



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



Su **Verimliliği**  
SeferberliĐi



Su Verimliliği  
Rehber Dokümanları Serisi

**RULMAN, DİŞLİ/DİŞLİ TAKIMI,  
ŞANZIMAN VE TAHRİK  
ELEMENLARININ İMALATI**

NACE KODU: 28.15

ANKARA 2023

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Yüklenici iö Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. Şti. 'ne hazırlattırılmıştır.

Her hakkı saklıdır.  
Bu doküman ve içeriği Su Yönetimi Genel Müdürlüğünün izni alınmadan kullanılamaz ve çoğaltılamaz.

# İçindekiler

	Kisaltmalar	4
1	Giriş	5
2	Çalışmanın Kapsamı	8
2.1	Rulman, Dişli/Dişli Takımı, Şanzıman ve Tahrik Elemanlarının İmalatı	10
2.1.1	İyi Yönetim Uygulamaları	14
2.1.2	Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler	18
2.1.3	Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler	24
	Kaynakça	26

## Kısaltmalar

<b>AAT</b>	Atıksu Arıtma Tesisi
<b>AB</b>	Avrupa Birliği
<b>AKM</b>	Askıda Katı Madde
<b>BREF</b>	Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı
<b>ÇYS</b>	Çevre Yönetim Sistemi
<b>ÇŞİDB</b>	Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
<b>DOM</b>	Doğal Organik Madde
<b>EMAS</b>	Eko Yönetim ve Denetim Programı Direktifi
<b>EPA</b>	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
<b>IPPC</b>	Endüstriyel Kirlilik Önleme ve Kontrolü
<b>ISO</b>	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
<b>MET</b>	Mevcut En İyi Teknikler
<b>NACE</b>	Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması
<b>SYGM</b>	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
<b>TO</b>	Ters Osmoz
<b>TOB</b>	Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı
<b>TÜİK</b>	Türkiye İstatistik Kurumu
<b>NF</b>	Nanofiltrasyon
<b>MF</b>	Mikrofiltrasyon
<b>UF</b>	Ultrafiltrasyon
<b>YAS</b>	Yeraltı Suyu
<b>YÜS</b>	Yerüstü Suyu

# 1 Giriş

Ülkemiz, küresel iklim değişikliğinin etkilerinin yoğun olarak hissedildiği Akdeniz havzasında yer almakta olup iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden en fazla etkilenecek bölgeler arasında kabul edilmektedir. Havzalarımızdaki su varlığımızın iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte nasıl etkileneceğine ilişkin projeksiyonlar su kaynaklarımızın önümüzdeki yüz yıl içerisinde yüzde 25'e varan oranlarda azalabileceğini göstermektedir.

2022 yılı için Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 1.313 m<sup>3</sup> olup, beşeri baskılar ve iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarının 2030 yılından sonra 1.000 metreküpün altına düşmesi beklenmektedir. Gerekli tedbirlerin alınmaması halinde çok yakın gelecekte Türkiye'nin su kıtlığı çeken bir ülke durumuna geleceği, sosyal ve ekonomik pek çok olumsuz sonucu da beraberinde getireceği aşikârdır. Gelecek dönem projeksiyonlarının sonuçlarından da anlaşılacağı üzere ülkemizi bekleyen kuraklık ve su kıtlığı riski mevcut su kaynaklarımızın verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Su verimliliği kavramı *"bir ürünün veya hizmetin üretiminde en az miktarda su kullanımı"* olarak tanımlanabilir. Su verimliliği yaklaşımı; suyun, miktar ve kalite bakımından korunarak sadece insanların değil, ekosistem duyarlılığı ile tüm canlıların gereksinimlerini dikkate alacak şekilde başta içme suyu, tarım, sanayi ve hane halkı kullanımları olmak üzere tüm sektörlerde akılcı, paylaşımcı, hakkaniyetli, verimli ve etkin şekilde kullanılmasını esas almaktadır.

Su kaynaklarına olan talebin giderek artması, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak yağış ve sıcaklık rejimlerinin değişmesi, nüfusun, kentleşmenin ve kirlenmenin artması ile kullanılabilir su kaynaklarının kullanıcılar arasında adil ve dengeli bir şekilde paylaşılması her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu nedenle, kısıtlı olan su kaynaklarının sürdürülebilir yönetim uygulamalarıyla korunarak kullanılması için verimlilik ve optimizasyon esaslı bir yol haritası oluşturulması zorunluluk haline gelmiştir.

Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen sürdürülebilir kalkınma vizyonunda, Binyıl Kalkınma Hedeflerinden *Hedef 7: Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanması* ile Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından *Amaç 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı* ile *Amaç 12: Sorumlu Üretim ve Tüketim amaçları* kapsamında su başta olmak üzere kaynakların verimli, adil ve sürdürülebilir kullanımı, çevre dostu üretim ve gelecek nesillerin kaygısını taşıyan tüketim gibi hususlara yer verilmektedir.

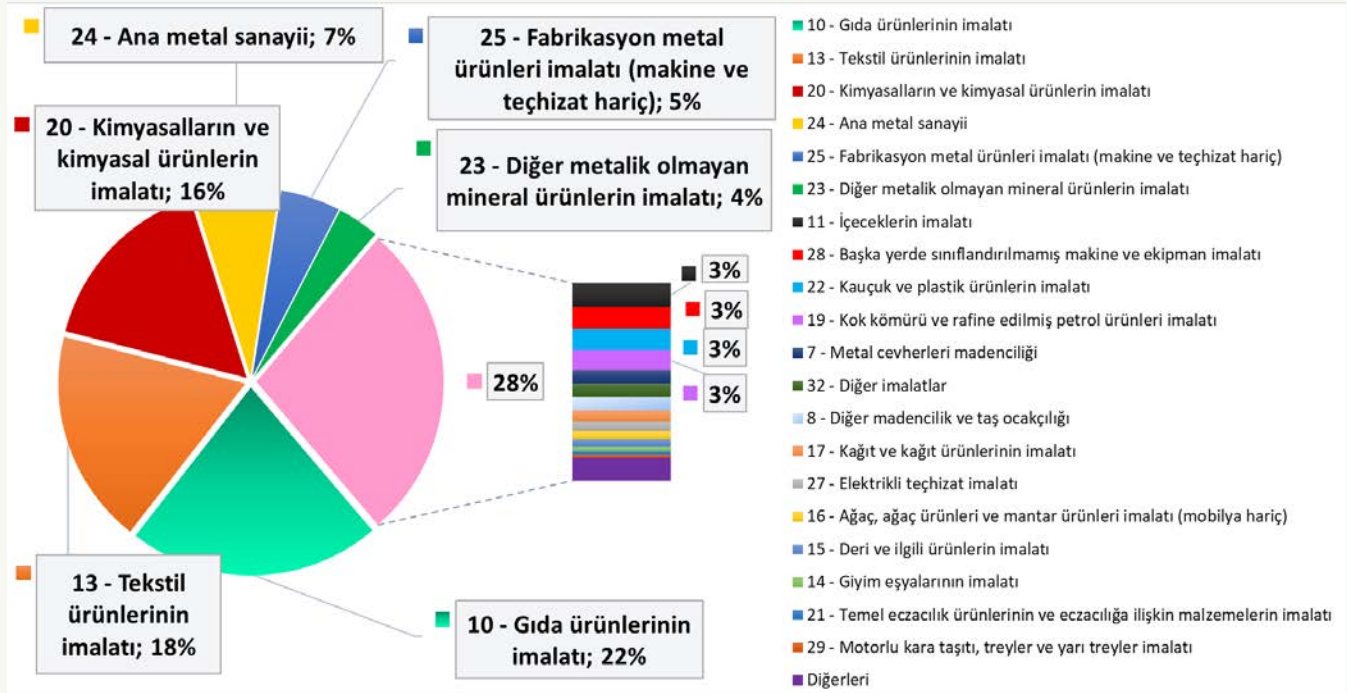
Karbon nötr hedefiyle temiz, döngüsel bir ekonomi modelini hayata geçirmek, kaynakların verimli kullanımını yaygınlaştırmak ve çevresel etkileri azaltmak gibi hedefler üzerinde üye ülkelerin uzlaştığı Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında ülkemizin hazırlamış olduğu Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planında sanayi başta olmak üzere çeşitli alanlarda, üretimde ve tüketimde su ve kaynak verimliliğini vurgulayan eylemler belirlenmiştir.

