



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



Su Verimliliği  
Seferberliği



# İÇME SUYU SEKTÖRÜNDE SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

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**

<b>1.</b>	<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1.	Türkiye’deki Su Kaynakları ve Su Varlığı.....	1
1.2.	Metodolojik Rehberin Amacı .....	3
1.3.	Rehberin İçeriği .....	4
<b>2.</b>	<b>KURAMSAL ÇERÇEVE</b> .....	<b>5</b>
2.1.	İçme-Kullanma Suyu Sektörü .....	5
2.1.1.	Su Verimliliği: Kavramlar ve Tanımlar .....	5
2.1.2.	Verimlilik Değerlendirmesi: İndeksler ve Oranlar .....	17
<b>3.</b>	<b>İÇME-KULLANMA SUYU SEKTÖRÜ</b> .....	<b>23</b>
3.1.	Mevcut Durum Değerlendirmesi.....	26
3.1.1.	Su Kaynaklarının Karakterizasyonu .....	26
3.1.2.	İletim ve Dağıtım Altyapılarının Karakterizasyonu .....	36
3.1.3.	Su Depolarının ve Terfi İstasyonlarının Karakterizasyonu .....	39
3.1.4.	İçme Suyu ve Atıksu Arıtma Tesisleri.....	44
3.1.5.	SCADA Karakterizasyonu.....	50
3.1.6.	Su Kullanım Verimliliği ve Su Dengesi .....	53
3.2.	Su Kullanım Verimliliğinin İyileştirilmesine Yönelik Tedbirler.....	54
3.2.1.	Hidrolik Modelleme.....	54
3.2.2.	Bölgesel Ölçüm Alanlarının (BÖA) Oluşturulması.....	58
3.2.3.	Basınç Yönetim Alanlarının (BYA) Oluşturulması.....	60
3.2.4.	Altyapı Rehabilitasyon İhtiyaçlarının Değerlendirilmesi .....	61
3.2.5.	Scada Sistemlerinin Uygulanması .....	63
3.2.6.	İdari Kayıpların Azaltılması .....	64
3.2.7.	Su Kayıplarının Yönetimi .....	67
3.2.8.	Su Tasarrufu Konusunda Halkı Bilinçlendirme Kampanyaları .....	72
3.2.9.	Su Hizmeti Tarifeleri ve Su Tasarrufu.....	73
3.2.10.	Su Verimliliği İçin Bir Tedbirler Programının Uygulanması .....	73
<b>4.</b>	<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>75</b>



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. TÜRKİYE’NİN SU POTANSİYELİ VE KULLANIM ALANLARI. KAYNAK: TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI (2019). .....	1
TABLO 2. SU TEMİNİ SİSTEMLERİNİN SU ÜRETİMİ BİLEŞENİNE İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	6
TABLO 3. SU TEMİNİ SİSTEMLERİNİN SU İLETİMİ BİLEŞENİNE İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	8
TABLO 4. SU TEMİNİ SİSTEMLERİNİN SU DAĞITIMI BİLEŞENİNE İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ.....	9
TABLO 5. SU TEMİNİ SİSTEMLERİNİN ATIKSU TOPLAMA BİLEŞENİNE İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	11
TABLO 6. SU TEMİNİ SİSTEMLERİNİN ATIKSU ARITMA BİLEŞENİNE İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	12
TABLO 7. SU TEMİNİ SİSTEMLERİNİN YENİDEN KULLANILAN SU BİLEŞENİNE İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	12
TABLO 8. STANDART SU DENGESİ TABLOSUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN VERİLER. ....	17
TABLO 9. ULUSLARARASI GGS DEĞERLENDİRME MATRİSİ. ....	19
TABLO 10. ULUSLARARASI FİZİKİ KAYIP DEĞERLENDİRME MATRİSİ. ....	20
TABLO 11. PERFORMANS GÖSTERGELERİNİN SINIFLANDIRILMASI. ....	22
TABLO 12. BİRİKTİRME BARAJLARI İÇİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	26
TABLO 13. KAYNAK SUYU KAPTAJINA İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ.....	28
TABLO 14. KUYULARA İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	30
TABLO 15. YÜZEYALTI SU TOPLAMA ALTYAPILARINA İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	32
TABLO 16. KORUNAN NEHIR YANAL SU ALMA ALTYAPILARINA İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	33
TABLO 17. NEHIR-DİBİ SU ALMA YAPILARININ KARAKTERİZASYONUNA İLİŞKİN VERİLER.....	34
TABLO 18. YÜZEN SU ALMA YAPILARINA İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	35
TABLO 19. BATIK SU ALMA YAPILARINA İLİŞKİN KARAKTERİZASYON VERİLERİ. ....	36
TABLO 20. BORU TIPLERİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI. ....	38
TABLO 21. FARKLI DEPO TIPLERİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI. ....	41
TABLO 22. IWA’NIN GGS VE FİZİKİ KAYIP TEKNİK PERFORMANS KATEGORİLERİ VE İLİ. ....	53
TABLO 23. BÖA’LARIN BELİRLENMESİ İÇİN PARAMETRELER. ....	58
TABLO 24. FAYDA-MALİYET ANALİZİNDE DİKKATE ALINAN DEĞİŞKENLER. ....	74



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**

ŞEKİL 1. FALKENMARK SU STRES İNDEKSİNE GÖRE HAVZALARDA KİŞİ BAŞINA DÜŞEN SU POTANSİYELİ. KAYNAK: SYGM (2018).....	2
ŞEKİL 2. TÜRKİYE SON 24 AYLIK KURAKLIK HARİTASI. KAYNAK: WWW.MGM.GOV.TR (2020). ....	3
ŞEKİL 3. SU TEDARİK ZİNCİRİ.....	5
ŞEKİL 4. STANDART SU DENGESİ TABLOSU. KAYNAK: TÜRKİYE CUMHURİYETİ TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI (2014). ....	14
ŞEKİL 5. İÇME-KULLANMA SUYU VERİMLİLİĞİ DEĞERLENDİRME VE İYİLEŞTİRME AŞAMALARI .....	25
ŞEKİL 6. İSPANYA'DAKİ BİR BARAJDA İÇME SUYU KAPTAJI (URL 1).....	27
ŞEKİL 7. BİR KAYNAKTAKİ İÇME SUYU KAPTAJI (URL 2).....	28
ŞEKİL 8. KAZILMIŞ KUYU ÖRNEĞİ (URL 3). ....	29
ŞEKİL 9. TİPİK BİR SONDAJLA AÇILMIŞ KUYU. KAYNAK: BRİKKÉ VE BREDERO (2003). ....	30
ŞEKİL 10. YÜKSELTİLMİŞ KUM BARAJ.....	32
ŞEKİL 11. TİPİK BİR KORUNAN NEHİR YANAL SU ALMA YAPISI. KAYNAK: BRİKKÉ VE BREDERO (2003). 33	
ŞEKİL 12. YÜZEN SU ALMA YAPISI ÖRNEĞİ. ....	35
ŞEKİL 13. TİPİK BİR ÇUKUR SU ALMA YAPISI (URL 4). ....	36
ŞEKİL 14. SANTRİFÜJLÜ POMPA ŞEMASI.....	43
ŞEKİL 15. SONDAJLA AÇILMIŞ BİR KUYU İÇİN DALGIÇ POMPA. ....	43
ŞEKİL 16. TİPİK BİR AAT BİRİNCİL ARITMA ŞEMASI. KAYNAK: OAKLEY (2018).....	47
ŞEKİL 17. TİPİK BİR AAT İKİNCİL ARITMA ŞEMASI. ....	48
ŞEKİL 18. BİR AAT'DEKİ ÜÇÜNCÜL PROSESLER: FİLTRASYON VE KLORLAMA (URL 5). ....	49
ŞEKİL 19. SU TEMİNİ SİSTEMİ SCADA'SINDAKİ TİPİK UNSURLAR.....	51
ŞEKİL 20. MARMARİS SU SİSTEMİ İÇİN ÖNERİLEN BÖA VE BYA'LAR. KAYNAK: SYGM (2019). ....	57
ŞEKİL 21. MARMARİS SU SİSTEMİNDEKİ SU YAŞI VE BAKİYE KLOR ANALİZİ. KAYNAK: SYGM (2019). ..	57
ŞEKİL 22. BÖA OLUŞTURMAYA YÖNELİK BASİTLEŐTİRİLMİŐ BİR ÖRNEK. ....	59
ŞEKİL 23. BÖA VE BYA ÖRNEĞİ: MARMARİS (2019). KAYNAK: SYGM (2019).....	61
ŞEKİL 24. GÜRÜLTÜ KAYDEDİCİ. ....	68
ŞEKİL 25. GÜRÜLTÜ KAYDEDİCİ KORELATÖR. ....	68
ŞEKİL 26. ZEMİN MİKROFONLARI.....	69
ŞEKİL 27. SES ÇUBUĞU.....	69



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	mSS:	Metre Su Sütunu
AB:	Avrupa Birliği	MYRK:	Mevcut Yıllık Reel Kayıplar
ABA:	Absisik Asit	NBD:	Net Bugünkü Değer
BÖA:	Bölgesel Ölçüm Alanı	NÇ:	Nominal Çap
BYA:	Basınç Yönetimi Alanı	NHYP:	Nehir Havzası Yönetim Planı
CBS:	Coğrafi Bilgi Sistemi	PVC:	Polivinil Klorid
DSİ:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü	RTU:	Uzaktan Kontrol Ünitesi
EC:	Elektriksel İletkenlik	SBT:	Sıfır Basınç Testi
FMA:	Fayda - Maliyet Analizi	SCADA:	Yönetimsel Kontrol ve Veri Alma
GGS:	Gelir Getirmeyen Su	SÇD:	Su Çerçeve Direktifi
ILI:	Altyapı Kaçak İndeksi	ŐAS:	Şebekeye Alınan Su
IWA:	Uluslararası Su Birliği	TOB:	Tarım ve Orman Bakanlığı
İAT:	İçme Suyu Arıtma Tesisi	TAKM:	Toplam Askıda Katı Madde
İKO :	İç Karlılık Oranı	TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
KASAD:	Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi	UHYS:	Ulusal Havza Yönetim Stratejisi
KOİ:	Kimyasal Oksijen İhtiyacı	WLSG:	IWA Su Kayıpları Uzman Grubu
KYRK:	Kaçınılmaz Yıllık Reel Kayıplar	WLTF:	IWA Su Kayıpları Görev Gücü
mamsl:	Ortalama deniz seviyesinden yükseklik	WWF:	Dünya Doğal Hayatı Koruma Vakfı
MGM:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü	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 eş 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 km<sup>3</sup>tür. 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 <sup>3</sup>
Kullanılabilir yüzey suyu miktarı	98 milyar m <sup>3</sup> (% 87,5)
Kullanılabilir yeraltı suyu miktarı	14 milyar m <sup>3</sup> (% 12,5)
Toplam kullanılabilir su miktarı	112 milyar m <sup>3</sup> (% 100)
Sulamalarda kullanılan su miktarı	44 milyar m <sup>3</sup> (% 77)
Sanayi ve İçme Suyunda kullanılan su miktarı	13 milyar m <sup>3</sup> (% 23)
Toplam kullanılan su miktarı	57 milyar m <sup>3</sup> (% 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 (Vangölü, 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):

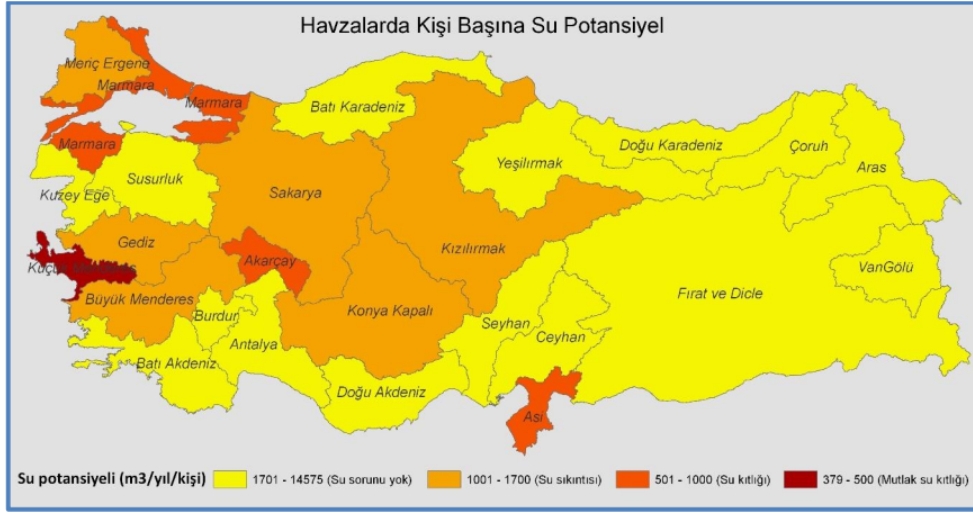
- Mutlak Su Kıtlığı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 500 m<sup>3</sup>’ten az olması,
- Su Kıtlığı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.000 ~ 500 m<sup>3</sup> arası,
- Su Sıkıntısı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 ~ 1.000 m<sup>3</sup> arası,
- Su Sorunu Olmayan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 m<sup>3</sup>’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<sup>3</sup>’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 göstermektedir<sup>1</sup>.



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<sup>3</sup> 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.

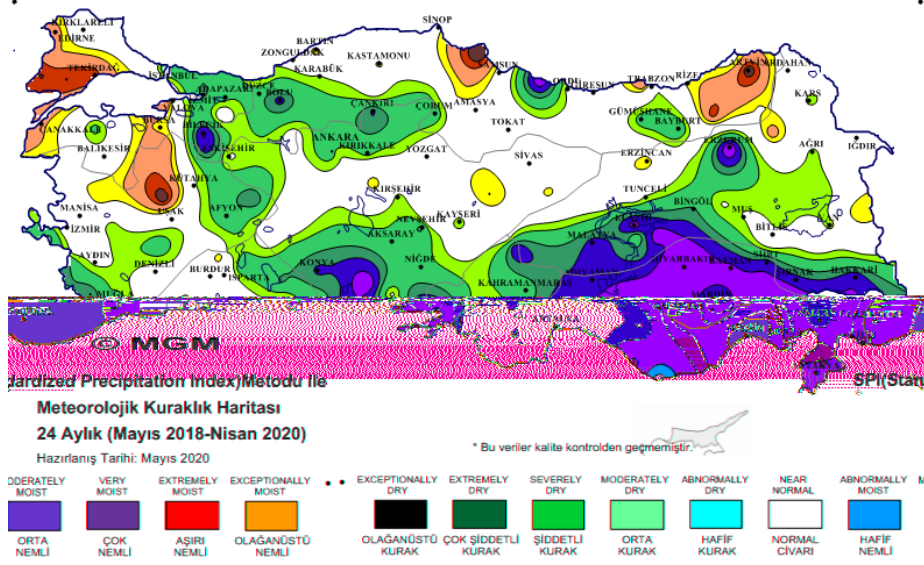
<sup>1</sup> SYGM. (2018). Milli Su Yönetimi Sistemi Fizibilite Raporu.





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](http://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 sıklaşması, 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 birbiri 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 içme-kullanma suyu, sanayi ve tarım 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. **İçme-Kullanma Suyu Sektörü Pilot Alanlara İlişkin Fizibilite Çalışması ve Eylem Planı** ile su verimliliğini iyileştirmeye yönelik önerilen tedbirler, bu tedbirlerin uygulanmasının tahmini maliyeti ve tümü için uygulama planı belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular neticesinde *içme-kullanma suyu verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik izlenecek yol ve uygulanacak yöntemleri özetlemek amacıyla bu rehber* geliştirilmiştir.

### 1.3. Rehberin İçeriği

Rehber, kuramsal çerçeve ve sektörel su kullanım verimliliği değerlendirmesi olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerde aşağıdaki hususlar ele alınmaktadır:

- **Kuramsal Çerçeve:** İçme ve kullanma suyu sektöründe su kullanımı verimliliği değerlendirilirken genel olarak kullanılan ana kavram ve kriterlere ilişkin kuramsal çerçeve kapsamında su verimliliğine dair kavramlar ve tanımlar, indeksler ve oranlar sunulmuş olup bu çerçevede su verimliliği değerlendirmesinin nasıl gerçekleştirileceğine dair bir yol haritası oluşturulmuştur.
- **İçme-Kullanma Suyu Sektöründe Su Verimliliği:**
  - Mevcut durumun değerlendirilmesi
  - Hidrolik modelleme
  - BÖA ve BYA'ların oluşturulması
  - Altyapıların rehabilitasyonu
  - SCADA sistemlerinin uygulanması
  - İdari kayıpların azaltılması
  - Su kayıplarının yönetimi
  - Su tasarrufu konusunda halkı bilinçlendirme kampanyaları
  - Tarifelerin yönetimi
  - Tedbirler Programının uygulanması



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. 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 **teşvik 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 içme-kullanma suyu, sanayi ve tarım sektörlerinde su kullanım verimliliğin değerlendirilmesinde yer alan temel kuramsal kavramları kapsayacaktır.

### 2.1. İçme-Kullanma Suyu Sektörü

#### 2.1.1. Su Verimliliği: Kavramlar ve Tanımlar

İçme-kullanma suyu sektöründe su kullanımına ilişkin verimlilik kavramı iki ana konuyu kapsamaktadır: (1) su tedarik zincirinde (çekimden tüketime kadar) kaybolan su miktarının azaltılması, (2) farklı ihtiyaçların karşılanması için içme suyunun rasyonel kullanımının iyileştirilmesi. Bu konulardan ilkinе ilişkin olarak, iletim ve dağıtım aşamasında su kayıplarını belirlemenin etkili yolu su tedarik zincirinin farklı alt bileşenleri boyunca suyun hareketini takip etmektir. Şekil 3, su tedarik zincirinin farklı bileşenlerini göstermektedir:



Şekil 3. Su Tedarik Zinciri.

Yukarıda yer alan her bir bileşen için su kullanım verimliliği ayrı ayrı değerlendirilebilir ve tüm bileşenlere dair farklı tahmini verimliliklerin toplanmasıyla toplam verimlilik elde edilir. Her bir bileşen için dikkate alınması gereken hususlar şunlardır:

- **SU ÜRETİMİ:** Su üretimi bileşeni, su çekimi ve -varsa- su arıtımını içermektedir. Çekilen suyun kaynağı yer üstü suları (kaynak suları, nehirler, göller, barajlar vb.), yeraltı suyu (kuyular) veya her ikisi de olabilir. Çekilen suyun kalitesi nihai kullanım noktasında ihtiyaç duyulan kriterleri karşılamıyorsa ön arıtma amaçlı su arıtma tesisleri ve buna bağlı olarak terfi istasyonları, su depoları gibi unsurlar da "su üretimi bileşeni" kapsamında düşünülebilir.



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 İLETİMİ:** Su iletimi bileşeni, kaynaktan suyun dağıtılmadan önceki son varış noktasına yani ana rezervuara aktarılmasını sağlayan su iletimi hatlarına karşılık gelmektedir. Bu bileşende dikkate alınan ana unsurlar, boru hatları, terfi istasyonları ve ana su depolarıdır.
- **SU DAĞITIMI:** Su dağıtımı bileşeni, su iletiminin son noktasından, nihai kullanıcıların su temini bağlantılarına kadar dağıtım şebekelerinde yer alan tüm unsurları içermektedir. Bu unsurlar, yardımcı bileşenleri ile boru hatları, terfi istasyonları ve şebekede bulunan işletmede olan su depolarıdır.
- **ATIKSU TOPLAMA:** Atıksu toplama bileşeni, su kullanıcılarının deşarj noktalarında oluşan tüm atıksuyu toplayan ve atıksu arıtma tesisine ileten veya atıksu arıtma tesisi bulunmuyorsa arıtılmamış kanalizasyon deşarj noktasına ileten kanalizasyon şebekesi ile ilgilidir. Bu bileşende tipik unsurlar kanalizasyon şebekesi, atıksu takviye pompa istasyonları ve varsa ara atıksu depolarıdır.
- **ATIKSU ARITIMI:** Bu bileşen, nihai deşarj öncesinde kanalizasyonun arıtıldığı mevcut atıksu arıtma tesislerini içermektedir.
- **YENİDEN KULLANILAN SU:** Arıtılan suyun yeniden kullanıldığı durumlarda, bu son bileşen yeniden kullanılan suyun atıksu arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra iletimi ve dağıtımına yönelik altyapıları kapsamaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde, su tedarik zincirinin sözü edilen bileşenlerinin her biri ve bunların her birinde su dengesini karakterize etmek için toplanması gereken değişkenler tanımlanmıştır. İçme-Kullanma suyu sektörü için su verimliliği çalışmalarında yararlanılabilecek örnek veri toplama formu Ek-1'de yer almaktadır.

#### 2.1.1.1. Su Üretimi

Su üretimi bileşenindeki tipik altyapıların karakterize edilmesi için bir dizi değişkenin toplanması gereklidir. Tablo 2, bu değişkenleri özetlemektedir.

**Tablo 2. Su Temini Sistemlerinin Su Üretimi Bileşenine İlişkin Karakterizasyon Verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Su Kaynağının Yeri (X, Y, Z Koordinatları)</li><li>• Kaynak Tipi (Yerüstü/Yeraltı)</li><li>• Kaynağın Türü (Kaynak Suyu, Nehir, Göl, Baraj, Kazılmış Kuyu, Sondajla Açılmış Kuyu vs.)</li><li>• Su Çekim Yapısının Türü (Baraj, Kuyu, Nehir Su Alma Yapısı vb.)</li><li>• Su Çekim Yapısının İnşa Yılı</li><li>• Altyapı Sahibi (Kurum Adı)</li><li>• İşletmeci (Kurum Adı)</li><li>• Yıllık Çekim Miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Eğer bir su arıtma tesisi varsa:</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Arıtma türü</li><li>- İşletmeci (Kurum Adı)</li><li>- Arıtma Tesisinin İnşa Yılı</li><li>- Altyapı Sahibi (Kurum Adı)</li><li>- Tesis kapasitesi (m<sup>3</sup>/gün)</li><li>- Giriş hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li><li>- Yıllık üretim miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</li><li>- Yıllık kayıplar (m<sup>3</sup>/yıl veya yıllık üretimin %'si üzerinden)</li></ul></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Yeraltı suyu ise:</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Kuyudaki pompa sayısı</li><li>- Kurulu pompaların toplam gücü (Kw)</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Su Deposu var ise:</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Su Deposunun Yeri (X, Y, Z Koordinatları)</li></ul></li></ul>



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

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Toplam pompa kapasitesi (l/s)</li><li>- Yıllık pompalanan toplam su miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Su deposunu besleyen suyun kaynağı (kaynağın adı)</li><li>- Su Deposunun Türü (materyali (beton, demir vs.), tipi (yüzeysel, gömülü) vb.)</li><li>- Kapasite (m<sup>3</sup>)</li><li>- Yükseklik (mSS)</li><li>- Su Deposunun İnşa Yılı.</li><li>- Altyapı Sahibi (Kurum Adı)</li><li>- Eğer varsa kimyasal arıtmanın türü (klorlama ve/veya diğer)</li><li>- Su deposundaki ortalama giriş hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li><li>- Su deposundan hizmete sunulan toplam su hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li><li>- Su deposundaki tahmini kayıp miktarı (m<sup>3</sup>/yıl veya %)</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Su çekimi veya arıtma tesisinden sonra bir terfi istasyonu bulunuyorsa:</u></li><li>- Terfi İstasyonunun Yeri (X, Y, Z Koordinatları)</li><li>- Pompa Sayısı</li><li>- Kurulu pompaların toplam gücü (Kw)</li><li>- Toplam pompa kapasitesi (l/s)</li><li>- Yıllık pompalanan toplam su miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</li></ul>	

Dikkate alınan değişkenlerin çoğu, su hizmeti sağlayan kurumlar tarafından bilinen değişkenler olup ölçülmekte ve kayıt altına alınmaktadır. Ancak değişkenlerin bir kısmının dolaylı yöntemler kullanılarak veya su sistemlerini yöneten teknik personelin tecrübeleri doğrultusunda uzman görüşüne dayalı kabullerle tahmini olarak hesaplanmaları gerekmektedir. Hesaplanması gereken tipik değişkenler şunlardır:

- **Su arıtma tesisindeki yıllık kayıp miktarı:** Birçok durumda, arıtma tesislerindeki giriş ve çıkış hacimleri ölçülmektedir. Böylelikle giriş hacminden çıkış hacmi çıkartılarak kayıp miktarı kolayca belirlenebilmektedir. Bu hacimler ölçülüyorsa, mevcut bilgilerden yararlanılarak tahmini olarak hesaplanmaları gerekir. Eğer varsa, terfi istasyonlarının debileri ve çalışma saatleri, suyu arıtma tesisinin içine ve dışına taşıyan boruların ölçüleri, arıtma tesisinin tasarım kapasitesi değerleri ve tesisin yıl içerisinde tam kapasite çalıştığı süre gibi bilgiler bu amaçla kullanılabilir. Hacimler ister ölçülüyor ister tahmini olarak hesaplanıyor olsun, bir arıtma tesisinde yıllık kayıp miktarının hesaplanması için şu formül kullanılır:

$$Lwt = Vi - Vo$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**Lwt**, su arıtma tesisindeki yıllık kayıp miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vi**, su arıtma tesisinin yıllık giriş hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vo**, su arıtma tesisindeki yıllık çıkış hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

- **Su depolarındaki yıllık kayıp miktarı:** Yine, eğer su depolarında giriş ve çıkış hacimlerini kaydeden sayaçlar varsa, kayıp miktarı bu iki hacim birbirinden çıkartılarak kolayca hesaplanabilir. Ne yazık ki birçok sistemde bu sayaçlar olmayabiliyor. Bu nedenle, kayıp miktarının tahmini olarak hesaplanması gerekiyor. İki senaryo göz önünde bulundurulabilir: (i) su depoları yapısal açıdan iyi



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

durumda ve depodan sızıntı yok, dolayısıyla kayıplar yalnızca depolardaki taşkınlar sırasında gerçekleşebilir. (ii) Su depolarında yapısal aksaklıklardan dolayı sızıntılar var.

İkinci senaryoda, sızıntıyı belirlemenin tek yolu, su deposundaki giriş ve çıkış hacimlerinin ölçüldüğü ve sızıntı miktarının belirlendiği bir saha çalışması hazırlamaktır. Öte yandan birinci senaryoda ise, tahmini hesaplama yalnızca İşletme ve Bakımdan sorumlu teknik personelin sistemin performansı ile ilgili bilgilerinden yararlanılarak yapılabilir. Teknik personelin, deneyimleri doğrultusunda taşkınlarla gerçekleşen su kayıp miktarını tahmini olarak hesaplaması gerekir. Bu bilgiler mevcut olduğunda, su depolarındaki yıllık kayıp miktarının hesaplanması için şu formül kullanılmaktadır:

$$Lsr = Vri - Vro$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**Lsr**, su depolarındaki yıllık kayıp miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vri**, su depolarındaki yıllık giriş hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vro** su depolarındaki yıllık çıkış hacmini ifade etmektedir. (m<sup>3</sup>/yıl).

