

EK-4:

İÇME SUYU SİSTEMLERİNDEKİ SU KAYIPLARININ AZALTILMASINA YÖNELİK EYLEMLERE YÖNELİK KILAVUZ

1. Coğrafi Bilgi Sistem (CBS) Altyapısının İyileştirilmesi

Su kayıp yönetiminde en temel aşama verilerin sahayı temsil edecek şekilde ölçülmesi ve sistematik analizlerin altlıkların oluşturulmasıdır. Bu maksatla dağıtım sisteminin temel bileşenlerinin (ana hat, servis bağlantı, vana, depo), abone ve sayaç bilgilerinin (abone bilgileri, tüketimler, sayaçlar, hata oranları), çevresel faktörler (zemin, topoğrafya, trafik, yeraltı suyu) CBS veri tabanının oluşturulması ve sahadan sürekli güncellenmesi gerekir. CBS veri tabanı sadece su kayıp yönetiminde değil aynı zamanda içme suyu şebeke işletme, atıksu şebeke işletme gibi süreçlerin yönetilmesinde de en önemli araçtır.

CBS alt yapısının oluşturulması ve diğer sistemlerle entegrasyonunun sağlanması şu faaliyetlerinin verimli bir şekilde yürütülmesini kapsar:

- CBS tabanlı dağıtım sistemi yönetimi
- Depo beslenme bölgelerinin ve basınç katlarının oluşturulması
- İzole ölçüm bölgelerinin planlanması ve sahada uygulanması
- Su kayıp yönetimi analiz ve önleme yöntemlerinin uygulanması (gece debisi analizi, basınç yönetimi, boru malzeme yönetimi)
- Performans izleme için uygun göstergelerin hesaplanması (ILI, ekonomik kaçak seviyesi, süreç göstergeleri)
- CBS tabanlı abone ve sayaç yönetiminin gerçekleştirilmesi

Bir idarede CBS kurulumu sadece yazılım temin çalışması olmayıp su yönetimi bileşenlerinin ilgili birimlerce düzenli olarak verilerinin girilmesi faaliyetlerini kapsar. Bu nedenle idarelerde CBS birimi koordinasyonu sağlamalı ve sahadan veri girişinin düzenli olarak girilmesini izlemelidir.

2. Uzaktan İzleme ve Kontrol Sistemlerinin Uygulanması

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

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

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

- Vanaların (açık/kapalı, açıklık oranı) ve pompaların (çalışır halde, beklemede, hizmet dışı) durumunun izlenmesi.

- Pompa motorlarının (çalıştırma/durdurma) ve belirli kontrol vanalarının (açma/kapama) uzaktan kumanda edilebilmesi.
- Su depolarındaki su seviyesinin izlenmesi ve seviye olması gerekenden yüksek ya da düşük olduğunda alarm verilmesi.
- Şebekenin belirli noktalarındaki basıncın izlenmesi ve basınç yüksek ya da düşük olduğunda alarm verilmesi.
- Şebekenin belirli noktalarındaki (Basınç Ölçüm Alanları (BÖA) girişleri ve çıkışları) debinin (özellikle gece debisi değişimi) ve su hacminin izlenmesi.
- Pompaların, su depolarındaki su seviyesine ve dolayısıyla su ihtiyacına bağlı olarak çalıştırılması.
- Terfi istasyonlarındaki elektriksel verilerin (akım, gerilim, enerji tüketimi vb.) izlenmesi ve anormal değerler oluştuğunda alarm verilmesi.
- Uzak istasyonlardan gelen verilerin alınarak kontrol merkezinde saklanması ve tablo ve grafik şeklinde rapor haline getirilerek sunulması.
- Belirli noktalardaki su kalitesi parametrelerinin izlenmesi ve anormal değerler (ör. yüksek ya da düşük klor içeriği) oluştuğunda alarm verilmesi.
- BÖA'larda debi ve basınç değişimlerinin düzenli ve sistematik olarak izlenmesi ve kaydedilmesi ile daha doğru ve sürdürülebilir su kayıp yönetimi analizlerinin (minimum gece debisi, standart su dengesi, verimlilik göstergelerinin hesaplanması) gerçekleştirilmesi,
- Büyük ve özel tüketimli aboneler, site/çok bloklu yerleşim yerleri, faturalandırılmamış iznizli kullanımlar için kontrol sayaçlarının takılması ve uzaktan izlenmesi,

Bu işlevler, kontrol merkezinde uzaktan ve kontrol istasyonlarında lokal olarak, kontrol panolarına yerleştirilecek insan-makine arayüzü (HMI) operatör kontrol panosu aracılığıyla yerine getirilecektir. Kontroller, manuel olarak yapılabileceği gibi uzak terminal birimleri (RTU) ve/veya SCADA sistemi aracılığıyla otomatik olarak da yapılabilecektir. Çalıştırma modu seçimi, hem farklı kontrol istasyonlarında hem de kontrol merkezinde (yerinde/uzaktan/otomatik) yapılabilmelidir.

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

3. Kurumsal Deneyim ve Kapasitenin Geliştirilmesi

Su kayıp yönetiminde bileşenlerin izlenmesi, analiz edilmesi ve önleme stratejisinin tanımlanmasında kurumsal deneyim, teknik alt yapı ve personel durumu oldukça önemlidir. Toplanması gereken verilerin niteliği ve sıklığı, uygulanması gereken yöntemlerin gereksinimleri, sahada izlenecek yolun belirlenmesi ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi personel tecrübesine bağlıdır. Bu nedenle kurumsal deneyim artırılması ve kapasitenin geliştirilmesi uygulanacak süreçlerin verimliliği açısından gereklidir.

