



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



Su Verimliliği
Seferberliği



İÇME SUYU TEMİN VE DAĞITIM SİSTEMLERİNDEKİ SU KAYIPLARININ KONTROLÜ EL KİTABI

TEMMUZ 2017

İÇME SUYU TEMİN ve DAĞITIM SİSTEMLERİNDEKİ SU KAYIPLARININ KONTROLÜ

EL KİTABI

Yazarlar

Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU

Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

Bu kitapta yer alan metin veya görseller aşağıda belirtilen şekilde atıf yapılması halinde kopyalanabilir ve kullanılabilir:

Muhammetoğlu H. ve Muhammetoğlu A. 2017. İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü - El Kitabı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı – Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü - El Kitabı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı – Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün mali ve teknik desteği ile yayına hazırlanmıştır.

Yayın yılı: 2017 (Birinci Baskı)

ÖNSÖZ

İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde gözlenen yüksek su kayıpları, pek çok ülkede ve ülkemizde ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Su kayıpları, hem önemli ekonomik kayıplara, hem de yüksek miktarda su israfının oluşmasına neden olmaktadır. Son dönemde ülkemizde içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının belirlenmesi, azaltılması ve yönetimi çalışmaları önem kazanmış olup 2014 yılında Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından konuya ilişkin bir yönetmelik yayımlanmıştır. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün desteği ile hazırlanan bu El Kitabı içinde su kayıplarının tanımı ve olduğu yerler, su kayıplarının azaltılması ile elde edilen kazanımlar, idari ve fiziki su kayıplarının belirlenmesi ve kontrolü, alt bölgelerin oluşturulması, Standart Su Dengesi Tablosu, şebekeler için hidrolik modelleme, basınç yönetimi, içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinin izlenmesi ve veri değerlendirme, su kayıplarının azaltılması için planlama konuları hakkında bilgiler verilmiş, Türkiye ve yurtdışından örnek uygulamalar sunulmuştur.

El Kitabı'nda yer alan Standart Su Dengesi Tablosunun bilgisayar ortamında hazırlanması için Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde görevli olan Uzman Dr. İbrahim Ethem KARADİREK tarafından bir bilgisayar programı ve kullanıcı kılavuzu hazırlanmıştır. Bu program, tüm su idarelerinin ve belediyelerin kullanımına açıktır.

El Kitabı'nda sunulan örnek çalışmalar TÜBİTAK tarafından desteklenen projeler (Proje No: 114Y168, Proje No: 107G088, Proje No: 114Y203) kapsamında gerçekleştirilmiştir. Projelere sağladığı destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

El Kitabı'nın hazırlanması aşamasında değerli yorumları ile katkı veren Sayın Prof. Dr. Selçuk SOYUPAK, Sayın Prof. Dr. Bülent TOPKAYA ve ASAT Genel Müdürlüğü'nden Su Şebeke ve Arıtma Tesisleri Daire Başkanı Sayın İsmail DEMİREL'e şükranlarımızı sunarız. El Kitabı'nda yer alan görsellerin hazırlanması ve içeriğin tasarımında yardımcı olan lisansüstü öğrencilerimiz Oğuzhan GÜLAYDIN, Ahmet ÇİL, Özge ÖZEN, Barış ŞEKER ve Selma BAŞ'a teşekkür ederiz.



Prof.Dr. Habib MUHAMMETOĞLU



Prof.Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1. Su kayıplarının sınıfları	3
1.1.1. Fiziki su kayıpları	3
1.1.2. İdari su kayıpları	4
1.2. Gelir Getirmeyen Su	4
1.2.1. Farklı ülkelerdeki Gelir Getirmeyen Su seviyeleri	4
1.2.2. Türkiye'deki Gelir Getirmeyen Su miktarı	5
1.3. Su kayıplarının olduğu yerler	5
1.3.1. Kaynaktan şebekeye kadar olan su kayıpları	7
1.4. Ülkemizde su kayıplarının kontrolüne ilişkin mevzuat	8
2. SU KAYIPLARININ AZALTILMASI ile ELDE EDİLEN KAZANIMLAR	11
2.1. Terfi masraflarının azalması	14
2.2. Gelir Getiren Su Miktarının ve gelirin artması	15
2.3. Arıtma maliyetlerinin azaltılması	16
2.4. Ek yatırım ihtiyacının ertelenmesi	16
2.5. Su kalitesinin korunması	17
2.6. Arıza sıklığının azaltılması ve boru yaşının uzatılması	18
2.7. Diğer kazanımlar	18
3. İDARİ SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ	19
3.1. İdari kayıpların tanımı	21
3.2. İdari su kayıplarının azaltılması	21
3.2.1. Abone sayacı ölçüm hassasiyeti ve doğru sayaç seçimi	22
3.2.2. İzinsiz tüketim	24
3.2.3. Sayaç okuma hataları	26
3.2.4. Veri işleme ve faturalama hataları	27
4. FİZİKİ SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ	29
4.1. Sızıntıların özellikleri	31
4.2. Sızıntıların çeşitleri	32
4.3. Fiziki su kayıplarının bileşenleri	33
4.3.1. Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar	34
4.3.2. Su temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp/kaçaklar	34
4.4. Fiziki su kayıpları yönetim stratejisinin geliştirilmesi	35
4.4.1. Basınç yönetimi	36
4.4.2. Onarım hızı ve kalitesi	36
4.4.3. Boru hattı yönetimi	36
4.4.4. Aktif sızıntı kontrolü	37

5. ALT BÖLGE (DMA) OLUŞTURULMASI	43
5.1. Alt bölge (DMA) oluşturma nedenleri	45
5.2. DMA oluşturma kriterleri	46
5.3. Bir şebeke için DMA oluşturma örneği	46
5.4. DMA kontrolü için sıfır basınç testi.....	47
5.5. DMA için su koçu darbe testi.....	49
5.6. DMA'lar için Standart Su Dengesi Tablosunun hazırlanması	49
5.7. Minimum Gece Debisi (Minimum Night Flow-MNF) analizi	50
5.8. DMA için su kayıpları yönetimi	51
6. STANDART SU DENGESİ TABLOSU	55
6.1. Su kayıplarının hesaplanması	58
6.1.1. Sisteme Giren Su Miktarı	58
6.1.2. İzinli Tüketim	59
6.1.3. Su Kayıpları	60
6.2. Basit su dengesi	60
6.2.1. İzinli Tüketim için temel bileşenler	60
6.2.2. Su Kayıpları için temel bileşenler	61
6.2.3. Gelir Getiren ve Gelir Getirmeyen Su Miktarı.....	61
6.3. Standart su dengesi	62
6.3.1. Faturalandırılmış ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi bileşenleri	63
6.3.2. İdari ve Fiziki Kayıpların bileşenleri.....	63
6.4. Su dengesi oluşturma aşamaları.....	65
6.5. Su dengesi oluşturmak için önemli notlar	65
7. HİDROLİK MODELLEMeye GİRİŞ	73
7.1. Hidrolik modellemenin amacı	75
7.2. Hidrolik modelleme için gerekli veri setleri	75
7.3. Hidrolik model yazılımları	76
7.4. Hidrolik model tahminlerinin hassasiyeti	77
7.5. Model kalibrasyonu	77
7.6. Model doğrulaması.....	78
7.7. Modelin yönetim amaçlı kullanımı	79
7.8. Hidrolik modelleme çalışması için gerekli altyapı.....	79
7.8.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).....	79
7.8.2. SCADA.....	81
7.9. Hidrolik modelleme için örnek çalışma	81
8. BASINÇ YÖNETİMİ	83
8.1. Şebekede fazla basınç oluşumu.....	85
8.2. Fazla basıncın fiziki su kayıpları üzerindeki etkileri.....	85
8.3. Fazla basıncın tespit edilmesi	86
8.4. Fazla basıncı azaltma yöntemleri.....	88
8.5. Basınç Düşürücü Vana (PRV) kontrolör çeşitleri.....	88
8.6. Fazla basıncı azaltmanın faydaları	89

8.6.1. Fiziki kayıpların azaltılması	89
8.6.2. Arıza oranının azalması.....	90
8.6.3. Boru ve ekipmanların kullanım süresinin uzaması	90
8.7. Enerji üretimi.....	90
8.8. Basınç yönetimi için örnek çalışmalar.....	92
9. İZLEME ve DEĞERLENDİRME.....	93
9.1. Gerçek Zamanlı İzleme (RTM) ve SCADA Sistemi	95
9.1.1. Gerçek Zamanlı İzleme (RTM)-SCADA sisteminin faydaları	97
9.2. Minimum Gece Debisinin (MNF) izlenmesi	98
9.3. Su kayıpları mücadelesi için performansın izlenmesi	102
9.3.1. Su kayıplarının yüzde olarak ifade edilmesi.....	102
9.3.2. Altyapı Kaçak İndeksi (Infrastructure Leakage Index-ILI)	102
9.3.3. Fiziki kayıplar için diğer performans indikatörleri	104
9.3.4. İdari kayıplar için performans indikatörleri	105
10. SU KAYIPLARININ AZALTILMASI için PLANLAMA.....	107
10.1. Su kayıpları mücadele ekibinin kurulması	110
10.2. Su kayıplarını azaltıcı faaliyetlerin önceliklendirilmesi	110
10.3. Algılama, Lokasyon tespiti ve Onarım (ALR) sürelerinin azaltılması	111
10.4. Maliyetlerin gözden geçirilmesi.....	111
10.5. Su kayıpları mücadelesi için farkındalığın artırılması	112
10.6. Su kayıpları azaltma planının izlenmesi	113
10.7. Su kayıplarını azaltmanın etkileri.....	114
10.8. Başarısızlığın nedenleri – başarmanın yolu	115
KAYNAKLAR.....	117
EK-1. Hidrolik Modelleme ve Basınç Yönetimi için Örnek Uygulama	119
EK-2. Su Kayıplarını Azaltmak için Uygulama Örnekleri.....	129
Uygulama 1: Malatya, Türkiye.....	129
Uygulama 2: Kocaeli, Türkiye	133
Uygulama 3: Ain Al Basha, Ürdün.....	136
Uygulama 4: São Paulo, Brezilya	139
EK-3. Su Kayıplarının Azaltılması için Kurum Değerlendirme Matrisi	141
EK-4. Terimler Sözlüğü.....	146

Kısaltmalar ve Türkçe karşılıkları

ALR	: Awareness Location Repair (Algılama, Lokasyon tespiti, Rehabilitasyon/Onarım)
AMR	: Automatic Meter Reading (Otomatik Sayaç Okuma)
CAPL	: Current Annual Volume of Physical Losses (Mevcut Yıllık Fiziki Su Kayıpları Hacmi)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DMA	: District Metered Area (Alt bölge)
ILI	: Infrastructure Leakage Index (Altyapı Kaçak İndeksi)
IWA	: International Water Association (Uluslararası Su Kuruluşu)
MAAPL	: Minimum Achievable Annual Physical Losses (Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Su Kayıpları Hacmi)
MAE	: Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)
MNF	: Minimum Night Flow (Minimum Gece Debisi)
mSS	: metre Su Sütunu
PAT	: Pump As Turbine (Pompa Türbin)
Pİ	: Performans İndikatörü
PRV	: Pressure Reducing Valve (Basınç Düşürücü Vana)
RTM	: Real Time Monitoring (Gerçek Zamanlı İzleme)
RTU	: Remote Terminal Unit (Uzaktan Kontrol Ünitesi)
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition (Veri Tabanlı İzleme ve Kontrol Sistemi)
US-EPA	: United States – Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri – Çevre Koruma Ajansı)

1 GİRİŞ



1. GİRİŞ

Ülkemizin toplam kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyelinin 112 milyar m³ ve kişi başına düşen su potansiyelinin yaklaşık 1500 m³/kişi/yıl olduğu dikkate alındığında, ülkemizin “su stresi” içinde olduğu ve giderek “su fakiri” olmaya doğru yaklaştığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durum, su kaynaklarımızın kalitesinin yanısıra miktar açısından da çok dikkatli yönetilmesini gerekli kılmakta, içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının azaltılması özel bir önem kazanmaktadır. İçme kullanma amaçlı artan su talebine karşılık, suyun tüketiciye ulaşmadan temin ve dağıtım sistemlerinde yok olması, su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmakta ve önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

1.1. Su kayıplarının sınıfları

İçme suyu dağıtım şebekelerindeki toplam su kayıpları, (i) fiziki kayıplar ve (ii) idari kayıplar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Toplam su kayıpları, fiziki ve idari su kayıplarının toplamını ifade eder.

$$\text{Toplam Su Kayıpları} = \text{Fiziki Su Kayıpları} + \text{İdari Su Kayıpları}$$

Fiziki ve idari su kayıplarının, toplam su kayıpları içindeki payları, ülkeden ülkeye büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Örnek olarak, bazı Afrika kıtası ülkelerinde izinsiz su tüketiminin yüksek olmasından dolayı idari su kayıplarının toplam su kayıplarına oranı diğer ülkelere göre daha yüksektir. Genel olarak, toplam su kayıplarının yaklaşık %60'lık kısmı fiziki su kayıpları ve yaklaşık %40'lık kısmı da idari su kayıplarından oluşmaktadır. Ülkemizde genellikle fiziki su kayıpları, idari su kayıplarından daha fazladır.

1.1.1. Fiziki su kayıpları



Fiziki su kayıpları, şebekeden sızıntı şeklinde kaybolan ve kullanılmayan sudur. Fiziki su kayıpları iki temel sınıftan oluşmaktadır: (i) temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp ve kaçaklar, (ii) depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar.

Şekil 1.1. Fiziki su kayıplarına ait bir görüntü (eski bir boruda oluşan sızıntı)

1.1.2. İdari su kayıpları

İdari su kayıpları, yasal olmayan bağlantılardan izinsiz su kullanımı, su sayaçlarındaki ölçüm hataları ve veri işleme hatalarından (su sayaçlarındaki tüketim miktarının yanlış okunması, tüketim miktarlarının bilgisayar ve faturalara yanlış aktarılması vb.) oluşmaktadır.



Şekil 1.2. İdari su kayıplarına ait bir görüntü (su sayacına by-pass yapılarak izinsiz su kullanımı)

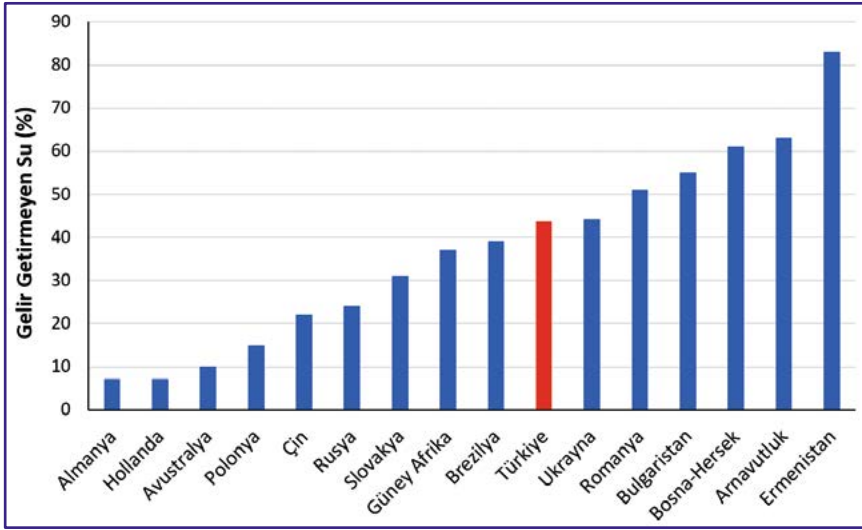
1.2. Gelir Getirmeyen Su

Gelir Getirmeyen Su, su kayıpları ile aynı miktarı ifade etmez; *Toplam Su Kayıplarına* ilaveten *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimini* de içermektedir. Buna bağlı olarak, *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* var ise, *Gelir Getirmeyen Su* hacmi, *Toplam Su Kayıpları* hacminden daha fazladır. *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi*, izinli su tüketimi içinde yer almakta ancak gelir getirmemektedir. Bu tüketime örnek olarak halka açık alanlardaki (ibadethaneler, parklar, yangın muslukları vb.) su tüketimleri ve iletim ve dağıtım hatlarında bakım veya onarım amaçlı tahliye edilmesi gereken su hacimleri verilebilir. Belirtilen alanlardaki su tüketimi bir su sayacı ile ölçülür ise *Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım*, herhangi bir ölçüm yapılmıyor ise *Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım* olarak tanımlanır.

$$\text{Gelir Getirmeyen Su} = \text{Toplam Su Kayıpları} + \text{Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi}$$

1.2.1. Farklı ülkelerdeki Gelir Getirmeyen Su seviyeleri

Su kayıpları oranı, bazı ülkelerde %50 seviyesinden daha fazla iken, bazı ülkelerde %10 seviyesinin altındadır. Su kayıpları oranının sıfır olduğu bir içme suyu dağıtım şebekesi bulmak mümkün değil ise de bazı gelişmiş ülkelerde su kayıpları oranı %10 seviyesinin altına indirilebilmiştir. 2010 yılı için bazı ülkelerdeki *Gelir Getirmeyen Su* seviyeleri Şekil 1.3'te verilmektedir.



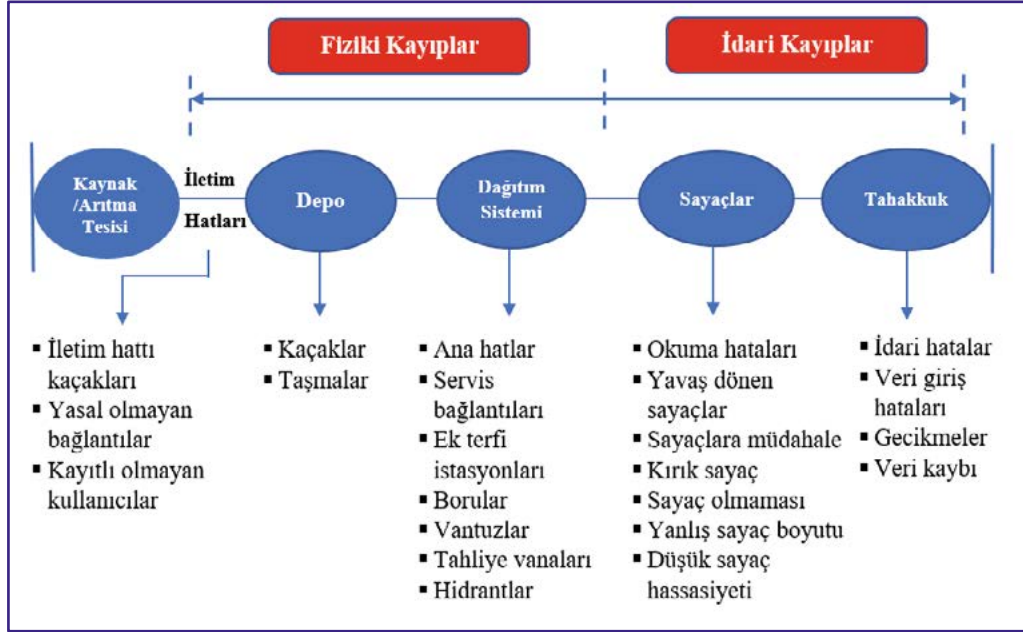
Şekil 1.3. 2010 yılı için bazı ülkelerdeki *Gelir Getirmeyen Su* seviyeleri (IBNET, 2017)

1.2.2. Türkiye'deki Gelir Getirmeyen Su miktarı

Ülkemizdeki su kayıpları oranına ilişkin net bir değer ifade edilmemekle birlikte Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2012 verilerine göre *Gelir Getirmeyen Su* oranı %43,6'dır. *Gelir Getirmeyen Su* oranının belirlenmesi için öncelikle *Sisteme Giren Su Miktarı* tüm yıl boyunca hassas olarak ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Ancak ülkemizdeki pek çok yerleşim yerinde *Sisteme Giren Su Miktarı* gerekli ölçüm ekipmanlarının eksik olmasından dolayı ölçülememektedir. Ayrıca, idareler genel olarak yüksek seviyedeki su kayıplarını rapor etmekten kaçınmaktadırlar. Buna bağlı olarak, ülkemizdeki toplam su kayıpları ve *Gelir Getirmeyen Su* oranının, TÜİK verilerinden daha yüksek olduğu değerlendirilmektedir.

1.3. Su kayıplarının oluştuğu yerler

Su kayıpları, su temin ve dağıtım sistemleri içinde pek çok noktada oluşabilir (Şekil 1.4). *Fiziki Kayıplar* ülkemizde en çok servis bağlantılarında oluşmaktadır. Genellikle kentsel altyapı çalışmalarında (atıksu toplama, yol asfaltlama, doğal gaz bağlantıları, telefon, elektrik vb. bağlantıları) kazı vb. işlemler sırasında servis bağlantıları zarar görmekte ve sızıntılar oluşmaya başlamaktadır. Zarar gören servis bağlantı boruları, ilgili altyapı faaliyetini gerçekleştiren firmalar tarafından istenilen düzeyde tamir edilememektedir. Sonuç olarak, iyi tamir edilemeyen servis bağlantılarında göreceli olarak düşük debili sızıntılar başlamakta ve uzun yıllar süresince yüksek miktarlarda su kaybedilmektedir. Sızıntı suyu, çoğu zaman sızıntı oluşan bağlantı noktalarında yüzeye çıkmamakta ve yeraltına sızarak yok olmaktadır.



Şekil 1.4. Su temin ve dağıtım sistemlerinde oluşan tipik su kayıpları (MNRW, 2010)



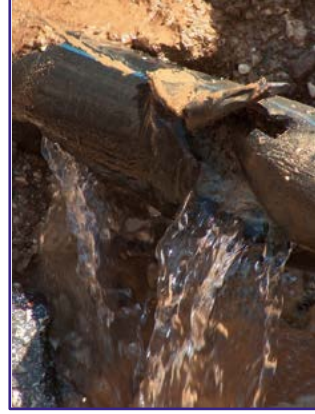
Şekil 1.5. Su kayıplarının büyük bir kısmı genellikle servis bağlantılarında oluşur.

Su dağıtım şebekelerinde kullanılan ve uzun süre güneş altında bekletilmiş veya yanlış depolanmış plastik (PVC) su borularında sıklıkla çatlaklar oluşmaktadır. Borularda oluşan bu çatlaklardan sızıntılar başlamakta ve sızıntılar farkedilip tamir edilene kadar, uzun süre su kayıpları devam etmektedir.

Eski borularda, iletim ve dağıtım hatlarındaki çeşitli vanalarda ve bağlantılarda da kayıplar oluşabilmektedir. Bir diğer fiziki kayıp şekli ise depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalardır.



(a)



(b)

Şekil 1.6. (a) Genellikle altyapı faaliyetleri sırasında servis bağlantı boruları zarar görmekte ve boruların tamirati istenilen düzeyde yapılmamaktadır, (b) Dağıtım şebekelerindeki fiziki kayıplar en çok plastik borularda oluşur.



İdari Kayıplar yaygın olarak su sayaçlarındaki ölçüm hatalarından kaynaklanmaktadır. Su sayaçları, genellikle tüketilen su hacmini daha az ölçmektedir. Eski sayaçlarda ölçülen su miktarı, tüketilen su miktarından %20'ye kadar daha az olabilmektedir. Bu konu ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 3'te verilmektedir.

Şekil 1.7. Su sayaçları tüketilen su hacmini sıklıkla hatalı olarak daha az (%20'lere varan oranda) ölçebilmektedir.

1.3.1. Kaynaktan şebekeye kadar olan su kayıpları

İçme suyu kaynağı olarak yeraltısuyu (kuyular, kaynaklar) veya yerüstü suları (akarsu, göl, rezervuar vb.) kullanılmaktadır. Kaynaktan alınan ham su, içme-kullanma amaçlı kullanım için uygun olan kaliteye yükseltilmek üzere iletim hattı ile içme suyu arıtım tesisine iletilir. Uygulanacak olan arıtım şekli, ham suyun kalitesine ve içme suyu kalite standartlarına bağlıdır. Çoğu zaman, yeraltısuyu için çok az veya hiç arıtım yapılmaz iken yerüstü suları için koagülasyon, flokülasyon, çökeltim, filtrasyon ve dezenfeksiyon gibi bir seri fiziksel ve kimyasal işlem ve prosesler gerekmektedir. İlgili ulusal mevzuatımıza göre, içme suyu dağıtım şebekesinde minimum 0,2 mg/L serbest

bakiye klor miktarının temin edilmesi için arıtılmış suya, dağıtım şebekesine verilmeden önce klor eklenir. Depolar, içme suyu dağıtım şebekesine suyun verilmesi için kullanılan yapılardır. Depolara suyun iletimi cazibeli veya terfili sistemler ile sağlanır.

Şekil 1.4'te gösterildiği gibi suyun kaynaktan içme suyu şebekesine ulaşmasına kadarki süreçte pek çok noktada fiziki su kayıpları oluşabilmektedir. Genellikle içme suyu arıtma tesisindeki üniteler, havuzlar ve depolar tamamen su sızdırmaz özellikte değildir ve belirli düzeyde sızıntı oluşmaktadır. Ancak, çatlakların olması halinde aşırı miktarda sızıntılar gerçekleşebilir. Ek olarak, arıtma üniteleri ve depolarda taşmalar da gerçekleşebilmektedir. İletim hattı boruları ve arıtma tesisi içindeki borularda da sızıntılar oluşabilir, bakım veya onarım amacıyla sular tahliye edilebilir. Su dengesi oluşturmak ve su kayıplarını hesaplamak için su kaynağından şebekeye kadarki temin hattı üzerinde farklı noktalarda debimetreler yerleştirilmelidir. İçme suyu arıtma tesislerinde filtrenin geri yıkınması, çamur bertarafı, flaşlama, bakım ve onarım gibi işlemler nedeni ile su kayıpları oluşabilmektedir. Filtre geri yıkama sularının içme suyu arıtma tesisi başına geri döndürülmesi tavsiye edilmektedir. Ek olarak, kullanılan debimetrelerin hassasiyeti ve veri işleme hataları, idari su kayıplarına yol açmaktadır.

1.4. Ülkemizde su kayıplarının kontrolüne ilişkin mevzuat

Ülkemizdeki yüksek düzeyde seyreden su kayıplarının azaltılması ihtiyacı ve böylece elde edilebilecek pek çok kazanım dikkate alınarak, su kayıplarının kontrolüne ilişkin mevzuat yayınlanmış ve uygulamaya konulmuştur:

- i. İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, 8 Mayıs 2014 (Resmi Gazete, Sayı: 28994)
- ii. İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 16 Temmuz 2015 (Resmi Gazete, Sayı: 29418)

Yönetmelik ile su idareleri 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 belediyeler 9 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 5 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlü hale gelmişlerdir.

Yönetmelikte yer alan ve su kayıplarının azaltılması için gerekli olan önemli çalışmalar:

1. İçme suyu dağıtım şebekesine verilen tüm su hacmi ölçülmeli ve düzenli olarak kaydedilmelidir.
2. Tüm kullanıcılara verilen su hacmi sayaçlar ile ölçülmeli, sayaç endeksleri düzenli olarak okunmalı ve veriler kaydedilmelidir. Sayaçların kullanım süresi 10 yılı aşmamalıdır.
3. Su idareleri tarafından yıllık Standart Su Dengesi Tablosu oluşturulmalı, Tarım ve Orman Bakanlığı'na raporlanmalıdır.

4. Mevcut içme suyu dağıtım şebekeleri alt bölgelere (District Metered Area - DMA) ayrılmalı, yeni şebekeler ise alt bölgeler (DMA) oluşturularak tasarlanmalıdır.
5. Alt bölgelere verilen su debisi ve alt bölge içindeki kritik basınç ölçülmeli ve kaydedilmelidir.
6. Şebekedeki en yüksek statik basınç topografik yapının uygun olduğu yerlerde 60 mSS (metre su sütunu) değerini aşmamalıdır.
7. Şebekeler için veri kaydetme ve izleme amaçlı olarak CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve uygun izleme sistemleri (SCADA-Veri Tabanlı İzleme ve Kontrol Sistemi vb.) kurulmalıdır.
8. Fiziki su kayıplarının azaltılması için akustik ekipmanlar kullanılmalıdır.
9. Şebekeler için hidrolik modelleme çalışması yapılmalıdır.

➤ **ÇIKARIMLAR:**

1. Toplam su kayıpları, idari ve fiziki su kayıplarını içerir.
2. *Gelir Getirmeyen Su* ile *Su Kayıpları* farklıdır. Genellikle *Gelir Getirmeyen Su, Su Kayıpları*'ndan daha fazladır.
3. Yeni içme suyu dağıtım şebekelerinde bile su kayıpları oranı sıfır değildir. Ancak bazı gelişmiş ülkelerdeki su kayıpları oranı %10'un altındadır.
4. Türkiye'de içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıpları oranı tahmin edilenden daha fazladır.
5. Fiziki su kayıpları çoğunlukla servis bağlantılarında oluşur.
6. İdari su kayıpları genel olarak su sayaçlarının düşük hassasiyetinden kaynaklanır.
7. Ülkemizde yürürlükte olan su kayıplarının kontrolüne ilişkin mevzuat ile içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıpları oranının %25'e indirilmesi hedeflenmektedir.

2 SU KAYIPLARININ AZALTILMASIYLA ELDE EDİLEN KAZANIMLAR



2. SU KAYIPLARININ AZALTILMASIYLA ELDE EDİLEN KAZANIMLAR

Su kayıplarının azaltılması ile elde edilecek birçok kazanım bulunmakta olup bunlar içinde su idareleri ve belediyeler için en önemlilerinden birisi **ekonomik kazanımlardır**. Aşağıda verilen örnek ile su kayıplarının azaltılması ile elde edilebilecek ekonomik kazanımlar açıklanmaktadır.

Örnek: Nüfusu 1 milyon kişi olan bir kenti ele alalım. Bir yıl içindeki ortalama günlük su tüketimi 250 L/kişi/gün ($0,25 \text{ m}^3/\text{kişi/gün}$) olursa bu kent için:

Günlük su tüketimi = $1.000.000 \text{ kişi} \times 0,25 \text{ m}^3/\text{kişi/gün} = 250.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ olacaktır.

Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi, Sisteme Giren Su Miktarının %2'si, toplam su kayıpları oranı %50 olarak (%30 fiziki kayıplar, %20 idari kayıplar) kabul edilmektedir.

Tablo 2.1. Toplam su kayıpları oranı %50 olan bir milyon kişi nüfuslu kent için günlük su dengesi

Sisteme Giren Su Miktarı 250.000 m^3 (%100)	İzinli Tüketim 125.000 m^3 (%50)	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 120.000 m^3 (%48)	Gelir Getiren Su Miktarı 120.000 m^3 (%48)
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 5.000 m^3 (%2)	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 130.000 m^3 (%52)
	Su Kayıpları 125.000 m^3 (%50)	İdari Kayıplar 50.000 m^3 (%20)	
		Fiziki Kayıplar 75.000 m^3 (%30)	

Su kayıplarının azaltılması için gerekli faaliyetlerin gerçekleştirilmiş olduğunu ve hem fiziki kayıpların, hem de idari kayıpların yarıya indirildiğini kabul edelim. Su kayıplarının azaltılması ile elde edilen hacimleri tekrar incelersek:

Fiziki kayıplardaki azalma = $75.000 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,5 = 37.500 \text{ m}^3/\text{gün}$

İdari kayıplardaki azalma = $50.000 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,5 = 25.000 \text{ m}^3/\text{gün}$

Sızıntıların azaltılması ile tasarruf edilen günlük su hacmi = 37.500 m^3 olacaktır.

Buna göre;

- Sisteme Giren Su Miktarı, tasarruf edilen su hacmi kadar azalır (37.500 m^3)
- İzinli Tüketim miktarı, idari kayıplardaki azalan su hacmi kadar artar (25.000 m^3). Bu miktar, Faturalandırılmış ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi hacimlerine orantılı olarak eklenir.

Tablo 2.2. Toplam su kayıplarının yarıya indirilmesinden sonra bir milyon kişi nüfuslu kent için günlük su dengesi

Sisteme Giren Su Miktarı 212.500 m ³ (%100)	İzinli Tüketim 150.000 m ³ (%70,6)	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 120.000 +24.000 m ³ (%67,8)	Gelir Getiren Su Miktarı 144.000 m ³ (%67,8)
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 5.000 + 1.000 m ³ (%2,8)	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 68.500 m ³ (%32,2)
	Su Kayıpları 62.500 m ³ (%29,4)	İdari Kayıplar 25.000 m ³ (%11,8)	
		Fiziki Kayıplar 37.500 m ³ (%17,6)	

Sonuç olarak:

- Fiziki su kayıplarındaki azalma = 37.500 m³/gün
- Gelir Getiren Su Miktarındaki artış = 24.000 m³/gün

2.1. Terfi masraflarının azalması

Fiziki kayıpların azalmasına bağlı olarak içme suyu temin sistemine verilen su miktarı azalır. Dolayısıyla; kaynaktan alınan ve sisteme pompalarla terfi ettirilen su hacmi de azalmış olur. Su temin sisteminde kullanılan enerji, suyun kaynaktan alınmasına ve yapılan terfiye göre değişir.

Örnek: 1 m³ suyun kaynaktan alınması ve terfisi için gerekli enerjinin 1 kWh olduğunu kabul edersek;

Suyun terfi maliyeti yaklaşık 0,35 TL/m³ alındığında;

$$\begin{aligned}
 \text{Ekonomik kazanç} &= 37.500 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,35 \text{ TL/m}^3 = 13.125 \text{ TL /gün} \\
 &= 13.125 \text{ TL/gün} \times 30 \text{ gün/ay} = 393.750 \text{ TL/ay} \\
 &= 13.125 \text{ TL/gün} \times 365 \text{ gün/yıl} = 4.790.625 \text{ TL/yıl}
 \end{aligned}$$



Şekil 2.1. Su kayıplarının azaltılması ile terfi edilen su hacmi azalır ve buna bağlı olarak enerji maliyetleri azalır.

2. 2. Gelir Getiren Su Miktarının ve gelirin artması

İdari kayıpların azaltılması ile *Gelir Getiren Su Miktarı* artar ve bu şekilde su idarelerinin geliri artış gösterir.



Şekil 2.2. İdari kayıpların azaltılmasına bağlı olarak sudan elde edilen gelir artar.

Örnek:

Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimindeki artış = 24.000 m³/gün
Suyun birim fiyatı yaklaşık 2 TL /m³ olarak alındığında
Gelir artışı = 24.000 m³/gün x 2 TL /m³ = 48.000 TL/gün
= 48.000 TL/gün x 30 gün/ay = 1.440.000 TL/ay
= 48.000 TL/gün x 365 gün/yıl = 17.520.000 TL/yıl

2.3. Arıtma maliyetlerinin azaltılması

Ham su, genellikle içme suyu dağıtım şebekelerine verilmeden önce belirli bir arıtmadan geçmektedir. Uygulanan arıtma işlemleri ve maliyetleri ham suyun kalitesine göre değişiklik gösterir. Bazen oldukça kapsamlı ve yüksek maliyetli arıtma uygulanması gerekli iken, yeraltısuyu ve kaynak sularından alınan ham sular için hiçbir



arıtma işlemi gerekmez. Ancak, ülkemiz mevzuatlarına göre tüm içme-kullanma amaçlı suların içme suyu dağıtım şebekesine verilmeden önce klorlanması gerekmektedir. Fiziki su kayıplarının azaltılması sonucunda kaynaktan daha az su alınması ve dolayısıyla daha az miktarda suyun arıtılması ve klorlanması söz konusu olacaktır.

Şekil 2.3. Fiziki su kayıplarının azaltılması ile tasarruf edilen su için arıtma ve dezenfeksiyon masrafları azalır.

Örnek: Fiziki su kayıplarındaki azalma $37.500 \text{ m}^3/\text{gün}$ olduğundan, aynı debideki suyun arıtma ve klorlama maliyeti kadar tasarruf elde edilecektir.

2.4. Ek yatırım ihtiyacının ertelenmesi

Fiziki su kayıplarının azaltılması ile üretilen su miktarı (kaynaktan alınan, arıtılan, terfi edilen, iletimi sağlanan ve depolarda biriktirilen su miktarı) ile içme suyu iletim ve dağıtım hatlarındaki su debisi azalır. Böylece, nüfus artışı olması halinde bile iletim ve dağıtım sistemlerine yeni yapılacak yatırımlar (yeni pompaların devreye alınması, boru hatları ve depoların inşaatı vb.) ertelenir, yeni bir su kaynağı arayışı gecikir.

Örnek: Ele alınan bir milyon nüfuslu kent için su kayıpları mücadelesi ile fiziki su kayıplarının $37.500 \text{ m}^3/\text{gün}$ miktarında azaltılabileceği ortaya konulmuştu. Kişi başı günlük su tüketimi $250 \text{ L}/\text{kişi}/\text{gün}$ ($0,25 \text{ m}^3/\text{kişi}/\text{gün}$) kabul edilirse, fiziki kayıpların azaltılması ile 150.000 kişi için ihtiyaç olan su tasarruf edilmiş olur.

$$(37.500 \text{ m}^3/\text{gün}) / (0,25 \text{ m}^3/\text{kişi}/\text{gün}) = 150.000 \text{ kişi}$$

Bu durumda, nüfusu bir milyon kişi olan bu kent için 150.000 kişilik nüfus artışı olsa bile su temini için ek yatırım ihtiyacı olmayacaktır. Elde edilen kazanım, %15'lik nüfus artışı için yeterli olacaktır.



Şekil 2.4. Fiziki kayıpların azalması ile yeni yatırım ihtiyaçları ortadan kalkmakta ve mevcut su temini altyapısı artan nüfus için de yeterli olmaktadır.

2.5. Su kalitesinin korunması

Sisteme Giren Su, dağıtım şebekesi boruları ve servis bağlantılarındaki delik ve çatlaklardan sızarak kaybolur. Dağıtım şebekesi basınçlı olduğu zaman bu sızıntıların oluşumu su kalitesini etkilemeyebilir. Ancak bakım/onarım, şebekeye yeni ekipmanların (debimetre, basınç metre vb.) eklenmesi gibi durumlarda zaman zaman su kesintileri yapılmaktadır. Su kesintisi olduğunda şebekedeki basıncın düşmesi ve vakumlama etkisi ile şebeke dışındaki kirli su, borulardaki çatlak ve deliklerden şebeke içerisine girebilir. Bu durumda, şebeke ile dağıtılan içme suyu kirlenir ve önemli sağlık riskleri ortaya çıkabilir.



Şekil 2.5. İçme suyu dağıtım şebekesinde suyun kesildiği dönemlerde borulardaki delik ve çatlaklardan giren kirli su ve kirleticiler içme suyu kaynaklı çeşitli sağlık sorunlarına sebep olur.

2.6. Arıza sıklığının azaltılması ve boru yaşının uzatılması

Fiziki su kayıplarının azaltılması için ekonomik açıdan en etkin yöntemlerden birisi fazla basıncın düşürülmesidir. Bu konu, "Bölüm 8: Basınç Yönetimi" içerisinde detaylı olarak açıklanmaktadır. Fazla basıncın azaltılması, sızıntıların azaltılmasının yanısıra arıza sıklığının ve su kesintileri sıklığının azalmasını, boru ve ekipmanların ömrünün uzamasını sağlar. Belirtilen iyileştirmelerin yüksek ekonomik değeri vardır.

2.7. Diğer kazanımlar

Su kayıplarının azaltılması ile elde edilebilecek diğer kazanımlar:

- Su kaynakları üzerindeki baskıların azaltılması, yeni su kaynaklarına olan ihtiyacın geciktirilmesi
- Abonelerin memnuniyetinin artması
- Su teminindeki ekonomik kayıpların düşürülmesi ile su fiyatlarının düşürülmesi / fiyat artışının geciktirilmesi
- Yeni yatırım projelerine kaynak yaratılması
- Su idarelerinin giderlerinin azalması
- Ülkemizin kentsel su yönetimi açısından gelişmiş ülkelerin düzeyine ulaşması.

➤ ÇIKARIMLAR:

1. Su kayıplarının azaltılması ile hem su kaynakları korunur, hem de pek çok ekonomik kazanım elde edilebilir.
2. Fiziki su kayıplarının azaltılması ile üretilen ve temin edilen su miktarı ve maliyeti azalır. Suyun maliyeti içinde su alma, arıtma, terfi vb. tüm masraflar yer almaktadır.
3. İdari su kayıplarının azaltılması ile sudan elde edilen gelir artar.
4. Kazanımların artması için hem idari, hem de fiziki su kayıplarının birlikte azaltılması sağlanmalıdır.
5. Su kayıplarının azaltılması ile içme suyu dağıtım şebekesi kaynaklı hastalık riskleri azaltılmış olur.

3

İDARİ SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ



78		TUKETİM GÜNÜ (GAY)			
0-0-6666	SU BİRİM FİYAT TL/AY	1,35	ATIK SU BİRİM FİYAT TL/AY	4,90	
0-0-6666		3,11			
TOPLAM SU TÜKETİM BEDELİ	178,05	ATIK SU BEDELİ	279,64	TOPLAM	457,69
ÇTV	20,28				
KATI ATIK TOP. BED.	7,34				
KATI ATIK BER. BED.	0,85				
GECİKME ÖRANI	1,40				
YUVARLAMA	0,57				
KDV % 8	37,27				
KDV % 18	0,00				
DÖNEM TUTARI		ALACAK		537,96	
ÖCENECEK TUTAR					



3. İDARİ SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ

3.1. İdari kayıpların tanımı

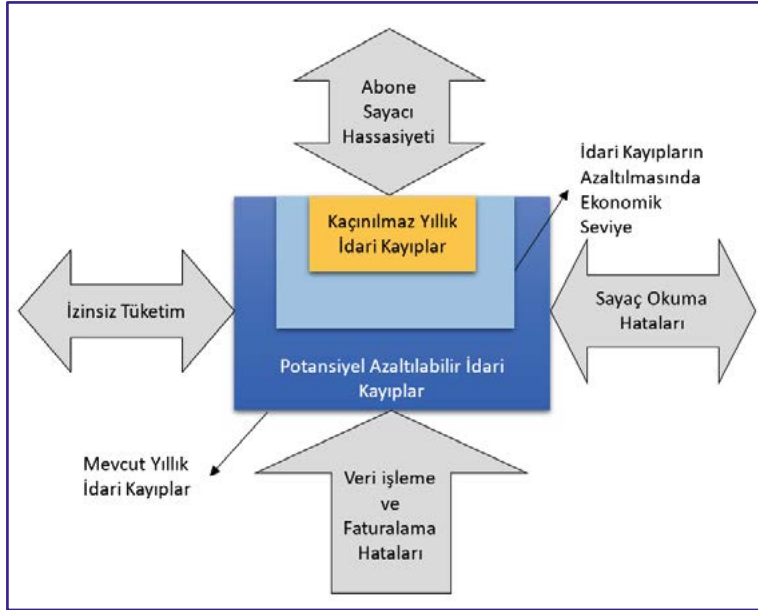
İdari kayıplar, tüketilen ancak tüketim miktarı kaydedilmeyen sudan kaynaklanır. Tüketilen su çoğunlukla, sayaçlardan geçmekte ancak, hassas olarak ölçülüp kaydedilmemektedir. Bu yolla kaybedilen su görünür olmadığından pek çok su idaresi, idari kayıplar ile ilgilenmek yerine fiziki kayıplar üzerine yoğunlaşmaktadır. Ancak, idari kayıpların azaltılması ile su idaresi gelirleri artırılır.

3.2. İdari su kayıplarının azaltılması

İdari kayıplar dört temel grupta ele alınır; bu gruplar:

- i. Abone sayacı ölçüm hassasiyeti ve doğru sayaç seçimi
- ii. İzinsiz tüketim
- iii. Sayaç endeks okuma hataları
- iv. Veri işleme ve faturalama hataları.

