



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KONYA İÇME SUYU ŞEBEKESİNDE SU
KAYIPLARININ TESPİTİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammed KÖRPE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammed KÖRPE tarafından hazırlanan “Konya İçme Suyu Şebekesinde Su Kayıplarının Tespiti ve Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 26/01/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

.....

Danışman

Prof. Dr. Senar AYDIN

.....

Üye

Doç. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Mehmet KARALI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Muhammed KÖRPE

Tarih: 26.01.2018

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA İÇME SUYU ŞEBEKESİNDE SU KAYIPLARININ TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammed KÖRPE

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Senar AYDIN

2018, 79 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Senar AYDIN

Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

Doç. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU

Bu çalışmada, 2015, 2016 ve 2017 yılları için Konya içme suyu şebeke sistemine verilen su miktarı ve tahakkuk ettirilen miktarlar, KOSKİ'den temin edilen veriler neticesinde derlenerek kayıp su miktarı hesaplanmıştır. Ardından su kayıplarını oluşturan bedelsiz kullanımlar, yasal olmayan yollardan kaçak su kullanımları, fiziksel kayıpları oluşturan etmenler gibi, bileşenler tespit edilmeye çalışılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve standart su dengesi formu oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, Konya ilinin mevcut su kaynaklarından; kullanıcılara sunulan içme ve kullanma suyu dağıtım sisteminde oluşan toplam su kayıpları 2015, 2016 ve 2017 yılları için yaklaşık %27 olarak belirlenmiştir. Su kaybının yaklaşık olarak %0,04'lük kısmı izinsiz tüketimlerden, geriye kalan % 27,25'lik kısmı ise sayaçlardaki hatalar, temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantısı arasındaki kaçaklardan, depolarda meydana gelen taşmalar ve kaçaklardan, tespit edilemeyen kaçak kullanımı gibi nedenlerden oluşmaktadır. İdari kayıplar %6,04, fiziki kayıplar %21,24 ve gelir getirmeyen su miktarı %28,14 olarak belirlenmiştir. Su kayıpları ile ilgili analizler yapılarak kayıp oranı %25'e gerilediğindeki mali kazanç 2015 yılı için 6.711.588,63 ₺ 2016 yılı için 7.323.691,38 ₺ 2017 yılı için 9.656.527,12 ₺ olarak hesaplanmıştır. Sayaçların Konya genelindeki tüm abonelerde yeni sistem sayaçlarla değiştirildiğinde 510581 abone için 97.010.390,00 ₺ maliyet çıkmakta olup, kayıp kaçak oranının %6 dan %2 seviyeleri gerilemesi beklenildiğinden kayıp oranındaki azalıştan ötürü kazanç tutarı 13.363.164,50 ₺ olmaktadır. Sonuç olarak kayıp suyun İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği gereği, en fazla %25 mertebesine düşürülmesi için; Kayıp kaçak konusunda idare yeni politikalar üretmeli ve uygulamaya koymalıdır. Fiziki kayıp arama çalışmaları sadece ihbar ve tespitle değil program dahilinde düzenlenmelidir. Basınç yönetim programlarına bir an önce geçilmeli ve ilk etap çalışmalarında kalmış olan basınç bölge ayırma çalışmalarına hız verilmelidir. Sayaçlarla ilgili yeni bir düzenlemeye gidilmeli, eski ve hassas olmayan sayaçlar değiştirilerek düşük debilerde daha hassas okuma yapabilen sayaçlar tercih edilmelidir. SCADA sistemiyle ilgili çalışmalar tüm şehir geneli için yapılmalıdır. Kayıp kaçakla ilgili tek bir birim kurulmalı ve bu birimde çalışanların teknik donanımına sahip olması sağlanmalıdır. Bu çalışmalar sonucunda, su kayıp ve kaçak miktarlarının azaltılması ile israfın önüne geçilmiş olacak ve gelecek nesillere suyun aktarımı sağlanacaktır.

Anahtar kelimeler: Kayıp su, fiziksel ve ticari kayıplar, içme suyu şebekesi

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION AND EVALUATION OF WATER LOSSES IN KONYA DRINKING WATER NETWORK

Muhammed KÖRPE

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN CIVIL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Senar AYDIN

2018, 79 Pages

Jury

Prof. Dr. Senar AYDIN

Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

Doç. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU

In this study, in the first half of 2015, 2016 and 2017, the lost water amount were calculated with obtained from KOSKİ the amount of water given to the Konya drinking network system and the accrued amounts. Components such as the free use of water losses, the illegal use of water, and the factors that cause physical losses try to determine and obtained results are evaluated and a standard water balance form is established. In this study, from Konya's existing water resources; the total water losses were determined as 27% for the years 2015, 2016 and 2017 in the drinking and use water distribution system provided to the users. Approximately 0.04% of water loss was from unauthorized consumption, the remaining 27.25% was due to faults in meters, escapes between supply and distribution lines and service connection, floods in escalators and escapes, unidentified illegal use it consists. Administrative losses were 6.04%, physical losses were 21.24% and non-revenue water was 28.14%. When the loss rate declines to 25% result of analyses about water loss, the financial gain was estimated to be 6.711.588,63 ₺ for the year 2015, 7.323.691,38 ₺ for the year 2016, 9.656.527,12 ₺ for the year 2017. When all of the counters in the subscriber of Konya were changed with the new system counters, the cost of 510581 subscribers was 97.010.390,00 ₺ and since the loss ratio was expected to decrease from 6% to 2% levels, the gain amount was 13.363.164,50 ₺ due to the decrease in loss ratio. As a result, in order to reduce the loss of water required by the Regulation on the Control of Water Losses in Drinking Water Supply and Distribution Systems, the administration must produce new policies and put them into practice. Physical loss search work should be organized within the program. Pressure management programs should be passed as soon as possible and the pressure zone separation studies be accelerated. A new arrangement for the counters should be made, and old and non-sensitive counters should be changed and counters which can read more precisely at low flow rates should be preferred. Work on the SCADA system should be done for the whole city general. A single unit for lost must be established and employees have the technical equipment. As a result of these studies, water loss and leakage amounts will be reduced and wastes will be prevented and water will be transferred to future generations.

Keywords: Loss water, physical and commercial losses, drinking water network

ÖNSÖZ

Tezimi hazırlama sürecinde yoğun mesaisine rağmen hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, yardım ve desteğini esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Danışmanım Prof. Dr. Senar AYDIN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Verilerin temini konusunda yardımlarını esirgemeyen KOSKİ Genel Müdürlüğü Su Tesisleri Dairesi Başkanlığı, Abone İşleri Dairesi Başkanlığı personeline, özellikle Otomasyon Şube Müdürü Şener İŞLEYEN'e çok teşekkür ederim.

Her zaman maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Muhammed KÖRPE

KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Önemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Su Temini.....	4
2.1.1. Su Kaynakları	4
2.2.2. Suların İletilmesi.....	5
2.2.3. İçme Suyu Dağıtım Sistemleri.....	6
2.2. Su Kayıpları	9
2.3. Su Kayıplarının Nedenleri	12
2.3.1 Ana Boru Sızıntıları	13
2.3.2. Abone Borusu Sızıntıları	14
2.3.3. Şebeke Sistemi Basıncı.....	15
2.3.4. Yangın suyu	15
2.3.5. Yeşil Alan Sulamaları	15
2.3.6. Tahliyeler	16
2.3.7. Sabit Fiyat Ödeyen Aboneler.....	16
2.3.8. İzinli Ölçülmeyen Tüketimler.....	16
2.3.9. Sayaç Ölçüm Hataları	16
2.3.10. Kaçak Su Kullanımı.....	17
2.4. Su Dağıtım Şebekelerinde Su Kayıplarının Yönetimi	18
2.4.1. DMA Büyüklüğü ve Seçim Kriterleri.....	21
2.4.2. DMA Yönetimi ve Minimum Gece Debisi Analizi.....	22
2.5. İçme Suyu Kayıplarının Denetim ve Kontrolü İle İlgili Mevzuat	24
2.6. Su Kayıpları Konusunda Gerçekleştirilen Çalışmalar	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	45
3.1. Konya Su Temini ve Su Şebekesi.....	45
3.2. Yöntem.....	50
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	55
4.1. Konya İlinde Su Kayıpları İle İlgili Çalışma	55
4.2. SCADA Sistemi	57
4.3. DMA Çalışması	62
4.4. Su Kayıp Oranları ve Değerlendirilmesi	63
4.5. Standart Su Dengesinin Oluşturulması	67
4.6. Kayıp Su Bütçesinin Hesaplanması	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Yeryüzünden temin edilebilecek su miktarı ve su bütçesi	5
Çizelge 2.2. Seçilen malzemelerin temel avantaj ve dezavantajları	9
Çizelge 2.3. 2001 yılı itibariyle Büyükşehir Belediyeleri bazında su kayıp oranları	28
Çizelge 2.4. 100.000 ve üzeri nüfuslu Belediyelerin gelir getirmeyen su miktarları	30
Çizelge 2.5. İstanbul ili pilot bölge DMA verileri	33
Çizelge 2.6. Proje performans göstergeleri	33
Çizelge 2.7. 13 Dünya metropolünde arızaların en fazla ortaya çıktığı noktalar	41
Çizelge 3.1. Arıtma tesisleri ve derin kuyulardan üretilen su miktarları ve oranları tablosu	49
Çizelge 3.2. Konya şehrinin 2050 su ihtiyacı	50
Çizelge 3.3. 2015 su üretimi ve faturalandırma miktarları	51
Çizelge 3.4. 2016 su üretimi ve faturalandırma miktarları	52
Çizelge 3.5. 2017 su üretimi ve faturalandırma miktarları	52
Çizelge 3.6. Standart su dengesi formu	53
Çizelge 4.1. Konya ilindeki su üretim-tahakkuk arasındaki ilişki	55
Çizelge 4.2. Konya ili su kayıp miktarları	57
Çizelge 4.3. Konya ilindeki su üretim-tahakkuk-kayıp arasındaki ilişki (1997-2017)	61
Çizelge 4.4. Alt bölge çalışması sonuç verileri	63
Çizelge 4.5. Fiziki kayıp tespit çalışma sayıları	66
Çizelge 4.6. 2015 yılı standart su dengesi formu	68
Çizelge 4.7. 2016 yılı standart su dengesi formu	69
Çizelge 4.8. Kayıp su miktarı fiyatlandırması	70
Çizelge 4.9. Kayıp su oranı %25 olursa kazanç tutarlar	70
Çizelge 4.10. Sayaçlar arası ekonomik kıyaslama	71

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Su döngüsü	4
Şekil 2.2. (a) Dal şebeke sistemi (b) Ana besleme borusundan su alan ağ şebeke sistemi (c) Besleme halkası teşkil edilmiş ağ şebeke sistemi	7
Şekil 2.3. Kaçak arama sayısı ile fark etme zamanının ilişkilendirilmesi	19
Şekil 2.4. Kaçak süresi ile debi ilişkisi	20
Şekil 2.5. DMA'larda PRV ile basınç yönetimi	21
Şekil 2.6. Minimum gece debisi (MNF) analizi	23
Şekil 2.7. DMA'larda basınç yönetimi oluşturulması	24
Şekil 2.8. İstanbul ili pilot bölge alt bölgeleme çalışması	32
Şekil 2.9. Avrupa ülkelerindeki ortalama su kayıpları oranı	38
Şekil 2.10. Asya Ülkelerindeki Ortalama su kayıpları oranı	38
Şekil 2.11. 13 Dünya Metropolünde Su Kaybı Oranları	39
Şekil 4.1. SCADA sistemi ekran görüntüsü	59
Şekil 4.2. SCADA kuyu-depo sistem görüntüsü	59
Şekil 4.3. Üretim-tüketim kayıp oranları	61
Şekil 4.4. Konya ili alt bölge çalışması pilot bölge haritası	63
Şekil 4.5. 2015 yılı üretim-tüketim- su kayıp oranları	64
Şekil 4.6. 2016 yılı üretim-tüketim- su kayıp oranları	64
Şekil 4.7. 2017 yılı üretim-tüketim-su kayıp oranları	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m: Metre

m³: Metreküp

m/sn: metre/saniye

g: Gram

mm: Milimetre

Kısaltmalar

DSİ: Devlet Su İşleri

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

CTP: Cam Takviyeli Plastik

HDPE: Yüksek Yoğunluklu Polietilen

AWWA: Amerikan Su İşleri Birliği

IWA: Uluslararası Su Birliği

EPA: Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)

UNEP: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

DMA: Bölünmüş Alt Bölge

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi

BDV: Basınç Düzenleyici Vana

KASKİ: Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi

KOSKİ: Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi

İSKİ: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

PE: Polietilen

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ASKİ: Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi

SCADA: Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama

AC: Asbestli Çimento

Cl: Pik

DI: Sünek Dökme Demir (DI)

MDPE/HDPE: Polietilen

uPVC: Plastiksiz Polivinil Klorür

MNF: Minimum Gece Debisi

PRV: Basınç Kırıcı Vana

ILI: Altyapı Sızıntı Endeksi

UARL: Engellenemeyen Yıllık Gerçek Kayıp

1. GİRİŞ

Su canlıların yaşaması için temel unsurlardan birisidir. Su insanlar için vazgeçilmez bir unsur olmasıyla birlikte sınırlı bir doğal kaynaktır. Ülkemiz su kaynakları açısından zengin bir ülke değildir ve ayrıca yarı-kurak iklim bölgesinde bulunmaktadır. Buna karşın su kaynaklarımız yanlış ve bilinçsiz bir şekilde yok olmakta ve kirlenmektedir. Ülkemizde ve dünyada artan nüfusa bağlı olarak ihtiyaç duyulan su miktarı her geçen gün artmaktadır. Ülkemizdeki su kaynaklarına bakıldığında tüketilebilecek olan yüzey ve yeraltı suyu miktarı toplam 100 milyar m³ olarak belirlenmiştir (Anonim, 2017a). Bunun %16'sı içme suyu, %72'si tarımda ve %12'si ise sanayide tüketilmektedir (Anonim, 2017b). Su tüketiminin her geçen gün artması ve bu sebeple ortaya çıkan sorunlar ülkemizde ve dünyada su kaynaklarına verilen önemi daha da arttırmıştır. Ancak su kaynakları yönetimi sadece su sorunu yaşanan bölgelerde dikkate alınması gereken bir durum olarak düşünülmemelidir. Önemli olan insan ve doğal hayatın devamı için mevcut su kaynaklarının en iyi şekilde korunarak en verimli şekilde kullanımının sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda, özellikle kentsel yerleşim alanlarında artan su ihtiyacının karşılanabilmesi için içme suyu şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının önlenmesi büyük önem taşımaktadır. İçme su kayıplarının önlenmesi hem artan su ihtiyacının karşılanması açısından hem de ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir. Şebekelerdeki su kayıpları tanım olarak faturalandırılmayan miktar olarak nitelendirilmektedir. Teorik olarak ise şebekeye verilen su miktarı ile abonelerin tükettiği su miktarı arasındaki fark olarak açıklanmaktadır. Şebekelerdeki bu kayıplar borulardaki kırılma ve çatlaklardan sızan sulardan, izinsiz şebeke bağlantılarından, su sayaçlarından ve mezarlıklar, ibadethaneler gibi kayıtsız şebeke gruplarından kaynaklanmaktadır. Su kayıpları ticari ve gerçek kayıplar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Gerçek kayıplar, abone bağlantılarında görülen sızıntılara, borularda oluşan hasarlara bağlı çatlaklardan olan kayıplara ve su haznelerindeki taşmalara bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bunun dışında ölçülememesinden dolayı faturalandırılmayan ticari kayıplarda bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, su kaybına neden olan faktörlerin bölgeye ve şebeke sistemlerine göre farklılık gösterdiği görülmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Kısıtlı su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması gerektiği açıktır. Suyun kaynağından kullanılacağı yere iletilmesi sırasında iletim ve dağıtım sistemlerinde su kayıpları meydana gelmektedir. Konya'nın ihtiyacı olan su miktarı giderek artmakta olup günümüzde bu miktar yılda 78 milyon m³ civarındadır. Bu miktarın bir kısmı Altınapa Barajı'ndan elde edilirken, bir kısmı ise yeraltından kuyularla sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında, 2015-2016 ve 2017 yılı için Konya içme suyu şebeke sistemine verilen su miktarı ve tahakkuk ettirilen miktarlar, KOSKİ'den temin edilen veriler neticesinde derlenerek kayıp su miktarı hesaplanmıştır. Ardından su kayıplarını oluşturan bedelsiz kullanımlar, yasal olmayan yollardan kaçak su kullanımları, fiziksel kayıpları oluşturan etmenler vb. bileşenler tespit edilmeye çalışılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve standart su dengesi formu oluşturulmuştur. Tespit edilen su kayıplarının sebepleri hakkında tespitler yapılmaya çalışılmış ve çalışma sonucunda önerilerde bulunulmuştur.

1.2. Çalışmanın Önemi

Dünya nüfusunun artışı, sanayileşmenin ve kentleşmenin hızla büyümesi su tüketimini artırmakta aynı zamanda küresel ısınma su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Su ihtiyacının artması ve mevcut su kaynaklarının yetmemesi su üreticilerini yeni kaynaklar bulmaya yöneltmiştir. İçme suyu şebekelerinde meydana gelen kayıpların azaltılması artan su ihtiyacını karşılamak ve ekonomiye katkısı açısından önem kazanmıştır. Nüfus ve hayat standartlarına bağlı olarak artan su ihtiyacını karşılamak için yeni kaynak arayışına yönelmek, ekonomik ve teknik bir alternatif olarak su dengesi oluşturulmasıyla şebeke kayıplarını kabul edilebilir seviye olan %10 mertebesine düşürmek, mevcut üretilen suyun daha iyi kontrolü için önemlidir. Yeni kaynaklara erişimin mesafe ve maliyet açısından yüksek olması ve gelecekte de yeni kaynak sıkıntısı yaşanacak olması, mevcut kaynakların verimli kullanılmasını gerektirmektedir. Mevcut kaynakların verimini artırmak için toplumda su tüketim bilincinin oluşturulması ve su dağıtım şebekesinde karşılığı alınamayan su tüketimini en aza indirmek önemlidir. Günümüzde içme suyu üretim, iletim ve dağıtımının birim maliyetinin yüksek olması, su kaynaklarının azalması ve bazı büyükşehirlerde su sıkıntısının baş göstermesinden dolayı, üretilen suyun en yüksek seviyede kullanıcıya ulaştırılması hedeflenmektedir. Bu yüzden bazı firmalar bu tür

çalışmalara katkıda bulunmuş ve su kaçaklarını önlemeye yönelik çeşitli cihazlar üretmeye başlamışlardır. Ancak bu tür çalışmalar gerek eğitimsiz personel, gerekse üretilen cihazların efektif kullanımlarının sınırlı olması nedeniyle kesin sonuca ulaşamamaktadır. Üretilen su ile nihai kullanıcıların tükettiği su arasındaki fark büyüdükçe, konunun ehemmiyeti daha fazla anlaşılmaktadır. Çünkü suyun üretim maliyeti, tüketiciye aynen yansımamakta, kayıp ve kaçaklar sebebiyle bu maliyet artış göstermektedir. Dünya genelinde su sıkıntısı yaşanmaya başlayınca, su kaçakları kontrollerinin yapılması daha da önem kazanmıştır. Bu nedenle şebeke sistemlerinde kullanılan malzemeden, su işletim sistemlerine kadar yeni gelişmeler kaydedilmiştir. Hem rezervlerin korunması hem de halkın ucuza ve kesintisiz su kullanabilmesi açısından bu çalışma önem arz etmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

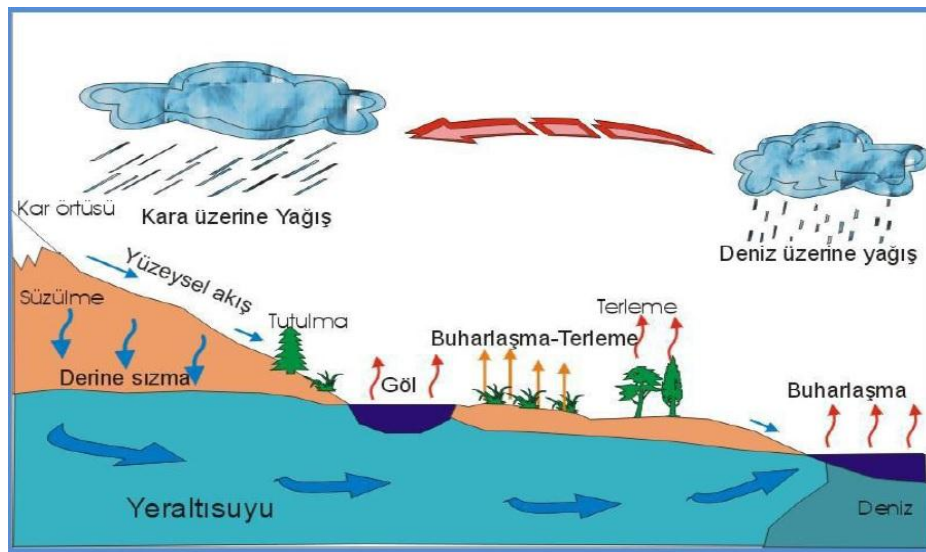
2.1. Su Temini

Toplumların ihtiyacı olan suların temin edilmesini sağlayan tesislerin sahip olması gereken elemanları:

- Kaynak: uygun kalitede ve yeterli miktarda suyun temin edildiği su kaynağı,
- Kaptaj: suların kaynaktan alınmasını sağlayan yapılar,
- İletim hattı: kaynaktan alınan suların kullanılacak bölgeye iletilmesini temin eden tesisler,
- Arıtma tesisi: gerekli olması halinde kaynaktan alınan ham suları arıtmaya yarayan tesisler,
- Şebeke: ihtiyaç bölgesine getirilmiş olan suları ihtiyaç sahiplerine dağıtan tesisler, olarak sınıflandırılabilir (Karpuzcu, 2005).

2.1.1. Su Kaynakları

Yer kürede yaklaşık $1,36 \times 10^9$ km³ su bulunmaktadır. Bunun takriben %97'si okyanuslarda, %3'ü de göller, nehirler ve yer altı su yataklarında bulunmaktadır. Şekil 2.1'de su çevrimi görülmektedir. Su temini açısından en değerli sular atmosferde oluşan yağışla yer üstü ve yer altında bulunan tatlı sulardır. Yer kürede bulunan suların en önemli kaynağı yağmurlardır.



Şekil 2.1. Su döngüsü (Ekmekçi, 2013)

Başlangıçta yeterli gelen kaynak suları ihtiyaçların günden güne artması sonucu yeterli gelmemeye başlamış ve toplumlar daha elverişsiz kaynaklara yönelmek zorunda kalmışlardır. Bugünkü durumda deniz suları dahil olmak üzere bütün su kaynakları toplumların içme ve kullanma ihtiyacı için düşünülmektedir. Örneğin Kuveyt, Suudi Arabistan ve Libya'da deniz suyundan tatlı su elde edilmektedir. Yeryüzünden temin edilebilecek su miktarı ve su bütçesi çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yeryüzünden temin edilebilecek su miktarı ve su bütçesi (Karpuzcu, 2005)

Su Kaynağı	Hacim km³	Toplam Su %'si
Tatlı su gölleri	125.000	0,009
Tatlı su gölleri ve içdenizler	104.000	0,008
Nehirler	1.250	0,0001
Zeminde ve yer altı su tabakası üzerinde bulunan sular	67.000	0,005
Yeraltı suyu (4000 m derinliğe kadar)	8.350.000	0,61
Buz ve buzullar	29.200.000	2,14
Atmosfer	13.000	0,001
Büyük denizler (okyanuslar)	1.320.000.000	97,3
Toplam (rakamlar yuvarlatılmıştır)	1.360.000.000	100
Senelik buharlaşma	420.000	
Senelik yağış	420.000	
Denizlere senelik akış		
a) Nehirlerden	38.00	
b) Yer altı sularında	1.600	
Toplam	39.600	

Yerleşim yerleri için su kaynakları:

- Yüzeysel suları
- Yeraltı suları
- Yağmur suları olmak üzere üç grupta incelenebilir.

Yüzeysel suları büyük göller, küçük göller, baraj gölleri ve nehirlerden, yer altı suları membalar, sığ ve basit kuyular, derin borulu kuyular, yatay drenli kuyular, sızdırma boruları ve sızdırma galerileri, yağmur suları ise sarnıçlardan temin edilen sular ile sağlanabilmektedir. Kalite bakımından en uygun su kaynağı memba ve yer altı sularıdır.

2.2.2. Suların İletilmesi

Suyun temin edileceği kaynak seçildikten sonra sıra kaynaktan derlenen suların ihtiyaç bölgesine taşınmasına gelir. Kaynaktan alınan suyu depo ya da hazneye taşıyan boru hattına isale (iletim) hattı denir. Bir isale hattında, hattın işletilmesine göre; geri

tepme klapesi, tahliye vanası, tevkif vanası (kapama veya kesme), vantuz, maslak ve hava kazanı gibi işletme elemanları yer almaktadır. İsale hatları akımın şekline göre serbest yüzeyli isale hatları ve basınçlı isale hatları olmak üzere iki grupta incelenir. Basınçlı boru ve pompaların bulunmadığı zamanlarda sular mecburi olarak serbest yüzeyli olarak iletilirdi. Akadükler bu sebeple inşa edilmiş olup günümüzde böyle bir mecburiyet bulunmamaktadır. Basınçlı isale hatları, cazibeli ve terfilili olmak üzere ikiye ayrılır. Cazibeli isalede su, su alma yerinden depoya kendi enerjisi ile akar. Yani kaynaktaki su kotu, haznedeki su kotundan büyüktür. Terfilili isalede ise haznedeki su kotu, kaynaktaki su kotundan daha fazladır. Bu nedenle, kaynaktan alınan su, kendi enerjisi ile depoya iletilemeyeceğinden bir pompa tesisi (terfi merkezi) yardımıyla hazneye ulaştırılır (Anonim, 2017c).

2.2.3. İçme Suyu Dağıtım Sistemleri

İsale hattı ile haznelere getirilen suyu sarfiyat yerlerine dağıtan boru sistemine içme suyu şebekesi adı verilir. Su şebekesi, su tesislerinin hazneden sonra gelen parçasını oluşturur. Şebeke ile hazne arasında su dağıtmayan ve ana boru ismini alan bir boru bulunur. İskan durumuna göre boruların teşkil ettiği sistemin farklılık durumuna göre şebeke dal sistemi ve ağ sistemi şeklinde sınıflandırılır (Karpuzcu, 2005). Dal sisteminde borular bir ağacın dalları gibi birbiriyle birleşmeden meskun bölge içinde dağılmıştır (Şekil 2.2.(a)). Daha ziyade şehirlerin sahil kesimlerinde, yamaç ile deniz arasında sıkışıp kalmış alanlarda veya kenar semtlerde, ana cadde ve sokakları takip eden şeritvari iskan bölgelerinde söz konusu olur. Buralarda sokaklar birbiri ile kesişmediğinden, boruların birleşerek ağ teşkil etmesi mümkün olmamıştır. Bu sistemin önemli faydaları şu şekilde sıralanabilir; hidrolik durum açıktır ve sistemin hesabı kolaydır, boru çapları ve uzunlukları daha küçük olduğundan sistem daha ekonomiktir. Sistemin mahzurları ise şu şekilde sıralanabilir; boruların uç noktaları hem fiziki bakımdan hem de hesap bakımından ölü noktalardır. Yani buralara kadar su tamamen dağılmış olduğundan debi sıfır değerine düşmüştür. Bu sebeple hızlar çok küçük olup yabancı maddeler sudan ayrılarak çöker. Aynı sebepten dolayı da suyun özelliği bozulabilir. Bir boru kırılması veya tamiri halinde bu borulardan su alan bütün bölgeler susuz kalır. Sistemde bir yönlü akım mevcuttur. Yeni bölgelerin ilavesi halinde basınçlar çok düşebilir.

kesilebilirler. Yaygın boru çapları 60, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800, 1000, 1250 mm olarak imal edilmektedir. Font borular flanşlı, muflu ve manşonlu olarak birleştirilebilir. Günümüzde font döküm borularının yerini duktıl borular almıştır. Duktıl döküm borular santrifüj döküm tekniği ile üretilmiş sfero dökme demir borulardır. Normal dökme demirlerde grafitler lameller şeklindedir buda kırılğan bir yapıya neden olur. Fakat duktıl dökme demirin küresel grafitli yapıda olması çelik gibi esnek olmasını sağlamaktadır. Duktıl borular font borulara göre, yüksek mukavemetli ve daha esnektir. Korozyon dayanımı ve üretim standartları açısından diğler döküm borularla benzer özelliktedir.

Çelik borular üretim boyları diğler borulara göre daha uzun (16 metre) olduğu için döşenmesi daha kolaydır. Yüksek basınç dayanımı gerektiren yerlerde kullanılır. Küçük çaplarda dikişsiz, büyük çaplarda kaynaklı olarak üretilir. Başlarının bağlanması daha kolaydır. Vidalı, kaynaklı ve flanşlı olarak birleştirilebilir. Korozyon dayanımları az olduğu için bitümlü kaplama yapılması gerekir. Plastik borular hafif oldukları için taşınması ve montajı kolaydır. Korozyona karşı dayanımı yüksektir. PVC (polivinil klorür) ve PE (polietilen) olmak üzere iki çeşidi vardır. Günümüzde yaygın olarak polietilen borular kullanılmaktadır. Polietilen boruların PVC borulardan bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar: çok daha yüksek darbe mukavemetine sahiptir, cidar esneklik katsayısı daha yüksektir, koç darbesi sönümleme kabiliyeti daha yüksektir, dönüşlerde bükülebilme özelliğinden dolayı daha az dirsek gerektirir. Polietilen borular alın kaynağı veya elektrofüzyon ek parça ile conta gereksinimi olmadan birleştirilebilir. Yumuşak zemin ve deprem bölgelerinde emniyetle kullanılabilir.