➤ Su Kayıp Yönetimi Biriminin Kurulması

Su kayıp yönetimi, çok detaylı analizleri ve saha çalışmalarını kapsamaktadır. Bu nedenle kurumlarda bu kapsamda bir birimin oluşturulması, sürdürülebilirlik açısından gereklidir. Bu birim, kurumda su kayıp yönetimi için diğer birimlerle (abone, bilgi işlem, plan-proje, işletme) koordinasyonu sağlamalı, su kayıp yönetimi uygulamaları için gereksinimleri ve yol haritalarını oluşturmalı, düzenli olarak rapor

oluşturmalı ve ilerlemeleri izlemeli, sahadaki faaliyetleri planlamalı, BÖA tasarımı-uygulanması, ekipman seçimi ve sahada uygulanması, sıfır basınç testi, sızıntı yeri tespiti için faaliyetleri sistematik bir şekilde gerçekleştirmeli ve izlemelidir. Birim düzenli olarak üst yönetimi rapor sunarak süreç hakkında bilgilendirme yapmalıdır. Birimin bu faaliyetleri sürdürülebilir bir şekilde yapabilmesi için personel sayısı ve niteliğinin iyileştirilmesi gereklidir.

➤ **Personel Kapasitesinin Geliştirilmesi**

Su kayıp yönetiminde personel tecrübesi ve bilgi birikimi temel ve ileri seviye yöntemlerin doğru ve verimli bir şekilde uygulanması açısından önemlidir. Bu nedenle su kayıp yönetimi kapsamında çalışan personellerin teknik eğitim, çalıştay, iyi uygulamaların yerinde incelenmesi (farklı kurumlarda su kayıp yönetimi alanında başarılı uygulamaların incelenmesi), bilgilendirme toplantıları, pilot uygulamalar ile saha tecrübesinin iyileştirilmesi gibi faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gerekir.

➤ **Teknik altyapının (ekipman, teçhizat) Geliştirilmesi**

Sızıntıların yönetilmesinde kurumun ekipman ve teçhizat alt yapısı büyük yer tutmaktadır. Özellikle sızıntı yeri tespitinde şebekenin özelliklerine göre bölgesel ve lokal tespit ekipmanlarının temin edilmesi ve sahada uygulanması, hidrolik parametrelerin (sistem giriş debisi, basınç, depo seviye, depo giriş ve çıkış debileri vb.) izlenmesi için ekipman alınması analizler için gereklidir.

4. Hidrolik Modelleme

Hidrolik modellerin kullanımı, su kullanımındaki verimliliğin artırılmasına ilişkin karar alma süreçlerinde en önemli araçlardan biri haline gelmiştir. Bir su sisteminin nasıl davrandığını ve sisteme yeni cihazlar (ör. yeni vanalar ve boru hatları, basınç düşürücü vanalar vb.) ekledikten sonra nasıl davranacağını bilmek, su şebekelerinin yönetiminin çok düşük maliyetlerle iyileştirilmesine yönelik en uygun çözümlere karar vermeyi sağlamaktadır. Ayrıca şebekeyi genişletmek, izole alt bölgelere ayırmak, optimum şebeke basınçlarını belirlemek, kalite analizleri yapmak da mümkündür. Hidrolik modeller, mevcut şebekelerin verimliliği ile güvenilirliğini artırmak ve yeni şebekeler tasarlamak için çeşitli yönetim senaryolarının oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. Hidrolik model tahminlerinin başarısı, giriş parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve kalibrasyon çalışmaları ile doğrudan bağlantılıdır.

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

- Su altyapılarının tüm unsurlarının Coğrafi Bilgi Sistemine dahil edilmesi: su kaynakları, pompalar, depolar, iletim ve dağıtım boru hatları, vanalar vb. Her bir unsurun yerinin (koordinatlar) ve ilgili özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.
- Su modeline, su temini sisteminin debi ve basınç profillerinin dahil edilmesi: Bu profiller, hem sistem içerisindeki debilerin hem de basınçların zaman içindeki değişimini ifade etmektedir. SCADA sistemi bulunmayan belediyeler için gerekli verilerin sahadan toplanması gerekmektedir.
- Su ihtiyacı profilinin su modeline dahil edilmesi: Farklı aboneler (evsel, endüstriyel, ticari ve kurumsal) tarafından tüketilen miktarla ilgili tüm bilgilerin toplanması ve hidrolik modele dahil edilmesi gerekmektedir. Bunun için saha güncellemeleri ve adres eşleştirmeleri olan bir abone yönetim sisteminin olması oldukça önemlidir.
- Borular için sürtünme katsayısının tanımlanması: Hidrolik modeller, hidrolik hesaplamalara dayalı matematiksel formüllere göre çalıştığından, modele dahil edilecek en önemli

değişkenlerden biri, sistemde bulunan farklı borular için sürtünme katsayısıdır. Bu katsayı, boru malzemesi, bakım durumu, boruların yaşı, su hızı ve su kalitesi gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Yalnızca modelin kalibrasyonu yapıldıktan sonra, modelin güvenilir sonuçlar üretmesi için yeterli katsayıları ayarlamak mümkündür.

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

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

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

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

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

5. Bölgesel Ölçüm Alanlarının (BÖA) Oluşturulması

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

BÖA tasarımında genel olarak göz önüne alınan parametreler, şebeke uzunluğu, servis bağlantı sayısı, abone sayısı, depo beslenme ve basınç bölgesi, topoğrafya (etkin basınç yönetimi için kot farkı mümkün mertebe çok değişmemeli), özel ve büyük tüketimli abonelerin varlığı (okul, hastane, askeri alan vb.), doğal yapıların varlığı (akarsu, kanal, ana yol, demir yolu vb.), şebekenin mevcut durumu, arıza ve sızıntı yoğunlukları şeklindedir.

BÖA büyüklükleri ile ilgili kesin kurallar olmamakla birlikte BÖA büyüklüğü genellikle kent şebekesindeki servis bağlantısı sayısına göre belirlenmektedir. Kırsal bölgelerde ise boru uzunluğuna dayalı bir yaklaşım uygulanmaktadır. Yaygın uygulamalara bakıldığında, genellikle bir BÖA'nın kent şebekesindeki 500 ila 3.000 bağlantıyı içermesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca, BÖA oluşturulurken, ilave boru döşeme ihtiyacını minimuma indirmek için ana boruların güzergâhının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bunun için, bölgede yer alan doğal yapılar (akarsu, kanal, ana yol, demiryolu vb.) doğal BÖA sınırı olarak tanımlanabilir. Her bir BÖA çalışması, şebekenin ve şehrin koşulları ile özelliklerinin dikkate alındığı özel bir çalışma gerektirmektedir. Bu nedenle bu tür çalışmalarda, bağlantı sayısı veya boru uzunluğu açısından aynı olan BÖA oluşturulması mümkün değildir.

