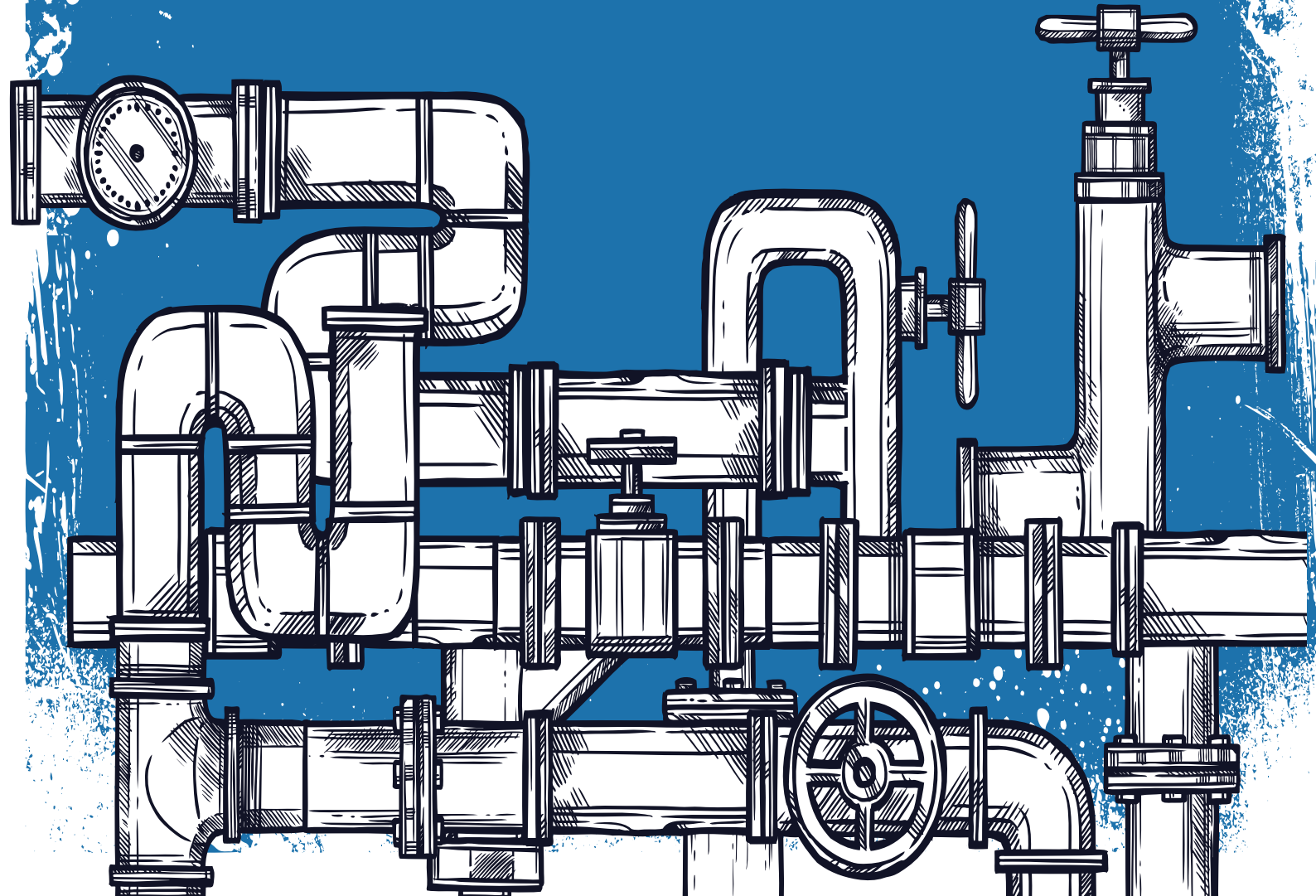




İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE SU KAYIP VE KAÇAKLARININ KONTROLÜ VE YÖNETİMİ





İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE SU KAYIP VE KAÇAKLARININ KONTROLÜ VE YÖNETİMİ

MAYIS 2021

Yayının Adı: İçmesuyu Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıp ve Kaçaklarının Kontrolü ve Yönetimi

ISBN: 978-605-7599-65-0

Rapor Koordinatörü / Editör

Mustafa Salih Sarıkaya

Yazarlar

Prof. Dr. Mahmut Fırat

Dr. Ahmet Güleç

Grafik Tasarım & Baskı-Cilt

Saner Basım Hizmetleri San. Tic. Ltd. Şti.

Litrosyolu Sokak 2. Matbaacılar Sitesi No: 2-4

Zeytinburnu / İstanbul

Sertifika No: 50633

© 2021, SUEN.

Bu yayının tüm hakları Türkiye Su Enstitüsü (SUEN)'ne aittir.

Türkiye Su Enstitüsü (SUEN)
Küçükçamlıca Mah. Libadiye Cad.
No: 54 Üsküdar / İstanbul
www.suen.gov.tr

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	II
KUTU LİSTESİ	III
TABLO LİSTESİ	IV
KISALTMALAR	V
1. GİRİŞ	2
2. GELİR GETİRMEYEN SU KAVRAMI	4
3. SU BÜTÇESİ VE STANDART SU DENGESİ TABLOSU	12
4. FİZİKİ KAYIPLAR	17
5. KAÇAKLARIN AZALTILMASI NEYİ İFADE ETMEKTEDİR?	21
6. İDARİ KAYIPLAR	25
7. SU KAYIP YÖNETİMİNDE PERFORMANS DEĞERLENDİRME	27
8. SU KAYIP YÖNETİMİNDE GENEL DURUM	38
9. SU KAYIPLARININ YÖNETİMİNDE MER'İ YÖNETMELİĞİN GENEL DEĞERLENDİRMESİ	41
10. GELECEĞE DAİR TAVSİYELER	45
11. SU KAYIP YÖNETİMİ İLE İLGİLİ VAKA ÇALIŞMALARI	49
• VAKA ÇALIŞMASI 1: BOSNA HERSEK'TE SU KAYIPLARININ AZALTILMASI PROJESİ	49
• VAKA ÇALIŞMASI 2: ZAGREP SU DAĞITIM ŞEBEKESİNDE BÜYÜK ÖLÇEKLİ SU KAYIP YÖNETİMİ PROJESİ	54
• VAKA ÇALIŞMASI 3: SU YÖNETİMİNDE KAYIP/KAÇAKLARIN AZALTILMASI PİLOT UYGULAMASI - GÖKTÜRK-KEMERBURGAZ PROJESİ	59
• VAKA ÇALIŞMASI 4: MALATYA İLİNDEKİ SU ŞEBEKESİNİN ÖLÇÜLEBİLİR ALT BÖLGELERE AYRILMASI VE BU ALT BÖLGELERDE SU KAYIPLARI İLE MÜCADELE ÇALIŞMASI	64
• VAKA 5: DAĞITIM SİSTEMLERİNDE BASINÇ KONTROLÜNÜN SU KAYIPLARINA VE SU BÜTÇESİNE ETKİSİ: KAYSERİ ÖRNEĞİ	71
• VAKA 6: BÜTÜNLEŞİK SU KAYIP YÖNETİMİ YAZILIMI	76
KAYNAKLAR	83

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Küresel su ihtiyaçları, 2000–2050 (OECD, 2008; Gomez vd., 2011)	3
Şekil 2. Sızıntı tipleri ve mücadele şekilleri (Lambert vd., 1999; Farley, 2001; Thornton vd., 2008; Fallis vd., 2011)	5
Şekil 3. GGS sebebiyle meydana gelen kısır döngü (Farley vd., 2008)	6
Şekil 4. GGS yönetimindeki fırsat döngüsü (Farley vd., 2008)	6
Şekil 5. IBNET veri tabanına göre su idarelerinin ve bunların kayıp oranlarının değişimi (Kingdom ve Liemberger, 2006; Fallis vd., 2011)	7
Şekil 6. GGS ile mücadele bileşenleri (Farley vd., 2008)	11
Şekil 7. Su temin sisteminin değerlendirilmesinde kullanılan su dengesi tablosu (Lambert ve Hirner, 2000; Pearson, 2019)	13
Şekil 8. Fiziki kayıpların sisteme giren suyun yüzdesi olarak ifade edilmesinde tüketim hacminin etkisi (Lambert, 2002; Farley vd., 2003)	15
Şekil 9. Farkındalık, yerini tespit ve onarım sürelerine bağlı sızıntı hacimleri (Pearson, 2019; Lambert, 2020)	17
Şekil 10. Fiziksel kayıplar ile mücadelede dört uygulama (Farley ve Trow, 2003; AWWA, 2009)	18
Şekil 11. Servis bağlantılarında meydana gelen sızıntılar (Boztaş vd., 2018)	19
Şekil 12. Abone Bağlantı sayısı N_s bazen N_c olarak birbirinin yerine kullanılabilir (Lambert vd., 2014)	32
Şekil 13. KYFK (l/bağlantı/gün), sayaçları parsel sınırında bulunan sistemler (Lambert vd., 2014)	36
Şekil 14. KYFK (m^3/km şebeke/gün), sayaçları parsel sınırında bulunan sistemler (Tardelli, 2006)	36
Şekil 15. Ülkemizdeki Su ve Kanalizasyon İdarelerinin ortalama su kayıp bileşenleri (SUEN, 2019)	39
Şekil 16. Su kayıp yönetiminde geliştirilen strateji modelinin ana bileşenleri (Bozkurt vd., 2021)	47
Şekil 17. CalcuLEAKator 3.0 yazılımı (Hamilton ve McKenzie, 2014)	49
Şekil 18. CalcuLEAKator 3.0 yazılımı tabloları (Hamilton ve McKenzie, 2014)	50
Şekil 19. Tuzla kasabası için CalcuLEAKator üzerinde görülen IWA Su Balansı (Hamilton ve McKenzie, 2014)	51
Şekil 20. Tespit edilen en yüksek su kaçağı bölgesi kazısı (Hamilton ve McKenzie, 2014)	52
Şekil 21. Tuzla kasabası için CalcuLEAKator yazılımındaki IWA Su Balansı (Hamilton ve McKenzie, 2014)	52
Şekil 22. Zabreb'teki ÖAB bölgelerinin yerleştirilmesi (Hamilton ve McKenzie, 2014)	56
Şekil 23. ÖAB için ölçüm odası yapımı (Hamilton ve McKenzie, 2014)	56
Şekil 24. Oda içerisine elemanların yerleştirilmesi (Hamilton ve McKenzie, 2014)	57
Şekil 25. Su kayıp yönetimi çalışmasını yapılacağı Kemerburgaz bölgesinin hidrolik modeli ve model için sahadaki hidrolik ölçüm noktaları	60
Şekil 26. Ölçüm Odası tasarım ve enstrüman yerleşim planı	60
Şekil 27. Ölçüm odalarının sahada imalatı	61
Şekil 28. Hidrolik model sonucu oluşturulan ÖAB'ler ve her bir ÖAB'ye ait veriler	61

Şekil 29. Şebekenin sahada izolasyonunun yapılması ve sıfır basınç testi	62
Şekil 30. Sahada gerçekleştirilen aktif kaçak, arıza tespiti ve onarım çalışmaları	62
Şekil 31. Kemerburgaz bölgesine verilen aylık su miktarları	63
Şekil 32. ÖAB oluşturulması için sahada yapılan çalışmalar (Durmuşçelebi, 2018)	65
Şekil 33. Sahadaki ÖAB sınırlamalarının yapılabilmesi için yerleştirilen vana çalışmasından örnek (Durmuşçelebi, 2018)	65
Şekil 34. Uygulama alanında ÖAB'lerin dağılımı (Durmuşçelebi, 2018)	65
Şekil 35. Gece debisi izlemesi çalışması yapıldığı Dabakhane bölgesi (Durmuşçelebi, 2018)	67
Şekil 36. Aktif kaçak tespit çalışmaları öncesi Dabakhane bölgesinde yapılan gece debisi ölçümü (Durmuşçelebi, 2018)	68
Şekil 37. Aktif kaçak tespit çalışmaları sonrası Dabakhane bölgesinde yapılan gece debisi ölçümü (Durmuşçelebi, 2018)	68
Şekil 38. Zaviye ÖAB rehabilitasyon işlemleri sonunda performansı (Durmuşçelebi, 2018)	69
Şekil 39. Zaviye ÖAB için ILI sınır değerleri (Durmuşçelebi, 2018)	70
Şekil 40. Uygulama alanı ve pilot izole ölçüm bölgesi (KASKİ, 2020; Özdemir vd., 2021)	72
Şekil 41. Ağaçişleri izole bölgesinde minimum gece debisinin değişimi (KASKİ, 2020; Özdemir vd., 2021)	73
Şekil 42. Pilot bölgede step-test sonucunda tespit edilen potansiyel sızıntılar (KASKİ, 2020; Özdemir vd., 2021)	73
Şekil 43. İzole bölgede aktif kaçak kontrolü ve basınç yönetimine bağlı olarak debi değişimi (Özdemir vd., 2021)	74
Şekil 44. Web tabanlı su dengesi hesaplama aracı ve pilot bölge için analiz sonuçları (web-1; Fırat vd., 2021).	77
Şekil 45. Minimum gece debisi hesaplama aracı (web-1; Fırat vd., 2021)	79
Şekil 46. MNF hesaplama aracında katsayıların seçilmesi (Lambert, 2002; Farley, 2001; Morrison vd., 2007; Babić vd., 2014; Lambert vd., 2014)	80
Şekil 47. Altyapı kaçak indeksi hesaplama aracı (web-1; Fırat vd., 2021).	82

KUTU LİSTESİ

Kutu 1. GGS'den Bahsetmek	11
Kutu 2. Tüketim Miktarındaki Değişimin Kayıp Oranı Üzerine Etkisi	15
Kutu 3. Servis Bağlantısı Arızalarının GGS'ye Etkisi	19
Kutu 4. Fiziki Kayıpların Su Dengesi Açısından Değerlendirilmesi	20
Kutu 5. Veri Yönetimi	23
Kutu 6. KYFK Hesaplamak için Temel Denklemler	32
Kutu 7. Performans Göstergesi Olarak Yüzde (%) Kullanımının Sakıncaları	33
Kutu 8. Farklı Altyapı Sistemlerinin Karşılaştırılması için Bilinmesi Gerekenler	36

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Dünyadaki GGS hacim tahminleri (Gomez vd., 2011)	7
Tablo 2. Fiziksel kayıp değerlendirme matrisi (Liemberger ve Mckenzie, 2005; EU, 2015)	10
Tablo 3. Gelir getirmeyen su bileşenleri için maksimum varsayılan referans değerler (Lambert vd., 2014)	14
Tablo 4. Fiziki kayıp hedeflerinin sisteme giren suyun yüzdesi olarak ifade edilmesinde tüketimin etkisi (Lambert vd., 2014)	15
Tablo 5. Antalya ili özelinde su kayıplarının değerlendirilmesi (ASAT, 2017)	20
Tablo 6. Su kayıplarının ülkeler bazında sınıflandırılmasında kullanılan kategori matrisi (Liemberger ve Mckenzie, 2005; Karadirek, 2016)	29
Tablo 7. IWA performans göstergeleri (Alegre vd., 2006)	31
Tablo 8. Fiziki kayıpların azaltılmasında hacimsel ve yüzde olarak ifade edilmesi (EU, 2015)	33
Tablo 9. Ek performans göstergeleri ve sistem göstergeleri (Lambert vd., 2014)	35
Tablo 10. KYFK formülünün uygulama sınırlarındaki değişiklikler, 1999-2020 (Lambert vd., 2014; Lambert, 2020)	37
Tablo 11. 50 m basınç altında Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıp denkleminin bileşenleri (Lambert vd., 1999; Farley ve Trow, 2003)	37
Tablo 12. Yönetmelik kapsamında standart su dengesi formu	42
Tablo 13. BAB bölgelerindeki tasarruflar (Hamilton ve McKenzie, 2014)	56
Tablo 14. 2012 ve 2013 için su denge tabloları (Hamilton ve McKenzie, 2014)	57
Tablo 15. Proje öncesi ve sonrası performans kıyaslaması	62
Tablo 16. ÖAB’lerde detaylı işletme bilgileri (Durmuşçelebi, 2018)	65

KISALTMALAR

AWWA	Amerikan Su İşleri Birliği (<i>American Water Works Association</i>)
BAB	Basınç Alt Bölgesi
BM	Birleşmiş Milletler
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
FAVAD	Sabit ve Değişken Alan Debisi (<i>Fixed and Varied Area Discharge</i>)
GGS	Gelir Getirmeyen Su
GYFK	Gerçek Yıllık Fiziki Kayıplar
IBNET	Su ve Atıksu Kurumları için Uluslararası Kıyaslama Ağı (<i>International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>)
ILI	Altyapı Sızıntı İndeksi (<i>Infrastructure Leakage Index</i>)
IWA	Uluslararası Su Birliği (<i>International Water Association</i>)
Km	Kilometre
KYFK	Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar
l	Litre
m	Metre
OFWAT	İngiltere Su Hizmetleri Düzenleme Kurumu (<i>Water Services Regulation Authority</i>)
ÖAB	Ölçülebilir Alt Bölge
PVC	Polivinil Klorür
SCADA	Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>)
SDF	Sistem Düzeltme Faktörü
SGH	Sistem Giriş Hacmi
sn	Saniye
SUEN	Türkiye Su Enstitüsü



ÖNSÖZ

Hayatın temel yapı taşı olan “su” bütün canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olup, iyi yönetilememesi halinde çevresel ve toplumsal problemlere yol açmaktadır. İyi bir yönetim için su kaynaklarının planlı bir şekilde geliştirilmesi, dağıtılması ve kullanılması gerekmektedir. Nüfus artışı ve iklim değişikliği ile su kaynaklarının verimli kullanılmasının önemi her geçen gün artmaktadır.

İçme suyu iletim ve dağıtım hatlarında meydana gelen su kayıpları, dünyadaki birçok şehir ve ülke için ortak sorundur. Su tüketiminde hızla artan talep ve değişen iklim koşulları nedeniyle dünyanın birçok bölgesinde kuraklık etkileri yaşanmakta, buna bağlı olarak su kayıplarının azaltılması ve kontrolü hayati bir önem taşımaktadır. Ülkemiz büyükşehir belediyelerinde ortalama %40-50 seviyesinde olan su kayıp oranı, diğer belediyelerde %60-70 seviyelerine kadar çıkabilmektedir. Buna bağlı olarak, su kayıplarını ekonomik ve kabul edilebilir düzeylere getirmek için stratejiler geliştirilerek, gerekli eylemler yürürlüğe konulmalıdır.

Rapor kapsamında içme suyu şebekelerindeki su kayıplarının uluslararası kabul gören tanımı yapılarak, uluslararası literatürde geçerli olan performans göstergeleri değerlendirilmiş ve genel bir boşluk analizi ortaya konulmuştur. 2014 yılında yayımlanan “İçmesuyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği”nin genel değerlendirilmesi yapılarak, uygulamada faydalı olacağı düşünülen geleceğe yönelik öneriler sunulmuştur. Raporun son bölümünde ise su kayıpları yönetimine dair ulusal ve uluslararası iyi uygulama örneklerine yer verilmiştir.

1. GİRİŞ

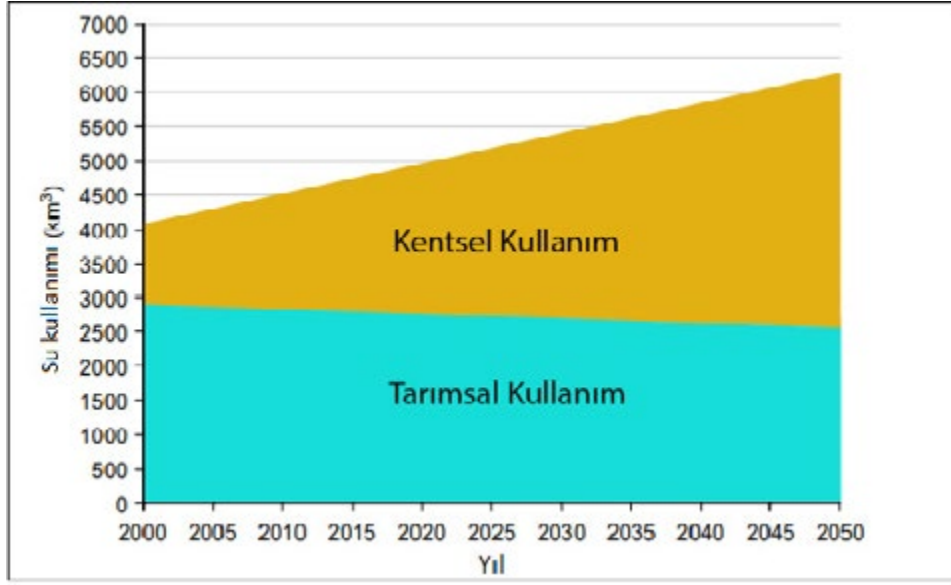
Su, sadece insanlar için değil ekosistemi oluşturan tüm canlılar için vazgeçilmez bir değer ve yaşamın kaynağıdır. Kentleşme, nüfus artışı ve kirlilik gibi insan faaliyetleri sonucunda su kaynakları üzerindeki baskının arttığı, iklim değişikliğinin de etkisiyle suya bağlı afetlerin daha sık meydana geldiği günümüzde su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi gittikçe artan bir önem kazanmaktadır.

2030 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %47'sinin yüksek su stresinin bulunacağı yerlerde yaşayacağı öngörülmektedir (Gomez vd., 2011; BM, 2012). Ortaya çıkan su stresinin etkili bir şekilde yönetilmesi ve suyun bir kaynak olarak sürdürülebilir şekilde kullanımı için karar vericiler öncelikli olarak su kaynaklarının yönetimi, arıtılması, taşınması ve şebeke hatları ile kullanıcılara sunulması konusunda neler yapılabileceğini değerlendirmeye başlamıştır. İlave su kaynaklarının artırılması ve deniz suyunun arıtılması gibi pahalı uygulamaların yanında şebekede var olan sızıntıların azaltılması öncelikli ve önemli bir adım olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan, şebekede yaşanan sızıntılar, suyun verimli kullanılması konusunda özellikle gelişmekte olan ülkelerde olmak üzere dünya ölçeğinde büyük bir problem teşkil etmektedir.

Yüksek su kayıp ve sızıntılara sahip su idareleri artan su talebinin karşılanmasında önemli zorluklar yaşamaktadır. Suyun herhangi bir gelir getirmeden kaybolması ve buna bağlı olarak oluşan yüksek mali kayıplardan dolayı su tarifelerini makul ve ekonomik seviyelerde tutmak da zor olmaktadır.

Uluslararası Su Birliği (IWA), şebeke sistemlerinde meydana gelen su kayıplarını günümüzdeki artan nüfusun su talebinin karşılanması konusundaki dünyanın karşılaştığı en önemli konulardan biri olarak belirtmiştir (Kingdom vd., 2006). Yapılan tahminlere göre dünyadaki su kullanımı 2000 yılı için 4.085 km³'den 2050 yılı için 6.257 km³'e çıkacaktır (Gomez vd., 2011) (Şekil 1). Şekil incelendiğinde, şebeke suyu kullanımının önemli bir şekilde artacağı ve şebeke suyunun kullanım miktarının tarımda kullanılabileceği öngörülmektedir (OECD, 2008).





Şekil 1. Küresel su ihtiyaçları, 2000-2050 (OECD, 2008; Gomez vd., 2011)

Kentsel su kullanım talebinin artması, endüstri ve enerji kullanımının da artması anlamına gelmektedir. Evsel kullanım için talep, dünya nüfusuna bağlı olarak artacaktır. Bugün itibarıyla dünya nüfusu yaklaşık 8 milyar iken, bunun 2050'de 9 milyarı aşması öngörülmektedir (BM, 2009). Şehirleşmenin artması ile beraber artan yaşam konforu beklentisi, aynı oranda endüstriyel su talebini artıracaktır. Bütün bunlara bağlı olarak ülkelerin enerji ihtiyaçları ve bu alandaki harcamaları daha fazla olacaktır (Gomez vd., 2011; Dixon, 2020).

Türkiye Su Enstitüsü (SUEN) tarafından 2019 yılında hazırlanan Su ve Kanalizasyon İdareleri arasında Mukayeseli Değerlendirme raporuna göre büyükşehirlerimizde ortalama gelir getirmeyen su (GGS) oranı %42, su kayıp ve kaçakları sebebiyle oluşan toplam yıllık ekonomik kayıp ise yaklaşık 7,5 milyar TL (2017 fiyatlarıyla) olarak hesaplanmıştır (SUEN, 2019). Bu ekonomik kayıp, su kayıpları ve sızıntılarla mücadele için şüphesiz başlı başına geçerli bir sebeptir.



2. GELİR GETİRMİYEN SU KAVRAMI

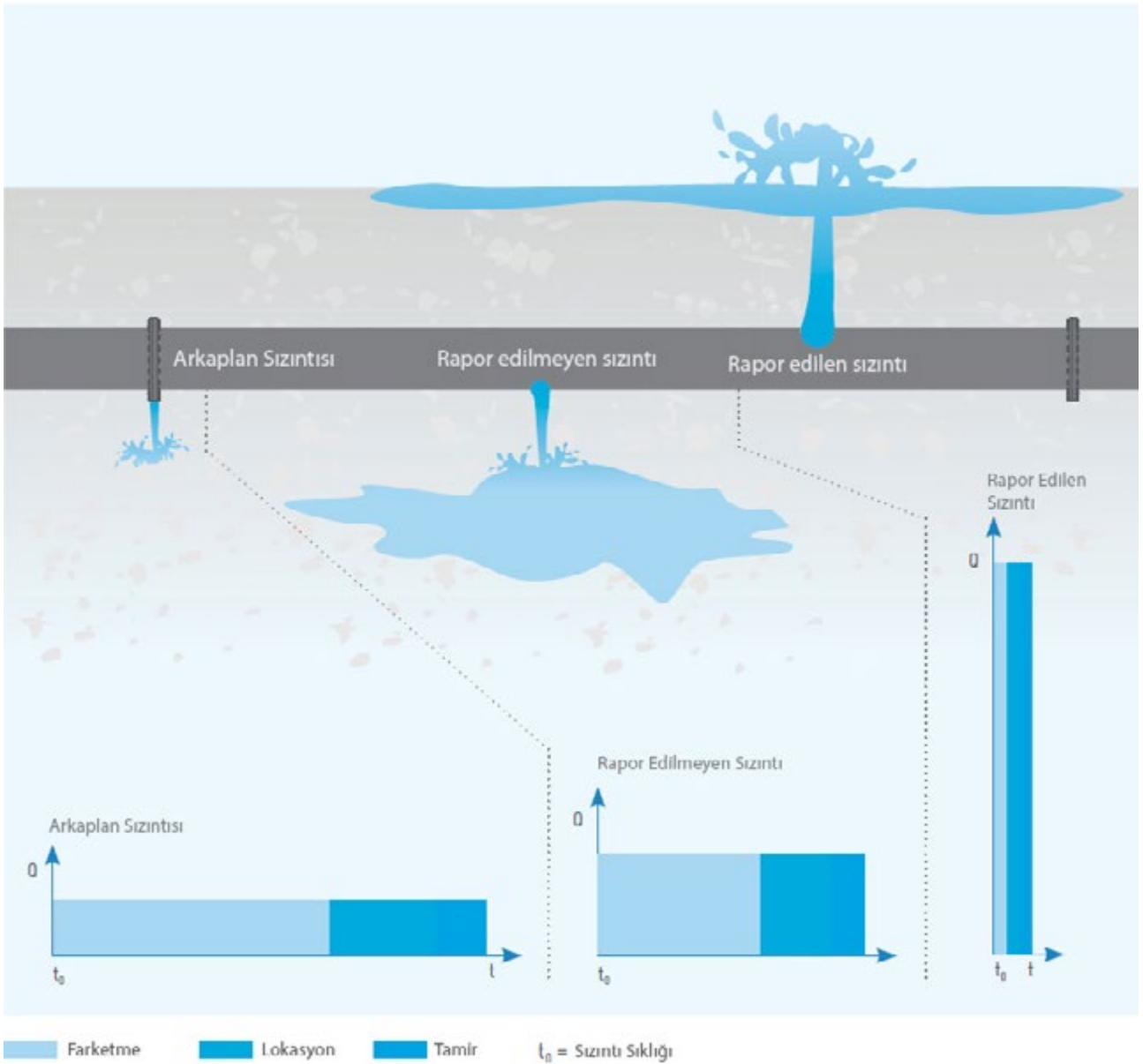
Sisteme giren hacim ile izin verilen yasal kullanımlar arasındaki fark “Su Kayıpları” olarak tanımlanırken, sisteme giren su ile faturalandırılan su arasındaki fark ise “Gelir Getirmeyen Su (GGS)” olarak tanımlanmaktadır (Lambert vd., 2000; Lambert, 2003; Farley vd., 2008). Su dağıtım şebekesindeki su kayıpları fiziki (gerçek) kayıplar ve idari (görünen) kayıplar olarak sınıflandırılmaktadır. Fiziki kayıplar temel olarak, iletim ve dağıtım hatlarındaki sızıntıları, servis bağlantılarında meydana gelen sızıntıları ve depolardaki taşmalar ile sızıntıları kapsamaktadır. Diğer taraftan, idari kayıplar ise, izinsiz tüketimleri, su sayaçlarındaki hatalardan kaynaklanan kayıpları ve ölçüm verisi toplama hatalarından kaynaklanan kayıpları içermektedir (Farley ve Liemberger, 2005; Farley vd., 2008).

Dağıtım sistemlerinde farklı seviyelerde su kayıpları mevcuttur. Bu kayıp miktarı, şebekenin karakteristiğine (şebeke büyüklüğü, servis bağlantı sayısı, boru cinsi ve yaşı), abone bağlantı şekline, sistem işletme basıncına, su idaresinin saha uygulamaları ve bu yöntemler için kullanılan teknolojilerin (Abone Bilgi Yönetim Sistemi, SCADA, CBS vb.) aktif kullanımına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Su kayıplarının bileşenleri ülkeden ülkeye, idareden idareye farklılık göstermektedir. Su kayıp kontrolü stratejisinin temel taşlarından biri, bileşenlerin her birinin önemini anlamak, her birinin mümkün olduğunca sahada doğru bir şekilde ölçülmesini veya tahmin edilmesini sağlamaktır. Bu şekilde su kayıpları ile mücadelede önceliklerin daha iyi anlaşılması ve bir eylem planı belirlenebilmesi mümkün olmaktadır.

Şebekedeki su kayıpları sadece bir gelir kaybı problemi olmamakta aynı zamanda, su, personel, iş gücü, zaman, enerji ve diğer birçok kısıtlı kaynağın israfına sebep olmaktadır. Şebekedeki su kayıplarının yönetimi ve azaltılmasının sağlanması ile sınırlı olan su kaynaklarına olan talebin azalması ve suyun üretilmesi, taşınması ve arıtılmasında ortaya çıkan maliyetlerin düşürülmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca, bu kayıpların azaltılması gelecekteki talep için ilave bir su kaynağı sağlamakla birlikte su idarelerine şebeke altyapısının yenilenmesi için yapılması gereken yatırımların ötelenmesini sağlayarak bütçe ve zaman tasarrufu imkanı sunmaktadır (Frauendorfer vd., 2010).

Su dağıtım şebekesinde sızıntılar Şekil 2’de verildiği gibi, rapor edilen, rapor edilmeyen ve arka plan (belirsiz) sızıntılar olmak üzere üç farklı şekilde oluşmaktadır (Lambert vd., 1999; Thornton vd., 2008; Farley vd., 2008; Fallis vd., 2011; Laucelli vd., 2017).

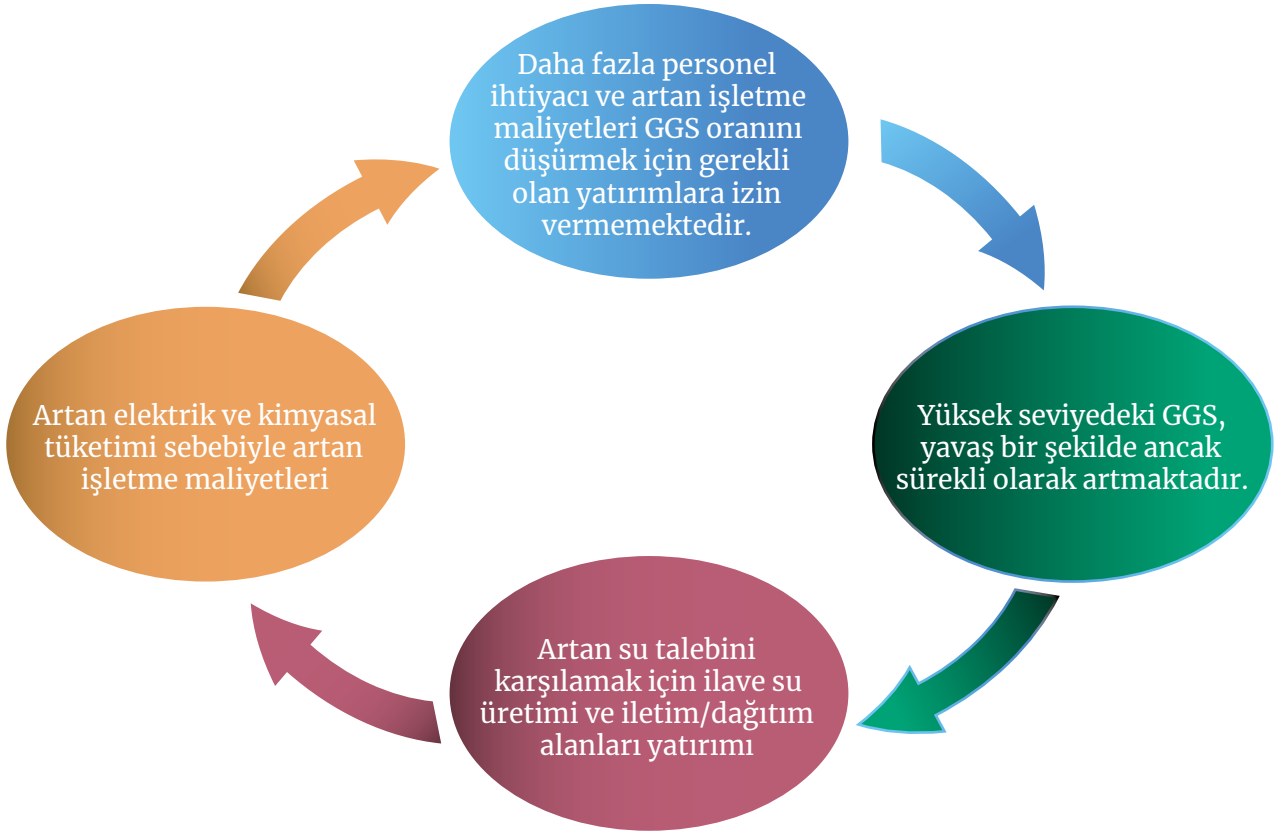
Bunlardan birincisi rapor edilen arızalar, basıncın etkisiyle zemin yüzeyine çıkmakta, yeri bilindiği için hızlı bir şekilde onarılmakta ve sistemde fazla bir su kaybına sebebiyet vermemektedir. Rapor edilmeyen sızıntılar, arızanın boru alt yüzeyinde meydana gelmesi, boru üstündeki toprak kalınlığının fazla olması ve yüzeye çıkacak kadar büyük çatlak çapına sahip olmaması gibi nedenlerden dolayı yüzeye çıkmamaktadır. Su idaresi tarafından yapılacak teknolojik yatırımlar (SCADA, izole ölçüm bölgeleri, gece debisi analizleri) sayesinde tespit edilebilir ve bu sızıntılar ciddi miktarda su kaybına neden olabilir. Son olarak arka plan sızıntıları (belirsiz sızıntılar) ise özellikle bağlantı noktalarında küçük kılcal çatlaklar şeklinde gözlenmekte ve akustik yöntemlerle tespit edilememektedir. Bu sızıntılar sadece basınç yönetimiyle belirli miktarlarda düşürülebilmektedir (Fallis vd., 2011; Pearson, 2019).