#### 2.1.1.2. Su İletimi

Tablo 3, Su İletimi bileşeninin karakterizasyonu için toplanması gereken bilgileri özetlemektedir:

**Tablo 3. Su Temini Sistemlerinin Su İletimi Bileşenine İlişkin Karakterizasyon Verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
<ul style="list-style-type: none"><li>İsale hattının başlangıç noktasının konumu (koordinatları)</li><li>İsale hattının son noktasının konumu (koordinatları)</li><li>İşletim türü (cazibe veya terfi)</li><li>Her bir boru tipinin uzunluğu (her bir boru materyalinin km cinsinden uzunluğu)</li><li>Her bir boru çapının uzunluğu (mm cinsinden her bir boru çapının km cinsinden uzunluğu)</li><li>Toplam boru uzunluğu (Km)</li><li>İnşa Yılı ve varsa yenilenme (iyileştirme) yılı</li><li>Altyapı Sahibi (Kurum Adı)</li><li>Başlangıç noktasında yıllık giriş hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li><li>Son noktada yıllık çıkış hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li><li>İsale hattındaki tahmini kayıplar (m<sup>3</sup>/yıl veya %)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><u>Terfi istasyonları varsa:</u><ul style="list-style-type: none"><li>Terfi istasyonlarının sayısı</li><li>Terfi istasyonlarının yeri (koordinatlar)</li><li>Her bir terfi istasyonundaki pompaların sayısı.</li><li>Her bir terfi istasyonuna kurulu pompaların toplam gücü (Kw)</li><li>Her bir terfi istasyonunun toplam kapasitesi (l/s)</li><li>Her bir terfi istasyonunda yıllık su hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li></ul></li><li><u>Ana su depoları mevcutsa:</u><ul style="list-style-type: none"><li>Su Deposunun Yeri (Koordinatları)</li><li>Su Deposunun Türü (materyali (beton, demir vs.), tipi (yüzeysel, gömülü) vb.)</li><li>Kapasite (m<sup>3</sup>)</li><li>Yükseklik (mSS)</li><li>İnşa Yılı</li><li>Altyapı Sahibi (Kurum Adı)</li><li>Eğer varsa kimyasal arıtmanın türü (klorlama ve/veya diğer)</li><li>Su deposundaki ortalama giriş hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li><li>Su deposundan hizmete sunulan toplam su hacmi (m<sup>3</sup>/yıl)</li></ul></li></ul>



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

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
	- Su deposundaki tahmini kayıp miktarı (m <sup>3</sup> /yıl veya %)

Su iletim altyapılarının karakterizasyonu için dikkate alınan değişkenler arasında, genellikle isale hatlarının giriş ve çıkış noktalarında sayaçlar bulunmadığı için belirlenemeyen değişken, **isale hattındaki kayıp miktardır**. Bu durumda bu değer tahmini olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu tahmini hesaplama her zaman kolay olmamakta ve isale hattındaki su kayıp miktarı konusunda bir fikir verebilecek olan arızalar ile kaçaklar hakkındaki kayıtların mevcudiyetine dayanmaktadır. Bu bilgiler mevcut değilse, İşletme ve Bakım personelinin uzmanlığı kullanılarak bu kayıp miktarı tahmini olarak hesaplanabilir. İsale hattının giriş ve çıkış noktasındaki debiler mevcutsa veya mevcut olmadığı durumda tahmini olarak hesaplanabiliyorsa, kayıp miktarının hesaplanması için şu formül kullanılır:

$$L_{tl} = V_i - V_e$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**L<sub>tl</sub>**, isale hattındaki yıllık kayıpları ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**V<sub>i</sub>**, isale hattının başlangıç noktasındaki yıllık giriş hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**V<sub>e</sub>**, isale hattının sonundaki yıllık çıkış hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

#### 2.1.1.3. Su Dağıtımı

Tablo 4, Su Dağıtımı bileşeni için toplanması gereken değişkenlerle ilgili bilgileri özetlemektedir:

**Tablo 4. Su Temini Sistemlerinin Su Dağıtımı Bileşenine İlişkin Karakterizasyon Verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Su dağıtım şebekesinin başlangıç noktasının konumu (koordinatları)
•	İşletim türü (cazibe, terfi veya karma)
•	Hizmet verilen alanın maks. ve min. yüksekliği (mSS)
•	Boru tipi (materyal)
•	Her bir boru tipinin uzunluğu (her bir boru materyalinin km cinsinden uzunluğu)
•	Her bir boru çapının uzunluğu (mm cinsinden her bir boru çapının km cinsinden uzunluğu)
•	İnşa Yılı
•	Altyapı Sahibi (Kurum Adı)
•	Başlangıç noktasında yıllık giriş hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)
•	Hizmet verilen nüfus
•	Su bağlantılarının sayısı
•	Dağıtım şebekesinin ortalama çalışma basıncı (bar)
•	Yıllık faturalandırılan su hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)
•	Fatura tahsilat oranı (%)
•	Dağıtım şebekesindeki tahmini sızıntı ve kayıp miktarı (m <sup>3</sup> /yıl veya %)
•	Terfi istasyonları mevcutsa (su iletimi ile aynı bilgiler söz konusudur)
•	İşletmede olan su deposu varsa (su iletimi ile aynı bilgiler söz konusudur).



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

Fatura Tahsilat Oranı (%) ve Dağıtım şebekesindeki tahmini sızıntı ve kayıp miktarı (m<sup>3</sup>/yıl) değişkenlerinin hesaplanmasına ilişkin bilgiler aşağıda yer almaktadır:

- **Fatura Tahsilat Oranı (%):** Fatura tahsilat oranı, toplam faturalandırılan miktarın gerçekte tahsil edilen kısmını ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, tarife tahsilat sürecinin ne kadar etkin olduğu hakkında fikir vermektedir. Bu oranın hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$Bc (\%) = \frac{Vc}{Vb}$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**Bc**, fatura tahsilat oranını ifade etmektedir (%).

**Vc**, tarife tahsilatının yapıldığı yıllık faturalandırılan su hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vb**, yıllık faturalandırılan su hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

- **Dağıtım şebekesindeki tahmini sızıntı ve kayıp miktarı (m<sup>3</sup>/yıl):** Dağıtım şebekesinde su kayıplarının tahmini olarak belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü genellikle bu miktarın doğrudan hesaplanmasına ilişkin veriler bulunmamaktadır. Bu noktada bilmemiz gereken iki değer, dağıtım hattındaki yıllık giriş hacmi ile yıllık faturalandırılan hacimdir. Bu iki değer arasındaki fark, dağıtım şebekesindeki sızıntı ve kayıpları (dağıtım şebekesindeki fiziki kayıplar), idari kayıpları (sayaç ve faturalandırma hataları ile kaçak bağlantılar) ve faturalandırılmayan izinli su tüketimini (ör. camiler ve umumi parklar) içeren bir değer verecektir. Yinelemek gerekirse, bu bileşenlerden her birinin göreceli değerini belirlemek için su sistemini yöneten personelin uzmanlıklarından ve görüşlerinden yararlanılması gerekmektedir. Tahmini hesaplama yapıldıktan sonra, dağıtım şebekesindeki sızıntı ve kayıpların hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$Ld = Vit - Vb - Va - Vab$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**Ld**, dağıtım şebekesindeki tahmini sızıntı ve kayıp miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vit**, dağıtım şebekesinin başlangıç noktasındaki yıllık giriş hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vb**, yıllık faturalandırılan su hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Va**, yıllık toplam idari kayıp hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**Vab**, yıllık toplam faturalandırılmayan izinli tüketim hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

#### 2.1.1.4. Atıksu Toplama

Atıksu toplama ve atıksu arıtımı, çoğunlukla arıtılan atık suyun, su zinciri verimliliğini arttırmak için bir araç olarak tekrar kullanılma olasılığı nedeniyle incelenmelidir. Tablo 5, Atıksu Toplama bileşeninin karakterizasyonu için toplanması gereken bilgileri özetlemektedir:





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 5. Su Temini Sistemlerinin Atıksu Toplama Bileşenine İlişkin Karakterizasyon Verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
• İşletim türü (cazibe, terfi veya karma)	
• Hizmet verilen alanın maks. ve min. yüksekliği (mSS)	
• Boru tipi (materyal)	
• Her bir boru tipinin uzunluğu (her bir boru materyalinin km cinsinden uzunluğu)	
• Her bir boru çapının uzunluğu (mm cinsinden her bir boru çapının km cinsinden uzunluğu)	
• İnşa Yılı ve varsa yenilenme yılı	
• Altyapı Sahibi (Kurum Adı)	
• Atıksu arıtma tesisine deşarj edilen veya arıtılmamış yıllık atıksu hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)	
• Kanalizasyon şebekesine bağlı nüfus (%)	
• Atıksu bağlantı sayısı	
• Yıllık tahmini iletilen su hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)	
• Kanalizasyon şebekesindeki tahmini kayıp miktarı (m <sup>3</sup> /yıl )	
• Eğer takviye pompa istasyonları bulunuyorsa (su iletimi terfi istasyonları ile aynı bilgiler söz konusudur).	
• Eğer işletmede olan atıksu depoları bulunuyorsa (su iletimi ile aynı bilgiler söz konusudur).	

Kanalizasyon şebekesine bağlı nüfus (%) ve kanalizasyon şebekesindeki tahmini kayıp miktarı (m<sup>3</sup>/yıl ) değişkenlerinin hesaplanmasına ilişkin bilgiler aşağıda yer almaktadır:

- **Kanalizasyon şebekesine bağlı nüfus (%)** Bu oran, su temini sisteminin yanı sıra kanalizasyon şebekesinde de bağlı olan abone sayısının belirlenmesiyle kanalizasyon şebekesinin gelişim düzeyini ortaya koymaktadır. Bu oranın hesaplanması için şu formül kullanılmaktadır:

$$SNc (\%) = \frac{N_{wwc}}{N_{wc}}$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**SNc** , kanalizasyon şebekesine bağlı olan nüfusun oranını ifade etmektedir (%).

**N<sub>wwc</sub>** , atık su bağlantılarının sayısını ifade etmektedir.

**N<sub>wc</sub>** , su temini bağlantılarının sayısını ifade etmektedir.

- **Kanalizasyon şebekesindeki tahmini kayıp miktarı (m<sup>3</sup>/yıl):** Bu bilgi, kanalizasyon sisteminin durumunun değerlendirilmesi için gereklidir. Kanalizasyon şebekesinin fiziki durumu iyi değilse kurak dönemlerde kaçaklar, yağışlı dönemlerdeyse sızmalar meydana gelebilir. Kanalizasyon şebekesindeki kayıp miktarının hesaplanması için kullanılan standart formül aşağıdaki gibidir:

$$L_{sw} = V_{bw} - V_{wwtp}$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**L<sub>sw</sub>** kanalizasyon şebekesindeki yıllık tahmini kayıp miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**V<sub>bw</sub>**, yıllık faturalandırılan su teminini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**V<sub>wwtp</sub>**, atık su arıtma tesisine yıllık olarak giren atıksu hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).



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

2.1.1.5. Atıksu Arıtma

Tablo 6, Atıksu Arıtma bileşeninin karakterizasyonu için toplanması gereken bilgileri özetlemektedir:

**Tablo 6. Su Temini Sistemlerinin Atıksu Arıtma Bileşenine İlişkin Karakterizasyon Verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Atıksu Arıtma Tesisinin Yeri (X,Y, Z Koordinatları)
• Arıtma türü (Birincil İkincil, Üçüncül, Doğal biyolojik, diğer)
• İnşaa Yılı ve varsa yenilenme yılı ile bakım periyotları
• Altyapı Sahibi (Kurum Adı)
• Tasarım kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)
• Yıllık Arıtılmış Su Hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)
• Yıllık Giren Su Hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)
• Ortalama giriş suyu debisi (m <sup>3</sup> /gün)
• Ortalama çıkış suyu debisi (m <sup>3</sup> /gün)
• Deşarj yeri (nehir, göl, deniz vs. ve koordinatları)
• Eşdeğer nüfus
• İzleme sıklığı (günlük, haftalık, aylık vs.)
• Örnek türü (anlık, karışık ya da kompozit numune)
• Aşğıdaki parametreler için en az bir tam yılı kapsayan analiz sonuçları: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)</li><li>○ Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)</li><li>○ Fekal Koliformlar</li><li>○ Toplam Askıda Katı Maddeler (TSS)</li><li>○ pH</li><li>○ Toplam Fosfor</li><li>○ Toplam Azot</li></ul>

2.1.1.6. Yeniden Kullanılan Su

Tablo 7 yeniden kullanılan Su bileşeni için toplanması gereken bilgileri özetlemektedir:

**Tablo 7. Su Temini Sistemlerinin Yeniden Kullanılan Su Bileşenine İlişkin Karakterizasyon Verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Yeniden kullanılan su şebekesinin başlangıç noktasının adı ve konumu (koordinatları)
• Yeniden kullanılan su şebekesinin nihai noktasının adı ve konumu (koordinatları)
• İşletim türü (cazibe veya terfi)
• Her bir boru tipinin uzunluğu (her bir boru materyalinin km cinsinden uzunluğu)
• Her bir boru çapının uzunluğu (mm cinsinden her bir boru çapının km cinsinden uzunluğu)
• İnşaa Yılı



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

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Altyapı Sahibi (Kurum Adı)
•	Toplam temin edilen su miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)
•	Yeniden kullanılan suyu kullananların sayısı
•	Yıllık faturalandırılan su hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)
•	Yeniden kullanılan su şebekesindeki tahmini kayıp miktarı (m <sup>3</sup> /yıl veya %)
•	Terfi istasyonları mevcutsa (su iletimi terfi istasyonları ile aynı bilgiler söz konusudur).
•	Su depoları bulunuyorsa (su iletimi terfi istasyonları ile aynı bilgiler söz konusudur).

Yeniden kullanılan su şebekesindeki tahmini sızıntı miktarı (m<sup>3</sup>/yıl ) değişkeninin hesaplanmasına ilişkin bilgiler aşağıda yer almaktadır:

- **Yeniden kullanılan su şebekesindeki tahmini sızıntı miktarı (m<sup>3</sup>/yıl):** Kullanılmış suların yeniden kullanıldığı sistemler söz konusu olduğunda, normalde hem üretilen yeniden kullanılan su miktarı hem de faturalandırılan (veya temin edilen) yeniden kullanılan su miktarı ölçülür. Dolayısıyla bu durumda yeniden kullanılan su şebekesindeki kayıp miktarının hesaplanması için şu formül kullanılmaktadır:

$$L_{rw} = V_{irw} - V_{brw}$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**L<sub>rw</sub>**, yeniden kullanılan su şebekesindeki yıllık tahmini sızıntı miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**V<sub>irw</sub>**, şebekenin başlangıç noktasındaki yıllık yeniden kullanılan su giriş hacmini ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**V<sub>brw</sub>**, yıllık faturalandırılan (veya temin edilen) yeniden kullanılan su miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

#### 2.1.1.7. Su Kayıpları ve Su Dengesi

Uluslararası Su Birliği (IWA), uzun yıllardır su verimliliğinin değerlendirilmesi için farklı yaklaşımların araştırılması ve önerilmesinde lider kuruluştur. Genel sistem ve bileşenleri için su dengesinin hesaplanmasına büyük önem veren genel bir metodoloji geliştirmişlerdir. Su dengesi hesaplamaları, bir sisteme giren ve farklı amaçlar için kullanılan/geri çekilen hacimlerin toplamı yoluyla hesaplanamayan su miktarını belirlemek için tasarlanmıştır. Sisteme giriş ve çıkışları 'dengeleme' yöntemidir. Bir sisteme veya prosese giren toplam miktardan kullanıldığı bilinen tüm hacimler düşülür.

Sisteme beslenen, su tedarik zinciri boyunca kullanılan/kaybolan farklı su miktarlarını belirleme uygulaması **IWA Su Dengesi Tablosunda** özetlenmektedir. IWA Su Dengesi Tablosu, su idarelerinde meydana gelen başlıca su tüketimi ve su kayıp biçimlerine yönelik doğru ve tutarlı tanımları içerdiği için dünya genelinde vaka çalışmalarında uygulanmaktadır. IWA Su Dengesi Tablosunun uyarlanmış versiyonu 16.07.2015 tarih ve 29418 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğinde Şekil 4'teki gibi yer almaktadır. Ayrıca, bu tablonun oluşturulması için raporun ekleri arasında yer alan Standard Su Dengesi Programının kullanılması yararlı olacaktır (Bkz. Ek-2).



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

SİSTEME GİREN SU MİKTARI	İZİNLİ TÜKETİM	FATURALANDIRILMIŞ İZİNLİ SU TÜKETİMİ	FATURALANDIRILMIŞ ÖLÇÜLMÜŞ KULLANIM	GELİR GETİREN SU
		FATURALANDIRILMIŞ İZİNLİ SU TÜKETİMİ	FATURALANDIRILMIŞ ÖLÇÜLMEMİŞ KULLANIM	
	SU KAYIPLARI	FATURALANDIRILMAMIŞ İZİNLİ SU TÜKETİMİ	FATURALANDIRILMAMIŞ ÖLÇÜLMÜŞ KULLANIM	GELİR GETİRMEYEN SU
			FATURALANDIRILMAMIŞ ÖLÇÜLMEMİŞ KULLANIM	
		İDARİ KAYIPLAR	İZİNSİZ TÜKETİM	
			SAYAÇLARDAKİ ÖLÇÜM HATALARI	
FİZİKİ KAYIPLAR	TEMİN VE DAĞITIM HATLARI İLE SERVİS BAĞLANTILARINDA OLUŞAN KAYIP-KAÇAKLAR			
		DEPOLARDA MEYDANA GELEN KAÇAK VE TAŞMALAR		

Şekil 4. Standart Su Dengesi Tablosu. Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2014).

Standart su dengesi temel bileşenlerinin tanımları aşağıdaki gibidir:

- **Sistem giriş hacmi (SIV)**, su temin sistemine giren yıllık toplam hacimdir. Hesaplama için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$SIV = AC + WL$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**SIV**, sisteme giren su miktarını ifade etmektedir.

**AC**, izinli tüketimi ifade etmektedir.

**WL**, su kayıplarını ifade etmektedir.

- **İzinli tüketim (AC)**, temin yapılan alanın sınırları dışında kalan su kullanıcıları dahil olmak üzere (diğer alanlara da hizmet veriliyorsa) tüm aboneler ve diğer izinli tüketiciler tarafından tüketilen ölçülmüş ve ölçülmemiş yıllık toplam su miktarını ifade etmektedir. Hesaplama, aşağıdaki formül kullanılarak yapılabilir:

$$AC = BAC + UAC$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**AC**, izinli tüketimi ifade etmektedir.

**BAC**, faturalandırılmış izinli su tüketimini 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

**UAC**, faturalandırılmamış izinli su tüketimini ifade etmektedir.

- **Su kayıpları (WL)**, sistem giriş hacmi ve izinli tüketim arasındaki farktır ve görünür (ticari) kayıplar ile fiziki (gerçek) kayıplardan oluşmaktadır. Hesaplama, aşağıdaki formül kullanılarak yapılabilir:

$$WL = AL + PL$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**WL**, su kayıplarını ifade etmektedir.

**AL**, idari kayıpları ifade etmektedir.

**PL**, fiziki kayıpları ifade etmektedir.

- **Faturalandırılmış izinli su tüketimi (BAC)**, faturalandırılan ve gelir elde edilen izinli tüketim bileşenine karşılık gelmektedir. Faturalandırılan ölçülen tüketim ile faturalandırılan ölçülmeyen tüketimin toplamına eşittir. Hesaplama, aşağıdaki formül kullanılarak yapılabilir:

$$BAC = BMC + BUC$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**BAC**, faturalandırılmış izinli su tüketimini ifade etmektedir.

**BMC**, faturalandırılmış ölçülmüş kullanımı ifade etmektedir.

**BUC**, faturalandırılmış ölçülmemiş kullanımı ifade etmektedir.

- **Faturalandırılmamış izinli su tüketimini (UAC)**, izinli tüketimin yasal olan ancak faturalandırılmayan bileşenlerine karşılık gelmektedir ve bu nedenle gelir oluşturmamaktadır. Buna örnek olarak camiler, belediyeye ait yeşil alanların sulanması vb. için temin edilen sular verilebilir. Faturalandırılmayan ölçülen tüketim ve faturalandırılmayan ölçülmeyen tüketimin toplamına eşittir. Bu miktarın hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$UAC = UMC + UUC$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**UAC**, faturalandırılmamış izinli su tüketimini ifade etmektedir.

**UMC**, faturalandırılmamış ölçülmüş kullanımı ifade etmektedir.

**UUC**, faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanımı ifade etmektedir.

- **İdari (veya görünür) kayıplar (AL)**, su sayaçlarındaki sayaç okuma hataları, sayaç bilgilerinin toplanmasındaki hatalar, veri kayıtlarındaki hatalar veya faturalandırma yönetimi ve yasa dışı bağlantılar ile su sayaçlarında yasa dışı manipülasyonlardan kaynaklanan izinsiz tüketim sonucunda faturalandırılmayan su miktarını ifade etmektedir. Hesaplama, aşağıdaki formül kullanılarak yapılabilir:

$$AL = UC + MI$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**AL**, idari kayıpları 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

**UC**, izinsiz tüketimi ifade etmektedir.

**MI**, sayaçlardaki ölçüm hatalarını ifade etmektedir.

- **Fiziki (veya gerçek) kayıplar (PL)**, abone bağlantılarından önceki su temin ve dağıtım şebekelerinde boru kırılmaları, sızıntılar, depolardaki taşmalar ve hizmet bağlantılarındaki sorunlar nedeniyle kaybedilen toplam su miktarını ifade etmektedir. Bu miktarın hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$PL = LT + LS$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**PL**, fiziki kayıpları ifade etmektedir.

**LT**, temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp-kaçakları ifade etmektedir.

**LS**, depolarda meydana gelen kaçak ve taşmaları ifade etmektedir.

- **Gelir getiren su (RW)**, faturalandırılan ve gelir elde edilen izinli tüketim bileşenine karşılık gelmektedir. Faturalandırılan ölçülen tüketim ile faturalandırılan ölçülmeyen tüketimin toplamına eşittir. Bu miktarın hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$RW = BAC$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**RW**, gelir getiren suyu ifade etmektedir.

**BAC**, faturalandırılmış izinli su tüketimini ifade etmektedir.

- **Gelir getirmeyen su (GGS)**, sistem giriş hacmi ile faturalandırılan izin verilen tüketim arasındaki farktır. GGS, faturalandırılmayan izinli tüketim (genellikle su dengesinin küçük bir bileşeni) ve su kayıplarından oluşmaktadır. Bu miktarın hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$NRW = UAC + WL$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**NRW**, gelir getirmeyen suyu ifade etmektedir.

**UAC**, faturalandırılmamış izinli su tüketimini ifade etmektedir.

**WL**, su kayıplarını ifade etmektedir.

Tablo 8, Standart Su Dengesi Tablosunun tüm bileşenlerinin değerini tahmin etmek için gerekli bilgileri özetlemektedir:



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 8. Standart Su Dengesi Tablosunun değerlendirilmesine ilişkin veriler.**

<b>TOPLANACAK BİLGİLER</b>
<b>İsale Hattı:</b> Uzunluk (Km) İsale hattının başlangıcındaki giriş hacmi (m <sup>3</sup> /yıl) İsale hattının nihai noktasında hizmete sunulan toplam hacim (m <sup>3</sup> /yıl)
<b>Dağıtım Şebekesi:</b> Su bağlantılarının sayısı Kurulu sayaç bulunan abone bağlantılarının sayısı Dağıtım şebekesinin uzunluğu (Km) İşletmede olan su depolarının sayısı
<b>Hacimler:</b> Sistem giriş hacmi (m <sup>3</sup> /yıl) Toplam ölçülen hacim (m <sup>3</sup> /yıl) Toplam faturalandırılan ölçülen hacim (m <sup>3</sup> /yıl) Faturalandırılan ölçülmeyen toplam hacim (m <sup>3</sup> /yıl) Hizmete sunulan ölçülen faturalandırılmayan hacim (m <sup>3</sup> /yıl) Hizmete sunulan ölçülmeyen faturalandırılmayan tahmini hacim (m <sup>3</sup> /yıl) Tahmini izinsiz su tüketimi - kaçak bağlantılar (m <sup>3</sup> /yıl) Sayaç sistemindeki hatalardan dolayı faturalandırılmayan tahmini su hacmi (m <sup>3</sup> /yıl)
<b>Sızıntılar:</b> İsale hatlarındaki tahmini sızıntılar (m <sup>3</sup> /yıl) Dağıtım şebekelerindeki tahmini sızıntılar (m <sup>3</sup> /yıl) Depolardaki tahmini sızıntı ve taşmalar (m <sup>3</sup> /yıl) Abone sayacı öncesindeki hizmet bağlantılarında gerçekleşen tahmini sızıntı (m <sup>3</sup> /yıl)
<b>Diğer ek bilgiler:</b> Su sızıntısını tespit etmek ve kontrol altına almak için yerinde alınan tedbirler Su kayıplarını ve sızıntıları izlemek ve onarmak için görevlendirilmiş personel Yıllık ortalama boru patlama sayısı Bildirilen sızıntıların onarılması için ortalama süre (s) Su sisteminin yönetilmesine ilişkin SCADA sisteminin mevcudiyeti Sızıntıların bulunduğu hatları, şebekeleri ve yerini belirlemek üzere Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulanması Gelecekte GGS'nin azaltılmasına yönelik eylem planlarının uygulanması

### 2.1.2. Verimlilik Değerlendirmesi: İndeksler ve Oranlar

Su kullanım verimliliği ile ilgili çalışmalar ve değerlendirmeler yapılırken oran ve indekslerin kullanımı, uluslararası ölçekte standart bir yaklaşım haline gelmiştir. Uluslararası Su Birliği (IWA), özellikle Su Kayıpları Uzman Grubu (WLSG) aracılığıyla su verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik yeni metodolojilerin geliştirilmesinde başı çeken bir kuruluştur. Su Kayıpları Uzman Grubu, IWA Su Kayıpları Görev Gücünün (WLTF) yerini alarak 2010 yılından bu yana faaliyetlerini sürdürmektedir.

Hem WLSG hem de WLTF, makaleler, kılavuzlar ve teknik notlar yayınlayarak içme suyu sistemlerindeki gelir getirmeyen su oranının izlenmesi ve azaltılmasına yönelik gelişmiş bilgi ve teknikleri yaygınlaştırma konusunda aktif olarak çalışmış ve dünya çapında başarılı su kayıpları konferansları düzenlemiştir, ör.



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

Bükreş (2007), Cape Town (2009), Sao Paulo (2011), Manila (2012), Viyana (2014), Hindistan (2016) ve Cape Town (2018).

Benzer sistemler için uluslararası seviyede hesaplanan değerlerle karşılaştırma yapma imkânı sunan iyi bilinen farklı verimlilik oranları ve indeksleri geliştirilmiştir, aşağıdaki listede daha sık kullanılanlar özetlenmektedir:

- **Su üretim verimliliği (%):** Sistem giriş hacmini (isale hattının başlangıcında - İAT çıkışında ölçülen toplam miktar) ( $m^3/yıl$ ), su kaynağından çekilen su miktarına ( $m^3/yıl$ ) bölmek suretiyle elde edilen sonuçtur. Bu değer, aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$WPE = \frac{SIV}{AV}$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**WPE**, su üretim verimliliğini ifade etmektedir (%).

**SIV**, sistem giriş hacmini ifade etmektedir ( $m^3/yıl$ ).

**AV**, kaynaktan çekilen toplam su hacmini ifade etmektedir ( $m^3/yıl$ ).

- **Gelir Getirmeyen Su (GGS) Oranı (%):** GGS'yi ( $m^3/yıl$ ) sistem giriş hacmine ( $m^3/yıl$ ) bölmek suretiyle elde edilen sonuç.

$$NRWr = NRW / SIV$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**NRWr**, gelir getirmeyen su oranını ifade etmektedir (%).

**NRW**, gelir getirmeyen suyu ifade etmektedir ( $m^3/yıl$ ).

**SIV**, sistem giriş hacmini ifade etmektedir ( $m^3/yıl$ ).

- **GGS teknik performans kategorisi (litre/bağlantı/gün):** Bu indeks, litre/gün cinsinden ifade edilen toplam GGS miktarını toplam bağlantı sayısına bölmek suretiyle belirlenmektedir. Teknik Performans Kategorisi, Uluslararası Su Birliği (IWA) tarafından geliştirilen Uluslararası GGS Değerlendirme Matrisine göre, bu oranın değeri ile su sisteminin ortalama çalışma basıncı dikkate alarak belirlenir (bkz. Tablo 9).

IWA'ya göre farklı teknik performans kategorileri aşağıda belirtilmiştir:





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

- **Kategori A1:** Dünya standardında GGS yönetimi performansı; yüksek miktarda su tüketen kullanıcıların sayaçlarının doğruluğu iyileştirilmedikçe ya da basınç azaltımı yapılmadıkça GGS'nin azaltılma ihtimali düşüktür.
- **Kategori A2:** Su sıkıntısı veya su tarifeleri çok yüksek olmadıkça GGS'nin daha fazla azaltılması ekonomik olmayabilir. Maliyet etkin iyileştirmeleri belirlemek için detaylı bir denetim gereklidir.
- **Kategori B:** Belirgin iyileştirme potansiyeli; GGS bileşenlerinin miktarını belirlemek için bir su dengesini çıkarmak; basınç yönetimini, daha iyi aktif sızıntı kontrolü uygulamalarını ve daha iyi şebeke bakımını dikkate almak; kullanıcı sayaç yönetimini iyileştirmek, sayaç okumasını, veri işleme ve faturalama süreçlerini gözden geçirmek ve iyileştirme potansiyellerini belirlemek gerekir.
- **Kategori C:** Kötü GGS kaydı; suyun yalnızca bol ve ucuz olduğu durumlarda tolere edilebilir; o durumda bile, GGS seviyesi ve sebepleri analiz edilmeli ve GGS'yi azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
- **Kategori D:** Çok verimsiz; GGS'yi azaltmaya yönelik kapsamlı bir program oluşturulması kaçınılmazdır ve yüksek önceliğe sahiptir.

**Tablo 9. Uluslararası GGS Değerlendirme Matrisi.**

Uluslararası GGS Değerlendirme Matrisi						
Teknik Performans Kategorisi	GSS (Litre/bağlantı/gün)					
	Ortalama sistem basıncı aşağıdaki gibiyken:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	≥50 m
Standart	A1	<50	<50	<65	<75	<85
	A2	50-100	50-100	65-125	75-150	85-175
	B	100-200	100-200	125-250	150-300	175-350
	C	200-350	200-350	250-450	300-550	350-650
	D	>350	>350	>450	>550	>650
Düşük ve Orta Gelirli Ülkeler	A1	<55	<80	<105	<130	<155
	A2	55-110	80-160	105-210	130-260	155-310
	B	110-220	160-320	210-420	260-520	310-620
	C	220-400	320-600	420-800	520-1000	620-1200
	D	>400	>600	>800	>1000	>1200

- **Fiziki (reel) kayıplar (%):** Fiziki kayıp oranı, fiziki kayıpların (m<sup>3</sup>/yıl) sistem giriş hacmine (m<sup>3</sup>/yıl) bölünmesi sonucunda elde edilir.

$$PLr = PL / SIV$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**PLr**, fiziki kayıp oranını ifade etmektedir (%).