BÖA büyüklüğünün ifade edilmesinde kullanılan diğer parametre ise şebeke ana hat uzunluğudur. Bu parametre özellikle daha etkin ve sürdürülebilir sızıntı yönetimi için abone ve servis bağlantı yoğunluğunun az olduğu bölgelerde dikkate alınmaktadır. BÖA tasarımında şebeke uzunluğunun 4 ila 30 km arasında olması ve ortalama olarak 15 km alınabileceği vurgulanmaktadır. Eğer abone ve servis bağlantı yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde şebeke uzunluğu BÖA tasarımında tek başına dikkate alınırsa abone sayısı kontrol edilemeyecek kadar fazla olacaktır. Bu nedenle BÖA planlamasında şebeke uzunluğu, servis bağlantı sayısı ve abone yoğunlukları beraber değerlendirilmelidir.

BÖA, planlama ve tasarlama süreci boyunca anketler ve saha araştırmalarıyla elde edilen bilgilerin entegrasyonu sonucunda oluşturulur.

İlk aşamada, yüksek tüketim dönemlerinde su temini kalitesi ve basıncı sağlanırken BÖA özelliklerini belirlemek ve sürekli uygulama prosedürleri oluşturmak amacıyla **CBS kullanılarak BÖA sınırı şebeke planında geçici olarak çizilmelidir.**

BÖA hazırlığı için Tablo 1'deki parametrelerin dikkate alınması gerekmektedir:

Tablo 1. BÖA Belirlenmesi İçin Parametreler

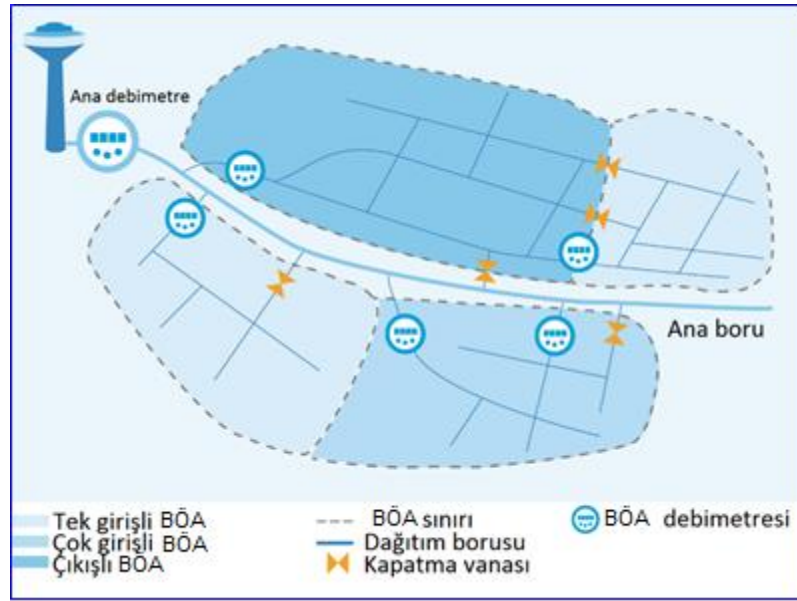
PARAMETRELER
Basınç bölgesi, su temini kaynağı, etkileyen su deposu ve ilgili debimetrelerin karakterizasyonu dahil olmak üzere BÖA giriş ve çıkışları (yerleri, sayısı, ekipman yerleşimleri)
CBS ile belirlenen, BÖA içerisinde su temin edilen aboneler ve toplam faturalandırılan su miktarı dahil olmak üzere abone yönetimi sistemi (Büyük miktarda su tüketen aboneler, özellikle toplam BÖA tüketimi veya yüksek gece tüketimi üzerinde önemli etkisi olan özel ve büyük tüketimli aboneler tanımlanırsa, telemetri (uzaktan izleme) kurulumu yapılmalıdır.).
BÖA borularının toplam uzunluğu ve servis bağlantı sayısı
Sınır vanalarının limitlerinin (sayı ve yerleri), ana su temini şebekesinin BÖA içerisindeki kesit vanalarının ve gerçekleştirilecek vana işlem tiplerinin belirlenmesi
Basınç kontrollü bölgeler ve basınç düşürücü vanaların veya pompaların karakterizasyonu
Basınç izleme noktaları ve yükseltilebilir noktalar olarak tahmini basınçla ilişkili ekipman, yani: Giriş Noktası (debimetrenin bitişiğinde), Maksimum Basınç Noktası, Ortalama Basınç Noktası, Kritik Basınç Noktası, Kritik Abone Basınç Noktası (en yüksek su temin kotu noktasına sahip olan abone)
Şebekenin sorunlu alanlarının (arıza ve sızıntı yoğunluğu olan), mevcut durumlarının ve BÖA içerisinde önceden gerçekleştirilmiş olan çalışmaların olup olmadığının

belirlenmesi. (Eğer gerekliyse, önerilen BÖA'yı doğrulamak için hidrolik modeller uygulanmalıdır.)

BÖA vanalarının kapatılmasıyla oluşturulan uçlar ve kör kesitler. Bölgenin izole edilip edilmediğinin kontrol edilmesi için sıfır basınç testlerinin yapılması

Bu kesitlerin periyodik olarak temizlenmesini mümkün kılan tahliye vanaları veya eğer hiç böyle bir vana yoksa yeni tahliye vanalarının yerleştirilmesinin önerilmesi.

