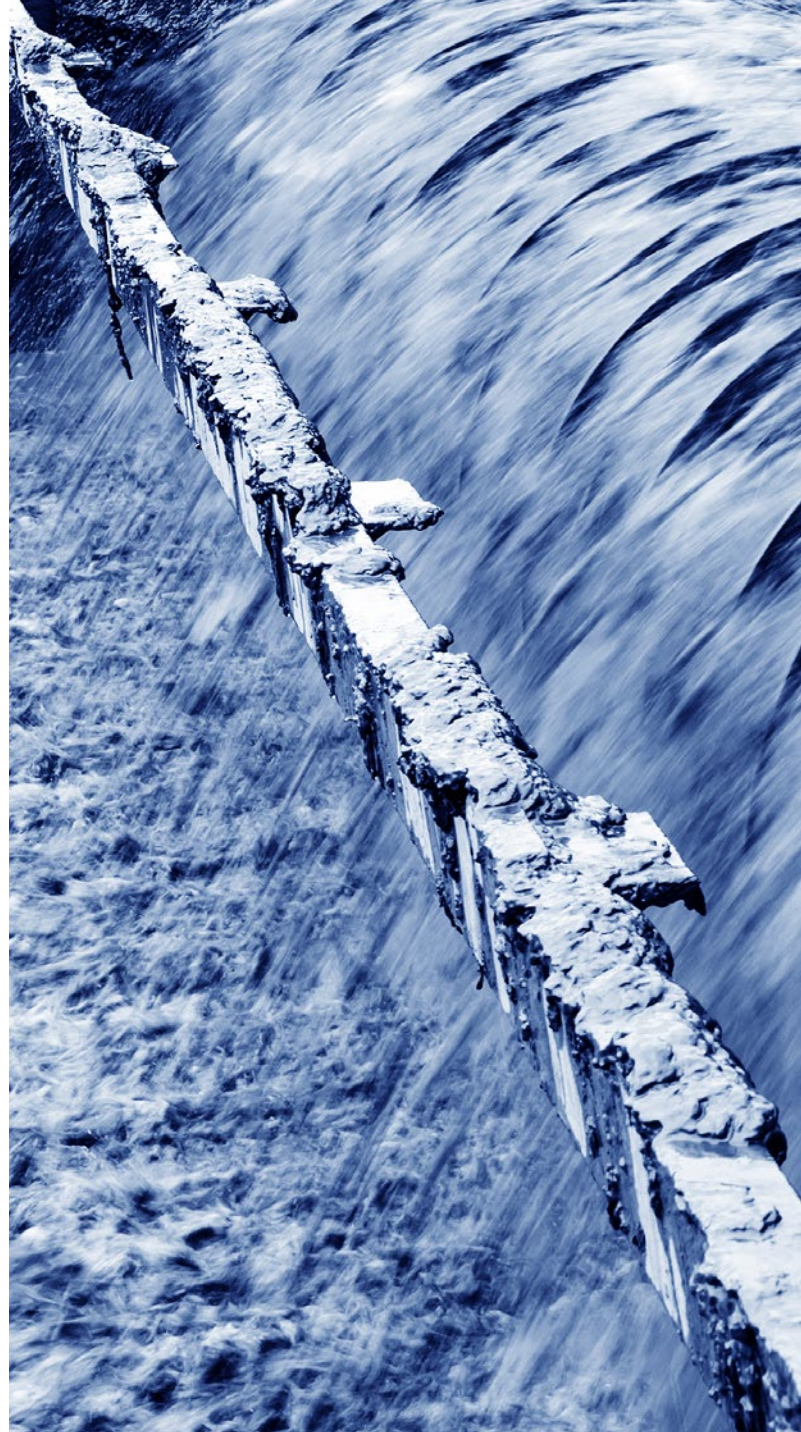
- Suyun ana hammadde olarak kullanıldığı sektörler (gıda sektörü, alkollü ve alkolsüz içecekler gibi)
- Soğutma suyu ihtiyacı (demir-çelik sanayi, cam sanayi gibi)
- Üretimin çeşitli aşamalarında yıkama, durulama gibi işlemlerde su kullanımı (deri, tekstil, kağıt sanayi gibi)