Şekil 2. Sızıntı tipleri ve mücadele şekilleri (Lambert vd., 1999; Farley, 2001; Thornton vd., 2008; Fallis vd., 2011)

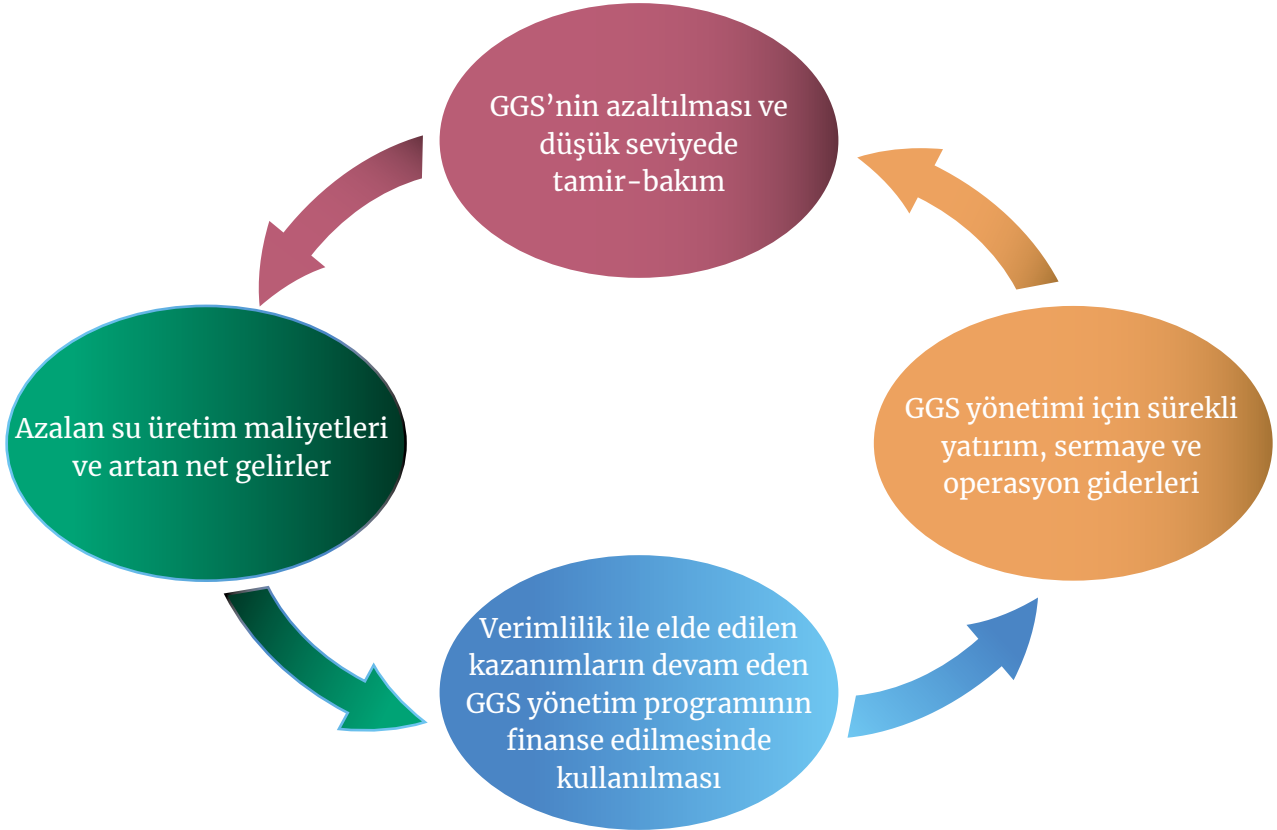
GGs oranının ve özellikle sızıntının yüksek olması, su idaresindeki su hizmetinin ve kaynak kullanımının oldukça verimsiz olduğu anlamına gelmektedir. Yüksek orandaki sızıntılar bir su idaresinin ürünü olan işlenmiş suyun kaybedilmesine neden olacak, suyun üretilmesi, arıtılması, iletim/dağıtım maliyetlerini artıracak ve abonelere ulaşacak su miktarının azalmasına sebep olacaktır. Bunun sonucunda artan talebi karşılamak amacıyla gerekli ek yatırımlar için mali kaynak arayışı ve/veya ek finansal kaynakların kullanılması gerekecektir. Bütün bunlara bağlı olarak yüksek GGs oranına sahip su idarelerinin bir kısır döngüye girmesi kaçınılmaz olmaktadır (Tardelli, 2006).

Su idareleri için en önemli hedeflerden biri yaşadıkları bu kısır döngüden fırsat döngüsüne geçmek olmalıdır. Bu dönüşümün temini en üst düzeyde kararlılığın gösterilmesi ve kurum genelinde seferberliğin sağlanması ile mümkündür. Bir su idaresinde yüksek GGs oranı sebebiyle ortaya çıkan kısır döngü zinciri Şekil 3'te verilmektedir (Farley vd., 2008).



Şekil 3. GGS sebebiyle meydana gelen kısır döngü (Farley vd., 2008)

Şekil 3'te görüldüğü üzere GGS'nin yüksek olması ile gelir kaybı da artmakta ve bu sebeple birçok yatırımın yapılamaması söz konusu olmaktadır. GGS oranını düşürme çabaları ile elde edilen kazançların su kayıp yönetimi ve azaltma pratiklerini beslediği ve su idaresini de yapısal olarak güçlendirdiği bir sürecin adımlarını içeren fırsat döngüsü Şekil 4'te verilmektedir (Farley vd., 2008).



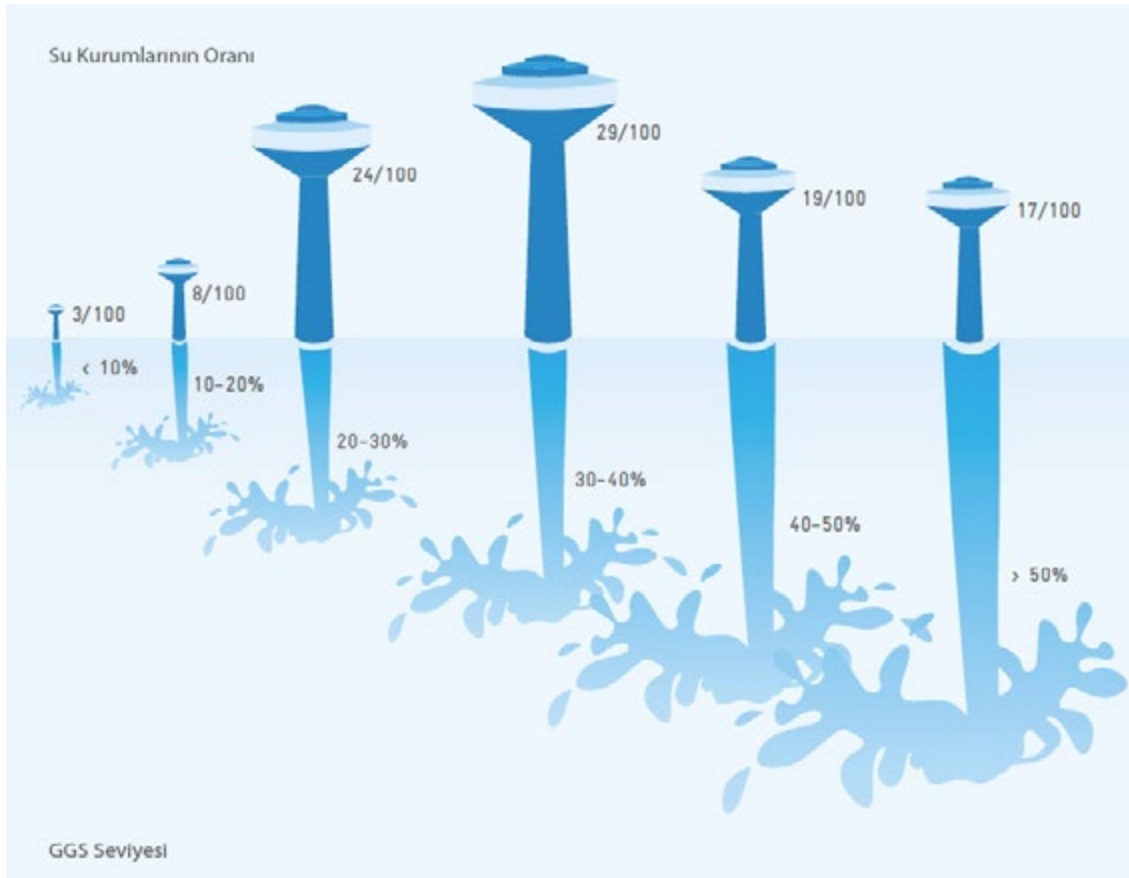
Şekil 4. GGS yönetimindeki fırsat döngüsü (Farley vd., 2008)

Dünyada GGS oranları önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir (Tablo 1). Gelişmekte olan ülkeler bu problemten oldukça fazla etkilenmekle beraber, GGS oranının yüksek olması gelişmiş ülkeler için de büyük bir sorun teşkil etmektedir (Farley vd., 2008). Tablo 1’deki veriler incelenirken, en kötü performansa sahip su idarelerinin kendi su kayıplarıyla ilgili verilerini yayınlama ve raporlama konusunda isteksiz davranabildikleri göz önünde bulundurulmalıdır (Gomez vd., 2011).

Tablo 1. Dünyadaki GGS hacim tahminleri (Gomez vd., 2011)

	Temin Edilmiş 2002 (milyon)	Sistem Girişi (l/kşi/gün)	GGS Miktarı m ³ /yıl (milyar)	%	Fiziki kayıplar m ³ /yıl (milyar)	%	İdari kayıplar m ³ /yıl (milyar)	%
Gelişmiş Ülkeler	744,8	300	12,2	15	9,8	80	2,4	20
Geşilmekte Olan Ülkeler	837,2	250	26,7	35	16,1	60	10,6	40
Toplam	1.582,0		48,6		32,7		15,9	

İlave olarak, IBNET veri tabanına göre su idarelerinin ve bunların kayıp oranlarının değişimi Şekil 5’te gösterilmektedir (Kingdom ve Liemberger, 2006; Fallis vd., 2011).



Şekil 5. IBNET veri tabanına göre su idarelerinin ve bunların kayıp oranlarının değişimi (Kingdom ve Liemberger, 2006; Fallis vd., 2011)



GGs oranının yüksek olmasının sebepleri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında farklı olabilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde sızıntılara ilaveten idari kayıplar, faturalandırma problemleri ve faturalandırılmayan izinli tüketimler de ön plana çıkmaktadır. Diğer taraftan, gelişmiş ülkelerde şebekedeki sızıntılar genellikle GGS'nin temel ve odaklanması gereken bileşeni durumundadır (Liemberger ve Farley, 2004; Gomez vd., 2011). Gelişmiş ülkelerdeki su kayıplarının önemli sebebi su temin şebekesi yaşının ortalamada yüksek olmasıdır. İçme suyu şebeke hatlarının yaşlanması sebebiyle belirli bir zaman sonra kısmi olarak yenilenmeleri yapılmaktadır. Ancak genel itibari ile gelişmiş ülkelerdeki birçok mevcut su temin şebeke sistemlerinin 19. yüzyılın ikinci yarısında devreye girdiği ve bu sebeple genel bir yenileme ihtiyacının bulunduğu hesaba katılmalıdır (Gomez vd., 2011). Şebeke yenileme sıklığı birçok gelişmiş ülkede yüksek maliyet sebebiyle en uygun çözüm olmamaktadır. Örneğin, ABD'de yaklaşık 1.420.000 km içme suyu hattı mevcuttur. Gelecekteki su talebinin karşılanması ve eskiyen servislerin yenisi ile değiştirilmesi için gelecek 20 yıl içerisinde toplam en az 11 milyar Amerikan doları tutarında bir bütçeye ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmektedir (Gomez vd., 2011). Diğer yandan gelişmekte olan ülkelerde şebeke sistemleri halen genişlemekte olup, bu şebekeler servis ömrü açısından nispeten yeni sayılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerdeki nüfusun %95'inin kendi konutuna, arsasına ve iş yerine borular ile su temin edilirken, gelişmekte olan ülkelerde nüfusun sadece %50'sinde aynı durum geçerli olmaktadır (Gomez vd., 2011). Gelişmekte olan ülkelerdeki idari kayıplar ve faturalandırılmamış su miktarı önemli bir şekilde kurumsal ve yönetsel sebeplerle ilgilidir. Özellikle kaçak su kullanımının denetlenmemesi, yasal düzenlemenin olmaması ve sayaç hataları ile ilgili farkındalığın olmaması en önemli sebep olarak gösterilebilir. Bu ülkelerde, yüksek oranda yasadışı ve kayıtsız servis bağlantısının olması, sayaçlara müdahale edilerek yanlış veya eksik okuma yapmasının sağlanması gibi problemler mevcuttur (Kingdom vd., 2006).

Konu ile ilgili yapılan vaka çalışmaları incelendiğinde iyi yönetilen idarelerde idari kayıp oranlarının %1 ila %5 seviyesine kadar düşürüldüğü görülmektedir (Frauendorfer vd., 2010).

Bir dağıtım sisteminde GGS bileşenleri genel olarak sistem giriş hacminin yüzdesi olarak oransal bir şekilde tanımlanmaktadır. Bu oran, sistemin fiziksel özelliklerini (şebeke uzunluğu, servis bağlantı sayısı, işletme basıncı) göz önünde bulundurmadığı için kentsel su yönetimi için iyi bir performans göstergesi olmayabilmektedir. Bunun sebebi olarak bu göstergenin fiziki kayıplarla ilgili olmayan tüketim hacminden yüksek oranda etkilendiği söylenebilir. Yani her ne kadar sahada fiziki kayıp hacmi değişse de, sistemde yasal tüketimlerin ölçülüp ölçülmemesine veya ölçüm oranının yüksek ve düşük olmasına bağlı olarak fiziki kayıp oranı artmakta veya azalmaktadır (Lambert vd., 1999; Liemberger, 2002). İngiltere Su Hizmetleri Düzenleme Kurumu (OFWAT) gibi düzenleyici kurumlar mevcut durumu değerlendirirken bu göstergesi kullanmamaktadır. IWA, bağlantı başına su kaybı, birim şebeke uzunluğundaki su kaybı ve altyapı sızıntı indeksi (ILI) gibi bazı süreç su kayıp göstergelerinin kullanımını tavsiye etmektedir (Lambert vd., 1999).

Liemberger ve McKenzie (2005) GGS'yi değerlendirmek ve izlemek için alternatif bir metodoloji hazırlamıştır. Sisteme giren hacmin bir yüzdesi olarak GGS ölçümü üzerindeki tartışmalar sürerken, GGS konusundaki hedefleri günlük servis bağlantı başına düşen sızıntı şeklinde açıklamışlardır. Bunun için farklı basınç ve şebeke koşulları için sınır değerleri içeren basit bir matris hazırlanmıştır (Tablo 2). Bu yaklaşım gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki su idareleri için sızıntı seviyelerinin sınıflandırılmasında kullanılabilir. Bu sınıflandırma sızıntı miktarının düşürülmesi için gerekli olan aksiyonları gösteren A, B, C, D şeklinde dört kategori bulunmaktadır (Tablo 2). A en az eyleme ihtiyaç olan, D ise en çok eyleme ihtiyaç olan şekilde sıralanmaktadır.

Tablo 2. Fiziksel kayıp değerlendirme matrisi (Liemberger ve Mckenzie, 2005; EU, 2015)

			Ortalama bir basınçta fiziki kayıplar (l/bağlantı/gün)				
Teknik Performans Kategorisi		ILI*	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Gelişmiş Ülkeler	A	1-2		< 50	< 75	< 100	< 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
Gelişmekte Olan Ülkeler	A	1-4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 50	> 400	> 800	> 800	> 1000

*Altyapı kaçak indeksi (ILI) = mevcut toplam fiziki kayıplar ve kaçınılamayan fiziki kayıplar arasındaki oran

Tablo 2 ile dünyadaki birçok şehrin GGS'yi kayda değer şekilde azaltılabileceği konusu anlaşılabilir kılınmıştır. GGS'nin düşürülmesi için muhtelif uluslararası kurum ve kuruluşlar uluslararası düzeyde programlar ve projeler yürütmektedir. Bunlara örnek olarak Water Loss Task Force (IWA), Water Loss Control Committee (AWWA), Programme of Unaccounted for Water Reduction (South East Asian Water Utilities Network) girişimleri ile gelişmekte olan ülkelerde GGS'nin azaltılması için Dünya Bankası ve Asya Kalkınma Bankasının fonladığı projeler gösterilebilir (Gomez vd., 2011; EU, 2015).

Kutu 1. GGS'den Bahsetmek

Dünya genelinde su idareleri GGS oranını düşürmek için pratik ve başarılı çözümleri oluşturacak bir yaklaşımı ortaya koymak zorundadır. Bunun birinci adımı şebekeyi ve operasyon uygulamalarını çok iyi bilmektir. Bu konuda su idarelerinin cevaplaması gereken sorular aşağıda verilmektedir (Liemberger ve Farley, 2004; Farley ve Liemberger, 2005).

- Ne kadar kaybedilmektedir?
- Kayıplar nerelerde oluşmaktadır?
- Bu kayıplar neden oluşmaktadır?
- Kayıpları azaltmak ve performansı artırmak için uygulanacak stratejiler nelerdir?
- Belirlenen stratejide nasıl ısrarcı olunacaktır ve sürdürülebilir hale getirilecektir?

GGs oranını asgariye indirmek su idarelerinin birincil hedeflerinden olmasına karşın, idarelerin birçoğu GGS seviyelerini kabul edilebilir sınırlara getirmek için zorlanmaktadır. GGS stratejilerinin başarısız olmasının sebebi problemin öneminin anlaşılamamasından, mali ve personel kapasite eksikliğine kadar çeşitlenmektedir. Buna ilave olarak, su idaresi yöneticileri yetersiz kurumsal politikalar ve prosedürlere bağlı olarak GGS'ye gerekli önemi verememektedir.

GGs yönetimi sadece bir seferlik faaliyet olmayıp dinamik bir süreçtir. GGS yönetimi önemli bir kararlılık gerektiren ve su idaresinin bütün organlarının (içme suyu işletme, abone yönetim, plan-proje, yatırım ve bilgi işlem gibi) sürecin içerisinde olmasına ihtiyaç duyan uzun zamanlı bir mücadeledir. Birçok karar verici, GGS'nin doğasına tamamiyle hakim olabilmek, finansal sürdürülebilirliği sağlamak ve abone memnuniyetini tesis etmek için ihtiyaç duyulan bütünleşik su yönetim sistemi bilgisine sahip olamamaktadır. GGS'nin düşürülmesi neticesinde elde edilecek potansiyel faydanın anlaşılmaması, sıklıkla su kayıp yönetimi uygulamalarının başarısız olmasına sebep olmaktadır. Başarılı bir GGS azaltma mücadelesi salt izole ve teknik bir problemin çözümü değildir. Bunun yerine varlık yönetimi, işletme operasyonları, abone destek sistemi, finansal yönetim ve diğer faktörlerin sıkı sıkıya bağlılığını gerektiren bütüncül bir çabayı ifade etmektedir (Şekil 6) (Farley vd., 2008; Lambert vd., 2014).



Şekil 6. GGS ile mücadele bileşenleri (Farley vd., 2008)

3. SU BÜTÇESİ VE STANDART SU DENGESİ TABLOSU

Bir sistemde su kayıpları hakkında mevcut durumun anlaşılması için uluslararası literatürde kabul görmüş terminoloji ve yöntemler kullanılmalıdır. Su kayıp yönetiminde su dengesinin (bütçesinin) oluşturulması, mevcut durumun anlaşılması ve önleme stratejilerinin geliştirilmesi adına en önemli adımdır. Su bütçesinin standart bir terminoloji ve yapıda oluşturulması amacıyla IWA (1999) tarafından standart su dengesi tablosu önerilmiştir (Lambert ve Hirner, 2000; Lambert, 2003). Literatürde yapılan çalışmalarda, su kayıp azaltma stratejisinin belirlenmesinde ve odaklanılacak alanların tespitinde su dengesinin önemli avantaj sağladığı vurgulanmıştır (Farley ve Liemberger, 2005).

GGs'nin hesaplanmasında standart bir şablon ve terminoloji olan IWA standart su dengesi tablosu Şekil 7'de verilmektedir. Gelir getiren ve getirmeyen suyun oluşturduğu tüm bileşenler su dengesi tablosunda ortaya konulmaktadır. Bu tabloda sistem giriş hacmi, dağıtım sistemini besleyen tüm kaynakların debimetreler ile düzenli bir şekilde ölçülmesi ile elde edilmektedir. Su dengesinin diğer önemli bileşeni olan yasal faturalandırılmış tüketimlerin düzenli bir şekilde belirlenmesi için idarede güncel abone yönetim sisteminin olması ve abone okumalarının sürekli ve sistematik olarak yapılması gerekir. Su dengesinden beklenen faydaların elde edilmesi için diğer tüm bileşenlerin saha verilerine göre belirlenmesi gerekir. Ancak bazı idarelerde, veri, personel, farkındalık ve finansal eksikliklerden dolayı bileşenlerin belirli bir kısmı tahmin edilmektedir. Bu durumda su bütçesi sahayı temsil etmeyen veriler esas alınarak hesaplanmış olmaktadır. GGS, bir su idaresinin gelir hanesine girmemekle birlikte, bu kavramı oluşturan üç ana bileşen aşağıda açıklanmaktadır (Lambert, 2003; Pearson, 2019).

- Fiziki (Gerçek) Kayıplar, ham sudan son kullanıcıya kadar ulaşan servis altyapısında meydana gelen sızıntılar (kayıplar) olarak tanımlanmaktadır.
- İdari (Ticari) Kayıplar, yasadışı su kullanımı ve sayaç hatalarından kaynaklanan kayıpları ifade etmektedir.
- Faturalandırılmamış İzinli Kullanımlar, GGS'nin üçüncü bileşeni faturalanmamış izinli kullanımları kapsamaktadır.



Sistem Giriş Hacmi	İzin Verilen Tüketim	Faturalandırılmış izin verilen tüketim	Faturalandırılmış ölçülmüş tüketim	Gelir Getiren Su
			Faturalandırılmış ölçülmemiş tüketim	
		Faturalandırılmamış izin verilen tüketim	Faturalandırılmamış ölçülmüş tüketim	Gelir Getirmeyen Su
			Faturalandırılmamış ölçülmemiş tüketim	
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	Yasadışı tüketim	
			Sayaç ölçüm hataları	
			Okuma hataları	
		Fiziki Kayıplar	Su iletimi ve/veya dağıtım hatlarındaki kaçaklar	
			İletim ve/veya dağıtım depolarındaki taşmalar ve kaçaklar	
			Servis bağlantılarındaki kaçaklar	

Şekil 7. Su temin sisteminin değerlendirilmesinde kullanılan su dengesi tablosu (Lambert ve Hirner, 2000; Pearson, 2019)

Faturalandırılmamış izinli su tüketimi, IWA terminolojisinde itfaiye kullanımları, içme suyu hatları ve atıksu hatlarının temizliğinde kullanılan su, su depolarının temizliği, hidrant kullanımları, sokak yıkamasında kullanılan su, park ve bahçe kullanımları, halk çeşmeleri, dondan koruma, idari binalara verilen su vb. tüketimleri kapsamaktadır (Pearson, 2019). Yerel uygulamalara göre bu tüketimlerin belirli bir kısmı (park-bahçe kullanımı, itfaiye kullanımı) faturalandırılmakta, bazıları (cami, yangın hidrantı) ise faturalandırılmamaktadır. Bu bileşenlerden park-bahçe, cami, itfaiye tüketimleri sayaç takılarak ölçülürken, yangın hidrantı gibi kullanımlar ise genelde ölçülememektedir. Faturalandırılmamış izinli su tüketim hacminin sisteme giren su hacmi olarak %1'inden az olması, idari kayıpların sisteme giren su miktarının %10'undan az olması ve izinsiz tüketimin sisteme giren su hacminin %1'inden az olması (İngiltere ve Galler'de bu değer %0,36 olarak hesaplanmıştır) beklenmektedir (Farley vd., 2003).



Avrupa şartları için varsayılan maksimum oranlar Tablo 3'te verilmektedir. Şayet bir su idaresi aşağıda belirtilen oranlarda daha yüksek bir değere sahip ise, kullandığı verilerin doğruluğunu kontrol etmeli ve bunları düşürmek için eylemler belirlemelidir. Su kayıplarının hesaplanmasında raporlamalar tutarlı olmalıdır (Lambert vd., 2014).

Tablo 3. Gelir getirmeyen su bileşenleri için maksimum varsayılan referans değerler (Lambert vd., 2014)

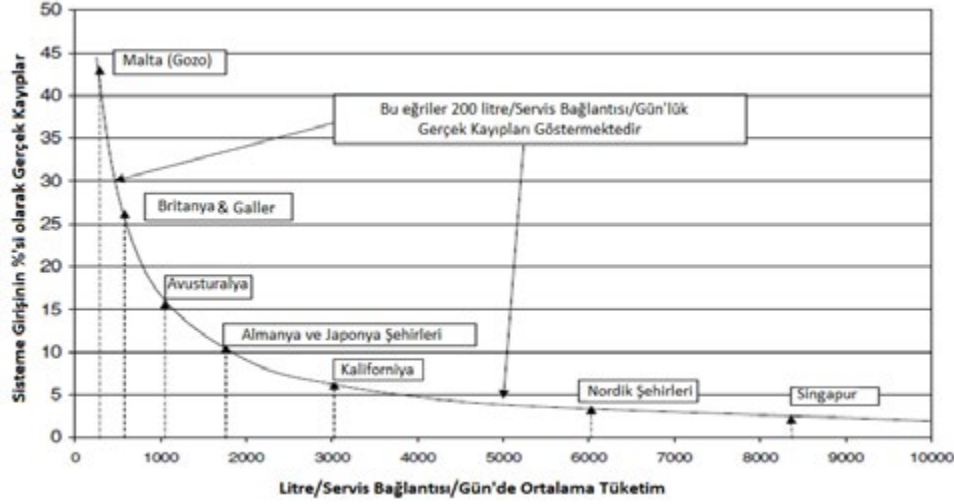
Parametreler			Kabul Edilen Maksimum Oranlar	
Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım			%0,5	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım %'si
İzinsiz Tüketim			%0,2	
Sayaç Ölçüm Hataları	Şebekeye Direkt Bağlı	Konut	%2,0	Ölçülen Konut Tüketiminin %'si
		Ticari	%2,0	Ölçülen Ticari Tüketimin %'si
	Depodan Cazibeyle Gelen	Konut ve Ticari	Genellikle > %5 ölçülmüş tüketimin, birçok etkene bağlıdır. Ülkeden ülkeye değerlendirilmelidir.	

Su dengesini oluşturan bileşenler idarenin teknik, personel, finansal ve ekipman alt yapı durumuna ve farkındalığına bağlı olarak ölçülebilir, tahmin edilebilir veya literatürde önerilen yöntemler veya standart değerler esas alınarak hesaplanabilir. Daha önce de bahsedildiği gibi, su dengesinden beklenen faydanın elde edilmesi için bileşenlerin tamamının saha verilerine göre ölçülmesi oldukça önemlidir. Ancak farkındalığın olmaması, gereken önemin verilmemesi, gerekli bilgi, teknik ve personel alt yapısının eksik olması gibi sebeplerden dolayı birçok durumda bu mümkün olmamaktadır.

Özellikle toplam sistem giriş hacmi gibi en temel verinin bazı idarelerde sağlıklı şekilde ölçülemediği göz önüne alınırsa, diğer verilerin tamamının sahada ölçülmesi oldukça zor olmaktadır. Bu sebeple, birçok durumda su dengesi tablosu sahayı temsil etmeyen tahmini verilere göre doldurulmakta ve hatalı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bununla birlikte, bir idarede standart su dengesinin doldurulması; GGS ve alt bileşenleri hakkında doğru bir değerlendirme yapılması ve su kayıpları kontrolü ve yönetimi kapsamında zayıf ve güçlü yönlerinin belirlenmesi açısından oldukça önemli katkılar sunmaktadır.

Kutu 2. Tüketim Miktarındaki Değişimin Kayıp Oranı Üzerine Etkisi

Farklı ülkelere ait veriler kullanılarak fiziki kayıpların sistem giriş hacminin yüzdesi olarak ifade edilmesinde tüketimin etkisi Şekil 8’de gösterilmiştir (Lambert, 2002; Farley vd., 2003). Şekilde, x eksen, 250 litre/bağlantı/gün (Malta) ile 8000 litre/bağlantı/gün (Singapur) arasında değişen servis bağlantısı başına günlük tüketimi, y eksen ise fiziki kayıpların sisteme giren su hacmine oranını (%) gösterir. Grafikteki eğri ise 200 litre/servis bağlantı/gün biriminde fiziki kayıpları temsil etmektedir.



Şekil 8. Fiziki kayıpların sisteme giren suyun yüzdesi olarak ifade edilmesinde tüketim hacminin etkisi (Lambert, 2002; Farley vd., 2003)

Birim servis bağlantı başına tüketime bağlı olarak, aynı miktarda fiziki kayıp, yüzde olarak %44 ila %2,4 arasında bir değer olabilir. Bu nedenle, Malta, İngiltere ve Galler gibi nispeten düşük tüketime sahip ülkeler ve birçok gelişmekte olan ülke, yüzde olarak ifade edildiğinde yüksek kayıplara sahip olabilir. Buna karşılık yüksek tüketime sahip gelişmiş ülkelerdeki kentsel alanlar için yüzde kayıplar eşit derecede yanıltıcı olabilmektedir (Lambert, 2002).

Bu durum Tablo 4’teki gibi örneklenebilir (Lambert vd., 2014). Bir baz yılda fiziki kayıplar 40 Ml/gün (sisteme giren suyun %20’si) ve hedeflenen fiziki kayıplar da 32 Ml/gün olsun. Eğer hedef olarak fiziki kayıpların yüzdesi olan %16 seçilirse, geçen birkaç yıl içerisinde 32 Ml/gün hacmine ulaşılırken toplam tüketimdeki değişimlerden dolayı %16’lık hedefe ulaşıp ulaşılmadığı konusunda bizi yanıltabilir. Baz yıldan sonra ilerleyen yıllarda eğer tüketim %25 azalırsa hacimsel olarak hedefe ulaşılır fakat oransal olarak %21,1 değeri ile hedefe ulaşamadığı hatta baz yıla göre (%20 baz yıl) mevcut durumdan geri gittiği algısı oluşur (Lambert vd., 2014).

Tablo 4. Fiziki kayıp hedeflerinin sisteme giren suyun yüzdesi olarak ifade edilmesinde tüketimin etkisi (Lambert vd., 2014)

Su Dengesi Bileşenleri	Baz Yıl Bileşenleri		Baz yılda belirlenen hedef fiziki kayıp	Fiziki Kayıplarda hedefe ulaşmak için harcanan birkaç yıl içinde tüketimdeki % değişim					
				-%25	-%20	-%10	%0	%10	%20
Su Temini	Ml/d	200		152	160	176	192	208	224
Toplam Tüketim	Ml/d	160		120	128	144	160	176	192
Fiziki Kayıplar	Ml/d	40	32	32	32	32	32	32	32
Fiziki Kayıp / Su Temini	%	%20	%16	%21,1	%20,0	%18,2	%16,7	%15,4	%14,3

Tablo 4’te görüldüğü gibi, toplam tüketim baz yıla göre artarsa, fiziki kayıplar hedeflenenin altında bir yüzde değere ulaşır. Eğer toplam tüketim baz yıla göre azalıyor ise fiziki kayıplar hedefin üzerinde bir yüzde değere ulaşır. Görüleceği üzere yüzde (%) olarak verilen hedefler, tüketime bağlı olarak değiştiğinden yanıltıcı olacağı aşikârdır (Lambert vd., 2014).



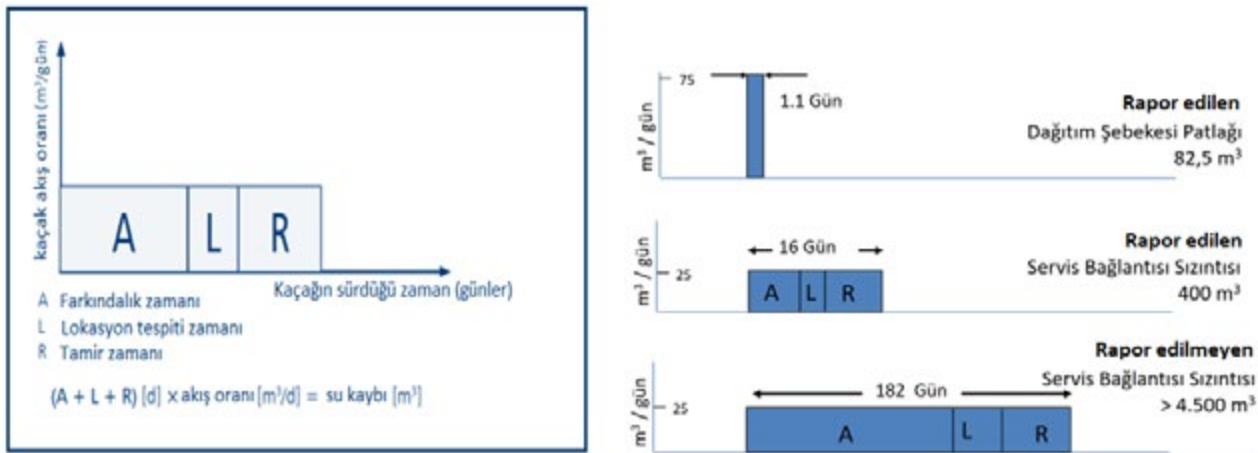
4. FİZİKİ KAYIPLAR

Fiziki kayıplar, sisteme verilen ancak arızalar ve sızıntılar nedeniyle abonelere iletilemeyen suyu ifade eder. Bir dağıtım sisteminde isale hattı, depolar, bağlantı elemanları, dağıtım sistemi ana hattı, servis bağlantıları gibi sistemin her aşamasında meydana gelen sızıntıları kapsamaktadır.

Dağıtım sistemlerinde şebeke fiziksel, çevresel, işletme ve hidrolik faktörlere bağlı olarak arızalar meydana gelmektedir. Bu arızaların bir kısmı yüksek basınç ve çatlak çapına bağlı olarak yüzeye çıkmakta ve rapor edilen arızaları oluşturmaktadır. Diğer taraftan arızanın oluşma yeri, düşük basınç, toprak örtüsü gibi faktörlere bağlı olarak arızaların önemli bir kısmı yüzeye çıkmamakta ve rapor edilmeyen sızıntıları meydana getirmektedir. Ayrıca sistemde küçük kılcal çatlaklar şeklinde oluşan ve çok düşük akış oranlarına sahip belirsiz sızıntılar gözlenmektedir. Yüzeye çıkmayan su kayıpları (rapor edilmeyen sızıntılar) ile karşılaştırıldığında yüzeye çıkan arızalardan kaynaklanan sızıntı hacmi oldukça düşük seviyede kalmaktadır (Fallis vd., 2011; Pearson, 2019).

Arızaların önemli bir kısmını oluşturan rapor edilmeyen arızalar, arızanın meydana geldiği yer (genelde boru alt yüzeyinde), boru üzerindeki toprak kalınlığı, işletme basıncı gibi faktörlere bağlı olarak yıllarca yüzeye çıkamamasıdır. Bu sebeple önemli bir miktarda işlenmiş su, bu şekilde her yıl kaybolmaktadır. Bazı durumlarda, tespit edilemeyen kaçaklar bir atıksu hattı veya yağmur suyu hattına sızarak fark edilmeden yüksek miktarlarda kaybedilebilmektedir. Etkin bir kayıp kaçak kontrolü ve yoğun olarak yapılan aktif kaçak tespit çalışması bulunmayan bir su idaresi eğer altyapısı yeni veya mükemmel bir koşulda değilse her zaman yüksek miktarda fiziksel su kaybına sahip olacaktır.

Bir borunun patlamasından kaynaklı su kaybı hacmi sadece akış oranına bağlı olmayıp aynı zamanda tamir zamanının da bir fonksiyonu olmaktadır. Bu sıklıkla ihmal edilen bir durum olabilmektedir (Şekil 9) (Pearson, 2019; Lambert, 2020).