Debilerin ve basınçların sürekli olarak izlenmesi için, giriş ve çıkış BÖA debimetreleri ve basınç düşürücü vana giriş ve çıkış noktaları gibi şebekenin diğer ilgili noktalarına yerleştirilecek telemetri ekipmanı tipi.



Şekil 1. BÖA Oluşturmaya Yönelik Basitleştirilmiş Bir Örnek.

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

BÖA uygulama aşamasından sonraki aşama, bütünlüğü test etmeyi içeren doğrulama aşamasıdır. Bunun için en sık kullanılan yöntem Sıfır Basınç Testidir (SBT). Bu test, sınır vanalarının etkili bir şekilde kapatılmasını ve dolayısıyla BÖA bağımsızlığını sağlamanın yanı sıra, bu maksatla kurulan izleme noktaları boyunca BÖA tüketiminin etkin bir şekilde ölçülmesini sağlamaktadır. Bu test sırasında BÖA boyunca yapılan su temininin durdurulması gerektiğinden genellikle tüketimin az olduğu gece saatlerinde uygulandığını vurgulamakta yarar vardır. Sıfır basınç testi, bölgenin diğer bölgelerden tam olarak izole edilip edilmediğinin kontrolü için oldukça önemlidir. Bu test aşamasında özellikle kritik noktalar belirlenmeli (sınıra yakın, düşük kotlu noktalar) ve bölge girişi kapatıldıktan sonra belirlenen kritik noktalarda basınç değerinin mümkün mertebe sıfıra yaklaşması (önerilen 0.5 bardan düşük olması) önerilmektedir.

Sızıntı tespiti ve onarım faaliyetleri için bir önkoşul olan BÖA, sızıntıların daha kısa sürede fark edilmesini sağlar. Bölgesel ölçüm alanı sınırlarındaki mevcut vanalar kapatılarak ve sınırdaki izolasyon vanası bulunmayan borulara yeni vanalar eklenerek BÖA oluşturulacaktır. Sınır borularını vanalarla

izole etmek yerine, bu borular kör tapayla ayrılarak BÖA oluşturulabilir. Bu yöntem, ilgili alanın izole edilmesini sağladığı için avantajlı bir yöntemdir. Sınır vanasını açma ya da farkında olmadan açık bırakma ihtimali olmadığından, kesin izolasyon sağlanır.

Sınırları tanımlanmış bir BÖA'dan diğer bölgeye su çıkışı sağlanabilir. Bu durumda izolasyon vanası yerine debimetre takılmalı, debi ölçümleri düzenli yapılması ve BÖA için su bütçesi oluşturulurken BÖA giriş hacminden bu çıkış hacmi çıkarılarak net giriş hacmi hesaplanmalıdır.

6. Basınç Yönetim Alanlarının (BYA) Oluşturulması

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

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

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

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

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

7. Altyapı Rehabilitasyon İhtiyaçlarının Değerlendirilmesi

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

Altyapıların karakterizasyonu aşamasında boru hatları ve depolardaki kayıplarla ilgili mevcut durum değerlendirilmeli ve yeterli performansı göstermeyen (arıza/sızıntı yoğunluğu fazla, işletme maliyeti yüksek) altyapıların rehabilitasyonuna karar verilmelidir.

➤ **Boru Şebekelerinin Rehabilitasyonu**

Şebeke yenileme faaliyetleri, şebeke yönetiminde (arıza/sızıntıların azaltılması) diğer yöntemlere göre oldukça yüksek maliyetler içermektedir. Bu nedenle, en son çözüm olarak uygulanmalıdır. Dağıtım sistemlerinde öncelikle, aktif kaçak kontrolü (sızıntıların tespit ve azaltılması), basınç yönetimi (arıza/sızıntıların azaltılması ve önlenmesi), arıza onarım kalitesinin iyileştirilmesi (sızıntıların azaltılması) gibi yöntemler tercih edilmelidir. Bu tür yöntemler şebeke ve elemanlarının ekonomik ömürlerinin artırılması açısından önemlidir. Bu tür yöntemlerle sızıntı yönetiminde hedeflenen sonuçlar elde edilemezse ve işletme maliyeti azaltılamazsa şebeke yenileme faaliyeti göz önüne alınmalıdır.

Şebeke yenilemeye karar verilen sistemde uzun vadeli etkin çözüm elde etmek için, şebeke hattı ve bağlantıları, servis bağlantıları (mümkün mertebe abone sayaçlarına kadar) yenilenmelidir. Çünkü bir dağıtım sisteminde arıza yoğunluğunun (yüzeyle çıkan ve çıkmayan arızalar) önemli bir kısmı servis bağlantılarında meydana gelmektedir. Bu nedenle, şebeke yenilemesi yapılan bölgelerde sızıntı oranlarının ve maliyetlerin düşürülmesi için servis bağlantılarının da yenilenmesi gereklidir.

Yeni şebekelerde dahi arıza ve sızıntılar gözlenebilmektedir. Bunun temel sebebi, boru malzeme seçimi (kalite, bölge koşullarına uygun malzeme tipi) ve işçilik kalitesidir. Bu nedenle şebeke yenileme sırasında boru malzeme kalitesi (özellikle servis bağlantılarında) kontrol edilmeli, gerekli testler yapılmalı, saha personeli tarafından işçilik kalitesi (yatak malzemesi, dolgu malzemesi, boru birleşim imalatları) sürekli izlenmelidir.

➤ **Su Depolarının Rehabilitasyonu**

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

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

Depolarda su kaybına yol açan tipik eksiklikler şunlardır:

- Yapısal direnç kaybı: Bu durum, normalde yapısal hasarlara ve önemli su sızıntılarına neden olmaktadır. Bu sorun, yalnızca yapıların donatılarının yeniden yapılmasıyla veya su deposunun tamamen yenilenmesiyle çözülebilmektedir.
- Su geçirmezliğinin olmaması: Bu durum, su deposunun farklı alanlarında çatlakların ve sızıntıların meydana gelmesine neden olmaktadır. Yalnızca su geçirmezlik tekniklerinin uygulanması ve iç-dış boyama ile çözülebilir.
- Seviye sensörleri ve otomatik kapatma vanaları gibi su kontrol cihazlarının eksikliği: Depoda taşmaların meydana gelmesiyle ve yüksek su kayıplarıyla sonuçlanabilmektedir. Bu durumların engellenmesinin tek yolu, depoya bu tip cihazların kurulmasıdır.