### **Sanayi Sektöründe İklim Değişikliği Etkilerinin Azaltılması ve Uyum Süreci Politikaları**

Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilirlik Ajandası'nda sanayilerin rolü oldukça nettir. "Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı" başlıklı 9. Sürdürülebilir Kalkınma Amacı doğrultusunda ülkelere sanayilerini kapsayıcı ve dayanıklı olarak planlamaları öğütlenmiştir. Sanayilerin iklime dirençli olarak planlanması, 9. Sürdürülebilir Kalkınma Amacı'nın hemen hemen bütün hedeflerine ve 13. Sürdürülebilir Kalkınma Amacı olan İklim Eylemi'nin de bütününe doğrudan ve dolaylı yollarla katkı sağlayacaktır (SKA, 2019). İklim değişikliği sorununa karşı azaltım ve uyum faaliyetlerinin sanayici tarafından benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

## Türkiye’de iklim değişikliğinden etkilenebilirlik ihtimali yüksek olan 12 sektör seçilmiştir.

Sanayi sektöründe su kullanım verimliliğinin artırılması ve verimlilik tedbirlerinin yaygınlaştırılması adına Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından yürütülmüş Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi kapsamında Sanayi Sicil Bilgi Sisteminde yer alan sektörel su tüketim verileri analiz edilerek NACE Kodu bazında, tekstil, gıda, kimya, ana metal sektörleri başta olmak üzere yüksek su tüketimine sahip 35 ana sektörde 400 adet pilot tesis belirlenerek saha ziyaretleri ve yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen görüşmelerde işletmelerde sektörel su kullanım ve atıksu oluşum bilgileri, ihtiyaç duyulan tedbirler ve potansiyel su tasarruf oranları belirlenerek ülkemizdeki mevcut durum ve su verimliliği olanakları ortaya konmuştur. Su Verimliliği Seferberliği çıktılarında olan ve 2023-2033 dönemini kapsayan Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı kapsamında endüstriyel su verimliliği eylem planı hazırlanarak sanayi için yol haritası oluşturulmuştur. Bu belgede tüm su kullanan sektörler için önümüzdeki 10 yıllık süreçteki hedefler ve stratejiler ortaya



**Tablo 13:** Uyum faaliyetlerinin sıralanabildiği ve sektörel analizlerin yürütülebileceği sektör ayrımları

1) Sağlık	7) Denizel Ortam ve Balıkçılık
2) Tarım, Gıda Güvenliği, Orman ve Biyoçeşitlilik	8) Turizm
3) Su Kaynakları	9) Sanayi-Ticaret ve Enerji
4) Altyapı (Bina, Ulaşım ve Enerji)	10) Araştırma ve Geliştirme
5) Üst Yapılar (Kentsel ve Havza Planlama, Bina ve Yerleşimler)	11) Bilgilendirme, Eğitim ve Öğretim
6) Kıyı Alanları	12) Finansman ve Sigorta

konmuş, karşılaşılan darboğazlara ve çözüm yollarına ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

Sözü edilen uyum süreci politikaları dışında Sanayi Sektöründe su kullanımı odaklı iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına ilişkin planlama önerilerine ayrıca İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesinin Uyum Politikaları bölümünde yer verilmiştir (OSİB/TOB, 2016). İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için uygulanacak uyum faaliyetlerinin çeşitli sektörler bazında değerlendirildiği söz konusu raporda, farklı kıta, birlik, eyalet ve ülke örnekleri derlenmiştir. Dolayısıyla ilk aşamada, ülkemizi temsil edebilecek nitelikteki ve özellikle iklim değişikliğinden etkilenebilirlik ihtimali yüksek olan sektörlerin seçimi yapılmalıdır. Bu bağlamda diğer ülkelerde göz önüne alınan sektörlerin kapsamı değerlendirilerek, Türkiye için tabloda gösterilen 12 ana sektörün seçilmesinin uygun olduğu düşünülmüştür.

