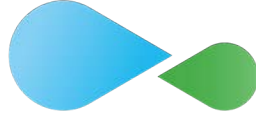




T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



Su **Verimliliği**
Seferberliği



Su Verimliliği
Rehber Dokümanları Serisi

**YÜKSEKÖĞRETİM
KAMPÜSLERİ**

NACE KODU: 85.42

ANKARA 2023

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

Her hakkı saklıdır.
Bu doküman ve içeriği Su Yönetimi
Genel Müdürlüğü'nün izni alınmadan
kullanılamaz ve çoğaltılamaz.

İçindekiler

	Kısaltmalar	4
1	Giriş	5
2	Çalışmanın Kapsamı	8
2.1	Yükseköğretim Kampüsleri	10
2.1.1	Sektöre Özgü Önlemler	14
2.1.2	İyi Yönetim Uygulamaları	19
2.1.3	Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler	21
2.1.4	Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler	25
	Kaynakça	28

Kısaltmalar

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	Avrupa Birliği
AKM	Askıda Katı Madde
BREF	Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı
ÇYS	Çevre Yönetim Sistemi
ÇŞİDB	Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DOM	Doğal Organik Madde
EMAS	Eko Yönetim ve Denetim Programı Direktifi
EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
IPPC	Endüstriyel Kirlilik Önleme ve Kontrolü
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
MET	Mevcut En İyi Teknikler
NACE	Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TO	Ters Osmoz
TOB	Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
NF	Nanofiltrasyon
MF	Mikrofiltrasyon
UF	Ultrafiltrasyon
YAS	Yeraltı Suyu
YÜS	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 m³ 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 paylaştırılması 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.

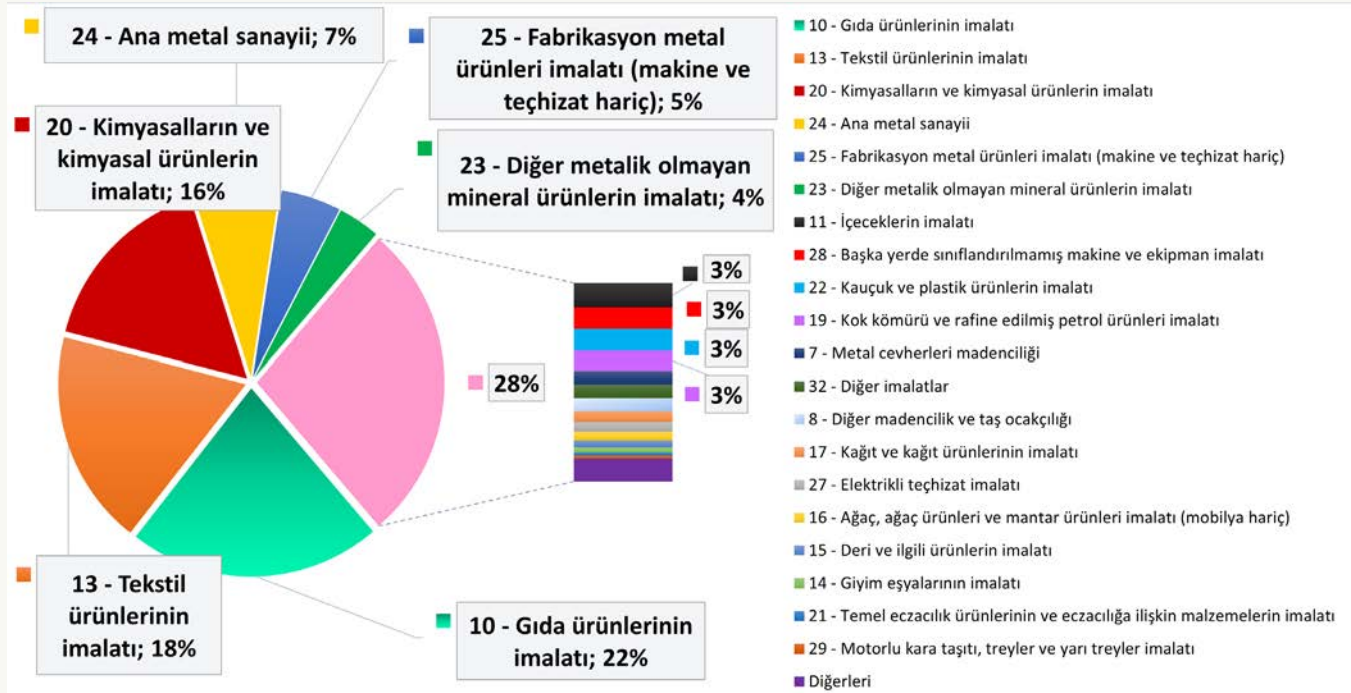
Karbon nötr hedefiyle temiz, döngüsel bir ekonomi modelini hayata geçirmek, kaynakların verimli kullanımını yaygınlaştırmak ve çevresel etkileri azaltmak gibi hedefler üzerinde üye ülkelerin uzlaştığı Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında ülkemizin hazırlamış olduğu Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planında 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)
- Madencilik destekleyici hizmet faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Metal cevherleri madencilik (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Diğer madencilik ve taş ocaklığı (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)
- Turizm Faaliyetleri (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 dinlence faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)