**PL**, fiziki kayıp miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**SIV**, sisteme giren su miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).



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

- **İdari (görünür) kayıplar (%)**: İdari kayıp oranı, idari kayıpları (m<sup>3</sup>/yıl) sistem giriş hacmine (m<sup>3</sup>/yıl) bölmek suretiyle elde edilen sonuçtur.

$$ALr = AL / SVI$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

**ALr**, idari kayıp oranını ifade etmektedir (%).

**AL**, idari kayıp miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

**SIV**, sisteme giren su miktarını ifade etmektedir (m<sup>3</sup>/yıl).

- **Fiziki kayıp teknik performans kategorisi (litre/bağlantı/gün)**: Bu indeks, litre/gün cinsinden ifade edilen toplam fiziki (reel) kayıp miktarını toplam bağlantı sayısına bölmek suretiyle belirlenmektedir. GGS'de olduğu gibi, teknik performans kategorisi, bu oranın değeri ile su sisteminin ortalama çalışma basıncını dikkate alarak, Uluslararası Su Birliği (IWA) tarafından geliştirilen Fiziki Kayıp Değerlendirme Matrisine göre belirlenir (bkz. Tablo 10).

Uluslararası Su Birliğine göre farklı teknik performans kategorileri şunlardır:

- **Kategori A1**: Dünya standartlarında sızıntı yönetimi performansı; basınç azaltılmadıkça fiziki kayıpta ilave azalma sağlama ihtimali düşüktür.
- **Kategori A2**: Su sıkıntısı olmadıkça kayıplarda ilave azaltım sağlamak ekonomik olmayabilir; maliyet etkin iyileştirmeyi belirlemek için dikkatli analiz yapılması gerekir.
- **Kategori B**: Belirgin iyileşme potansiyeli; basınç yönetimi, daha iyi aktif sızıntı kontrolü uygulamaları ve şebekenin bakımının daha iyi yapılması.
- **Kategori C**: Kötü sızıntı kaydı; yalnızca suyun bol ve ucuz olduğu durumlarda tolere edilebilir. O durumda bile, kayıp seviyesinin ve türünün analizi ve kaybı azaltmaya yönelik çabaların yoğunlaştırılması gerekir.
- **Kategori D**: Çok verimsiz; kaybı azaltmaya yönelik programlar oluşturulması kaçınılmazdır ve yüksek önceliğe sahiptir.

**Tablo 10. Uluslararası Fiziki Kayıp Değerlendirme Matrisi.**

Fiziki Kayıp Değerlendirme Matrisi							
Teknik Performans Kategorisi	ILI	Fiziki Kayıp (Litre/bağlantı/gün) Ortalama sistem basıncı aşağıdaki gibiyken:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	≥50 m	
Standart	A1	<1,5		<25	<40	<50	<60
	A2	1,5-2		25-50	40-75	50-100	60-125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	>400	>500
Düşük ve Orta Gelirli Ülkeler	A1	<2	<25	<50	<75	<100	<125
	A2	2-4	25-50	50-100	75-150	100-200	125-250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500



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

C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

- **Altyapı Kaçak İndeksi (ILI):** Altyapı Kaçak İndeksi ilk olarak 1999 yılında kullanılmaya başlanmış ve o tarihten bu yana giderek artan sayıda ülkede içme-kullanma suyu altyapılarının performans verimliliğini belirlemek için kullanılan standart bir indeks haline gelmiştir. Mevcut Yıllık Reel Kayıpların (CARL), Kaçınılmaz Yıllık Reel Kayıplara (UARL) bölünmesi suretiyle hesaplanır.

$$ILI = CARL/UARL$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir.

**CARL** (Mevcut Yıllık Reel Kayıplar) sistemde fiilen meydana gelen kayıplardır.

**UARL** (Kaçınılmaz Yıllık Reel Kayıplar) iyi bakılan ve iyi yönetilen bir sistemde teknik olarak ulaşılabilecek en düşük yıllık reel kayıplardır.

IWA Görev Güçleri UARL değerlerini geniş bir dağıtım sistemi aralığında tahmin etmek için basınca dayalı "kullanıcı dostu" bir formül geliştirmiştir:

$$UARL \text{ (litres/day)} = (18 Lm + 0.8 Nc + 25 Lp) P$$

**Lm**, Ana boru hattı uzunluğu (km)

**Nc**, servis bağlantısı sayısını,

**Lp**, sokağın ucu ile abone sayacı arasındaki yeraltı borusunun km cinsinden toplam uzunluğunu (bağlantı sayısı ile ana dağıtım boruları ve sayaç bağlantıları arasındaki ortalama mesafe çarpılarak hesaplanabilir),

**P**, metre cinsinden ortalama çalışma basıncını ifade etmektedir.

IWA'ya göre Altyapı Kaçak İndeksine ilişkin farklı Teknik Performans Kategorileri, Fiziki Kayıp Değerlendirme Matrisinde yer almaktadır (bakınız Tablo 10).

- **Yeniden kullanılan su oranı (%):** Yeniden kullanılan arıtılmış su miktarını ( $m^3/yıl$ ) arıtma tesisinin çıkış noktasında ölçülen arıtılmış atık su miktarına ( $m^3/yıl$ ) bölmek suretiyle elde edilen sonuçtur.

Yukarıda bahsi geçen tüm bu oranları ve indeksleri hesaplayabilmek için, kapsamlı bir veri toplama gerçekleştirilmeli ve aşağıdaki değişkenler belirlenmelidir:

- **Toplam çekilen su miktarı ( $m^3/yıl$ ):** su kaynağından (yeraltı veya yerüstü suyu) çekilen toplam su miktarına tekabül etmektedir.
- **Sistem Giriş Hacmi ( $m^3/yıl$ ):** isale hattının başlangıç noktasına verilen suyun hacmi; içme suyu arıtma tesisinin çıkış noktasında üretilen suya karşılık gelir.
- **Faturalandırılan tüketim ( $m^3/yıl$ ):** nihai tüketicilere temin edilen ve faturalandırılan suyun toplam hacmidir.
- **Toplam fiziki kayıplar ( $m^3/yıl$ ):** su sisteminin tamamındaki (depolar ve abone bağlantıları dahil su iletim ve dağıtım hatları boyunca sistemde oluşan kaçak ve sızıntıların toplamı) toplam kayıplara karşılık gelir.
- **Toplam idari kayıplar ( $m^3/yıl$ ):** fiziki kayıplarla birlikte, sistemdeki toplam kayıpları oluşturur. İdari kayıplar (görünür kayıplar olarak da adlandırılır) iki ana bileşenden oluşur: izinsiz



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

(yasadışı) tüketim ile ölçüm ve faturalandırma hataları sebebiyle ölçülemeyen ve faturalandırılmayan tüketim.

- **Su dağıtım sisteminin toplam uzunluğu (km):** ana su depolarından, abonelere su temin eden düğüm noktalarına kadarki tüm boru hatlarının uzunluklarının birbirine eklenmesiyle elde edilen rakamdır.
- **Abone bağlantı hatlarının toplam sayısı**
- **Abone bağlantı hatlarının ortalama uzunluğu (km):** Boruların, ana dağıtım hatlarını, abone bağlantılarına bağlayan kısmının uzunluğudur.
- **Ortalama çalışma basıncı (mSS):** tüm dağıtım sistemindeki ortalama çalışma basıncıdır.
- **Atık su arıtma tesisinde arıtılan tahmin toplam atık su miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)**
- **Toplam arıtılmış, yeniden kullanılan su (m<sup>3</sup>/yıl):** arıtılan, ancak deşarj edilmeyip herhangi bir tüketim amacıyla yeniden kullanılan su anlamındadır.

Tablo 11, Uluslararası Su Birliğinin (IWA) *Su Temini Hizmetlerine yönelik Performans Göstergeleri: IWA İyi Uygulamalar Kılavuzu* baz alınarak Altyapı Kaçak İndeksi (ILI) ve tavsiye edilen diğer GGS vs fiziki kayıp performans göstergelerini göstermektedir. Bağlantı ve gün başına litre, giriş hacminin yüzdesi olarak GGS'den daha doğru bir görüntü sunmaktadır, ancak sistem basıncının dikkate alınması daha iyi bir göstergedir. İşlev ve seviyeye göre kategorize edilen Su Temini Hizmetlerine Yönelik Performans Göstergeleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- **Seviye 1 (temel):** Su idarelerinin etkinlik ve verimliliğine dair yönetime genel bakış sağlayan göstergelerin ilk kısmıdır.
- **Seviye 2 (orta):** Derinlemesine inceleme yapmaya ihtiyaç duyan kullanıcılar için Seviye 1 göstergelerinden daha iyi bir fikir sağlayan ek göstergeler.
- **Seviye 3 (detaylı):** En yüksek miktarda ayrıntı sağlayan ancak yine de üst yönetim düzeyi ile alakalı olan göstergeler.

Tablonun ilk sütunu, dikkate alınan performans göstergesinin finansal mı yoksa operasyonel mi olduğunu göstermektedir. İkinci sütunda, performans göstergelerinin sağladığı bilginin düzeyi, (1) Temel, (2) Orta ve (3) Detaylı olarak sınıflandırılmıştır. Üçüncü sütun performans göstergesini tanımlarken son sütun ise her bir performans göstergesi ile ilgili yorumları ortaya koymaktadır.

**Tablo 11. Performans Göstergelerinin Sınıflandırılması.**

İŞLEV	SEVİYE	PERFORMANS GÖSTERGESİ	YORUMLAR
<b>Finansal: Hacme göre GGS</b>	1 (Temel)	GGs hacmi [Sistem Giriş Hacminin %'si]	Çok da anlamlı olmayan basit su dengesi ile hesaplanabilir
<b>Operasyonel: Fiziki Kayıplar</b>	1 (Temel)	[Litre/hizmet bağlantısı/gün veya [Litre/ana borunun km'si/gün] (yalnızca	'geleneksel' performans göstergelerinin en iyisidir, hedef



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

İŞLEV	SEVİYE	PERFORMANS GÖSTERGESİ	YORUMLAR
		servis bağlantı yoğunluğu <20/km ise)	belirleme için faydalı, sistemler arasındaki karşılaştırmalar için sınırlı kullanım
<b>Operasyonel: Fiziki Kayıplar</b>	2 (Orta)	[Litre/hizmet bağlantısı/gün/m basınç] veya	ILI henüz bilinmiyorsa, göstergenin hesaplanması kolay, sistemler arasında karşılaştırma yapmada faydalı
		[Litre/ana borunun km'si/gün/m basınç] (yalnızca servis bağlantı yoğunluğu <20/km ise)	
<b>Finansal: Maliyete göre GGS</b>	3 (Detaylı)	GGS değeri [çalışan sistemin yıllık maliyetinin %'si]	GGS bileşeni için farklı birim maliyetlere olanak sağlar, iyi bir finansal göstergedir
<b>Operasyonel: Fiziki Kayıplar</b>	3 (Detaylı)	Altyapı Kaçak İndeksi (ILI)	Yıllık mevcut fiziki kayıpların, kaçınılmaz yıllık reel kayıplara oranı; sistemler arasındaki karşılaştırmalar için en güçlü gösterge

### 3. İÇME-KULLANMA SUYU SEKTÖRÜ

Türkiye'deki nüfusun 1970 ila 1980 yılları arasında kırsal alanlardan kentlere göçüyle şehirlerde yaşanan nüfus artışı, mevcut su kaynaklarının tükenmesine ve bunu takiben su sıkıntısı ile ciddi kanalizasyon sorunlarına neden olmuştur. 1981 yılında, bu krizlere yanıt verebilmek için İstanbul'da Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) kurularak yeni bir su hizmeti temin modeli devreye sokulmuştur. İSKİ, bağımsız bir bütçesi olan bir kamu organı olarak belediye adına su ve atık su hizmetlerinin temin edilmesinden sorumlu olmuştur.

"İSKİ Kanunu" olarak bilinen kanun, yalnızca su hizmetlerinin yeni bir yolla verilmesini sağlamakla kalmayıp aynı zamanda Hazine Garantisi Programı kapsamında uluslararası krediler aracılığıyla suyla ilişkili büyük ölçekli yatırımların finanse edilmesine yönelik bir mekanizmayı da devreye sokmuştur. Bu yeni yaklaşım, su hizmetlerini daha küçük, münferit belediyelerde vermek yerine büyük kentsel alanlarda vermenin daha verimli olduğunu açıkça ortaya koymuştur.

1984 yılında Türkiye, Ankara, İstanbul ve İzmir'i büyükşehir yaparak su yönetim sistemini güçlendirmiş olup 1986 yılında "İSKİ Kanununun" tüm Büyükşehir Belediyelerinde uygulanması kararı alınmıştır. Bunun neticesinde, 1986 ila 1993 yılları arasında ülkede on üç büyük şehirde ilgili Su ve Kanalizasyon İdareleri (SKİ) kurulmuştur.



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

Nihayet 2014 yılında Türkiye, başlıca büyük şehir alanlarındaki belediyeleri büyükşehir belediyesi yaparak "İSKİ Kanununu" toplam 30 büyükşehir belediyesine, yani 30 ile yaymıştır.

İlçe belediyeleri, ilçe merkez belediyeleri ve belde belediyeleri gibi diğer belediyeler ise kendi su ve atık su hizmetlerini, belediye içerisindeki ilgili daireler aracılığıyla kendileri yönetmekte olup köylerin su ve atık su hizmetleri, Valiliklere bağlı makamlar ya da İçişleri Bakanlığına bağlı İl Özel İdareleri tarafından sağlanmaktadır.

Türkiye'deki içme suyu ve atık su yönetimi hizmetlerinin teminiyle ilgili olarak İçme-Kullanma Suyu Sektörü bu şekilde teşkilatlanmıştır.

Su kullanım verimliliğinin değerlendirilmesi, verimliliği iyileştirmek için gerekli tedbirlerin belirlenmesi ve bu tedbirlerin uygulanması adım adım gerçekleştirilmelidir. Bu adımların her birinde gerçekleştirilecek temel faaliyetler şunlardır:

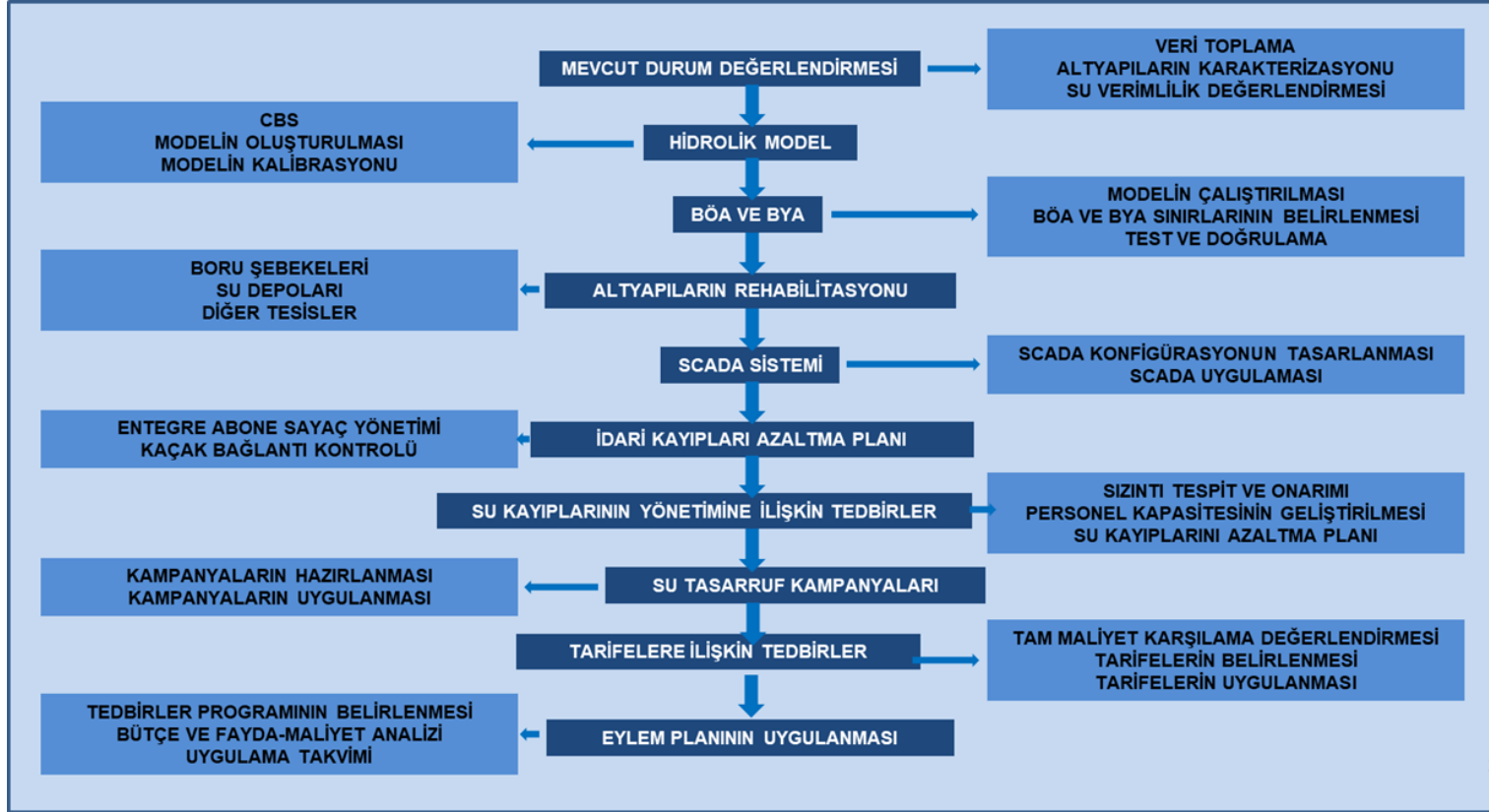
- **Mevcut Durum Değerlendirmesi:** Bu adım, veri toplama, tüm altyapıların karakterizasyonu ve analiz edilen sistemin su kullanım verimliliğinin değerlendirilmesinden oluşan ilk görev olacaktır.
- **Su sisteminin bir hidrolik modelin geliştirilmesi:** Bazı tedbirler uygulandığında sistemin nasıl işleyeceğini anlayabilmek için tüm sisteme yönelik bir hidrolik model geliştirmek önemlidir. Böylece, daha uygun tedbirler konusunda karar vermeye yardımcı olacak sistematik bir deneme-yanılma uygulaması geliştirilebilir.
- **Bölgesel Ölçüm Alanlarının (BÖA) ve Basınç Yönetimi Alanlarının (BYA) Belirlenmesi:** BÖA ve BYA uygulaması su kayıpları ve sızıntıları kontrol etmek ve azaltmak için faydalı bir araçtır.
- **Rehabilite edilecek altyapıların belirlenmesi:** Fiziki kayıplar, sıklıkla yalnızca kaybın gerçekleştiği yerde bulunan altyapıların rehabilitasyonu ile durdurulabildiği için bu tür altyapılar belirlenmeli ve yenilenmeli/değiştirilmelidir.
- **SCADA sistemlerinin uygulanması:** Yönetimsel Kontrol ve Veri Alma sistemleri (SCADA), su idarelerinin su temini sistemlerini yönetmelerine yardımcı olan çok önemli araçlardır.
- **İdari Kayıpların Azaltılması Planının Uygulanması:** İdari veya görünür kayıplar, ele alınması gereken, içme suyu temini sistemlerindeki toplam su kayıplarının da önemli bir bileşenidir.
- **Su Kaybı Yönetim Tedbirlerinin Uygulanması:** Su sistemlerinin yönetimine ilişkin olarak uygulanabilecek diğer birçok tedbiri içermektedir.
- **Su Tasarrufu Kampanyalarının Geliştirilmesi:** Su kullanımı konusunda kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve davranışlarının değiştirilmesi, su kullanım verimliliğinde önemli bir etki yaratabilir.
- **Tarifeye İlişkin Tedbirlerin Uygulanması:** Son olarak, suyun fiyatlandırılması aynı zamanda suyun aşırı kullanımını engellemek ve verimliliği artırmak için bir araçtır.

Şekil 5, su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesi için tam bir plan uygulamaya yönelik farklı aşamaları ve ilgili faaliyetleri özetlemektedir.



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 5. İçme-Kullanma Suyu Verimliliği Değerlendirme ve İyileştirme AŞamaları.



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

Aşağıdaki bölümlerde Şekil 5’da verilen bu adımların her biri ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

### 3.1. Mevcut Durum Değerlendirmesi

İçme suyu temininin mevcut durumunun değerlendirilmesi için sistematik bir yaklaşım izlenmelidir. Bu yaklaşımda öncelikle tüm bileşenler tespit edilerek karakterize edilmeli, ardından bunlar detaylı incelenerek verimlilik oran ve indeksleri belirlenmeli ve nihayetinde durum tespiti tamamlanmalıdır. İzlenecek adımların kapsamı aşağıdaki bölümlerde ele alınmıştır.

#### 3.1.1. Su Kaynaklarının Karakterizasyonu

Su tedarik zinciri takip edilerek (su çekiminden nihai atıksu deşarjına kadar), karakterize edilecek altyapıların ilk kısmı su kaynağı ve çekim tesisleri ile ilgili olanlardır.

Genellikle su tedarik zincirinin su çekimi kısmında bulunan altyapıların tipolojisi, esas olarak kullanılan su kaynağının yerüstü suyu mu yoksa yeraltı suyu mu olduğuyla ilgili olacaktır. Bir sonraki bölümde tipik su kaynağı altyapıları açıklanmakta ve karakterizasyon için gerekli bilgiler listelenmektedir.

##### 3.1.1.1. Kaptaj ve Biriktirme Barajları

Vadi gibi suyun depolanmasına olanak veren doğal kaynak suyu kaptaj sahasına baraj inşa ederek su sağlanabilir. Barajların planlanmasına dair önemli parametreler, yıllık yağış ve buharlaşma biçimi, kaptajın mevcut kullanımı ve akış katsayısı, su ihtiyacı ve su toplanma alanının ve şantiyenin jeolojisi ve bulunduğu coğrafyadır.

Barajlar, sıkıştırılmış toprak yığınının (genellikle geçirimsiz kil çekirdeği, taş apronları ve fazla akıntının deşarj edilmesi için dolu savak ile) veya kagirden ya da betondan (güçlendirilmif veya güçlendirilmemiş) meydana gelebilir. Biriken su daha sonra barajdan alınır ve cazibeyle veya pompajla kullanıcılara ulaştırılır. Barajları karakterize etmeye yönelik tipik bilgiler, Tablo 12’de özetlenmiştir:

**Tablo 12. Biriktirme Barajları için Karakterizasyon Verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Yer (koordinatlar)
•	Havza alanı (km <sup>2</sup> )
•	Taban kotu (mamsl)
•	Tabandan yükseklik (m)
•	Toplam baraj gölü hacmi (hm <sup>3</sup> )
•	Baraj gölünün aktif hacmi (hm <sup>3</sup> )
•	Minimum su kotu (mamsl)
•	Normal su kotu (mamsl)
•	Maksimum su kotu (mamsl)





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

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Minimum su seviyesinde göl alanı (km <sup>2</sup> )
•	Normal su seviyesinde göl alanı (km <sup>2</sup> )
•	Maksimum su seviyesinde göl alanı (km <sup>2</sup> )
•	Ortalama yıllık akım (hm <sup>3</sup> /yıl)
•	İnşa yılı
•	Altyapı sahibi
•	Maksimum seviyenin görüldüğü yıllık ortalama dönem (ay).
•	Minimum seviyenin görüldüğü yıllık ortalama dönem (ay).



Şekil 6. İspanya'daki Bir Barajda İçme Suyu Kaptajı (URL 1).

#### 3.1.1.2. Kaynak Suyu Toplama

Kaynak suyu doğal olarak yüzeye çıkan yeraltı suyudur. Toprak veya kil tabakalarının yeraltı suyunun akışını engellediği yerlerde, su yukarı doğru itilir ve yüzeye çıkabilir. Kaynak suyu, açıkta bir kaynak olarak ortaya çıkabilir veya görünmeden nehir, dere, göl veya denize karışabilir. Kaynak suyu genellikle, kum veya çakıl, su-taşıyıcı, zemin oluşumundan (akifer) veya fisürlü kayadan akan sudan beslenir. Toplama noktası uygun bir yapı ile korunursa, toplama noktasında kirlilik oluşumu önlenir ve suyun kullanım noktalarına dağıtılması için hidrolik koşullar sağlanır.

Kaynak suyu toplama sisteminin temel kısımları şunlardır:

- En düşük doğal su seviyesi altında bir boru;
- Stabiliteyi sağlamak için kaynaktaki koruyucu bir yapı;
- Yerüstü suyunun depolanan suya geri sızmasını önleyen bir sızdırmazlık elemanı.



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

Bu boru genellikle kum ile kaplı çakıl bir yere yerleştirilir ve bir oluğa veya baraj gölüne doğru yönlendirilebilir. Koruyucu yapı, beton veya kagirden yapılabilir ve sızdırmazlık elemanı genellikle plastik kaplama malzemelerinden yapılır. Izgaralı bir taşkan borusu, suyun her zaman kaynaktan dışarı akmasını garanti altına alır. Yüzeiden süzölmeyle kirlenmeyi önlemek için bir hendek (önleyici tahliye oluğu olarak bilinir), yerüştü suyunu, kaynak yatağının olduğu kısımdan uzaklaştırır ve bir çit de hayvanları kaynak alanından uzak tutar.



Şekil 7. Bir kaynaktaki İçme Suyu Kaptajı (URL 2).

Tablo 13, kaynak suyu toplama altyapısının karakterizasyonu için gerekli bilgileri özetlemektedir:

Tablo 13. Kaynak suyu kaptajına ilişkin karakterizasyon verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Yer (koordinatlar)
•	Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl))
•	Yapı türü (kagir, beton, metalik vs.)
•	Kaptaj kapasitesi (l/s)
•	Yapısal durum
•	Su alma yapısının özellikleri (boru materyali ve çapı vs.).
•	İletim türü (cazibeli veya terfi)
•	Varsa, terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.)
•	Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.)
•	İnşa yılı
•	Altyapı sahibi



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

### 3.1.1.3. Kuyular

Su kaynağı yer altı suyu olduğuunda, standart yapılar kuyulardır. Kazılmış kuyular ve sondajla açılmış kuyular olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilirler.

#### **Kazılmış Kuyular**

Kazılmış kuyu, yeraltı suyuna erişim sağlar ve su çekimini kolaylaştırır. Kazılmış kuyulara temizleme veya derinleştirme için girilebilir ve çapları nadiren 0,8 m'den daha az olur. Bu tür kuyular elle veya makine ile kazılır ve kazılan deliğin yüzeyi boyunca taş, tuğla veya beton kaplamadan ve su toplamak için uygun bir yükseklikte bir menfezden (zemin üstünde kuyu kaplamasının bir kısmı) oluşur.

Zemin seviyesi ve su seviyesi arasındaki kuyu kaplaması, güçlendirilmiş beton bilezik, tuğlalı kağır, beton bloklar ve benzerinden yapılır ve kuyunun çökmesini engeller. Su seviyesinin altındaki kuyu kaplaması aynı zamanda yeraltı suyunun kuyuya girişini kolaylaştırır ve genellikle küçük bir delik açılır veya yeraltı seviyesi üzerindeki kaplamadan farklı bir bileşime (örneğin geçirgen beton) sahip olur. Pekmiş formasyonlarda kaplama pek gerekli olmayabilir. Bu gibi durumlarda, kontamine olmuş yerüstü suyunun kuyuya akmasını önlemek için kuyunun üstten en az bir metresi kaplanmalıdır. Kapatılmış menfez, dökülen suyun, yağışın, akışın, rusubatin, insanların ve hayvanların kuyunun içine girmesini veya düşmesini önler ve güneş ışığı almaz.



**Şekil 8. Kazılmış Kuyu Örneği (URL 3).**

Bir kuyuda sıklıkla bulunan diğer bileşenler, dökülen suyun kuyudan daha uzağa, genellikle de suyun zemine tekrar süzüldüğu veya kuyudan güvenli bir uzaklıkla taş yüzeylerden buharlaştığı, büyük kayalarla dolu olan drenaj çukuruna doğru gitmesi için bir boru ve bir giriş kapsıyla birlikte kuyuyu çevreleyen bir çittir.

