



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



Su Verimliliği
Seferberliği



Su Verimliliği
Rehber Dokümanları Serisi

SANAYİ SEKTÖRÜ SU VERİMLİLİĞİ REHBER DOKÜMANI

ANKARA / 2021



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	5
1.1. Türkiye’deki Su Kaynakları ve Su Varlığı	5
1.2. Metodolojik Rehberin Amacı	7
1.3. Rehberin İeriği	8
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	8
2.1. Sanayi Sektörü	9
2.1.1. Mevcut En İyi Teknikler ve BREF Dokümanları	9
2.1.2. Sanayi Sektöründe Su Verimliliğinin Değerlendirilmesi.....	10
3. SANAYİ SEKTÖRÜ	11
3.1. Tesiste Mevcut Durum Değerlendirmesi	11
3.2. Su Verimliliği Çalışması	12
3.2.1. Gerekli Veri Listesinin Hazırlanması	14
3.2.2. Anket ve Veri Toplama Formlarının Hazırlanması	16
3.2.3. Sektörel BREF Dokümanlarının İncelenmesi	19
3.2.4. Saha Çalışmaları	22
3.2.5. Su Verimliliği ve Su Denkliği Hesaplamaları	27
3.2.6. Hesaplama Tablolarının Hazırlanması.....	29
3.2.7. Tesisin Spesifik Değerlerinin Sektörel Bref Dokümanlarında Yer Alan Benzer Tesis Verileriyle Karşılaştırılması ve Potansiyel Tasarrufların/Azalmaların Belirlenmesi	31
3.2.8. Nihai Met Listesinin Belirlenmesi	31
3.2.9. Nihai MET Listesinin Uygulanmasıyla Sağlanacak Tasarrufların/Faydaların Değerlendirilmesi.....	33
3.2.10. Ekonomik/Finansal Değerlendirmeler ve Uygulama	35
3.2.11. Sanayide Su Ayak İzi Hesaplamaları	37
4. KAYNAKÇA	40



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Kullanım Alanları. Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı (2019).....	5
Tablo 2. Örnek ilk MET listesi.....	22
Tablo 3. Örnek bir nihai MET belirleme çalışması.....	33



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Falkenmark Su Stres İndeksine Göre Havzalarda Kişi Başına Düşen Su Potansiyeli. Kaynak: SYGM (2018).	6
Şekil 2. Türkiye Son 24 Aylık Kuraklık Haritası. Kaynak: www.mgm.gov.tr (2020).	7
Şekil 3.Sanayi sektöründe su verimliliği örnek uygulama metodolojisi.....	13
Şekil 4. Örnek su tüketimi ve atıksu oluşum noktaları.....	26
Şekil 5.Örnek su-atıksu denkliği diyagramı.	28



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

KISALTMALAR

AAT:	Atıksu Arıtma Tesisi
AB:	Avrupa Birliği
ABA:	Absisik Asit
ATM:	Ağırlıklı Toplam Metodu
BREF:	Mevcut En İyi Uygulamalara ilişkin Referans Dökümanlar
DSİ:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EC:	Elektriksel İletkenlik
EED:	Endüstriyel Emisyonlar Direktifi
EIPPCB:	Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu
FAO:	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FMA:	Fayda - Maliyet Analizi
GES:	Güneş Enerji Santrali
IPPC:	Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü
İKO :	İç Karlılık Oranı
KAM:	Kriter Ağırlıklandırma Metodu
KOİ:	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MET:	Mevcut En İyi Teknikler
MGM:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NBD:	Net Bugünkü Değer:
ND:	Nitrat Direktifi
TOB:	Tarım ve Orman Bakanlığı
TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
UHYS:	Ulusal Havza Yönetim Stratejisi
WWF:	Dünya Doğal Hayatı Koruma Vakfı
YAS:	Yeraltı Suyu



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050’de 9,8 milyar kişiye ulaşacağı ve bu artışla eř zamanlı olarak küresel ölçekte gıda ve su taleplerinin de artacağı öngörülmektedir. Gelecekteki bu taleplere ek olarak iklim değişikliği ve su kıtlığı/stresi durumları da dikkate alındığında su kaynaklarının verimli kullanılması gerekmektedir. Bu rehber belge, su kullanım verimliliğinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesine ilişkin teorik kavramları ve pratik uygulamaları ele almaktadır.

1.1. Türkiye’deki Su Kaynakları ve Su Varlığı

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³tür. Bu suların %97,5’i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, kalan %2,5’i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %90’ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır. Bu rakamlar, elverişli tatlı suya ulaşmanın zorluğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye’nin su potansiyeli ve suların kullanım alanları, Tablo 1 ile verilmektedir:

Tablo 1. Türkiye’nin Su Potansiyeli ve Kullanım Alanları. Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı (2019).

Yıllık yağış miktarı	574 mm
Yıllık yağış miktarı	450 milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu miktarı	98 milyar m ³ (% 87,5)
Kullanılabilir yeraltı suyu miktarı	14 milyar m ³ (% 12,5)
Toplam kullanılabilir su miktarı	112 milyar m ³ (% 100)
Sulamalarda kullanılan su miktarı	44 milyar m ³ (% 77)
Sanayi ve içme Suyunda kullanılan su miktarı	13 milyar m ³ (% 23)
Toplam kullanılan su miktarı	57 milyar m ³ (% 100)

2014 Yılında Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (UHYS) ‘ne göre Türkiye’deki akarsular; 25 ana su havzası, 1.848 alt havza, 14.608 mikro havzaya bölünmüştür. Ana havzaların dört tanesi (Vangölu, Konya, Akarçay, Burdur Gölü) Kapalı Havzadır (DSİ, 2018).

Su kıtlığı veya stres durumunu tanımlamak için kullanılan Falkenmark indeksine göre su kıtlık/stres durumu, ülke veya bölgede kişi başına düşen su miktarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (3. Tarım Orman Şûrası, 2019):

- Mutlak Su Kıtlığı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 500 m³’ten az olması,
- Su Kıtlığı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.000 ~ 500 m³ arası,
- Su Sıkıntısı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 ~ 1.000 m³ arası,
- Su Sorunu Olmayan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 m³’ten daha fazla olması.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Türkiye’de 2020 yılında kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.346 m^3 ’dür Bu duruma göre Türkiye su sıkıntısı olan ülke konumundadır (DSİ, 2020). Şekil 1, Türkiye’de Falkenmark Stres İndeksine göre havzalarda kişi başına düşen su potansiyelini göstermektedir¹.



Şekil 1. Falkenmark Su Stres İndeksine Göre Havzalarda Kişi Başına Düşen Su Potansiyeli. Kaynak: SYGM (2018).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2040 yılı için Türkiye nüfusunun 100 milyon olacağını öngörmektedir (TÜİK Nüfus Projeksiyonları, 2018-2080).

Mevcut toprak ve su kaynaklarının korunabildiği varsayımı ile 2040 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 1.120 m^3 olacaktır. Bu değer Türkiye’yi su kıtlığı olan ülke sınırlarına oldukça yaklaştırmaktadır.

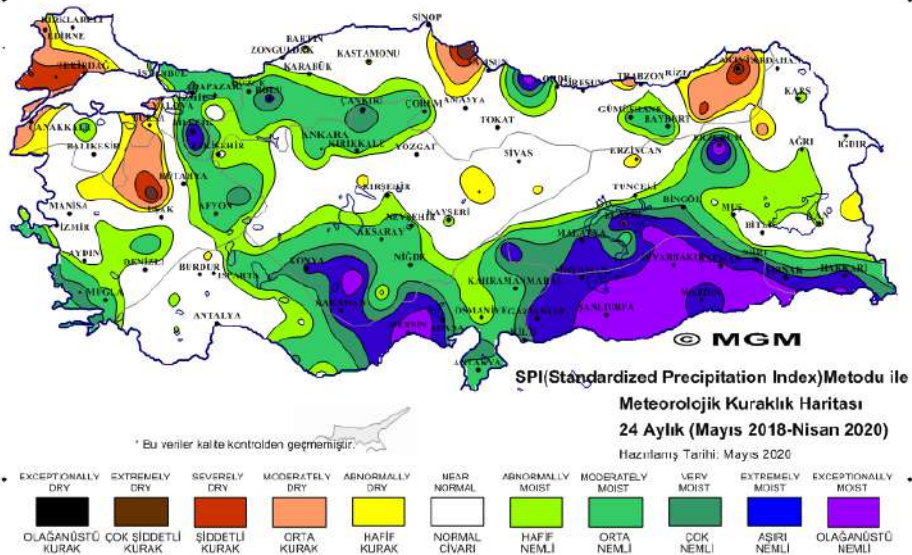
Yıllık kullanılabilir su miktarı değerinde, ülkenin ekonomik olarak büyümesi, tüm sektörlerde su kullanım miktarlarında da artışa sebep olabilecektir. Bu durum su kaynakları konusunda baskıları da arttıracaktır. Bu sebeple gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir.

Günümüzde kuraklık tehlikesi de kendini hissettirmeye başlamıştır. Kuraklığın kentlerin su ihtiyacının karşılanmasında bir darboğaz yaratmasından doğadaki canlıların üreme ve gelişmelerini etkilemesine, tarımsal üretimin azalmasından göçlere kadar birçok sosyo-ekonomik etkisi bulunmaktadır. 2017 yılında son 44 yılın en kurak dönemi yaşanmıştır. Şekil 2, Türkiye’deki Mayıs 2018 ve Nisan 2020 arasındaki kuraklık haritasını göstermektedir.

¹ SYGM. (2018). Milli Su Yönetimi Sistemi Fizibilite Raporu.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 2. Türkiye Son 24 Aylık Kuraklık Haritası. Kaynak: www.mgm.gov.tr (2020).

Türkiye'nin yağış rejimi, mevsimlere ve bölgelere göre büyük farklılıklar göstermekte olup, bazı akarsu havzalarında su ihtiyaçlarının, kaynakların potansiyelini aşmış durumda olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Türkiye'de iklim değişikliğinden kaynaklanan yaz sıcaklıklarının artması, kış yağışlarının azalması, yüzey sularının kaybı, kuraklıkların sıklıklaşması, toprağın bozulması, kıyılarda erozyon, taşkın ve su baskınları gibi etkiler doğrudan su kaynaklarının varlığını tehdit etmektedir (Çapar, 2019).

İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin havza bazında değerlendirilmesi kapsamında 25 havza için; ortalama sıcaklık, toplam yağış, brüt su potansiyellerinin referans dönemine göre değişimi 30 yıllık dönemler için değerlendirilmiş olup, havzada gerçekleşmesi olası ekstrem değerler verilmiştir. Elde edilen verilerin, projeksiyon dönemi boyunca mevsimsel ve yıllık ölçeklerde Türkiye üzerinde önemli bir ısınmayı, yağışlarda bölgesel olarak artış ve azalışları (+40 mm ile -60 mm arasında), kar yağış miktarlarında azalmayı işaret ettiği görülmektedir.

Dünyadaki kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı olması, suyu günden güne daha değerli hale getirmektedir. Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı, bu durumun Türkiye için de farklı olmadığını göstermektedir. Bu durum içme-kullanma, sanayi ve tarım sektörlerinde kullanılacak suyun verimli şekilde kullanılmasını gerektirmektedir.

1.2. Metodolojik Rehberin Amacı

Su verimliliği kavramı "bir ürünün veya hizmetin üretiminde en az miktarda su kullanımı" ya da "aynı miktarda su ile daha fazla ürünün ya da hizmetin üretilmesi" olarak tanımlanabilir (Vikers, 2002; EC, 2009; BSTB, 2013). Su verimliliği ve su tasarrufu kavramları çoğu zaman birbirini yerine kullanılıyor olmasına rağmen bu terimler kavramsal olarak farklılıklar içermektedir. Bu kavramları ayırtıran en önemli nokta; su verimliliği kavramının *suyun kullanımının kısıtlanmasını değil önleyici ve kontrol tedbirleriyle israf edilmesinin önlenmesini* ifade etmesidir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Proje kapsamında yer alan Teknik Rapor 0301. Su Verimliliği ve Fiyatlandırmasına İlişkin Mevcut Durum Raporunda özetlenen sanayi sektöründeki su kullanım verimliliği ve su fiyatlandırmasının karakterizasyonu ve tespiti yapıldıktan sonraki aşama, su kullanım verimliliğinin ve su fiyatlandırma uygulamalarının iyileştirilmesi için gerekli tedbirleri belirlemektir. **Sanayi Sektörle İlişkin Pilot Alanlara İlişkin Fizibilite Çalışmaları ve Sanayi Sektörü için Eylem Planları** ile su verimliliğini iyileştirmeye yönelik önerilen tedbirler, bu tedbirlerin uygulanmasının tahmini maliyeti ve tümü için uygulama planı belirlenmiştir.

Daha önce sözü edilen raporlardan elde edilen bulgular neticesinde *sanayi sektöründeki su kullanımı verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik izlenecek yol ve uygulanacak yöntemleri özetlemek amacıyla Su Verimliliğine İlişkin Metodolojik Rehber* geliştirilmiştir.

1.3. Rehberin İeriği

Rehber, aşağıdaki hususları ele almaktadır:

- Sanayi Sektöründe Su Verimliliği:
 - Sanayi tesislerinde mevcut durumun değerlendirilmesi
 - Veri gereklilikleri ve anket geliştirilmesi
 - BREF dökümanlarının analizi
 - Su verimliliği ve su denkliği
 - Uygulanacak MET'lerin belirlenmesi
 - Su tasarrufu analizi
 - Tedbirlerin uygulanmasının ekonomik/finansal değerlendirmesi

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

"Avrupa'nın Su Kaynaklarının Korunması Hakkında Kılavuz" (EC, 2012) olarak bilinen ve Komisyonun Avrupa Parlamentosuna, Konseye, Avrupa Ekonomik ve Sosyal Komitesine ve Bölgeler Komitesine sunduğu belgede, **su verimliliği** ve hassasiyeti tedbirlerinin su kütlelerinin ekolojik ve kimyasal durumuna olumlu etkilerinin olmasının beklendiği, bu tedbirler alınmadığındaysa olumsuz etkilerin beklendiği belirtilmektedir. Bu dökümanda su kullanım verimliliğini iyileştirmeye yönelik olarak, halihazırda su sıkıntısı çeken veya çekmesi beklenen nehir havzaları için birçok tedbir belirlenmiştir. Bu tür hedefler, su kullanan tüm temel sektörlerle yönelik ve su kütlelerinin iyi duruma ulaşmasını sağlama hedefi ile bağlantılı olmalıdır.

Bu amaçlar, su kullanımı ve tüketiminin olası artışını sınırlamak için **teŐvik edici su fiyatlandırması** ile birlikte uygulanmalıdır. Hacim esaslı ölçüme dayalı su fiyatlandırması, su verimliliğini iyileştirmek için güçlü bir araç olup su kıtlığı ve su sıkıntısı problemlerinde azalma ile sonuçlanacaktır.

Yukarıdakiler ışığında, aşağıdaki bölümler, suyun kullanımıyla ilgili genel hususlar ile sanayi sektöründe su kullanım verimliliğinin değerlendirilmesinde yer alan temel kuramsal kavramları kapsayacaktır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

2.1. Sanayi Sektörü

2.1.1. Mevcut En İyi Teknikler ve BREF Dokümanları

Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (IPPC) Bürosu (EIPPCB), üye devletler ile endüstri ve çevrenin korunmasını destekleyen sivil toplum kuruluşları arasında Mevcut En İyi Teknikler (MET'ler) konusundaki izleme ve geliştirilmelerle ilgili bilgi alışverişinin yapılması için 1997 yılında kurulmuştur.

Endüstriyel Emisyonlar (EED)-IPPC Direktifinde su verimliliği dahil olmak üzere sanayi tesislerinde kaynak kullanımlarının azaltılması ve çevresel performansların geliştirilmesi için mevcut en iyi teknikler (MET) tanımlanmıştır. MET kavramı; IED'de ve Entegre Çevre İzinleri Yönetmeliğinin 3. maddesinde tanımlanmış olup, esas itibarıyla, maliyet ve faydaları göz önünde bulundurulduğunda, çevrenin yüksek düzeyde korunmasına yönelik en etkili teknikleri ifade etmektedir. Sektörel BREF dokümanlarında ise MET; *“prensip olarak emisyonların her yönüyle çevre üzerine etkilerini önlemek, bunun mümkün olmadığı durumlarda da emisyonları ve çevre üzerine etkilerini olduğunca azaltmak amacıyla tasarlanmış olan emisyon limit değerlerini sağlayan özel tekniklerin gerçek uygunluklarını ortaya koyan faaliyetlerin ve bunlara ait uygulama yöntemlerinin geliştirilmesinde en etkili ve ileri aşama”* olarak tanımlanmaktadır (EC, 2003).

BREF'ler, Avrupa IPPC Bürosunun, AB üye devletlerindeki yetkili makamlar tarafından önemli kirlilik potansiyeli olan endüstriyel proseslerin kurulmasına yönelik izinlerin verilmesinde kullanılmak üzere geliştirilen Mevcut En İyi Teknikler hakkındaki referans belgeleridir. Sektörel BREF dokümanlarında detaylı proses bilgisi, kaynak kullanımları, çevresel etkileri, benzer tesis verilerini, MET'leri ve MET'lerin teknik, ekonomik ve çevresel özelliklerini içermektedir. Bölüm 3.2.3'te BREF dokümanlarının detaylı açıklamalarına yer verilmektedir.