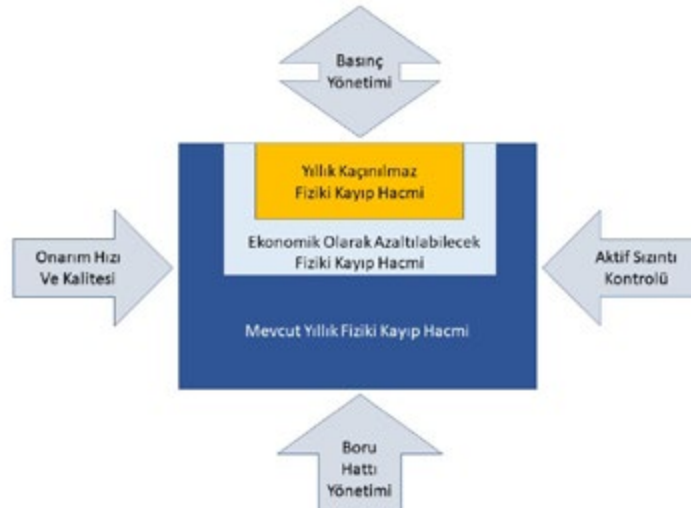


Şekil 9. Farkındalık, yerini tespit ve onarım sürelerine bağlı sızıntı hacimleri (Pearson, 2019; Lambert, 2020)

Arızalardan kaynaklanan sızıntı hacminin artmasında veya azalmasında farkına varılması için geçen süre (A), sızıntı yerini tespit için geçen süre (L) ve arıza onarım süresi (R) gibi 3 temel süre oldukça önemlidir (Pearson, 2019). Sızıntının farkına varılması, geçen sürenin azaltılması için aktif kaçak kontrolü uygulanmalı ve sistemde minimum gece debisi sürekli izlenmelidir. Minimum gece debisi ile farkına varılan sızıntının yerinin belirlenmesi ve onarılması için ekip oluşturulmalı, uygun ekipman temin edilmeli ve saha denetimleri yapılmalıdır.

Yüksek basınç, herhangi bir sızıntı noktasından yüksek oranda su kaybının oluşmasının en temel sebeplerinden biridir (May, 1994). Basınç-sızıntı ilişkisi karmaşık bir yapıya sahip olup, boru malzemesi türüne bağlı olarak ilişki tanımlanmaktadır. Basınç ve sızıntı arasındaki ilişkinin tanımlanmasında May (1994) tarafından önerilen *Fixed and Varied Area Discharge (FAVAD)* yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda basıncıdaki değişime bağlı olarak oluşabilecek sızıntı oranı sızıntı katsayısı (N_1) olarak ifade edilen parametreye göre belirlenmektedir. Rijit boru malzeme türüne sahip sistemlerde (sabit alan sızıntıları için) N_1 katsayısı 0,5 alınırken, plastik esaslı boruların olduğu sistemlerde (değişken alan sızıntıları için) N_1 değeri 1,5 olmaktadır. Eğer sistemde boru malzemesi karışık ise veya malzeme türü hakkında yeterli bilgi yok ise N_1 katsayısı 1 alınmaktadır (Fantozzi ve Lambert, 2010; Lambert ve Thornton, 2012). Bu durumda basınç ve sızıntı arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkmaktadır. Basıncıta olabilecek %10'luk bir artış sızıntılarda da %10'luk ve hatta daha fazlası bir artışın meydana gelebileceği anlamına gelebilmektedir. Diğer taraftan basıncın düşürülmesi halinde mevcut sızıntı noktalarında su kayıplarının miktarı hızlı bir şekilde düşürülebilir. Bir dağıtım sisteminde meydana gelen yıllık fiziki kayıp hacmi ve yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp hacminin yönetilmesinde 4 temel bileşen önerilmiştir (Şekil 10) (Farley ve Trow, 2003; Farley vd., 2008).

Şekil 10'da verilen temel yöntemler incelendiğinde, yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp hacminin (küçük dikdörtgen) artmasında veya azalmasında sadece basınç yönetiminin etkisi olduğu söylenebilir (Lambert ve Fantozzi, 2005). Geçmişte yüksek basınçta çalışan bir sistemde su kayıplarının azaltılması için sadece basıncın düşürülmesi yeterli görülebilirdi. Günümüzde basınç yönetimi ile sürdürülebilir aktif kaçak kontrolü çabaları yıpranmış ve eski dağıtım şebekesi için dikkate alınmaktadır. Ancak yeni sistemler için de basınç yönetimi uygulanması gerekli koşul olmalıdır. Basınç yönetiminin su kayıp hacimlerinin azaltılmasında pozitif katkısının yanında boru patlama sıklığının düşürülmesi ve bu şekilde hatların servis ömrünün uzaması ile tamir-bakım maliyetlerinin düşürülmesine de katkıda bulunmaktadır (Frauendorfer vd., 2010; Boztaş vd., 2018).



Şekil 10. Fiziksel kayıplar ile mücadelede dört uygulama (Farley ve Trow, 2003; AWWA, 2009)

Kutu 3. Servis Bağlantısı Arızalarının GGS'ye Etkisi

Mevcut bir içme suyu şebeke sistemindeki hatlarda, servis bağlantılarında veya bağlantı yerlerinde meydana gelen hasarlar boruların fiziksel özellikleri, çevresel ve sistemin işletme özelliklerine bağlı olarak oluşmaktadır. Mevcut sistemde bu hasarlar ve boru patlamalarının belirli bir kısmı yüzeyde görülebilmekte ve rapor edilebilmektedir. Diğer yandan bu hasarların önemli bir kısmı “rapor edilmeyen sızıntılar” olarak zemin altında oluşmakta ve yalnızca aktif kaçak arama uygulamaları ile tespit edilebilmektedir. Bu kaçaklar boru yüzeyinin altında oluşmakta ve kaçak zemin altında kalmaktadır. Literatürde boru hatlarında oluşup rapor edilmeyen bu su kayıplarının önemli bir kısmı servis bağlantılarından, vanalardan ve bağlantı parçalarından olduğu belirtilmiştir. Özellikle servis bağlantıları bu konuda yoğun kaçakların meydana geldiği yerler olmaktadır (Nicolini vd., 2014; Aydoğdu ve Fırat, 2014; Boztaş vd., 2018).

Bu konuda Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ) hizmet alanında yapılan bir çalışmada rapor edilmeyen ve akustik yöntemlerle tespit edilen sızıntıların yaklaşık %77'sinin servis bağlantılarında meydana geldiği görülmüştür (Şekil 11) (Boztaş vd., 2018).



Şekil 11. Servis bağlantılarında meydana gelen sızıntılar (Boztaş vd., 2018)

Kutu 4. Fiziki Kayıpların Su Bütçesi Açısından Değerlendirilmesi

Fiziki kayıplar, her ne kadar su dengesi tablosu üzerinden hesaplanırsa da salt bu veriler üzerinden değerlendirme yapmak güvenli bir yaklaşım olmamaktadır. Tavsiye edilen yöntem, su dengesi tablosunda yukarıdan aşağıya (*top-down*) hesaplandıktan sonra gece debisi analizleriyle su dengesinin aşağıdan yukarıya (*bottom-up*) hesaplanarak oluşturulmasıdır (Farley ve Trow, 2003). Aksi halde;

- Su dengesi tablosunda fiziki kayıpların hacmi diğer hücrelerin doğru hesaplanması ile orantılıdır. Örneğin idari kayıplar yanlış hesaplanmışsa fiziki kayıplar da yanlış hesaplanmış olur.
- Su dengesi tablosundaki fiziki kayıplar geriye dönük bir yıllık veri olduğundan sınırlı bir değere sahiptir. Aktif kayıp kontrol için günlük, haftalık ve aylık değerlere ihtiyaç duyulmaktadır.
- Su dengesi, fiziki kayıpların bileşenlerini veya bunların kamu hizmeti politikalarından nasıl etkilendiğine dair hiçbir gösterge vermez.

Bu sebeple, fiziki kayıplar tercihen ek yöntemlerle de değerlendirilmelidir. Bunlar; fiziki kayıplar için bileşen analizi ve minimum gece debisi analizleridir (Al-Washali vd., 2016).

Fiziki kayıp bileşenlerinin analizinde ve değerlendirilmesinde su idaresinin arıza kayıt sisteminin sistematik ve düzenli verilere sahip olması büyük önem arz etmektedir. Arıza kayıt sistemindeki onarımlar idareye sistem üzerinde servis bağlantı arızası, boru kırığı gibi dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan sızıntılar hakkında bilgi vermektedir. Arıza kayıtları, tamir süresi ve onarım yapılan borunun cinsi ve çapı gibi bilgiler içerirse bu hacimler doğruya yakın bir şekilde hesaplanabilir.

Yıllık genel tüketimin su kayıpları üzerindeki etkisi de dikkate alınmalıdır. Bir su idaresinde mevsimsel veya yıllık olarak su tüketimi azaldığı zaman fiziki kayıp hacmi değişmese de oranı artar. Bunun tersi olarak tüketim arttığında fiziki kayıp hacmi değişmese de yüzde olarak azalır. Örnek olması bakımından Antalya’da 2014 ve 2016 yıllarına ait veriler Tablo 5’te verilmektedir (ASAT, 2017). 2016 yılında sisteme giren su hacmi yaklaşık iki kat artarken, fiziki kayıp hacmi hemen hemen aynı miktardadır. Bu bakımdan, yanlış algılamaya sebep olacak şekilde su kayıplarında yüzdesel olarak bir azalma rapor edilebilmektedir. Hedefler her bir su idare için ayrı ayrı hacimsel olarak belirlenmelidir.

Tablo 5. Antalya ili özelinde su kayıplarının değerlendirilmesi (ASAT, 2017)

	2014	2016
Sisteme giren su (m ³ /yıl)	139.256.832	248.662.553
Fiziki kayıplar (m ³ /yıl)	66.460.951	62.668.762
Su kayıpları oranı (%)	54,57	35,30

5. KAÇAKLARIN AZALTILMASI NEYİ İFADE ETMEKTEDİR?

Sızıntıların ve arızaların yönetilmesinde genel olarak aktif kaçak kontrolü ve pasif kaçak kontrolü olmak üzere iki farklı strateji uygulanmaktadır (Farley vd., 2008; Fallis vd., 2011). Birçok su idaresinde pasif kaçak kontrolü yöntemi uygulanmakta, birçok durumda yeterli görülmekte ve sadece rapor edilen arızaların (yüzeye çıkan sızıntılar) tamiri yapılmaktadır. Sızıntıların önemli bir kısmının yüzeye çıkmadığı göz önüne alındığında, pasif kaçak kontrolü su kayıpları ile mücadelede yeterli olmayan bir yaklaşım olmaktadır. Bu durumda sızıntıların farkına varılma süresi artmakta ve şebekedeki temiz su uzun bir süre boyunca zemine sızabilmektedir. Sızıntıların fark edilmesi için geçen süre oldukça uzun bir aralığı kapsayabilmektedir. Bu nedenle, su idarelerinin bu süreyi azaltmak için gerekli önlemleri almaları oldukça önemlidir.

Rapor edilmeyen sızıntıların farkına varılmasında izole bölgelerin oluşturulması ve minimum gece debisinin izlenmesi önemli avantajlar sunmaktadır (Farley vd., 2008). Farkına varılan sızıntıların onarılması ve sisteme kazandırılması için uygulanan en temel yöntem mevcut boru güzergâhlarında sızıntı sesi dinlemesi yapan ve deneyimli personelden oluşan sızıntı tespit ekibi ile sızıntıların lokal olarak belirlenmesidir. Bir sızıntı sesi tespit edilinceye kadar bu çalışma basit bir dinleme çubuğundan, elektronik yer mikrofonlarına ve hatta bölgesel ses kaydedicilere/korelatörlere kadar geniş ölçüde bir dinleme ekipmanı ile gerçekleştirilmektedir.

Li vd. (2015) sızıntıların tespit edilmesinde ve yerinin belirlenmesinde uygulanan yöntem ve cihazları incelemiş, avantajları, dezavantajları ve maliyetleri kapsamında detaylı analiz ve değerlendirme yapmıştır. Çalışmada, yer mikrofonlarının, denetim aralığının 200-500 m arasında, doğruluk yüzdesinin düşük ve verimliliğinin personel tecrübesine bağlı olduğu, buna karşılık düşük işletme maliyetine sahip olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan, bölgesel kaydedici ve korelatör ekipmanlarının, tarama aralığının 2.000 m'ye kadar olduğu, yüksek doğrulukla otomatik olarak tespit etme özelliğinin bulunduğu buna karşın bu ekipmanların yüksek maliyetli olduğu belirtilmiştir.

Büyük ve karmaşık yapıya sahip dağıtım sistemlerinde sistemin tamamının sahada eş zamanlı olarak denetlenmesi ve sızıntı yerinin belirlenmesi oldukça güç, zaman alıcı ve maliyetlidir. Bu nedenle sürdürülebilir bir sızıntı yönetimi için izlenebilir bölgelerin oluşturulması ve sistemin tüm bileşenlerin sistematik olarak izlenmesi oldukça önemlidir.

Şebekenin belirli bölgelerinde bulunan su kayıplarının miktarını tespit edebilmek için şebeke daha küçük ve ölçülebilir alt bölgelere ayrılmaktadır. Bu bölgelerde su girişleri düzenli ölçülmelidir. Her bölgede sızıntı hacminin hesaplanması ile tespit ekibinin öncelikli odaklanacağı bölgeler belirlenmiş olacak ve sızıntı denetim çalışması yapılacaktır. Anlaşılır bir şekilde kurulacak küçük bir bölge sızıntı tespiti ve su kayıp yönetimi için etkili bir yol olmaktadır (Morrison vd., 2007; Frauendorfer vd., 2010).

Bu küçük bölgeler Ölçülebilir Alt Bölge (ÖAB) olarak tanımlanmaktadır. Bir ÖAB hidrolik olarak diğer bölgelerden ayrılmakta ve genelde tek giriş noktasına sahip olmaktadır. Bu besleme ve sahip olduğu basınç sürekli bir şekilde ölçülmeli ve izlenmelidir.

İdeal bir şekilde bütün şebeke ÖAB'lere bölünürse su idareleri aşağıda belirtilen avantajlara sahip olacaktır (Morrison vd., 2007; Farley vd., 2008; Simbeye, 2010; Mutikanga vd., 2013; Vicente vd., 2016; Durmuşçelebi vd., 2020):

- GGS hacmi (ÖAB giriş hacmi ile faturalandırılan hacim arasındaki fark) istenilen zaman diliminde (aylık veya yıllık) düzenli olarak hesaplanabilir.
- GGS ana bileşenleri (fiziki ve idari kayıplar) saha verilerine göre (debi ve basınç) daha doğru ve sistematik olarak hesaplanabilir.
- Sızıntı tespit çalışmaları önceliklendirilebilir.
- Yeni boru patlakları minimum gece debisinin sürekli izlenmesi ile hızlı bir şekilde tanımlanabilir. Böylece, tespit zamanı birkaç aydan birkaç güne (hatta daha da azına) düşürülmüş olur.
- Sistem izole edildiğinde su idareleri yasadışı bağlantıları veya su hırsızlığının diğer formlarının oluşumunu daha iyi değerlendirebilir ve gerekli müdahaleleri yapabilir.

Ayrıca ÖAB'ler basınç yönetiminde de önemli faydalar sağlamaktadır. ÖAB'nin besleme noktasına basınç düşürücü vana yerleştirilebilir ve her ÖAB'deki basınç istenilen seviyeye ayarlanabilir.

Sistemin özellikleri (şebeke uzunluğu, servis bağlantı sayısı), topoğrafik yapı, önemli yapıların varlığı, doğal sınır oluşturacak yapıların (ana yol, demiryolu, akarsu veya kanal gibi) izole bölgelerin boyutunun belirlenmesinde önemli faktörlerdir. Genelde 500 veya 5.000 servis bağlantısı olabilmesine bağlı olarak ÖAB boyutu her zaman değişebilmektedir. ÖAB boyutlandırması mevcut duruma göre yapılması gereken bir faaliyet olup hidrolik, topoğrafik, pratik ve ekonomik faktörlere bağlı olmaktadır (Farley vd., 2008; Fallis vd., 2011; Mutikanga vd., 2013).

ÖAB'lerin boyutları maliyetlendirme aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Birçok vana ve debimetre ihtiyacı bulunacağından ve bakım masrafları yüksek olacağından küçük ölçekli ÖAB'ler daha yüksek maliyet oluşturmaktadır. Bununla beraber, küçük ÖAB'lerin faydaları aşağıda belirtildiği gibidir (Mutikanga vd., 2013; Laucelli vd., 2017).

- Yeni kaçaklar erken dönemde hızlı bir şekilde tespit edilebilir ve bu şekilde farkındalık zamanı düşürülebilir.
- Daha hızlı ve kolay bir şekilde sızıntı noktaları tespit edileceği için sızıntı yerini tespit zamanı düşürülebilir.
- Yasadışı bağlantıları bulmak daha da kolaylaşacaktır.

Topoğrafya ve mevcut şebekenin durumu ÖAB'nin tasarım ve boyutlandırılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebeple bir dağıtım şebekesi üzerindeki ÖAB'lerin boyutları daima farklı olacaktır. ÖAB boyutunu etkileyen diğer önemli bir faktör ise altyapının mevcut durumudur. Eğer dağıtım şebeke hatları ve servis bağlantıları kırılgan ise patlamalar ve bu sebeple oluşacak su kayıpları çok sık olacağı için en uygun ÖAB boyutu nispeten daha küçük olmaktadır. Diğer yandan daha yeni bir şebekeden oluşmuş alanlarda ÖAB'lerin ölçüleri daha büyük olmalarına karşın yönetilebilir olabilecektir (Mutikanga vd., 2013; Laucelli vd., 2017).

IWA'nın Su Kayıpları ile Mücadele Grubu tavsiyelerine bağlı olarak, şayet bir ÖAB 5.000 servis bağlantısından büyük ise abone gece kullanımları içerisindeki varyasyonlardan servis bağlantılarında meydana gelebilecek küçük patlakları ve sızıntıları ayırmak bir hayli zor olacaktır. Eski ve zayıflamış su şebekesi hattı bulunan bölgelerde bir ÖAB boyutu 500 servis bağlantısına sahip olacak şekilde küçük tutulabilmektedir (Frauendorfer vd., 2010; Fallis vd., 2011; Durmuşçelebi vd., 2020).

Kutu 5. Veri Yönetimi

Su kayıp yönetimi içerisinde verilerin doğru ve sürekli bir şekilde ölçülmelerinin gerçekleştirilmesi mevcut sistemin durumunun yansıtılması ve problemlerinin tespit edilmesi için etkili bir uygulamadır. Mevcut şebekenin sahip olduğu problemlerin doğru tespit edilerek daha sağlıklı teşhislerin konulması ile beraber uygun mücadele stratejilerinin geliştirilmesi için en önemli adımdır. Standart su dengesi; su kayıp oranı ve sistem performansının izlenmesi, değerlendirilmesi, sistem performansının anlaşılması ve ayrıca diğer sistemler ile karşılaştırılabilmesi amacıyla IWA tarafından hazırlanmıştır. Ülkemizde de 2014 yılında yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği kapsamında su dengesi tablosunun nasıl oluşturulacağı ve su kayıplarındaki hedefler belirtilmiştir.

Bahse konu yönetmelikle il, ilçe ve belde belediyeleri belirli bir zaman takvimi çerçevesinde su kayıplarını %30'a, sonraki yıllarda %25'e düşürmekle sorumlu olmuşlardır. Bu şekilde su kayıplarını yönetmeliğe uygun olarak düşürmek için birtakım yatırımların yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu yatırımların yapılması, su dengesinin doğru ve sürdürülebilir bir şekilde oluşturulması için aşağıda belirtilen koşulların sağlanmasını gerektirmektedir.

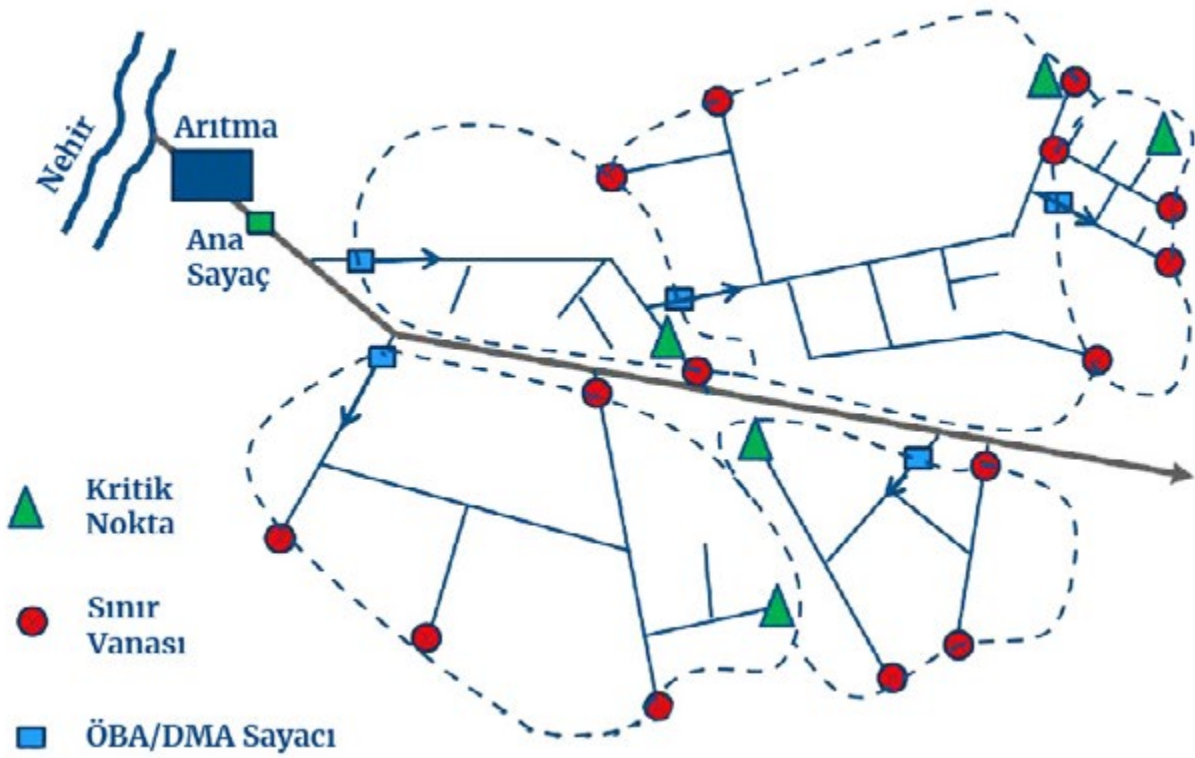
- Mevcut sistemin analizinin yapılması
- Hidrolik, fiziksel, çevresel ve sistemin operasyonu olarak temel faktörler altındaki bileşenlerin bilinmesi
- Verilerin doğru ve sürdürülebilir şekilde ölçülmesi
- Sistemin sürekli ve doğru şekilde izlenmesi yoluyla su kayıp oranının iyi bir şekilde anlaşılması

Şebeke özellikleri, abone profili ve tüketim karakteristikleri ile birlikte çevresel ve işletme koşulları, hasar oranı, boru malzeme özellikleri ve sistemdeki diğer bileşenler bir şebeke sisteminde aynı olmamakta ve bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Bu sebeple karmaşık yapıları ile birlikte mevcut su şebekesi boyunca bütün sistemin ölçülmesi ve izlenmesi aşağıdaki sebeplerden dolayı zor olabilmektedir (Durmuşçelebi vd., 2020).

- Ölçüm şekli, sıklığı ve veri öncelikleri bölgeden bölgeye değişmektedir.
- Karmaşık bir sistemde bölgeler arasında bulunan kayıplar farklı etki seviyelerine sahiptir ve hasar oranları da bu etki seviyesinden etkilenmektedir.
- Fiziki ve idari kayıplar bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği için su kayıplarını düşürmek için uygulanan stratejiye bağlı olarak verilerin toplanma sıklığı çeşitlilik göstermektedir.
- IWA standart su dengesinin doğru bir şekilde doldurulmasında su dengesini oluşturan bütün bileşenler için verilerin elde edilmesinin zorluğudur.

Diğer yandan bir ÖAB'de ölçülebilir, uygulanabilir ve sürdürülebilir veri elde edilmesi mevcut sistemin gereklilikleri veya zayıflıklarına bağlı olarak daha etkili ve hızlı bir şekilde yapılabilecektir. Böylece ÖAB'deki su kayıp analizi daha fazla ekipman ve teknik personel yatırımı yapılmadan veri toplama sistemi ile gerçekleştirilebilecektir.

Bir su idaresinde veri toplama süreci, ihtiyaçları karşılayan SCADA ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin kurulup sisteme entegre edilmesi ile başlamaktadır. Sistem analizlerinde elde edilen veriler CBS tabanında değerlendirilip su dengesi tablosu üretebilecek teknolojiler günümüzde bulunmaktadır (Durmuşçelebi vd., 2020).



6. İDARİ KAYIPLAR

Aboneler tarafından tüketilen ancak ücreti ödenmeyen bileşeni içeren idari kayıplar idareler için doğrudan gelir kaybı anlamı taşımaktadır. Dağıtım sistemlerinde idari kayıp hacmi genel olarak fiziki kayıp hacmine göre daha düşük seviyededir. Ancak idari kayıp hacminin fiziki kayıplara oranla düşük olması su kayıpları içerisinde önemsiz olduğu anlamına gelmemelidir. İdari kayıpların azaltılması ile su idareleri çok kısa bir zamanda mali olarak geri kazanım sağlayabilmektedir. İdari kayıp yönetiminde uygulanan yöntemler faturalandırılan su miktarının ve elde edilen gelirin artmasını sağlayacaktır.

İdari kayıpları oluşturan üç temel bileşen aşağıda verilmektedir (Lambert, 2003; Pearson, 2019).

- Hatalı/eksik ölçüm yapan veya hiç ölçüm yapmayan abone sayaçları
- Yasadışı bağlantılar ve su hırsızlığı
- Ölçümde, veri toplamada ve faturalandırmadaki problemler

İdari kayıpların azaltılması için, su idareleri uygun sayaç boyutlarının seçimi ve saha imalatlarının doğru bir şekilde yapılması için öncelikli olarak yazılı teknik şartname oluşturmalıdır. Doğru bir ölçüm için doğru sayaç tipi seçilmeli ve kullanım yeri ve türüne göre doğru sayaç çapı belirlenmelidir. Sayaçların su kalitesine göre en az B sınıfı sayaçlar olması sayaç montajlarının kolon sistemine dik 90 derece olacak şekilde yere paralel montajının yapılması gerekmektedir (Yılmaz, 2017). Sayaçlar imal edildikten sonra 2-4 yıl arasında kalibre edilmek şartıyla 10-14 yıl arasında kullanılabilirler. Servis ömrünü tamamlayan veya kalibre edilmemiş sayaçlar yanlış ölçüme neden olacaktır. Sayaca yapılan bilinçli/bilinçsiz müdahaleler sayaçların yanlış ölçmesine neden olabilmektedir (Yılmaz vd., 2019). Ayrıca sayaç hataları gelir getirmeyen suyun yanı sıra aşırı su tüketimi gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu nedenle bu bileşene ait hacmin azaltılması oldukça önem taşımaktadır.

Su kaynaktan aboneye ulaşana kadar çeşitli işletme ve üretim maliyetleri doğuracaktır. Su sayaçları bu ücretlerin kullanıcılardan adil bir şekilde yapılabilmesi için kullanılan aletleri tarif etmektedir. Su sayaçlarının ölçüm doğrulukları sürdürülebilir su yönetimi için yüksek önem arz etmektedir. İçme suyu dağıtım şebekelerinde bulunan su sayaçları istenilen koşullarda kullanılmadığında hata oluşabilir. Hata nedenleri genel olarak; montaj pozisyonu, yanlış tip seçimi, borudaki hava, imalat hataları, tahribat, sudaki katı maddeler, servis ömrü, dışarıdan sayaca müdahale edilmesi ve basınç şeklinde verilebilir (Yılmaz, 2017).

Kurumlar genel olarak 10 yılını dolduran sayaçları değiştirme yoluna gitmekte olup özellikle abone sayısının fazla, hatalı ölçüm yapan sayaçların az olduğu bölgelerde sayaç değişiminde kaynaklı ilk yatırım maliyeti artmakta ve kurum için ekonomik olmayan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Oluşturulacak olan sayaç değiştirme politikasında sayaç yaşının yanı sıra, bölge ya da mahalledeki hatalı sayaç oranı, toplam sayaç sayısı, su tüketim oranı gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır (Yılmaz, 2017).

Diğer taraftan yasal tüketimlerin sahada düzenli ölçülmesi, izlenmesi, okuma verimliliğinin analiz edilmesi ve faturalandırılan su oranının artırılması için idarede güncel abone yönetim sistemi ve faturalama sisteminin olması gerekir.

Dağıtım sistemlerinde sayaç hatalarından kaynaklanan kayıplardan sonra en önemli idari kayıp alt bileşen yasa dışı (kaçak) kullanımlardır. Kaçak kullanımlar genel olarak, sayaç takılmaması, tahrip edilmesi, sökülmesi, şebeke hattından bypass bağlantısı yapılması gibi çeşitli yollarla ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, sayacın kısılması veya çevrilmesi ve illegal hidrant kullanımı da kaçak kullanımlara örnek gösterilebilir. Diğer önemli problem ise abonenin sözleşmesinin sonlandırılması durumunda dahi fiziksel servis bağlantısının veya şube yolunun açık olması ile illegal bir şekilde su kullanmaya devam edilmesi durumudur. Sıkı pasif hesap yönetimi, takibi ve doğrulama çalışmaları bu durumu çözecektir (Frauendorfer vd., 2010).



7. SU KAYIP YÖNETİMİNDE PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Gelir Getirmeyen Su (GGS) konusunda su idareleri arasında performans kıyaslamasının yapılabilmesi ve zaman içerisindeki performans değişiminin izlenmesi için net ve standart bir metodolojiye bağlı olan performans göstergelerine ihtiyaç bulunmaktadır.

IWA tarafından önerilen performans değerlendirme sisteminde su kaynakları (4 gösterge), personel (26), servis kalitesi (34), işletme (44), fiziksel (15), finansal (47) gibi 6 alt başlıkta toplamda 170 gösterge bulunmaktadır. Bu 170 adet performans göstergesinin hesaplanmasında temel olarak 6 alt grupta toplam 232 adet değişken kullanılmaktadır (Alegre vd., 2006; Farley vd., 2008). IWA performans değerlendirme sisteminde her ana gösterge yönetim araçlarının önemine bağlı olarak dört seviyeye kadar göstergelere sahiptir. Performans göstergeleri, verimlilik ve etkililiğe genel bir yönetim bakışı sağlayan seviye 1'den (temel), operasyonel yönetimin belirli unsurlarını ele alan seviye 3 (ayrıntılı) göstergelere kadar değişir (Karadirek, 2016).

Su kayıpları için halen en sık benimsenen performans ölçütü su kayıp miktarının yüzde olarak belirtilmesidir. Bu oran GGS hacminin toplam sistem giriş hacmine bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu şekilde bir gösterim su idaresi için önemli olarak gözükmeye karşın su kayıpları ve GGS'nin doğru ölçümünün yapılmasındaki eksikliklerin gözden kaçırılmasına sebep olabilmektedir. GGS'nin yüzde olarak ifade edilmesi, farklı tüketim seviyelerinin, basınç seviyelerinin, besleme zamanlarının farklılığına bağlı olarak su idareleri için tamamıyla uygun olmamaktadır. Hat uzunluğu, servis bağlantı sayısı ve hattın yaşı gibi şebekenin sahip olduğu mevcut karakteristiği GGS seviyesinin belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir (Lambert vd., 1999; EU, 2015). Ayrıca bu gösterge fiziki ve ticari kayıplar arasındaki oranı da ortaya koymamaktadır.

Su kayıpları konusunda çalışan birçok organizasyon uzun yıllar boyunca, tüketimdeki artışın ve değişikliğin yüzde cinsinden su kayıp oranları üzerinde etkisi olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bu yüzden başta İngiltere olmak üzere diğer birçok Avrupa Birliği ülkesi fiziki kayıpların performans karşılaştırmasını yapmak için yüzde kullanımından vazgeçmiştir. IWA özellikle hacme göre yüzdelerin fiziki kayıpların operasyonel yönetiminde performansı değerlendirmek için uygun olmadığını ayrıca belirtmektedir (Lambert vd., 2014).

Su kayıplarının yüzde olarak gösterilmesi neticesinde aşağıdaki problemler ortaya çıkabilmektedir (Tardelli, 2006).

1. Kayıp-Kaçak: GGS, su kayıpları veya fiziki kayıplar (tümü farklı anlamlara sahiptir) olabilir. Ayrıca, ham su ve isale hatlarındaki sızıntıyı içerebilir veya hariç tutabilir.
2. Sistem Giriş Hacmi: Arıtma tesisine gelen veya arıtma tesisinden çıkan su hacmi olabileceği gibi, farklı havzalardan gelen veya farklı havzaya gönderilen su hacmi dâhil veya hariç olabilir.

Yukarıda belirtilen maddelere bağlı olarak, bir su idaresi, 'sistem giriş hacminin' bir 'yüzdesi olarak' birden fazla kayıp-kaçak değerine sahip olabilir. Kayıp-kaçak oranı küçükten büyüğe değerlere (örn. %16'dan %39'a) kadar değişebilir ve hangisinin doğru olduğu da tespit edilemeyebilir (Lambert, 2014).

Su Kayıplarını Hangi Değere Düşürmeliyiz? Teknik Olarak Minimum Fiziki Kayıplar

IWA, bir su dağıtım sisteminin verimliliğinin hesaplanması için 170 adet performans göstergesinin bulunduğu bir set geliştirmiştir. En temel ve çok kullanılan performans göstergeleri (Lambert vd., 1999; Alegre vd., 2006);

- i) Sistem giriş hacminin bir yüzdesi olarak toplam su kayıpları ve fiziki kayıplar
- ii) Birim zamandaki servis bağlantısı başına fiziki kayıpların hacmi
- iii) Birim zamandaki hane (mülk) başına fiziki su kayıpların hacmi
- iv) Birim zamanda sistem uzunluğu başına fiziki kayıpların hacmi. Burada sistem uzunluğu, şebeke hatlarının uzunluğu ve abone sayaçları noktasına kadar olan şube yolu bağlantı uzunluğunun toplamıdır.
- v) Gerçek Yıllık Fiziki Kayıpların (GYFK) Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplara (KYFK) oranı olan Altyapı Sızıntı Endeksi (ILI)

Yüzde kullanımı ile ilgili ortaya çıkan sorunlar ışığında, “servis bağlantısı başına” ve “ana şebeke km başına” kayıp hacimlerinin, mevcut performans göstergeleri arasında en uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bunlar, süreç göstergeleri olup neredeyse tüm sızıntının meydana geldiği dağıtım altyapısını temsil edebilmektedir. Bu süreç göstergeleri bir sistemde aktif kaçak kontrolü, basınç yönetimi veya boru malzeme yönetimi gibi temel önleme ve azaltma yöntemlerinin etkilerinin izlenmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemler uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonra bu göstergelerdeki değişim izlenerek yöntemin etkisi analiz edilmektedir. Ancak bu iki performans göstergesinden hiçbirisi ortalama basıncı, ana şebekedeki km başına bağlantı yoğunluğunu ve şebeke ile müşteri sayaçları arasındaki ortalama abone bağlantısı uzunluğunu hesaba katmamaktadır. Bu sebeple sistemler arasında karşılaştırmalar için uygun olmayabilmektedir. Bu göstergeler, dağıtım sisteminde azaltma ve önleme yöntemlerinin uygulanması ile elde edilecek kazanımların veya süreç içindeki performansın izlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

IWA, buradaki uygunsuzluğu değerlendirerek farklı temel altyapı ve basınç özelliklerine sahip sistemlerden fiziki kayıpların teknik karşılaştırmaları için özel olarak tasarlanmış bir performans göstergesi olan ILI göstergesini geliştirmiştir (Lambert vd., 1999; Farley vd., 2008; Lambert vd., 2014). ILI hesabında, “Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar (KYFK)” ve “Gerçek Yıllık Fiziki Kayıplar (GYFK)” kullanılmaktadır. ILI’nin özellikle aktif kaçak kontrolü yöntemlerinin (boru malzemesi, arıza onarım hızı ve kalitesinin iyileştirilmesi, minimum gece debisi ile sızıntıların azaltılması) etkilerinin izlenmesi açısından önemli katkı sunduğunu bilinmektedir (McKenzie ve Seago, 2005). ILI, Gerçek Yıllık Fiziki Kayıpların (GYFK) Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplara (KYFK) oranı şeklinde boyutsuz olarak hesaplanabilir (Lambert vd., 1999). ILI, akabinde farklı temel özelliklere sahip farklı sistemler arasında fiziki kayıp yönetiminin teknik karşılaştırmaları için kullanılabilir.