#### **Sondajla Açılmış Kuyular**



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

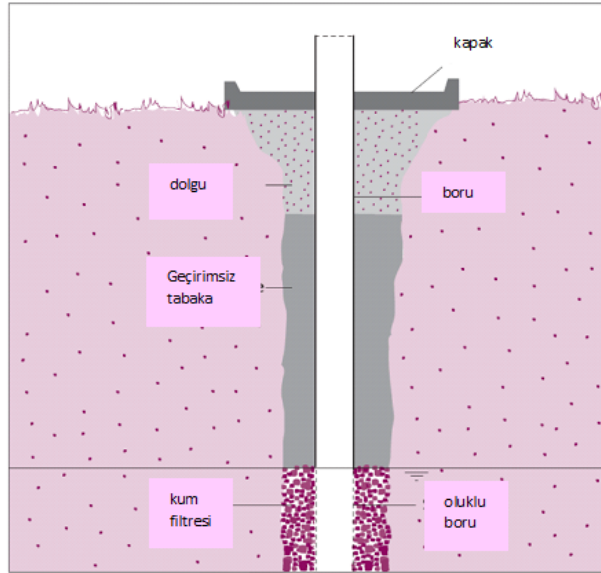
Sondajla açılmış kuyular, borulu kuyular veya sondaj kuyuları, yeraltı suyu akiferlerine ulaşmayı sağlar ve suyun çekimini kolaylaştırır. Kazılmış kuyudan farkı, çapın genellikle daha küçük, 0,10 ile 0,25 m arasında olmasıdır. Bu durum, bir kişinin temizlik veya derinleştirme amacıyla kuyuya girmesini engeller.

Kuyu, genellikle el pompalı içme suyu temini projelerinin en pahalı parçasıdır. Sondaj kuyuları, makine veya elle çalıştırılan ekipmanlarla açılabilir ve genellikle üç ana kısımdan oluşur:

Zemin seviyesinde sondaj kuyusunun etrafında bir beton apron (su çekme yöntemine uyarlanmış bir çıkış ile). Bu, yerüstü suyunun kuyu kenarlarından sızmasını önler, sert bir zemin oluşturur ve kayıp suyu kuyudan bir drenaj kanalına yönlendirir.

Özellikle de pekişmemiş formasyonlarda çökmeyi engellemek için, zeminin altında ancak akiferin içine gitmeyen bir kaplama. Bu kaplama genellikle boru materyalindedir (çoğunlukla PVC ve bazen de galvanize demir). Pekişmiş formasyonlarda kaplama gerekmez.

Yeraltı suyunun kuyuya girmesini sağlayan su seviyesinin altında oluklu bir boru. Oluklu boruyu çevreleyen çakıl katmanı, oluklu borulara doğru yeraltı suyu hareketini kolaylaştırır ve zemin malzemesinin kuyuya girmesini önler. Pekişmiş formasyonlarda bu çakıl katmana gerek olmayabilir.



Şekil 9. Tipik bir sondajla açılmış kuyu. Kaynak: Brikké ve Bredero (2003).

Tablo 14, kuyu altyapılarının karakterizasyonu için gerekli bilgileri özetlemektedir:

Tablo 14. Kuyulara İlişkin Karakterizasyon Verileri.

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Yer (koordinatlar)
•	Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl))



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

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Derinlik (m)
•	Kuyu çapı (m)
•	Kuyu yapısı türü (kagir, beton, kaplama materyali: PVC, metalik vs.)
•	Terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.)
•	Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.)
•	İnşa yılı
•	Altyapı sahibi

#### 3.1.1.4. Yüzeyaltı Su Toplama Sistemleri

Yüzeyaltı su toplama sistemleri, yeraltı suyu debilerini korur ve su çekimini kolaylaştırır. Yeraltı suyu barajları ve yükseltilmiş kum barajlar olmak üzere iki temel sistem mevcuttur.

##### **Yeraltı suyu barajları**

Mevsimlik kum dolgulu nehir yatağı gibi bir yüzey akiferinde geçirimsiz bir baraj yapısı ve geçirimsiz bir katmanın üstünde bulunur. Barajın kreti, zemin yüzeyinin yaklaşık bir metre altındadır ve bu da toprağın suya doymasını engeller.

##### **Yükseltilmiş kum barajlar**

Yükseltilmiş kum barajlar için, mevsimlik kum dolgulu nehir yatağında geçirimsiz bir baraj inşa edilir ve kret membadaki nehir yatağının birkaç desimetre üstüne ulaşır. Nehrin membası her kumla dolduğunda, kret yeraltı suyu baraj gölü oluşturmak için biraz daha yükseltilir. Nihayetinde baraj, mansaptaki nehir yatağından önemli ölçüde daha yüksek olabilir. Barajın mansap tabanı, beton veya büyük kayalar ile erozyona karşı korunmalıdır.

Her iki baraj türü de nehir kıyılarında gömölü, erozyonu önlemek için kayaların yığılabileceği kanat duvarlarına sahiptir. Her iki durumda da su, baraj çevresinde bir kuyu oluşturularak çekilir.



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 10. Yükselti miş kum baraj.

Tablo 15, yüzeyaltı su toplama altyapılarını karakterize etmek için gerekli bilgileri özetlemektedir:

**Tablo 15. Yüzeyaltı su toplama altyapılarına ilişkin karakterizasyon verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Yer (koordinatlar)
•	Su giriş noktasının kotu (mamsl)
•	Barajın derinliği (m)
•	Kaptaj kapasitesi (l/s)
•	İletim türü (cazibeli veya terfi)
•	Varsa, terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.)
•	Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.)
•	İnşa yılı
•	Altyapı sahibi

#### 3.1.1.5. Korunan Nehir Yanal Su Alma Yapısı

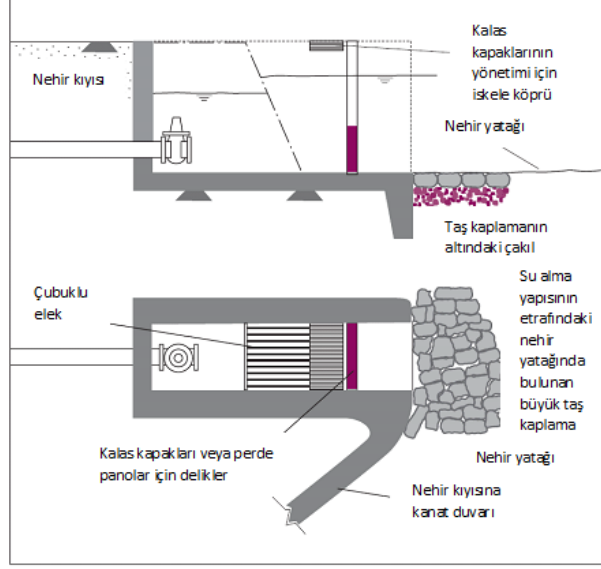
Korunan yanal su alma altyapısı, bir nehir veya gölün kıyısında, suyun bir kanala akabileceği veya bir pompanın emme borusuna girebileceği sabit bir yer sağlar. Taşkınların neden olduğu hasara dayanacak ve sedimentlerin neden olduğu sorunları en aza indirecek şekilde inşa edilir. Yanal su alma yapıları, genellikle betonarme betondan yapılan sağlam yapılardır.



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

Korunan yanal su alma yapısı genellikle suyu istenen düzeyde tutmak için nehirde regülatör, kumun çökmesini sağlamak için kum tutucu ve fazla suyu bırakmak için dolusavak ile birleştirilir. Nehir suyu, yanal su alma yapısına bir ızgara vasıtasıyla girebilir ve dolusavağın taşması sağlanabilir.



**Şekil 11. Tipik Bir Korunan Nehir Yanal Su Alma Yapısı. Kaynak: Brikké ve Bredero (2003).**

Tablo 16, korunan nehir yanal su alma altyapılarını karakterize etmek için gerekli bilgileri özetlemektedir:

**Tablo 16. Korunan nehir yanal su alma altyapılarına ilişkin karakterizasyon verileri.**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Yer (koordinatlar)
•	Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl))
•	Yapı Türü
•	Kaptaj kapasitesi (l/s)
•	Yapısal durum
•	Su alma yapısının özellikleri (boru materyali ve çapı vs.)
•	İletim türü (cazibeli veya terfi)
•	Varsa, terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.)
•	Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.)
•	İnşa yılı
•	Altyapı sahibi

#### 3.1.1.6. Nehir-Dibi Su Alma Yapısı

Nehir-dibi su alma yapıları, sedimentasyon sorunu olmayan küçük nehir ve derelerde kullanılır. Bu altyapı, yüzer maddeleri tutmak için bir ızgaradan oluşur. Izgara, suyu nehir yatağının içerisinde inşa edilen beton bir kanal



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

üzerinden boşaltır. Su, askıda katı maddelerin filtrelenmesi için kanaldan kum tutucuya girer ve sonrasında cazibeyle veya terfi sistemiyle iletim kanalı veya borusuna iletilir.

Tablo 17, nehir-dibi su alma altyapılarını karakterize etmek için gerekli bilgileri özetlemektedir:

**Tablo 17. Nehir-Dibi Su Alma Yapılarının Karakterizasyonuna İlişkin Veriler**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Yer (koordinatlar)
• Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl))
• Kaptaj kapasitesi (l/s)
• Yapısal durum
• Su alma yapısının özellikleri (boru materyali ve çapı vs.)
• İletim türü (cazibeli veya terfi)
• Varsa, terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.)
• Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.)
• İnşa yılı
• Altyapı sahibi

**3.1.1.7. Yüzer Su Alma Yapısı**

Yüzer su alma yapıları, genellikle nehir ve göl diplerinde bulunan yüksek askıda katı madde konsantrasyonuna sahip suları önlemek için tasarlanmıştır. Bu yapı, içme suyu iletim borusuna daha temiz suların pompalanması için pompa istasyonunun giriş borusunun içine yerŐetirileceđi yüzey Őamandıraların inşa edilmesiyle sağlanır. Bu tür altyapıların temel avantajı, kuruldukları yerdeki yüzer cihaz sayesinde nehrin, gölün veya barajın taŐıdıđı suyu yıl boyunca farklı seviyelere basma kabiliyetleridir.

Pompa istasyonu:

- Nehir veya göl kıyısına kurulabilir; böylelikle işletme ve bakım kolaylaŐtırılabilir veya
- Őamandıra üzerine kurulabilir; böylelikle emme pompası kısa ve emme ucu sabit hale getirilerek kavitasyon riski önlenir.

Su alma yapıları normalde, yüzer cihazlara (sızdırmaz çelik tüpler, plastik konteynerler, boş yağ bidonları vb.) bağlı olan çelik veya tahta çerçeveler üzerine kurulur. Bunlar, genellikle büyük çaplı yüzer debrislere neden olduğu zararları önlemek için korunmaya ihtiyaç duyar.





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 12. Yüzen su alma yapısı örneği.

Tablo 18, yüzen su alma yapılarının altyapılarını karakterize etmek için gerekli bilgileri içermektedir:

Tablo 18. Yüzen su alma yapılarına ilişkin karakterizasyon verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Yer (koordinatlar)
•	Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl))
•	Kaptaj kapasitesi (l/s)
•	Yapısal durum
•	Su alma yapısının özellikleri (boru materyali ve çapı vs.)
•	Terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.)
•	Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.)
•	İnşaa yılı
•	Altyapı sahibi

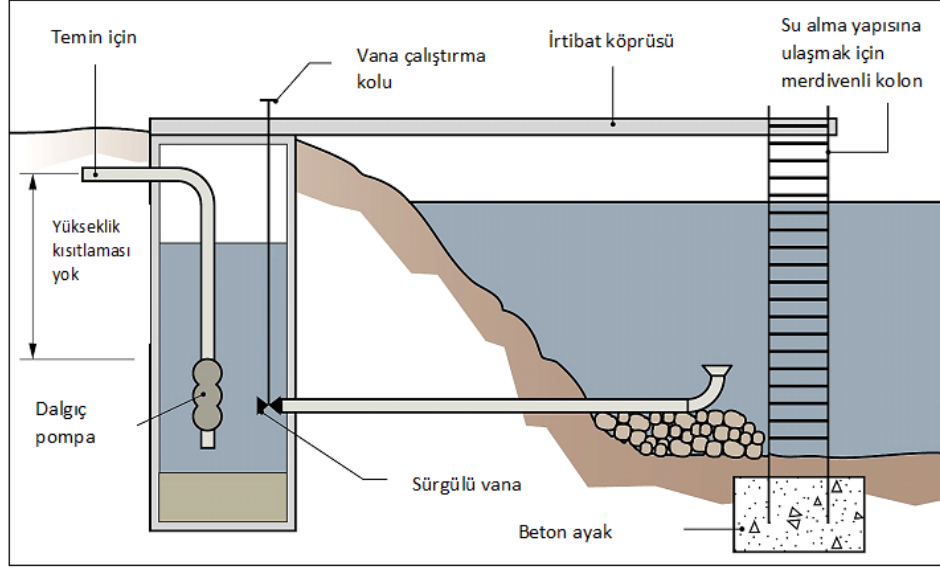
#### 3.1.1.8. Batık Su Alma Yapısı

Batık su alma yapısında, nehir veya göl suyu bir su altı borusu vasıtasıyla bir kuyu veya çukura ve oradan da içme suyu arıtma tesisine iletilir. Su, yüzer nesnelerin neden olduğu zararları önlemek için dalgıç bir pompa aracılığıyla bu çukurdan pompalanır.



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 13. Tipik bir çukur su alma yapısı (URL 4).

Tablo 19, çukur su alma yapılarının altyapılarını karakterize etmek için gerekli bilgileri içermektedir:

Tablo 19. Batık su alma yapılarına ilişkin karakterizasyon verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Yer (koordinatlar)
•	Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl))
•	Kaptaj kapasitesi (l/s)
•	Yapısal durum
•	Su alma yapısının özellikleri (boru materyali ve çapı vs.)
•	İletim türü (cazibeli veya terfi)
•	Terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.)
•	Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.)
•	İnşa yılı
•	Altyapı sahibi

### 3.1.2. İletim ve Dağıtım Altyapılarının Karakterizasyonu

#### 3.1.2.1. Boru Hatları İçin Envanter Çalışması

İletim ve dağıtım hatlarının ana bileşenleri, içme suyunu nihai kullanıcılara taşımak için kullanılan unsurlar olan boru hatlarıdır. Su dağıtım şebekelerinde, nihai tüketicilere ulaştırılmadan önce yeniden kirlenmeyi önlemek için su genellikle dağıtımdan önce arıtılır ve klorlanır. Su borularının çeşitleri, tüm kente su temin eden büyük çaplı ana boruları, belli bir cadde veya bina grubuna temin eden daha küçük hatları ve münferit binalarda yer



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

alan küçük çaplı boruları içerir. Su boruları yapımında yaygın olarak kullanılan malzemeler arasında beton, çelik, döküm demir, polivinil klorür (PVC) ve diğer plastik materyaller bulunurken daha eski sistemlerde asbestli çimento veya ateş kiline de rastlanır. Boyutlarıyla ilgili olarak, tüm belgelere veya mahallelere su temin eden ana iletim hatları için su borularının çapları çok büyük olabilmektedir. Bir veya birkaç sokağa veya bir bina grubuna su temin eden daha küçük branşman hatları ve münferit binalar veya abonelere hizmet veren küçük çaplı borular da mevcuttur.

Boru hatları, basitçe üç ana kategoriye ayrılabilir:

- Metal borular: çelik boruları, galvanizli demir boruları ve dökme demir boruları içerir.
- Çimento borular: beton çimento boruları ve asbestli çimento borularını içerir.
- Plastik borular, plastikleştirici katılmış polivinil klorür (PVC) boruları içerir.

### Çelik borular

Çelik boruların temel avantajları, yüksek su basınçları altında çalışmaları, uygun uzunluklarda inşa edilmeleri, daha düşük kurulum/taşıma maliyetlerinin olması ve tüm su temin boruları içerisinde en güçlü ve en dayanıklı borular olmalarıdır. Bu tür boruların ana dezavantajı ise, diğer boru tiplerine kıyasla daha pahalı olmalarıdır. Bu nedenle, yalnızca bu tür boruların iyi özelliklerinin gerekli olduğu alanlarda bulunan su temini sistemlerinde kullanılırlar.

### Galvanizli çelik veya demir borular

Bu borulama materyali, hem su hem de atık suyun iletimine uygun olmaları dolayısıyla sanayi sektöründeki tesisatta geleneksel olarak kullanılan materyaldir. Bu materyaller, su debisi bazı dönemlerde yavaş olduğuunda veya sürekli olmadığında içme suyunun iletimi açısından önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Çünkü bu materyal, söz konusu şartlar altında paslanmaya ve iç korozyona eğilimli olmasıdır. Bu durum, içme suyunun tadı ve kokusunda hoş olmayan sonuçlara yol açar. Galvanizli çelikten yapılan borular, çeşitli kullanımlara uyum sağlamak için hafif, orta ve ağır galvaniz çelikten yapılmaktadır ancak genel olarak, ucuz materyallerin yaygın olarak kullanıldığı kanalizasyon şebekelerinden ziyade su temini sistemlerinde görülmektedirler.

### Dökme demir borular

Dökme demir borular çok ağır olup taşınmalarıyla ilgili sorunlara yol açsalar da oldukça sağlamdırlar ve yüksek su basınçları için uygundur. Ağırlıklarından ötürü kısa olarak inşa edilirler ve bu durum, kurulum ve montaj maliyetlerini artırır. Bu borular genellikle atık su kanalizasyon sistemlerinde ve rögarlarda kullanılırlar. Ayrıca, boruların gömülemeyeceği ve yüksek basınç altında çalışmak zorunda kalacağı durumlarda su temini sistemleri için de kullanılırlar.

### Beton çimento ve asbestli çimento borular

Beton çimento boruların temel avantajları, uzun ömürlü olmaları, aşınmamaları ve sık bakım ve onarım gerektirmemeleridir. Bununla birlikte, çok ağır oldukları için kullanımları, kurulumları ve taşınmaları daha yüksek maliyetlidir.

Asbestli çimento boruların, ağırlıklarından dolayı taşınmaları zordur ve inşa aşamasında kırılğan yapıdadırlar. Avantajları, PVC borulardan daha uygun fiyatlı olmalarıdır. Ancak pratikte, tesisat veya sökme sırasında solunum



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

yoluyla vücuda alındıklarında kanser gibi sağlık sorunlarına neden oldukları için dünya genelinde yasaklanmışlardır. Halen bu tür boruları kullanan birçok eski sistem bulunsa da bu sistemlerde bir yenileme yapılması halinde tekrar kullanılmaları yasaklanmış olup farklı cins borular kullanılmaktadır.

#### Plastikleştirici katılmış polivinil klorür (PVC) borular

PVC borular paslanmazdır, oldukça hafiftir ve bu nedenle de taşınması ve nakliyesi kolaydır. Ayrıca dayanıklıdır ve uzun olduklarından dolayı kurulum/nakliye maliyetleri daha düşüktür. Ancak, ultraviyole ışığa maruz kaldıklarında hassaslaşarak fiziksel hasara eğimli olurlar. PVC'nin genleşmesi ve daralmasıyla ilgili sorunlara ek olarak, malzeme 65°C'nin üzerindeki sıcaklıklara maruz kalırsa yumuşar ve deforme olur. Bu tür borular pahalı olmadıklarından ve yönetilmeleri ile tesisatları kolay olduğundan hem su temini hem de kanalizasyon sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Tablo 20, farklı tipte boruların temel avantajlarını ve dezavantajlarını özetlemektedir.

**Tablo 20. Boru tiplerinin avantajları ve dezavantajları**

BORU TİPİ	• AVANTAJLARI	• DEZAVANTAJLARI
<b>ÇELİK BORULAR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Güç</li><li>• Dayanıklılık</li><li>• Birikim ve korozyona karşı direnç</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kısa ömürlü</li><li>• Pahalı</li><li>• Cer gücü karşısında dayanıksız</li></ul>
<b>GALVANİZLİ ÇELİK VEYA DEMİR BORULAR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Düşük maliyetli bileşenler</li><li>• Kolayca bulunabilir</li><li>• Yüksek basınca uyumlu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yoğun işgücü ihtiyacı</li><li>• Korozyon sorunları</li><li>• Sızıntılara yatkın</li><li>• Onarımı maliyetli/Güvenlik sorunları</li><li>• Değişiminin kolay olmaması</li></ul>
<b>DÖKME DEMİR BORULAR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Güç</li><li>• Dayanıklılık</li><li>• Yüksek basınçları desteklemesi</li><li>• Pas, korozyon ve darbelere karşı yüksek dayanıklılık</li><li>• Sürtünme kayıplarını azaltan pürüzsüz iç yüzey.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yüksek çapların pahalı olması</li><li>• Yönetmek için çok ağır olması</li><li>• Daha kısa yapılması</li><li>• Korosif toprakların olduğu alanlarda koruyucu polietilen kaplama gerektirmesi</li></ul>
<b>BETON ÇİMENTO VEYA ASBESTLİ ÇİMENTO BORULAR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tüm su tiplerini iletmeye uygun</li><li>• Uzun ömür</li><li>• Sık bakım-onarım ihtiyacının olmaması</li><li>• Yüksek basınç koşullarını desteklemesi</li><li>• Üzerinde gerçekteşen araç trafiği yüklerine dayanabilmesi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Düzenli bakım gerektirir</li><li>• Kullanım sırasında kırılğan</li><li>• Ağır olmaları, nakliye ve tesisat maliyetlerine yansımaktadır</li><li>• Sülfat korozyonuna çok yatkın</li><li>• İç ve dış boru kaplaması onarım işleri sırasında hasar görürse</li></ul>



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

BORU TİPİ	• AVANTAJLARI	• DEZAVANTAJLARI
		yeniden tesis edilmelerinin zor olması
<b>PLASTİKLEŞTİRİCİ KATILMIŞ POLİVİNİL KLORÜR (PVC) BORULAR VE CAM ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK BORULAR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hafiflik</li><li>• Uzun ömür</li><li>• Tesisatı kolay</li><li>• Düşük doğrusal genleşme katsayısı</li><li>• Farklı uzunluklarda üretilmesi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kırılgan ve kolayca çatlayabilir olması</li><li>• Yüksek basınçları desteklememesi</li><li>• Sınırlı çaplarda mevcut olması (75 mm - 315 mm)</li><li>• Güneş radyasyonuna maruz kaldığında bozulması</li></ul>

İletim ve dağıtım boru hatlarını karakterize etmek için, su sisteminde mevcut olan tüm boru şebekelerinin aşağıdaki değişkenleri ortaya koyan kapsamlı bir envanterinin yapılması gerekir:

- Tüm boru şebekeleri ve bağlı bileşenlerin konumu (CBS)
- Boru türleri (materyalleri)
- Boru çapları ve nominal basınçlar (mm & bar)
- Her bir materyal türü için uzunluk ve çap (km)
- Sistemin hidrolik unsurlarının karakterizasyonu (vanalar, basınç transdüserleri, sayaçlar vs.)
- İnşa yılı

### 3.1.3. Su Depolarının ve Terfi İstasyonlarının Karakterizasyonu

#### 3.1.3.1. Su Depoları

Su depoları, su dağıtım sistemindeki en önemli bileşenlerden biridir. Bir su deposunun yeterliliği, hacimsel kapasite ve fiziksel (yapısal, mekanik, elektriksel) durum olmak üzere iki ana açıdan değerlendirilebilir:

Su depolarının farklı türleri mevcuttur, su temini sistemlerinde daha sık kullanılanlar beton kaplamalı toprak depolar, betonarme depolar, yükseltilmiş çelik su depoları ve ferroçimento depolardır (Brikké ve Bredero, 2003).

#### Beton kaplamalı toprak depo

Beton kaplamalı toprak depolar doğal çöküntülerde oluşturulabilir veya baraj gölünün etrafında çukur açığı baraj inşa edilerek yapılabilir. Eğer mümkünse iş miktarını en aza indirmek için kazı ve dolum miktarları neredeyse aynı tutulur. Bu şekildeki bir deponun iç ve dış duvarları her zaman eğimlidir ve giriş ve çıkışları toprak hafriyatı sırasında tesis edilir. Deponun duvarları ve zemin kısmı, özellikle de doldurularak yapılan kısımları sıkıştırılmalıdır.

Deponun içi beton kaplama ile su geçirmezdir, söz konusu beton genellikle büyük levhalara yerinde dökülür. Levha boyutu, beton levhanın, deponun yapımı sırasında yerine taşındığında kendi ağırlığını destekleme kabiliyeti ile sınırlıdır. Yerine yerleştirildiğinde, levhalar su geçirmez malzeme ile bağlanır. Yakın zamanda, su depoları ferroçimento teknolojisi ile tek bir beton levha kullanılarak inşa edilmiştir. Kaplamalar aynı zamanda kil, kumlu toprak veya plastikten yapılabilir.



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

### **Betonarme depolar**

Betonarme betondan yapılan su depoları, talep üzerine tahliye etmek üzere temiz suyu depolamak için kullanılır. Genellikle çelik çubuklar veya çelik teller ile güçlendirilmiş betonarmeden yapılırlar. Su depoları aynı zamanda kagir veya ferroçimentodan da yapılabilir. Kimyasal katkı maddeleri genellikle beton ile karıştırılarak suya daha geçirimsiz hale getirilir. Betonarme su depoları, sahada sağlam bir zemin üzerine inşa edilir. Eğer zemin yeterince sağlam değilse, başka bir alan seçilmelidir veya yapıyı stabilize etmek için düzenlemeler yapılmalıdır.

Suyun kirlenmesini engellemek için, su deposu genellikle betonarmeden yapılan ancak başka malzemelerin de kullanılabilceği bir çatı ile kapatılır. Deponun üstünde ızgaralı bir havalandırma borusu, temiz havanın tankta dolaşmasını sağlar, bununla birlikte kemirgen ve böceklerin girmesini engeller. Çatıdaki bir menhol, temizlik ve onarım için depoya erişim sağlar.

Su, depodaki su seviyesinin üstünde bir giriş borusundan depoya akar. Bu geri akışı önler ve depoya giren suyun duyulmasını sağlar. Bu noktada, dezenfeksiyon amacıyla sıklıkla klor çözeltisi eklenir. Çıkışlar, tahliye borusu ile akan bir noktaya doğru eğimli olan depo tabanının biraz üstünde inşa edilmektedir.

### **Yükseltilmiş çelik su deposu**

Yükseltilmiş çelik su deposu, temiz suyu yükseltilmiş bir stant veya kule üzerindeki çelik bir depoda tutar. Deponun yüksekliği, dağıtım sisteminin basınç bölgesindeki tüm noktalara su basıncı sağlar. Su depoları silindirik şekilde, dikdörtgen veya başka herhangi bir uygun şekilde olabilir. Ortak ihtiyaçlar için, yükseltilmiş çelik depolar genellikle fabrika yapımı civatalanmış veya kaynak yapılmış galvanizli çelik parçalardan imal edilir. Bununla birlikte, galvanizleme ile bile, çelik depolar genellikle korozyona karşı beton depolardan daha hassastır. Öte yandan, çelik depolar daha hızlı inşa edilebilir ve özellikle beton agrega yerel olarak üretilmediğinde materyali taşıma maliyeti genellikle daha ucuzdur. Depoya bağlı olan birkaç boru vardır. Bunlar, giriş borusu, çıkış borusu, taşma borusu ve tahliye borusudur. ızgaralı bir havalandırma deliği veya pompa, depodaki atmosferik basıncı muhafaza etmektedir.

Ayrıca depo kapağında deponun denetlenmesini sağlayan bir giriş yeri bulunmaktadır. Depo normalde bir kapakla kapalı tutulmaktadır. Suyun deponun içine pompalanması için elektrikli bir pompa kullanılıyorsa, depodaki su seviyesi depodaki sensör elektrotlarıyla düzenlenebilir. Alternatif olarak, maksimum seviyeye ulaşıldığında içe akışı durdurmak için şamandıralı vana kullanılabilir. Depolar, çelik, ahşap veya betonarme beton kuleler üzerine yerleştirilebilir ve temek yapısına özellikle dikkat etmek gerekir.

### **Ferroçimento depo**

Ferroçimento su depoları, çelik hasır ve tellerden yapılır; içeriden ve dışarıdan ince bir çimento ve kum harcıyla kaplanır. Duvarlar 2,5 cm kadar ince olabilir. Depolar, münferit haneler veya tüm topluluklar için kullanılabilir. Nispeten ucuz ve bakımı kolay bir depolama yöntemi sağlamaktadır. Materyaldeki bükülme kuvvetlerinden kaçınmak için, birçok ferroçimento deponun silindirik, küre veya yumurta şeklinde eğimli duvarları vardır. Ferroçimento depolar, beton depolara kıyasla nispeten daha hafif ve esnektir. Suyun kirlenmesini önlemek için depo, çeşitli materyallerden yapılan ancak genellikle ferroçimento olan bir kapak veya çatıyla örtülmektedir. Bu durumda, kemirgenleri ve böcekleri dışarıda tutarken temiz havanın depo içerisinde dolaşmasını sağlamak için



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

ızgaralı bir havalandırma borusuna ihtiyaç vardır. Çatıdaki bir menhol, temizlik ve onarım için depoya erişim sağlar. Su, genellikle su seviyesinin üstünde olan bir giriş borusuyla depo içerisine akar.

Genellikle depolanan suyun dezenfeksiyonu için suya bir klor çözeltisi ilave edilmektedir. Çıkışlar, bir kanal içerisine akan bir tahliye borusuna doğru eğimli olan depo tabanının biraz üstünde inşa edilmektedir. Deponun ince duvarlarına zarar verebilecek büyükbaş hayvanları uzak tutmak için saha çitle çevrilir.