Tüm mevcut BREF dokümanları Avrupa IPPC Bürosunun web sitesinden (<https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>) indirilebilir. Mevcut BREF dokümanları ile tüm sanayi sektörlerinin listesi:

- Seramik Üretimi Sanayi
- Kimya Sektöründe Atık Gaz Arıtımı
- Kimyasal Sektöründe Atık Su ve Atık Gaz Arıtım/Yönetim Sistemleri
- Ekonomi ve Çapraz Medya Etkileri
- Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar
- Enerji Verimliliği
- Demirli Metal İşleme Sektörü
- Gıda, İçecek ve Süt Sektörleri
- Endüstriyel Soğutma Sistemleri
- Yoğun Kümes Hayvancılığı ve Domuz Yetiştiriciliği
- Demir ve Çelik Üretimi
- Büyük Yakma Tesisleri
- Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Amonyak, Asit ve Gübre
- Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Katılar ve Diğerlerinin Sanayi
- Cam İmalatı
- Organik İnce Kimyasalların Üretimi



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- IED tesislerinden Hava ve Suya verilen Emisyonlarının İzlenmesi
- Demir dışı Metal Sanayileri
- Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit İmalatı
- Klor-Alkali Üretimi
- Büyük Hacimli Organik Kimyasal Sanayi
- Polimerlerin Üretimi
- Kağıt Hamuru, Kağıt ve Karton Üretimi
- Özel İnorganik Kimyasalların Üretimi
- Madeni Yağ ve Gaz Rafinasyonu
- Mezbahalar ve Hayvansal Yan Ürünleri Sektörleri
- Demirhaneler ve Dökümhaneler Sektörü
- Metal ve Plastik Maddelerin Yüzey İşlemesi
- Kimyasallarla Ahşap ve Ahşap Ürünleri Koruma Dahil Organik Solventler Kullanarak Yüzey İşleme
- Post ve Deri Tabaklama
- Tekstil Endüstrisi
- Atık Yakma
- Atık Arıtma
- Ahşap Panel Üretimi

2.1.2. Sanayi Sektöründe Su Verimliliğinin Değerlendirilmesi

Sanayi tesislerinde su kullanım verimliliğinin belirlenmesine yönelik olarak, sistematik bir değerlendirme ve uygulama programı çerçevesinde kapsamlı bir çalışma yapılmalıdır. Bu bağlamda, sanayi tesisleri ilk olarak mevcut durumlarını su kullanımı açısından değerlendirmeli ve ardından su tüketimini azaltmak için uygulanabilecek MET'ler ve tasarruf sağlanacak potansiyel su miktarı belirlenmeli ve bunun uygulanmasına dair ekonomik analiz gerçekteştirilmelidir. Su verimliliğini değerlendirmek için izlenmesi gereken farklı adımların ayrıntılı bir açıklaması 3.2 Bölümünde verilmiştir ve bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Toplanması Gereken Verilerin Hazırlanması.
- Veri toplamada kullanılacak anket formlarının hazırlanması.
- İncelenecek tesisle ilgili Sektörel BREF Dökümanlarının analiz edilmesi.
- Saha Ziyaretlerinin Gerçekteştirilmesi: tesislere yapılacak ziyaretler ve veri toplama.
- Toplanan bilgilere göre su verimliliği ve su dengesi hesaplamaları.
- Tesisin Spesifik Değerlerinin Sektörel BREF Dokümanlarında Yer Alan Benzer Tesis Verileriyle Karşılaştırılması ve Potansiyel Tasarrufların/Azalmaların Belirlenmesi
- Uygulanacak nihai MET listesinin belirlenmesi.
- Nihai MET Listesinin Uygulanmasıyla Sağlanacak Tasarrufların/Faydaların Değerlendirilmesi
- Ekonomik/Finansal Değerlendirmeler ve Uygulama



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3. SANAYİ SEKTÖRÜ

3.1. Tesiste Mevcut Durum Değerlendirmesi

Artan nüfusa ve sanayileşmeye paralel olarak global ölçekte kullanılabilir su kaynakları da hızla azalmaktadır. Sanayileşmekte olan ülkelerde endüstriyel su kullanımı toplam su kullanımında %10-30 arasında paylara sahipken sanayileşmiş ülkelerde bu oran %50-80 arasında değişmektedir (BSTB, 2013). Gelecekte ise su talebinin daha da artması beklenmektedir (Garrick vd., 2020). Dolayısıyla su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için stratejiler geliştirilmesi önemli ve zorunlu hale gelmektedir. Günümüzde sanayide su tüketiminin azaltılmasında temiz üretim ve su verimliliği gibi entegre yaklaşımlar etkili sonuçlar verebilmektedir.

Ayrıca su verimliliği uygulamalarıyla su kullanımının yanısıra atıksu miktarı ve atıksu kirlilik yükleri de azaltılabilir. Böylelikle sanayi tesislerinin su kaynakları üzerinde oluşturduğu baskılar da büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Su verimliliği uygulamaları ile sanayi tesislerinde sadece su tüketiminde ve atıksu oluşumunda azalma sağlanmaz ayrıca enerji tüketiminde, kimyasal kullanımında, çevresel deşarj ve emisyonlarda, üretim maliyetlerinde de azalmalar sağlanabilir.

Sanayide su kullanımı dahil olmak üzere kaynak kullanımının ve çevresel etkilerin azaltılması için çeşitli su verimliliği kılavuz dokümanları bulunmaktadır (EC, 2009; BSTB, 2013). Ayrıca Avrupa Birliği'nde (AB) ilk olarak 1996 yılında yürürlüğe giren Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) Direktifi'nin sanayi sektörüne uyumunu kolaylaştırmak için kaynak kullanımının azaltılması ve çevresel performansların geliştirilmesi için mevcut en iyi teknikler (MET) tanımlandığı Sektörel Referans (BREF) dokümanlar hazırlanmıştır. Sanayi tesislerinde su verimliliği uygulamalarını gerçekleştirme için sektörel BREF dokümanları önemli kaynaklar arasında yer almaktadır. IED-IPPC Sektörel BREF dokümanları ve MET'ler ile ilgili daha detaylı bilgiler 3.2.3 başlığı altında daha detaylı olarak sunulmuştur.

Sanayi tesislerinde sadece su verimliliği değil kimyasal, enerji, hammadde gibi diğer girdiler için de bu tür verimlilik çalışmaları yapılmalıdır. Böylelikle sanayi tesislerinde kaynak kullanımının azaltılması ve çevresel performansların geliştirilmesinde teknik, ekonomik ve çevresel açılardan daha yüksek düzeyde faydalar sağlanabilir. Belirli bir endüstriyel tesis için bir su fizibilite çalışması temel olarak; tesisin karakterizasyonu, mevcut su kullanımı ve fiyatlandırması, proses bazlı ve diğer su kullanımları, su kullanımı ile ilgili benzer tesislerin ilgili sekörel BREF dokümanlarının ve raporlarının incelenmesi, su kullanımı ve atıksu üretiminde potansiyel azalmalar, mevcut durumun teşhisi, su verimliliğini artırmak için sektörel MET'lerin belirlenmesi ve maliyet-fayda analizini bölümleri içerebilir.

Metodolojik Rehber, tesisleri su kullanım verimliliğinin nasıl artırılacağı konusunda yönlendirebilir ve su kullanım performansının iyileştirilmesi, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve küresel pazardaki rekabet edebilirlik ve imajlarının artırılması açısından Türk Sanayisini yönlendirebilir. Sanayide su verimliliği fizibilite çalışmalarının detayları aşağıdaki alt başlıklar altında daha detaylı olarak sunulmuştur.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.2. Su Verimliliği Çalışması

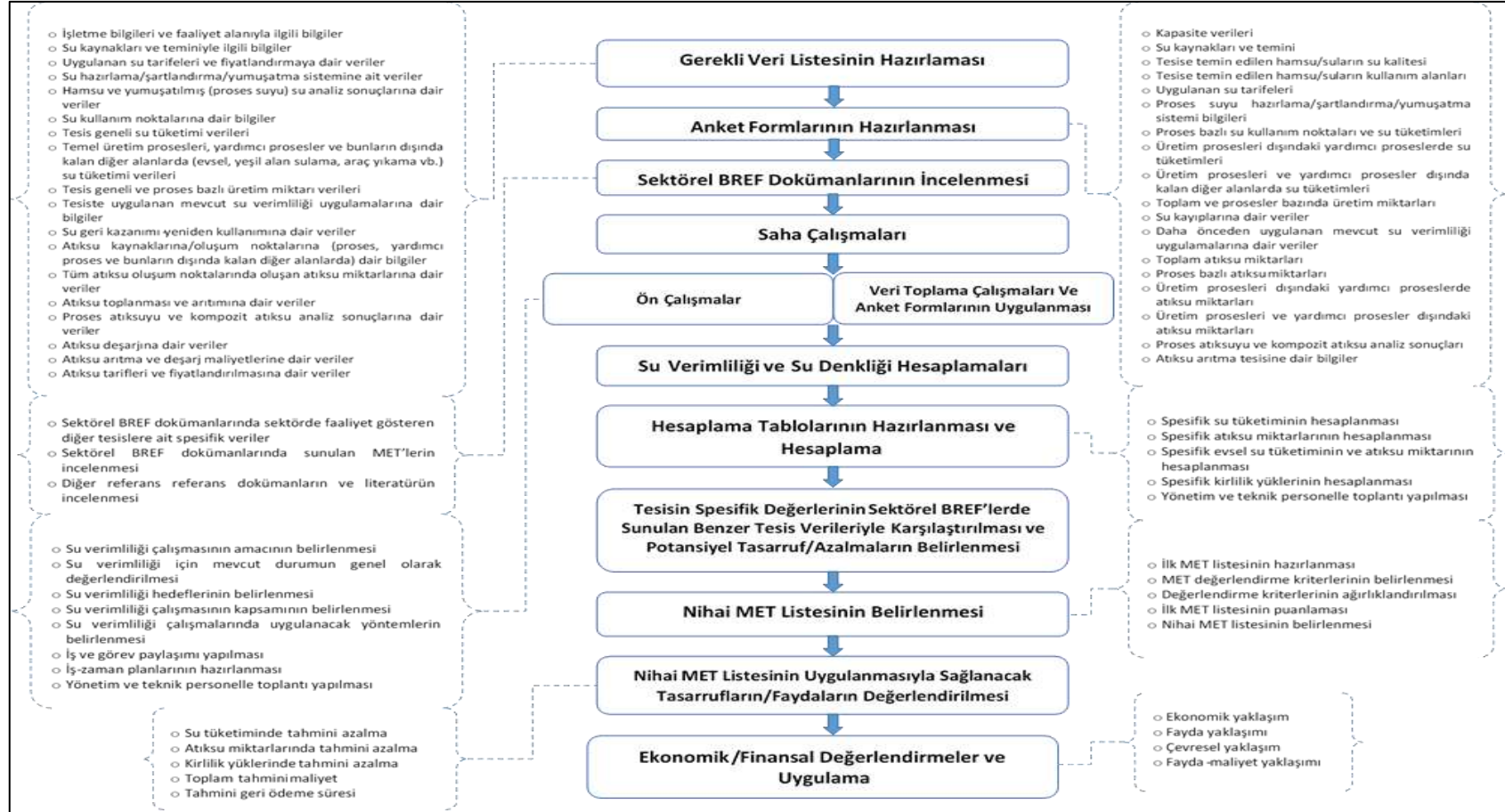
Sanayi tesislerinde başarılı sonuçlar elde edebilmek için su verimliliği fizibilite çalışmaları sistematik bir değerlendirme ve uygulama programı çerçevesinde gerçekleştirilmelidir. Bu kapsamda öncelikle sanayi tesisleri su kullanımı açısından kendi mevcut durumunu değerlendirmelidir. Mevcut durum analizi çalışmaları kapsamında; su kullanım ve atıksu oluşum noktaları belirlenmeli, spesifik su tüketimleri (birim ürün kütlesi/hacmi/adeti vb. başına su tüketimi (rneğin L/kg ürün)), spesifik atıksu miktarları (birim ürün kütlesi/hacmi/adeti vb. başına atıksu oluşumu (rneğin L/kg ürün)) ve spesifik kirlilik yükleri ((birim ürün kütlesi/hacmi/adeti vb. başına kirletici yükü (rneğin gr/kg ürün)) hesaplanmalı, referans değerler (benzer tesis verileri gibi) ile mevcut su kullanımı performanslarının karşılaştırılması, su tasarrufu potansiyellerinin belirlenmesi, yüksek su kullanımına neden olan verimsizlikler teşhis edilmeli, su verimliliği uygulamalarına ihtiyaç duyulan noktalar belirlenmeli ve uygun su verimliliği tedbirleri (MET'ler) belirlenmelidir. Ayrıca belirlenen su verimliliği teknikleri ile sağlanacak tasarruflar/azaltımlar ve maliyetler arasında bir fayda-maliyet analizi yapılmalıdır.

Şekil 3'de sanayide su verimliliği fizibilite çalışmalarında izlenebilecek örnek uygulama metodolojisi verilmiştir. Ayrıca bir su verimliliği fizibilite çalışmaları aşağıda alt başlıklar altında sunulan temel bileşenleri içermelidir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001) SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 3.Sanayi sektöründe su verimliliği örnek uygulama metodolojisi



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.2.1. Gerekli Veri Listesinin Hazırlanması

Su verimliliği fizibilite çalışmalarının çerçevesinin oluşturulması, veri toplama çalışmaları için ihtiyaç duyulacak verilerin belirlenmesi ve tesisin genel bir karakterizasyonunu oluşturmak üzere öncelikle veri listeleri oluşturulmalıdır. Bu veri listeleri tesise su temininden başlayarak atıksu bertarafına kadar tüm süreçlere ait verileri içerecek şekilde hazırlanmalıdır. Hazırlanacak veri listeleri genel olarak aşağıdaki bileşenleri içerebilir.

- **İşletme bilgileri ve faaliyet alanıyla ilgili bilgiler:** Tesisin genel bilgilerinin yanı sıra faaliyet alanına dair bilgileri içermelidir. Bu kapsamda faaliyet alanı, NACE kodları vb. bilgileri, üretim ve kapasite bilgileri yer alabilir. Bu bilgiler (faaliyet alanı, çalışan sayısı, kapasite bilgileri vb.) tesisin genel durumunun ve su verimliliği potansiyellerinin değerlendirilmesi çalışmalarında kullanılabilir.
- **Su kaynakları ve teminiyle ilgili bilgiler:** Tesisin su temin ettiği (yüzeysel sular, yeraltısuları, organize sanayi bölgesi (OSB), belediye, tesise tahsis edilmiş kaynaklar vb.) kaynaklar ve toplam temin edilen suyun kaynaklara göre dağılımını içermelidir. Gerek uygulanan su tarifeleri- fiyatlandırma verilerinin değerlendirilmesinde gerekse de temin edilen su kalitesinin değerlendirilmesinde bu verilerden yararlanılabilir.
- **Uygulanan su tarifeleri ve fiyatlandırmaya dair veriler:** Tesise herbir su kaynağından/kaynaklarından temin edilen su için uygulanan su tarifleri ve uygulanan fiyatlandırma sistemine (kademeli, kademesiz vb.) ilişkin bilgileri içermelidir. Bu veriler su maliyetlerinin hesaplanmasında ve ekonomik analizlerde kullanılabilir.
- **Su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma sistemine ait veriler:** Tesiste kullanılan su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma sistemleri, kapasiteleri ve diğer teknik bilgileri (rejenerasyon süresi, rejenerasyon sıklığı, mevcut uygulamalar, konsantr miktarları, recovery oranları vb.) kapsamaktadır. Bu veriler genellikle mevcut su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma sistemi/sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca su hazırlama sistemine dair maliyet verileri de bu kapsamda değerlendirilmelidir.
- **Hamsu ve yumuşatılmış (proses suyu) su analiz sonuçlarına dair veriler:** Tesise temin edilen hamsu/suların ve proses sularının karakterizasyonuna ilişkin analiz sonuçlarını kapsamaktadır. Bu veriler tesise su temin edilen kaynakların kalitesinin, su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma sisteminin performansının değerlendirilmesi ve proseslerde ihtiyaç duyulan su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.
- **Su kullanım noktalarına dair bilgiler:** Su verimliliği çalışmalarında en önemli verilerden birini su kullanım noktalarının belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu kapsamda öncelikle su akımlarını da gösteren detaylı bir proses akım şeması oluşturulması önemli su verimliliği çalışmaları için çeşitli avantajlar sağlayabilir. Tesise su kullanımı olan; temel üretim prosesleri, yardımcı prosesleri (su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma sistemi, buhar kazanı, soğutma sistemi vb.) ve bunların dışındaki alanları (evsel, yeşil alan sulama, tesis ve ekipman temizliği, araç yıkama vb.) da kapsayacak şekilde su kullanım noktaları belirlenmelidir. Su verimliliği çalışmaları için en kritik verilerden birini su kullanım noktalarına dair bilgiler oluşturur. Bu bilgiler; su tüketimleri ve atıksu oluşumları için veri toplanması işlemleri, proses bazlı spesifik su tüketimleri, su-atıksu denkliklerinin oluşturulması gibi çok sayıda hesaplamada ve değerlendirmede kullanılabilir.
- **Tesis geneli su tüketimi verileri:** Tesise temin edilen toplam su miktarını ifade etmektedir. Bu değer tesis genelinde spesifik su tüketimlerinin hesaplanmasında, su-atıksu denkliklerinin



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

oluşturulmasında, toplam su-atıksu maliyetlerinin belirlenmesi başta olmak üzere tüm su verimliliği hesaplamalarında kullanılabilir.