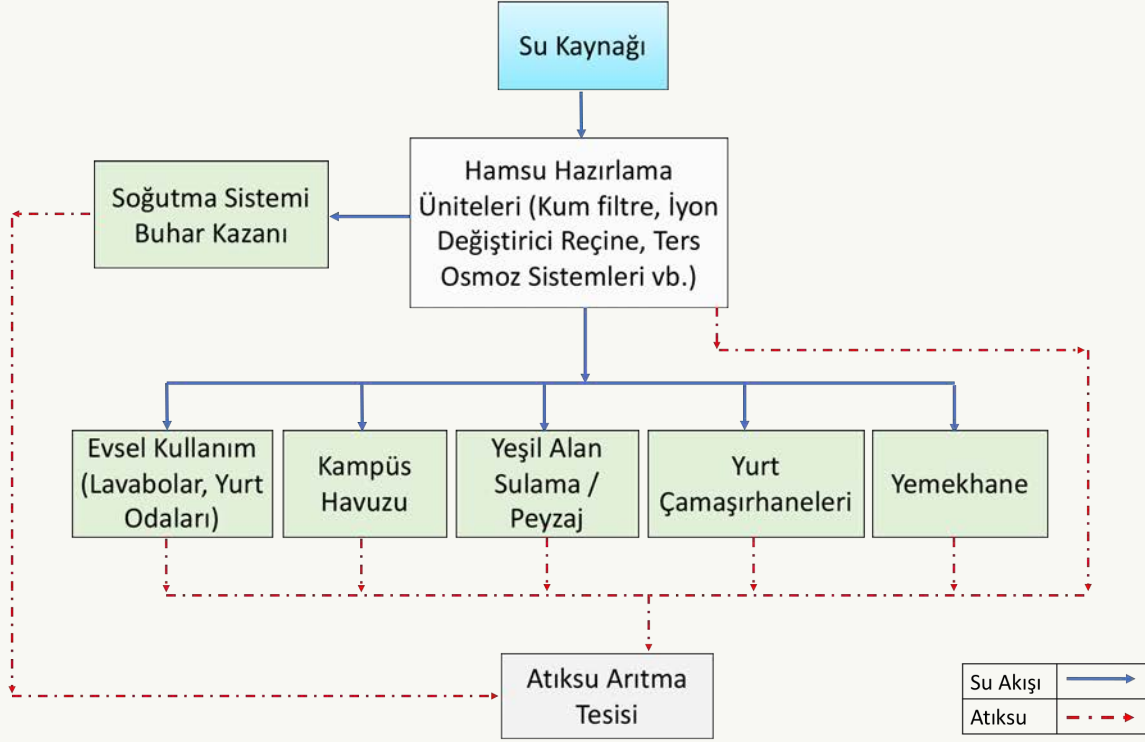
Eğitim

Eğitim sektörü altında rehber dokümanı hazırlanan NACE Kodu bilgisi aşağıda verilmektedir:

85.42 Yükseköğretim Kampüsleri

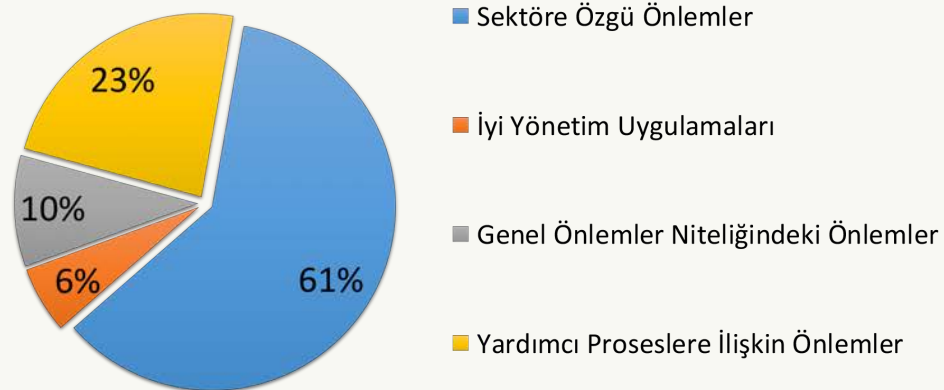
2.1 Yükseköğretim Kampüsleri (NACE 85.42)

Yükseköğretim Kampüsleri Sektörü Su Akım Şeması



	Minimum	Maksimum
Proje Kapsamında Ziyaret Edilen Tesislerin Spesifik Su Tüketimi (L/kişi.gün)	125,67	
Referans Spesifik Su Tüketimi	Referans spesifik su tüketimi değeri bulunmamaktadır.	

Su Verimliliği Uygulamalarının Yüzdelik Dağılımı



Eğitim faaliyetleri kapsamında okul kampüslerinde yeşil alan sulama, havuz, yurt çamaşırhaneleri, yemekhaneler ve yurt odalarında su tüketimi gerçekleşmektedir. Özellikle üniversite kampüslerinde öğrencilerin konakladığı yurtlarda evsel nitelikli su tüketimi mevcut olduğundan su tüketimleri yüksek seviyelere çıkabilmektedir.

Çalışma kapsamında analiz edilen sektörün spesifik su tüketimi 125,67 L/kişi.gün'dür. Sektöre özgü önlemlerin, yardımcı proseslere ilişkin önemlerin, iyi yönetim uygulamalarının ve genel önlemler niteliğindeki önlemlerin uygulanması ile %38-60 oranında su kazanımı sağlanması mümkündür.