ILI, mevcut çalışma basıncında, aktif ve pasif kaçak yöntemlerini uygulayan bir idarenin kaçak seviyesini ne kadar etkili bir şekilde kontrol ettiğini gösteren bir performans göstergesidir (Moslehi vd., 2019). Bilhassa GGS oranlarının nispeten düşük olduğu sistemlerde, aktif kaçak yöntemlerinden hangisinin daha etkin sonuçlar verdiğini tespit etmede ciddi faydalar sağlamaktadır (Darsana ve Varija, 2018). Şebekelerde arıza oranının ve sızıntıların azaltılması için dağıtım sisteminin detaylı bir şekilde analiz edilmesi, en uygun önleme ve izleme yöntemlerinin kullanılması gerektiği ve ILI ve KYFK göstergeleri ile sistem performansının izlenmesi gerektiği ifade edilmiştir (Ociepa vd., 2018).

Burada önemli hususlardan birisi de ILI'nin herhangi bir ekonomik durumu dikkate almadan hesaplama yapmasıdır (Chisakuta vd., 2011). Bu durum özellikle salt ILI standartları dikkate alınarak su kuruluşlarının kayıp hedeflerini belirlemesinin ekonomik olmayan sonuçlara neden olabileceğini göstermektedir. Ayrıca basınç yönetiminin uygulanması KYFK ve GYFK değerlerini azaltıcı yönde etkiye sahip olmasından dolayı, basınç yönetimine bağlı olarak her zaman ILI değerinde azalma gözlenmeyebilir (Liemberger vd., 2007; Lenzi vd., 2014). Bu durumda sistem diğer kayıp performans göstergeleriyle de değerlendirilmelidir.

Su dağıtım şebekesindeki fiziki kayıpların sınıflandırılmasında geliştirilen basit matris Tablo 6'da verilmektedir.

Birçok su idaresinde bağlantıların sayısının kayıtları tutulmamaktadır. Bu durumda bağlantıların sayılarının tahmini her bağlantıdaki ortalama abone sayısı, illegal bağlantı sayısı tahmini ve pasif hesap olan bağlantı sayısı tahmini ile birlikte abone sayısı bazlı yapılmalıdır (Karadirek, 2016).

Tablo 6. Su kayıplarının ülkeler bazında sınıflandırılmasında kullanılan kategori matrisi (Liemberger ve Mckenzie, 2005; Karadirek, 2016)

ILI		Kategori	Kategorilerin Genel Açıklaması
Gelişmiş Ülkeler	Gelişmekte Olan Ülkeler		
1-2	1-4	A	Su kıtlığı olmadığı sürece, su kaybını daha fazla düşürmek ekonomik olmayacaktır. Maliyet etkin iyileştirmelerin belirlenmesi dikkatli bir analiz gerektirmektedir.
2-4	4-8	B	Kayda değer ilerlemeler için potansiyel bulunmaktadır. Basınç yönetimi, daha iyi aktif kaçak kontrol pratikleri ve iyi bir şebeke bakım-onarımı
4-8	8-16	C	Zayıf kayıp-kaçak verileri. Su bol ve ucuz olduğunda tolere edilebilir. Kayıp-kaçakların analizi yapılmalı ve azaltma yönünde çalışmalar yerine getirilmelidir.
>8	>16	D	Kaynaklar çok verimsiz kullanılmaktadır. Yüksek öncelik ile kayıpların azaltılması programının uygulanması mecburidir.

Açıkça denetlenebilir varsayımlara dayanan KYFK ilk olarak Lambert vd. (1999) tarafından yayımlanmıştır.

$$KYFK \text{ (litre/gün)} = (18 \times Lm + 0,8 \times Nc + 25 \times Lp) \times P$$

Lm: Şebeke ana hat uzunluğu (km)

Nc: Servis bağlantı sayısı

Lp: Özel mülkteki toplam servis bağlantısı uzunluğu (parsel sınırı ile sayaç arası) (km)

P: Ortalama işletme basıncı (m) olup bölgenin topoğrafik olarak orta noktasından (AZP) yapılan ölçümlerin ortalamasıdır.

KYFK denklemleri kolay bir şekilde çok çeşitli birimlere dönüştürülebilir (yıllık, günlük, saatlik; m³ veya litre; km şebeke başına, abone bağlantısı başına gibi). Eğer KFYK'lar su dengesi tablosundaki GYFK ile kıyaslanmak istenirse m³/yıl şekline de dönüştürülebilir (Lambert, 2014).

ILI, her bir su idaresi için teknik olarak elde edilebilecek en düşük sızıntının basit bir katı (örneğin üç katı) olarak kaçacağını ifade etmeye yarar. Bununla birlikte, her zaman sızıntının değeri (TL/m³) yorumlanabilmektedir. Mevcut işletme basıncı (sızıntı yönetimi için en uygun olmayabilir) dikkate alınarak yorumlanması ihmal edilmemelidir.

Geleneksel olarak su kayıpları m³/bağlantı/yıl veya m³/km şebeke/yıl olarak ifade edilir. Ancak şebekeler arası kıyaslama yapmak için iyi bir seçenek olmamaktadır. Zira her bir şebekenin farklı şebeke yoğunluğu, işletme basıncı, şebeke metrajı, servis bağlantısı ve uzunluğu vardır. Buna göre KYFK miktarları da farklı olmaktadır. Örnek vermek gerekirse (EU, 2015);

- 30 bağlantı/km, 30 m şebeke basıncı için kaçınılmaz yıllık fiziki kayıp miktarı = 500 m³/km/yıl veya 15 m³/bağlantı/yıl
- 80 bağlantı/km, 50 m şebeke basıncı için kaçınılmaz yıllık fiziki kayıp miktarı = 1.500 m³/km/yıl veya 18 m³/bağlantı/yıl olacaktır.

Avrupa Birliği, kayıpların yönetimi projelerinde iyi uygulamalardaki performans göstergeleri iki grupta özetlenmiştir (Alegre vd., 2006; EU, 2015).

1. Bireysel şebekelerde hedefler ve ilerlemeyi izlemek için performans göstergeleri:

- Hacim/yıl, m³/km şebeke/gün, litre/bağlantı/gün ve litre/parsel/gün

2. Farklı şebekelerde su kaybını (raporlanan/raporlanmayan) karşılaştırmak için performans göstergeleri:

- KYFK, ILI, ortalama basınç, kayıp miktarının değeri Euro/m³ ve onarım frekanslarıdır.

Yukarıdaki ifadeden anlaşılacağı üzere, farklı altyapı sistemlerin birbiriyle karşılaştırılabilmesi için bazı teknik detayların bilinmesi gereklidir. Özellikle şebeke büyüklüğü, şebeke yoğunluğu ve bahçe nizamlı binalarda sayaçların konumları önemli parametrelerdir. IWA tarafından tavsiye edilen performans göstergeleri ise Tablo 7' de verilmiştir (Alegre vd., 2006).

Tablo 7. IWA performans göstergeleri (Alegre vd., 2006)

Gösterge	PG Grubu	Önerilen Birimler	Yorumlar
Hacme göre GGS (%)	Ekonomik ve Finansal (Fi46)	Gelir getirmeyen suya karşılık gelen sistem girdi hacminin yüzdesi	Su kayıplarını değerlendirmenin en popüler ve kolay yolu (ekonomik ve finansal açıdan)
Maliyete göre GGS (%)	Ekonomik ve Finansal (Fi47)	GGS'ye karşılık gelen sistem girdi hacmin yüzdesi	Yenilikçi gösterge, ancak alt sistemler veya ÖAB'ler için değerlendirilmesi kolay değildir
Su kayıpları	Operasyonel (Op23)	m ³ /servis bağlantısı/yıl	Spesifik göstergeler olan idari ve fiziki kayıplara göre daha az alakalı
İdari kayıplar	Operasyonel (Op25)	İdari kayıplara karşılık gelen 'su temininin' yüzdesi	Dağıtım şebekesi için yeterli. Daha önce m ³ /bağ/yıl'dı. Değiştirildi
İdari kayıplar	Operasyonel (Op26)	İdari kayıplara karşılık gelen 'Sisteme giren su hacminin' yüzdesi	Toplu besleme sistemleri için yeterli. Daha önce m ³ /bağ/yıl'dı. Değiştirildi
Fiziki kayıplar	Operasyonel (Op27)	litre/abone bağlantısı/gün şebekede basınç varken	Geleneksel % göstergesinden çok daha iyi bir operasyonel performans göstergesi bağlantı yoğunluğu, sızıntı hacmini etkileyen önemli bir faktördür.
Fiziki kayıplar	Operasyonel (Op28)	litre/km/gün şebekede basınç varken	Bağlantı yoğunluğunun çok düşük olduğu ve şebeke uzunluğunun baskın bir açıklayıcı faktör haline geldiği durumlarda kullanın.
Altyapı Kaçak Endeksi ILI	Operasyonel (Op29)	Gerçekleşen fiziki kayıplar ile sistem işletim basıncı, ortalama servis bağlantı uzunluğu ve servis bağlantı yoğunluğu için teknik olarak elde edilebilecek minimum tahmini fiziki kayıpların oranı	Op29, sızıntı hacmini önemli ölçüde etkileyen şebekenin fiziksel durumu ile ilgili olmayan diğer faktörleri ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Teknik olarak ulaşılabilir, düşük seviyeli yıllık gerçek kayıplar, KYFK olarak adlandırılan Kaçınılmaz Ortalama Fiziki Kayıpların en iyi tahminine eşittir.
Su kaynaklarının kullanımındaki verimsizlik (%)	Su Kaynak (WR1)	Sisteme giren su ile sızıntılarda kaybolan ve abone sayaçlarına kadar taşan suyun yüzdesi	Su kayıplarının çevresel göstergesi, ancak altyapı durumu veya ekonomik su kayıpları değerlendirmek için uygun değildir; bunlar için operasyonel veya ekonomik su kayıpları göstergeleri kullanılmalıdır.

Kutu 6. KYFK Hesaplamak için Temel Denklemler

Açıkça denetlenebilir varsayımlara dayanan KYFK ilk olarak Lambert vd. (1999) tarafından yayınlanmıştır (Eşitlik 1).

$$\text{KYFK (litre/gün)} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \dots\dots\dots(1)$$

Lm: Şebeke ana hat uzunluğu (km)

Lp: Özel mülkteki toplam servis bağlantısı uzunluğu (parsel sınırı ile sayaç arası) km

Nc: Servis bağlantısı sayısı

P: Ortalama Basınç (m)

IWA'nın 1. Performans Göstergeleri Raporunda (2000), KYFK formülünün farklı bir formatta yayınlanması tercih edildi (Eşitlik 2). Bu denklemde (birçok Avrupa ülkesinde olduğu gibi), şebeke ile sayaç arasında olan tüm abone bağlantılarının ortalama uzunluğunun bilindiği varsayıldı.

$$\text{KYFK (litre/abone bağ./gün)} = (18 \times L_m/N_c + 0,7 + 0,025 \times L_p) \times P \dots\dots\dots(2)$$

Bu denklemde Lp, tüm abone bağlantısının (şebeke ile sayaç arası) metre cinsinden ortalama uzunluğudur. Eşitlik 1'deki Nc için 0,8 katsayısı, şebeke ile parsel sınırı arası, her bir abone bağlantısının yaklaşık 4 metre olduğu varsayılarak, eşitlik 2'de 0,7'ye düşürülmüştür. Eşitlik 1 ve 2 için KYFK neredeyse aynı sonuçları vermektedir (Lambert, 2014).

KYFK'ların hesaplanması için iki farklı denklemin bulunması kafa karışıklığına yol açmıştır. IWA'nın 2. Performans Göstergeleri Raporunda (2007) Eşitlik 1'e benzer olarak Eşitlik 3 yayınlanmıştır. Bu denklemde Lp parsel sınırı ile sayaç arasındaki abone bağlantısının metre cinsinden ortalama uzunluğudur (Şekil 12).



Şekil 12. Abone Bağlantı sayısı Ns bazen Nc olarak birbirinin yerine kullanılabilir (Lambert vd., 2014)

$$\text{KYFK (litre/abone bağ./gün)} = (18 \times L_m/N_c + 0,8 + 0,025 \times L_p) \times P \dots\dots\dots(3)$$

KYFK formülü başlangıçta tüm su idarelerinin performansını karşılaştırmak için geliştirilmiştir. 1999 yılında, 18 ülkede 27 şebeke üzerinde yapılan çalışmalarda sadece Hollanda'da bir su dağıtım sisteminin ILI değeri 1'in altında çıkmıştır (ILI= 0,7). Bu şebekede ortalama 35 metre olup neredeyse tüm arızalar yüzeye çıkmakta ve aktif kayıp kontrolüne gerek kalmamaktadır. Yapılan bu çalışma sonucunda nispeten az sayıda su idaresi, tahmin edilen KYFK'larına (1,0'a yakın ILI) eşit fiziki kayıplar elde edebilmiştir (Lambert vd., 2014).



Kutu 7. Performans Göstergesi Olarak Yüzde (%) Kullanımının Sakıncaları

Su kayıpları ve su tüketimin toplamı, sisteme giren su hacmi değiştiğinde dahi her zaman %100'e eşit olmalıdır. Su kayıpları yüzdesi artarsa, tüketim yüzdesi azalmalıdır ve bunun tersi de geçerlidir. Aralarındaki ilişki, oyun parkındaki bir tahterevalli gibidir; tahterevalli ne kadar büyük olursa olsun bir uç yukarı çıkarsa, diğer ucu aşağı inmelidir (EU, 2015).

Bu durum, bir su idaresinin aynı anda hem kaçacağı hem de tüketimi azaltma çabalarını ölçmek için kullanılan bir performans göstergesindeki temel bir kusurdur. 2002/03 ile 2010/11 yıllarında yaşanan kuraklık döneminde Melbourne, Yarra Valley Water'da (EU, 2015);

- Abone bağlantılarının sayısı %11 arttı (505.000'den 553.000'e)
- Faturalanan tüketim, talep yönetimi sayesinde %31 azaltıldı (451 ml/gün ile 312 ml/gün)
- Gelir Getirmeyen Su hacmi %41 azaltıldı (64 ml/gün'den 38 ml/gün'e)
- Fiziki kayıp hacmi %44 düşürüldü (50 ml/gün'den 28 ml/gün'e)
- ILI (Alt Yapı Sızıntı Endeksi) %54 azaltıldı (1,3'ten 0,7'ye)
- Ancak, Sistem Giriş Hacmi (SGH)'nin yüzdesi olarak GGS yalnızca marjinal olarak azaldı (%12,4'ten %10,7'ye)
- SGH'nin yüzdesi olarak su kayıpları da sadece küçük bir oranda azaldı (%9,7'den %8,1'e)

Birçok Avrupa ülkesinde son 20 yılda düşen su tüketimi, hacim cinsinden mevcut su kayıplarının değişmediği halde SGH'nin yüzdesi olarak su kayıplarının artmasına neden oldu. Bununla birlikte, hedef belirlemek ve ilerlemeyi izlemek için yüzde kullanma meselesi, yüksek su kayıplarını azaltmaya çalışan Doğu Avrupa ülkelerinde ciddi bir sorun oluşturmıştır. Tablo 8'de Zagreb Su idaresinin SGH, GGS ve fiziki kayıp su hacimlerini %5,1, %6,2 ve %6,5 oranında nasıl azalttığını göstermektedir (EU, 2015). Bu yalnızca GGS ve fiziki kayıplarda yüzde olarak kıyaslandığında %0,6 oranında küçük bir azalma olarak gösterilmektedir.

Tablo 8. Fiziki kayıpların azaltılmasında hacimsel ve yüzde olarak ifade edilmesi (EU, 2015)

Su Dengesi verilerinin hacimsel olarak ifade edilmesi						Su Dengesi verilerinin yüzdesel olarak ifade edilmesi					
Yıl	Sisteme Giren Su Hacmi (SGH)	İzin Verilen Tüketim	Gelir Getirmeyen Su (GGS)	İdari Kayıplar	Fiziki Kayıplar	Yıl	Sisteme Giren Su Hacmi (SGH)	İzin Verilen Tüketim	Gelir Getirmeyen Su (GGS)	İdari Kayıplar	Fiziki Kayıplar
	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³		SGH'nin Yüzdesi	SGH'nin Yüzdesi	SGH'nin Yüzdesi	SGH'nin Yüzdesi	SGH'nin Yüzdesi
2012	120,7	59,9	60,8	9,3	51,4	2012	%100	%49,6	%50,4	%7,7	%42,6
2013	114,5	57,5	57,0	8,9	48,1	2013	%100	%50,2	%49,8	%7,8	%42,0
Değişim	-6,2	-2,4	-3,8	-0,4	-3,3	%	%0	%0,6	-%0,6	%0,1	-%0,6
% Değişim	-%5,1	-%4,0	-%6,2	-%4,7%	-6,5	% Değişim	%0	%0,6	-%0,6	%0,1	-%0,6

Bu sebeplerden dolayı performans göstergesi olarak yüzde ifadesi yerine, dağıtım sistemi şebeke uzunluğu, ortalama şebeke basıncı, abone bağlantı sayısı gibi verileri de içine alan performans göstergeleri kullanılmalıdır (EU, 2015).

IWA'nın performans göstergeleri kullanımı ile ilgili hazırlamış olduğu kılavuzda sistem giriş hacminin yüzdesinin dağıtım şebekesinin verimli yönetimini, altyapı durumunu veya fiziki kayıpları değerlendirmek için kullanılmaması gerektiği açıkça belirtilmiştir.

ILI değeri 1'e yakın olan bir su idaresinin mükemmel ve etkili bir kaçak yönetim pratiğini gerçekleştirmekte olduğu anlaşılmaktadır. Ancak ILI düşük ve orta gelirli su idarelerinde kaçak yönetim performansının değerlendirilmesinde kullanıldığı durumlarda 10'dan daha yüksek değerler de görülebilmektedir.

Su idareleri su kayıplarını azaltma konusunda "Yapmış olduğu çalışmalarda nereye kadar devam etmeliyiz? Efektif bir çalışmanın sınırları ne olmalıdır?" sorularına cevap arayabilir. İlave performans göstergeleri ve sistem bilgilerinin ileri analizleri, genellikle bu yaklaşımda yardımcı olmaktadır. Tablo 9'da, Avrupa koşullarını makul bir şekilde temsil ettiği düşünölen ek performans göstergeleri ve sistem bilgisi olarak tanımlayıcı limit sınırları gösterilmiştir (Lambert, 2020).

Tablo 9'da verilen göstergeler su idarelerinin mevcut veri eksikliklerini (özellikle eksik temel verileri) belirlemeye ve kayıp yönetimi faaliyetleri için daha ileri veri toplama önceliklerini değerlendirmeye yardımcı olur.

Tablo 9. Ek performans göstergeleri ve sistem göstergeleri (Lambert vd., 2014)

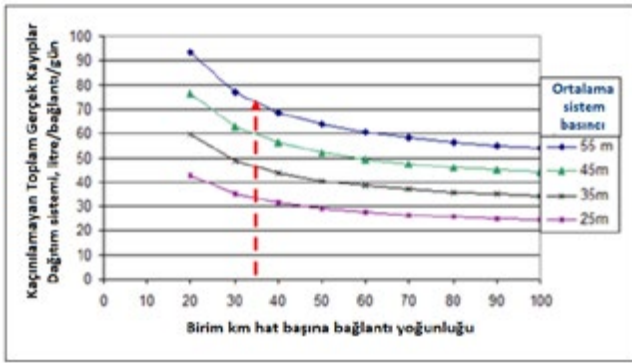
Parametreler	Ölçü Birimleri	Sistem Boyutu Açıklamaları					Örn. Şebeke
		Çok Küçük	Küçük	Orta	Büyük	Çok Büyük	
Abone bağlantıları	Sayı (*1.000)	< 3	3 ila 30	30 ila 300	300-3.000	> 3.000	Küçük
Abone bağ. yoğunluğu	Şebeke sayısı	< 20	20 ila 30	30 ila 50	50 ila 70	> 70	Büyük
Ort. uzunluk şebeke-sayaç	Bağlantı Başına Metre	< 4	4 ila 8	8 ila 12	12 ila 16	> 16	Orta
Parametre veya Sistem Bilgileri	Ölçü Birimleri	Performans Göstergesi ve Sistem Bilgi Açıklamaları					Örn. Şebeke
		Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	
Altyapı Kaçak Endeksi (ILI)	-	< 1,5	1,5 ila < 2,0	2,0 ila < 4,0*	4,0* ila < 8,0*	> 8*	Orta
Ortalama sistem basıncı	Metre	< 30	30 ila < 40	40 ila < 50	50 ila < 60	> 60	Orta
Şebeke onarımları	100 km/yl başına	< 7	7 ila < 10	10 ila < 15	15 ila < 20	> 20	Çok Yüksek
Şebeke onarım için ortalama süre	Gün	< 1	1 ila < 2	2 ila < 4	4 ila < 8	> 8	Düşük
Abone bağlantısı onarımları	1.000 abone/yl başına	< 3	3 ila < 4	4 ila < 7	7 ila < 10	> 10	Çok Yüksek
Abone bağlantısı ortalama onarım süresi	Gün	< 2	2 ila < 4	4 ila < 8	8 ila < 16	> 16	Düşük
Aktif kaçak kontrolü	% yıllık kontrol	< %10	%10 ila < %30	%30 ila < %70	%70 ila < %90	> %90	Orta
Rapor edilmemiş sızıntının artış oranı	litre/bağ./gün, bir yıl içinde	< 20	20 ila < 40	40 ila < 80	80 ila < 160	> 160	-
Sızıntının maliyeti	Euro/m ³	< 0,10*	0,10 ila < 0,25*	0,25 ile < 0,50*	0,50 ila < 1,00*	1,0* veya daha fazla	Yüksek
Enerji kullanımı	kWsaat/m ³	< 0,25*	0,25 ile < 0,50*	0,50 ile < 1,0*	1,0 ila < 2,0*	2,0* veya daha fazla	Çok Yüksek
* Bu parametreler için sınırlar geçicidir ve daha fazla kontrol ve/veya incelemeye tabidir							

Kutu 8. Farklı Altyapı Sistemlerinin Karşılaştırılması için Bilinmesi Gerekenler

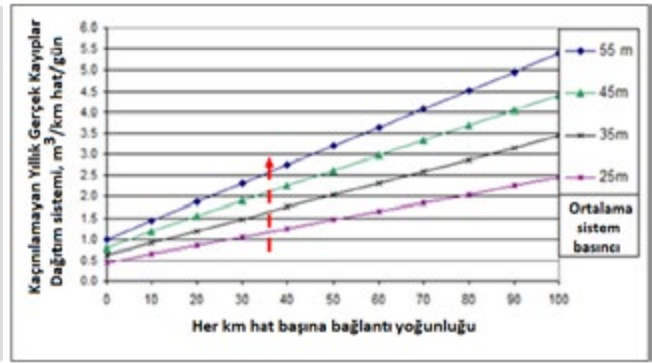
Farklı altyapı sistemlerin doğru bir şekilde birbiriyle karşılaştırılabilmesi için şebeke büyüklüğü, şebeke yoğunluğu, ortalama işletme basıncı ve sayaç konumlarının bilinmesi gereklidir.

Parsel sınırında sayaçları bulunan sistemlerde ($L_p=0$ her bir abone bağlantısı için) servis bağlantı yoğunluğu ve basınç etkisi Şekil 13'te (KYFK, dağıtım şebekesi litre/bağlantı/gün) ve benzer grafik L_p 'nin diğer değerleri için Şekil 14'de gösterilmiştir (Lambert vd., 2014).

Şekil 13 ve Şekil 14 tüm su idareleri için “servis bağlantı başına” veya “şebeke birim uzunluk (km) başına” bazında aynı teknik fiziki kayıp performansını elde etmesini beklemenin gerçekçi olmadığını açıkça göstermektedir. Her sistemin kendine özgü KYFK'ı vardır ve farklı bağlantı yoğunluğu ve basınç kombinasyonları için 92 ile 23 litre/bağlantı/gün arasında değişebilir (Şekil 13). Bu nedenle, bu performans göstergeleri (litre/bağlantı/gün ve m^3/km şebeke/gün) sistemler arasında teknik performans karşılaştırmaları yapılması için önerilmez (Lambert, 2014).



Şekil 13



Şekil 14

Şekil 13. KYFK (l/bağlantı/gün), sayaçları parsel sınırında bulunan sistemler (Lambert vd., 2014)

Şekil 14. KYFK (m^3/km şebeke/gün), sayaçları parsel sınırında bulunan sistemler (Tardelli, 2006)

Belirtilen herhangi bir basınçta km başına bağlantı yoğunluğu sayısı 40'tan fazla olan sistemler için KYFK'ların l/bağlantı/ gün cinsinden ifade edilmesi m^3/km şebeke/gün'e göre daha doğrudur. Aksine, bağlantı yoğunlukları km başına yaklaşık 40'ın altına düştükçe, litre/bağlantı/gün'deki KYFK oldukça hızlı bir şekilde artmaya başlarken, $m^3/km/gün$ 'deki KYFK hızlı bir şekilde azalır.

Bununla beraber, bağlantı başına kayıplar ve km başına kayıplar, herhangi bir sistemdeki sızıntı miktarındaki değişikliklerini kaydetmek ve izlemek için uygun performans göstergeleridir. Bunun nedeni, KYFK'ı etkileyen temel altyapı parametrelerinin her sistem için neredeyse sabit olmasıdır. Bağlantıların yoğunluğu ve sayaç konumu (parsel sınırına göre), mevcut sistem yıllar içinde büyümüş olsa dahi muhtemelen çok fazla değişmeyecektir.

Bağlantı yoğunluğu ve sayaç konumu bilinen herhangi bir şebekede, sızıntıdaki değişiklikler, x eksenindeki bağlantı yoğunluğu boyunca çizilen dikey bir çizgi üzerindeki noktalar olarak gösterilmektedir (Şekil 13 ve Şekil 14'te bulunan kırmızı kesikli oklar). Sistem basıncının KYFK üzerindeki etkisi açıkça görülebilir ve kaçaktaki yıllık değişimler (litre/bağlantı/gün veya m^3/km şebeke/gün olarak) kolay bir şekilde izlenebilir.

IWA'nın önerisine göre eğer bağlantı yoğunluğu >20 ise l/bağlantı/gün, bağlantı yoğunluğu <20 ise m^3/km şebeke/gün kullanılmalıdır (Lambert vd., 2014).

Bağlantı yoğunluğu km başına 20'yi aştığında (Şekil 14'te görüldüğü gibi) KYFK'ların yarısından fazlasının abone bağlantılarından meydana geldiğini göstermektedir. Ancak km başına 20 ile 40 bağlantı karmaşık bir bölge olduğundan, her iki seçenek de mantıklıdır, bu sebeple herhangi bir ülkede geleneksel olarak iki performans göstergesinden hangisi kullanılmışsa o tercih edilmelidir. Bununla birlikte kayıp kaçak takibi ve su kayıpları yönetimin izlenmesi için yüzdesel oranlar kullanılmamalıdır. KYFK formülünün uygulanması için her zaman bağlantı yoğunluğu, ortalama basınç ve şebeke boyutu için daha düşük sınırlar önerilmiştir. Tablo 10'da 1999 ile 2020 yılları arasında bu limitlerdeki değişiklikleri göstermektedir. Tablo 10'da 2020 yılında hesaplama için tüm sınırların kalktığı görülmektedir. Sistem Düzeltme Faktörü (SDF) ile küçük şebekeler ve düşük basınçlı sistemler için de hesaplamalar yapılabilmektedir.

Tablo 10. KYFK formülünün uygulama sınırlarındaki değişiklikler, 1999-2020 (Lambert vd., 2014; Lambert, 2020)

Parametre	Sınırlar	Lambert, AQUA	Lambert ve McKenzie	Liemberger ve McKenzie	Lambert	Lambert
		1999	2001	2005	2009	2020
Bağlantı Yoğunluğu/km	Minimum	20	20	Kaldırıldı	Alt sınır yok	Alt sınır yok
	Maksimum	100	Kaldırıldı		Üst sınır yok	Üst sınır yok
Ortalama Basınç (m)	Minimum	20	25	25	Grafiğe Bakın	Nc>5000 veya P<4,5m veya P>60m ise SDF* kullanılması önerilir
	Maksimum				Grafiğe Bakın	
Şebeke Boyutu	Minimum	Belirtilmemiş	Nc > 5000	Nc > 3000	Nc > 3000 - 20 x Lm	

*SDF= Sistem Düzeltme Faktörü

KYFK'ların daha iyi anlaşılması için bu denklemi oluşturan parametrelerin bilinmesinde fayda vardır. Tablo 10'da bu bileşenler gösterilmektedir. Bileşenler incelendiğinde, Şekil 13'te gösterilen raporlanan ve raporlanmayan arızalar ile arkaplan kayıplarının etkili olduğu görülmektedir. Tablo 11'de 50 m basınç altında yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp denklemlerinin bileşenleri verilmektedir.

Tablo 11. 50 m basınç altında Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıp denkleminin bileşenleri (Lambert vd., 1999; Farley ve Trow, 2003)

Altyapı Bileşenleri	Belirsiz (Arkaplan) Kayıplar	Raporlanan Arıza	Raporlanmayan Arıza	Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar (KYFK)	
Şebeke Ana Hat	480 litre/km/gün	290 litre/km/gün	130 litre/km/gün	900 litre/km/gün	18 litre/km/gün/metre basınç
Servis Bağ. (Şebeke-Parsel Sınır)	30 litre/bağ./gün	2 litre/bağ./gün	3 litre/bağ./gün	40 litre/bağ./gün	0,80 litre/bağ./gün/metre basınç
Özel Mülkteki Servis Bağ. (Parsel Sınır - Savaş)	800 litre/km/gün	95 litre/km/gün	355 litre/km/gün	1250 litre/km/gün	25 litre/km/gün/metre basınç
Tipik FAVAD N1	1,5'e yakın	0,5-2,5 arası boru cinsi ve arıza tipine göre		KYFK formülü için ortalama 1 kabul edilir.	

8. SU KAYIP YÖNETİMİNDE GENEL DURUM

Ülkemizde belediyeler, kendi bölgelerindeki su ve atıksu hizmetlerinden sorumludur. 1981 yılında İstanbul Belediyesi'nde su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütmek için gerekli olan her türlü tesisi kurmak, kurulu olan tesisleri devralmak ve tek bir merkezden işletmek amacıyla yeni bir hizmet temini modeli uygulanmaya başlanmıştır. Bu kapsamda, belediyeye bağlı olan ancak özel/özerk bütçeli bir kamu kuruluşu olan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) kurulmuştur. "İSKİ Kanunu" olarak da adlandırılan 2560 sayılı Kanuna göre; Su ve Kanalizasyon İdaresi (SUKİ), her türlü taşınır ve taşınmaz malın satın alınması, kiralınması ve satılması yetkisine sahiptir. SUKİ'ler ilgili tesisleri doğrudan veya diğer kamu ve özel kuruluşlarla ortak olarak kurabilmekte ve işletebilmektedir (Çelik, 2010).

2012 yılı sonunda yayımlanan 6360 sayılı Kanun ile 14 ilde yeni büyükşehir teşkil edilmiş ve bu illerin il belediyeleri büyükşehir belediyesine dönüştürülerek toplam büyükşehir belediyesi sayısı ve dolayısıyla Su ve Kanalizasyon İdaresi sayısı 30'a çıkmıştır. Böylece, büyükşehirlerin hizmet verdiği nüfus ülke nüfusunun %78'sine ulaşmıştır.

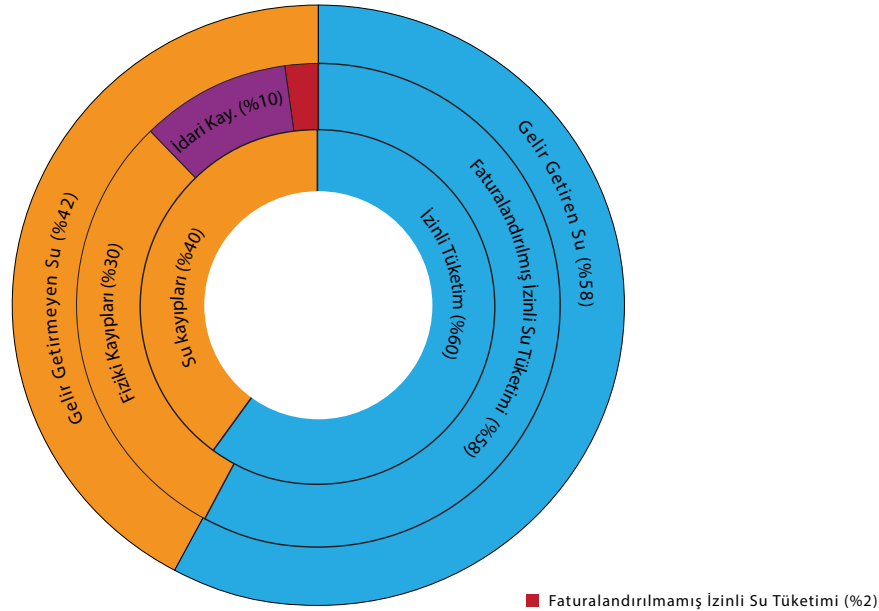
Mevcut büyükşehirlerin yetki sahasının genişlemesi, yeni kurulan büyükşehir belediyeleri ile birlikte yeni Su ve Kanalizasyon İdarelerinin kurulması su kayıp yönetimi açısından aşağıdaki belirtilen zorlukları beraberinde getirmiştir (Karadirek, 2016).

- Mevcut büyükşehir belediyeleri için, yeni yetki sahasındaki yerleşim yerlerinin su temini, su kalitesi, mevcut alt yapının eski ve yetersiz oluşu ve debimetre, sayaç gibi ölçüm cihazlarının eski ve yetersiz olması.
- Yeni yetki sahasındaki personelin intibakı, idari yapılanma, finansal kısıtlamalar.
- Yeni büyükşehir belediyelerinde, yeni bir su ve kanalizasyon idaresinin kuruluşu, idari yapının oluşturulması, devir teslim işlemleri, yeni idari ve hizmet binalarının yapımı.
- Büyükşehir belediyeleri su hizmetlerinin yanında atıksu, yağmursuyu ve dere ıslahı gibi büyük yatırım gerektiren, çevre sağlığı açısından öncelik taşıyan yatırımlar yapmakla da yükümlü olmaları.

Yukarıda belirtilen zorluklara paralel olarak, 2014 yılında yayımlanan "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği" uyarınca idareler doğru verileri üretmekte ve verileri Bakanlığa göndermekte zorluklar yaşamaktadır (Karadirek, 2016).

Bu zorlukların azaltılması açısından bir takım yeni düzenlemelerin getirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Özellikle coğrafi sınırları büyük olan, farklı besleme sistemlerine sahip büyükşehirlerde, şebeke karakteristiklerine göre bir sınıflandırmaya ve bu sınıflandırmaya göre su kayıpları hedeflerinin belirlenmesine ve raporlama periyotlarının düzenlenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Türkiye Su Enstitüsü (SUEN) tarafından 2017 yılı verileriyle 2019 yılında hazırlanan “Su ve Kanalizasyon İdareleri arasında Mukayeseli Değerlendirme Raporu” kapsamında çalışmaya katılan 27 idarenin ortalama su kayıp oranı %40, ortalama GGS oranı ise %42 olarak raporlanmıştır (Şekil 15) (SUEN, 2019). Gelişmiş ülkelerdeki GGS oranına göre yüksek olan bu oranın büyükşehir statüsünde olmayan diğer illerde daha yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 15. Ülkemizdeki Su ve Kanalizasyon İdarelerinin ortalama su kayıp bileşenleri (SUEN, 2019)

Eskiye su Şebeke hatları, uygun olmayan yönetim pratikleri ile zayıf Şebeke tamir/bakımı uygulamaları, su hırsızlığı ve Şebekeyi besleyen suyun miktarının belirlenmesindeki yeterli güvenilirliğe sahip olmayan veriler ülkemizdeki su kayıp yönetiminin problemlerindendir. Ülkemizdeki su dağıtım Şebekesinin yaklaşık yarısı 50 yaşın üzerindedir (Karadirek, 2016). Birçok belediyede ya da teknik alt yapısı yetersiz olan idarelerde su dağıtım Şebekesi ve bileşenleri CBS ortamında olmayıp sadece bölgede çalışan saha personelinin bilgisinde bulunmaktadır.

Su kayıplarının ölçülmesi ve düşürülmesi konusunda birçok küçük belediyenin ekipmanı bulunmamakta ve çabası da olmamaktadır. Çoğu durumda bu belediyelerdeki su dağıtım şebekesi tek bir debimetre ve basınçölçere de sahip değildir. Bu sebeple su kayıplarının miktarı tam olarak ölçülememekte ve maliyeti çıkarılamamaktadır. Su kayıpları yönetimi için finansman desteğinin yapılması kısa vade için gereklidir. Ancak, uzun vadede kendi kendini finanse eden bir programa dönüşmesi gerekli koşuldur. Sonuç olarak, ülkemizdeki su kayıplarının ortalama değeri hala birçok Avrupa ülkesi ile kıyaslandığında yüksektir (Karadirek, 2016).

Su kayıpları yönetiminde bazı belediyeler SCADA sistemleri ile yoğun olarak izlenebilen ve beslenebilen su dağıtım şebekesinin bazı kısımlarının bölündüğü ölçülebilir izole bölgeleri (ÖAB) bulunmaktadır. Diğer yandan beslenen su miktarının ölçümünde debimetre bulunmayan ve basınç ölçümü yapılamayan diğer belediyeler de mevcuttur.

Su kayıp yönetiminde yaşanan sorunlar temel olarak şu şekilde sıralanabilir (Bozkurt vd., 2021);

- İdarelerde üst yönetim farkındalığının olmaması, birim oluşturulmaması, birimler arası koordinasyonun olmaması
- Temel analizlerin yapılması için çoğu durumda veri, ekipman, bilgi ve finansal ve eksikliği
- İdarenin su kayıp yönetimi faaliyetleri için gerekli önem ve bütçe desteğini vermemesi
- İdarede su yönetimi ve su kayıplarını azaltma faaliyetleri için program oluşturulmaması, teknik ve ekonomik denetim politikasının olmaması
- Sistem mevcut durumu hakkında yeterli bilginin olmaması ve mevcut durum analizinin yapılamaması
- Mevcut durum analizine göre sistemin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenememesi
- Su kayıp yönetiminde gerçekçi olmayan hedeflerin konulması
- Tanımlanan hedeflere ulaşamaması, hedeflerin revize edilmesi ve ertelenmesi
- Mevcut durumu esas alan önleme-izleme-azaltma stratejilerinin geliştirilmemesi
- Günlük politikaların geliştirilmesi ve uygulanması ve uzun vadeli çözümlerin geliştirilmemesi
- Bunların sonucunda ekonomik olmayan ve verimsiz yatırımların yapılması.



9. SU KAYIPLARININ YÖNETİMİNDE MER'İ YÖNETMELİĞİN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Su temin ve dağıtım sistemlerinde meydana gelen su kayıp ve kaçaklarını azaltmak gayesiyle Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2014 yılında “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği” yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı kaynakların korunması ve verimliliğin artırılması, içme-kullanma suyunun etkin kullanılması ve israfının önlenmesi için içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının kontrolüne ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Bu amaç doğrultusunda yönetmelik önemli bir kılavuz olmakta ve birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için de örnek teşkil etmektedir.

Yönetmeliğin şebeke yönetimi ve su kayıplarının azaltılması ile ilgili olan bölümünde içme suyu şebeke hattının yönetilmesi için aşağıdaki eylemlerin gerçekleştirilmesi gerektiği açıklanmaktadır.

1. Su tüketimi ve su teminindeki birim maliyet hesaplanmalı ve yıllık olarak rapor olarak yayınlanmalıdır.
2. Belediyeler kendi su tüketimlerini ve su temini için bütçelerini belirlemelidir. Su teminindeki fayda maliyet analizlerini yapmaları gerekmekte olup, bu analizler stratejik planları içerisinde su kayıplarının düşürülmesi için önlemleri de içermelidir.
3. İzleme, raporlama ve su tüketimleri hesaplama ile su gelirlerini belirleme çabaları yürütülmelidir. Bu amaçla su denetim analizi için bütün su kullanıcılarına su sayacı takılmalıdır. Kritik noktalarda su basıncının ölçülmesi ve izlenmesi yürütülmelidir.
4. Su dağıtım şebekesi elemanlarının dijitalleştirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine aktarılması çalışmaları belediyelerce yürütülmelidir.



Su dengesi oluşturulması ile başlayan su kayıplarının düşürülmesi başlığı altında tavsiye edilen faaliyetler yanında, su idarelerinde su denetiminin analizi için debimetrelerin kullanımı gibi teknolojilerin adapte edilmesine de ihtiyaç bulunmaktadır. Fiziki kayıplar içerisinde ufak bir değişim ile onun bileşenlerinin tanımlandığı ve su dengesindeki IWA'nın en iyi pratiğinin bulunduğu Su Dengesi Formu Tablo 12'de verilmektedir. Su dengesindeki fiziki kayıplar üç bileşen içermektedir (Pearson, 2019):

- i) Su iletim ve dağıtım hatlarındaki kaçaklar
- ii) Depolama tanklarındaki kaçaklar ve taşmalar
- iii) Su sayaçları noktasına doğru servis bağlantılarında meydana gelen kaçaklar

Tablo 12. Yönetmelik kapsamında standart su dengesi formu

Sistem Giriş Hacmi m ³ /yıl (100 %)	İzinli tüketim m ³ /yıl (...%)	Faturalandırılmış izinli tüketim m ³ /yıl (...%)	Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım m ³ /yıl (...%)	Gelir getiren su m ³ /yıl (...%)
			Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım m ³ /yıl (...%)	
		Faturalandırılmamış izinli tüketim m ³ /yıl (...%)	Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım m ³ /yıl (...%)	Gelir getirmeyen su m ³ /yıl (...%)
			Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım m ³ /yıl (...%)	
	Su kayıpları m ³ /yıl (...%)	İdari kayıplar m ³ /yıl (...%)	İzinsiz tüketim m ³ /yıl (...%)	
			Sayaçlardaki ölçüm hataları m ³ /yıl (...%)	
		Fiziki kayıplar m ³ /yıl (...%)	Temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp-kaçaklar m ³ /yıl (...%)	
			Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar m ³ /yıl (...%)	

Belediyeler ile Su ve Kanalizasyon İdarelerinin kayıpları azaltmaları için 2014'te yayımlanan yönetmelikte tanımlanan ve aşağıda verilen aktiviteleri yerine getirmesi gerekmektedir.

- Basınç yönetimi: Bu yönetmelik ile maksimum basınç 60 m olarak tanımlanmıştır. Su şebeke hatlarında daha öncesinde izin verilen maksimum şebeke basıncı 80 m'dir. Yönetmelik ile izin verilen maksimum basınç revize edilmiştir.
- Tamirlerin kalitesi ve hızı: Belediyeler görülen boru patlamalarının tamirini uygun şekilde yerine getirmelidir.
- Boru şebeke sistemleri: Rehabilitasyon, tamir ve bakım işleri düzenli bir şekilde sistemin ihtiyacına bağlı olarak yürütülmelidir.
- Aktif kaçak kontrolü: Belediyeler SCADA gibi uygun izleme sistemleri kullanılarak aktif bir kaçak kontrol programı yürütmelidir.
- Boru hatları ve varlık yönetimi: Su şebeke dağıtım hattı bileşenlerinin seçilmesi ve yerleştirilmesi fiziksel kaçakları önlemek için uygun bir şekilde yapılmalıdır.
- Basınç bölgeleri ve ÖAB'lerin oluşturulması: Yeni şebeke hatları basınç bölgeleri ve ÖAB'ler düşünülerek tasarlanmalıdır. Hidrolik model, mevcut su şebeke hatlarının ÖAB'lere ve basınç bölgelerine bölünebilecek şekilde yapılmalıdır.
- Kaçak kullanımın engellenmesi: Abonelerin tüketim profillerine uygun olan su sayaçlarının uygun şekilde takılması ve on yılı aşmış sayaçlar yenisi ile değiştirilerek idari kayıpların azaltılması sağlanmalıdır.
- Boru patlaklarının tespit edilmesi için uygun teknolojiler fiziksel su kayıplarını düşürmek için seçilmelidir.
- Su kayıplarını düşürmek ve kontrol etmek amaçlı ihtiyaç duyulan kalifiye personeli istihdam edilmelidir.

Yönetmelikte belediye ve su idareleri için hedefler belirlenmiştir. Buna göre 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 yükümlüdür.

Yönetmelik uyarınca Su ve Kanalizasyon İdareleri su tüketimi, su kayıpları, GGS ve su dağıtım şebekesi yönetimi ile ilgili olarak elde edilen verileri paylaşmak durumundadır. Bu amaçla, her bir Su ve Kanalizasyon İdaresi yürüttüğü su kayıp azaltma programı konusunda genel bilgilerin bulunduğu yıllık bir raporu hazırlamak zorundadır.

Su kayıpları yönetimi konusundaki yayımlanmış bu yönetmelik performans göstergesi olarak sisteme beslenen suyun yüzdesi şeklinde bir su kayıp hedefi vermektedir. Yüksek su tüketimi olan sistemler düşük su tüketimi olan sistemler ile karşılaştırıldığında daha düşük bir seviyede su kaybı gösterirler. Yüzde olarak açıklanan su kayıpları, servis bağlantı sayısı ve su şebeke uzunluğu gibi diğer göstergeleri yansıtmamaktadır. Bununla beraber, GGS ile mücadelede ülkemiz için verilen bu temel hedef bir başlangıç noktası olması bakımından önemlidir.

Bilindiği üzere, su kayıpları sadece fiziki ve idari kayıpları içermektedir. Su kayıp yönetimi kapsamında sistem giriş hacminin yüzdesi şeklinde ifade edilen göstergelerde GGS oranı (GGS hacminin sistem giriş hacmine oranı) dikkate alınmaktadır. Uluslararası literatürde su kayıp oranı dikkate alınmaz veya idarelerin birbiri ile kıyaslanmasında kullanılmaz. GGS hacmi, su kayıp hacmine ilaveten "faturalandırılmamış yasal kullanımları" da içermektedir. Her ne kadar bu kullanımlar yasal olarak ifade edilse de idare veya belediyeler için gelir kaybı anlamı taşıdığı akıldan tutulmalıdır.

Bu bileşende su kullanıcıya iletilmekte, kullanılmakta ancak ücret ödememektedir. Bu nedenle bu bileşende tüketilen su idareye ekonomik olarak (birim m³ fatura bedeli üzerinden) önemli maliyet oluşturmaktadır. Ülkemizde bazı idarelerin ve belediyelerin yayınladığı raporlar incelendiğinde genel olarak “faturalandırılmamış yasal kullanım hacminin ve oranının” literatürde önerilen değerlerin çok üstünde olduğu görülmektedir. Bu oranın yüksek olması, (i) yönetmelikte sistem performansının “su kayıp hacmi ve oranına” göre değerlendirmesinden dolayı bazı idarelerin fiziki ve idari kayıpları düşük gösterme çabası, (ii) yeterli veri ve bilgi olmamasından dolayı bu bileşenin tahmini olarak doldurulması, (iii) fiziki kayıp oranlarının düşük gösterilmesi ile su kaynak verimliliğinin iyi seviyede gösterilmesi, şeklinde yorumlanabilir. Bu sebeple eğer sistem giriş yüzdesine göre değerlendirme yapılacak ise, daha gerçekçi bir değerlendirme yapılması maksadıyla su kayıp hacmi veya oranı yerine GGS hacmi ve oranı üzerinden izleme yapmak uygun olacaktır. Ayrıca su ve ekonomik verimliliğin iyileştirilmesi açısından “faturalandırılmamış yasal kullanımların” ölçülmesi, izlenmesi ve bunların azaltılması için strateji geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Önceki bölümlerde detaylı bir şekilde verildiği gibi, sistem giriş hacminin yüzdesine göre hesaplanan göstergeler farklı sistemlerin birbiri ile kıyaslanmasında kullanılması tavsiye edilmemektedir. Bu nedenle performans göstergesi olarak uluslararası düzeyde bir karşılaştırma yapılmasına imkân veren ILI gibi boyutsuz ve sistem özelliklerini dikkate alan bir göstergenin kullanılması önemlidir. Ancak bu tür çalışmalar için birçok belediyenin ve su ve kanalizasyon idaresinin henüz hazır olmadığı bilinmektedir. Geçiş aşaması olarak özellikle büyükşehir belediyelerinden yüzdesel kayıp oranlarıyla birlikte IWA tarafından tavsiye edilen süreç performans göstergeleri de (birim servis bağlantı başına veya birim hat uzunluğu başına) talep edilebilir.

Su idareleri debimetre ve basınçölçer yerleştirerek mevcut su dağıtım şebekesini ölçülebilir hale getirilmesinden sorumlu olmaktadır. Bu sebeple bu ekipmanların yerleştirilmesi sonrası anılan çalışmalar yürütülebilir. Yayımlanmış yönetmelik ile ülkemizin farklı bölgelerindeki şebeke koşulları ve su potansiyellerinin farklı olmasına bağlı olarak su kayıplarının ekonomik seviyelerine bakılmaksızın verilen hedefler aynı olmaktadır. Karar vericilerin farkındalıklarının artırılması ve teknik personelin eğitilmeleri de yönetmelikte verilen hedeflere ulaşılmasında önem arz etmektedir (Karadirek, 2016).

10. GELECEĞE DAİR TAVSİYELER

Su kayıp yönetimi kapsamında uygulanan temel yöntemler her ne kadar teknik ekipman, personel ve finansal alt yapı ihtiyacı duysa da su idaresi bünyesinde uygulanması çok zor değildir. Özellikle, günümüz teknolojisi, yazılım sistemleri ve yüksek özellikli ekipmanlar ile bu yöntemleri uygulamak ve sahada çalışmaları yürütmek nispeten daha kolay bir hal almıştır.

Su kayıpları ile mücadele, sistem bileşenlerinin dinamik yapısından dolayı tek seferlik bir uygulama olmayıp dinamik bir süreçtir. Bu nedenle sistemde sadece yüzeye çıkan (rapor edilen) arızalar ile mücadeleyi kapsayan “pasif kaçak kontrolünü” uygulamak kısa vadeli bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Sızıntıların önemli bir kısmının yüzeye çıkmadığı göz önüne alındığında, idarelerde ve belediyelerde orta ve uzun vadeli çözüm üretecek “aktif kaçak kontrolü” stratejisinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekir. Bu stratejinin sahada uygulanması için yeterli ekipman, personel, tecrübe ve finansal gereksinimlerin yerine getirilmesi şarttır. Uzun vadeli su kayıp yönetimi stratejisi, mevcut durumun analiz edilmesi ve izlenmesi, izole alt ölçüm bölgelerinin planlanması ve uygulanması, SCADA ve CBS sistemlerinin kurulması (özellikle CBS veri tabanının sistematik güncellenmesi), minimum gece debisinin analiz edilmesi ve SCADA ile sürekli izlenmesi, akustik yöntemler ve bölgesel izleme sistemleri ile sızıntı yerinin belirlenmesi, onarım kalitesi ve hızının iyileştirilmesi, rutin bakım onarım programının oluşturulması, basınç bölgelerinin planlanması ve basınç yönetiminin uygulanması gibi detaylı analiz ve değerlendirmeleri içermektedir (Bozkurt vd., 2021).

Önceki bölümlerde vurgulandığı üzere, idarelerde su kayıp yönetimi kapsamında bu çapta detaylı analizlerin yapılması çoğu durumda, veri, bilgi, teknik personel eksikliği ve en önemlisi de idare yönetimi tarafından gerekli önem ve desteğin verilmemesi gibi nedenlerden dolayı mümkün olmamaktadır. Bu durum 2014’te yayımlanan ve idarelere hedef koyan yönetmeliğin 5 yıl geçmeden revize edilmesi ve hedeflerin ötelenmesi ile daha iyi anlaşılmaktadır. Ancak bu hedeflere ulaşamaması sadece su idarelerinin eksikliği olarak görülmemesi gerekmektedir. Yönetmelikte öngörülen hedeflere ulaşamamasının temel sebepleri şu şekilde verilebilir (Bozkurt vd., 2021);

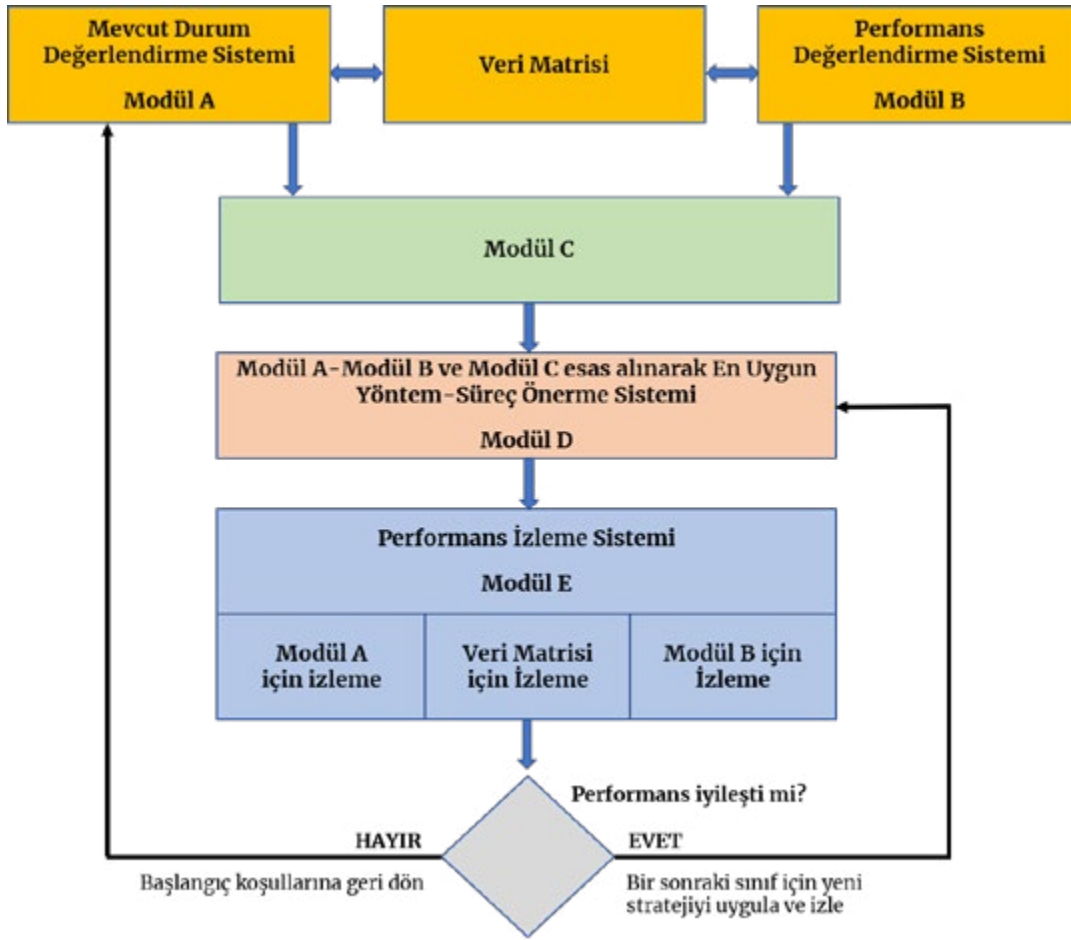
- İdarelerde “Su kayıp yönetimi” kapsamında faaliyetler ve uygulanacak yöntemler için yol haritasının ve stratejik planının olmaması
- Mevcut durumu esas alarak tanımlanan gerçekçi ve ulaşılabilir hedefin olmaması
- İdarenin mevcut durumuna göre, zayıf/güçlü yönlerini ortaya koyan, riskleri tanımlayan bir stratejinin olmaması, öncelikli olarak odaklanılması gereken alanları tanımlayan süreç, yöntem, yazılım ve araçların olmaması
- İdarelerde mevcut koşullara göre tanımlanmış hedefe ulaşmada en uygun yöntemin seçilmesi, uygulanması hakkında yeterli bilgi, teknik alt yapı, personel tecrübesi, ekonomik durumun ve stratejinin olmaması
- Veri toplama, izleme ve analiz faaliyetleri için referans oluşturabilecek altlıkların ve yol haritasının olmaması

- İdarenin uyguladığı veya uygulayacağı yöntemlerden elde edilen kazanımların izlendiği ve performans değişiminin analiz edildiği, uygun ve uygulanabilir bir “performans değerlendirme modelinin” olmaması
- Elde edilen modellerin matematiksel veya optimizasyon (yapay zeki) tabanlı yöntemlerle analiz edilememesi ve bundan dolayı mevcut ve gelecek durum kestirimlerinin yapılamaması
- Gerçekte birbiri arasında bir ilişki var olmasına rağmen bileşenler veya süreçler arasında korelasyon kurulamaması
- Tüm su idareleri için kullanılabilecek nitelikte ve optimizasyon algoritmalarını esas alan bir yöntemin olmaması

Su kayıp yönetimi “hasta-doktor” ilişkisine benzetilebilir. Hastanın daha kısa sürede ve etkin bir şekilde tedavi edilmesi için, hastalığın teşhis edilmesi, hastalık derecesinin belirlenmesi ve en uygun tedavi yönteminin uygulanması gerekir. Bu nedenle su idarelerinde etkin ve sürdürülebilir su kayıp yönetimi için benzer şekilde, (i) idarenin mevcut koşullarını, dinamik yapısını esas alan ve mevcut duruma göre sorunu tespit eden, (ii) iyileştirilmesi gereken alanları belirleyen, (iii) riskleri ortaya koyan, gereksinimleri ve hedeflerini göz önünde bulunduran, (iv) uygun, uygulanabilir ve uzun vadeli stratejinin geliştirilmesini sağlayan, bir modelin geliştirilmesi oldukça önemlidir (Bozkurt vd., 2021).

Su kayıp yönetiminde idarenin ihtiyacı doğrultusunda en uygun yöntemin seçilmesi ve sahada uygulanması, kaynakların ve zamanın verimli kullanılması açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple, idarelerde GGS oranının azaltılmasında “Azaltma-Kontrol-Önleme faaliyetlerinde hangi bileşen öncelikli olmalıdır?” sorusuna cevap verebilmek gerekmektedir. Öncelikli uygulanması gereken yöntemin seçimi ile ilgili soruya cevap verebilmek; (Mutikanga and Sharma, 2011; Liemberger and Farley, 2004; Farley and Liemberger, 2005; Bozkurt vd., 2021); (i) mevcut işletme, abone, su yönetimi, teknik altyapı, personel ve ekonomik bileşenlerinin bilinmesi, mevcut ve ileri projeksiyonlarda su ve enerji verimliliğinin analiz edilmesi, (ii) mevcut su kaynağı, gelişen nüfus, orta ve uzun dönemli su talebinin analiz edilmesi, (iii) mevcutta uygulanan su kayıp yönetimi faaliyetlerinin ve toplanan verilerin incelenmesi, (iv) su kayıp bileşenlerinin ekonomik, teknik, sosyal, çevresel etkilerinin incelenmesi, gibi detaylı analizlerin yapılması oldukça önemlidir.

Bu amaçla, Bozkurt vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, etkin ve sürdürülebilir su kayıp yönetimi için “stratejik su kayıp yönetim modeli” önerilmiştir (Şekil 16). Bu strateji modelinin geliştirilmesinde, verimliliğin ve etkinliğin artırılmasında en önemli aşama mevcut durumun detaylı analiz edilmesi gösterilebilir.



Şekil 16. Su kayıp yönetiminde geliştirilen strateji modelinin ana bileşenleri (Bozkurt vd., 2021)

Önerilen stratejik su kayıp yönetimi adımları ve modülleri incelendiğinde, “Modül A: Mevcut Durum Değerlendirme”, bir idarede “Su Kayıp Yönetimi” kapsamında “mevcut durumun analiz edilmesi” ve “halihazırda uygulanan yöntem-süreçlerin analiz edilmesi” faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için altlık oluşturmayı amaçlamaktadır. Modül B, sistemin su kayıp yönetimi açısından performansının analiz edilmesi amacıyla oluşturulan göstergeleri içeren performans değerlendirme matrisini ifade etmektedir. Önerilen modelde Modül A, veri matrisi ve Modül B ile entegre çalışacak şekilde planlanmıştır. Modül C, Modül A ve B temel alınarak sistemin kısıtları doğrultusunda zayıf ve güçlü yönleri belirlemekte, su kayıp yönetimi için ortaya çıkabilecek riskler, zorluklar incelenmektedir. Modül D, strateji belirleme sistemi olup önceki modüllerde incelenen değerlendirme/puanlandırma/performans değerlendirme/hedef tanımlama ve elde edilen veriler doğrultusunda çalışma alanı için en uygun olabilecek stratejilerin listesini içermektedir. Modül E, belirlenen stratejilerin su kayıp yönetimi üzerinde etkilerinin izlenmesini içermektedir. Önerilen bu modelin, idarelerin mevcut durumunun analiz edilmesinde, mevcut duruma göre en uygun göstergelerin belirlenmesinde, zayıf-güçlü yönlerinin belirlenmesinde, sistem performansının iyileştirilmesinde ve izlenmesinde idareler ve belediyeler için referans oluşturacaktır (Bozkurt vd., 2021).

Su kayıplarının tespiti ve takibinde birbirinden farklı yöntem ve birçok performans göstergesi bulunmaktadır. Bunlardan hangilerinin seçileceği kritik bir konu olmakla beraber, seçilecek göstergelere altlık oluşturacak verilerin doğruluğunun sağlanması bundan önce gelmektedir. Su idarelerinin bünyesinde yanlış verilerin üretilmesi veya hiçbir veri elde edilememesi halinde seçilecek performans göstergeleri setinin bir önemi kalmayacaktır. Nesnel ve bilimsel yaklaşımlarla hangi verilerin hangi güven limitlerinde kaldığı beyan edilmeli ve bu veriler bağımsız bir kurum tarafından kontrol edilmelidir.

Bazı hallerde verilerin güvenilir olmaması yanında verileri paylaşmada isteksizlik de gözlenebilmektedir. Bu bakımdan veri paylaşmayan idareler için çözümler ve tedbirler geliştirilmelidir. Bunun yanında idarelerin su kayıplarına dair periyodik gerçekleştirmelerinin ve su kayıplarının azaltılmasına dair eylem planlarının kamuoyuna açıklanması sağlanmalıdır. Yönetmelikte öngörülen su kayıp hedeflerine ulaşan idarelere merkezi yönetim tarafından performans bazlı teşvik, ödül veya imtiyazların sağlanması düşünülebilir.

Bunun yanında, idarelerde üst yönetim, karar vericiler ve teknik personelde su kayıp yönetiminin öneminin vurgulanması ve farkındalığın artırılması oldukça önemlidir. Böylece su kayıp yönetiminin dinamik bir süreç olduğu, bunun için su kayıp yönetimi biriminin gerekliliği, tüm birimlerin bu sürece destek vermesi ve koordinasyonun sağlanması gerektiği, veri ölçümünün en temel aşama olduğu, bilgi ve tecrübe paylaşımının süreçlerin iyileştirilmesinde önemli kazanımlar sağlayacağı vurgulanmış olacaktır.

Su kayıplarının düşürülmesi konusunda mevcut mevzuat kapsamlı hükümler ve hedefler getirmekle beraber, yönetmeliğin tam uygulanması (su dengesi tablosunun oluşturulması, raporlanması, su kayıp yönetimi uygulamaları vb.) ve hedeflere ulaşılması yolunda eğitim ve çalıştay programları düzenlenerek, su idarelerinin yönetici ve teknik personelinin kapasiteleri geliştirilmelidir. Ayrıca, temel ve ileri seviye su kayıp mücadele yöntemlerinin uygulandığı idareler yerinde incelenmeli, bilgi ve tecrübe paylaşımı sağlanmalı, iyi uygulamalar, yaşanan sorunlar ve elde edilen kazanımlar yerinde incelenerek teknik personel deneyimi iyileştirilmelidir.

Görüldüğü gibi su kayıp yönetimi oldukça detaylı analizleri, süreçleri, ekipmanı ve yazılımları içerdiği için, kamu (bakanlık, belediye ve su idaresi)-üniversite-özel sektör işbirliğinin sağlanması ve buna göre idarelerin ihtiyacına göre yerli çözümlerin getirilmesi mümkün olmaktadır. Böylece bilgiye ve teknolojiye ulaşmak daha kolay ve ekonomik olacak ve süreçlerin yönetilmesinde sürdürülebilirlik sağlanmış olacaktır. Bilhassa idarelerin ihtiyaç duyduğu yazılımların ve ölçüm ve izleme ekipmanlarının geliştirilmesi bu kapsamda ön plana çıkan konular olabilmektedir. Su kayıp yönetimi konusunda uluslararası düzeyde işbirlikleri de bu kapsamda değerlendirilmelidir.

11. SU KAYIP YÖNETİMİ İLE İLGİLİ VAKA ÇALIŞMALARI

VAKA ÇALIŞMASI 1: BOSNA HERSEK’TE SU KAYIPLARININ AZALTILMASI PROJESİ

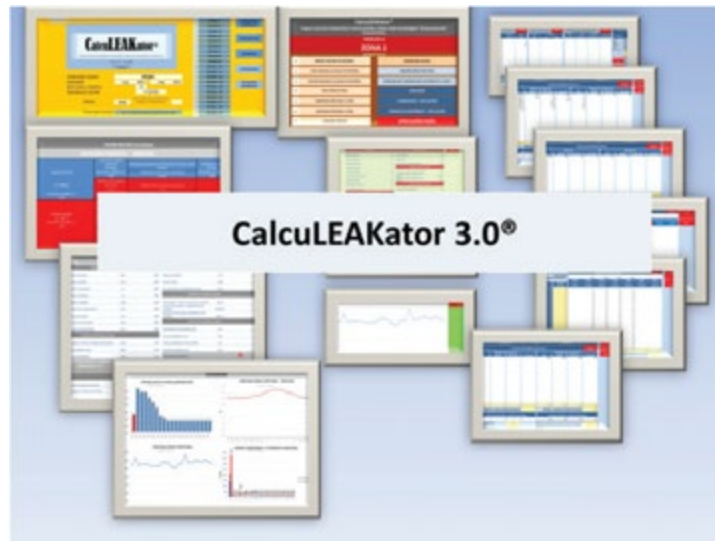
Hamilton, S., McKenzie, R. (2014). “Water Management and Water Loss”, IWA Publishing.

Bu bölümde yer alan bilgiler ve veriler Hamilton ve Mckenzie (2014) tarafından yapılmış çalışmadan alınmıştır.

Tuzla eski dönemlerden itibaren Bosna Hersek’in önemli bir tuz üretim alanı olmuştur ve Bosna Hersek’in kuzey doğusunda bulunmaktadır. Bölgeden devamlı şekilde tuz çıkarmak kalıcı olarak toprak çökmelerine, bu da sonuç olarak boruların hasar görmesine ve su kaçaklarına sebep olmaktadır. Bu durum KfW (Almanya Kalkınma Bankası) için Tuzla Belediyesi’nin master planı çerçevesinde seçilmiş bir ÖAB’de su kayıplarını düşürme projesi için temel oluşturmuştur. Uygulama alanında oluşturulan bu ÖAB, 13 km su dağıtım sistemi ve 1100 adet bağlantıya sahiptir.

Bu proje boyunca hidrolik ölçümler iki çevrim olarak gerçekleştirilmiş ve “aşağıdan yukarıya (*bottom-up*)” yaklaşımın kullanıldığı IWA metodolojisi ile oluşturulan su dengesi için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Su kayıp yönetimi çalışması öncesinde çalışma geneli için benimsenen “aşağıdan yukarı” yaklaşımındaki temel problem, bu proje için hızlı bir şekilde su dengesi oluşturacak uygun bir yazılımın bulunmaması olmuştur. Buna bağlı olarak bu çalışmada Bosna Hersek’te yapılan su kayıp yönetimi çalışması için CalcuLEAKator yazılımı geliştirilmiştir (Şekil 17) (Hamilton ve McKenzie, 2014).



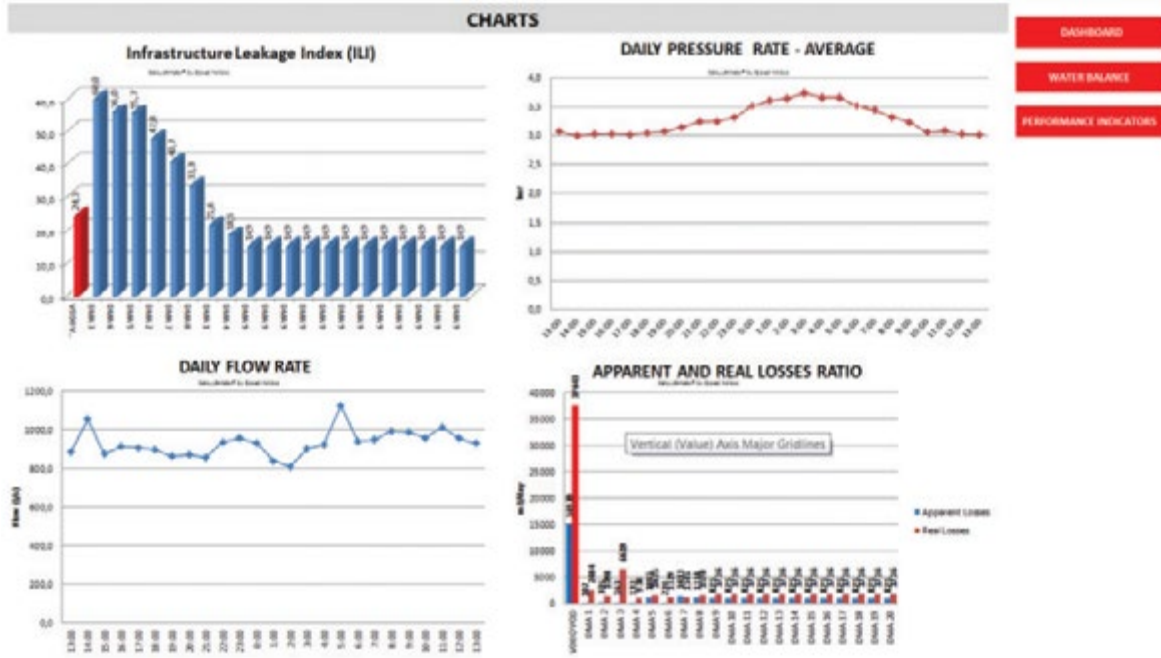
Şekil 17. CalcuLEAKator 3.0 yazılımı (Hamilton ve McKenzie, 2014)

Su Dengesi Değerlendirme Yazılımı CalcuLEAKator'un Kullanılması

CalcuLEAKator yazılımı su dengesi bileşenlerinin ve aşağıdan yukarı yaklaşımı ile performans göstergelerinin kolay ve hızlı hesaplanabilmesini sağlamak için geliştirilmiştir. Bu yazılımın geniş bir kullanıcı kitlesine hitap edebilmesi için yaygın olarak kullanılan MS Excel program ortamı kullanılmıştır.

CalcuLEAKator analitik form içinde istenilen sonuçları ve akış eğrilerini grafikler halinde sunabilmektedir. Bu program bütün sistem ile beraber her sıralanmış ÖAB için ILI göstergesini bir diyagram içerisinde gösterebilmektedir (Şekil 18). Genel olarak çalışmanın yapıldığı bölgenin ait olduğu başarı kategorisini (4 kategori, A-en iyisi, D-en kötüsü) gösterebilecektir.

Bilgilerin doğruluğu programa girilen ham verilerin doğru olmasına bağlı olmaktadır. CalcuLEAKator programında izin verilmiş hata %95'lik doğrulukla tanımlanmaktadır. Bu da yapılan su dengesinin bölümlerinin belirsizlik seviyesi hesaplanmasında bir ölçüt olarak kabul edilebilmektedir.



Şekil 18. CalcuLEAKator 3.0 yazılımı tabloları (Hamilton ve McKenzie, 2014)

ÖAB Kuzıcı (Tuzla) Su Kayıp Azaltma Projesi

Projenin başlangıcında ilgili ÖAB'nin izole olup olmadığını incelemek ve mevcut sistem içerisindeki basınç ve debi ölçümü için basınçölçer ve taşınabilir bir ultrasonik debimetre montajı için uygun noktalar belirlenmiştir.

Aynı zamanda GPS okumaları doğrulanmış ve ÖAB'deki sınır noktalarının pozisyonları kaydedilmiştir. ÖAB içerisinde topoğrafyaya bağlı olarak kot değişimi 214 m ile 301 m arasındadır.

Toplam GGS, ÖAB'ye giren toplam su miktarından ÖAB'deki izin verilen tüketimin çıkarılması ile hesaplanmıştır. ÖAB'deki sayaçsız bağlantılar kontrol edilmiş ve referans periyotlar boyunca su tüketimleri izlenmiştir. Giren su miktarı yedi ardışık gün periyodu boyunca ÖAB içerisindeki giriş borusu üzerindeki kalıcı debimetre ile ölçülmüştür.

Gece tüketimi bir bölgedeki tanımlanmış dört tüketici grubu ile ilgili belirli bir sayıda rastgele seçilmiş bir kontrol ölçümü ile hesaplanmıştır. Bunlar, konut aboneleri (10 örnek), binalar (3 örnek), küçük ölçekli ekonomi (7 örnek) ve özel tüketimli aboneler (2 örnek) şeklindedir.

Bu hesaplama belirlenen abonelerdeki su sayaçlarının 24:00 ve 05:00'deki tüketim ölçümü ile yapılmıştır. Tüketicinin örnek olarak seçilmesi süresince, süresi dolmuş hesaplar, hiç sayaç bulunmayanlar olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar temel alınarak, ÖAB içindeki gece tüketimi hesaplanmıştır.

Bütün veriler toplanarak CalcuLEAKator programına girilmiş ve su dengesi bileşenleri elde edilmiştir (Şekil 19).

CalcuLEAKator® Software for Water Balance and Real Losses calculation from "Bottom to top" in accordance with IWA methodology				
WATER BALANCE (m3/day)				
WATER UTILITY: TUZLA				
Water Supplied	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Metered Consumption (inc. water exported)	Revenue Water
		475,0	475,0	475,0
	475,0	Margin of Error (+/-)	Billed Unmetered Consumption	Margin of Error (+/-)
		1,9%	0,0	1,9%
	Margin of Error (+/-)	Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption	Non-Revenue Water (NRW)
		0,0	0,0	
	1,9%	Margin of Error (+/-)	Unbilled Unmetered Consumption	
		NDIV/DI	0,0	
	Water Losses	Apparent Losses	Unauthorized Consumption	
		133,9	35,1	
2.016,4	1.541,3	Margin of Error (+/-)	Customer Metering Inaccuracies	1.541,3
		6,9%	19,8	
		Margin of Error (+/-)	Systematic Data Handling Errors	
		0,6%	79,0	
		0,6%	Leakage on Transmission and/or Distribution Mains	
Margin of Error (+/-)	0,1%	Real Losses	NO DATA	
		1.407,4	Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks	
		0,1%	NO DATA	
0,1%	0,1%	0,1%	Leakage on Service Connections	
			NO DATA	

Şekil 19. Tuzla kasabası için CalcuLEAKator üzerinde görülen IWA Su Balansı (Hamilton ve McKenzie, 2014)

Su dengesi ve performans göstergelerinin hesaplanmasının ardından, ILI 27,4 olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değer ile çalışmanın yapıldığı bölge belirlenen kategorilerin sonuncusu olan (gelişmekte olan ülkelerde ILI 16'dan büyüktür) **Kategori D** olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen 27,4 ILI değeri esas alınarak, su kaybının çok yüksek olduğu ve su kayıplarını düşürme programının mecburi ve öncelikli olduğu sonucuna varılmıştır.

İlk ölçüm ve su dengesi hesabı sonrasında akustik yöntemle ses dinleyerek kaçak tespit çalışmalarına başlanılmıştır. Bu tespit çalışmaları boyunca 10 yeraltı kaçağı, 19 illegal bağlantı tespit edilmiştir. Tespit edilen en yüksek kaçağın kazısı (5 l/sn) Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 20. Tespit edilen en yüksek su kaçağı bölgesi kazısı (Hamilton ve McKenzie, 2014)

Tespitler ve tamir-bakım faaliyetleri sonrasında sistemin hidrolik ölçümleri ve su dengesi hesaplaması bir önceki gibi aynı ölçüm noktalarında gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde tasarruf edilen su miktarı da hesaplanabilmektedir. Su kaçaklarının giderilmesi sonrası ölçümlerle temellendirilen ikinci su dengesi tablosu Şekil 21'de verilmektedir.

CalcuLEAKator® by Opened Kolden Software for Water Balance and Real Losses calculation from "Bottom to up" in accordance with IWA methodology				
WATER BALANCE (m3/day)				
WATER UTILITY: TUZLA				
Water Supplied	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption 680,9	Billed Metered Consumption (inc. water exported) 680,9	Revenue Water 680,9
		Margin of Error (+/-) 0,7%	Billed Unmetered Consumption 0,0	Margin of Error (+/-) 0,7%
	Water Losses	Unbilled Authorized Consumption 8,2	Unbilled Metered Consumption 0,0	Non-Revenue Water (NRW) 270,9
		Margin of Error (+/-) 1,0%	Unbilled Unmetered Consumption 8,2	
		Apparent Losses	Unauthorized Consumption 15,1	
		29,3	Customer Metering Inaccuracies 2,8	
		Margin of Error (+/-) 36,8%	Systematic Data Handling Errors 11,4	
		Real Losses	Leakage on Transmission and/or Distribution Mains NO DATA	
			Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks NO DATA	
			Leakage on Service Connections NO DATA	
951,9	262,8	233,5		
Margin of Error (+/-) 1,0%	Margin of Error (+/-) 4,0%	Margin of Error (+/-) 1,0%		

Şekil 21. Tuzla kasabası için CalcuLEAKator yazılımındaki IWA Su Balansı (Hamilton ve McKenzie, 2014)

Ölçümler sonucunda mevcut ÖAB'nin ILI değeri ilk ölçülen 27,4'den 3,9 değerine düşmüştür (A sınıfında yer almıştır). Elde edilen bu değer ile IWA tavsiyeleri temelinde herhangi bir su kıtlığı olmadıkça daha fazla kayıp düşürmenin ekonomik olmayacağı öngörülmüştür (Hamilton ve McKenzie, 2014).

VAKA ÇALIŞMASI 2: ZAGREP SU DAĞITIM ŞEBEKESİNDE BÜYÜK ÖLÇEKLİ SU KAYIP YÖNETİMİ PROJESİ

Hamilton, S., McKenzie, R. (2014). “Water Management and Water Loss”, IWA Publishing.

Bu bölümde yer alan bilgiler ve veriler Hamilton ve Mckenzie (2014) tarafından yapılmış çalışmadan alınmıştır.

Zabreb Su İdaresi 3.000 km şebeke hattı ve 850.000 nüfusu olan Hırvatistan'ın başkenti Zagreb'e su dağıtımını gerçekleştirmektedir. Zagreb Su İdaresi doksanlı yılların ortasında ileri hidrolik matematiksel modellemenin gelişimi ile kendi su kayıpları programına başlamıştır.

Mevcut su dağıtım sisteminin optimizasyonu ve sürdürülebilirliğinin sağlanması stratejik hedefine bağlı olarak içme suyu sisteminin izlenebilir olması için gerekli altyapının kurulması projenin en temel unsuru olmuştur. Bu doğrultuda birinci adım içinde birkaç temel su besleme ölçüm bölgelerinin su kaçak yönetimin programına (Faz 1) entegre edilmesi olmuştur. Bu çalışma kapsamında ölçüm odalarının yapımı ve debimetrelerin kullanılması ile mevcut sistem giriş debisi 40 l/sn ile 700 l/sn arasında 20 büyük bölgeye bölünmüştür.

Diğer bir adım bu büyük alanları daha küçük izole ölçüm bölgelerine ayırmak olmuştur. Bunlardan bazıları da Basınç Alt/Ölçüm Bölgeleri (BAB) olarak düzenlenmiştir. Bu şekilde her bölgede yaklaşık ortalama 40 l/sn giriş debisi oluşturulmuştur.

Bu program, 2012 öncesi ile 4,6 milyon m³ olarak ifade edilen GGS miktarını 2013 yılı içinde azaltmak amacıyla başlatılmıştır. Projenin bu bölümü 13 ÖAB oluşumunu içermektedir. Bunun sonrasında 2014 yılından 15 yeni ÖAB ile çalışmanın genişletilmesi hedeflenmiştir.

İzole bölge tasarımı, aktif kaçak kontrolüne imkân verecek şekilde tatmin edici bir tüketim seviyesinin sağlanması hedefi ile gerçekleştirilmiştir. Mümkün olabildiğince küçük bölge kurulumu ile bir bölgedeki servis bağlantı sayıları optimize edilmiştir. Bu şekilde kaçaklar daha rahat bir şekilde görülebilmüş ve hızlı bir şekilde boru hattı hasarları tespit edilebilmiştir. Bölge oluşturma çalışmaları boyunca kayıpların yönetilmesi ve izlenmesi için gerekli maliyetler ile geri kazanım arasındaki oranın korunması kriteri de göz önünde bulundurulmuştur.

Projenin toplam zaman hedefi izole bölge ayrımları ve kayıpların giderimi ile 2018 yılına kadar Zagreb şehrindeki 3.000 km'nin üzerindeki su temin sistem şebekesinin tamamının kontrolünün sağlanması şeklinde belirlenmiştir. Her kontrol bölgesinin (ÖAB) içerisinde sistemin bölümlendirilmesine başlanılmış olup basınç kontrolünü sağlamak için sistemin ölçümleri yapılmıştır.

ÖAB'ler tanımlandığında, bölge limitleri ve sınır vanaları belirlenmiş ve kalıcı bir şekilde bu bölgeler izole edilmiştir. Bölgeler yüzeye çıkmayan su kayıplarını tatmin edici bir şekilde tahmin edilmesini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır.

Ayrıca, abonelere kaliteli ve yeterli suyun ulaştırılmasındaki boru hattı kırıkları uygun bir şekilde tespit edilmiştir.

Dolayısıyla hidrolik analiz ve başlangıçtaki ölçümlere bağlı olarak ÖAB içindeki basınç yönetimi gerçekleştirilmiş olup gerekli olduğu zaman (dinamik ve sabit basınç düzenlemeleri), bölgeler BAB'lere dönüştürülebilmektedir. BAB'lerin oluşturulması ile bölgelere su besleme vanaları ile ayarlanan basınçlar, bölgeler içindeki tüketime bağlı olarak giriş bağlantı noktalarındaki basınç düzenleyici kontrol vanaları ile gerçekleştirilmiştir.

ÖAB/BAB Tasarımı

Su dağıtım sisteminde planlanan bölgelerin oluşturulması sonrasında aşağıda belirtilen çalışmaların yapılması gerekmektedir

- Bölgeden yüksek yapıların hariç tutulması (bu yapılar basınç kontrolünü zorlaştırmaktadır)
- Bölgelere girişlerin sayısının azaltılması sonrası su kalitesini önerilen sınırlar içinde tutmak amacıyla boru hatları boyunca akış yoğunluğunun ayarlanması
- Dağıtım sisteminde kritik bölgelere öncelik verilmesi için sızıntı yoğunluğunun bölgesel olarak değişiminin belirlenmesi
- Ölçüm verisinin doğruluğunu sağlamak için sistemin diğer bölgelerden bölgenin izolasyonunun sağlandığının test edilmesi
- Sızıntıların ve sistem işletme koşullarından kaynaklanan kritik basınç değeri değerlendirilmesi

Bu bölge sınırları içindeki basınç ölçüm noktalarının belirlenmesi ve basınçölçerlerin yerleştirilmesi için ÖAB/BAB bölgesi aşağıdaki kriterlere göre oluşturulmuştur:

- Enstrümanların ve kontrol ekipmanlarının bulunacağı yeni vana odalarının kesin lokasyonları
- Şebekedeki ölü noktalarda bulunan hidrantlardan su deşarjı
- Boru çaplarına bağlı olarak odaların boyutlarının belirlendiği vana odalarının inşaat ve mekanik projesi
- Kontrol ekipmanlarının ve enstrümanlarının enerji gereksinimlerinin vasıtası
 - » Bu enerji vasıtalarının önerilmesi
 - » Gerekli ilave ekipman öngörüsü ve bunların yakın bölgedeki pozisyonlarının tanımlanma zorunluluğu
 - » Diğer altyapı
- ÖAB/BAB'nin bir matematiksel modeli ve bölge içindeki basınç dağılımı ve su kalitesinin analiz edildiği matematiksel model temelinde bölgenin hidrolik analizi

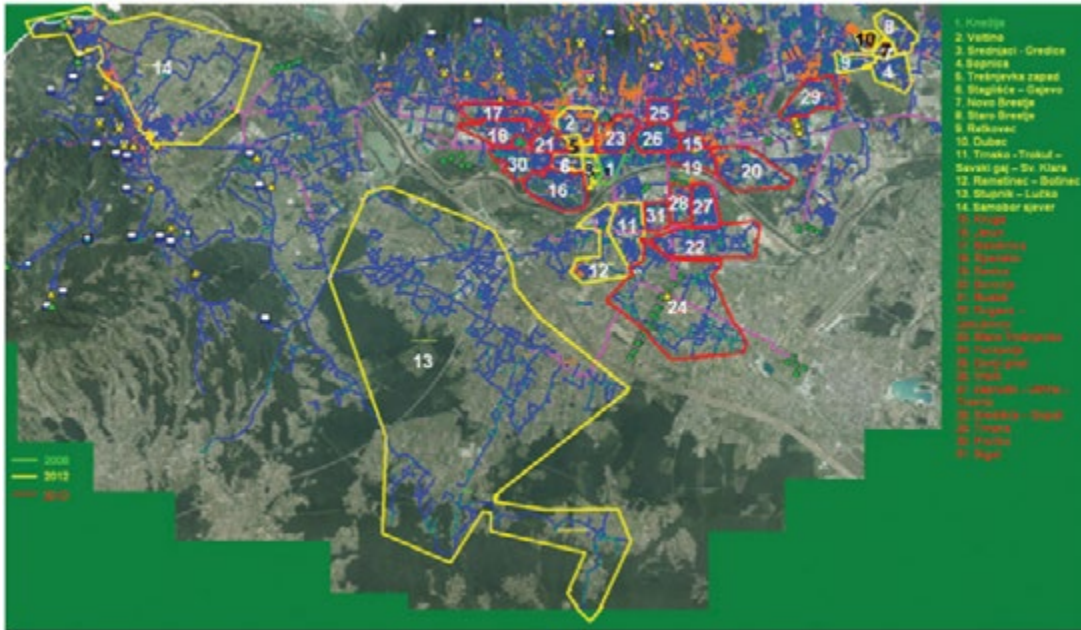
Proje kapsamında basıncın düzenlenmesi için kurulan sistemin devreye alınması ve test prosedürleri aşağıdaki aşamaları içermektedir

- Basınç düzenleme alanının sınırında yer alan bütün sınır vanalarının kapatılması
- Sadece basınç kontrol vanaları boyunca mevcut alanın beslenmesi
- Basınç kontrol vanaları ve otomasyonlarının ilk çalışma ayarlamalarının yapılması
- Bu alan içindeki basınç analizi için basınçölçerlerin ve debimetrelerin yerleştirilmesi
- Basınç düzenleme alanında sürekli izleme ve ölçümlerin sağlanması
- Basınç düzenlemenin etkisinin hesaplanması

Kurulan Sistemin Devreye Alınması

2008-2013 yılları arasında Zagreb şehrinin su temin sisteminin planlanmış ve yürütülmüş ÖAB/BAB'lerin görünümü Şekil 22'de verilmektedir. Sınır vanalarının kapatılması geri kalan sistem ile izole edilmesi için bir koşuldur.

Hazır imal edilmiş endüstriyel metal kalıp oda yapımı için kullanılmış ve ekipmanlar yerleştirilmiştir (Şekil 23 ve 24).



Şekil 22. Zabreb'teki ÖAB bölgelerinin yerleştirilmesi (Hamilton ve McKenzie, 2014)



Şekil 23. ÖAB için ölçüm odası yapımı (Hamilton ve McKenzie, 2014)



Şekil 24. Oda içerisine elemanların yerleştirilmesi (Hamilton ve McKenzie, 2014)

Projenin Çıktıları

2013 yılı boyunca ÖAB/BAB'lerin oluşturulması sonrasında 2013 yılının ikinci yarısında BAB'lerin basınç kontrol işlemleri başlatılmıştır. Bölgelerdeki ilk ölçümlerin ardından bütün gerçek kayıpların düşürülmesi ve kontrol altında tutulmasını hedefleyen bir aktif kaçak tespit çalışması başlatılmıştır. Basıncın düşürülmesi ile belirli bölgelerdeki kayıplardaki düşüş Tablo 13'te verilmektedir.

Tablo 13. BAB bölgelerindeki tasarruflar (Hamilton ve McKenzie, 2014)

No	ÖAB/BAB	Giriş basıncı öncesi		Giriş basıncı sonrası		İlk debi		Son debi		Kaçak öncesi	Kaçak sonrası	Tasarruf miktarı	
		min. (bar)	max. (bar)	min. (bar)	max. (bar)	min. (l/s)	max. (l/s)	min. (l/s)	max. (l/s)	m ³ /gün	m ³ /gün	m ³ /gün	m ³ /gün
1	ÖAB/BAB VOLTINO	6,41	7,07	5,45	5,45	33	70	25	65	2.614	2.160	454	165.564
2	ÖAB/BAB TRESNJEVKA ZAPAD	4,50	6,53	5,00	5,00	18	24	7	15	1.426	605	821	299.592
3	ÖAB/BAB STAGLISCE-GAJEVO	5,21	6,70	5,10	5,10	12	37	5	31	950	432	518	189.216
4	ÖAB/BAB SREDNJACI-GREDICE	5,35	6,94	5,33	5,33	19	52	10	49	1.505	864	641	233.892
5	ÖAB/BAB REMETINE-BOTINEC	6,59	7,43	5,50	5,50	12	44	10,50	39	950	907	43	15.768
6	ÖAB/BAB TRNSKO-TROKUT-SAVSKI GAJ-SV. KLARA	7,07	7,65	5,37	5,37	14	40	4	37	1.109	346	736	278.568
7	ÖAB/BAB RETKOVEC	5,60	6,40	5,10	5,10	6	17	4	15	475	346	130	47.304
										Toplam m ³ /yıl		1.229.904	

Yapılan bu çalışmalar ile 2012 yılı ile karşılaştırıldığında 2013 yılında 3.3 milyon m³'lük gerçek kayıplar düşüşü ile sonuçlanmıştır. Bu durum Tablo 14'te görülebilmektedir.

Tablo 14. 2012 ve 2013 için su denge tabloları (Hamilton ve McKenzie, 2014)

Yıl	Sisteme Giren Su	Gelir	GGS		Gerçek Kayıp
2012	120.710.125	59.932.216	60.777.909	50,35%	51.439
2013	114.534.538	57.532.383	57.002.155	49,77%	48.101
Değişim	6.175.587	2.399.833	3.775.754	0,58%	3.338
	5,12%	4,00%	6,21%		6,49%

Hacimlerdeki GGS miktarı 2 yıl arasında önemli ölçüde düşmüştür ancak SGH (Sistem Giriş Hacmi) değişiminden dolayı yüzde olarak %50,37'den %49,77'e düşmüştür. Bu da ufak bir değişim olarak gözükmemektedir. Faturalandırılan su miktarındaki düşüşe bağlı olarak azalma miktarı yüzde olarak küçüktür. Bu sebeple bu çalışma yüzde olarak ifade edilen GGS'nin su kayıp azaltma performans stratejisinin temel bir performans göstergesi olarak kullanılmaması gerektiğini de göstermiştir (Hamilton ve McKenzie, 2014).

VAKA ÇALIŞMASI 3: SU YÖNETİMİNDE KAYIP/KAÇAKLARIN AZALTILMASI PİLOT UYGULAMASI - GÖKTÜRK-KEMERBURGAZ PROJESİ

İstanbul Kalkınma Ajansı (İSTKA), Bilgi Odaklı Kalkınma Mali Destek Programı Kapsamında Desteklenen “Su Yönetiminde Kayıp/Kaçakların Düşürülmesi Pilot Uygulaması” Projesi, Proje No: İSTKA/2012/BIL/186.

Bu bölümde yer alan bilgiler ve veriler, İSKİ Genel Müdürlüğünün izni dahilinde; İSTKA'nın destekleriyle İSKİ tarafından yürütülen projeden alınmıştır.

Bu proje bir su kayıp kaçak yönetiminin genel olan bütün aşamalarını barındıran bir proje olup bu kapsamda İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) bünyesinde ilk defa uygulanan proje olma özelliği taşımaktadır. Söz konusu proje İSTKA (İstanbul Kalkınma Ajansı) tarafından mali olarak desteklenmiştir. Bu proje ile Göktürk ve Kemerburgaz mahallelerinde yapılan çalışmalar ile su dağıtım hatlarında ÖAB (izole ölçüm bölgesi)'lerin oluşturulması, gelişmiş basınç yönetim sisteminin kurulması ve su dağıtım hatlarının hidrolik modellenmesine yönelik yenilikçi metot ve uygulamalar geliştirilerek bölgedeki su kayıp ve kaçaklarının azaltılmasının sağlanması amaçlanmıştır.

Proje kapsamında yapılan faaliyetler aşağıda verilmiştir.

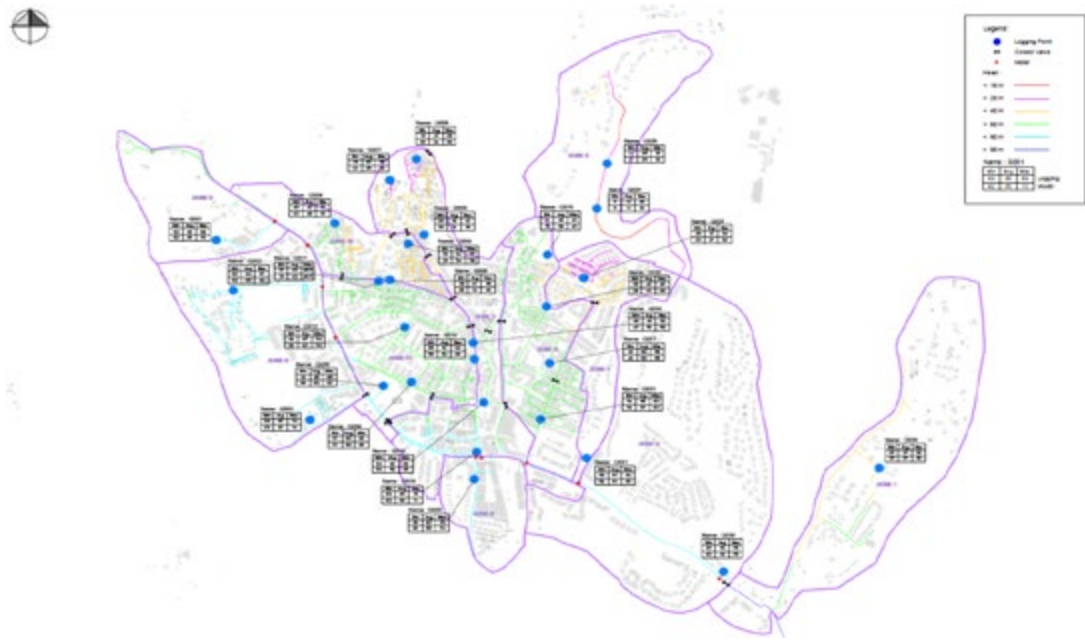
- Proje bölgesinde alt yapı verileri güncellenmiştir.
- Projeye ilgili Yıldız Teknik Üniversitesi Hidrolik Bölümünden hidrolik modellemeler ile ilgili akademik destek alınmıştır.
- Hidrolik modelleme programının temini, personel eğitim ve sertifikalandırma çalışmaları yapılmıştır.
- Proje bölgesindeki mevcut içme suyu dağıtım şebeke sisteminin hidrolik modellemesi yapılmış, gerekli olan işletme kriterleri ile birlikte ÖAB'ler belirlenmiştir.
- Teknolojik sızıntı tespit cihazları ile aktif kaçak tespit çalışmaları yapılmış ve fiziki arızalar tespit edilmiştir.
- Gelişmiş basınç yönetim sistemi kurulmuştur.
- Bilgi ve tecrübe paylaşımını destekleyici çalışmalar kapsamında Kanada, Halifax Water Su İdaresine teknik gezi düzenlenmiş, bu bölgelerde yapılan su kayıp yönetim faaliyetleri yerinde incelenmiştir.
- İdare personeline su kayıp ve kaçaklarının azaltılmasına yönelik teorik ve pratik eğitimler verilmiştir.

Proje kapsamında ilk olarak hidrolik modele altlık teşkil etmesi bakımından proje bölgesine ait verilerden eksik olanların tamamlanması ve mevcut verilerin doğrulanması amacıyla bir ön değerlendirme çalışması yürütülmüştür.

Özellikle Kemerburgaz bölgesinin alt yapısının eski olmasından dolayı yaklaşık 28 km'lik su dağıtım şebeke hattının taraması yapılmış ve sistem sayısallaştırılması temin edilmiştir. Yapılan bu çalışmada 135 adet kayıp vana ve priz buşaklesi bulunmuştur. CBS üzerinden binaların konumları ve abone bilgilerinin eşleştirmeleri sahada kontrol edilmiştir. Bu şekilde yaklaşık 1.500 binada güncelleme gerçekleştirilmiştir.

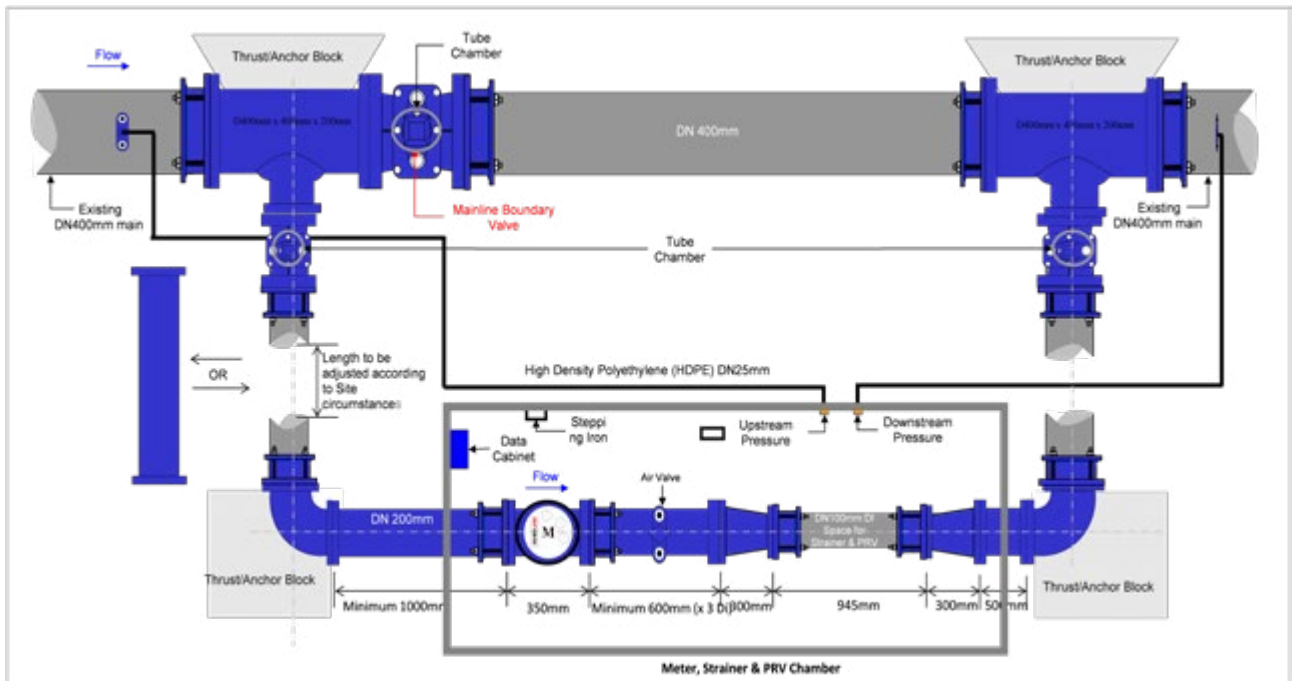
Şebekenin hidrolik modellemesi konusunda İSKİ proje ekibi, üniversite ve yüklenici firma yetkilileri ile ortak çalışmalar düzenlenmiş ve mevcut su dağıtım şebeke sistemi hidrolik olarak modellenmiştir. Hidrolik modele altlık teşkil etmesi açısından; 55 noktadan genel basınç ölçümü ve 25 noktada yüksek frekanslı basınç ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Oluşturulan hidrolik modele uygun olarak ÖAB oda tasarımları model üzerinde yapılmıştır (Şekil 25).



Şekil 25. Su kayıp yönetimi çalışmasını yapılacağı Kemerburgaz bölgesinin hidrolik modeli ve model için sahadaki hidrolik ölçüm noktaları

Oluşturulan hidrolik modeldeki verilere uygun olarak ÖAB'lerin sahada oluşturulması oda tasarımları yapılmıştır. Yapılan oda tasarımı Şekil 26'da verilmektedir. Sahada ÖAB'lerin giriş bölgelerine oda inşaatları oluşturulan oda tasarımına uygun olarak yapılmıştır (Şekil 27). Bu çalışmalara paralel olarak debimetre, basınç düşürücü vana ve diğer enstrümanların seçimleri yapılmış ve sahada montajları gerçekleştirilmiştir.

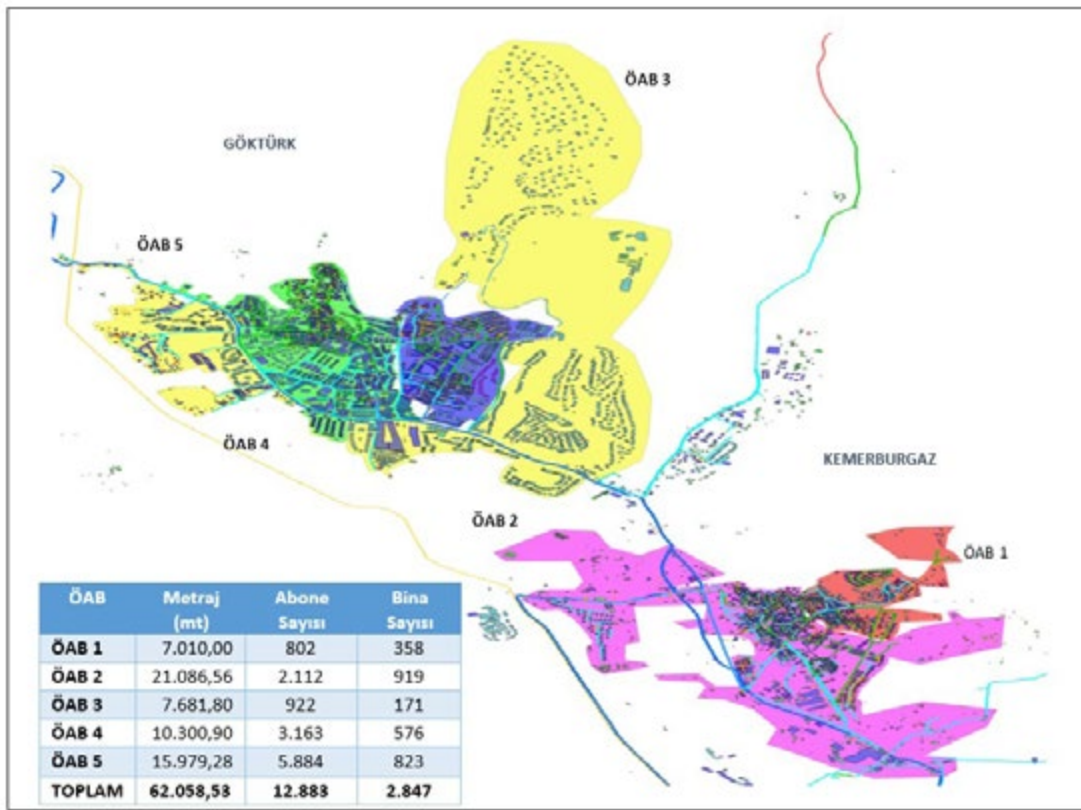


Şekil 26. Ölçüm Odası tasarım ve enstrüman yerleşim planı



Şekil 27. Ölçüm odalarının sahada imalatı

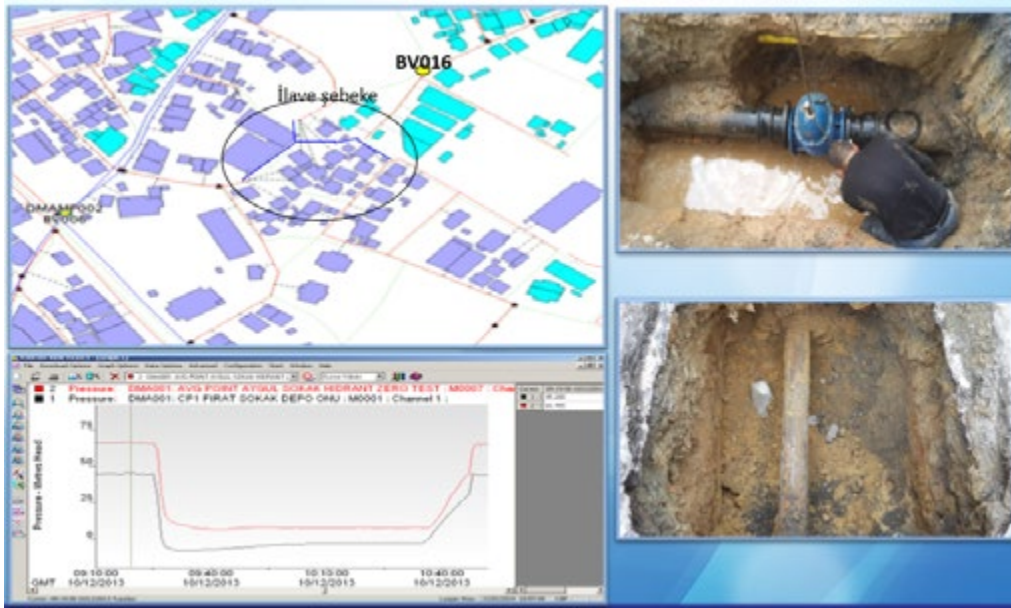
Yapılan çalışmalar neticesinde Göktürk mahallesinde üç bölge ve Kemerburgaz mahallesinde iki bölge olmak üzere toplam beş adet ÖAB bölgesi oluşturulmuştur. Oluşturulan ÖAB'lerin harita üzerindeki konumlandırmaları ile ilgili ÖAB'ye ait veriler Şekil 28'de verilmektedir.



Şekil 28. Hidrolik model sonucu oluşturulan ÖAB'ler ve her bir ÖAB'ye ait veriler

Hidrolik model tasarımından sonra ÖAB'lerin sahada oluşturulmaları ve her bir ÖAB için izole olup olmadıklarının testleri yapılmıştır. Bu çalışma projenin en kritik aşamalarından biri olmuştur. Hidrolik modelde oluşturulan ÖAB'nin sahada da aynı şekilde oluşturulması gerekmektedir. Bunu müteakip ise hidrolik modele uygun bir şekilde kalibrasyonu yapılması bir su kayıp yönetimi projesinin başarısı açısından büyük önem taşımaktadır.

Örnek olarak Kemerburgaz bölgesinde oluşturulan ÖAB'lerin kendi sınır bölgelerindeki izolasyon işlemleri sırasında CBS verilerinde bulunmayan bir su hattı tespit edilmiş ve hattın üzerine vana montajı yapılarak ilgili ÖAB'nin izolasyonu sağlanmıştır. Şekil 29'da sahada yapılan izolasyon ve sıfır basınç testi uygulanması verilmektedir.



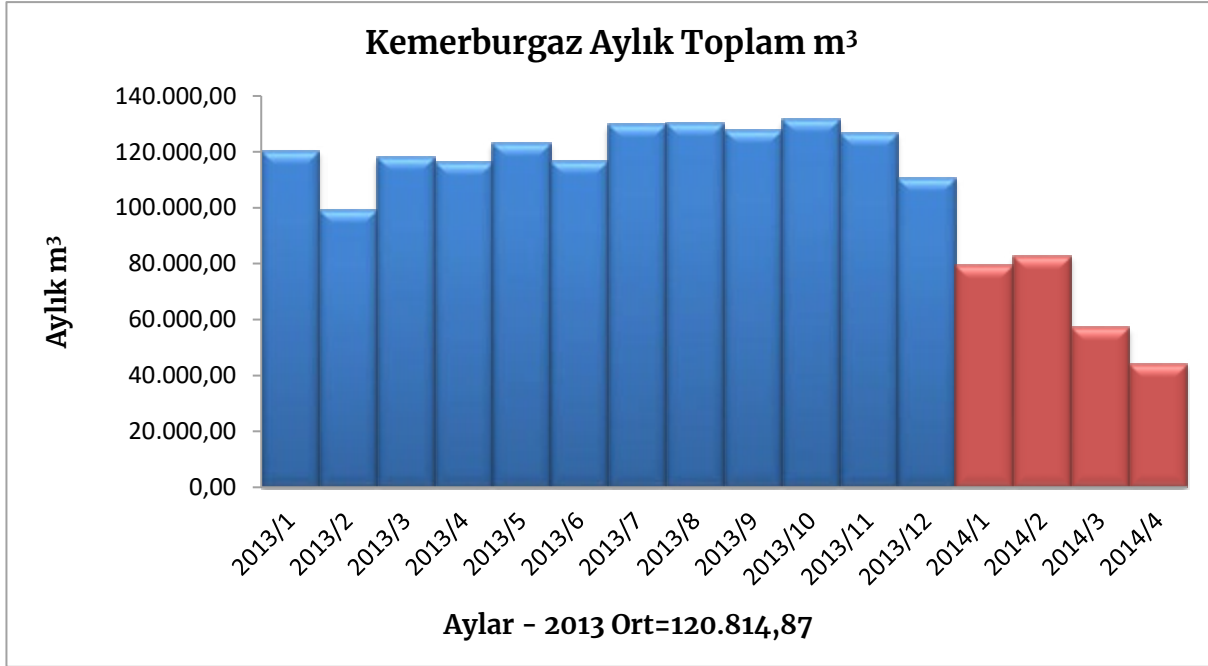
Şekil 29. Şebekenin sahada izolasyonunun yapılması ve sıfır basınç testi

Ölçüm odalarının montajı, ÖAB sınırlarının sahada tespiti ve sıfır basınç testi ile doğrulanmasından sonra özellikle Kemerburgaz bölgesinin işletme basınçlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Basınç yönetiminden önce sahada fiziki kayıpların tespiti çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde bölgede 50'nin üzerinde arıza tespiti ve onarımı yapılmıştır. Arızaların büyük bir kısmı bina bağlantılarında tespit edilmiştir (Şekil 30).



Şekil 30. Sahada gerçekleştirilen aktif kaçak, arıza tespiti ve onarım çalışmaları

Bölgedeki arıza tespit çalışmalarını takiben basınç verileri incelenmiş ve kritik noktadaki abonelerin basınç değerleri baz alınarak dinamik bir basınç yönetimi uygulanmıştır. Proje sonucunda bölgeye verilen su miktarında ve arıza sayılarında ciddi bir azalma sağlanmıştır. Verilen su miktarındaki azalma grafiği Şekil 31’de görülmektedir.



Şekil 31. Kemberburgaz bölgesine verilen aylık su miktarları

Her bir ÖAB’de yapılan basınç yönetimi uygulamaları ve aktif kaçak tespit çalışmaları neticesinde hem mevcut arızalar tespit edilmiş hem de ortaya çıkan arıza bildirimlerinde azalma meydana gelmiştir.

Proje süresince aylık bazda arıza ortalaması 42 adet iken proje sonunda arıza adedi 12'ye düşmüştür.

Tablo 15. Proje öncesi ve sonrası performans kıyaslaması

Veri seti	Proje Öncesi	Proje Sonrası
Sisteme Giren Su (m³)	118.762	44.161
Tüketilen Su (m³)	42.464	37.467
Mevcut Gerçek Kayıp (m³)	76.298	6.694
Bağlantı başına kayıp miktarı (l/bağ/gün)	2.004,15	175,83

Proje süresince yapılan verilerin doğrulanması, hidrolik modelleme, hidrolik model üzerinde ÖAB’lerin kurulumunun yapılması, sahada ÖAB kurulumu çalışmaları, ölçüm odalarının inşası ve devreye alınması, ÖAB sınırlarının izolasyonunun sağlanması, aktif kaçak tespit ve kaçak onarım çabaları neticesinde proje öncesi ve proje sonrasına bakıldığında önemli ölçüde su tasarrufunun sağlandığı görülmüştür (Tablo 15). Proje öncesinde 2.004,15 l/bağlantı/gün olan bağlantı başına kayıp miktarı 175,83 l/bağlantı/gün’e düşürülmüştür.

VAKA ÇALIŞMASI 4: MALATYA İLİNDEKİ SU ŞEBEKESİNİN ÖLÇÜLEBİLİR ALT BÖLGELERE AYRILMASI VE BU ALT BÖLGELERDE SU KAYIPLARI İLE MÜCADELE ÇALIŞMASI

Durmuşçelebi, F. M. (2018). Su Kayıplarının Azaltılması için İçmesuyu Dağıtım Sistemlerinin Rehabilitasyonu ve Fayda-Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bu bölümdeki veriler ve bilgiler Durmuşçelebi (2018) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.

Bu çalışma ÖAB tasarım kriterlerine uygun bir şekilde Malatya ili merkez içme suyu dağıtım sisteminde gerçekleştirilmiştir. Malatya ili Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde bulunan 179 adet mahallenin yaklaşık %65'lik bir kısmı Pınarbaşı Kaptaj'dan beslenmektedir. Mevcut kaynak 1.210 metre kotunda ve yeraltı suyudur. Merkez iki ilçenin bu kaynaktan beslenen mahallerine su cazibeli şekilde gelmektedir. Şehir merkezinde yaklaşık 1.700 km içme suyu şebeke hattı bulunmaktadır. Merkez şebekede 1960'lı yıllarda döşenmiş ve halen aktif olarak kullanılan içme suyu hatları mevcuttur. Kaynaktan şehre 2015-2017 yılları arasında ortalama 2.900 l/sn su verilmiştir. İhtiyaç debisinin kayıp kaçak oranlarının %25'lere düşürülmesi halinde maksimum tüketim gününe göre 1.700-1.800 l/sn olacağı hesaplanmaktadır.

Mevcut şebeke üzerinde yapılan evvelki çalışmalarda şehir merkezindeki eski yerleşim yerlerinde önemli oranda arıza ortaya çıktığı belirtilmiştir. Özellikle il merkezinde kullanılan PVC (uygulama alanında en fazla kullanılan boru malzemesi) ve asbest çimento borularında 2006-2017 yılları arasında yoğun şekilde arıza olduğu tespit edildiği ifade edilmiştir.

Bunlara ilave olarak gözlenen “servis bağlantısı (abone bağlantısı)” arızaları tespit edilmiş ve bu analiz neticesinde şehir merkezindeki eski yerleşim yerlerinin olduğu bölgelerde arıza yoğunluğun yüksek olduğu görüldüğü belirlenmiştir.

Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ), 2014 yılında yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği uyarınca 2015 yılında sahip olduğu su kayıp ve kaçak oranını %60-65 olarak raporlamıştır.

Bu yüksek kayıp-kaçak oranına bağlı olarak uygulama alanında su kayıplarının kontrol edilmesi ve azaltılması için ÖAB oluşturulması amaçlanmış, planlama çalışmaları yapılmış ve saha uygulaması da gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada kurulması öngörülen ÖAB'lerin kurulumunda iki yöntem belirlenmiştir. Burada mevcut hatların yenilenmediği bölgelerde ÖAB'lerin oluşturulması, yeni hat döşenmiş bölgelerde ÖAB'lerin oluşturulması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

ÖAB planlama çalışmalarında özellikle boru malzemesi değiştirilmeyen bölgelerde, bölge sınırlarının belirlenmesi, izolasyon vanalarının sayısı ve yerinin tespit edilmesi ve bölgenin diğer bölgelerden tamamen izole edilmesi en önemli ve zor çalışmaları oluşturmaktadır. ÖAB sınırı belirlenirken ana kara yolu ve demir yolu gibi bileşenler doğal sınır olarak kabul edilmiştir. Bu proje kapsamında çalışmalar Şekil 32 ve 33'te görülmektedir.



Şekil 32. ÖAB oluşturulması için sahada yapılan çalışmalar (Durmuşçelebi, 2018)



Şekil 33. Sahadaki ÖAB sınırlamalarının yapılabilmesi için yerleştirilen vana çalışmasından örnek (Durmuşçelebi, 2018)



Şekil 34. Uygulama alanında ÖAB'lerin dağılımı (Durmuşçelebi, 2018)

ÖAB tasarımında ve planlamasında servis bağlantı sayısı, abone sayısı, hat uzunluğu, topoğrafik değişim değeri yukarıda verilen sınır değerler içerisinde kalacak şekilde belirlenmiştir. Bu kapsamda ÖAB'lerden 15 adedi mevcut şebekenin kapalı bir sistem haline getirilmesiyle oluşturulurken, 18 adedi ise mevcut şebeke ve abone bağlantılarının yenilenmesiyle oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan ÖAB'lerin sayısal haritada konumsal dağılımı Şekil 34'te gösterilmektedir. Ayrıca bu bölgeler hakkında daha detaylı değerlendirme yapabilmek adına işletme parametrelerine ait elde edilen veriler Tablo 16'da verilmektedir.

Tablo 16. ÖAB’lerde detaylı işletme bilgileri (Durmuşçelebi, 2018)

ÖAB	Kot Farkı	Zemin Kotu	Kritik Nokta	Geçmiş Arıza Sayısı	Su Kayıp Oranı %		Boru Değişimi (%)	Şebeke Ort. Yaşı (yıl)
					Önce	Sonra		
DABAKHANE	1.6	957-973	1	47	52,26	36,87	0	18,7
KAVAKLIBAĞ	2.5	946-970	1	52	64,43	39	2	25,1
İSTİKLAL	3.5	966-1001	1	143	61,63	56,44	0,5	19,5
AKPINAR	2.1	956-977	1	138	42,8	34,69	4,89	14
SARAY	2.4	960-984	1	55	62,05	45,29	12,14	11,02
HİDAYET	0.9	943-952	1	19	44,86	33,29	8,17	16,7
SARICIOGLU	1.2	948-960	1	14	82,69	76,27	3,8	18,2
AŞAĞI ÇÖŞNÜK	6.1	938-999	1	21	63,09	60,12	7,2	12,5
GÖZTEPE	3.8	933-971	1	91	27,91	13,69	6,15	15,4
NURİYE	3.8	953-991	1	129	49,82	35,42	4,54	16,9
SANAYİ	1.6	922-938	1	40	71,24	57,24	0	18,2
KİLTEPE	2.6	914-940	1	5	56,32	29,48	0	18,3
MELEKBABA 1	6.6	928-994	1	8	78,52	68,29	3,32	10,9
MELEKBABA 2	4.3	924-977	1	19			7,25	11,9
YEŞİL KAYNAK	2.9	917-946	1	25	65,34	56,22	6,17	14,4
TANDOĞAN	2.6	964-990	1	39	61,6	32,81	22,54	6
ÇAVUŞOĞLU	2	936-953	1	108	90,05	15,22	100	2
ZAVİYE_2	3	970-1004	1	83	-	15,24	100	1
ÇÖŞNÜK_VENK	5	998-1050	1	141	-	32,79	100	1
ZAVİYE_3	4	963-1003	1	70	-	20,03	100	1
ZAVİYE_4	2.8	999-1027	1	42	-	26,87	100	1
AŞAĞIBAĞLAR	3	992-1022	1	71	-	25,62	100	1,5
BAŞHARIK	3.8	993-1031	1	49	-	25,31	100	1
YAKINCA_1	2.5	938-963	1	17	-	-	100	1
YAKINCA_2	3.4	932-966	1	26	-	-	100	1
YAKINCA_3	2.9	964-993	1	35	-	-	100	1
BOSTANBAŞI	4.6	926-972	1	28	-	-	100	1
FIRAT	3	1019-1049	1	14	-	17,37	100	1
İNÖNÜ	0.7	935-942	1	36	54,31	18,74	100	1
KONAK	13.8	1058-1196	3	35	-	-	100	1
YEŞİLYURT	8.2	977-1059	3	40	83,2	-	100	1

Aktif Kaçak Tespit Çalışmaları

Uygulama alanında şebeke boru yaşının genel olarak 10 yıldan daha fazla olduğu görülmektedir. Boru yaşının arıza oranı üzerinde etkisi göz önünde bulundurulunca, mevcut şebeke koşulları korunarak ve en az boru malzemesi değiştirilerek şebeke işletme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Tablo 16’da görüldüğü gibi, şebeke borusu değiştirilmeyen ve boru yaşının 10 yıldan fazla olduğu bölgelerde su kayıp oranları oldukça yüksek seviyededir.

Görüldüğü üzere, ÖAB olarak planlanmış bölgelerde ilk ölçüm döneminde su kayıp oranları genelde % 40-80 aralığında değişmektedir. ÖAB tasarımı yapıldıktan ve MASKİ tarafından saha çalışmaları tamamlandıktan sonra belirli bir dönem izlenen bölgelerde su kayıp oranlarının azaldığı görülmektedir. Su kayıp oranlarındaki azalma üzerinde her bir ÖAB için uygulanan su kayıp azaltma yönteminin etkili olduğu söylenebilir. Uygulama alanında her bir ÖAB’deki su kayıp oranı, boru yaşı, basınç dayanımı, zemin özelliği, su tüketim özelliği değişkenlik göstereceği için ÖAB tasarımı ile her bölgeye özel su kayıp stratejisinin uygulanması mümkün olmaktadır. Diğer taraftan basınç farkının az olduğu bölgelerde ya da basınç yönetimi uygulanması ihtiyacı olmayan bölgelerde sadece aktif kaçak kontrolü yöntemi uygulanarak su kayıp oranları tabloda verilen oranları düşmüştür.

Minimum gece debisinin analizi için Malatya ili Dabakhane ÖAB uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanı Şekil 35’te verilmektedir.

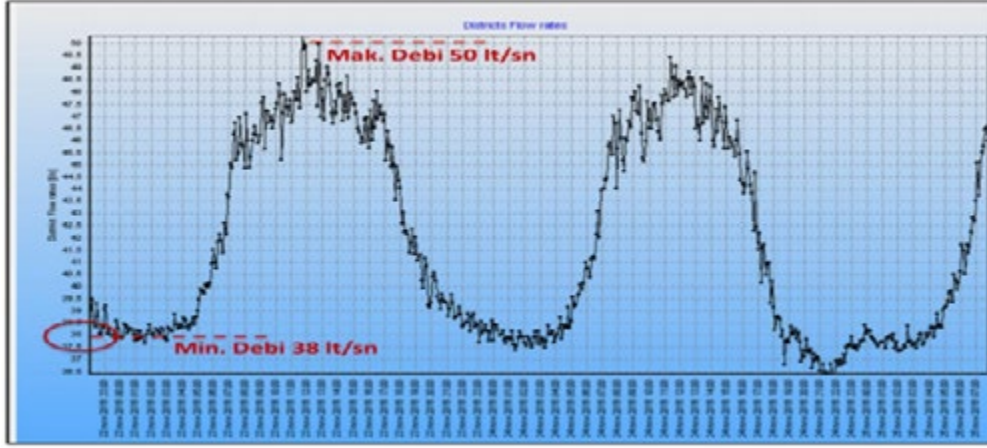


Şekil 35. Gece debisi izlemesi çalışması yapıldığı Dabakhane bölgesi (Durmuşçelebi, 2018)

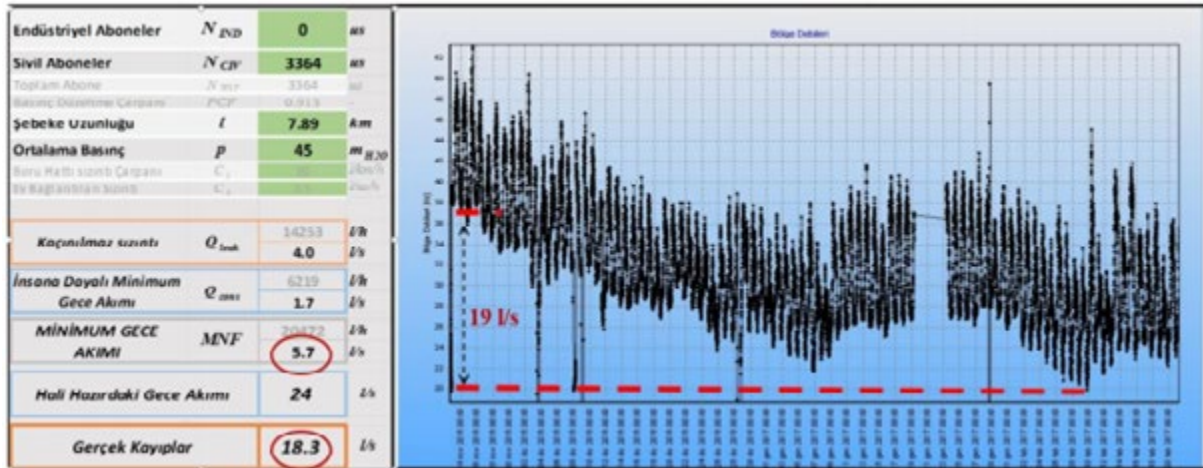
Seçilen Dabakhane bölgesi toplam 3.364 aboneden oluşmaktadır. Şebeke ve abone bağlantıları dâhil olmak üzere toplam 7,9 km hat bulunmakta ve bölgenin ortalama basıncı 45 m su seviyesindedir. Dabakhane bölgesi için optimum minimum gece debisi aşağıdaki verilerin göz önüne alınması ile açıklanan yöntemle değerlendirilmiştir (MASKİ, 2018):

- Sivil tüketici sayısı (NCIV) = 3.364 abone
- Endüstriyel tüketici sayısı (NIND) = 0
- Özel bağlantıları kapsayan şebeke uzunluğu (L) = 5,8 (genel şebeke) + 2,1 (özel bağlantı) = 6,9 km (toplam şebeke)
- Ortalama basınç (p) = 45 m
- Boru hattı katsayısı: $C_1 = 60$ ve $C_2 = 4,5$

Dabakhane bölgesi için C_1 katsayısı 60, C_2 katsayısı 4,5 seçilmiştir. Bunun sebebi mevcut bölgenin şebeke hattının genellikle eski pik borulardan oluşması nedeniyle şebekelerden maksimum verimin beklenilmemesidir. Dabakhane ÖAB için optimum minimum gece debisi 5,7 l/sn olarak hesaplanmıştır. İzole bölge içindeki su dengesini gösteren Şekil 36'da verildiği gibi ölçülen minimum gece akımı (MNF) 38 l/sn'dir.



Şekil 36. Aktif kaçak tespit çalışmaları öncesi Dabakhane bölgesinde yapılan gece debisi ölçümü (Durmuşçelebi, 2018)



Şekil 37. Aktif kaçak tespit çalışmaları sonrası Dabakhane bölgesinde yapılan gece debisi ölçümü (Durmuşçelebi, 2018)

Dabakhane ÖAB'de akustik dinleme cihazları ile taramalar yapılarak toplam 71 adet muhtemel arıza noktası işaretlenmiştir. İşaretlenen bu noktaların 44 tanesinde kaçak tespit edilerek giderilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalarda bölge içerisinde bulunan eski pik hatlara yer yer bağlantılar olduğu tespit edilmiş, bu bağlantılar iptal edilerek eski hatların iptali yapılmıştır. Eski hat üzerinde bulunan 6 adet abone yeni hatlara taşınmıştır. Yapılan çalışmalar sonrasında gece debisi 18,66 l/sn'ye düşürülmüş olup, toplamda 19,34 l/sn su sisteme kazandırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonrası gece debisindeki değişim Şekil 37'de gösterilmiştir.

Sonuç olarak, MASKİ bünyesinde yapılan Su Kayıpları Yönetimi çalışmaları kapsamında oluşturulan ÖAB'lerde yukarıda belirtilen şekilde birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar temelinde kayıp olan şebeke suyunun bir kısmı sisteme kazandırılmıştır. Performans göstergesi olarak pilot ÖAB'ler için ILI hesaplanması da gerçekleştirilmiştir (Şekil 38).

Yapılan çalışmalar neticesinde Zaviye ÖAB’de ILI değeri hesaplanmış ve “A sınıfı” (en iyi kategori) olarak belirlenmiştir (Şekil 39). Diğer ÖAB’lerde ise ILI değerinin “B sınıfı” değeri içerisinde bulunduğu görülmüştür (Durmuşçelebi, 2018).

GİRİŞ VERİLERİ			IWA ÇIKTILARI		
Zaman aralığı	28	gün			
Başlangıç tarihi	Nisan.17		Şebeke Verileri		
Bitiş tarihi	Mayıs.17		Bağlantı yoğunluğu	69.880	n°/Km
Şebeke Verileri			Sistemin Hidrolik Verileri		
Genel şebeke uzunluğu	19.804	km	Sistem giriş hacmi (SIV)	196.010	m ³
Özel müşteri bağlantılarının uzunluğu	17.565	km	Su Tüketim Verileri		
Toplum kullanıcılar	13.839	-	Gelir Getirmeyen Su Miktarı	40.950	m ³
Endüstriyel kullanıcılar	0	-	Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	2.940	m ³
Sistemin Hidrolik Verileri			İzinsiz Tüketim	860	m ³
Ortalama sistem basıncı	46	m	Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	7.680	m ³
Sistem giriş hacmi (SGH)	196.010	m ³	İdari Kayıplar	8.550	m ³
Diğer sistemlere iletilen hacim	0	m ³	Günlük gerçek kayıplar	982.250	m ³ /gün
Su Tüketim Verileri			Şebeke km başına günlük gerçek kayıplar	4.960	m ³ /km/gün
Faturalı sayaçlı tüketim	5.982	l/sn	Fiziki Kayıplar	1.503	%
Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım	155.050	m ³	IWA Endeksleri		
Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım	0	m ³	KYFK (UARL)	6,18	l/sn
Faturasız sayaçlı tüketim	1,5	[%VIS]			
Yetkisiz faturasız tüketim	0,44	[%VIS]	ILI	1,84	
Abone ölçüm hataları	3,92	[%VIS]			

Şekil 38. Zaviye ÖAB rehabilitasyon işlemleri sonunda performansı (Durmuşçelebi, 2018)

Gelişmekte olan Ülkeler	Gelişmiş Ülkeler	Sınıf	Hesap ILI	Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler için Gerçek Kayıp Yönetimi Performansının Genel Tanımı
ILI Sınıf Aralığı				
ILI < 4	ILI < 2	A	1,84	Daha ileri kayıp azaltımı eksiklikler yok ise ekonomik olmayabilir; uygun maliyetli ilerlemenin belirlenmesi için dikkatli analiz gerekmektedir.
ILI < 8	2 < ILI < 4	B		İşaretili ilerlemeler için potansiyel; basınç yönetimini göz önünde bulundur, daha iyi aktif sızıntı kontrolü pratikleri ve daha iyi şebeke bakımı.
4 < ILI < 8	4 < ILI < 8	C		Zayıf sızıntı kaydı; yalnızca su bol ve ucuz ise tolerans gösterebilir; öyle olsa bile, sızıntının doğasının ve seviyesinin analizi, sızıntı azaltım çalışmalarının yoğunlaştırılması.
ILI > 16	ILI > 8	D		Kaynakların çok verimsiz kullanımı; sızıntı azaltım programları zorunlu ve yüksek öncelikli.

Şekil 39. Zaviye ÖAB için ILI sınır değerleri (Durmuşçelebi, 2018)

VAKA 5: DAĞITIM SİSTEMLERİNDE BASINÇ KONTROLÜNÜN SU KAYIPLARINA VE SU BÜTÇESİNE ETKİSİ: KAYSERİ ÖRNEĞİ

Özdemir, Ö., Fırat, M., Yılmaz, S., Usluer, M. (2021). *Analysis of the Effect of Pressure Control on Water Losses in Distribution Systems According to FAVAD Equation and Field Applications. IWA Water Practice and Technology. doi.org/10.2166/wpt.2021.024*

Bu bölümde yer alan veriler ve bilgiler Özdemir vd. (2021) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.

İçme suyu dağıtım sistemlerinde arızaların ve sızıntıların oluşmasında veya mevcut arızalarda sızıntı miktarının değişmesinde basıncın etkisi oldukça fazladır. Bu nedenle sistemde işletme basıncının izlenmesi, özellikle gece gündüz değişimlerinin analiz edilmesi, dalgalanmaların belirlenmesi ve basınç yönetiminin uygulanması sistemin ekonomik ömrünün uzatılması ve normal işletme koşullarının sağlanması açısından önemlidir. Bu çalışmada, basıncın su kayıplarına, su dengesine ve minimum gece debisine etkisi saha verilerine ve testlerine göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla seçilen pilot izole bölgede basınç kontrolünden önce şebeke işletme koşullarına (mevcut basınç ve şebeke fiziksel özellikleri) ölçülen minimum gece debisi ve potansiyel sızıntı miktarı belirlenmiştir. Daha sonra bölgenin özellikleri dikkate alınarak basınç kontrol sistemi yardımıyla basınç düşürülmüş ve oluşan yeni koşullarda minimum gece debileri izlenmiştir. Bu iki durum için karşılaştırma yapılmış, FAVAD denkleminde göre teorik sızıntı seviyesi analiz edilmiş ve sahadan elde edilen gerçek sonuçlar ile kıyaslanarak değerlendirme yapılmıştır. Dağıtım sistemlerinde şebeke özellikleri, çevresel faktörler ve en önemlisi de sistem işletme koşulları yeni arıza oluşumunda oldukça etkilidir. Bunun yanı sıra mevcut rapor edilmeyen arıza noktalarında ve arka plan (belirsiz) sızıntılarda birim zamanda kaybolan su miktarı basınç değişimine bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır (Lambert vd., 1999; Lambert ve Mckenzie, 2001; Farley vd., 2008).

Literatür incelendiğinde, basınç ve sızıntı arasındaki ilişkinin matematiksel olarak izah edilmesinde temel orifis denkleminde yola çıkılarak geliştirilen FAVAD denkleminin yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (May, 1994). Bu denklem teorik olarak herhangi bir basınç seviyesinde sistemde gözlenebilecek sızıntı seviyesi hakkında değerlendirme yapma imkanı sunmaktadır (Lambert vd., 1999; Lambert ve Mckenzie, 2001; Farley vd., 2008).

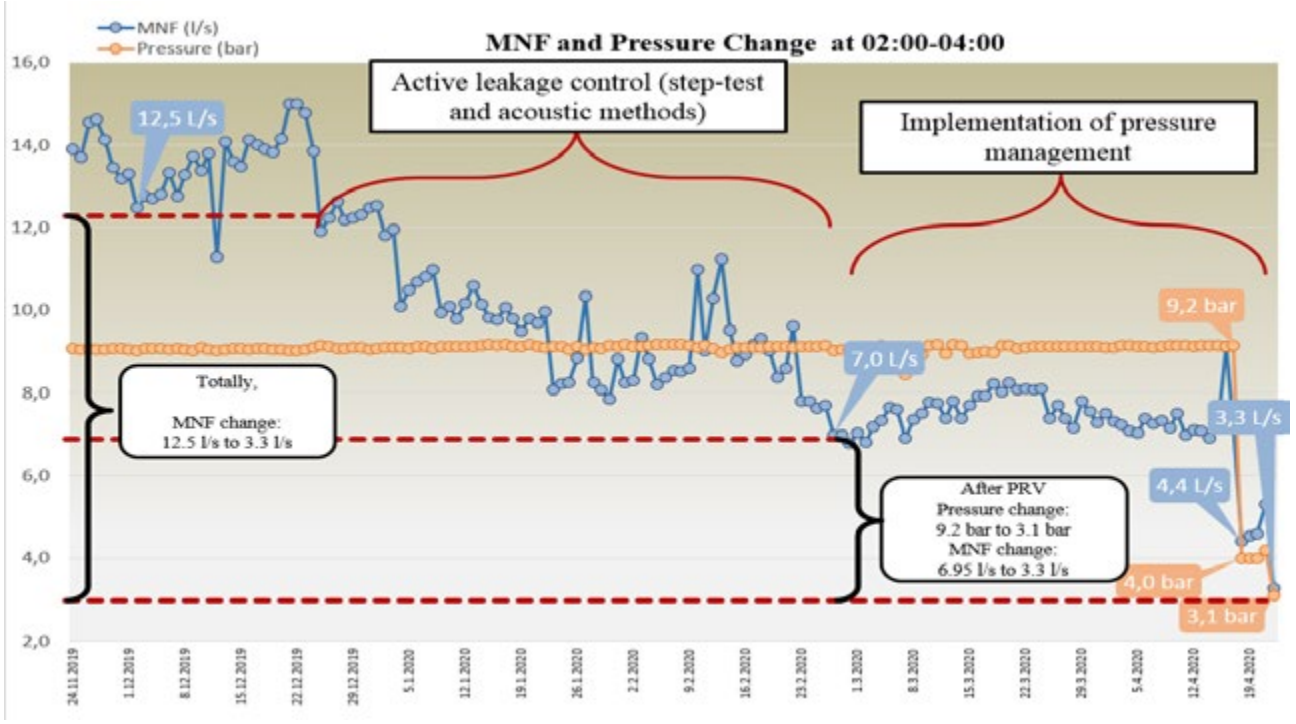
$$L_1 = L_0 * \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{n_1} \quad (1)$$

Burada, L_0 , P_0 basıncında ilk sızıntı debisi; L_1 , P_1 düzenlenmiş basınçta sızıntı debisi, P_0 , Bölgede ilk ortalama basınç, P_1 , bölgede düzenlenmiş ortalama basınç, n_1 : sızıntı katsayısı olarak ifade edilir. Bu katsayının 1 olması durumunda (boru malzemesini bilinmediği veya karışık olduğu durumda) doğrusal bir ilişki söz konusudur. Rijit borulardaki sızıntılar (sabit alan sızıntıları olarak ifade edilir) n_1 katsayısının 0,5 olarak alınmasının uygun olacağı vurgulanmıştır (May, 1994; Lambert, 2009). Basınç ve sızıntı arasındaki ilişkinin sahada basınç kontrol sisteminin uygulanması için Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ) hizmet alanında yer alan bir izole bölge (Ağaçışleri izole bölgesi) pilot uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 40). Kayseri merkez içme suyu dağıtım sisteminde 2019 yılı başında su kayıpları ile mücadele kapsamında izole ölçüm bölgeleri oluşturulmaya başlanmış ve bu kapsamda toplam 140 alt bölge planlanmıştır. Merkez dağıtım sisteminde hali hazırda 30 bölge izole edilmiş, SCADA entegrasyonu gerçekleştirilmiş, debi ve basınç değişimleri izlenmeye başlanmış ve su kayıp analizi çalışmaları yürütülmektedir.



Şekil 40. Uygulama alanı ve pilot izole ölçüm bölgesi (KASKİ, 2020; Özdemir vd., 2021)

Bir izole bölgede abone tüketimlerinin en düşük olduğu saatlerde (gece 02:00-04:00 arasında) sistemden geçen debi izlenerek potansiyel sızıntılar hakkında değerlendirme yapılmaktadır. Bunun için, sistemden MNF anında ölçülen sistem debisinden, gece yasal abone tüketimleri, belirsiz sızıntılar çıkarılarak potansiyel olarak önlenebilir sızıntı miktarı belirlenmektedir. Uygulama alanında bölge izole edildikten sonra 24.11.2019 tarihinden itibaren izlenmeye başlanmış ve minimum gece debisi 12,5 l/sn olarak ölçülmüştür. Bölgedeki abone profilleri ve şebeke özellikleri göz önüne alındığında oldukça yüksek seviyede olan bu debinin önemli bir kısmının potansiyel olarak önlenebilir sızıntı olduğu öngörülmüştür (Şekil 41).



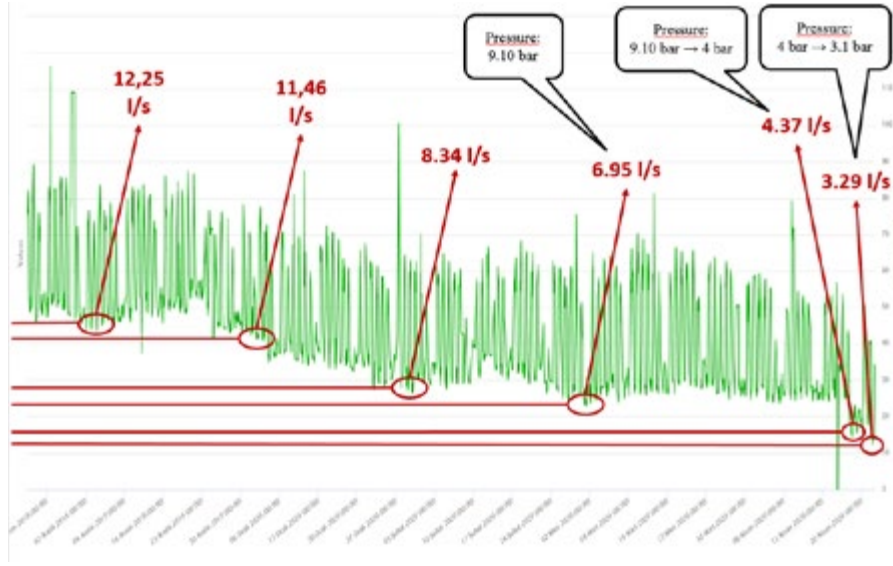
Şekil 41. Ağaçişleri izole bölgesinde minimum gece debisinin değişimi (KASKİ, 2020; Özdemir vd., 2021)

Pilot bölgede, özellikle basınç kontrolü uygulanmadan önce minimum gece debisinin salınım gösterdiği görülmektedir (Şekil 41). Bölgenin önemli bir kısmının PE ve PVC boru yoğunluğunda olduğu göz önüne alındığında (değişken alanlı sızıntılar) basıncın etkisiyle mevcut arızalarda çatlak genişlemekte ve sızıntı da değişmektedir. Bu nedenle bölgede öncelikle mevcut sızıntıların azaltılması için aktif kaçak kontrolü uygulanmış ve akustik yöntemlerle rapor edilmeyen sızıntıların tespit edilmesi çalışmaları yürütülmüştür. Bu amaçla bölgede 24.11.2019-24.02.2020 tarihleri arasında, sızıntı tespit (akustik yöntemlerle) ve step-test çalışmaları yürütülmüştür (Şekil 42).



Şekil 42. Pilot bölgede step-test sonucunda tespit edilen potansiyel sızıntılar (KASKİ, 2020; Özdemir vd., 2021)

Step-test uygulanarak bölgede lokal dinleme alanları daraltılmış ve daha kısa sürede sızıntı yerinin bulunması sağlanmıştır. Bu kapsamda 5 farklı noktada rapor edilmeyen sızıntılar tespit edilmiş ve onarılmıştır. Bölgede uygulanan 3 aylık saha testlerinin sonucunda 12,5 l/sn olan minimum gece debisi, 6,95 l/sn değerine indirilmiştir (Şekil 43).



Şekil 43. İzole bölgede aktif kaçak kontrolü ve basınç yönetimine bağlı olarak debi değişimi (Özdemir vd., 2021)

Bunun neticesinde bölgede yaklaşık olarak 5,45 l/sn sızıntı önlenmiştir. Bölgenin fiziksel, topografik ve işletme koşullarına göre belirlenen NDF değeri (22,5 saat/gün) dikkate alındığında bu çalışma sonucunda bölgede toplamda 441 m³/gün ve 161.130 m³/yıl su tasarrufu sağlanmıştır. Pilot izole bölge, bölge belirli bir süre izlendikten sonra sistemde basıncın oldukça yüksek seviyede olduğu görülmüş ve basınç yönetimi uygulamak için basınç kırıcı vana KASKİ tarafından yerleştirilmiştir. İzole bölge tek giriş noktasına sahip olup giriş boru çapı 200 mm'dir. Pilot bölge kritik nokta belirlenmiş, tüketimin en fazla saatlerde abonelerin düşük basınç sorunu yaşamamaları için gerekli basınç sınırı belirlenmiştir. Saha çalışmaları esas alınarak sistem çıkış basıncı ilk etapta 4 bar daha sonra 3,1 bar seviyesinde sabit olarak ayarlanmıştır. Pilot bölgede saha çalışmalarına göre, basınç kontrolünden sonra MNF ölçüm değerinin 3,29 l/sn seviyesine indiği ve bu ölçüm değerinden gece yasal kullanımları çıkardıktan sonra toplam sızıntısını 3,01 l/sn olduğu görülmektedir. Başlangıçta toplam sızıntı değeri 6,67 l/sn olup basınç yönetiminden sonra sızıntıdaki azalma 3,66 l/sn (değişim oranı yaklaşık %54,9) şeklinde hesaplanmıştır. Çalışma incelendiğinde, basınç yönetiminin uygulanması ile önemli kazanımlar elde edilmesine rağmen önlenemez sızıntının hala yüksek olduğu görülmektedir. Bu sızıntı debisinin; bölge içerisinde özellikle servis bağlantılarında meydana gelen rapor edilmeyen sızıntılardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Özdemir vd., 2021).

Bu sızıntıların önlenmesi için yine step-test ve akustik yöntemlerle sızıntı yerlerinin bulunması gerekmektedir. FAVAD yöntemi ve saha verileri kıyaslandığında, teorik olarak hesaplanan toplam sızıntı seviyesi ile sahadan elde edilen ölçüm sonuçları arasında 1,70 l/sn kadar fark olduğu görülmektedir. Bu farkın özellikle, basınç değişimlerine bağlı olarak ortaya çıkan yeni sızıntılardan kaynaklanma ihtimali oldukça yüksektir. Saha verilerine göre, toplam sızıntı seviyesine göre günlük 78,4 m³, potansiyel olarak önlenemez sızıntı için 38,2 m³ tasarruf potansiyelinin olduğu görülmektedir. Bu oranlar göz önüne alındığında özellikle terfili sistemlerde enerji maliyetlerinin azaltılması açısından önemli kazanımlar sağlayacağı açıktır.

Burada teorik denklem kullanılarak hesaplanan ve teknik olarak sızıntının alabileceği değeri gösteren sızıntı seviyelerinin özellikle uygulayıcılar için referans oluşturacağı, sahada uygulama sırasında hedef koyma anlamında katkı sunacağı ve yol göstereceği düşünülmektedir.

VAKA 6: BÜTÜNLEŞİK SU KAYIP YÖNETİMİ YAZILIMI

Fırat, M., Yılmaz, S. Orhan (Bozkurt) C. (2021). Su Kayıp Yönetimi için Temel Hesaplama Araçlarının Geliştirilmesi ve Temel Su Kayıp Bileşenlerinin Analizi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 11(2): 405-416.

Bu bölümde yer alan veriler ve bilgiler Fırat vd. (2021) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.

Su kayıplarının en önemli bileşeni olan fiziki kayıplar, kaynaktan aboneye kadar olan tüm aşamalarda meydana gelebilmekte ve su kaynağının verimsiz kullanılmasına neden olmaktadır. Fiziki kayıpların önlenmesi ve yönetilmesi için, kayıp bileşenlerinin bilinmesi, doğru araç ve yöntemlerle analiz yapılması, sızıntı oluşma şekline göre (belirsiz, rapor edilen ve rapor edilmeyen) en uygun stratejinin belirlenmesi ve izleme politikasının ortaya konulması gerekir.

Bu çalışmada, su kayıp yönetiminin sistematik, planlı ve sürdürülebilir bir şekilde yapılmasına esas teşkil eden temel su kayıp analizlerinin gerçekleştirilmesi ve daha hassas ve doğru analiz imkanı sunan hesaplama araçlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için web tabanlı çalışan, birbiri ile bütünleşik olan “su dengesi”, “minimum gece debisi (MNF)” ve “Altyapı Kaçak İndeksi (ILI)” hesaplama araçları geliştirilmiş ve pilot veri seti için uygulama gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bu araçların avantajları, kullanım şekilleri ve Su ve Kanalizasyon İdareleri ile belediyeler için sağlayacağı faydalar, temel bileşenlerin su kayıp yönetimindeki rolü tartışılmıştır.

Su kayıp yönetiminde ALC yaklaşımı altında uygulanan temel yöntemler, (i) Uluslararası Su Birliği (IWA) standart su dengesi metodolojisi, (ii) minimum gece debisi analizi, (iii) alt yapı kaçak indeksi (ILI) ile sızıntı analizi şeklinde verilebilir. Bu yöntemlerin sadece bir veya birkaçının uygulanması sistemde iyileştirme sağlasa da, tam anlamıyla sistemi temsil edecek analizin ortaya konulması ve sürdürülebilir bir şekilde uygulanması açısından tamamının uygulanması gerekir. Ancak bu yöntemlerin uygulanması, sonuçların çapraz doğrulanması ve en önemlisi bu analizlerin sistematik ve doğru bir şekilde yapılması için kullanıcı dostu hesaplama araçlarının kullanılması gerekir. Bu çalışmada su kayıp analizlerini gerçekleştiren, Su ve Kanalizasyon İdareleri ile belediyeler için daha hassas ve kolay analiz imkânı sunan ve en önemlisi birbiri ile bütünleşik çalışan modüllerden oluşan “temel su kayıp analizleri için hesaplama araçları” geliştirilmiştir (web-1; Fırat vd., 2021).

Geliştirilen yazılıma <https://sukayipyonetimi.com/> adresinden erişim sağlanabilmekte ve analiz yapılabilir. Geliştirilen bu araçlar toplamda üç modülden oluşmakta, veri ve analiz sonuçları birbiri ile bütünleşik çalışmakta ve literatürde önerilen sınır değerler ile İdarenin performansını kıyaslama imkânı sunmaktadır. Ülkemizde son yıllarda sürdürülebilir su kayıp yönetimi için ALC ve bileşenleri (izole bölgelerin oluşturulması) uygulanmaktadır. Özellikle izole ölçüm bölgelerinin oluşturulması diğer yöntemler için temel teşkil etme özelliğindedir (Fırat vd., 2021).

Standart Su Dengesi Analiz Modülü

Su dengesinin saha verilerine göre doldurulması durumunda, su kayıplarının alt bileşenleri hakkında değerlendirme yapılması, iyileştirilmesi gereken alanların belirlenmesi ve öncelik verilmesi gereken bileşenlerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Ülkemizde Su ve Kanalizasyon İdarelerinde yıllık su bütçesinin yapılması ve performansının izlenmesi için su dengesinin doldurulması ve yıllık olarak Tarım ve Orman Bakanlığına bildirilmesi istenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada idarelerin daha kolay ve hassas analiz yapmasına imkan tanıyan ve bölge veya sistem performansını izleme imkanı sunan web tabanlı “su dengesi hesaplama aracı” geliştirilmiştir (Şekil 44). Geliştirilen hesaplama aracı, Bakanlığının idarelerden talep ettiği hesaplamaları içermektedir. Veri giriş ekranı incelendiğinde, bir sistem için giriş debisinin yanı sıra eğer sistemden çıkış varsa bu değer de girilmesi istenmekte ve buna göre “Sistem net giriş (SIV)” hesaplanmaktadır. Ayrıca, bileşenlere ait değerlerin hacim veya SIV %’si şeklinde giriş veri girişi yapılabilmektedir (web-1; Fırat vd., 2021).

Form Tipi	Değişken Adı	Değer / (Yüzdelik)	Birim
Su Dengesi	Sisteme Giriş Hacmi	69220	m3
Su Dengesi	Diğer Sistemlere İletilen Hacim(Çıkış Hacmi)	0	m3
Su Dengesi	Sistem Net Giriş Hacmi(SIV)	69,220.00	m3
Su Dengesi	Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Kullanım	36000	m3
Su Dengesi	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Kullanım	0	m3
Su Dengesi	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Kullanım	0	m3
Su Dengesi	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Kullanım	0	m3
Su Dengesi	Yasadışı-Kaçak Kullanım Oranı	304.57 0.44	m3 (% SIV)
Su Dengesi	Abone Sayacı Hata Oranı	3.92	%
Su Dengesi	Depolarda Meydana Gelen Kayıp Oranı(Fiziki Kayıp Hacminin % si)	0	%

a) Veri giriş ekranı

(1) Sistem NET Giriş Hacmi (SIV) 69,220.00 m3 %100	(10) Yasal Kullanım 36,000.00 (m3/yıl) (% 52.01)	(4) Faturalandırılmış Yasal Kullanım 36,000.00(m3/yıl) (% 52.01)	(2)Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Kullanım 36,000.00 (m3/yıl) (% 52.01)	(5) Gelir Getiren Su 36,000.00 (m3/yıl) (%52.01)
		(7) Faturalandırılmamış Yasal Kullanım 0.00 (m3/yıl) (%0.00)	(3) Faturalandırılmış Ölçülmemiş Yasal Kullanım 0.00 (m3/yıl) (%0.00)	
	(11) Toplam Su Kayıpları 33,220.00 (m3/yıl) (%47.99)	(15) İdari Kayıplar 1,715.77(m3/yıl) (% 2.48)	(8) Faturalandırılmamış Ölçülmüş Yasal Kullanım 0.00 (m3/yıl) (%0.00)	(6) Gelir Getirmeyen Su 33,220.00 (m3/yıl) (%47.99)
		(16) Fiziki Kayıplar 31,504.23 (m3/yıl) (%45.51)	(9) Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Yasal Kullanım 0.00 (m3/yıl) (%0.00)	
		(12) Yasa Dışı - Kaçak Kullanım 304.57 (m3/yıl) (%0.44)	(13) Sayacı Hatalarından Kaynaklanan Kayıplar 1,411.20 (m3/yıl) (%2.04)	
		(17) İletim Hatlarında Su Dağıtım Şebekelerindeki ve Servis Bağlantıları ile Sayacı Ana Borularındaki Kayıplar 31,504.23(m3/yıl) (%45.51)	(18) Depolardaki Kaçak, Depo Giriş ve Çıkışında Meydana Gelen Kayıplar (0.00)(m3/yıl) (%0.00)	

b) Sonuç ekranı

Şekil 44. Web tabanlı su dengesi hesaplama aracı ve pilot bölge için analiz sonuçları (web-1; Fırat vd., 2021).

Minimum Gece Debisi Analiz Modülü

Minimum gece debisi (MNF) yönteminde temel prensip, su talebinin en düşük olduğu gece saatleri (02:00-04:00) arasında sistem giriş debisinin izlenmesi, gece yasal tüketimlerin tahmin edilmesi ve sistemdeki belirsiz sızıntıların hesaplanması, giriş debisinden bu iki bileşenin çıkarılması ile “akustik yöntemlerle tespit edilen potansiyel önlenebilir sızıntının” belirlenmesi şeklindedir (Lambert vd., 1999; Liemberger ve Farley, 2004). Bunları gerçekleştirebilmek için, izole bir bölgenin tanımlanmış olması, bölge girişinde debi ve basıncın sürekli izlenmesi, insani gece tüketiminin ve belirsiz sızıntıların Burst and Background Estimate (BABE) denkleminde göre tahmin edilmesi (Lambert, 1994) gerekir. Bu analizlerin sistematik yapılması, MNF analizinin gerçekleştirilmesi, gece yasal tüketimlerin ve belirsiz sızıntıların doğru bir şekilde hesaplanması, katsayıların doğru bir şekilde seçilmesi ve en önemlisi kullanıcıların için hassas ve doğru analiz gerçekleştirilmesi için “minimum gece debisi hesaplama aracı” geliştirilmiştir (Şekil 45) (web-1; Fırat vd., 2021).

Bu hesaplama aracının belirsiz sızıntı hesabında sağladığı avantajlar şu şekilde verilebilir;

- Şebeke veya servis bağlantılarının fiziki durumuna göre sızıntı katsayılarını belirleyen ICF katsayısının ve birim sızıntı katsayısının (C_1) seçilebilir olması (Şekil 46a),
- Servis bağlantılarında sayacın yerleşim durumuna (parsel sınırında veya binada) ve fiziksel durumuna göre C_2 katsayısının seçilebilir olması (Şekil 46b),
- Veri toplama durumun dikkate alınması, “tahmini veri” veya “gerçek saha verisi” seçeneklerini sunulması, buna göre hesaplama katsayılarının dikkate alınması (Şekil 45),
- Basınç düzeltme katsayısının farklı yöntemlere göre yapılabilmesi (Şekil 46c).

Form Tipi	Değişken Adı	Değer / (Yüzdelik)	Birim
MNF Analiz	Toplam Hizmet Edilen Nüfus Bilgi Al	0 kişi	kişi
MNF Analiz	Hizmet Edilen Ticari Abone Sayısı	0 adet	adet
MNF Analiz	Hizmet Edilen Konut Abone Sayısı	3159 adet	adet
MNF Analiz	Toplam Abone Sayısı (otomatik hesaplanmakta)	3159 adet	adet
MNF Analiz	Şebeke Anahat Uzunluğu (Lm)	8.7 km	km
MNF Analiz	Servis Bağlantılarının Toplam Uzunluğu (Lp)	4.18 km	km
MNF Analiz	Toplam Servis Bağlantı Sayısı (Nc)	522.00 adet	adet
MNF Analiz	Ortalama Servis Bağlantı Uzunluğu (Lpx) Bilgi Al	8.01 m	m
MNF Analiz	Şebeke Ortalama Yaşı	20 yıl	yıl
MNF Analiz	Bağlantı Yoğunluğu (Nc / Lm) (Otomatik Hesaplanmakta)	60.00 sayı/km	sayı/km
MNF Analiz	Ortalama Sistem Basıncı (P)	51 m	m
MNF Analiz	Ölçülen Minimum Gece Debisi	20.08 l/s	l/s

a) Veri giriş ekranı

Toplam Hizmet Edilen Nüfus	Nf	0	Kişi	bilgi Al
Ticari Abone Sayısı	Ntic	0	adet	Yok
Konut Abone Sayısı	Nkonut	3159	adet	Yok
Toplam Abone	Ntoplarn	3159	adet	Yok
Toplam Servis Bağlantı Sayısı (Nc)	Nc	522.00	adet	Yok
Servis Bağlantılarının Toplam uzunluğu (Lp)	Lp	4.18	km	☒ Tahmini Veri ☐ Gerçek Saha Verisi
Altyapı Fiziksel Durumu	ICF	1 (Sistem İy)	-	bilgi Al
Basınç Düzeltme Çarpanı	PCF	Seç 1.08	-	Yok
Şebeke Anahat Uzunluğu (Lm)	Lm	8.70	km	Yok
Ortalama Sistem Basıncı (P)	P	51.00	m	Yok
Boru Hattı sızıntı Çarpanı	C1	20.00	litre/şebeke uzunluğu(km)/saat	
Ev Bağlantıları Sızıntı Çarpanı	C2	Seç	litre/servis bağlantı sayısı/saat	Yok

b) Katsayı belirleme ekranı

Kaçınılmaz Sızıntı	QSızıntı	1.174.50 0.33	litre/saat l/s	Yok
İnsan Tüketimine Bağlı Minimum Gece Akımı	QTüketim	5.870.30 1.63	litre/saat l/s	bilgi Al Değer Girin
MINIMUM GECE AKIMI	MNF Hesap	7.044.80 1.96	litre / saat l/s	Yok
Ölçülen Minimum Gece Debisi	MNF Ölçüm	72.288.00 20.08	litre / saat l/s	Yok
Potansiyel Önlenebilir Sızıntı	Potansiyel Önlenebilir Sızıntı	65.243.20 18.12	litre / saat l/s	Yok

c) Sonuç ekranı

Şekil 45. Minimum gece debisi hesaplama aracı (web-1; Fırat vd., 2021)

Katsayı	Şebeke Fiziksel Durumuna Göre Katsayıların Belirlenmesi						
Altyapı Fiziksel Durumu (ICF)	1 (Sistem İyi)	1.5	2 (Sistem orta)	2.5	3 (Sistem Kötü)	3.5	4 (Sistem Çok Kötü)
C ₁ (litre/km/saat)	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00
C ₂ (abone sayacı/kontrol sayacı parsel sınırında ise) (litre/servis bağlantı/saat)	1.25	1.88	2.50	3.13	3.75	4.38	5.00
C2a (abone sayacı/kontrol sayacı binada ise) (litre/servis bağlantı uzunluğu (m) / saat)	1.750	2.625	3.500	4.375	5.250	6.125	7.000
C2b (abone sayacı/kontrol sayacı binada ise) (litre/servis bağlantı uzunluğu (km) / saat)	(0.5*1000*L _{px} /15)						

a) ICF, C₁ ve C₂ katsayılarının seçilmesi



b) Sayaç yerleşiminin seçimi

Pcf Hesabı: Yöntem 1 (IWA)

$$Pcf = 0.028 * P - 0.347$$

☒ Pcf Hesabı: Yöntem 1 (IWA)

Pcf Hesabı: Yöntem 2 (IWA Report 26)

$$Pcf = \left(\frac{0.5 * P + 0.0042 * P^2}{35.5} \right)$$

☐ Pcf Hesabı: Yöntem 2 (IWA Report 26)

Pcf Hesabı: Yöntem 3 (IWA N1=1.5)

$$Pcf = \left(\frac{P}{50} \right)^{1.5}$$

☐ Pcf Hesabı: Yöntem 3 (IWA N1=1.5)

c) Basınç düzeltme katsayısı için yöntem seçimi

İnsan Gece Tüketimi Hesabı Veri Girişi

☒ Standart Değer Alınır ☐ Manuel Değer Girilir

1.7
Konut Abone sayısı (biliniyorsa) başına tüketim (Nkonut)

0.6
Yaşayan kişi sayısı (biliniyorsa) başına tüketim (Nf)

8
Ticari Abone sayısı (biliniyorsa) başına tüketim (Ntic)

d) İnsan gece tüketimi için katsayı belirleme

Şekil 46. MNF hesaplama aracında katsayıların seçilmesi (Lambert, 2002; Farley, 2001; Morrison vd., 2007; Babić vd., 2014; Lambert vd., 2014)

Bu hesaplama aracının idarelerde, sızıntıların yönetilmesinde, sistem verimliliğinin sağlanmasında ve sızıntı hesaplarının daha sistematik ve hassas bir şekilde yapılmasında önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir. Görüldüğü gibi MNF değerinin hesaplanması, İdareler için önleme stratejilerinin geliştirilmesi ve yöntemlerin aktif şekilde uygulanması noktası referans oluşturma potansiyeli bulunmaktadır.

Altyapı Kaçak İndeksi (ILI) Hesaplama Aracı

Performans kıyaslamada en önemli husus, kıyaslanabilir ve doğru göstergenin belirlenmesidir. Özellikle idarelerin veya bölgelerin birbiri ile kıyaslanmasında doğru göstergenin seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan en temel gösterge olarak Lambert (1994) tarafından önerilen “alt yapı kaçak indeksi (ILI)” gösterilebilir. Bu gösterge bir dağıtım sisteminde veya izole bölgede yıllık fiziki kayıp hacminin (CARL), yıllık kaçınılmayan fiziki kayıp (UARL) hacmine oranı şeklinde denklem (1) ile hesaplanmaktadır (Lambert, 1994; Lambert vd., 1999). Bu gösterge özellikle sızıntıların yönetilmesinde uygulanacak yöntemlerin belirlenmesi açısından referans oluşturacak bilgiler sunmaktadır. UARL, bir dağıtım sisteminde teknik olarak sızıntının en düşük seviyesini göstermek olup Lambert vd. (1999) tarafından önerilen denklem (1) kullanılmaktadır.

$$UARL = (18 * L_m + 0,8 * N_c + 25 * L_p) * P \quad (1)$$

P; bölge ortalama basıncı (m), L_m; şebeke uzunluğu (km), N_c; servis bağlantı sayısı ve L_p; özel mülkteki boru uzunluğudur (km). Bölgede su tüketim karakteristiğine bağlı olarak basınçtaki değişimleri dikkate alınması gerekir. Bu çalışmada, ILI ve UARL parametrelerinin sistematik bir şekilde hesaplanması, çıkan sonuçların yorumlanması, literatürde önerilen sınır değerlerle kıyaslanması ve böylelikle sistemin performansının değerlendirilmesi için “altyapı kaçak indeksi hesaplama aracı” geliştirilmiştir (Şekil 47). Bu hesaplama aracı, su dengesi ve minimum gece debisi hesaplama araçları ile bütünleşik çalışmakta, analiz için gerekli veriler otomatik çekilmektedir (web-1; Fırat vd., 2021).

Form Tipi	Değişken Adı	Değer / (Yüzdelik)	Birim
ILI Analiz	Toplam Hizmet Edilen Nüfus Bilgi Al	0 kişi	kişi
ILI Analiz	Hizmet Edilen Ticari Abone Sayısı	0 adet	adet
ILI Analiz	Hizmet Edilen Konut Abone Sayısı	3159 adet	adet
ILI Analiz	Toplam Abone Sayısı (otomatik hesaplanmakta)	3159 adet	adet
ILI Analiz	Şebeke Anahat Uzunluğu (L _m)	8.7 km	km
ILI Analiz	Servis Bağlantılarının Toplam Uzunluğu (L _p)	4.18 km	km
ILI Analiz	Toplam Servis Bağlantı Sayısı (N _c)	522 adet	adet
ILI Analiz	Ortalama Servis Bağlantı Uzunluğu (L _{px}) Bilgi Al	8.01 m	m
ILI Analiz	Şebeke Ortalama Yaşı	20 yıl	yıl
ILI Analiz	Bağlantı Yoğunluğu (N _c / L _m) (Otomatik Hesaplanmakta)	60.00 sayı/km	sayı/km
ILI Analiz	Ortalama Sistem Basıncı (P)	51 m	m

a) Veri giriş ekranı

Gösterge	Değer	Birim	Veri Baz Alma Yeri
Gelir Getirmeyen Su Oranı	47.99	%	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
Toplam Su Kaybı Oranı	47.99	%	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
İdari Kayıp Oranı	2.48	%	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
Fiziki Kayıp Oranı	45.51	%	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
Şebeke Anlaşat Uzunluğu (Lm)	8.70	km	Veri Giriş -> İLİ Analiz Değerleri
Servis Bağlantılarının Toplam Uzunluğu (Lp)	4.18	km	Veri Giriş -> İLİ Analiz Değerleri
Toplam Servis Bağlantı Sayısı (Nc)	522.00	adet	Veri Giriş -> İLİ Analiz Değerleri
Ortalama Servis Bağlantı uzunluğu	8.01	m	Veri Giriş -> İLİ Analiz Değerleri
Ortalama Sistem Basıncı (P)	51.00	m	Veri Giriş -> İLİ Analiz Değerleri
Fiziki Kayıp Hacmi	1016265.55	Litre/gün	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
Yıllık Kaçınılmayan Fiziki Kayıp Hacmi (UARL)	34,513.70	Litre/gün	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
İLİ	29.36		Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri

Op27-Op28 Standardı Hakkında bilgi AI	Op27 Standardına Uygundur.		Veri Giriş -> İLİ Analiz Değerleri
Fiziki kayıp (IWA Op27) :	1,946.87	Litre / Servis Bağlantı Sayısı / Gün	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
UARL (IWA Op27) :	66.31	Litre / Servis Bağlantı Sayısı / Gün	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
Fiziki kayıp (IWA Op28) :	116,812.13	Litre / Şebeke uzunluğu(Km) / Gün	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri
UARL (IWA Op28) :	3,978.59	Litre / Şebeke uzunluğu(Km) / Gün	Veri Giriş -> Su Dengesi Değerleri

b) Analiz ekranı

☒ Gelişmiş Ülke ☐ Gelişmekte Olan Ülke				
Gelişmekte Olan Ülkeler	Gelişmiş Ülkeler	Sınıf	İLİ Hesap	İLİ Göstergesinin Sınıf Tanımı
İLİ Sınır Değer	İLİ Sınır Değer			
İLİ < 4	İLİ < 2	A		Daha ileri kayıp azaltımı eksiklikler yok ise ekonomik olmayabilir; uygun maliyetli iletilmenin belirlenmesi için dikkatli analiz gerekmektedir.
4 < İLİ < 8	2 < İLİ < 4	B		İşaretili ileriyelemler için potansiyol; basınç yönetimini göz önünde bulundur, daha iyi aktif sızıntı kontrolü pratikleri, ve daha iyi şebeke bakımı gerekebilir.
8 < İLİ < 16	4 < İLİ < 8	C		Zayıf sızıntı kaydı; yalnızca su bol ve ucuz ise tolerans gösterilebilir; öyle olsa bile, sızıntının doğasının ve seviyesinin analizi, sızıntı azaltım çalışmalarının yoğunlaştırılması.
İLİ > 16	İLİ > 8	D	D	Kaynakların çok verimsiz kullanımı; sızıntı azaltım programları zorunlu ve yüksek öncelikli.

c) Sonuç değerlendirme ekranı

Şekil 47. Altyapı kaçak indeksi hesaplama aracı (web-1; Fırat vd., 2021).

Sonuç olarak, bu hesaplama araçlarının, idarelerde, sızıntıların yönetilmesinde, su kayıp yönetim performanslarının izlenmesinde, sistem verimliliğinin sağlanmasında, sızıntı hesaplarının daha sistematik ve hassas bir şekilde yapılmasında, su kayıp yönetimi hesaplamalarının uluslararası standartlara göre yapılmasında önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir. İLİ göstergesi sızıntı yönetiminde kullanılan en temel gösterge olarak ifade edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alegre, H., Hirnir, W., Baptista, J., Parena, R. (2006). Performance Indicators for Water Supply Services. Second Edition. ISBN 9781843390510. pp312.
- Al-Washali, T., Sharma, S. & Kennedy, M. (2016). Methods of assessment of water losses in water supply systems: a review. *Water Resour. Manage.* 30 (14), 4985–5001.
- ASAT (2017). Antalya Su ve Kanalizasyon İdaresi 2016 Yılı Faaliyet Raporu.
- AWWA (2009). Manual of water supply practices – M36, Third Edition, Water Audits and Loss Control Programs, published by American Water Works Association.
- Aydogdu, M. ve Fırat, M. (2015). Estimation of Failure Rate in Water Distribution Network Using Fuzzy Clustering and LS-SVM Methods. *Water Resources Management*, 29 (5), 1575–1590.
- BM (2009). World Population Prospects. The 2008 Revision. Working Paper No. ESA/P/WP.210. Erişim bağlantısı:
<http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008-highlights.pdf>.
- BM (2012). WWAP-World Water Assessment Programme. Managing Water under Uncertainty and Risk, The United Nations World Water, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 75352 Paris 07 SP, Fransa.
- Bozkurt, C., Fırat, M., Ateş, A., Yılmaz, S., Özdemir, Ö. (2021). Strategic Water Loss Management: Current Status and New Model for Future Perspectives. *SIGMA Journal of Engineering and Natural Sciences*. (baskıda).
- Boztaş, F., Özdemir, Ö., Durmuşçelebi, F.M., Fırat M. (2018). Analyzing the effect of the unreported leakages in service connections of water distribution networks on no-revenue water. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 16(8): 4393–4406.
- Chisakuta, S., Mayumbelo, K., Mulenga, K., Simbeye, I., Wegelin, W., McKenzie, R., Andres, D. (2011). Non-revenue water: trainers manual. Germany: German Foundation for International Cooperation (GIZ).
- Çelik, F.E. (2010). Su ve atıksu altyapı yatırım alanında kamu özel ortaklığı modeli. *Memleket Siyaset Yönetimi (MSY)*, 4(10), 93–124.
- Darsana, P., Varija, K. (2018). Leakage Detection Studies for Water Supply Systems - A Review. *Water Resources Management*. 141–150.
- Dixon P. (2020). Hemen herşeyin geleceği. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 1. Basım.
- Durmuşçelebi, F.M., Özdemir, Ö., Fırat M. (2020). District metered areas for water loss management in distribution systems. *Sigma J Eng & Nat Sci* 38 (1), 149–170.
- Durmuşçelebi, F. M. (2018). Su Kayıplarının Azaltılması için İçmesuyu Dağıtım Sistemlerinin Rehabilitasyonu ve Fayda-Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- EU (2015). Reference Document Good Practices on Leakage Management WFD CIS WG PoM, Main Report, European Union.
- Fallis P., Hübschen K., Oertle E., Ziegler D., Kingel P., Baader J., Trujilo R., Laures C. (2011). Guidelines for water loss reduction: A focus on pressure management. Germany, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

- Farley, M. (2001). Leakage Management and Control. WHO.
- Farley, M., Liemberger, R. (2005). Developing a non-revenue water reduction strategy: planning and implementing the strategy. *Water Sci Technol Water Supply*. 2005; 15(1):41–50.
- Farley M., Wyeth G., Ghazali Z. B. M., Istandar A., Singh S. 2008. *The Manager's Non-Revenue Water Handbook. A Guide to Understanding Water Losses*. Ranhill Utility Bhd and United States Agency for International Development (USAID), Washington, DC.
- Farley, M., Trow, S. (2003). *Losses in Water Distribution Networks A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control*. London: IWA.
- Firat, M., Yılmaz, S. Orhan (Bozkurt) C. (2021). Su Kayıp Yönetimi için Temel Hesaplama Araçlarının Geliştirilmesi ve Temel Su Kayıp Bileşenlerinin Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 11(2): 405–416.
- Frauendorfer, R., Liemberger, R. (2010). *The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water*, Asian Development Bank.
- Gomez F.G., Rubio M.A.G. (2011). Why is non-revenue water so high in so many cities. *Water Resources Development*, Vol. 27, No. 2, 345–360.
- Hamilton, S., McKenzie, R. (2014). *Water Management and Water Loss*. IWA Publishing. London, UK.
- Karadirek, İ.E. (2016). Urban Water Losses Management in Turkey: The Legislation and challenges. *Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Science and Engineering*, Volume 17, Number: 3, Page: 572–584, 17.
- KASKİ (2020). *Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü*.
- Kingdom B., Liemberger R., Marin P. (2006). *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting*.
- Laucelli DB, Simone A, Berardi L, Giustolisi O. (2017). Optimal design of district metering areas for the reduction of leakages. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(6), 04017017.
- Lambert, A. (2002). International Report: Water losses management and techniques. *Water Science and Technology: Water Supply*. 2(4): 1–20.
- Lambert A. (2020). System Correction Factor SCF can customise the standard UARL equation for pipe materials, small systems and pressure: bursts relationships.
- Lambert, A. O. (2003). Assessing Non-Revenue Water and its Components - a practical approach. *Water 21 - Magazine of the International Water Association*, Vol. August 2003, pp. 50–51.
- Lambert, A., Brown, T.G., Takizawa, M., Weimer, D. (1999). A review of performance indicators for real losses from water supply systems, *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA* 48:227–237. doi: 10.2166/aqua.1999.0025
- Lambert, A., Charalambous, B., Fantozzi, M., Kovac, J., Rizzo, A., Galea, S., John, St. (2014). 14 Years Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe.

- Lambert A., Charalambous B., Fantozzi M., Kovac J., Rizzo A., John S.G. St. (2014). 14 years' experience of using IWA best practice water balance and water loss performance indicators in Europe, Proceedings of IWA Specialized Conference: Water Loss 2014.
- Lambert, A. O., Fantozzi, M. (2005). Recent advances in calculating economic intervention frequency for active leakage control, and implications for calculation of economic leakage levels. *Water Science and Technology: Water Supply* Vol. 5 No. 6 pp 263–271.
- Lambert, A., Hirner, W. (2000). *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*. International Water Association.
- Lambert, A., Brown, T. G., Takizawa, M. & Weimer, D. (1999). A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA* 48(6), 227–237.
- Li, R., Huang, H., Xin, K., Tao, T. (2015). A review of methods for burst/leakage detection and location in water distribution systems. *Water Science&Technology: Water Supply*, 15(3), 429–441.
- Liemberger, R. (2002). Do You Know How Misleading the Use of Wrong Performance Indicators can be? In *Proceedings of the IWA Managing Leakage Conference*, Nicosia, Cyprus, 20–22 November 2002.
- Liemberger R, Farley M. (2004). Developing a Non-Revenue Water Reduction Strategy Part 1 : Investigating and Assessing Water Losses. *Proc IWA 4th World Water Congr Exhib 1924 Sept 2004 Marrakech Morocco*. 1–10.
- Liemberger, R., McKenzie, R. (2005). Accuracy limitations of the ILI: is it an appropriate indicator for developing countries?, in: *Conference Proceedings in Halifax, NS, Canada*, International Water Association Leakage.
- May, J. (1994). *Pressure Dependent Leakage*. *World Water & Environmental Engineering*, October 1994.
- McKenzie, R. S., Seago, C. J. (2005). Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments. *Water Supply* (2005) 5 (1): 33–40. <https://doi.org/10.2166/ws.2005.0005>.
- Morrison, J., Tooms, S., Rogers, D. (2007). *District metered areas: Guidance notes*. IWA Water Loss Task Force. IWA Publishing, London. UK. pp100.
- Moslehi, I., Jalili Ghazizadeh, M. R., and Yousefie Khoshghalb, E. (2019). Economic analysis of pressure management in water distribution networks. *Journal of Water and Wastewater*, 31(2), 100–117.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S.K., Vairavamoorthy, K. (2013). Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 139(2): 166–174.
- Nicolini, M., Zovatto, L. (2009). Optimal location and control of pressure reducing valves in water networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 135(3), 178–187.
- Ociepa, E., Molik, R., Lach, J. (2018). Assessment of water loss level on the example of selected distribution systems. *E3S Web of Conferences*. 44: 00131. doi.org/10.1051/e3sconf/20184400131.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2008). OECD Economic Outlook to 2030 (Paris: OECD).

Özdemir, Ö., Fırat, M., Yılmaz, S., Usluer, M. (2021). Analysis of the Effect of Pressure Control on Water Losses in Distribution Systems According to FAVAD Equation and Field Applications. IWA Water Practice and Technology. 16(2): 320-332. doi.org/10.2166/wpt.2021.024.

Pearson, D. (2019). Standard Definitions for Water Losses: A compendium of terms and acronyms and their associated definition in common use in the field of water loss management IWA Publishing. London, UK. pp78.

Simbeye, I. (2010). Managing Non-Revenue Water: Non-Revenue Water Sourcebook for Trainers. WAVE Pool. InWEnt. Germany, pp101.

SUEN (2019). Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri arasında Mukayeseli Değerlendirme Çalışması. Türkiye Su Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Tardelli, F.J. (2006). Control of e Redução Perdas. In Abastecimento de Água, 3rd ed. São Paulo: Departamento de Engenharia e Hidráulica Sanitária, Polytechnic School of the University of São Paulo.

Tarım ve Orman Bakanlığı (2014). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, 08/05/2014 tarihli ve 28994 sayılı Resmi Gazete.

Thornton, J., Sturm, R., Kunkel, G. (2008). Water Loss Control. McGraw-Hill.

Thornton, J., Lambert, A. (2005). Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships, Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships.

Vicente, D. J., Garrote, L., Sánchez, R., Santillán, D. (2016). Pressure Management in Water Distribution Systems: Current Status, Proposals, and Future Trends. Journal of Water Resources Planning and Management. 142(2): 04015061.

Web-1. <https://sukayipyonetimi.com>. (Erişim tarihi: 15.01.2021).

Yılmaz, S. (2017). İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Abone Sayaçlarının Analizi ve Su Kayıplarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 108s.

Yılmaz, S., Özdemir, Ö., Fırat, M. (2019). Gelir Getirmeyen Su Oranının Azaltılması için Optimum Sayaç Değiştirme Süresinin Hesaplanması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 31(2): 423-430.



Libadiye Cad. No:54
Küçükçamlıca - Üsküdar
34696 - İstanbul
www.suen.gov.tr