Avrupa Birliği çevre mevzuatının sanayi açısından en önemli bileşenlerinden olan “Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED)” sanayi faaliyetlerden kaynaklanan ve hava, su ve toprak olmak üzere alıcı ortama yapılan deşarjların/emisyonların entegre bir yaklaşımla kontrolü ve önlenmesi veya azaltılmasına yönelik alınması gereken tedbirleri içermektedir. Direktifte, temiz üretim süreçlerinin uygulanabilirliğini sistematik hale getirmek ve uygulamada yaşanan güçlükleri ortadan kaldırmak amacıyla Mevcut En İyi Teknikler (MET) (Best Available Techniques-BAT/MET) sunulmuştur. MET’ler maliyet ve faydaları göz önünde bulundurulduğunda, çevrenin yüksek düzeyde korunmasına yönelik en etkili uygulama teknikleridir. Direktif uyarınca, her bir sektör için MET’lerin detaylı olarak anlatıldığı Referans Dokümanlar (BAT-BREF) hazırlanmıştır. BREF dokümanlarında MET’ler, iyi yönetim uygulamaları, genel önlemler niteliğindeki teknikler, kimyasal kullanımı ve yönetimi, çeşitli üretim prosesleri için teknikler, atıksu yönetimi, emisyon yönetimi ve atık yönetimi gibi genel bir çerçevede sunulmaktadır.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından kentsel, tarımsal, endüstriyel ve bireysel su kullanımlarında verimli uygulamaların yaygınlaştırılması ve toplumsal farkındalığın artırılmasına hedefleyen çalışmalar yürütülmektedir. 2023/9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesiyle yürürlüğe giren “**Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033)**” kapsamında tüm sektörler ve paydaşlara hitap eden su verimliliği eylem planları hazırlanmıştır. Endüstriyel Su Verimliliği Eylem Planında 2023-2033 dönemi için toplam 12 eylem belirlenmiş olup söz konusu eylemler için sorumlu ve ilgili kurumlar tayin edilmiştir. Söz konusu Eylem Planı kapsamında; sanayide alt sektörler bazında spesifik su kullanım aralıklarının ve kalite gereksinimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması, sektörel bazda teknik eğitim programları ve çalıştaylar düzenlenmesi ve su verimliliği rehber dokümanlarının hazırlanması eylemleri Su Yönetimi Genel Müdürlüğü’nün sorumluluğuna tanımlanmıştır.

Diğer yandan, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen “**NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi**” ile sanayide su verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar kapsamında ülkemize özgü sektörel en iyi teknikler belirlenmiştir. Çalışmanın neticesinde ülkemizde faaliyet gösteren yüksek su tüketimine sahip sektörlerde su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesi için önerilen tedbirleri içeren NACE kodları ile sınıflandırılmış sektörel rehber dokümanlar ve eylem planları hazırlanmıştır.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de su tüketiminde en yüksek paya sahip olan sektörler gıda, tekstil, kimya ve ana metal sektörleridir. Çalışmalar kapsamında, ülkemizde faaliyet gösteren ve su tüketimi yüksek olan NACE Kodları kapsamında farklı kapasite ve çeşitlilikte üretim alanlarını temsil edecek nitelikte gıda, tekstil, kimya, ana metal sanayi başta olmak üzere 35 ana sektörde 152 adet alt sektörü temsil eden işletmelerde saha ziyaretleri gerçekleştirilerek su temini, sektörel su kullanımları, atıksu oluşumu, geri kazanım konularında veriler temin edilmiş ve Avrupa Birliği tarafından yayımlanan mevcut en iyi teknikler (MET) ve sektörel referans dokümanlar (BREF), su verimliliği, temiz üretim, su ayakizi, vb. konularda bilgilendirmeler yapılmıştır.



Ülkemizde sanayide sektörel bazda su kullanımlarının dağılımı

Çalışmalar neticesinde, yüksek su tüketimini haiz 152 farklı 4 haneli NACE kodu için işletmelerin proseslerine yönelik spesifik su tüketimleri ve potansiyel tasarruf oranları belirlenmiş, AB mevcut en iyi teknikleri (MET) ve diğer temiz üretim teknikleri dikkate alınarak su verimliliği rehber dokümanları hazırlanmıştır. Rehberler içerisinde su verimliliğine yönelik 500 adet teknik (MET); (i) İyi Yönetim Uygulamaları, (ii) Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler, (iii) Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler ve (iv) Sektöre Özgü Önlemler olmak üzere 4 ana grup altında incelenmiştir.

Yürütülen proje kapsamında her bir sektöre yönelik MET'lerin belirlenmesi aşamasında; çevresel faydalar, operasyonel veriler, teknik özellikler-gereksinimler ve uygulanabilirlik kriterleri dikkate alınmıştır. MET'lerin belirlenmesinde yalnızca BREF dokümanları ile sınırlı kalmamış olup, küresel ölçekte güncel literatür verileri, gerçek vaka analizleri, yenilikçi uygulamalar, sektör temsilcilerinin raporlamaları gibi farklı veri kaynakları da detaylı şekilde incelenerek sektörel MET listeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan MET listelerinin ülkemizin yerel sanayi altyapısına ve kapasitesine uygunluğunun değerlendirilebilmesi için her bir NACE kodu için spesifik olarak hazırlanan MET listeleri işletmeler tarafından; su tasarrufu, ekonomik tasarruf, çevresel fayda, uygulanabilirlik, çapraz medya etkisi kriterleri üzerinden puanlanarak önceliklendirilmiş ve puanlama sonuçları kullanılarak nihai MET listeleri belirlenmiştir. Proje kapsamında ziyaret edilen tesislerin su ve atıksu verileri ile sektörel paydaşlar tarafından öne çıkarılan ve ülkemize özgü yerel dinamikleri dikkate alınarak belirlenen nihai MET listeleri üzerinden NACE kodu bazında sektörel su verimliliği rehberleri oluşturulmuştur.

## 2 Çalışmanın Kapsamı

**Sanayide su verimliliği tedbirleri kapsamında hazırlanan rehber dokümanlar aşağıdaki ana sektörleri içermektedir:**

- Bitkisel ve hayvansal üretim ile avcılık ve ilgili hizmet faaliyetleri (6 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kömür ve linyit çıkartılması (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Madenciliği destekleyici hizmet faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Metal cevherleri madenciliği (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Diğer madencilik ve taş ocakçılığı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Gıda ürünlerinin imalatı (22 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- İçeceklerin imalatı (4 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Tütün ürünleri imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Tekstil ürünlerinin imalatı (9 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Giyim eşyalarının imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Deri ve ilgili ürünlerin imalatı (3 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden örülerek yapılan eşyaların imalatı (5 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatı (3 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı (13 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı (6 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı (12 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Ana metal sanayii (11 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç) (12 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Elektrikli teçhizat imalatı (7 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı (8 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı (3 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)



- Diğer ulaşım araçlarının imalatı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Diğer imalatlar (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Makine ve ekipmanların kurulumu ve onarımı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Elektrik, gaz, buhar ve havalandırma sistemi üretim ve dağıtımı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri; maddelerin geri kazanımı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Bina dışı yapıların inşaatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Taşımacılık için depolama ve destekleyici faaliyetler (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Konaklama (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Eğitim Faaliyetleri (Yükseköğretim Kampüsleri) (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Spor faaliyetleri, eğlence ve dinlenme faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)

### **Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı**

Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı sektörü altında, rehber dokümanları hazırlanan alt üretim kolları şu şekildedir:

28.12 Akışkan gücü ile çalışan ekipmanların imalatı

---

28.14 Diğer musluk ve valf/vana imalatı

---

28.15 Rulman, dişli/dişli takımı, şanzıman ve tahrik elemanlarının imalatı

---

28.22 Kaldırma ve taşıma ekipmanları imalatı

---

28.25 Soğutma ve havalandırma donanımlarının imalatı, evde kullanılanlar hariç

---

28.92 Maden, taş ocağı ve inşaat makineleri imalatı

---

28.94 Tekstil, giyim eşyası ve deri üretiminde kullanılan makinelerin imalatı

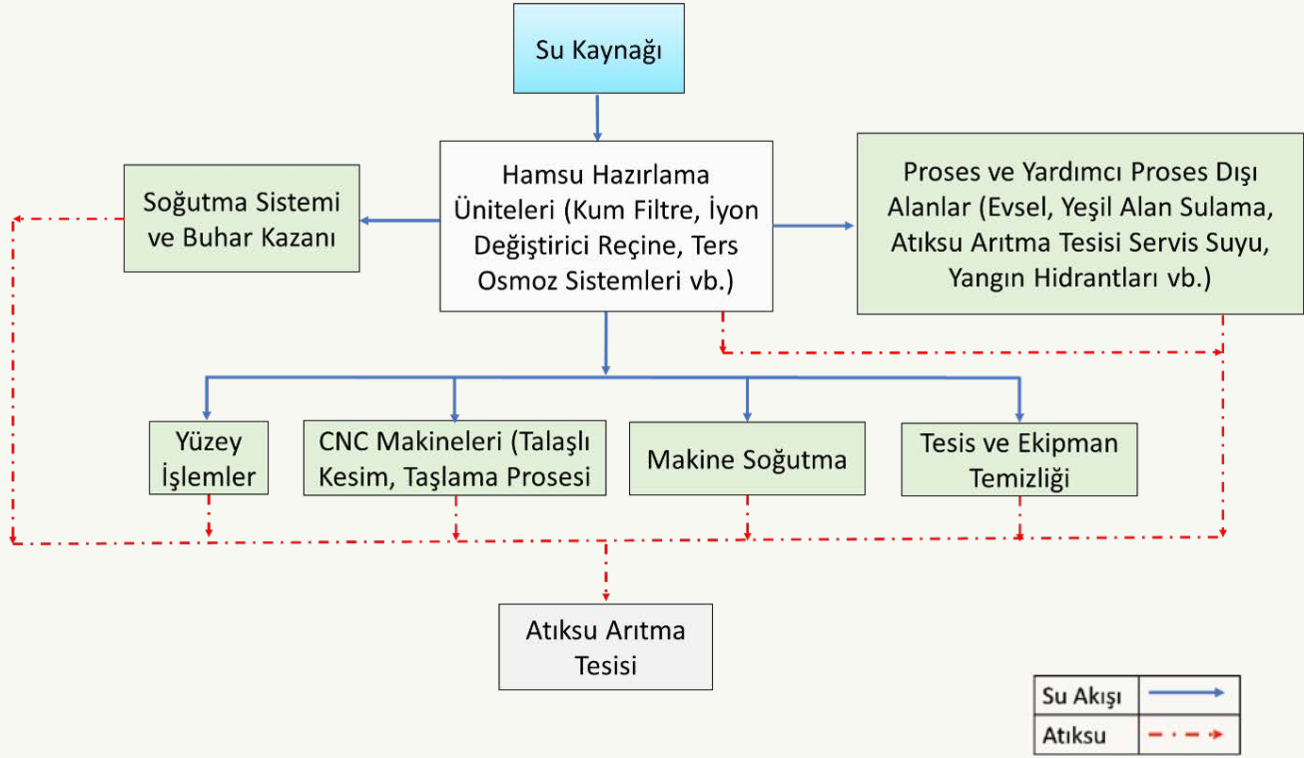
---

28.99 Başka yerde sınıflandırılmamış diğer özel amaçlı makinelerin imalatı

---

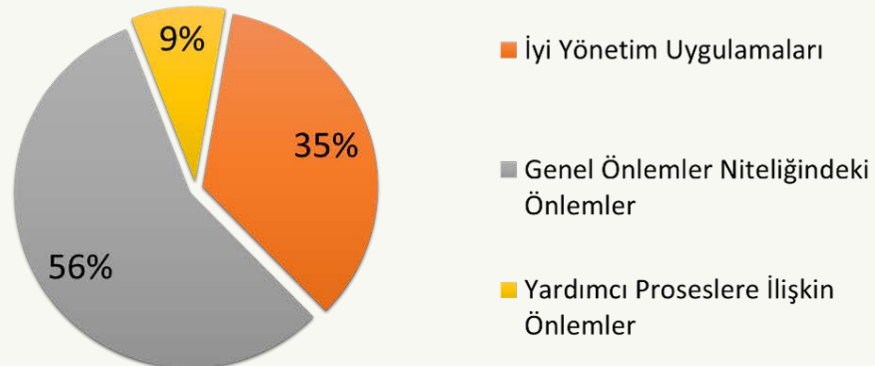
## 2.1 Rulman, Dişli/Dişli Takımı, Şanzıman ve Tahrik Elemanlarının İmalatı (NACE 28.15)

Rulman, Dişli/Dişli Takımı, Şanzıman ve Tahrik Elemanlarının İmalatı Sektörü Su Akım Şeması



	Minimum	Maksimum
Proje Kapsamında Ziyaret Edilen Tesislerin Spesifik Su Tüketimi (L/kg ürün)	2,2	5,6
Referans Spesifik Su Tüketimi (L/kg ürün)	6	42

Su Verimliliği Uygulamalarının Yüzdelerle Dağılımı



Rulman, dişli/dişli takımı, şanzıman ve tahrik elemanlarının imalatı yapılan tesislerde sıcak dövme tezgahlarına indüksiyonla ısıtılan hammaddeler beslenir ve malzemeler istenilen çaplarda şekillendirilir. Ardından kesme ve küreselleştirme proseslerinde bilezikler homojen bir yapıya sahip olması için ısıya tabi tutulur. Dövülmüş ve ısıya tabi tutulmuş bileziklerin çapları ovalama prosesinde genişletilir. Böylece bileziklerin tüm kısımları homojen şekilde genişler. Devamında tormalama tezgahlarına alınan ürünler CNC torna makinelerinde ve tek milli torna hatları aracılığıyla işlenir. Malzeme dayanımını artırmak için bilezikler atmosferik fırınlarda ısıya tabi tutulur. Rulmanın kafes ve kapak kısımları otomatik presleme istasyonlarında üretilerek rotofiniş operasyonu ile çapları temizlenir. Taşlama prosesinde bileziklerin tüm ebatları ve işlevsel hassasiyetleri süper finiş operasyonu ile elde edilir. İç ve dış bilezik, kafes, keçe ve kapak gibi tüm rulman bileşenleri montaj prosesinde birleştirilir.

Sektörde yüzey işlemlerde ve talaşlı kesimde CNC makinelerinde (torna tezgahları) su kullanımı bulunmaktadır. Tesislerde makine soğutma suyu tüketimi gerçekleşmektedir. Üretimde kullanılmak üzere yumuşak su üretilebilmesi için kullanılan kum filtre, iyon değiştirici reçine, ters osmoz gibi ham su hazırlama ünitelerinde filtre yıkama, reçine rejenerasyonu ve membran temizliği işlemleri için de kayda değer oranlarda su tüketimleri gerçekleşmektedir. Ayrıca soğutma sistemi ve buhar kazanları gibi yardımcı ünitelerde de su tüketimi gerçekleşmektedir.

Rulman, dişli/dişli takımı, şanzıman ve tahrik elemanlarının imalatı sektöründe referans spesifik su tüketimi 6 – 42 L/kg aralığındadır. Çalışma kapsamında analiz edilen üretim kolunun spesifik su tüketimi 2,2 – 5,6 L/kg'dır. İyi yönetim uygulamalarının, genel önlemler niteliğindeki önlemlerin ve yardımcı proseslere ilişkin önlemlerin uygulanması ile sektörde %42 – 69 oranında su kazanımı sağlanması mümkündür.