85.42 Yükseköğretim Kampüsleri NACE kodu kapsamında önerilen öncelikli su verimliliği uygulama teknikleri aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
85.42	Yükseköğretim Kampüsleri	Sektöre Özgü Önlemler 1. Çamaşır makinelerinin maksimum kapasite çalıştırılması için yıkamadan önce çamaşırların tartılması 2. Çamaşırhanede çamaşır yüküne göre ayarlanabilen makinelerin kullanılması 3. Çamaşırhanelerde tüketilen su miktarının takip edilebilmesi için sayaçların kurulması 4. Çamaşırhanelerde üstten yüklemeli makineler yerine daha az su kullanan önden yüklemeli makinelerin kullanılması 5. Çift kademeli yıkama mekanizması içeren rezervuar takımı kullanılması veya klozet sifonları içinde sifon başına daha az su kullanımını sağlamak için rezervuarda yer kaplayan tuvalet barajları kullanılması 6. Fakülte binalarının çatılarında yeşil çatı uygulanması 7. Filtrelerin sabit bir program yerine filtre basıncına göre geri yıkanması 8. Havuzların rutin olarak sızıntılara karşı kontrol edilmesi ve gerekli onarımların yapılması 9. Havuzu boşaltma ihtiyacından kaçınmak için uygun kimyasal dengenin sağlanması ve korunması 10. Kampüs içi yeşil alanlarda toprağın su tutma özelliklerinin iyileştirilmesi ve buharlaşmayı azaltmak için kompost ve malç kullanılması 11. Kampüs içinde yağmur suyu sarnıçlarının kurulması 12. Kampüs peyzaj alanlarında yerel iklim özelliklerine uygun olan, çok az veya hiç sulama gerektirmeyen bitkilerin seçilmesi 13. Kampüsteki yeşil alanlarda buharlaşmanın en aza indirilmesi için yeşil alanların buharlaşmanın en az olduğu saatlerde sulanması 14. Musluk ve lavabolarda sızıntıların giderilmesi, periyodik olarak temizlenerek oluşan kirecin giderilmesi 15. Mutfaklarda pedallı muslukların veya sensörlü muslukların kullanılması 16. Havuzun kullanılmadığı zamanlarda buharlaşmayı azaltmak için havuz sıcaklığının düşük tutulması veya havuz örtüsü kullanılması 17. Kampüsteki peyzaj alanlarında gerçek zamanlı hava ve iklim verilerini kullanan akıllı otomasyon sistemlerinin kullanılması ve sulama işlemlerinin zamanlayıcı ve yağmur ölçerlerin kullanımıyla kontrol edilmesi 18. Yükseköğretim kampüslerinde gri su ve evsel atıksuların geri kazanılması 19. Yükseköğretim kampüs bulaşikhanelerinde kullanılan eski ve verimsiz ön durulama sprey vanalarının verimli olanlar ile değiştirilmesi 20. Yükseköğretim kampüs yemekhanelerinde buharlı pişiriciler yerine kombine fırınların kullanılması 21. Musluk havalandırıcıları kullanılarak su ve hava karışımı ile akış sağlanması, havalandırıcılarla donatılamayan musluklara ise akış kısıtlayıcı cihazların takılması 22. Yurt odalarının temizliğinde verimliliği artırmak için standart bir temizlik sürecinin geliştirilmesi 23. Islak veya buharlı halı temizleme yöntemleri yerine kuru toz ile temizlik yöntemlerinin uygulanması

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
85.42	Yükseköğretim Kampüsleri	24. Çamaşırların kirlilik durumuna göre tasnif edilmesi ve kirlilik seviyelerine uygun programlarda yıkanması 25. Çamaşır durulama sıklığının azaltılması, durulama ihtiyacını azaltmak üzere yalnızca gerekli miktarda sabun/deterjan kullanılması 26. Çamaşır yıkama için su verimliliği teknikleri uygulayan hizmet sağlayıcıların seçilmesi 27. Filtrelerin su ile geri yıkanması yerine mümkün olan durumlarda manuel olarak temizlenmesi İyi Yönetim Uygulamaları 1. Çevre yönetim sisteminin kurulması 2. Su kullanımının azaltımı ve optimizasyonu için personele teknik eğitimlerin verilmesi 3. Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler 1. Dökülme ve sızıntıların en aza indirilmesi 2. Su kayıplarının tespit edilmesi ve azaltılması 3. Su ve enerji israfını engellemek için üretim prosedürlerinin dokümante edilmiş halde bulundurulması ve çalışanlar tarafından kullanılması 4. Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon sıklığının ve süresinin (durulamalar da dahil) optimize edilmesi 5. Sucul ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının engellenmesi 6. Uygun proseslerde kapalı döngü su çevrimlerinin kullanılması 7. Yağmur sularının toplanarak tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi 8. Duş/tuvalet vb. su kullanım noktalarında su tasarrufu sağlayacak otomatik donanım ve ekipmanların (sensörler, akıllı el yıkama sistemleri vb.) kullanılması Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler 1. Su kullanımının azaltılması amacıyla kapalı döngü soğutma sisteminin kullanılması 2. Havalandırma sisteminden gelen yoğunlaşma ile oluşan sıvının yeniden kullanımı 3. Kapalı döngü soğutma sistemlerinde döngü sayısı artırılarak ve tamamlama suyunun kalitesi iyileştirilerek su tüketiminin azaltılması 4. Kapalı su döngüsüne sahip sistemlerde korozyon ve kireç önleyici inhibitörler kullanılarak çevrim sayısının artırılması 5. Islak soğutma ihtiyacı olan prosesler belirlenerek gereksiz soğutma işlemlerinden kaçınılması 6. Kapalı döngü soğutma suyunda buharlaşma kayıplarının azaltılması 7. Soğutma sistemlerinde suyla soğutma yerine hava ile soğutma sistemlerinin kullanılması 8. Soğutma suyu geri kazanımı sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemleri kurulması 9. Yılın bazı dönemlerinde soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda lokal kuru hava ile soğutma yapılarak su tasarrufu sağlanması

Bu sektörde toplam 47 adet teknik önerilmiştir.

2.1.1 Sektöre Özgü Önlemler

- **Kampüs içinde yağmur suyu sarnıçlarının kurulması**

Toplanan yağmur suyu tuvalet sifonlarında veya yeşil alanların sulanması için kullanılabilir. Şebeke suyu yerine bu suların sulamada kullanılmasıyla önemli miktarda su tasarrufu sağlanabilir.