- Yetersiz işletme ve bakım: Su depolarının işletme ve/veya bakımının yetersiz yapılması da taşma ve altyapıların bozulması gibi durumlara yol açabilir. Bu sorunu çözmek için uygulanabilecek en iyi yaklaşım, yeterli en iyi uygulamaların takip edilmesidir.

Su depolarındaki tipik rehabilitasyon müdahaleleri şunlardır:

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

8. İdari Kayıpların Azaltılması

"Görünür kayıp" olarak da adlandırılan idari kayıplar su kayıplarının azaltılmasına ilişkin faaliyetlerin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. İdari kayıpların iki ana bileşeni vardır: sayaç hatalarından kaynaklanan kayıplar ve kayıt dışı/izinsiz kullanımlardan kaynaklanan kayıplar.

Bu sorunların çözülmesi için aşağıdaki ana faaliyetlerin yapılması gerekmektedir:

- Abone yönetim sisteminin kurulması ve saha güncellemelerinin yapılması: dağıtım sistemlerinde yasal faturalandırılmış tüketimlerin izlenmesi ve gelirlerin artırılmasında en temel aşama abone bilgilerinin düzenli tutulduğu, saha güncellemelerinin ve adres eşleştirmelerinin yapıldığı bir abone yönetim bilgi sisteminin kurulmasıdır. Düzenli bir abone bilgi yönetim sistemi temel alınarak aşağıdaki çalışmaların ve faaliyetlerin yapılması gerekmektedir:
 - Yasal izinli tüketimlerin düzenli-sistemik ölçülmesi, tahmini okumaların en aza indirilmesi
 - Abone yönetim sisteminin CBS entegrasyonunun sağlanması, abone bilgilerinin ve tüketimlerin mekânsal ve konumsal analizleri
 - Ekiplerin sayaç okuma verimliliklerinin izlenmesi ve iyileştirilmesi için planlama yapılması (CBS entegrasyonu ile bölgesel izlenmesi)
 - Tahsilat-tahakkuk oranlarının analiz edilmesi ve izlenmesi (CBS entegrasyonu ile bölgesel izlenmesi)
 - Faturalandırılmamış izinli kullanımların izlenmesi ve azaltılması için planlama yapılması

- Entegre abone sayaç yönetimi planının uygulanması: İyi bir abone sayaç yönetimiyle, sayaçların tüketimi olduğundan daha az göstermesinin önüne geçilirken gelirler arttırılır. Bu eylem aşağıdaki faaliyetlerden oluşmaktadır:
 - Doğru sayaç seçimi ve kullanımı için yazılı şartname oluşturulması ve yol haritasının belirlenmesi
 - Sayaç test ve bakımı ve sayaç hatalarının belirlenmesi: sahadan örneklemeler alınarak yıllık olarak sayaç hatalarının sistematik belirlenmesi, sayaç hatalarından kaynaklanan kayıpların hesaplanması
 - CBS tabanlı sayaç veri tabanının oluşturulması, sayaç bilgilerinin ve hata oranlarının ve sayaç hatalarından kaynaklanan kayıpların konumsal ve zamansal analizi
 - Kullanım ömrü sona erdiğinde veya test sonuçları sayaçların kullanılmaması gerektiğini önerdiğinde sayaç yenileme stratejisinin tanımlanması, ekonomik analizi esas alan sayaç yenileme politikasının ortaya konulması
 - Sayaç okuma ve faturalandırma verimliliğinin iyileştirilmesi de GGS'yi azaltma stratejisinin bir parçası olmalıdır. Sayaç okumadan faturalandırma sürecine ve veri aktarımına kadar bilgi akışının iyileştirilmesi, faturalandırılan miktarlarda görülecek iyileşmelerin ve gelirlerde yaşanacak artışın önünü açacaktır.
 - Sayaç hatalarından kaynaklanan kayıpların ekonomik etkisinin analiz edilmesi
- Kayıt dışı bağlantıların düzenlenmesi: Su kaybı yönetiminin önemli unsurlarından bir tanesi, su idaresinin, su kullanıcılarını düzenlenmiş (yasal) bir su bağlantısının faydaları konusunda bilgilendirmesidir. Ortaya çıkabilecek kaçak bağlantıları sürekli kontrol eden bir mekanizma olmalı ve tespit edilen herhangi bir kaçak bağlantı kesilmek suretiyle buna karşılık gelen cezalar uygulanmalıdır. Bu bileşenin yönetilmesinde güncel abone yönetim bilgi sisteminin ve CBS şebeke/servis bağlantı veri tabanının varlığı oldukça önemli ve gereklidir. Ayrıca, halkın düzenli bir şekilde bilgilendirilmesi, farkındalığın artırılması da bu bileşenin yönetilmesinde uygulanması gereken faaliyetlerdir.

➤ Entegre Abone Sayaç Yönetimi

Sayaç takma, su idarelerinin su dağıtım sistemlerindeki durum hakkında temel bilgileri almak ve kaynakları düzgün bir şekilde yönetmek için ihtiyaç duyduğu kilit bir araçtır.