Beton borular büyük çaplar ve basınçsız sistemlerde kullanılır. Birleştirilmesi ve sızdırmazlığının sağlanması oldukça zordur. Asitli, amonyaklı ve agresif sular beton borulara zarar verir. Asbest-çimento borularda çimento, su ve amyanattan elde edilen karışım yüksek basınç altında tabakalar halinde bir silindire sarılması ile elde edilir. İşletme basınçları 2, 5, 7.5, 10, 12.5 kg/cm² gibi değerlerdir. Korozyona karşı beton borulara göre daha yüksek dayanımlara sahiptirler. Pürüzlülükleri az olduğu için hidrolik yük kayıpları da azdır. Yük kayıpları az olduğu için aynı çaptaki çelik ve döküm borulara göre daha fazla debi iletebilirler. Baş bağlamaları lastik contalı manşonlarla düzenlenir. Asbest'in kanserojen etkisinin belirlenmesiyle artık günümüzde kullanılmamaktadır.

Çizelge 2.2. Seçilen malzemelerin temel avantaj ve dezavantajları (Prowat, 2009)

Boru Malzemesi	Avantajları	Dezavantajları
Asbestli Çimento (AC)	Dayanıklılık ve rijitlik Birçok toprakta ve suda paslanmaya dirençli Bir miktar eğilmeye izin veren esnek ekler	Darbelere karşı hassas Düşük kırılgan dayanıklılığı Bazı topraklarda paslanmaya hassas Belirli zemin koşullarında geçirgen Asbest tozu tehlikeli Yer belirleme zor Metal boruya göre kaçak tespiti daha zor Tamir karmaşık olabilir
Pik (CI)	Dayanıklılık ve rijitlik Yüksek mekanik dayanıklılık Paslanmaya yüksek direnç Kaçak yerini bulmak kolay Yerini bulmak kolay	Çok ağır Kuvvetli ancak gevrek
Sünek Dökme Demir (DI)	Yüksek mekanik dayanıklılık Paslanmaya yüksek direnç Kaçak yerini bulmak kolay Yerini bulmak kolay Bir miktar eğilmeye izin veren esnek ekler Ekleme kolay Tamir etmek kolay	Bir hayli ağır Yumuşak suda potansiyel pH problemleri Kaplama hasar görürse paslanmaya hassas
Polietilen (MDPE/HDPE)	Paslanmaya dirençli Hafif ve esnek Ekler kaynatılabilir- kaçak direncini iyileştirir Küçük çaplarda kolay tamir	Yerini bulmak zor Kaçak yerini bulmak demire göre daha zor Eritme eki yapılması becerikli montajcı ve özel ekipman gerektirir.
Plastiksiz Polivinil Klorür (uPVC)	Paslanmaya dirençli Hafif ve esnek Ekleme kolay	Darbelere karşı hassas Açıktaki boruda morötesi bozulma Yerini bulmak zor Kaçak yerini bulmak demire göre daha zor
Çelik	Yüksek dayanım, şok dirençli Kırılmadan bel verme kabiliyeti Montaj kolaylığı Sünek dökme demirlerden daha hafif Büyük boruların imal kolaylığı Kaynakla özel konfigürasyon kullanılabilirliği Sahada tadilat kolaylığı	Paslanmaya hassas

2.2. Su Kayıpları

Kaynaktan alınan ve gerekli arıtma işlemleri tamamlanarak kullanıma hazır hale getirilen su, kullanıcılara ulaştırmak üzere şebeke sistemine verilir. İçme suyu şebekelerinde kayıpların veya izinsiz tüketimin olması istenmez. Su idareleri suyu toplu olarak ölçerek satabilirler. Suyun değer kazanması ve ölçme tekniklerinin gelişmesiyle birlikte su idaresini yapan bütün kuruluşlar suyu abonelere sayaçlarla ölçerek satmaya

başlamışlardır. Bahsedilen kuruluşların hepsinde aboneler sayaçlandırılrsa da kuruluşlar tarafında üretilen suyun bir kısmı abone sayaçlarından geçmez. Bir kısmı, örneğin su kalitesinin korunması, arızalar, yangınla mücadele gibi nedenlerle kuruluşların bilgisi dahilinde kullanılmaktadır. Bu miktarlar oldukça azdır. Fazla miktardaki su kayıplarının başlıca nedeni sızıntılardır.

Su kayıpları, sayaçlı abonelerden ölçülen (gelir olarak gözükmeyen ölçülen tüketimler dahil) sarfiyat ile üretilen (genellikle arıtma tesislerinde ölçülür) su arasındaki fark olarak tanımlanır. Su kayıpları birim zamanda kayıp olan su cinsinden ifade edilir. Fakat üretilen suyun yüzdesi cinsinden de ifade edilebilir. Su kaybı hesabında aşağıda verilen Eşitlik (2.1) kullanılabilir.

$$Su\ kayıpı = \frac{(Üretim - Ölçülen\ kullanım)}{Üretim} * 100 \quad \text{Eşitlik (2.1)}$$

Su kayıplarının tanımlanmasında çeşitli tanımlamalar yapılsa da hesaplamada birçok yol vardır. Her kurum kendine uygun tanımı kullanarak hesaplama yapabilir. Örneğin, bazı kuruluşlar üretilen sudan tahliye ve sulama sularını çıkartabilir. Oysa bir kısım kuruluş ise bu kullanımları ölçülen tüketime dahil etmekte veya kayıp su olarak değerlendirmektedir. Bazı kuruluşları ise tamir edilemeyen arızalardan kaynaklanan kayıpları tahmini olarak bilinen kullanımlara dahil etmektedir. Çünkü su kayıpları sistem performansının belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Genellikle kabul görmüş tanımlamalar kurumların kendi aralarında yaptıkları karşılaştırmalar kadar önemli görülmemektedir. Bu sebeple farklı tanımlamalar kullanılabilir. Su kayıplarını gidermek bütün kuruluşların hedefidir, fakat kuruluşların su kayıplarını sıfıra indirmeleri imkansızdır. Genel olarak, kabul edilebilir yaklaşık hesaplarda makul görülebilecek su kayıpları %10'dur. Kayıp su oranının ekonomik olarak kabul edilebilir seviyede olduğuna karar vermede gerçek kural şudur; kayıp olmaktan kurtarılan suyun ekonomik değeri en azından kurtarılmak için harcanan maliyeti dengelemelidir. Örneğin, mevcut durumda, sızıntı belirlenmesi ve arıza giderilmesinin maliyeti, en azından, sızıntının giderilmesiyle elde edilen değere ilaveten sızıntıdan kaynaklanan herhangi bir zarardan daha az olmalıdır. Su kaynaklarının sınırlı, arıtma maliyetlerinin yüksek olduğu bir şebekede, su kayıplarının azaltılması faydalı olacaktır. Su kaynaklarının fazla, büyümenin az, arıtma ve pompalama giderlerinin düşük olduğu bir bölgeye hizmet veren bir kuruluş için su kayıplarının %20'yi aşması kabul edilebilir bir oran olarak değerlendirilebilir.

Su kayıplarını azaltmak için, sisteme verilen suyu bilmek gerekir. Su kayıplarında birçok faktör etkili olabilir. Bunlar arıza kaynaklı kayıplar, kaçak kullanım, sayaç ölçüm hataları, ölçülmeyen kayıtlı tüketimler ve tek fiyat üzerinden tahakkuk eden kullanıcılar olabilir. Kayıpların başlıca nedenlerinin belirlenmesine yardımcı olacak bazı kurallar vardır. Kayıpların azaltılmasında etkin bir program uygulamak için, önce büyük miktardaki kayıpların başlıca nedeni sınırlandırılmalıdır. Su kayıplarının nedenlerini ortaya koymak için kişi başına düşen su kullanımı çeşitli formüller kullanılarak hesaplanabilir. Kişi başına düşen kullanım aşağıda verilen Eşitlik (2.2) ile ifade edilebilir.

$$\text{Kişi başına düşen kullanım} = \frac{(\text{Üretilen su})}{(\text{Hizmet verilen nüfus})} \quad \text{Eşitlik (2.2)}$$

Endüstriyel kullanımın olmadığı tarımsal sulamanın yapılmadığı bir bölgede kişi başına 200 L/N/gün tüketim normal kabul edilebilir. Bu değer hesaplamalarda kolaylık sağlar çünkü bütün idareler üretilen suyu takip etmek isterler. Eğer bu değer aylık olarak hesaplanırsa, mevsimsel farklılıklar bilinebilir. Örneğin, tarımsal amaçlı sulamanın yüksek olduğu bir alanda kışın su kullanımı 200 L/N/gün civarında olmalıdır. Bu parametre abone sayaçlarının kullanılmadığı sistemlerde su tüketimini hesaplamak için de kullanılabilir. Diğer göstergeler yüksek su tüketiminin nedenlerinin tahmininde kullanılabilir. Örneğin endüstriyel olmayan kişi başına tüketim Eşitlik (2.3) ile hesaplanabilir. Eğer bu değer sulamanın yapılmadığı mevsimde 200 L/N/gün'den büyükse, sızıntı ihtimali kuvvetle muhtemeldir.

$$\text{Endüstriyel olmayan kullanım} = \frac{(\text{Üretim} - \text{Ticari ve endüstriyel kullanım})}{(\text{Hizmet verilen nüfus})} \quad \text{Eşitlik (2.3)}$$

Diğer bir gösterge üretimden endüstriyel kullanımı çıkarmaktansa direkt olarak evsel amaçlı kullanıma bakmaktır ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Evsel kullanım} = \frac{(\text{Evsel amaçlı sayaçlı tüketim})}{(\text{Hizmet verilen nüfus})} \quad \text{Eşitlik (2.4)}$$

Evsel abonelerin daha gerçekçi ölçülmeye başlanmasından beri bu değer daha düzgün bir değeri ifade etmeye başlamıştır. Eğer bu değer 200 L/N/gün'den az ise kayıt altındaki sayaçlarda da kayıp olma ihtimali var demektir. Bu eşitlikler beraber düşünüldüğünde tipik bir sistemdeki kayıpların nedenleri hakkında fikir verebilir. Bu göstergeler bazı değişikliklere ihtiyaç duyabilir. İlk olarak kayıpların nedenlerini anlamalı, sınır değerini belirlemelidir. Bu sayede kayıp oranını azaltmak için yapılması gerekenlerle ilgili olarak bir çalışma programı hazırlanabilir. Su kullanımı standart bir günlük akış eğrisi oluşturur. Sızıntılar genellikle gün içinde 24 saat boyunca sabit oranda meydana gelir. Bu bilgi su kayıplarının büyüklük ve muhtemel nedenlerini belirlemede kullanılmak üzere başka bir göstergenin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu gösterge ise minimum gece oranıdır (Eşitlik (2.5)).

$$\text{Minimum gece oranı (\%)} = \frac{(\text{Minimum gece kullanımı}) * (100\%)}{(\text{Ortalama günlük kullanım})} \quad \text{Eşitlik (2.5.)}$$

Saatlik kullanımı belirlemek gün boyunca depolardaki seviye değişimi ve üretilen suyu bilmeyi gerektirir. Sonra minimum değer ortalama kullanıma bölünür. Tipik bir sistemde bu oran %40'tan az olmalıdır. Yüksek oran, ya sızıntıyı ya da sürekli yüksek miktarda tüketim yapan abone veya aboneleri işaret eder (örneğin 24 saat üretim yapan bir imalathane). Eğer yüksek tüketim olabilecek tek bir endüstri kuruluşu varsa, bu kuruluşun günlük tüketimi kayıt altına alınarak belirlenebilir. Sonra bulunan değer günlük tüketimden çıkartılarak bu kuruluşun etkisi olmaksızın minimum gece oranı bulunabilir. Minimum gece oranı bir sistemin geneli temel alınarak hesaplanabilir. Fakat sistemin bir kısmında hesaplanabilirse daha önemli bir hal alır. Bu yaklaşım sadece sızıntı olup olmadığını belirlemekle kalmamakta aynı zamanda sistemin hangi kısmında daha fazla muhtemel sızıntı olduğuna işaret etmektedir.

2.3. Su Kayıplarının Nedenleri

Su kayıplarına sebep olan birçok faktör bulunmaktadır. Su kaybının nedenlerinin bir kısmı sistemde oluşan hatalar olduğu gibi bir kısmı da bilinçsiz tüketim olabilir. Su kayıplarının nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

2.3.1 Ana Boru Sızıntıları

Su kayıplarının en büyük nedenlerinden biri ana boru hattında oluşan sızıntılar yada patlaklardır. Su idaresi çalışanları alışkanlıklarından dolayı “sızıntı” ve “patlak” terimlerini aynı anlamda kullanılmakta olup standart bir tanımlaması yoktur. Boruda meydana gelen sızıntının tespiti özel araç ve ekipman gerektirir. Tamirat için suyu kesmeye gerek yoktur ve daha çok boru ek yerleri ve servis hatlarında oluşur. Boru hattında meydana gelen patlaklarda ise acil tamir ihtiyacı gerekir. Suyun yer yüzeyine çıkması ile yada düşük basınç sebebiyle fark edilebilir ve tespiti kolaydır. Tamirat için suyu kesmeyi gerektirir. Patlaklar çoğu kez boru yüzeyinde gövde kısmında oluşur. Sızıntıların oluşmasında hatalı şebeke inşasının etkisi vardır. Bu hatalar ise kalitesiz malzeme kullanımı, hatalı tesisat ve kötü tasarım gibi faktörlerdir. Bağlantı noktaları itmeler nedeniyle bükülür ve kötü işçilikten dolayı contalar geçmez. Bu durumdaki malzemenin yenilenmesi gerekebilir. Büyük çaplı borularda çatlak iç kısımda olabilir. Bağlantı noktası sızıntılarına ek olarak, eski boruların bir kısmında yarıklar oluşabilir. Bu tür yarıklar çeşitli şekillerde sıkıştırılarak tamir edilebilirler ancak arızanın durumuna göre yenilemek daha uygun olmaktadır. Büyük sızıntılar özellikle eğer yüzeye ulaşmışsa fazla su kaybına neden olmazlar. Çünkü kolayca bulunurlar ve tamir edilirler. Tespit edilemeyen sızıntılar, hatta küçük olanlar, oluşumundan beri geçen uzun zamandan dolayı fazla su kaybına neden olurlar. Tespiti ve tamiri en zor sızıntılar yer altı akımlarına karışanlardır.

İçme suyu şebekelerinde oluşan sızıntıların yüzeye çıkmadığı durumlarda şebekede çalışmalar yaparak tespit edilmeleri gerekmektedir. Ana hatlarda oluşan su sızıntıları önemli miktarda suyun sürekli olarak kayıp olması demektir. Çeşitli ekipman ve cihazlar kullanılarak sızıntılar tespit edilmeye çalışılmaktadır. Sızıntı olan borularda suyun çıkardığı sesin dinlenerek tespit çalışmaları yapılmaktadır. Bu tür çalışmalarda ses dalgalarına duyarlı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yer mikrofonları ile doğrudan yeraltı dinlemesi yapılabilir. Ayrıca korelatör denen aygıtlarla eş zamanlı olarak iki nokta dinlenerek sızıntının tam yeri tespit edilmeye çalışılır. Bu konuda uzmanlaşmış personel arızanın boyutunu doğru bir şekilde belirleyebilir.

Sızıntı tespit çalışmaları şebekede kayıpların büyük olduğu kısımlarında yoğunlaştırılmalıdır. Minimum gece akış oranı veya şebekede kayıpların fazla olduğu kısımlar gibi göstergeler büyük miktarda sızıntı olan bölgeleri işaret edebilirler. Şebeke sisteminde daha spesifik alt bölgeler elde etmek için idare bölgeye giren su akışını tek

bir noktadan sağlamalıdır. Bu çalışma şebekenin bir kısmını izole etmek için anahtar konumundaki vanaların kapatılmasıyla sağlanabilir. Basınç katı sınırlarına ilave sayaçlarla veya şebekede alt kat oluşturularak sistem tasarlanabilir.

Sızıntı tespiti kayıpların azaltılmasının sadece birinci adımıdır. Sızıntı tamiratları işlemin daha maliyetli kısmıdır. Tamirat kelepçeleri küçük sızıntıların tamiratında tercih edilen yöntemdir. Oysa büyük sızıntılarda borunun bir veya birden fazla kısmının yenilenmesi gerekebilir. Ortalama olarak sızıntının önlenmesiyle elde edilen kazanım tespit ve tamirat maliyetinden daha fazladır. Çoğu sistemde varsayılan bir tespit tamiratla sonuçlanır. Sistemin 1 ile 3 yıl arasında tamamen gözden geçirilmesi ekonomiktir. Yapılan çalışmaların su idareleri için faydalı olduğu görülmüştür. Sızıntı olan hatların tamiraty yerine, sızıntı ihtimali yüksek olan bazı boruların yenilenmesi (özellikle eski borular) tercih edilir. Seçilen strateji arızaların sıklığı ve tamirat ile yenilemenin maliyetinin karşılaştırılmasına bağlıdır. Sızıntı tespiti ve tamiri çalışmaları veya yapılacak şebeke yenilemeleri sızıntının durumuna ve maliyetlere bağlıdır. Genelde tespit ve tamirat acil su kayıplarının önlenmesi için uygulanır. Oysa yenileme sızıntının kaynağını yok ettiğinden daha uzun süre etkili olan bir yöntem olacaktır. Yenileme sokak ve caddelerin asfalt-parke düzenlemesi çalışmaları veya diğer yer altı çalışmalarından önce yapılırsa daha avantajlı olmaktadır.

2.3.2. Abone Borusu Sızıntıları

Tamiraty ve tespitinde kullanılan yöntem ana hat sızıntılarında yapılan uygulamalara benzerdir. Eğer sızıntı bölgesine ulaşmak ve çalışma yapmak zor değilse abone hattı sızıntıları genellikle tamirattansa yenilenir. Birçok durumda idareler abone hattında kaldırım kenarına kadar sorumluluk kabul ederler. Sayaçların bodrumda veya merdiven boşluklarında olması bu durumu değiştirmemektedir. Sayaçla kaldırım arasındaki hattın aboneye ait olduğu durumlarda bu arızanın bildirilmesi ve giderilmesinde aboneler tarafından yeterince dikkat gösterilmemektedir. Çünkü abone buradan sızan suya ücret ödememektedir. Bazı kuruluşlar abonelik sözleşmesi yaparken sızıntı olduğu zaman haber verilmediği durumlarda sözleşmeyi fesih etme yetkisini bir madde olarak yazarlar veya bu maliyeti aboneye faturalandırırılar.

2.3.3. Şebeke Sistemi Basıncı

Şebeke basıncı su kayıplarını birkaç yoldan etkileyebilir. İlk olarak, yüksek su basıncı yüksek arıza oranına sebep olur. Su darbesi kırılmalara veya dirseklerden ayrılmalara sebep olabilir. Basınca göre, arıza meydana geldiğinde yüksek basınç yüksek sızıntı oranına sebep olur. Yapılan birtakım çalışmalarda 2 bar basınçta su kullanımının su kayıplarını %6 azalttığı görülmüştür. İdareler tipik bir şebekede su basıncını 7 barın altında tutmaya çalışırlar. Yüksek basıncın olduğu yerlerde (vadi geçişleri gibi), idareler yeterli basıncın olduğundan emin olmak isterler. Sistem bir kere kurulduğu ve basınç katları oluşturulduğunda o bölgede basıncı düşürmek çok zordur. Su kayıplarının düşük olduğu ülkelerdeki su idareleri gece tüketimin az olduğu saatlerde vanalarla basıncı düşürerek sızıntıları azaltmaktadırlar. Su servisi, basınç düzenleyici vanalar kullanılarak abonelere sunulmaktadır. Doğrudan şebekeye bağlı pompalarla su basılan kapalı sistemlerde basınç kontrolü yapılarak hem şebeke korunmakta hem de sızıntılardan oluşabilecek kayıpların önüne geçilmektedir.

2.3.4. Yangın suyu

Yangınla mücadele için kullanılan bedelsiz su, üretilen suyun bir kısmının abonelere ulaşmadan kullanılması demektir. Bununla birlikte, toplam üretimin %1 veya %2'sini ancak oluşturmaktadır. Bu yüzden yüksek su kayıplarının ana nedeni değildir. Benzer şekilde yangın hidrantlarından aralıklı kullanım da önemli miktarları oluşturmaz.

2.3.5. Yeşil Alan Sulamaları

Yangın hidrantlarından kullanılan ana cadde sulamaları bir tek sulama için düşünüldüğünde yangın suyunda olduğu gibi kayıp suyun az bir kısmını oluşturur. Şehirlerde cadde yeşil alan sulamaları bir program dahilinde yaz aylarında yapılmaktadır. Sulama yapan ekip kullanılan suyu ve zamanı kaydederse bu iş için kullanılan su hesaplanabilir. Fakat tam ve doğru bir değere ulaşmak zordur. Sulama amaçlı kullanılan su şehirlerde tam olarak bilinmemektedir.

2.3.6. Tahliyeler

Tahliyeler hattaki su kalitesini korumak adına son noktalardeki bulanık suyun tahliyesi veya sudaki hızın düşmesinden kaynaklanan donmaların önlenmesi için vanalar yardımıyla yapılır. Tahliyeler gerektiği miktarda ve sadece su kalitesini korumak veya donmayı önlemek için yapılmadırlar. Suyun hızı ve kullanılan zamanın kayıt altına alınması idareye kayıp suyun miktarının hesaplanmasında yardım eder. En uygun olanı tahliyelerden kayıp olan su üretimin önemli bir kısmını oluşturduğunda önleyici birtakım çalışmalar yapmaktır. Seçenekler uzun süreli çalışmalardır. Bunlar son noktaların giderilmesi, eski boruların yenileri ile değiştirilmesi veya boruların uygun derinlikte döşenmesi gibi çalışmalardır.

2.3.7. Sabit Fiyat Ödeyen Aboneler

Sabit fiyatlı aboneler genellikle sayaçsız abonelerdir. Bu yüzden kullanılan su endeks olarak tarifelendirilmez. Fakat fatura dönemlerinde sabit miktarda sarfiyat ücreti çıkartılır. Evin boyutuna hatta abone bağlantısına göre sarfiyat yüklenir. Bu tür tarifeler su harcamasını engellemez. Bu tür aboneler suyun verimli kullanılıp kullanılmadığını veya sızıntı ve kaçak kullanım olup olmadığını gösteremezler. Hatta su sabit sarfiyattan satıldığında, minimum ölçülen değerden hesaplanmış olur. Yapılan bir çalışmada, sayaçsız kullanımın sayaçlı kullanımla karşılaştırılmasında sarfiyatın %20 azaldığı görülmüştür.

2.3.8. İzinli Ölçülmeyen Tüketimler

Su idareleri belediyeler, dini tesisler, sokak çeşmeleri, belediye havuzları ve fiskiyeler gibi bazı kullanımları ücretsiz olarak sunmaktadırlar. Ücretsiz kullanımlar idare tarafından verilen ayrıcalıktır. Yine de bu tip kullanımlarda sayaçla ölçülerek şebekedeki kayıpların belirlenebilmesi için hesaplarda kullanılmalıdır.

2.3.9. Sayaç Ölçüm Hataları

Abonelere verilen suyun ölçülebilmesi için kullanılan sayaçlar zaman geçtikçe yavaş çalışma eğilimindedirler. Sayaçlar zaman içerisinde daha az sarfiyat ölçmeye

başlarlar. Sayaçlar ile meydana gelen su kayıplarını önlemenin en iyi yolu belirli zaman aralıkları belirlenerek yenilemektir. Ancak sayaç yenileme maliyeti yeterince sıklıkta sayaçların değiştirilmesine engel olan bir sebeptir. Yenileme maliyeti değiştirilecek sayacın tip ve boyutuna, sayacın bulunduğu yere bağlı olarak değişmektedir. Kayıp olan suyun maliyeti tahmini ortalama akış oranına, sayacın hassasiyetine ve suyun maliyetine bağlıdır. Sayaçların hassasiyetleri yani doğru ölçüm yapıp yapmadığı test edilerek belirlenebilir. Konut sayaçları gibi küçük sayaçlarda örnek sayaç sökölür ve doğruluk sınıfının belirlenmesi için kalibrasyon merkezlerine teste götürölür. Büyük sayaçlarda ise mümkünse test yerinde gerçekleştirilir. Sayaçlar tasarlandığı akış aralığında doğru ölçüm yapmakla birlikte düşük akışlarda doğru ölçüm yapamazlar. Bir sayaçta aranan özellik ise abonenin pik tüketiminden ziyade karşılaştığı tüm ölçüm aralıklarında doğru ölçmesidir. Örneğin, 1,2 L/sn den 9,2 L/sn'ye kadar %100 doğru ölçebilir fakat zamanın çoğunda sayaçtan 0,6 L/sn su geçebilir. Yani, önemli olan sayacı bu akış aralığında test etmektir. Eğer su idareleri sayaçtan geçecek gerçek abone kullanımını hakkında bir fikre sahip değilse, birkaç sayaca veri kayıt eden aygıt takarak gerçek akış oranını belirlemelidirler. Bazı durumlarda sayaç mevcut kullanımdan daha büyük boyutta olabilir. Bu durumda, idarenin mevcut su kullanım oranını bulmak gerekmektedir. Endüstriyel ve ticari abonelerin kendi yangın sistemleri olduğunda yangın suyunu kapsmalıdır. Veri kayıt edici kullanılarak akış oranı kayıt edilip abonelerin tüketim profili belirlenebilir. Eğer su kullanımı sayacın uygun ölçüm aralığından düşükse, daha küçük sayaçla değiştirilmelidir. Eğer sayacın ölçüm aralığında daha üst değere ihtiyaç duyuluyor fakat akışın çoğu minimum doğruluk oranının altındaysa, daha geniş ölçüm aralığına sahip sayacı kullanmalıdır.

2.3.10. Kaçak Su Kullanımı

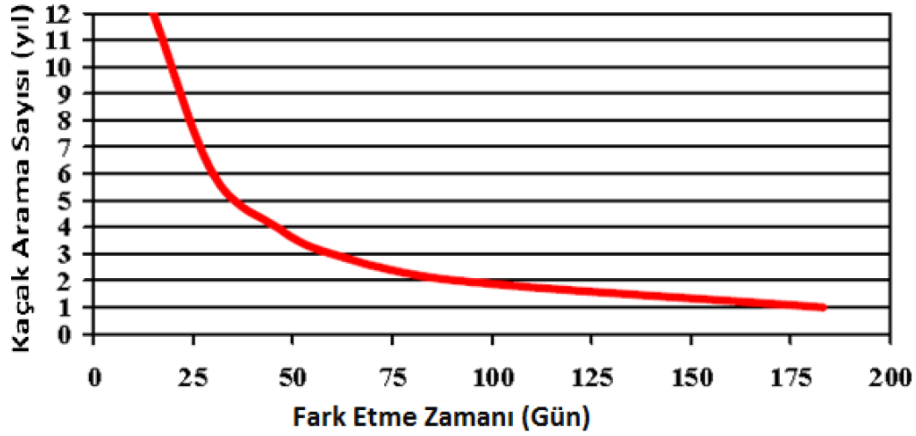
Kaçak su kullanımı abone olmadan veya ikincil bir hatla (sayaçtan önce boruya yapılan bağlantılar) sayaçtan geçmeyen suları ifade eder. Bu tür kullanımların önüne geçilmesi için sistematik bir şekilde tüm abonelerin iç tesisatlarının periyodik olarak kontrol edilmesi gerekir. İnşaat alanlarında suya ihtiyaç duyulduğundan, yangın hidrantlarından kolaylıkla çalınabilir. Yangın hidrantları mutlaka kontrol altında tutulmalı gerekirse sayaç takılmalıdır. İnşaatı biten binaların iç tesisatları mutlaka kontrol edilmeli abonelik işlemleri takip edilmelidir.

2.4. Su Dağıtım Şebekelerinde Su Kayıplarının Yönetimi

Su kayıplarının kontrolünde son 10 yıla kadar hep pasif yaklaşımlar kullanıldığından kaçaklar sadece görülebilir hale geldikten sonra tamir edilebilmiştir. Akustik cihazların geliştirilmesi, sızıntı yerlerinin tespitine önemli ölçüde olanak sağlamıştır. Ancak bu cihazların su dağıtım şebekesinin tamamında uygulanması hem pahalı, hem de zaman alıcı olduğu için mümkün gözükmemektedir. Bu nedenle, büyük şebekelerin daha küçük ve sınırlı sayıda boru içeren, su giriş noktalarına debi ölçerlerin yerleştirildiği alt bölgelere bölünmesi kaçak kontrolü yapılmasındaki etkinlik açısından önem arz etmektedir. Her bir alt bölge sayesinde kaçak seviyesi miktarı düzenli olarak takip edilebilir, su kullanım seviyesindeki anormalliklerden borularda patlak ya da büyük sızıntılar olduğu kolay anlaşılabilir ve patlak yerlerin tespiti işlemleri için çalışmalara daha çabuk başlanabilir. Ayrıca doğrudan doğruya şebekenin bozukluk gösteren kısımları tarandığı için zamandan ve masraftan önemli ölçüde tasarruf edilmiş olunur.