- **Temel üretim prosesleri, yardımcı prosesler ve bunların dışında kalan diğer alanlarda (evsel, yeşil alan sulama, araç yıkama vb.) su tüketimi verileri:** Tüm su kullanım noktalarında su tüketimi verilerini ifade etmektedir. Bu kapsamda temel üretim prosesleri, yardımcı prosesler (su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma, buhar kazanı, soğutma sistemi vb.) ve bunların dışında kalan alanlarda (evsel, tesis ve ekipman temizliği, yangın hidrantları, araç yıkama vb.) su tüketimi verileri toplanmalıdır. Bu veriler tüm su kullanılan alanlarda spesifik su tüketimlerinin hesaplanmasında, su-atıksu denkliklerinin oluşturulmasında, su verimliliği potansiyellerinin belirlenmesinde, su verimliliği tekniklerine/MET'lere karar verilmesi, mevcut durumun teşhis edilmesinde, fizibilite çalışmalarında kullanılabilir. Dolayısıyla proses bazlı su tüketimi verileri su verimliliği fizibilite çalışmalarında kritik öneme sahiptir.
- **Tesis geneli ve proses bazlı üretim miktarı verileri:** Tesis geneli ve üretim prosesleri bazında gerçekte fiili üretim miktarlarını ifade etmektedir. Bu veriler tesis geneli ve proses bazlı spesifik su tüketimleri, spesifik atıksu miktarları ve spesifik kirlilik yüklerinin hesaplanmasında kullanılabilir.
- **Tesiste uygulanan mevcut su verimliliği uygulamalarına dair bilgiler:** Tesislerde hali hazırda uygulanan su verimliliği uygulamalarına dair verileri/bilgileri ifade etmektedir. Tesiste atıksuların arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanımı, su tüketimini azaltmak üzere alınan tüm azaltıcı tedbirleri ve bu uygulamalarla sağlanan azalmalara dair verileri kapsamaktadır. Elde edilen veriler mevcut uygulamalarının geliştirilmesi, uygulanan tekniklerin ve sistemlerin modifiye edilmesine katkı sağlayabilir. Böylelikle teknik ve ekonomik açıdan daha fazla fayda elde edilmesi sağlanabilir. Diğer taraftan yeni su verimliliği tekniklerine karar verme sürecinde mevcut durumun doğru teşhis edilmesi ve mevcut uygulamalar göz önünde bulundurulması önemli katkılar sağlayabilir.
- **Su geri kazanımı-yeniden kullanımına dair veriler:** Tesise su geri kazanımı-yeniden kullanımına dair verileri ifade etmektedir. Bu veriler mevcut durumun teşhisinde, yeni su verimliliği tekniklerin geliştirilmesi, su-atıksu denklikleri ve fizibilite çalışmalarında kullanılabilir.
- **Atıksu kaynaklarına/oluşum noktalarına (proses, yardımcı proses ve bunların dışında kalan diğer alanlarda) dair bilgiler:** Su verimliliği çalışmalarında en önemli verilerden birini atıksu oluşum noktalarının belirlenmesi oluşurmaktadır. Tesise atıksu oluşumu olan; temel üretim prosesleri, yardımcı prosesleri (su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma sistemi, buhar kazanı, soğutma sistemi vb.) ve bunların dışındaki alanları (evsel, yeşil alan sulama, tesis ve ekipman temizliği, araç yıkama vb.) da kapsayacak şekilde su kullanım noktaları belirlenmelidir. Su verimliliği çalışmaları için en kritik verilerden birini atıksu oluşum noktalarına dair bilgiler oluşturur. Bu bilgiler; proses bazlı atıksu miktarlarının belirlenmesi için veri toplama çalışmalarında, spesifik atıksu miktarları, spesifik kirlilik yüklerinin belirlenmesi, atıksu analizleri için numune alma noktalarına karar verilmesinde, su-atıksu denkliklerinin hazırlanmasında ve atıksu geri kazanım-yeniden kullanım potansiyellerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.
- **Tüm atıksu oluşum noktalarında oluşan atıksu miktarlarına dair veriler:** Belirlenen atıksu oluşum noktalarının her birinde oluşan atıksu miktarlarına dair verileri ifade etmektedir. Bu kapsamda toplam kompozit (boru-sonu) atıksu miktarı, prosesler bazında atıksu miktarları, yardımcı proseslerde oluşan atıksu miktarları ve bunların dışında kalan alanlarda oluşan atıksu miktarına dair verileri kapsamaktadır. Atıksu miktarlarına dair veriler spesifik atıksu miktarlarının



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

hesaplanmasında, spesifik kirlilik yüklerinin hesaplanmasında, su-atıksu denklıklarının hazırlanmasında, atıksu miktarlarında potansiyel azalmaların hesaplanmasında, atıksu azaltımı için su verimliliği tedbirlerinin/MET'lerin değerlendirilmesi/belirlenmesinde kullanılabilir. Dolayısıyla atıksu oluşum noktalarında oluşan atıksu miktarlarına dair veriler su verimliliği fizibilite çalışmalarında kritik öneme sahiptir.

- **Atıksu toplanması ve arıtımına dair veriler:** Tesiste proses atıksularının birleşik ya da ayrı toplanması durumu ve eğer varsa mevcut arıtma sistemine dair bilgileri (arıtma sisteminin kapasitesi, arıtma teknolojisi, arıtılmış su miktarı vb.) kapsamaktadır. Bu veriler atıksuların arıtımı ya da atıksu geri kazanımı-yeniden kullanımı hususlarının değerlendirilmesinde, su arıtma sisteminin geliştirilmesi ve atıksu miktarlarının azaltılması için su verimliliği tedbirlerine/MET'lere karar verme sürecinde kullanılabilir.
- **Proses atıksuyu ve kompozit atıksu analiz sonuçlarına dair veriler:** Tesiste tüm atıksu oluşum noktaları ve kompozit atıksulara dair atıksu analiz sonuçlarını ifade etmektedir. Bu veriler spesifik kirlilik yüklerinin hesaplanmasında, atıksu kirlilik yüklerinin kaynaklarının belirlenmesinde ve su-atıksu denklıklarının hazırlanmasında kullanılabilir. Ayrıca atıksuların geri kazanımı-yeniden kullanımı ya da atıksulardan madde geri kazanımı potansiyellerinin değerlendirilmesinde bu veriler kullanılabilir. Diğer taraftan atıksu miktarlarının ve kirlilik yüklerinin azaltılması için su verimliliği tedbirlerine/MET'lere karar verme süreçlerinde kullanılabilir.
- **Atıksu deşarjına dair veriler:** Tesiste oluşan kompozit atıksuların deşarj edildiği noktalar, deşarj edilen toplam arıtılmış atıksu miktarlarını ve deşarj edilen atıksuyun karakterizasyonuna dair verileri içermelidir.
- **Atıksu arıtma ve deşarj maliyetlerine dair veriler:** Tesiste atıksu arıtma sistemi, atıksu deşarjı, kanalizasyon hizmetleri, çamur bertarafı için birim maliyetleri kapsamaktadır. Elde edilen veriler su verimliliği fizibilite çalışmaları kapsamında ekonomik analizlerin yapılmasında kullanılabilir.
- **Atıksu tarifleri ve fiyatlandırılmasına dair veriler:** Tesiste atıksu arıtma tesisi bulunmuyor ise atıksu arıtımı, kanalizasyona katılım ve bertaraf hizmetleri için birim maliyet verilerini ve fiyatlandırmaya dair verileri ifade etmektedir. Elde edilen veriler su verimliliği fizibilite çalışmaları kapsamında ekonomik analizlerin yapılmasında kullanılabilir.

3.2.2. Anket ve Veri Toplama Formlarının Hazırlanması

Su verimliliği fizibilite çalışmaları için gerekli verilerin belirlenmesinin ardından veri toplama işlemlerini gerçekleştirmek üzere veri toplama ve anket formu hazırlanmalıdır. Veri toplama ve anket formları; üretim süreçleri, üretim kapasitesi, su kaynakları ve temini, uygulanan su tarifeleri, proses suyu hazırlama sistemi, su tüketimi ve atıksu oluşum noktaları ve miktarları, atıksu arıtma sistemi ve atıksu toplama sistemi bilgileri, su/atıksu yeniden kullanım/geri kazanım uygulamaları, BREF dokümanlarından seçilen başlangıç MET listesi hakkında genel bilgileri içerebilir. Bu formlar farklı departmanlardaki bilgilerin ve su verimliliği analizleri için gerekli tüm verilerin sistematik olarak toplanmasına olanak sağlayabilir. Su verimliliği çalışmalarında kullanılacak veri toplama ve anket formları aşağıda listelenen temel başlıklardan oluşabilir.

- **Kapasite verileri:** Tesisin toplam kurulu üretim kapasitesini ve ürün bazlı üretim kapasitesi verilerini kapsamaktadır.
- **Su kaynakları ve temini:** Tesise farklı kaynaklardan (OSB şebekesi, belediye şebekesi, yeraltısuyu, yüzeysel suyu vb.) temin edilen toplam hamsu miktarlarını ve oransal dağılımını içermelidir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak su tüketimlerindeki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.

- **Tesise temin edilen hamsu/suların su kalitesi:** Tesise temin edilen hamsulara/sulara ve yumuşatılmış sularına (proses suyu) ait temsil edici su kalitesi analiz sonuçlarını ifade etmektedir. Eğer mevcutsa son 3 yıla veya son birkaç yıla ait temsil edici analiz sonuçları esas alınabilir. Eğer hamsu kalitesine dair veriler mevcut değilse farklı periyotlarda numuneler alınarak analiz edilmelidir.
- **Tesise temin edilen hamsu/suların kullanım alanları:** Tesise tek bir kaynaktan veya farklı kaynaklardan temin edilen suyun tesis içerisinde hangi alanlarda kullanıldığını tespit edilmesini içermektedir. Bu kapsamda aşağıdaki su kullanım noktaları değerlendirilebilir.
 - Proses suyu
 - Kimyasal besleme sistemi suyu
 - Sanitasyon
 - Soğutma kulesi tamamlama suyu
 - Buhar kazanı tamamlama suyu
 - Kapalı devre tamamlama suyu
 - Pompa salmastra suyu
 - Tesis ve ekipman temizliği
 - Proses yıkama ve durulama suyu
 - Atıksu arıtma tesisi servis suyu
 - Araç yıkama suyu
 - Tesis içi yeşil alan sulama suyu
 - Yangın hidrantları
 - Su hazırlama/Şartlandırma/yumuşatma veya proses suyu hazırlama suyu (fitre geri yıkama, rejenerasyon, membran modülleri için kimyasal temizlik solüsyonu hazırlama suları gibi)
 - Evsel kullanım
 - Diğer alanlar (yukarıda listelenen alanlar dışında başka su kullanım noktaları bulunuyor ise ekleme yapılabilir)
- **Uygulanan su tarifeleri:** Tesise temin edilen hamsu/sular için uygulanan su tarifelerine ait bilgileri/verileri içermektedir. Bu kapsamda kullanım miktarına göre kademeli ya da kademesiz fiyatlandırma, birim su bedelleri ve diğer hizmet/katılım bedellerine dair veriler toplanmalıdır.
- **Proses suyu hazırlama/Şartlandırma/yumuşatma sistemi bilgileri:** Tesiste kullanılan su hazırlama sistemi/sistemlerinin türü, su hazırlama sistemine giren toplam hamsu miktarları, su hazırlama sisteminden çıkan yumuşatılmış su (proses suyu) miktarları, rejenerasyon sıklıkları, rejenerasyon suyu miktarları, rejenerasyon süreleri, konsantre miktarları, filtre temizlik ve membran modül temizlik suyu miktarları vb. bilgileri içerebilir.
- **Proses bazlı su kullanım noktaları ve su tüketimleri:** Tesiste proses akım Şemasına göre tüm temel üretim proseslerinde su kullanım noktalarının belirlenmesini ve prosesler bazında kullanılan su miktarlarını içermelidir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak su tüketimlerindeki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- **Üretim prosesleri dışındaki yardımcı proseslerde su tüketimleri:** Tesiste temel üretim prosesleri dışındaki diğer yardımcı proseslerde (su hazırlama sistemi, soğutma sistemi, buhar kazanı vb.) alanlarda su tüketimi miktarlarını içermelidir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak su tüketimlerindeki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.
- **Üretim prosesleri ve yardımcı prosesler dışında kalan diğer alanlarda su tüketimleri:** Tesiste temel üretim prosesleri ve yardımcı prosesler dışındaki diğer alanlarda (evsel kullanım, tesis ve ekipman temizliği, tesis içi yeşil alan sulaması, araç yıkama vb.) su tüketimi verilerini içermelidir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak su tüketimlerindeki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.
- **Toplam ve prosesler bazında üretim miktarları:** Tesisin toplam yıllık üretim miktarları ve prosesler bazında yıllık üretim miktarlarını ifade etmektedir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak üretim miktarlarındaki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.
- **Su kayıplarına dair veriler:** Tesiste eğer izleniyorsa su kayıplarına dair verileri ifade etmektedir. Bu kapsamda en az son 3 yıla ait su kayıp miktarları esas alınabilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir.
- **Daha önceden uygulanan mevcut su verimliliği uygulamalarına dair veriler:** Tesiste daha önceden su tüketimi veya atıksu miktarlarının azaltılması için uygulanan su verimliliği uygulamalarına dair verileri ifade etmektedir. Bu uygulamalar su geri kazanımı-yeniden kullanımı, proses modifikasyonu, proses/makine değişimi vb. gibi olabilir. Bu sayede sağlanan toplam yıllık tasarruf/azaltım miktarlarına dair veriler derlenmelidir. Böylelikle mevcut su verimliliği uygulamalarının performansları değerlendirilebilir veya bu uygulamaların su verimliliği fizibilite çalışmaları sonucunda geliştirilmesi mümkün olabilir. Bu kapsamda geri kazanılan-yeniden kullanılan su miktarları, birim geri kazanım maliyeti, ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti vb. veriler yer alabilir. Elde edilen veriler su verimliliği fizibilite çalışmalarında teknik ve ekonomik performansların değerlendirilmesinde kullanılabilir.
- **Toplam atıksu miktarları:** Tesiste yıllık toplam oluşan atıksu miktarlarını (kompozit (boru-sonu) atıksu miktarını) ifade etmektedir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak atıksu miktarlarındaki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.
- **Proses bazlı atıksu miktarları:** Tesiste sadece üretim proseslerinde oluşan yıllık atıksu miktarlarını ifade etmektedir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak proses atıksuyu miktarlarındaki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.
- **Üretim prosesleri dışındaki yardımcı proseslerde atıksu miktarları:** Tesiste temel üretim prosesleri dışındaki yardımcı proseslerde oluşan atıksu (buhar kazanı blöf suyu, soğutma sistemi



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

blöf suyu, rejenerasyon suyu, membran konsantresi ve membran temizlik suları, filtre geri yıkama suları vb.) miktarlarını içerebilir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak atıksu miktarlarındaki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.

- **Üretim prosesleri ve yardımcı prosesler dışındaki atıksu miktarları:** Tesiste temel üretim prosesleri ve yardımcı prosesler dışında oluşan yıllık toplam atıksu miktarlarını içermelidir. Bu kapsamda evsel atıksu miktarlarına, tesis ve ekipman temizlik atıksularına, araç yıkama sularına vb. ait yıllık atıksu miktarı verileri derlenebilir. Eğer mümkünse en az son 3 yıla ait değerler esas alınmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut olan son birkaç yıla ait veriler veya yıllık ortalama veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak atıksu miktarlarındaki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.
- **Proses atıksuyu ve kompozit atıksu analiz sonuçları:** Tesiste proses atıksuları ve kompozit atıksulara ait atıksu karakterizasyon/analiz sonuçlarını içermelidir. Bu analiz sonuçlarından yararlanılarak atıksu geri kazanım-geri kullanım imkanları değerlendirilebilir ve elde edilen veriler spesifik kirlilik yüklerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Bu kapsamda eğer mümkünse en az son 3 yıla ait analiz sonuçlarına ait veriler derlenebilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut birkaç yıla ait analiz sonuçları kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak atıksu miktarlarındaki ve karakterizasyonundaki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.
- **Atıksu arıtma tesisine dair bilgiler:** Tesiste atıksu toplama sistemi (birleşik ya da ayrı), atıksu arıtma tesisi türü (fiziksel, biyolojik ya da ileri arıtma), arıtma tesisi tasarım kapasitesi, arıtma tesisi giriş-işletme debisi, birim su arıtma maliyeti (enerji, personel, kimyasal, çamur bertarafı, bakım-onarım vb. dahil), deşarj edilen atıksu miktarı ve atıksu arıtma tesisi giriş-çıkış atıksu analiz sonuçları gibi verileri içerebilir. Atıksu arıtma tesisi bulunmayan tesislerde ise tesisten uzaklaştırılan yıllık toplam atıksu miktarları ve kanalizasyona katılım/hizmet bedelleri esas alınmalıdır. Bu kapsamda atıksu miktarlarına dair verilerin derlenmesinde eğer mümkünse en az son 3 yıla ait analiz sonuçlarına ait veriler derlenebilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda mevcut birkaç yıla ait veriler kullanılabilir. Böylelikle teknik, ekonomik, mevsimsel ve diğer faktörlere bağlı olarak atıksu miktarlarındaki ve karakterizasyonundaki değişimler/dalgalanmalar elimine edilebilir.