Su idareleri, idari kayıpların, izinli tüketimin %10'undan daha az olmasını hedeflemelidir. İdari kayıpların azaltılması düşük düzeyde ve kısa geri ödeme süreli yatırımları gerektirmekte ise de sürekli bir idari taahhüt, politik istek ve toplum desteğine ihtiyaç vardır. Su idareleri, su kayıplarını azaltma çalışmalarına öncelikli olarak idari kayıpları azaltmayla başlamalıdır. Bu çalışmalar hem az çaba ile gerçekleştirilmekte, hem de düşük maliyetli ve hızlı geri ödemeli olmaktadır. İdari kayıpların azaltılması için uygulanan dört temel faaliyet Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1. İdari kayıpların azaltılmasında uygulanan dört temel faaliyet (MNRW, 2008)

3.2.1. Abone sayacı ölçüm hassasiyeti ve doğru sayaç seçimi

Hassas olmayan sayaçlar, su tüketimini daha düşük kaydetme eğiliminde olduğundan daha düşük su geliri elde edilmesine yol açar. Otel, alışveriş merkezi, hastane, endüstriyel tesis vb. su kullanıcıları yüksek miktarda su tüketmektedir. Bu nedenle su idareleri öncelikli olarak büyük hacimli su kullanıcıları üzerinde yoğunlaşmalıdır. İlerleyen bölümlerde abone sayaçları ile ilgili ortak sorunlar ve su idareleri için çözüm önerileri yer almaktadır. Su sayaçlarına ilişkin önemli ve ek bilgiler Ölçü Aletleri



Yönetmeliği (2014/32/AB) (Resmi Gazete, 29 Haziran 2016, Sayı: 29757) ve İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği içinde yer almaktadır (Resmi Gazete, 16 Temmuz 2015, Sayı: 29418).

Şekil 3.2. Büyük hacimli su kullanıcıları yüksek miktarda su kullandıkları için bu kullanıcılara ait su sayaçlarına özel önem gösterilmelidir.

▪ Doğru sayaç montajı

Sayaçların montajı, üretici firmaların talimatlarına uygun olarak yapılmalıdır. Örnek olarak, bazı sayaçlar için sayaç girişinde ve çıkışında belirli uzunluklarda düz hatların olması gereklidir. Sayaçlar, görevlilerin kolaylıkla okuma yapabileceği yerlerde bulunmalı, sayaç montajında görevli olan personel, doğru sayaç montajı konusunda yetiştirilmelidir. Abone sayaçları, su idareleri tarafından temin edilmeli ve böylece yüksek kalitede ve standart özellikleri taşıyan sayaçların kullanımı sağlanmalıdır.

▪ Doğru sayaç boyutu seçimi

Abone sayaçları belirli bir debi aralığında ve her üretici firma tarafından tanımlanan maksimum ve minimum debiler arasında çalışır. Büyük sayaçlar, tanımlanan minimum debi değerinden daha düşük geçen debileri kaydedemez. Bu sebeple, su idareleri her abonenin su ihtiyacını ve muhtemel su tüketim şeklini anlamak için abonenin su tüketimini incelemelidir.



Şekil 3.3. Park, otel, alışveriş merkezi vb. yüksek su tüketimi olan abonelere uygun boyutta sayaçlar takılmalıdır.

Elde edilen bu bilgiler, uygun sayaç boyutunun belirlenmesine yardımcı olur. Yüksek su tüketimi olan abonelerin, debi profilleri incelenerek doğru sayaç seçimi yapıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Düşük gelir düzeyinde olan bölgelerde, muslukların sayaçların kaydedemeyeceği ölçüde sürekli az açılması ile saatte 10 litre su (ayda yaklaşık 7 m³) sayaçlar tarafından kaydedilmeden kullanılabilir.

Düşük debiye bağlı sorunların gözlemlendiği bir başka alan ise yüzer şamandıra ile debinin kontrol edildiği su depolarıdır. Yüzer şamandıralar, depo içindeki su seviyesi yükseldikçe yavaş yavaş su girişini kapatır. Bu işlem ile sayaçtan geçen debi oldukça düşer ve hatta sayacın kaydedebileceği minimum debi değerinin altına inebilir. Bu



sorun, abonenin tüketimine oranla çok daha büyük hacimli su depolarının kullanıldığı hallerde daha da belirgin hale gelir, öyle ki yüzer şamandıra hiçbir zaman tam açılmaz ve sayaçtan geçen su debisi sürekli olarak düşük düzeyde kalır.

Şekil 3.4. Ülkemizde yaygın şekilde kullanılan güneş ısı sistemlerinin depolarına su girişi oldukça düşük debi ile gerçekleştiği için sayaçların ölçüm hassasiyeti yetersiz kalmaktadır.

▪ Doğru ölçüm hassasiyetinde sayaç seçimi

Doğru ölçüm hassasiyetinde sayaç seçimi, abonelerin su tüketim miktarlarının daha hassas ve doğru ölçülmesine yardımcı olur. Düşük su kalitesi veya kirlilik, şebeke borularında partikül formdaki kirlenmelerin (sediment) oluşmasına sebep olabilir. Bu tür kirlenici maddeler, özellikle mekanik sayaçların iç kısmında birikebilir. Biriken malzemeler, sayaç içindeki sürtünme kayıplarını artırmakta ve buna bağlı olarak sayaç



daha yavaş dönmekte ve su tüketimini daha az ölçmektedir. Bu durumda sayaç hassasiyeti doğrudan etkilenmektedir. Sayaç hassasiyeti, abonenin su tüketim profili ve temin edilen suyun kalitesine göre dikkatlice belirlenmelidir. Sayaç içindeki bileşenlerin zarar görmemesi için su kesintilerinin ve ani basınç artışlarının mümkün olduğunca az gerçekleşmesi sağlanmalıdır.

Şekil 3.5. Uygun sayaç seçimi ile sayaç hassasiyeti artırılır.

▪ **Eski sayaçların yenilenmesi**

Su idareleri sayaç yenilerken en eski ve kötü durumda olan sayaçlardan başlamalıdır. Bu nedenle, su idareleri planlı bir sayaç değişim programı oluşturmalı ve uygulamalıdır. Mekanik sayaçların içindeki aksam zamanla aşındığından sürtünme artmakta ve dolayısıyla sayaçlar daha az ölçüm yapmakta ve sayaç hassasiyeti de zaman içinde değişmektedir. Belirtilen değişimler, sayaç ve su kalitesine bağlı olmakla birlikte birkaç yıl içinde gerçekleşir. Sayaç değişim süresi 10 yılı aşmamalıdır.



Su idareleri şebekelerinde kullandıkları farklı marka ve yaştaki abone sayaçlarının hassasiyetini, kalibre edilmiş standart test düzeneklerinde veya kendi kurdukları test alanlarında çok hassas ölçüm yapabilen bir “ana debimetre” ile zamana karşı debiyi takip ederek düzenli bir şekilde test edebilir. Bu testlerin sonuçlarına göre abone sayaçlarının yenilenmesi için optimum sayaç süresi belirlenir.

Şekil 3.6. Abone sayaçlarının hassasiyeti, hassas bir ana debimetreye bağlı bir sistem üzerinde test edilebilir.

3.2.2. İzinsiz tüketim

İzinsiz tüketim içerisinde kaçak servis bağlantıları, sayacın by-pass edilmesi, yangın hidrantlarının izinsiz kullanımı yer alır. Aşağıdaki bölümlerde izinsiz tüketime yönelik ortak sorunlar ve olası çözüm önerileri sunulmaktadır.

▪ **Kaçak bağlantıların bulunması ve azaltılması**

Kaçak abone bağlantıları, içme suyu dağıtım şebeke hattına sorumlu su idaresinin bilgisi ve onayı olmadan kanunsuz bir şekilde fiziki olarak bir bağlantı yapılmasını içerir. Bu tür uygulamaların önlenmesi için abonelerin, kaçak su kullanıcılarını ilgili idareye bildirmeleri için farkındalık oluşturulmalı ve kaçak su kullanıcılarının cezalandırılması için ilgili cezai hükümler uygulanmalıdır. Ek olarak, sayaç okuma görevlilerinin de saha çalışmalarında tespit ettikleri kaçak bağlantıları raporlaması gereklidir.

Su faturasını ödemediği için suyu kesilen bir abonenin, bir hafta içinde tekrar suyunu açtırmak için başvuru yapmaması halinde, ilgili su idaresi personelinin bu abonenin kaçak bir bağlantı yapıp yapmadığını kontrol etmesi gerekir.

Bazı aboneler, su faturalarını azaltmak için mevcut su sayacına paralel olarak ikinci bir boru bağlantısı (by-pass) ile fazladan su alabilmektedir. Bu tip by-pass boruları genellikle gömülü oldukları için tespit edilmesi oldukça güçtür. Bu tür izinsiz

tüketimler, genellikle endüstriyel veya ticari amaçlı kullanımlarda görülmektedir ve tüketilen suyun sadece küçük bir kısmı abone sayacından geçerken kalan büyük kısmı by-pass borusundan geçer. Özellikle yüksek miktarda su kullanıcılarının bu tür izinsiz tüketime yönelebileceği öngörülmelidir. Bu durumda, izinsiz tüketilen ve sistemde görünmeyen su miktarının belirlenmesi için ilgili su idaresince abonenin su tüketim analizi yapılmalıdır. İzinsiz tüketimin tespit edilmesi için ilgili idare tarafından kaçak boru bağlantılarını belirlemek üzere sahada inceleme çalışmaları yapılabilir.



İzinsiz tüketim oluşan diğer bir kullanım şekli ise su sayaçlarından önce su filtre cihazlarının bağlanmasıdır. Bu tip arıtma cihazları genellikle büyük miktarda geri yıkama suyu tüketir ve tüketilen su sayaç tarafından ölçülmez. Ek olarak, bazı kullanıcılar sayaçtan önce sulama amaçlı su alabilmektedir.

Şekil 3.7. Su filtre cihazları genellikle su sayaçlarından önce bağlanır ve bu cihazların geri yıkamasında kullanılan büyük miktardaki su abone sayacında ölçülmez.

▪ **Sayaçlara müdahale edilmesi**

Bazı durumlarda, ölçülen su tüketimini azaltmak için sayaç içine çivi vb. malzemeler yerleştirilerek döner kanatlara müdahale edilebilmektedir. Bazı durumlarda ise sayacın dönmesini engellemek için sayaç dışına güçlü bir mıknatıs yapıştırılmaktadır. Bu gibi sorunlar karşısında, pek çok sayaç üreticisi firma dışarıdan müdahaleye karşı daha dirençli, metal parça içermeyen, sağlam ve net görünümlü plastik pencere ve sağlam muhafazalı sayaçlar üretmektedir. Bu özelliklere sahip sayaçlar daha yüksek fiyatlı olmasına rağmen sayaçlara yönelik müdahalelerin azaltılması ile idari su kayıplarının azalmasına yardımcı olur.

▪ **Yangın hidrantlarının izinsiz kullanımının önlenmesi**

Yangın hidrantlarının sadece yangın söndürme amaçlı kullanılması gereklidir. Ancak, yangın hidrantlarından gece geç veya sabah erken saatlerde depo doldurulması, araç yıkaması, ticari alanların önünde bulunan sokakların yıkanması vb. izinsiz kullanımlar söz konusudur. Bu tür izinsiz kullanımların önlenmesi için, halkın yangın hidrantlarının uygunsuz kullanımını görmeleri halinde ilgili su idaresine bildirmeleri için farkındalık oluşturulmalıdır. Su idareleri, yangın hidrantlarının izinsiz kullanımını önlemek için itfaiye vb. diğer birimler ile birlikte çalışmalı, bu tür izinsiz tüketimler için tespit edilen kullanıcılar cezalandırılmalıdır.



Şekil 3.8. Yangın hidrantlarından izinsiz su kullanımı

▪ **Abonelerin faturalama sisteminin kontrol edilmesi**

Abone faturalama sistemindeki hataların belirlenmesi için en uygun ve kapsamlı yöntem içme suyu şebekesine ait her alt bölgedeki tüm aboneler için envanter çalışması yapılmasıdır. Bu çalışma kapsamında ilgili su idaresi personeli, alt bölge içinde kalan tüm aboneleri yerinde ziyaret ederek abonenin adresini, adı ve soyadını, abone türünü (mesken, ticari vb.), kullanılan sayaç tipi ve sayaç numarasını kayıt altına almalıdır. Envanter çalışmaları ile abonelerin bulunduğu konutlardaki kişi sayısı ve ticari kullanımlar için faaliyet şekli (dükkan, otel, kafe, lokanta vb.) bilgileri değerlendirilerek tahmini su tüketimleri belirlenmelidir. Elde edilen bilgiler ile tahmini ve gerçek su tüketimleri karşılaştırılarak, sıradışı durumlar tespit edilebilir.



Şekil 3.9. Sayaç okuma görevlilerinin belirli bir rotasyonla farklı bölgelerde görevlendirilmesi önemlidir.

Abone sayaçlarının düzenli aralıklarla ilgili su idaresinin görevli personeli tarafından okunması ile abone faturalarının hazırlanması durumunda, kişiye bağlı olası hataları azaltmak için, sayaç okuma görevlilerinin düzenli olarak farklı rotalarda veya bölgelerde görevlendirilmesi sağlanmalıdır.

3.2.3. Sayaç okuma hataları

Görevli personelin dikkatsizliği ve eskimiş sayaçların kullanımı gibi nedenler ile abone sayaçlarının rutin okumalarında ve faturalanmasında kolaylıkla hatalar oluşmaktadır. Sayaç okuma görevlileri gerekli tecrübe ve bilgiye sahip değilse sayacı yanlış

okuyabilir, kesirli okumalarda ayırma işaretini yanlış yere yazma vb. basit hatalar yapabilir. Hatalı sayaçlar ve kirli sayaç pencereleri, sayaç okuma hatalarına yol açabilir.

Sayaç okuma görevlileri tespit ettikleri sorunları anında raporlamalı ve ilgili bakım ekipleri bilgilendirilerek sorunun çözümü için acil müdahale yapılmalıdır. Bu tür müdahaleler çok yavaş gerçekleştirildiği takdirde, sayaç okuma görevlileri gördükleri sorunları raporlama ve bildirme konusunda isteksiz ve yavaş hareket etme eğiliminde olabilir.

Sayaç okuma görevlileri, ilgili su idaresi adına aboneler ile iletişime geçmekte ve idarenin görünür yüzü olmaktadır. Sayaç okuma görevlilerinin daha iyi hizmet vermesi için ilgili su idarelerinin eğitim, kapasite geliştirme vb. motivasyon artırıcı çalışmalar yapması önemlidir.

3.2.4. Veri işleme ve faturalama hataları

Veri işleme ve faturalama işlemi yaygın olarak sayaç okuma görevlileri tarafından her abone sayacının düzenli olarak yerinde okunması ile yapılmaktadır. Bazı durumlarda, sayaçtan okunan veri bir form üzerine el yazısı ile kaydedilmekte, daha sonra ilgili su idaresine dönüldüğünde faturalama için tahakkuk veya faturalama birimine verilmektedir ve bu birimde sisteme veri girilir. Bu işlemlerin devamında fatura bastırılıp, abonenin adresine gönderilir. Uygulamanın bu şekilde olduğu durumlarda veri işleme ve faturalama basamaklarında çeşitli hatalar ortaya çıkabilir; sayaç okuma görevlisi veriyi yanlış yazabilir, faturalama servisinde sisteme yanlış veri girilebilir, su faturası yanlış adrese teslim edilebilir.

Belirtilen hataların önlenmesi için güvenilir bir faturalama/tahakkuk servisi ve işletim sisteminin olması çok önemlidir. Su idaresinin gelirlerini artırması için de bu uygulama zorunludur. Günümüzde faturalama için sayaç okuma görevlileri tarafından el



terminallerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Güncel faturalama yazılımları içinde bulunan dahili analiz fonksiyonları ile potansiyel veri işleme hataları anında belirlenebilmekte ve doğrulama için rapor vermektedir.

Şekil 3.10. El terminallerinin kullanımı sayaç okunmasındaki veri işleme ve faturalama hatalarını azaltır.

Ek olarak, bu yazılımlar ile aylık tahmini okuma değerleri ve sıfır tüketimler görülebilmekte olup abone sayacındaki olası sorunların tespitinde yardımcı olmaktadır. Elde edilen uyarı ve raporlara bağlı olarak yenilenmesi gereken sayaçlar için sahada incelemeler yapılması önerilir.

➤ **ÇIKARIMLAR:**

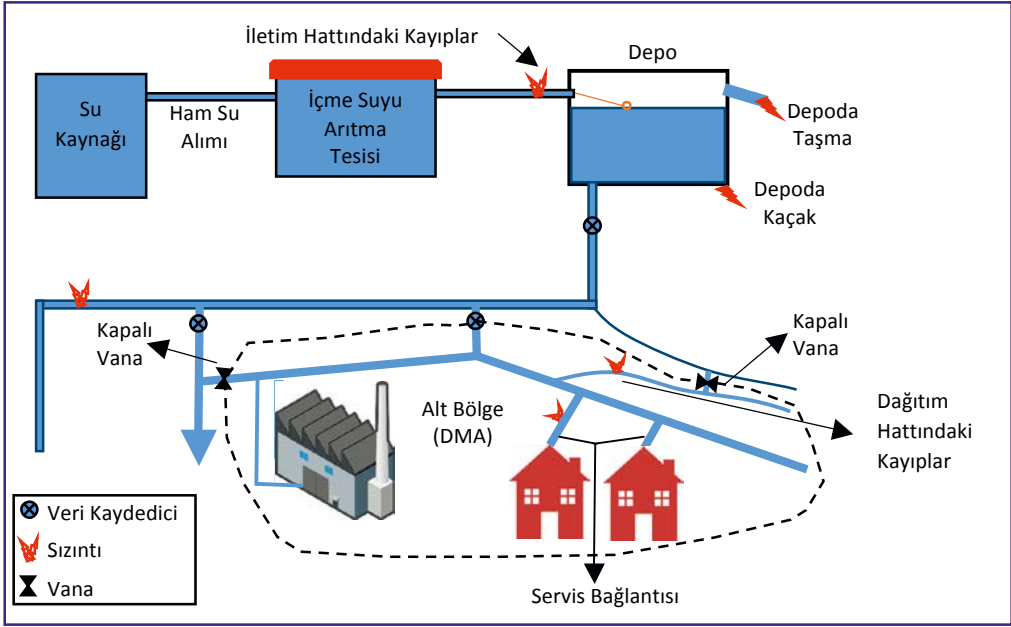
- 1. İdari kayıplar iki temel bileşenden oluşur:**
 - i. İzinsiz tüketim**
 - ii. Sayaçlardaki ölçüm hataları (abone sayacı hassasiyeti, sayaç okuma hataları, veri işleme ve faturalama hataları)**
- 2. Büyük hacimde su tüketimi olan kullanıcılar için idari su kayıpları dikkatle izlenmelidir.**
- 3. Tüm su kullanıcılarına, faturalandırma yapılmıyor olsa bile su sayacı takılmalıdır.**
- 4. Sayaç çeşidi, yaşı, boyutu ve montajı su sayaçlarının hassasiyeti için önemli faktörlerdir.**
- 5. Güneş ısı sistemlerinde su tankına giren su debisi, sayaç ölçüm hassasiyetinin altında kaldığından idari su kaybı oluşur.**

4 FİZİKİ SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ



4. FİZİKİ SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ

İçme suyu dağıtım şebekelerindeki toplam su kayıplarının büyük bölümünü genellikle fiziki su kayıpları (gerçek kayıplar) oluşturmaktadır. Şekil 4.1’de tipik bir içme suyu temin ve dağıtım sistemindeki fiziki su kayıplarının oluşum noktaları gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Tipik bir içme suyu temin ve dağıtım sistemi ve fiziki su kayıpları oluşum noktaları (MNRW, 2010)

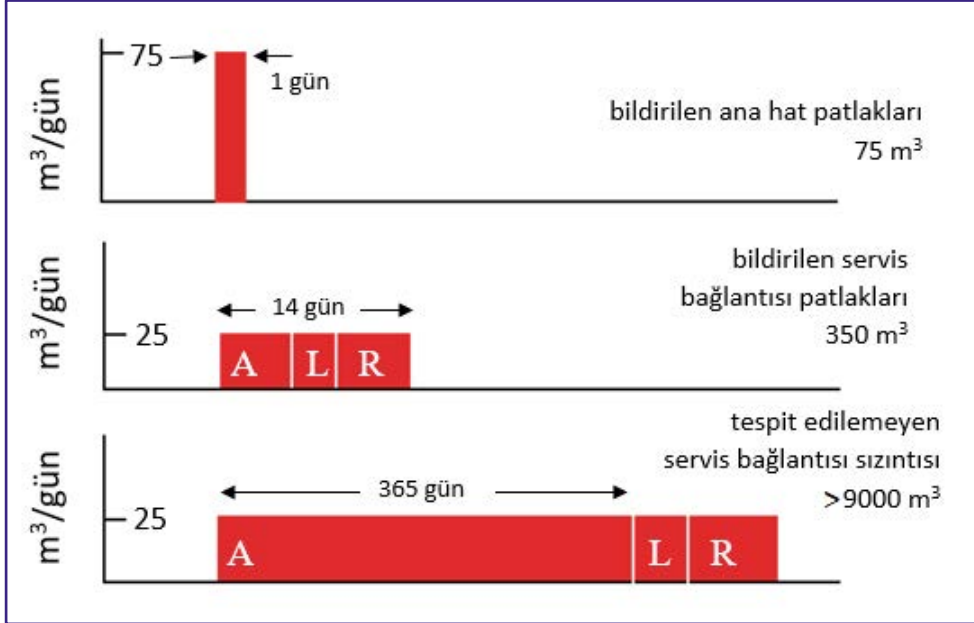
4.1. Sızıntıların özellikleri

Sızıntıların aranması, belirlenmesi, yerinin tespit edilmesi ve onarımı üç aşamadan oluşur. Bu aşamalar *Algılama (Awareness-A)*, *Lokasyon tespiti (Location-L)* ve *Rehabilitasyon/Onarım (Repair-R)* olmak üzere kısaca **ALR** olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşımda borulardaki sızıntılar, depolardaki taşmalar veya farklı noktalarda gerçekleşen kayıplar Şekil 4.2’de kırmızı renk ile gösterildiği gibi üç aşamada gerçekleşir:

- Algılama süresi - idarenin sızıntının farkına varması için geçen süre
- Lokasyon tespiti süresi - sızıntının yerinin tespit edilmesi için geçen süre
- Onarım süresi - onarım için gerekli olan süre

İdarenin su kaybının/sızıntının farkına varması, yerini tespit etmesi ve son olarak onarımını yapması için harcadığı süre uzadıkça kaybolan su hacmi de artmaktadır. Yeraltına inen bir sızıntı fark edilene kadar haftalar ve hatta yıllar geçebilir. Bu

nedenle, su kayıplarını azaltma stratejisi içinde sızıntıların algılama, yer tespiti ve onarım süreleri azaltılmalıdır.



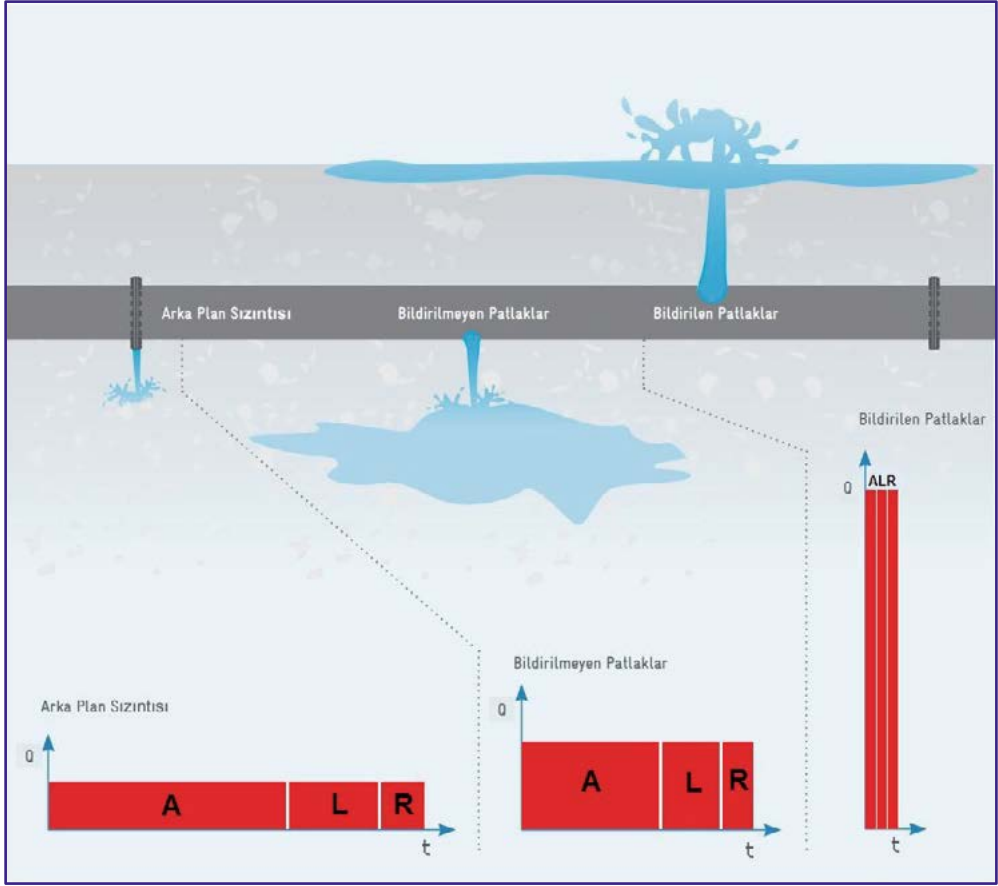
Şekil 4.2. Sızıntı süresi ve kayıp su hacmi (sızan su hacmi = debi x sızıntı süresi) (MNRW, 2010)

Pek çok fiziki su kaybı, kötü veya yetersiz bakım nedeniyle de gerçekleşebilmektedir. Su kayıplarını azaltma stratejisi içinde yer alan ALR bileşenlerinin azaltılması işleme dördüncü bir unsur olarak sistem bakımı eklenmelidir. Sistem bakımı ile şebeke alt yapısı ve varlıklarının iyi durumda tutulması büyük önem taşımaktadır. Bu yolla yeni sızıntı/kayıpların oluşumu azaltılabilir ve depo taşkınları ile birlikte diğer sızıntı problemleri önlenir.

4.2. Sızıntıların çeşitleri

Su idarelerinin kendi sistemleri içinde farklı çeşitteki sızıntıların oluşumunu anlaması, sızıntı akış süresi, debisi ve ALR süreçleri ile toplam fiziki su kayıpları hacmini değerlendirmesi çok önemlidir. Sızıntı çeşitleri aşağıda belirtilmektedir:

- **Bildirilen patlaklar** – Görünür özelliktedir ve çoğunlukla halk tarafından hızlı bir şekilde bildirilir. Bu tür patlaklar için *Algılama süresi* kısadır.
- **Bildirilmeyen patlaklar** – Genellikle yeraltında oluşur ve yüzeye çıkmaz. Sıklıkla sızıntı tespiti çalışmalarında ortaya çıkarılır ve *Algılama süresi* uzundur.
- **Arka plan sızıntısı** – Çok küçük sızıntıların bileşimi ile oluşur. Bu tür sızıntıların tek tespiti ve onarımı işlemleri hem zor, hem de yüksek maliyetli olmaktadır.



Şekil 4.3. Farklı sızıntı çeşitleri için ALR süreleri (Q: debi, t: zaman) (GWLR, 2011)

4.3. Fiziki su kayıplarının bileşenleri

Fiziki su kayıpları iki bileşene ayrılmaktadır:

- Su temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp/kaçaklar (abone sayacına kadar olan sızıntılar)
- Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar

Su temin ve dağıtım sistemlerindeki ana hatlar ve depolardaki sızıntılar çoğu zaman görünür özellikte olduğundan tespit edilmesi nispeten kolaydır ve hızlı bir şekilde onarımı yapılmaktadır. Ancak, servis bağlantılarında oluşan sızıntıların tespit edilmesi daha zordur ve daha yüksek hacimde su kayıplarının oluşmasına sebep olur. Özellikle karstik jeolojik formasyona sahip olan bölgelerde, sızıntı yüze çıkmaz ve yeraltına sızarak kaybolur. Böyle durumlarda, sızıntı yerinin tespit edilmesi oldukça zordur ve yer tespiti için ilerideki bölümlerde bahsedilen aktif sızıntı kontrolü çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

4.3.1. Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar

Depolarda meydana gelen taşmalar ölçülebilir. İdareler depo taşkınlarını izlemeli, taşkın olayları için ortalama taşkın süresini ve akış miktarını tahmini olarak belirlemelidir. Depo taşkınları genellikle tüketimin az olduğu gece saatlerinde meydana geldiğinden su idareleri her depo için geceleri düzenli kontrol sağlamalıdır. Depo kontrolleri doğrudan gözlemlerle veya depodaki su seviyesini otomatik olarak kaydeden veri depolayıcı cihazlarla sağlanabilir. Günümüzde pek çok su idaresinde



depolardaki su seviyesini gerçek zamanlı olarak ölçebilen cihazlar bulunmakta ve idareye ait tüm depolardaki su seviyeleri tek bir kontrol odasından (örnek olarak SCADA merkezi) izlenebilmektedir.

Depolarda meydana gelen sızıntı ve kaçaklar ise su seviye takibi ile hesaplanabilir. Bu yöntemde depoya bağlı olan tüm giriş ve çıkış vanaları kapatılarak, belirli bir süre boyunca su seviyesindeki azalma ölçülür ve bu sürede oluşan kayıp su hacmi hesaplanır.

Şekil 4.4. Depo sızıntısı ve kaçakları

4.3.2. Su temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp/kaçaklar

Su temin ve dağıtım hatlarındaki kayıp/kaçaklar genellikle büyük hacimli olmakta ve yol vb. üst yapıya da zarar veren ciddi patlaklar olarak gözlenebilmektedir. Bu tür sızıntı ve patlaklar, fiziki su kayıplarının en sık rastlanılan türüdür ve aşağıdaki nedenlerden dolayı meydana gelir:

- Kalitesiz kurulum ve işçilik, kalitesiz malzemeler
- Kurulum öncesinde malzemelerin yanlış yönetimi ve yanlış dolgu
- Geçici basınç, değişken basınç ve yüksek basınç
- Aşınma, titreşim ve akış hacmi
- Soğuk hava gibi çevresel etmenler
- İkinci kişi ya da kuruluşların kazıları
- Planlanmış düzenli bakımın eksikliği

Patlakların boyutuna ve bazen de görünür olmasına bağlı olarak, oluşan patlaklar hemen bildirilmekte ve suyun kesilmesi ile birlikte tamir/onarım işleri de acilen gerçekleştirilmektedir. Ancak servis bağlantılarında oluşan kayıp/kaçaklar genellikle fiziki kayıpların önemli bir kısmını oluşturmaktadır ve farkedilmeleri zordur.

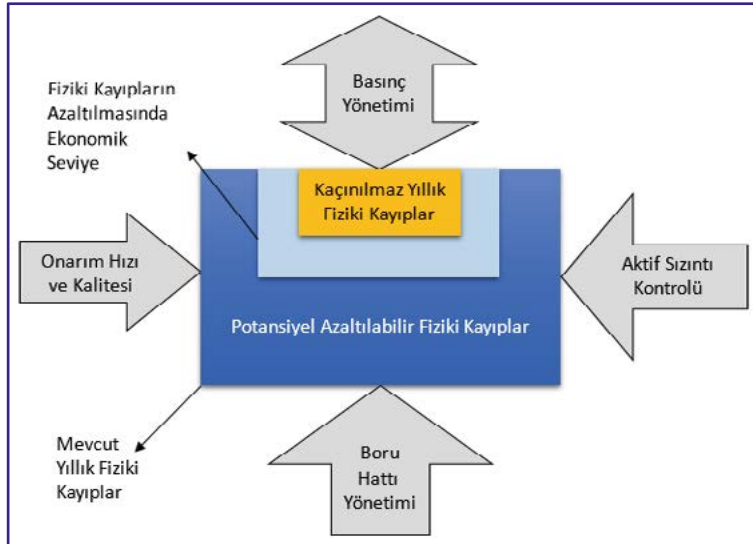
İdareler, toplam fiziki su kayıplarından depolarda meydana gelen kaçak ve taşma miktarını çıkararak yaklaşık olarak su temin ve dağıtım hatları ile servis

bağlantılarından olan kayıp/kaçak miktarını hesaplayabilir. Ek olarak, bir yıllık raporlama dönemi içinde tamir/onarım kayıtlarında yer alan su temin ve dağıtım hatlarında oluşan kayıp/kaçak sayısı üzerinden tahmini kaçak su hacmi belirlenebilir. Bu yaklaşıma göre su temin ve dağıtım hatlarından oluşan kayıp/kaçaklar aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$\text{Su temin ve dağıtım hatlarında oluşan yıllık toplam kayıp/kaçak hacmi} = \text{Raporlanan patlak sayısı} \times \text{Ortalama kaçak debisi} \times \text{Ortalama kaçak süresi}$$

4.4. Fiziki su kayıpları yönetim stratejisinin geliştirilmesi

Fiziki su kayıpları yönetim stratejisi içinde dört temel bileşen yer alır: (i) basınç yönetimi, (ii) onarım hızı ve kalitesi, (iii) aktif sızıntı kontrolü ve (iv) boru hattı yönetimi (Şekil 4.5). Sunulan şekilde büyük mavi alan *Potansiyel Azaltılabilir Fiziki Kayıplar* olarak tanımlanır ve dağıtım şebekesi eskidikçe fiziki kayıplar artış gösterir. Ancak fiziki kayıplardaki artış hızı, fiziki su kayıpları yönetim stratejisinde yer alan dört temel bileşenin uygun şekilde birleşmesi ile sınırlandırılabilir.



Şekil 4.5. Fiziki su kayıplarının yönetiminde uygulanan temel bileşenler (Simbeye, 2010)

Sunulan şekildeki sarı alan *Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar* olarak tanımlanır ve mevcut işletim basıncı için teknik olarak elde edilebilecek en düşük fiziki su kayıpları hacmini ifade eder. Yönetim stratejisi içinde yer alan dört temel bileşenin herhangi birinin

güçlendirilmesi ile *Potansiyel Azaltılabilir Fiziki Kayıplar* azaltılır. Fiziki su kayıplarının yönetim stratejisi içinde yer alan dört temel bileşen aşağıda açıklanmaktadır.

4.4.1. Basınç yönetimi

Basınç yönetimi, iyi yapılandırılmış bir fiziki su kayıpları yönetim stratejisi içinde yer alması gerekli olan temel unsurlardan biridir. Su dağıtım şebekelerinde oluşan kayıp/kaçak oranı, terfi veya cazibe ile sağlanan basınç ile doğrudan bağlantılıdır. Basınç yönetimi 8. Bölüm’de detaylı olarak anlatılmaktadır.

4.4.2. Onarım hızı ve kalitesi

Herhangi bir sızıntı veya kaçak tespit edildiğinde, sızıntı veya kaçağa müdahale edilmeden geçen süre doğrudan fiziki kayıpların hacmini artırmaktadır. Bu nedenle, onarım işlemi mümkün olan en kısa sürede tamamlanmalıdır. Onarım kalitesi ise onarımın kalıcılığı açısından önemlidir. Onarım kalitesini arttırmak üzere izlenmesi önerilen temel unsurlar:

- *Algılama (A)*, *Lokasyon tespiti (L)* ve *Rehabilitasyon/Onarım (R)* aşamaları için etkin uygulamaların geliştirilmesi,
- ekipman ve malzemenin kaliteli olması,
- malzeme ve işçilik için uygun standartların belirlenmesi,
- servis bağlantılarının iyi kalitede yapılması (genellikle servis bağlantıları en zayıf halkayı oluşturur),
- işine bağlı bir yönetim ve personel ile yeterli mali kaynak.



Şekil 4.6. Onarım kalitesi onarımın kalıcılığı açısından önemlidir.

4.4.3. Boru hattı yönetimi

Boru hattı yönetimi, boru hattı için malzeme seçimi, montajı, bakımı, değişimi ve kazısız teknolojiler olmak üzere tüm yönetim ve işletim unsurlarını içerir. Kazısız teknolojiler, kısmen hasarlı olan borularda, boru iç yüzeyinin epoksi, beton veya

polimer ile kaplanarak tamir edilmesini içerir. Özellikle tarihi değer taşıyan bölgeler, trafiğin ve yerleşim alanlarının yoğun olduğu yerler için uygundur. Boru hattı yönetimi, uzun vadeli ve ekonomik su kayıpları kontrolü açısından büyük önem taşımaktadır. Bu uygulamadaki temel amaç, su kayıpları kontrolünün en düşük maliyet ile gerçekleştirilmesidir. Boru hatları için onarım, yenileme ve mevcut durumda bırakılmasına yönelik kararların alınabilmesi için önceliklendirme çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Belirtilen seçenekler arasından seçim yapılırken, su kayıplarının kontrolüne yönelik olarak hem basınç yönetimi, hem de işletim ve bakım sürecinin geliştirilmesi faaliyetleri de devam ettirilmelidir. Boru hattı yönetimindeki en kritik faktörler; i) boru hatlarının mevcut durumdaki performansının anlaşılması, ii) gerekli verinin toplanması ve bu verilerin planlama amaçlı ihtiyaç duyulan faydalı bilgiye dönüştürülmesi ve iii) iyi bilgi sistemlerinin kurulmasıdır.

Su kayıpları azaltma stratejisi geliştirirken en önemli konulardan biri şebekelerin eskimesi ile birlikte şebeke alt yapısının ne zaman yenilenmesi gerektiği ile ilgili kararların alınmasıdır. Bu noktada, mevcut alt yapı durumunun belirlenmesi ve yıpranma sürecinin değerlendirilmesi gereklidir. Şebekedeki boru patlakları sayısı ve onarımına ait kayıt sistemi verileri incelenerek boru hatları için onarım veya yenileme için öncelik belirleme çalışması yapılabilir. Ayrıca, aktif sızıntı kontrolü ile şebekede sürekli patlak ve onarım ihtiyacı oluşan boru kesitleri tespit edilebilir.

Gerçekleştirilen faaliyetler ile su kayıplarında beklenen düzeyde azalma sağlanamaz ise su idareleri boruların yenilenmesi veya bir süre daha onarılması için değerlendirme çalışması yapmalıdır. Karar verme sürecinde, su idareleri aşağıdaki hususları dikkate almalıdır:



değerlendirme çalışması yapmalıdır. Karar verme sürecinde, su idareleri aşağıdaki hususları dikkate almalıdır:

- Boru hatlarının onarımı ve yenilenmesi için hangi malzemeler kullanılmalıdır?
- Boru hatları şimdi mi yoksa şebekede gelecekte oluşacak debi artışlarını sağlamak üzere yeni hatların oluşturulması sırasında mı yenilenmelidir?

Şekil 4.7. Montaj kalitesi boru patlaklarının ve sızıntıların önlenmesi için önemlidir.

4.4.4. Aktif sızıntı kontrolü

Aktif sızıntı kontrolü, uygun maliyetli ve etkin su kayıpları yönetimi için hayati bir uygulamadır. Bölüm 5'te detaylı bir şekilde açıklandığı gibi öncelikle şebeke birbirinden hidrolik olarak bağımsız izole alt bölgelere (DMA) ayrılmalıdır. DMA

girişindeki debi, hassas bir debimetre ile ölçülmeli ve sürekli olarak kaydedilmelidir. Eğer su idaresinin SCADA sistemi var ise su debisi gerçek zamanlı olarak ölçülebilir. SCADA sistemi, boru patlaklarına bağlı olarak şebekede hızla yükselen ve belirli limit değerleri aşan debi seviyesi için alarm verir. Böylece, SCADA sistemi ile boru patlaklarının oluşumu hızlı bir şekilde belirlenebilir. Ek olarak, Minimum Gece Debisinin sürekli izlenmesi ile net gece debisi (sızıntı) miktarı tespit edilebilir. Net gece debisindeki artış, sızıntıların arttığını gösterir. Farkına varılan boru patlakları ve sızıntıların yer tespiti için akustik yöntemler kullanılabilir.

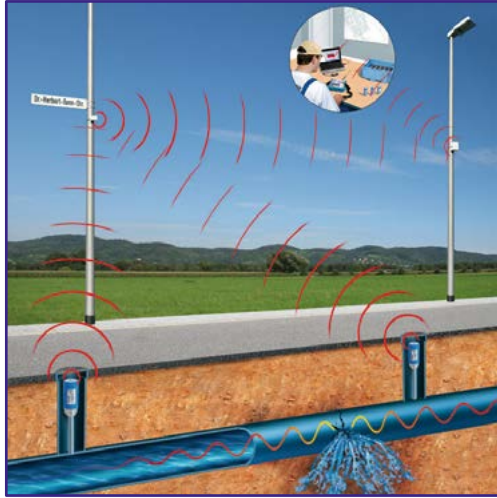
Akustik Yöntemler

Bir sızıntının belirlenmesi ve yer tespiti için en temel yöntem, basınç altındaki suyun borudan çıkışına ait sesin/gürültünün dinlenmesidir. Bu faaliyetin etkinliği sistem basıncı, sızıntının boyutu ve şekli, boru çapı ve malzemesine bağlıdır. Profesyonel ticari firmalar tarafından geliştirilen pek çok modern akustik ekipman ve yazılımlar mevcuttur. Yaygın olarak kullanılan akustik ekipmanlar aşağıda listelenmektedir:

- Akustik kaydediciler
- Sızıntı gürültü korelatörü
- Yer mikrofonu
- Dinleme çubuğu

➤ Akustik kaydediciler:

Akustik kaydediciler, bir DMA içerisinde boru patlağı veya sızıntı olduğu şüphesi duyulan alanların daraltılmasında kullanılır. Genellikle 6, 12 veya 18 adet olarak gruplanan akustik kaydediciler sızıntı tespiti yapılacak alanda yerleştirilir. Bunun için her bir akustik kaydedici alanda bulunan hidrant, sayaç veya vanalar üzerine monte edilir.

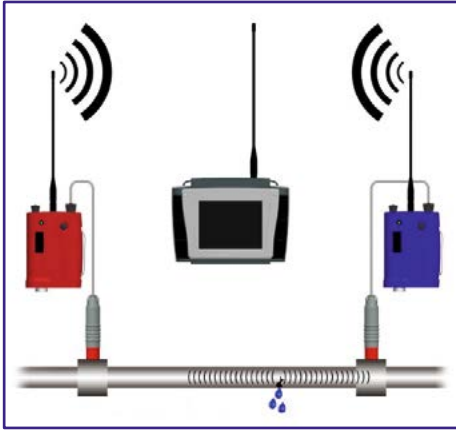


Şekil 4.8. Akustik kaydediciler

Sızıntılardan kaynaklandığı şüphelenilen sesler/gürültüler için doğrulama yapılabilir, aşağıda açıklanan diğer ekipmanların kullanılması ile de sızıntıların yeri tespit edilebilir. Bazı akustik kaydedici sistemler pek çok noktadan elde edilen ses/gürültü verilerini birleştirerek, sızıntı için “anlık yer tespiti” yapabilir.

➤ **Sızıntı gürültü korelatörü:**

Bu sistemde sızıntının neden olduğu gürültünün, boru içindeki muhtemel sızıntı noktasının her iki tarafındaki bağlantı parçalarına bağlanan iki mikrofona doğru hareket hızı kullanılır. Bu yöntemin başarısı sızıntıya bağlı gürültünün şiddetine ve boru malzemesinin ses iletkenliğine bağlıdır. Gelişmiş model gürültü korelatörlerinde frekans seçimi veya filtreleme yapılarak pek çok boru çapı için kolaylıkla 0,5 metre yakınlığa kadar sızıntı yeri tespiti yapılabilmektedir. Bu sistemin etkin çalışması için boru hattı boyunca yeterli sayıda dinleme noktalarının bulunması gereklidir.