IWA su kayıpları araştırma grubu (IWA Water Loss Task Force-WLTF) üyelerinden Brothers, K.J., Eng, P., Chair, (2004) tarafından bir çalışmada, şebekenin tek bir girişi olan küçük birimlere bölünerek, su kayıplarının daha etkin yönetilebileceği önerilmiştir. Bu küçük birimler ise izole alt bölge (District Metered Area-DMA) olarak isimlendirilmektedir. DMA kavramı esas olarak şebekelerin etkin yönetiminin sağlanması için İngiliz Su Şirketleri tarafından 1980'li yılların başında dağıtım şebekelerinde kapatma vanaları kullanılarak uygulanmaya başlanmıştır (UK-Report-26 1980). Bu anlamda DMA kavramı otuz yıldan fazla süredir etkin bir şekilde uygulanmakta olan bir su kaybı yönetim tekniğidir.

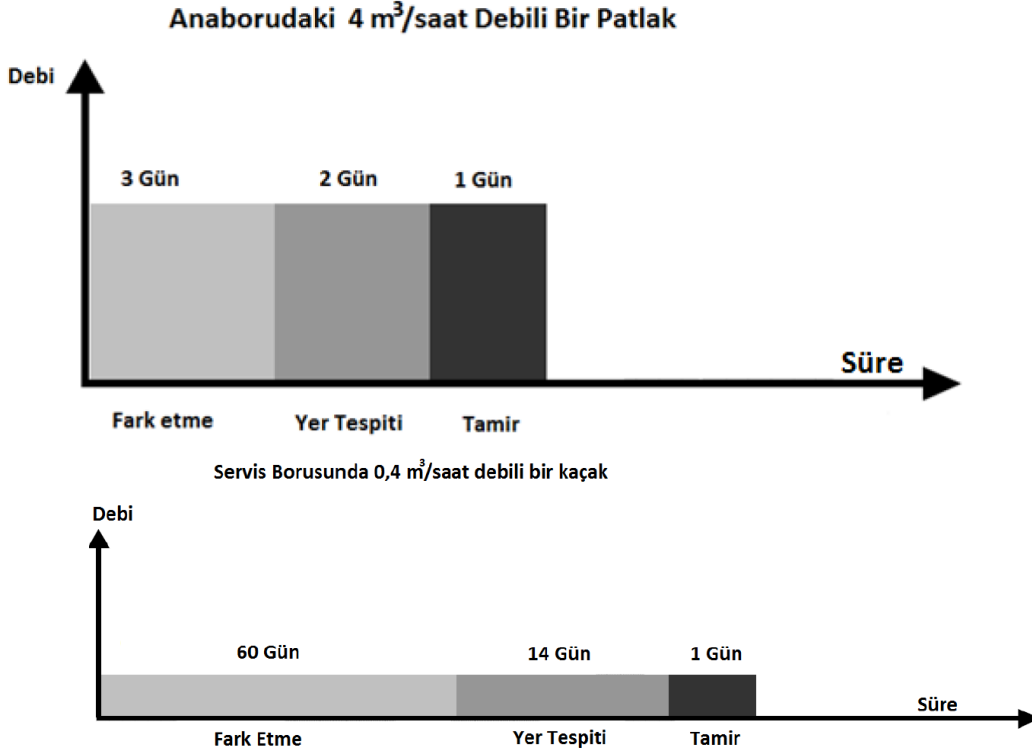
Bir dağıtım şebekesinde, su kayıplarının azaltılması ve daha sonra düşük seviyede tutulmasında önemli bir faktör de basınç kontrolüdür. Şebekenin DMA'lara bölünmesi, kalıcı basınç kontrol sistemleri oluşturulmasını da kolaylaştırır ve DMA'larda basıncın azaltılması ile su kayıpları, boru patlak sayısı ve her bir delikten kaybedilen su miktarı azaltılabilir (IWA, 2007). Şebeke üzerinde meydana gelen boru patlakları incelendiğinde, fark edilme ve yerinin tespiti için geçen zamanın genellikle kısa olduğu görülür (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kaçak arama sayısı ile fark etme zamanının ilişkilendirilmesi (IWA 2007)

Bunun nedeni genellikle patlak sonucu açığa çıkan suyun yeryüzüne çıkması ve müşteri şikayetleri neticesinde de patlak alanlarının kolayca tespit edilmesidir. Bu nedenle, belirtilen müdahaleler, aktif kaçak kontrol yönetim sistemlerinden bağımsız olabilir. Buna karşılık, henüz bulunamamış sızıntıları fark etme zamanı çok uzun olabilmektedir. Bazı durumlarda şebekenin kurulduğu andan itibaren küçük sızıntılar halinde yeraltına sızmalar olabilmektedir. Belirtilen durumlardaki sızıntıların bulunabilmesi için aktif kaçak kontrolü yapılması gereklidir (IWA, 2007).

DMA debilerinin düzenli analizleri, boru patlaklarının ve büyük sızıntıların fark edilme zamanını azaltarak suyun kaybedilme süresini azaltacaktır. Bu nedenle eğer DMA'larda debi trendleri düzenli olarak incelenirse, yeryüzüne çıkmayan ve fark edilmesi zor olan patlaklar ve büyük sızıntıların fark edilme zamanı da kısalmaktadır. Daha sonra da hızla yer tespit çalışmaları ile kaybın yeri teşhis edilip, derhal onarımı sağlanacaktır. Şekil 2.4'de kaçak ile onarıma kadar geçen süre arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler verilmiştir.

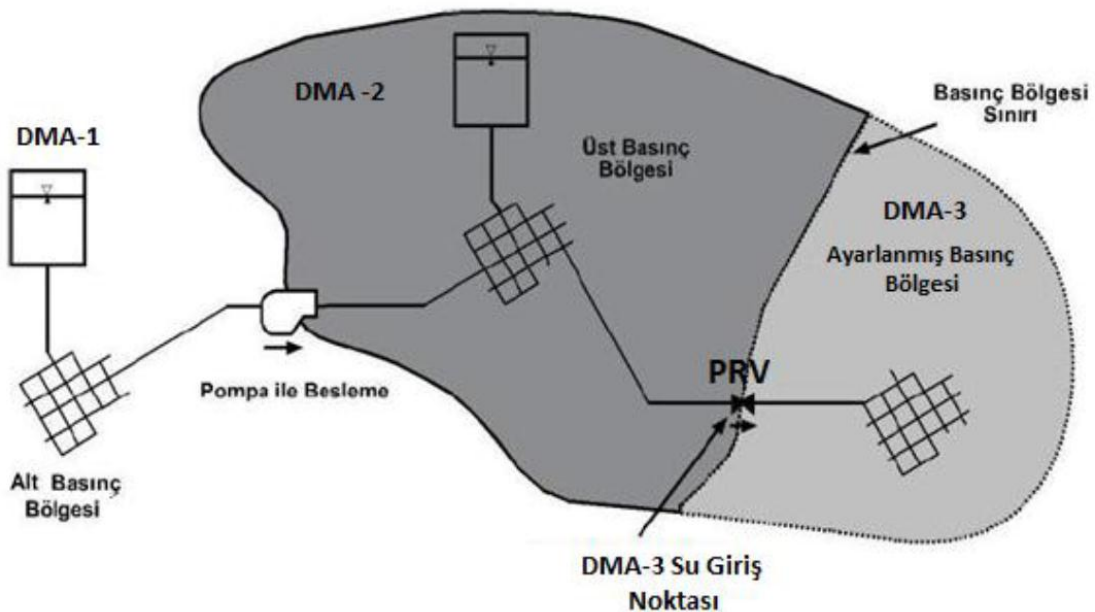


Şekil 2.4. Kaçak süresi ile debi ilişkisi (IWA, 2007)

Şekil 2.4’de verilen örneklerde bir ana boruda 4 m³/sa’lik bir patlak olduğu durumda, debinin yüksek olmasından dolayı fark edilmesi ve onarımı daha kolay yapılmakta, toplam 6 günlük süre zarfında 576 m³ su kaybı ile sorun çözülebilmektedir. Ancak 0,4 m³/sa’lik bir patlağın tespit edilmesi ve onarılması toplam 75 gün sürmekte ve kaybedilen su 720 m³ miktarına çıkmaktadır. Burada dikkat çeken husus, yer tespiti ve tamir süresinin su kuruluşunun teknik ekipmanlarına, mevcut işgücü ve çalışanların teknik donanımlarına bağlı olması iken kaçakların fark edilme süresinin sadece şebeke işletmecilerine ve kuruluşun işletme politikalarına bağlı olmasıdır. Kaçakların toplam onarılma süresi, büyük patlaklarda küçük patlaklarından çok daha azdır. Küçük patlaklar, fark edilme ve yer tespitinin uzun zaman alması neticesinde daha yüksek su kayıplarına neden olabilir. Bu nedenle DMA’ların kurulması ve düzenli debi analizlerinin yapılması, yeni boru patlaklarının ve deliklerinin meydana gelmesi durumunda, fark edilme süresi açısından kilit rol oynamaktadır (IWA, 2007).

2.4.1. DMA Büyüklüğü ve Seçim Kriterleri

Bölgesel ölçüm alanlarının boyutlandırılmasında, alanın kısa bir süre içerisinde akustik dinleme cihazlarıyla taranabilecek büyüklükte olması esas alınmaktadır. En ideal koşullarda, arıza olduğunun anlaşılmasının ardından bölgenin akustik cihazlarla bir gün içinde taranıp, arıza yerinin tespit edilebileceği büyüklükte DMA'lar kurulması tercih edilmektedir. Bunun gerçekleşebilmesi için ideal bölge boyutu en fazla 150-200 yangın hidrantı, 2500 abone veya 30 km şebeke hattı ile sınırlı olmalıdır (Cinal, 2009). DMA'lar şebekenin hidrolik özelliklerini doğru temsil etmelidir. Oluşturulan DMA'lar, sınır vanaları kullanılarak birbirinden tamamen ayrılmalıdır (Tabesh ve ark., 2008). DMA'lar oluşturulurken sızıntı eğilimi yüksek olan yerler öncelikli olarak seçilmelidir. Uygulamanın yapılacağı bölgenin geçmişteki arıza sayısı, su kaybı bulunması durumunda akustik dinlemenin süresi, arızanın tespit ve tamir süresi dikkate alınarak optimum büyüklükte DMA oluşturulması ekonomik açıdan önemlidir (Cinal, 2009). Bununla beraber ilerleyen zamanlarda basınç kırma vanaları (PRV) takılarak basınç yönetimi yapılabileceği için DMA'nın topoğrafik yapısı, evlerin kat sayıları ve oluşturulacak DMA'ların giriş basınç seviyelerinin de mümkün olduğunca homojen seçilmesi büyük avantajlar sağlayabilecektir (Şekil 2.5). Bu homojenliğin sağlanabilmesi içinse bölge hidroliğinin ve topoğrafyasının iyi bilinmesi gereklidir.



Şekil 2.5. DMA'larda PRV ile basınç yönetimi (Cinal, 2009)

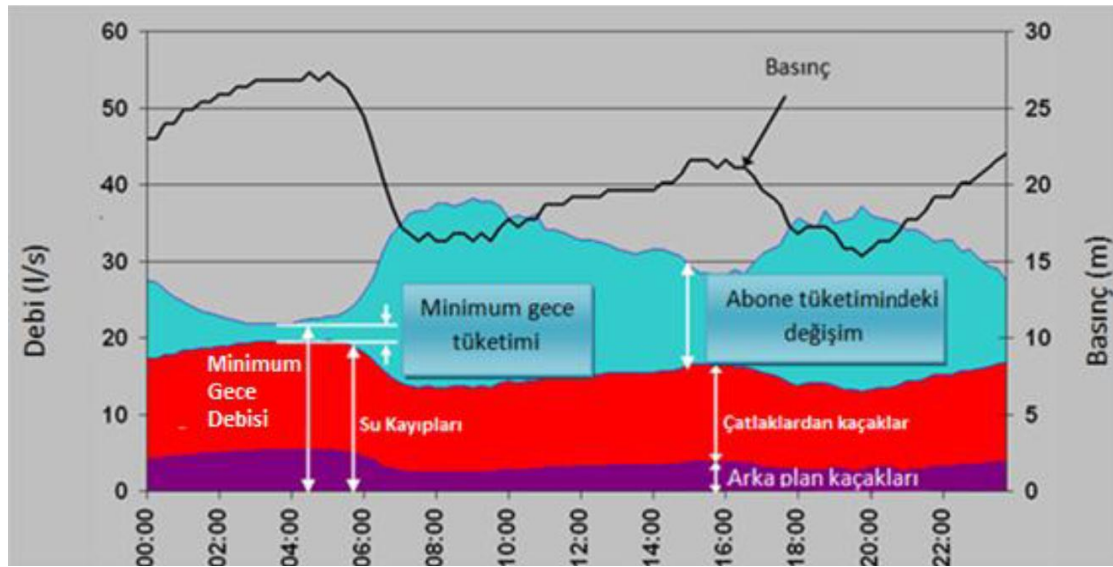
DMA'lar oluşturulurken çeşitli teknolojilerden, SCADA, CBS, su kalite ve hidrolik modellerinden yararlanılarak mevcut durum değerlendirilmelidir. Özellikle DMA kurulması durumunda su kalitesi bozulabilir ve DMA genelde tek bir borudan beslendiği için basınç değişebilir. Bu sebeplerden dolayı oluşabilecek olumsuzluklar önceden belirlenmeli ve çözüm yöntemleri geliştirilmelidir.

2.4.2. DMA Yönetimi ve Minimum Gece Debisi Analizi

Alt bölgelere ayırma, su dağıtım şebekesinin daha kolay kontrol edilebilmesi için birbirinden bağımsız, izole, küçük su dağıtım şebekelerine bölme işlemidir. DMA'lar oluşturulurken, DMA'da su yönetiminin etkin bir şekilde yapılabilmesi için suyun bölgeye tek bir noktadan verilmesi gerekmektedir. Bu yüzden farklı DMA'ların birbirine su vermesi engellenmek zorundadır ve DMA'ya suyun girişinin olduğu tek noktaya debimetre takılarak su kayıtları tutulmalıdır. Tutulan bu kayıtlar su kuruluşunun politika ve teçhizat yapısına göre günlük, haftalık, aylık ya da belirlenen herhangi faturalama dönemlerinde DMA'nın abone sayaçlarında ölçülen su miktarı ile karşılaştırılarak toplam su kaybı miktarı bulunmaktadır (IWA, 2007). Su dağıtım şebekelerinde su kullanımları ve kaybedilen su miktarları her saat eşit değildir. Şebekelerde özellikle evsel su kullanımı genellikle gece saat 02:00 ile 05:00 saatlerinde minimum, 11:00 ile 14:00 saatleri arası ise maksimumdur. DMA'larda su kayıplarının bulunmasında özellikle su kullanımının minimum olduğu an yani minimum gece debisi (Minimum Night Flow-MNF) analizleri yapılmaktadır. Çünkü minimum gece debisinin yaşandığı anlar özellikle bölgenin basıncının en yüksek olduğu ve neredeyse tamamının su kayıpları olduğu anlardır (Şekil 2.6).

Minimum gece debisi incelendiğinde, debinin en düşük olduğu anda debinin büyük bir kısmını gerçek (fiziki) su kayıplarının oluşturduğu görülmektedir. Bu yüzden MNF'ler günlük ve yıllık kaçak miktarı tahmininde sıkça kullanılmaktadır. Özellikle IWA su dengesi tablosunun doldurulması için MNF analizinin yapılmış olması gereklidir. DMA'larda su kayıplarının bulunabilmesi için DMA girişindeki debimetreden elde edilen su kayıtlarından eğer günlük incelenecekse o günün, aylık incelenecekse de bir ayın ortalama MNF'sine ulaşılmalıdır (ekstrem durumlar dahil edilmemelidir). Grafikte minimum debinin gözlemlendiği 02:00 ile 05:00 saatleri arasında su kaybı miktarının bulunabilmesi için bu süreler arasında abone kullanımları

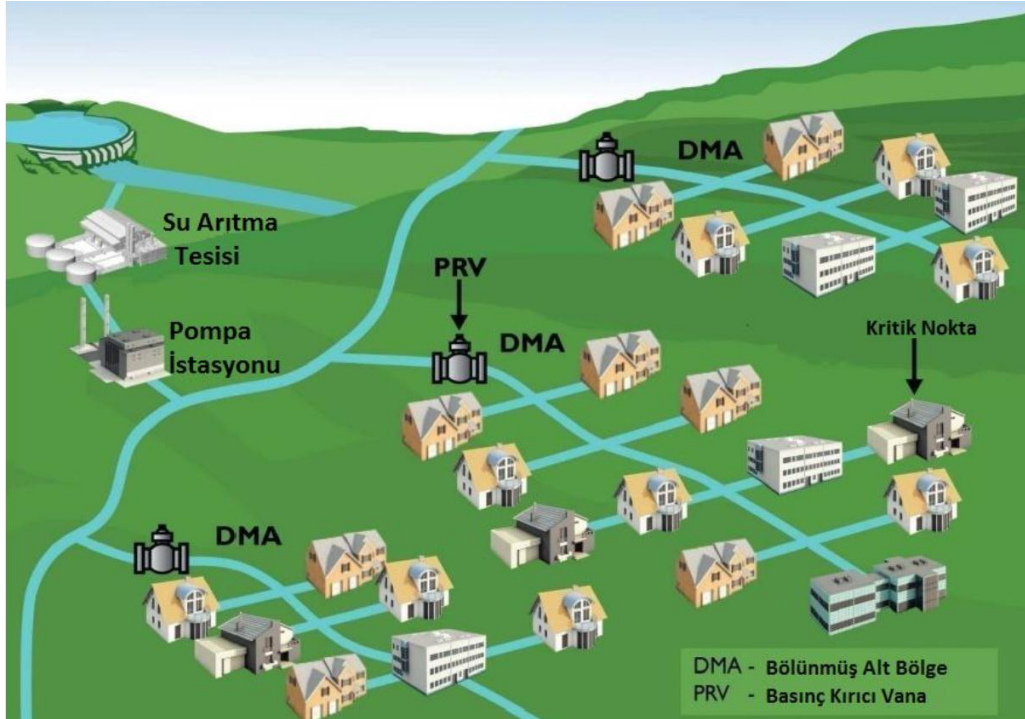
çıkarılmalıdır. MNF görülen periyot için su kullanımlarının tahmininde McKenzie (2001) yönteminden yararlanılabilir.



Şekil 2.6. Minimum gece debisi (MNF) analizi (IWA, 2007)

Bu yöntemde DMA'nın hizmet ettiği bölge nüfusundan gece aktif olan nüfus yüzdesi tahmin edilmekte ve bu aktif nüfusun kullandığı su miktarına ulaşılabilmektedir. Su kullanımlarının tahmininde izlenen bir diğer yöntem ise MNF'nin bölgeye göre tayin edilen tahmini bir yüzdesinin su kullanımı olduğu, geriye kalan miktarın ise su kayıpları olduğu varsayımına dayanmaktadır. Örneğin 50 m³/sa MNF'si olan bir bölge için su kullanım miktarı MNF'nin %20'si olarak tayin edildiğinde, gece su kullanım miktarı 10 m³/sa ve su kaybı miktarı 40 m³/sa olarak belirlenebilmektedir.

DMA'ların yönetiminde toplam su kayıplarının biliniyor olması sadece su kayıpları ile mücadeleye hangi DMA'dan başlanacağı konusunda bilgi verebilir. Büyük bir su dağıtım şebekesine ait DMA'lar incelendiğinde, her bir DMA'nın topoğrafik yapısı, boru cins ve yaşı, inşa tarihi, montaj teknikleri ve zemin yapısına varıncaya kadar birçok etki sebebiyle su kayıplarında farklılıklar olabildiği görülmektedir. Bu nedenle, toplam su kaybı verilerinden yüksek miktarda su kayıplarının bulunduğu alt bölgeler belirlenebilmekte ve bu bölgelerde su kayıplarını azaltmak için gerekli stratejiler öncelikle uygulanabilmektedir. Su kaybı azaltma stratejilerinden en başta geleni bilindiği gibi basınç yönetimi yapılmasıdır. DMA'larda basınç yönetimi basınç kırma vanaları (PRV) takılarak kolaylıkla yapılabilmektedir (Şekil 2.7) (TÜBİTAK, 2010).



Şekil 2.7. DMA’larda basınç yönetimi oluşturulması (TUBİTAK, 2010)

2.5. İçme Suyu Kayıplarının Denetim ve Kontrolü İle İlgili Mevzuat

Su kaynaklarının korunması ve verimliliğin artırılması doğrultusunda, içme-kullanma suyunun etkin kullanılması ve israfının önlenmesi için “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği” Orman ve Su İşleri Bakanlığının 8 Mayıs 2014 tarihli 28994 sayılı Resmi Gazetesinde yayınlanmıştır. Bu Yönetmelik; su teminine ilişkin hizmetler ile çalışmaların su kaynaklarının korunması doğrultusunda yönlendirilmesi ve yaygınlaştırılmasına, su idarelerinin su temininde, depolanmasında, iletiminde, dağıtımında ve tüketiminde su kayıplarının azaltılmasına yönelik görev ve sorumluluklarına ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır.

Bu yönetmelikte; içme kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerinin yönetiminde; su kaynağından temin edilen ve içme-kullanma suyu sistemine verilen su hacminin ve debisinin her bina bağlantısında uygun cihazlar ile sürekli ölçülmesi, içme-kullanma suyu sistemindeki kritik noktalarda su basıncının sürekli ölçülmesi ve izlenmesi, içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemi planlarının sayısallaştırılması ve CBS veri tabanının oluşturulması, idarelerce uygun izleme sistemlerinin (SCADA vb.) kurulması, sistemde ana basınç bölgesi ve alt bölgelerin oluşturulması istenilmektedir.

Su kayıplarının azaltılmasında yıllık su dengesinin belirlenmesi; su üretiminin belirlenmesi, izinli tüketimin belirlenmesi, fiziki ve idari su kayıplarının belirlenmesi, gelir getirmeyen su miktarının belirlenmesi hedef alınmıştır. Su kayıplarının önlenmesi; izinsiz tüketimin önlenmesi, şebekede etkili bir basınç yönetimi ile optimum işletme basıncının sağlanması, fiziki kaçak tespit edilen yerlerde tekniğine uygun onarım yapılması, şebekenin bakımı ve yenilenmesinin periyodik olarak yapılması, fiziki kaçak tespiti yapabilecek teknik ve idari kapasitenin oluşturulması esas alınmıştır.

İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinin yönetimi ile içme ve kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerinin yönetimi kapsamında idarelerden istenilen çalışmalar, su tüketimini ve maliyetlerinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve raporlar halinde her yıl, takip eden Şubat ayı sonuna kadar Bakanlığa sunulmasıdır. Su ve bütçe ihtiyaçlarını belirlenmesi, fayda ve maliyet analizlerinin hazırlanması ve stratejik planlarında su kayıplarını azaltıcı yöntemlere yer verilmesi istenmektedir. Sistemde ihtiyaç duyulan ölçümlerin yapılması için gerekli olan ölçüm cihazlarının temin edilmesini ve montajını ve etkin işletimini sağlanmalıdır. Sistemde yapılabilecek düzenlemeler belirlenmeli ve uygulanmalıdır. Mevcut sistemlerde, bu Yönetmelik uyarınca çıkarılacak olan Teknik Usuller Tebliğinde verilen su yönetimi (alt bölge oluşturma, basınç yönetimi vb.) ve izleme sistemlerinin (SCADA vb.) uygulanabilirliğini analiz edebilmelidir. Yeni projelerde tasarım aşamasından itibaren bu Yönetmelik hükümlerinin uygulanması sağlanmalıdır. Fiziki kaçak tespiti yapabilecek teknik ve idari ekip oluşturulmalı ve gerekli donanım sağlanmalıdır.

Su kayıplarını azaltmak üzere alınacak tedbirler de İdareler, içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki idari ve fiziki su kayıplarının önlenmesi ile sistemin izlenmesi ve kontrolü için, Yönetmelik uyarınca çıkarılacak Teknik Usuller Tebliğinde verilen yöntemleri uygularlar. İdareler, içme-kullanma suyu sistemlerindeki kayıpların azaltılması için kontrol ve bakım-onarım uygulamaları ile arızaların azaltılması için sistem rehabilitasyonlarını zamanında yaparlar. Mevcut içme-kullanma suyu sistemlerinin işletilmesinde, yeni sistemlerin projelendirilmesinde, inşasında, rehabilitasyon ve modernizasyon çalışmalarında, ilgili idarelerce, su kayıplarını azaltmak üzere, aşağıdaki tedbirler öncelikle uygulanır:

İçme-kullanma suyu temin ve dağıtım sisteminin, su kayıpları ekonomik en alt düzeyde olacak şekilde projelendirilmesi ve yapımının yetkili kurumlarca belirlenen şartname ve talimatnamelere uygun olarak gerçekleştirilmesi sağlanır. Büyükşehir ve İl Belediyelerinin su idarelerince CBS veri tabanının oluşturulması, mevcut verilerin

sayısallaştırılarak veri tabanına aktarılması ve sürekli güncellenmesi sağlanır. İçme-kullanma suyu sistemleri, projelendirme aşamasında ana basınç bölgesi ve alt bölgeler olarak tasarlanır. Büyükşehir ve İl Belediyelerinin su idarelerince, mevcut sistemlerde hidrolik modellemenin yapılması, gerekli görülmesi halinde ana basınç bölgesi ve alt bölgelerin oluşturulması sağlanır. İçme suyu sistemlerinin yapımı aşamasında mühendislik denetim ve kontrollerinin yapılması sağlanır. İçme suyu sistemlerinin tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında su kayıplarının kontrolü için gerekli işletme ve kontrol elemanları (debi ve su basıncı ölçüm elemanları vs.) dikkate alınır. Sistemde basınç yönetiminin yapılması, kritik noktalarda sürekli basınç ölçülmesi, topoğrafik yapının uygun olduğu yerlerde en yüksek statik basıncın 80 mSS'den 60 mSS düzeyine indirilmesi, bu kapsamda gerekli yerlerde basınç düşürücü/düzenleyici vana ve bağlantı hatlarının tesis edilmesi sağlanır. İçme-kullanma suyu sistemlerinin tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında, su kayıplarını azaltacak uygun malzemelerin seçilmesi, temini ve monte edilmesi sağlanır. Mevcut sistemlerde kontrollerin yapılarak su kayıplarının en aza indirilmesi sağlanır. Su dağıtım şebekesinin, diğer kamu kurum ve kuruluşlarınca gerçekleştirilen altyapı tesisleriyle ilgili yapım, bakım ve onarım çalışmaları ile koordinasyon içinde olması sağlanır. Tüm altyapı tesisleri hatlarının cadde veya sokaktaki yatay ve düşeydeki konumlarının, standartlara uygun olacak şekilde, yapılması sağlanır. Sürekli izleme, bakım ve onarım çalışmaları ile aktif sızıntı kontrolü gerçekleştirilir.

Su kayıplarının tespiti içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki suyun kontrolü maksadıyla ilgili idareler, su dengelerini belirlemek ve su kayıp miktarlarını tespit etmekle yükümlüdürler. Bu kapsamda aşağıdaki faaliyetler yürütülür. Sisteme giren su hacmi ve debisi sürekli olarak ölçülür ve elde edilen veriler elektronik ortamda muhafaza edilir, bu kapsamda sistemde gerekli yerlere sürekli ölçüm cihazları kurulur. Şebekeden izinli tüketim miktarı belirlenir, bu kapsamda aşağıdaki işlemler yapılır: Bütün tüketim noktalarının abonelik işlemlerinin yapılması ve faturalandırılmayan aboneler dahil bütün abone noktalarına mutlaka tüketim profiline uygun çap ve özellikte sayaç takılması sağlanır. Faturalandırılmayan aboneler dahil bütün sayaçlar düzenli olarak okunur. Bütün sayaçların düzenli olarak bakımının ve kalibrasyonunun yapılması veya yenilenmesi; ölçüm hassasiyeti düşük, ölçüm hassasiyetini kaybetmiş ve 10 yıldan eski sayaçların, su kalitesine, kullanım maksadına ve günün teknolojisine uygun, ölçüm hassasiyeti yüksek sayaçlar ile değiştirilmesi sağlanır.

Sistemdeki fiziki su kayıpları, bu Yönetmelik uyarınca çıkarılacak Teknik Usuller Tebliğinde verilen usuller esas alınarak belirlenir. Rehabilitasyonu yapılacak sistemlerde çalışmalara başlamadan önce, su kayıp oranı belirlenir ve rehabilitasyon çalışmalarına paralel olarak kayıp oranındaki azalma gözlemlenir. Su kayıplarının azaltılması idareler su kayıp oranlarını, yönetmeliğin yürürlük tarihinden itibaren, büyükşehir ve il belediyelerinde 5 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 4 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyelerde 9 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 5 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler. Bu kapsamda, bu Yönetmelik uyarınca çıkarılacak Teknik Usuller Tebliğinde verilen yöntemler çerçevesinde gerekli faaliyetler yürütülür.

İdareler bakanlığın belirlediği raporu, bu yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren üç ay içerisinde, sonraki yıllarda ise her yıl, takip eden yılın Şubat ayı sonuna kadar Bakanlığa yazılı olarak gönderir. İdareler, raporda yer alan bilgilerin doğruluğunun tespiti maksadıyla, bakanlıkça yerinde yapılacak incelemelerde faydalanılmak üzere talep edilen her türlü bilgi ve belgeyi doğru ve eksiksiz olarak sunmak ve incelemeler esnasında kolaylık sağlamakla yükümlüdürler. İdareler, yıllık raporlarını bakanlığa sunulmasından itibaren bir yıl boyunca internet ortamında yayımlamak zorundadır.