3.2.3. Sektörel BREF Dokümanlarının İncelenmesi

Avrupa Birliği (AB)'nde 1996 yılında Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) yönetmeliği yürürlüğe girmiştir (IPPC Direktifi 96/61/EC). IPPC yönetmeliği 2010 yılında diğer 6 farklı yönetmelikle birlikte Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (IED) altında toplanmıştır (IED-2010/75/EU). IED-IPPC Direktifinde su verimliliği dahil olmak üzere sanayi tesislerinde kaynak kullanımlarının azaltılması ve çevresel performansların geliştirilmesi için mevcut en iyi teknikler (MET) tanımlanmıştır. MET; IED'de ve Entegre Çevre İzinleri Yönetmeliğinin 3. maddesinde tanımlanmış olup, esas itibariyle, maliyet ve faydaları göz önünde bulundurulduğunda, çevrenin yüksek düzeyde korunmasına yönelik en etkili teknikleri ifade etmektedir. Sektörel BREF dokümanlarında ise MET; *"prensip olarak emisyonların her yönüyle çevre üzerine etkilerini önlemek, bunun mümkün olmadığı durumlarda da emisyonları ve çevre üzerine etkilerini olduğunca azaltmak amacıyla tasarlanmış olan emisyon limit değerlerini sağlayan özel tekniklerin gerçek*



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

uygunluklarını ortaya koyan faaliyetlerin ve bunlara ait uygulama yöntemlerinin geliştirilmesinde en etkili ve ileri aşama” olarak tanımlanmaktadır (EC, 2003). MET ile ilgili daha detaylı tanımlamada ise;

- **“mevcut teknikler” terimi ile;** geçerli ekonomik ve teknik koşullar altında, uygulayıcılar tarafından zorlanmadan temin edilebilmek şartıyla, maliyetleri ve avantajları göz önünde bulundurularak ve söz konusu Üye Ülkeler içerisinde kullanılıp kullanılmadıkları ya da üretilip üretilmedikleri dikkate alınarak, ilgili sanayi sektöründe uygulanmasına izin verecek şekilde geliştirilmiş olan teknikleri,
- **“en iyi” terimi ile;** çevrenin bütünüyle yüksek genel bir seviyede korunmasını sağlamada, en etkili olan,
- **“teknikler” terimi ile;** hem kullanılan teknolojiyi, hem de tesisin tasarlanması, inşa edilmesi, bakımının yapılması, kullanılması ve devre dışı bırakılması ifade edilmektedir (EC, 2003).

Başka bir deyişle MET; kaynak kullanımını azaltılmasını ve çevresel performansların en üst düzeye çıkarılmasını sağlayan, tekno-ekonomik teknikleri ifade etmektedir.

IED-IPPC Direktifi’nin ve tanımlanan MET’lerin sektöre uyumunu kolaylaştırmak amacıyla AB IPPC Bürosu tarafından Sektörel Referans (BREF) dokümanları hazırlanmıştır. Sektörel BREF dokümanlarında detaylı proses bilgisi, kaynak kullanımları, çevresel etkileri, benzer tesis verilerini, MET’leri ve MET’lerin teknik, ekonomik ve çevresel özelliklerini içermektedir. IED-IPPC Direktifi ve sektörel BREF dokümanları dinamik dokümanlar olarak tanımlanmakta olup belirli periyotlarda Avrupa Komisyonu (EC) IPPC Bürosu tarafından güncellenmektedir. Sanayi tesislerinde su verimliliği uygulamalarını gerçekleştirme için sektörel BREF dokümanları önemli kaynaklar arasında yer almaktadır.

AB’de IED-IPPC Direktifine sektörün uyumunu kolaylaştırmak ve sanayi tesislerinde temiz üretim uygulamalarına kılavuzluk etmesi amacıyla MET’leri de içeren sektörel Referans Dokümanlar (BREFs) hazırlanmıştır. Sektörel BREF dokümanları imalat sanayinin farklı alt sektörleri için ayrı ayrı hazırlanmıştır. IED-IPPC Sektörel BREF dokümanlarına <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference> internet adresinden ulaşılabilir. Sektörel BREF dokümanları genel olarak; sektör hakkında genel bilgileri, uygulanan işlemleri ve teknikleri, emisyon ve tüketim seviyelerini, MET’lerin belirlenmesinde göz önünde alınan teknikleri, MET’ler ve yeni gelişen teknikleri içermektedir. BREF dokümanlarında sektörde faaliyet gösteren tesislere ait gerçek veriler ve MET’ler de bulunmaktadır. Bu veriler su verimliliği çalışmaları yapacak olan tesislerin kendi performanslarını farklı açılardan (kaynak kullanımları, çevresel performanslar gibi) değerlendirmesine ve uygulanacak su verimliliği tekniklerini belirlemelerine katkı sağlamaktadır.

Sektörel BREF dokümanlarında sadece su-atıksu yönetimine dair veriler bulunmamaktadır. Bununla birlikte hammadde, enerji, kimyasal, emisyon ve atık yönetimine dair MET’ler de bulunmaktadır. BREF dokümanlarında MET’ler ile ilgili olarak; MET’in teknik tanımı, MET’in uygulanmasıyla sağlanacak başlıca çevresel faydalar, işletimsel veriler, yan etkileşimler, uygulanabilirlik, ekonomiklik, uygulamadaki itici güçler ve referans işletmeler hakkında veriler sunulmaktadır. Sektörel BREF’lerde MET’ler; iyi yönetim uygulamaları, genel önlemler niteliğindeki teknikler, hammadde seçimi ve yönetimine dair teknikler, su ve enerji yönetimine dair teknikler, kimyasal kullanımı ve yönetimine dair teknikler, çeşitli üretim prosesleri için teknikler, atıksu yönetimine dair teknikler, emisyon yönetimine dair teknikler, atık yönetimine dair teknikleri olmak üzere verilen genel bir çerçevede sunulmaktadır. Ancak sektörel proses yapısının çok karmaşık olduğu ve çok fazla alt sektörden oluşan bazı sektörlerde (gıda ve içecek sanayi gibi) daha detaylı alt başlıklara yer verilmektedir. Bununla birlikte “enerji verimliliği” ve “soğutma sistemleri” gibi tüm



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

sektörü ilgilendiren bazı yardımcı prosesler için de BREF dokümanları hazırlanmıştır. Bu BREF'lerde ise MET'lerin sunumu bazı noktalarda farklılıklar gösterebilmektedir.

Sadece AB'de değil diğer ülkelerde temiz üretim ajansları/araştırma kuruluşları tarafından da hazırlanmış olan benzer sektörel referans dokümanlar bulunmaktadır. Türkiye'de ise Çevre Şehircilik Bakanlığı Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (EKÖK) Şubesi tarafından BREF dokümanlarının Türkçe'ye çevrilmiş ve yayımlanmıştır. Bu dokümanlara <https://ippc.csb.gov.tr/met-referans-dokumani-bref-i-3218> internet adresinden ulaşılabilir. Ayrıca Çevre Şehircilik Bakanlığı'nın EKÖK birimi, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel Müdürlüğü, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü (Ulusal Temiz Üretim Merkezi) ve bazı temiz üretim konusunda çalışan bölgesel kuruluşlar tarafından yapılan sektörel çalışmalar, proje sonuç raporları ve bunlarla ilgili sektörel kılavuz dokümanları yayımlanmıştır.

Su verimliliği fizibilite çalışmalarında BREF dokümanlarının incelenmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda aşağıda sıralanan bilgilerin özellikle detaylı olarak incelenmesinde ve değerlendirilmesinde fayda vardır.

- **Sektörel BREF dokümanlarında sektörde faaliyet gösteren diğer tesislere ait spesifik veriler:** Bu spesifik değerler ile tesisin spesifik su tüketimi, atıksu miktarı ve atıksu kirlilik yükü değerleri kıyaslanarak potansiyel tasarruf/azaltım oranları belirlenmelidir. Proses bazlı olarak elde edilecek potansiyel tasarruf/azaltım oranları su verimliliği çalışmalarında özellikle en iyi performansa ulaşmak üzere; MET'lerin belirlenmesinde ve su kullanımı açısından verimsizliklerin teşhis edilmesinde önemli katkılar sağlayabilir.
- **Sektörel BREF dokümanlarında sunulan MET'lerin incelenmesi:** BREF dokümanlarında tesiste mevcut olan prosesler ve yardımcı prosesler göz önünde bulundurularak su-atıksu ve atıksu kirlilik yüklerinin azaltılmasına dair MET önerileri incelenmelidir. Ayrıca faaliyet alanına yakın diğer sektörlerin BREF dokümanlarının ve yardımcı proseslere dair diğer BREF'lerin (soğutma sistemleri, enerji verimliliği vb.) de incelenmesi faydalı olabilir. Buna ek olarak MET'lerin incelenmesinde özellikle; teknik özellikler-gereksinimler, sağlanacak başlıca çevresel faydalar, işletimsel veriler, yan etkileşimler, uygulanabilirlik, ekonomik veriler (ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyetleri, tasarruf oranları ve miktarları gibi), uygulamadaki itici güçler ve referans işletmeler hakkında sunulan veriler mutlaka incelenmelidir. Bu veriler performans değerlendirme sürecinde, MET'lere karar verme sürecinde ve fayda-maliyet analizlerinde ihtiyaç duyulan verilerin sağlanmasına katkı sağlayabilir. Bu araştırmaların sonucunda su verimliliği çalışmaları yapacak tesis için bir başlangıç MET listesi hazırlanmalıdır.

-
-

- Tablo 2'te örnek bir ilk MET listesi sunulmuştur.
- **Diğer referans dokümanların ve literatürün incelenmesi:** Sektörel BREF dokümanları haricinde diğer referans dokümanların ve literatürdeki çalışmaların spesifik veriler ve su verimliliği teknikleri açısından incelenmesi daha detaylı bir değerlendirme yapılmasını sağlayabilir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Tablo 2. Örnek ilk MET listesi.

İlk Mevcut En İyi Teknikler (MET) Listesi
Uygulama/teknik (MET)
İyi yönetim uygulamaları
Genel Önlemler Niteliğindeki Öneriler
Üretim Proseslerine İlişkin Öneriler
Proses-1
Proses-2
Yardımcı Proseslere İlişkin Öneriler
Buhar Kazanı
Proses Suyu Hazırlama Sistemi
Soğutma Sistemi
Atıksuya İlişkin Öneriler

3.2.4. Saha Çalışmaları

3.2.4.1. ÖN ÇALIŞMALAR

Su verimliliği uygulamaları tüm çalışanların katılımıyla gerçekleştirilmelidir. Ancak bu sayede en üst seviyede performans sağlanabilir ve su verimliliği uygulamalarının sürdürülebilirliği sağlanabilir. Bu nedenle öncelikli olarak aşağıda sıralanan temel adımların uygulanması faydalı olabilir.

- **Su verimliliği çalışmasının amacının belirlenmesi:** Su verimliliği çalışmalarının genel ve spesifik amaçları belirlenmeli ve bu bilgiler yönetim ve teknik personel ile yapılacak toplantıda paylaşılmalıdır.
 - **Örneğin amaç:** Yüksek su tüketimi gerçekteşen X ve Y proseslerinde su tüketimi ve atıksu miktarlarının azaltılması ve böylelikle su-atıksu maliyetlerinin azaltılması.
- **Su verimliliği için mevcut durumun genel olarak değerlendirilmesi:** Tesiste mevcut verilerden yararlanılarak genel bir mevcut durum değerlendirmesinin yapılmasını ifade etmektedir. Bu kapsamda



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Hazırlanan veri listesine göre mevcut verilerin mevcudiyeti değerlendirilebilir,
- Proses akım şeması,
- Yıllık toplam su tüketimi ve atıksu miktarları,
- Su kullanım ve atıksu oluşum noktaları,
- Yıllık toplam üretim verileri,
- Spesifik su tüketimi ve spesifik atıksu miktarları
- Atıksu arıtma tesisine ait veriler vb. genel bilgiler değerlendirilebilir. Bu bilgiler yönetim ve teknik personel ile yapılacak toplantıda paylaşılmalıdır.
- **Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi:** Su verimliliği çalışmalarının genel ve spesifik hedefleri belirlenmeli ve bu bilgiler yönetim ve teknik personel ile yapılacak toplantıda paylaşılmalıdır.
 - **Örneğin hedef:** İki yıl içerisinde tesisin toplam su tüketiminde ve atıksu miktarlarında %X azalma sağlanarak iki yılın sonunda toplam su-atıksu maliyetlerinin X TL azaltılması. Ya da spesifik su tüketiminin bir yıl içerisinde X L/kg ürün altına düşürülmesi.
- **Su verimliliği çalışmasının kapsamının belirlenmesi:** Saha ve veri toplama çalışmaları öncesinde su verimliliği çalışmalarının detayları ve kapsamı net olarak belirlenmelidir. Bu çalışma tesis genelinde gerçekleştirilebileceği gibi proses bazında, yardımcı prosesler bazında ya da sadece yüksek su kullanımı olan proseslerle sınırlı olarak da gerçekleştirilebilir. Bu durumda çalışmanın kapsamının belirlenmesi ve detayının belirlenmesi saha çalışmalarını yürütülmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu bilgiler yönetim ve teknik personel ile yapılacak toplantıda paylaşılmalıdır.
- **Su verimliliği çalışmalarında uygulanacak yöntemlerin belirlenmesi:** Veri toplama çalışmalarında, mevcut durum değerlendirme çalışmalarında, potansiyel tasarruf/azaltımların belirlenmesi, MET'lerin değerlendirilmesi ve final MET'lerin belirlenmesi çalışmalarında, fayda-maliyet analizinde, ekonomik ve finansal analiz çalışmalarında uygulanacak yöntemlerin belirlenmesi gereklidir. Bu dokümanda tesislere su verimliliği çalışmalarını gerçekleştirebilmeleri için metodoloji ve kullanılabilinecek yöntemler açısından bir kılavuz olması amaçlanmıştır. Dolayısıyla bu dokümanda kullanılan metodoloji ve yöntemler tesislerde su verimliliği çalışmaları gerçekleştirmek için kullanılabilir.
- **İş ve görev paylaşımı yapılması:** Saha çalışmaları ve veri toplama çalışmalarında farklı departmanlardan ilgili bilgilerin temin edilmesi gerekli olmaktadır. Ayrıca tesis için en uygun olan final MET'lerin seçilmesi, fayda-maliyet analizlerinin yapılması, ekonomik ve finansal analizler için farklı departmanlar ve teknik personellerin destek ve görüşlerinin alınması gerekli olabilir. Bu nedenle başarılı bir su verimliliği çalışması yapmak için bir iş-görev paylaşımı yapılması oldukça etkili olabilir.
- **İş-zaman planlarının hazırlanması:** Su verimliliği çalışmalarının temel adımlarına göre gerçekçi bir iş-zaman çizelgesi hazırlanmalı ve bu planlama yönetim ve teknik personeller ile yapılacak toplantıda paylaşılmalıdır.
- **Yönetim ve teknik personelle toplantı yapılması:** Yapılması planlanan su verimliliği çalışmasının hedefleri, su verimliliği çalışmalarında uygulanacak yöntemler, saha çalışmalarının detayları, veri toplama çalışmalarının kapsamı, iş-görev paylaşımı, iş ve zaman planı, tesisin mevcut su verimliliği performansı ve su verimliliği performansını geliştirilmesi için öneriler ve değerlendirmelere bu toplantıda yer verilmelidir. Bu toplantıya üst yönetim, işletme müdürü, üretim müdürü, makine-enerji müdürü, bakım-onarım sorumlusu, ünite müdürleri, su kullanım ve atıksu oluşumunun gerçekleştiği ünitelerden sorumlu teknik personeller, atıksu arıtma tesisinden sorumlu teknik personeller vb. personellerin bu toplantıya katılımı sağlanmalıdır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.2.4.2. VERİ TOPLAMA ÇALIŞMALARINI VE ANKET FORMLARININ
UYGULANMASI

Saha çalışmasında; tesisin genel özellikleri, üretim ve ürün özellikleri, üretim süreçleri, proses akış şemaları, proses suyu hazırlama üniteleri, diğer yardımcı üniteler, su tüketimi ve atıksu oluşum noktaları, atıksu arıtma tesisleri (mevcut ise), su geri kazanımı veya yeniden kullanım uygulamaları incelenmelidir. Saha çalışmalarında 3.2.1 başlığı altında listelenen gerekli verileri içeren ve 3.2.2 başlıkları altında özetlenen bilgileri içeren bir veri toplama ve anket formu oluşturulabilir. Veri toplama çalışmalarında sırasıyla aşağıda listelenen verilerin/bilgilerin mutlaka toplanması gerekmektedir. Ayrıca veri toplama çalışmalarında en az son 3 yıla ait sayısal veriler toplanmalıdır. Eğer uzun vadeli bir veri mevcut değil ise son birkaç yılın temsil edici ortalama sayısal değerleri kullanılabilir.

- Proses akım şemaları oluşturulmalıdır. (Mevcut akım şemaları güncellenmelidir ve yardımcı ünitelerde akım şemasına eklenmelidir)
- Tesiste tüm su kullanım ve atıksu oluşum noktalarını da gösteren detaylı bir su-atıksu akım şeması oluşturulmalıdır (**Error! Reference source not found.**).
- Tesise farklı kaynaklardan temin edilen yıllık toplam su miktarlarına dair veriler toplanmalıdır.
- Tesiste farklı kaynaklardan temin edilen suyun birim fiyatlarına dair veriler toplanmalıdır.
- Tesiste kullanılan mevcut su hazırlama sistemine dair veriler toplanmalıdır (bkz. 3.2.1 ve 3.2.2).
 - Su hazırlama sistemine giren su miktarı
 - Su hazırlama sisteminde oluşan filtre geri yıkama, rejenerasyon, konsantre, kimyasal temizlik suyu vb. su miktarları
 - Su hazırlama sisteminden çıkan proses suyu miktarları
 - Su hazırlama sistemi birim işletme maliyeti
- Tesise temin edilen hamsuya ve su hazırlama sisteminden çıkan proses suyuna ait analiz sonuçlarına dair veriler toplanmalıdır.
- Tesiste tüm su kullanım noktalarında (proses, yardımcı prosesler ve bunların dışındaki alanlar dahil) kullanılan yıllık su miktarlarına dair veriler toplanmalıdır. Bu kapsamda proses bazlı su tüketimlerine dair yeterli veri bulunmadığı durumlarda su-atıksu kütle denkliliği hesaplamaları yapılarak su tüketimleri hesaplanmalıdır.
- Tesis geneli ve üretim prosesleri bazında yıllık üretim miktarlarına dair veriler toplanmalıdır.
- Tesiste tüm atıksu oluşum noktalarında yıllık toplam atıksu miktarlarına dair veriler toplanmalıdır. Bu kapsamda proses, yardımcı prosesler ve diğer alanlarda oluşan atıksu miktarlarına dair verilerin bulunmaması durumunda su-atıksu kütle denkliliği hesaplamaları yapılarak atıksu miktarları hesaplanmalıdır.
- Proses atıksuyu analiz sonuçlarına dair veriler toplanmalıdır. Eğer mevcut değilse atıksu oluşum noktalarından temsil edici atıksu numuneleri alınarak kimyasal ve biyolojik parametreler açısından analiz edilmelidir. Analiz sonuçlarından yararlanılarak su geri kazanımı ve tekrar kullanım imkanları değerlendirilebilir. Ayrıca proses atıksuyu analiz sonuçlarına göre proses atıksularının arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanım potansiyelleri değerlendirilebilir.
- Kompozit (boru-sonu) atıksuların analiz sonuçlarına dair veriler toplanmalıdır. Eğer mevcut ise en az son 3 yıla ait analiz sonuçları olmalıdır. Mevcut değil ise kompozit atıksulardan farklı periyotlarda temsil edici numuneler alınarak kimyasal ve biyolojik parametreler açısından analiz edilmelidir. Analiz sonuçları kompozit atıksuların geri kazanım veya tekrar kullanım imkanlarının



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

değerlendirilmesinde kullanılabilir. Ayrıca analiz sonuçlarına göre kompozit atıksuların arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanım potansiyelleri değerlendirilebilir.