Bu sistem için düşük maliyetli basit modeller de bulunmaktadır. Bu modellerde tek kanal radyo bağlantısı ve az sayıda fonksiyon vardır. Belirtilen modellerin kullanımı kolay ve pek çok durum için uygun olsa da uzun mesafelerdeki korelasyon çalışmaları için dezavantaj oluşturur.

Şekil 4.9. Sızıntı gürültü korelatörü

➤ **Yer mikrofONU:**

Yer mikrofONları sızıntının neden olduğu sesi/gürültüyü elektronik olarak güçlendirir. Bu cihazlar temas veya izleme modunda kullanım için monte edilebilir. Temas modu bağlantı parçalarını dinlemek için kullanılır ve elektronik dinleme çubuklarına benzer. İzleme modu ise bağlantı parçaları arasındaki boru hatlarındaki sızıntıların aranmasında kullanılır.

Bu yöntemde yer mikrofONU boru hattı üzerinde belirli mesafelerde yerleştirilir ve sızıntı noktasına yaklaştıkça değişen gürültü düzeyi takip edilir. Akustik kaydediciler veya sızıntı gürültü korelatörü tarafından bir sızıntının varlığı belirlendiğinde, saha ekibi tarafından sızıntı noktası için yer tespiti yapılabilir.



Şekil 4.10. Yer mikrofonu

➤ **Dinleme çubuğu:**

Dinleme çubuğu veya “steteskop”, ahşap veya metalden yapılmış ve ucunda sesleri yükseltmeye yarayan bir parça bulunan, basit ve ucuz bir alettir. Sızıntı sesini dinlemek için saha ekibi tarafından yol yüzeyi veya doğrudan boru veya bağlantı parçaları üzerinde dinleme yapılabilir. Dinleme çubuğu bambu kamışı veya metal çubuk vb. kolay bulunan malzemelerden yapılabilir. Önceden sızıntı gürültü korelatörü ile tespit edilen bir sızıntı yerini sahada doğrulamak veya bir sızıntı noktasındaki tamirin tam olarak yapılıp yapılmadığını kontrol etmek için sıklıkla dinleme çubukları kullanılır.



Şekil 4.11. Dinleme çubuğu

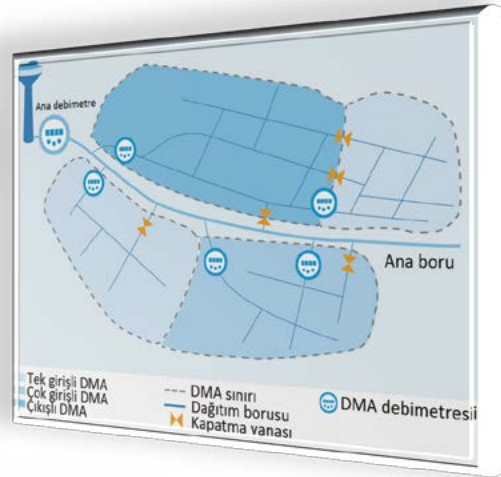
Bahsedilen cihazlar ile sadece sızıntıya ait ses/gürültü değil, aynı zamanda sistemde bulunan pompa, musluk, hava vanası vb. parçaların da gürültüleri tespit edilmektedir. Bu nedenle, aktif sızıntı kontrolü ekibinde yer alan personelin hem cihazları iyi kullanması, hem de sızıntı noktalarını doğru tespit etmek için yetenekli olması gerekir. Aktif sızıntı kontrolü için oldukça faydalı olan bu cihazların uygun şekilde kullanılması ve gerekli bakımlarının yapılması, maksimum faydanın sağlanması için gereklidir.

Akustik yöntemler kapsamında belirtilen ekipmanlar, temel düzeyde olan ve her su idaresi veya belediyede bulunması gereken cihazlardır. Bu alandaki hızlı gelişmelerle birlikte sızıntı tespiti amacıyla yeni ve etkileyici yöntemler; termal görüntüleme, helyum gazı takibi, yer radarı, uydu teknolojileri, yazılımlar vb. kullanılmaktadır.

➤ **ÇIKARIMLAR:**

1. **Fiziki su kayıpları iki bileşene ayrılmaktadır:**
 - i. **Su temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp/kaçaklar (abone sayacına kadar olan sızıntılar)**
 - ii. **Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar**
2. **Fiziki su kayıplarının yönetiminde uygulanan temel bileşenler**
 - i. **Basınç yönetimi**
 - ii. **Onarım hızı ve kalitesi**
 - iii. **Boru hattı yönetimi**
 - iv. **Aktif sızıntı kontrolü**
3. **Pek çok su sızıntısı görünür değildir ve yüzeye çıkmamaktadır.**
4. **Su idaresi yöneticilerinin su kayıplarının daha çok servis bağlantılarında oluştuğunu bilmeleri önemlidir.**
5. **Aktif sızıntı kontrolü uygulamalarının olmaması, şebekedeki su kayıpları seviyesinin yüksek olduğunu işaret eder.**
6. **Montaj kalitesi boru patlaklarının ve sızıntıların önlenmesi için önemlidir. Onarım kalitesi onarımın kalıcılığı açısından önemlidir.**

5 ALT BÖLGE (DMA) OLUŞTURULMASI

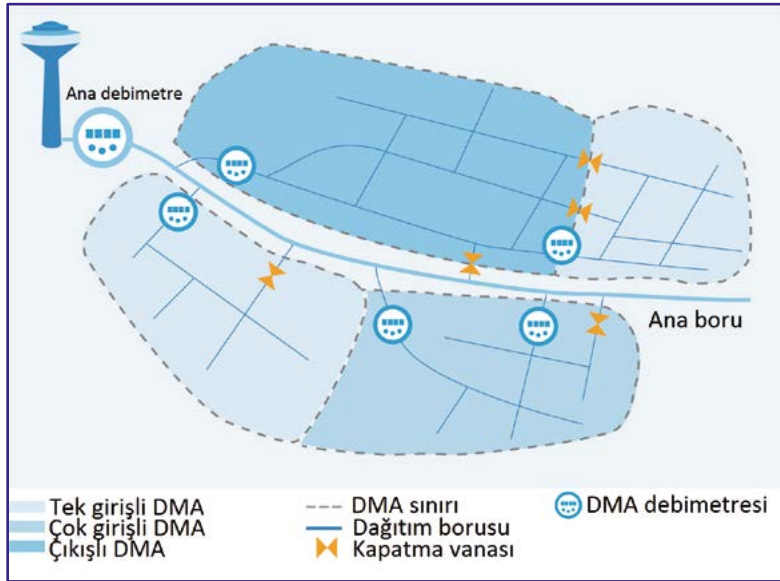


5. ALT BÖLGE (DMA) OLUŞTURULMASI

Proje aşamasında birbirinden bağımsız olarak tasarlanan veya su dağıtım şebekesi üzerinde ilave vanalama ve/veya tapalama yoluyla ayrılan, her birinde ayrı ayrı ölçmenin yapıldığı bir veya birkaç noktadan beslenen, belirli sayıda bina bağlantısını içeren, diğerlerinden fiziki olarak ayrılan ve birbirinden bağımsız çalışan her bir şebeke bölümüne Alt Bölge (DMA) denir. Su idareleri ve belediyeler, idari ve fiziki su kayıplarının önlenmesi için özellikle büyük dağıtım sistemlerinde ana basınç bölgeleri ve alt bölgeler oluşturmalıdır.

5.1. Alt bölge (DMA) oluşturma nedenleri

Bir basınç bölgesinin kapladığı büyük bir içme suyu dağıtım şebekesinde genellikle farklı malzeme ve yaşa sahip borular ile farklı seviye ve sınıflardaki su kayıpları bulunur. Buna bağlı olarak, büyük bir dağıtım şebekesi veya basınç bölgesi için hesaplanan su kayıpları tüm alan için ortalama bir değerdir ve bu durumda su kayıplarının azaltılması ve kontrolü zor olmaktadır. Günümüzde etkin su kayıpları kontrolü, su kalite ve miktarındaki değişimlerin verimli olarak izlenmesi ve izlenen parametrelerdeki küçük değişimlerin dahi tespit edilebilmesi amacı ile büyük şebekelerin küçük ve hidrolik olarak bağımsız alt bölgelere (DMA) ayrılması kabul gören bir yaklaşımdır. Her DMA için bir veya daha fazla noktadan su temin edilebilir ve DMA girişinde basınç ölçümü ve kontrolü sağlanabilir. Böylece, her DMA için su kayıpları hesaplanabilir ve aktif sızıntı kontrolü etkin olarak uygulanabilir.



Şekil 5.2. Büyük bir içme suyu dağıtım şebekesinde birkaç DMA oluşturulabilir.

5.2. DMA oluşturma kriterleri

Büyük bir içme suyu dağıtım şebekesinde DMA'ların oluşturulması hedeflendiğinde öznel kriterler ile karşılaşılır. Öyle ki, şebeke tecrübesi olan iki mühendisin bile aynı şebeke için tamamen aynı DMA'ları oluşturması pek mümkün değildir. Ancak yine de DMA oluşturma aşamasında dikkat edilmesi gereken bazı kriterler vardır:

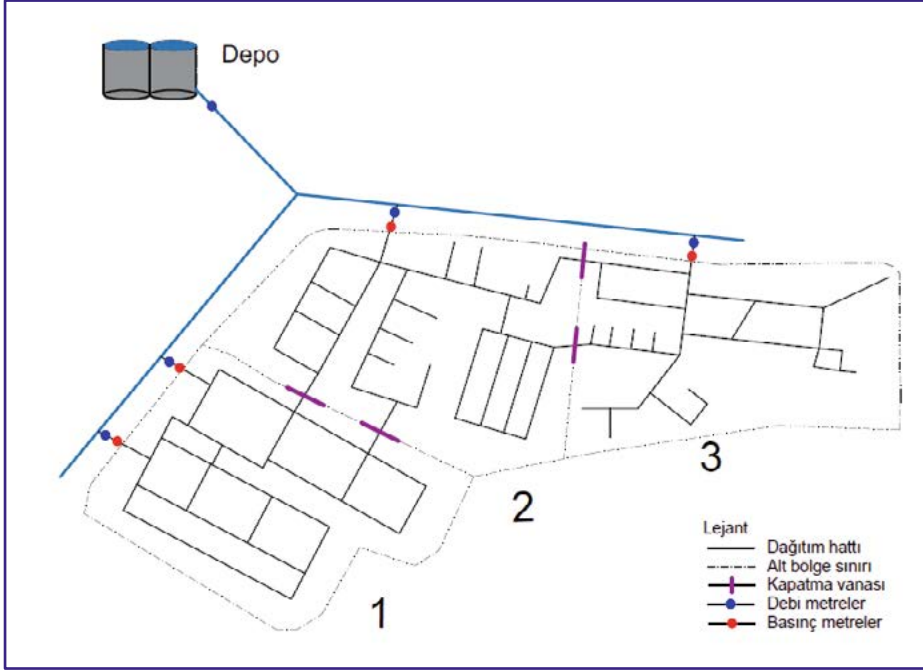
- i. *DMA boyutu*: Bir DMA içindeki bağlantı sayısı genellikle 1.000-2.500 arasındadır. Daha az bağlantı sayısı daha iyidir ancak maliyetlidir.
- ii. *DMA giriş ve çıkış debisini ölçen debimetre sayısı*: Daha az sayıda debimetre kullanılarak DMA oluşturulması için maliyet azaltılır.
- iii. *DMA içindeki basınç değişimleri*: Alandaki kot değişimi ne kadar az ise basınç seviyeleri de daha dengeli olur ve basınç yönetimi kolaylaşır.
- iv. *DMA sınırları*: DMA sınırları için kolay görülen topografik özelliklerin (nehir, kanal, karayolu, tren yolu vb.) kullanılması önerilir.
- v. *Vana sayısı*: DMA oluşturmak için kapatılması gereken vana sayısı mümkün olduğunca az olmalıdır. Kapalı vanalar yanlışlıkla açılabilirdiğinden sürekli kapalı vana bırakılması yerine borularda tapalama yapılabilir.

Büyük bir şebekede birkaç DMA oluşturulması için bazı boruların kapatılması gerekir. Buna bağlı olarak bölgede ölü noktalar oluşur, şebekedeki hidrolik ve su kalitesi özellikleri önemli düzeyde değişebilir. Bu durumda, su basıncı, borulardaki su hızları ve bakiye klor seviyeleri büyük değişim gösterebilir. Bu nedenlerden dolayı, bir şebekenin DMA'lara bölünmesi sonucunda oluşacak değişimleri tahmin etmek için bir hidrolik ve su kalite modeli kullanılması zorunludur. Hidrolik ve su kalite modeli, en az olumsuz etki yaratacak olan optimum DMA oluşturma işlemine yardımcı olur.

5.3. Bir şebeke için DMA oluşturma örneği

Şekil 5.3'te tüm boruların birbiri ile bağlantılı olduğu basit bir şebeke gösterilmektedir. Etkin su kayıpları mücadelesi için şebekenin birkaç DMA'ya bölünmesi gerekli olduğunda dört adet kapatma vanası kullanılarak şebekenin üç DMA alanına bölünmesi mümkündür. DMA No.1 içindeki su tüketimi fazla olduğundan iki borudan beslenmektedir ve tek bir borudan beslenmesi yeterli değildir. Buna bağlı olarak, DMA girişindeki debiyi ölçmek için iki debimetre gerekli olur. DMA No.2 ve DMA No.3 tek borudan beslendiğinden DMA girişindeki debiyi belirlemek için sadece birer adet debimetre eklenmesi yeterlidir. Bu uygulamayla, büyük bir şebeke hidrolik olarak birbirinden bağımsız üç alt şebeke veya DMA'ya bölünmüştür. Oluşturulan her DMA için:

- basınç seviyesi ve debiyi ölçmek için DMA girişine basınç metre ve debimetre eklenebilir,
- su kayıpları ve bileşenleri hesaplanabilir,
- hesaplanan su kayıpları seviyesi büyük farklılıklar gösterebilir; bu durumda her DMA için uygun ve farklı su kayıpları azaltma stratejileri uygulanabilir.



Şekil 5.3. Örnek bir şebeke için DMA oluşturulması

5.4. DMA kontrolü için sıfır basınç testi

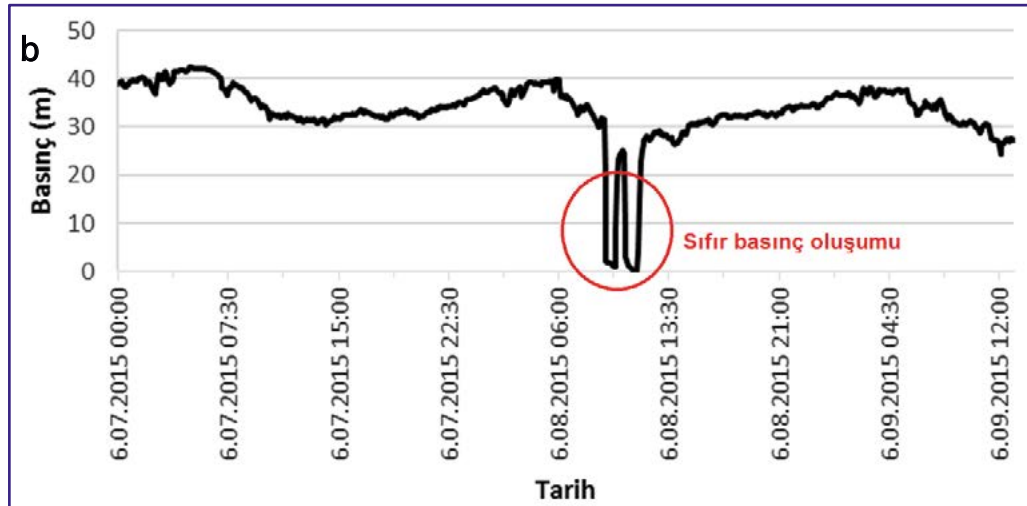
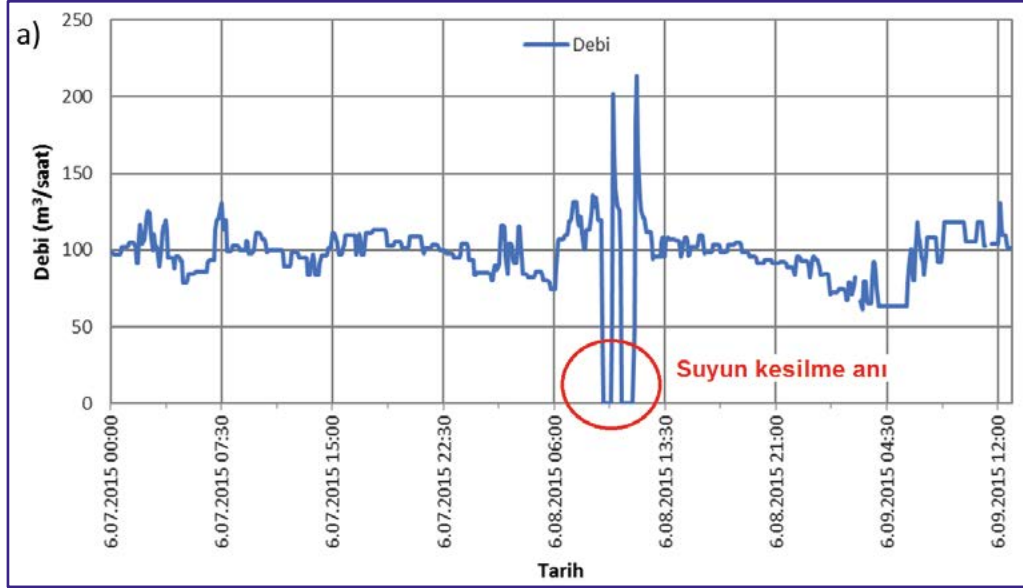
DMA oluşturulurken, DMA'ya ait tüm giriş ve çıkış boruları kapatılmalıdır. Oluşturulan DMA'nın hidrolik olarak bağımsız olup olmadığını kontrol etmek için sahada sıfır basınç testi yapılır.



Şekil 5.4. DMA'yı besleyen tüm su vanaları kapatılmalıdır.

- DMA'yı besleyen tüm su girişleri kapatılır.
- Bir süre beklenir ve daha sonra DMA içindeki su basıncının sıfıra inip inmediği kontrol edilir. DMA içine hiçbir su girişi olmayacağı için basıncın sıfıra kadar düşmesi gerekir (Şekil 5.5).

Eğer uzun bir süre beklenilmesine rağmen su basıncı sıfıra inmiyor ise DMA için halen su girişi sağlayan açık bir boru olduğu anlaşılır ve bu boruya ait vananın da kapatılması veya borunun tapalanması gereklidir.



Şekil 5.5. DMA kontrolü için sıfır basınç testi yapılmalıdır. a) DMA girişindeki SCADA istasyonunda kaydedilen debi sıfıra iner, b) DMA içinde ölçülen basınç değerleri sıfıra iner.

Her DMA için ilgili su idaresinin detaylı bir işletim dokümanı hazırlaması gereklidir. İşletim dokümanı içinde DMA için dağıtım şebekesi borularını gösteren şema, sınır

vanaları, debimetre ve basınç metrelerin yerlerini gösteren harita, DMA içinde kalan abone listesi veritabanı yer almalıdır. İşletim verileri değiştikçe doküman aktif olarak güncellenmeli, DMA için elde edilen debi ve basınç grafikleri, Minimum Gece Debisi verileri, patlak/sızıntı tespit edilen lokasyonlar, yasal olmayan bağlantı noktaları vb. bilgiler bu dokümana eklenmelidir.

5.5. DMA için su koçu darbe testi

DMA oluşturulup sıfır basınç testlerinin başarı ile sonuçlanması sonrasında DMA girişlerinde ve DMA'nın kritik noktasında su koçu darbe testi yapılmalıdır. DMA içerisinde ani su çekimi yapan yüksek hacimli su tüketicilerinin bulunması veya şebekenin genellikle pompa/hidrofor sistemiyle beslendiği durumlarda ani pik basınç dalgalanmaları oluşması muhtemeldir ve oluşması halinde şebekedeki patlak sıklıklarını artırır. Bu durum muf birleşimli borularda ve özellikle eski boru birleşimlerinde sızıntı oluşumunu artırmaktadır. DMA girişindeki basınç düşürücü vananın (PRV) düzgün regülasyon yapamamasından kaynaklanan darbelerin varlığı da sıkça görülen durumlardır.

DMA girişinde ve şebekenin kritik noktasında saniyede dört kez ve üzeri kayıt yapabilen basınç kayıt cihazları ile asgari 48 saat süre için veri toplanmalı ve



incelenerek su koçunun oluşmadığı doğrulanmalıdır. Su koçunun oluşması durumunda sebepleri belirlenerek önlem alınmalı ve darbe oluşumu ortadan kaldırılmalı veya mümkün olan en az seviyeye çekilmelidir. Su koçu darbesinin su dağıtım şebekesi üzerinde oluşturacağı basınç değişimleri bilgisayar programları ile tahmin edilebilmektedir.

Şekil 5.6. Su koçu darbesi nedeniyle kırılan bir boru

5.6. DMA'lar için Standart Su Dengesi Tablosunun hazırlanması

DMA oluşturulduktan sonra Standart Su Dengesi Tablosu hazırlanmalıdır. Oluşturulan DMA için su kayıpları aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

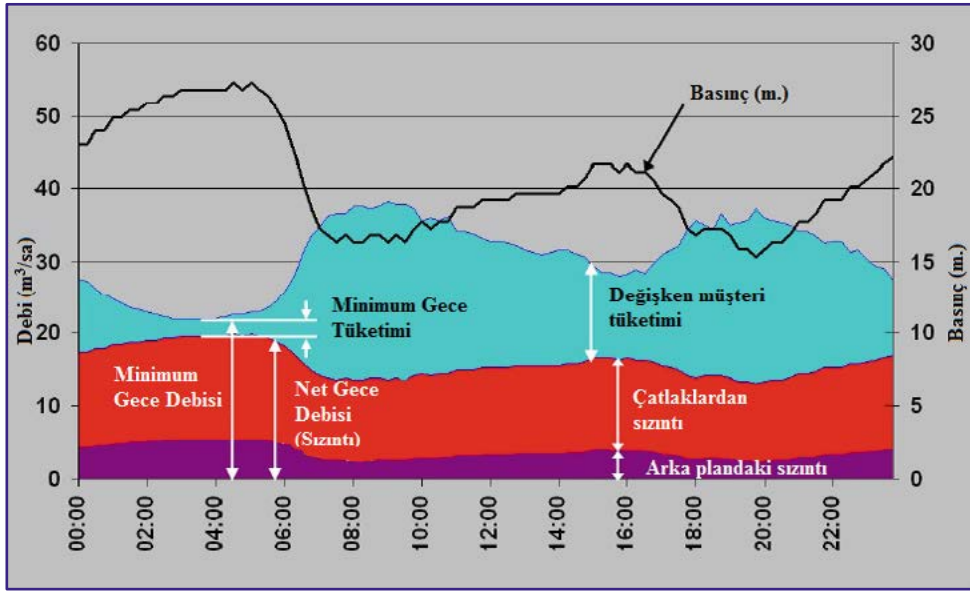
$$\text{DMA Su Kayıpları} = \text{Toplam DMA giriş debisi} - \text{DMA içindeki İzinli Tüketim}$$

Toplam DMA giriş debisi, DMA girişinde ve eğer varsa DMA çıkışında bulunan debimetreler ile ölçülebilir. DMA içindeki *İzinli Tüketim* ise bölge içinde bulunan tüm sayaç okuma verilerinden (tüm su kullanımlarının ölçüldüğü kabul edilmektedir) hesaplanabilir.

DMA içindeki *İzinli Tüketim* miktarının en doğru şekilde hesaplanabilmesi için DMA içindeki tüm su kullanıcılarını içeren ayrı bir abone veritabanı oluşturulmalıdır. Eğer DMA içinde su deposu bulunmuyorsa, DMA için *Fiziki Kayıplar* incelenirken *Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar* dikkate alınmaz. Standart Su Dengesi Tablosu'nun hazırlanmasına ilişkin detaylar Bölüm 6'da verilmektedir.

5.7. Minimum Gece Debisi (Minimum Night Flow-MNF) analizi

DMA içindeki *Fiziki Kayıplar* yaygın olarak *Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar*'dan oluşmaktadır. Borular ve servis bağlantılarındaki delik ve çatlaklardan oluşan sızıntılar 24 saat boyunca kesintisiz olarak akabilir. Buna karşın, abonelerin su tüketimi gün içerisinde sürekli değişir. En fazla su tüketimi sabah, öğlen ve akşam saatlerinde, en az su tüketimi ise gece saatlerinde görülür. Boru sızıntılarının sürekli, en düşük su tüketiminin ise gece geç saatlerde gerçekleştiği dikkate alındığında, sızıntı miktarlarının değerlendirilmesi için gece geç saatlerde DMA girişinde ölçülen debilerin incelenmesi gereklidir. Ağırlıklı olarak evsel su kullanımının olduğu tipik bir DMA için 24 saatlik debi değişimi Şekil 5.7'de gösterilmektedir.



Şekil 5.7. Minimum Gece Debisi (MNF) ve bileşenleri (IWA, 2007)

DMA içindeki sızıntı seviyesini tahmini olarak belirlemek için *Net Gece Debisi* (Net Night Flow) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$\text{Net Gece Debisi (Sızıntı)} = \text{Minimum Gece Debisi} - \text{Minimum Gece Tüketimi}$$

Minimum Gece Debisi (MNF), 24 saatlik zaman süresince DMA girişindeki en düşük debidir ve ağırlıklı olarak evsel su kullanımının olduğu yerleşim bölgelerinde su abonelerinin aktif olarak su tüketmediği gece 02:00-04:00 saatleri arasında tespit edilebilir. DMA girişinde ölçülen debi verilerinden doğrudan MNF belirlenebilir. Gece belirtilen saatler arasındaki su tüketimi en düşük düzeyde olsa bile ilgili su idaresi tarafından *Minimum Gece Tüketimi* dikkate alınmalıdır.

Minimum Gece Tüketimi, minimum gece debisinin gerçekleştiği saatler arasında aktif olan bazı abonelerin su kullanımı (hastaneler, taksi durakları, tuvalet kullanımı, bulaşık/çamaşır makineleri, vb.) ile oluşur. Bu tüketimi tahmin etmek için *Minimum Gece Debisinin* belirli bir oranı (örnek olarak %15) alınır. Alternatif olarak, DMA içindeki tüm sayaçlar, Otomatik Okuma Sayaçları (Automatic Reading Meters-AMR) ise *Minimum Gece Tüketimi* belirtilen sayaç verilerinden kolaylıkla hesaplanabilir.

Su sızıntıları, dağıtım şebekesindeki basınç ile doğrudan ilişkilidir. DMA içindeki debiler gibi, DMA içindeki ortalama basınç değerleri de 24 saat süresince sürekli değişir. Su basıncı, şebekedeki debi ve ona bağlı olarak değişen sürtünme kayıpları ile doğrudan ilişkilidir. Buna göre, DMA içinde en düşük debilerin bulunduğu zamanda en yüksek su basıncı oluşur (Şekil 5.7). Bunun nedeni, en düşük debi zamanında, borulardaki su hızlarının azalması ve dolayısıyla sürtünme kayıplarının da azalmasıdır.

Arka plandaki sızıntılar, küçük çatlaklardan sızmalar veya damlatan bağlantılardan oluştuğundan, *Aktif Sızıntı Kontrolü* çalışmalarında tespit edilemeyecek kadar düşük debiye sahiptir. Bu sızıntılar ya tesadüfen ya da *Aktif Sızıntı Kontrolü* çalışmalarında tespit edilebilecek ileri bir seviyeye ulaştıklarında bulunabilir.

MNF analizi yapıldığında dikkatli olunması gereken bir başka nokta ise özellikle yüksek katlı binaların çatılarında bulunan su depolarının, su basıncının yüksek olduğu gece saatlerinde doldurulmasıdır. Böylesi durumlarda, *Minimum Gece Tüketimi* belirlenirken depoların doldurulmasında kullanılan su miktarı da dikkate alınmalıdır.

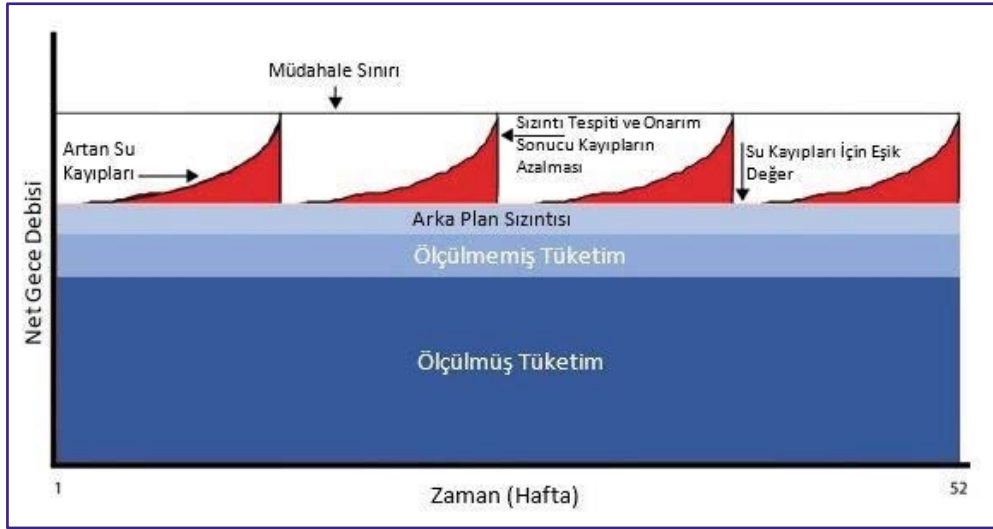
Ek olarak, evsel olmayan su kullanımının olduğu turistik veya endüstriyel alanlardaki MNF analizinde çok farklı su tüketim profilleri görülebilir. Böyle alanlarda gece saatlerindeki su tüketimi, gün içindeki su tüketimlerinden fazla olabilir ve MNF içindeki büyük bir kısım sızıntı miktarı yerine su tüketimlerini içerir.

5.8. DMA için su kayıpları yönetimi

DMA oluşturulduktan sonra su idareleri *Su Kayıpları*, *Net Gece Debisi (Sızıntı)* ve *İdari Kayıplar* için ilk hesaplamaları yaparak öncelikli alanları belirlemelidir. Eğer *Su Kayıpları* içindeki sızıntı miktarı ve *İdari Kayıplar* yüksek ise bunlara uygun su kayıpları azaltma faaliyetleri başlatılmalıdır.

DMA'lar ilk oluşturulduğunda, her DMA için bir *Net Gece Debisi (Sızıntı)* eşik değeri belirlenmelidir. *Aktif Sızıntı Kontrolü* çalışmaları ve sızıntı tespit edilen boruların tamirati öncesinde ve sonrasında DMA içindeki sayaç okuma verileri kullanılarak *Net Gece Debisi (Sızıntı)* eşik değeri hesaplanabilir. Belirtilen *Aktif Sızıntı Kontrolü* çalışması, DMA içindeki her bağlantı noktasının taranması ve bulunan tüm sızıntı noktalarında hızlı bir şekilde tamiratların yapılmasını içermelidir. Bu çalışma sonrasında DMA içindeki sayaçlardan elde edilen okuma değerleri, DMA için *Net Gece Debisi (Sızıntı)* eşik değerini belirler. *Net Gece Debisi (Sızıntı)* değerleri yükselince *Aktif Sızıntı Kontrolü* ekibi harekete geçer ve DMA içindeki sızıntı miktarını, tanımlanmış olan eşik değere indirmeyi hedefler.

DMA içindeki *Su Kayıpları* kabul edilir bir seviyeye düşürüldüğünde, şebeke işletim ekibi tarafından DMA giriş debisi için bir izleme programı oluşturulmalıdır. Bu program kapsamında günlük *Net Gece Debisi (Sızıntı)* değerleri hesaplanır ve zamana karşı değişimini gösteren bir grafik çizilir. Bu grafik, DMA içindeki *Su Kayıpları* seviyesini izlemek için kullanılır (Şekil 5.8).



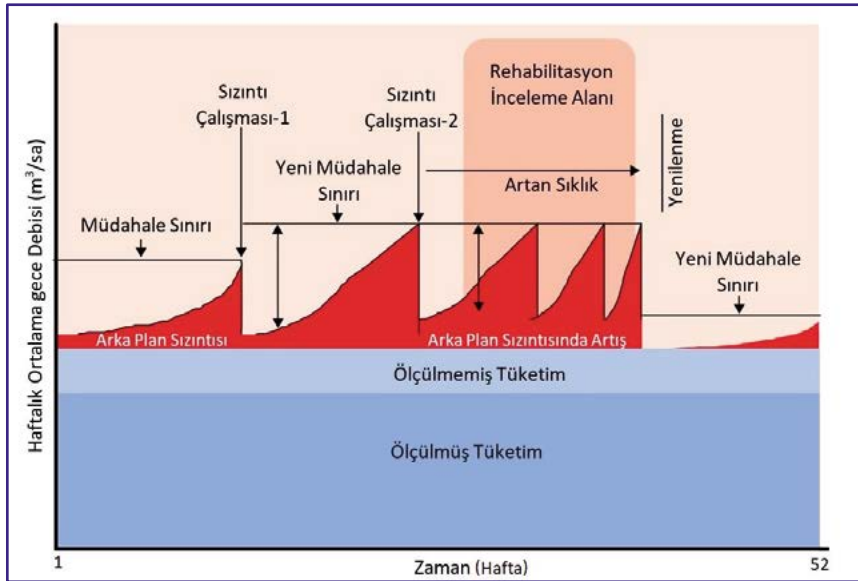
Şekil 5.8. Net Gece Debisinin (Sızıntı) zamanla değişimi (Simbeye, 2010)

Şekil 5.8'de gösterildiği gibi DMA içindeki su kayıpları seviyesi zamanla artış göstermektedir. Su kayıplarındaki artış hızı şebekedeki boruların yapısı, boru yaşı, su basıncı, yasal olmayan bağlantılar ve müdahale edilmiş olan sayaç sayıları vb. pek çok faktöre bağlı olarak değişebilir. Pek çok su idaresi için DMA içinde sürekli olarak *Aktif Sızıntı Kontrolü* çalışmaları yürütmek mümkün değildir. Bu nedenle, şebeke işletim ekibi tarafından her DMA için bir *Müdahale Sınırı* veya su kayıpları için üst sınır değeri tanımlanmalıdır. DMA için belirlenen *Müdahale Sınırı* değerine ulaşıldığında, *Aktif*

Sızıntı Kontrolü ekibi DMA içindeki su kayıplarını bulmak ve azaltmak için sahaya gönderilmelidir. Genellikle, *Aktif Sızıntı Kontrolü* ekibinin saha çalışmaları ile iki-üç haftalık süre içinde su kayıpları azaltılır. Bu çalışma sonrasında, su kayıpları seviyesi *Müdahale Sınırı* değerine ulaşana dek sürekli olarak izlenmelidir. Böylece her DMA için optimum işletim döngüsü oluşturulabilir.

Su idareleri, her DMA için su kayıplarının *Müdahale Sınırı* değerine ulaşma süresini takip etmelidir. Eğer *Müdahale Sınırı* değerine kısa zaman aralıklarında ulaşıyorsa bu durum, DMA içindeki su kayıp/kaçaklarının daha sık aralıklar ile oluştuğunu ve şebeke alt yapısının bozulduğunu gösterir. Buna bağlı olarak, söz konusu DMA için su idareleri tarafından su kayıpları kontrolü için sızıntı tespiti ve onarımı yerine şebeke yenilenmesi yapılmalıdır (Şekil 5.9).

Şebeke rehabilitasyonu faaliyetleri tamamlandıktan sonra, daha az sayıda sızıntı olmasına bağlı olarak *Net Gece Debisi (Sızıntı)* değerleri ve dolayısıyla su kayıpları miktarı da azalır. Şebeke rehabilitasyonu sonrası, şebeke işletim ekibi tarafından izleme çalışması takip ettirilmelidir. Bu süreçte su kayıp miktarındaki artış hızı, şebeke altyapısının yenilenmesine bağlı olarak daha düşük olur ve *Müdahale Sınırı* daha düşük bir seviyede yeniden tanımlanır (Şekil 5.9).



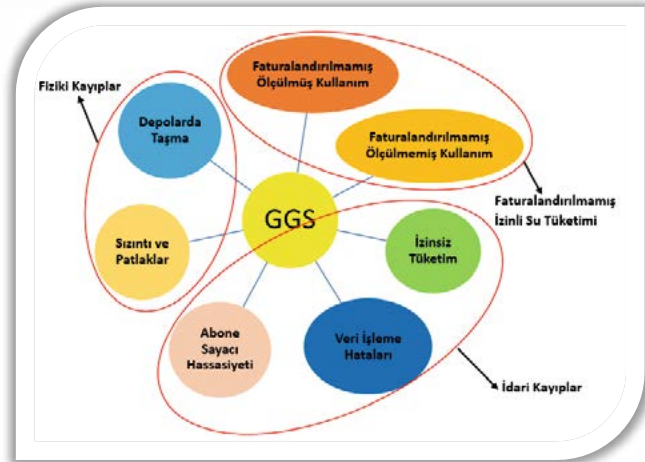
Şekil 5.9. Sızıntı tespiti ve onarımından, boru yenilenmesine geçiş (Simbeye, 2010)

➤ **ÇIKARIMLAR:**

1. Su kayıplarının etkin bir şekilde azaltılması için büyük içme suyu dağıtım şebekelerinin hidrolik olarak bağımsız, küçük alt bölgelere (DMA) ayrılması gereklidir.
2. DMA oluşturma aşamasında dikkat edilmesi gereken kriterler; DMA boyutu, DMA girişinde debi ve basınç ölçmek için ihtiyaç duyulan cihazların sayısı, DMA içindeki basınç değişimleri, DMA sınırları ve kapatılması gerekli olan vana sayısıdır.
3. Oluşturulan DMA alanının hidrolik olarak bağımsız olduğunu kontrol etmek için Sıfır Basınç Testi yapılmalıdır.
4. Her DMA için, DMA içindeki tüm su kullanıcılarını içeren ayrı bir abone veritabanı oluşturulmalıdır.
5. DMA alanına giren su debisi sürekli olarak izlenmelidir.
6. Her DMA için MNF (Minimum Gece Debisi) analizi yapılarak sızıntı düzeyi izlenmeli, yeni sızıntı/patlakların varlığı belirlenmeli, boru tamirata veya yenileme yapılması için değerlendirmeler yapılmalıdır.

6 STANDART SU DENGESİ TABLOSU

Sisteme Giren Su Miktarı	Iznilı Tüketim	Faturalandırılmış İznilı Su Tüketimi		Gelir Getirmeyen Su Miktarı	
	Su Kayıpları	Faturalandırılmamış İznilı Su Tüketimi	İzinsiz Tüketim		
		İdari Kayıplar			Saygıçlardaki Ölçüm Hataları
		Fiziki Kayıplar			Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar
		Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Tasmalar			



6. STANDART SU DENGESİ TABLOSU

Standart Su Dengesi Tablosu'nun hazırlanması, su kayıplarının belirlenmesi ve yönetimi açısından temel bir işlemdir. Ülkemizde uygulanmakta olan *İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği* gereğince tüm içme suyu şebekeleri için yıllık Standart Su Dengesi Tablosu oluşturulmalı ve her yıl Şubat ayı sonuna kadar Tarım ve Orman Bakanlığı'na gönderilmelidir. Ayrıca, etkin bir su kayıpları azaltma planının gerçekleştirilebilmesi için her alt bölge (DMA) için de Standart Su Dengesi Tablosu oluşturulması gereklidir. Belirtilen Yönetmelik kapsamında Standart Su Dengesini oluşturan tüm bileşenler, ülkemizdeki tüm su idarelerinin durumlarını yansıtacak şekilde seçilmiştir. Standart Su Dengesi Tablosu bir yıllık süre için hacim değerleri üzerinden oluşturulmaktadır ve aşağıdaki bilgileri içerir:

- i. Toplam (fiziki+idari) su kayıpları hacmi
- ii. Yasal tüketim bileşenlerinin (faturalandırılmış ölçülmüş, faturalandırılmamış ölçülmemiş, faturalandırılmamış ölçülmüş, faturalandırılmamış ölçülmemiş) hacimleri
- iii. Fiziki su kayıpları bileşenleri (depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar, temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp/kaçaklar) ve idari su kayıpları bileşenlerinin (izinsiz tüketim, sayaçlardaki ölçüm hataları) hacimleri
- iv. Gelir getiren su hacmi (faturalandırılmış su hacmi).

Aşağıdaki bölümlerde turistik faaliyetlerin olduğu bir alt bölge için gerçek bir Standart Su Dengesi Tablosu hesaplama örneği tüm işlem basamakları ile sunulmaktadır. Bu örneğin hazırlanmasında TÜBİTAK 114Y168 nolu proje verilerinden faydalanılmıştır.



Şekil 6.1. Uygulamanın yapıldığı alt bölgeye ait görüntüler

Örnek: Uygulama sahasına ilişkin bilgiler:

- Uygulama alanı önemli bir turistik bölgededir. Uygulama sahası olarak belirlenen alanın içme suyu dağıtım şebekesi bir alt bölge (DMA) olarak düzenlenmiş olup bölgenin içme suyu tek bir noktadan verilmektedir.
- Alt bölge girişindeki debi ve su basıncı SCADA sistemi ile sürekli olarak ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Debi ölçümü için oldukça hassas ölçüm yapabilen elektromanyetik bir debimetre kullanılmaktadır.
- Uygulama sahası içinde yeni kurulan bir park dışındaki tüm su kullanıcılarına verilen su hacmi, su sayaçları ile ölçülmektedir. Su sayaçlarının endeksleri aylık olarak okunmakta ve ilgili birimde kayıt altına alınmaktadır.
- Bölgede faturalandırılmamış izinli su tüketimi kapsamında yer alan kullanıcılar (parklar, camiler, okullar, umumi tuvaletler, itfaiye vb.) bulunmaktadır. Uygulama sahası içinde yer alan parklar oldukça büyük alanlar kaplamakta ve yeşil alan sulaması için yüksek hacimde su kullanılmaktadır.
- Tarihi mekanların da bulunduğu bölgede, sokakların oldukça dar olmasından dolayı, bölge içinde pek çok noktada hortumlu yangın hidrantları bulunmaktadır. Ancak, yangın hidrantları, bölgedeki dükkan, restaurant ve otellerin önlerinin yıkanması ve bazen de araç yıkama amacı için yasal olmayan şekilde kullanılmaktadır. Bölgede yer alan pek çok restaurant, dükkan, otel, motel, pansiyon, cafe ve konutlar kullandıkları su bedelini ödemektedir.

6.1. Su kayıplarının hesaplanması

Toplam su kayıpları, *Sisteme Giren Su Miktarı* ile *İzinli Tüketim* arasındaki farktan bulunur. Buna bağlı olarak, *Sisteme Giren Su Miktarı* hem izinli tüketim, hem de su kayıplarını içermektedir.

6.1.1. Sisteme Giren Su Miktarı

İçme suyu dağıtım şebekesine tüm su kaynaklarından (yüzey suyu, yeraltısuyu), arıtma tesisi çıkışı veya doğrudan kaynaktan temin edilen toplam su hacmidir. *Sisteme Giren Su Miktarı* hassas bir debimetre (örnek olarak elektromanyetik) ile sürekli ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Debi ölçüm birimi doğru şekilde kullanılmalı ve hatalar engellenmelidir.