Bu yönetmelik kapsamında, içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının kontrolüne ilişkin olarak yapılan faaliyetler, ilgili mevzuat çerçevesinde ilgili kurum ve kuruluşlarca denetlenir ve gerektiğinde yaptırım uygulanır. İdareler, stratejik planlarında su kayıplarını azaltmaya yönelik faaliyetlerine yer vermek zorundadır.

2.6. Su Kayıpları Konusunda Gerçekleştirilen Çalışmalar

Uluslararası Su Birliğinin (IWA) 1991 senesinde yaptığı rapora göre, gelişmiş ülkelerdeki su kaçağı oranı %8-24 arasında, sanayileşmekte olan ülkelerde %15-24 arasında ve gelişmekte olan ülkelerdeyse %25-45 arasında bulunmuştur. Su dağıtım sistemleri içerisinde oluşan kayıplar, su bakımından zengin olan ülkelerde dahi ciddi oranda izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Su kaybı miktarına genel olarak bakıldığı zaman, gelişmiş ülkelerde daha az olduğu görülmektedir. Asya'da bulunan bazı şehirlere bakıldığı zaman su kaybının Ulaanbaatar, Bangkok ve Dhaka'da %30-40

oranlarında, Jakarta, Delhi ve Colombo'da %50-55 oranlarında ve Manila'daysa %60'ın üzerinde olduğu görülmektedir (Toprak ve ark., 2007).

Ülkemiz su kaynakları bakımından zengin olmasına rağmen, su iletim ve kullanımı bakımından tam anlamıyla gelişmemiştir. Üretilen suyun maliyetinin gün geçtikçe artmasına rağmen, ülke genelindeki çarpık kentleşmenin önüne geçilememesinden dolayı içme ve kullanma suyu şebekelerindeki kayıp veya faturalandırılmayan kullanımlar artmaktadır (Dikmen, 2005). Türkiye'de, yönetsel etkinlik için bir ölçüt olarak kabul edilen su kaybı oranlarının yüksek olması, bu açıdan bakıldığı zaman yönetsel etkinsizlik anlamına gelmektedir. Söz konusu kayıp oranı 2001 yılından itibaren ortalama %50 seviyesinde olmuştur. Bazı şehirlerdeyse bu oranın %80 seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Çizelge 2.3'de 2001 yılı itibariyle Büyükşehir Belediyeleri bazında su kayıp oranları belirtilmiştir (Gökdemir, 2008).

Çizelge 2.3. 2001 yılı itibariyle Büyükşehir Belediyeleri bazında su kayıp oranları (Gökdemir, 2008)

	Toplam Su Miktarı (m³)	Dağıtılan Su Miktarı (m³)	Şebekedeki Su Kaybı (m³)	Su Kaybı Oranı (%)
Adana	95.669.733	41.194.661	54.475.072	56,95
Adapazarı	37.843.200	22.527.488	15.315.712	40,47
Ankara	278.620.560	200.392.767	78.227.793	28,08
Antalya	73.360.985	26.945.488	46.415.497	32,72
Bursa	85.123.440	57.268.166	27.855.274	32,72
Diyarbakır	43.201.008	15.757.037	27.443.971	63,53
Erzurum	38.454.000	17.962.438	20.491.562	53,29
Eskişehir	32.604.350	17.968.360	14.635.990	44,89
Gaziantep	92.587.720	34.687.255	57.900.465	62,54
İçel	98.485.760	20.404.870	78.080.890	79,28
İstanbul	631.281.142	416.603.502	214.677.640	34,01
İzmir	216.256.726	97.423.293	118.833.433	54,95
Kayseri	39.898.670	22.139.647	17.759.023	43,08
Kocaeli	101.337.820	21.829.933	79.507.887	78,46
Konya	90.998.875	30.589.782	60.409.093	66,38
Samsun	54.750.000	20.695.840	34.054.160	62,20
TÜRKİYE	4.301.544.669	2.143.916.135	2.157.628.534	50.16

Yüzde olarak değerlendirildiğinde İçel (79,28), Kocaeli (78,46), Konya (66,38), Diyarbakır, Gaziantep, Samsun, Adana, İzmir, Erzurum, Eskişehir, Kayseri, Adapazarı, İstanbul, Antalya, Bursa ve Ankara yer almaktadır. Şehirler kendi aralarında değerlendirildiğinde üretilen suyla kayıp kaçak oranının paralel olmadığı gözlemlenmektedir. Sıralama miktara göre yapıldığında İstanbul, Ankara, İzmir,

Kocaeli, İçel, Gaziantep gibi çok nüfuslu şehirler ilk sıralardadır. Miktar bakımından İstanbul 1. sıradayken, oran bakımından incelendiği zaman %34,01'lik bir oranla 4. sırada bulunmaktadır. Nüfus olarak büyük şehirlerde su birim fiyatı diğer şehirlere nazaran fazla olup, kayıp kaçakla mücadele daha aktif hale getirilirse ekonomik anlamda önemli tasarruflar edilecektir.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nce 2014 yılında yapılan çalışmada ise, 100.000 ve üzeri nüfuslu belediyelerin gelir getirmeyen su miktarları 2012 TÜİK Belediye Su İstatistikleri verileri derlenerek hesaplanmış ve değerler çizelge 2.4'de verilmiştir (Anonim 2017d). Belediyelerin kullanma ve içme suyu şeklinde kullanma amacıyla şebekeler aracılığıyla dağıtım yaptığı su, deniz, kuyu, kaynak, akarsu, gölet, göl ve barajlardan çekilmektedir. Belediyenin diğer belediyelere dağıtma amacıyla çektiği suyun miktarıysa, mükerrerliğin önüne geçmek için, dağıtımı yapan belediyenin çektiği miktar içerisinde sayılmamaktadır. Dağıtımı yapılan su, belediyelerin kullanma ve içme suyu şebekesiyle, son kullanıcılar olan ticarethane, resmi kurum ve meskenlere ulaştırılmaktadır. Fakat su tahsilatının yapıldığı ancak fatura tahsilatının yapılmadığı din ve hayır kurumları, bahçe ve park gibi kurum ve yerlere dağıtılan yerlere su ücretsiz verildiği ve miktarı da beyan edilmediği için, dağıtılan bu ücretsiz miktar, toplam dağıtılan miktar içerisinde sayılamamaktadır. İki tabloda da görüleceği gibi ülkemizdeki büyük yerleşim yerlerinde olan su kayıpları, dünya genelince kabul görülen %10'luk seviyenin ve ülkemizde olması gereken %25'lik değerin oldukça üzerindedir.

Ayrıca çizelge 2.4'e bakılarak yüzde olarak değerlendirildiğinde ilk sıralarda Batman (75,22), Zonguldak (74,73), Yalova (74,63), Van, Siirt, Trabzon, Şanlıurfa, Kırşehir, Hatay, Erzincan yer almaktadır. Listenin sonlarındaysa yaklaşık %20 civarındaki gelir getirmeyen su oranıyla Elazığ, Kütahya, Adıyaman ve Bursa yer almaktadır. Ancak bu sıralamadaki en çok dikkat gerektiren husus, bu şehirlerin şebekelerindeki gelir sağlamayan su oranı değil, gelir getirmeyen suyun miktarıdır. Sıralama miktara göre yapıldığında Antalya, Adana, İzmir, Ankara, İstanbul, Mersin, Gaziantep gibi çok nüfuslu şehirler ilk sıralardadır. Miktar bakımından İstanbul 1. sıradayken, oran bakımından incelendiği zaman %38,8'lik bir oranla 39. sırada bulunmaktadır. Türkiye'de büyük şehirlerde bulunan kayıp ve kaçaklarla mücadele edilirse, hem su birim fiyatları yüksek olduğu için hem de miktar olarak bakıldığında, önemli ekonomik tasarruflar yapılabilir. Temiz su kaynakları tehlike altında olan fazla nüfuslu büyük şehirlerle bu mücadele hayata geçirilerek, çeşitli çözümler üretilebilir.

Çizelge 2.4. 100.000 ve üzeri nüfuslu Belediyelerin gelir getirmeyen su miktarları (Anonim, 2017d)

İl	İlçe	Nüfus	Çekilen Su Miktarı ⁽¹⁾ (m ³ /yıl)	Dağıtılan Su Miktarı ⁽²⁾ (m ³ /yıl)	Gelir Getirmeyen Su Miktarı (m ³ /yıl)	Gelir Getirmeyen Su Oranı (%)	
1	Adana	Merkez	1.636.229	140.943.000	73.754.808	67.188.192	47,67
2	Adana	Ceyhan	130.460	9.133.000	4.456.526	4.676.474	51,20
3	Adiyaman	Merkez	225.534	13.861.000	11.489.699	2.371.301	17,11
4	Afyonkarahisar	Merkez	240.022	17.885.000	9.984.781	7.900.219	44,17
5	Ağrı	Merkez	107.839	5.024.000	2.531.004	2.492.996	49,62
6	Amasya	Merkez	102.445	7.838.000	5.576.934	2.261.066	28,85
7	Ankara	Merkez	4.630.735	362.566.000	226.322.985	136.243.015	37,58
8	Ankara	Polatlı	101.012	10.000.000	3.261.472	6.738.528	67,39
9	Antalya	Merkez	1.073.794	104.530.000	58.537.011	45.992.989	44,00
10	Antalya	Alanya	229.031	18.541.000	14.285.057	4.255.943	22,95
11	Antalya	Manavgat	147.306	22.625.000	16.908.100	5.716.900	25,27
12	Aydın	Merkez	225.527	13.742.000	9.509.528	4.232.472	30,80
13	Aydın	Nazilli	117.396	4.622.000	4.498.094	123.906	2,68
14	Aydın	Söke	101.671	4.511.000	3.938.008	572.992	12,70
15	Balıkesir	Merkez	275.160	24.237.000	11.972.332	12.264.668	50,60
16	Balıkesir	Bandırma	128.091	12.273.000	6.123.725	6.149.275	50,10
17	Balıkesir	Edremit	110.222	9.626.000	3.902.176	5.723.824	59,46
18	Bingöl	Merkez	104.387	9.270.000	5.723.086	3.546.914	38,26
19	Bolu	Merkez	133.893	8.737.000	5.705.137	3.031.863	34,70
20	Bursa	Merkez	1.983.880	92.858.000	85.442.980	7.415.020	7,99
21	Bursa	İnegöl	197.984	11.357.000	7.741.522	3.615.478	31,83
22	Çanakkale	Merkez	129.495	11.532.000	5.610.291	5.921.709	51,35
23	Çorum	Merkez	235.034	15.379.000	9.280.011	6.098.989	39,66
24	Denizli	Merkez	544.551	49.924.000	23.760.998	26.163.002	52,41
25	Diyarbakir	Merkez	892.713	67.651.000	32.480.902	35.170.098	51,99
26	Edirne	Merkez	148.474	13.750.000	6.046.939	7.703.061	56,02
27	Elazığ	Merkez	375.494	27.409.000	23.010.812	4.398.188	16,05
28	Erzincan	Merkez	131.773	15.933.000	6.750.888	9.182.112	57,63
29	Erzurum	Merkez	384.399	51.105.000	33.437.938	17.667.062	34,57
30	Eskişehir	Merkez	659.924	39.388.000	22.924.342	16.463.658	41,80
31	Gaziantep	Merkez	1.438.37	95.604.000	52.625.280	42.978.720	44,95
32	Gaziantep	Nizip	110.070	5.210.000	3.146.710	2.063.290	39,60
33	Giresun	Merkez	107.794	7.777.000	4.275.068	3.501.932	45,03
34	Hatay	Merkez	385.810	37.274.000	14.157.570	23.116.430	62,02
35	Hatay	Dört Yol	146.014	10.941.000	6.317.689	4.623.311	42,26
36	Hatay	İskenderu	277.249	20.236.000	11.454.649	8.781.351	43,39
37	İsparta	Merkez	205.831	21.054.000	14.702.872	6.351.128	30,17
38	Mersin	Merkez	876.958	82.532.000	34.997.321	47.534.679	57,60
39	Mersin	Erdemli	100.663	5.035.000	4.159.304	875.696	17,39
40	Mersin	Tarsus	263.891	350.000	7.927.291	-7.577.291	-
41	İstanbul	Merkez	13.710.51	930.825.000	569.856.760	360.968.240	38,78
42	İzmir	Merkez	3.401.994	270.564.000	148.775.673	121.788.327	45,01
43	Kayseri	Merkez	1.004.276	64.539.000	51.935.742	12.603.258	19,53
44	Kırklareli	Lüleburga	121.402	4.267.000	4.038.825	228.175	5,35
45	Kırşehir	Merkez	121.608	14.780.000	5.580.817	9.199.183	62,24
46	Kocaeli	Merkez	1.527.407	140.095.000	99.161.740	40.933.260	29,22
47	Konya	Merkez	1.107.886	76.813.000	52.349.702	24.463.298	31,85
48	Konya	Ereğli	113.522	10.350.000	5.446.125	4.903.875	47,38
49	Kütahya	Merkez	227.914	9.113.000	8.494.888	618.112	6,78
50	Malatya	Merkez	474.435	34.695.000	24.051.552	10.643.448	30,68
51	Manisa	Merkez	333.322	19.963.000	12.139.660	7.823.340	39,19
52	Manisa	Akhisar	126.625	6.368.000	5.005.014	1.362.986	21,40
53	Manisa	Salihli	125.016	6.218.000	5.194.290	1.023.710	16,46

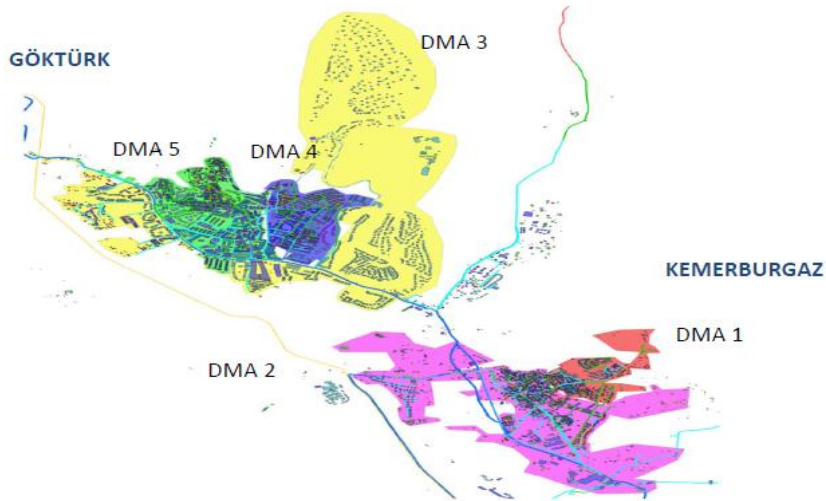
Çizelge 2.4.(devam) 100.000 ve üzeri nüfuslu Belediyelerin gelir getirmeyen su miktarları (Anonim, 2017d)

İl	İlçe	Nüfus	Çekilen Su Miktarı ⁽¹⁾ (m ³ /yıl)	Dağıtılan Su Miktarı ⁽²⁾ (m ³ /yıl)	Gelir Getirmeyen Su Miktarı (m ³ /yıl)	Gelir Getirmeyen Su Oranı (%)	
54	Manisa	Turgutlu	129.438	5.380.000	5.332.179	47.821	0,89
55	Kahramanmara	Merkez	479.258	34.127.000	20.944.325	13.182.675	38,63
56	Kahramanmara	Elbistan	118.336	8.966.000	4.712.029	4.253.971	47,45
57	Mardin	Merkez	111.007	4.737.000	3.738.595	998.405	21,08
58	Mardin	Kiziltepe	161.663	13.584.000	2.313.964	11.270.036	82,97
59	Muğla	Bodrum	117.669	9.960.000	7.624.800	2.335.200	23,45
60	Muğla	Fethiye	133.747	22.525.000	8.570.397	13.954.603	61,95
61	Muş	Merkez	106.771	13.280.000	10.167.820	3.112.180	23,44
62	Nevşehir	Merkez	114.860	8.228.000	5.134.376	3.093.624	37,60
63	Niğde	Merkez	181.607	18.235.000	8.181.040	10.053.960	55,14
64	Ordu	Merkez	149.97	13.315.000	5.866.556	7.448.444	55,94
65	Rize	Merkez	118.13	5.816.000	4.322.884	1.493.116	25,67
66	Sakarya	Merkez	590.49	63.652.000	33.912.016	29.739.984	46,72
67	Samsun	Merkez	547.77	54.328.000	27.852.741	26.475.259	48,73
68	Siirt	Merkez	137.46	11.800.000	3.495.869	8.304.131	70,37
69	Sivas	Merkez	320.37	24.771.000	16.064.982	8.706.018	35,15
70	Tekirdağ	Merkez	161.26	12.835.000	7.479.205	5.355.795	41,73
71	Tekirdağ	Çerkezköy	183.89	8.306.000	5.515.441	2.790.559	33,60
72	Tekirdağ	Çorlu	259.06	10.525.000	8.998.604	1.526.396	14,50
73	Tokat	Merkez	148.09	15.480.000	6.961.121	8.518.879	55,03
74	Trabzon	Merkez	287.20	45.137.000	15.293.059	29.843.941	66,12
75	Şanlıurfa	Merkez	599.90	62.258.000	22.486.101	39.771.899	63,88
76	Şanlıurfa	Siverek	129.23	11.777.000	2.907.257	8.869.743	75,31
77	Uşak	Merkez	193.86	11.255.000	6.403.388	4.851.612	43,11
78	Van	Merkez	396.83	57.676.000	15.125.816	42.550.184	73,77
79	Van	Erciş	100.20	7.944.000	3.186.434	4.757.566	59,89
80	Zonguldak	Merkez	190.63	24.785.000	6.262.008	18.522.992	74,73
81	Zonguldak	Ereğli	118.85	9.439.000	4.178.722	5.260.278	55,73
82	Aksaray	Merkez	238.74	17.243.000	9.560.312	7.682.688	44,56
83	Karaman	Merkez	151.41	8.905.000	5.180.628	3.724.372	41,82
85	Kirikkale	Merkez	196.98	16.271.000	7.511.674	8.759.326	53,83
86	Batman	Merkez	351.73	42.824.000	10.613.425	32.210.575	75,22
87	Şirnak	Cizre	106.83	3.469.000	780.244	2.688.756	77,51
88	Yalova	Merkez	109.03	25.903.000	6.570.540	19.332.460	74,63
89	Karabük	Merkez	110.537	5.376.000	4.309.401	1.066.599	19,84
90	Osmaniye	Merkez	213.231	16.210.000	9.592.494	6.617.506	40,82
91	Düzce	Merkez	149.034	8.890.000	5.174.645	3.715.355	41,79

Miktar sıralamasına göre 12, oran sıralamasına göreyse ilk sırada olan Batman ve miktara göre 20, oran sırasına göre 2. sırada bulunan Zonguldak'taysa, gelir getirisi bulunmayan su oranlarının %70'lerin altına çekilmesi sağlanarak, su tasarrufu yapılmalıdır. 1980'lerden sonra bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları alt başlıklar halinde aşağıda verilmektedir.

İSKİ Genel Müdürlüğü, 2013-2014 yıllarında İstanbul Kalkınma Ajansı'ndan da aldıkları desteklerle "Su Yönetiminde Kayıp Kaçakların Düşürülmesi Pilot Uygulaması"nı hayata geçirmiştir. Proje, İstanbul/Eyüp/Göktürk-Kemerburgaz

bölgelerinde uygulanmıştır. Çalışmada önce hidrolik modelleme yapılarak uygun işletme kriterlerinin belirlenmesi sağlanmış, daha sonra da pilot bölgede izole ölçüm bölgeleri (DMA) oluşturulmuştur. Gelişmiş basınç yönetim sistemleri kurularak uzaktan okumalı sayaç montajı ile veriler toplanmış ve sızıntı tespit cihazları ile fiziki arızalar tespit edilerek gerekli müdahaleler yapılmıştır. DMA ve ölçüm odası tasarımlarında, şebeke metrajı ve bağlantı sayıları dikkate alınarak hidrolik modelden yararlanılmıştır. Birçok modelleme programında DMA tasarım araçları bulunmaktadır. DMA sınırlarının sahada oluşturulması ciddi anlamda tecrübe gerektiren bir çalışmadır. Bu çalışmanın sağlıklı ve hızlı bir şekilde tamamlanması için, doğru ve güvenilir CBS verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan pilot çalışmada oluşturulan alt bölgeler ve bu bölgelere ilişkin bilgiler Şekil 2.8 ve Çizelge 2.5’de gösterilmiştir. 6 ay süren ön çalışmaların ardından geliştirilen yöntem ve süreçlerle pilot bölgedeki su dağıtım şebekesi işletilmeye başlanmıştır. Hidrolik modelleme çalışmalarında, 135 adet kayıp vana bulunmuş, 55 noktada genel basınç ölçümleri yapılmış, 25 yüksek frekanslı basınç ölçümü yapılmış, 62 km şebeke metrajı güncellenmiş, 1500 binanın verileri güncellenmiş, tüm abonelerin son bir yıla ait tüketim verileri ve son bir yıla ait SCADA verileri değerlendirilmiştir.



Şekil 2.8. İstanbul ili pilot bölge alt bölgeleme çalışması (Cingöz, 2014)

Çizelge 2.5. İstanbul ili pilot bölge DMA verileri (Cingöz, 2014)

DMA	Metraj (m)	Abone Sayısı	Bina Sayısı
DMA 1	7.010	802	358
DMA 2	21.086	2.112	919
DMA 3	7.682	922	171
DMA 4	10.300	3.163	576
DMA 5	15.979	5.884	823
TOPLAM	62.057	12.883	2.847

Fiziksel arızaların tespiti ve onarımı kapsamında, pilot bölgede 50'nin üzerinde arıza tespiti ve onarımı yapılmış olup, arızaların büyük bir kısmının bina bağlantılarında olduğu görülmüştür. Arıza tespitinde, ses kaydedici sistemler, korelatör ve zemin mikrofonu kullanılmıştır. Proje sonunda ortaya çıkan performans göstergeleri Çizelge 2.6'da verildiği gibidir. Çizelge 2.6'da görüldüğü gibi, proje öncesi ve sonrasında yapılan ölçümlerin sonucuna göre; kayıp miktarı ve altyapı sızıntı endeksi (ILI) değerlerinde önemli ölçüde düşüş gözlenmiştir (Cingöz, 2014).

Çizelge 2.6. Proje performans göstergeleri (Cingöz, 2014)

	Proje Öncesi	Proje Sonrası
	Engellenemeyen Yıllık Gerçek Kayıp (UARL) (litre/gün)	
Şebeke Metrajı (Lm)	28,09 km	28,09 km
Bina Bağlantı Sayısı (Nc)	1.269 adet	1.269 adet
Ort. Şube Yolu Uzunluğu (Lp)	7 m	7 m
Ortalama Basınç (P)	83 mSS	63 mSS
UARL	144.660	109.802
	Mevcut Yıllık Gerçek Kayıp (CARL) (litre/gün)	
Mevcut Gerçek Kayıp	76.298 m ³	6.694 m ³
CARL	2.543.267	223.133
	ALTYAPI SIZINTI ENDEKSİ (ILI)	
	17,58	2,03

Cimal (2009), Sakarya ili içme suyu şebekesindeki su kayıplarının basınç kontrolü ile azaltılmasının hedeflediği çalışmada, elde edilen sonuçlar ve kayıpların etkin bir şekilde azaltılması için yapılması gerekenler belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre; Çalışma yapılan bölgede mevcut su kayıp oranı %38 olup bu oran, şebekedeki sızıntılardan kaynaklanan fiziki kayıpları içermektedir. Kayıp miktarının fazla olmasının nedeniyse, tespit edilmesi güç olan arızalardan kaynaklı sızıntılardır. Basınç yönetimi ile su kayıplarının (şebekedeki sızıntıların) azaltılması sağlanmıştır. Basıncın %30 azaltılmasıyla şebekeye verilen suda %18, basıncın debiye duyarlı kontrolü ile şebekeye verilen suda %21'e kadar azalma sağlanmıştır. Depremden sonra

Adapazarı şehir merkezinde binalarda kat sınırlaması olduğundan, mevcut durumda bu kadar yüksek basınca ihtiyaç duyulmamaktadır. Çalışmadan alınacak sonuçlar tüm şehirde kayıpların azaltılması için yaygınlaştırılmalıdır. Çalışma sonucunda bölgede oluşan arıza sayısında düşme gözlemlenmiştir. Basıncın kontrolü ile arızaların önüne geçildiği, dolayısıyla da su kayıplarının önlenildiği görülmüştür. Çalışma Adapazarı merkezinde yaygınlaştırılarak hangi bölgeye ne kadar su verildiğinin bilinmesini, kayıpların tespit edilmesini ve kayıplara neden olan etmenlerin tespit edilmesini sağlayacaktır. Şebekenin daha etkin bir şekilde denetlenmesi için şebeke oluşturulurken, su girişi tek bir noktadan olacak şekilde tasarlanmalıdır. Oluşturulan bölgesel ağ şeklindeki şebekelerde abone sayıları tespit edilmeli, verilen su ile tahakkuk eden su karşılaştırılmalıdır. Bu sayede her bölgede optimum basınç değerlendirmesi ve düzenlemesi yapılarak kayıpların ve kaçak bağlantıların önüne geçilmiş olacaktır. Sadece şebeke basınç kontrolü ile sızıntılardan kaynaklanan su kayıplarının azaltıldığı söylemek doğru olmayacaktır. Basıncın azaltılmasıyla beraber abonelerde oluşacak muhtemel su tüketimi azalmaları da incelenmeli, tahakkukta bir düşme oluşturup oluşturmadığı saptanmalıdır. Abonede oluşacak su tüketimi azalmalarıyla bile su israfının önüne geçilebilmektedir (Cinal, 2009).

Kara (2011) tarafından içme suyu dağıtım şebekelerindeki hidrolik modelleme ve basınç yönetiminin entegre edilmesiyle su kayıplarını inceleme amaçlı yapılan çalışma sonucunda su kayıp ve kaçak miktarında ciddi bir şekilde azalma görülmüştür. Bu azalma miktarı sayesinde hızlı bir şekilde artış gösteren nüfusun su ihtiyacını karşılamak için su arıtımı, temini ve kaynak arama amaçlı yapılan harcamalar başka hizmetlere kaydırılabilecektir. Ayrıca bu sayede ciddi oranlarda su tasarruf edilmiş olacak, iklim değişikliği ve küresel ısınmanın negatif etkileri biraz da olsa engellenmiş olacaktır. Basınç yönetimi sayesinde su kayıplarının azaltılmasının yanı sıra basınç da azaltılarak, şebekelerdeki boruların daha uzun ömürlü olması sağlanabilmektedir. Yüksek basınç yüzünden borularda oluşan patlaklarda da, basınç düşürüldüğü için azalma görülecektir. Boruların ömürlerinin arttırılması sonucunda basınç yönetimine verilen ekonomik değerde de artış olacak; boru patlaklarında azalmanın gerçekleşmesiyle de su kaybı azalacağından, şirketlerin tamirat masrafları ve yükü de azalacaktır. Ayrıca patlakları yüzünden oluşan su kesintisi, kesintinin tamiri sırasında yapılan tamiratlar ve yapılan kazılardaki gürültüler gibi birçok etmende de azalma olacağından, şehir halkının memnuniyetinde de artış görülebilecektir. Su iletimi konusundaki kullanıcı memnuniyeti, kesintilerin ve borulardaki patlakların azalması ile

gelişebilir. Borulardaki patlaklar ve tamirat işlemleri ile bağlantılı olarak sulara mikrobiyal kirlenme de söz konusu olmaktadır. Bunun bilincinde olan tüketiciler, kesintilerden sonra suya güvenememekte ve hatta kesintiden sonra gelen tortulu suyu kullanmadan, boşa akıtmaktadır. Basınç yönetiminin yapılması neticesinde boru patlak sayısının azalmasına bağlı olarak tüketiciler ücretini ödediği suyu güvenerek tüketebilmektedir. Su kayıp ve kaçak miktarının azaltılması ile şebeke işletimine yönelik performans göstergeleri iyileştirilecek ve sorumlu su kuruluşları için bu gelişim bir onur kaynağı olacaktır. Özellikle su maliyetlerinin fazla olduğu bölgelerde basınç yönetimi yapılması önemli bir uygulamadır (Kara, 2011).

Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ) 1998 yılında 17 ayrı kaynaktan 170.000'in üzerinde aboneye (yaklaşık 450.000 nüfus) ortalama 95.000 m³/gün su temin etmektedir. Temin edilen miktarın %53'ünün karşılığı alınamamaktadır. Yıllık su temini artışı %11,8 olup, nüfus artışı %3,7'dir ve kayıp olan su miktarındaki artış %8 mertebesindedir. Bu sonuç, etkin bir su dengesi oluşturulması ve kayıp azaltma programına duyulan ihtiyacı ortaya koymuştur (Şahin, 1999). Dağıtım şebekesi içinde karşılığı alınamayan su miktarının en aza indirilmesi amacıyla Kayseri'de gerçekleştirilen çalışmada su dengesi oluşturulması için pilot bölgeler seçilmiştir. Su şebekesini temsil edebilecek üç pilot bölge seçilmiştir. Birinci pilot bölgenin 13-14 katlı apartmanların yer aldığı ve 1990'lı yıllarda gelişen toplu konut alanı olması, ikinci pilot bölge 5-6 katlı apartmanlardan oluşan ve gelişimini 1980'li yıllarda gerçekleştiren bir yerleşim bölgesi, üçüncü pilot bölge ise şehrin merkezi olup eski şebeke üzerinde yer alan restoran, mağaza ve iş merkezlerinin bulunduğu bir alandır. Pilot bölgeler kurulurken bölgelerin hidrolik olarak izole edilmesi için gerekli vanalar kapatılmış ve gerekli yerlere vanalar yerleştirilmiştir. Böylece bölgeye kontrollü bir şekilde su girişine izin verilmiştir. Bölge girişlerine monte edilen taşınabilir ultrasonik debimetreler aracılığı ile bölgeye giren su miktarı sürekli olarak izlenmiştir. Yerleştirilen elektronik basınç ölçerler ile özel ölçümler yapılarak basınçlar takip edilmiştir. Pilot bölgelerde ilk olarak yapılan vana kapatma testleri ile bölgenin hidrolik izolasyonu test edilmiştir. Daha sonra; pilot bölge içi ilk ölçümler, kaçak arama ve tamir çalışmaları; birincil ölçümler, boruların ve abone bağlantılarının yenilenmesi; ikincil ölçümler, abone sayaçlarının yenilenmesi; üçüncül ölçümler ve su dengesinin oluşturulması yapılmıştır.