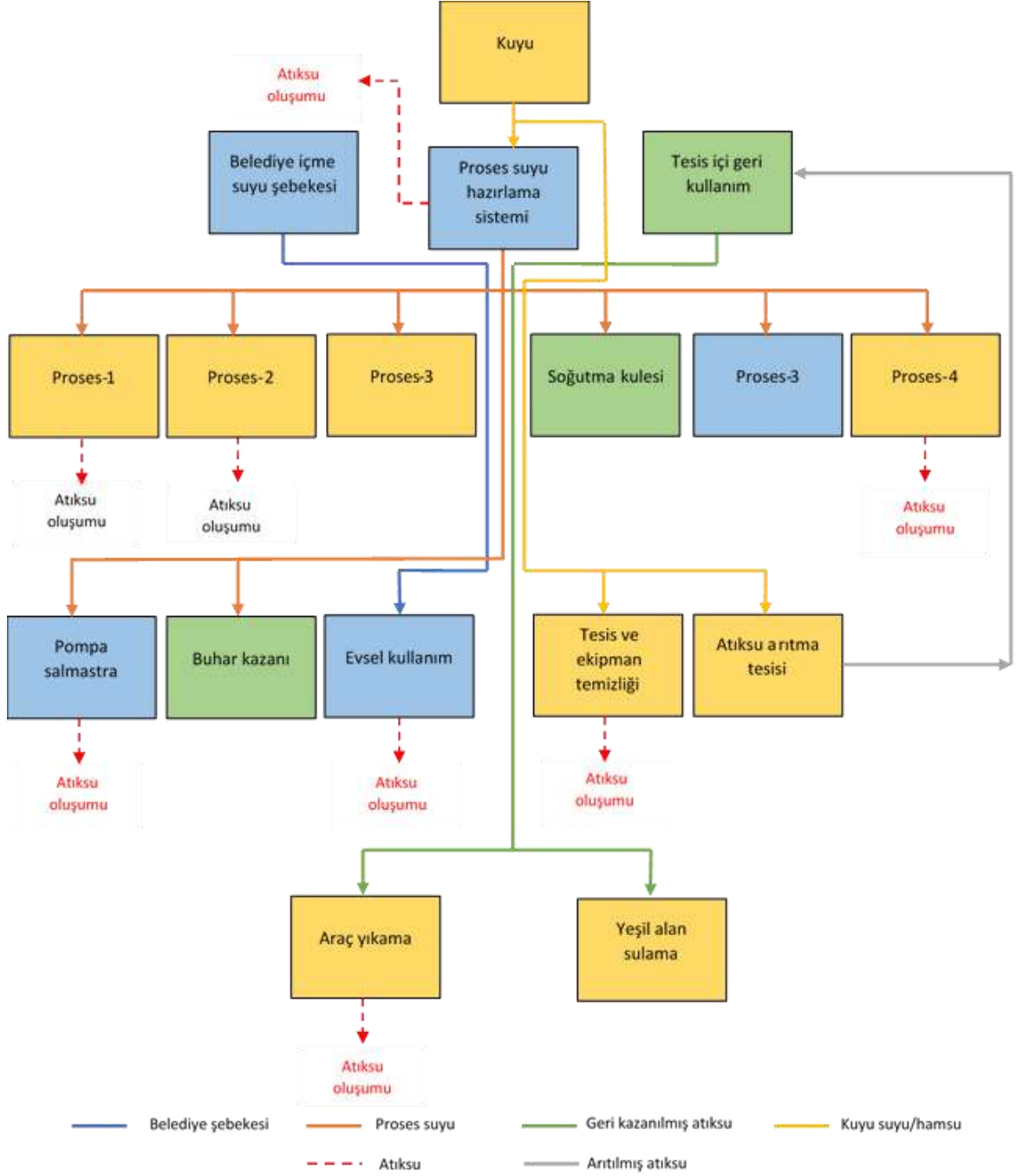
- Birim atıksu uzaklaştırma maliyetlerine dair veriler toplanmalıdır (Bu kapsamda kanalizasyona katılım ve hizmet bedelleri de dikkate alınmalıdır).
- Tesiste atıksu arıtma tesisi bulunuyor ise;
 - Atıksu arıtma tesisinin tasarım kapasitesi ve işletme debisi
 - Atıksu arıtma tesisine yıllık ortalama giren atıksu ve çıkan arıtılmış su debileri
 - Atıksu arıtma tesisi işletme birim işletme maliyeti
 - Atıksu arıtma tesisine giren atıksu analiz sonuçları
 - Atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış suya dair analiz sonuçlarına dair veriler toplanmalıdır.

Endüstriyel tesislerde su verimliliği çalışmalarında kullanılabilinecek örnek veri toplama formu Ek-4'te sunulmuştur. Sunulan örnek veri toplama formu özetle; işletme ve faaliyet alanına dair verileri, su kaynakları ve teminiyle ilgili bilgileri, uygulanan su tarifeleri ve fiyatlandırmaya dair verileri, su hazırlama/şartlandırma/yumuşatma sistemine ait verileri, hamsu ve yumuşatılmış (proses suyu) su analiz sonuçlarına dair verileri, su kullanım noktalarına dair bilgileri, tüm su kullanım noktalarında su tüketimlerine dair verileri, tesis geneli ve proses bazlı üretim miktarı verileri, tesiste uygulanan mevcut su verimliliği uygulamalarına dair bilgileri, su geri kazanımı-yeniden kullanımına dair verileri, tüm atıksu oluşum noktalarında oluşan atıksu miktarlarına dair verileri, proses atıksuyu ve kompozit atıksu analiz sonuçlarına dair verileri, atıksu arıtma ve deşarj maliyetlerine dair verileri içermektedir.

Veri toplama ve anket çalışmalarından elde edilen veriler daha sonraki adımda su-atıksu denkliği hesaplamaları yapılarak değerlendirilmelidir. Böylelikle tesis geneli ve tüm su kullanım-atıksu oluşum noktaları için girdi-çıkıtı denkliği yapılarak verilerin doğruluğu sınanmış olur. Ayrıca tesis içerisindeki su kayıpları ve diğer eksiklikler belirlenebilir. Daha sonraki adımda ise elde edilen veriler hazırlanacak olan hesaplama tablolarına aktarılır. Böylelikle tesis geneli ve tüm su kullanım-atıksu oluşum noktalarında spesifik su tüketimleri, spesifik atıksu miktarları ve spesifik kirlilik yükleri hesaplanabilir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 4. Örnek su tüketimi ve atıksu oluşum noktaları.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.2.5. Su Verimliliği ve Su Denkliği Hesaplamaları

Veri toplama ve anket çalışmaları kapsamında hazırlanan su-atıksu akım şemalarından ve elde edilen değerlerden yararlanılarak su-atıksu denklikleri oluşturulmalıdır. Böylelikle tesis geneli ve tüm su kullanım-atıksu oluşum noktaları için girdi-çıkığı denkliği yapılarak verilerin doğruluğu sınanmalıdır. Ayrıca tesis içerisindeki su kayıpları ve diğer eksiklikler belirlenebilir. Su-atıksu denklikleri için veri toplama çalışmalarında temel olarak aşağıdaki verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

- Tüm su kullanım noktaları ve atıksu oluşum noktaları
- Tesis geneli ve tüm su kullanım noktalarında yıllık su tüketimi miktarları (Eğer 3 yıllık veri mevcutsa ortalaması alınabilir)
- Tesis geneli ve tüm su kullanım noktalarında yıllık atıksu oluşum miktarları (Eğer 3 yıllık veri mevcutsa ortalaması alınabilir)
- Atıksu kirlilik yükleri (tüm su kullanım noktaları ve kompozit atıksu analiz sonuçlarında özellikle KOİ, BOİ₅, TN, TP, AKM vb. konsantrasyon değerleri ve ilgili atıksu akımlarının debilerinden yararlanılarak kirlilik yükleri hesaplanabilir (bkz. 3.2.6.4).

Su-atıksu denklıklarının temeli aşağıdaki Eşitlik 1'de sunulan temele dayanmalıdır. Bu eşitlikte oluşan; proseste kalan, buharlaşan, ürüne dahil olan vb. durumları ifade etmektedir. Eğer su-atıksu denklıklarının oluşturulmasında su-atıksu miktarlarında farklılıklar (buharlaşma, ürünle birlikte uzaklaştırılan su (nem gibi), kayıplar vb. dahil edildiği halde) bulunması durumunda ilgili veriler tekrar kontrol edilmelidir. **Error! Reference source not found.**'de örnek su-atıksu denkliği şeması sunulmuştur.

$$\text{Giren su miktarı} - \text{atıksu miktarı} \mp \text{oluşan/tüklenen}^1 = 0$$

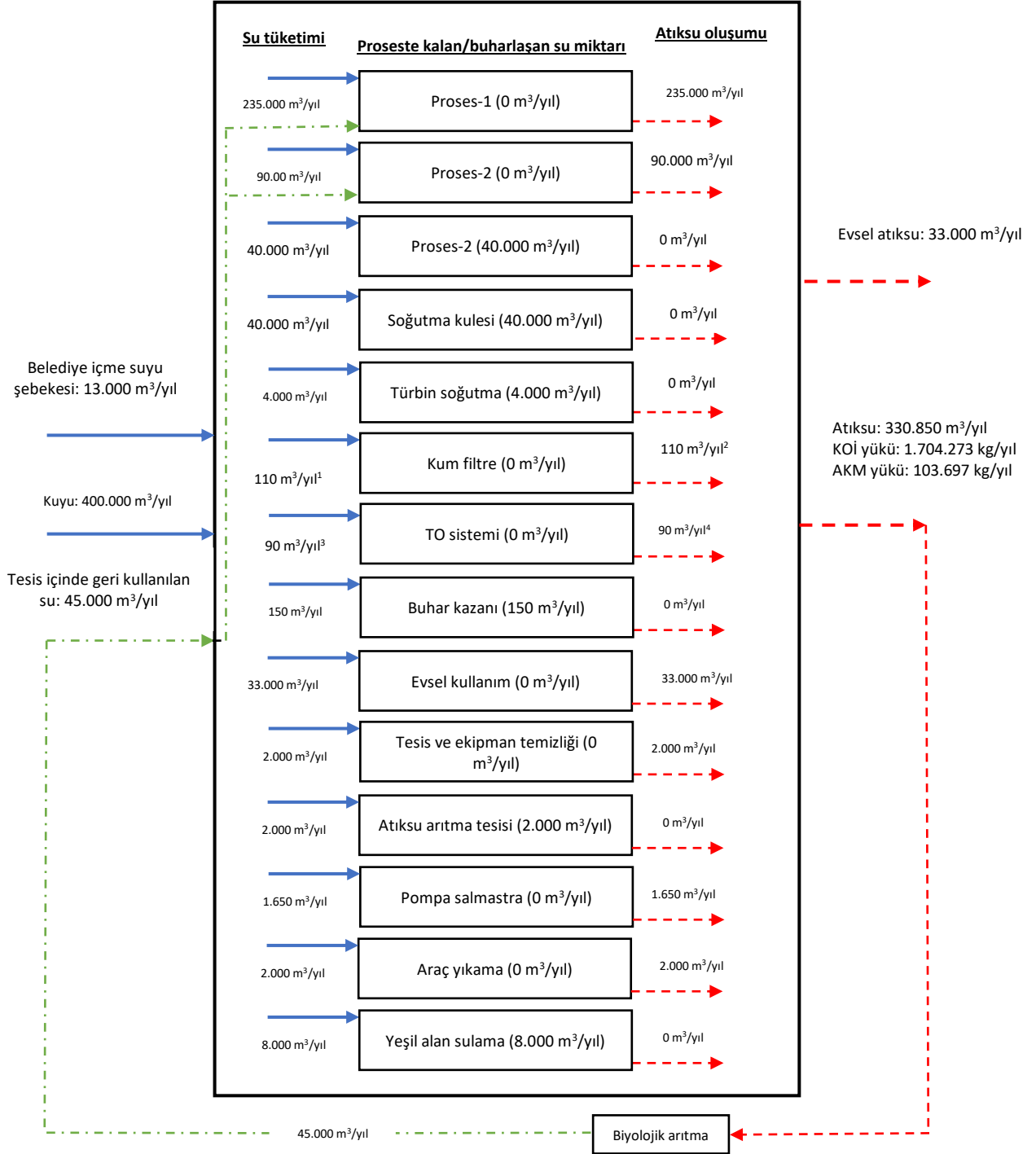
(Eşitlik 1)

¹Oluřan ifadesi tesise giren su miktarına dahil olmayan ancak üretim sırasında oluşan (özellikle maden ocaklarında kendiliğinden kaynaklanan yeraltı suları ve tesis içerisinde oluşan yağmur suları gibi) su miktarını ifade etmektedir. Tükenen ifadesi ise tesise alınan toplam su miktarına dahil olabilen ve atıksu olarak uzaklaştırılmayan ancak çeşitli yollarla uzaklaşan suyu (buharlaşma, tesisat ve boru hattı kayıpları, ürün ile birlikte uzaklaşan (liman işletmeciliği, içecek üretimi vb.)) ifade etmektedir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



¹Kum filtre sisteminde filtre geri yıkama işleminde tüketilen su miktarını ifade etmektedir. Kum filtre sistemine giren su miktarı değildir.

²Kum filtre sisteminde filtre geri yıkama işleminde oluşan rejenerasyon suyu miktarını ifade etmektedir. ³TO sisteminde konsantr olarak atılan su miktarını ifade etmektedir. TO sistemine giren su miktarı değildir. ⁴TO sistemi konsantr miktarını ifade etmektedir.

Şekil 5.Örnek su-atıksu denkliliği diyagramı.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.2.6. Hesaplama Tablolarının Hazırlanması

Hesaplama tabloları, endüstriyel tesisten elde edilen ham verileri ve spesifik su tüketimi, spesifik atık su üretimi, spesifik kirletici yükleri, vb. gibi hesaplanan değerleri içermelidir. Hesaplamalar hem tüm tesis için hem de temel üretim prosesleri ve yardımcı prosesleri için ayrı ayrı olarak yapılmalıdır. Diğer su kullanım noktaları, evsel kullanımlar vb. de dikkate alınmalıdır. Bu tablolar, su-atıksu kütle dengesinin hesaplanmasını, spesifik kirletici yüklerini, proses akış şemalarını, su tüketiminde ve atık su üretiminde potansiyel tasarruf/azaltımları ve nihai MET listesini belirlemek için çok kriterli analiz hesaplamalarını içerebilir. Böylelikle tesisin mevcut durumunun değerlendirilmesi, su verimliliği potansiyellerinin belirlenmesi, su verimliliğinin geliştirilmesi gereken proseslerin/alanların ve su verimliliğini olumsuz etkileyen unsurların teşhis edilmesi sağlanabilir. Su verimliliği fizibilite çalışmalarında kullanılabilecek hesaplama tablosu örneği Ek-5'te sunulmuştur.

Sunulan örnek hesaplama tablosu özetle; temin edilen su miktarlarını ve tesis geneli için spesifik su tüketimlerini, üretim prosesleri ve yardımcı prosesler bazında spesifik su tüketimlerini, diğer proses dışı alanlarda spesifik su tüketimlerini, tüm atıksu oluşum noktalarında spesifik atıksu miktarlarını, proses ve kompozit atıksu analiz sonuçlarını, atıksuların spesifik kirletici yüklerini, proses bazlı ve tesis geneli için su denklüklerini, su temini ve proses suyu hazırlama birim maliyetlerini, su-atıksu geri kazanım uygulamalarına dair birim maliyetleri ve potansiyel tasarruf oranlarına dair hesaplamaları içermektedir.

3.2.6.1. SPESİFİK SU TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI

Saha ve veri toplama çalışmalarından tesis geneli ve proses bazlı su tüketimi ve ilgili üretim miktarı değerlerinden yararlanılarak spesifik su tüketimleri (birim ürün kütlesi/hacmi/adeti vb. başına su tüketimi miktarı (örneğin L/kg ürün)) hesaplanmalıdır. Spesifik su tüketimleri tesisin ve proseslerin su verimliliği performanslarının değerlendirilmesine olanak sağlayabilir. Ayrıca hesaplanan spesifik su tüketimi değerleri; IED-IPPC sektörel BREF dokümanları ve literatürdeki benzer tesisler ile kıyaslama yapılarak potansiyel tasarruf/azaltım oranlarının hesaplanmasında kullanılmalıdır. Spesifik su tüketimi değerleri evsel su tüketimi hariç diğer tüm su kullanım noktaları için hesaplanmalıdır. Spesifik su tüketimi değerlerinin hesaplanmasında aşağıda sunulan Eşitlik 2 kullanılabilir.

$$\text{Spesifik su tüketimi (L/ürün miktarı}^1) = \frac{\text{Yıllık toplam su tüketimi (m}^3/\text{yıl)}}{\text{Yıllık toplam fiili üretim miktarı (ürün miktarı/yıl)}^1} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

¹Tesis özelinde ürün miktarları kütle (kg ya da ton), hacim (L ya da m³), adet, enerji (kWh ya da MWh), alan (m²) vb. birimlerde olabilmektedir.

3.2.6.2. SPESİFİK ATIKSU MİKTARLARININ HESAPLANMASI

Saha ve veri toplama çalışmalarından tesis geneli ve proses bazlı su tüketimi ve ilgili üretim miktarı değerlerinden yararlanılarak spesifik atıksu miktarları (birim ürün kütlesi/hacmi/adeti vb. başına oluşan atıksu miktarı (örneğin L/kg ürün)) hesaplanmalıdır. Spesifik atıksu miktarları tesisin ve proseslerin su verimliliği ve çevresel performanslarının değerlendirilmesine olanak sağlayabilir. Ayrıca hesaplanan spesifik atıksu miktarları; IPPC sektörel BREF dokümanları ve literatürdeki benzer tesisler ile kıyaslama yapılarak potansiyel tasarruf/azaltım oranlarının hesaplanmasında kullanılmalıdır. Spesifik atıksu



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

miktarları evsel atıksular hariç diğer tüm atıksu oluşum noktaları için hesaplanmalıdır. Spesifik atıksu miktarlarının hesaplanmasında aşağıda sunulan Eşitlik 3 kullanılabilir.

$$\text{Spesifik atıksu oluşumu (L/ürün miktarı}^1) = \frac{\text{Yıllık toplam atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)}}{\text{Yıllık toplam fiili üretim miktarı (ürün miktarı/yıl)}^1}$$

(Eşitlik 3)

¹Tesis özelinde ürün miktarları kütle (kg ya da ton), hacim (L ya da m³), adet, enerji (kWh ya da MWh), alan (m²) vb. birimlerde olabilmektedir.

3.2.6.3. SPESİFİK EVSEL SU TÜKETİMİNİN VE ATIKSU MİKTARININ HESAPLANMASI

Tesislerde su verimliliğinin değerlendirilmesinde evsel su tüketimleri ve evsel atıksu miktarlarına ilişkin de spesifik değerler hesaplanmalıdır. Spesifik evsel su tüketiminin hesaplanmasında sadece evsel su tüketimi değerleri, yıl içinde tesisin faaliyette olduğu gün sayısı ve toplam çalışan sayısı esas alınmalıdır. Benzer şekilde spesifik evsel atıksu miktarlarının hesaplanmasında da sadece evsel atıksu miktarları, yıl içerisinde tesisin faaliyette olduğu gün sayısı ve toplam çalışan sayısı esas alınmalıdır. Spesifik evsel su tüketiminin ve spesifik evsel atıksu miktarlarının hesaplanmasında sırasıyla Eşitlik 4 ve Eşitlik 5 kullanılabilir.

$$\text{Spesifik evsel su tüketimi (L/kışı.gün)} = \frac{\text{Yıllık toplam evsel su tüketimi miktarı (m}^3/\text{yıl)} \times 1000}{\text{Tesisin yıl içerisinde faaliyette olduğu gün sayısı (gün)} \times \text{Toplam personel sayısı (kışı)}}$$

(Eşitlik 4)

$$\text{Spesifik evsel atıksu miktarı (L/kışı.gün)} = \frac{\text{Yıllık toplam evsel atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)} \times 1000}{\text{Tesisin yıl içerisinde faaliyette olduğu gün sayısı (gün)} \times \text{Toplam personel sayısı (kışı)}}$$

(Eşitlik 5)

3.2.6.4. SPESİFİK KİRLİLİK YÜKLERİNİN HESAPLANMASI

Tesisin su verimliliği ve çevresel performanslarının değerlendirilebilmesi için tüm atıksu oluşum noktalarından atıksu numuneleri alınarak karakterize edilmelidir. Böylelikle atıksuların arıtılarak veya arıtılmadan geri kullanım imkanları değerlendirilebilir. Aynı zamanda atıksu analiz sonuçlarından yararlanılarak spesifik kirleticiler yükleri hesaplanabilir. Spesifik kirleticiler yüklerinin hesaplanmasında ilgili kirleticinin konsantrasyonu (mg/L), atıksu miktarı (m³/yıl) ve yıllık toplam üretim miktarı (ürün miktarı/yıl) değerleri kullanılmalıdır. Ancak unutulmamalıdır ki, spesifik kirleticiler yüklerinin hesaplanmasında eğer kompozit atıksulardaki kirleticiler yükleri hesaplanacaksa kompozit atıksu miktarı, kompozit atıksuya ait kirleticiler konsantrasyonları ve toplam üretim miktarı değerleri esas alınmalıdır. Diğer taraftan sadece bir proses için spesifik kirleticiler yükü değerleri hesaplanacak ise; ilgili prosesin atıksuyu miktarı, proses atıksuyuna ait kirleticiler konsantrasyonu ve ilgili prosesin üretim değerleri esas alınmalıdır. Bu kapsamda KOİ, BOİ₅, AKM, TN, TP, metaller vb. kirleticiler için spesifik kirlilik yükleri hesaplanabilir. Spesifik kirlilik yüklerinin hesaplanmasında aşağıdaki Eşitlik 6'den yararlanılmalıdır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

$$\text{Spesifik kirlilik yükü (gr/ürün miktarı}^1) = \frac{\text{Ortalama atıksu debisi (m}^3/\text{yıl)} \times \text{Ortalama kirletici konsantrasyonu (mg/L)}}{\text{Yıllık toplam fiili üretim miktarı (ürün miktarı/yıl)}^1}$$

(Eşitlik 6)

¹Tesis özelinde ürün miktarları kütle (kg ya da ton), hacim (L ya da m³), adet, enerji (kWh ya da MWh), alan (m²) vb. birimlerde olabilmektedir.

3.2.7. Tesisin Spesifik Değerlerinin Sektörel Bref Dokümanlarında Yer Alan Benzer Tesis Verileriyle Karşılaştırılması ve Potansiyel Tasarrufların/Azalmaların Belirlenmesi

IED-IPPC sektörel BREF dokümanları ve ilgili literatür incelenerek benzer tesislere ait referans değerler belirlenmelidir. Tesis için hesaplanan spesifik değerler (yıllık ortalama değerler) BREF belgelerinden ve/veya literatürden elde edilen referans değerlerle karşılaştırılmalıdır. Bu karşılaştırma ile su tüketimi ve atıksu miktarlarında sağlanabilecek tasarruf/azaltım potansiyelleri belirlenmelidir. Potansiyel tasarruf/azaltım oranlarının hesaplanmasında Eşitlik 7 ve Eşitlik 8 kullanılabilir.

$$\text{Minimum potansiyel su tasarrufu (\%)} = \frac{\text{Tesisin toplam spesifik su tüketimi (L/ürün miktarı}^1) - \text{Maksimum spesifik referans değer (L/ürün miktarı}^1)}{\text{Tesisin toplam spesifik su tüketimi (L/ürün miktarı}^1)} \times 100$$

(Eşitlik 7)

¹Tesis özelinde ürün miktarları kütle (kg ya da ton), hacim (L ya da m³), adet, enerji (kWh ya da MWh), alan (m²) vb. birimlerde olabilmektedir.

$$\text{Maksimum potansiyel su tasarrufu (\%)} = \frac{\text{Tesisin toplam spesifik su tüketimi (L/ürün miktarı}^1) - \text{Minimum spesifik referans değer (L/ürün miktarı}^1)}{\text{Tesisin toplam spesifik su tüketimi (L/ürün miktarı}^1)} \times 100$$

(Eşitlik 8)

¹Tesis özelinde ürün miktarları kütle (kg ya da ton), hacim (L ya da m³), adet, enerji (kWh ya da MWh), alan (m²) vb. birimlerde olabilmektedir.

3.2.8. Nihai Met Listesinin Belirlenmesi

Bu dokümanın 3.2.3 başlığı altında sunulduğu gibi IED-IPPC sektörel BREF dokümanlarında yer alan ve tesisin geneli/mevcut prosesleri için uygulanabilir olan MET'ler listelenerek bir ilk MET listesi oluşturulmalıdır. Ayrıca MET'lerin öncelik değerlendirmesinde kullanılmak üzere değerlendirme kriterleri belirlenmelidir. Bu değerlendirme kriterleri; tahmini su tasarrufu, tahmini ekonomik tasarruf, çevresel faydalar, uygulanabilirlik, çapraz medya etkileri (yan etkiler), tesisin önceliği gibi kriterlerden oluşabilir. Hazırlanmış olan ilk MET listesi ve değerlendirme kriterleri tesis personeli tarafından önceliklerine göre puanlandırılmalıdır. Bu kapsamda bireysel düşünceleri veya önyargıları önlemek için en az 5 personelin (teknik ve yönetim) önceliklendirme çalışmasına katılımı sağlanmalıdır. Kriter ve MET'lerin ağırlık puanları Çok Ölçütlü Karar Verme Metotları (örneğin; Ağırlıklandırma Ölçütleri, Ağırlıklı Toplam, Basit Sıralama Metotlarının bir kombinasyonu olabilir) kullanılarak önceliklerine göre değerlendirilebilir ve



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

tesis için nihai MET listesi hazırlanabilir. Aşağıda tesis için final MET listesinin belirlenmesi için gerekli tüm adımlar sıralanmıştır.

- **İlk MET listesinin hazırlanması:** IED-IPPC Sektörel BREF dokümanları, literatürdeki çalışmaların ve sektörel raporların incelenerek tesis için uygun MET'lerden oluşan geniş kapsamlı bir başlangıç MET listesinin hazırlanmalıdır.
- **MET değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi:** Tesis için hazırlanan başlangıç MET listesindeki MET'lerden öncelikli olanların belirlenmesi için bir öncelik değerlendirmesi yapılmalıdır. Bu kapsamda IED-IPPC sektörel BREF dokümanları ve literatürde MET'lerin öncelik değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan değerlendirme kriterleri (potansiyel su tasarrufu, potansiyel ekonomik tasarruf, çevresel faydalar, uygulanabilirlik, çapraz medya etkiler (yan etkiler) ve tesis önceliği) kullanılabilir (Tablo 3).
- **Değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması:** Saha çalışmaları kapsamında uygulanan anket formlarında belirlenen değerlendirme kriterleri teknik personelleri, bölüm yöneticilerini, tesis yöneticilerini ve tesisin çevre görevlilerini de içeren bir grup tarafından ağırlıklandırılmalıdır. Bireysel düşünceler ve ön yargıları ortadan kaldırmak amacıyla bu grubun en az 5 kişiden (teknik personel ve yönetim) oluşması önerilmektedir. Bu noktada tesis için bir MET önerisini değerlendirirken belirlenen değerlendirme kriterlerin bireylere göre öncelikleri sorulmalıdır. Buna göre değerlendirme kriterlerinin her biri 1 ile 5 puan (1: öncelikli değil, 5: çok yüksek öncelikli) arasında bir ölçekte puanlanmalıdır. Elde edilen ağırlık puanlarının ortalaması alınarak her bir değerlendirme kriteri için ortalama ağırlık puanları belirlenebilir. Bu süreçte uygulanan ağırlıklandırma/önceliklendirme ve ortalama ağırlık puanlarının hesaplanması Kriter Ağırlıklandırma Metodu (KAM) ve Ağırlıklandırılmış Toplama Metodu'na (ATM) göre yapılmıştır. Bu aşamada belirlenen kriter ağırlıkları her bir MET önerisinin önceliklerinin belirlenmesinde kullanılmalıdır (Tablo 3).
- **İlk MET listesinin puanlaması:** İlk MET listesinde yer alan MET'lerden her biri belirlenen her bir değerlendirme kriterlerine göre ayrı ayrı ağırlıklandırılmalıdır. Bireysel düşünceler ve ön yargıları ortadan kaldırmak amacıyla bu grubun en az 5 kişiden (teknik personel ve yönetim) oluşması önerilmektedir. MET'lerin her bir değerlendirme kriterine göre ağırlık puanlarının belirlenmesinde 1 ile 5 puan (1: öncelikli değil, 5: çok yüksek öncelikli) arasında bir ölçekte puanlanmalıdır. Daha sonra her bir MET için verilen ağırlık puanlarının ortalaması alınarak her bir değerlendirme kriterine göre MET ağırlık puanları belirlenmelidir. Bu noktada KAM ve ATM kullanılmış olmaktadır (Tablo 3).
- **Nihai MET listesinin belirlenmesi:** Değerlendirme kriterleri için çok kriterli karar yöntemine göre, personel tarafından verilen ortalama ağırlıklar ve ortalama MET puanları esas alınarak, her bir MET'in genel/nihai puanı elde edilmelidir. Nihai MET listesi, bu nihai kümülatif puanlara göre hazırlanmalıdır. Bu amaçla Ağırlıklı Toplama Metodu (ATM) ve Basit Sıralama Metodu (BSM) kullanılmaktadır. Tablo 3'de örnek bir nihai MET belirleme çalışması sunulmuştur.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Tablo 3. Örnek bir nihai MET belirleme çalışması

Aşağıda verilen değerlendirme kriterlerini önceliklerine göre ağırlıklandırınız. (1 puan önceliksiz ve 5 puan yüksek önceliklidir)								
Değerlendirme kriterleri	Su tasarrufu	Ekonomik tasarruf	Çevresel fayda	Uygulanabilirlik	Yan etkileşim			
Ağırlık puanları	C1	C2	C3	C4	C5			
Aşağıda verilen değerlendirme kriterlerine göre her bir iyileştirme önerisini puanlayınız. (1-5 puan arasında)								
No	Önerilen uygulama/teknik	Su tasarrufu	Ekonomik tasarruf	Çevresel fayda	Uygulanabilirlik	Yan etkileşim	İşletme Tercih Puanı	Toplam Öncelik Puanı
İyi yönetim uygulamaları								
1		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$
2		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$
Genel Önlemler Niteliğindeki Öneriler								
3		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$
4		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$
Üretim Proseslerine İlişkin Öneriler								
5		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$
6		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$
Atıksuya İlişkin Öneriler								
7		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$
Diğer								
8		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	$=(AP1 \cdot C1 + AP2 \cdot C2 + AP3 \cdot C3 + AP4 \cdot C4 + AP5 \cdot C5) \cdot AP6$

C: Kriter Ağırlık Puanı, AP: MET Ağırlık Puanı

3.2.9. Nihai MET Listesinin Uygulanmasıyla Sağlanacak Tasarrufların/Faydaların Değerlendirilmesi

Sektörel BREF dokümanları, literatür verileri, benzer uygulama örnekleri, diğer sektörel raporlar ve uzman görüşlerinden faydalanılarak belirlenen her bir nihai MET'in uygulanmasından sonra su tüketiminde, atıksu miktarlarında, atıksu kirlilik yüklerinde vb. sağlanabilececek tahmini tasarruflar/azalmalar belirlenmelidir. Bununla birlikte gerekli ilk yatırım maliyetleri, tahmini ekonomik tasarruflar ve tahmini geri ödeme süreleri de incelenmelidir. Elde edilen verilerden yararlanılarak nihai MET'ler için detaylı bir fizibilite çalışması yapılmalıdır. Ayrıca ihtiyaç duyulması durumunda birim kütle/hacim/adet vb. ürün başına birim hesaplamalar da (örneğin; birim ekonomik tasarruf, birim su tasarrufu, birim atıksu miktarlarında azalma, birim kirlilik yüklerinde azalma) yapılabilir. Böylelikle üretilen ürünün kütlesi/hacmi/adeti vb. başına seçilen nihai MET'ler için yatırım maliyeti ve su/ekonomik tasarruflar elde edilebilir. Başka bir deyişle, bu parametreler birim maliyetler veya birim tasarruflar açısından elde edilebilir.

Su miktarlarındaki tahmini azalmalar aşağıda verilen Eşitlik 9 ve Eşitlik 10 kullanılarak hesaplanabilir. Atıksu miktarlarındaki tahmini azalmalar Eşitlik 11 ve Eşitlik 12 yardımıyla hesaplanabilir. Ayrıca kirlilik yüklerindeki tahmini azalmalar Eşitlik 13 ve Eşitlik 14 ile hesaplanabilir. Tahmini toplam maliyetlerin hesaplanmasında Eşitlik 15, Eşitlik 16 ve Eşitlik 17 kullanılabilir. Tahmini geri ödeme sürelerinin



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

hesaplanmasında ise Eşitlik 18 ve Eşitlik 19 kullanılabilir. Bu hesaplamalar her bir nihai MET için yapılmalıdır. Ayrıca tüm nihai MET'lerin uygulanmasından sonraki tahmini değerler hesaplanmak istenirse toplam değerler esas alınarak aynı Eşitlikler kullanılarak gerekli değerler hesaplanmalıdır.

3.2.9.1. SU TÜKETİMİNDE TAHMİNİ AZALMA

$$\text{Tahmini su tasarrufu (m}^3/\text{yıl)} = \text{Mevcut su tüketimi (m}^3/\text{yıl)} \times \text{Tahmini tasarruf oranı (\%)} \quad (\text{Eşitlik 9})$$

$$\begin{aligned} \text{Tahmini su tasarrufu (\%)} = \\ \frac{\text{Mevcut su tüketimi (m}^3/\text{yıl)} - \text{MET'lerin uygulanmasından sonra tahmin edilen su tüketimi (m}^3/\text{yıl)}}{\text{Mevcut su tüketimi (m}^3/\text{yıl)}} \times 100 \end{aligned} \quad (\text{Eşitlik 10})$$

3.2.9.2. ATIKSU MİKTARLARINDA TAHMİNİ AZALMA

$$\begin{aligned} \text{Atıksu miktarında tahmini azalma (m}^3/\text{yıl)} \\ = \text{Mevcut atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)} \times \text{Tahmini azalma oranı (\%)} \end{aligned} \quad (\text{Eşitlik 11})$$

$$\begin{aligned} \text{Atıksu miktarında tahmini azalma (\%)} = \\ \frac{\text{Mevcut atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)} - \text{MET'lerin uygulanmasından sonra tahmin edilen atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)}}{\text{Mevcut atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)}} \times 100 \end{aligned} \quad (\text{Eşitlik 12})$$

3.2.9.3. KİRLİLİK YÜKLERİNDE TAHMİNİ AZALMA

$$\begin{aligned} \text{Kirlilik yüklerinde tahmini azalma (kg/yıl)} \\ = \frac{\text{Mevcut atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)} \times \text{Kirletici konsantrasyonu (mg/L)}}{1000} \\ \times \text{Tahmini azalma oranı (\%)} \end{aligned} \quad (\text{Eşitlik 13})$$

$$\begin{aligned} \text{Kirlilik yüklerinde tahmini azalma (\%)} \\ = \frac{[\text{Mevcut atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)} \times \text{Kirletici konsantrasyonu (mg/L)}] \\ - [\text{MET uygulamasından sonra tahmin edilen atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)} \\ \times \text{MET uygulamasından sonra tahmin edilen kirletici konsantrasyonları (mg/L)}]}{[\text{Mevcut atıksu miktarı (m}^3/\text{yıl)} \times \text{Kirletici konsantrasyonu (mg/L)}]} \end{aligned} \quad (\text{Eşitlik 14})$$



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.2.9.4. TOPLAM TAHMİNİ MALİYET

Toplam tahmini ilk yatırım maliyeti (TL)

$$= \sum \text{Ekipman ve teçhizat/tesisat maliyeti} + \text{İnşaat ve kurulum maliyeti} \\ + \text{Danışmanlık maliyeti} + \text{Projelendirme maliyeti} + \text{diğer maliyetler}$$

(Eşitlik 15)

Toplam tahmini işletme maliyeti (TL)

$$= \left[\sum \text{Bakım ve onarım maliyeti (TL/yıl)} + \text{personel maliyeti (TL/yıl)} \\ + \text{kimyasal ve diğer sarfların maliyeti (TL/yıl)} + \text{enerji maliyeti (TL/yıl)} \\ + \text{atık arıtma ya da bertaraf maliyetleri (TL/yıl)} \\ + \text{diğer işletme maliyetleri (TL/yıl)} \right] \times \text{potansiyel kullanım ömrü (yıl)}$$

(Eşitlik 16)

Toplam tahmini maliyet (TL)

$$= \text{Toplam tahmini ilk yatırım maliyeti (TL)} \\ + \text{Toplam tahmini işletme maliyeti (TL)}$$

(Eşitlik 17)

3.2.9.5. TAHMİN EDİLEN GERİ ÖDEME SÜRESİ

$$\text{Tahmin edilen geri ödeme süresi (yıl)} = \frac{\text{Toplam tahmini maliyet (TL)}}{\text{Toplam tahmini ekonomik tasarruf miktarı (TL/yıl)}}$$

(Eşitlik 18)

Toplam tahmin edilen ekonomik tasarruf miktarı (TL/yıl) =

$$[\text{Birim su maliyeti (TL/m}^3) \times \text{Toplam tahmini su tasarrufu miktarı (m}^3/\text{yıl)}] + \\ [\text{Birim atıksu maliyeti (TL/m}^3) \times \text{Toplam atıksu miktarlarındaki tahmini azalma (m}^3/\text{yıl)}]$$

(Eşitlik 19)

3.2.10. Ekonomik/Finansal Değerlendirmeler ve Uygulama

Nihai MET'lerin/su kontrol önlemlerinin uygulanmasından sonra tasarruf ve geri ödeme sürelerini tahmin etmek için bir ekonomik ve finansal analiz çalışması yapılmalıdır. İç Karlılık Oranı (İKO) ve Net Bugünkü Değer (NBD) içeren bir maliyet-fayda analizinin (FMA) yapılmalıdır. FMA, bir yatırımın faydaları ile maliyetleri arasındaki dengeyi değerlendirmek için ekonomik bir araçtır. FMA'nın amacı, olası alternatiflerin belirli bir tesis için uygunluğu analiz ederek kaynakların daha verimli bir şekilde tahsis edilmesini kolaylaştırma ve bunun yanı sıra gelecekteki projelerin yürütülmesine karar vermek için bir girdi sağlamaktadır. Finansal analizin temel amacı ise, İKO ve NBD gibi uygun net getiri göstergelerini hesaplamak için proje nakit akışı tahminlerini kullanmaktır. Finansal analiz, su kontrol/tasarruf



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

önlemlerinin uygulanmasıyla sağlanacak faydalar (ekonomik tasarruflar gibi) ve bunların uygulanması için gerekli maliyetler (ilk yatırım ve işletme&bakım maliyetleri) arasındaki dengeyi belirleyerek yapılmalıdır. Bir finansal model aşağıda listelenen parametreleri içermelidir:

- Toplam su kullanımı (farklı kaynaklardan temin edilme durumuna göre) ($m^3/yıl$)
- Birim su maliyeti (TL/m^3)
- Birim atıksu maliyeti (TL/m^3)
- Toplam su maliyeti ($TL/yıl$)
- Toplam atıksu maliyeti ($TL/yıl$)
- Toplam yıllık su tüketimi ve atıksu oluşumu ($m^3/yıl$)
- Nihai MET listesinin uygulanmasından sonra tahmin edilen toplam su tasarrufu miktarı ($m^3/yıl$)
- Nihai MET listesinin uygulanmasından sonra tahmin edilen toplam atıksu miktarlarında azalma ($m^3/yıl$)
- Nihai MET listesinin uygulanmasından sonra sağlanması tahmin edilen ekonomik su tasarrufu ve atıksu maliyetindeki azalma ($TL/yıl$)
- Nihai MET listesinin uygulanması için tahmini toplam ilk yatırım maliyetleri (TL)
- Nihai MET listesinin uygulanması için gerekli işletme&bakım maliyetleri ($TL/yıl$)
- Nihai MET listesinin uygulanması için tahmin edilen geri ödeme süreleri (Yıl).

Su verimliliği çalışmalarının en son basamağını uygulama aşaması oluşturmaktadır. Bu kapsamda seçilen nihai MET'lerin uygulanması için fayda-maliyet analizi sonuçlarına göre bir uygulama planı hazırlanmalıdır. Ayrıca uygulama planının hazırlanmasında NBD, İKO, sermaye ve finansal parametrelerinin göz önünde bulundurulmalıdır. Endüstriyel tesislerde uygulama planı farklı yaklaşımlara göre yapılabilir. Bu tesisin mevcut sermayesi, nakit akışları ve önceliklerine göre değişiklik gösterebilir. Ancak seçilen nihai MET'ler için bir uygulama programı aşağıda sıralanan yaklaşımlardan en az biri göz önünde bulundurularak yapılabilir.

- **Ekonomik yaklaşım:** En yüksek ekonomik tasarrufu sağlayan MET'ler daha öncelikli olarak uygulama planına dahil edilebilir. Bununla birlikte sadece en düşük toplam yatırım maliyeti gerektiren MET'ler daha öncelikli olarak uygulama planına dahil edilebilir.
- **Fayda yaklaşımı:** En yüksek su tasarrufu ve atıksu azaltımı sağlayan MET'ler daha öncelikli olarak uygulama planına dahil edilebilir. Ayrıca tesiste teşhis edilmiş ve öncelikli olduğu düşünülen sorunlarının çözümüne katkı/fayda sağlayacak MET'ler öncelikli olarak uygulama programına dahil edilebilir.
- **Çevresel yaklaşım:** En yüksek çevresel faydayı sağlayan MET'ler daha öncelikli olarak uygulama planına dahil edilebilir.
- **Fayda-maliyet yaklaşımı:** En yüksek ekonomik tasarrufu sağlayan ve en az toplam yatırım gerektiren MET'ler daha öncelikli olarak uygulama planına dahil edilebilir. Ayrıca nihai MET listesinin belirlenmesinde hesaplanan toplam öncelik puanlarına göre uygulama planına dahil edilebilir.

3.2.10.1. NİHAİ MET LİSTESİNİN UYGULANMASINDAN SONRA SAĞLANABİLİNECEK FAYDALAR

Bir endüstri tesisinde nihai MET'lerin uygulanmasından sonra aşağıda listelenen başlıca faydalar elde edilebilir:



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Su tüketiminde ve atıksu oluşumunda azalma,
- Su ve atıksu maliyetlerinde azalma,
- Atıksu kirlilik yüklerinde azalma,
- Su tüketiminde azalma nedeniyle doğal hamsu kaynaklarının korunması (yüzeysuları ve yeraltısuları),
- Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı,
- Atıksu deşarjlarındaki azalma nedeniyle alıcı sucul ortamlarda kirlenmenin azaltılması,
- Su tüketimi ve atıksu oluşumundaki azalma nedeniyle üretim maliyetlerinin azalması,
- Endüstriyel tesisin ve ürünlerinin rekabet gücünün ve imajının artırılması,
- Uluslararası birçok müşterinin temiz üretim ve sürdürülebilir üretim taleplerinin ve standartlarının karşılanması (örneğin tekstil endüstrisinde olduğu gibi),
- Mevcut ve gelecekteki mevzuatların getireceği limitlerin ve standartların şimdiden sağlanması veya daha kolay uyum sağlanması.

3.2.10.2. NİHAİ MET LİSTESİNİN UYGULANMASINDAN SONRA PERFORMANSLARIN İZLENMESİ

Seçilen nihai MET listesinin uygulamasından sonra aşağıda listelenen bazı performans kriterleri izlenmelidir. Bu su verimliliği uygulamalarının sürekliliğini sağlamak ve daha önceden tahmin edilen faydaların sağlanıp sağlanmadığını belirlemek açısından önemlidir.

- Uygulama sonrası su tasarrufu miktarı,
- Uygulama sonrası atıksu miktarlarındaki azalma,
- Uygulama sonrası kirlilik yüklerinde azalmalar,
- Uygulama sonrasında spesifik su tüketimi, spesifik atıksu ve spesifik kirlilik yüklerinde azalmalar,
- Uygulama sonrasında proses veriminde artış,
- Uygulama sonrası üretim miktarlarında ve ürün kalitesindeki değişimler,
- Uygulama sonrası su ve üretim verimliliğindeki değişimler,
- Uygulama sonrasında üretim maliyetlerinde azalmalar,
- Uygulama sonrasında arıtma ve bertaraf maliyetlerindeki azalmalar.

Sonuç olarak endüstriyel tesislerde başarılı su verimliliği çalışmaları gerçekleştirmek için yukarıda sunulduğu gibi sistematik bir uygulama metodolojisinin uygulanması gereklidir. Bu kapsamda sunulan bazı uygulama adımları tesislerin özellikleri ve mevcut durumu gözönünde bulundurularak detaylandırılabilir. Ancak sunulan metodolojide su verimliliği uygulamaları için kritik öneme sahip noktaların mutlaka su verimliliği çalışmalar yapılabilir.

3.2.11. Sanayide Su Ayak İzi Hesaplamaları

Su ayak izi hesaplamaları; bir proses basamağı için, bir ürünün üretimi için, bir tüketici ya da tüketici grubu için, coğrafi olarak belirlenmiş bir alan için, bir ülkede ulusal su kullanımı için veya bir işletme için yapılabilmektedir (WFM, 2009). Sanayide su verimliliği çalışmalarında da bir proses adımı için ya da tesisin geneli için su ayak izi hesaplamaları yapılabilir. Sanayide su verimliliği çalışmalarında tesis geneli, prosesler ve ürünler bazında su ayak izi değerlerinin değerlendirilmelidir. Bu kapsamda prosese giren, buharlaşan, üründe kalan, prosesten uzaklaştırılan ya da kaybedilen suların değerlendirilmesi gereklidir. Bu kapsamda mavi, yeşil ve gri su ayak izlerinin ayrı ayrı hesaplanması gereklidir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Mavi su ayak izi üretim sürecinde kullanılan yeraltı suyu ve yüzeysel tatlı su kaynaklarını ifade etmektedir. Dolayısıyla mavi su ayak izi hesaplamalarında üretimde kullanılan bu tatlı su miktarları esas alınmalıdır. Bir üretim prosesinde mavi su ayak izi hesaplamasında aşağıda sunulan Eşitlik 20 kullanılabilir (WFAM, 2011).

$$Su\ ayak\ izi_{proses,mavi} = Buharlaşan\ su_{mavi} + Ürünün\ yapısına\ katılan\ su_{mavi} + Kaybedilen\ su_{mavi} \quad (hacim/zaman)$$

(Eşitlik 20)

Yeşil su ayak izi üretimde kullanılan yağmur suyunu ifade etmektedir. Yeşil su ayak izi; tarımsal ürünlerin üretiminde veya ormancılık ürünlerinin üretiminde yaygın olarak hesaplanmaktadır (WFAM, 2011). Dolaylı ya da doğrudan yağmur suyu kullanımı olan bir endüstriyel üretim prosesinde yeşil su ayak izi hesaplamasında aşağıda sunulan Eşitlik 21 kullanılabilir (WFAM, 2011).

$$Su\ ayak\ izi_{proses,yeşil} = Buharlaşan\ su_{yeşil} + Ürünün\ yapısına\ katılan\ su_{yeşil} \quad (hacim/zaman)$$

(Eşitlik 21)

Gri su ayak izi kavramı, alıcı ortam suyunun kalitesi kabul edilen su kalitesi standartlarının üzerinde kalacak şekilde kirleticileri seyreltmek için gereken su hacmi olarak kabul edilmektedir. Bir endüstriyel üretim prosesinde gri su ayak izi Eşitlik 22 kullanılarak hesaplanabilir (WFM, 2009).

$$Su\ ayak\ izi_{proses,gri} = L / (C_{max} - C_{nat}) \quad (hacim/zaman)$$

L: kirletici yükü (kütle/zaman)

C_{max}: Alıcı su ortamında maksimum kabul edilebilir konsantrasyon (kütle/hacim)

C_{nat}: Alıcı su ortamında doğal konsantrasyon (kütle/hacim)

(Eşitlik 22)

Bir üretim prosesi için toplam su ayak izi ise mavi, yeşil ve gri su ayak izlerinin toplamı alınarak hesaplanabilir (Eşitlik 23).

$$Su\ ayak\ izi_{toplam} = Su\ ayak\ izi_{mavi} + Su\ ayak\ izi_{yeşil} + Su\ ayak\ izi_{gri} \quad (hacim/zaman)$$

(Eşitlik 23)

Son yıllarda su ayak izi, sürdürülebilirlik ve verimlilik kavramları giderek önem kazanmış ve bu kavramlar pratikte de oldukça önemli hale gelmeye başlamıştır. Bu doğrultuda birçok endüstriyel ürünün üretiminde su ayak izlerinin değerlendirildiği çalışmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Okadera vd. (2014) farklı fosil yakıtlardan enerji üretiminde su ayak izi değerlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada ham petrol üretiminde su ayak izinin 1,01-1,1 m³/GJ olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada doğalgazdan, kömür ve biyoetanolden enerji üretiminde su ayak izi değerlerinin sırasıyla 0,11, 0,17 ve 75.51 m³/GJ olduğunu rapor etmişlerdir (Okadera vd., 2014). Ruini vd. (2013) makarna üretiminde su ayak izinin 1.336-2.847 L/kg makarna olduğunu rapor etmişlerdir. Ene vd. (2013) alkollü içecek üretimi yapan bir tesiste mavi, yeşil ve gri su ayak izi toplamı 1.401 m³/ton olarak bulmuşlardır. Toplam su ayak izinin %82'sini yeşil, %3'ünü mavi ve %15'ini ise gri su ayak izinin oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Palhares ve Pezzopan (2015)



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

konvansiyonel ve organik süt ve süt ürünleri üretiminde su ayak izlerini incelemişlerdir. Buna göre konvansiyonel ve organik süt üretiminde yeşil su ayak izinin sırasıyla 884 ve 702 L/kg süt; mavi su ayak izinin 75 ve 97 L/kg süt; gri su ayak izinin 463 ve 711 L/kg süt olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre organik süt üretiminin su ayak izinin konvansiyonel süt üretimine göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Palhares ve Pezzopan, 2015). Ma vd. (2018) ham çelik üretim tesisinde mavi su ayak izinin 7,09 m³/ton çelik ve gri su ayak izinin 12.6 m³/ton çelik olduğunu belirtmişlerdir. Berger vd. (2012) Avrupa'da otomobil üretiminde su ayak izinin 52-83 m³/araç olduğunu rapor etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Türkiye'de pamuk lifi üretiminde yeşil, mavi, gri ve toplam su ayak izi değerlerinin sırasıyla 1.076, 5.271, 490 ve 6.836 m³/ton olduğu rapor etmişlerdir (Mekonnen ve Hoekstra, 2010; Chico vd., 2013). Chico vd. (2013) pamuklu pantolon üretiminde toplam su ayak izinin ortalama 3.233 m³/adet ve lyocell pantolon üretiminde ise toplam su ayak izinin ortalama 1.454 m³/adet olarak hesaplamışlardır. Farklı sektörlere dair sunulan su ayak izi değerleri tesislerin hem kendi performanslarını değerlendirmeleri hem de karşılaştırmalar yaparak kendi su verimliliği potansiyellerini değerlendirmelerine imkan sağlamaktadır. Dolayısıyla endüstriyel su verimliliği çalışmalarında su ayak izi değerleri de hesaplanmalı, tesisler bu değerleri su verimliliği performanslarını değerlendirmede ve geliştirmede kullanmalıdır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

4. KAYNAKÇA

Abdul Hakkim, V. M., Abhilash Joseph, E., Ajay Gokul, A. J. and Mufeedha, K. 2016. "Fertigation: A novel and efficient means for fertilizer application", International Journal of Current Research, 8, (08), 35757-35759.

Academic Dictionaries and Encyclopedias. (Erişim tarihi: Şubat 2021). *Çevre İşleri – İnşaat Mühendisliği*. Erişim adresi: https://universalium.enacademic.com/266809/environmental_works.

Aksu, C. (2017). *Hassas Alanlarda Analitik Hiyerarşı Metodu İle En Uygun İyileştirme Önlemlerinin Belirlenmesi : Manyas Gölü Örneği, Uzmanlık Tezi*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/Ceren%20AKSU%20Uzman%C4%B1k%20Tezi.pdf>

Ankara Büyükşehir Belediyesi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Toprak ve Gübre Bilgisi. Bilgilendirme Sunumu*. Erişim adresi: https://www.ankara.bel.tr/files/6614/3695/0175/TOPRAK_BLGS_SUNUM.pdf

Atar, B. (2018). *Determination and Assessments the Yield Gap between the Wheat Yield and Potential Yield in Turkey*. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 6(10), 1339-1346.

Avrupa Komisyonu (Çevre GM). (2009). Su Verimliliği Standartlarına İlişkin Çalışma. Biyo İstihbarat Servisi ve Cranfield Üniversitesi. (Temmuz 2009). Referans: 070307/2008/5208889/ETU/D2.

Avrupa Komisyonu. (Erişim tarihi: Şubat 2020). IPPC Bürosuna Ait Referans Dokümanlar. Erişim adresi: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.

Avrupa Komisyonu (EC), 2003. *Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC). (2003). Tekstil Endüstrisi İçin Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı (BREF)*.

Ayers, R.S., (1989). *Agricultural Water Quality*, FAO Irrigation and Drainage Paper No:29, Westcot D.W. Roma. Erişim adresi: <http://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm>

Baader, J. ve ark. (2010). Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)) GmbH. *Su kayıplarının azaltılmasına yönelik kılavuz ilkeler. Basınç yönetimine yakından bir bakış*.

Berger, M. ve ark. (2012). Water footprint of european cars: potential impacts of water consumption along automobile life cycles. Environmental Science and Technology 46, 4091-4099.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (Erişim tarihi: Mart 2020). AquaCrop Software, Land and Water. Erişim adresi: <http://www.fao.org/aquacrop>

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (Erişim tarihi: Mart 2020). Crop Water Information. FAO, Land and Water, Erişim adresi: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2014). The Water-Energy-Food Nexus A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/421718/>

Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı – Nairobi – Kenya. (2012). *Yasadışı kullanılan suyun azaltılması*. Cilt 6. UN-Habitat.

Brikké ve Maarten Bredero. (2003). *Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation*. Dünya Sağlık Örgütü ve IRC Su ve Sanitasyon Merkezi.

Chico, D., Aldaya, M.M., Garrido, A. (2013). *A water footprint assessment of a pair of jeans: the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products*. Journal of Cleaner Production 57, 238-248.

Chukalla, A. D., Krol, M. S., & Hoekstra, A. Y. (2015). Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 4877–4891.

Değirmenci, H. (Erişim tarihi: Mart 2020) *Sulama Yönetimi ve Sorunları*, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/10927.pdf>

Doğdu, N. (2013). *Jeotermal Kaynak Aramalarında Hidrojeoloji Çalışmaları*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim adresi: https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_15/99.pdf

Doorenbos, J., Kassam, A.H. (1979). *Crop Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper, 33, Roma.

Ekmekçi, M. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Yeraltısu Kaynaklarının Yönetimi*. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/25696600-Yeraltısu-kaynaklarinin-yonetimi.html>

Ene, S.A. ve ark.(2013). *Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a Romanian medium size production plant*. Journal of Cleaner Production 43, 122-135.

Garrick, D.ve ark. (2020). *Scalable solutions to freshwater scarcity: Advancing theories of change to incentivise sustainable water use*. Su Güvenliği 9, 100055.

Gültekin, R. (2018). *Tarımsal Kuraklıkta Su Yönetiminin Önemi*. Erişim adresi: <http://apelasyon.com/Yazi/817-tarimsal-kuraklikta-su-yonetiminin-onemi?bul=tarih>

Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O. (2004). *Sulama*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

GYGA. (2020). *Global Yield Gap Atlas*. Erişim adresi: <http://www.yieldgap.org>

Hamidov, A. & Helming, K. (2020). *Sustainability Considerations in Water–Energy–Food Nexus Research in Irrigated Agriculture*. Sustainability, 12, 6274. doi:10.3390/su12156274.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Hoekstra, A. ve ark. (2011). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*, Water Footprint Network-Kasım 2009, Enschede, Hollanda.
- Kahraman, M.R. (Nisan 2012). *Bitki Besleme, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi*. Erişim adresi: <http://apelasyon.com/Yazi/399-damla-sulama-ile-gubreleme-fertigasyon>
- Kaman, H. (2007). *Geleneksel Kısıntılı ve Yarı Islatmalı Sulama Uygulamalarına Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Tepkileri*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana. Erişim adresi: <http://traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/t7ZMre5A-392013-54.pdf>
- Kara, S. ve ark. (Aralık 2016) *Hydraulic modeling of a water distribution network in a tourism area with highly varying characteristics*. International Conference on Efficient & Sustainable Water Systems Management toward Worth Living Development, 2nd EWAS.
- Kayuki C. ve ark. (Erişim tarihi: Mart 2017). *Gübre Kullanım Optimizasyonuna İlişkin Prensipler ve Yaklaşım*. Erişim adresi: <http://africasoilhealth.cabi.org/wp-content/uploads/2017/04/1-Fertilizer-Use-Optimization-Principles-and-Approach.pdf>
- Kilit G. (2014). *İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Değerlendirme Notu*. İktisadi Kalkınma Vakfı. Erişim adresi: <https://www.ikv.org.tr/images/files/Degerlendirme%20%20notu%2089.pdf>
- Kurunç, A. (2019). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Tuzluluğa Sebep Olan Faktörler ve Tuzluluk Etmenleri Ders Notları*. Akdeniz Üniversitesi. Erişim Adresi: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiE85_4kPnpAhUqx4UKHU9CBu8QFjAAegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Faves.akdeniz.edu.tr%2FImageOfByte.aspx%3FResim%3D8%26SSNO%3D8%26USER%3D1679&usg=AOvVaw2OupTd8AjLYWhRrmk3EBL
- Ma, X. ve ark. (2018). *Life cycle assessment and water footprint evaluation of crude steel production: A case study in China*. Journal of Environmental Management 224, 10-18.
- Maher, S. ve ark. (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü). (2020). *Küçük ölçekli tarımda ürün su verimliliğini iyileştirmeye yönelik saha kılavuzu*.
- Malano, H., ve Burton, M. (2001). *Guidelines For Benchmarking Performance in The Irrigation And Drainage Sector* (ISBN 92-5-104618-2). <https://www.icid.org/BMGuidelines.pdf>.
- Mekonnen, M.M. ve Hoekstra, A.Y. (2011a) *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, Hydrology and Earth System Sciences, 15(5): 1577-1600.
- Mekonnen, M.M. ve Hoekstra, A.Y. (2011b). *Ulusal su ayak izi hesapları: Üretim ve tüketimin yeşil, mavi ve gri su ayak izi*.
- Muhammetoğlu, A., Muhammetoğlu H., Adıgüzel, A., İritaş, Ö. & Karaaslan, Y. (2018). *Management of Water Losses in Water Supply and Distribution Networks in Turkey*. Turkish Journal of Water Science & Management.
- Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A. Tarım ve Orman Bakanlığı. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (Temmuz 2017). *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı”*.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Muratoğlu, A. (2018). *Dicle Havzasının Su Ayak İzinin Hesaplanması*. 1. Uluslararası İçme Suyu ve Atıksu Sempozyumu, Afyonkarahisar, 6-7 Aralık, 2018.
- Oakley, S. (2018). Preliminary Treatment and Primary Settling. In: J.B. Rose and B. Jiménez-Cisneros (eds), *Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project)*. (J.R. Mihelcic and M.E. Verbyla (eds), Part 4: Management Of Risk from Excreta and Wastewater - Section: Sanitation System Technologies, Pathogen Reduction in Sewered System Technologies), Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO. <https://doi.org/10.14321/waterpathogens.60>
- Okadera, T., Chontanawat, J. ve Gheewala, S.H. (2014). *Water footprint for energy production and supply in Thailand*. *Energy* 77, 49-56.
- Özlü, T. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Sulak Alanlar ve Yönetimi Yeraltı Suları*, 19 Mayıs Üniversitesi. Erişim adresi: <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/tamero/64249/14%20Hafta-d%C3%B6n%C3%BC%C5%9Ft%C3%BCr%C3%BCld%C3%BC.pdf>
- Palhares, J.C.P. ve Pezzopane, J.R.M. (2015). *Water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems*. *Journal of Cleaner Production* 93, 299-307.
- Ruini, L. ve ark. (2013). *Water footprint of a large-sized food company: The case of Barilla pasta production*. *Water Resources and Industry* 1-2, 7-24.
- Sadras, V.O. ve ark. (2015). *Yield gap analysis of field crops- Methods and case studies*. FAO & DWFI, FAO Water Reports No. 41, Roma, İtalya. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/3/a-i4695e.pdf>
- Shrestha, S. ve ark. (2013). *Green, Blue and Grey Water Footprints of Primary Crops Production in Nepal*. *Water Resour Manage*, 27:5223–524. doi: 10.1007/s11269-013-0464-3.
- Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). (Erişim tarihi: Mat 2020). *Tertiary processes in a WWTP: Filtration and Chlorination (media type)*. Erişim Adresi: <https://sswm.info/taxonomy/term/3939/disinfection-and-tertiary-filtration>.
- Şen, Z. (2003). *Yeraltı Suyu (Hidrojeoloji)*. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şengün, M.N. (2006). *Arazi Topluştırma ve Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri Sulama Suyunun Tasarruflu Kullanımına Etkisi ve Çalışmaları Yürütmesi Gereken Kurumsal Yapıdaki Yanlılıklar*, Türkiye Mühendis Mimarlar Odası Birliği (TMMOB) Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart 2006. Erişim adresi: <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/9146.pdf>
- TAGEM & DSI. (2016). *Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi*. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Turkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Su%20Tuketimi%20Rehberi%205-9-2016.pdf?Mobile=1&Source=%2FTAGEM%2F%5Fflayouts%2F15%2Fmobile%2Fviewa%2Easp%3FList%3D613f7565%2De673%2D4542%2Db8bc%2Da6717ac5d036%26View%3D7f47e11b%2D9181%2D487e%2D9373%2D633de696841b%26wdFCCState%3D1%26PageFirstRow%3D181>
- Tarım Kütüphanesi web sitesi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Genel bilgiler*. Erişim adresi: <http://www.tarimkutuphanesi.com/>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Tarım Kütüphanesi web sitesi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Zirai Mücadelenin Tanımı ve Mücadele Yöntemleri*. Erişim adresi: http://www.tarimkutuphanesi.com/zirai_mucadelenin_tanimi_ve_mucadele_yontemleri_00185.html
- T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (Erişim tarihi: Ekim 2020). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>
- Tekineli, O. ve ark. (2001). *Őanlıurfa-Harran Sulamasında Tuzluluk Sorunu ve Alınması Gereken Önlemler*. 1. Ulusal Sulama Kongresi, 08-11 Kasım Belek-Antalya.
- Temizel, K.E. ve Tok, S. (2019). *Farklı Sodyum Adsorbsiyon Oranı Değerlerine Sahip Sulama Sularının Bazı Toprak Özelliklerine Etkisi*. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/786421>
- The Water Footprint Assesment Manual (WFAM), (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard, Water Footprint Network-Earthscan*, ISBN: 978-1-84971-279-8.
- Türkiye Cumhuriyeti, 2016/46 sayılı Tebliğ. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği*. Erişim adresi: <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170211-12.htm>
- Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (BSTB), 2013 Su Verimliliği. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel Müdürlüğü. Yayın no: 720, Ankara ISBN: 978-605-4889-02-0
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Birimi. Web sitesi: <https://ippc.csb.gov.tr/met-referans-dokumani-bref-i-3218> (Erişim tarihi: Şubat 2020).
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2020). *2018 Yılı Faaliyet Raporu*. Erişim adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2018-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2020). *2019 Yılı Faaliyet Raporu*. Erişim adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2019-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü web sitesi, *DSİ 2018 Faaliyet Raporu*: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2018-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2#page=52>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü web sitesi, *Toprak ve Su Kaynakları*: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (Ocak 2013). *Proje Semineri Ders Notları*. Devlet Su İşleri Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2018). *Proje Semineri Ders Notları*. Devlet Su İşleri Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) 20. Bölge Müdürlüğü, 202. Şube Müdürlüğü, Gaziantep. (2018). *Terfili Sulama İhtiyaçları İçin Güneş Enerji Santrali (GES) Tesisi Kurulumu Fizibilite Raporu.*

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM ve DSİ (TAGEM&DSİ). (2017). *Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Erişim adresi:*
<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Turkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tuketimleri.pdf>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2015). *Türkiye’de Bitki Su Tüketimi Çalışmaları Sunumu. Erişim adresi:*
<http://www.dsi.gov.tr/docs/tuhk/t%C3%BCrkiye%27de-bitki-su-t%C3%BCketimi-%C3%A7a%C4%B1%C5%9Fmalar%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Durgun Suların Özümleme Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi.* Akarcay Havzası Nihai Raporu.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Durgun Suların Özümleme Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi.* Yeşilirmak Havzası Nihai Raporu.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Entegre Mücadele Teknik Talimatları. TAGEM Yayınları. Erişim Adresi:*
https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi. Havza Yönetim Planı Nihai Raporu.* Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü (ÇTÜE), Kocaeli.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2014). *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği”.* 28994 sayılı Resmi Gazete.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2015). *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolüne İlişkin Teknik Usuller Tebliği”.* 29418 sayılı Resmi Gazete.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (Mart 2020). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi.*

Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Buharlaştırma, Evapotranspirasyon ve Toprak Nemi.* T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Erişim adresi:
<https://www.mgm.gov.tr/genel/buharlasma.aspx?s=3>

Türkiye Cumhuriyeti, Mevzuat Bilgi Sistemi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi Hakkında Tebliğ.* Erişim adresi:
<https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.24144&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=K%C4%B1rsal%20Kalk%C4%B1nma%20Destekler>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. 3. *Tarım Orman Şûrası Tarımsal Sulama ve Su Yönetimi Raporu.* (2019). Erişim adresi: <http://www.tarimormansurasi.gov.tr/>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (Şubat 2017). *Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik*. 29981 sayılı Resmi Gazete. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170216-1.htm>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2020). *A3.5.1. İÇME-KULLANMA SUYU SEKTÖRÜ PİLOT ALANINA İLİŞKİN FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI: MARMARİS RAPORU*. 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2020). *A3.5.3. TARIMSAL PİLOT ALAN (AFYONKARAHİSAR ÇAY EBER) FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI*. 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2015). *Akarçay Havzası Kuraklık Yönetim Planı*.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2016). *İklim Değişikliklerinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi*. Erişim adresi: <http://iklim.ormansu.gov.tr/Dokumanlar.aspx>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2018). *Milli Su Yönetimi Sistemi Fizibilite Çalışması Raporu*.

Türkiye Cumhuriyeti, Tarımsal üretime dair düşük faizli yatırım ve işletme kredisi kullanılmasına ilişkin karar. (Erişim tarihi: Mart 2020). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180210-4.pdf>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. 30874 sayılı Resmi Gazete. 31 Ağustos 2019. *"İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik"*.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2018). *Akarçay Havzası Sektörel Su Tahsis Planı*.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2019). *Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi*.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, TİGEM. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Teknik Bilgiler*. Erişim adresi: <https://www.tigem.gov.tr/Sayfalar/Detay/3e499aad-4775-41ae-aeb4-2707cb44b6a0>

Türkiye İstatistik Kurumu. (2018). *İstatistik Veritabanları*. Erişim adresi: <https://www.tuik.gov.tr>

Vickers, A. (2002). *Suyun Kullanımı ve Korunması*, Amherst, MA Waterflow Press.

Water Footprint Manual (WFM). (2009). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*, Water Footprint Network-November 2009, Enschede, The Netherlands.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

World Wide Fund for Nature (WWF). (2014). *Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu: Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi*. WWF-Türkiye ve Pegasys Strategy and Development. ISBN: 978-605-86596-7-4.
Erişim adresi: http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf

Yoğunlu, A. (2013). *Arazi Topulaştırma Faaliyetleri TRB1 Bölgesi*, Fırat Kalkınma Ajansı. Erişim adresi:
https://fka.gov.tr/sharepoint/userfiles/Icerik_Dosya_Ekleri/FKA_ARASTIRMA_RAPORLARI/ARAZ%C4%B0%20TOPLULA%C5%9ETIRMA.pdf

Yurtseven, E., *Sulama Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi*, Ankara Üniversitesi Ders Sunumu,
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7055/mod_resource/content/0/blm%204%20Su%20kal%20deg.pdf

Zekeriya, A.Y. (2010). *Deficit Irrigation and Root Zone Drying Applications. Determination of Efficiency and Quality Impacts in M9 Starking Delicious Apple*. Süleyman Demirel University Institute of Science Agricultural Structures and Irrigation Department (Master's Thesis).



T.C.
Tarım ve Orman Bakanlığı
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Beştepe Mahallesi Alparslan Türkeş Caddesi No:71
Yenimahalle / ANKARA, PK: 06560
Tel: (0312) 207 63 30