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

- **Hakkaniyet:** Kapsamlı ölçüm yapılması, aboneleri tükettikleri su miktarına göre ücretlendirmek için hakkaniyetli bir temel oluşturmaktadır. Aboneleri kendi su kullanımlarından sorumlu tutmakta ve bu hizmet için ne kadar ödeme yaptıklarını etkilemelerini sağlamaktadır. Ayrıca çapraz sübvansiyonun adil bir şekilde yapılmasına ve ihtiyaç sahibi abonelere temel miktarda suyun ücretsiz verilmesine imkan sağlayabilmektedir.
- **Su verimliliği ve kayıplar:** Sayaç okuma suyun değerini aboneye göstermekte ve abonelerin suyu verimli kullanması için güçlü teşvikler oluşturmaktadır. Aslında, yalnızca su sayaçları takmanın bile su tüketimini azalttığı görülmüştür. Su özellikle az olduğunda, su sayaçları su ihtiyacını yönetmek ve abonelerin su kısıtlamalarına uymasını sağlamak için gereklidir. Şebekedeki ve abonelerin su sayaçlarındaki okumaları karşılaştırarak, bir su temini sistemindeki su kayıplarının seviyesini tahmin etmek ve izinsiz bağlantıları tespit etmek mümkündür. Dağıtım sistemine iyi bir şekilde yerleştirilmiş bir sayaç okuma sistemi

de teknik personele büyük sızıntıların yerini etkin bir şekilde tespit etmek konusunda yardımcı olacaktır.

- **Ekonomik faydalar:** Ölçülen tüketim, birçok su hesabının temelini oluşturmaktadır ve bu nedenle içme kullanma suyu gelirlerini doğrudan etkilemektedir. İyi yönetilen ve doğru bir su sayacı sisteminin, su satışlarını ve böylece belediye gelirini artıracığı sonucuna varılabilir. Su tarifeleri, belediyelerin su hizmetlerinde kullanacakları geliri artırmak, ihtiyaç sahibi abonelere çapraz sübvansiyon sağlamak ve su tüketimini yönetmek için kullanılabilir. Ancak böyle bir tarife politikasının, iyi kurulmuş bir sayaç okuma sistemi olmadan uygulanması mümkün değildir.
- **Sistem yönetimi:** Su sayaçları, ister ham su kaynakları, ister su arıtma tesisleri ya da toplu su temini hizmetleri olsun, bir su temini sistemine giren suyun ölçülmesi için kullanılmaktadır. Dağıtım şebekesindeki sayaçlar suyun nereye taşındığını ölçmekte ve nihayetinde abone sayaçları, sistemde sayacı olan her bir aboneye ne kadar su temin edildiğini ölçmektedir. Belirli bir çaptaki bir boru sadece belirli bir miktarda debiyi taşıyabilir. Bu nedenle ekonomik büyüme veya yeni gelişmeler nedeniyle su ihtiyacı arttıkça boruların bir üst seviyeye yükseltilmesi gerekir. Aynı şey, içme-kullanma suyu depoları, pompalar ve şebekenin diğer bileşenleri için de geçerlidir. Teknik personel, şebeke bileşenlerinin oluşturduğu sorunları tespit etmek ve bunlarla ilgili planlar yapmak için, sistemdeki su ihtiyacı paternlerini anlamalarını ve gelecekteki ihtiyaçları tahmin etmelerini sağlayan su sayacı verilerini kullanmaktadır. İyi bir sayaç sisteminden elde edilen veriler, yönetimin sermaye yatırımları, bakım, personel ve su temini sisteminin diğer çeşitli unsurları konusunda bilgi temelli kararlar almasını sağlamaktadır.

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

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

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

➤ **Kayıt Dışı Bağlantı Kontrolü**

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

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

- Sayac tahrifatı: Abone, sayacın verimliliğini ve işlevselliğini etkilemek için sayacı bilerek bozmuştur.

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

- Gelir getirmeyen suyun azaltılması.
- İşletme maliyetlerinin azaltılması.
- Yasal tüketim için mevcut suyun artması.
- Daha güvenilir ihtiyaç projeksiyonlarının elde edilmesiyle daha iyi planlama yapılması.
- Dağıtım sisteminin işletiminin optimize edilmesi.

9. Sızıntıların Yönetimi

➤ Sızıntıların Farkına Varılması

Dağıtım sistemlerinde arızaların önemli bir kısmının yüzeye çıkmadığı göz önünde bulundurulduğunda, sahada aktif sızıntı kontrolü yapılmadığı sürece farkına varılması ve yerinin tespit edilmesi mümkün değildir. Burada en önemli aşama farkına varma, daha sonra yerini tespit ve en son aşama ise onarımdır. Bu nedenle bu tür sızıntıların yönetilmesinde, farkına varma, yerinde tespit ve onarım sürelerinin en aza indirilmesi için aktif sızıntı stratejisi uygulanmalıdır.

BÖA tasarımı yapıldıktan ve sıfır basınç testi uygulandıktan sonra işletmeye alınması ve su kayıp yönetimi analizlerinin yapılması gerekir. Bunun için bölge girişinde debi ve basınç ölçümleri yapılmalı ve SCADA ile düzenli olarak izlenmelidir. Bölgede sızıntıların saha verilerine göre farkına varılması ve belirlenmesi için uygulanan en temel yaklaşım gece debisi analizidir. Bu yaklaşımda, izinli tüketimlerin en düşük olduğu gece saatlerinde (genelde gece 02:00-04:00 arası olmakla birlikte bölgenin özelliklerine göre değişebilir) giriş debisi debimetre ile ölçülür. Bu debi değeri, bölgedeki izinli tüketimleri (abone türüne, tüketim profiline göre değişir), belirsiz sızıntıları (çok küçük oranlara sahip olduğu için yerinin belirlenmesi mümkün değil) ve akustik yöntemlerle yerinin belirlenmesi ve önlenmesi mümkün olan sızıntıları (potansiyel önlenebilir sızıntılar) içermektedir.

İzinli yasal tüketimlerin doğru bir şekilde belirlenmesi için abone yönetim sisteminde abone bilgilerinin güncel olması, abone türlerin hakkında bilginin olması (konut, endüstri, gece tüketimli, konut dışı vb.) esastır. İzinli tüketimlerin gece tüketimlerinin belirlenmesi için iki yol izlenebilir. Birincisi, oldukça yüksek maliyet oluşturan ancak daha doğru sonuç veren ve BÖA içinde kalan tüm abonelerin uzaktan okunmasını temel alan yaklaşımdır. Diğeri ise abone sayısı ve tüketim özelliklerine göre gece tüketimlerinin tahmin edilmesidir.

Belirsiz sızıntıların hesaplanmasında IWA (Uluslararası Su Birliği) tarafından önerilen yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu hesaplamada CBS şebeke veri tabanının güncel olması ve basınç değişimlerinin SCADA ile düzenli izlenmesi gerekir. Belirsiz sızıntıların yeri aktif sızıntı kontrolü ile belirlenemez ve önlenemez. Bu nedenle sahada akustik yöntemlerle belirlenebilen ve önlenebilen sızıntıların yani potansiyel olarak önlenebilir sızıntıların hesaplanması gerekir. BÖA sınırları içinde kalan şebeke ve bağlantılarında meydana gelen potansiyel olarak önlenebilir sızıntılar, gece saatlerinde ölçülen debiden, belirsiz sızıntıların ve gece izinli tüketimlerin çıkarılması ile hesaplanır. Bu debi artık akustik yöntemlerle sahada yerini tespit edeceğimiz ve onaracağımız sızıntıları ifade etmektedir. Bu sızıntıların azaltılması ve kontrol edilmesi ile su, enerji, finansal ve personel verimliliğinin sağlanması mümkün olacaktır.

➤ Sızıntı Tespiti ve Onarımı

BÖA oluşturulması ve gece debisi analizi sonrasında farkına varılan potansiyel önlenebilir sızıntıların yerinin saha ekiplerinin sahada yapacağı denetimlerle belirlenmesi faaliyetleri gerçekleştirilir. Bu iş kapsamında aşağıdaki çalışmalar yapılmalıdır:

- Sızıntıların belirlenmesinde tecrübe oldukça önemli olduğu için “sızıntı tespit ekiplerinin” oluşturulması
- Bölgesel kaydedici/korelatör gibi alansal sızıntı yeri tespit ekipmanları ile potansiyel sızıntı alanının daraltılması.
- Sızıntının tam konumunun (ya da yaklaşık olarak tam konumunun) lokal dinleme/tespit ekipmanları ile belirlenmesi

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

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

- **Gürültü Kaydediciler:** Gürültü kaydediciler BÖA’da alansal olarak sızıntıların izlenmesi amacıyla uygulanır ve şüpheli patlakların veya birkaç sızıntının bulunduğu BÖA’ların alanını daraltır. Genellikle 6, 12 veya 18 kaydediciden oluşan bir kaydedici grubu, her bir kaydedici bir hidranta, sayaca veya diğer hizmet tesisine konumlandırılmak üzere araştırma alanına yerleştirilir. Sızıntıların kaynaklandığı düşünülen gürültüler doğrulanabilir ve aşağıda belirtilen diğer yer tespit etme ekipmanları kullanılarak kaçığın yeri tespit edilir. Bazı gürültü kaydedici sistemler kaçıkların yerini ‘anında’ tespit etmek için çoklu noktalardan verileri de içerir. Bu ekipmanlardan alınan veriler analiz edilerek ses değişiminin ve yoğunluğunun fazla olduğu cadde/sokak tespit edilir ve sadece ilgili sokakta lokal dinleme ekipmanları ile detaylı denetimler uygulanır. Böylece daha dar bir alan oluşturularak saha denetimlerinin verimliliği iyileştirilmiş olur, zaman/su/enerji/personel anlamında kazanım sağlanır.
- **Gürültü kaydedici korelatörler:** Bu cihaz, kaçığı gürültü seviyesi baz alınarak belirlemektense, kaçaktan kaynaklanan seslerin hızını, boru duvarı boyunca şüpheli kaçığın her iki tarafındaki bağlantı parçalarına yerleştirilen iki mikrofonun her birine doğru hareket ederken kullanır. Bu işlemin etkinliği kaçaktan kaynaklanan gürültünün gücüne ve boru materyalinin ses iletkenliğine bağlıdır.
- **Yer mikrofonları:** Bölgesel kaydedici veya korelatör ile sızıntı anlamında şüphe duyulan sokak belirlendikten sonra yer mikrofonu esas alınarak sokak bazında detaylı dinleme faaliyeti yapılır. Yer mikrofonu, sızıntının sesini elektronik olarak artırır ve sızıntının bulunmasını kolaylaştırır. Bu ekipmanlarla yapılan denetimlerle başarı oranı, kullanıcının tecrübesine, sistem basıncına, boru malzeme türüne (ses iletimi malzemeye göre değişebilir), zemin özelliğine ve boru üzerindeki toprak örtüsü kalınlığına bağlıdır. Bu nedenle yüksek başarı alınmasında sızıntı tespit ekibinin oluşturulması oldukça önemlidir. Temas veya inceleme modunda kurulabilir.
- **Ses Çubukları:** Ses çubuğu veya ‘steteskop’ sesleri arttırmak için bir kulak parçası takılı olan ahşap veya metalden yapılmış pahalı olmayan, basit bir çubuktur. Saha ekibi karayolu yüzeyi üzerinden veya doğrudan maruz kalan boru ve bağlantı parçaları üzerinden kaçık

sesini dinlemek için kullanır. Ses çubuğu, sıklıkla ilk olarak gürültü kaydedici korelatör tarafından belirlenen kaçak alanını doğrulamak için kullanılır.

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

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

➤ Çağrı Merkezi ve Arıza Yönetim Sistemi

Bir dağıtım sisteminde arızaların belli bir kısmı yüzeye çıkmaktadır. Yüze çıkkan bu arızalara müdahale edilme süresi sızıntı hacminin artmasında doğrudan etkilidir. Bu nedenle idarelerde rapor edilen arızaların hızlı bir şekilde yürütülmesi için gelen çağrıların alınması, ekiplerin yönlendirilmesi, arızaya daha kısa sürede müdahale edilmesi, arıza kayıtlarının detaylı bir şekilde tutulması ve analiz edilmesini kapsayan çağrı merkezi ve arıza yönetim sisteminin kurulması ve geliştirilmesi gerekir. Böylece arızalardan kaynaklanan sızıntı hacmi azaltılacak, ekip yönetimi daha etkin yapılacak ve verimlilik sağlanacaktır. Ayrıca çağrı merkezinin CBS ile entegrasyonunun sağlanması ile arızaların sayısal haritada analizi mümkün olacak, çevresel-işletme-şebeke fiziksel faktörlere göre de etki analizinin yapılması sağlanacaktır.

10. Su Kayıplarının Azaltmasının Fayda-Maliyet Analizi

Bir idare tarafından entegre izleme ve aktif sızıntı kontrolü stratejisinin uygulanması genellikle sadece operasyonel, finansal ve çevresel verimliliğin artmasını sağlamakla kalmayıp aynı zamanda kuruluş içinde derin bir davranış değişikliği için katalizör oluşturmaktadır.

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

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

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

Bu minvalde yukarıda zikredilen faydalar göz önüne alınarak analiz yapılması su kayıplarının azaltılmasının önemi ve kazanımlarının ortaya konulması için önem arz etmektedir.

11. Performans İzleme ve Hedef Tanımlama

Su kayıplarının yönetilmesi ve azaltılması yüksek maliyet oluşturan ve zaman alan süreçleri ve yöntemleri içermektedir. Bu yöntemlerin etkin bir şekilde uygulanması sistemdeki işletme, su kaynağı, enerji, finansal ve personel gibi bileşenlerin verimliliklerinin iyileştirilmesinde rol oynamaktadır. Bu etkinin analiz edilmesi ve izlenmesi için uygun performans göstergelerinin kullanılması gerekir. Bu göstergeler esas alınarak süreç içindeki değişimler (iyileşme veya kötüye gitme) izlenmeli ve bileşenler için en uygun hedefler tanımlanmalıdır. Bir idarenin su kayıp bileşenlerinin kapsamında performansının izlenmesinde aşağıdaki göstergeler kullanılmalıdır.

- **Alt yapı kaçak indeksi (ILI):** ILI göstergesi uluslararası literatürde performans analizinde kullanılan en temel göstergelerden biridir. Bu gösterge, sistemde yıllık toplam fiziki kayıpların, yıllık kaçınılmaz fiziki kayıplara oranı şeklinde hesaplanır. Yıllık kaçınılmaz fiziki kayıplar, IWA tarafından önerilen ve şebekenin fiziksel ve işletme faktörlerini (şebeke uzunluğu, servis bağlantı sayısı, özel mülkteki servis bağlantı uzunluğu ve sistem işletme basıncı) dikkate alan bir denklem ile hesaplanmaktadır. Yıllık toplam fiziki kayıp hacmi ise standart su dengesine göre hesaplanmaktadır. Bu göstergenin hesaplanması için idarede saha güncellemeleri yapılmış CBS veri tabanının olması ve işletme basıncının düzenli ölçülmesi ve izlenmesi gereklidir. ILI boyutsuz bir gösterge olup çıkan sonuca göre idareler en iyi sınıf (sınıf A), iyi sınıf (B), orta sınıf (C) ve kötü sınıf (D) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Sistemin yer aldığı sınıf, ekonomik koşullar, su kaynağı koşulları ve diğer alt yapı olanakları göz önüne alınarak bu göstergenin iyileştirilmesi için kısa-orta-uzun vadeli hedefler tanımlanmalıdır.
- **Ekonomik kaçak seviyesi (ELL):** Mevcut şebeke özellikleri, su kaynağı temin durumu (miktar, kalite, enerji tüketimi), su üretim maliyeti, su satış bedeli, personel ve teknik alt yapı durumu, mevcut su kayıp oranı gibi parametreler idareden idareye değişmektedir. Bu nedenle her bir idare için su kayıplarını azaltma hedefleri de farklılık gösterecektir. Bunun için sistemin mevcut koşulları ve özellikleri esas alınarak sızıntıların ekonomik olarak azaltılabileceği seviye tanımlanmalıdır. Bu hedef tanımlandıktan sonra hedefe ulaşmak için orta ve uzun vadede

yapılması gereken süreçler ortaya konulmalıdır. Böylece finansal, personel ve alt yapı açısından verimliliği esas alan yaklaşım ortaya konulmuş olacaktır. Ancak bu seviyenin tanımlanmasında, temel verilerin sistematik ölçümü, izleme sistemlerinin varlığı (CBS veri tabanı, SCADA izleme sistemi), su üretim maliyetlerin ve satış bedellerinin analiz edilmesi gereklidir.

- Süreç göstergelerinin hesaplanması: Su kayıp yönetimi dinamik bir süreçtir. Bu dinamik süreç içinde uygulanan yöntemlerin etkinliğinin bileşenler bazında izlenmesi gereklidir. Bu kapsamda analiz edilmesi gereken süreç göstergeleri şu şekilde verilebilir:
 - Sızıntı hacminin birim şebeke uzunluğu (litre/şebeke uzunluğu (km)/gün) ve birim servis bağlantı başına (litre/servis bağlantı sayısı/gün) hesaplanması ve izlenmesi
 - Arıza sıklık indislerinin izlenmesi: Ana hat için arıza sıklık indeksi (arıza sayısı/100km şebeke uzunluğu/yıl) ve servis bağlantıları için arıza sıklık indeksi (arıza sayısı/1000 servis bağlantı/yıl) hesaplanmalıdır. Bu indeks teknik olarak en düşük değeri göstermekte olup iyi şebeke koşullarında ana hatlarda (13 arıza/100km/yıl) ve servis bağlantılarında (3 arıza/1000 servis bağlantı/yıl) şeklinde önerilmiştir.
 - Su kayıp ve bileşenlerinin finansal etkilerinin analiz edilmesi ve izlenmesi
 - Sistemde uygulanan yöntemlere göre yıllık olarak bu göstergelerin hesaplanması ve izlenmesi

12. Su Tasarrufu Konusunda Halkı Bilinçlendirme Kampanyaları

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

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

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

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

13. Su Hizmeti Tarifeleri ve Su Tasarrufu

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

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

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