İzmir'de 2002 yılında %60'lara ulaşan su kaçaklarını önleme amacıyla önemli mesafeler kat eden Büyükşehir Belediyesi, yürüttüğü çalışmalarla %62'leri bulan kaçak oranını %50'ye indirmiştir. 1986 yılında ön çalışmaları başlatılan Su Kaçakları Projesi

2000 yılında hızlandırılarak altı ay süreli pilot bir çalışma yapılmıştır. Çalışmalar kapsamında Hatay'da 27, Karşiyaka'da 46, Alsancak ve Çamdibi'nde 31, Yeşilyurt'ta ise 25 sayaç bölgesi oluşturulmuştur. Bu bölgelerde su girişlerine basınç düşürücü vanalar takılmış; yapılan basınç regülasyonu ile verilen suyun %22'si kazanılmıştır. Ardından da dinlemeler yapılarak bulunan arızaların giderilmesi ile su kazancı %28'e çıkarılmıştır. Pilot bölge uygulamasından sağlanan büyük başarının ardından, proje İzmir geneline yaygınlaştırılmıştır. Hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilen projenin kapsamına, Evka 2, Egekent, Altındağ, Bornova, Buca, Gültepe-Gürçeşme, Narlıdere ve Karabağlar da alınmıştır. Matematik model çalışmaları yapılarak bu bölgeler izole sayaç bölgelerine ayrılmıştır. Böylece İzmir'in %80'i sayaç bölgelerine ayrılarak kontrol altına alınmıştır. Bu çalışmalarla birlikte yürütülecek dinleme ve arızaların giderilmesi çalışmaları ile şebeke yenileme çalışmaları da hızla sürdürülmüş, su kaybı oranı %45'lere çekilmiştir (Dikmen, 2005).

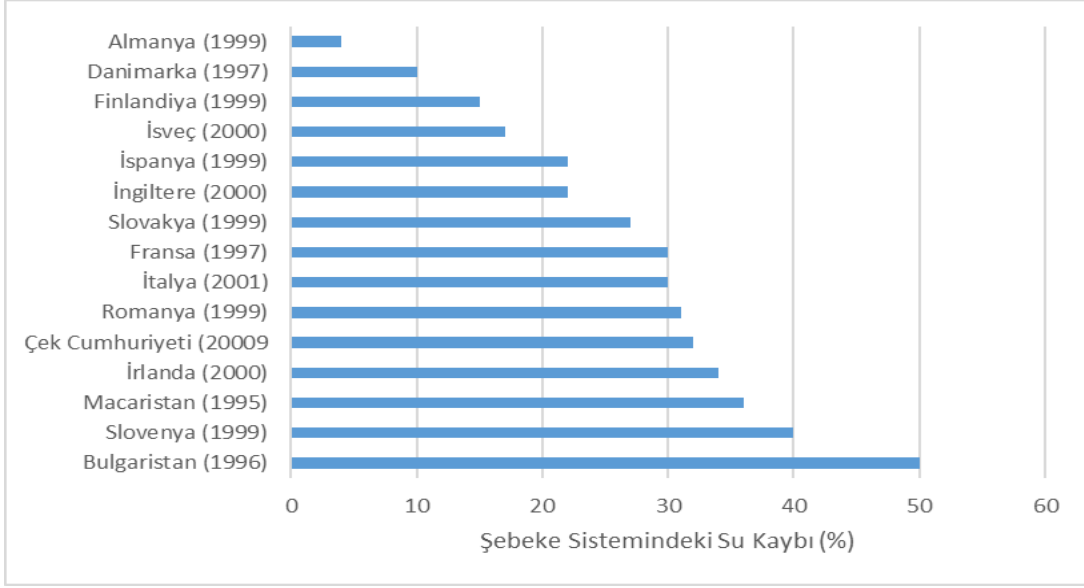
Karakuş ve ark. (2010) tarafından, Sivas kent merkezinde yer alan Esentepe-Yunus Emre Mahalleleri pilot bölge çalışma alanı olarak seçilmiş ve çalışma alanında bulunan içme suyu şebekesindeki 2010 yılına ait kayıp-kaçak oranları belirlenmiştir. Kayıp-kaçak arama çalışması kapsamında öncelikli olarak mahalle sınırları belirlenmiş, abone sarfiyatları tespit edilmiş ve kayıp-kaçak arama çalışmaları öncesinde eş zamanlı olarak debi ve basınç ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra çalışma alanında su kaçağı arama ekipmanları ile kaçak arama çalışması yapılmış ve 7 adet şebeke arızası tespit edilmiştir. Tespit edilen ve su kaybına sebep olan bu arızalar tamir edildikten sonra eş zamanlı olarak debi ve basınç ölçümleri tekrar yapılmıştır. Kayıp-kaçak arama öncesinde ve sonrasındaki ölçüm sonuçları birlikte değerlendirilerek çalışma alanındaki kayıp-kaçak oranları belirlenmiştir. Sonuç olarak; kayıp-kaçak arama çalışmaları öncesinde çalışma alanında mevcut içme suyu şebekesindeki kayıp-kaçak oranı %40,43 iken, yapılan çalışma sonunda kayıp-kaçak oranı %27,22'ye düşürülmüş ve %13,21'lik bir su kazancı elde edilmiştir. Ayrıca kent genelinde yapılan diğer çalışmalarla birlikte kayıp kaçak oranı son 5 yılda yaklaşık %70'den %30'a düşürülmüştür. Çalışma sonucunda pilot mahallelerde yapılan çalışmaların genele yayılması halinde oranın daha aşağılara düşeceği görülmüştür (Karakuş ve ark., 2010).

Diyarbakır Büyükşehir belediyesi Türkiye'nin 16 Büyükşehir Belediyesinden birisi ve nüfusu 830.000 olan bir yerleşim alanıdır. Toplam hizmet verdiği alanda su şebekesi 920.000 km'dir. İller bankası tarafından yapılan şebeke DİSKİ Genel müdürlüğüne 2001 yılında devredilmiştir. Su şebekesi 6 basınç zonun dan oluşmaktadır.

Dicle barajından temin edilen ham su 40 km'lik terfi hattından sonra ham su arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra depolara aktarılmakta ve oradan su şebekesine cazibeli olarak verilmektedir. Diyarbakır'ın içme suyu şebekesi yeni olduğu halde, depolardan çıkan 100 birim suyun ancak 40 birimi faturalandırılabilmiştir. Aradaki büyük farkın azaltılması için sistemde nerelerde ve hangi tip kaçakların olduğu tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın yapılabilmesi için, su ölçüm sayaçları (debimetre) temini, abonelerin adresleri, sayıları, şebekenin hangi hattından su temin ettiği, vanaların işletme durumlarının (açık veya kapalı) tespitleri yapılmıştır. Böylece kaçakların miktarları ve tipleri tespit edilmiştir. Diyarbakır İli Yıllık Su İstatistik Raporuna göre 2003 yılında %70 olan su kayıp oranı 2010 yılında %57'ye gerilemiştir.

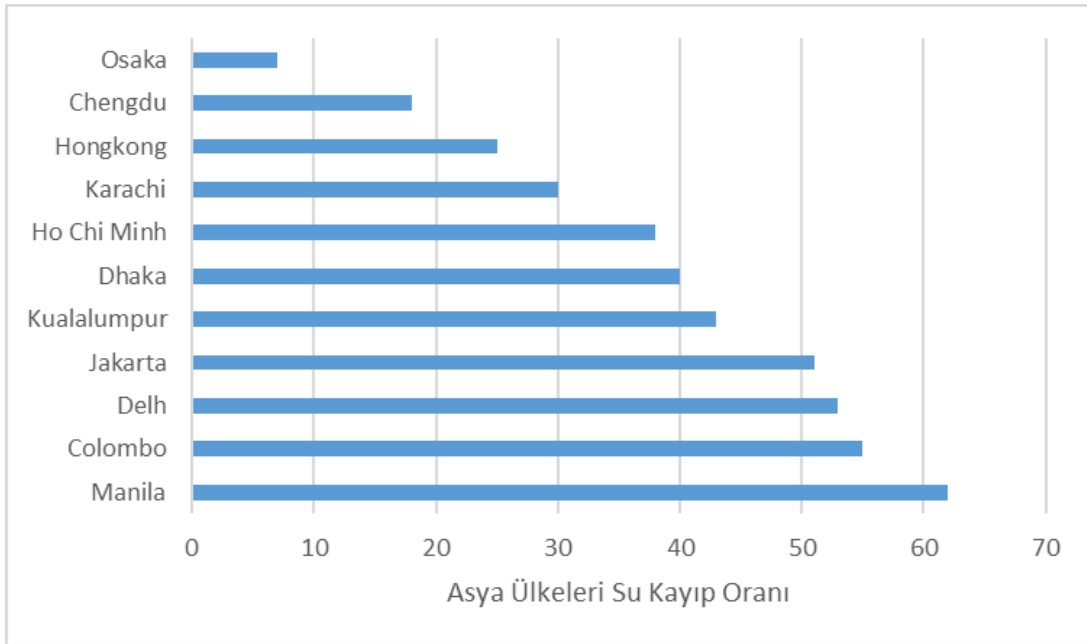
Diyarbakır su dağıtım şebekesinin belirlenen basınç bölgesi kendi içerisinde 25 adet alt besleme bölgesine ayrılmış ve bu bölgelerde yapılan menholler ve takılan debimetre ve basınç ölçerlerle SCADA sistemine bağlanmış ayrıca bölgede geniş çaplı bir GIS çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan sonra bilgiler Oracle veri tabanına aktarılarak SCADA, GIS ve abone sistemleri arasında bir matematiksel model geliştirilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda arazi çalışmaları tamamlanmış ve programın yazılım kısmına geçilmiştir. Burada abone ve SCADA'dan veri alımı için ara- yüz programlar yazılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ilk olarak su kayıpları yüzdesel olarak fiziksel ve ticari olarak kayıp yüzde oranları ile tespit edilmiştir. Harita üzerinden öncelikli olarak nerelerde kaçak taraması yapılması gerektiği bulunmuştur. Sahada bölgesel olarak ölçülen değerler ile abonelerin toplam tüketim değerleri karşılaştırılarak hangi binalarda, hangi bölgede, hangi sokakta ne kadar kaçak tüketim olduğu görülebilmektedir. Böylece kaçak oranı yüksek yerler ile diğer sistemlerden gelen demografik bilgiler karşılaştırılıp, kaçak tüketime neden olan sosyolojik sebeplerin de incelenebilme imkanı bulunmuştur (Songur ve Dabanlı, 2006).

Su dağıtım sistemlerindeki kayıplar, zengin su kaynaklarıyla tanınan ülkelerde dahi büyük bir ciddiyet içerisinde takip edilmektedir. Fakat genel olarak bakıldığı zaman, gelişmiş ülkelerde su kayıpları daha az görülmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) yaptıkları bir çalışmada, bazı Avrupa ülkelerindeki su kayıp oranlarını Şekil 2.9'daki gibi bulmuştur. Bu veriler incelendiğinde, Finlandiya, Danimarka ve Almanya gibi gelişmiş ülkelerdeki su kaybı miktarı %15'in altındayken, Bulgaristan, Slovenya ve Macaristan gibi ülkelerdeyse %35-50 oranlarında olduğu görülmektedir. 2007 senesindeki verilere bakıldığında, İngiltere'nin su şebekelerindeki kaybın %20 civarında olduğu görülebilir (Öztürk, 2009).



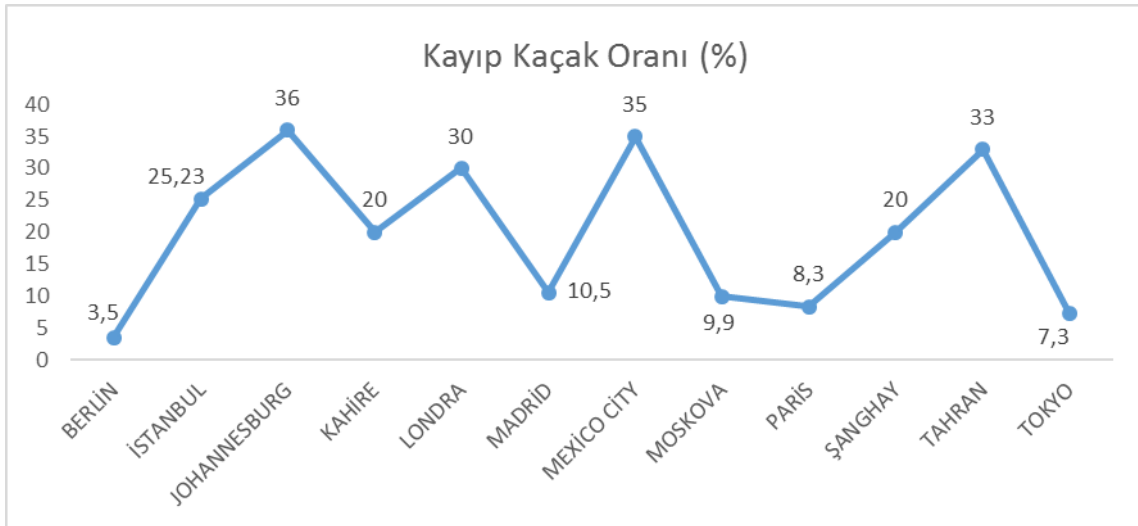
Şekil 2.9. Avrupa ülkelerindeki ortalama su kayıpları oranı (Öztürk, 2009)

Bir kaç Asya ülkesinde bulunan şehirler içerisindeki fatura kesilemeyen su kaybı oranı Şekil 2.10'da gösterilmektedir. Colombo, Cakarta, Delhi ve Manila gibi şehirlerdeki şebekelerde bulunan su kaybı, %50'nin üzerinde olmaktadır. Osaka şehrindeyse şebekelerdeki su kaybı, %10'un altında görülmektedir. Tüm sonuçlara bakıldığında, şebekelerdeki su kaybı oranının %10 oranının altına indirilebileceği görülmektedir (Öztürk, 2009).



Şekil 2.10. Asya Ülkelerindeki Ortalama su kayıpları oranı (Öztürk, 2009)

İSKİ tarafından 2004 yılında yaptırılan 13 Dünya Metropolünde Su Yönetimi “Benchmarking Çalışması” kapsamında Berlin, İstanbul, Johannesburg, Kahire, Londra, Madrid, Mexico City, Moskova, New York, Paris, Şanghay, Tahran ve Tokyo şehirlerinde çalışılmıştır. Çoğu başkent olan bu şehirlerin ülke nüfuslarına bakıldığında, dünya nüfusunun yaklaşık yarısını kapsamaya açısından önemlidir. Çalışma kapsamında şebekelerdeki toplam su kayıplarının yüzde olarak dağılımlarına bakıldığında, 13 metropole ilişkin ortalama su kaybının %20 olduğu görülmüştür. Madrid, Moskova, Paris, Tokyo ve Berlin’deki su kaybının ortalamadan daha az olduğu, Kahire ve Şanghay’daki su kaybının ortalamaya eşit olduğu ve sırasıyla ortalamadan daha fazla su kaybı olan şehirlerin ise Johannesburg, Mexico City, Tahran, Londra ve İstanbul olduğu belirlenmiştir. Su kaybının nedenlerinin çoğunlukla fiziki kayıp ve kaçak kullanım olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca New York soruya yanıt vermemiştir. Belirlenen kayıp su oranları Şekil 2.11’de gösterilmiştir (Anonim, 2017e).



Şekil 2.11. 13 Dünya Metropolünde Su Kaybı Oranları (Anonim, 2017e)

Yapılan kaçak su tespit çalışmaları incelendiğinde; Berlin’de kaçak su tespit çalışmalarının yapılmadığı; İstanbul’daysa sayaç endeks tespiti, sokak ve bina taramaları, ihbarlar, su kullanımı yüksek müşterilerin periyodik kontrolleri ve gece ekiplerince yapılan kontroller, düzenli olarak abonelerin su kullanımlarının incelenmesi ve su kullanım averajları düzensiz olarak gelenlerin kontrol edilmesi, sayaçların ölçüye çıkartılarak ölçü raporları ile abonelerin sayaca müdahale durumlarının tespit edilmesi ile yapıldığı belirlenmiştir. Johannesburg, Moskova ve Tahran’da kontrol yapılmadığı, Kahire’deyse her mahallede bulunan 23 şebeke merkezinden tespit edilmeye çalışıldığı

bildirilmiştir. Londra'da sayaç takılan işyeri abonelerinin kontrolü ve evlerde 4 ayda bir evin boş olup olmadığının kontrolü ile ihbarlar sonucu tespitin yapıldığı, ayrıca kaçak su kullananlara 6 yıl öncesine dönük faturalandırma yapıldığı ifade edilmiştir. Madrid'de kontrol programı kullanılmaktayken, Mexico City'de kayıtsız kullanıcıları tespit etmek ve izlemek üzere sürekli bir program uygulanmakta ve bu arada da bu bölgeleri denetlemek amacıyla kadastral planlar ve programlar yeniden gözden geçirilmektedir. Paris'te kaçak su kullanımı bulunmamaktadır. Ancak, mevcut kaçağın önlenmesine ilişkin yüksek teknolojiye sahip projeler üretilmektedir. Şanghai'da yasal işlem uygulanmakta. Tokyo'da boş yerlerde, sayaç ibresinde değişim olup olmadığı araştırılmaktadır (Anonim, 2017e).

"Su ve kanal şebekesindeki arızalardan nasıl haberdar olunuyor?" sorusuna şehirlerin verdikleri yanıtlar şöyledir; Tahran'da telefon, abone ihbarı, kontroller, yüksek tüketim ve sayaçları yüksek çıkan yerlerin kontrolüyle; Moskova'da cihaz kontrolüyle; Tokyo'da kontrollerle; Paris'te SCADA merkezindeki basınç ölçerle; Madrid'de telefonla; Şanghai'da SCADA alarmı, abone ihbarı ve acil servis sisteminden alınan bilgilerle; Kahire'de ihbarlarla; Mexico City'de içme suyunda görünmeyen kayıplar olduğunda ilçe yönetimlerinden kaçakların türüyle ilgili raporlar alınarak; Johannesburg'da çağrı merkezi gelen ihbarlarla; Londra'da telefon ve SCADA ile; Berlin'de basınç düşüşü, kontroller ve abonelerden alınan bilgilerle; İstanbul'daysa abonelerin telefon ihbarı ve internetle haberdar olunmaktadır (Anonim, 2017e).

Su ve kanal şebekesindeki arızalara müdahale süresi incelendiğinde, Tokyo'da minimum 30 dk maksimum 1 saat; Paris'te minimum 5 dk maksimum 2 saat; Şanghai'da maksimum 1 saat; İstanbul'da minimum 1 saat maksimum 24 saat; Kahire'de minimum 12 saat maksimum 48 saat; Mexico City'de minimum 6 saat maksimum 48 saat; Moskova'da maksimum 24 saat; Johannesburg'da minimum 1 saat maksimum 48 saat; Londra'da minimum 1 saat maksimum 4 saat; Berlin'de 1 saatten az bir süre içinde arızalara müdahale edilmektedir. Öte yandan Tahran, Madrid ve New York soruya yanıt vermemiştir (Anonim 2017e).

Çalışmada *"Su şebekesinde arızalar en fazla hangi noktalarda ortaya çıkmaktadır?"* sorusuna Çizelge 2.7'de verilen yanıtlar şöyledir: Tahran'da bağlantı yerlerinde ve boru hattında; Moskova'da yeraltındaki borularda, çatılanma noktalarında ve dökme demir borularında; Tokyo'da servis boruları açısından tüm boru hattının %97'sinde su sızıntısı olarak; Paris'te nadir olarak şebeke borularında; Madrid'de evsel bağlantılarda ve kalite standartları olmayan eski borularda; Mexico

City’de borularda ve boruların ek yerlerindeki vanalarda; Londra’da eski hatlarda; Berlin’de eski borularda; İstanbul’da şube yollarında ve şebeke borusu üzerinde arızalar oluşmaktadır. Şanghay’da boruların eskiliğinden, tortulaşmadan ve bazen inşaat yapım çalışmalarından arıza olmaktadır. Kahire’de arızalar her yerde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Johannesburg’da patlama ve sızıntılar olmaktadır (Anonim, 2017e).

Çizelge 2.7. 13 Dünya metropolünde arızaların en fazla ortaya çıktığı noktalar (Anonim 2017e)

ŞEHİRLER	ARIZA NOKTALARI
BERLİN	Trafikten kaynaklanan basınç nedeniyle eski borularda
İSTANBUL	Şube yollarında, şebeke borusu üzerinde
JOHANNESBURG	Patlama ve sızıntı
KAHİRE	Dağıtım borularında ve bağlantı noktalarında
LONDRA	Kuzey Londra'nın eski hatlarında (boru patlağı)
MADRİD	Evsel bağlantılarda, kalite standartları olmayan eski borularda
MEXİCO CITY	Borularda, ek yerlerindeki vanalarda
MOSKOVA	Yer altındaki borularda en çok rastlanan arızalar delinme, çatallanma noktalarındaki arızalar ve dökme demir borularının kırılması
PARİS	Nadir olarak şebeke borularında
ŞANGHAY	Boruların eskiliğinden, tortulaşmadan bazen inşaat-yapım çalışmalarından
TAHRAN	Bağlantı yerlerinde ve boru hattında
TOKYO	Servis boruları açısından tüm boru hattının %97'sinde su sızıntısı olarak ortaya çıkan arızalar

1987 yılında American Water Works Association (AWWA, 1987) tarafından yapılan bir çalışmada faturalandırılan su kullanımı, faturalandırılıp ölçülmüş su olarak kabul edilmiş; faturalandırılmayan su miktarları ise bunun dışında kalan tüm kullanım ve kayıplar olarak değerlendirilmiştir. AWWA, daha sonraki yıllarda ülke genelinde yaptığı çalışmalar sonucunda bölgesel denetleme planını aşağıdaki adımlar şeklinde ortaya koymuştur.

- Su kaybı politikası: Bölgede su kayıplarını azaltmayı amaçlayan bir politika mevcut mu? Mevcut ise hangi firmalar bu sorumluluğu almıştır?
- Su kaybının tarifi: Bölgede su kaybı veya faturalanmayan su miktarı için bir tarif var mıdır?
- Faturalandırma ve rapor etme: Bölgede kayıp sular için faturalandırma veya kayıt altına alma konusunda bir metot var mı?
- Standartlar: Bölgede kayıp sular için kabul edilebilir standart bir oran var mı?
- Amaç ve hedef: Bölgenin su kaybını azaltmak konusunda belirlenmiş bir amaç ve hedefi var mı?

- İhtiyaçları planlama: Bölgede su kayıplarını minimuma indirebilmek ve bunun önüne geçmek için bir plan yapılmış mı?
- Veri ve analiz: Bölge şebeke sistemindeki kayıpların veri ve analizleri yapılmış mı?
- Teknik destek: Bölge su kayıplarını azaltma konusunda gerekli olan teknik desteği alabiliyor mu?
- Performans: Bölge su kayıpları konusundaki çalışmalarında yeterli performansı gösteriyor mu?
- Uygulanabilirlik ve yaptırım: Bölge su kayıpları politikasındaki uygulamaları ve yaptırımlarında yeterince başarılı mı?

AWWA her eyaleti ayrı ayrı inceleyerek kabul edilebilir su kayıplarını ülke genelinde bu şekilde denetim altına almaktadır. Örneğin Kansas Su İdaresinde 1997 yılında su kayıpları toplamı %30 iken, AWWA tarafından incelemeye alınmış ve sürdürülebilir bir politika ile hedef ve amaca yönelik bir program çıkartılarak 2001 yılında bu değer %16'ya indirilmiştir (Dikmen, 2005). Amerika'da eyaletlere yönelik farklı su kaynakları ve farklı kullanım alanları olduğundan (eyaletlerin bazılarında yüzme havuzları ve golf sahaları gibi ortak alanlardaki su kullanımları ücretsiz gruba girmektedir) ve faturalandırılmamış su kullanımı su kaybı olarak tanılandığından dolayı su kayıp oranı %15-25 civarında değişmektedir (AWWA, 1987).

Almanya Ulusal Su Kaybı Yönetimi ve Tekniği Raporunda yer alan konuya yaklaşım tekniğiyle, 1940'lı yıllardan başlayan çözüm arayışları sonunda bulunmuş ve ülke genelinde %10-15'li seviyelerde tutulabilmiştir. Ancak konuya yaklaşımın ilk adımında üretilen su olarak değil, şebeke sistemine verilen su miktarı hesaba alınmıştır. Kayıp suların analizi IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesi Tablosu kullanılarak yapılmaktadır.

DVGW (Alman Gaz ve Su İşleri Birliği) adlı şirket su kayıpları hakkında bir takım istatistiksel çalışmalarda bulunmuştur. Bu çalışmada boru çeşitleri, bağlantı malzemeleri, şube yolu bağlantı borularının kayıp su üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Su kayıpları üzerinde malzeme farklılıklarının etkisi de anlamlı bulunmuştur. Örneğin; düktil font borular 100 kilometrede 3 arıza verirken, çelik borular 33 arıza vermektedir. Sonuç olarak şebeke sistemini oluşturan malzemelerin cinsi kısmen su kayıplarından sorumlu tutulmuştur. Bu çalışmayla, bilgisayar ortamında malzeme çeşitleri ve diğer ortam şartlarında gerçek kayıpların ne olabileceği konusunda

bir standart oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, incelenecek sistemin verileri bilgisayar ortamına aktarıldığı zaman elde edilenler gerçek su kaybından fazla ise, sisteme ne şekilde müdahale edilebileceği konusunda bilgi alınabilmektedir. Almanya'nın genelinde arızalara anında müdahale edilebildiğinden ve şebeke izleme sistemi ve abone bilgi sistemi etkin kullanılabildiğinden dolayı toplam su kayıpları %10-15 civarında kalabilmektedir (Weimer, 2001).

İçme suyu dağıtım sistemlerindeki su kayıpları ve bu kaybı azaltabilme amacıyla İran'da yapılan bir çalışma sonucunda su kayıp oranları belirlenmiştir. 1989 yılında nüfusu yaklaşık 25 milyon olan İran'ın su kaynaklarının toplam kapasitesi 4,4 milyon m³'tür. 2.250 milyar m³ artırılmış suyun yaklaşık %40'a tekabül eden 1.300 milyar m³'ü şebekeye verildikten sonra faturalandırılmayıp kayıp su olarak belirlenmiştir. Bu kayıplar fiziksel ve fiziksel olmayan sebeplerden kaynaklanmaktadır. 1989 yılında 2700 adet kuyu ve 50.000 kilometre şebeke uzunluğu olan ülkede nüfusun %86'sı içme suyu şebekesini kullandığı, 1997 yılında 35 milyon olan nüfusun %98'inin şehir şebeke sisteminden yararlandığı tespit edilmiştir. Geriye kalan %2'lik kısmı ise herhangi bir şekilde, yine kayıt dışı olarak içme suyu şebekesi sistemini kullandığı kanaatine varılmıştır.

1997 yılında su kaynakları 6.800 milyon m³ olmasına rağmen yapılan şebeke yenileme çalışmaları ile artırılıp şebekeye verilen sudaki kayıp miktarları %30 düşürülmüştür. 1989-1997 yılları arasındaki sekiz yıllık periyotta 19 yeni arıtma tesisi devreye girmiş, kuyu sayısı 3710'a yükselmiş ve şebeke uzunluğu 65.000 kilometreye ulaşmıştır. Şebeke yenilenmesinden %10 kazanç sağlayan yönetim bu konu üzerine daha ciddi bir şekilde eğilmiş ve kayıp sebeplerini ülke genelinde çözümlenmeye çalışmıştır. Toplam kayıpların %48'inin fiziksel sebep olduğu tespit edilmiş, geriye kalan %52'lik kısmın ise fiziksel olmayan sebeplerden dolayı olduğu ortaya konulmuştur. İlk adım olarak fiziksel olmayan kayıpların sebeplerinin çözümlenmesine gidilmiş ve illegal bağlantılar, hatalı faturalandırma, sayaç okuma ve tahakkuk sisteminin gözden geçirilmesi gibi kararlar alınmıştır. Bir yıl sonra faturalandırılmayan su miktarının sebepleri ve her bir sebebin toplam içindeki yüzdesi genel olarak ortaya konulmuştur. Örneğin kayıp suların %11'inin sayaç hatasından, %3'ünün hatalı sayaç okumadan, %5'inin kaçak bağlantılardan meydana geldiği anlaşılmıştır. 60.000 kaçak bağlantı kayıtlara geçirilip abonelikleri başlatılmıştır. Fiziksel kaçakları önlemek amacıyla kayıp ve sistemin beslenme yapısını kontrol eden 140.000 hat vanası tespit edilip işletmeye alınmıştır. Detektörlerle sisteme verilen suların en az karşılığı gelen

bölgelerde şebeke kaçakları taranmıştır. Çapı 200 mm'nin üstündeki şebeke borularının işletme anında olması gereken optimum basınçları tespit edilip düzeltilmiştir. Yapılan bu çalışma ile fiziksel ve fiziksel olmayan su kayıp miktarları kabul edilebilir seviye olan %15 seviyesine gerilemiştir (Dikmen, 2005).