Tablo 21 farklı depo tiplerinin avantaj ve dezavantajlarını özetlemektedir.

**Tablo 21. Farklı depo tiplerinin avantaj ve dezavantajları**

DEPO TİPLERİ	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
BETON KAPLAMALI TOPRAK DEPO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metreküp başına birim maliyet, normalde diğer depo tiplerine göre daha ucuzdur.</li><li>• Büyük hacimli depolar olarak inşa edilebilirler.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Depo, hızla sedimentle dolabilir</li><li>• Depo kaplamasında sıklıkla çatlamlar meydana geldiğinden bunların izlenmesi ve onarılması gerekir</li></ul>
BETONARME DEPO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uzun ömür</li><li>• Kolay işletme ve bakım</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zayıf temel, tasarım veya inşaattan kaynaklanan çatlaklar ve sızıntılar</li><li>• Açıkta bulunan metalik bileşenler paslanır</li><li>• Su, yetersiz bir şekilde kapatılmış rögar ve kırık elekler nedeniyle kirlenir</li><li>• Betonarmenin pahalı olması</li><li>• Betonarmenin ağır olması ve temel uygunsuzsa deponun altındaki toprağın çökmesi</li></ul>
YÜKSELTİLMİŞ ÇELİK SU DEPOSU	<ul style="list-style-type: none"><li>• Su temin edilen tüm alanın kapsanması için gerekli yükseklikte inşa edilebildiğinden terfi istasyonlarına gerek kalmaz</li><li>• Öndökümlü inşaat uygulanabilir</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deponun aşınması ve sızıntı yapması</li><li>• Çelik depoların genellikle katodik koruma gerektirmesi</li><li>• Çelik depolar genellikle betondan, ferroçimentodan veya ahşaptan yapılan depolardan daha fazla bakım gerektirir.</li></ul>
FERROÇİMENTO DEPO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Her boyutta inşa edilebilir</li><li>• Diğer materyallere kıyasla çok pahalı değillerdir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yetersiz tasarım ve inşaattan dolayı çatlaklar ve sızıntılar görülebilir</li><li>• Yetersiz yapılmış kaplama, su çekiminin güvensiz olması veya kırık eleklerden dolayı su kirlenir</li><li>• Açıkta bulunan ferro malzemelerin yüksek korozyon riski</li></ul>



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

DEPO TİPLERİ	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
		<ul style="list-style-type: none"><li>Ferroçimento, dikdörtgen biçimindeki yapılar için pek uygun değildir</li><li>Ferroçimento teknolojisinin bulunmadığı yerlerde halkın farklı bir inşaat konseptini kabul etmesi zaman alabilir</li></ul>

Su depolarının karakterizasyonunda göz önünde bulundurulacak temel değişkenler şunlardır:

- Yer (koordinatlar)
- Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl))
- Tipoloji
- Kapasite (m<sup>3</sup>)
- Yapısal durum
- İnşa yılı
- Altyapı sahibi

### 3.1.3.2. Terfi İstasyonları

Terfi istasyonları, su temini sistemlerinde neredeyse her zaman mevcut olan unsurlardır. Su kaynağı bir kuyudan alınan yeraltı suyu olduğunda veya topoğrafya koşulları cazibeli sistemlerin kullanımını engellediğinde terfi istasyonları zorunludur. Terfi istasyonları normalde bağımsız olarak çalışabilen birbiriyle bağlantılı çeşitli pompalardan meydana gelen bir set olarak yapılandırılmaktadır. Böylelikle, pompalama için gerekli debi sağlandığında sisteme daha fazla pompa dahil edilebilmektedir. Terfi istasyonlarında en sık rastlanan iki pompa tipi santrifüjlü pompa ve dalgıç pompadır.

#### Santrifüjlü pompa

Santrifüjlü pompalar, bir muhafaza gövdesinin içerisinde hızlı bir şekilde dönen bir çarktan oluşur. Su, çarkın ortasına iletilerek dönen buradan, dönen unsurların santrifüj gücüyle muhafazaya itilir. Çarkın oluşturduğu enerji, su iletim borusuna itilir. Suyu muhafaza gövdesinin dışına iten aynı güç, bir emiş gücü oluşturarak pompanın içine yeni suyun girmesini sağlar.

Çok kademeli pompa, genel basıncı artırmak için birkaç kademelinin tek bir şaftla birleştirildiği sistemlerdir. Bu ayarlarda, su her kademede basıncı artırarak birbirini izleyen kademeler boyunca hareket eder. Çok kademeli santrifüj pompalarla su, önemli yüksekliklere pompalanabilir. Derin kuyu uygulamaları için santrifüjlü pompa ve elektrik motoru tek bir ünite içine yerleştirilmektedir.





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 14. Santrifüjlü pompa şeması.**

Santrifüj pompaların temel sınırlaması, atmosferik basınç nedeniyle emme yüksekliğinin su seviyesinin yaklaşık 6-8 m üzerinde olmamasının gerekmesidir. Bu sınırlama, ekstra basınca dönüştürülen emme borusu girişine bir jet su akımı enjekte ederek suyun pompanın emme sınırının üzerine çıkarılmasına yardımcı olarak ortadan kaldırılır.

#### **Dalgıç pompa**

Derin kuyu uygulamaları için santrifüjlü pompalar, elektrik motoruyla suyun içine daldırılmak için tasarlanmış tek bir ünite içerisine yerleştirilmektedir. Genellikle çok kademeli bir pompa kullanılmaktadır. Çok kademeli pompa, bir motorun üzerine ve ana düşey boruya giden bir kontrol vanasının altına yerleştirilmektedir.

Dalgıç pompalar kurumadıkları sürece kendinden emişlidir. Pompanın kurummasını engellemek için kuyudaki su seviyesi izlenmeli ve su seviyesi pompanın su girişine düştüğü takdirde pompalama durdurulmalıdır. Güç, kuyunun yan tarafındaki bir anahtar panosuna bağlı, yüksek yalıtımlı bir elektrik kablosuyla sağlanır. Güç, bir AC (alternatif akım) şebeke bağlantısı, jeneratör veya güneş enerjisi sisteminden gelebilir.



**Şekil 15. Sondajla açılmış bir kuyu için dalgıç pompa.**



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

Terfi istasyonlarının karakterizasyonu için tanımlanacak tipik değişkenler şunlardır:

- Terfi istasyonlarının sayısı,
- Terfi istasyonlarının yeri (koordinatlar),
- Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik (mamsl),
- Her bir terfi istasyonundaki pompaların sayısı,
- Her bir terfi istasyonuna kurulu pompaların toplam gücü (Kw),
- Toplam Basma Yüksekliği (mSS),
- Her bir terfi istasyonun toplam kapasitesi (l/s),
- Her bir terfi istasyonunda yıllık pompalanan toplam hacim (m<sup>3</sup>/yıl),
- İnşa yılı,
- Altyapı sahibi.

### 3.1.4. İçme Suyu ve Atıksu Arıtma Tesisleri

Arıtma iki temel fonksiyona göre tasarlanmaktadır. Bunlar içme suyu arıtma tesisi ve atıksu arıtma tesisleridir. İçme suyu arıtma tesisleri, doğrudan kaynaktan gelen ham suyu güvenli, içilebilir suya dönüştürmek için insani tüketim amaçlı su kalitesine getirmek amacıyla su tedarik zincirinin başına yerleştirilmektedir. Atıksu arıtma tesisleri ise, kanalizasyon altyapısının (kollektör hattı) sonuna kurulmakta ve atık suyun alıcı ortama zarar vermemesi için deşarj edilmeden önce arıtılmış atıksuyun su kalitesini belli bir düzeye çıkarmak için tasarlanmaktadır.

#### 3.1.4.1. İçme Suyu Arıtma Tesisleri

Çoğu zaman, yerüstü veya yeraltı kaynağından çekilen ham suyun kalitesi, doğal veya insan kaynaklı kirliliğe maruz kalmaktadır. Bu yüzden içme suyu kaynakları hastalık oluşturan maddelerden arındırılması için içme suyu kaynaklarına arıtma yöntemleri uygulanmaktadır. Bu kapsamda halka, içilebilir ve güvenilir içme suyu sağlamakla görevli kurum ve kuruluşlar çeşitli içme suyu arıtma yöntemlerini kullanmaktadır. Günümüzde içme suyu arıtımında en sık kullanılan yöntemler aşağıdaki adımları içermektedir:

- İçme suyu arıtımında havalandırma prosesi aşağıdaki adımları içerecektir.  
Tesise alınan ham suyun daha verimli bir şekilde arıtılabilmesi ve sudaki kokuların giderilmesi, mangan ve demirin oksitlenerek çökmesini sağlayacak bir havalandırma ünitesi yapılmalıdır. İçme suyu arıtımında en çok kullanılan havalandırıcılar, cazibeyle çalışan kaskat (merdiven) tipi havalandırıcılardır. Bu üniteye demir, mangan ve organik madde oksidasyonu ile bu parametreler giderilmektedir.
  - Su kaynağında bulunan ve suya tat ve koku problemi oluşturan gazların buharlaşması sağlanmaktadır.
  - Bazı türlerin büyümesi için bir besin kaynağı olan karbonik asidin buharlaşması.
- Koagülasyon ve flokülasyon, su arıtmanın ilk adımlarında sedimantasyonun kolaylaştırılması için genellikle ham suya eklenir. Bu kimyasalların etkisi, pozitif yüke sahip oldukları için sudaki askıda katı maddelerin ve diğer çözünen partiküllerin negatif yüklerini nötr hale getirmektir. Sonuç olarak, bu partiküller kimyasallarla birleşecek ve flok olarak adlandırılan daha büyük partiküller meydana gelmektedir. Bu partiküller, suda herhangi bir önemli kimyasal değişim meydana gelmeksizin mekanik ayrışmayla uzaklaştırılmaya daha duyarlıdır.



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

- **Sedimentasyon:** Sedimentasyon (çökeltme) sırasında koagülasyon ve flokülasyon ünitesinde oluşan floklar ağırlığından dolayı suyun dibine çökmekte ve basit fiziksel işlemler ile sudan uzaklaştırılmaktadırlar.
- **Filtrasyon:** Filtrasyon suyun gözenekli bir yapı içerisinde geçirmesi işlemidir. Bu geçiş işlemi sırasında su içerisinde bulunan askıda ve kolloidal maddeler, parazit, bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcı organizmalar sistemden giderilmektedir. Filtrasyon sırasında üstteki temiz su, çeşitli maddelerden (kum, çakıl kömür vb.) oluşan filtrelerden geçecektir.
- **Biyolojik arıtma:** daha çok ham atıksu içerisinde bulunan ve sadece organik maddenin giderimini sağlamak için kurulan arıtma yöntemleridir. Aşağıdaki iki süreci kapsayacaktır:
  - Organik maddenin oksidasyonu; organik maddenin organizmalar tarafından besin olarak kullanılmasını ve böylelikle içme suyu içerisinde istenmeyen organik maddenin artırılması amaçlanmaktadır.
  - Gıda yoksunluğu (saflaştırma işlemiyle giderilen) ve antagonistik organizmalar tarafından öldürülme gibi olumsuz koşulların oluşumundan kaynaklanan sakıncalı organizmaların ölümü.
- **Kimyasal arıtma:** Bu proses, içme suyunun tat ve koku özelliklerini etkileyebilecek kirleticilerden uzaklaştırılması için gerekli kimyasal arıtmayı kapsamaktadır. Tipik yöntemleri şunlardır:
  - Yumuşatma: kireç kullanımıyla
  - Demir giderimi.
  - İstenmeyen asitlerin nötr hale getirilmesi.
- **Dezenfeksiyon süreçleri:** dezenfeksiyonun amacı arıtılan suyun kullanıcıya ulaşmadan önce hastalık yapıcı organizmalardan giderilmesi yöntemidir. Tipik dezenfeksiyon yöntemleri şunlardır:
  - Klor veya kloraminlerin kullanımı,
  - Ozon kullanımı,
  - Klordioksit,
  - Permanganat,
  - Ultraviyole sterilasyonu.

İçme suyu arıtma tesislerinin proses seçimi ve inşası için olan veriler şunlardır:

- Yer (koordinatlar),
- Kot (ortalama deniz seviyesinden yükseklik),
- Arıtma kapasitesi (m<sup>3</sup>/gün),
- Ortalama günlük su girişi (m<sup>3</sup>/gün),
- Ortalama günlük su üretimi (m<sup>3</sup>/gün),
- Ortalama mevcut yıllık üretim (m<sup>3</sup>/yıl),
- Arıtma tipi,
- Varsa, terfi istasyonunun özellikleri (enerji, basma yüksekliği, debi kapasitesi vb.),
- Varsa, su deposunun özellikleri (materyal, boyut, kapasite, vb.),
- İnşa yılı,
- Altyapı sahibi.

#### 3.1.4.2. Atıksu Arıtma Tesisi

Şehir ve kasabalardaki su abonelerinden gelen atık sular nehirlere, göllere veya denize deşarj edilmeden önce hem halk sağlığını hem de su kütlelerinin iyi durumunu korumak için arıtılır. Hem organik materyal hem de askıda



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

katı maddeler uzaklaştırılmalı ve patojenik bakteriler ortadan kaldırılmalıdır. Bunun yanı sıra, konsantrasyonlar yüksek olduğunda, nitratlar ve fosfatlar uzaklaştırılmalı ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan toksik kimyasallar nötr hale getirilmelidir.

Farklı tipteki deşarjlara uygulanacak atık su arıtımı yoğunluğu, deşarjın yapılacağı su kütlelerindeki mevcut koşullara ve hükümetin belirlediği standartlara bağlıdır. Genellikle dikkate alınması gereken iki grup standart olup bunlar, (i) akım standartları ve (ii) çıkış suyu standartlarıdır. İlk gruptaki standartlar, suyun kalitesinin korunmasına odaklanmakta ve bunu, deşarj edilecek belirli kirleticilerin miktarına sınırlamalar getirerek sağlamaktadırlar. Yaygın olarak bilinen akım standartları, çözünmüş oksijen, koliformlar, bulanıklık, asidite ve toksik maddelerdir. Öte yandan çıkış suyu standartları, atık su arıtma tesislerinden deşarj edilen arıtılmış atık suyun kalitesiyle ilişkilidir. Yaygın olarak bilinen çıkış suyu standartları, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), askıda katı maddeler, asidite ve koliformlardır.

Atık su arıtma tesislerinde yapılan arıtmanın düzeyi genellikle birincil, ikincil ve üçüncül arıtmadır:

- Birincil arıtma, toplam askıda katı maddelerin yüzde 50 ila 60'ını, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının ise yüzde 30 ila 40'ını gidermektedir.
- İkincil arıtma, hem Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı hem de askıda katı maddelerin yaklaşık yüzde 85'ini ortadan kaldırmaktadır.
- Üçüncül arıtma, atık suyun içindeki tüm istenmeyen bileşenlerin yüzde 99'undan fazlasını uzaklaştırmaktadır. BOİ ve askıda katı maddelerin yüzde 85'inden fazlasının giderilmesini gerektiren durumlarda veya çözünmüş nitrat ve fosfat seviyelerinin düşürülmesi gereken durumlarda bu arıtmanın yapılması zorunludur.

Arıtılmış atık suyun su kütesine deşarjından önceki son adım, dezenfeksiyondur. Dezenfeksiyonla, halk sağlığının korunmasını sağlamak için çıkış suyunda kalan patojenlerin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Tipik dezenfeksiyon yöntemi, klor gazı veya hipoklorit kimyasalları kullanarak atık suya klor eklemektir. Bir başka dezenfeksiyon yöntemi ise, ultraviyole ışınlarının kullanımüdür. Bu yöntem, çıkış suyunda herhangi bir kalıntı bırakmaksızın dezenfeksiyon sağlamaktadır.

### **Birincil arıtma<sup>2</sup>**

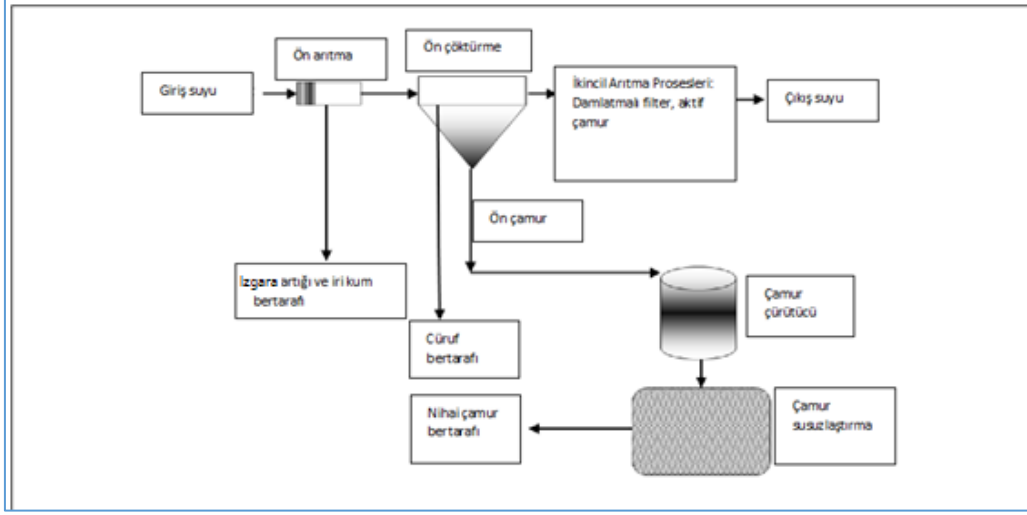
Birincil arıtmada, su üzerinde yüzebilen veya yerçekimiyle kolayca dibe çöken kirleticiler uzaklaştırılmaktadır. Kaba ızgara, ince ızgara, havalandırılmalı kum ve yağ tutucu ve sedimentasyon gibi fiziksel prosesleri içermektedir. Izgaralar, kaba ve inceyapılarda oluşuplaşmaz metal maddelerden oluşmaktadır. Izgaralar, ahşap, bez parçaları ve boruları veya pompaları tıkayabilecek diğer iri nesnelere gibi yüzen kalıntıları tutmaktadır. Modern tesislerde izgaralar mekanik olarak temizlenmekte ve izgaralarda tutulan malzemeler çöp konteynirlerinde bertaraf edilmektedir. Izgaralardan geçen rusubatı öğütmek ve parçalamak için bir ufalayıcı kullanılabilir. Parçalanmış malzeme daha sonra sedimentasyon veya yüzdürme prosesleri ile uzaklaştırılmaktadır.

<sup>2</sup> *Academic Dictionaries and Encyclopedias*. (Erişim tarihi: Şubat 2021). *Çevre İşleri – İnşaat Mühendisliği*. Erişim adresi: [https://universalium.enacademic.com/266809/environmental\\_works](https://universalium.enacademic.com/266809/environmental_works).



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 16. Tipik Bir AAT Birincil Arıtma Şeması. Kaynak: Oakley (2018).

Izgaralardan ve kum tutuculardan geçen askıda katı maddeler, sedimentasyon tanklarında atık sudan uzaklaştırılmaktadır. Ön çöktürme havuzu olarak da adlandırılan bu tanklarda, yerçekimiyle çökelmenin meydana gelmesi için belirli bir süre hidrolik bekletme süresi sağlanmaktadır. Atık su, bu çöktürme havuzlarından akarken katı maddeler kademeli olarak dibe çökmektedir. Ham veya ön çamur olarak bilinen bu çöken katı maddeler, mekanik sıyrıcılar ile tank tabanı boyunca hareket ettirilmektedir. Çamur, bir besleme hunisi içinde toplanmakta ve burada uzaklaştırılmak üzere dışarı pompalanmaktadır. Yağ ve gres gibi suda yüzen maddeler ise havalandırılmalı kum ve yağ tutucu ünitesinde mekanik yüzey sıyırma cihazları ile giderilmektedir.

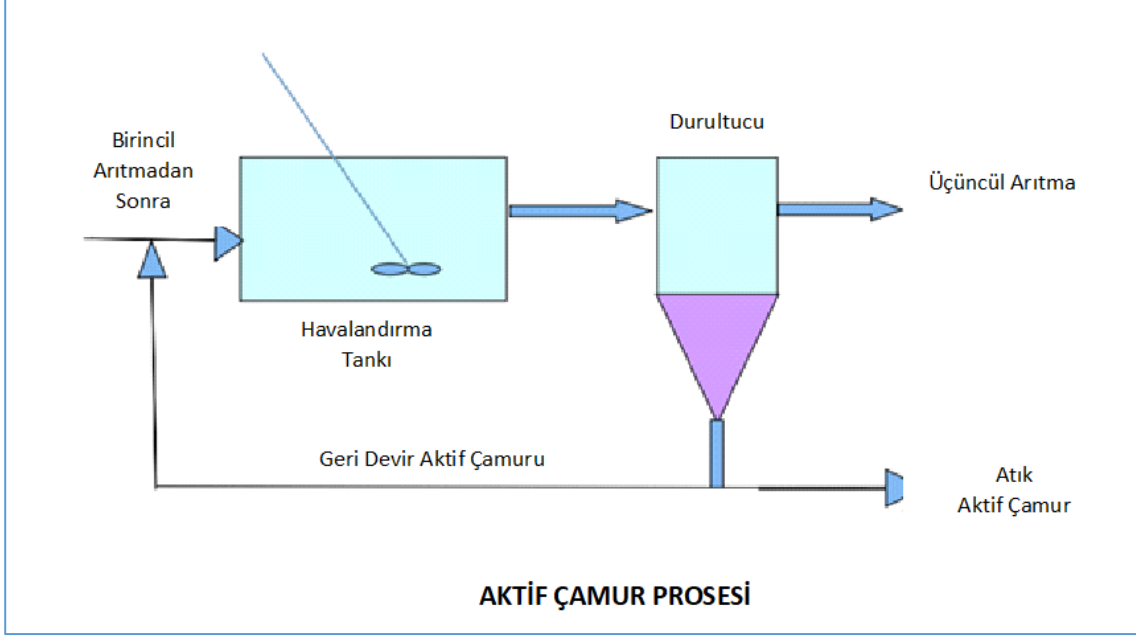
## İkincil arıtma<sup>2</sup>

İkincil arıtma, birincil arıtmada giderilmeyen çözülmüş organik maddelerin giderildiği arıtma prosesleridir. Bununla birlikte daha fazla askıda katı maddeyi de gidermektedir. Giderim, ototrofik bakteriler vasıtasıyla organik maddeyi besin olarak tükettikleri ve bu organizmaların büyümeleri ve çoğalmaları için karbondioksit, su ve enerjiye dönüştürdükleri biyolojik proseslerle gerçekleştirilmektedir. Çözünebilir organik maddelerin arıtma tesisinde giderilmesi, alıcı ortamın su kalitesinin korunmasını sağlamaktadır. Damlatmalı filtre, Klasik aktif çamur işlemi, oksidasyon havuzu döner biyodisk, ikincil arıtma yöntemleri içinde en yaygın kullanılan yöntemlerdendir.



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 17. Tipik Bir AAT İkincil Arıtma Şeması.

### Üçüncül arıtma<sup>2</sup>

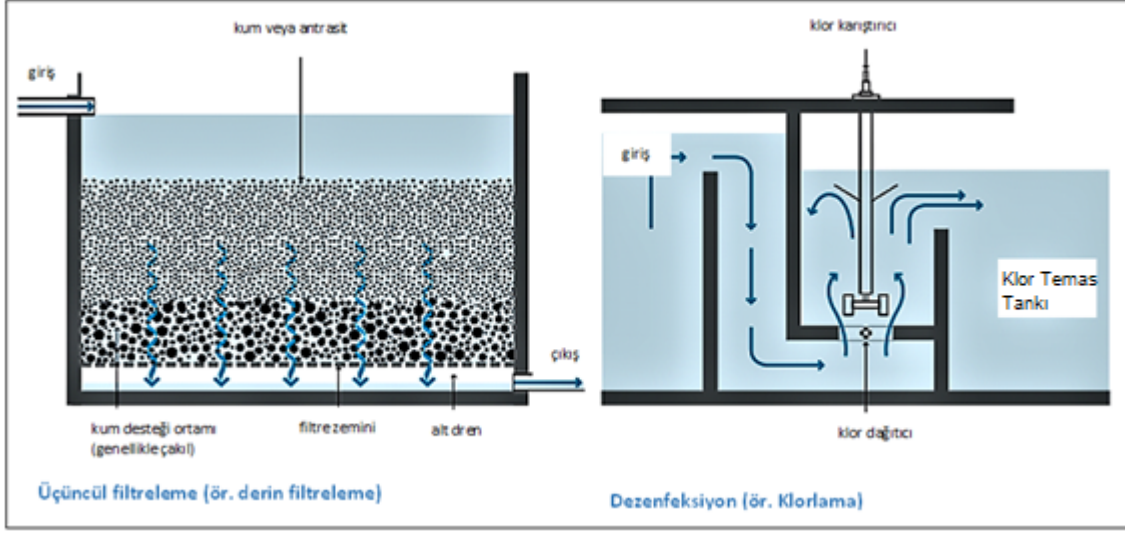
Hedeflenen alıcı ortam kirliliğin etkilerine karşı çok hassas olduğunda daha ileri arıtma yöntemleri kullanılmaktadır ve bu arıtma yöntemi üçüncül arıtma olarak adlandırılmaktadır. İkincil arıtmada arıtılmayan maddeler giderilmektedir. Arıtma sonrası su kalitesi iyileştirmesi, azot ve fosfor gibi besi maddelerinin uzaklaştırılması, üçüncül arıtma ile sağlanmaktadır.

İkincil çıkış suyundaki ilave askıda katı maddelerin ve BOİ'nin giderilmesinde arıtma sonrası su kalitesi iyileştirmesi, temel hedeftir. Genellikle, içme suyunu arıtmak için kullanılan filtreler gibi granül ortam filtreleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Arıtma sonrası su kalitesi iyileştirme filtreleri çoğunlukla, geri yıkama suyunun depolanması için doğrudan filtrelerin üzerine tankların yerleŐtirildiđi prefabrik üniteler olarak inşa edilmektedir.



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 18. Bir AAT'deki üçüncül prosesler: Filtrasyon ve Klorlama (URL 5).**

Arıtma standartları, çıkış suundaki besi maddelerinin uzaklaştırılmasını gerektirdiğinde bu işlem genellikle üçüncü bir adım olarak yapılmaktadır. Atık sudaki fosfor, çoğunlukla kimyasal çöktürmeyle kolayca giderilebilecek organik bileşikler ve fosfat şeklindedir. Ancak bu proses çamurun hacmini ve ağırlığını artırmaktadır. Bir başka önemli besin maddesi olan azot, amonyak ve nitrat formunda atık suyun içinde mevcuttur. Amonyak, balıklar için toksiktir ve nitratlara dönüştürüldükçe alıcı sulardaki oksijeni tüketmektedir. Nitratlar da fosfatlar gibi alg oluşumuna ve göllerde ötrofikasyona neden olmaktadır. Nitratların uzaklaştırılması için nitrifikasyon-denitrifikasyon olarak adlandırılan yöntem kullanılmaktadır. Nitrifikasyon prosesi amonyak azotunun ilk önce mikroorganizmalar tarafından nitratlara dönüştürüldüğü iki aşamalı bir biyolojik süreçtir. Denitrifikasyon prosesinde ise nitratlar, bir başka bakteri türü tarafından daha ileri düzeyde katalizlenerek azot gazına dönüşmektedir.

### Doğal arıtma yöntemleri<sup>2</sup>

Bazı yerlerde ikincil çıkış suyu doğrudan toprağa uygulanabilir (doğal arıtma) ve atık su bitki örtüsü üzerinden akıp topraktan süzülürken doğal proseslerle elde edilen arıtma sonrası su kalitesi iyileştirilmiş bir çıkış suyu oluşturabilir. Yavaş yöntem, hızlı süzülme yöntemi ve arazi üzerinden akış yöntemi olmak üzere üç tip arazi arıtması vardır.

Yavaş yöntem veya sulama olarak adlandırılan yöntemde çıkış suyu doğrudan sırt ve oluk yayılımıyla (hendeklerde) veya yağmurlama sistemleriyle araziye uygulanır. Su ve besin maddelerinin çoğu, büyüyen bitki örtüsünün kökleri tarafından emilir. Hızlı süzülme yönteminde atık su beslenme havzası olarak adlandırılan büyük havuzlarda depolanır. Böylece atık suyun çoğu yeraltı suyuna süzülür ve çok az bir kısmı bitki örtüsü tarafından emilir. Bu yöntemin işe yaraması için toprağın yüksek oranda geçirimli olması gerekmektedir. Arazi üzerinden akış yönteminde atık su, eğimli bir bitkilendirilmiş teras püskürtülür ve yavaşça toplama hendeğine doğru akar. Arıtma fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerle sağlanır ve toplanan su genellikle yakındaki bir dereye deşarj edilir.



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

### Atık suyun yeniden kullanımı<sup>2</sup>

Nüfusun artmakta olduğu ve su kaynaklarının kısıtlı olduğu şehir ve kasabalarda atık su değerli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Atık suyun yeniden kullanılması, sınırlı tatlı su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmasının yanı sıra dere ve göllere yapılan deşarjları azaltarak bu alıcı ortamların su kalitesini iyileştirmektedir. Atık su geri kazanılarak ürün ve bahçe sulama, yeraltı suyu beslenimi ve rekreasyonel amaçlarla yeniden kullanılabilir. İçme suyu kaynaklarının sınırlı ve/veya hiç olmadığı yerlerde atıksuyun içme suyu amacıyla geri kazanılması teknik olarak mümkündür.

Atık suyun yeniden kullanılması, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Doğrudan yeniden kullanımda, arıtılmış atık su, ilk önce doğal bir dere veya gölde veya yeraltı suyunda seyreltilmeden boru ile bir tür su sistemine taşınır. Buna bir örnek, bir belediye atık su arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksuyun bir golf sahasını sulamak için kullanılmasıdır. Dolaylı yeniden kullanım, geri kazanılan atık suyun yeniden kullanılmadan önce başka bir su kütlesi ile karıştırılmasını içermektedir. Aslında, bir arıtma tesisinde arıtılan atıksuyun alıcı ortama mansaplanan yerüstü suyu kaynağını tarım, peyzaj vb. ihtiyaçlar için kullanan herhangi bir kullanıcı bu suyu dolaylı olarak yeniden kullanmaktadır. Dolaylı yeniden kullanım ayrıca, geri kazanılmış atık suyun bir yeraltı suyu akiferine deşarj edilmesi ve daha sonra suyun kullanım için geri çekilmesiyle de gerçekleştirilir. Bir akifer içine deşarj (suni besleme olarak adlandırılır), derin kuyu enjeksiyonu veya sığ yüzey yayılması ile yapılır.

#### 3.1.5. SCADA Karakterizasyonu

SCADA sistemi, karar alma süreçlerinde su idarelerine daha fazla yardımcı olabilecek su yönetimi araçlarından biridir. SCADA sistemi, su sisteminin bir parçası olan su çekim altyapıları, terfi istasyonları, iletim ve dağıtım boru hatları, vanalar, debimetreler, basınç ölçerler, su depoları, su kalitesi izleme istasyonları, içme suyu arıtma tesisleri, atık su arıtma tesisleri gibi tüm unsurları izlemekte ve kontrol etmektedir.

Bu altyapıların her biri, SCADA sistemine bağlı olan su tedarik zincirindeki farklı bileşenlere uygulanan sensörler, veri toplama üniteleri, iletişim cihazları, manevra ve kontrol sistemleri ve görüntü/kayıt/işleme donanımı ve yazılım ekipmanı ile izlenmekte ve kontrol edilmektedir.





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 19. Su temini sistemi SCADA'sındaki tipik unsurlar.

İçme-kullanma suyu temini bağlamında uygulanan SCADA sistemlerinin tipik unsurları şunlardır:

- Su çekimi ve iletimi altyapılarında:
  - Su kaynaklarında ultrasonik seviye transmitterleri: barajlarda veya kuyularda,
  - Cebri boruların veya vanaların açıklık yüzdelerini gösteren konum dedektörleri,
  - Cebri borularda veya vanalarda açma/kapama için seviye anahtarları,
  - Manevra ve kontrol mekanizmaları,
  - Elektromanyetik debimetreler,
  - Ultrasonik debimetreler,
  - Basınç transmitterleri,
  - Açık/kapalı olma durumunu gösteren elektrik anahtarları,
  - Multiparametrik su kalitesi ölçüm cihazları,
  - Kontrol panosu,
  - Güç kaynağı üniteleri (sabit hatlar veya güneş panelleri),
  - İletişim sistemleri,
  - Güvenlik alarm sistemleri.
- Su depolarında:
  - Ultrasonik seviye transmitterleri,



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

- Hidrostatik seviye transmitterleri,
- Piezodirençli seviye transmitterleri,
- Maks ve Min seviye anahtarları,
- Vanaların açıklık yüzdelerini gösteren konum dedektörleri,
- Vanalarda açma/kapama için seviye anahtarları,
- Manevra ve kontrol mekanizmaları,
- Elektromanyetik debimetreler,
- Ultrasonik debimetreler,
- Basınç transmitterleri,
- Multiparametrik su kalitesi ölçüm cihazları,
- Çevrimiçi bakiye klor analizörü,
- Kontrol panosu,
- Güç kaynağı üniteleri (sabit hatlar veya güneş panelleri),
- İletişim sistemleri,
- Güvenlik alarm sistemleri.
- Dağıtım hatlarında:
  - Vanaların açıklık yüzdelerini gösteren konum dedektörleri,
  - Vanalarda açma/kapama için seviye anahtarları,
  - Manevra ve kontrol mekanizmaları.
  - Elektromanyetik debimetreler,
  - Ultrasonik debimetreler,
  - Basınç transmitterleri,
  - Çevrimiçi bakiye klor analizörü,
  - Kontrol panosu,
  - Güç kaynağı üniteleri (sabit hatlar veya güneş panelleri),
  - İletişim sistemleri.
- Su ve atıksu arıtma tesislerinde:
  - Tesisi yönetmek için spesifik SCADA sistemi,
  - Elektromanyetik debimetreler,
  - Ultrasonik debimetreler,
  - Basınç transmitterleri,
  - Multiparametrik su kalitesi ölçüm cihazları,
  - Kontrol panosu,
  - Güç kaynağı üniteleri,
  - İletişim sistemleri.
- Kontrol Merkezinde:
  - Toplanan verilerin izlenmesi, kaydedilmesi ve ele alınması için donanım ve yazılım,
  - Kontrol panosu,
  - Güç kaynağı üniteleri,
  - İletişim sistemleri.

Bir SCADA sisteminin halihazırda uygulandığı belediyeler için, sistemin bir parçası olan tüm unsurları karakterize etmek ve ne tür bilgi ve/veya kontrolün yürütüldüğünü değerlendirmek gerekmektedir. Bu değerlendirme



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

tamamlandıktan sonra, mevcut SCADA sisteminin ilgili su sistemi için yeterli olup olmadığı veya genişletilmesi gerekip gerekmediğine karar vermek mümkün olacaktır.

### 3.1.6. Su Kullanım Verimliliği ve Su Dengesi

Su sisteminin tüm unsurlarının karakterizasyonu tamamlandıktan sonra, bir sonraki adım, su kullanımındaki verimliliğin değerlendirilmesi olacaktır. Toplanan tüm veriler ve bilgiler, daha önce 2.1.2 Verimlilik Değerlendirmesi: İndeksler ve Oranlar bölümünde tanımlanan tüm verimlilik oran ve indekslerinin hesaplanmasına imkan sağlayacaktır.

Yapılacak ilk çalışma, **Gelir Getirmeyen Su** bileşenlerinin her birinin belirlenmesi için, 2.1.1.7 Su Kayıpları ve Su Dengesi bölümündeki Standart Su Dengesi (bkz.Şekil 4) tablosunun doldurulmasıdır:

- Faturalandırılmayan izinli tüketim
- İdari (veya görünür) kayıplar
- Fiziki (veya gerçek) kayıplar.

Verimlilik su dengesi belirlendikten sonra, su kullanımındaki verimliliği değerlendirmek için temel olan üç indeks daha vardır (bkz. Bölüm 2.1.2 Verimlilik Değerlendirmesi: İndeksler ve Oranlar):

- GGS teknik performans kategorisi (litre/bağlantı/gün)
- Fiziki kayıp teknik performans kategorisi (litre/bağlantı/gün)
- Altyapı Kaçak İndeksi (ILI)

Tüm bu oranlar ve indeksler kullanılarak, herhangi bir içme suyu temini sisteminin su kullanımındaki verimliliğin bir değerlendirmesi yapılabilir. Türkiye'de su verimliliğinin değerlendirilmesinde dikkate alınan ana oranlardan bir tanesi toplam su kayıplarıdır (fiziki ve idari kayıpların toplanmasıyla elde edilen kayıp oranı). Bu oranla ilgili olarak ulaşılmak istenen hedef, 08.05.2014 tarihli ve 28994 sayılı *İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde* (Değişiklik R.G 31.08.2019 tarih ve 30874 sayı) açık bir şekilde ortaya koyulmuştur. Yönetmeliğin 9. maddesinde şunlar belirtilmektedir:

*"...Büyükşehir ve il belediyeleri su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyeler su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar en fazla %30, 2033 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler. Bu kapsamda, bu Yönetmelik uyarınca çıkarılacak Teknik Usuller Tebliğinde yer alan hususlar ve 12.10.2017 tarihli ve 30208 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik hükümleri çerçevesinde gerekli faaliyetler yürütülür."*

Buna göre, toplam su kayıpları %25'ten büyük olan her belediye, bu değeri bahsi geçen yönetmelikte belirtilen tarihe kadar azaltmak için gerekli tedbirleri uygulamak zorundadır.

Diğer üç indeks olan GGS ve fiziki kayıp teknik performans kategorileri ve altyapı kaçak indeksi içinse IWA, her bir oran için elde edilen değerlere göre su sistemi için ilgili durumu ve tavsiyeleri açık bir şekilde ifade etmektedir. Tablo 22, üç oran için IWA değerlendirmesini özetlemektedir (Bölüm 2.1.2'ye bakınız).

**Tablo 22. IWA'nın GGS ve Fiziki Kayıp Teknik Performans Kategorileri ve ILI.**



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

GGs teknik performans kategorisi	Fiziki kayıp teknik performans kategorisi	ILI	TAVSİYELER
A1	A1	< 1,5	Dünya standardında GGS/sızıntı yönetimi performansı; basınç azaltımı yapılmadıkça GGS'nin/fiziki kaybın azaltılma ihtimali düşüktür.
A2	A2	1,5 - 2	Su sıkıntısı veya su tarifeleri çok yüksek olmadıkça GGS'nin/kaybın daha fazla azaltılması ekonomik olmayabilir. Maliyet etkin iyileştirmeyi belirlemek için dikkatli bir analiz yapmak gereklidir.
B	B	2 - 4	Belirgin iyileştirme potansiyeli; GGS bileşenlerinin miktarını belirlemek için bir su dengesi çıkarmak; basınç yönetimini, daha iyi aktif GGS/sızıntı kontrolü uygulamalarını ve daha iyi şebeke bakımını dikkate almak; kullanıcı sayaç yönetimini iyileştirmek, sayaç okumasını, veri işleme ve faturalama süreçlerini gözden geçirmek ve iyileştirme potansiyellerini belirlemek gerekir.
C	C	4 - 8	Kötü GGS/sızıntı kaydı; yalnızca suyun bol ve ucuz olduğu durumlarda tolere edilebilir; o durumda bile, GGS seviyesi ve sebepleri analiz edilmeli ve GGS'yi/sızıntıyı azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır
D	D	> 8	Çok verimsiz; GGS'yi/sızıntıyı azaltmaya yönelik kapsamlı bir program oluşturulması kaçınılmazdır ve yüksek önceliğe sahiptir

### 3.2. Su Kullanım Verimliliğinin İyileştirilmesine Yönelik Tedbirler

#### 3.2.1. Hidrolik Modelleme

Hidrolik modellerin kullanımı, su kullanımındaki verimliliğin artırılmasına ilişkin karar alma süreçlerinde en önemli araçlardan biri haline gelmiştir. Bir su sisteminin nasıl davrandığını ve sisteme yeni cihazlar (ör. yeni vanalar ve boru hatları, basınç düşürücü vanalar vb.) ekledikten sonra nasıl davranacağını bilmek, su şebekelerinin yönetiminin çok düşük maliyetlerle iyileştirilmesine yönelik en uygun çözümlere karar vermeyi sağlamaktadır.



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

Antalya'nın su temini şebekesi için hidrolik model kullanılarak yapılan bir analiz içeren "Özellikleri Büyük Oranda Değişen Bir Turizm Bölgesindeki Su Dağıtım Şebekesinin Hidrolik Modellemesi"<sup>3</sup> başlıklı makalede eksiksiz bir şekilde açıklandığı üzere:

*"Hidrolik modeller, su dağıtım şebekelerinin etkin yönetimi için etkili karar destek araçlarıdır. Hidrolik modeller, mevcut şebekelerin verimliliği ile güvenilirliğini artırmak ve yeni şebekeler tasarlamak için çeşitli yönetim senaryolarının oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. Hidrolik modellerde, debi, hız ve su basıncı gibi ana hidrolik parametreleri hesaplamak için iyi bilinen hidrolik denklemler çözülmektedir. Hidrolik model tahminlerinin başarısı, giriş parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesine/tahmin edilmesine ve model kalibrasyon ve doğrulama çalışmalarına bağlıdır.*

*Şu anda birçok su dağıtım şebekesinde (SDŞ), şebeke verimliliğini iyileştirmek için Yönetimsel Kontrol ve Veri Alma (SCADA) sistemleri bulunmakta ve bu sistemlerle kontrol sağlanmaktadır. Ayrıca, SCADA sistemlerine, model kurulumu ve model tahminleri ile karşılaştırma için yararlı girdi veri setleri sağlamak için iyi kalibre edilmiş ve doğrulanmış hidrolik modeller entegre edilebilir. SDŞ'lerin rutin izleme ve kontrol çalışmalarında, hidrolik veri toplamak için SDŞ üzerinde yalnızca sınırlı sayıda izleme ve kontrol noktası seçilmektedir. Bununla birlikte, hidrolik modellerin kalibrasyon ve doğrulama çalışmasının doğru yapılması için tüm SDŞ için debi su basıncı vb. gibi birçok hidrolik parametrenin aynı anda ve kesin olarak tahmin edilmesi gerekmektedir. Literatürde, yeni borular ekleyerek SDŞ'yi genişletmek, SDŞ'leri birkaç BÖA'ya ayırmak, rehabilitasyon için kritik alanları belirlemek, optimum şebeke basınçlarını belirlemek ve su tasarruf oranlarını öngörmek amacıyla farklı su kayıplarını azaltma tekniklerini değerlendirmek gibi çeşitli operasyonel amaçlar için birçok başarılı hidrolik modelleme uygulaması sunulmuştur."*

Su temini sistemleri için bir hidrolik model oluşturabilmek için yapılması gereken olağan faaliyetler şunlardır:

- Su altyapılarının tüm unsurlarının Coğrafi Bilgi Sistemine (CBS) dahil edilmesi: su kaynakları, pompalar, depolar, iletim ve dağıtım boru hatları, vanalar vb. Her bir unsurun yerinin (koordinatlar) ve ilgili özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir (bkz. Bölüm 2.1.1).
- Su modeline, su temini sisteminin debi ve basınç profillerinin dahil edilmesi: Bu profiller, hem sistem içerisindeki debilerin hem de basınçların zaman içindeki değişimini ifade etmektedir. SCADA sistemi bulunmayan belediyeler için gerekli verilerin sahadan toplanması gerekmektedir.
- Su ihtiyacı profilinin su modeline dahil edilmesi: Farklı aboneler (evsel, endüstriyel, ticari ve kurumsal) tarafından tüketilen miktarla ilgili tüm bilgilerin toplanması ve hidrolik modele dahil edilmesi gerekmektedir.
- Borular için sürtünme katsayısının tanımlanması: Hidrolik modeller, hidrolik hesaplamalara dayalı matematiksel formüllere göre çalıştığından, modele dahil edilecek en önemli değişkenlerden biri, sistemde bulunan farklı borular için sürtünme katsayısıdır. Bu katsayı, boru malzemesi, bakım durumu, boruların yaşı, su hızı ve su kalitesi gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Yalnızca modelin kalibrasyonu yapıldıktan sonra, modelin güvenilir sonuçlar üretmesi için yeterli katsayıları ayarlamak mümkündür.

<sup>3</sup> Kara vd. (2016) "Özellikleri Büyük Oranda Değişen Bir Turizm Bölgesindeki Su Dağıtım Şebekesinin Hidrolik Modellemesi". 2. Yaşamaya Değer Kalkınmaya Yönelik Verimli ve Sürdürülebilir Su Sistemleri Yönetimi Uluslararası Konferansı (EWaS)



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

Tipik olarak, simülasyon modelleri, toplu su taşıma ve su dağıtım sistemlerinin işletme düzeyinde tasarımı ve teşhisinde kullanılan hesaba dayalı araçlardır. Bununla birlikte, bu simülasyon modelleri, daha az yaygın olan çeşitli işletme durumlarıyla ilgili daha bilinçli kararlar vermek amacıyla idareler tarafından giderek daha fazla geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

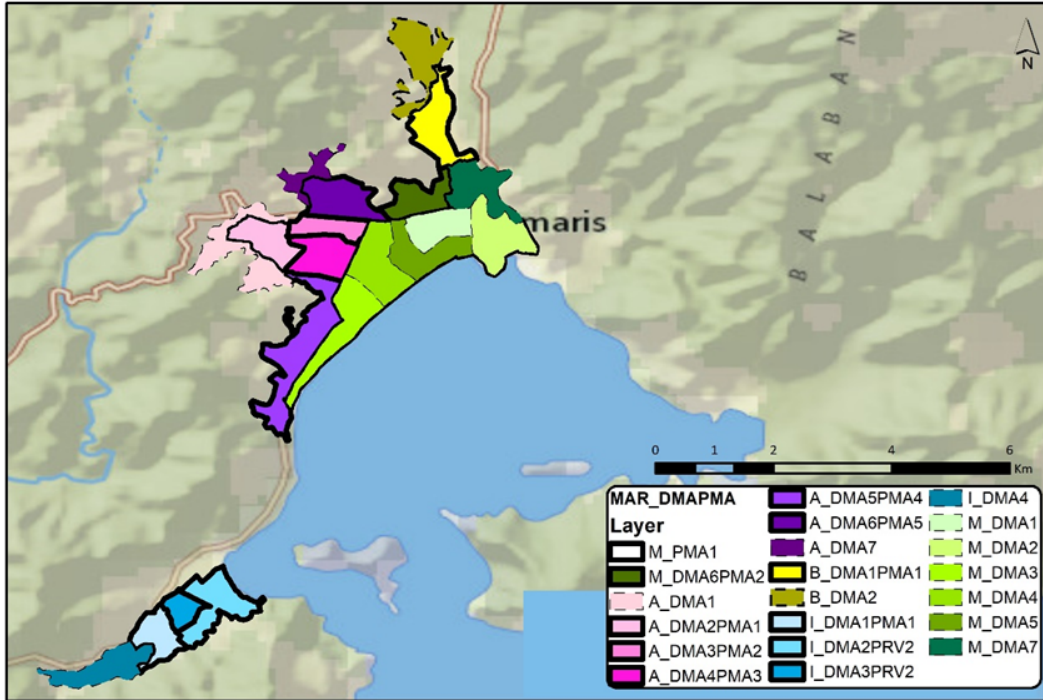
Sistem davranış simülasyonu, genişletilmiş çalışma aralıkları ve çevresel koşullara kıyasla sistem yanıtını tahmin etmek ve böylece yatırımlar yapılmadan önce bir dizi çözümü öngörmek için kullanılabilir. Bir hidrolik su temini sisteminin simülasyonuna yönelik modeller genellikle şunlardan oluşmaktadır:

- Sistemin fiziksel özellikleri, tüketimi ve işletme koşulları hakkında bir dizi tanımlayıcı veri.
- Hem münferit bileşenlerin hem de bir bütün olarak sistemin, ana borulardaki debi veya basınç gibi kilit durum değişkenleri açısından açıklanan hidrolik davranışlarını kopyalayan bir dizi matematiksel denklem.
- Matematiksel denklemlerin yinelemeli çözümü için gerekli sayısal algoritmalar.

Bir simülasyon programı, fiziksel sistemi açıklamanın yanı sıra kullanıcının, depo seviyeleri ve/veya diğer sistemlerle bağlantıların oluşturduğu her türlü koşul dahil olmak üzere su tüketimi ve işletme modlarının ayrıntılı bir açıklamasını yapmasını sağlar.

Yazılım simülasyonu, tüm bu bilgilerle, sayısal ve grafiksel formda durum değişkenlerinin değerlerini ifade ederek sistemin hidrolik dengesini hesaplama imkanı sunar:

- Depolardaki su seviyeleri dahil olmak üzere şebekenin herhangi bir noktasındaki basınç ve piyezometrik yükseklik,
- Debi, basınç düşmesi ve boru, vana ve pompalardaki debi,
- Ayar vanalarının ve pompaların açık ya da kapalı olma durumu.





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

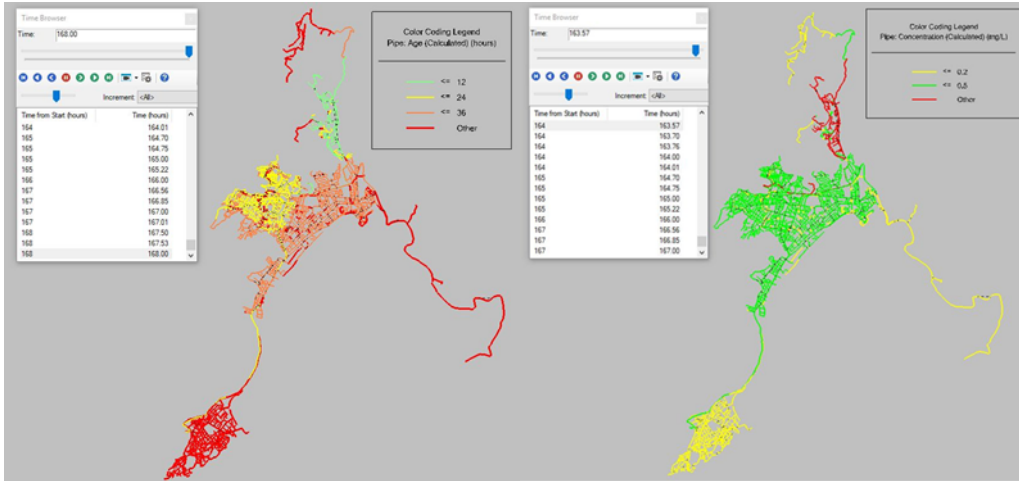
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)  
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Şekil 20. Marmaris Su Sistemi İçin Önerilen BÖA ve BYA'lar. Kaynak: SYGM (2019).

Simülasyon modelleri, toplu su taşıma ve su dağıtım sistemlerinin planlanması, tasarımı, işletimi, bakımı ve rehabilitasyonu ile ilgili olarak aşağıdaki gibi birçok uygulamaya sahiptir:

- Borular ve diğer bileşenler için en iyi topolojiler, çapları ve malzeme seçimi ile depolar ve terfi istasyonlarının tasarımı araştırılarak sistemlerin tasarlanması,
- Esasen zaman projeksiyonlarına ve özellikle tüketime dayalı çeşitli seçeneklerin simülasyonunu kullanarak stratejik kalkınma planlarının hazırlanması,
- Sorunların veya mevsimsel tüketim değişiklikleri, birden çok hizmet deposu olan sistem yönetimi seviyeleri gibi işletme senaryolarının ya da pompalama gruplarındaki arızalar, şebekenin askıya alınması veya yangın gibi acil durumların simülasyonu,
- Sistem ve aboneler için doğrudan risk oluşmasını önleyen karmaşık operasyonel sistemler için operatör eğitimi;
- Terfi istasyonlarının çalışmasından kaynaklanan enerji tüketiminin azaltılması, şebekelerin sektörelleşmesi için destek, BÖA oluşturmanın uygulanabilirliği ve etkisi,
- Örneğin BYA'ların oluşturulmasıyla su kayıplarının kontrol edilmesi.

Simülasyon modelleri kullanılarak su kalitesi analizi de yapılabilir, örneğin, su yaşı ve bakiye klor, hidrolik modeller kullanılarak değerlendirilebilen iki tipik özelliktir. Şebekedeki su basıncı, debi oranları, boru çap ve uzunluğu ve sistemde öngörülen tüketimler gibi gerekli girdilerle suyun hareketi ile boru şebekesi içerisinde kaldığı süre ve böylelikle de suyun yaşı modellenilebilir. Klor konsantrasyonu da benzer yollarla belirlenebilir. Hidrolik modelleme ile yapılan bu tür su kalitesi analizleri, su hizmetinden yararlanan kişilere gerekli kalitede su verilmesini sağlamak için su sistemi içerisinde doğru unsurların tasarlanması ve uygulanması hedefine katkı sağlar.



Şekil 21. Marmaris Su Sistemindeki Su Yaşı ve Bakiye Klor Analizi. Kaynak: SYGM (2019).



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

### 3.2.2. Bölgesel Ölçüm Alanlarının (BÖA) Oluşturulması

Geniş dağıtım şebekelerini, özellikle de altyapısı zayıf olanları, şebeke bölgelerine ve alt bölgelerine (BÖA'lara) ayırmadan etkin bir şekilde yönetmek mümkün değildir. Bu husus, su tüketimini ve şebekenin çeşitli kısımlarındaki su kayıplarını tam olarak anlayabilmek için gereklidir. Ancak bu bilgiler elde edildikten sonra su kayıplarının kontrolüne dair uygun adımlar atılabilir.

BÖA'ların büyüklükleri ile ilgili kesin kurallar olmamakla birlikte BÖA'ların büyüklüğü genellikle kent şebekesindeki su bağlantısı sayısına göre belirlenmektedir. Kırsal bölgelerde ise boru uzunluğuna dayalı bir yaklaşım uygulanmaktadır. Yaygın uygulamalara bakıldığında, genellikle bir BÖA'nın kent şebekesindeki 500 ila 3.000 bağlantıyı içermesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca, BÖA'lar oluşturulurken, ilave boru döşeme ihtiyacını minimuma indirmek için ana boruların güzergahının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Her bir BÖA çalışması, şebekenin ve şehrin koşulları ile özelliklerinin dikkate alındığı özel bir çalışma gerektirmektedir. Bu nedenle bu tür çalışmaların doğası gereği, bağlantı sayısı veya boru uzunluğu açısından aynı olan BÖA'ların oluşturulması mümkün değildir.

BÖA planlama ve tasarlama süreci, genel şeklin yinelenildiği bir dizi ilişkili görevin gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Bu görevler, süreç boyunca anketler ve saha araştırmalarıyla elde edilen bilgilerin entegrasyonu sonucunda oluşturulur.

İlk aşamada, yüksek tüketim dönemlerinde su temini kalitesi ve basıncı sağlanırken BÖA'nın özelliklerini belirlemek ve sürekli uygulama prosedürleri oluşturmak amacıyla **CBS kullanılarak BÖA sınırı geçici olarak çizilmelidir**. BÖA hazırlığı için Tablo 23'deki parametrelerin dikkate alınması gerekmektedir:

**Tablo 23. BÖA'ların belirlenmesi için parametreler**

PARAMETRELER
Basınç bölgesi su temini kaynağı, etkileyen su deposu ve ilgili debimetrelerin karakterizasyonu dahil olmak üzere BÖA giriş ve çıkışları
CBS ile belirlenen, BÖA içerisinde su temin edilen aboneler ve toplam faturalandırılan su miktarı dahil olmak üzere abone yönetimi sistemi. Büyük miktarda su tüketen aboneler, özellikle toplam BÖA tüketimi veya yüksek gece tüketimi üzerinde önemli etkisi olan aboneler tanımlanırsa, telemetri (uzaktan izleme) kurulumu yapılmalıdır
BÖA borularının toplam uzunluğu ve ortalama abone bağlantı sayısı ve uzunluğu
Sınır vanalarının limitlerinin, ana su temini şebekesinin BÖA içerisindeki kesit vanalarının ve gerçekleştirilecek vana işlem tiplerinin belirlenmesi
Basınç kontrollü bölgeler ve basınç düşürücü vanaların veya pompaların karakterizasyonu
Basınç izleme noktaları ve yükseltilebilir noktalar olarak tahmini basınçla ilişkili ekipman, yani: EP - Giriş Noktası (debimetrenin bitişiğinde), PMAX - Maksimum Basınç Noktası, POrt - Ortalama Basınç Noktası, CPP - Kritik Basınç Noktası, CCPP - Kritik Abone Basınç Noktası (en yüksek su temin kotu noktasına sahip olan abone)
Şebekenin sorunlu alanlarının, mevcut durumlarının ve BÖA içerisinde önceden gerçekleştirilmiş olan çalışmaların olup olmadığının belirlenmesi. Eğer gerekliyse, önerilen BÖA'yı doğrulamak için hidrolik modeller uygulanmalıdır

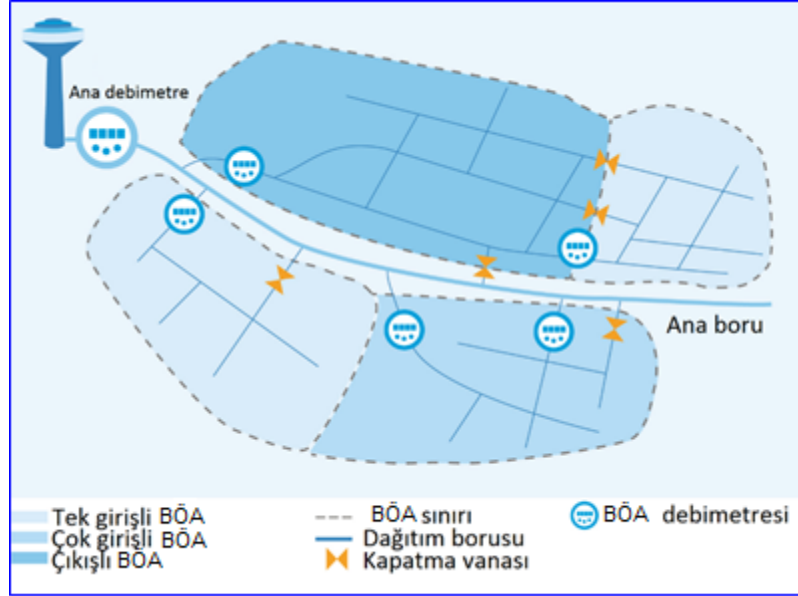




Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

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

BÖA vanalarının kapatılmasıyla oluşturulan uçlar ve kör kesitler
Bu kesitlerin periyodik olarak temizlenmesini mümkün kılan tahliye vanaları veya eğer hiç böyle bir vana yoksa yeni tahliye vanalarının yerleştirilmesinin önerilmesi
Debilerin ve basınçların sürekli olarak izlenmesi için, giriş ve çıkış BÖA debimetreleri ve basınç düşürücü vana giriş ve çıkış noktaları gibi şebekenin diğer ilgili noktalarına yerleştirilecek telemetri ekipmanı tipi



Şekil 22. BÖA oluşturmaya yönelik basitleştirilmiş bir örnek.