Örnek uygulamada 1 Ocak 2016 - 31 Aralık 2016 tarihleri arasındaki bir yıllık süre için hesaplanan *Sisteme Giren Su Miktarı* aşağıda gösterilmiştir. Bu örnekte alt bölge girişindeki su debisi mevcut SCADA sistemi ile sürekli ölçülmekte ve 5 dakika aralıklarla kaydedilmektedir.

Örnek: Öncelikle bir yıl süre içinde ölçülen tüm debi değerlerinin ortalaması hesaplanır (tüm veri EXCEL dosyasında mevcut ise, EXCEL programı ile ortalama debi hesabı yapılabilir).

Uygulama için ortalama debi $95,809 \text{ m}^3/\text{saat}$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama debiden yıllık debi miktarına geçilir. Bu hesaplamada 1 gün 24 saat, 1 yıl 365 gün olarak tanımlanmalıdır:

$$2016 \text{ yılı için ortalama debi} = 95,809 \text{ m}^3/\text{saat}$$

$$2016 \text{ yılı içindeki toplam saat} = 365 \times 24 = 8760 \text{ saat}$$

$$\text{Sisteme Giren Su Miktarı} = 95,809 \text{ m}^3/\text{saat} \times 8760 \text{ saat} \approx \mathbf{839.287 \text{ m}^3/\text{yıl}}$$

6.1.2. İzinli Tüketim

İzinli Tüketim faturalandırılmış veya faturalandırılmamış, ölçülmüş veya ölçülmemiş şekilde yasal olarak temin edilen sudur. *Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi* için konutlar ve ticari mekanlar (dükkan, restaurant, otel vb.) örnek verilebilir. *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* örnekleri olarak parklar, ibadethaneler ve yangın hidrantları verilebilir.

Abone sayaçlarının endeks okuma dönemleri genellikle *Sisteme Giren Su Miktarı* hesabı için gerekli tarihler ile uyumlu değildir. Uygulama örneği ele alındığında, *Sisteme Giren Su Miktarı* 1 Ocak 2016 - 31 Aralık 2016 tarihleri arasındaki bir yıllık süre için hesaplanırken, *İzinli Tüketim* miktarının da aynı dönem için hesaplanması gereklidir. Ancak belirtilen tarihler için abone sayaç okumaları yoktur ve Ocak 2016 ayı için *İzinli Tüketim* miktarı, 22 Aralık 2015-20 Ocak 2016 dönemine ait sayaç okuma verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Aynı işlem Aralık 2016 ayı için de uygulanmış ve bu dönemdeki *İzinli Tüketim* miktarı, 24 Aralık 2016 - 25 Ocak 2017 dönemine ait sayaç okuma verilerinden hesaplanmıştır.

Örnek: Uygulama için yıllık *İzinli Tüketim* miktarı tüm sayaç okumalarından elde edilen ölçülmüş kullanımlar (*Faturalandırılmış ve Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım*) olan $638.876 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve bölgedeki bir park için kullanılan su (*Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım*) hacmi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Park için su tüketimi, sulama sıklığı ve süresi dikkate alınarak tahmin yoluyla $1.944 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak belirlenmiştir.

$$\text{Faturalandırılmış ve Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım} = 638.876 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım} = 1.944 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{İzinli Tüketim} = 638.876 + 1.944 = \mathbf{640.820 \text{ m}^3/\text{yıl}}$$

6.1.3. Su Kayıpları

Su Kayıpları, *Sisteme Giren Su Miktarı* ve *İzinli Tüketim* miktarı belirlendikten sonra hesaplanabilir.

Örnek: Uygulama için *Su Kayıpları* aşağıdaki şekilde hesaplanır:

Su Kayıpları = Sisteme Giren Su Miktarı – İzinli Tüketim

Su Kayıpları = 839.287 m³/yıl – 640.820 m³/yıl = 198.467 m³/yıl

Sisteme Giren Su Miktarı 839.287 m ³ /yıl (% 100)	İzinli Tüketim 640.820 m ³ /yıl (% 76,4)
	Su Kayıpları 198.467 m ³ /yıl (% 23,6)

6.2. Basit su dengesi

Basit su dengesi kapsamında önceden belirlenen bileşenlere ek olarak;

1. *İzinli Tüketim* için temel bileşenler; *Faturalandırılmış ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi*,
2. *Su Kayıpları* için temel bileşenler; *İdari Kayıplar* ve *Fiziki Kayıplardır*.

6.2.1. İzinli Tüketim için temel bileşenler

İzinli Tüketim, *Faturalandırılmış ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* miktarlarının toplamını ifade eder. *Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi* içinde mesken ve ticari amaçlı (otel, restaurant, dükkan vb.) su kullanımları yer almakta olup su tüketimleri genellikle sayaçlar ile ölçülmektedir. Sayaçların bulunmadığı durumlarda ise farklı yöntemler ile (örnek olarak mesken içindeki oda sayısı vb.) faturalandırma yapılabilir.

Örnek: Uygulamada, 1 Ocak 2016 - 31 Aralık 2016 dönemi için; ***Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi*** sayaç okuma verilerinden **290.147 m³/yıl** olarak hesaplanmıştır.

Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi de sayaç okuma verilerinden **348.729 m³/yıl** olarak hesaplanmıştır.

İzinli Tüketim içinde park, mezarlık ve yangın hidrantları vb. örnekleri içeren *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* de yer alır. Bu çeşit kullanımlar ölçülmüş veya ölçülmemiş olabilir, ancak *Su Kayıpları* olarak alınmaz.

6.2.2. Su Kayıpları için temel bileşenler

Su Kayıpları, *İdari Kayıplar* ve *Fiziki Kayıpların* toplamını ifade eder. *İdari Kayıplar* (i) *İzinsiz Tüketim* ve (ii) *Sayaçlardaki Ölçüm Hataları* (sayaç ve okuma hataları ile kayıt hataları) olarak iki grupta ifade edilir.

Örnek: Uygulamada sayaç okuma ve kayıt hatalarının olmadığı kabul edilmiştir. Benzer şekilde yasal olmayan bağlantılar ile yasadışı su kullanımının da olmadığı kabul edilmiştir. Ancak yaz ve kış aylarında bölgedeki yangın hidrantlarından alınan sular ile araç, sokak yıkama, bitki sulama vb. faaliyetler yapılmaktadır. Belirtilen faaliyetler *İzinsiz Tüketim* kapsamına girmekte olup sahada yapılan incelemeler ile 2016 yılı içinde bu faaliyetler için kullanılan su miktarı 3.294 m³/yıl olarak tahmin edilmiştir.

Sayaçlardaki Ölçüm Hataları, daha önce ilgili su idaresinin sayaç hassasiyeti ile ilgili yaptığı testlere bağlı olarak sayaç okuma miktarının %8'i olarak kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak 1 Ocak 2016 - 31 Aralık 2016 dönemi için;

Sayaçlar ile ölçülmüş tüketim = 638.876 m³/yıl

***Sayaçlardaki Ölçüm Hataları* = 638.876 m³/yıl x 0,08 = 51.110 m³/yıl**

***İzinsiz Tüketim* = 3.294 m³/yıl**

İdari Kayıplar* = *Sayaçlardaki Ölçüm Hataları* + *İzinsiz Tüketim

***İdari Kayıplar* = 51.110 m³/yıl + 3.294 m³/yıl = 54.404 m³/yıl**

Su Kayıpları miktarından belirlenen *İdari Kayıplar* çıkarılarak *Fiziki Kayıplar* hesaplanır.

Örnek:

Fiziki Kayıplar* = *Su Kayıpları* – *İdari Kayıplar

Fiziki Kayıplar = 198.467 m³/yıl - 54.404 m³/yıl = 144.063 m³/yıl

6.2.3. Gelir Getiren ve Gelir Getirmeyen Su Miktarı

Gelir Getiren Su, su idarelerine gelir sağlayan su miktarı olup bu kapsamdaki su kullanımları faturalandırılmakta ve gelir elde edilmektedir. *Gelir Getirmeyen Su Miktarı* ise *Sisteme Giren Su Miktarından*, *Gelir Getiren Su Miktarının* çıkartılması ile hesaplanır.

Örnek: Uygulamada 2016 yılı için;

Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi = Gelir Getiren Su Miktarı

Gelir Getiren Su Miktarı = 290.147 m³/yıl olarak belirlenir.

Sisteme Giren Su Miktarı = 839.287 m³/yıl olarak belirlenmişti. Buna bağlı olarak;

Gelir Getirmeyen Su Miktarı = Sisteme Giren Su Miktarı – Gelir Getiren Su Miktarı

Gelir Getirmeyen Su Miktarı = 839.287 m³/yıl – 290.147 m³/yıl = 549.140 m³/yıl

Uygulama sahası için basit su dengesi:

Sisteme Giren Su Miktarı 839.287 m ³ /yıl (% 100)	İzinli Tüketim 640.820 m ³ /yıl (% 76,4)	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 290.147 m ³ /yıl (% 34,6)	Gelir Getiren Su Miktarı 290.147 m ³ /yıl (% 34,6)
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 350.673 m ³ /yıl (% 41,8)	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 549.140 m ³ /yıl (% 65,4)
Su Kayıpları 198.467 m ³ /yıl (% 23,6)		İdari Kayıplar 54.404 m ³ /yıl (% 6,5)	
		Fiziki Kayıplar 144.063 m ³ /yıl (% 17,1)	

Uygulama sahasını oluşturan DMA'nın nispeten küçük olması, içinde büyük alan kaplayan parkların bulunması ve bu alanlar için önemli miktarda sulama suyu kullanılması sebebi ile *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* oldukça yüksek bir değere sahiptir.

6.3. Standart su dengesi

Standart su dengesi, *Faturalandırılmış* ve *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* ile *İdari Kayıplar* ve *Fiziki Kayıpların* alt bileşenlerinin belirlenmesi ile oluşturulur. Bu alt bileşenler genellikle ölçümler yerine bazı kabullere bağlı kalınarak tahmin edilmekte ise de bu süreçte çeşitli gözlem ve incelemeler ile çalışmalar desteklenmelidir.

6.3.1. Faturalandırılmış ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi bileşenleri

Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi ölçülmüş ve ölçülmemiş olabilir. Genel olarak, *Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım* içinde abone sayacı ile su tüketimi periyodik olarak ölçülmekte, ölçülen miktara göre faturalandırılmakta ve su geliri elde edilmektedir. Bazı durumlarda kullanılan su miktarı ölçülmeden su bedeli hesaplanmakta ve su geliri elde edilmektedir. Bu yaklaşımda su bedeli hesaplanırken konut alanı, oda sayısı, bahçe alanı vb. veriler değerlendirmeye alınmaktadır. Belirtilen şekildeki su tüketimi, *Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım* olarak ifade edilir.

Benzer şekilde, *Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* içinde bedeli ödenmeyen su kullanımı söz konusudur. Bu kapsamdaki su kullanımları için su bedeli alınmasına ilişkin karar ilgili su idareleri tarafından verilmektedir. Örnek olarak, ibadethaneler, parklar, umumi tuvaletler, mezarlık, karakol, yangın hidrantları vb. alanlarda su tüketimi için ödeme yapılmamaktadır. Bu tür alanlardaki su kullanımları;

- ölçülerek (*Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım*) veya
- ölçülmeden (*Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım*) belirlenmektedir. Ölçümlerin bulunmadığı alanlarda su kullanımı belirlenirken geçerli kabuller yapılmalıdır.

6.3.2. İdari ve Fiziki Kayıpların bileşenleri

İdari Kayıplar ve alt bileşenleri daha önceki bölümlerde açıklanmıştır. *Fiziki Kayıplar* ise;

- i. *Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar* ve
- ii. *Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar* olmak üzere iki alt bileşenden oluşmaktadır.

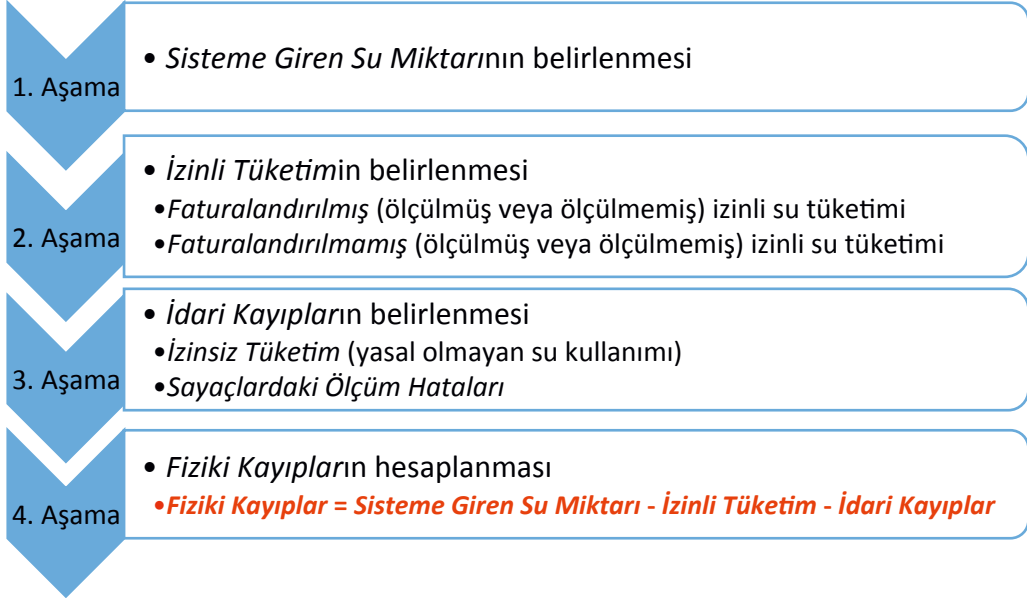
Örnek: Uygulama yapılan alt bölge içinde depo bulunmadığı için *Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar* söz konusu değildir. Buna bağlı olarak, *Fiziki Kayıplar* sadece *Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar* için belirlenmiştir.

Örnek: Uygulama sahası için 2016 yılı su dengesi tablosu

Sisteme Giren Su Miktarı 839.287 m ³ /yıl (% 100)	İzinli Tüketim 640.820 m ³ /yıl (% 76,4)	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 290.147 m ³ /yıl (% 34,6)	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 290.147 m ³ /yıl (% 34,6)	Gelir Getiren Su Miktarı 290.147 m ³ /yıl (% 34,6)
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ /yıl (% 0)	
	Su Kayıpları 198.467 m ³ /yıl (% 23,6)	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 350.673 m ³ /yıl (% 41,8)	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 348.729 m ³ (% 41,6)	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 549.140 m ³ /yıl (% 65,4)
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 1.944 m ³ /yıl (% 0,2)	
		İdari Kayıplar 54.404 m ³ /yıl (% 6,5)	İzinsiz Tüketim 3.294 m ³ /yıl (% 0,4)	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 51.110 m ³ /yıl (% 6,1)	
Fiziki Kayıplar 144.063 m ³ /yıl (% 17,1)	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 144.063 m ³ /yıl (% 17,1)			
	Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ (% 0)			

6.4. Su dengesi oluşturmanın aşamaları

Su dengesi oluşturmak için gerekli olan dört temel aşama aşağıda belirtilmiştir:



6.5. Su dengesi oluşturmak için önemli notlar

➤ Tüm su tüketimleri (faturalandırılmış veya faturalandırılmamış) sayaçlar ile ölçülmeli, düzenli olarak okunmalı ve kaydedilmelidir. İlgili idareler, bedeli alınmayan *Faturalandırılmamış İzinli Tüketim* kapsamındaki su kullanımları için sayaçlar ile ölçüm yapmamakta, sayaç bulunsa dahi okuma yapılmamakta veya mevcut sayaçlardaki arıza onarımı veya yenilemesi ihmal edilmektedir. Yönetmelik gereği, bu konudaki eksikliklerin giderilmesi önem taşımaktadır. Abonelerin faturalandırılması için hassas sayaçların kullanımı önemlidir. Bu şekilde, aboneler gerçek tüketimleri üzerinden su faturası ödemekte ve su tasarrufuna yönelmektedir.



Şekil 6.2. Tüm su tüketicileri (ibadethane, park, itfaiye vb.) için faturalandırma yapılsa bile sayaçların kullanılması önemlidir.



Şekil 6.3. Tüm sayaçlar düzenli olarak okunmalı, onarım ve/veya yenileme işlemleri yapılmalıdır.

➤ Yüksek miktarda su tüketen abonelerin sayaçları, faturalandırılmış veya faturalandırılmamış olsa bile daha dikkatli şekilde okunmalı, izlenmeli, bakım/onarım ve değişimleri aksatılmamalıdır. Bu kapsamda, merkezi izleme sistemine bağlı olan AMR sayaçlar kullanılabilir.

➤ Ülkemizde yayınlanmış olan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği'nde: ***“Bütün tüketim noktalarının abonelik işlemlerinin yapılması ve faturalandırılmayan aboneler dahil bütün abone noktalarına mutlaka tüketim profiline uygun çap ve özellikle sayaç takılması sağlanır.”*** ve ***“Faturalandırılmayan aboneler dahil bütün sayaçlar düzenli olarak okunur.”*** maddeleri yer almaktadır. Yönetmelikte belirtilen bu maddelerin kısa sürede gerçekleştirilmesi önemlidir. Su kayıplarına yönelik mücadele çalışmalarının önem kazanması ile tüm kullanıcılara sayaçların takılması yönündeki uygulamalar da hızlanacak ve takibi sağlanacaktır.

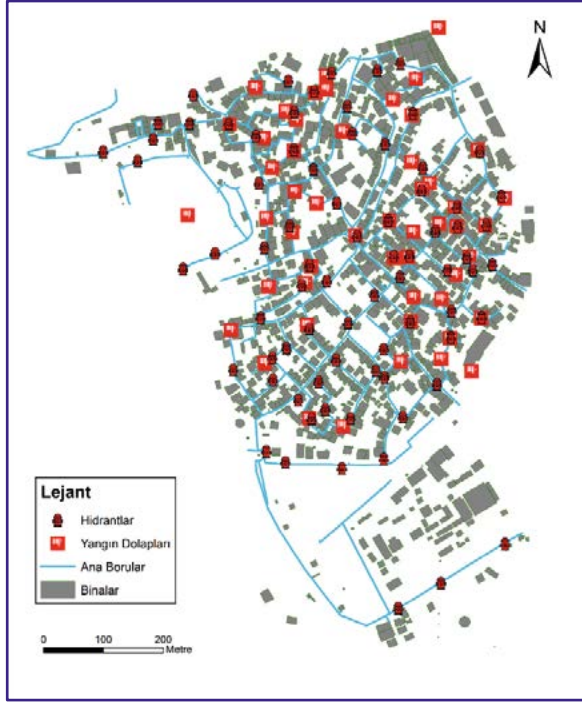
➤ Tüm su tüketicileri için sayaçların kullanılması halinde su dengesi tablosu sadeleşmekte ve kullanılan kabul veya tahminler azalmaktadır. Tüketilen tüm su miktarı ölçüldüğünde yeni su dengesi tablosu, Tablo 6.1'de gösterildiği şekilde hazırlanabilir. Ek olarak, Tablo 6.1'de mavi renk ile belirtilen bileşenler, tahminler yerine ölçümler ile belirlenirken, sadece kırmızı renk ile belirtilen bileşenler, kabuller kullanılarak belirlenir.

Tablo 6.1. Tüm su tüketicileri için sayaçların kullanılması halinde daha basit şekilde hazırlanabilecek olan Standart Su Dengesi Tablosu

Sisteme Giren Su Miktarı	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi		Gelir Getiren Su Miktarı
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi		
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	İzinsiz Tüketim	Gelir Getirmeyen Su Miktarı
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
Fiziki Kayıplar	Fiziki Kayıplar	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar		
		Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar		

➤ Su dengesi oluşturulurken ölçülmeyen bazı bileşenler veya parametreler için tahminler yapılmaktadır. Böylesi durumlarda çalışma sahasında yapılacak gözlem ve incelemelerden faydalanılarak en iyi tahmin değerleri elde edilmelidir.

Örnek: Uygulama sahasında yangın hidrantlarının yasal olmayan faaliyetler için kullanıldığı bölgede yaşayan yerel halk, muhtar ve bazı görevlilerden öğrenilmiştir. Buna bağlı olarak, saha çalışması ile alt bölgede yer alan tüm yangın hidrantları ve yangın dolaplarının sayısı ve lokasyonları belirlenmiş ve bir harita üzerinde işaretlenmiştir (Şekil 6.4). Hortumu olan ve yakınında dükkan, otel vb. yapılar olan yangın hidrantları yasal olmayan şekilde kullanılabilir potansiyel noktalar olarak belirlenmiştir (Şekil 6.5). Yangın musluklarının ne kadar süre için kullanılacağı ve kullanılan su hacmi sahada yaklaşık olarak belirlenmiştir (Şekil 6.6). Bu şekilde, yangın hidrantlarından kullanılan *İzinsiz Tüketim* geçerli bir şekilde tanımlanmıştır.



Şekil 6.4. Alt bölge içinde bulunan yangın dolapları ve hidrantlar

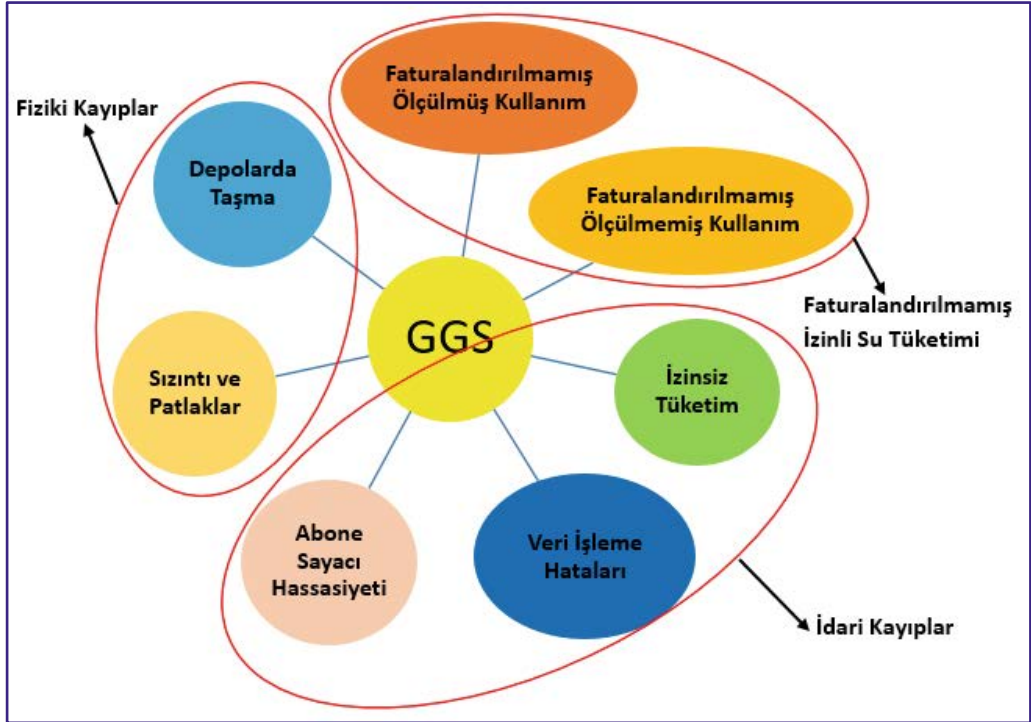


Şekil 6.5. Yasal olmayan şekilde kullanılan bir yangın dolabı (dolabın kapağı açık ve kullanım sonrası yolda ıslaklık)



Şekil 6.6. Alt bölge (DMA) girişinde yüksek kotlu bir alanda ve deniz seviyesinde yangın dolapları açılarak debi ölçümü

- *Gelir Getirmeyen Su; Fiziki Kayıplar, İdari Kayıplar ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi'nden oluşur (Şekil 6.7).*



Şekil 6.7. *Gelir Getirmeyen Su (GGG); Fiziki Kayıplar, İdari Kayıplar ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi'nden oluşur.*

- Bu çalışma kapsamında Standart Su Dengesi Tablosu'nun bilgisayar ortamında hazırlanması için bir program hazırlanmıştır. Standart Su Dengesi Programı (SSDP), içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde meydana gelen su kayıplarının kontrolü amacıyla belediyeler ve ilgili su idareleri tarafından her yıl düzenli olarak doldurulması gereken standart su dengesi formunun doldurulması amacı ile MS-Excel tabanlı oluşturulmuş bir programdır. Program, sekiz farklı çalışma sayfasından oluşmakta olup Şekil 6.8'de çalışma sayfasına ait program görseli yer almaktadır. Bu program, tüm su idarelerinin ve belediyelerin kullanımına açıktır.

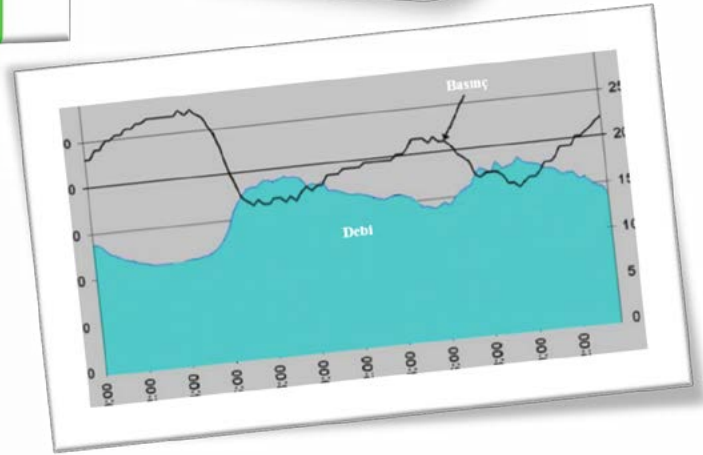
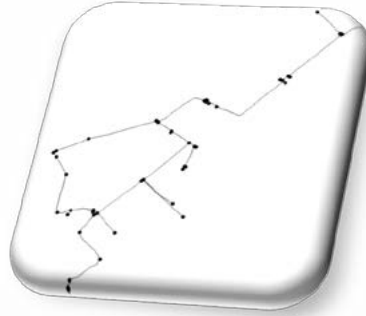
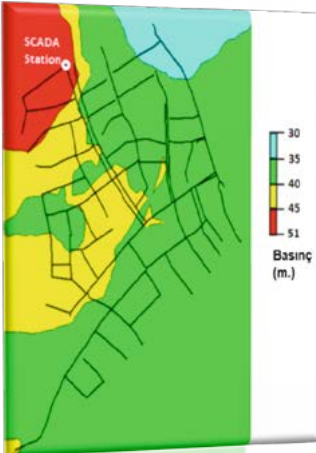
Şekil 6.8. Standart Su Dengesi Programı'na ait program ara yüzü

- Su dengesi hesabında, toplam su kayıplarından idari kayıpların çıkartılması ile fiziki su kayıpları hesaplanır. İdari su kayıplarının belirlenmesi için bazı kabuller yapılmaktadır. Buna bağlı olarak fiziki su kayıplarının belirlenmesinde hatalar olabilmektedir. Bu nedenle de, fiziki su kayıplarının bileşen analizi ve/veya *Minimum Gece Debi* analizi ile doğrulanması gereklidir.
- Debi tanımı iyi anlaşılmalı ve birimi doğru kullanılmalıdır.

➤ **ÇIKARIMLAR:**

1. Standart Su Dengesi, su kayıpları bileşenlerinin anlaşılması ve ilgili bileşenler için uygun azaltma yönteminin seçilmesinde yardımcı olur.
2. Faturalandırma yapılmıyor olsa bile tüm su kullanıcılarına sayaç takılmalı ve su tüketimleri ölçülmelidir.
3. Tüm su kullanıcılarının su tüketimleri sayaçlar ile ölçüldüğünde Standard Su Dengesi Tablosunun doldurulması daha kolay ve doğru olur.
4. *Sisteme Giren Su Miktarı'nın* tüm yıl boyunca hassas olarak ölçülmesi önemlidir.
5. Ölçülmeyen su tüketimlerinin belirlenmesi için sahadaki incelemelerden faydalanılmalıdır.
6. *Gelir Getirmeyen Su içinde Su Kayıpları ve Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi* bulunur.

7 HİDROLİK MODELLEMeye GİRİŞ



7. HİDROLİK MODELLEMeye GİRİŞ

Bu bölümde hidrolik modellemenin temel kavramlarının basit ve anlaşılabilir bir şekilde açıklanması hedeflenmektedir. Hidrolik modelleme ve uygulamaya ait detayların sunulması, bu El Kitabının kapsamı dışındadır. Hidrolik modelleme çalışmalarının hidrolik, su temini mühendisliği, modelleme konularında bilgisi olan ve şebeke işletiminde tecrübeli, kalifiye mühendisler tarafından gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

7.1. Hidrolik modellemenin amacı

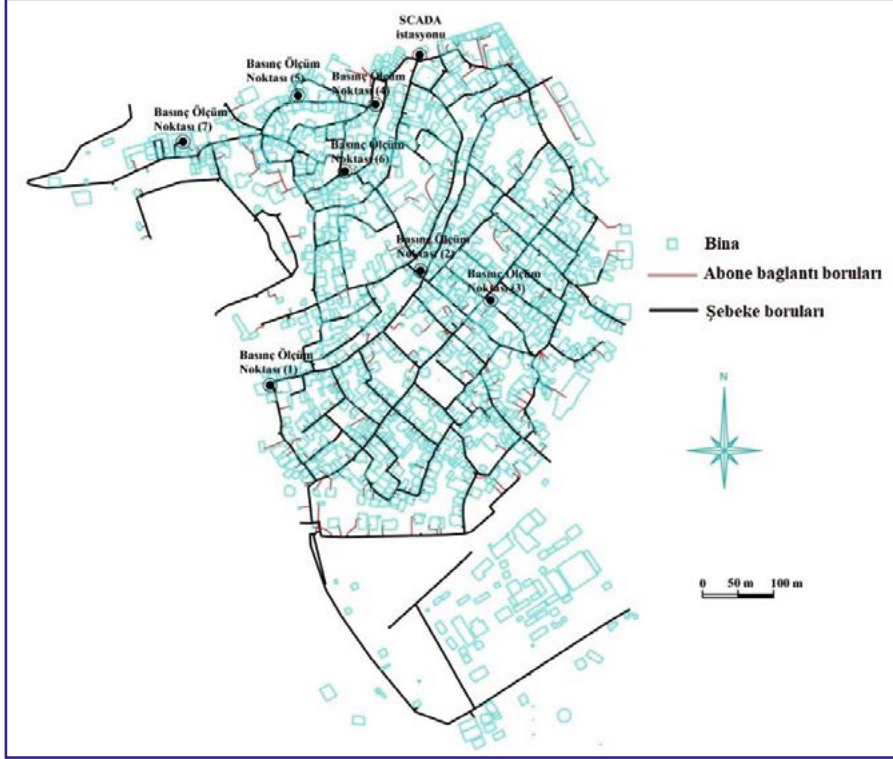
İçme suyu şebekeleri için hidrolik modelleme çalışması, su hızı, debi, basınç vb. hidrolik parametrelerin tahmin edilmesi amacıyla yapılır. Model tahminleri şebekenin farklı noktaları (şebekenin uç noktaları, en yüksek kotlar, depodan önce vb.), farklı dönemler ve tarihler (haftanın farklı günleri) ile farklı zamanlar (günün farklı saatleri) için elde edilebilir. Böylece, şebeke içinde istenilen noktalar ve zamanlar için hidrolik parametrelerin ölçüm yapılmadan tahmin edilmesi mümkün olur.

7.2. Hidrolik modelleme için gerekli veri setleri

Hidrolik modelleme için veri girişi ihtiyacı duyulan bazı parametreler ve veri setleri vardır. En önemli girdi verileri şunlardır:

- i. İçme suyu dağıtım şebekesi elemanlarının konfigürasyonu (borular, su kaynakları, pompalar, depolar, vanalar, vb.), şebeke elemanlarının koordinatları ve karakteristikleri (boru çapları, depo boyutları, pompa eğrileri vb.): Bu veri setlerinin pek çoğu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) biriminden temin edilebilir.
- ii. Temin edilen suya ait debi profilleri, pompa istasyonlarının basınç profilleri ve kaynaktaki su seviyesi profili: Profil terimi ile verilerin zaman içindeki değişimi tanımlanmaktadır. Bu veri setleri ölçümler ve izleme ile toplanabilir (örnek olarak SCADA sisteminden elde edilebilir).
- iii. Abonelerin su tüketimleri (ev, restaurant, hastane, otel, okul, dükkan, vb.): Bu veri setleri, su sayaçları okumalarından elde edilebilir. Yüksek hacimli ve değişken tüketimlere sahip abonelerin su tüketimleri veri kaydedici veya AMR sayacı ile izlenerek daha hassas bir şekilde tüketim profili belirlenebilir.
- iv. Borular için sürtünme katsayısının belirlenmesi: Bu katsayı boru cinsi, boru yaşı, her borudaki su hızı ve su kalitesi gibi pek çok parametreye bağlı olarak değişir. Buna bağlı olarak, içme suyu dağıtım şebekesindeki farklı borular, aynı malzemeden yapılmış olsa bile farklı sürtünme katsayısına sahip olabilir. Laboratuvar ortamında şebekenin tüm boruları için sürtünme katsayısı tayin edilmesi de mümkün değildir. Bu durumda en iyi yol, bu bölümde ileride anlatıldığı gibi, sürtünme katsayısının model kalibrasyonu ve doğrulaması ile belirlenmesidir.

Su idarelerinin yapması gereken en öncelikli adımlardan birisi, boruların koordinatlarının tespit edilmesidir. Bu adım, modelleme çalışmaları ve su kayıplarını azaltmaya yönelik faaliyetler için temel bilgi oluşturur (Şekil 7.1). Ancak, içme suyu dağıtım şebekelerindeki boruların lokasyonları ülkemizdeki pek çok su idaresi tarafından bilinmemektedir.



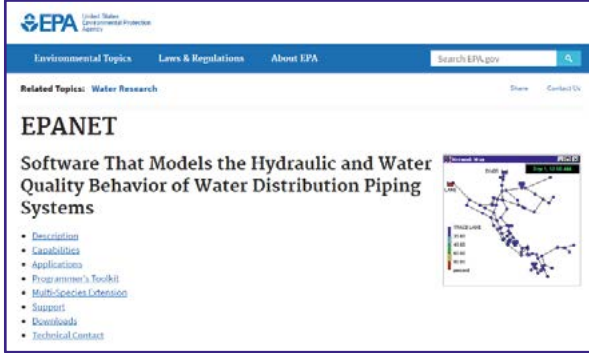
Şekil 7.1. Şebekedeki boruların koordinatları, servis bağlantıları ve ölçüm noktaları hidrolik modelleme çalışması için gereklidir.

7.3. Hidrolik model yazılımları

İçme suyu dağıtım şebekesi içindeki suya ilişkin hidrolik parametreleri (basınç, hız ve debi) tahmin etmek için bir seri matematiksel eşitliklerin çözülmesi gereklidir. Ancak, çok fazla sayıda boru ve bağlantının bulunduğu gerçek boyuttaki içme suyu şebekeleri için bu eşitliklerin elde çözülmesi mümkün olmadığından modelleme çalışmalarında bilgisayar yazılımları kullanılmaktadır. İçme suyu dağıtım şebekelerinin hidrolik modellemesi için kullanılacak bazı yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımların bazıları, ücretsiz olarak temin edilebilmektedir. Örnek olarak, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) tarafından kullanıma sunulan *EPANET* modeli için herhangi bir lisans ücreti yoktur. *EPANET* modelinin kaynak kodu açıktır, hem tüm model dosyaları, hem de kullanıcı kılavuzu aşağıdaki bağlantıdan indirilebilir:

<https://www.epa.gov/water-research/epanet>

Diğer pek çok dağıtım şebekesi hidrolik modeli ticari olarak geliştirilmekte olup,



model içerikleri *EPANET* modeline çok benzerdir. *EPANET* modeli, ücretsiz ve model güvenilirliğinin çok iyi şekilde test edilmiş olması nedeni ile içme suyu dağıtım şebekelerinin hidrolik modellemesi açısından dünyada en yaygın şekilde kullanılan yazılımdır.

Şekil 7.2. *EPANET* modeli web sayfasının ekran görüntüsü, bu ekrandan model ile ilgili pek çok detaya ulaşılmaktadır.

7.4. Hidrolik model tahminlerinin hassasiyeti

Hidrolik modelden elde edilen tahminlerin doğruluğunu/hassasiyetini belirlemek için araziden elde edilen ölçüm sonuçları ile karşılaştırma yapılır. Örnek olarak, hidrolik model ile içme suyu dağıtım şebekesinin en yüksek kotlu noktasında öğle saatindeki su basıncı tahmin edilebilir. Model tahmininin doğrulanması için aynı nokta ve aynı zaman için sahada su basıncı ölçümü yapılmalı ve elde edilen ölçüm ve tahmin değerleri karşılaştırılmalıdır. Eğer model tahmini ve ölçüm değeri tamamen aynı olursa, model 100% doğrulanmış olur. Ancak, model ile tahminler elde edildiğinden genellikle model tahminleri ile saha ölçümleri arasında bazı farklılıkların olması beklenmelidir. Model tahminleri ile saha ölçümleri arasındaki farklar ne kadar az ise model hassasiyeti o ölçüde fazla olur.

Model tahminlerinin hassasiyetini arttırmak için aşağıdaki işlemler yapılmalıdır:

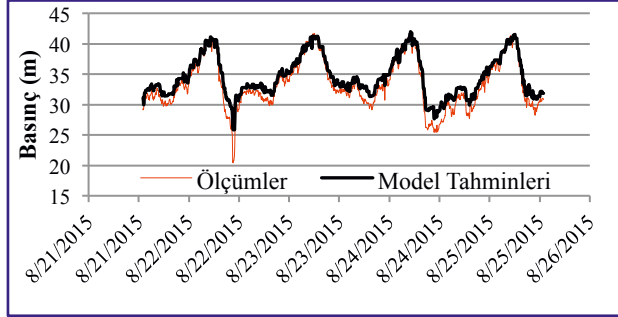
1. Bölüm 7.2'de belirtilen gerekli tüm girdi verilerinin mümkün olan en hassas şekilde ölçülmesi ve tanımlanması.
2. Hidrolik model kalibrasyonu ve doğrulanması işlemlerinin şebeke içindeki pek çok nokta ve farklı zaman periyotlarını içerecek şekilde gerçekleştirilmesi.

Model kalibrasyonu ve doğrulanması aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.

7.5. Model kalibrasyonu

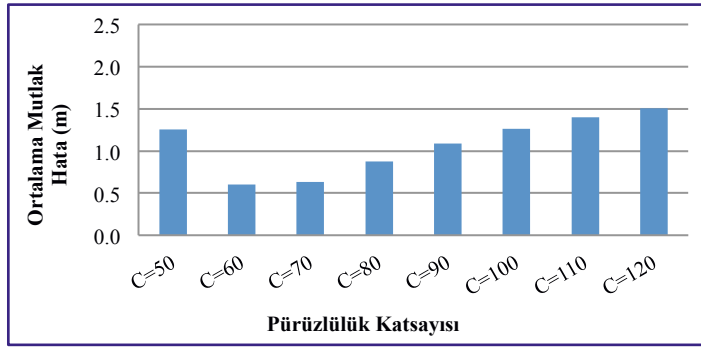
Model kalibrasyonunun amacı, model içinde yer alan ve bilinmeyen katsayı değerlerini belirlemektir. Genellikle hidrolik modeller için sadece boru pürüzlülük katsayısı değeri bilinmemekte ve model için tanımlanması gerekmektedir. Model kalibrasyonu için hidrolik model belirli bir zaman periyodu (örnek olarak 21-26 Ağustos 2015 tarihleri arası) için farklı sürtünme katsayıları kullanılarak çalıştırılır. Test edilen sürtünme katsayısı değerlerinin uygun olan aralık içinde kalması önemlidir. Örnek olarak, içme suyu dağıtım şebekelerindeki eski borular için Hazen-

Williams pürüzlülük katsayısı (C) 50-120 aralığında değişebilir. Model kalibrasyonu aşamasında test edilen her katsayı değeri için elde edilen model tahminleri (örnek olarak su basıncı), sahadan elde edilen ölçüm değerleri ile karşılaştırılır (Şekil 7.3).



Karşılaştırmalar neticesinde en az fark bulunan (en az model hatası veren) sürtünme katsayısı değeri belirlenir (Şekil 7.4). Farklı bir deyişle, model tahminleri ile ölçümler arasında en az model hatasının elde edildiği pürüzlülük katsayısı değeri, en doğru seçimdir.

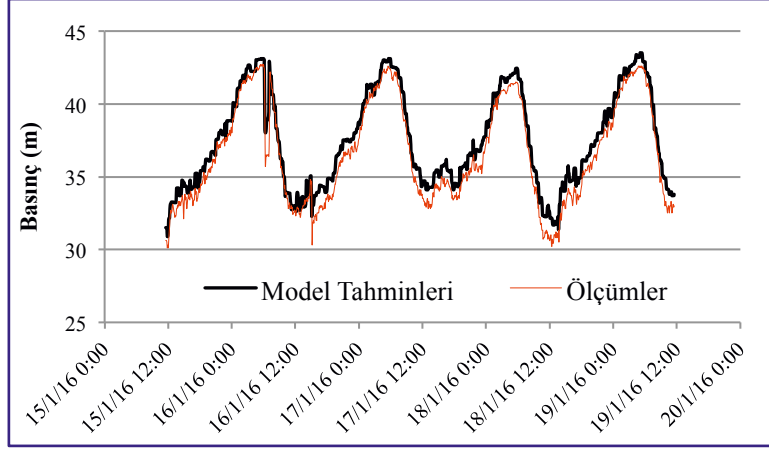
Şekil 7.3. Örnek bir uygulama sahasında model kalibrasyonu için 2015 yılı Ağustos ayına ait su basıncı model tahminleri ile ölçümlerin karşılaştırılması



Şekil 7.4. Farklı pürüzlülük katsayıları için elde edilen Ortalama Mutlak Hata değerleri (en düşük Ortalama Mutlak Hata=0,605 m pürüzlülük katsayısı C=60 için elde edilmiştir)

7.6. Model doğrulaması

Model doğrulaması için modelin tahmin kapasitesi, kalibrasyon döneminde kullanılan zaman periyodu veya lokasyonlardan farklı olan durumlar için tekrar test edilir. Örnek olarak, model kalibrasyonu için 21-26 Ağustos 2015 tarihleri arası seçilmiş ise model doğrulaması için farklı bir dönem (örnek olarak 15-20 Ocak 2016 tarihleri arası) seçilmelidir. Model doğrulaması için, model kalibrasyonu aşamasında belirlenen model katsayıları (boru sürtünme katsayısı) aynen kullanılır. Model doğrulaması aşamasında elde edilen model tahminleri ile ölçümler karşılaştırılarak model hatası hesaplanır (Şekil 7.5). Model doğrulaması aşamasında fazla debi değişimi oluşturmak için örnek olarak yangın muslukları açılabilir.



Şekil 7.5. Örnek bir uygulama sahasında model doğrulaması için 2016 yılı Ocak ayına ait su basıncı model tahminleri ile ölçümlerin karşılaştırılması

7.7. Modelin yönetim amaçlı kullanımı

Dağıtım şebekesine ait özellikler için beklenen olası değişikliklerin (su talebinin artması veya azalması, yeni boruların eklenmesi veya boruların iptal edilmesi ile şebeke bağlantılarının değişmesi, pompa istasyonundaki pompa işletiminin değişimi vb.) gerçekleşmesi halinde, hidrolik parametrelerdeki beklenen değişimler hidrolik model ile tahmin edilebilir. Buna bağlı olarak, hidrolik model kullanılarak pek çok yönetim senaryosu (fiziki kayıpların azalması veya artması, su temin edilen nüfusun artması veya azalması, dağıtım şebekesinin DMA'lara bölünmesi vb.) test edilebilir. Ek olarak, bakiye klor vb. su kalite parametreleri de içme suyu dağıtım şebekesindeki hidrolik özelliklere bağlı olarak değişebilir ve hidrolik modelleme çalışması yapılmadan şebeke için su kalite modelleme çalışması yapılamaz. Bu nedenle, şebekede su kalite modellemesi için ilk adım hidrolik modellemedir.

7.8. Hidrolik modelleme çalışması için gerekli altyapı

7.8.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Geçmişte su idareleri içme suyu dağıtım şebekesi elemanlarına ait önemli bilgileri (boru çap ve uzunlukları, su kaynakları, pompalar, depolar ve boyutları, vanalar, vb.) kaydetmek için çizim, harita ve raporlar kullanırdı. Ancak çoğu zaman, gerekli olan detaylar sadece ilgili bölgede çalışan belirli teknisyenler veya ustalar tarafından bilinirdi. Buna bağlı olarak da, bu önemli bilgilerin akıbeti su idaresindeki birkaç kişiye bağlı kalırdı. Günümüzde, şebeke bilgileri sayısallaştırılmakta ve bilgisayarlarda kaydedilmektedir. Dolayısı ile gerekli olan detaylı bilgiler, saha ustalarına ihtiyaç duyulmadan elde edilebilmektedir.



Şekil 7.6. Genellikle saha ustalarında olan şebeke bilgileri CBS'ye aktarılmalıdır.

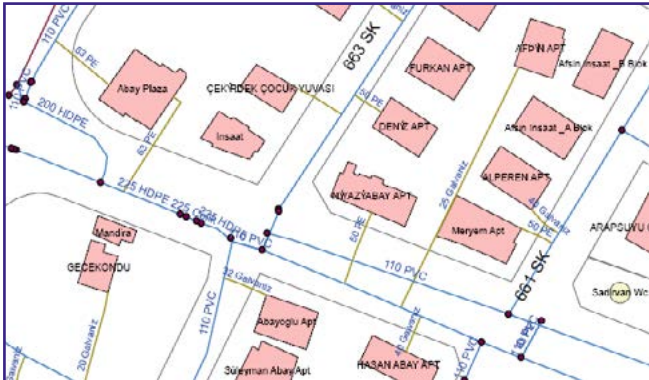
Su idarelerinin bazılarındaki en önemli sorunlardan birisi ise içme suyu dağıtım



şebekesi üzerinde yapılan değişikliklerin (yeni bir boru veya vana eklenmesi vb.) CBS birimine bildirilmemesidir. Bunun sonucunda, yanlış ve/veya eksik şebeke bilgileri ile çalıştırılan hidrolik modelden yanıltıcı sonuçlar alınır. Bu nedenle, su idaresinin diğer birimleri ile CBS birimi arasında iyi bir koordinasyon sağlanmalı ve gerekli oldukça CBS veri tabanı güncellenmelidir.

Şekil 7.7. CBS veri tabanının düzenli olarak güncellenmesi gerekmektedir.

CBS biriminde, her DMA için tüm abone kayıtları bulunmalı ve sahada yapılacak incelemeler ile DMA içindeki tüm boru ve servis bağlantılarının çeşidi, koordinatları,



uzunlukları vb. elde edilerek kaydedilmelidir. Ek olarak, şebekede bulunan tüm sayaçların tipi, boyutu, markası, yaşı ve sayaç numaraları CBS veri tabanında saklanmalıdır. Belirtilen tüm bilgiler, su kayıpları mücadelesi ile görevli ekip için çok önemlidir.

Şekil 7.8. Servis bağlantılarının yerleri ve bilgileri CBS veri tabanında kayıt altına alınmalıdır.

7.8.2. SCADA

Temin edilen suya ait debi profilleri ile pompa istasyonlarına ait basınç profilleri hidrolik modelleme çalışması için önemli veri setleridir. İçme suyu dağıtım şebekelerindeki su talebi saatlik, günlük, mevsimlik ve yıllık olarak büyük değişimler gösterir. Buna bağlı olarak, su debisi ve basınç değerlerinin kısa zaman aralıkları ve tüm yıl boyunca ölçülmesi ve kaydedilmesi çok önemlidir. *Sisteme Giren Su* miktarının elektromanyetik vb. hassas debimetreler ile ölçülmesi sağlanmalı ve ölçülen veri setleri kayıt cihazları ile kaydedilmelidir. Benzer şekilde, uzun süre veri kaydedebilen basınç metrelerin de basınç ölçümleri için kullanılması önerilmektedir.

Şebekedeki debi ve basınç değişimlerini sürekli olarak izlemek için SCADA sistemlerinin kullanılması çok fayda sağlamaktadır. SCADA sisteminin faydaları ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 9'da yer almaktadır.

7.9. Hidrolik modelleme için örnek çalışma

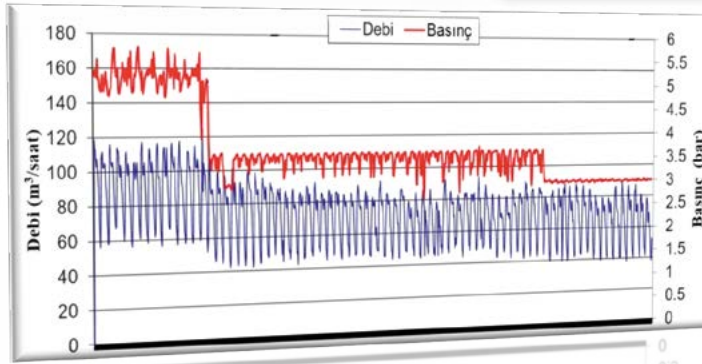
İçme suyu dağıtım şebekelerinde hidrolik modelleme çalışması için örnek bir uygulama EK-1 içinde sunulmaktadır (Kaynak: TÜBİTAK Proje No: 107G088).

➤ ÇIKARIMLAR:

1. Hidrolik model kullanılarak içme suyu dağıtım şebekesindeki debi, hız ve basınç değerleri gibi hidrolik parametrelerin zamansal ve mekânsal değişimleri tahmin edilir.
2. Ücretsiz olarak temin edilen EPANET vb. yazılımlar, hidrolik modelleme çalışmalarında kullanılan etkin araçlardır.
3. Hidrolik modelleme çalışması için gerekli olan pek çok girdi verisi, CBS ve SCADA sistemlerindeki veri setlerinden elde edilebilir.
4. Model kalibrasyonu aşamasında, modelde yer alan ve değeri bilinmeyen katsayıların (örnek olarak boru pürüzlülük katsayısı) belirlenmesi amaçlanır.
5. Model doğrulaması aşamasında, kalibre edilmiş olan hidrolik modelin, farklı dönem ve noktalar için tahmin başarısı test edilir.
6. İçme suyu dağıtım şebekesinde DMA oluşturulması, boru bağlantılarının değiştirilmesi, su kayıpları seviyesindeki değişim vb. uygulamaların şebeke üzerindeki etkilerini incelemek için hidrolik model kullanımı zorunludur.

8

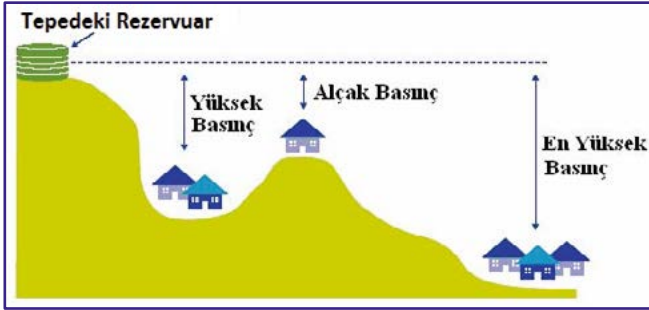
BASINÇ YÖNETİMİ



8. BASINÇ YÖNETİMİ

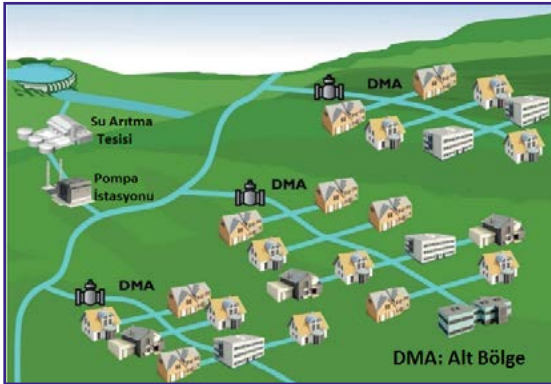
8.1. Şebekede fazla basınç oluşumu

İçme suyu dağıtım şebekesindeki su basıncı, boru kotları, depo ve diğer şebeke elemanlarının kotları ile beraber terfi yüksekliği ve su tüketimindeki değişimlere bağlıdır. Su tüketimindeki değişimler, su hızının ve dolayısıyla hidrolik kayıpların değişmesine neden olur. Sonuç olarak, su basıncı mekânsal ve zamansal değişimler gösterir. Şebekenin bazı noktalarındaki su basıncı seviyesi, tüm yıl boyunca belirli limit değerleri aşabilir. *İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği*'nde



Kontrolü Yönetmeliği'nde içme suyu şebekeleri için topografik yapının uygun olduğu yerlerde izin verilen maksimum statik su basıncı 60 metre su sütunu (mSS) olarak tanımlanmıştır.

Şekil 8.1. İçme suyu şebekesinin farklı bölümlerinde farklı basınç seviyeleri oluşur. Bundan dolayı, bazı DMA'lardaki su basıncı izin verilen maksimum su basıncı seviyesi olan 60 mSS değerini aşabilir.



Basınç yönetimi uygulamak için içme suyu dağıtım şebekesinde uygun büyüklükte DMA'lar oluşturulmalıdır. Su basıncı genellikle DMA girişinde ve minimum ve maksimum basıncın olduğu kritik noktalarda ölçülmektedir. Kritik noktaların hidrolik model uygulaması ile tahmin edilmesi mümkündür.

Şekil 8.2. Basınç yönetimi uygulamak için içme suyu dağıtım şebekesinde uygun büyüklükte DMA'lar oluşturulmalı ve hidrolik model uygulanmalıdır.

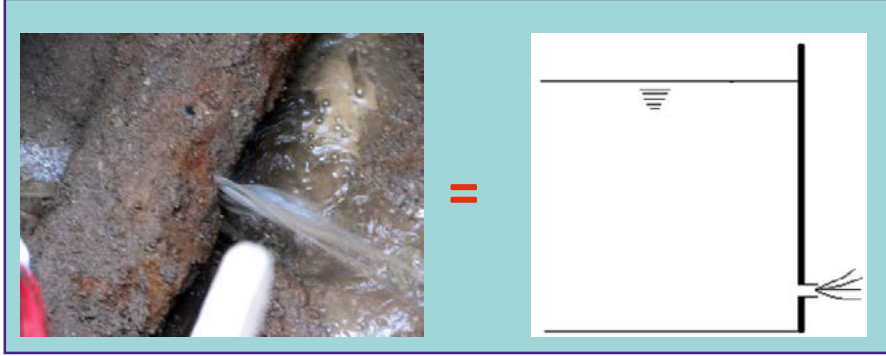
8.2. Fazla basıncın fiziki su kayıpları üzerindeki etkileri

Su sızıntıları borulardaki küçük deliklerden oluşur. Bu nedenle, sızıntı hidroliği, geniş bir rezervuardan olan orifis deşarjına benzerdir. Geniş bir rezervuarda orifis deşarjı süresince su derinliğinin değişmediği kabul edilir. Rezervuardaki su derinliğinin orifis üzerinde basınç uygulaması gibi borudaki su basıncı da deliklere basınç uygular. Orifis deşarjına ait hidrolik eşitlik aşağıda verilmektedir.

$$Q = C p^\gamma$$

(Eşitlik 1)

Bu eşitlikte Q: sızıntı debisi, p: basınç, C: deşarj katsayısı ve γ : basınç katsayısıdır.



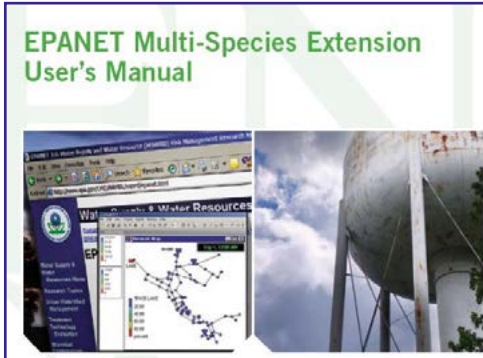
Şekil 8.3. Borulardan oluşan sızıntı, hidrolik olarak orifis deşarjına benzer.

Eşitlik 1'de yer alan basınç katsayısı (γ) deliğin şekli, boyutu, boru cinsi ve şebeke özelliklerine göre değişir. Bu değerini tanımlamak nispeten zor olsa da farklı boru cinslerinin bulunduğu büyük şebekeler için $\gamma=1.0$ kabulü uygundur. Buna göre basınç ile sızıntı arasında doğrusal bir bağıntı kurulur. Böylece, örnek olarak su basıncının %20 azalması durumunda, oluşan sızıntı da %20 oranında azalacaktır. Her durum için geçerli olan çıkarımlar aşağıdadır:

- (i) Su basıncındaki azalma ile sızıntı debisi (Q) de azalır. Bu nedenle, sızıntıyı azaltmak için su basıncı azaltılmalıdır. Bu ise basınç yönetimi ile sağlanır.
- (ii) Boru üzerindeki toplam delik alanının (A) azalması ile aynı oranda sızıntı debisi (Q) de azalır (basıncın değişmediği kabul edilir). Bu nedenle, sızıntıyı azaltmak için boru üzerindeki delik ve çatlaklar azaltılmalıdır. Bu ise ancak deliklerin tespiti ve onarımı ile sağlanır.

8.3. Fazla basıncın tespiti edilmesi

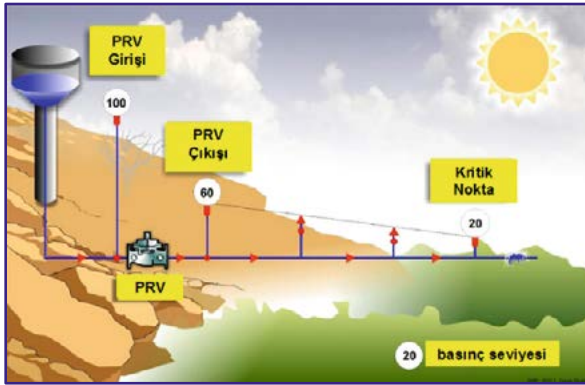
Su idareleri genellikle fazla basıncın tespiti için şebekede birkaç noktada ölçümler yapmaktadır. Ancak, su basıncı mekânsal ve zamansal olarak değişir ve hatta ölçüm noktasına yakın bir yerde bile basınç seviyesi büyük fark gösterebilir. Sonuç olarak, sadece izleme yöntemi ile şebekedeki mekânsal ve zamansal basınç değişimleri takip edilemez. Buna göre, su basıncının mekânsal ve zamansal değişimini tahmin etmek için hidrolik modeller kullanılmalıdır.



Şekil 8.4. Fazla basıncın tespiti edilmesi için hidrolik modelleme yapılmalıdır.

Su debisinin bir yıllık süre içindeki değişimi incelenmelidir. Genellikle maksimum debi yaz mevsiminde, öğle veya ikindi zamanında gerçekleşirken, minimum debi kış mevsiminde ve sabah çok erken saatlerde görülür. Yüksek debide, yüksek su hızı, yüksek hidrolik kayıplar ve nispeten düşük basınçlar oluşur. Diğer taraftan, düşük debide, düşük su hızı, düşük hidrolik kayıplar ve nispeten yüksek basınçlar oluşur. Böylece, minimum basınç en yüksek su tüketiminin olduğu zaman, maksimum basınç ise en düşük su tüketiminin olduğu zaman oluşur.

İçme suyu dağıtım şebekeleri için topografik yapının uygun olduğu yerlerde izin verilen en yüksek statik su basıncı 60 mSS iken, gerekli olan minimum su basıncı seviyesi ise İller Bankası İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname'ye göre müstakbel nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 20 mSS, daha büyük nüfuslarda 30 mSS olarak belirtilmiştir. Buna göre, şebekede kritik noktalardaki su basıncının minimum 20 mSS olması gereklidir. DMA olarak oluşturulan bir şebekenin kritik noktalarında minimum 20 mSS basınç sağlamak için DMA girişinde gerekli olan basınç seviyesi hidrolik model ile bulunabilir.



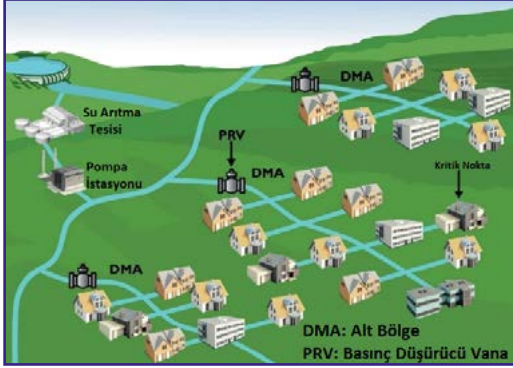
Şekil 8.5. Fazla basıncın belirlenmesi (PRV: basınç düşürücü vana) (McKenzie, 2001)



Şekil 8.6. Yüksek katlı binalarda, suyu tüm katlara ulaştırmak için hidrofor kullanılabılır.

8.4. Fazla basıncı azaltma yöntemleri

İçme suyu dağıtım şebekelerindeki fazla basıncın düşürülmesi için basınç düşürücü vana (Pressure Reducing Valve-PRV) kullanılması yaygındır. Fazla basıncın düşürülmesi için bir türbin veya pompa türbin (Pump as Turbine-PAT) kullanılması halinde enerji üretilmesi de mümkündür. Bu konu ilerideki bölümde açıklanmaktadır.



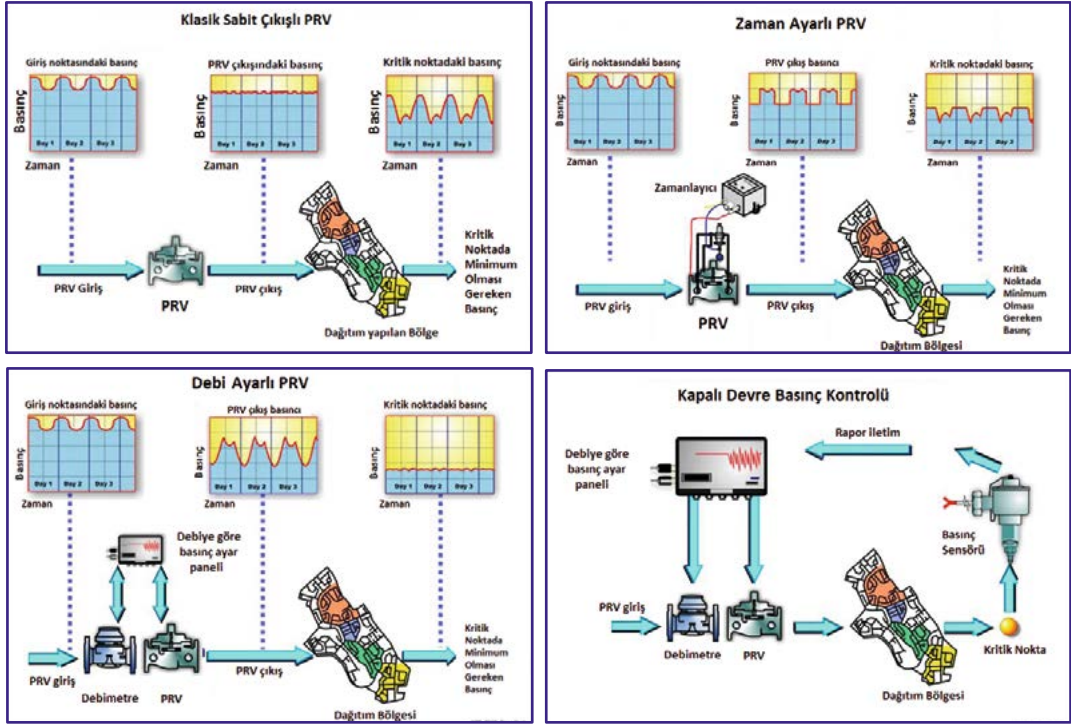
Şekil 8.7. DMA girişine yerleştirilen bir PRV (basınç düşürücü vana) ile su basıncı istenilen seviyeye indirilebilir.

8.5. Basınç Düşürücü Vana (PRV) kontrolör çeşitleri

Şebekelerde kullanılan farklı PRV kontrolör çeşitleri aşağıda açıklanmaktadır:

- i. **Klasik sabit çıkışlı:** Bu çeşit en basit ve ucuz olandır. Çıkış basıncının her zaman ayarlanmış sabit bir değerde olmasını sağlar. Buna bağlı olarak, şebekenin kritik noktasındaki basınç çoğu zaman minimum izin verilen seviyenin üstünde kalır. Bu durum sistem açısından bir dezavantaj oluşturur.
- ii. **Zaman ayarlı:** Öncelikle su tüketimlerinin zamanla değişimi izlenir ve buna göre su basıncının zamanla değişimi hidrolik model ile tahmin edilir. Bu uygulamada, PRV ile düşürülecek basıncın zamanla değişimi sağlanır. Ancak, tahmin edilen su tüketimleri ve basınç değişimleri, gerçek sistemden farklı olabilir. Özellikle boru patlakları veya yangın debisi ihtiyacı olduğunda bu farklılıklar görülür. Bu sistemde kritik noktadaki basınç 20 mSS olarak hassas bir şekilde sabitlenemez.
- iii. **Debi ayarlı:** Bu sistemde PRV ile basıncın düşürülmesi geçen debiye ayarlıdır. Bu ayar, hidrolik model ile elde edilebilir. Yüksek debide daha az basınç düşürülürken, düşük debide daha fazla basınç düşürülür. Bu sistemde kritik noktada basınç yaklaşık 20 mSS olarak sabitlenebilir.
- iv. **Kapalı devre basınç kontrolü:** En gelişmiş olan sistemdir. Şebekede kritik noktadaki basınç sürekli ve gerçek zamanlı olarak bir sensör ile ölçülür. Kritik noktada ölçülen basınç değeri, PRV'ye elektronik iletişim ile bildirilir ve bu veriye göre basınç düşürülür. Bu uygulamada, kritik noktadaki basınç sürekli izin verilen minimum seviyede tutulurken PRV ile düşürülen basınç zamanla değişir.

BÖLÜM -8 BASINÇ YÖNETİMİ

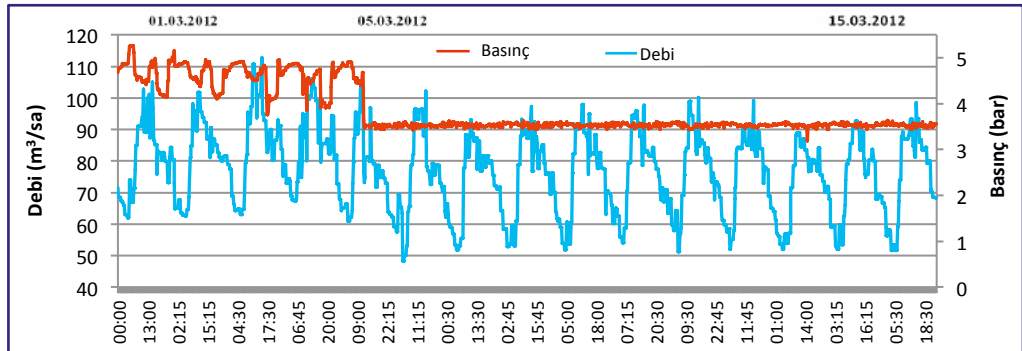


Şekil 8.8. Su basıncını azaltmak için kullanılan farklı PRV kontrolör çeşitleri (McKenzie, 2001)

8.6. Fazla basıncı azaltmanın faydaları

8.6.1. Fiziki kayıpların azaltılması

DMA içinde basıncın düşürülmesi ile su kayıpları hemen azalır. Sızıntıların azalması, düşürülen basınç seviyesine, sızıntı debisine ve boru özelliklerine göre değişir. Fiziki su kayıplarındaki azalma sisteme verilen debideki azaltmanın takip edilmesi ile hesaplanabilir (Şekil 8.9).



Şekil 8.9. Fazla basıncın düşürülmesi ile fiziki su kayıpları azalır.

8.6.2. Arıza oranının azalması



Boru patlaklarının oluşma sıklığı ile içme suyu dağıtım şebekesindeki su basıncı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Su basıncının düşürülmesi ile boru patlaklarının oluşma sıklığı ve dolayısıyla boru ve ekipmanlar için bakım/onarım ihtiyacı da belirgin düzeyde azalır.

Şekil 8.10. Fazla basıncın düşürülmesi ile arıza oranı azalır.

8.6.3. Boru ve ekipmanların kullanım süresinin uzaması



Boru ve ekipmanların kullanım süresi ile içme suyu dağıtım şebekesindeki su basıncı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Su basıncının düşürülmesi ile boru ve ekipmanların kullanım süresinde belirgin bir artış olur. Diğer taraftan, su basıncının artması ile su dağıtım şebekesi elemanlarının kullanım süreleri azalır.

Şekil 8.11. Su basıncının düşürülmesi ile boru/ekipmanların kullanım süresi uzar.

8.7. Enerji üretimi

İçme suyu dağıtım şebekesindeki fazla basıncın düşürülmesi için basınç düşürücü vana (PRV) yerine pompa türbin (Pump as Turbine-PAT) kullanılarak hem fiziki su kayıpları azaltılır, hem de enerji üretilir. Bu kapsamda ülkemizdeki ilk uygulama Antalya'da gerçekleştirilmiştir (Şekil 8.12) (Kaynak: TÜBİTAK Proje No:114Y203).

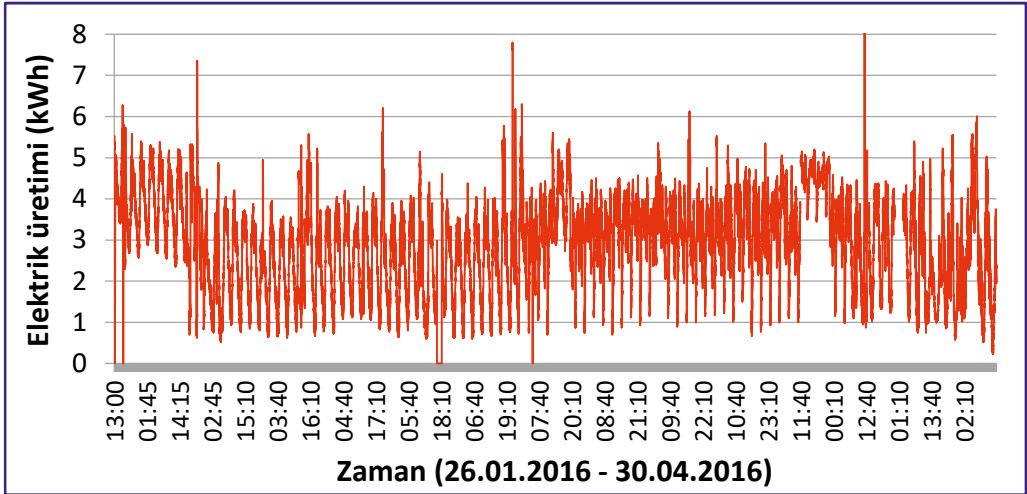


Şekil 8.12. Pompa türbin kullanılarak şebekedeki fazla basınç düşürülür.



Pompa türbin sistemi 26 Ocak 2016 tarihinde Antalya'da Anfaş bölgesinde içme suyu dağıtım şebekesinde işletmeye alınmıştır. Ana şebeke borusuna eklenen by-pass hattı üzerinde kurulan sistem ile su basıncı yaklaşık 1 bar düzeyinde düşürülmektedir. Sistem kurulduktan sonra sürekli olarak çalışmaktadır.

Şekil 8.13. Pompa türbin sistemi bir by-pass hattında kurulmuştur.



Şekil 8.14. Pompa türbin sistemi ile hem fazla basınç azaltılır, hem elektrik üretilir.

Kurulan pompa türbin uygulamasına ilişkin ilk veriler:

- 26 Ocak - 15 Mart 2016 dönemi içinde üretilen ortalama ve maksimum güç miktarları sırasıyla 2,76 kW ve 7,80 kW olarak izlenmiştir.
- Belirtilen dönem içinde PAT sisteminden geçen ortalama ve maksimum debi sırasıyla 175 m³/sa ve 263 m³/sa olarak kaydedilmiştir.
- Uygulamaya konulan sistem ile fiziki su kayıplarındaki azalma yaklaşık 50 m³/sa mertebesindedir.
- 1 Şubat – 13 Haziran 2016 dönemi içinde toplam enerji üretimi 8599 kWh olmuştur.
- Kurulan PAT sisteminin araştırma projesi bütçesi ile desteklenen toplam maliyeti 38.210 Euro olup geri ödeme süresi 53 gün olarak hesaplanmıştır.

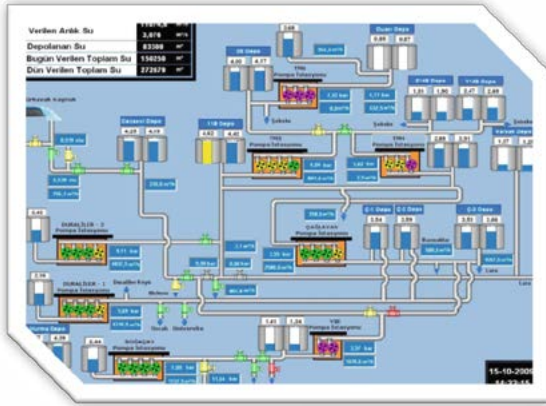
8.8. Basınç yönetimi için örnek çalışmalar

İçme suyu dağıtım şebekelerinde basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılmasına yönelik örnek çalışmalar EK-1 (Kaynak: TÜBİTAK Proje No: 107G088) ve EK-2 içinde sunulmaktadır.

➤ ÇIKARIMLAR:

1. Basınç yönetiminin amacı içme suyu dağıtım şebekesindeki fazla su basıncını azaltmaktır. Şebekede izin verilen maksimum statik su basıncı topografik yapının uygun olduğu yerlerde 60 mSS ve minimum gerekli basınç ise 20 mSS'dir.
2. Şebekede oluşan yüksek su basıncı hidrolik model ile belirlenir.
3. Kentlerdeki yüksek katlı binalarda suyun üst katlara ulaşması için hidrofor kullanılabilir.
4. Basınç yönetimi için farklı PRV çeşitleri kullanılabilir. Ek olarak, son yıllarda pompa türbin (PAT) kullanılarak şebekedeki fazla basıncın düşürülmesi ve aynı zamanda enerji üretilmesi de mümkündür.
5. Basınç yönetimi ile fiziki su kayıplarının azaltılmasının yanısıra boru patlaklarının oluşma sıklığının azaltılması, boru, vana vb. şebeke elemanlarının kullanım süresinin uzatılması gibi ek faydalar da elde edilmektedir.

9 İZLEME VE DEĞERLENDİRME

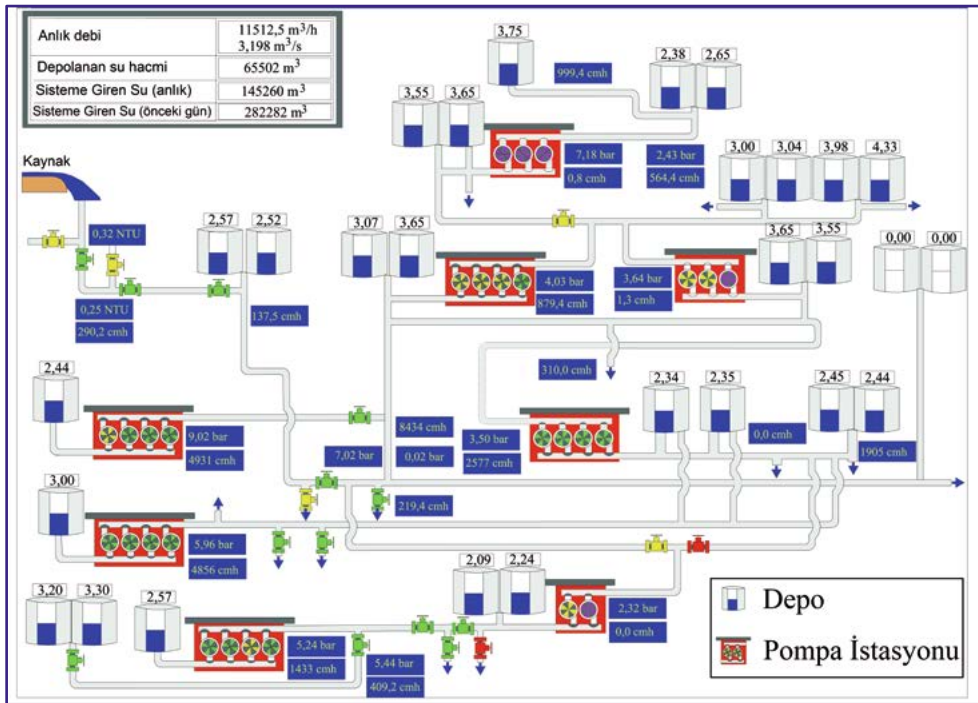


9. İZLEME VE DEĞERLENDİRME

İçme suyu dağıtım şebekesindeki debi, su basıncı, depolardaki su seviyesi ve enerji tüketiminin izlenmesi, Standart Su Dengesi Tablosunun hazırlanması ve su kayıplarının azaltılması için çok önemlidir.

9.1. Gerçek Zamanlı İzleme (RTM) ve SCADA Sistemi

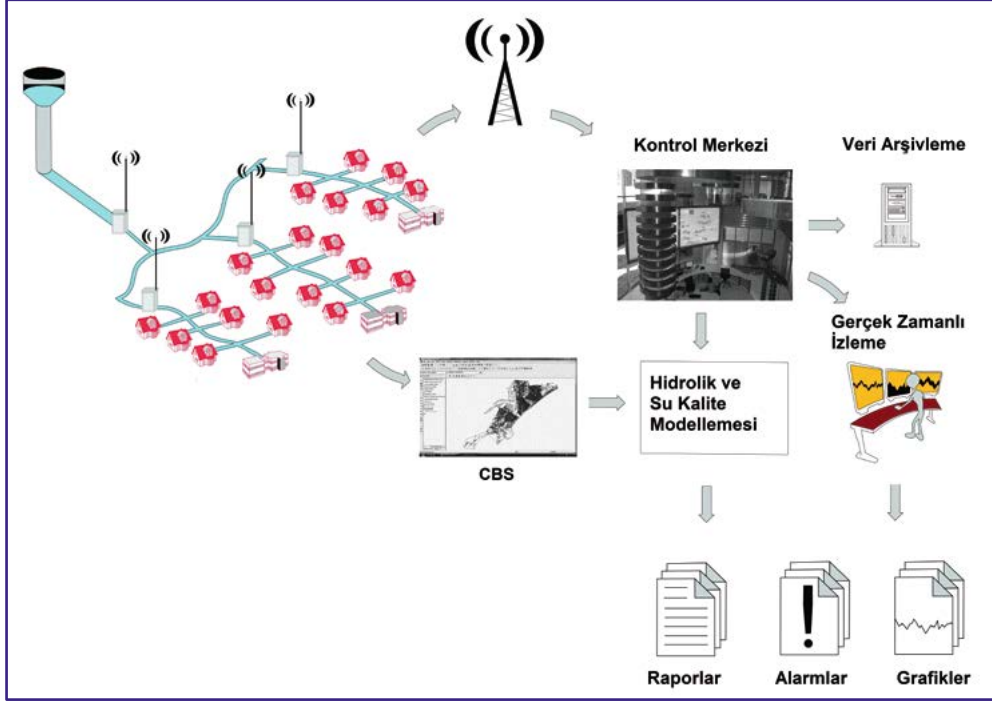
Günümüzde pek çok su idaresinde içme suyu miktarı ve kalitesinin sürekli olarak izlenmesi, kontrolü, analizi ve değerlendirilmesi için Gerçek Zamanlı İzleme (Real Time Monitoring-RTM) ile entegre edilmiş olan SCADA sistemi bulunmaktadır. Pompa istasyonları, depolar, su kaynakları ve dağıtım şebekesindeki pek çok izleme noktası SCADA sistemine dahil edilebilir. Bu sistem ile depolardaki su seviyesi, pompa istasyonlarındaki pompaların işletimi, şebekedeki vanalar (açık, kapalı, kısmen açık) izlenmekte ve uzaktan kontrol edilebilmekte, su ve enerji tüketimi verileri de takip edilebilmektedir (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. SCADA sistemine ait örnek bir ekran görüntüsü (Demirel vd., 2011)

SCADA Merkezi'nde bulunan ekranlarda anlık su debisi, depolanan su hacmi, anlık ve bir önceki gün için *Sisteme Giren Su Miktarı* görülebilir. SCADA sisteminin temel bileşenleri ile veri toplama, veri transferi ve ileri analiz araçları şematik olarak Şekil 9.2'de gösterilmektedir. İzlenen veri setleri SCADA Merkezi'nde arşivlenerek değerlendirilmekte, hidrolik ve su kalite modellemesi amaçlı kullanılabilir.

Ölçülen veriler, önceden tanımlanmış olan sınır değerler arasında olmadığına RTM sistemi tarafından otomatik alarmlar verilir ve sisteme erken müdahale edilmesi sağlanır. Elde edilen veri setleri için grafikler ve raporlar hazırlanarak çok amaçlı kullanımı sağlanır.



Şekil 9.2. SCADA sistemi ile veri toplama ve veri transferi

Gerçek zamanlı izleme yapılan her RTM istasyonunda, genellikle bir yerüstü (Şekil 9.3), bir de yeraltı (Şekil 9.4)



Yerüstü yapı genellikle kapalı bir kabin olarak tasarlanır ve içinde ana görüntü ekranına bağlı olan debimetre, basınç metre ve su kalite ölçüm cihazları ile veri transferini sağlayan RTU (Remote Terminal Unit) birimi bulunur.

Şekil 9.3. Örnek bir yerüstü yapısına ait görüntüler (debi, basınç, sıcaklık, pH, bulanıklık, iletkenlik ve bakiye klor gerçek zamanlı olarak izlenebilir)

Yeraltı yapısını oluşturan rögar içinde içme suyu dağıtım borusu üzerine monte edilen debimetre, basınç metre ve otomatik kontrollü vana bulunur. İzinsiz müdahaleler (yerüstü yapısının yetkili olmayan bir kişi tarafından açılması) ve su baskını (yeraltı yapısı içindeki su seviyesinin önceden tanımlanan eşik seviyeyi aşması) gibi durumlarda şebeke operatörlerini uyarmak üzere ek sensörler kullanılabilir.

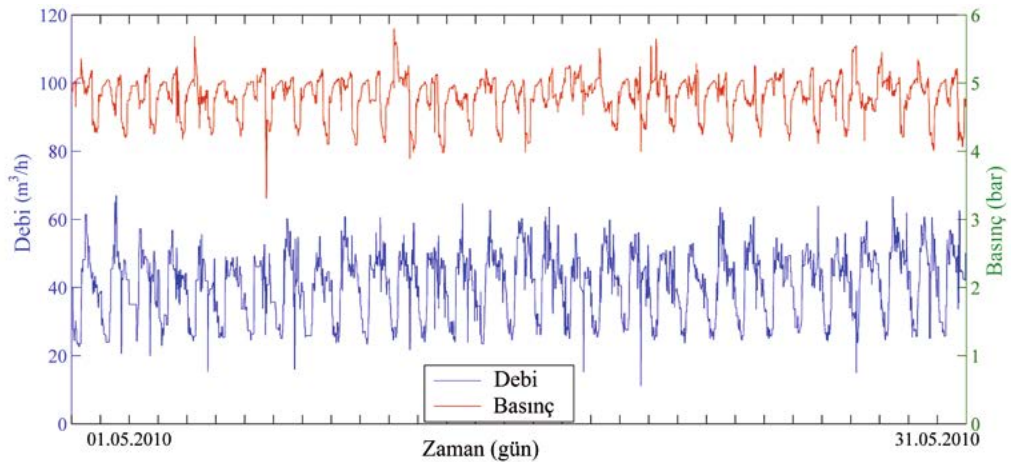


Şekil 9.4. Örnek bir yeraltı yapısına ait görüntüler

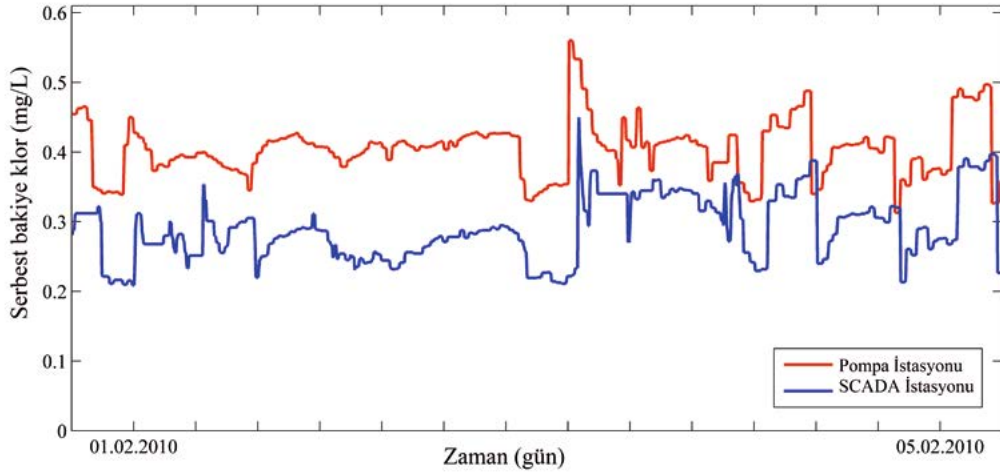
9.1.1. Gerçek Zamanlı İzleme (RTM)-SCADA sisteminin faydaları

Entegre edilmiş RTM-SCADA sistemi içme suyu dağıtım şebekesinin işletim verimliliğini geliştirmek için pek çok fayda sağlar:

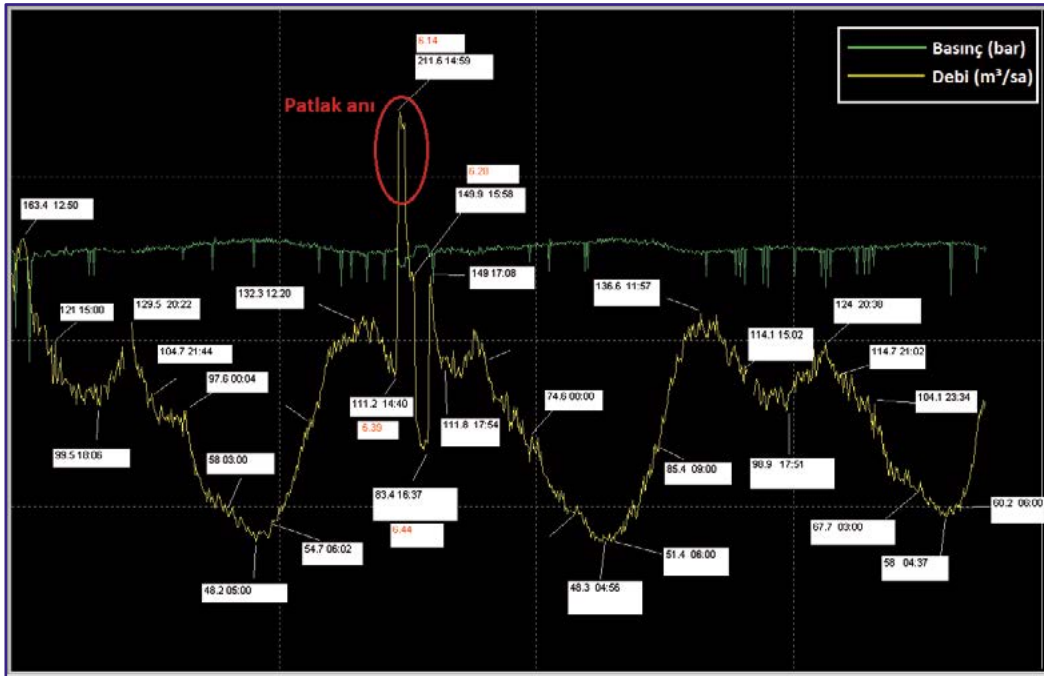
- Sistem ile izlenen debi, su basıncı, klor seviyesi vb. parametrelerin zamansal ve mekânsal değişimleri ve trendleri görsel olarak takip edilebilir (Şekiller 9.5 ve 9.6)
- Tüm depolar, pompalar ve vanalar uzaktan kontrol edilebilir.
- Boru patlaklarının tespiti ve yakın mesafeli lokasyonu belirlenebilir (Şekil 9.7)
- Hidrolik ve su kalite parametreleri için izleme ve modelleme çalışmaları entegre edilebilir.



Şekil 9.5. SCADA sistemi ile debi, basınç ve MNF (Minimum Gece Debi) izlenebilir.



Şekil 9.6. SCADA sistemi ile bakiye klor seviyesi izlenebilir.

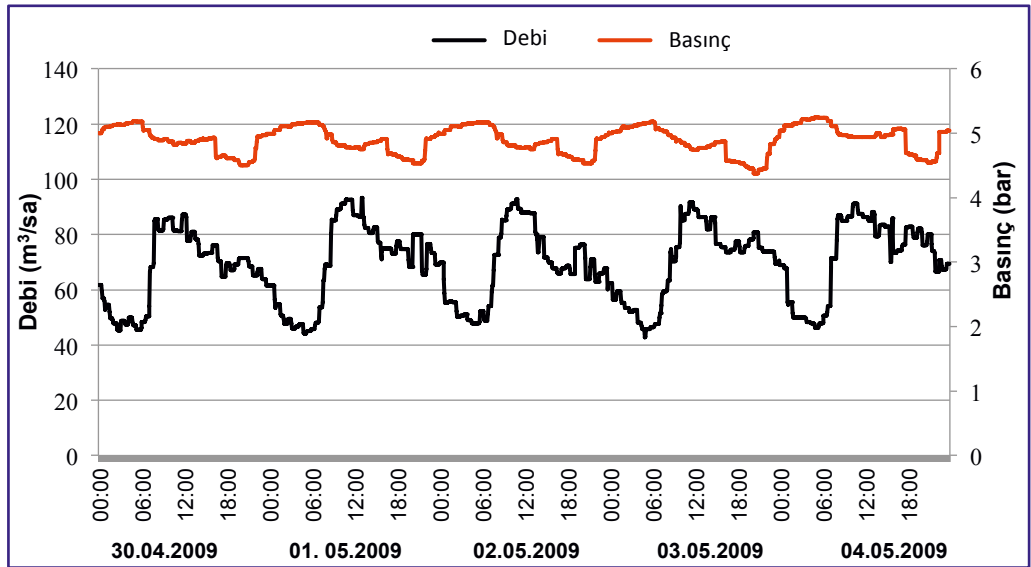


Şekil 9.7. SCADA sistemi ile boru patlakları tespit edilebilir.

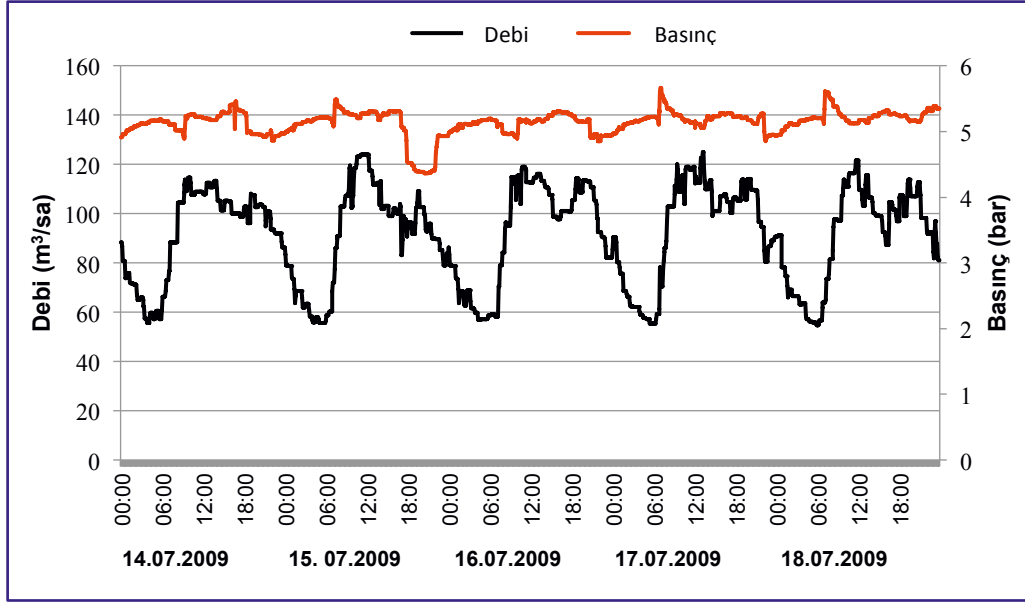
9.2. Minimum Gece Debisinin (MNF) izlenmesi

Minimum Gece Debi (MNF) Bölüm 5.7’de açıklanmış ve genellikle evsel yerleşimin olduğu bölgelerde gece 02:00-04:00 saatlerinde görüldüğü belirtilmişti. Evsel yerleşim alanlarında MNF içinde ağırlıklı olarak sızıntı debisi ve yanısıra küçük miktardaki su tüketimi yer alır. MNF içindeki su tüketimi belirtilen saatlerde aktif olan

kullanıcılara (hastane, karakol, havalimanı, otel ve bazı konutlar vb.) aittir. Buna bağlı olarak, sızıntı debisi sabit olsa bile MNF değerleri zamansal değişimler gösterir. Bunun nedeni, MNF'nin izlendiği saatler için genellikle yaz mevsimindeki su tüketimlerinin kış mevsimindeki tüketimlerden fazla olmasıdır. Örnek olarak yaz mevsiminde MNF'nin izlendiği saatlerde pek çok insan, ev, restaurant, cafe, otel vb. mekanlarda aktif olarak bulunabilir. Şekiller 9.8 ve 9.9'da Antalya Konyaaltı bölgesindeki bir DMA için yaz öncesi (Nisan) ve yaz dönemine (Temmuz) ait MNF değişimleri gösterilmektedir. Sunulan şekillerde yaz mevsimindeki MNF değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi MNF'nin izlendiği saatlerde pek çok dükkan, restaurant, kafe, pansiyon vb. mekanın açık olmasıdır.



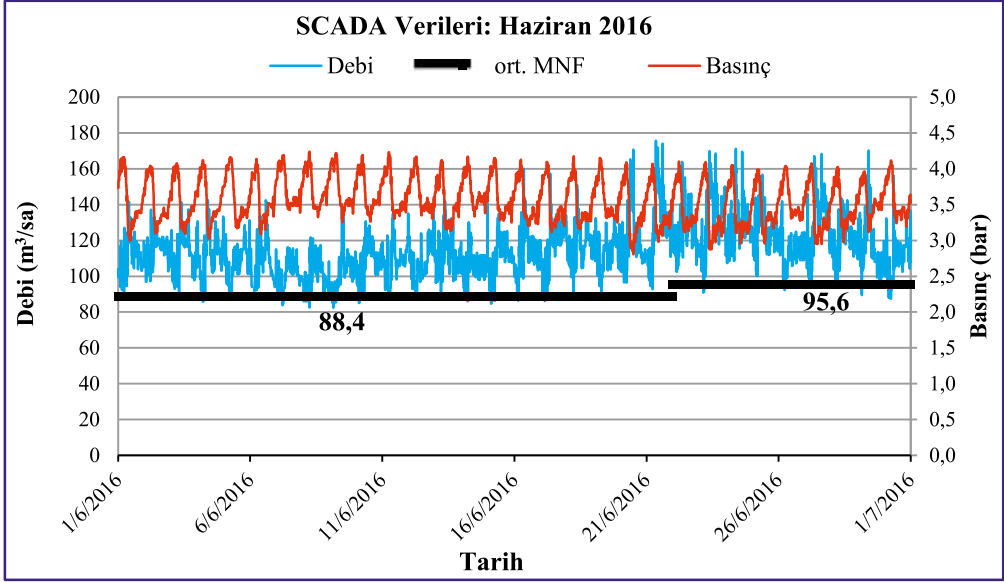
Şekil 9.8. Antalya-Konyaaltı bölgesi DMA No:2 girişinde 30 Nisan-04 Mayıs 2009 tarihlerinde ölçülen debi değerleri (Minimum Gece Debisi: 42,8 m³/sa)



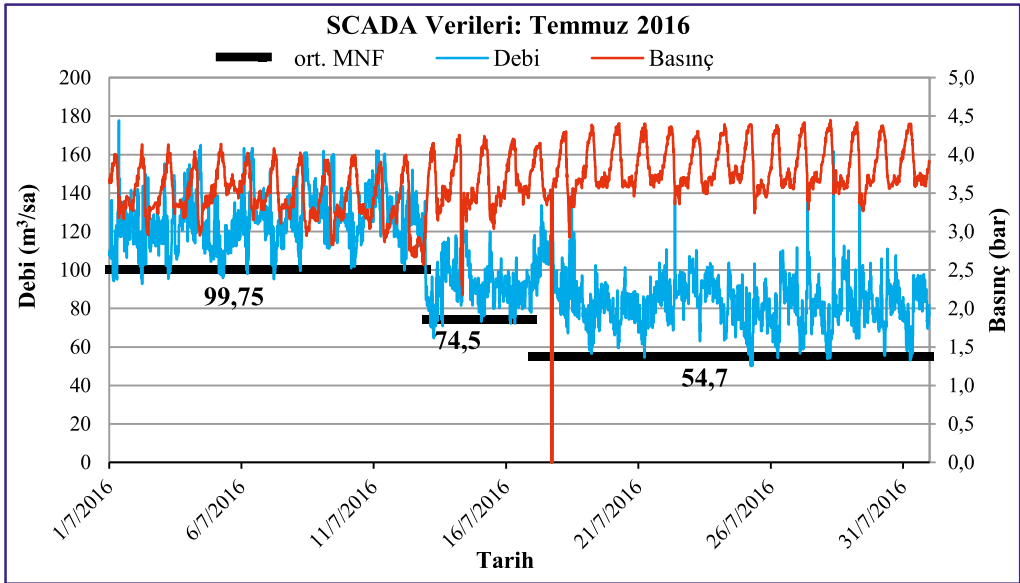
Şekil 9.9. Antalya-Konyaaltı bölgesi DMA No:2 girişinde 14-18 Temmuz 2009 tarihlerinde ölçülen debi değerleri (Minimum Gece Debisi: 54,7 m³/sa)

Diğer taraftan, kısa bir zaman süresi içinde (örneğin bir hafta içinde) MNF değerlerindeki belirgin zamansal değişimler sorgulanmalıdır. Böylesi bir durumda, MNF değeri artışı genellikle su tüketimindeki artışa bağlı olmayıp, sızıntı debisinin artışına bağlıdır. Bir DMA için izlenen MNF değerinin kısa süredeki artışı Şekil 9.10'da gösterilmiştir. İncelenen sahadaki MNF değerindeki artış Haziran 2016 sonunda başlamış ve Temmuz 2016'da bir miktar artarak devam etmiştir (Şekil 9.10). Bu tespit üzerine, ilgili su idaresi DMA içinde aktif sızıntı kontrolü çalışmasına başlamış ve bazı sızıntılar bulunarak, tamiri yapılmıştır. Bu işlemler sonrasında DMA içindeki MNF değerleri tekrar azalmıştır (Şekil 9.11).

İçme suyu dağıtım şebekesindeki her DMA, su idarelerinin kalifiye elemanları tarafından düzenli olarak kontrol edilmelidir. Mevcut MNF değerleri, önceki günlerdeki MNF değerleri ile karşılaştırılmalıdır. MNF değerlerindeki olağandışı artışlar tespit edilmeli ve değerlendirilmelidir. MNF değerleri su idareleri tarafından kabul edilemeyecek düzeye ulaştığında aktif sızıntı kontrolü çalışmaları yapılmalıdır. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi ALR süresinin düşürülmesi ile sızıntı hacmi ve dolayısıyla mali kayıplar azalır.



Şekil 9.10. Artan sızıntılardan dolayı MNF değerlerinin artmaya başlaması



Şekil 9.11. Sızıntı oluşturan deliklerin onarılması sonrası MNF değerlerinin azalması

9.3. Su kayıpları mücadelesi için performansın izlenmesi

Su kayıpları, bir su idaresinin hem işletim, hem de mali performansının etkinliğini gösteren bir ölçüdür. Yöneticiler, politika geliştirenler, yasa düzenleyici kurumlar ve mali kurumlar, su kayıpları performans indikatörlerini su idarelerinin performansını derecelendirmek için kullanmaktadır. Performans İndikatörleri (Pi), su idarelerinin su kayıplarını daha iyi anlamalarını, mevcut durumlarını geliştirmek için hedef oluşturmalarını, kendi performanslarını ölçme ve karşılaştırmalarını sağlar.

9.3.1. Su kayıplarının yüzde olarak ifade edilmesi

Su kayıpları, ölçümü ve hesaplaması kolay olması nedeni ile geleneksel olarak *Sisteme Giren Su Miktarının* yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Bu nedenle de, hem gelişmiş, hem de gelişmekte olan ülkeler tarafından kullanılabilir. Konuya ilişkin mevzuat çalışmalarına ülkemizde yeni başlanmış olması nedeniyle, yürürlükteki “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği” ve Teknik Usuller Tebliği’nde de ilk aşama olarak bu yaklaşım benimsenmiştir. Ancak, su dağıtım şebekesinin uzunluğu, servis bağlantılarının sayısı ve şebeke basıncının, bu indikatör içinde yer almaması önemli bir dezavantajdır. Ek olarak, bu indikatör ile fiziki kayıplar ve idari kayıplar birbirinden ayrılamaz. Sonuç olarak, su kayıplarını ifade etmek için *Sisteme Giren Su Miktarının* yüzdesi yanısıra başka Performans İndikatörleri de kullanılmalıdır.

9.3.2. Altyapı Kaçak İndeksi (Infrastructure Leakage Index-ILI)

Altyapı Kaçak İndeksi (ILI) fiziki su kayıplarını belirlemek için mükemmel bir indikatördür ve şebekenin nasıl işletildiğini de ele almaktadır. ILI indeksi ile mevcut işletim basıncında fiziki su kayıplarını azaltmak için şebekenin nasıl işletildiği (bakımların yapılması, onarımlar ve rehabilitasyon düzeyi vb.) değerlendirilmektedir. Bu indeks, *Mevcut Yıllık Fiziki Su Kayıpları Hacminin* (Current Annual Volume of Physical Losses-CAPL), *Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar Hacmine* (Minimum Achievable Annual Physical Losses- MAAPL) bölünmesi ile hesaplanır:

$$ILI = CAPL/MAAPL$$

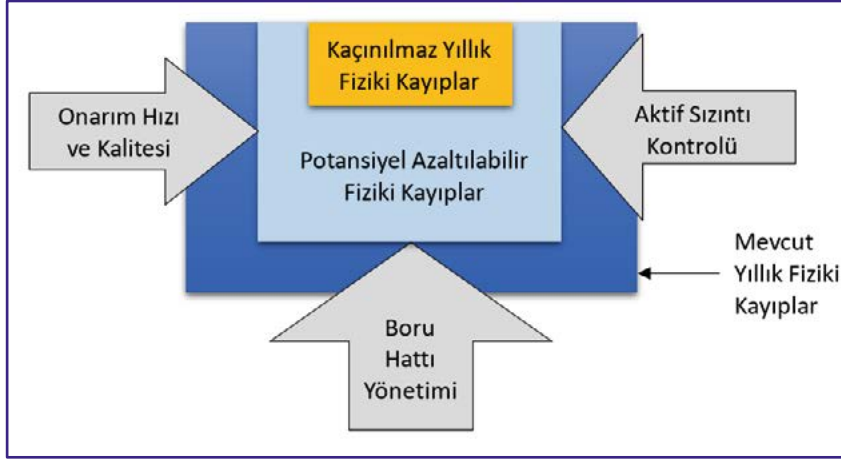
ILI indeksi bir oran olduğu için birimsizdir. Verilen eşitlikte yer alan MAAPL terimi, aşağıdaki empirik eşitlik ile hesaplanır:

$$MAAPL \text{ (litre/gün)} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Burada; L_m = ana boru hattı uzunluğu (km), N_c = servis bağlantısı sayısı, L_p = servis bağlantılarının toplam uzunluğu (km) ve P = ortalama basınç (m).

Şekil 9.12’de ILI kavramı ile sızıntı yönetimini etkileyen faktörler gösterilmektedir. Bu şekildeki en büyük katkı CAPL olarak ifade edilen *Mevcut Yıllık Fiziki Su Kayıpları*

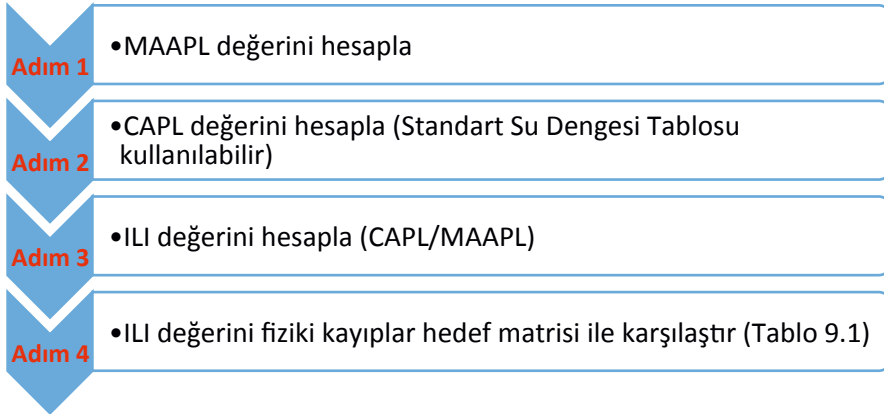
Hacmini, en küçük kutu ise mevcut işletim basıncında teknik olarak *Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar Hacmini* (MAAPL) ifade etmektedir.



Şekil 9.12. Altyapı Kaçak İndeksi (ILI) kavramı (MNRW, 2008)

CAPL değerinin MAAPL değerine bölünmesi ile elde edilen ILI indeksi, Şekil 9.12’de gösterilen üç altyapı yönetim faaliyetini hangi ölçüde uygulayabildiğini gösterir. İyi işletilen bir sistem için $ILI = 1.0$ ($CAPL = MAAPL$) elde edilmesi mümkündür.

ILI indeksinin hesaplanması:



Tablo 9.1’de verilen fiziki kayıplar hedef matrisinde farklı şebeke basıncı uygulamaları için farklı ülkelerdeki su idareleri için tahmini ILI ve fiziki kayıplar (litre/bağlantı/gün) değerleri sunulmaktadır.

Tablo 9.1. Fiziki kayıplar hedef matrisi (MNRW, 2010)

Teknik Performans Kategorisi		ILI	Fiziki Kayıplar [litre/bağlantı/gün]				
			Şebekedeki ortalama basınç seviyesi				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Gelişmiş Ülkeler	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50 - 100	75 - 150	100 - 200	125 - 250
	C	4 - 8		100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Gelişmekte Olan Ülkeler	A	1 - 4	< 50	< 100	< 100	< 200	< 250
	B	4 - 8	50 - 100	100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	C	8 - 16	100 - 200	200 - 400	300 - 600	400 - 800	500 - 1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Tablo 9.1’de yer alan farklı kategoriler aşağıda açıklanmaktadır:

- Kategori A** = İyi. Daha fazla su kaybı azaltması ekonomik olmayabilir.
- Kategori B** = Önemli gelişme sağlama potansiyeli var. Basınç yönetimi, aktif sızıntı kontrolü, daha iyi şebeke bakımı değerlendirilmeli.
- Kategori C** = Zayıf. Eğer su kaynakları fazla ve ucuz ise tolere edilebilir. Buna rağmen, su kayıpları azaltma mücadeleleri yoğunlaştırılmalı.
- Kategori D** = Kötü. Su idaresi kaynaklarını verimsiz olarak kullanmaktadır, su kayıplarını azaltma programı zorunludur.

9.3.3. Fiziki kayıplar için diğer performans indikatörleri

Fiziki kayıplar için uygun olan diğer indikatörler:

- Servis bağlantısı için günlük kayıp hacmi (litre/servis bağlantısı/gün)
- Servis bağlantısı için her m basınç seviyesindeki günlük kayıp hacmi (litre/servis bağlantısı/gün/metre basınç)
- Boru hattı uzunluğuna göre günlük kayıp hacmi (litre/km boru hattı/gün)

Uygun Performans İndikatörü seçilmesi için karar ağacı vb. araçlar kullanılır (Şekil 9.13).



Şekil 9.13. Performans indikatörlerinin seçimi için Uluslararası Su Kuruluşu (IWA) tarafından geliştirilen karar ağacı (Simbeye, 2010)

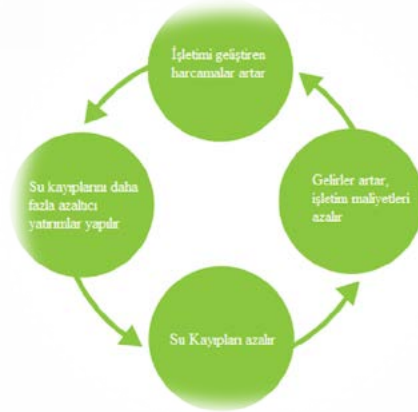
9.3.4. İdari kayıplar için performans indikatörleri

Su kayıplarının yaygın olarak *Sisteme Giren Su Miktarının* yüzdesi olarak ifade edilmesi durumunda su kayıplarının gerçek maliyeti tam olarak ortaya konulamamaktadır. İdari kayıpların, *İzinli Tüketimin yüzdesi* olarak ifade edilmesi günümüzde tercih edilebilecek en iyi indikatördür.

➤ ÇIKARIMLAR:

1. Gerçek Zamanlı İzlemenin faydalı olduğu noktalar:
 - i. su miktarı ve kalite değişiminin görsel olarak izlenmesi
 - ii. depo, pompa ve vanaların uzaktan kontrol edilmesi
 - iii. boru patlaklarının tespit edilmesi
 - iv. izleme çalışmalarının hidrolik ve su kalite modelleri ile entegre edilmesi
2. Minimum Gece Debisi (MNF) değerlerinin zamansal değişiminin düzenli olarak izlenmesi sızıntı tespitine yardımcı olur.
3. Su kayıplarının yüzde olarak ifade edilmesi basit bir su kayıpları performans indikatörüdür.
4. ILI fiziki su kayıpları için en iyi performans indikatörüdür.
5. İdari kayıplar için en iyi performans indikatörü, *İzinli Tüketim* yüzdesidir.

10 SU KAYIPLARININ AZALTILMASI İÇİN PLANLAMA



10. SU KAYIPLARININ AZALTILMASI İÇİN PLANLAMA

Su kayıpları sorununun tam olarak anlaşılabilmesi için öncelikle;

- su kayıpları ve bileşenlerinin Standart Su Dengesi Tablosu doldurularak hesaplanması,
- su kayıplarına yönelik uygun performans indikatörlerinin hesaplanması ve
- su kayıpları ile kaybedilen suyun ekonomik değerinin belirlenmesi gereklidir.

Su kayıpları oranı, kişi başı günlük su kullanımı ve su basıncı değerlerinden fazlasıyla etkilenmektedir. Düşük su kayıpları yüzdesi, kişi başı günlük su kullanımının yüksek ve su basıncının düşük olduğu içme suyu dağıtım şebekelerinde görülmektedir. Diğer taraftan, yüksek su kayıpları yüzdesi, kişi başı günlük su kullanımının düşük ve su basıncının yüksek olduğu içme suyu dağıtım şebekelerinde görülmektedir. Sonuç olarak, su kayıpları oranının yüzde olarak ifade edilmesi, içme suyu dağıtım şebekesinin altyapı durumunu (yeterli veya yetersiz) net olarak ifade etmez.

Daha önce bahsedildiği gibi, su idareleri, idari kayıpların, izinli tüketimin %10'undan daha az olmasını hedeflemelidir. İdari kayıpların azaltılmasına yönelik öneriler Bölüm 3'te, fiziki kayıpların azaltılmasına yönelik öneriler ise Bölüm 4'te sunulmaktadır. Ayrıca, "Su Kayıplarının Azaltılması için Kurum Değerlendirme Matrisi" EK-3'te sunulmaktadır. Tablo 10.1'de fiziki su kayıplarının azaltılması için önerilen genel önlemler sunulmaktadır.

Tablo 10.1. Fiziki su kayıplarının azaltılması için önerilen genel önlemler

Fiziki su kayıpları (%)	Alınacak önlemler
> 50%	Eski boru ve servis bağlantılarının yenilenmesi
30% -50%	CBS oluşturulması, DMA oluşturulması, debi ve basınç metrelerin takılması ve izlenmesi, Minimum Gece Debisinin (MNF) incelenmesi, basınç yönetimi, aktif sızıntı kontrolü, servis bağlantılarının incelenmesi ve rehabilitasyonu
< 30%	DMA oluşturulması, SCADA sisteminin kurulması, hidrolik modelleme, akıllı (hassas) basınç yönetimi, ileri aktif sızıntı kontrolü, ALR süresinin azaltılması, ekonomik su kayıpları seviyesinin tespiti ve sağlanması

Bu bölümde su kayıplarının azaltılması için planlamanın nasıl geliştirilebileceği anlatılmaktadır.

10.1. Su kayıpları mücadele ekibinin kurulması



Su idarelerinin su kayıplarının azaltılmasından sorumlu bir ekip kurması gereklidir. Bu ekip içinde içme suyunun temin ve dağıtımını ile ilgili faaliyet gösteren her birimden (üretim, iletim ve dağıtım, abone, halkla ilişkiler vb.) bir üye bulunmalıdır. Bu ekibe mali işler, satın alma ve insan kaynakları birimlerinden de üyeler katılabilir.

Şekil 10.1. Tüm su idareleri, su kayıplarının azaltılmasından sorumlu bir ekip kurmalıdır.

10.2. Su kayıplarını azaltıcı faaliyetlerin önceliklendirilmesi

Su idaresi yöneticileri, ilk olarak mevcut su kayıpları seviyelerini, hedef değerlere ulaştırmak için ne kadar hacim veya orandaki su kaybını azaltmaları gerektiğini tespit etmelidir. Bu tespite bağlı kalınarak, Standart Su Dengesi Tablosu'nda yer alan su kayıpları bileşenleri, en düşük maliyet ile gerekli olan su kaybı azalmasını sağlayacak şekilde önceliklendirilmelidir. Bazı su kayıpları bileşenleri için büyük hacimlerin azaltılması yüksek maliyet gerektirirken, diğer bileşenler için aynı hacimdeki su kaybını azaltmak daha az maliyetli olabilir.

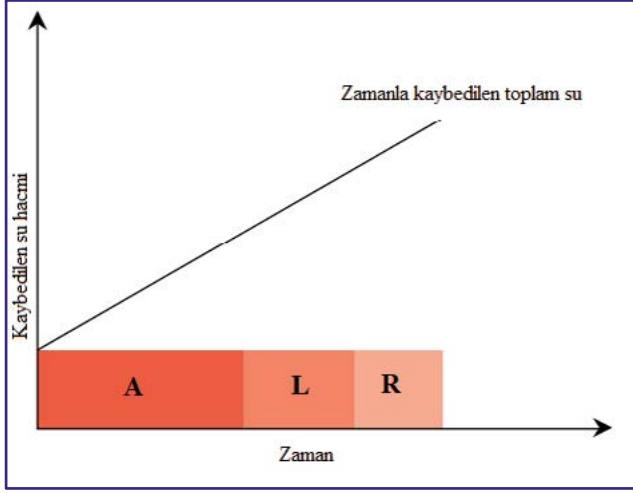
Genel olarak, fiziki bir su kaybının tespit edilip onarılması ile elde edilen kazanım, suyun üretim ve işletim maliyetlerine yansıyacak olan değişken bir maliyet azalması olacaktır. İdari bir su kaybının tespit edilip çözümlenmesi durumunda elde edilen kazanım ise su idaresine hemen yansıyan bir gelir artışıdır. Genellikle su idarelerinin uyguladığı su tarifesi, değişken olan üretim maliyetinden daha fazladır. Buna bağlı olarak, su idaresinin hedefi su gelirlerini yükseltmek ise, idari kayıpların azaltılmasına öncelik verilmelidir.



Diğer taraftan, su idaresi içme suyu kaynağı bulmak için zorluk yaşıyor ise, fiziki kayıpların azaltılması ile ek su hacmi sağlamış olur. Böylece, su kaynaklarının verimli kullanılması hedeflendiğinde fiziki kayıpların azaltılmasına öncelik verilmelidir.

Şekil 10.2. Abone sayaçlarının hassasiyetinin artırılması, boru sızıntılarının tespiti kadar önemlidir.

10.3. Algılama, Lokasyon tespiti ve Onarım (ALR) sürelerinin azaltılması



Algılama, Lokasyon Tespiti ve Onarım (ALR) kavramı ile ilgili açıklamalar daha önceki bölümlerde verilmişti. Su kayıplarını azaltma stratejisi içinde Algılama, Lokasyon tespiti ve Onarım sürelerinin su idareleri tarafından düşürülmesi yer almalıdır. Böylece, zaman içinde kaybedilen su hacmi azalır. Önceki bölümlerde ALR süresinin azaltılması için gerekli olan faaliyetler detaylı olarak açıklanmıştır.

Şekil 10.3. ALR süresinin artması durumunda su kayıpları ve maliyetler artar (MNRW, 2010)

10.4. Maliyetlerin gözden geçirilmesi

Hedeflenen su kayıpları seviyesine ulaşmak için gerekli faaliyetlerin belirlenmesi ve uygulanması için bir maliyet oluşur. Su kayıplarını azaltıcı stratejiler bazen uzun yıllar sürebilir, dolayısıyla toplam maliyet de artar. Su kayıpları ile mücadele için gerekli olan uzun vadeli bütçenin, su idaresi bünyesinde etraflıca tartışılması ve mali açıdan mümkün olup olmadığının irdelenmesi önemlidir. Su kayıplarını azaltacak stratejilerin büyük bir kısmı başlangıçta çok hızlı yürütülmekte ise de zaman içinde gelişen bütçe kesintilerinden dolayı başarısız olabilir.

Su kayıplarını azaltıcı stratejilerin sağlayacağı etkiyi göstermek için pilot projelerin gerçekleştirilmesi faydalı olur. Pilot ölçekli çalışmalar daha küçük alanlarda, su kayıplarını azaltıcı stratejilerin tüm bileşenlerini içerecek şekilde test edilip, daha sonra tüm şebeke alanında uygulanabilir mali koşullar gözetilerek gerçekleştirilmelidir.

Maliyet içerisinde aşağıdaki harcamalar dikkate alınmalıdır:

- *Personel*: doğrudan su kayıplarına müdahale eden (örnek olarak teknisyen ve tamir ustaları) ve dolaylı destek sağlayan (satın alma birimi elemanı)
- *Ekipman*: DMA için kullanılan debimetre ve basınç metreler, sızıntı tespit eden ekipmanlar.
- *Araçlar ve ulaşım giderleri*
- *İşçilik*: tüm ekipmanların montajı, sızıntı noktalarının tespiti ve onarımı.



Şekil 10.4. DMA oluşturma, debimetre ve basınçmetrelerin montajı için gerekli olan mali kaynak, su kayıplarının azaltılmasından elde edilen kazanımlar ile karşılanabilir.

10.5. Su kayıpları mücadelesi için farkındalığın artırılması

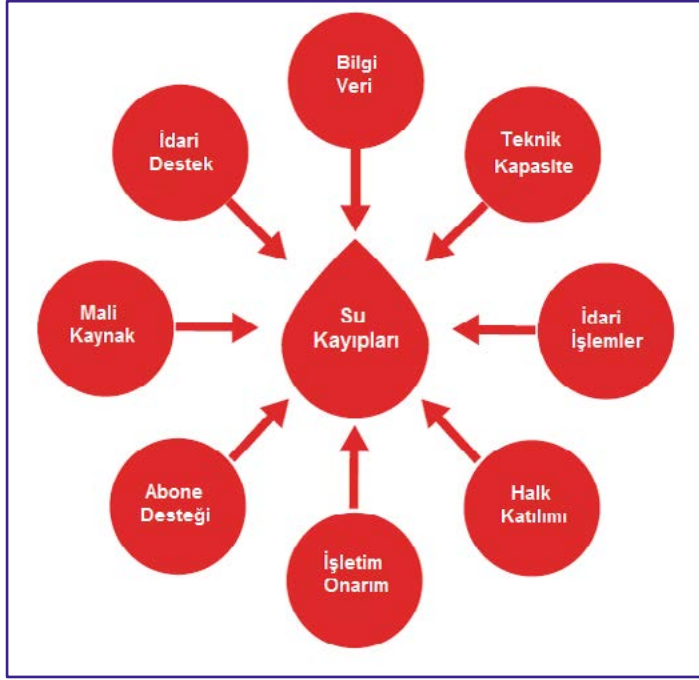
Su idaresi bünyesindeki en üst yöneticilerden, sayaç okuma görevlilerine kadar herkesin su kayıplarının azaltılmasının önemini anlaması önceliklidir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, aşağıda belirtilen grupların su kayıplarını ve su kayıplarını azaltmak için kendi sorumluluklarını anlamaları gereklidir:

- Su idaresindeki üst düzey yöneticiler
- Su idaresinde her kademedeki görevli olan personel
- Suyun tüketicileri olan halk, aboneler

Su kayıplarını azaltıcı stratejinin ilk uygulama döneminde, ölçüm ekipmanlarının montajı, sızıntı onarımı vb. işler için suyun kesilmesi gerektiğinden yerel halk büyük oranda etkilenir. Bu süreçte su kayıplarını azaltıcı faaliyetler halka duyurulmalı ve yaşanan kesintilerin herkes için uzun vadeli kazanımlar sağlayacağı açıklanmalıdır.

Su kayıplarını azaltmanın diğer önemli bir faydası da halka daha iyi ve verimli su temin hizmeti sunmaktır. Bu faydayı gerçekleştirebilmek için halkın nasıl katkı sağlayabileceği (boru patlaklarının, arızalı vanaların, sızıntıların ve diğer sorunların bildirilmesi) konusunda bilgilendirilmesi önemlidir. Yerel halkın boru patlakları, sızıntılar vb. olayları ilgili su idaresine kolayca bildirebilmesi için iletişim olanağı sağlanmalıdır. Su idaresi boru patlakları vb. kaçakları ne kadar erken öğrenirse, o kadar hızlı onarılır ve su kayıpları azaltılır.

En üst düzeydeki yöneticilerin gerekli onayları vermemesi veya yeterli bütçenin ayrılmaması, pek çok su kayıplarını azaltıcı stratejilerin başarısızlığına yol açmıştır. Su kayıplarını azaltıcı stratejilerin, su idaresindeki üst düzey yöneticiler tarafından onaylanması diğer birimlerdeki personelin güvenini artıracaktır. Şebekedeki onarım işleri çoğu zaman su idaresi personeli yerine taşeron firmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu firmaların işçilerinin, su kayıplarını anlaması, boru onarımı vb. işlerde uygulanan yeni yöntemleri ve standartları bilmeleri gereklidir.



Şekil 10.5. Su kayıplarının azaltılması herkese düşen bir görevdir (MNRW, 2008)

10.6. Su kayıpları azaltma planının izlenmesi

Su kayıplarını azaltma planına yönelik ilerleme, bağımsız bir ekip tarafından izlenmelidir. Su kayıplarını izleme ekibi, su kayıplarının azaltılması için yapılan faaliyetlerde herhangi bir sorumluluk almamalı, su kayıpları mücadelesinde yer alan tüm birimlerin faaliyetlerini izlemeye odaklanmalıdır. Su kayıplarını azaltma planlarının uygulanması uzun vadeli süreçlerdir ve tamamlanması genellikle dört ila yedi yıllık bir süre gerektirmektedir. Bu süre içerisinde personel değişimi olduğunda, yeni katılan personelin uygulanan plan konusunda eğitilmesi gereklidir.

Su kayıpları izleme ekibi, ilgili her birim için yıllık hedefler belirleyerek, aylık ilerlemeleri izlemelidir. Su kayıplarını azaltma planının değerlendirilmesi amacı ile aylık ilerleme toplantıları yapılmalıdır. Bu toplantılara ilgili tüm birimlerin temsilcileri katılarak, ilerlemeye yönelik zorluklar vb. konular tartışılmalıdır. Su kayıplarını izleme ekibinin tecrübeli bir üyesi, bu toplantıları yönetmeli ve su kayıplarını azaltmaya yönelik stratejinin önemini vurgulamalıdır.

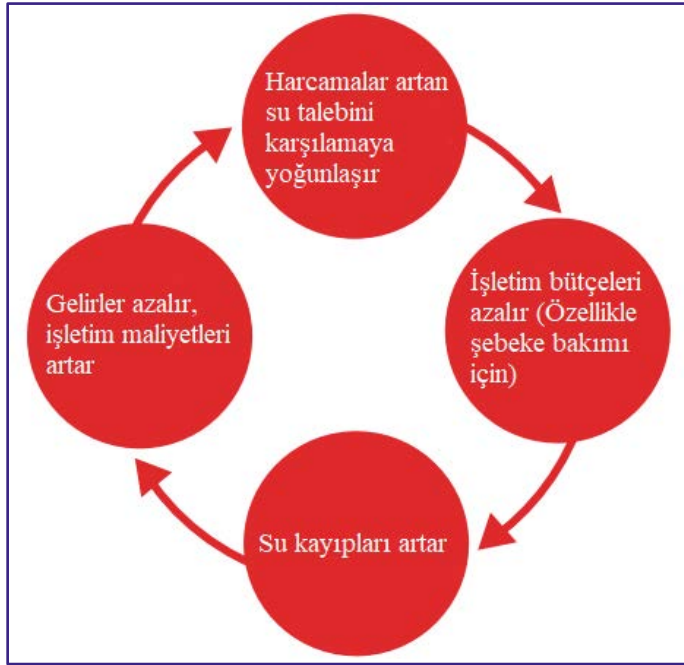


Şekil 10.6. Su kayıplarını azaltmaya yönelik ilerleme izlenmelidir.

Su kayıplarının yönetiminde her seviyedeki görevlerin durumunu değerlendirmek için hazırlanan “Kurum Değerlendirme Matrisi” EK-3 içerisinde sunulmaktadır. Bu yöntemle su idaresinin su kayıpları yönetimi açısından kendi işletim verimliliğini 1 ile 5 arasındaki bir skor (en temel seviyeden en üst düzeye doğru) ile değerlendirmesi mümkündür. Su idaresi, su kayıpları mücadelesindeki gelişmeler ile daha yüksek bir seviyeye ilerleyebilir.

10.7. Su kayıplarını azaltmanın etkileri

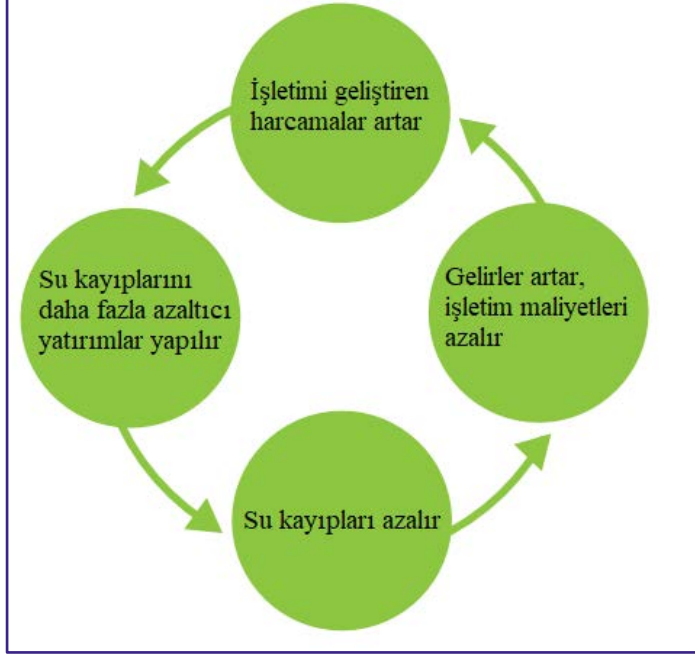
Su kayıplarına ait “Kısır Döngü” su idarelerinin kötü performansının ve buna bağlı olarak yükselen fiziki ve idari su kayıplarının temel nedenidir (Şekil 10.7). Fiziki kayıplar veya sızıntılar sonucunda değerli bir kaynak olan içme suyu abonelere ulaşmaz ve işletim maliyetleri artar. Şebeke kapasitesinin artırılması için gerekenden daha fazla yatırıma ihtiyaç duyulur. Abone sayaçlarının düşük hassasiyeti, veri işleme hataları ve izinsiz tüketimleri içeren idari kayıplar ise su idaresinin gelirlerini azaltır ve mali kaynak oluşumunu engeller.



Şekil 10.7. Su kayıpları yönetiminde başarısızlığı getiren “Kısır Döngü” (MNRW, 2010)

Su idaresi yöneticilerinin zorlu görevi “Kısır Döngü”yü “Verimli Döngü”ye çevirmektir (Şekil 10.8). Su kayıplarının azaltılması, hem su tasarrufu, hem de mali kaynak oluşturur. Aşırı düzeydeki fiziki kayıpların azaltılması ile tüketim için daha fazla su kaynağı mevcut olabilecek ve yeni su kaynaklarına olan ihtiyaç geciktirilmiş olacaktır. Bu sayede işletim maliyetleri de azalacaktır. Benzer şekilde idari kayıpların azaltılması

ile su gelirleri de artacaktır. Su kayıplarının kontrolü programı, kısa vadede yatırım gerektiren, uzun vadede kendi kendini finanse eden bir programdır ve pek çok kazanımların elde edilmesini sağlar.



Şekil 10.8. Su kayıpları yönetiminde başarıyı getiren “Verimli Döngü” (MNRW, 2010)

10.8. Başarısızlığın nedenleri – başarmanın yolu

Su kayıplarının azaltılması su idareleri için bir öncelik oluştursa da, pek çok idare hedeflenen su kayıpları seviyesine ulaşmakta zorlanmaktadır. Su kayıpları mücadelesindeki başarısızlığın nedenleri;

- sorunun boyutunun tam anlaşılabilmesi,
- mali kaynak yetersizliği ve
- yetişmiş kalifiye personel eksikliği olarak ifade edilebilir.

Eskimiş altyapının yenilenmesi için yeterli mali destek bulunamaması, yönetim idaresinin zayıf olması, düşük düzeyli yerel destek ve teşvikler de başarısızlığa yol açabilir. Su kayıplarının yönetimi bir defaya mahsus bir faaliyet olmadığından, uzun süreli taahhüt ve su idaresindeki ilgili tüm birimlerin katılımını gerektirir. Pek çok su idaresinde tüm şebekeye ait yeterli bilgi bulunmadığından;

- su kayıplarının oluşumu yeterince anlaşılabilmemekte,
- şebeke işletimine etkileri öngörülememekte,
- mali etkileri, halk sağlığı ve abonelerin memnuniyeti yeterince değerlendirilememektedir.

Su kayıpları ile mücadelenin hafife alınması ve su kayıplarının azaltılması ile elde edecek kazanımların küçümsenmesi, genellikle su kayıpları yönetiminde başarısızlık getirir. Başarılı su kayıpları yönetimi çalışması izole bir teknik sorunun çözülmesi olarak görülmeyip, boru hattı ve altyapı yönetimi, işletim, abone desteği, yeterli mali destek ve diğer faktörleri içerecek şekilde ele alınmalıdır.

Su idarelerini, su kayıpları mücadelesinde zorlayan nedenler:

- Sorunun tam anlaşılabilmesi (boyut, sebepler, maliyetler)
- Teknik kapasite yetersizliği (yeterli kalifiye personel olmaması)
- Altyapının (borular, sayaçlar vb.) yenilenmesi için yeterli mali destek bulunmaması
- Yeterli idari kararlılığın olmaması
- Performansa dayalı teşviklerin az olması

➤ ÇIKARIMLAR:

1. Su kayıplarını azaltma planında, tüm su kayıpları bileşenlerine yer verilmeli, önerilen planın gerçekçi ve uygun maliyetli olmasına dikkat edilmelidir.
2. Su kayıplarını azaltma planında, Standart Su Dengesi Tablosu içinde yer alan bileşenler dikkate alınarak önceliklendirmeler yapılmalıdır. Maliyet etkinliği dikkate alınarak hedeflenen su kayıpları seviyesine ulaşılması sağlanmalıdır.
3. Geliştirilen plan ile su kayıpları için Algılama, Lokasyon tespiti ve Rehabilitasyon/Onarım (ALR) süreleri azaltılmalıdır.
4. Pilot projelerle su kayıpları ile mücadelede tüm şebeke için harcanması gerekli olan toplam bütçe önceden değerlendirilebilir.
5. Su idarelerinin en üst düzey yöneticileri, tüm kademelerde görevli personel ve yerel halk, su kayıpları konusunda bilinçlendirilmeli, su kayıplarını azaltmadaki sorumlulukları anlatılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Demirel, İ., Özden, T., Palancı, İ., Karadirek, İ.E. and Muhammetoglu, H. 2011. Monitoring and Management of Water Distribution Network in Antalya City, Turkey using SCADA System, Antalya, Turkey. Capacity Development for Drinking Water Loss Reduction: Challenges and Experiences, UNW-DPC, sayfa 107.
http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/56/course/section/26/capacity_development_and_water_efficiency.pdf
- GWLR: Guidelines for water loss reduction, A focus on pressure management. 2011. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, VAG Armaturen GmbH (VAG), Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2326 sayfa, Germany. Erişim tarihi: Mayıs 2017.
<https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2011-en-guideline-water-loss-reduction.pdf>
- IBNET: The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities, Knoema. Erişim tarihi: Mayıs 2017.
<https://knoema.com/IBNETWSU2011/the-international-benchmarking-network-for-water-and-sanitation-utilities?tsId=1007880>
- IWA, 2007. DMA Guidance Notes, John Morrison, Stephen Tooms, Dewi Rogers, International Water Association, Water Loss Task Force, DMA Team.
- İLBANK, 2013. İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname, İller Bankası Anonim Şirketi, 78 sayfa.
- Kanakoudis, V. and Muhammetoglu, H. 2014. Urban Water Pipe Networks Management Towards Non-Revenue Water Reduction: Two Case Studies from Greece and Turkey, CLEAN-Soil, Air, Water, Vol: 42, Issue 7, 880-892.
- Kara S., Karadirek İ.E., Muhammetoglu A., Muhammetoglu H. 2016. Real time monitoring and control in water distribution systems for improving operational efficiency, Desalination and Water Treatment, 57(25), 11506-11519.
- Karadirek İ.E., Kara S., Yılmaz G., Muhammetoğlu A., Muhammetoğlu H. 2012. Implementation of Hydraulic Modelling for Water-Loss Reduction Through Pressure Management, Water Resources Management, Vol.26, 2555-2568.

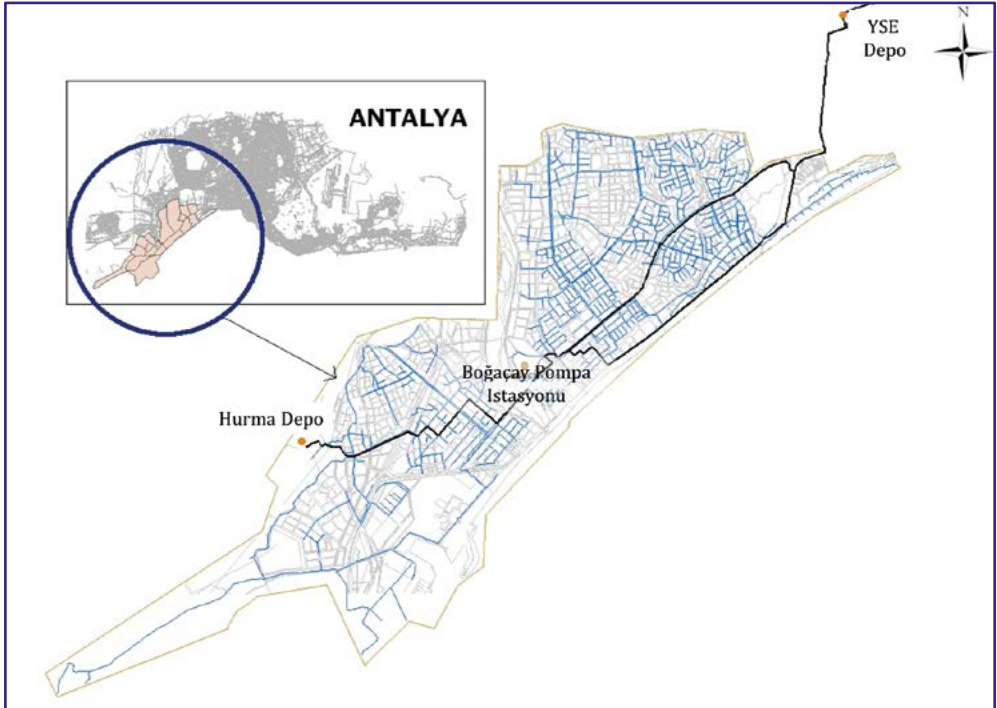
- McKenzie, R. 2001. Development of a pragmatic approach to evaluate the potential savings from pressure management in potable water distributions in South Africa: PRESMAC. Report TT152/01 published by the South African Water Research Commission ISBN No. 1 86845 722 2.
- MNRW: The Manager's Non-Revenue Water Handbook For Africa, A Guide To Understanding Water Losses, 2010. USAID, World Bank Institute, 123 sayfa. Erişim tarihi: Mayıs 2017.
http://www.pseau.org/outils/ouvrages/usaid_manager_non_revenue_water_handbook_for_africa_en.pdf
- MNRW: The Manager's Non-Revenue Water Handbook, A Guide to Understanding Water Losses, 2008. Ranail & USAID, 110 sayfa. Erişim tarihi: Mayıs 2017.
https://warrington.ufl.edu/centers/purc/docs/resources_NRWManagersHandbook.pdf
- Muhammetoğlu, H. 2011. İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi, TÜBİTAK KAMAG, Proje No: 107G088, 2008-2011. (Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Habib Muhammetoğlu)
- Muhammetoğlu, H. 2017. Turistik Bölgelerde Otomatik Okuma Sayaçları Kullanılarak Fiziki Su Kayıplarının Yüksek Hassasiyetle Belirlenmesi ve Yönetimi: Antalya-Kaleiçi Uygulaması, TÜBİTAK Proje No: 114Y168, 2014-2017. (Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Habib Muhammetoğlu)
- Muhammetoğlu, A. 2017. Sürdürülebilir İçmesuyu Temini Sistemleri için Yenilenebilir Enerji Kazanımı Potansiyelinin Araştırılması, TÜBİTAK Proje No: 114Y203, 2014-2017. (Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Ayşe Muhammetoğlu)
- Simbeye, I. Managing Non-Revenue Water. NRW-Sourcebook for Trainers. WAVE Pool. InWEnt 2010. 102 pages, Erişim tarihi: Mayıs 2017.
http://www.water-impactguidebook.net/fileadmin/0_guidebook/resources_exercises/D-Good Practices/47-NRW_resourcebook.pdf

EK-1 Hidrolik Modelleme ve Basınç Yönetimi için Örnek Uygulama

EK-1 içinde hidrolik modelleme ve basınç yönetimi uygulamaları, Antalya-Konyaaltı bölgesi örneği ile açıklanmaktadır. Örnek olarak sunulan uygulamalar, TÜBİTAK-KAMAG tarafından desteklenen ve 2008-2011 yılları arasında yürütülmüş olan (Proje No: 107G088) proje çalışmalarının bir kısmını oluşturmuştur.

Uygulama alanının tanıtımı

Hidrolik modelleme ve basınç yönetimi uygulamaları için seçilen çalışma alanı, Antalya içme suyu dağıtım şebekesinde yer alan Konyaaltı içme suyu dağıtım şebekesidir. Çalışma alanını oluşturan Konyaaltı İçmesuyu Dağıtım Şebekesi (İDŞ), Antalya içme suyu dağıtım şebekesinden bağımsız olarak işletilmektedir. Şekil 1'de Antalya ve Konyaaltı içme suyu dağıtım şebekeleri sunulmaktadır.



Şekil 1. Antalya ve Konyaaltı İçmesuyu Dağıtım Şebekesi, depo ve pompa istasyonu

Konyaaltı İDŞ, Antalya İDŞ'nin temel alt şebekelerinden birisidir ve nispeten daha yeni olması nedeniyle de güvenilir şebeke bilgileri mevcuttur. Boğaçay Pompa İstasyonu'nda bulunan beş adet kuyudan alınan ham su, klorlama işleminden sonra şebekeye verilmekte ve yaklaşık 60.000 kişiye içme-kullanma suyu temin edilmektedir. Konyaaltı İDŞ'deki toplam boru uzunluğu yaklaşık 200 km olup, boru

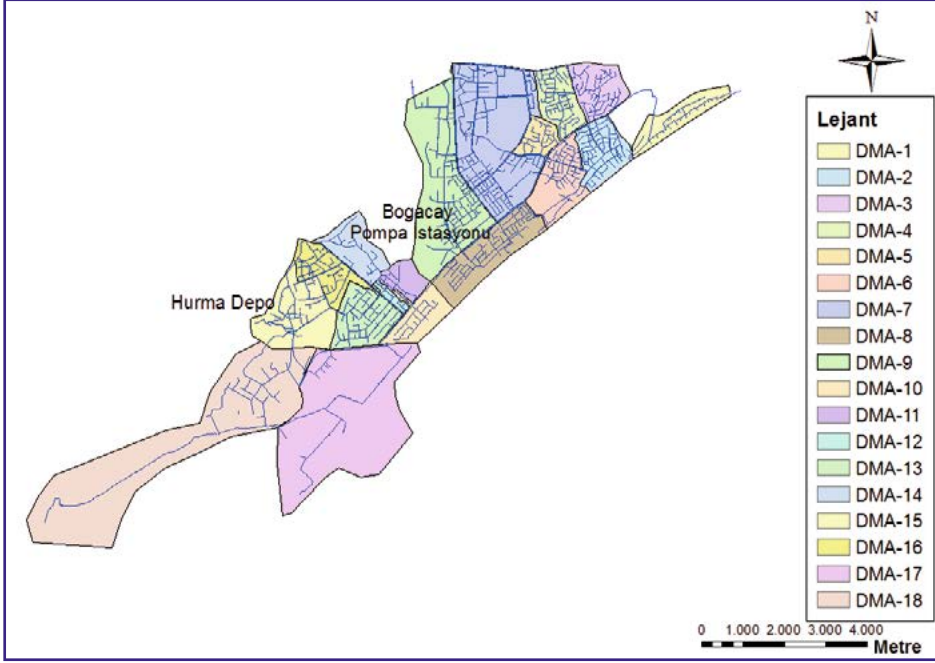
malzemesi olarak PVC, HDPE, çelik ve diğerleri kullanılmaktadır. Konyaaltı İDŞ'de Hurma Deposu olarak adlandırılan tek bir depo bulunmaktadır.

Çalışma alanı içinde şebekenin gerçek zamanlı izlenmesi, pompalar, depo ve şebekedeki vanaların etkin kontrolü için SCADA sistemi kurulmuştur. SCADA sisteminde yer alan ekipmanlarla şebekedeki su sıcaklığı, serbest bakiye klor, pH, bulanıklık, elektriksel iletkenlik, debi, su basıncı ve depolardaki su seviyeleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. İzleme istasyonlarında ölçülen veriler kablosuz olarak Antalya Su ve Atıksu İdaresi (ASAT) SCADA Merkezi'ne gönderilmekte ve burada veri kaydı, analizi ve değerlendirilmesi yapılmaktadır. Abonelerin su kullanımı aylık sayaç okumalarından elde edilmiş olup su kayıplarının hesaplanmasında kullanılmıştır. 2010 yılında Konyaaltı İDŞ için su kayıpları, *Sisteme Giren Su Miktarı*'nın %43,50'si olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanının alt bölgelere (DMA) ayrılması

Konyaaltı İDŞ, dal ve ağ şebeke sistemlerini içermekte olup belirtilen proje çalışmasının başladığı tarihlerde hiçbir DMA bulunmamakta idi. Konyaaltı İDŞ'nin su kalitesi ve miktarı anlamında daha iyi yönetilmesi için şebekede 18 DMA oluşturulmuştur. Bu aşamada dere, kanal vb. mevcut fiziki veya yapay unsurlar DMA alanlarının sınırları olarak kullanılmıştır. Şebekede anormal su basıncı ve hızların oluşmasını engellemek için DMA sınırlarını belirlemek üzere dünyada yaygın olarak bilinen EPANET 2.0 modeli kullanılmıştır. İdeal DMA büyüklüğü olarak 1000 adet servis bağlantısından daha az olması, şebeke sızıntılarının daha çabuk tespit edilmesini ve onarımını sağlamaktadır. Çalışma alanında oluşturulan DMA'lar 50 ila 979 arasındaki servis bağlantısı içermektedir (Şekil 2).

Her DMA girişine SCADA sistemi ile bağlantısı olan yüksek hassasiyette ölçüm yapabilen bir basınç metre ve elektromanyetik debimetre monte edilmiştir. Her DMA girişindeki debi ve basınç, gerçek zamanlı olarak sürekli ölçülmüş ve veriler ASAT SCADA Merkezi'ne gönderilerek kaydedilmiştir. Her DMA bölgesinde sıfır basınç testi yapılarak DMA alanının tam olarak izole olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu test için her DMA girişinde şebeke suyu kesilmiş ve sonrasında SCADA sistemi ile su basıncı ve debi ölçümleri izlenmiştir. Tüm DMA'lar için Minimum Gece Debisi (MNF) analizi yapılmış ve nispeten yüksek olan değerlerin MNF izlenen saatlerde olması beklenen su tüketiminden oldukça fazla olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak, Konyaaltı İDŞ'nde oldukça yüksek fiziki su kayıpları olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanında oluşturulan DMA'lar (her DMA alanı farklı bir renk ile gösterilmiştir)

Çalışma alanı için Standart Su Dengesi

SCADA sistemi ile elde edilen debi ölçümleri ve aylık sayaç okuma verileri kullanılarak çalışma alanı için Standart Su Dengesi tablosu hazırlanmıştır (Tablo 1). Antalya il merkezindeki tüm su kullanıcılarının sayacı bulunmaktadır. Ölçülen su tüketimlerinin ancak küçük bir kısmı faturalandırılmamış tüketim olarak yer almaktadır. Bahsedilen tüketim, halka açık olan parklar ve ibadethanelere aittir. Mevcut bilgiler dahilinde, çalışma alanı içinde yasal olmayan veya izinsiz tüketim olarak nitelenen su kullanımı yoktur. Çalışma alanı içinde aktif olan tek bir su deposu bulunmakta ve depo işletimi de SCADA sistemi ile izlenip, kontrol edilmektedir. Tanımlanan depo için taşma ve kaçak olarak nitelendirilen herhangi bir su kaybı söz konusu değildir. İdari su kayıplarının büyük bir kısmı abone sayaçlarındaki düşük hassasiyetten kaynaklanmaktadır. Fiziki su kayıplarının önemli bir kısmı ise servis bağlantıları ile su temin ve dağıtım hatlarında gerçekleşmektedir.

Tablo 1. Konyaaltı İDŞ için 2010 yılına ait Standart Su Dengesi

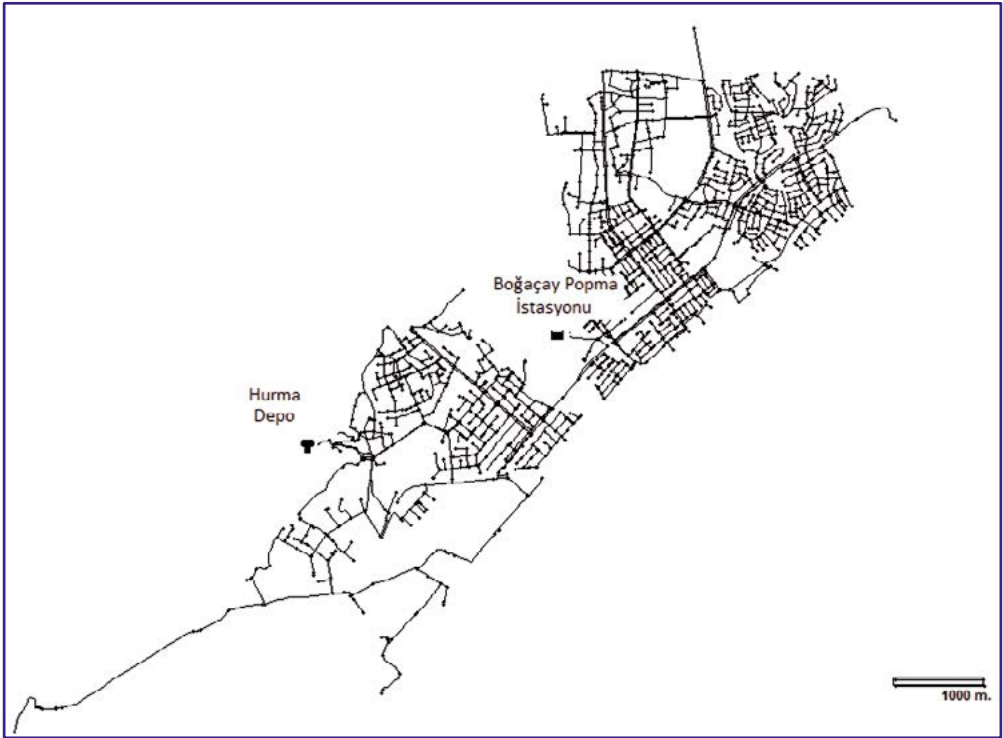
Sisteme Giren Su Miktarı %100	İzinli Tüketim %56,50	Faturalandırılmış İzinli Tüketim %55,86	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım %55,86	Gelir Getiren Su Miktarı %55,86	
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım %0		
	Su Kayıpları %43,50	Faturalandırılmamış İzinli Tüketim %0,64		Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım %0,64	Gelir Getirmeyen Su Miktarı %44,14
				Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım %0	
		İdari Kayıplar %9,12		İzinsiz Tüketim %0	
				Sayaçlardaki Ölçüm Hataları %9,12	
Fiziki Kayıplar %34,38		Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar %34,38			
		Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar %0			

Çalışma alanı için hidrolik modelleme

Konyaaltı İDŞ hidrolik modelleme çalışmasında EPANET modeli kullanılmış ve şebekedeki su basıncı, hız vb. parametreler tahmin edilmiştir. EPANET modelini kullanmak için gerekli olan veri setleri aşağıda belirtilmiştir:

- i) Şebeke boruları için fiziki yapı (boru çapları, düğüm noktaları, borular, depolar ve su kaynaklarının koordinatları, boru uzunlukları ve vanalar) ASAT-CBS Birimi'nden elde edilmiştir.
- ii) Debi ve su basınçlarının zamansal ve mekânsal değişimleri ASAT-SCADA Birimi'nden elde edilmiştir.
- iii) Abonelerin aylık su tüketimleri, ASAT-Abone Birimi'nde kaydedilmektedir. Abonelerin aylık su tüketim verileri ile düğüm noktalarındaki su talebi tahmin edilmektedir.

Konyaaltı İDŞ'nin tümünün EPANET hidrolik modelindeki gösterimi Şekil 3'te sunulmaktadır. Konyaaltı İDŞ'deki her DMA için ayrı bir hidrolik model çalışması yürütülmüş ve modelde girdi verisi olan boru pürüzlülük katsayısı, hidrolik modelin kalibrasyonu aşamasında deneme-yanılma yöntemi ile bulunmuştur. Konyaaltı İDŞ'deki farklı noktadaki su basıncı ölçümleri, taşınabilir ve hassas ölçüm yapabilen basınç metreler ile gerçekleştirilmiştir. Model çalışması süresince şebekede fazla debi akışı sağlamak için yangın muslukları açılmış, değişken basınç değerleri izlenerek modellenmiştir. Hidrolik modelden elde edilen basınç tahminlerini karşılaştırmak için hem SCADA sisteminde izlenen, hem de sahada gerçekleştirilen basınç ölçümleri kullanılmıştır. Kalibrasyon işlemi sonrasında, SCADA sistemi ve saha ölçümlerinden elde edilen farklı veri setleri kullanılarak model doğrulaması yapılmıştır.



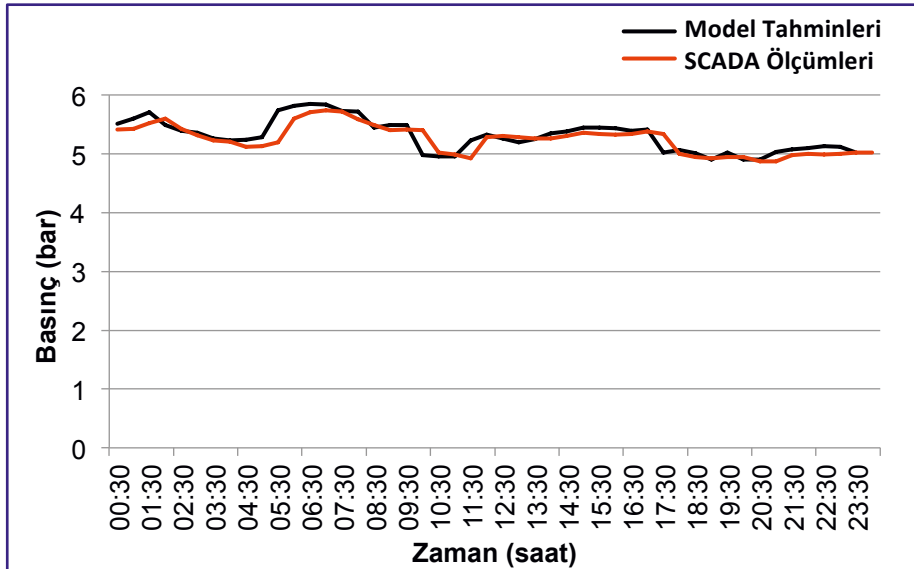
Şekil 3. Çalışma alanının tümü için detaylı içme suyu dağıtım şebekesi gösterimi

Her DMA için SCADA sisteminde kaydedilen yıllık debi değerleri incelenerek ve her DMA için ayrı olarak hazırlanan EPANET modeli girdi dosyası kullanılarak, her DMA içindeki su basıncının mekânsal ve zamansal değişimleri hidrolik model ile tahmin edilmiştir. Elde edilen model sonuçları incelendiğinde Konyaaltı İDŞ'deki bazı DMA'larda, örnek olarak DMA No:2, tüm yıl boyunca yüksek basınç değerleri gözlenmiştir. Ek olarak, basıncın yüksek olduğu DMA'larda 2008 ve 2009 yıllarına ait MNF değerlerinin ve dolayısıyla fiziki su kayıplarının yüksek olduğu görülmüştür. Bu

tespitlere bağlı olarak, 2009 yılının Ağustos ayında DMA No:2'nin girişine fazla basıncı azaltmak için bir basınç düşürücü vana (PRV) takılmıştır. EPANET modeli kullanılarak, PRV sistemi çıkışında sağlanması gereken optimum işletme basıncı belirlenmiştir. DMA No:2 için hidrolik model kalibrasyonu ve doğrulaması, basınç yönetimi ve ona bağlı olarak elde edilen su tasarrufu miktarlarının hesaplanmasına ait detaylar ilerleyen bölümlerde sunulmaktadır. Konyaaltı İDŞ'de yer alan tüm DMA'lar için benzer modelleme çalışmaları yapılmıştır.

Hidrolik modelin kalibrasyonu ve doğrulaması

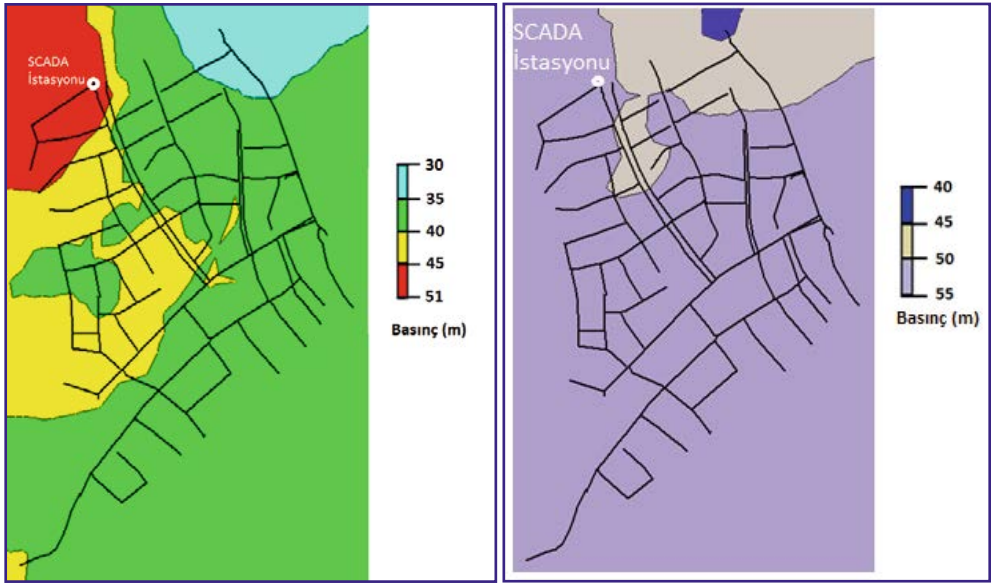
Model kalibrasyonunun amacı Konyaaltı İDŞ için uygun boru pürüzlülük katsayısının belirlenmesidir. Konyaaltı İDŞ içinde yer alan tüm DMA'lara su girişi tek noktadan sağlanmakta olup giriş noktasındaki debi ve basınç gerçek zamanlı olarak sürekli ölçülmekte ve veriler SCADA sisteminde kaydedilmektedir. Ek basınç ölçümleri de sahadaki farklı noktalarda portatif ve hassas ölçüm yapabilen basınç metre ile yapılmıştır. Model tahminleri ile ölçümler arasındaki farkı belirlemek için Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error-MAE) hesaplanmıştır. Konyaaltı İDŞ için gerçekleştirilen hidrolik model kalibrasyonu çalışmasında EPANET modelinde yer alan Hazen-Williams boru pürüzlülük katsayısı, deneme-yanılma yöntemi ile en az MAE elde edilen "100" değeri olarak belirlenmiştir. Modelden elde edilen su basıncı tahminleri ile SCADA sisteminde ölçülen basınç değerlerinin karşılaştırmasına ait bir örnek Şekil 4'te sunulmaktadır. Model doğrulaması aşamasında, kalibrasyon dönemine ait olmayan farklı veri setleri kullanılmıştır.



Şekil 4. Model kalibrasyonu çalışmasının bir parçası olarak Konyaaltı İDŞ'ndeki DMA No:4 giriş noktasında 18 Eylül 2009 tarihi için modelden elde edilen su basıncı tahminleri ve SCADA ölçümleri (Ortalama Mutlak Hata = 0,9 m)

Basınç tahminleri

Hidrolik model kullanılarak, Konyaaltı İDŞ'de yer alan tüm DMA'lar için su basıncının zamansal ve mekânsal değişimleri tahmin edilmiştir. Bu çalışma için gerekli olan yıllık debi profilleri SCADA sisteminden alınmıştır. Su basıncı tahminleri, minimum ve maksimum debi dönemleri için elde edilmiştir. Konyaaltı İDŞ'de yer alan DMA No:2 girişindeki su basıncı her zaman yaklaşık 5 bar düzeyindedir. DMA No:2 için maksimum ve minimum debi dönemleri için su basıncı tahminlerinin mekânsal değişimi Şekil 5'te gösterilmektedir. Sunulan şekilde görüldüğü gibi, DMA No:2'nin büyük bir kesimindeki su basıncı minimum debi döneminde 5 bar değerinden, maksimum debi döneminde ise 3,5 bar değerinden daha fazladır.



(a)

(b)

Şekil 5. Konyaaltı İDŞ'nde yer alan DMA No:2 için PRV takılmadan önce tahmin edilen su basıncı değişimleri a) Maksimum debi dönemi (17 Temmuz 2009, 13:20), b) Minimum debi dönemi (03 Mayıs 2009, 03:00)

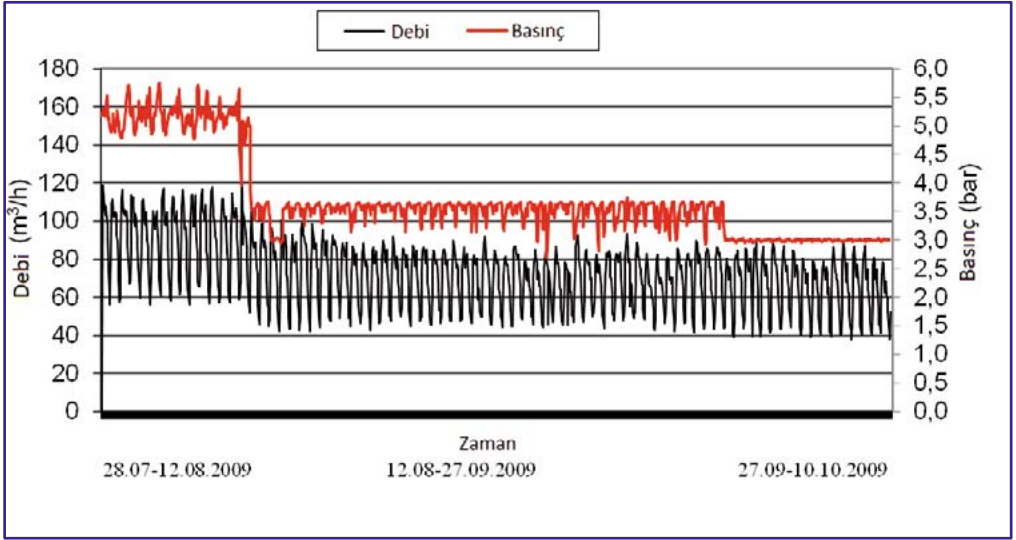
Basınç yönetimi

Hidrolik modelleme çalışması ile elde edilen basınç tahminleri incelendiğinde Konyaaltı İDŞ'nde yer alan bazı DMA'larda yüksek basınç seviyelerinin olduğu görülmüştür. Örnek olarak DMA No:2 için tüm yıl boyunca yüksek basınç değerleri gözlenmiştir. DMA No:2'de MNF değerlerinin ve dolayısıyla fiziki su kayıplarının yüksek olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak, 2009 yılının Ağustos ayında DMA No:2'nin girişine fazla basıncı azaltmak için sabit çıkışlı bir basınç düşürücü vana (PRV) takılmıştır.

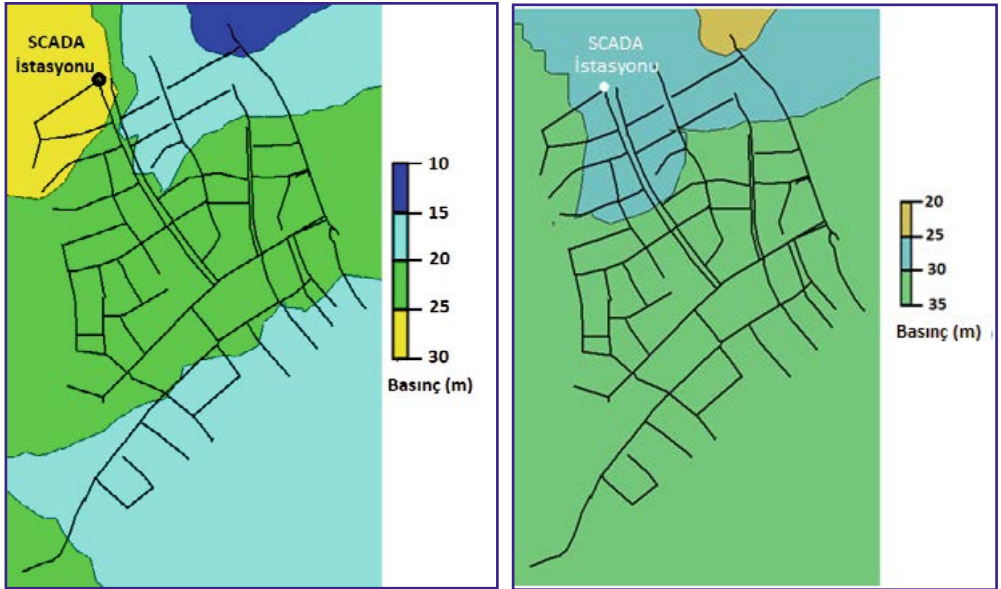
PRV çıkışında sağlanması uygun olan optimum işletme basıncı hidrolik model ile tahmin edilmiştir. Bu uygulama ile önerilen yaklaşımda, maksimum debi döneminde DMA No:2'deki düğüm noktalarının çoğunluğunda minimum su basıncı olarak yaklaşık 2 bar değeri elde edilmeye çalışılmıştır. Önerilen yaklaşım ülkemizde yürürlükte olan yasal mevzuat ile de uyumludur. Yasal mevzuat gereği içme suyu dağıtım şebekelerinde izin verilen su basıncı 20 ila 60 mSS (topografik yapının uygun olduğu yerlerdeki en yüksek statik basınç) seviyeleri arasındadır.

DMA içinde bulunan az sayıdaki yüksek binanın üst katlarına su ulaşmasa da hidrofor sistemi ile suyun üst katlara iletimi mümkündür. Hidrolik model ile farklı yönetim senaryoları denenerek, DMA No:2 girişindeki optimum işletme basıncı 3 bar olarak belirlenmiştir. Hidrolik model sonuçlarına uygun olarak DMA No:2 girişinde, çıkış basıncı 3 bar değerine set edilmiş olan sabit çıkışlı bir PRV montajı yapılmıştır. PRV montajının hemen sonrasında, 12 Ağustos – 27 Eylül 2009 tarihleri arasında, çıkış basıncının istenilen düzeyde sabit olmadığı gözlenmiştir (Şekil 6). Bu gözlem süresinden sonra, DMA No:2 girişine farklı bir sabit çıkışlı PRV takılmış ve PRV çıkışındaki basınç sabit olarak 3 bar düzeyine indirilmiştir.

DMA No:2 girişine sabit çıkışlı PRV takıldıktan sonraki durumu incelemek üzere hidrolik model kullanılarak su basıncının zamansal ve mekânsal değişimi tahmin edilmiştir (Şekil 7). Hidrolik model tahminleri, DMA içindeki su basıncının her zaman 1,5 bar değerinden fazla olacağını göstermiştir. Elde edilen basınç, suyun DMA alanındaki tüm abonelere iletimi için yeterli olmuştur. DMA No:2 girişine monte edilen PRV'nin devreye alınmasından sonra bölgedeki abonelerden su basıncına yönelik herhangi bir şikayet gelmemiştir. Bu uygulamada seçilen sabit çıkışlı PRV, diğer PRV çeşitlerine göre daha ucuz, montaj ve bakım işleri daha kolay olduğu için tercih edilmiştir. DMA No:2 içindeki basıncın genellikle yüksek olması ve basıncın zamansal ve mekânsal değişimlerinin nispeten az olması da PRV seçiminde etkili olmuştur.



Şekil 6. Fazla su basıncının azaltılması sonrası basıncın su kayıpları üzerindeki etkisi



(a)

(b)

Şekil 7. Konyaaltı İDŞ'nde yer alan DMA No:2 için PRV takıldıktan sonra tahmin edilen su basıncı değişimleri. a) Maksimum debi dönemi (17 Temmuz 2009, 13:20), b) Minimum debi dönemi (03 Mayıs 2009, 03:00)

DMA No:2 girişinde ölçülen ve SCADA sisteminde kaydedilen veriler incelendiğinde, PRV takılmasından sonra maksimum debi değerleri $110 \text{ m}^3/\text{sa}$ değerinden $80 \text{ m}^3/\text{sa}$

değerine, minimum debi değerleri de 60 m³/sa değerinden 40 m³/sa değerine düşmüştür (Şekil 6).

Antalya Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASAT) DMA No:2 için sunulan basınç yönetimini diğer DMA'lara da uygulamak için istekli olmuştur. Ancak uygulamalar gerçekleştirilmeden önce basıncın yüksek olduğu diğer DMA'lar için de optimum işletme basıncının ve dolayısıyla fazla basınç miktarının belirlenmesi, basıncın azaltılması ile elde edilecek su tasarrufunun tahmin edilmesi gereklidir. Çalışma kapsamında Konyaaltı İDŞ'nde yer alan tüm DMA'lar için hidrolik model uygulanarak basınç yönetimi uygulamasının uygulanıp uygulanamayacağı test edilmiştir. Bu çalışma neticesinde, bazı DMA'lardaki düşük basınç seviyelerinden dolayı basınç azaltmanın mümkün olmayacağı tespit edilmiştir. Basınç yönetimi yapılabilecek olan diğer DMA'larda kullanılacak PRV'ler ile optimum işletme basıncının 2 ila 3,5 bar arasında tutulması önerilmiştir. Hidrolik model ile tasarruf edilecek su debisi 45,5 m³/sa (398.580 m³/yıl) olarak tahmin edilmiştir. Fayda ve maliyet analizi ile geri ödeme süresi 2 yıl olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar:

- Saha ölçümleri ile entegre edilerek gerçekleştirilen hidrolik model çalışması ile, Konyaaltı İDŞ'de yer alan ve fazla su basıncının, basınç yönetimi ile kontrol edilmesi mümkün olan DMA'lar incelenmiştir.
- Bu çalışma sonucunda basınç yönetiminin uygulanabileceği tüm DMA'lar için basıncın azaltılması ile sağlanacak su tasarrufu 45,5 m³/sa olarak tahmin edilmiştir.
- Tasarruf edilebilecek olan su hacmi yılda 398.580 m³ olup bu hacim Konyaaltı İDŞ'ne temin edilen toplam su hacminin %12,5'ine eşittir.
- Basınç yönetimi için gerekli olan yatırım bedeli ve bu uygulama ile tasarruf edilen suyun bedeli birlikte değerlendirildiğinde, geri ödeme süresi 2 yıl olarak hesaplanmaktadır.
- Ek olarak, basınç yönetimi ile sağlanabilecek olan ek faydalar içinde şebeke boru ve elemanlarının hizmet süresinin uzatılması, boru sızıntı ve patlaklarının oluşum sıklığının azaltılması vb. sayılabilir.

EK-2 Su Kayıplarını Azaltmak için Uygulama Örnekleri

Uygulama 1: Malatya, Türkiye

Uygulama konusu: Su kayıplarının yönetimi kapsamında fiziki kayıp/kaçak çalışmaları, basınç haritası oluşturulması, mevcut hatların bakım ve onarımı, rehabilitasyon çalışmaları ve hidrolik model uygulaması

Proje başlığı	Malatya Merkez İçmesuyu Rehabilitasyon Projesi
Proje süresi	Eylül 2015 - Mart 2017

Temel faaliyetler

Proje çalışmaları, 3 temel faaliyet altında gerçekleştirilmiştir:

1. Mevcut şebekenin (ana borular ve dağıtım sistemi) analizi ve Master Plan
2. Gelir Getirmeyen Su miktarını azaltıcı programın tanımlanması
3. Fiziki su kayıplarının aktif yöntemler ile belirlenmesi

Faaliyetlere ilişkin detaylar aşağıda verilmektedir:

- Veri toplama: Abone kayıtları
- Saha incelemeleri: Depolar, pompalar vb.
- İzleme sisteminin tasarımı ve uygulaması: İçme suyu sistemindeki debi ve basınç ölçüm değerleri GSM/GPRS ile Malatya Su ve Kalizasyon İdaresi (MASKİ) Merkezi'ne gönderilmektedir.
- Hidrolik modelleme: Gerçek zamanlı sayısal modelleme
- Performans indikatörü: Altyapı Kaçak İndeksi (ILI)

Tablo 1. Projenin uygulama aşamaları

1	Mevcut içme suyu temin ve dağıtım sisteminin analizi: saha incelemeleri, spesifik izleme ve sayısal modelleme, kritik unsurların belirlenmesi
2	Gelir Getirmeyen Su bileşenlerinin analizi
3	17 adet alt bölgenin (DMA) izlenmesi ve sahada sızıntı tespiti
4	2071 yılı için su talebi senaryolarına göre Master Plan hazırlanması
5	MASKİ teknisyenlerinin eğitimi
6	Uzun vadeli su kayıpları azaltma stratejisi

Su sayaçları hassasiyetinin incelenmesi

Farklı marka ve yaştaki su sayaçlarının hassasiyetini incelemek için çalışmalar yapılmıştır. Sayaç hassasiyeti değerleri hesaplanmış ve elde edilen veriler daha doğru su dengesi tablosu oluşturulmasında kullanılmıştır.



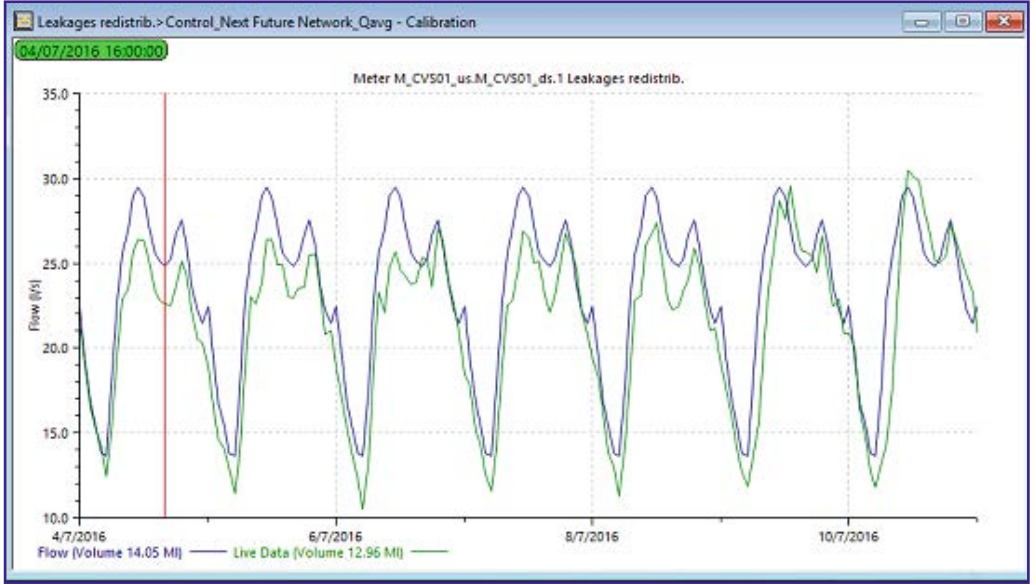
Şekil 1. Abone su sayaçları için hassasiyet analizi çalışması

Hidrolik modelleme

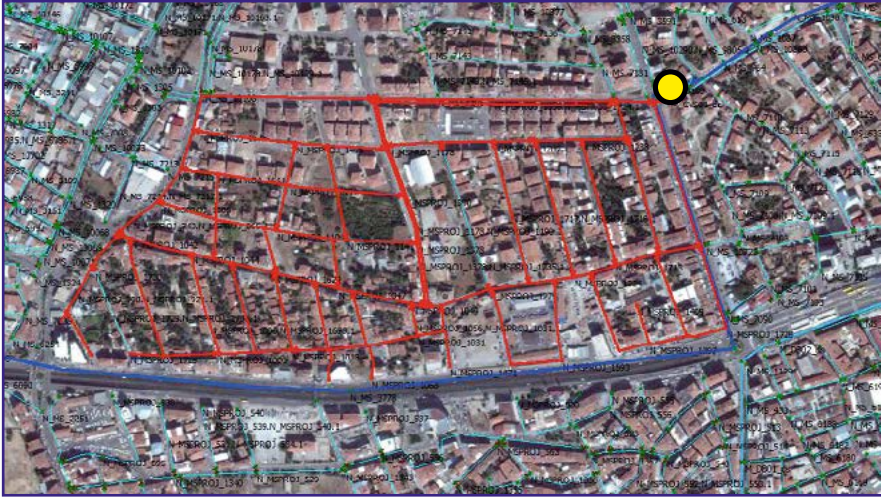
Hidrolik modelleme çalışmasında EPANET modeli kullanılmıştır. Sahadaki izleme verileri ve CBS'den borular için elde edilen veri setleri modele girilmiştir. Model kalibrasyonu için model tahminleri ile saha ölçümleri karşılaştırılmıştır. Hidrolik model, şebekenin alt bölgelere ayrılması ve basınç yönetimi amacı ile kullanılmıştır. Basınç yönetimi amacıyla gelecek yıllar için de kritik basınç seviyeleri model ile tahmin edilmiştir.



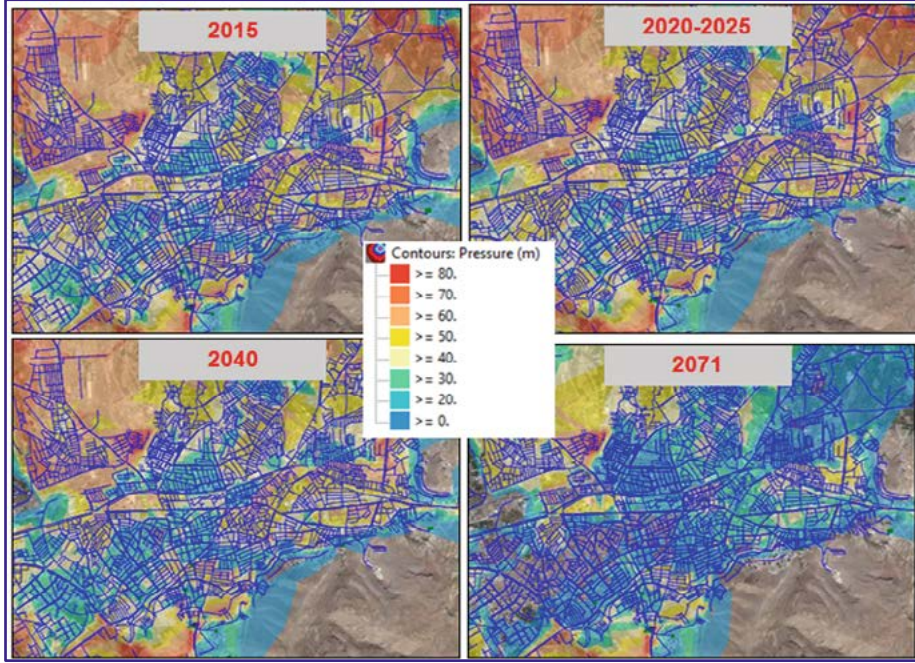
Şekil 2. EPANET programı ile hidrolik modelleme çalışması yapılmıştır.



Şekil 3. Çavuşoğlu bölgesi giriş borusu için hidrolik model kalibrasyonu sonuçları



Şekil 4. Çavuşoğlu bölgesi içme suyu dağıtım şebekesi



Şekil 5. Gelecek yıllar için kritik basınç koşulları

Tablo 2. Basınç yönetimi için hidrolik modelden elde edilen bazı tahmin sonuçları (MNF: Minimum Gece Debisi)

Bölge	Boru uzunluğu (km)	Abone sayısı	Önceki MNF (L/sn)	Sonraki MNF (L/sn)	Tasarruf edilen su (L/sn)
Yakınca 2	15,1	1048	29	20,5	8,5
İnönü	26,8	2376	34	22	12
Dabakhane	5,7	2629	38	24	14
Kavaklıbağ	11,1	3935	62	34	28
Sanayi	19,5	1969	32	22	10
Akpınar	9,5	3753	48	31	17
Sarıcıoğlu	5,1	862	11,5	5	6,5
Göztepe	18,7	2844	20	10,6	9,4
Aşağı Çöşnük	14,5	726	6,8	4	2,8
Saray	4,8	2032	27	20,6	6,4

Proje kapsamında alt bölgelerin (DMA) oluşturulması ve izlenmesi, MNF analizi, hidrolik modelleme, basınç yönetimi, sayaç hassasiyeti incelemesi, su dengesi oluşturulması çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

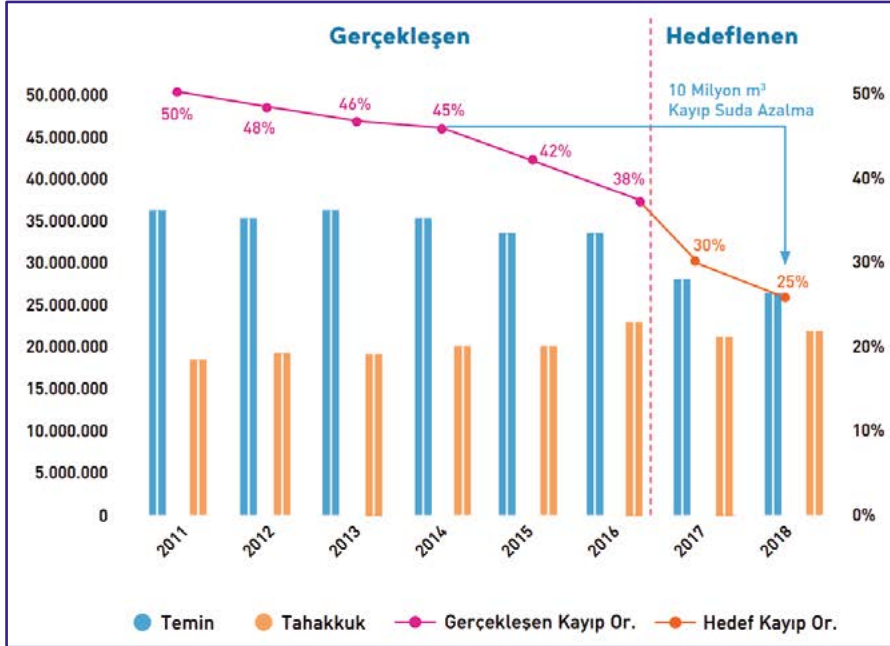
Uygulama 2: Kocaeli, Türkiye

Uygulama konusu: Hidrolik modelleme ve basınç yönetimi ile pek çok faaliyetin birleştirilmesi ile içmesuyu Bilgi Yönetim Sistemi kurulması

Proje başlığı	İzmit İlçesinin Su Kayıplarının Azaltılması Projesi
Su kayıpları oranı	2014 yılı için %45 Hedef: 2018 yılında %25'e düşürmek
Hedeflenen su tasarrufu	10 milyon m ³ /yıl
Hedeflenen ekonomik kazanım	30 milyon TL/yıl'dan fazla
Proje süresi	17 Mayıs 2015 – 17 Mayıs 2018
Yatırım maliyeti	10.251.000 Euro

Proje hedefleri

Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSU) Genel Müdürlüğü tarafından İzmit ilçesindeki içme suyu şebekesindeki su kayıplarını %25'e düşürmek için 2015 yılı itibariyle kapsamlı bir proje başlatılmıştır. 2014 yılında %45 olan su kayıpları oranı, 2016 yılı sonu itibariyle %38'e düşürülmüş ve yaklaşık 3,5 milyon m³ su kazanımı sağlanarak 10 milyon TL'den fazla bir kaynak israfı önlenmiştir. 2018 yılında bitecek projeye yıllık 10 milyon m³ su kazanımı öngörülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İzmit ilçesindeki su kayıplarının azaltılması ile ilgili süreç ve kazanımlar

Proje faaliyetleri

Proje kapsamında, altyapı şebeke tespitleri sayısallaştırılarak Coğrafi Bilgi Sistemi'ne işlenmektedir. Böylece tüm şebeke ağı, hidrolik modelleme, basınç yönetimi, gece kayıp dinlemeleri, şebeke uzunlukları, şebeke teknik bilgileri vb. çok farklı noktalarda bütüncül bir şekilde analiz edilebilmekte, gerekli yenileme ve yatırım öngörülerini bu analizler ışığında yapılabilmektedir. Proje faaliyet detayları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. İzmit ilçesinin su kayıplarının azaltılması projesinin iş adımları

Tavşantepe bölgesinde 7 adet alt bölge (DMA) odasında kritik noktalarda 35-40 mSS su basıncı olacak şekilde sabit basınç kırılmaktadır. Bölgede akustik dinleme çalışmaları devam etmektedir. Abone tüketim profiline göre bazı bölgelerde debiye duyarlı, bazı bölgelerde ise zamana duyarlı basınç optimizasyon çalışması yapılacaktır. Yukarıpazar bölgesi, şehir merkezinde olup, ticari abone kullanımları bölgenin mesai saatleri ve pik saatlerdeki tüketimlerini belirlemektedir. Bölge içerisindeki alışveriş yerlerinin bulunduğu alt bölgede debiye duyarlı basınç optimizasyonu yapılmaktadır.

Bölge içerisinde zamana ve debiye duyarlı basınç optimizasyonu birlikte denenmektedir.



Şekil 3. Alt bölge odaları inşaatı ve basınç yönetimi için basınç düşürücü vana montajı

Devam eden çalışmalar

- Altyapı ve üstyapı varlıklarının Coğrafi Bilgi Sistemi'ne aktarılması
- Şebekede hidrolik model yardımı ile alt bölgelerin oluşturulması, alt bölge girişlerinde basınç düşürücü vana ile optimum işletme basıncının sağlanması
- Şebekenin sürekli izlenmesi ve kontrolünün sağlanması
- Şebeke otomasyonu ile alt bölgelere uzaktan erişim ve kontrol
- Kullanım ömrünü tamamlayan sayaçların ölçüm hassasiyeti yüksek sayaçlar ile değiştirilmesi
- Sürekli debi ve hacim ölçümü yapılarak kayıp/kaçak oranlarının takip edilmesi
- Şebekedeki arıza sayılarının azaltılması, daha az zemin tahribatı yapılarak üst yapı varlıklarının korunması
- Daha az personel, araç ve iş makinesi ile işletme sağlanarak tasarruf sağlanması, personelin eğitimi ile hizmet düzeyinin artırılması
- Hidrolik modelleme ve boru önceliklendirme ile acil rehabilitasyonu gerekli olan bölgelerin belirlenmesi, gereksiz altyapı değişim/yenilemelerinin önüne geçilmesi
- İzmit ilçesindeki uygulamadan sonra projenin tüm ilçelerde uygulanması
- Alt bölge vanalarının SCADA Merkezi'nden kontrol edilebilecek şekilde teşkil edilmesi

Çıkarımlar

Suya talep sürekli artarken, kesintisiz ve kaliteli su temini her geçen gün daha da zorlaşmaktadır. Projeye kaynak ayıran İSU, sadece suya değil, su israfının önlenmesine de önem verdiğini göstermiştir. Proje çalışmaları ile yeni su kaynaklarına ihtiyacın azalması, mevcut kaynakların daha etkin kullanılması, su maliyetlerinin düşmesi gibi faydalar sağlanmış olacaktır.

Uygulama 3: Ain Al Basha, Ürdün

Uygulama konusu: Basınç yönetimi ile su kayıplarının %40 oranına kadar azaltılması

Ürdün'ün Amman kentinde yer alan Ain Al Basha bölgesinde gerçekleştirilen çalışmaya ilişkin bilgiler aşağıda verilmektedir (GWLR, 2011):

Proje başlığı	Ain Al Basha bölgesinde etkin basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması
Bölgenin adı	Ain Al Basha, Amman Ürdün
Servis bağlantısı sayısı	4098
Gelir Getirmeyen Su	% 47,1 (2005 yılı)
Proje süresi	Ocak 2007 - Temmuz 2008

Giriş

2004 yılında Ürdün'deki içme suyu temin sistemlerindeki Gelir Getirmeyen Su oranının %50'den fazla olduğu tahmin edilmiştir. Ürdün, dünyada en fazla kurak olan 10 ülke içinde yer almakta olduğundan, su temin sistemlerindeki yüksek su kayıpları oranı büyük önem arz etmektedir.

Ain Al Basha içme suyu dağıtım şebekesinin mevcut durumunda, çok yüksek orandaki fiziki su kayıpları nedeni ile karşılaşılan sorunlar;

- çok kısıtlı olan su kaynaklarının boşa harcanması,
- su kısıtı nedeni ile abonelere sınırlı ve kesintili olarak su temin edilmesi,
- önemli düzeyde mali kayıpların oluşması,
- şebekedeki düzensiz ve yüksek basınç değişimleri sebebi ile şebeke borularında sık sık patlakların oluşması.

Projenin gelişimi ve uygulanması

Projenin amaçları, basınç yönetiminin etkin bir şekilde uygulanması ile fiziki su kayıplarının azaltılması ve şebeke işletiminde görevli olan personelin kapasite gelişiminin sağlanmasıdır. Proje çalışmaları, Ürdün Su İdaresi'nin (Water Authority of Jordan) yakın işbirliği içinde ve iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

1. Aşama: Basınç Yönetimi Sisteminin Teknik Planlaması

Proje başlangıcında kapsamlı veri temini, dokümantasyonu ve değerlendirmesini içeren bir fizibilite çalışması gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan detaylı proje uygulama planına göre gerekli olan ekipmanların üretimi, temini ve montajı yapılmıştır. Basınç yönetiminin tüm işletiminin sağlanması ve performansının sürekli olarak izlenmesi amacı ile yeni bir SCADA sistemi kurulmuş ve Su İdaresi Merkezi ile bağlantısı

sağlanmıştır. Böylece mühendisler ve teknik ekip tarafından içme suyu dağıtım şebekesinin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve kontrolü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. By-pass borusunun montajı (GWLR, 2011)



Şekil 2. Basınç düşürücü vana (PRV) montajı (GWLR, 2011)

2. Aşama: Basınç Yönetimi için Kapasite Geliştirme

Proje kapsamında yoğun teknik eğitim kursları düzenlenmiş ve sahada uygulamalı eğitimler verilmiştir. Su idaresinin yöneticileri ve eğitmenleri de, Almanya'da yoğun bir eğitim kursuna katılmışlardır. Ek olarak, su temin sistemleri konusunda çalışan mühendisler için Amman'da yerel bir eğitim merkezi kurulmuştur. Merkeze eğitim amaçlı kullanılmak üzere çeşitli basınç düşürücü vanalar getirilmiş ve mevcut ekipmanlar ile her yıl 400 ila 600 mühendis ve teknik personelin basınç yönetimi ve basınç düşürücü vanaların doğru şekilde kullanımı konusunda eğitim alması

sağlanmıştır. Teknik ve uygulamalı eğitimler için yeterli sürelerde eğitim verilmesine dikkat edilmiştir. Eğitimlerin sonunda, eğitime katılan kişilere öğrendiklerini uygulamaları için de imkan sağlanmıştır.

Projeden elde edilen kazanımlar

Projenin sağladığı çeşitli fayda ve kazanımlar aşağıda sıralanmıştır:

- Şebekede verimliliğin artırılması ve daha düşük maliyetle suyun temin edilmesi
- Şebeke basıncının azaltılması ile daha az sayıda boru patlaklarının olması
- Şebeke borularının kullanım ömrünün uzaması
- Su kayıplarının azaltılması (Gelir Getirmeyen Su %30 oranına kadar azaltılmıştır)
- Şebekedeki vanaların SCADA sistemi ile kontrol edilmesi
- Şebeke için değerlendirme raporlarının hazırlanması (günlük/haftalık/aylık ve yıllık)
- Su idaresinde görevli teknik personel için kapasitenin geliştirilmesi

Tablo 1. Ain Al Basha bölgesinde Minimum Gece Debisi'ndeki azalmalar (GWLR, 2011)

Tarih	Basınç Yönetimi öncesi (m ³ /sa)	Tarih	Basınç Yönetimi sonrası (m ³ /sa)	Minimum Gece Debisi'ndeki azalma	
				m ³ /sa	%
03.02.2008	55,01	02.03.2008	37,20	-17,81	32
04.02.2008	55,01	03.03.2008	37,92	-17,09	31
05.02.2008	62,86	04.03.2008	35,28	-27,58	44
06.02.2008	49,46	05.03.2008	34,08	-15,38	31
07.02.2008	51,30	06.03.2008	32,37	-18,93	37

Önemli çıkarımlar:

- Proje çalışmasında, basınç yönetimi uygulamasına ek olarak teknik personelin kapasitesinin geliştirilmesinin de hedeflenmiş olması başarılı bir uygulama örneği oluşturmuştur.
- Su İdaresi, basınç yönetimini SCADA sistemi ile izlemektedir.
- Amman'da su temin sistemleri konusunda çalışan mühendis ve teknik personele basınç yönetimi konusunda teorik ve uygulamalı eğitim vermek üzere bir merkezin kurulması, sürdürülebilir olarak kapasite geliştirme sağlayacaktır.

Uygulama 4: São Paulo, Brezilya

Uygulama konusu: Basınç yönetimi ile su kayıplarının %40 oranında azaltılması

Brezilya'nın São Paulo kentinde yer alan Santo Amaro bölgesinde gerçekleştirilen çalışmaya ilişkin bilgiler aşağıda verilmektedir (GWLR, 2011):

Proje başlığı	São Paulo kentinde su ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi
Bölgenin adı	Santo Amaro, São Paulo, Brezilya
Nüfus (kişi)	36.000
Servis bağlantısı sayısı	8895
İçme suyu dağıtım şebekesi uzunluğu (km)	83
Su Kayıpları Hacmi	Ocak 2005 – Eylül 2005: 301.702 m ³ /ay Ekim 2005 – Ocak 2006: 203.947 m ³ /ay Şubat 2006 – Haziran 2006: 178.039 m ³ /ay
Proje süresi	Mart 2004 - Haziran 2006

Giriş

Brezilya'nın büyük şehirlerinden birisi olan São Paulo kentindeki su tüketimi sürekli artmaktadır. Mevcut durumda, kamuya bağlı olan São Paulo Su İdaresi (SABESP), São Paulo kentinde yaşayan 17 milyondan fazla kişinin su talebini karşılamak, sürekli ve yeterli miktarda içme suyu temin edebilmek için zorluklar yaşamaktadır. SABESP tarafından sağlanan yüksek kalitedeki hizmete rağmen, kurak dönemlerde su kaynaklarının yetersiz olmasından dolayı zaman zaman su kesintileri yapılmaktadır. Su kaynaklarının yetersiz kalmasındaki sebeplerden bir tanesi de şebekede oluşan yüksek orandaki su kayıplarıdır.

Projenin gelişimi ve uygulanması

Proje kapsamında, São Paulo kentinde yer alan Santo Amaro bölgesindeki fiziki su kayıplarının azaltılması amacı ile ileri teknolojiye sahip pilot bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması için basınç düşürücü vanalar, kontrol panelleri, uzaktan kontrol sistemleri ve destekleyici bir yazılım kullanılmıştır. Projede basınç yönetimi için iki farklı teknoloji uygulanmıştır:

1. Zaman ayarlı basınç kontrolü
2. Kritik nokta ile iletişim sağlayan kapalı devre (akıllı) basınç kontrolü



Projeden elde edilen kazanımlar

İki farklı teknolojinin uygulanması ile elde edilen sonuçlar Tablo 2’de sunulmakta olup elde edilen kazanımlar aşağıda özetlenmiştir:

- %41 oranına kadar su tasarrufu elde edilmiştir,
- borulardaki su patlakları %50 oranında azaltılmıştır,
- projenin geri ödeme süresi 4 ila 5 ay kadardır.

Şekil 3. Basınç düşürücü vana (PRV) montajı (GWLR, 2011)

Tablo 2. Ocak 2005 – Temmuz 2006 döneminde Santo Amaro bölgesi için elde edilen sonuçlar (GWLR, 2011)

Uygulanan teknoloji	Uygulama dönemi	Su kayıpları (m ³ /ay)	Su tasarrufu (%)
Basınç yönetimi öncesi	Ocak – Eylül 2005	301.702	-
Zaman ayarlı basınç kontrolü	Ekim 2005 – Ocak 2006	203.947	-33
Kapalı devre (akıllı) basınç kontrolü	Şubat – Haziran 2006	178.039	-41

Önemli çıkarımlar:

- Pilot uygulama çalışması ile gösterildiği gibi basınç kontrolü ile su kayıpları önemli düzeyde azaltılmakta, yüksek hacimde su tasarrufu elde edilmekte ve boru patlaklarının olma sıklığı azalmaktadır. Kapalı devre basınç kontrolü ile daha fazla su tasarrufu sağlanmaktadır.
- Santo Amaro bölgesindeki çalışma ile boru patlakları %50 oranında azaltılmış, gerçekleştirilen %30 oranındaki su tasarrufu ile 8000 kişiye daha içme suyu temin edilmesi mümkün olmuştur.
- Özellikle São Paulo kenti gibi hızlı gelişen ve yüksek nüfusa sahip olan büyükşehirlerdeki su kayıplarının azaltılması büyük bir önem kazanmıştır.

EK-3

Su Kayıplarının Azaltılması için Kurum Değerlendirme Matrisi (MNRW, 2010)

Seviye / Sorular	1 Temel	2	3	4	5 Yüksek
1	Su Dengesi, Debi ve Basıncın İzlenmesi, Haritalama				
1.1	Su dengesi hesaplamıyoruz.	Su dengesi oluşturmayı denedik, ancak fiziki ve idari kayıpları ayırmayı bilmiyoruz.	Kendi istediğimiz şekilde su dengesi hesaplıyoruz.	Yıllık Standart Su Dengesi Tablosu'nu hazırlıyoruz.	Yıllık Standart Su Dengesi Tablosu'nu hazırlıyoruz ve ek olarak %95 güven sınırı içinde belirsizlik aralıklarını tanımlıyoruz.
1.2	Dağıtım şebekemizin büyük bölümünde sisteme giren su ölçülüyor.	Tümü olmasa da, %50'sinden fazlası için sisteme giren su ölçülmektedir.	Sisteme giren su miktarı ölçülmekte ancak ölçümlerin doğruluğu hakkında emin değiliz (kısım eski ölçüm cihazları)	Sisteme giren su, nadiren kalibre edilen mekanik ve/veya manyetik debimetreler ile ölçülmekte.	Sisteme giren su, düzenli olarak kalibre edilen manyetik debimetreler ile ölçülmektedir.
1.3	Sistemde hiçbir basınç ölçüm cihazımız yok.	Pompa istasyonları ve arıtma tesislerinde konumlu olan birkaç basınç kaydedicimiz var.	Pompa istasyonları ve arıtma tesislerinde konumlu olan birkaç basınç kaydedicimiz var. Basınç ölçüm cihazları ile şebekede ara sıra basınç ölçümü yapıyoruz.	Pompa istasyonları ve arıtma tesislerinde konumlu olan birkaç basınç kaydedicimiz var. Basınç ölçüm cihazları ile şebekede ara sıra basınç ölçümü yapıyor ve kaydediyoruz.	Şebekede sabit konumlu basınç ölçüm cihazları ile sürekli olarak basınç izlenmektedir.
1.4	Hiçbir haritamız yok.	Haritalarımız güncel değil.	Haritalarımızı güncellemeye başladık.	Haritalarımız güncel ancak CBS kullanmıyoruz.	Güncel haritaları içeren CBS kullanıyoruz.

Seviye	1	2	3	4	5
Sorular	Temel				Yüksek
2	Sızıntı Onarım Kayıtları				
2.1	Sızıntı onarım kaydı yok.	Sadece, abone şikayetleri kaydına göre sızıntı onarım sayısı bilinmemekte.	Sadece sızıntının ana boru veya servis bağlantısında olduğuna dair basit kayıtlarımız var.	Sızıntının yeri, boru çapı ve malzemesi, sızıntı çeşidi, tespit tarihi, onarım tarihi ve süresi bilgilerini içeren detaylı kayıt sistemimiz var ve CBS ile bağlantılıdır.	Sızıntının yeri, boru çapı ve malzemesi, sızıntı çeşidi, tespit tarihi, onarım tarihi ve süresi bilgilerini içeren detaylı kayıt sistemimiz var ve CBS ile bağlantılıdır.
3	Performans İndikatörleri				
3.1	Performans İndikatörleri	Su kayıpları için performans indikatörlerini hesaplamayı denedik.	Düzenli olarak fiziki kayıplara ait performans indikatörlerini hesaplarız.	Düzenli olarak fiziki ve idari kayıplara ait performans indikatörlerini hesaplarız.	Düzenli olarak fiziki ve idari kayıplara ait performans indikatörlerini hesaplarız. Yıllık raporumuzda da yayımlarız.

Seviye		1	2	3	4	5
Sorular		Temel				Yüksek
4	Aktif sızıntı kontrolü					
4.1	Aktif Sızıntı Kontrolü	Sadece görünür sızıntıları onarız.	Sızıntı tespit cihazımız var ancak kullanmıyoruz.	Herhangi bir alanda özel bir sorun var ise sızıntı tespit çalışması yaparız.	Düzenli olarak sızıntı kontrolleri yapmaya başladık.	Şebekemizin tümünde yılda en az bir kez sızıntı kontrolü yapmaktayız.
4.2	Alt Bölgeler (DMA)	Şebekemizde hiçbir DMA yok ve oluşturmak için planımız da yok.	İlk DMA'ları oluşturmaya başladık.	İlk DMA'ları oluşturduk ve ilk sonuçlarını aldık.	Birçok DMA bölgemiz var, ara sıra giriş debileri için kontrol ve analiz yapıyoruz.	Birçok DMA bölgemiz var, düzenli olarak giriş debileri ve basınçlar izlenmekte.
4.3	Sızıntı Onarımı – Dağıtım Boruları (onarım süresi)	Kayıt olmadığı için sızıntıların ne kadar sürede onarıldığını bilmiyoruz.	Ortalama onarım süremiz 7 günden fazla.	Ortalama onarım süremiz 3 ila 7 gün arasında.	Ortalama onarım süremiz 1,5 ila 3 gün arasında.	Ortalama onarım süremiz 1,5 günden az.
4.4	Sızıntı Onarımı – Servis Bağlantıları	Kayıt olmadığı için sızıntıların ne kadar sürede onarıldığını bilmiyoruz.	Ortalama onarım süremiz 14 günden fazla.	Ortalama onarım süremiz 7 ila 14 gün arasında.	Ortalama onarım süremiz 2 ila 7 gün arasında.	Ortalama onarım süremiz 2 günden az.

Seviye	1	2	3	4	5
Sorular	Temel				Yüksek
5	Abone Sayaçları				
5.1	Hiçbir abone sayacımız yok.	Sadece fazla su tüketen abonelerde sayaç var.	Abone sayaçları kullanılmaya başlandı ancak henüz tüm abonelere sayaç takılmadı.	Hemen hemen tüm abonelerin sayaçları var, ancak umumi çeşmeler, vb. alanlar hariç.	Abonelerin tümünde sayaç var.
5.2	Abone sayaçlarının yaşı hakkında güvenilir bilginiz yok.	Abone sayaçlarımızın büyük bir kısmı 10 yıldan eski, düzenli sayaç değiştirme politikamız yok.	Sayaçları sadece bozulduklarında değiştiriyoruz.	Sayaç değiştirme politikamız var ancak henüz tüm sayaçları değiştiremedik için bazı sayaçlar hala 10 yıldan eski.	Abone sayaç değişimi politikamızı kesin olarak takip ediyor ve tüm sayaçları 5 ile 7 yıl içinde değiştiriyoruz.
5.3	Tüm abone sayaçlarının hassasiyeti çok düşük	Tüm abone sayaçlarının hassasiyeti düşük	Tüm abone sayaçlarının hassasiyeti orta	Tüm abone sayaçlarının hassasiyeti yüksek	Tüm abone sayaçlarının hassasiyeti çok yüksek
5.4	Abone veri bankası uzun bir süredir güncellenmedi.	Ara sıra abone veri bankamızı güncelleriz.	Abone veri bankamızı güncelleme aşamasındayız.	Abone veri bankamızı ev, ev dolaşarak düzenli bir şekilde güncelleriz.	Güncellenmiş ve CBS ile bağlantılı bir abone veri tabanımız var.
5.5	Sayaç okumalarını kontrol etmek için özel bir sistemimiz yok.	Sayaçlarda düşük hassasiyetten şüphe duyduğunda sayaç okuma görevlilerinin rotasyonu yapılır.	Düzenli olarak sayaç okuma görevlilerinin rotasyonu yapılır.	Düzenli olarak sayaç okuma görevlilerinin rotasyonu ve sıkça ani kontroller yapılır.	Sayaç okuma görevlileri el terminalleri kullanılmaktadır.
5.6	Bu konuda hiç değerlendirme yapmadık, mücadele planımız yok.	Bazen yasal olmayan bağlantı tespit ediyoruz.	Bazen yasal olmayan bağlantı ve diğer müdahaleleri tespit ediyoruz.	Yasal olmayan bağlantı tespiti için kapsamlı bir programımız var. By-pass bağlantıları da bulmaya çalışıyoruz.	Yasal olmayan bağlantı tespiti için kapsamlı bir programımız var. By-pass bağlantıları da bulmaya çalışıyoruz.

	Seviye	1 Temel	2	3	4	5 Yüksek
Sorular	Hidrolik modelleme ve basınç yönetimi					
6	Hidrolik Modelleme	Hidrolik modelleme konusunda hiçbir fikrimiz yok.	Hidrolik modellemenin önemini biliyoruz ama hiçbir model kullanmıyoruz.	Personelimiz hidrolik modelleme konusunda eğitim aldı ancak henüz bir uygulama yapılmadı.	Personelimiz hidrolik modelleme konusunda eğitim aldı ve birkaç pilot alan için uygulama yaptık.	Tüm içme suyu dağıtım şebekesi için hidrolik modelleme çalışması yaptık.
6.1	Basinç Yönetimi	Basinç yönetimi konusunda hiçbir fikrimiz yok.	Basinç yönetiminin önemini biliyoruz ama nasıl uygulayacağımızı bilmiyoruz.	Personelimiz basınç yönetimi konusunda eğitim aldı ancak henüz bir uygulama yapılmadı.	Personelimiz basınç yönetimi konusunda eğitim aldı ve birkaç pilot alan için uygulama yaptık.	Tüm içme suyu dağıtım şebekesi için basınç yönetimi yaptık.
7	SCADA ve Minimum Gece Debisi (MNF) Analizi					
7.1.	SCADA	SCADA sisteminin faydalarını bilmiyoruz.	SCADA sistemi kurmak istiyoruz ancak yeterli bütçemiz yok.	İçme suyu dağıtım şebekesindeki bazı işletim elemanlarını SCADA sistemi ile izliyor ve kontrol ediyoruz.	İçme suyu dağıtım şebekesindeki tüm işletim elemanlarını ve bazı parametreleri SCADA sistemi ile izliyor, kontrol ediyor ve analiz ediyoruz.	İçme suyu dağıtım şebekesindeki tüm işletim elemanlarını ve bazı parametreleri SCADA sistemi ile izliyor ve kontrol ediyoruz.
7.2.	MNF Analizi	MNF konusunda hiçbir fikrimiz yok.	MNF izlenmesi için bir plan hazırladık ancak henüz uygulamaya başlamadık.	MNF değerlerini bazı DMA'lar için izliyoruz.	MNF değerlerini tüm DMA'lar için izliyoruz.	MNF değerlerini tüm DMA'lar için izliyor ve analiz ediyoruz.

EK-4 Terimler Sözlüğü

El Kitabı içinde geçen teknik terimler aşağıda alfabetik olarak sıralanarak tanımları verilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın *İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği*'nde yer alan terimlerin açıklamaları, belirtilen yönetmelikten aynen alınmıştır.

Abone Sayacı: İçme suyu dağıtım şebekesinden servis bağlantısı ile alınan ve izinli olarak tüketilen su hacmini ölçen sayaç.

Alt bölge (DMA): Proje aşamasında birbirinden bağımsız olarak tasarlanan veya su dağıtım şebekesi üzerinde ilave vanalama ve/veya tapalama yoluyla ayrılan, her birinde ayrı ayrı ölçmenin yapıldığı bir veya birkaç noktadan beslenen, belirli sayıda bina bağlantısını içeren, diğerlerinden fiziki olarak ayrılan ve birbirinden bağımsız çalışan her bir şebeke bölümü.

Altyapı Kaçak İndeksi: Fiziki su kayıpları seviyesinin ifade edilmesi için gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan ve kabul görmüş bir performans indikatörü.

Aktif Sızıntı Kontrolü: İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki borularda, boru bağlantılarında, depolar ve diğer sanat yapılarında meydana gelen sızıntı şeklindeki su kaçaklarının tespiti amacıyla, çeşitli teknolojik cihazlarla yapılan kontrol ve tespit faaliyetleri.

Akustik Kaydedici: Şebeke borusundaki olası çatlak veya sızıntılar için yer tespiti amacı için kullanılan ekipman.

Basınç Yönetimi: Fiziki su kayıplarının azaltılması amacı ile şebekedeki fazla basıncın azaltılması ve optimum işletme basıncında tutulması için uygulanan bir yöntem.

Boru Hattı Yönetimi: Fiziki su kayıplarının azaltılması amacı ile boru hattı için malzeme seçimi, montajı, bakımı ve değişimi olmak üzere tüm yönetim ve işletim unsurları.

Dinleme Çubuğu: Şebeke borusundaki olası çatlak veya sızıntıların yerini tespit etmek amacı ile saha ekibi tarafından yol yüzeyi veya doğrudan boru veya bağlantı parçaları üzerinde sızıntı sesini dinlemek üzere kullanılan basit bir araç.

El Terminali: Abone sayaçlarındaki su tüketim miktarlarının yerinde okunarak faturalanması ve verilerin muhasebe/tahakkuk servisine taşınması işlemlerini elektronik olarak gerçekleştiren taşınabilir cihaz.

EPANET: Amerika Birleşik Devletleri, Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen ve şebekelerin hidrolik modellemesi amacı ile Dünya'da yaygın olarak kullanılan, açık kaynak kodlu ve lisans ücreti ödenmeden kullanılabilen yazılım.

Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi: Ölçülmüş ancak izinli olarak faturalandırılmamış tüketim ile izinli olarak hem ölçümü hem de faturalandırılması yapılmamış bağlantılardan kaynaklanan toplam tüketimden oluşur.

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 eder.

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 eder.

Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi: Su idaresinde abone olarak kaydı bulunan, ölçülerek veya ölçülmeden faturalandırması yapılan abonelerin kullandığı su miktarını ifade eder.

Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım: Ölçümü yapılmamış ancak tahmini olarak veya varsa standartlara göre hesaplanmış ve faturalandırılmış tüketim miktarını ifade eder (örneğin bir müşteri sayacının bozulması, bakım-onarımı hallerinde çalışır durumda olmadığı dönemde, abonenin diğer aylardaki kullanımı göz önünde bulundurularak veya idarenin bu kapsamda geliştirdiği bir standart doğrultusunda tahmini olarak faturalandırılması).

Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım: Su idaresinde abone olarak kaydı ve sayaç bağlantısı bulunan, düzenli olarak ölçülerek faturalandırması yapılan abonelerin kullandığı su miktarını ifade eder.

Fiziki Kayıplar: Borularda ve bağlantı parçalarında meydana gelen kırık ve çatlaklardan, boru başı ve abone bağlantı hatalarından ve servis depolarından meydana gelen, tüketici sayacından önceki, kaçak ve taşmalardan kaynaklanan su kayıpları.

Fiziki Kayıpların Azaltılmasında Ekonomik Seviye: Uygun maliyetli ve etkin fiziki su kayıpları azaltma yöntemlerinin uygulanması ile elde edilebilecek en düşük fiziki su kayıpları hacmini ifade eder.

Gelir Getiren Su: Faturalandırılmış izinli su tüketimine karşılık gelen su hacmini ifade eder.

Gelir Getirmeyen Su: Sistemin tamamında veya bir kısmında sisteme verilen su miktarı ile faturalandırılmış izinli su tüketimi arasındaki farkı ifade eder.

Hidrolik Model: İçme suyu dağıtım şebekesinin tasarımı, mevcut sistemin daha verimli işletimi, alt bölgelerin oluşturulması ve su kalitesine yönelik çalışmalar için hidrolik model uygulaması gereklidir. Hidrolik modelleme ile debi, basınç, su hızı, su yaşı vb. hidrolik parametrelerin şebekenin bütününde alansal ve zamansal olarak hesaplanması ve görüntülenmesi mümkündür.

İdari Kayıplar: Sayaç ve okuma hataları ile kayıt hatalarından ve izinsiz tüketimden kaynaklanan su kayıpları.

İdari Kayıpların Azaltılmasında Ekonomik Seviye: Uygun maliyetli ve etkin idari su kayıpları azaltma yöntemlerinin uygulanması ile elde edilebilecek en düşük idari su kayıpları hacmini ifade eder.

İdare: Büyükşehir Belediyesi olan yerlerde su ve kanalizasyon idareleri, Büyükşehir Belediyesi olmayan yerlerde ise belediyeler.

İzinli Tüketim: Kayıtlı kullanıcı tarafından kullanılan bedelli ve/veya bedelsiz su miktarı.

İzinsiz Tüketim: İdarenin bilgisi dışında, yasal olmayan bağlantılar ve sayaçlara müdahale yolu ile yasadışı kullanılan su miktarı.

Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar: Mevcut şebeke işletim basıncı için teknik olarak elde edilebilecek en düşük fiziki su kayıpları hacmini ifade eder.

Kaçınılmaz Yıllık İdari Kayıplar: İdari yapılanma, sayaç seçimi ve faturalama sistemi ile elde edilebilecek en düşük idari su kayıpları hacmini ifade eder.

Kritik Nokta: Şebekeye ve/veya alt bölgeye giriş noktaları ile en yüksek ve en düşük basınçların oluşacağı noktalar

Minimum Gece Debisi: İçme suyu dağıtım şebekesinde veya bir alt bölgesinde, bir gün içerisinde ölçülen en düşük debidir. Ağırlıklı olarak evsel su kullanımının olduğu yerleşim bölgelerinde su abonelerinin aktif olarak su tüketmediği gece 02:00-04:00 saatleri arasında tespit edilebilir.

Minimum Gece Tüketimi: Minimum gece debisinin gerçekleştiği saatler arasında aktif olan bazı abonelerin su kullanımı (hastaneler, taksi durakları, tuvalet kullanımı, bulaşık/çamaşır makineleri, vb.) ile oluşan su tüketimidir.

Model Doğrulaması: Hidrolik modelin tahmin kapasitesinin, kalibrasyon döneminde kullanılan zaman periyodu veya lokasyonlardan farklı olan durumlar için tekrar test edilmesi işlemidir. Model doğrulaması aşamasında, model kalibrasyonu ile tayin edilen katsayı değerleri aynen kullanılır.

Model Kalibrasyonu: Hidrolik model içinde yer alan ve bilinmeyen katsayı değerlerini belirlemek için yapılan işlemdir. Genellikle hidrolik modeller için sadece boru pürüzlülük katsayısı değeri bilinmemekte ve model için tanımlanması gerekmektedir. Belirli bir zaman periyodu için modelden alınan sonuçlar ile saha ölçümlerinin karşılaştırılması ile en düşük model hatası elde edilen katsayı değeri tayin edilir.

Net Gece Debisi: Minimum gece debisi ile minimum gece tüketimi arasındaki farktır. Şebekede oluşan sızıntı miktarını ifade eder.

Optimum İşletme Basıncı: İşletme basıncının 60 mSS düzeyini aşmadığı ve yüksek noktalarda abonelerin rahatlıkla su temin edebildiği işletme basıncı aralığını ifade eder.

Ortalama Mutlak Hata: Modelden elde edilen sonuçlar ile sahada yapılan ölçümlerden elde edilen değerlerin karşılaştırılması ile hesaplanan model hatası.

Otomatik Okuma Sayaçları: İçme suyu dağıtım şebekesinde sayaç okuma, açma/kapatma vb. işlemlerin uzaktan erişim ile gerçekleştirilmesine imkan sağlayan sayaç teknolojisi.

Performans İndikatörü: Toplam su kayıpları oranı, idari ve fiziki su kayıpları oranını ifade etmek ve şebekenin su kayıpları açısından işletim performansını değerlendirmek için kullanılan ölçütler.

Potansiyel Azaltılabilir Fiziki Kayıplar: Mevcut durumdaki fiziki su kayıpları miktarının, uygun maliyetli ve etkin fiziki su kayıpları azaltma yöntemlerinin uygulanması ile ekonomik seviyeye kadar azaltılmasıdır.

Potansiyel Azaltılabilir İdari Kayıplar: Mevcut durumdaki idari su kayıpları miktarının, uygun maliyetli ve etkin idari su kayıpları azaltma yöntemlerinin uygulanması ile ekonomik seviyeye kadar azaltılmasıdır.

SCADA: Veri tabanlı izleme ve kontrol sistemi.

Servis Bağlantısı: Su dağıtım sistemlerinden, abonelere suyun iletilmesi için yapılan boru bağlantısı.

Sıfır Basınç Testi: İçme suyu dağıtım şebekesinde oluşturulan alt bölgenin (DMA) hidrolik olarak bağımsız (izole) olduğunu tespit etmek için sahada yapılan kontrol testi.

Sızıntı Gürültü Korelatörü: Şebekede fiziki su kayıplarına neden olan sızıntıların yer tespiti amacı ile kullanılan akustik bir yöntemdir. Yer tespiti için, sızıntının neden olduğu gürültünün, boru içindeki muhtemel sızıntı noktasının her iki tarafındaki bağlantı parçalarına bağlanan iki mikrofona doğru hareket hızı kullanılır.

Sisteme Giren Su Miktarı: Kaynaktan çekilerek su alma yapısı vasıtası ile ve/veya içme suyu arıtma tesisinden sisteme verilen su miktarıdır.

Su Kayıpları: Şebeke giriş hacmi ile izinli tüketim arasındaki farktır. İdari kayıplar ve fiziki kayıpların toplamından oluşan su miktarını ifade eder.

Standart Su Dengesi: İçme suyu sistemindeki su kaybı miktarının belirlenmesi amacıyla, üretilen, tüketilen ve kaybolan su miktarının ölçülmesi veya hesaplanmasını ifade eder. Standart bir format halindeki tablo üzerinde doldurulur.

Yer Mikrofonu: Şebekede fiziki su kayıplarına neden olan sızıntıların yer tespiti amacı ile kullanılan akustik bir yöntemdir. Boru hattı üzerinde belirli mesafelerde yerleştirilir ve sızıntı noktasına yaklaştıkça değişen gürültü düzeyi takip edilir.



T.C.
Tarım ve Orman Bakanlığı
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Beştepe Mahallesi Alparslan Türkeş Caddesi No:71
Yenimahalle / ANKARA, PK: 06560

Tel: (0312) 207 63 30