1989-1995 seneleri arasında Singapur hesaplanamayan su miktarını %10,6'lık bir orandan %6,2 gibi bir orana düşürmüştür. Sızıntılar tespit edilmiş, tamiri yapılmış, borular yenilenmiş ve itfaiyeler de dahil olmak üzere ölçüm oranını %100 yaparak, tesisler inşa edilirken veya büyütülürken gözden kaçan kayıpların da önüne geçerek 26 milyon dolardan fazla bir tasarruf elde etmiştir. 2003 senesine gelindiğindeyse bu hesaplanamayan su miktarında %5'lere kadar düşüş sağlanmıştır. Ölçülemeyen su kayıplarını minimuma indirmek ve faturalamayı doğru yapmak için, ticaret ve sanayi tesislerinde bulunan sayaçların her dört senede, evlerde bulunan sayaçlarınsa yedi senede bir değiştirilmesi sağlanmıştır. Singapur'da bulunan su işletmecileri aynı zamanda su denetimlerini, okul programlarını, halk eğitimini ve içilmesi mümkün olmayan suyun sanayi tesislerinde kullanılarak değerlendirilmesini desteklemektedir. Su boruları ile habersiz ya da yasa dışı bağlantılar yapmanın cezası üç sene hapis veya 50.000 dolar para cezası şeklinde kararlaştırılmıştır. 1995'te Singapur'da bulunan yaklaşık 3 milyon insan günde 1,2 milyon m³ civarında su harcarken, 2003 senesine geldiği zaman nüfus 4,2 milyon olmasına rağmen, talep edilen toplam su miktarında sadece %8 artış olmuştur (Postal ve Vickers, 2004).

Fukuoka şehri, su koruma bilincine sahip olmasıyla tanınmaktadır. Kullandıkları sistemle Japonya'daki en düşük sızıntı oranına sahiptir ve bu oran yaklaşık %5 civarındadır. Şehirdeki kişi başına olan su tüketimi, Fukuoka büyüklüğünde olan diğer şehirlere oranla yaklaşık %20 daha az olmaktadır. Fukuoka şehrinin bu tasarrufu elde etmesinin sebepleriye, etkin şekilde kullanılan sızıntı tamir ve tespit sistemi, yağmur sularının toplanması, gelişmiş ölçüm sistemleri, daha önce kullanılmış olan suların tuvaletlerde kullanılarak değerlendirilmesi, evlerin büyük bir çoğunluğunda verimli musluklar olması ve halkın su sorunlarıyla ilgili bilinçlendirilmesidir (Postal ve Vickers, 2004).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Konya Su Temini ve Su Şebekesi

Konya ili yeterli ve kaliteli suyun şehir halkına dağıtılması bakımından en ileri illerimizin başında gelmektedir. Konya tarihinde en önemli su kaynağı, şehir içinden geçen Meram Deresi olmuş ve yüzyıllar boyunca şehrin içme ve sulama suyu ihtiyacını karşılamıştır. Yapılan su sarnıçlarından, şehrin iç kısımlarındaki küçük depolara 10-15 cm çaplı kilden yapılmış borularla su iletilmiş ve içme suyu temini buralardan sağlanmıştır. Geçmişten bu güne kadar suyun nasıl temin edildiğine bir bakarsak, şehrin içme suyu ilk kez 13.YY'da Selçuklular döneminde Alaaddin Keykubat tarafından ele alınmıştır. Bu dönemde şehrin batısındaki Mukbil ve Beypınarı memba suları, şehir merkezinde Havzan yöresine yapılan bir depoda toplanarak dağıtımına verilmiştir. Zamanla artan su ihtiyacının karşılanması amacıyla, Osmanlılar devrinde Yavuz Sultan Selim 3. Bir kaynağı (Dutlu) 12 km uzunluğundaki isale hattı ile şehre getirmiştir. Ancak o yıllarda bile isale edilen su kent ihtiyacını karşılayamamış ve halk merkezden akan Meram çayının suyunu kullanmıştır. 1902 yılında Şehir merkezinde bulunan Alaaddin Tepesine inşa edilen depoya 4. Bir kaynağı (Çayırbağı) suları font borularla isale edilmiştir. Mukbil ve Beypınarı kaynaklarının isale hatları 1924 yılında, Dutlu kaynağının isale hattı ise 1937 yılında pik borularla yenilenmiştir. 1956 yılına kadar kentin su ihtiyacı belirtilen tatlı su pınarlarından sağlanmıştır. Bu tarihten itibaren artan su ihtiyacını karşılayabilmek için derin kuyular açılmaya başlanmış ve sondajla yeraltından elde edilen sular doğrudan dağıtım şebekesine pompalanarak kullanıma verilmiştir. Dağıtım şebekesi ve depolama hacmi, artan ihtiyaca göre zaman içinde genişletilmesine rağmen, bu geliştirme bir proje ve planlamaya dayalı olmadığından, kontrollü olarak işletilemeyen, ekonomik olmayan, sağlık ve yangın yönlerinden emniyetsiz ve yetersiz bir sistem ortaya çıkmış ve şehrin gelecekteki su ihtiyacını karşılayacak kapasitede olmamıştır. Bu maksatla geleceğe yönelik olarak bir projenin hazırlanması yoluna gidilmiş ve şehrimiz için ilk kapsamlı proje çalışması 1984 yılında yapılmıştır. Projeye göre şehrin 1985–2015 yılları arasındaki su ihtiyaçlarının, imar planına göre gelişme ve 5'er yıllık nüfus artışları dikkate alınarak Altınapa Barajı'ndan ve yeraltı su seviyesi ve kalitesine göre 6 bölgede açılacak 95 adet sondaj kuyusundan karşılanacağı planlanmıştır.

Konya ilinde içme, kullanma ve endüstri suyu halen 3 farklı su kaynağından sağlanmaktadır. Bunlar;

- Yüzey suları (Altınapa Barajı)
- Yeraltı suları
- Pınarlar

Konya merkezde 267 adet kuyu, 26 adet gömme depo, 41 adet pompa istasyonu olmak üzere toplam 334 adet tesis ve 5.500 km şebeke uzunluğu ile hizmet verilmektedir.

Yüzey Suları (Altınapa Barajı): Altınapa barajının kapasitesi 30.000.000 m³, su toplama havzası 589 km², üretilen su miktarı (son on yılın ortalaması) 24.000.000 m³/yıl'dır. Bu miktar şehir ihtiyacının %17'sine tekabül etmektedir. Altınapa Barajından alınan suyun bir arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra kullanıma verilmek üzere Konya İçme Suyu Arıtma Tesisleri 1995 yılında faaliyete geçmiştir.

Yeraltı Suları: Konya İli içme kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının karşılanmasında paydaş olan Altınapa Barajında son yıllarda yetersiz yağış nedeniyle yeterince su depolanamamıştır. Buna bağlı olarak şehrin geri kalan su ihtiyacının karşılanması için yeraltı su kaynağına yönelinmiştir. Konya ili içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak üzere 33 adedi gözlem amaçlı toplam 267 adet su kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların derinlikleri 100-180 m arasında değişmekte olup kuyu verimleri de 15-60 L/sn arasında değişmektedir. Kuyulardan elde edilen sular yerin derinliklerinden sağlandığı için sular temiz ve insan sağlığına olumsuz yönde etki edecek herhangi bir unsur içermemektedir. Bu sular herhangi bir işleme tabi tutulmadan dağıtım depolarına iletilmektedir. Ancak, dağıtım şebekesinde sonradan oluşabilecek bir kirliliğe karşı sular klorla dezenfekte edilmektedir. Yer altı suyundan elde edilen suların sertlikleri Litolojik değişime bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte 18-35 FS (Fransız Sertliği) arasında değişmektedir. Şehrin su ihtiyacına göre kuyular tamamı veya bir bölümü devreye alınmaktadır. Bunun neticesinde yeraltı su seviyelerinde çok ciddi düşüşler yaşanmıştır. 2006 yılı ölçümlerinde yeraltı su seviyesinde; Meram bölgesinde 2-5 m, Selçuklu bölgesinde 1-4 m, Karatay bölgesinde 1-3 m düşüş yaşanmıştır. Kuyulardan üretilen su miktarı son on yılın ortalaması 54.000.000 m³'dür.

Pınar Suları: Geçmişte şehrin su ihtiyacını karşılayan Mukbil, Beypınarı, Çayırbağ, Dutlu, Kırankaya, Şadiye, Yeşilefendi olmak üzere yedi adet kaynak suyu bulunmaktadır. Pınar sularının ortalama debisi 90 L/s olup, pınar sularının dağıtımının yapıldığı 1002 adet tatlı su çeşmesi bulunmaktadır. Mukbil, Beypınarı, Dutlu Kırı, Çayırbağı, Şadiye tatlı su kaynakları 1990'da yapılan bir projeye ayrı bir şebeke hattıyla mahallelere yapılan tatlı su çeşmeleriyle ücretsiz bir şekilde halkın kullanımına sunulmuştur. Bu pınar suları topoğrafik kot farkından dolayı cazibeyle aktıkları için herhangi bir enerji kesilmesi veya pompa arızası durumlarında diğer kaynaklardan su verilemese dahi halk su ihtiyacını cazibe ile akan bu çeşmelerden ihtiyacını rahatlıkla karşılayabilir. Pınar suları çok kaliteli sular olup sertlikleri 16-18 FS (Fransız Sertliği) arasında değişmektedir. Pınarlar çıktıkları yerde kapte edilerek dağıtım şebekesine alınmışlardır. Bu pınarların çevresinde herhangi bir yerleşim birimi veya kirletici unsur bulunmadığından suları temiz olup insan sağlığını etkileyecek herhangi bir madde içermemektedir. Pınar sularını dağıtım şebekesinde oluşabilecek bir kirliliğe karşı klorla dezenfekte edilmektedir. Halen 541 adet tatlı su çeşmesiyle bu pınar suları hizmet sunmaktadır.

Pınar sularının kullanımının olmadığı saatlerde boşa akmaması için Çayırbağı kaynağı hattı üzerine 2000 m³'lük, Dutlu kaynağı hattı üzerine de 3000 m³'lük gömme depo yapmak suretiyle fazla sular burada depolanmakta olup gündüz saatlerinde çeşmelerin daha basınçlı ve kesintisiz şekilde akması sağlanmaktadır. Ayrıca şehrin kuzey kesiminin ihtiyacını karşılamak için Şadiye köyü sınırları içine bir derin kuyu açılmıştır. Bu kuyunun verimi 15 L/sn olup 500 m³'lük bir depoya basmaktadır. Şadiye kuyusu 18 FS sertliğindedir. Bu depodan Sancak Mahallesinde 7 adet, Bosna Hersek Mahallesinde ise 13 adet tatlı su çeşmesini beslemektedir. Dört pınar ve Şadiye kuyusundan alınabilen su miktarı 165 L/sn civarındadır. Pınarların etrafları korunmuş olup kirlilik oluşturacak herhangi bir yapılaşmaya müsaade edilmemektedir.

İçme Suyu Arıtma Tesisi: Tesis 200.000 m²'lik alan üzerine oturtulmuş olup maksimum kapasitesi 104.000 m³/gün'dür (1.2 m³/sn). Altınapa Barajı dip savak borusundan ayrılan Ø600 mm branşman hattından alınan su 5178 m uzunluğundaki Ø800 mm çaplı Dere hidroelektrik santrali çevirme bendine ulaşmaktadır. Buradan enerji kırıcı vana sonrası 2700 m uzunluğundaki kutu kesit beton kanal vasıtasıyla hidroelektrik santrali cebri boru yükleme havuzuna gelmektedir. Hidroelektrik Santralinde elektrik üretildikten sonra su Ø1000 mm çaplı çelik boru vasıtasıyla kendi

cazibesiyle 7722 m mesafe ile Arıtma tesislerine ulaşmaktadır. Tesis Barajdaki su durumuna göre; kurak mevsimlerde (barajda suyun az olduğu dönemlerde) 0.33 m³/sn, barajda yeterli miktarda suyun olduğu dönemlerde ise 1.2 m³/sn suyu arıtacak şekilde yapılmıştır. Tesis durultucu ünitesi, filtre ünitesi, kimya ünitesi, klorlama ünitesi, temiz su deposu, pompa istasyonu ve laboratuvar birimlerinden oluşmaktadır. Ayrıca tesiste idari bina, trafo merkezi, atölye ve ısı merkezi, lojmanlar, bekçi binası gibi yardımcı yapılar mevcuttur. Durultucu ünitesindeki durultucu tipi çamur blanketli olup havuz sayısı 4 adettir. Her bir havuzun boyutları 36 m uzunluğunda 10.5 m genişliğindedir. Su derinliği 4.5 m'dir. Her bir havuzda 7 adet çamur konisi bulunmaktadır. Durultuculardan geçen su durulmuş olarak filtre ünitesine geçmektedir. Filtrelerin tipi hızlı kum filtresi olup 7 adet çift gözlü filtre bulunmaktadır. Her bir yatağının eni 6 m boyu 17 m olup net filtre alanı 714 m²'dir. Filtre yatağı üzerindeki su yükü 1.45 m'dir. Filtre ünitesinde kirlenen filtreleri yıkamak için filtre ünitesinin altında 700 m³'lük geri yıkama suyu deposu bulunmaktadır. Kimya ünitesinde suyun arıtılmasında çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu kimyasal maddeler; koagülant (pıhtılaştırıcı) olarak alüminyum sülfat ve pıhtılaştırıcı yardımcısı olarak polielektrolit ve pH düzenlemesi için sülfürik asit kullanılmaktadır. Kimya ünitesinde bu kimyasal maddelerin çözeltilerinin hazırlandığı çözelti tankları, dozlama pompaları, kimyasal madde stok depoları ile ofisler bulunmaktadır. Klorlama ünitesinde suya oksidasyon amaçlı gaz klor verilmektedir. Klor özel işletme ve güvenlik şartları gerektirdiğinden klorlama ünitesi diğer kimyasal maddelerin bulunduğu ünitelerden ayrı yapılmıştır. Bu üniteye klornatörler, enjektörler, klor tankları deposu, yedek klor tankları deposu, klor kaçak detektörleri, hava tahliye sistemi, yağmurlama sistemi, buster pompaları bulunmaktadır. Temiz su deposu filtrelenmiş su dağıtımına verilmek üzere her biri 8.000 m³ olan 2 gözlü toplam 16.000 m³ bir depoda toplanmaktadır. Bu deponun vana odasından 3 ayrı çıkış mevcut olup bunlardan 20.000 m³'lük Dedekorkut deposuna ve Merkez şebekeye cazibeyle, 5.000 m³'lük Akyokuş Deposuna terfi ile su verilmektedir. Pompa İstasyonu temiz su deposu vana odasından Ø400 mm çaplı boru ile alınan su pompa istasyonunda bulunan 3 adet pompa ile Akyokuş deposuna basılmaktadır. Pompaların debisi 77 L/s, basma yükseklikleri 56 mSS.

Gerek ham suyu gerek temiz suyun çeşitli fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizlerinin yapıldığı KOSKİ laboratuvarında su sürekli kontrol altında bulundurulmaktadır. Suyun her türlü analizini yapacak yüksek teknolojiye sahip donanım mevcuttur.

Bu tesis su kullanımının fazla olduğu yaz aylarında şehrimizin su ihtiyacının 1/3'nü, kış ayların da ise su ihtiyacının 2/3'nü karşılamaktadır. Tesis 1998 birim fiyatları ile 2.500.000.000.000 TL'ye mal olmuştur. Tesiste idari, teknik ve işçi dahil 29 personel görev yapmaktadır. Tesis 3 vardiya halinde 24 saat kesintisiz çalışmaktadır. Arıtma tesisleri ve derin kuyulardan üretilen su miktarları ve oranları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Arıtma tesisleri ve derin kuyulardan üretilen su miktarları ve oranları tablosu (1995-2017)

Yıl	Tesis üretim (m ³)	Toplam üretimdeki oran (%)	Kuyu üretim (m ³)	Toplam üretimdeki oran (%)	Toplam üretim (m ³)
1995	23.881.000	43	31.799.727	57	55.680.727
1996	28.023.187	48	29.958.829	52	57.982.016
1997	18.450.576	30	42.560.417	70	61.010.993
1998	17.277.152	28	43.828.596	72	61.105.748
1999	20.313.501	29	49.955.745	71	70.269.246
2000	10.092.376	13	66.788.079	87	76.880.455
2001	2.970.928	3	89.288.369	97	92.259.297
2002	26.025.136	34	51.152.213	66	77.177.349
2003	32.646.400	45	41.111.491	55	73.757.891
2004	29.580.800	40	44.829.749	60	74.410.549
2005	8.041.800	10	70.630.678	90	78.672.478
2006	10.123.200	12	71.630.497	88	81.753.697
2007	18.414.000	28	46.418.000	72	64.832.000
2008	16.949.200	24	55.022.883	76	71.972.083
2009	21.653.500	32	46.603.852	68	68.257.352
2010	21.106.605	33	43.193.216	67	64.299.821
2011	17.590.806	26	51.025.418	74	68.616.224
2012	26.245.416	35	48.546.422	65	74.791.838
2013	22.446.603	29	54.734.405	71	77.181.008
2014	7.107.670	9	71.490.401	91	78.598.071
2015	25.397.819	30	58.453.354	70	83.851.173
2016	16.426.565	17	79.024.614	83	95.451.179
2017	19.153.626	19	84.069.455	81	103.223.081

Barajdan alınan sular kaliteli sular olup sertlikleri 21 FS (Fransız Sertliği) sertliğindedir. Barajdan alınan ham suda dahi sağlığı doğrudan etkileyecek unsurlara rastlanılmamaktadır. Bu sular arıtma tesislerinden arıtıldıktan sonra daha kaliteli hale gelmektedir. Baraj çevresinde barajı kirletecek unsurlara kesinlikle müsaade edilmemektedir. Bunun için barajın çevresi 300 m mesafede tel çitle çevrilerek koruma

altına alınmıştır. Baraj çevresinde herhangi bir yapılaşmaya müsaade edilmemektedir. Mevcut yapılarda kamulaştırılarak tahliye ettirilmiştir. Barajı besleyen ana dereler üzerinde yer alan Başarakavak Kasabası ile Tepeköy Kasabasının Atık suları her iki kasabaya da atık su arıtma tesisi yaparak atıklar etkisiz hale getirilmiştir. Konya şehrinin 2050 su ihtiyacı çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Konya şehrinin 2050 su ihtiyacı

Yıl	Nüfus *1000	Net su ihtiyacı	
		Kişi başı L/s/gün	Toplam m ³ /yıl
1985	575	187	39.300.000
1990	750	225	61.730.000
1995	835	252	76.950.000
2000	1000	244	89.220.000
2005	1110	249	101.030.000
2010	1210	261	115.290.000
2015	1300	274	130.080.000
2020	1412	291	141.267.000
2025	1516	308	151.720.000
2030	1610	327	160.975.000
2035	1685	346	168.380.000
2040	1735	367	173.432.000
2045	1760	389	176.033.000
2050	1770	412	176.562.000

Konya şehrinin su ihtiyacı DSİ ve DİE verilerine göre 2015 yılı için 1.300.000 kişiye karşılık yaklaşık 130.000.000 m³, 2050 yılı için ise 1.770.000 kişiye karşılık yaklaşık 177.000.000 m³ olarak öngörülmektedir.

3.2. Yöntem

Öncelikle Konya’da su kayıpları ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. 2007 yılından bu yana Konya’da uygulanan SCADA sistemi ile ilgili veriler sunulmuştur. 2016 yılında başlayan ve 2017 yılında da devam ettirilen DMA çalışmaları hakkında bilgiler sunulmuştur. Son kısımda ise 2015-2016 ve 2017 yılı için Konya içme suyu şebeke sistemine verilen su miktarı ve tahakkuk ettirilen miktarlar, KOSKİ’den temin edilen veriler neticesinde derlenerek kayıp su miktarı hesaplanmıştır. Ardından su

kayıplarını oluşturan bedelsiz kullanımlar, yasal olmayan yollardan kaçak su kullanımları, fiziksel kayıpları oluşturan etmenler vb. bileşenler tespit edilmeye çalışılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve standart su dengesi formu oluşturulmuştur. Kayıp su miktarının maliyeti hesaplanmıştır. Konya’da kullanılan su sayaçlarının akıllı sayaçlara dönüştürülmesi durumunda tasarruf edilecek su hacmi ve su maliyeti hesaplanmıştır. Tespit edilen su kayıplarının sebepleri hakkında tespitler yapılmaya çalışılmış ve çalışma sonucunda önerilerde bulunulmuştur.

Hesaplama yapılırken fatura edilen su miktarı ve fatura edilmeyen su miktarları toplanarak genel tüketilen su miktarı hesaplanmış olup üretilen su miktarından tüketilen su miktarı çıkarılarak su kayıp miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar 2015 yılı için Çizelge 3.3, 2016 yılı için Çizelge 3.4, 2017 yılı içinse Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. 2015 su üretimi ve faturalandırma miktarları

Aylar	2015 yılı abone sayısı	Üretilen su miktarı (m ³)	Fatura edilen su miktarı (m ³)	Fatura edilmeyen su miktarı (m ³)	Kayıp miktarı %
Ocak	442387	5.805.331	4.333.520	24.363	24,93
Şubat	443176	5.248.867	3.473.375	26.206	33,33
Mart	444732	6.032.849	4.032.843	78.773	31,85
Nisan	446527	6.306.642	4.006.027	46.986	35,73
Mayıs	447826	7.453.565	4.482.933	37.042	39,36
Haziran	450320	7.254.292	4.999.663	60.968	30,24
Temmuz	452204	8.644.718	6.099.268	62.394	28,72
Ağustos	453921	9.457.722	6.532.823	44.997	30,45
Eylül	455000	8.262.158	6.288.183	78.812	22,94
Ekim	457327	6.878.256	5.852.224	90.177	13,61
Kasım	458980	6.385.453	4.680.296	38.965	26,09
Aralık	461319	6.121.320	5.475.485	124.460	8,52
Toplam	461319	83.851.173	60.256.640	714.143	27,29
Fatura edilen ve edilmeyen genel toplam			60.970.783		27,29

“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği” Orman ve Su İşleri Bakanlığının 8 Mayıs 2014 tarihli 28994 sayılı Resmî Gazetesinde yayınlanmıştır. Bu Yönetmeliğin Ek-1’inde verilen su dengesi formunun Belediyeler tarafından doldurulması istenmektedir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.4. 2016 su üretimi ve faturalandırma miktarları

Aylar	2016 yılı abone sayısı	Üretilen su miktarı (m ³)	Fatura edilen su miktarı (m ³)	Fatura edilmeyen su miktarı (m ³)	Kayıp miktarı %
Ocak	478792	6.668.978	4.429.144	23.019	33,24
Şubat	480123	6.192.584	4.505.935	25.831	26,82
Mart	484033	6.522.729	4.535.042	56.640	29,60
Nisan	485189	7.439.364	5.110.990	56.028	30,54
Mayıs	487696	8.188.750	5.282.656	39.143	35,01
Haziran	489016	9.988.926	6.484.020	73.239	34,35
Temmuz	490219	10.066.500	7.506.756	82.095	24,61
Ağustos	492782	10.414.086	6.368.703	49.016	38,37
Eylül	494500	8.607.815	7.988.071	90.453	6,15
Ekim	496759	7.869.473	6.122.917	89.137	21,06
Kasım	498219	6.955.742	5.215.069	38.549	24,47
Aralık	501079	6.536.232	5.232.314	91.134	18,55
Toplam	501079	95.451.179	68.781.617	714.284	27,19
Fatura edilen ve edilmeyen genel toplam			69.495.901		27,19

Çizelge 3.5. 2017 su üretimi ve faturalandırma miktarları

Aylar	2017 yılı abone sayısı	Üretilen su miktarı (m ³)	Fatura edilen su miktarı (m ³)	Fatura edilmeyen su miktarı (m ³)	Kayıp miktarı %
Ocak	501914	8.297.782	7.473.448	27.574	9,93
Şubat	503439	7.175.614	4.795.804	34.779	32,68
Mart	504255	7.641.539	4.346.876	121.763	41,52
Nisan	505938	7.759.759	4.694.004	85.275	38,41
Mayıs	507257	8.645.173	5.302.725	53.748	38,04
Haziran	509154	9.021.402	6.642.060	135.178	24,88
Temmuz	510581	11.333.789	6.987.071	102.781	36,43
Ağustos	512362	10.793.507	6.798.379	49.101	36,56
Eylül	513978	9.720.871	8.773.091	91.253	8,81
Ekim	515593	8.344.165	6.435.745	88.233	21,81
Kasım	517561	7.458.572	5.463.873	40.562	26,20
Aralık	518518	7.211.236	6.052.239	90.315	14,82
Toplam	520461	103.223.081	73.737.741	920.562	27,67
Fatura edilen ve edilmeyen genel toplam			74.658.303		27,67

Çizelge 3.6. Standart su dengesi formu

		Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım		Gelir Getiren Su Miktarı	
		Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım		
		$m^3/yıl$ (...%)	$m^3/yıl$ (...%)	$m^3/yıl$ (...%)	
İzinli Tüketim					
	$m^3/yıl$ (...%)				
Sisteme Giren Su Miktarı		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım		
	$m^3/yıl$ (100%)	$m^3/yıl$ (...%)	$m^3/yıl$ (...%)		
Su Kayıpları		İdari Kayıplar	İzinsiz Tüketim		
	$m^3/yıl$ (...%)	$m^3/yıl$ (...%)	Sayaçlardaki Ölçüm Hataları		
		Fiziki Kayıplar	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar		
		$m^3/yıl$ (...%)	Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar		
			$m^3/yıl$ (...%)		

Su dengesi içme suyu sistemindeki su kaybı miktarının belirlenmesi amacıyla, üretilen, tüketilen ve kaybolan su miktarının ölçülmesi veya hesaplanmasını ifade etmekte olup aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır. Sisteme giren su miktarı kaynaktan çekilerek su alma yapısı vasıtası ile ve/veya içme suyu arıtma tesisinden sisteme verilen su miktarıdır.

İzinli tüketim; faturalandırılmış izinli tüketim ve faturalandırılmamış izinli tüketimden oluşmaktadır. Faturalandırılmış izinli su tüketimi; faturalandırılmış

ölçülmüş kullanım ve faturalandırılmış ölçülmemiş kullanımdan oluşmaktadır. Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım su idaresinde abone olarak kaydı ve sayaç bağlantısı bulunan, düzenli olarak ölçülerek faturalandırması yapılan abonelerin kullandığı su miktarını ifade etmektedir. Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım ölçümü yapılmamış ancak tahmini olarak veya varsa standartlara göre hesaplanmış ve faturalandırılmış tüketim miktarını ifade etmektedir. Örneğin bir müşteri sayacının bozulması, bakım-onarımı hallerinde çalışır durumda olmadığı dönemde, abonenin diğer aylardaki kullanımını göz önünde bulundurularak veya idarenin bu kapsamda geliştirdiği bir standart doğrultusunda tahmini olarak faturalandırılması gibi. Faturalandırılmamış izinli tüketim ölçülmüş ancak izinli olarak faturalandırılmamış tüketim ile izinli olarak hem ölçümü hem de faturalandırılması yapılmamış bağlantılardan kaynaklanan toplam tüketimden oluşmaktadır. Faturalandırılmamış izinli su tüketimi; faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım ve faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanımdan oluşmaktadır. Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım su idaresinde abone olarak kaydı ve sayaç bağlantısı bulunan ve su tüketim ölçümleri yapılan, ancak idarenin bilgisi dahilinde izinli olarak faturalandırma yapılmayan abonelerin (cami, vs.) kullandığı su miktarını ifade etmektedir. Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım su idaresince şebekeye bağlantısı sağlanmış, ancak idarenin bilgisi dahilinde ölçüm ve dolayısı ile faturalandırma yapılmayan bağlantılardan (park, bahçe vs.) kullanılan su miktarını ifade etmektedir.

Su Kayıpları; şebeke giriş hacmi ile izinli tüketim arasındaki farktır. İdari kayıplar ve fiziki kayıpların toplamından oluşan su miktarını ifade etmektedir. İdari kayıplar sayaç ve okuma hataları ile kayıt hatalarından ve izinsiz tüketimden kaynaklanan su kayıpları miktarını, izinsiz tüketim idarenin bilgisi dışında, yasal olmayan bağlantılar ve sayaçlara müdahale yolu ile yasadışı kullanılan su miktarını ifade etmektedir.