Taslak BÖA teklifinin onaylanmasından ve herhangi bir şebeke müdahalesinin sona ermesinden sonra, BÖA uygulanmaya ve test edilmeye hazırdır. Daha önce belirtildiği üzere uygulama, yüksek tüketim döneminde yapılmalı, kaydedilen ortalama şebeke basınç değerleri ile kritik noktalardaki basınç değerlerinin tahminlerle uyumlu olduğu doğrulanmalı ve böylelikle yönetmelikler doğrultusunda abonelere doğru su temini garanti altına alınmalıdır.

BÖA uygulama aşamasından sonraki aşama, bütünlüğü test etmeyi içeren doğrulama aşamasıdır. Bunun için en sık kullanılan yöntem Sıfır Basınç Testidir (SBT). Bu test, sınır vanalarının etkili bir şekilde kapatılmasını ve dolayısıyla BÖA bağımsızlığını sağlayanın yanı sıra, bu amaçla kurulan izleme noktaları boyunca BÖA tüketiminin etkin bir şekilde ölçülmesini sağlamaktadır. Bu test sırasında BÖA boyunca yapılan su temininin durdurulması gerektiğinden genellikle tüketimin az olduğu gece saatlerinde uygulandığını vurgulamakta yarar vardır.



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

Sızıntı tespiti ve onarım faaliyetleri için bir önkoşul olan BÖA'lar, sızıntıların daha kısa sürede fark edilmesini sağlar. Bölgesel ölçüm alanı sınırlarındaki mevcut vanalar kapatılarak ve sınırdaki izolasyon vanası bulunmayan borulara yeni vanalar eklenerek BÖA'lar oluşturulacaktır. Sınır borularını vanalarla izole etmek yerine, bu borular kör tapayla ayrılarak BÖA oluşturulabilir. Bu yöntem, ilgili alanın izole edilmesini sağladığı için avantajlı bir yöntemdir. Sınır vanasını açma ya da farkında olmadan açık bırakma ihtimali olmadığından, kesin izolasyon sağlanır.

### 3.2.3. Basınç Yönetim Alanlarının (BYA) Oluşturulması

Basınç yönetimi, basınç ile sızıntı arasındaki doğrudan ilişki sebebiyle, en faydalı ve en önemli sızıntı azaltma faaliyeti olarak görülmektedir. Basınç yönetiminin bir başka faydası, patlakların oluşma sıklığının azalması ve dolayısıyla malzemelerin daha uzun ömürlü olmasıdır. Basınç yönetimi, yüksek basınçların azaltılmasını ve basınç dalgalanmalarının önlenmesini de kapsamaktadır.

BYA'lar tasarlanmasında kot farkı önemli bir rol oynamaktadır. BÖA'nın aksine, BYA için belirli bir büyüklüğe gerek yoktur. Bir BYA'nın temel amacı, **homojen bir dağılımla şebeke içerisinde minimum izin verilebilir basınç oluşturmaktır**. Genellikle tercih edilen basınç düzeyi **2 ila 3 bar** arasında olmakla birlikte bu aralık, topoğrafya ve bina yüksekliklerine bağlı olarak genişletilebilir.

Basınç yönetimi alanları, yerel durum ve konfigürasyona ve farklı giriş olasılıklarına bağlı olarak üç kategoriye ayrılabilir:

- **Tek girişli BYA:** Tek girişli bir pompa, ya bir anahat üzerinden bir branşman boruyla ya da su deposunun arkasındaki cazibeyle beslenen bir boru üzerinden bu alana su tedarik eder. BYA, sınır vanaları kapatılarak diğer komşu şebekelerden ayrılır. Mevcut bir BÖA'nın geliştirilmesiyle bir BYA oluşturulabilir.
- **Çok girişli BYA:** BYA'ya bir veya daha fazla girişi düzenleyen bir sistem, kritik noktada sabit basıncı garanti etmek için daha karmaşık hesaplamalar gerektirmektedir. Farklı süreçler mümkündür. Örneğin, bir girişi sabit bir konumda tutma ve yalnızca ikinci vanayı düzenleme kararı alınabilir. Çok girişli bir BYA tasarlamak ve uygulamak her daim tek girişli bir BYA'dan daha ayrıntılı mühendislik gerektirmektedir. Hidrolik model kullanılması tavsiye edilmektedir.
- **Dinamik BYA:** Dinamik BYA'lar, en gelişmiş basınç yönetimi teknolojileridir. Bu teknolojide, gerçek ihtiyaçları karşılamak amacıyla sistemi en uygun şekilde ayarlamak için hem kritik nokta ile sınır konumunun hem de BYA giriş sayısının değiştirilmesi mümkündür.

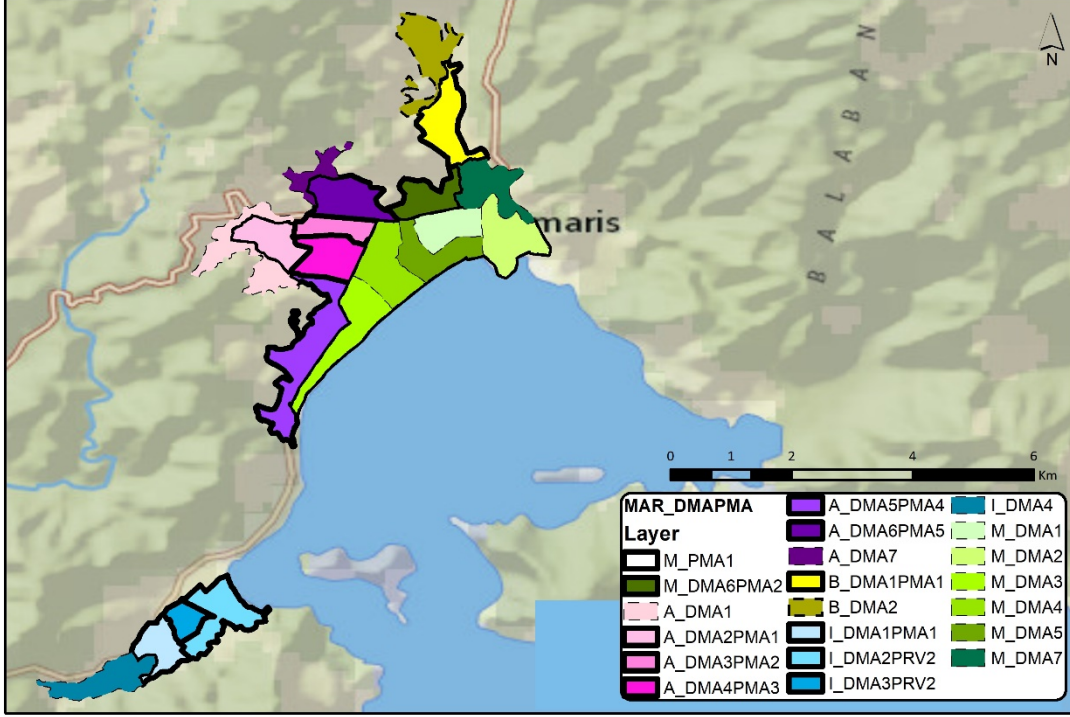
Ayrıca, makro ve mikro basınç yönetimi alanları arasında bir ayırım yapılabilir. Mikro BYA genellikle basıncın bir veya birkaç giriş noktasında kontrol edildiği bağımsız bir dağıtım bölgesinden oluşmaktadır. Makro BYA ise, birkaç dağıtım şebekesine veya mikro BYA'lara hizmet veren bir iletim borusundaki bir basınç düşürücü vandan oluşmaktadır.

Şekil 24, 3NHYP Projesi Pilot Alanında yapılan işler kapsamında Marmaris'in su temini sistemi için önerilen BÖA ve BYA sınırlarını göstermektedir.



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 23. BÖA ve BYA Örneği: Marmaris (2019). Kaynak: SYGM (2019).

### 3.2.4. Altyapı Rehabilitasyon İhtiyaçlarının Değerlendirilmesi

Genellikle sık sık meydana gelen boru kırılmaları ve sürekli sızıntıların tek çözümü, su altyapılarının rehabilitasyonudur. Bu tür durumlar, hatalı kurulum, yetersiz bakım veya boruların eskimesi sonucunda meydana gelmektedir. Su sistemlerinde genellikle rehabilitasyona maruz kalan iki ana bileşen boru şebekeleri ve su depolarıdır.

Altyapıların karakterizasyonu aşamasında (3.1.2 ve 3.1.3 bölümlerine bakınız), boru hatları ve depolardaki kayıplarla ilgili mevcut durum değerlendirilmeli ve yeterli performansı göstermeyen altyapıların rehabilitasyonuna karar verilmelidir.

#### 3.2.4.1 Boru Şebekelerinin Rehabilitasyonu

Su temin ve tedarik borularındaki rehabilitasyon teknikleri, ıslah ve yenileme teknikleri olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir. ıslah, borunun orijinal yapısının tamamı veya bir kısmıyla alakalı olan ve performansını iyileştiren bir işken yenileme, mevcut boru sisteminin orijinal yapısını dahil etmeden tamamen yeni bir boru hattı sistemi kurularak yapılan rehabilitasyon işidir.

ıslah teknikleri iki gruba ayrılabilir:

- Toplam veya kısmi boru yapısal direncini garanti altına almayan yapısal olmayan teknikler (ör. yalnızca bir birleşme yerinin veya iç boru kaplamasının onarımı),



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

- Toplam veya kısmi boru yapısal direncini garanti altına alan yapısal teknikler (ör. boru kaplama). Hizmet hakkında uzun vadeli bir vizyona sahip olmak.

Yenileme teknikleri de iki gruba ayrılmaktadır:

- Açık kazı teknikleri (ör. geleneksel yöntem veya geleneksel olmayan dar kazı yöntemi),
- Kazısız teknikler (ör. boru kırma, boru raybalama, boru yeme).

Su borularındaki tipik ıslah teknikleri şunlardır:

- Yapısal olmayan:
  - Onarım: iç derz dolguları
  - Kaplama veya sprey astar: Çimentolu harç, beton veya polimerik reçine kullanımı
- Yapısal:
  - Geleneksel sliplining yöntemi (büyük bir ana boru içerisine daha küçük bir borunun yerleştirilmesi, iki boru arasındaki yuvarlak boşluğun ve uçların derzlenmesi): devamlı veya kesikli hat şeklinde olabilir.
  - Modifiye sliplining yöntemi: sıkı oturan veya yerinde kürlenmiş boru hattı şeklinde olabilir.

Su borularındaki tipik yenileme teknikleri şunlardır:

- Açık kazı:
  - Geleneksel açık kazı.
  - Geleneksel olmayan: dar kazı veya drenaj pulluğu.
- Kazısız:
  - Yönlendirilebilir teknikler: ör. boru patlatma, boru içpatlatma veya boru kırma, boru tahliyesi, boru çıkartma veya boru çekme ve pilot boru ile boru tahliyesi.
  - Yönlendirilebilir olmayan teknikler: ör. boru yeme veya modifiye kazısız yeraltı boru döşeme sistemi, boru çapı ile pilot kaldırma ve boru raybalama veya yönlü sondaj.

#### 3.2.4.2 Su Depolarının Rehabilitasyonu

Su depoları, su teminini güvence altına almak, basıncı sürdürmek, ana iletim borularının büyüklüğünü azaltmak ve işletimsel esneklik ve verimliliği iyileştirmek için inşa edilen tesislerdir. Su depolarının ana amaçları, saatlik ihtiyaç değişimlerini dengelemek, ana dağıtım borularındaki sabit basıncı sürdürmek ve yangın veya acil durum anlarında su depolamasını garanti etmektir.

Su depoları, inşaat işlerinin daha büyük bir bileşeninden ve elektro-mekanik ve elektrikli ekipmanın daha küçük bir parçasından meydana gelmektedir (ör. kapatma vanaları, kontrol vanaları, seviye sensörleri, kalite izleme araçları vb.). Genellikle betonarme olarak yapılmaktadırlar; rehabilitasyona yol açtığı gözlemlenen yapısal bozuklukların pek çoğu, diğer betonarme altyapılarda gözlemlenen yapısal bozukluklarla benzerlik göstermektedir (ör. çatlama, korozyon, tasman vb.).

Depolarda su kaybına yol açan tipik eksiklikler şunlardır:

- Yapısal direnç kaybı: bu durum, normalde yapısal hasarlara ve önemli su sızıntılarına neden olmaktadır. Bu sorun, yalnızca yapıların donatılarının yeniden yapılmasıyla veya su deposunun tamamen yenilenmesiyle çözülebilmektedir.
- Su geçirmezliğinin olmaması: Bu durum, su deposunun farklı alanlarında çatlakların ve sızıntıların meydana gelmesine neden olmaktadır. Yalnızca su geçirmezlik tekniklerinin uygulanması ve iç-dış boyama ile çözülebilir.



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

- Seviye sensörleri ve otomatik kapatma vanaları gibi su kontrol cihazlarının eksikliği, depoda taşmaların meydana gelmesiyle ve yüksek su kayıplarıyla sonuçlanabilmektedir. Bu durumların engellenmesinin tek yolu, depoya bu tip cihazların kurulmasıdır.
- Yetersiz işletme ve bakım: Su depolarının işletme ve/veya bakımının yetersiz yapılması da taşma ve altyapıların bozulması gibi durumlara yol açabilir. Bu sorunu çözmek için uygulanabilecek en iyi yaklaşım, yeterli en iyi uygulamaların takip edilmesidir.

Su depolarındaki tipik rehabilitasyon müdahaleleri şunlardır:

- Yapısal olmayan ıslah:
  - İç ve dış boyama: boya temizleme, yüzey hazırlama ve boya uygulama: epoksi uygulama
  - İç ve dış kaplama: temizleme, yüzey hazırlama ve tahkimatin korozyona karşı korunması dahil olmak üzere uygulama yapma: Çatlakların onarılması, görünen tahkimatin onarılması, su geçirmez harçla onarım yapılması ve zemin ile kaplamanın onarılması
  - İlave dirseğın onarılması: İç erişim için kullanılan merdivenin onarılması, beton dış yüzeyin onarılması, kaplamanın su geçirmez hale getirilmesi ve dış erişim için kullanılan merdivenin onarılması
  - Yeni hidrolik devrelerin ve/veya yeni yapı bileşenlerinin inşa edilmesi
  - İzleme ve kontrol elemanlarının montajı: seviye sensörleri, kapatma vanaları, basınç kontrol vanaları, vb.
- Yapısal ıslah:
  - Temel, yatak, zemin, kaplama veya diğer yapıların değiştirilmesi
  - Ekipman ve tesisatın yenilenmesi (ör. merdivenler, havalandırma sistemi, deşarj sistemi, vb.)
  - Çelik ekipman kaynağının güçlendirilmesi
- Yenileme: Mevcut su deposunun devreden çıkarılması ve yeni bir su deposunun inşa edilmesi.

### 3.2.5. Scada Sistemlerinin Uygulanması

**Yönetmel Kontrol ve Veri Alma (SCADA) sistemlerinin** uygulanması, su kullanımında verimlilik artışını, su kayıplarını azaltmayı ve su kaynağı sıkıntısını önlemeyi sağlar. SCADA sisteminin uygulanmasıyla ulaşılmak istenen başlıca hedefler şunlardır:

- Değişkenler ve su dağıtım şebekesinin hidrolik durumu hakkındaki bilgileri otomatik olarak toplayarak bu bilgileri ve gerekli raporları sunmak,
- Su ihtiyacını karşılamak ve su kayıplarını azaltmak amacıyla, su çekimi altyapılarının, su depolarının, terfi istasyonlarının ve su dağıtım şebekelerindeki ana boruların hareketlerini kısa sürede kontrol etmek ve en uygun hale getirmek,
- Su kaynaklarının daha ideal bir biçimde farklı kullanımlara tahsis edilebilmesi için bu kaynakların mevcudiyeti konusunda tahmin yapmak,
- Su depolarındaki ve şebekenin isale hatlarındaki seviye ve debi değişimi hakkında kısa süreli tahminlerde bulunmak ve otomatik olarak alarm vermek; kesintileri ve olağandışı durumları minimuma indirmek.

Su dağıtım şebekesinde kurulacak çeşitli kontrol istasyonları aracılığıyla uygulanacak SCADA sisteminin tipik işlevleri şunlar olacaktır:



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

- Vanaların (açık/kapalı, açıklık oranı) ve pompaların (çalışır halde, beklemede, hizmet dışı) durumunun izlenmesi.
- Pompa motorlarının (çalıştırma/durdurma) ve belirli kontrol vanalarının (açma/kapama) uzaktan kumanda edilebilmesi.
- Su depolarındaki su seviyesinin izlenmesi ve seviye olması gerekenden yüksek ya da düşük olduğunda alarm verilmesi.
- Şebekenin belirli noktalarındaki basıncın izlenmesi ve basınç yüksek ya da düşük olduğunda alarm verilmesi.
- Şebekenin belirli noktalarındaki debinin ve su hacminin izlenmesi.
- Pompaların, su depolarındaki su seviyesine ve dolayısıyla su ihtiyacına bağlı olarak çalıştırılması.
- Terfi istasyonlarındaki elektriksel verilerin (akım, gerilim, enerji tüketimi vb.) izlenmesi ve anormal değerler oluştuğunda alarm verilmesi.
- Uzak istasyonlardan gelen verilerin alınarak Kontrol Merkezinde saklanması ve tablo ve grafik şeklinde rapor haline getirilerek sunulması.
- Belirli noktalardaki su kalitesi parametrelerinin izlenmesi ve anormal değerler (ör. yüksek ya da düşük klor içeriği) oluştuğunda alarm verilmesi.

Bu işlevler, kontrol merkezinde uzaktan ve kontrol istasyonlarında lokal olarak, kontrol panolarına yerleştirilecek HMI operatör kontrol panosu aracılığıyla yerine getirilecektir. Kontroller, manuel olarak yapılabileceği gibi RTU'lar ve/veya SCADA sistemi aracılığıyla otomatik olarak da yapılabilecektir. Çalıştırma modu seçimi, hem farklı Kontrol İstasyonlarında hem de Kontrol Merkezinde (yerinde/uzaktan/otomatik) yapılabilir.

SCADA sistemleri, standart donanım ve yazılımı kullanmalı ve varsa mevcut SCADA sistemleriyle entegre edilerek su dağıtım şebekesinin kolay ve sorunsuz bir şekilde izlenmesini, kontrol edilmesini ve yönetilmesini sağlayabilmelidir. Gelecekte ilave işlevler ve kontrol istasyonları eklemek suretiyle sistemi genişletmek de mümkün olmalıdır.

### 3.2.6. İdari Kayıpların Azaltılması

"Görünür kayıp" olarak da adlandırılan idari kayıplar su kayıplarının azaltılmasına ilişkin faaliyetlerin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. İdari kayıpların iki ana bileşeni vardır: hatalı sayaç okuma ve/veya faturalandırma hataları ve izinsiz tüketim nedeniyle olduğundan daha az ölçülen su miktarı. Bu soruların çözülmesi için iki ana faaliyetin yapılması gerekmektedir:

- Entegre abone sayaç yönetimi planının uygulanması: İyi bir abone sayaç yönetimiyle, sayaçların tüketimi olduğundan daha az göstermesinin önüne geçilirken gelirler artırılır. Bu eylem aşağıdaki faaliyetlerden oluşmaktadır:
  - Doğru sayaç seçimi.
  - Sayaç test ve bakımı.
  - Kullanım ömrü sona erdiğinde veya test sonuçları sayaçların kullanılmaması gerektiğini önerdiğinde sayaç yenileme.
  - Sayaç okuma ve faturalandırma verimliliğinin iyileştirilmesi de GGS'yi azaltma stratejisinin bir parçası olmalıdır. Sayaç okumadan faturalandırma sürecine ve veri aktarımına kadar bilgi akışının iyileştirilmesi, faturalandırılan miktarlarda görülecek iyileşmelerin ve gelirlerde



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

yaşanacak artışın önünü açacaktır. Bu çalışmalara ilişkin görünür kayıplar genellikle hafife alınmaktadır.

- Kaçak bağlantıların düzenlenmesi: Su kaybı yönetiminin önemli unsurlarından bir tanesi, su idaresinin, su kullanıcılarını düzenlenmiş (yasal) bir su bağlantısının faydaları konusunda bilgilendirmesidir. Ortaya çıkabilecek kaçak bağlantıları sürekli kontrol eden bir mekanizma olmalı ve tespit edilen herhangi bir kaçak bağlantı kesilmek suretiyle buna karşılık gelen cezalar uygulanmalıdır.

#### 3.2.6.1. ENTEGRE ABONE SAYAÇ YÖNETİMİ

Sayaç takma, su idarelerinin su dağıtım sistemlerindeki durum hakkında temel bilgileri almak ve kaynakları düzgün bir şekilde yönetmek için ihtiyaç duyduğu kilit bir araçtır. Entegre sayaç yönetimi stratejisinin doğru bir şekilde uygulanması, dahil olan tüm taraflar için bir kazan-kazan stratejisi oluşturmaktadır.

Sayaç takmanın birçok doğrudan ve dolaylı faydası olsa da kapsamlı bir sayaç programının dört temel itici gücü vardır:

- **Hakkaniyet:** Kapsamlı ölçüm yapılması, aboneleri tükettikleri su miktarına göre ücretlendirmek için hakkaniyetli bir temel oluşturmaktadır. Aboneleri kendi su kullanımlarından sorumlu tutmakta ve bu hizmet için ne kadar ödeme yaptıklarını etkilemelerini sağlamaktadır. Ayrıca çapraz sübvansiyonun adil bir şekilde yapılmasına ve ihtiyaç sahibi abonelere temel miktarda suyun ücretsiz verilmesine imkan sağlamaktadır.
- **Su verimliliği ve kayıplar:** Sayaç okuma suyun değerini aboneye göstermekte ve abonelerin suyu verimli kullanması için güçlü teşvikler oluşturmaktadır. Aslında, yalnızca su sayaçları takmanın bile su tüketimini azalttığı görülmüştür. Su özellikle az olduğunda, su sayaçları su ihtiyacını yönetmek ve abonelerin su kısıtlamalarına uymasını sağlamak için gereklidir. Şebekedeki ve abonelerin su sayaçlarındaki okumaları karşılaştırarak, bir su temini sistemindeki su kayıplarının seviyesini tahmin etmek ve yasadışı bağlantıları tespit etmek mümkündür. Dağıtım sistemine iyi bir şekilde yerleştirilmiş bir sayaç okuma sistemi de teknik personele büyük sızıntıların yerini etkin bir şekilde tespit etmek konusunda yardımcı olacaktır.
- **Ekonomik faydalar:** Ölçülen tüketim, birçok su hesabının temelini oluşturmaktadır ve bu nedenle içme kullanma suyu gelirlerini doğrudan etkilemektedir. Su sayaçları, su tedarikçilerinin yazar kasalarıdır. İyi yönetilen ve doğru bir su sayacı sisteminin, su satışlarını ve böylece belediye gelirini artıracakları sonucuna varılabilir. Su tarifeleri, belediye gelirini artırmak, ihtiyaç sahibi abonelere çapraz sübvansiyon sağlamak ve su tüketimini yönetmek için kullanılabilir. Ancak böyle bir tarife politikasının, iyi kurulmuş bir sayaç okuma sistemi olmadan uygulanması mümkün değildir.
- **Sistem yönetimi:** Su sayaçları, ister ham su kaynakları, ister su arıtma tesisleri ya da toplu su temini hizmetleri olsun, bir su temini sistemine giren suyun ölçülmesi için kullanılmaktadır. Dağıtım şebekesindeki sayaçlar suyun nereye taşındığını ölçmekte ve nihayetinde abone sayaçları, sistemde sayacı olan her bir aboneye ne kadar su temin edildiğini ölçmektedir. Belirli bir çaptaki bir boru sadece belirli bir miktarda debiyi taşıyabilir. Bu nedenle ekonomik büyüme veya yeni gelişmeler nedeniyle su ihtiyacı arttıkça boruların bir üst seviyeye yükseltilmesi gerekir. Aynı şey, içme-kullanma suyu depoları, pompalar ve şebekenin diğer bileşenleri için de geçerlidir. Teknik personel, şebeke bileşenlerinin oluşturduğu sorunları tespit etmek ve bunlarla ilgili planlar yapmak için,



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

sistemdeki su ihtiyacı paternlerini anlamalarını ve gelecekteki ihtiyaçları tahmin etmelerini sağlayan su sayacı verilerini kullanmaktadır. İyi bir sayaç sisteminden elde edilen veriler, yönetimin sermaye yatırımları, bakım, personel ve su temini sisteminin diğer çeşitli unsurları konusunda bilgi temelli kararlar almasını sağlamaktadır.

Genellikle daha iyi bir sayaç seçimi, test, bakım ve yenilemeden oluşan iyi bir abone sayaç yönetiminin devreye sokulmasıyla, sayaçların düşük kayıt yapması önlenir ve böylelikle gelirler en üst düzeye çıkarılabilir.

Uzaktan sayaç okuma, ölçülen bilgi ve verilerin daha sık ve daha doğru aktarılmasını sağlamaktadır. Münferit sayaçların, abone sızıntılarının ve yolsuzlukların daha iyi analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Şebeke düzeyinde, bu otomasyon ve kontrol, su kayıplarının analizinin daha iyi yapılmasını, su dengesinin devam ettirilmesini ve patlakların tespit edilip konumlarının belirlenmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak, her düzeyde GGS yönetimini iyileştirmektedir.

Sayaç okuma ve faturalandırma verimliliğinin iyileştirilmesi de GGS'yi azaltma stratejisinin bir parçası olmalıdır. Sayaç okumadan faturalandırma sürecine ve veri aktarımına kadar bilgi akışının iyileştirilmesi, faturalandırılan miktarlarda görülecek iyileşmelerin ve gelirlerde yaşanacak artışın önünü açacaktır. Bu çalışmalara ilişkin görünür kayıplar genellikle hafife alınmaktadır.

Her bir aboneye verilen su miktarının bilinmesi ve dolayısıyla fiziki ve idari kayıplar ile bu izinli tüketimler arasındaki farkı ortaya koymak için ücretlendirilmeyen (izinli) tüketimleri olan aboneler de dahil olmak üzere tüm abonelere sayaç takılması gerektiğini belirtmek önemlidir.

### 3.2.6.2. KAÇAK BAĞLANTI KONTROLÜ

Kaçak bağlantı kontrolü, su temini alanlarındaki yasa dışı su tüketicilerinin proaktif, etkin ve kapsamlı bir şekilde tespit edilmesi ve araştırılmasıdır. Bu kaçak bağlantı kavramı kapsamında kontrol edilmesi gereken tipik eylemler şunlardır:

- **Sayaç baypası:** Abonenin, suyu sayaçtan önce çeken alternatif bir borusu vardır.
- **Kaçak bağlantı:** Su kullanıcısı, su temini sistemine abone olmamış ancak kendisi bir şekilde şebekeye bağlanmıştır.
- **Kaçak yeniden bağlantı:** Abone, ödeme yapılmaması nedeniyle bağlantısı kesildikten sonra kendisini şebekeye yeniden bağlamıştır.
- **Sayacın ters çevrilmesi:** Abone, sayacın istediği şekilde okuma yapıp geriye doğru sayması için sayacı ters bir şekilde takmıştır.
- **Sayaç tahrifatı:** Abone, sayacın verimliliğini ve işlevselliğini etkilemek için sayacı bilerek bozmuştur.

Kaçak bağlantı kontrolü, su temini sistemlerinin yönetiminde aşağıdaki gibi birçok fayda sağladığı için oldukça önemlidir:

- Gelir Getirmeyen Suyun Azaltılması.
- İşletme maliyetlerinin azaltılması: daha az kimyasal ve elektrik kullanımı ile optimize edilmiş üretim.
- Yasal tüketim için mevcut suyun artması.
- Tespit edilen kaçak abonelere kesilen cezalar yoluyla gelirlerde artış.
- Daha güvenilir ihtiyaç projeksiyonlarının elde edilmesiyle daha iyi planlama yapılması.
- Dağıtım sisteminin işletiminin optimize edilmesi.





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 İnsan Yerleşimleri Programında önerilen, tespit edilen kaçak bağlantılar için art arda gerçekleştirilecek tipik eylemler şunlardır<sup>4</sup>:

- **Eylem 1.** Mülkte tespit edilen yasaya aykırı suçun türünü belirten bir formda bulguların özetlenmesi. Formun iki nüshasının hazırlanması ve bu nüshalardan bir tanesinin idarenin ofislerine götürülmesi. Kaçak kullanımları azaltma biriminin irtibat bilgilerinin açıkça belirtildiği ikinci formun ise abonenin mülkünde bırakılması.
- **Eylem 2.** Abonenin kendisini şebekeye yeniden bağlamasını önlemek için abonenin ana boru hattına olan bağlantısının ölçme noktasından kesilmesi.
- **Eylem 3** Para cezasının hesaplanması ve kesilen cezayı bildirmek üzere aboneye yazı yazılması. Bu yazıda, abonenin daha ayrıntılı görüşmek için idarenin ofislerine çağırılması. Bu yazılar kanuna uygun bir şekilde kaleme alınmalı, ticaret müdürü tarafından imzalanmalı ve genel müdür ve faturalandırma memurlarına bildirilmelidir.
- **Eylem 4.** Abonenin tüm cezayı tek bir seferde ödeyememesi halinde aboneye bir ödeme anlaşmasının imzalanması.
- **Eylem 5.** Takip yapılması ve kesilen tüm cezaların tahsil edilmesi. Tüm cezalar, belirlenen tahsilat ofislerinde ödenmelidir.
- **Eylem 6.** Ticaret Müdürünün, ödeme yapan aboneler için yeniden bağlantı emri vermesi üzerine yeniden bağlantı yapılması. Yeniden bağlantı emirleri, faturalandırma memurlarına bildirilmelidir.

### 3.2.7. Su Kayıplarının Yönetimi

#### 3.2.7.1. SIZINTI TESPİTİ VE ONARIMI

BÖA'ların oluşturulması ve ilgili debi verisinin analizi sonrasında, saha ekipleri kaçakların konumunun belirlenmesiyle devam etmelidir. Bu iş kapsamında aşağıdaki çalışmalar yapılmalıdır:

- Bildirilmemiş patlak veya kaçakların söz konusu olduğu BÖA'ları belirlemek için debimetre verilerinin kullanılması
- BÖA içinde kaçak alanının daraltılması.
- Kaçağın tam konumunun (ya da yaklaşık olarak tam konumunun) saptanması.

Bu işlem, yüksek kazı maliyetlerinden ve 'kuru çukurlardan' kaçınmak için (görünür sızıntıların olmadığı şüpheli sızıntı alanlarındaki kazılar) her bir adımda makul doğruluk gerektirir. Kaçağı tespit etmek ve yerini belirlemek için temel yöntem, basınç altındaki borudan geçen suyun sesini dinlemektir. Bu eylemin etkinliği sistem basıncına, kaçağın boyutuna ve şekline, boru materyaline ve zeminin özelliklerine bağlıdır.

Kaçakların yerinin tespit edilmesine yardımcı olan farklı ekipmanlar geliştirilmiştir, en çok kullanılan türler aşağıda verilmiştir:

- **Gürültü Kaydediciler:** Gürültü kaydediciler, şüpheli patlakların veya birkaç kaçağın bulunduğu BÖA'ların alanını daraltır. Genellikle 6, 12 veya 18 kaydediciden oluşan bir kaydedici grubu, her bir kaydedici bir hidranta, sayaca veya diğer hizmet tesisine konumlandırılmak üzere araştırma alanına yerleştirilir. Kaçaklardan kaynaklandığı düşünülen gürültüler doğrulanabilir ve aşağıda belirtilen

<sup>4</sup> Birleşmiş Milletler İnsani Yerleşimler Programı – Nairobi – Kenya. (2012). Yasadışı Kullanılan Suyun Azaltılması. 6. Cilt. UN-Habitat.



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

diğer yer tespit etme ekipmanları kullanılarak kaçağın yeri tespit edilir. Bazı gürültü kaydedici sistemler kaçağların yerini 'anında' tespit etmek için çoklu noktalardan verileri de içerir.



Şekil 24. Gürültü kaydedici.

- **Kaçağlar için gürültü kaydedici korelatörler:** Bu cihaz, kaçağı gürültü seviyesi baz alınarak belirlemektense, kaçağtan kaynaklanan seslerin hızını, boru duvarı boyunca Şüpheli kaçağın her iki tarafındaki bağlantı parçalarına yerleştirilen iki mikrofonun her birine doğru hareket ederken kullanır. Bu işlemin etkinliği kaçağtan kaynaklanan gürültünün gücüne ve boru materyalinin ses iletkenliğine bağlıdır. Su sütununa yerleştirilen hidrofonlar, plastik veya büyük borulardaki ve gürültü iletkenliğinin zayıf olduğu bilinen diğer borulardaki kaçağ seslerini de arttırabilir. Bu hidrofonlar, çoğu boru materyalinden daha iletken olan sudan geçen kaçağ gürültüsünü dinleyerek çalışır. Şebeke hattı boyunca yeterli temas noktası olması koşuluyla, en yeni korelatör versiyonları boruların çoğu boyutunda kaçağların yerini 0,5 metrede hızlı bir Şekilde bulmak için frekans seçimi ve filtreleme imkanına sahiptir. Çoğu durumda yeterli olan düşük maliyetli basit modeller mevcuttur.



Şekil 25. Gürültü kaydedici korelatör.

- **Zemin mikrofonları:** Zemin mikrofonu, kaçağın sesini elektronik olarak arttırır. Temas veya inceleme modunda kurulabilir. Temas modu, elektronik dinleme çubuğuna benzer Şekilde bağlantı parçalarını



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

dinlemek için kullanılır. İnceleme modu ise bağlantı parçaları arasındaki boru hattı boyunca kaçakları araştırmak içindir. Bu teknik, mikrofonu boru hattı boyunca aralıklarla zemine yerleştirmeyi ve mikrofon kaçak konumuna yaklaşıkça ses amplifikasyonundaki değişiklikleri kaydetmeyi içerir. Kaçak gürültü kaydediciler veya gürültü kaydedici korelatörler tarafından bir kaçak tespit edildiğinde, saha ekibi kaçağın yerini belirlemek için iki modu da kullanabilir.



Şekil 26. Zemin mikrofonları.

- **Ses Çubuğları:** Ses çubuğu veya 'steteskop' sesleri arttırmak için bir kulak parçası takılı olan ahşap veya metalden yapılmış pahalı olmayan, basit bir çubuktur. Saha ekibi karayolu yüzeyi üzerinden veya doğrudan maruz kalan boru ve bağlantı parçaları üzerinden kaçak sesini dinlemek için kullanır. Ses çubuğu, sıklıkla ilk olarak gürültü kaydedici korelatör tarafından belirlenen kaçak alanını doğrulamak için kullanılır.



Şekil 27. Ses Çubuğu

Yukarıdaki tüm ekipman sadece bir sızıntının neden olduğu gürültüyü değil aynı zamanda pompa, musluk, hava valfi vb. gibi sistemdeki diğer gürültüleri de algılayacaktır. Bu nedenle, yalnızca ekipmanı doğru şekilde kullanmakla kalmayıp aynı zamanda sızıntıları etkili bir şekilde tespit etme becerisine sahip, deneyimli bir sızıntı tespit ekibine sahip olmak önemlidir.



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

Akustik yöntemlerin bir parçası olarak belirtilen ekipman, her belediyede bulunması gereken temel cihazlardır. Bu alandaki hızlı gelişmelerin yanı sıra kaçak tespiti için yeni yöntemler de (termal görüntüleme, helyum gazı izleme, yer radarı, uydu teknolojileri, yazılım vb.) vardır.

### 3.2.7.2. PERSONEL KAPASİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Temel ve genel bir kavram olan kapasite geliştirme, su sektörünün sürdürülebilir bir şekilde geliştirilebilmesi için gerekli stratejik unsurlardan biri olup sektördeki tüm faaliyetlere uzun vadeli ve sürekli bir yaklaşımla uygulanması gereken bir süreçtir. Kapasite geliştirme, sektörün performansını artırmaya yönelik pek çok tekniğin uygulanmasını ve dolayısıyla su yönetim becerileri konusundaki verimliliği de artırmaktadır.

Kapasite geliştirme çalışmaları üç ayrı düzeyde yürütülmelidir:

- Sektörel düzeyde: İçme-kullanma suyu sektörünü etkili bir şekilde yönetmek için gerekli ortamın hazırlanması amacıyla ortak bilgi ve kaynakların kullanılması ve olumlu sonuçlar almak için gerekli sinerjilerin oluşturulması.
- Kurumsal düzeyde: Su hizmetlerinin yönetiminden sorumlu kurumların hedeflerine ulaşmasını sağlamak için personelin kolektif becerilerinden etkili bir şekilde yararlanmak amacıyla planlama ve yönetim süreçlerinin oluşturulması.
- Bireysel düzeyde: Bireylerin becerilerini kurumun ihtiyaçları doğrultusunda geliştirmeye yönelik kapsamlı insan kaynakları geliştirme strateji ve programlarının uygulanması.

Kapasite geliştirme, birbiriyle ilişkili iki kavrama dayanmaktadır:

- Tüm düzeylerdeki kurumların, sürdürülebilir su kaynakları geliştirmenin tüm boyutlarını daha verimli ve etkin bir şekilde ele almak üzere güçlendirilmesi, ör. uygun bir politika ortamının oluşturulması, su kaynaklarının miktar ve kalite açısından değerlendirilmesi, planlama, yönetim, program ve proje oluşturma, uygulama ve değerlendirme vs.
- İnsan kaynaklarının her açıdan geliştirilmesi, ör. eğitim, mesleki eğitim ve çalışan memnuniyetini ve performansını artırmaya yönelik çalışma koşulları oluşturulması vs.

Tüm bu kabiliyetlerin geliştirilebilmesi için, su sistemlerinin yönetimi ile ilgili konuları suyun verimli kullanımına odaklanan bir Kapasite Geliştirme Planının uygulanması gerekmektedir. Bu konulardan bazıları şunlardır:

- Altyapı Yönetim Planı: Malzeme seçimi, kurulum, bakım ve yenileme.
- Su bütçesi ve verimlilik oranları
  - Su kullanımı, su ihtiyacı yönetimi ve entegre su kaynakları yönetimi.
  - Standart su dengesi bileşenleri ve hesaplaması: İzinli/izinsiz faturalandırılmış/faturalandırılmamış su, Gelir Getirmeyen Su, Fiziki ve İdari Kayıp, vb.
  - Performans Göstergeleri Kaçınılmaz Reel Kayıplar, Cari Yıllık Reel Kayıplar, Altyapı Kaçak İndeksi ve reel kayıpların ekonomik seviyesi.
  - GGS'nin azaltılmasına yönelik hedefler ve sızıntı ekonomisi.
- GGS azaltma teknikleri ve araçları:
  - CBS'ye dayalı haritalandırma ve hidrolik modelleme.
  - Bölgesel Ölçüm Alanlarının (BÖA) ve Basınç Yönetim Alanlarının (BYA) oluşturulması.
  - Su depolarındaki ve boru şebekelerindeki aktif sızıntıların tespiti ve kontrolü.
  - Hızlı ve kaliteli sızıntı onarımları.



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

- Entegre Abone Sayaç Yönetimi: Sayaç performansının, sayaç okumalarının ve faturalandırmanın iyileştirilmesi.
- Kaçak bağlantılara ilişkin düzenlemelerin devreye sokulması.
- Suyun fiyatlandırılması ve tarifeler:
  - Su maliyetleri: Kaynak maliyetleri, çevresel maliyetler ve finansal maliyetler (sermaye ve işletme-bakım maliyetleri).
  - Maliyetin karşılanması ve kirleten öder politikası.
  - Tarifeler: Tipolojiler, bileşenler ve hacim esaslı kademeler.

### 3.2.7.3. SU KAYIPLARINI AZALTMA PLANI

Bir idare tarafından entegre izleme ve aktif sızıntı kontrolü stratejisinin uygulanması genellikle sadece operasyonel, finansal ve çevresel verimliliğin artmasını sağlamakla kalmayıp aynı zamanda kuruluş içinde derin bir davranış değişikliği için katalizör oluşturmaktadır. Gerçekten de, idareler su kayıpları sorunu konusunda nispeten pasif bir yaklaşımdan proaktif bir yaklaşıma geçtiklerinde yeni stratejiden kaynaklanan olumlu sonuçların ortaya çıkmasıyla birlikte hem motivasyon artışı teşvik edilecek hem de öncelikli olarak idarenin yapısında yeni bir dinamizm ortaya çıkacaktır. Bu, çeşitli ekiplerin su kayıpları sorununa işletmenin kilit hedeflerinden birisi olarak bakmaya başlamasını sağlayarak farklı düzeylerde performansın iyileşmesine katkıda bulunabilir.

İşletme verimliliği arttığında hem beşeri hem finansal kaynakların serbest kalması ve bu kaynakların, idare için eşit öneme sahip diğer faaliyetlere yönlendirilerek genel performansı iyileştirmesi de yine son derece önemlidir. Özetle, entegre izleme stratejisinin ve aktif sızıntı kontrolünün uygulanması tüm düzeylerde değerli bir seçenektir ve idarenin verimlilik yönetiminin genel olarak iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Su kaybının azaltılması, ekonomik ve ekolojik verimliliğin artmasına ve abonelere daha iyi hizmet verilmesini sağladığı için her su idaresinin amacı olmalıdır. Karar vericiler, su kayıplarını azaltma planı hazırlamadan önce finansal ve personel kaynaklarının sağlanmasının önemini ve gerekliliğini bilmelidir. Bir su idaresinin perspektifinden bakıldığında, su kaybı yönetimi için artan harcamaları haklı gösterebilecek en az **on** neden vardır<sup>5</sup>:

1. **İşletme maliyeti verimliliği:** bakımı iyi bir şekilde yapılan bir su dağıtım sistemi daha az onarım gerektirecek, üretim maliyetleri daha düşük olacak ve tazmin masraflarını önleyecektir.
2. **Sermaye maliyeti verimliliği:** bakım eksikliği ve aralıklı çalıştırma, boru, vana ve sayaçlarda yıpranma ve aşınmayı artırmaktadır. İyileştirilmiş su temini, sistem bileşenlerinin hizmet ömrünü uzatacak ve su idaresinin sabit maliyetlerinin uzun vadede düşmesini sağlayacaktır.
3. **İyileştirilmiş sayaç okuma ve faturalandırma:** dağıtım sistemindeki hava sayaç okuma hatalarına sebep olabildiğinden daha az sızıntı ve iyileştirilmiş su temini, görünür su kayıpları üzerinde de olumlu etkilere yol açabilir.
4. **Azalan sağlık riskleri:** atık su ve diğer kirleticiler, sızıntılarla boru sistemine süzülebilir düşük basınçlı sistemlerde veya aralıklı çalıştırma durumunda sudan kaynaklanan hastalıkları tetikleyebilir.

<sup>5</sup> Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu) (GIZ) GmbH. (2010). Su kayıplarının azaltılmasına yönelik kılavuz ilkeler. Basınç yönetimine yakından bir bakış



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

5. **Artan su temini güvenliği:** daha az sızıntının ve patlağın olduğu, bakımı iyi bir şekilde yapılmış bir sistem, su temini garantisini artıracaktır.
6. **Daha az altyapı zararı:** sızıntı, yerin altında binaların çökmesine neden olabilecek boşluklar oluşturabilir.
7. **Kanalizasyonlardaki yüklerin azalması:** Kanalizasyona kaybedilen suyun süzülmesi, kanalizasyon borularına ve atık su arıtma tesislerine ilave yük getirmektedir.
8. **Artan abone memnuniyeti:** kötü su kalitesi, yetersiz miktar ve sağlık risklerinin yanı sıra sızıntılar da abone başvurularındaki baskıyı azaltmaktadır. Su temini sisteminin güçlendirilmesi, abone memnuniyetini ve ödeme istekliliğini artıracaktır.
9. **Tanıtm ve ödeme istekliliği:** daha az patlak, artan su temini güvenliği ve hijyenik koşullar, halkın su idaresiyle ilgili algısını güçlendirecektir. Bu, abonelerin ödeme istekliliğini de olumlu etkileyebilir.
10. **Azalan ekolojik baskı:** son olarak, bir su kaybını azaltma stratejisinin geliştirilmesi, ekolojik açıdan da mantıklıdır. Su kaynaklarının kıt olduğu veya aşırı kullanıldığı durumlarda bu kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltmak için su kayıpları azaltılmalıdır.

### 3.2.8. Su Tasarrufu Konusunda Halkı Bilinçlendirme Kampanyaları

Su tasarrufu konusunda kamuoyunu bilinçlendirme kampanyalarıyla, su kıtlığı ile mücadele edilmesi ve suyun sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla toplumun tüm kesimlerinde su tasarrufunun önemi konusunda farkındalık oluşturulması hedeflenmektedir. Bu çalışmalarla, vatandaşların yaklaşım ve davranışlarına etki ederek suyun daha verimli kullanımını sağlamak amaçlanmaktadır. Bu kapsamdaki bilinçlendirme faaliyetleri, su tasarrufunun sosyoekonomik ve çevresel faydalarına odaklanan eğitim etkinlikleri ve farkındalık çalışmaları aracılığıyla yürütölmektedir.

İletişim kampanyalarında kullanılan tipik araçlar, geleneksel medya (radyo/TV), sosyal medya (İnternet) ve etkinlikler, sunumlar, çalıştaylar vb. gibi doğrudan iletişimi kapsamaktadır. Ekonomik teşvikler gibi diğer araçlar da kullanılabilir, örneğin su tasarruf eden cihazların kurulumu için sübvansiyon sağlanması, su sayaçlarının ücretsiz kurulumu. Belediye düzeyinde veya bölgesel düzeyde bireysel hane halklarının su tasarrufu konusundaki farkındalığını artırarak su tasarrufu sağlamak önemlidir.

Halkın bilinçlendirilmesine yönelik kampanyalar, altyapı inşaatı uzmanları, su uzmanları, sosyal pazarlama uzmanları ve iletişim ve eğitim uzmanlarını içeren çok disiplinli ekipler tarafından hazırlanarak uygulanmalıdır. Bilinçlendirme kampanyalarının planlanmasına ve uygulanmasına yönelik tipik bileşenler, iletişim protokolleri, eğitim materyalleri ve verimli bir yayının sağlanması için idari personel, okullar, medya kuruluşları, yerel STK'lar vb. ile ortaklıkların kurulmasını içermektedir.

Potansiyel su tasarrufu modellerini ve tüketici davranışlarına yönelik birincil hedefleri belirlemek için su altyapılarının ve tüketici alışkanlıklarının kapsamlı bir analizini yapmak gerekecektir (genellikle hanehalkı anketlerini kullanarak). Yapılacak işler kapsamında, bilinçlendirme kampanyaları için yerel su idare kuruluşları, hane halkları, iş yerleri, büyük çaplı işletmeler gibi hedef grupları belirlemek de gerekecektir. Kampanyaların sonuçlarını takip etmek için, belirlenen hedefler açısından gerçekleşen ilerlemeyi izleyen su tasarrufu amaçlarının da ortaya koyulması gerekecektir.



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. Su Hizmeti Tarifeleri ve Su Tasarrufu

Su ihtiyacını yönetmek ve aşırı su tüketimini ekonomik bir caydırıcı aracılığıyla düşürmek için kullanılan araçlardan biri, artan/azalan kademeli tarifelerdir. Bu yaklaşım kapsamında, kullanılan hacim arttıkça birim hacim artışı için geçerli su fiyatı da artmaktadır. Nihai amaç, daha yüksek tüketimi olan abonelerin, belirli hedef abonelerin ortalama su ihtiyaçlarına uygun olarak belirlenen bir eşik değerin üzerinde yaptıkları aşırı tüketim için daha yüksek oranlar ödemeleridir.

Tarifeler genellikle hacim esaslı kademelere ayrılmaktadır. Brinci kademe, en düşük fiyatlı kademe olup bu kademe, ortalama "düşük gelirli hanehalkının" temel ihtiyaçlarını karşılamaya yetecek bir miktara denk gelmelidir. Diğer kademelerde tüketim birimi başına fiyat, aşamalı olarak artacaktır. Bunun arkasındaki fikir, kademeli fiyatlandırmanın su tasarrufundan caydırması ve nihayetinde aşırı tüketimden kaynaklanan daha yüksek işletme maliyetlerini karşılamak için ilave bir gelir kaynağı oluşturmasıdır. Böylelikle, çapraz sübvansiyon programlarıyla suya erişim daha eşit hale gelecektir.

Su idareleri, fiyatlandırma kademelerini tasarlarken yerel su tüketim ihtiyaçlarını, hanehalkı ödeyebilirliğini ve kilit kullanıcıları da dikkate almalıdır. Son olarak, gelir hedefleri ve su tasarruf amaçları belirlenerek kademeli fiyatlandırma yaklaşımlarının etkinliği izlenmeli ve öngörülen hedeflere ulaşamadığı takdirde gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.

### 3.2.10. Su Verimliliği için Bir Tedbirler Programının Uygulanması

Bu Metodolojik Rehberde yer alan adımlar takip edilerek bir su sisteminin karakterizasyonu ve teşhisi yapıldıktan sonraki aşama, su kullanım verimliliğini iyileştirmek için bir Tedbirler Programının hazırlanması ve uygulanmasıdır. Bu Tedbirler Programı aşağıdakileri içermelidir:

- Her bir tedbirin net tanımı,
- Her bir tedbirin uygulanmasına ilişkin maliyet tahmini,
- Uygulama planı.

İçme-kullanma suyu sektöründe su kullanım verimliliğinin artırılması ve belirlenen hedeflere ulaşılması için alınması gereken tedbirler 3. bölüm içerisinde detayları ile anlatılmıştır. Su Verimliliğine İlişkin Tedbirler Programına uygun tüm eylemler belirlendikten sonraki aşama, bu tedbirlerin her birinin maliyetinin tahmini olarak hesaplanmasıdır.

Tüm önlemlerin maliyeti belirlendiğinde, bir fayda-maliyet analizi yapılmalıdır. Fayda - maliyet analizi bir yatırımın getireceği yararlar ve maliyetler arasındaki dengeyi değerlendirmek üzere kullanılan ekonomik bir araçtır. Fayda-maliyet analizinin amacı, yapılacak bir müdahalenin alternatiflerinden ziyade o müdahalenin toplum için uygun olup olmadığını analiz ederek kaynakların daha verimli bir şekilde tahsis edilmesini sağlamaktır. Dolayısıyla da gelecek projelerin uygulanmasında karar verme sürecinde bir girdi olarak kullanılmaktadır.

Fayda-Maliyet analizi için standart bir yaklaşım iki temel senaryoyu dikkate almaktadır:

- Projesiz Senaryo: İncelenen su sistemindeki su kullanım verimliliğini artırmak üzere tedbirlerin uygulanmadığı ve yatırımın yapılmadığı senaryodur.



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

- Projeli Senaryo: Su verimliliğine ilişkin Tedbirler Programı için önerilen yatırımın uygulandığı ve finansal etkisinin incelendiği senaryodur.

Her iki senaryoda da, temel amacı uygun net getiri göstergelerini hesaplamak için proje nakit akışı tahminlerini kullanmak olan bir Finansal Analiz geliştirilmiştir. Genellikle bu finansal analizde kullanılan üç ana finansal gösterge, **net bugünkü değer**, **iç karlılık oranı** ve **geri ödeme süresidir**.

Finansal analiz, her iki senaryo için nakit akışlarının belirlenmesine ve nihayetinde söz konusu finansal göstergelerin tahmin edilmesine izin veren birbiriyle bağlantılı değişkenlerin hesaplanmasıyla gerçekteşirilir. Analizde kullanılan başlıca değişkenler,

Tablo 24’da yer almaktadır:

**Tablo 24. Fayda-maliyet analizinde dikkate alınan değişkenler**

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Nüfus ve su ihtiyacı
• Su temini ve atık su hizmetlerinin sabit maliyetleri
• Su temini ve atık su hizmetlerinin değişken maliyetleri
• Farklı tipte aboneler için faturalandırılan ve tahsil edilen su/atık su
• Her bir abone tipi için uygulanan tarifeler ve tahsil edilen gelirler
• Toplam gelirler ve fayda-maliyet dengesi

Nihayetinde, tedbirlerin uygulanıp uygulanmayacağına ilişkin karar, fayda-maliyet analizinin sonuçlarına bağlı olacaktır.

Su kullanım verimliliği ve su hizmetlerinin nihai kullanıcılarına uygulanan tarifeler arasında doğrudan bir ilişki vardır. Su kayıp ve kaçakları azaldığı takdirde, su hizmetini sunmaya yönelik maliyetler de azalacak ve böylelikle tarifeler düşürülebilecektir. Ancak öte yandan, su kayıplarının azaltılması, tarifeler aracılığıyla geri ödenmesi gereken yatırımlar yapmak anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, su verimliliğini iyileştirmeye yönelik tedbirler uygulama kararı, bu tedbirlerin maliyetine ve ilgili gelirlere, yani uygulanan tarifelere bağlı olacaktır. Dolayısıyla, su kayıpları, verimlilik artırma tedbirleri ve tarifeleri içeren tüm bu unsurlar birbirleriyle ilişkili olup bunlar arasında bir denge sağlanması şarttır.





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](https://universalium.enacademic.com/266809/environmental_works).
- Aksu, C. (2017). *Hassas Alanlarda Analitik Hiyerarşi 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%20Uzmanl%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](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](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/wpcms/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>
- Kuruńç, A. (2019). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Tuzluluđa Sebep Olan Faktörler ve Tuzluluk Etmenleri Ders Notları*. Akdeniz Üniversitesi. Eriřim Adresi: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiE85\\_4kPnPpAhUqx4UKHU9CBu8QFjAAegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Faves.akdeniz.edu.tr%2FImageOfByte.aspx%3FResim%3D8%26SSNO%3D8%26USER%3D1679&usg=AOvVaw2OupTd8AjLYWhRmk3EBL](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiE85_4kPnPpAhUqx4UKHU9CBu8QFjAAegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Faves.akdeniz.edu.tr%2FImageOfByte.aspx%3FResim%3D8%26SSNO%3D8%26USER%3D1679&usg=AOvVaw2OupTd8AjLYWhRmk3EBL)
- 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.



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

- 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”.
- 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>.
- Ően, Z. (2003). *Yeraltı Suyu (Hidrojeoloji)*. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Őengün, M.N. (2006). *Arazi Toplulaştırma ve Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri Sulama Suyunun Tasarruflu Kullanımına Etkisi ve Çalışmaları Yürütmesi Gereken Kurumsal Yapıdaki Yanlışlıklar*, 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%20Tüketimi%20Rehberi%205-9-2016.pdf?Mobile=1&Source=%2FTAGEM%2F%5Flayouts%2F15%2Fmobile%2Fviewa%2Easpx%3FList%3>



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

[D613f7565%2De673%2D4542%2Db8bc%2Da6717ac5d036%26View%3D7f47e11b%2D9181%2D487e%2D9373%2D633de696841b%26wdFCCState%3D1%26PageFirstRow%3D181](http://www.tarimkutuphanesi.com/D613f7565%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/>

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](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>

Tekinel, 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.



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). (2018). *Proje Semineri Ders Notları*. Devlet Su İşleri Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı.
- 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%A7al%C4%B1%C5%9Fmalar%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Durgun Suların Özümlene Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi*. Akarcay Havzası Nihai Raporu.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Durgun Suların Özümlene 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](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). *Buharlaşma, 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>



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

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.



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

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

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](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](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%20Odeg.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7055/mod_resource/content/0/blm%204%20Su%20kal%20Odeg.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).

**URL 1** Erişim adresi: <https://www.microsiervos.com/archivo/mundoreal/presas-embalses-madrid.html>. Madrid'deki "El Villar" barajında içme suyu kaptajı (İspanya).

**URL 2** Erişim adresi: [www.filterclean.co.uk](http://www.filterclean.co.uk).

**URL 3** Erişim adresi: [www.water.ca.uky.edu/dugwell](http://www.water.ca.uky.edu/dugwell).

**URL 4** Erişim adresi:

[https://repository.lboro.ac.uk/articles/Fixed\\_gravity\\_intake\\_with\\_sump\\_and\\_motorized\\_submersible\\_pump/7688225](https://repository.lboro.ac.uk/articles/Fixed_gravity_intake_with_sump_and_motorized_submersible_pump/7688225). Loughborough University. (Erişim Tarihi: Mart 2020). *Fixed gravity intake with sump and motorized submersible pump (media type)*.

**URL 5** Erişim adresi: <https://sswm.info/taxonomy/term/3939/disinfection-and-tertiary-filtration>.

Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). (Erişim Tarihi: Mart 2020). *Tertiary processes in a WWTP: Filtration and Chlorination (media type)*.





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

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



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



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