- **Fakülte binalarının çatılarında yeşil çatı uygulanması**

Yeşil çatı uygulamasında bitkilerin altındaki çakıl, toprak ve kum sayesinde yağmur suyundaki kirleticilerin filtrelenmesi, böylece yağmur suyunun toplanarak yeniden kullanılması sağlanabilir. Hasat edilen yağmur suyu çamaşır yıkama işlemlerinde kullanılabilir. Çamaşırhanelerde yağmur suyunun kullanılması, su yumuşatma cihazlarının kullanılmasına yönelik ihtiyacı ortadan kaldırır. Yıkama işleminde tüketilen kimyasal miktarını azaltır ya da tamamen ortadan kaldırır (Meade & Morel, 1999).

Yağmur suyunun arıtılarak toplanması için çatılara yeşil çatı tekniğiyle bitkilendirme yapılabilir. Bitkiler, yağmur suyunun içerisindeki mineralleri bünyelerine alır ve bitkilerin altındaki toprak, çakıl, kum gibi bileşenlerde suyun filtrelenmesini sağlar. Böylece yağmur suyundan daha fazla istifade edilebilir (Meade & Morel, 1999).



Yeşil Çatı ve Yağmursuyu Hasadı

- **Mutfaklarda pedallı muslukların veya sensörlü muslukların kullanılması**

Klasik muslukların, pedallı musluk veya sensörlü musluklar ile değiştirilmesi su israfını önlemek açısından önemlidir (Meade & Morel, 1999).

- **Kampüs içi yeşil alanlarda toprağın su tutma özelliklerinin iyileştirilmesi ve buharlaşmayı azaltmak için kompost ve malç kullanılması**

Kampüslerde, konaklama tesislerinde ve benzeri tesislerde su tüketimi açısından yeşil alanlar oldukça önemlidir. Malçlama, aynı zamanda çevre dostu bir tarım uygulamasıdır. Toprağın üzerini örtmek amaçlı kullanılan malzemeler "malç" olarak adlandırılmaktadır. Kompost veya malç materyalleriyle toprağın üzerinin örtülmesiyle buharlaşma azaltılarak su kayıpları önenebilir (Meade & Morel, 1999).

- **Kampüsteki yeşil alanlarda buharlaşmanın en aza indirilmesi için yeşil alanların buharlaşmanın en az olduğu saatlerde sulanması**

Bitkilerin sabah saatlerinde veya akşam güneş battıktan sonra sulanmasıyla sulama sırasında buharlaşmadan kaynaklanabilecek su kayıpları önlenebilir (Meade & Morel, 1999).

- **Kampüs peyzaj alanlarında yerel iklim özelliklerine uygun olan, çok az veya hiç sulama gerektirmeyen bitkilerin seçilmesi**

Bahçe peyzajında, sulama ihtiyacı olmayan ya da az olan bitkiler kullanılarak peyzaj düzenlenmesinin yapılması bahçe sulaması için kullanılan su miktarını azaltır ve su tasarrufu sağlanabilir (NYCEP, t.y.).

- **Sulama işlemlerinin zamanlayıcı ve yağmur ölçerlerin kullanımıyla kontrol edilmesi**

Sulama işlemlerinde zamanlayıcı ve yağmur ölçerlerin kullanılması, gerçek zamanlı hava ve iklim verilerini kullanan akıllı otomasyon sistemlerinin kullanılması sulama işlemlerinin optimize edilmesini kolaylaştırır. Optimum sulamayla gereksiz ve fazla su tüketimi önlenebilir. Ayrıca hava durumu ve yağış durumlarının takip edilmesiyle gereksiz sulamalardan kaçınılarak su tasarrufu sağlanabilir (Meade & Morel, 1999).



Otomatik Zamanlayıcı Su Püskürtme Aparatları

- **Çift kademeli yıkama mekanizması içeren rezervuar takımı kullanılması veya klozet sifonları içinde sifon başına daha az su kullanımını sağlamak için rezervuarda yer kaplayan tuvalet barajları kullanılması**

Sifon başına kullanılan su miktarını azaltan tuvalet barajları, su deplasman cihazları, kısa sifon vanalar ve akış yönlendiriciler geleneksel tuvaletlerde kullanıldığında %30'a varan oranlarda su kullanımını azaltmaktadır. Geleneksel tuvaletler sifon başına 5-7 galon su harcarken, yeni su tasarruflu tuvaletler sifon başına 1,6 galon kadar az su harcar (Meade & Morel, 1999).

- **Musluk ve lavabolarda sızıntıların giderilmesi, periyodik olarak temizlenerek oluşan kirecin giderilmesi**

Musluk ve lavabo sızıntılarını önlemek ve kireçten arındırılmasını sağlamak, aşırı yüksek akışa sahip muslukların su akışını azaltmak için vanaların kısmen kapatılması ve lavabo tıplarının düzgün şekilde sızdırmazlığının sağlanması su israfını önlemektedir (Meade & Morel, 1999).

- **Çamaşırhanelerde üstten yüklemeli makineler yerine daha az su kullanan önden yüklemeli makinelerin kullanılması**

Çamaşır yıkamak için kullanılan su miktarı, tesislerin su tüketiminin yaklaşık %20'sini oluşturur. Önden yüklemeli çamaşır makineleri, üstten yüklemeli çamaşır makinelerine göre %40 daha az su tüketir (Meade & Morel, 1999).

- **Çamaşırhanede çamaşır yüküne göre ayarlanabilen makinelerin kullanılması**

Çamaşır yüküne göre ayarlanabilen makineler yıkama için kullanılacak su miktarını çamaşır miktarına göre ayarlar. Böylece makinedeki çamaşır miktarına uygun su kullanımı sağlanarak su tüketimi azaltılabilir ve su israfı önlenir (Meade & Morel, 1999).

- **Çamaşırhanelerde tüketilen su miktarının takip edilebilmesi için sayaçların kurulması**

Çamaşırhanelerde çamaşır makinelerinin tükettiği su miktarının ölçülmesi yüksek kullanım seviyelerinin izlenmesine yardımcı olur. Çamaşırhaneye hizmet veren su dağıtım boru hatlarına sayaçlar takılması da su tüketiminin izlenmesini kolaylaştırır (NYCEP, t.y.).

- **Çamaşır makinelerinin maksimum kapasite çalıştırılması için yıkamadan önce çamaşırların tartılması**

Çamaşır makinesinin kapasitesine göre kaç kilo alabildiği göz önünde bulundurularak makineye doldurulacak çamaşırların kilosu tartılıp, ağırlıklarının ne kadar olduğunun ölçülmesiyle makinenin kapasitesine göre yükleme yapılması sağlanabilir. Böylece makine kapasitesinden fazla ya da az şekilde çalıştırılmayarak su ve enerji kazanımı sağlanmış olur (Meade & Morel, 1999).

- **Havuzların rutin olarak sızıntılara karşı kontrol edilmesi ve gerekli onarımların yapılması**

Havuzlar su tasarrufu potansiyeli yüksek alanlardır. Sıhhi tesisat bağlantılarında, havuz başı boyunca ayırmalarda ve astarlarda, yan duvarlarda ve havuzun kendisinde sızıntılar meydana gelmektedir. Düzenli bakımların yapılması, buharlaşma ve sızıntılara bağlı su kayıplarını azaltabilir ve bu kayıpların telafisi için gerekli su ihtiyacını azaltır.(NYCEP, t.y.).

- **Yükseköğretim kampüslerinde gri su ve evsel atıksuların geri kazanılması**

Duştan, banyodan, lavabodan, çamaşır ve bulaşık makinelerinden gelen sular gri su olarak tanımlanmaktadır. Gri suların ve evsel atıksuların uygun koşullarda arıtıldıktan sonra geri kazanım potansiyeli bulunmaktadır. Bu suların geri kazanılarak yeniden kullanılmasıyla önemli ölçüde su tasarrufu sağlanabilir.

Lavabo, duş ve çamaşırhanelerden gelen kullanılmış sular uygun arıtma işlemlerine tabi tutulduktan sonra sulama için yeniden kullanılabilir. Sulama için lavabolardan, duşlardan ve çamaşırlardan gelen gri suyun kullanılması su tüketimini yüzde 20'ye varan oranlarda azaltabilir (Meade & Morel, 1999).

- **Yurt odalarının temizliğinde verimliliği artırmak için standart bir temizlik sürecinin geliştirilmesi**

Yurt odaları genellikle en yüksek su kullanımının olduğu alanlardır. Odaların temizliğinde uygun koşullarda kuru temizleme uygulamaları kullanılması su tüketimini azaltır. Islak temizleme gerekiyorsa suyu verimli kullanan malzeme ve ekipman kullanılabilir.

- **Çamaşır yıkama için su verimliliği teknikleri uygulayan hizmet sağlayıcıların seçilmesi**

Çamaşır yıkama faaliyetleri okul dışında bir kaynakta gerçekleştiriliyorsa, su verimliliği yöntemlerini uygulayan hizmet sağlayıcılar seçilmelidir.

- **Filtrelerin su ile geri yıkaması yerine mümkün olan durumlarda manuel olarak temizlenmesi**

Filtreleri su ile geri yıkamak yerine mümkün olan koşullarda manuel olarak temizlemek daha kapsamlı bir temizlik sağlarken su tasarrufu da sağlayabilir (NYCEP, t.y.).

- **Filtrelerin sabit bir program yerine filtre basıncına göre geri yıkaması**

Kum filtrelerinin geri yıkama işlemlerinin havuz operatörü tarafından uygun olmayan şekilde yapılması su israfına neden olmaktadır. Bunun yerine filtre basıncına göre geri yıkama sıklığının belirlenmesi su tasarrufu sağlayabilir (Meade & Morel, 1999).

- **Havuzu boşaltma ihtiyacından kaçınmak için uygun kimyasal dengenin sağlanması ve korunması**

Havuzun dezenfeksiyonu için kullanılan kimyasal maddelerin uygun oranlarda ve periyotlarda uygun şekilde suya ilave edilmesiyle havuzdaki kimyasal dengenin korunması sağlanabilir. Böylece havuz suyunun boşaltılıp tekrar taze su ile doldurulma periyotlarının iyileştirilebileceği öngörülmektedir (NYCEP, t.y.).

- **Havuzun kullanılmadığı zamanlarda buharlaşmayı azaltmak için havuz sıcaklığının düşük tutulması veya havuz örtüsü kullanılması**

Havuzun kullanılmadığı zamanlarda düşük sıcaklıklarda tutularak havuz suyunun buharlaşma miktarı azaltılabilir. Ayrıca havuz örtüleri kullanılması da buharlaşma nedeniyle olan su kayıplarını önlemeye yardımcı olabilir (NYCEP, t.y.).

- **Yükseköğretim kampüs bulaşikhanelerinde kullanılan eski ve verimsiz ön durulama sprej vanalarının verimli olanlar ile değiştirilmesi**

Bulaşıklar makineye doldurulmadan önce genellikle bir ön durulama sprej vanaları ile temizlenirler. Eskimiş sprej vanaların yeni ve geliştirilmiş olan modeliyle değiştirilmesi su tüketimini azaltır.

- **Yükseköğretim kampüs yemekhanelerinde buharlı pişiriciler yerine kombine fırınların kullanılması**

Yemek pişirme, genellikle merkezi bir kazan kullanan buharlı pişiriciler ile yapılır. Bu pişiriciler genellikle yüksek miktarda su tüketir. Kombine fırınlar ise ısıyı eşit bir şekilde dağıtarak yiyecekleri daha kısa sürede pişirmektedir. Kombine fırınların kullanılması ile su ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

- **Musluk havalandırıcıları kullanılarak su ve hava karışımı ile akış sağlanması, havalandırıcılarla donatılmayan musluklara ise akış kısıtlayıcı cihazların takılması**

Musluk havalandırıcıları ve akış kısıtlayıcı cihazlarla su akışı kontrollü şekilde sağlanarak gereksiz su tüketimleri azaltılabilir (Meade & Morel, 1999). Musluk havalandırıcılarda bulunan delikler sayesinde su basıncında azalma olmadan su akışı yavaşlatılmaktadır. Suyun karakterizasyonuna bağlı olarak musluk havalandırıcılarda zamanla tıkanmalar meydana gelmekte ve verimleri düşmektedir. Bu nedenle mevcut havalandırıcıların periyodik olarak bakımlarının yapılması gerekmektedir.

- **Islak veya buharlı halı temizleme yöntemleri yerine kuru toz ile temizlik yöntemlerinin uygulanması**
Buhar ile halı temizleme yerine özel sprey veya özel toz kullanılan kuru temizlik yöntemlerinin tercih edilmesiyle su tüketimi azaltılabilir.
- **Çamaşırların kirlilik durumuna göre tasnif edilmesi ve kirlilik seviyelerine uygun programlarda yıkanması**
Çamaşırlar kirlilik seviyelerine uygun şekilde seçilmiş programlarda yıkanmasıyla su sıcaklığı ve miktarı açısından hem enerji, hem de su tasarrufu elde edilebilir (Meade & Morel, 1999).
- **Çamaşır durulama sıklığının azaltılması, durulama ihtiyacını azaltmak üzere yalnızca gerekli miktarda sabun/deterjan kullanılması**
Çamaşırların kirlilik durumuna uygun olarak gerektiği kadar deterjan kullanılmasıyla fazla durulama ihtiyacı engellenerek su israfı önlenir.

2.1.2 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 çıktıların 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.

- ***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).

- ***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).

2.1.3 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).

• **Uygun proseslerde kapalı döngü su çevrimlerinin kullanılması**

Soğutucu akışkanlar genel anlamda soğutulacak olan maddelerden ısı alarak onları soğutan, soğutma işleminin performansını etkileyen belirli termodinamik özelliklere sahip kimyasal bileşiklerdir (Kuprasertwong vd., 2021).

İmalat sanayi proseslerinde ve ürün soğutma işleminin başını çektiği birçok proseste soğutucu akışkan olarak su kullanılmaktadır. Bu soğutma işlemi gerçekleştirilirken su, soğutma kulesi veya merkezi soğutma sistemleri aracılığıyla geri kazanılabilmektedir. Eğer soğutma suyunda istenmeyen mikrobiyal büyüme gerçekleşir ise resirkülasyon suyuna kimyasal ilave edilerek kontrol altına alınabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016).

Soğutma suyunun temizlik gibi işlemlerde yeniden kullanılmasıyla su tüketimi ve oluşan atıksu miktarı azaltılır. Ancak, soğutma sularının soğutulması ve resirkülasyonu için enerjiye gereksinim duyulması bir yan etkileşim olarak ortaya çıkmaktadır.

Soğutma sularında ısıdeğiştiricilerin kullanımı ile ısı geri kazanımı da sağlanmaktadır. Genellikle sulu soğutma sistemi kullanılan tesislerde kapalı döngü sistemler kullanılmaktadır. Ancak soğutma sistemi blöfleri doğrudan atıksu arıtma tesisi kanalına verilerek uzaklaştırılmaktadır. Uzaklaştırılan bu blöf suları uygun olan üretim proseslerinde yeniden kullanılabilir.

- ***Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon sıklığının ve süresinin (durulamalar da dahil) optimize edilmesi***

Endüstriyel tesislerde ham suyun yumuşatılmasında en sık kullanılan yöntemlerden birisi olan katyonik iyon değiştirici reçineler rutin olarak rejenere edilmektedir. Rejenerasyonda sırasıyla reçinenin ham su kullanılarak ön yıkama, tuzlu suyla rejenerasyon ve son durulama işlemleri yapılmaktadır. Rejenerasyon periyotları suyun sertliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Sertlik yüksekse su yumuşatma sistemlerinde daha sık rejenerasyon yapılmalıdır.

Rejenerasyon işlemlerinde yıkama, rejenerasyon ve durulama atıksuları genellikle doğrudan uzaklaştırılmaktadır. Bununla beraber yıkama ve son durulama suları ham su kalitesindeyse ham su deposuna gönderilebilmekte veya tesis temizliği, yeşil alan sulama gibi yüksek su kalitesi gerektirmeyen proseslerde yeniden kullanılabilir (TOB, 2021).

Rejenerasyon sistemlerinde optimum rejenerasyon sıklığının belirlenmesi oldukça önemlidir. Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon, tedarikçinin önerdiği sıklıklara göre veya yumuşatma sistemine giren debiye ve süreye bağlı olarak ayarlansa da bu sıklık ham sudaki kalsiyum konsantrasyonuna bağlı olarak da değişmektedir. Bu sebeple rejenerasyon sıklığı belirlenirken online sertlik ölçümü uygulanmaktadır. Böylece rejenerasyon sıklıkları optimize edilebildiği gibi online sertlik sensörleri kullanılarak gereğinden fazla yıkama durulama veya tuzlu suyla geri yıkama yapılması engellenebilmektedir.



Su Yumuşatma Sistemleri

- ***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 kurumsal refleks 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).

- ***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).

- **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.

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

Endüstriyel tesislerde yağlar, emülsiyonlar ve binderler gibi sucul ortam için risk taşıyan kimyasalların atıksu akımlarına karışmasının engellenmesi için kuru temizleme tekniklerinin kullanılması ve sızıntıların önlenmesiyle su kazanımı sağlanmaktadır (TUBİTAK MAM, 2016).

2.1.4 Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler

Soğutma sistemlerine ilişkin MET'ler

- Islak soğutma ihtiyacı olan prosesler belirlenerek gereksiz soğutma işlemlerinden kaçınılması**
 Tesis sahasının sınırları soğutma kulesi yüksekliği gibi tasarım parametrelerini etkilemektedir. Kule yüksekliğinin azaltılması zorunluluğunun bulunduğu hallerde hibrit soğutma sistemi uygulanabilmektedir. Hibrit soğutma sistemleri buharlaştırmalı ve buharlaştırmaz (ıslak ve kuru) soğutma sistemlerinin bir kombinasyonudur. Hibrit soğutma kulesi ortam sıcaklığına bağlı olarak tümüyle ıslak soğutma kulesi olarak işletilebileceği gibi kombine bir ıslak/kuru soğutma kulesi olarak da işletilebilir (TUBİTAK MAM, 2016). Yeterli soğutma suyu bulunmayan bölgelerde ya da su maliyetlerinin yüksek olduğu durumlarda soğutma takviye suyu miktarının azaltılması için kuru soğutma sistemlerinin veya hibrit soğutma sistemlerinin değerlendirilmesi etkili bir çözüm olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016).
- Yılın bazı dönemlerinde soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda lokal kuru hava ile soğutma yapılması**
 Soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda kuru hava ile soğutma yapılarak su tasarrufu sağlanması mümkündür.
- Soğutma sistemlerinde suyla soğutma yerine havayla soğutma sistemlerinin kullanılması**
 Isınan ürün, proses ve ekipmanların soğutulması için endüstriyel soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Bu amaçla kapalı ve açık devre soğutma sistemleri kullanılabildiği gibi bir akışkanın (gaz ya da sıvı) ya da kuru havanın kullanıldığı endüstriyel soğutma sistemleri de bulunmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Havayla soğutma sistemleri kanatlı boru elemanlarından, kondenser ve hava fanlarından oluşmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Havayla soğutma sistemleri farklı çalışma prensiplerine sahip olabilir. Endüstriyel havayla soğutma sistemlerinde, ısınan su kapalı devre soğutucu kondenserlerde ve ısı değiştiricilerde havayla soğutulmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Sulu soğutma sistemlerinde ise ısınan su bir soğutma kulesine alınmakta ve damlatmalı sistemlerde suyun soğutulması sağlanmaktadır. Ancak su soğutmalı sistemler kapalı devre çalışmasına rağmen önemli miktarda buharlaşma gerçekleşmektedir. Ayrıca soğutma sistemlerinde bir miktar su blöf olarak atıldığından bu yolla da su kaybı olmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Soğutma sistemlerinde su yerine havayla soğutma sistemlerinin kullanılması buharlaşma kayıplarının ve ayrıca soğutma suyunun kirlenme riskinin azaltılmasında etkili olmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021).
- Kapalı döngü soğutma suyunda buharlaşma kayıplarının azaltılması**
 Soğutma sistemlerinde ısınan suyun soğutulması sırasında bir miktar su buharlaşmaktadır. Dolayısıyla kapalı çevrim soğutma sistemlerinde buharlaşan su miktarı kadar soğutma suyu ilavesi yapılmaktadır. Soğutma sistemlerinin optimize edilmesiyle buharlaşma kayıpları önlenabilir. Ayrıca soğutma sistemlerine ilave edilen tamamlama suyunun arıtılması ve soğutma sistemlerinde biyolojik büyümenin önlenmesi gibi uygulamalar ile blöf miktarında da azalma sağlanabilir. Yürütülen saha çalışmaları kapsamında soğutma sisteminde oluşan blöf suları genellikle doğrudan atıksu kanalına verilerek uzaklaştırılmaktadır. Soğutma sistemi blöf sularının geri kullanılmasıyla soğutma sistemlerinin su tüketiminde %50'ye varan oranlarda tasarruf sağlanabilir. Bu tedbirin uygulanması için yeni boru hatlarının ve rezerve tankların kurulması gerekebilir. (TOB, 2021).

- ***Su kullanımının azaltılması amacıyla kapalı döngü soğutma sisteminin kullanılması***

Kapalı döngü soğutma sistemleri, daha yoğun su kullanıma sahip açık döngü sistemlere kıyasla su tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Kapalı döngü sistemlerde, aynı su sistem içerisinde resirküle edilirken, genellikle buharlaşan su miktarı kadar soğutma suyu ilavesi gerekmektedir. Soğutma sistemlerinin optimize edilmesiyle buharlaşma kayıpları da azaltılabilmektedir.

- ***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).

- ***Kapalı döngü soğutma sistemlerinde döngü sayısı artırılarak ve tamamlama suyunun kalitesi iyileştirilerek su tüketiminin azaltılması***

Su, imalat sanayinin üretim proseslerinde ve ürünlerin soğutulması gibi birçok proseste soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. Su, soğutma kulesi veya merkezi soğutma sistemleri aracılığı ile resirküle edilerek soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Eğer soğutma suyunda istenmeyen mikrobiyal bir büyüme gerçekleşir ise resirkülasyon suyuna kimyasal ilavesi yapılarak kontrol altına alınabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Resirkülasyon işleminde kimyasal şartlandırmanın iyi yapılmasıyla döngü sayısı artırılabilir. Bu şekilde sisteme beslenen taze su miktarı azaltılarak su tasarrufu sağlanabilir. Ayrıca soğutma tamamlama suyunun iyi şartlandırılması da döngü sayısını artırılabilir (TOB, 2021).

• **Kapalı su döngüsüne sahip sistemlerde korozyon ve kireç önleyici inhibitörler kullanılarak çevrim sayısının artırılması**

Soğutma kuleleri ve evaporatif kondenserler, klima ve endüstriyel proses soğutma sistemlerinden çıkan ısıyı uzaklaştıran etkili ve düşük maliyetli sistemlerdir (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Bu sistemlerde sirküle olan suyun %95'inden fazlası geri kazanılabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Soğutma sistemlerinde, resirkülasyon suyunun bir kısmının buharlaştırılması esasına göre çalışılması nedeniyle safsızlıklar resirkülasyon suyu içerisinde kalmaktadır ve her bir döngüde safsızlık konsantrasyonları giderek artmaktadır. Hava ile birlikte soğutma sistemine dahil olabilen safsızlıklar resirkülasyon sularında kontaminasyona neden olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Eğer safsızlıklar ve kirleticiler etkin şekilde kontrol edilmez ise kazantaşı (kışır) ve korozyon oluşumuna, istenmeyen biyolojik büyümeye ve çamur birikimine neden olabilmektedir. Bu durum ısı transfer yüzeylerinin veriminin düşmesine ve işletme maliyetlerinin artmasına neden olan kronik bir sorun haline gelebilir. Bu durumda soğutma sistemine verilen besi suyunun kalitesi, soğutma suyu sistemi yapı malzemesi ve işletme koşulları açısından özel olarak tasarlanmış bir su şartlandırma programının uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda; blöf kontrolü, biyolojik büyümenin kontrolü, korozyon kontrolü, sert su kullanımından kaçınılması, çamur kontrol kimyasallarının kullanılması, filtrasyon ve elek sistemlerinin kullanılması uygun olabilir (TUBİTAK MAM, 2016). Ayrıca etkin bir temizlik prosedürünün ve programının oluşturulması ve periyodik olarak uygulanması da soğutma sistemlerinin korunması açısından bir iyi yönetim uygulamasıdır. Soğutma sistemlerinde korozyon en önemli problemlerden biridir. Kule resirkülasyon suyunda, sertlik derecesi arttıkça cidarlarda kireç taşı ve birikinti oluşması sonucu korozyona neden olan çözünmüş katı maddeler (sülfat, klorür, karbonat vb.) zaman içerisinde yüzeyde aşınmaya neden olacaktır. Ayrıca birikinti oluşumu ısı transferini de olumsuz yönde etkileyerek enerji verimliliğini azaltmaktadır. Bu olumsuzlukların engellenmesi için kireç ve korozyon önleyici kimyasal şartlandırma programının uygulanması, biyolojik aktivasyon engelleyici biyosit ile dezenfeksiyon yapılması, kullanımda olan soğutma kulelerinin yılda en az iki kez kimyasal ve mekanik temizliğe tabi tutularak tortuların temizlenmesi, takviye suyunun sertlik ve iletkenlik değerlerinin mümkün olduğunca düşük seviyede olması gerekmektedir (IPPC BREF, 2001; Kayabek vd., 2005). Takviye suyu kalitesinin artırılması için uygun bir arıtma sistemi kullanılarak arıtılması (şartlandırılması) gerekli olabilir. Ayrıca istenmeyen mikrobiyal büyümenin de kontrol altında tutulması gerekmektedir (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Soğutma suyunda bulunan mikro-kalıntılar ve tortular nedeniyle buhar kazanlarında olduğu gibi soğutma sistemlerinde de blöf oluşmaktadır. Soğutma sistemindeki katı maddelerin artan yoğunluğunu dengeye getirmek için soğutma sisteminin bilinçli olarak drene edilmesi soğutma blöfü olarak adlandırılmaktadır. Soğutma sularının uygun yöntemler ile ön arıtımının yapılması ve soğutma suyu kalitesinin sürekli izlenmesi ile biyosit kullanımlarının ve blöf miktarlarının azaltılması sağlanabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Yatırım maliyeti uygulamanın ölçeğine bağlı olmakla birlikte beklenen yatırım giderlerindeki geri ödeme periyodu 3 ila 4 yıl arasında değişmektedir (IPPC BREF, 2001).

Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine ilişkin METler

• **Havalandırma sisteminden gelen yağışma ile oluşan sının yeniden kullanılması**

Havalandırma döngüsü sırasında sistemde iyi su kalitesine sahip yağışma suyu üretilebilir. Örneğin İspanya'da bir tesiste havalandırma sistemindeki yaklaşık 200 µS iletkenliğe sahip yağışma suları bir tankta toplanarak otomatik galvanizleme hattının yıkanmasında kullanılmaktadır (MedClean, t.y).

Kaynakça

- 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.
- 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. (2001b). Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).
- IPPC BREF. (2003). Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference> adresinden alındı
- 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.
- Kayabek, C., Yıldırım, A., İnce, F. (2005). Açık Çevrimli Soğutma Sistemlerinde (AÇSS) Bakım ve Dezenfeksiyon. Tesisat Mühendisliği Dergisi.
- Kuprasertwong, N. (2021). Computer-Aided Refrigerant Design: New Developments.
- Meade, B., Morel, P. G. (1999). IMPROVING WATER USE EFFICIENCY IN JAMAICAN HOTELS AND RESORTS THROUGH THE IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEMS. Journal of Contemporary Water Research and Education.
- MedClean. (t.y). Pollution Prevention Case Studies No: 46.
- NYCEP, N. (t.y.). Hotel Manager's Guide to Water Efficiency. <https://www.nyc.gov/assets/dep/downloads/pdf/water/drinking-water/hotel-housekeeping-water-saving-booklet.pdf> adresinden alındı
- 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.
- 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