Sayaçlardaki ölçüm hataları sayaçların üretimi ile ilişkili bütün hata tipleri ve sayaçların yaşı, modeli, çeşidinden kaynaklanan hatalardan, aynı zamanda veri işleme hatalarından (sayaç okuma ve faturalama) kaynaklanan su tüketimini ifade etmektedir. Fiziki kayıplar içme suyu temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarındaki kaçaklar ile depolarda meydana gelen kaçak ve taşmaların toplamından meydana gelir. Temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp-kaçaklar sistemde ihbar edilmiş veya edilmemiş patlamalar, boru ve teçhizattaki belirsiz kaçaklar, boru çatlakları, vanalardan gelen kaçaklar, abone bağlantıları ve servis depolarında meydana gelen her

türlü sızıntı ve patlama yoluyla kaybolan su miktarını ifade etmektedir. Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar sistem üzerindeki servis depolarında meydana gelen kaçak ve taşmalardan oluşmaktadır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Konya İlinde Su Kayıpları İle İlgili Çalışma

2001 yılında, su ihtiyacı Altınapa Barajından ve kuyulardan karşılanmakta olan ve 30 milyon m³/yıl su tüketen Konya kenti için bir çalışma yapılmıştır. İçme, kullanma ve endüstri suyu temini ve dağıtımını projesine göre şehir bölgelere ayrılarak beslenmektedir. Bu çalışmada abonelerin kullandıkları suyun hatalı ölçümler haricindeki kesin kullanımı tespit edilmeye çalışılmış, kullanım miktarı belli olan, ancak fatura tahakkuk ettirilemeyen su kullanımlarının tespitine gidilmiş ve geriye kalan miktar kayıp su olarak kabul edilmiştir. Öncelikle kuyulardan ve barajdan temin edilip şehre dağıtılan yıllık su miktarı tespit edilmiştir. Tespit edilen bu su miktarının aylara göre dağılımı hesaplanmıştır. Üretilen bu aylık su miktarlarının tespitinden sonra tahakkuk ettirilen su miktarları ev, işyeri, şantiye, sulama vb. abone gruplarına göre incelenmiştir. Bu verilerle Çizelge 4.1'de verilen üretim-tüketim ilişkisi çıkartılmıştır.(Demir, 2001)

Çizelge 4.1. Konya ilindeki su üretim-tahakkuk arasındaki ilişki (Demir, 2001)

Aylar	Üretilen Su (m ³)	Tahakkuk Ettirilen Su (m ³)	Üretim- Tüketim Farkı (m ³)	Fark %'si
Ocak	4.794.250	1.941.845	2.852.405	59,50
Şubat	3.938.675	1.870.515	2.068.160	52,50
Mart	4.831.878	1.832.557	2.999.321	62,07
Nisan	4.911.638	2.082.546	2.829.092	57,60
Mayıs	6.457.366	1.874.890	4.582.476	70,96
Haziran	6.326.538	2.589.389	3.737.149	59,07
Temmuz	6.889.043	2.428.333	4.460.710	64,80
Ağustos	6.657.152	3.006.908	3.650.244	54,83
Eylül	5.948.409	3.022.989	2.925.420	49,20
Ekim	7.133.588	4.712.980	2.420.608	33,93
Kasım	6.244.949	3.919.086	2.325.863	37,24
Aralık	6.125.767	2.320.016	3.805.751	62,12
TOPLAM	70.269.246	31.602.054	38.667.192	55,00

Çizelge 4.1'den de görüleceği üzere Konya ilinde aylara göre üretim ve tahakkuk arasında paralellik yoktur. Bunun sebebi su üretildikten iki ay sonra tahakkukun yapılmasıdır. Tahakkuk yapılırken hangi tarihte sayaç okuması yapılıyorsa o tarihe kadarki tüketimin tamamı ölçülmektedir. Diğer bir sebebi ise Konya ilinin tahakkuk açısından bölgelere ayrılmasıdır. Bir bölgede yapılan sayaç okuma tabloda belirtilen aylık üretimin birkaç ay öncesinin yansımasıdır. Eğer sayaç okuma işlemi ayın sonunda yapılıp o ay için yazılmış olsaydı, tabloda görülen üretim ve tahakkuk arasındaki ilişki mevsim şartlarına uygun olarak paralellik gösterecekti. Üretim ve tahakkuk arasındaki uyumsuzluğun diğer bir sebebi ise, şebekenin çalışma sisteminden kaynaklanmaktadır. Konya ili içme ve kullanma suyu şebekesi depolu sistem olarak çalışmaktadır. Şehrin birçok bölgesinde üretilen su depolara verilerek buradan şebekeye verilmektedir. Su basılan depolar, herhangi bir kuyu arızasından veya elektrik kesintisinden doğacak olan su kesintilerini engellemek için dolu tutulmaktadır. Sayaç okuma sırasında depolarda bulunan stok su üretimden sayılırken, tahakkuk sayılmamaktadır.

Konya ilindeki bu üretim ve tahakkuk farkını ölçmek için ilk önce bedelsiz grupların hesabına gidilmiştir. Daha sonra teknik sebeplerden doğan su kayıplarının miktarı hesaplanmış, sayaçların yaşları çıkartılmış, çeşitli yaş gruplarındaki sayaçların eksik ölçümleri belirlenmiştir. Böylece tüketimi belli olan ancak tahakkuk edilmeyen miktar hesaplanmıştır.

Konya ilinin su ihtiyacını karşılamak amacıyla yıllık üretilen su miktarı ve buna karşılık abonelerin kullandığı toplam su miktarları tespit edilmiştir. Sayaçlardan kaynaklanan su kayıpları 243 eski 243 yeni toplam 486 adet sayaç 180 gün, sokak çeşmelerinden sarf edilen su miktarı 7 sokak çeşmesi 34 gün, umumi tuvaletlerde sarf edilen su miktarı 64 tuvalet, toplam 975 musluk 91 gün incelenerek belirlenmiştir. Üretilen suyun 545'nin kullanıldığı, geri kalan bölümün %7.75'lik kısmın hatalı ölçüm yapan bozuk sayaçlarda, %0,49'u sokak çeşmelerinde, %0,97'si umumi tuvaletlerde, % 2,77'si cami şadırvanlarında, % 0,66'sı mezarlıklarda, % 32,24'ü park, bahçe ve yeşil alanların sulanmasında olmak üzere toplam % 32,24'ünün kayıt dışı kaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Konya ili su kayıp miktarları (Demir, 2001)

	Toplam su miktarı (m ³ /yıl)	%
Sayaçların hatalı ölçümü	5.447.272	7,752
Sokak çeşmeleri	342.420	0,487
Umumi WC	683.865	0,973
Cami şadırvanları	1.947.450	2,77
Mezarlıklar	464.235	0,66
Park bahçe ve yeşil alanlar	13.774.500	19,6
Toplam	22.659.742	32,242

1999 yılında kentin su ihtiyacını karşılamak amacıyla toplam 70.269.246 m³ su üretilmiştir. Bu miktarın %32,242 nispetindeki 22.659.742 m³'lük miktar, tüketimi belli olan ancak tahakkuk ettirilmeyen miktar olarak belirlenmiştir. Buna karşın tahakkuk miktarı, KOSKİ Genel Müdürlüğü Abone İşleri Daire Başkanlığı'nın fiili durumunda 31.602.054 m³'tür. Bu miktarın toplam üretimdeki yeri %45'tir. Toplam üretim içerisinde kullanımı bilinen miktarın toplamı 54.261.796 m³'tür ve %77,22'sini teşkil etmektedir. Geriye kalan %22,78'lik kısmı yani 16.007.450 m³ suyun kayıp ve kaçak olduğu anlaşılmıştır (Demir, 2001).

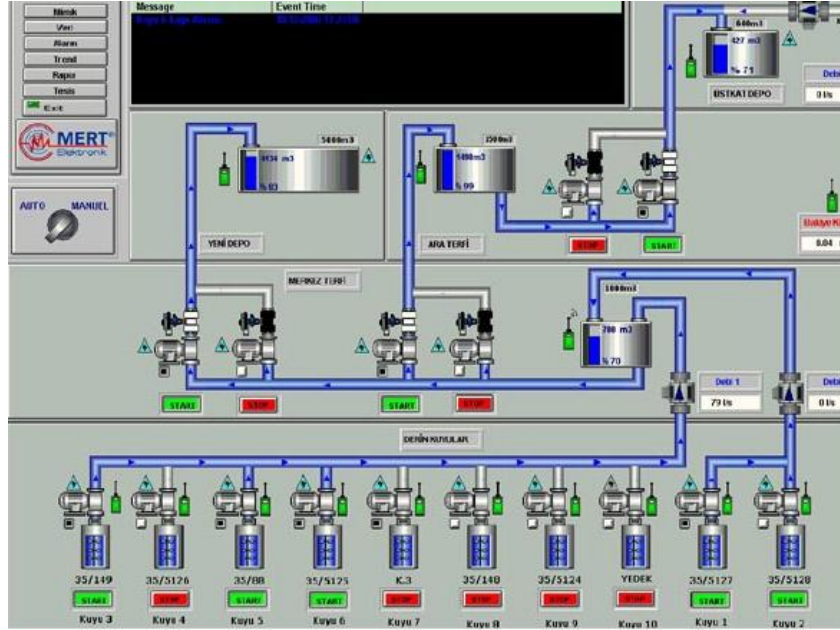
4.2. SCADA Sistemi

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi ve bilgisayar kullanımının yaygınlaşması, sistemlerin birbirleriyle iletişimini kolaylaştırmakta ve bu da gelişen otomasyon teknolojisi ile sistemlerde uzaktan kontrol ve veri aktarımını gündeme getirmektedir. SCADA sistemleri, bağımsız olan izleme, veri toplama ve kontrol sistemlerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Sistemin; kontrol merkezi, uzak uç birim ve iletişim sisteminden meydana geldiği düşünüldüğünde maliyetinin yüksek olması kaçınılmaz bir sonuçtur. Fakat zaman kazancı, güvenilirlik ve verim açısından düşünüldüğünde, SCADA sistemlerinin yaptığı iş ve yüklendiği sorumluluk yüksek maliyeti tolere edebilecek düzeydedir. Büyük projelerde SCADA sistemlerinin kullanılması iş gücü açısından da kazanç sağlamak ve kazanılan bu iş gücü diğer alanlara kanalize edilerek işletmenin verimi artırılabilir. Ülkemizde bu teknolojinin kullanımı çok eskilere dayanmamakla birlikte günümüzde giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu da yakın bir gelecekte kontrol sistemlerinin daha basit, güvenilir ve verimli çalışmasını sağlayacaktır.

KOSKİ 2007 yılında SCADA Sistemine kullanmaya başlamış olup 2007 yılından bu güne kadar sistemden gerekli veriler alınmaktadır. Çok geniş coğrafi alanlara yayılmış kentlerde içme suyu sisteminin kontrolü oldukça karmaşık, işletme maliyeti yüksek ve denetimi zordur. Çeşitli nedenlerden dolayı içme suyu toplama ve dağıtım şebekesi etkin ve verimli olarak kullanılamamaktadır. SCADA Sistemi; içme suyu tesisleri kapsamında, derin kuyular ile terfi merkezlerindeki motopompları otomasyon sistemi ile kumanda eden ve depolarla birlikte tüm içme suyu sisteminin, tek bir merkezden kumanda edilmesini ve izlenmesini sağlayan sistemdir.

SCADA sistemini otomasyon sistemi, merkez birimi, iletişim sistemi, SCADA yazılımı, uzak dağıtım birimlerinden oluşmaktadır. Otomasyon sistemi merkez birimi, İletişim Sistemi, SCADA yazılımı ve uzak dağıtım birimlerinden oluşmaktadır. Merkez birimi bilgisayar, monitör, yazıcı, denetim birimi (RTU veya PLC), iletişim birimi (Bölgenin coğrafik koşullarına göre Radyo veya GSM modem) ve kesintisiz güç kaynağından (UPS) oluşmaktadır. İletişim sistemi merkez birim ile uzak dağıtım birimleri arasındaki iletişimi sağlayan kablolu veya kablosuz sistemdir. Sistemde Konya'nın coğrafik koşullarına göre telsiz iletişim sistemi kullanılmıştır. SCADA yazılımı içme suyu sisteminin özellikleri ve ihtiyaçları doğrultusunda sistem mühendisleri tarafından yazılmıştır. Uzak dağıtım birimi denetim birimi (RTU veya PLC), iletişim birimi (Bölgenin coğrafik koşullarına göre Radyo veya GSM modem) ve kesintisiz güç kaynağından (UPS) oluşmaktadır.

Otomasyon sistemi, depo ile motorlar arasında kablosuz olarak bilgi aktarımını düzenlemekte olup depodaki su seviyesine göre motorların çalışmasını ve durmasını sağlamaktadır. Sistem, şebekenin ve depoların su ihtiyacını belirleyip, bu miktarlara ulaşınca kadar motopompları faal halde tutmakta ihtiyaç sona erdiğinde ise motopompları otomatik kapatmaktadır. Şekil 4.1'de SCADA sistemi ekran görüntüsü, Şekil 4.2'de ise SCADA kuyu-depo sistem görüntüsü görülmektedir.



Şekil 4.1. SCADA sistemi ekran görüntüsü



Şekil 4.2. SCADA kuyu-depo sistem görüntüsü

Terfi merkezlerindeki tüm pompalardan (asıl ve yedek) pompa çalışıyor, pompa duruyor, pompa arızası (termik ve faz koruma), elektrik yok, haberleşme yok, güvenlik ikazı, pompa çıkışında su var, pompa çıkışında su yok ve pompa basma hattındaki vanaların vana açık, vana kapalı, depo seviye (%0-%100 değer arasında) bilgileri, derin kuyulardaki tüm pompalarda pompa çalışıyor, pompa duruyor, pompa arızası, elektrik yok, haberleşme yok, güvenlik ikazı, pompa çıkışında su var, pompa çıkışında su yok ve pompa basma hattındaki vanaların vana açık, vana kapalı bilgileri, depolarda su seviye (%0-%100 değer arasında) ve güvenlik ikazı bilgileri, şebekenin çeşitli noktalarındaki su miktarı (Debi), su basıncı, bakiye klor değeri, su bulanıklık değeri, su sertlik değeri, su iletkenlik değeri, su pH değeri vs. bilgileri, pompa merkezlerine konulacak enerji

analizörü ile akım, gerilim, aktif-reaktif güç, vs. bilgileri, iletişim birimi aracılığıyla alınır ve SCADA ekranında hareketli olarak gösterilmektedir.

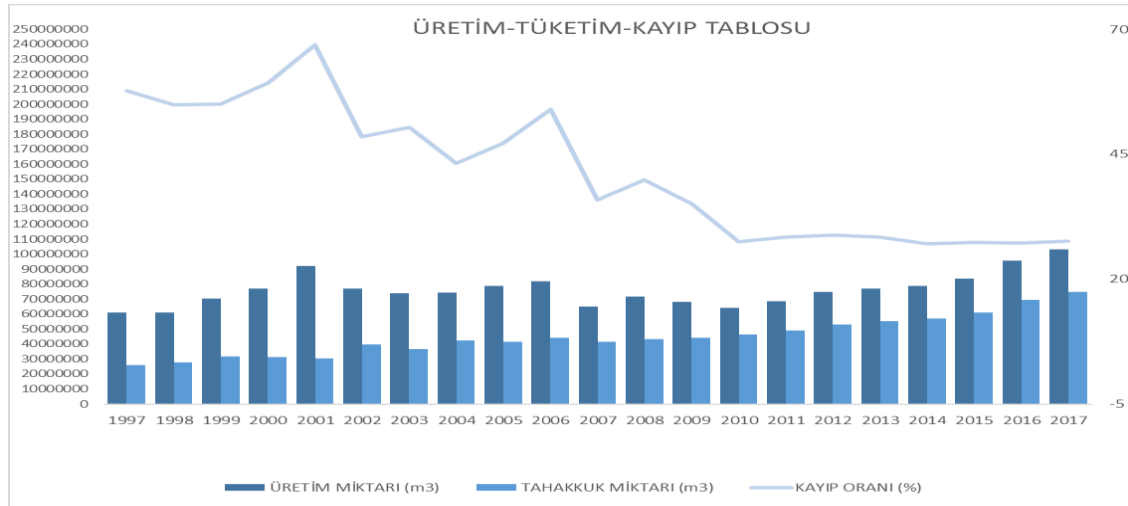
Gelen bilgiler SCADA yazılımı tarafından işlenerek terfi merkezi, derin kuyu veya şebekenin herhangi bir noktasındaki motopomplara, vanalara vs. (pompa aç/kapat, vana aç/kapat gibi) komutlar iletişim birimi aracılığıyla uzak dağıtım birimlerine gönderilmektedir. Merkezdeki SCADA bilgisayarından tüm pompalar ve motorlu vanalar manuel olarak çalıştırılabilir. Enerji maliyetini azaltmak amacıyla otomasyon sistemindeki bilgisayar programı ile motopomplar belirlenen bir saatte otomatik olarak çalıştırılarak ve depoların mümkün olduğu kadar elektrik enerjisinin ucuz olduğu zaman diliminde doldurulması sağlanabilmektedir.

İçme suyu şebekesinde bulunan birimlere ait tüm veriler sistem belleğinde saklanabilmekte, istendiğinde güncel yada geçmişe dönük tüm istatistiksel bilgiler (depo seviyeleri, su miktarları, bakiye klor değerleri, güvenlik ikazları, pompa çalışma ve arıza durumları, elektriksel veriler vb...) çıktı olarak raporlanabilmektedir. Sistemin kısa ve uzun vadede birçok getirisi olmakla birlikte en temel getirileri etkin ve sürekli hizmet sağlamakta, sistem sayesinde depolar sürekli dolu tutulabildiğinden ve gelişen arızalara anında müdahale edildiğinden su kesintileri en aza indirilmekte, denetim kolaylığı sunmakta, içme suyu şebekesinde bulunan tüm birimler merkez bilgisayar ekranından sürekli olarak izlenebildiğinden, gelişen olaylara anında müdahale edilebilmekte, insan gücü, araç, zaman, su ve elektrik gibi hususlarda tasarruf sağlanmaktadır.

Çizelge 4.3'de ve Şekil 4.3'de Konya ili 1997-2017 yılları arasında KOSKİ'den temin edilen üretilen su ve tüketilen su miktarları ile hesaplanan kayıp oranları verilmiştir. 1997 yılında kayıp oranı %57,65 iken 2010'lu yıllarda oran %28 seviyelerine gerilemiştir. KOSKİ 2007 yılında SCADA Sistemini kurmuş ve 2007 yılının sonundan itibaren Konya merkezde aktif halde kullanmaya başlamıştır. Verileri 2007 öncesi ve sonrası olarak değerlendirecek olursak 2007 yılının öncesindeki yılların ortalamasına bakıldığında su kaybı oranı %53,68 iken 2007 yılının sonrasına bakıldığında ise su kaybı oranı %31,12 olarak belirlenmiştir. Bu değişimin nedeni SCADA sisteminin aktif halde kullanılmaya başlanılmasındandır.

Çizelge 4.3. Konya İlindeki Su Üretim-Tahakkuk-Kayıp Arasındaki İlişki (1997-2017)

Yıl	Yıllık üretim ve tahakkuk miktarları		
	Toplam yıllık Üretim miktarı (m ³)	Toplam yıllık Tahakkuk miktarı (m ³)	Kayıp-kaçak Oranı %
1997	61.010.993	25.838.503	57,65
1998	61.105.748	27.583.784	54,86
1999	70.269.246	31.602.054	55,03
2000	76.880.455	31.035.212	59,24
2001	92.259.297	30.589.782	66,84
2002	77.177.349	39.730.388	48,52
2003	73.757.891	36.638.833	50,33
2004	74.410.549	42.282.067	43,18
2005	78.672.478	41.561.123	47,17
2006	81.753.697	44.170.976	54,03
2007	64.831.797	41.617.645	35,81
2008	71.848.883	43.224.659	39,84
2009	68.257.352	44.286.834	35,12
2010	64.299.821	46.613.468	27,51
2011	68.616.224	49.072.468	28,48
2012	74.791.838	53.245.936	28,81
2013	77.181.008	55.223.735	28,45
2014	78.598.071	57.268.941	27,14
2015	83.851.173	60.970.783	27,29
2016	95.451.179	69.495.901	27,19
2017	103.223.081	74.658.303	27,67

**Şekil 4.3.** Üretim-tüketim kayıp oranları (1997-2017)

SCADA sistemiyle etkin ve sürekli hizmet sağlamak ve sistem sayesinde depolar sürekli dolu tutulabildiğinden, gelişen arızalara anında müdahale edilmekte su kesintileri en aza indirilmekte, denetim kolaylığı sunmakta, içme suyu şebekesinde

bulunan tüm birimler merkez bilgisayar ekranından sürekli olarak izlenebildiğinden, gelişen olaylara anında müdahale edilebilmekte, insan gücü, araç, zaman, su ve elektrik gibi hususlarda tasarruf sağlanmaktadır. SCADA'nın vermiş olduğu katkı açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca 2010 yılından itibaren tüm şebekeye hassas debimetreler takılmış ve giren çıkan suyun ölçümü en ince ayrıntısına kadar hesaplanmaya başlanmıştır. 2010 yılından önce %35-%40 seviyelerinde olan kayıp kaçak oranı 2010 yılından itibaren % 27 ve %28 seviyelerine gerilemiştir. Kayıp kaçak azaltma noktasında tüm şebekenin tamamının hassas okuma sağlaması ve bunların anlık takibi yapılması kayıp kaçak tespit süresini kısaltmış müdahale süresini hızlandırmıştır. KOSKİ için su kayıpları konusunda 2007 ve 2010 yılları önemli değişimlerin olduğu yıllardır.

4.3. DMA Çalışması

KOSKİ alt bölge oluşturma işlemine 2016 yılında başlamış olup ilk etapta yüksek basınca sahip olan 6 bölgede sayısallaştırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Horozluhan bölgesinde 6 bölge için ortalama Basınç, ortalama gündüz debisi ve ortalama gece debisi hesaplanmıştır. Şekil 4.4 de bölgeler gösterilmiş olup, elde edilen verilen Çizelge 4.4'de verilmiştir. Ortalama basınç 3.9 ile 7.09 bar arasında, ortalama gece debisi 2-39 m³, ortalama gündüz debisi 10-55 m³ olarak tespit edilmiştir. Konya ovasının hidrolik modelleme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada boru cinsleri, boru çapları bölgesel uygunluk kot farkları vb. etkenler gözden geçirilmeye başlanmıştır. Hidrolik modelleme aşamasında tüm sistemin ölçümlerinin yapılması arazinin incelenmesi sistematik uygunluk vb. nedenlerin tespiti için KOSKİ teknik desteğe ihtiyaç duymuştur. İhale ön hazırlık aşamasında tekliflerin yüksek gelmesi nedeniyle, kendi ekibiyle çalışma yapma yoluna gitmiştir. Personel yetersizliği bilgi eksikliği gibi nedenlerden ötürü sadece bir bölgede ölçüm yapılmış ve ilerlemek için teknik destek beklenmektedir. Konya ovasının düz olması kot farkının çok olmaması Konya'nın bir ucundan bir ucuna tek kaynaktan su gitmemesi, ağ şebeke sistemine sahip olması ve dal şebeke yapma imkanının çok az bölgede olması nedeniyle alt bölge ayırma işlemi çoğu bölgede yapılamamakta, yapılırsa bile su kendi cazibesıyla akmadığından pompaya harcanacak elektrik sarfiyatı kayıp kaçakta kazanılacak su dengesini tutmamaktadır.

Çizelge 4.4. Alt bölge çalışması sonuç verileri

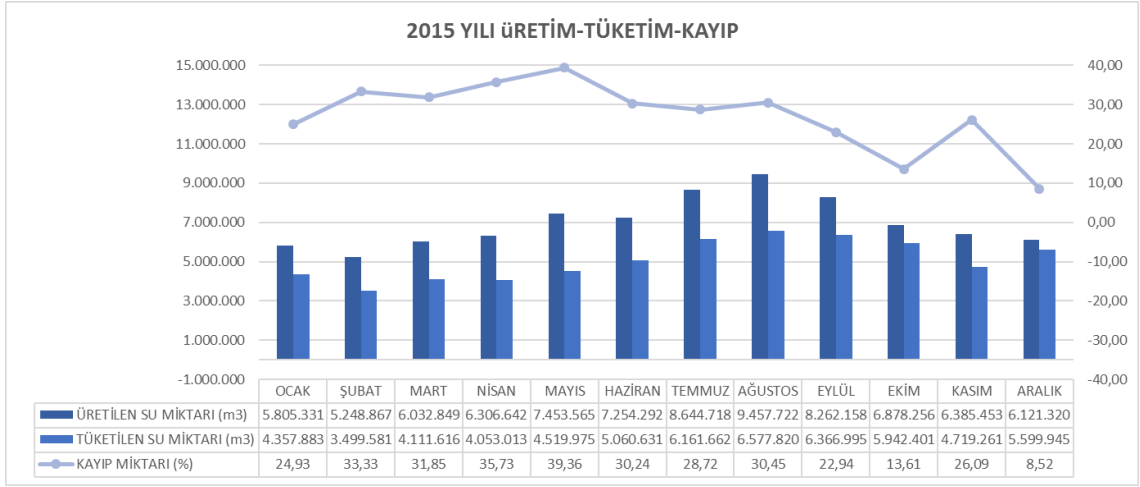
Bölge adı	Ortalama basınç (bar)	Ortalama debi (m ³) (gece)	Ortalama debi (m ³) (gündüz)
HOROZLUHAN (ARDIÇKUŞU SK) 1. BÖLGE	3,90	39,00	55,00
SANCAK (BÜŞRA SK) 2. BÖLGE	4,90	11,00	20,00
SANCAK (AYAZAĞA SK) 3. BÖLGE	5,12	8,00	30,00
SANCAK (YONCA SK.) 4. BÖLGE	7,09	2,00	10,00
SANCAK (YONCA SK. 2-KISIM) 5. BÖLGE	6,68	8,00	24,00
SANCAK (UZUN MEHMET SK) 6.BÖLGE	5,65	14,00	36,00

**Şekil 4.4.** Konya ili alt bölge çalışması pilot bölge haritası

4.4. Su Kayıp Oranları ve Değerlendirilmesi

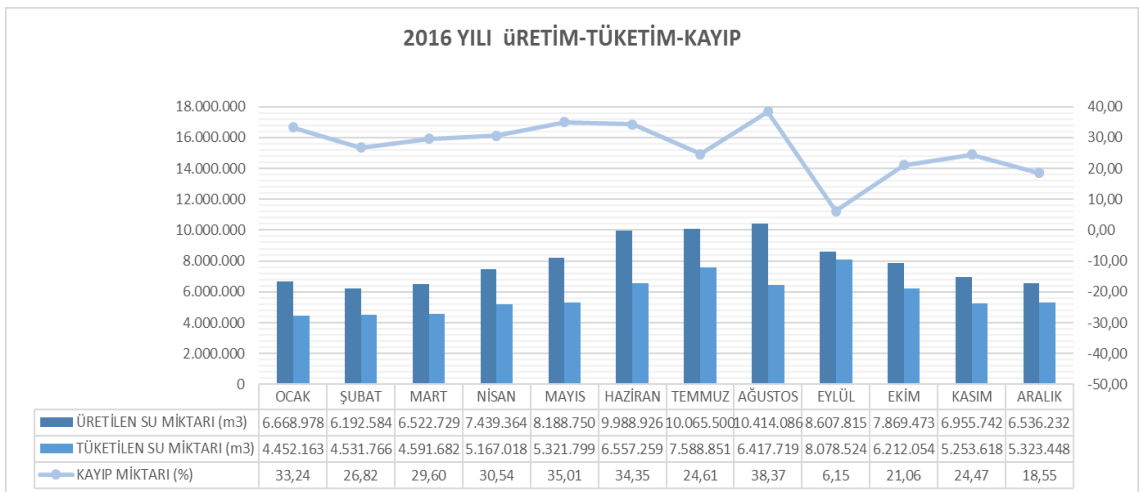
Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de 2015, 2016 ve 2017 yılına ait üretim-tüketim-su kayıp oranları verilmiştir. Toplam kayıp miktarı 2015 yılı Ocak ayı için %24,93, Şubat ayı için %33,33, Mart ayı için %31,85, Nisan ayı için %35,73, Mayıs ayı için %39,36, Haziran ayı için %30,24, Temmuz ayı için %28,72, Ağustos ayı için % 30,45, Eylül ayı için %22,94, Ekim ayı için %13,61, Kasım ayı için %26,09, Aralık ayı için %8,52 olarak bulunmuştur. 2015 yılı kayıp kaçak oranı aylardan gelen sonuçların ortalaması alınarak 27,29 olarak hesaplanmıştır. 2015 yılında en yüksek kayıp oranı Mayıs ayında (%39,36), en düşük kayıp oranı ise Aralık ayında (% 8,52) görülmektedir. Şekil 4.5’e bakıldığında üretim miktarı en fazla Ağustos ayında 9457722 m³, tüketim miktarı en fazla Ağustos ayında 6.577.850 m³ kayıp oranı en fazla Mayıs ayında %36,36 olarak hesaplanmıştır. Üretim miktarı en az Şubat ayında 5.248.867 m³ tüketim

miktarı en az Şubat ayında 3.499.581 m³ ve kayıp oranı en az Aralık ayında %8,52 olarak hesaplanmıştır.