## ÖNERİLER

Bu sektörlerin seçiminde ülkemizin coğrafi özellikleri, konumu, çevresel sorunları, iklimsel özellikleri, arazi kullanımı, kentleşme düzeyi, teknik ve ekonomik gelişmişlik seviyesinin yanı sıra, sosyo-ekonomik yapısı ile finansal gelişmişlik durumu da dikkate alınmıştır. Analizlere konu olan 9. Sektör Sanayi-Ticaret ve Enerji Sektörü'dür. Bu başlık altında sıralanan iklime uyum önerilerinden su odaklı olanlar şunlardır (TOB, 2016):

- Sanayi üretim süreçlerinde su tasarrufu yöntemlerinin etkinleştirilmesi.
- Enerji tesislerinde ve istasyonlarında daha etkili soğutma sistemlerinin kullanılması.
- Yaz aylarındaki kuraklıklara karşı önlem olarak enerji santrallerinin soğutma sistemleri için acil su bağlantılarının kurulması.
- Aşırı yağışlara karşı koruma ve yağmur suyunun daha iyi uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla, üretim tesislerinde yağmursuyu sistemlerinin geliştirilmesi.
- Tesis içi su yönetimi, atıksuyun arıtılarak yeniden kullanılması, kullanılabilir durumda olan çözünmüş elementlerin ayrıştırılması.
- Tesislerin aşırı yağış ve taşkınlarla karşı korunmasının sağlanması.
- Farklı iklim değişikliği senaryolarının su kaynaklarına ve hava soğutmalı sistemlere bağlı enerji üretim tesisleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi.
- Suyu biriktiren ve atıksu oluşturmayan proseslerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması. Bu sayede suya daha az bağımlı olan kimya, kâğıt ve tekstil endüstrilerinin geliştirilmesi.





## Sanayi İçin İklim Duyarlı Bütüncül Anlayışa Dayalı Su-Atıksu Yönetimi -Yol Haritası

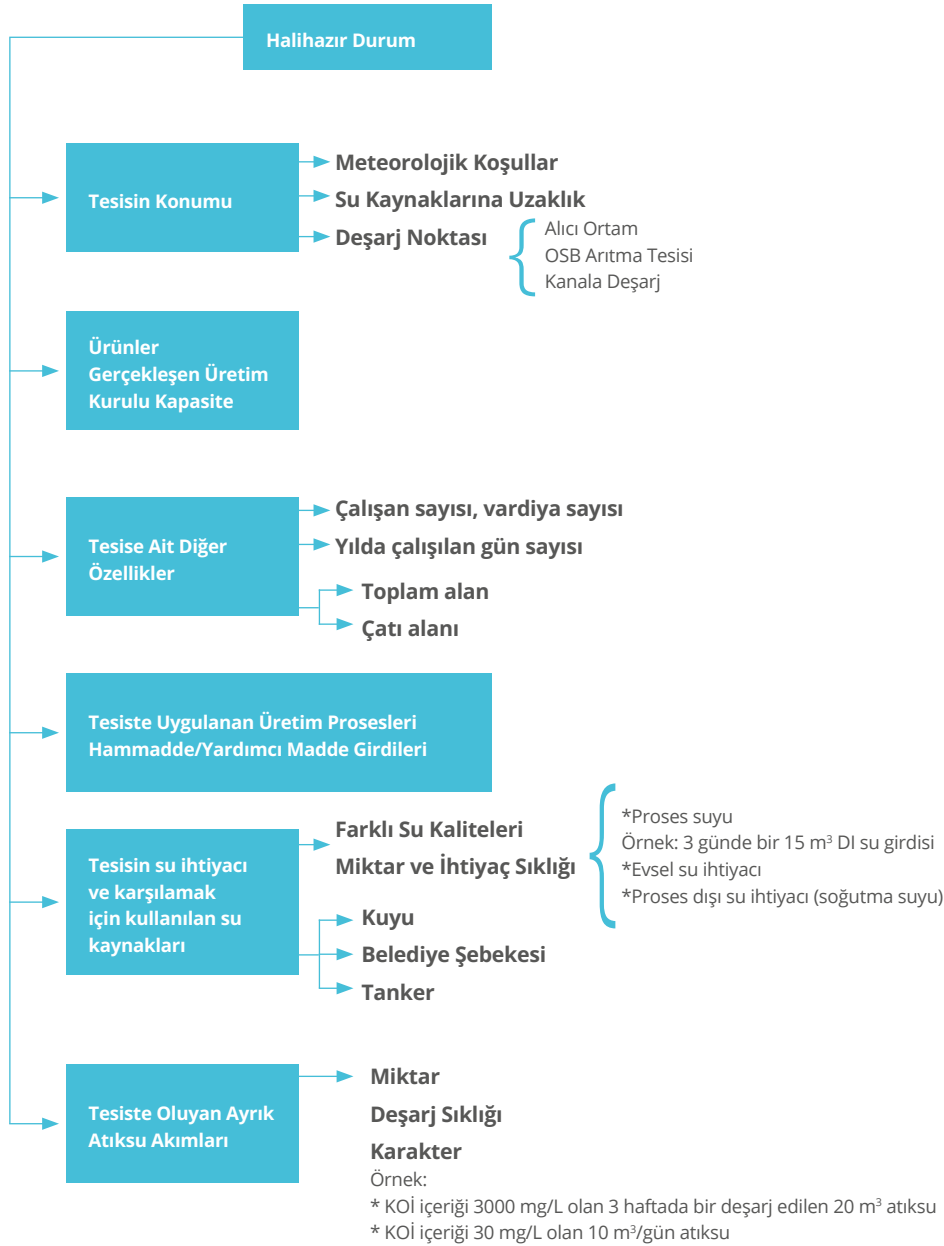
### Mevcut Durum Analizi

Sanayi dinamik bir yapıya sahiptir ve tesislerde bir ürünün elde edilmesinde kullanılan üretim prosesi adımları, aynı işlem için eklenen kimyasallar, üretimin gerçekleştirildiğı ekipman ve benzeri daha pek çok farklı faktör bulunmaktadır. Bu nedenle aşağıda her bir tesisin su-atıksu yönetimi için uygulanması önerilen yol haritası adımları verilmektedir. Bir sanayi tesisine sağılıklı bir su-atıksu yönetimi uygulayabilmek için öncelikle tesisin halihazır durumu ortaya koyulmalıdır. Şekil 19'da sunulan halihazır durum analiz/anket formu (Ana Rapor Ek IV), tesisle ilgili bilgiler toplanarak ve gerekli izleme çalışmaları yürütülerek doldurulmalıdır.

Türkiye'de ve özellikle İSO bünyesindeki sanayi kuruluşları, faaliyetlerini 1990'lı yılların ortalarından itibaren ISO 9001 ve ISO 14001 kalite ve çevre standartlarıyla uyumlu yürüt-

me konusundaki gerekli kurumsal, teknolojik ve mali yapılanmalarını, tedarikçileri ile birlikte, tamamlamıştır. Bu bağlamda sanayi tesislerinin ulusal mevzuatla uyumlu AAT'lere sahip olma ya da AAT'ye bağılı endüstriyel işletme oranı, arıtmaya bağılı belediye oranının hep önünde seyretmiştir. Sanayimizin en büyük müşterisinin AB ülkeleri olmasının getirdiğı uluslararası şartların da zorlamasıyla, Tekil ve OSB'ler bünyesindeki tesislerin endüstriyel atıksu arıtımı alanındaki seviyesi, mevcut haliyle büyük oranda Yeşil Mutabakat ve Döngüsel Ekonomi hedefleriyle de uyum halindedir. Nitekim TOB NACE kodlarına göre Endüstriyel Su Verimliliğı Projesi (TOB, 2024) kapsamında Gıda, Tekstil, Kimya ve Metal sektörlerini temsilen örnek olarak seçilen 3'er tesiste, özgül su kullanımları ile ilgili olarak yürütülen kapsamlı incelemeler, bu işletmelerin özgül su kullanımlarının genel itibariyle, AB Sektörel Temiz Üretim Teknolojileri (MET) normlarında belirtilen Referans/Rehber (AB, 2023) değerlerin alt limitleri civarı ve altında kaldığını göstermektedir.

**Şekil 19:** Halihazır durum analizi kapsamında EK-IV'teki anketle toplanacak veriler



**Tablo 14:** Ziyaret edilen tesislerde özgül su tüketiminin AB Bref/MET (Temiz Üretim) dokümanları referans değerleri ile mukayesesi (TOB, 2024)

Sektör/Tesis	Tesiste Ortalama Özgül Su Tüketimi	Referans Özgül Su Tüketim Değeri	Potansiyel Su Tasarruf Oranı* (%)
Metal/1	0,08 L/kg	3-5 L/kg	51-65
Metal/2	0,11 L/kg	3-5 L/kg	32-46
Metal/3	7,49 L/kg	3-5 L/kg	36-63
Tekstil/1	3,81 L/kg	50-250 L/kg	57-76
Tekstil/2	162,02 L/kg	50-250 L/kg	58-94
Tekstil/3	24,5 L/kg	50-250 L/kg	22-33
Gıda/1	13,53 L/kg	5-68 L/kg	22-34
Gıda/2	3,86 L/kg	5-68 L/kg	18-37
Gıda/3	6,86 L/L	6-7 L/L	32-53
Kimya/1	1,82 L/kg	30,5-125 L/kg	26-39
Kimya/2	2,07 L/kg	30,5-125 L/kg	44-66
Kimya/3	0,34 L/kg	1-4 L/kg	58-80

(\*) Özgül su tüketimi düşük olduğu halde sensörlü musluk, gri su geri kazanımı, yağmur hasadı vb. önlemlerle yapılabilecek su tasarrufu oranı

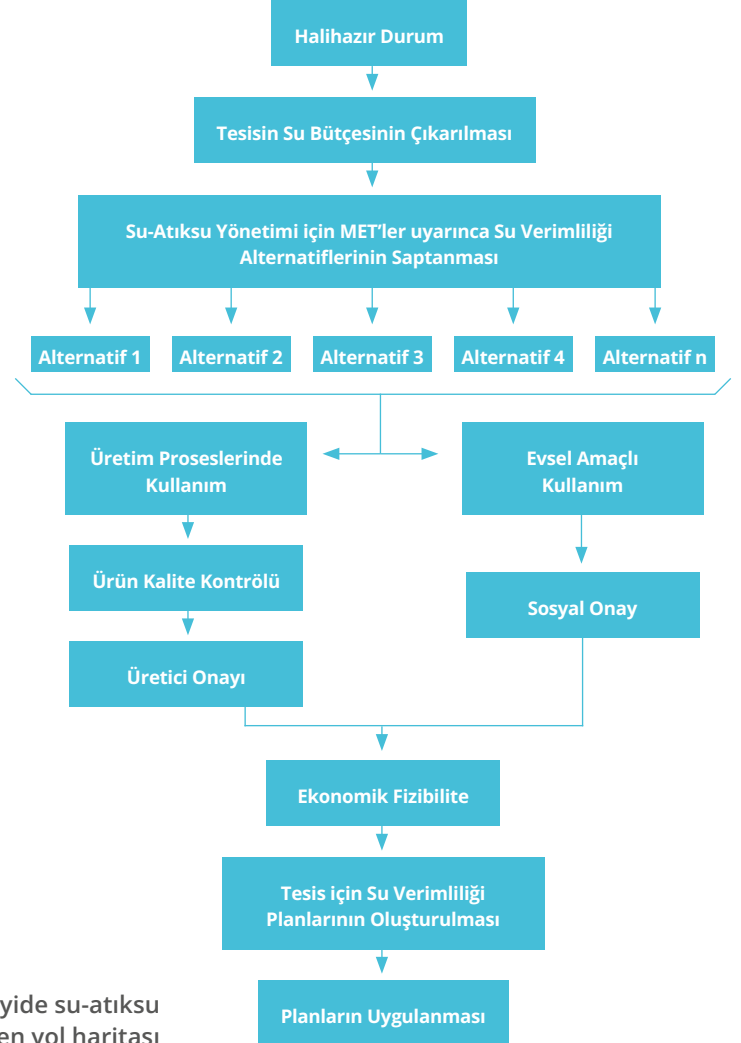
Özgül su tüketimleri Temiz Üretim (MET) normları alt limitleri civarındaki bu endüstri-lerde; iç tesisat revizyonu, tasarruflu/sensör- lü musluk ve aparatlar ile gri su geri kazanımı ve yağmur hasadı benzeri veya sektöre özel MET uygulamalarıyla %20-90'lara varan oran- larda ek su tasarrufu imkânın bulunduğu be- lirtilmektedir (TOB, 2023a; TOB, 2023b).

# Özgül su tüketimleri Temiz Üretim (MET) normları alt limitleri civarındaki endüstrilerde gri su geri kazanımı ve yağmur hasadı benzeri veya sektöre özel MET uygulamalarıyla %20-90'lara varan oranlarda ek su tasarrufu söz konusu.

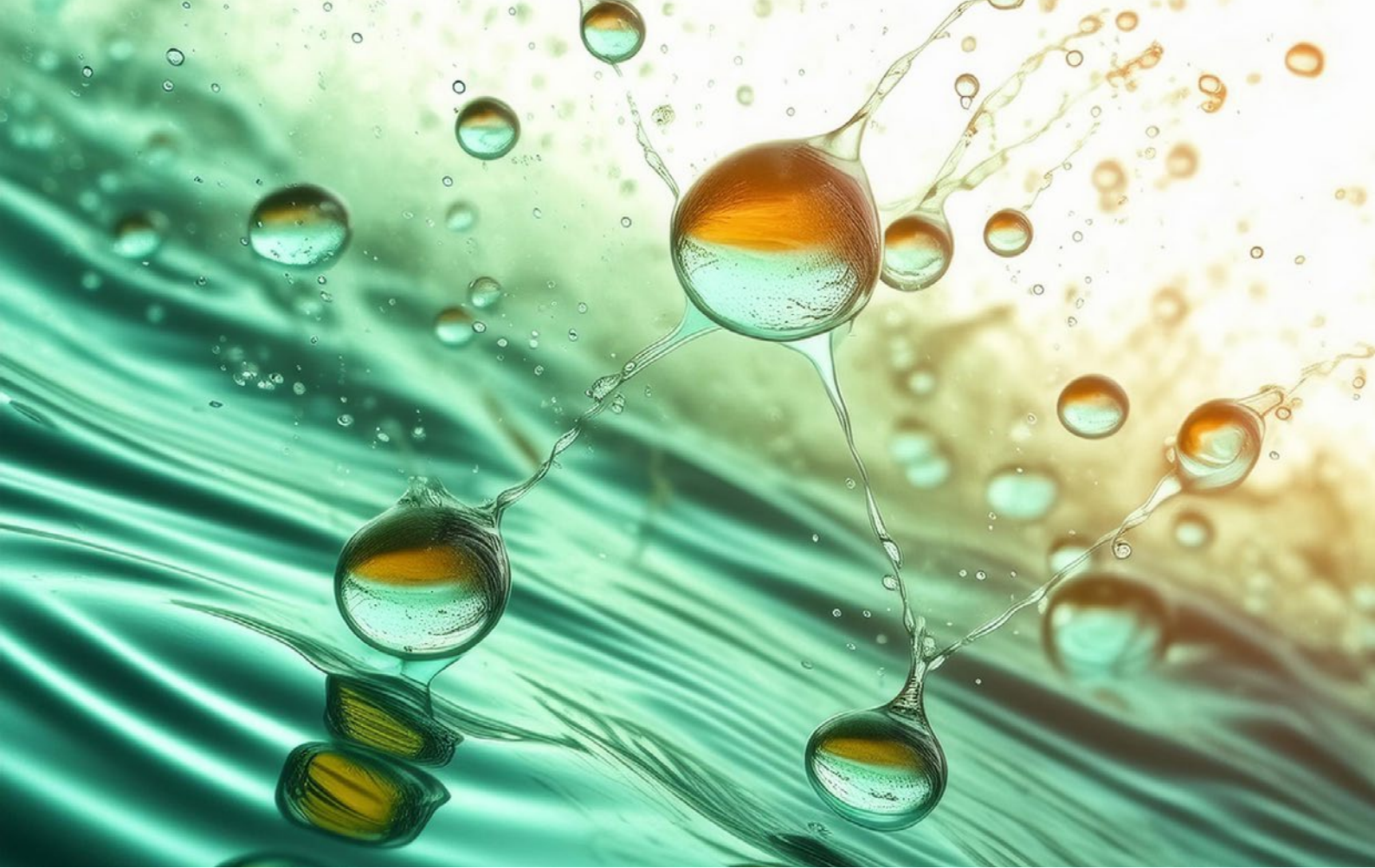
## Su-Atıksu Yönetimi için Önerilen Yol Haritası

Sanayide su-atıksu yönetimi için aşağıda sıralanan noktalar dikkate alınmalıdır.

- Tesisin su ihtiyacı ve atıksu karakteristikleri detaylı olarak belirlenerek "Su Denkliği (Bütçesi)" oluşturulmalıdır.
- "NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi"nden yararlanılarak, sektörel en iyi teknikler (MET) kullanılarak su verimliliği seçenekleri belirlenmeli ve mevcut su tüketim değerleri karşılaştırılmalıdır.



**Şekil 20:** Sanayide su-atıksu yönetimi için önerilen yol haritası



- Su verimliliği seçenekleri; tesis içi kontrol, üretim teknolojilerinin iyileştirilmesi, ileri arıtma ve geri kullanım gibi çeşitli önlemler olarak sınıflandırılmalıdır.
- Üretim prosesleri ve yardımcı proseslere yönelik MET'ler, ürün kalitesini olumsuz etkilemeyecek şekilde uygulanmalıdır.
- Arıtılmış atıksuların evsel amaçlar için

yeniden kullanımı, çalışanların sosyal onayı ile desteklenmelidir.

- Seçeneklerin ekonomik fizibilitesi değerlendirilmeli ve sonuçlar su verimliliği planlarının oluşturulmasında kullanılmalıdır.
- Oluşturulan su verimliliği planları uygulanarak, tesisin su yönetimi iyileştirilmelidir.

**Endüstriyel faaliyetlerde, üretim planlamasının ve iyi yönetim uygulamalarının doğru şekilde uygulanması, su verimliliğine önemli katkılarda bulunabilir.**



Önerilen yol haritası, dinamik bir yapıya sahip olup, her bir adımın tesise özgü mevcut durumu ve takip eden süreçleri etkileme potansiyeli söz konusudur. Bu iteratif süreç, seçilen çözümlerin zaman içinde değişen koşullara uyum sağlamasını ve sürekli iyileştirme

fırsatlarını teşvik eder. Örneğin; geleneksel kimyasal girdilerin daha çevre dostu alternatiflerle değiştirilmesi, atıksu miktarını ve kirliliğini azaltarak, bu suların çeşitli amaçlarla yeniden kullanılmasını mümkün kılabilir. Endüstriyel faaliyetlerde, özellikle tekstil, kimya

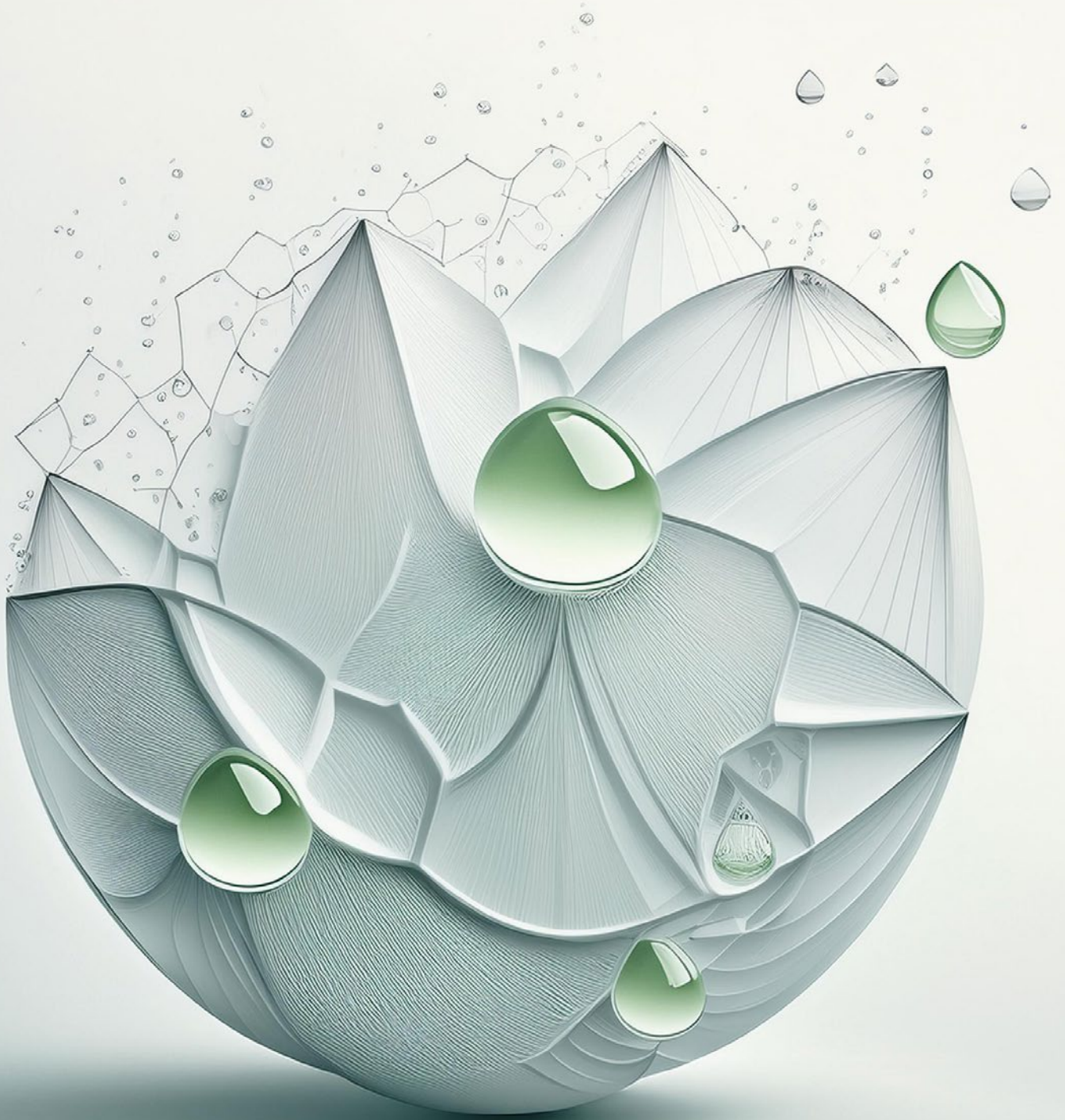


ve ilaç gibi sektörlerde, üretim planlamasının ve iyi yönetim uygulamalarının doğru şekilde uygulanması, farklı ürünler arasında geçiş sırasında gerekli temizlik işlemlerini minimize ederek su verimliliğine önemli katkılarda bulunabilir.

Bu yol haritasının uygulanmasında, su verimliliği çabalarının ekonomik analizler, rekabetçi politikalar ve tedarik zinciri araştırmaları gibi çeşitli disiplinler arası çalışmaları gerektirdiği unutulmamalıdır. Bu tür bir bütüncül yaklaşım, kaynak kullanımının optimize edilmesi ve sürdürülebilir üretim modellerine geçişte kritik önem taşır. Ayrıca, sanayi sektöründe su ve atıksu yönetimi konularında yapılan çalışmaların ödüllendirilmesi ve teşvik edilmesi, bu alanlarda yenilikçi ve etkili uygulamaların benimsenmesini hızlandıracaktır.

Son olarak, dögüsel ekonomi ve kurumsal karbon ayak izinin azaltılmasında, ulusal ve uluslararası yeşil finans imkanlarının potansiyelinden yararlanmanın önemi unutulmamalıdır. Bu finansal araçlar, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir destek sağlayarak, sanayi sektörünün çevresel etkisini azaltmasına ve ekonomik rekabetçiliğini artırmasına olanak tanır.









İSTANBUL  
SANAYİ ODASI



# İSTANBUL SANAYİ ODASI

**ODAKULE (MERKEZ)**

Meşrutiyet Cad. No:63, 34430 Beyoğlu/İSTANBUL

+90 212 252 29 00 (Pbx) | +90 212 249 50 84 | 90 212 293 43 98

[www.iso.org.tr](http://www.iso.org.tr) | [info@iso.org.tr](mailto:info@iso.org.tr)