<https://www.cncmasters.com/wp-content/uploads/2022/05/modern-cnc-lathe-machine.jpg>

CNC Torna Makinesi

28.15 Rulman, Dişli/Dişli Takımı, Şanzıman ve Tahrik Elemanlarının İmalatı NACE kodu kapsamında önerilen öncelikli su verimliliği uygulama teknikleri aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
28.15	Rulman, dişli/dişli takımı, şanzıman ve tahrik elemanlarının imalatı	<p><b>İyi Yönetim Uygulamaları</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Atıksu miktarını ve kirletici yükünü azaltmak için entegre atıksu yönetimi ve arıtma stratejisi kullanılması</li> <li>Çevre yönetim sisteminin kurulması</li> <li>Su akış şemalarının ve su için kütle denkliklerinin hazırlanması</li> <li>Su kullanımını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla su verimliliği eylem planı hazırlanması</li> <li>Su kullanımının azaltımı ve optimizasyonu için personele teknik eğitimlerin verilmesi</li> <li>Su tüketiminin optimize edilmesi için üretim planlamasının iyi yapılması</li> <li>Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi</li> <li>Üretim proseslerinde ve yardımcı proseslerde kullanılan suyun ve oluşan atıksuların miktar ve nitelik açısından izlenmesi ve bu bilgilerin çevre yönetim sistemine adapte edilmesi</li> </ol> <p><b>Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Dökülme ve sızıntıların en aza indirilmesi</li> <li>Duş/tuvalet vb. su kullanım noktalarında su tasarrufu sağlayacak otomatik donanım ve ekipmanların (sensörler, akıllı el yıkama sistemleri vb.) kullanılması</li> <li>Ekipman temizliği, genel temizlik vb. işlemlerde basınçlı yıkama sistemlerinin kullanılması</li> <li>İçme suyunun üretim hatlarında kullanımından kaçınılması</li> <li>Su kayıplarının tespit edilmesi ve azaltılması</li> <li>Su ve enerji israfını engellemek için üretim prosedürlerinin dokümanite edilmiş halde bulundurulması ve çalışanlar tarafından kullanılması</li> <li>Sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların taşınmasının engellenmesi için kapalı depolama ve geçirimsiz atık/hurda sahası yapılması</li> <li>Sucul ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının engellenmesi</li> <li>Temiz su akımlarının kirli su akımlarıyla karışmasının önlenmesi</li> <li>Tüm atıksu oluşum noktalarında atıksu miktarlarının ve niteliklerinin karakterize edilmesiyle arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanımı mümkün olan atıksu akımlarının belirlenmesi</li> <li>Yıkama ve durulama sularının tekrar kullanım kapsamalarının belirlenmesi</li> </ol>

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
28.15	Rulman, dişli/dişli takımı, şanzıman ve tahrik elemanlarının imalatı	<p>12. Tesiste gri suların ayrı toplanıp arıtılması ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (yeşil alan sulama, yer, zemin yıkama vb.) kullanılması</p> <p>13. Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması ve tüm işlemlerin en kısa sürede bitecek şekilde düzenlenmesi</p> <p>14. Yağmur sularının toplanarak tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi</p> <p>15. Nanofiltrasyon (NF) veya ters osmoz (TO) konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılarak veya arıtılmadan tekrar kullanılması</p> <p><b>Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler</b></p> <p>1. Kapalı döngüye sahip olmayan sistemlerde kule soğutma uygulaması ile su geri kazanımı</p> <p>2. Soğutma suyu geri kazanımı sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemlerinin kurulması</p>

Bu sektörde toplam 25 adet teknik önerilmiştir.

Rulman, dişli/dişli takımı, şanzıman ve tahrik elemanlarının imalatı NACE Koduna Yönelik;

- (i) İyi Yönetim Uygulamaları,
- (ii) Genel Önlemler ve
- (iii) Yardımcı proseslere ilişkin önlemler ayrı başlıklar halinde verilmektedir.

## 2.1.1 İyi Yönetim Uygulamaları

### • Çevre yönetim sisteminin kurulması

Çevre Yönetim Sistemleri (ÇYS) sanayi kuruluşlarının çevre politikalarını geliştirmek, uygulamak ve izlemek için gerekli organizasyon yapısını, sorumlulukları, prosedürleri ve kaynakları içermektedir. Çevre yönetim sisteminin kurulması, kurumların hammadde, su-atıksu altyapısı, planlanan üretim süreci, farklı arıtma teknikleri arasında karar verme süreçlerini iyileştirmektedir. Çevre yönetimi, kaynak temini ve atık deşarjı taleplerinin en yüksek ekonomik verimle, ürün kalitesinden ödün vermeden ve çevre üzerinde mümkün olan en az etkiyle nasıl yönetebileceğini organize etmektedir.

En yaygın kullanılan Çevre Yönetim Standartı ISO 14001'dir. Alternatifleri arasında Eko Yönetim ve Denetim Programı Direktifi (EMAS) (761/2001) mevcuttur. İşletmelerin çevresel performanslarının değerlendirilmesi, iyileştirilmesi ve raporlanması için geliştirilmiştir. AB mevzuatında eko-verimlilik (temiz üretim) kapsamında önde gelen uygulamalardan olup gönüllü olarak katılım sağlanmaktadır (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Çevre Yönetim Sistemi kurmanın ve uygulamanın faydaları şunlardır:

- İşletme performansı iyileştirilerek ekonomik faydalar elde edilebilmektedir (Christopher, 1998).
- Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) standartları benimsenerek küresel yasal ve düzenleyici gerekliliklere daha fazla uyum sağlanmaktadır (Christopher, 1998).
- Çevresel sorumluluklara bağlı ceza riskleri en aza indirilirken, atık miktarında, kaynak tüketiminde ve işletme maliyetlerinde azalma sağlanmaktadır (Delmas, 2009).
- Uluslararası kabul görmüş çevre standartlarının kullanılması, dünyada farklı lokasyonlarda faaliyet gösteren işletmeler için birden fazla kayıt ve sertifika ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (Hutchens Jr., 2017).
- Özellikle son yıllarda şirketlerin iç kontrol süreçlerinin iyileştirilmesi tüketiciler tarafından da önemsenmektedir. Çevre yönetim sistemlerinin uygulanması, standardı benimsemeyen şirketlere karşı rekabet avantajı sağlamaktadır. Ayrıca kurumların uluslararası alanlarda/pazarlarda daha iyi konuma gelmesine de katkı sağlamaktadır (Potoski & Prakash, 2005).

Yukarıda sayılan faydalar, üretim prosesi, yönetim uygulamaları, kaynak kullanımı ve potansiyel çevresel etkiler gibi çok sayıda faktöre bağlıdır (TOB, 2021). Çevre yönetim sistemiyle benzer içeriğe sahip yıllık envanter raporlarının hazırlanması ve üretim proseslerinde girdilerin ve çıktıkların miktar ve nitelik açısından izlenmesi gibi uygulamalar ile su tüketiminde %3-5 arasında tasarruf sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014). ÇYS'yi geliştirme ve uygulama aşamalarının toplam süresi tahmini olarak 8-12 ay sürmektedir (ISO 14001 User Manual, 2015).

Sanayi kuruluşları, su ayak izini değerlendirmek ve raporlamak konusundaki gereklilik ve kılavuzları tanımlayan uluslararası bir standart olan ISO 14046 Su Ayak İzi Standardı kapsamında da çalışmalar yürütmektedir. İlgili standardın uygulanması ile üretim için gerekli olan tatlı su kullanımının ve çevresel etkilerin azaltılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, sanayi kuruluşlarının su tasarrufu sağlamasına ve işletme maliyetlerini düşürmesine yardımcı olan ISO 46001 Su Verimliliği Yönetim Sistemleri Standardı, izleme, kıyaslama ve inceleme çalışmalarının yapılması ile kuruluşların su verimliliği politikalarını geliştirmelerine yardımcı olmaktadır.

- **Atıksu miktarını ve kirletici yükünü azaltmak için entegre atıksu yönetimi ve arıtma stratejisi kullanılması**

Atıksu yönetimi, atıksuyun üretiminden nihai bertaraf aşamasına kadar bütünsel bir yaklaşımı baz almalı ve kompozisyonu, toplanması, çamur bertarafı dahil arıtılması ve yeniden kullanımı gibi fonksiyonel unsurları kapsamaktadır. Endüstriyel atıksular için uygun arıtma teknolojisini seçimi; arazi mevcudiyeti, istenen arıtılmış su kalitesi, ulusal ve yerel yönetmeliklere uyum gibi entegre faktörlere bağlıdır (Abbassi & Al Baz, 2008).

Arıtılmış atıksuyun tesiste yeniden kullanımı yalnızca su kütlelerinin kalitesini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda tatlı suya olan talebi de azaltmaktadır. Bu nedenle farklı yeniden kullanım hedefleri için uygun arıtma stratejilerinin belirlenmesi çok önemlidir.

Entegre endüstriyel atıksu arıtımında, atıksu toplama sistemi, arıtma prosesi ve yeniden kullanım hedefi gibi farklı yönler birlikte değerlendirilmektedir (Naghedi vd., 2020). Endüstriyel atıksu geri kazanımı için SWOT yöntemi (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler), PESTEL yöntemi (politik, ekonomik, sosyal, teknolojik, çevresel ve yasal faktörler), karar ağacı gibi metotlar uzman görüşleri ile birleştirilerek entegre atıksu yönetim çerçevesi belirlenebilmektedir (Naghedi vd., 2020). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Birleşik Uzlaşma Çözümü (CoCoSo) tekniklerinin entegre edilmesi, endüstriyel atıksu yönetimi süreçleri için çok sayıda kritere dayalı öncelikleri belirlemek için kullanılabilir (Adar vd., 2021).

Entegre atıksu yönetimi stratejilerinin uygulanmasıyla su tüketiminde, atıksu miktarında ve atıksuların kirlilik yüklerinde ortalama %25'e varan azalma sağlanabilmektedir. Uygulamanın potansiyel geri ödeme süresi 1-10 yıl arasında değişmektedir (TOB, 2021).



Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi

• **Su kullanımının azaltımı ve optimizasyonu için personele teknik eğitimlerin verilmesi**

Bu tedbir ile personelin eğitimi ve farkındalığı artırılarak su tasarrufu ve su geri kazanımı sağlanabilmekte, su tüketimi ve maliyetleri azaltılarak su verimliliği sağlanabilmektedir. Endüstriyel tesislerde personelin gerekli teknik bilgiye sahip olmaması sebebiyle yüksek miktarda su kullanımı ve atıksu oluşumu ile ilgili problemler ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, endüstriyel operasyonlarda su tüketiminde önemli bir oranı temsil eden soğutma kulesi operatörlerinin uygun şekilde eğitilmesi ve teknik bilgiye sahip olması önemlidir. Üretim proseslerinde su kalite gereksinimlerinin belirlenmesi, su ve atıksu miktarlarının ölçülmesi vb. uygulamalarda da ilgili personelin yeterli teknik bilgiye sahip olması gereklidir (TOB, 2021). Bu nedenle, su kullanımının azaltılması, optimizasyonu ve su tasarrufu politikaları hakkında personele eğitim verilmesi önem arz etmektedir. Personelin su tasarrufu ile ilgili çalışmalara dahil edilmesi, su verimliliğine yönelik girişimlerin öncesinde ve sonrasında su kullanım miktarları hakkında düzenli raporlar oluşturulması ve bu raporların personel ile paylaşılması gibi uygulamalar, sürece katılımı ve motivasyonu desteklemektedir. Personel eğitimi ile elde edilecek teknik, ekonomik ve çevresel faydalar orta veya uzun vadede sonuç vermektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021).

• **Üretim proseslerinde ve yardımcı proseslerde kullanılan suyun ve oluşan atıksuların miktar ve nitelik açısından izlenmesi ve bu bilgilerin çevre yönetim sistemine adapte edilmesi**

Endüstriyel tesislerde kaynak kullanımları mevcut olup kaynak kullanımı sonucunda oluşan verimsizlik ve çevresel problemler girdi-çıkı akışlarından kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle üretim proseslerinde ve yardımcı proseslerde kullanılan suyun ve atıksuların miktar ve nitelikleri açısından izlenmesi gerekmektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Proses bazlı miktar ve kalite izlemesi diğer iyi yönetim uygulamalarıyla (personel eğitimi, çevre yönetim sistemi kurulması vb.) birlikte enerji tüketiminde %6-10, su tüketiminde ve atıksu miktarlarında %25'e varan oranlarda azaltım sağlayabilmektedir (Öztürk, 2014).

Suyun ve atıksuyun miktar ve nitelik açısından izlenmesine yönelik başlıca aşamalar şunlardır:

- Prosesler bazında su, enerji vb. tüketimlerin izlenmesi için izleme ekipmanlarının kullanılması (sayaçlar gibi),
- İzleme prosedürlerinin oluşturulması,
- Üretim prosesine ilişkin tüm girdi ve çıktılarının (hammadde, kimyasal, su, ürün, atıksu, çamur, katı atık, tehlikeli atık ve yan ürün) kullanım/çıkış noktalarının belirlenmesi, miktar ve nitelikleri açısından izlenmesi, dokümanite edilmesi, karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve raporlanması,
- Hammaddelerin ürüne dönüştüğü üretim proseslerinde hammadde kayıplarının izlenmesi ve hammadde kayıplarına karşı önlemler alınması (ÇŞİDB, 2020e).



- ***Su tüketiminin optimize edilmesi için üretim planlamasının iyi yapılması***

Endüstriyel üretim süreçlerinde bir hammaddenin ürüne dönüşmesine kadarki süreçte en az proses kullanılarak planlanması iş gücü maliyetlerinin, kaynak kullanımı maliyetlerinin ve çevresel etkilerin azaltılması ve verimliliğin sağlanması için etkili bir uygulamadır (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Endüstriyel tesislerde üretim planlamasının su verimliliği faktörü de göz önünde bulundurularak yapılması su tüketimini ve atıksu miktarını azaltmaktadır. Endüstriyel tesislerde üretim süreçlerinin modifiye edilmesi ya da bazı proseslerin birleştirilmesi su verimliliği ve zaman planlaması açısından önemli faydalar sağlamaktadır (TOB, 2021).

- ***Su kullanımını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla su verimliliği eylem planı hazırlanması***

Endüstriyel tesislerde su-atıksu miktarlarını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla kısa, orta ve uzun vadede yapılacakları içeren bir eylem planının hazırlanması su verimliliği açısından önemlidir. Bu noktada tesis genelinde ve üretim proseslerinde su ihtiyaçlarının belirlenmesi, su kullanım noktalarında kalite gereksinimlerinin belirlenmesi, atıksu oluşum noktaları ve atıksu karakterizasyonu yapılmalıdır (TOB, 2021). Aynı zamanda su tüketiminin, atıksu oluşumunun ve kirlilik yüklerinin azaltılmasına yönelik uygulanacak tedbirlerin belirlenmesi, fizibilitesinin yapılması ve kısa-orta-uzun vade için eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir. Bu sayede tesislerde su verimliliği ve sürdürülebilir su kullanımı sağlanmaktadır (TOB, 2021).

- ***Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi***

Endüstriyel tesislerde su verimliliği sağlamanın ilk adımı hedeflerin belirlenmesidir (TOB, 2021). Bunun için öncelikli olarak prosesler bazında detaylı bir su verimliliği analizinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle gereksiz su kullanımları, su kayıpları, su verimliliğini etkileyen yanlış uygulamalar, proses kayıpları, arıtılarak ya da arıtılmadan tekrar kullanılabilir su-atıksu kaynakları vb. belirlenebilmektedir. Her bir üretim prosesi ve tesis geneli için su tasarrufu potansiyeli ve su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi de son derece önemlidir (TOB, 2021).

- ***Su akış şemalarının ve su için kütle denkliklerinin hazırlanması***

Endüstriyel tesislerde su kullanım ve atıksu oluşum noktalarının belirlenmesi, üretim prosesleri ve üretim prosesleri dışındaki yardımcı proseslerde su-atıksu denkliklerinin oluşturulması genel olarak birçok iyi yönetim uygulamasının temelini oluşturmaktadır. Tesis genelinde ve üretim prosesleri bazında proses profillerinin oluşturulması; gereksiz su kullanım noktalarının ve yüksek su kullanım noktalarının belirlenmesini, su geri kazanım imkanlarının değerlendirilmesini, proses modifikasyonlarını ve su kayıplarının belirlenmesini kolaylaştırmaktadır (TOB, 2021).

## 2.1.2 Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler

### • **Su kayıplarının tespit edilmesi ve azaltılması**

Endüstriyel üretim proseslerinde ekipmanlar, pompalar ve boru hatlarında su kayıpları gerçekleşmektedir. Öncelikle su kayıpları tespit edilmeli ve ekipmanlar, pompalar ve boru hatlarının düzenli bakımları yapılarak iyi durumda tutularak sızıntılar engellenmelidir (IPPC BREF, 2003). Düzenli bakım prosedürleri oluşturularak özellikle şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Pompalar, valfler, seviye anahtarları, basınç ve akış düzenleyicilerin bakım kontrol listesine eklenmesi,
- Yalnızca su sisteminde değil, aynı zamanda özellikle ısı transferi ve kimyasal dağıtım sistemleri, kırık ve sızıntı yapan borular, variller, pompalar ve vanalar için denetimlerin yapılması,
- Filtrelerin ve boru hatlarının düzenli olarak temizlenmesi,
- Kimyasal ölçüm ve dağıtım cihazları, termometreler vb. gibi ölçüm ekipmanlarının kalibre edilmesi, rutin olarak belirlenen periyotlarda kontrol edilmesi ve izlenmesi (IPPC BREF, 2003). Etkin bakım-onarım, temizlik ve kayıp kontrolü uygulamaları ile su tüketiminde %1-6 arasında değişen oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014).

### • **Dökülme ve sızıntıların en aza indirilmesi**

İşletmelerde yaşanan dökülme ve sızıntılarla hem hammadde hem de su kayıpları yaşanabilmektedir. Ayrıca dökülme gerçekleşen alanların temizlenmesinde ıslak temizleme yöntemlerinin kullanılması durumunda su tüketimi, atıksu miktarları ve atıksuların kirlilik yüklerinde de artışlar meydana gelebilmektedir (TOB, 2021). Hammadde ve ürün kayıplarının azaltılması amacıyla sıçrama önleyiciler, kanatlar, damlama tepsileri, elekler kullanılarak dökülme ve sıçrama kayıpları azaltılmaktadır (IPPC BREF, 2019).

### • **Temiz su akımlarının kirliliği su akımlarıyla karışmasının önlenmesi**

Endüstriyel tesislerde atıksu oluşum noktalarının belirlenmesi ve atıksuların karakterize edilmesiyle yüksek kirlilik yüküne sahip atıksular ile nispeten temiz atıksular ayrı hatlarda toplanabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Bu sayede uygun kaliteye sahip atıksu akımları arıtılarak ya da arıtılmadan tekrar kullanılabilir. Atıksu akımlarının ayrılması ile su kirliliği azaltılmakta, arıtma performansları artırılmakta, arıtma ihtiyaçlarının azaltılması ile ilişkili olarak enerji tüketimleri azaltılabilmekte ve atıksu geri kazanımı ve değerli materyallerin geri kazanımı sağlanarak emisyonların azaltımı sağlanmaktadır. Ayrıca ayrılmış sıcak atıksu akımlarından ısı geri kazanımı da mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021) Atıksu akımlarının ayrılması genellikle yüksek yatırım maliyetleri gerektirmekte olup, yüksek miktarda atıksuyun ve enerjinin geri kazanılmasının mümkün olduğu durumlarda maliyetlerin azalması sağlanabilmektedir (IPPC BREF, 2006).

- ***Tüm atıksu oluşum noktalarında atıksu miktarlarının ve niteliklerinin karakterize edilmesiyle arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanımı mümkün olan atıksu akımlarının belirlenmesi***

Endüstriyel tesislerde atıksu oluşum noktalarının belirlenmesi ve karakterize edilmesiyle çeşitli atıksu akımlarının arıtılarak ya da arıtılmadan tekrar kullanımı mümkündür (Öztürk, 2014; TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Bu kapsamda filtre geri yıkama suları, TO konsantreleri, blöf suları, kondens suları, nispeten temiz yıkama ve durulama suları aynı/farklı proseslerde ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (tesis ve ekipman temizliği gibi) arıtılmadan yeniden kullanılabilir. Bunun dışında doğrudan tekrar kullanımı mümkün olmayan atıksu akımlarının uygun arıtma teknolojileri kullanılarak arıtıldıktan sonra üretim proseslerinde yeniden kullanımı mümkündür.

Membran filtrasyon prosesleri birçok atıksu yeniden kullanım sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır. Nanofiltrasyon (NF) ve Ters osmoz (TO) filtreleme sistemleri, endüstriyel atıksu geri kazanımı için kullanılmaktadır. Mikrofiltrasyon (MF) ve ultrafiltrasyon (UF) genellikle suyun NF veya TO işlemine gitmeden önce ön arıtımı için kullanılmaktadır (Singh vd., 2014).

- ***Yıkama ve durulama sularının tekrar kullanım kapsamının belirlenmesi***

Endüstriyel tesislerde özellikle yıkama-son durulama atıksuları ve filtre geri yıkama atıksuları gibi nispeten temiz karakterdeki atıksular yüksek su kalitesi gerektirmeyen zemin yıkama ve bahçe sulama işlemlerinde arıtılmadan geri kullanılabilir (Öztürk, 2014). Böylelikle ham su tüketiminde %1-5 arasında tasarruf sağlanması mümkündür (TOB, 2021).

• **Ekipman temizliği, genel temizlik vb. işlemlerde basınçlı yıkama sistemlerinin kullanılması**

Su nozulları ekipman tesis temizliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su tüketiminin ve atıksu kirlilik yüklerinin azaltılmasında doğru yerleştirilmiş, uygun nozulların kullanılmasıyla etkili sonuçlar elde edilebilmektedir. Yüksek su tüketimi gerçekleşen ve mümkün olan noktalarda aktif sensörler ve nozulların kullanılması suyun verimli kullanımı açısından oldukça önemlidir. Mekanik ekipmanların basınçlı nozullar ile değişimi sayesinde önemli oranda su tasarrufu sağlamak mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016). Teknik açıdan uygun olan proseslerde su basıncı optimize edilmiş nozulların kullanımıyla su tüketiminin, atıksu oluşumunun ve atıksu kirlilik yükünün azaltılması uygulamadaki başlıca çevresel faydaları oluşturmaktadır.

• **İçme suyunun üretim hatlarında kullanımından kaçınılması**

İmalat sanayinin farklı alt sektörlerinde üretim amaçlarına uygun olarak farklı su kalitesine sahip sular kullanılabilir. Endüstriyel tesislerde genellikle yeraltı su kaynaklarından temin edilen ham sular arıtıldıktan sonra üretim proseslerinde kullanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda üretim proseslerinde maliyetli olmasına rağmen içme suları doğrudan kullanılabilir ya da ham sular klorlu bileşikler ile dezenfekte edildikten sonra üretim proseslerinde değerlendirilmektedir. Bakiye klor içeren bu sular üretim proseslerinde su içerisinde bulunan organik bileşikler (doğal organik maddeler (DOM)) ile reaksiyona girerek canlı metabolizmalar açısından zararlı dezenfektan yan ürünlerini oluşturabilmektedir (Özdemir & Toröz, 2010; Oğur vd.; TOB, 2021). Bakiye klor bileşikleri içeren içme sularının ya da klorlu bileşikler ile dezenfekte edilmiş ham suların kullanımından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Ham suların dezenfeksiyonunda klorla dezenfeksiyon yerine ultraviyole (UV), ultrason (US) ya da ozon gibi yüksek oksidasyon kabiliyetine sahip dezenfeksiyon yöntemleri kullanılabilir. Uygulamayla sağlanacak teknik, ekonomik ve çevresel faydanın artırılabilmesi için her bir üretim prosesinde gerek duyulan su kalitesi parametrelerinin belirlenerek kullanılması, gereksiz su temin ve arıtım maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu uygulamayla su, enerji, kimyasal maliyetlerinin azaltılması mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016).

- **Yağmur sularının toplanarak tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi**

Su kaynaklarının azaldığı günümüzde yağmur suyu hasadı özellikle az yağış alan yörelerde sıkça tercih edilmektedir. Yağmur suyu toplama ve dağıtım sistemleri konusunda farklı teknolojiler ve sistemler mevcuttur. Sarnıç sistemleri, zemine sızdırma, yüzeyden toplama ve filtre sistemleri kullanılmaktadır. Özel drenaj sistemleri ile toplanan yağmur suları ihtiyaç duyulan kalite gereksinimlerini karşılaması halinde üretim prosesleri, bahçe sulaması, tank ve ekipman temizliği, yüzey temizliği vb. amaçlar için kullanılabilir (Tanık vd., 2015).

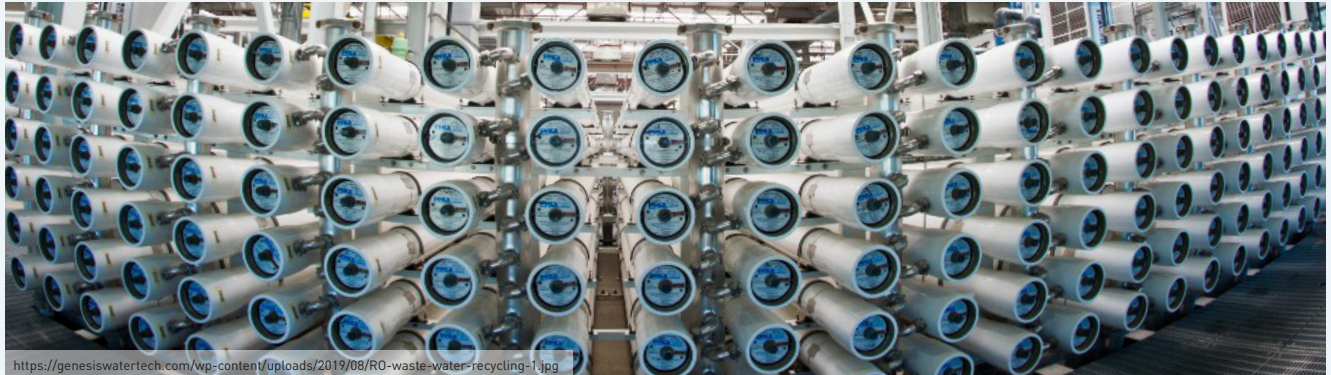
Çeşitli örneklerde sanayi tesislerinde toplanan çatı yağmur suyu depolandıktan sonra bina içinde ve peyzaj alanlarında kullanılarak peyzaj sulamasında %50 su tasarrufu sağlanmıştır (Yaman, 2009). Zeminin geçirimini artırmak ve yağmur suyunun sahada toprağa geçmesini ve emilmesini sağlamak amacı ile delikli taşlar ve yeşil alanlar tercih edilebilir (Yaman, 2009). Bina çatılarında toplanan yağmur suları araç yıkama ve bahçe sulamada kullanılabilir. Toplanan suların kullanıldıktan sonra biyolojik arıtmayla %95 oranında geri kazanılarak yeniden kullanılması mümkündür (Şahin, 2010).

- **Nanofiltrasyon (NF) veya ters osmoz (TO) konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılarak veya arıtılmadan tekrar kullanılması**

Atıksu karakterizasyonuna ve uygun kullanım noktalarına göre, membran proseslerinden kaynaklanan diğer atıksuların yeniden kullanım potansiyelleri (kimyasal kullanılmadan veya kimyasal kullanılarak geri yıkama, CIP temizlik, modül temizliği, kimyasal tankların temizliği, vb.) değerlendirilmelidir.

Nanofiltrasyon kuyu suyunun ve yüzey suyunun arıtılması için uygun olan düşük enerji tüketimine ve düşük işletme basınçlarına sahip membran bazlı bir sıvı ayırma tekniğidir. Ters osmoz da membran bazlı sıvı ayırma tekniği olup nanofiltrasyondan daha küçük maddeleri ayırabilir (Akgül, 2016).

Nanofiltrasyon veya ters osmoz konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılarak veya arıtılmadan yeniden kullanılması ile tasarruf sağlanmaktadır. Filtrasyon işlemlerinde filtre geri yıkama sularının üretim süreçlerinde temiz suların tekrar kullanılması ve temizlik sistemleri kullanarak su tüketiminin azaltılması yönünde önlemler alınmalıdır (TOB, 2021).



Ters Osmoz Sistemi

- **Sucul ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının mümkün olduğunca engellenmesi**

Endüstriyel tesislerde yağlar, emülsiyonlar ve binderler gibi sucul ortam için risk taşıyan kimyasalların atıksu akımlarına karışmasının engellenmesi için kuru temizleme teknikleri kullanılabilir ve sızıntılar önlenir. Bu sayede su kaynaklarının korunması sağlanabilir (TUBİTAK MAM, 2016).

- **Sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların taşınmasının engellenmesi için kapalı depolama ve geçirimsiz atık/hurda sahası yapılması**

Endüstriyel tesislerde sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların alıcı ortamlara taşınımının engellenmesi için kapalı ve geçirimsiz atık/hurda depolama sahaları yapılabilir. Ülkemizde mevcut çevre düzenlemeleri kapsamında bu uygulama halihazırda uygulanmaktadır. Yürütülen saha çalışmaları kapsamında endüstriyel tesislerde toksik ya da tehlikeli madde depolama alanlarına ayrı bir toplama kanalı yapılarak söz konusu sızıntı sularının ayrı toplanması ve doğal su ortamlarına karışması engellenebilir.

- **Su ve enerji israfını engellemek için üretim prosedürlerinin dokümante edilmiş halde bulundurulması ve çalışanlar tarafından kullanılması**

Bir işletmede verimli üretim yapılabilmesi için potansiyel sorunların ve kaynaklarının belirlenmesi, değerlendirilmesi ve üretim aşamalarının kontrol edilmesi amacıyla etkin prosedürler uygulanmalıdır (Ayan, 2010). Üretim süreçlerinde uygun prosedürlerin belirlenerek uygulanması kaynakların (hammadde, su, enerji, kimyasal, personel ve zaman gibi) daha verimli kullanılmasını ve üretim süreçlerinde güvenilirlik ve kalitenin güvence altına alınmasını sağlamaktadır (Ayan, 2010). Üretim süreçlerinde dokümante edilmiş üretim prosedürlerinin bulunması işletme performansının değerlendirilmesi ve sorunların çözümü için ani refleks geliştirme kabiliyetinin geliştirilmesine katkıda bulunur (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Üretim prosesleri özelinde oluşturulan prosedürlerin etkin şekilde uygulanıp izlenmesi ürün kalitesinin güvence altına alınması, geri beslemelerin alınabilmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesinde en etkili yollardan biridir (Ayan, 2010). Üretim prosedürlerinin dokümante edilip etkin şekilde uygulanması ve izlenmesi iyi bir yönetim uygulaması olup, temiz üretim yaklaşımının ve çevre yönetim sisteminin yapılandırılması ve sürekliliğinin sağlanmasında etkili bir araçtır. Potansiyel faydaların yanında uygulamanın maliyeti ve ekonomik kazanımları konusunda sektörden sektöre ya da tesis yapısına bağlı olarak değişiklikler olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Üretim prosedürlerinin oluşturulması ve izlenmesi maliyetli olmamakla birlikte sağlayacağı tasarruf ve faydalar göz önünde bulundurulduğunda geri ödeme süresi kısa olabilir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021).

- **Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması ve tüm işlemlerin en kısa sürede bitecek şekilde düzenlenmesi**

Endüstriyel üretim süreçlerinde hammaddenin ürüne dönüşmesine kadarki sürecin en az proses kullanılarak planlanması iş gücü maliyetlerinin, kaynak kullanımı maliyetlerinin ve çevresel etkilerin azaltılması ve verimliliğin sağlanması için etkili bir uygulamadır. Bu kapsamda üretim süreçlerinin yeniden gözden geçirilerek en az sayıda proses adımı kullanılacak şekilde yeniden revize edilmesi gerekli olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Temel üretim proseslerindeki bazı yetersizlikler, verimsizlik ve tasarım hataları nedeniyle istenilen ürün kalitesinin sağlanamadığı durumlarda üretim proseslerinin yenilenmesi gerekebilir. Dolayısıyla bu durumda birim miktardaki ürünün imalatında gerekli olan kaynak kullanımı ve oluşan atık, emisyon ve katı atık miktarı artmaktadır. Üretim süreçlerinde zaman optimizasyonu yapılması etkin bir uygulamadır (TUBİTAK MAM, 2016).

- **Duş/tuvalet vb. su kullanım noktalarında su tasarrufu sağlayacak otomatik donanım ve ekipmanların (sensörler, akıllı el yıkama sistemleri vb.) kullanılması**

Su, imalat sanayinin birçok sektöründe hem üretim prosesleri için hem de personellerin gerekli hijyen standartlarını sağlamaları için oldukça önemlidir. Endüstriyel tesislerin üretim proseslerinde su tüketimleri çeşitli yollarla sağlanabileceği gibi personellerin su kullanım alanlarında sensörlü muslukların ve akıllı el yıkama sistemleri gibi ekipmanların kullanılmasıyla da su tüketimlerinde tasarruflar sağlanabilir. Akıllı el yıkama sistemleri su, sabun ve hava karışımını doğru oranda ayarlarken su tasarrufuna ek olarak kaynak verimliliği de sağlamaktadır.

- **Tesiste gri suların ayrı toplanıp arıtılması ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (yeşil alan sulama, yer, zemin yıkama vb.) kullanılması**

Endüstriyel tesislerde oluşan atıksular sadece üretim proseslerinden kaynaklanan endüstriyel atıksular olmayıp duşlar, lavabolar, mutfaklar vb. alanlardan kaynaklanan atıksuları da içermektedir. Duş, lavabo, mutfak vb. alanlardan oluşan atıksular ise gri su olarak adlandırılmaktadır. Oluşan bu gri suların çeşitli arıtma prosesleriyle arıtılarak yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda kullanılmasıyla su tasarrufu sağlanabilmektedir.

## 2.1.3 Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler

### Soğutma sistemlerine ilişkin MET'ler

- **Kapalı döngüye sahip olmayan sistemlerde kule soğutma uygulaması ile su geri kazanımı**

Soğutma kuleleri çalışma prensiplerine göre karşı akışlı ve çapraz akışlı olmak üzere ikiye ayrılır. Karşı akışlı soğutma kulelerinde su aşağı doğru akarken hava akımı yukarı doğru, çapraz akışlı soğutma kulelerinde ise su aşağı doğru akarken hava akımı yatay olarak hareket eder. Taze havaya maruz kalan su, soğuk su havuzuna inene kadar soğumakta ve burada toplanarak tesise gönderilmektedir. Bu işlemler sırasında suyun bir kısmı buharlaşmaktadır. Suyun buharlaşması sonucu nemi artan hava, kulenin en üstünde bulunan fan bacasından atmosfere atılmaktadır. Soğutma kulelerindeki buharlaşma kayıpları etkili şekilde yönetilmelidir.

Soğutma kulelerinde bakteri ve parazit oluşumunu engellemek ve kireç kalıntılarını kontrol etmek için çeşit kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasallar suyun buharlaşmasıyla birlikte yoğunlaşmakta ve kule içinde istenmeyen tortu ve birikintilere neden olmaktadır. Bu yoğunlaşmayı belirli bir seviyede tutmak için blöf sistemi kullanılmaktadır. Blöf suları, membran filtrasyon sistemleri veya iyon değiştirici reçinelerin kullanılması ile arıtılarak geri kazanılabilmektedir. Blöf atıksularının geri kazanılması su verimliliği açısından önem arz etmektedir.



Kule Tipi Soğutma Sistemleri



- **Soğutma suyu geri kazanımı sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemlerinin kurulması**

Soğutma suları ayrı toplanarak soğutma amaçlı kullanılmakta ya da uygun proseslerde tekrar değerlendirilmektedir (EC, 2009). Bu sistemin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemi gerekmektedir. Soğutma suyu, temizlik ve sulama suyu olarak yeniden kullanım açısından uygun su kalitesine sahiptir. Ancak soğutma suyu olarak kullanımında bir miktar sertlik içermesi nedeniyle zamanla oluşacak korozyon problemlerinin önlenmesi amacıyla ilave bir yumuşatma yapılması gerekmektedir. Soğutma suyu ya da proses içerisinde geri kullanılmadan önce bu sular uygun bir dezenfeksiyon işleminden geçirilmelidir. Ayrıca, söz konusu suların uygun arıtma teknikleri (membran filtrasyonu, ileri oksidasyon, kimyasal çöktürme, granül aktif karbon adsorpsiyonu vb. prosesleri) ile arıtılarak sadece soğutma proseslerinde değil, tüm üretim proseslerinde yeniden kullanımı mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016). Soğutma suyunun sertlik derecesi arttıkça cidarlarda kireç taşı ve birikinti oluşumu gerçekleşmektedir. Birikinti oluşumu ısı transferini olumsuz yönde etkileyerek enerji verimliliğini azaltmakta ve enerji maliyetlerini artırmaktadır. Sistem içerisinde buharlaşmanın artması ile sudaki iyon konsantrasyonu ve iletkenlik değeri artmaktadır. Bu olumsuzlukların engellenmesi için soğutma suyuna kireç ve korozyon önleyici kimyasal şartlandırma yapılması, biyolojik aktivasyon engelleyici bir biyosit ile dezenfeksiyon yapılması, soğutma kulelerinin yılda en az iki kez kimyasal ve mekanik temizliğe tabi tutulması ve tortuların temizlenmesi, sertlik ve iletkenlik değerlerinin mümkün olduğunca düşük seviyede tutulması gerekmektedir (TUBİTAK MAM, 2016).

## Kaynakça

- Abbassi, B., & Al Baz, İ. (2008). Integrated Wastewater Management: A Review. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74492-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74492-4_3).
- Adar, E., Delice, E., & Adar, T. (2021). Prioritizing of industrial wastewater management processes using an integrated AHP-CoCoSo model: comparative and sensitivity analyses. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-22.
- Akgül, D. (2016). Türkiye'de Ters Osmoz ve Nanofiltrasyon Sistemleri ile İçme ve Kullanma Suyu Üretiminin Maliyet Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayan, B. (2010). Kaynaklı İmalat Yapan İşletmelerde Uluslararası Sertifikasyon Sistemleri. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Christopher, S. (1998). ISO 14001 and Beyond Environmental Management Systems in the Real World.
- ÇŞİDB. (2020e). Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları Projesi. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Delmas, M. (2009). Erratum to "Stakeholders and Competitive Advantage: The Case of ISO 14001. doi:10.1111/j.1937-5956.2004.tb00226.x.
- EC. (2009). Enerji Verimliliğine İlişkin En Uygun Teknikler Kaynak Belgesi. Avrupa Komisyonu.
- Hutchens Jr., S. (2017). Using ISO 9001 or ISO 14001 to Gain a Competitive Advantage.
- IPPC BREF. (2003). Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference> adresinden alındı
- IPPC BREF. (2006). European Commission (EC) Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics.
- IPPC BREF. (2019). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.
- ISO 14001 User Manual. (2015). Generic ISO 14001 EMS Templates User Manual.
- Naghedi, R., Moghaddam, M., & Piadeh, F. (2020). Creating functional group alternatives in integrated industrial wastewater recycling system: A case study of Toos Industrial Park (Iran). *Journal of Cleaner Production*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120464>.
- Oğur, R., Tekbaş, Ö. F., & Hasde, M. (2004). Klorlama Rehberi: İçme ve Kullanma Sularının Klorlanması. Ankara: Gülhane Askeri Tıp Akademisi Halk Sağlığı Anabilim Dalı.
- Özdemir, K., & Toröz, İ. (2010). İçmesuyu Kaynaklarında Klorlama Yan Ürünlerinin Deferansiyel UV Spektroskopisi ile İzlenmesi. *İtüdergisi*.
- Öztürk, E. (2014). Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü ve Temiz Üretim Uygulamaları. Isparta.
- Potoski, M., & Prakash, A. (2005). Green Clubs and Voluntary Governance: ISO 14001 and Firms' Regulatory Compliance. *American Journal of Political Science*, 235-248.
- Singh, M., Liang, L., Basu, A., Belsan, M., Hallsby, G., & Morris, W. (2014). 3D TRASAR™ Technologies for Reliable Wastewater Recycling and Reuse. doi:10.1016/B978-0-08-099968-5.00011-8.
- Şahin, N. İ. (2010). Binalarda Su Korunumu. İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tanık, A., Öztürk, İ., & Cüceloğlu, G. (2015). Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (El Kitabı). Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği.
- TOB. (2021). 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- TUBİTAK MAM. (2016). Sanayide Temiz Üretim Olanaklarının ve Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi (SANVER) Projesi, Final Rapor. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi.
- Yaman, C. (2009). Siemens Gebze Tesisleri Yeşil Bina. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.





Reşitpaşa Mah Katar Cd.  
Arı Teknokent 1 2/5, D:12, 34469  
Sarıyer/İstanbul

[0212] 276 65 48

[www.iocevre.com](http://www.iocevre.com)