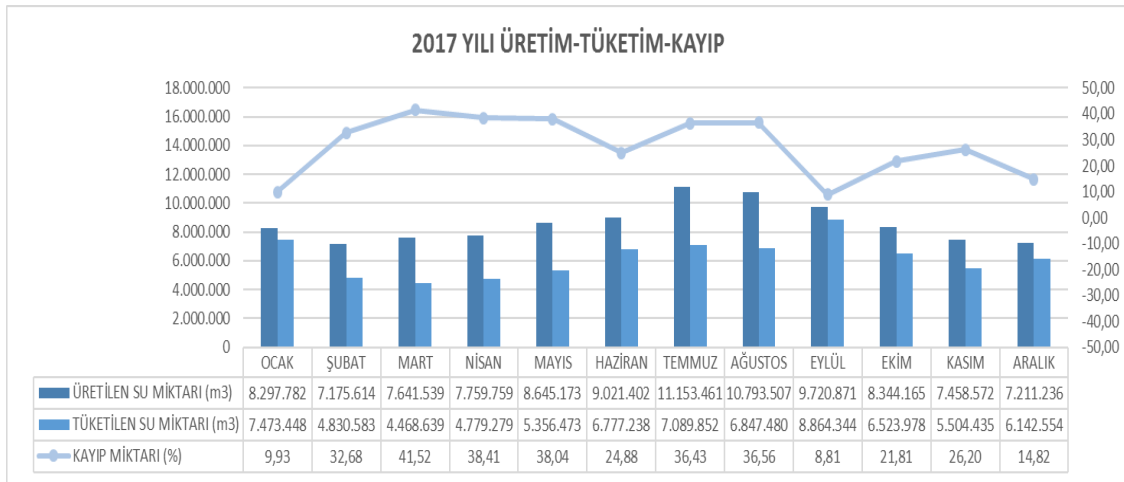


Şekil 4.5. 2015 yılı üretim-tüketim- su kayıp oranları

2016 yılı verileri neticesinde kayıp oranları hesaplanmış Ocak ayı için %33,24, Şubat ayı için %26,82, Mart ayı için % 29,60, Nisan ayı için %30,54, Mayıs ayı için %35,01, Haziran ayı için %34,35, Temmuz ayı için %24,61, Ağustos ayı için %38,37, Eylül ayı için %6,15, Ekim ayı için %21,06, Kasım ayı için %24,47, Aralık ayı için %18,55 olarak bulunmuştur. 2016 yılı kayıp kaçak oranı aylardan gelen sonuçların ortalaması alınarak %27,19 olarak hesaplanmıştır. 2016 yılında en yüksek kayıp oranı Eylül ayında (%6,15), en düşük kayıp oranı ise Ağustos ayında (%38,37) hesaplanmıştır.



Şekil 4.6 2016 yılı üretim-tüketim- su kayıp oranları



Şekil 4.7. 2017 yılı üretim-tüketim-su kayıp oranları

Şekil 4.6 incelenecek olursak, üretim miktarı en fazla Ağustos ayında 10.414.086 m³, tüketim miktarı en fazla Eylül ayında 8.078.524 m³ kayıp oranı en fazla Ağustos ayında %38,37 olarak hesaplanmıştır. Üretim miktarı en az Şubat ayında 6.192.584 m³, tüketim miktarı en az Şubat ayında 4.452.163 m³ ve kayıp oranı en az Eylül ayında %6,15 olarak hesaplanmıştır.

2017 yılı için kayıp oranları Ocak ayı için %9,93, Şubat ayı için %32,68, Mart ayı için %41,52, Nisan ayı için %38,41, Mayıs ayı için %38,04, Haziran ayı için %24,88, Temmuz ayı için %36,43 Ağustos ayı için %36,56, Eylül ayı için %8,81, Ekim ayı için %21,81, Kasım ayı için %26,20, Aralık ayı için %14,82 olarak bulunmuştur. 2017 yılı kayıp kaçak oranı aylardan gelen sonuçların ortalaması alınarak %27,67 olarak hesaplanmıştır. 2017 yılında en yüksek kayıp oranı Mart ayında (%41,52), en düşük kayıp oranı ise Eylül ayında (%8,81) hesaplanmıştır.

Diğer yıllara nazaran bu yılda kayıp kaçak oranının gözle görülür şekilde artış göstermesinin en büyük etkeni kış şartlarının çok ağır geçmesinden kaynaklanmaktadır. Şebeke hatlarındaki borularda uzun süreli donmalar, müdahale sürelerindeki gecikmeler, personel eksikliği, alan genişliği, sayaçlardaki donmalar ve benzeri nedenlerden dolayı kayıp kaçak miktarı önceki 2 yıla nazaran daha yüksek tespit edilmiştir. Şekil 4.7'de görüldüğü üzere üretim miktarı en fazla Temmuz ayında 11.333.789 m³, tüketim miktarı en fazla Ocak ayında 7.473.448 m³, kayıp oranı en fazla Mart ayında %41,52 olarak hesaplanmıştır. Üretim miktarı en az Şubat ayında 7.175.614 m³, tüketim miktarı en az Mart ayında 4.468.639 m³ ve kayıp oranı en az Eylül ayında %8,81 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5’de fiziki kayıp bulma çalışmalarının sayısı görülmektedir. 2015 yılında içme suyu kayıp tespiti 223 adet, abone hattı kayıp tespiti 134 adet, iç tesisat kayıp tespiti 270 adet, gürültü kaydedici kayıp tespiti 50 adet olmak üzere toplam 684 adet fiziki su kayıp tespiti yapılmıştır. 2016 yılında ise içme suyu kayıp tespiti 331 adet, tatlı su kayıp tespiti 3 adet, abone hattı kayıp tespiti 312 adet, iç tesisat kayıp tespiti 116 adet olmak üzere toplam 762 adet Fiziki su kayıp tespiti yapılmıştır. Kamera ile tespitite ise 2015 yılında Şebeke hattı arıza tespiti 29 adet, Abone hattı arıza tespiti 7 adet şebeke hat boru tespiti 5 adet abone hat boru tespiti 3 adet, şebeke hattı tıkanıklık tespiti 10 adet arıza yapılmıştır. 2016 yılında ise abone hattı arıza tespiti 10 adet içme suyu şebekesi arıza tespiti 15 adet ve şebeke hattı tıkanıklık tespiti 6 adet arıza yapılmıştır.

Çizelge 4.5. Fiziki kayıp tespit çalışma sayıları

Fiziki kayıp tespit birimi sayısallaştırma çalışmaları (yıllık)							
Şebeke sayısallaştırma	2012	2013	2014	2015	2016	Toplam	
Çelik boru isale hattı (metre)	130381	20976				151357	
İçme suyu şebeke (metre)	4666	63752	124453			192871	
Toplam	135047	84728	124453			344228	
Çelik boru GPS ölçüm (adet)	3397	597				3994	
İçme suyu şebeke GPS ölçüm (adet)	329	2372	4309	341	134	7485	
Toplam	3726	2969	4309	341	134	11479	
Arızalarda mevcut şebekeden alınan GPS ölçümleri							
	2012	2013	2014	2015	2016	Toplam	
Su şebeke	1444	1105	43	8	15	2615	
Tatlı su şebeke	195	184	4	0	0	383	
Abone	399	429	10	2	134	974	
Tatlı su abone	7	48	0	0	0	55	
Su şebeke vanası	58	76	0	136	250	520	
Tatlı su şebeke vanası	8	8	0	0	0	16	
Toplam	2111	1850	57	146	399	4563	
Fiziki su kayıp, hat, kablo, vana kapak tespiti ve gürültü kaydedici çalışmaları (yıllık)							
	2012	2013	2014	2015	2016	Toplam	
Hat tespiti	Şebeke	57	74	46	20	25	222
	Abone	20	28	59	26	34	167
Ara toplam	77	102	105	46	59	389	
Kablo tespiti	Elektrik	706	1261	645	540	849	4001
	Telekom	15	26	13	20		74
Ara toplam	721	1287	658	560	849	4075	
Vana kapak tespiti	Sfero kapak	30	32	65	19	10	156
	Buşakle	35	100	23	34	81	273
	Pik döküm	43	78	59	170	184	534
Ara toplam	108	210	147	223	275	963	

Çizelge 4.5. (devam). Fiziki kayıp tespit çalışma sayıları

		2012	2013	2014	2015	2016	Toplam
Fiziki kayıp tespit (yer mikrofonu ile)	Şebeke	153	226	175	230	334	1118
	ABONE	53	119	104	134	312	722
	İÇ TESİSAT	75	142	222	270	116	825
Ara toplam		281	487	501	634	762	2665
Gürültü kaydedici ile tespit	Şebeke	955	1795	448	50	30	3278
	ABONE	0	0	0	0		0
Ara toplam		955	1795	206	50	30	3036
Kamera ile tespit	Şebeke hattı arıza tespiti		12	13	29	15	69
	Abone hattı arıza tespiti		6	7	7	10	30
	Şebeke (hat) boru tespiti		3	1	5	10	19
	Abone hat (boru) tespiti		2	27	3	4	36
	Şebeke hattı tıkanıklık tespiti		4	5	10	6	25
	Abone hattı tıkanıklık tespiti		4	2	0	0	6
Toplam			31	55	54	45	185

2015 yılında fiziki kayıp tespit çalışması şebekede yer mikrofonu ile 230 adet iken 2016 yılında 334 adet, abonede 2015 yılı 134 adet 2016 yılı 312 adet , iç tesisatta 2015 yılı 270 adet 2016 yılı 116 adet, gürültü kaydedici ile tespit şebekede 2015 yılı 50 2016 yılı 30 adet yapılmıştır. Kamera ile tespit şebekede 2015 yılı 29 adet 2016 yılı 15 adet abonede 2015 yılı 7 adet 2016 yılı 10 adet Şebeke boru tespitinde 2015 yılı 5 adet 2016 yılı 10 adet Abone boru tespitinde 2015 yılı 3 adet 2016 yılı 4 adet şebeke hattı tıkanıklık tespitinde 2015 yılı 10 adet 2016 yılı 6 adet arıza yapılmıştır.

4.5. Standart Su Dengesinin Oluşturulması

2015 ve 2016 yılları için hesaplanan standart su dengesi formları Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir. 2015 yılı sisteme giren su miktarı 83.851.173 m³, faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım 714.143 m³, faturalandırılmış ölçülmüş kullanım 845.360 m³, faturalandırılmış izinli su tüketimi 60.256.640 m³, faturalandırılmış ölçülmüş kullanım 59.411.280 m³, gelir getiren su miktarı 60.256.640 m³ olarak belirlenmiştir. Su kayıpları 22.880.390 m³, izinsiz tüketim 39.091 m³, sayaçlardaki ölçüm hataları 5.031.070 m³ (%6), temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp-kaçaklar 17.809.479 m³, depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar 750 m³, fiziki kayıplar 17.810.229 m³, gelir getirmeyen su miktarı 23.594.533 m³ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. 2015 yılı standart su dengesi formu

Sisteme Giren Su Miktarı	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su Miktarı
		60.256.640 m ³ /yıl (71,86%)	59.411.280 m ³ /yıl (70,85%)	
83.851.173 m ³ /yıl (100%)	60.970.783 m ³ /yıl (72,71%)	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su Miktarı
		714.143 m ³ /yıl (0,85%)	714.143 m ³ /yıl (0,85%)	
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
			845.360 m ³ /yıl (1,01%)	
		 m ³ /yıl (...%)	
			İzinsiz Tüketim	
		İdari Kayıplar	39.091 m ³ /yıl (0,04%)	
		5.070.161 m ³ /yıl (6,04%)	Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
			5.031.070 m ³ /yıl (6%)	
	Su Kayıpları		Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar	
	22.880.390 m ³ /yıl (27,29%)	Fiziki Kayıplar	17.809.479 m ³ /yıl (21,24%)	
		17.810.229 m ³ /yıl (21,24%)	Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	
			750 m ³ /yıl (0,001%)	

2016 yılı sisteme giren su miktarı 95.451.179 m³ olup faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım 714.284 m³, faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım 845.505 m³, faturalandırılmış izinli su tüketimi 68.781.617 m³, faturalandırılmış ölçülmüş kullanım 67.936.112 m³, gelir getiren su miktarı 68.781.617 m³ olarak tespit edilirken su kayıpları 25.955.278 m³, izinsiz tüketim 40.112 m³, sayaçlardaki ölçüm hataları 5.727.070 m³ (%6), temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp-kaçaklar 20.187.296 m³, depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar 800 m³, fiziki kayıplar 20.188.096 m³, gelir getirmeyen su miktarı 26.669.562 m³ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. 2016 yılı standart su dengesi formu

		Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	
	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi	67.936.122	Gelir Getiren Su Miktarı
	68.781.617	m³/yıl	68.781.617
	(72,06%)	(71,17%)	m³/yıl
		Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım	(72,06%)
		845.505	
		m³/yıl	
		(0,89%)	
İzinli Tüketim	69.495.901	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	
m³/yıl	(72,81%)	714.284	
		m³/yıl	
		(0,75%)	
	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
	714.284	
	m³/yıl	m³/yıl	
	(0,85%)	(...%)	
Sisteme Giren Su Miktarı			
95.451.179		İzinsiz Tüketim	
m³/yıl		40.112	
(100%)		m³/yıl	
		(0,04%)	Gelir Getirmeyen Su Miktarı
	İdari Kayıplar	Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	26.669.562
	5.767.182	5.727.070	m³/yıl (27,94%)
	m³/yıl	m³/yıl	
	(6,04%)	(6%)	
		Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar	
Su Kayıpları	25.955.278	20.187.296	
m³/yıl	(27,19%)	m³/yıl	
		(21,15%)	
	Fiziki Kayıplar	Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	
	20.188.096	800	
	m³/yıl	m³/yıl	
	(21,15%)	(0,001%)	

4.6. Kayıp Su Bütçesinin Hesaplanması

Kayıp su miktarlarının ne kadarlık bir bütçe kaybına neden olduğunun belirlenebilmesi için yıllık su kaybı miktarları ve su maliyeti kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Kayıp su miktarı 2015 yılı için 22.880.390 m³, 2016 yılı 25.955.278 m³, 2017 yılı için 28.564.778 m³ olarak belirlenmiştir. Kayıp su miktarının su birim fiyatı 3,5 TL ile çarpılması sonucu yıllara göre kayıp bütçe hesaplanmıştır. Elde edilen bilgiler Çizelge 4.8'de verilmiştir. 2015 yılında 80.081.365,00 □, 2016 yılı

90.843.473,00 ₺, 2017 yılı için 99.976.723,00 ₺ olarak kayıp su miktarı faturası tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Kayıp su miktarı fiyatlandırması

	Kayıp su miktarı (m ³)	m ³ fiyatı	Toplam tutar
2015	22.880.390	3,50 ₺	80.081.365,00 ₺
2016	25.955.278	3,50 ₺	90.843.473,00 ₺
2017	28.564.778	3,50 ₺	99.976.723,00 ₺

Çizelge 4.9' da ise su kayıp oranının Bakanlığın ilk hedef olarak koyduğu %25 seviyesine düşürülmüş olması durumunda ne kadar kazanç sağlanabileceği hesaplanmıştır. Kazanç tutarı 2015 için 6.711.588,63 ₺, 2016 için 7.323.691,38 ₺, 2017 yılı için 9.656.527,12 ₺ hesaplanmıştır. 2016 yılı için kayıp suyun %1 azalmasında bile 954.511,79 m³ su yani 3.340.791,00 ₺ kazanç sağlanmış olacaktır. Kayıp kaçakla mücadelede küçük adımlar büyük kazançlara sebebiyet vermektedir.

Çizelge 4.9. Kayıp su oranı %25 olursa kazanç tutarlar

Yıl	Kayıp (%)	Kayıp miktarı (m ³)	İstenilen kayıp miktarı (%)	%25 için kayıp miktarı	Fark (m ³)	Birim fiyat (₺)	Kazanç tutar (₺)
2015	27,29	22.880.390	25	20.962.793	1.917.597	3,50 ₺	6.711.588,63 ₺
2016	27,19	25.955.278	25	23.862.795	2.092.483	3,50 ₺	7.323.691,38 ₺
2017	27,67	28.564.778	25	25.805.770	2.759.008	3,50 ₺	9.656.527,12 ₺

Sayaçlar ile ilgili bir değerlendirme yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ülkemizde normal su sayaçlarından kaynaklanan kayıp miktarı ortalama %6 olduğu kabul edilmektedir. Akıllı kartlı elektronik su sayaçlarında bu oran daha da aşağılara çekilmekte ve yaklaşık olarak %2 olarak kabul edilmektedir. 2017 yılı Temmuz ayı için abone sayısı 510581, normal sayaç fiyatı 60 ₺ akıllı sayaç fiyatını da yaklaşık olarak 250 ₺ alındığında, fark tutarı 190 ₺ olarak hesaplanmaktadır. Abone sayısı ile, fark tutar çarpıldığında Konya da ki tüm abonelerin sayaçlarının değiştirilmesi için 97.010.390,00 ₺ paraya ihtiyaç duyulmaktadır. Kayıpların %6'dan %2'ye gerilemesi durumunda kayıp miktarının 3.818.047 m³ azalacağı hesaplanmıştır. Birim fiyat olan 3,5 ₺ ile çarpıldığında kazanç tutar 13.363.164,50 ₺ çıkmaktadır. Amortisman süresi hesaplanmak istenirse sayaç fiyat farkı tutarının kayıp miktarındaki azalmadan ötürü ortaya çıkan kazanç tutarına bölünmesi sonucunda 7 yılda kazanılan

suyla tüm sayaçlar değiştirilebilmektedir. Su birim fiyatının 3,5 ₺'den 7 ₺'ye çıkarılması ile amortisman süresi 3,5 yıla kadar düşmektedir.

Çizelge 4.10. Sayaçlar arası ekonomik kıyaslama

Abone sayısı	Normal sayaç fiyatı (₺)	Akıllı kartlı sayaç fiyatı (₺)	Fark (₺)	Fark tutar (₺)	
510581	60	250	190	97.010.390,00 ₺	
Sayaç değişikliği nedeniyle kazanılan su miktarı ve tutarı					
Kayıp oranı (%)	Sayaçlardan kaynaklanan kayıp oranı (%)	Akıllı sayaç kayıp oranı (%)	Fark (%)	Birim fiyat (₺)	Yıllık kazanç (₺)
27,19	6	2	4		
Üretilen su miktarı (m ³)	Kayıp miktarı %6 için (m ³)	Kayıp miktarı %2 için (m ³)	Fark (m ³)	3,5	13.363.164,50 ₺
95.451.179	5.727.071	1.909.024	3.818.047		
Sayaç fiyat farkı tutarı	97.010.390,00 ₺	Sayaç fiyat/yıllık kazanç		97.010.390,00/13.363.164,50	
Yıllık kayıp kazanç tutarı	13.363.164,50 ₺			7 yıl	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 2015, 2016 ve 2017 yılı için Konya İçme suyu şebekesine verilen suyun kayıp miktarı KOSKİ'den alınan veriler neticesinde hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken toplam üretilen su miktarından tahakkuk ettirilen su miktarı çıkarılmıştır. Su kayıplarını oluşturan etmenler tespit edilmeye çalışılarak elde edilen verilerle analiz yapıp su dengesi formu oluşturulmuştur. Şebekeye verilen suyun son 3 yıl için yaklaşık olarak %28'i tüketiciye ulaşmadan kaybolmaktadır. Bu %28'lik kısmın nerelerden kaynaklandığı çalışmamızda analiz edilmiş olup hesaplanmıştır. 2015 yılı şebekeye verilen suyun % 0,04'lük kısmı izinsiz tüketimlerden, geriye kalan % 27,25'lik kısmı ise sayaçlardaki hatalar, temin ve dağılım hatları ile servis bağlantısı arasındaki kaçaklardan, depolarda meydana gelen taşmalar ve kaçaklardan, tespit edilemeyen kaçak kullanım gibi nedenlerden oluşmaktadır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, 2015 yılı üretilen su miktarı 83.851.173 m³, tahakkuk ettirilen su miktarı 60.970.783 m³, kayıp su miktarı 22.880.390 m³, kayıp

oranı ise %27,29 olarak tespit edilmiştir. 2016 yılı üretilen su miktarı 95.451.179 m³, tahakkuk ettirilen su miktarı 69.495.901 m³, kayıp su miktarı, 25.955.278 m³ kayıp oranı ise %27,19 olarak tespit edilmiştir. 2017 yılı üretilen su miktarı 103.223.081 m³, tahakkuk ettirilen su miktarı 74.658.303 m³, kayıp su miktarı ise 28.654.778 m³, kayıp oranı ise %27,67 olarak tespit edilmiştir.

İçme suyu şebekesinin etkinliği ve verimliliğini olumsuz etkileyen faktörler genel olarak uzman personel eksikliği, kaçak su tüketiminin yönetmelikte istenilen %25 değerinin üzerinde olması, alt yapı eksiklikleri, personel hataları, işletme giderlerinin fazla olması, gereksiz enerji tüketimi, gelişen teknolojiye ayak uydurulamaması olarak sıralanabilir.

Çalışma sonucunda KOSKİ'nin su kayıplarını azaltması için yapması gereken öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Üretilen suyun tamamının üreticinin kullanımına sunulması için kayıplar reel şekilde hesaplanmalı ve minimum seviyeye indirmek için çalışılmalar yapılmalıdır. Bu konuda idare yeni politikalar üretmeli ve uygulamaya koymalıdır.
- Kayıp kaçakla ilgili hedefler stratejik plana girmeli ve hedefe ulaşmak için yapılacak çalışmalarda mali kaygıya düşülmemelidir.
- Etkili izleme politikaları hayata geçirilmelidir. Fiziki kayıp arama çalışmaları sadece ihbar ve tespitle değil program dahilinde gerçekleştirilmelidir. Şebekenin sürekli olarak izlenmesi ve son sistem teknolojik araçlarla kayıp bulma işlemleri gerçekleştirilmelidir.
- Şebekelerle ilgili ömürlü sıralama yapıp yaşca büyük olandan başlanarak yenileme çalışmalarına gidilmelidir. Hali hazırda ve yenilenmiş olan şebeke sistemleri Coğrafi Bilgi Sistemine girilmeli ve CBS güncel ve aktif olarak kullanılmalıdır.
- SCADA sistemiyle ilgili çalışmalar tüm şehir geneli için yapılmalıdır. Sadece merkezle kalmamalıdır.
- Basınç yönetim programlarına bir an önce geçilmeli ve ilk etap çalışmalarında kalmış olan basınç bölge ayırma çalışmalarına hız verilmelidir. Uygulama kısa sürede tüm şehir için yapılmalıdır. Bu program sayesinde su kayıplarının azalmasının yanı sıra boruların ömründe uzaması sağlanacaktır.

- Kayıp suyla boşa giden kaynak, Bakanlığın ilk hedef olarak koyduğu %25 seviyelerine gerileterek kazanılacak su miktarı kayıp kaçakla mücadeleye aktarılmalıdır.
- Suyu az ve etkili kullanmaya yönelik teşvik programları gerçekleştirilmelidir. Suyun israf edilmemesiyle ilgili halk bilinçlendirilmelidir.
- Fiziksel olmayan kayıplarla ilgili çalışmalara önem verilmeli ve ilk etapta bu kayıplarla ilgili düzenlemelere başlanmalıdır. Yasal olmayan bağlantılar, hatalı faturalandırma, sayaç okuma hataları gibi kolay çözümlenebilecek sistemlerden kayıp azaltma işlemlerine gidilmelidir.
- Suyun az kullanımı için fiyat olarak teşvik programları uygulanabilir. Belli bir miktar su kullanımından sonra su fiyatında yüzde artışlar uygulanabilir.
- Yeni yapılacak şebekelerde su girişi tek noktadan sağlanmalı ve ana basınç bölgesi ve alt bölgeler olarak tasarlanmalıdır.
- Sayaçlarla ilgili yeni bir düzenlemeye gidilmelidir. Eski ve hassas olmayan sayaçlar değiştirilerek düşük debilerde daha hassas okuma yapabilen sayaçlar tercih edilmelidir.
- Sayaçlardaki değişim süresi 10 yıldan daha aşağılara çekilmeli ve böylece kayıp kaçak oranlarının azalması sağlanmalıdır. Sayaçlarla ilgili teknik çalışmalar yapılmalı yıl yıl sayaçlardaki okuma hataları tespit edilmeli ve en uygun zamanda değişiminin sağlanması için gayret gösterilmelidir.
- Şebeke hattında döşenen ana borulara hat kesme vanası takılmalıdır. Herhangi bir arıza durumunda tüm hattın içindeki suyun boşaltılması beklenmemeli ve tespit edilen noktada kısmi kesimler uygulanmalıdır. Bu şekilde kaybolacak suyun minimuma inmesi sağlanacaktır.
- Boru malzeme bağlantı elemanlarının kaliteli şekilde seçilmesi sağlanmalı ve gerekli denetimler yapılmalıdır. Toprak altında kalitesiz bağlantıdan dolayı kısa sürede deforme olacak malzemeler kullanılmamalıdır. Kalite malzeme kullanım noktasında mevzuat çalışması yapılmalıdır.
- Kayıp kaçakla ilgili tek bir birim kurulmalı ve bu birimde çalışanların teknik donanımına sahip olması sağlanmalıdır. Ayrıca çalışmalarda sürdürülebilir bir politika sergilemelidir. Tüm su idareleri kendi yaptığı ve kayıp kaçağı azaltmayı başardığı çalışmaları diğer idarelerle paylaşmalı çözüm odaklı sonuçlar üretilmelidir.

- Su fiyatı belirleme politikası yeniden gözden geçirilmelidir. Vatandaşa kayıp kaçak hakkında detaylı anlaşılır eğitimler verilerek bu kayıpları azaltmak için su fiyatının artırılabilceği düşüncesi benimsetilmelidir.
- Bu çalışmalar sonucunda, su kayıp ve kaçak miktarlarının azaltılması ile israfın önüne geçilmiş olacak ve gelecek nesillere suyun aktarımı sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- American Water Works Associations (AWWA), 1987, Leaks in Water Distribution Systems, A Technical, Economic Overview Report.
- Anonim, 2017a :Türkiye de su kaynaklarını geliştirme politikalarına yönelik tespitler ve öneriler, TMMOB su Politikaları Kongresi.
- Anonim, 2017b, <http://www.suadasu.com/suyun-onemi-29s.htm>.
- Anonim, 2017c, N. Gedik, BAÜ Müh. – Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. Ders notları.
- Anonim, 2017d, <http://www.tuik.gov.tr>.
- Anonim,2017e,
http://www.iski.gov.tr/Web/UserFiles/File/faaliyetraporu/pdf/Bench_Dunya_Raporu.pdf.
- Brothers, K.J., Eng, P., Chair, 2004, International Approach to Water Loss Reduction in Halifax, Nova Scotia, Canada, IWA Loss Task Force.
- Cinal, H., 2009, Basınç Yönetimi İle İçmesuyu Şebeke Kayıplarının Azaltılması: Sakarya Örneği, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Cingöz, G., 2014, Su Yönetiminde Kayıp/Kaçakların Düşürülmesi Pilot Uygulaması, Su Kayıp ve Kaçakları Türkiye Forumu –İstanbul
- Demir, A., 2001,Konya İçme Suyu Şebekesinde Su Kayıplarının Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dikmen, F., 2005, İstanbul İçme Suyu Dağıtım Siteminde Su Kayıpları Kontrolü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Ekmekçi, M. 2013, Yeraltı Su Kaynaklarına Yönelik Ulusal Gözlem ve İzleme Ağı Semineri, 24 Ocak 2013, Ankara
- Gökdemir, B., 2008, Küresel Su Krizine Çözüm Arayışları: Şebeke Suyu Hizmetlerine Özel Sektör Katılımı Dünya Örnekleri Işığında Türkiye İçin Öneriler, TÜSİAD Yayını.
- Kara, S., 2011, İçmesuyu Dağıtım Şebekelerinde Basınç Yönetimi ve Hidrolik Modellemenin Entegre Edilerek Su Kayıplarının İncelenmesi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Karakuş B., Yıldız S., Cerit O., 2010, Sivas Kent İçme Suyu Şebekesindeki Su Kayıpları ve Kayıp Oranını Azaltma Çalışmaları, S.Ü. Müh.- Mim. Fak. Derg., 25, 1, 2010.
- Karpuzcu, M., 2005, Su Temini ve Çevre Sağlığı, Kubbealtı Neşriyatı.
- McKenzie, R., 2001, Development of a pragmatic approach to evaluate the potential savings from pressure management in potable was distributions in South Africa:PRESMAC. Report TT152/01 published by the South African Water Research Commission ISBN No. 1 86845 722 2.
- Öztürk, M., 2009, İçmesuyu Şebeke Sisteminde Kaçak-Kayıplar.
- Postal, S., Vickers, A., Dünyanın Durumu 2004, Su Verimliliğini Artırmak, Tema Vakfı Yayınları.

- Prowat, 2009, Su Kayıpları Nasıl Önlenir ?, Eflatun Yayınevi.
- Report 26 1980, DMA flow data Minimum Night Flow
- Songur, M., Dabanlı, A. 2006, Studies on Inspection and Determination of Unaccounted Water, İstanbul-Turkey
- Şahin, M., 1999, "İçme Suyu Rehabilitasyonu Projesinde Su Kayıplarının Kontrolü ve Su Dengesi Oluşturulması" Su ve Kanalizasyon Sempozyumu, Şubat 1999, Ankara.
- Tabesh, M., Yekta A.H.A., Burrows, 2008, An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems, Springer.
- Toprak, S., Koç, A.C., Bacanlı, Ü.G., Dikbaş, F., Fırat, M., Dizdar, A., 2007, İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar ve Prowat Projesi, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu Bildirisi.
- Weimer, D., 2001, German National Report, Water Losses Management and Techniques.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Muhammed KÖRPE
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Karatay/Konya 26.06.1988
Telefon : 05556339033
Faks :
e-mail : muhammedkorpe@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Konya (Y.D.A) Lisesi, Konya	2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2012
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram, Konya	devam
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007-2012	Seha Yapı	Saha Mühendisi
2012-	Konya Büyükşehir Belediyesi	İnşaat Mühendisi

UZMANLIK ALANI: İnşaat Mühendisliği

YABANCI DİLLER: İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR