

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BASINÇ YÖNETİMİ İLE İÇMESUYU ŞEBEKE
KAYIPLARININ AZALTILMASI: SAKARYA ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Hüseyin CİNAL

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Nurtaç ÖĞLENİ

Haziran 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

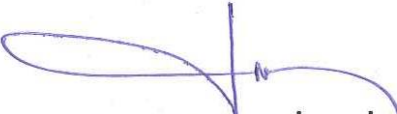
**BASINÇ YÖNETİMİ İLE İÇMESUYU ŞEBEKE
KAYIPLARININ AZALTILMASI: SAKARYA ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Çevre Müh. Hüseyin CİNAL

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 11/06/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Recep İLERİ
Jüri Başkanı


Prof. Lütfi SALTABAŞ
Üye


Yrd. Doç. Dr. Nurtaç ÖĞLENI
Üye

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİ VE SAKARYA İÇMESUYU İLETİM VE DAĞITIM SİSTEMİ.....	4
2.1. Su Kaynaklar.....	4
2.1.1. Su kaynaklarının sınıflandırılması.....	4
2.2. Suların İletilmesi.....	7
2.2.1. İsale hattı tipleri.....	7
2.3. İçmesuyu Dağıtım Sistemleri.....	9
2.3.1. Dal sistemi.....	9
2.2.2. Ağ sistemi veya çok gözlü dağıtım şebekesi	10
2.4. Sakarya'da İletim Hatları ve İçmesuyu Arıtma Tesisleri	11
2.4.1. I. isale hattı.....	11
2.4.2. II. isale hattı.....	12
2.4.3. III. isale hattı.....	13
2.4.4. İçmesuyu arıtma tesisleri.....	14

2.4.4.1. Maltepe içmesuyu arıtma tesisi.....	15
2.4.4.2. Aktarla içmesuyu arıtma tesisi.....	16
2.4.4.3. Hacımercan içmesuyu arıtma tesisi.....	16
2.4.4.4. Kanlıçay içmesuyu arıtma tesisi.....	16
2.4.4.5. Kırkpınar içmesuyu arıtma tesisi.....	16
2.5. Sakarya İçmesuyu Dağıtım Sistemi.....	17

BÖLÜM 3.

SU KAYIPLARI.....	19
3.1. Su Kayıplarının Tanımı.....	19
3.2. Su Kayıplarının Nedenleri.....	20
3.3. Su Kayıplarını Etkileyen Faktörler.....	22
3.3.1. Ana boru sızıntıları.....	22
3.3.2. Abone borusu sızıntıları.....	26
3.3.3. Şebeke sistemi basıncı.....	26
3.3.4. Yangın suyu.....	27
3.3.5. Yeşil alan sulamaları.....	27
3.3.6. Tahliyeler.....	27
3.3.7. Sabit fiyat ödeyen aboneler.....	28
3.3.8. İzinli ölçülmeyen tüketimler.....	28
3.3.9. Sayaç ölçüm hataları.....	28
3.3.10. Kaçak su kullanımları.....	29

BÖLÜM 4.

BASINÇ YÖNETİMİ.....	31
4.1. Basınç Yönetiminin Tanımı.....	31
4.2. Basınç Kontrol Yöntemleri.....	31
4.3. Basıncı Düzenlenecek Bölgenin Belirlenmesi.....	32
4.4. Kontrol Sistemleri.....	33
4.5. Bölgesel Ölçüm Alanları Oluşturma.....	34
4.5.1. Bölgesel ölçüm alanlarının boyutu.....	34
4.5.2. Bölgesel ölçüm alanı sınırlarının basınca göre ayarlanması ...	35
4.5.3. Sistem basıncı ve su tüketimine etkileri.....	38

4.6. Şebekede Sızıntı Kontrolü.....	39
4.6.1. Sızıntı miktarının hesabı.....	40
4.7. Basınç Düzenleyici Vanalara Genel Bakış.....	42
BÖLÜM 5.	
MATERYAL METOD	45
5.1. Çalışma Bölgesi	45
5.2. Ekipman.....	47
5.2.1. Debimetre.....	48
5.2.2. Basınç düzenleyici vana	48
5.2.3. Kontrol ünitesi.....	48
5.2.4. Haberleşme cihazı	48
5.2.5. İçmesuyu şebeke borusu	49
5.2.6. Manometre	49
5.2.7. Programlar	49
5.3. Metot.....	49
5.3.1. Birinci aşama mevcut durumun tespiti.....	50
5.3.2. İkinci aşama çıkış basıncının sabit ayarlanması.....	50
5.3.3. Üçüncü aşama çıkış basıncının iki zamanlı ayarlanması.....	50
5.3.4. Dördüncü aşama çıkış basıncının debi kontrollü ayarlanması	51
BÖLÜM 6.	
BULGULAR	54
6.1. Mevcut Durum.....	54
6.2. Basıncın Sızıntıya Etkisi.....	54
6.2.1. Birinci aşama mevcut durumun tespiti.....	57
6.2.2. İkinci aşama çıkış basıncının sabit ayarlanması.....	58
6.2.3. Üçüncü aşama çıkış basıncının iki zamanlı ayarlanması.....	60
6.2.4. Dördüncü aşama çıkış basıncının debi kontrollü ayarlanması	63
6.3. Basıncın Abonede Servis Kalitesine Etkisinin Değerlendirilmesi	67

BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	74

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma sırasında katkılarından ve yönlendirilmelerinden dolayı değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Nurtaç ÖĞLENI'ye teŐekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın uygulama olarak hayata geçmesinde kurumsal desteğini esirgemeyen ADASU Genel Müdürü Dr. Rüstem KELEŐ'e, İçmesuyu Dairesi Başkanı Dr. Recep KILIÇ'a, özverili çalışmalarından dolayı İnşaat Teknikeri Fatih GÜVEN'e teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Hüseyin CİNAL

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AÇB	: Asbest çimentolu boru
ADASU	: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi
CBS	: Coğrafi bilgi sistemi
CTP	: Cam takviyeli plastik boru
ÇB	: Çelik boru
g	: Yerçekimi ivmesi
GSM	: Mobil iletişim için küresel sistem
h	: Boru içi ile dışı arasındaki basınç farkı
HDPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen
H _m	: Pompa basma yüksekliği
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
L	: Uzunluk
l	: Litre
m	: metre
m ³	: metreküp
N _m	: Pompa gücü
PN	: Basınç sınıfı
Q	: Debi
Q _L	: Teorik sızıntı deşarjı
S	: Sızıntı alanı
s	: Saniye
TL	: Türk Lirası
TS	: Türk Standardı
V	: Hacim
Ø	: Çap
μ	: Deşarj katsayısı

BBK	: Beklenen bağlantı kayıpları
BÖA	: Bölgesel ölçüm alanları
EGK	: Evsel gece kullanımı
İKNB	: İstenen kritik nokta Basıncı
KNMB	: Kritik nokta maksimum basıncı
KNMİB	: Kritik nokta minimum basıncı
MDİB	: Maksimum debide istenen basınç
MGD	: Minimum gece debisi
MİDİB	: Minimum debide istenen basınç
SAVB	: Sabit çıkışlı ayarlanan BDV basıncı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Su kaynaklarının şematik gösterimi.....	5
Şekil 2.2.	Su çevrimi.....	7
Şekil 2.3.	Cazibeli isale hattı.....	8
Şekil 2.4.	Terfili isale hattı şematik gösterimi.....	8
Şekil 2.5	a. Dal ve ağ şebeke sistemleri b. Ana besleme borusundan su alan ağ şebeke sistemi c. Besleme halkası teşkil edilmiş ağ şebeke sistemi.....	10
Şekil 2.6.	I. İsale hattı.....	12
Şekil 2.7.	II. İsale hattı.....	13
Şekil 2.8.	III. İsale hattı.....	14
Şekil 2.9.	Maltepe İçmesuyu artıma Tesisi basınçlı kum filtreleri.....	15
Şekil 3.1.	Yer mikrofonu ile yapılan çalışma örneği.....	24
Şekil 3.2.	Sızıntı tespit çalışmalarında kullanılan korelatör cihazı.....	25
Şekil 4.1.	Sistemde oluşan kısa süreli değişimlere tipik bir örnek.....	34
Şekil 4.2.	Şebekenin basınç düzenleyici vana kullanılarak ayrılması.....	36
Şekil 4.3.	Düzenleme yapılmamış basınç bölgesi.....	37
Şekil 4.4.	Basınç bölgesinin yeniden düzenlenmesi.....	37
Şekil 4.5.	Basınç bölgelerinin birbirinden ayrılması ve şebekede çapraz geçişler.....	38
Şekil 4.6.	Kritik noktada günlük muhtemel basınç değişimleri.....	43
Şekil 4.7.	Kritik nokta piyozometre çizgisi.....	43
Şekil 5.1.	Adapazarı şehir merkezi uydu görüntüsü	45
Şekil 5.2.	Çalışma bölgesinin uydu görüntüsü	46
Şekil 5.3.	Şebekenin uydu görüntüsü üzerine yerleştirilmesi	47
Şekil 5.4.	Çalışılan pilot bölge için debi ve basınç ilişkisi.....	53
Şekil 6.1.	Basınç kontrol testi	55

Şekil 6.2.	Birinci Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği	58
Şekil 6.3.	Birinci Hafta şebekeye verilen suyun grafiği	58
Şekil 6.4.	İkinci Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği	59
Şekil 6.5.	İkinci Hafta şebekeye verilen suyun grafiği	59
Şekil 6.6.	Birinci Hafta ile İkinci Haftanın debilerinin karşılaştırması	60
Şekil 6.7.	Üçüncü Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği	61
Şekil 6.8.	Üçüncü Hafta şebekeye verilen suyun grafiği	61
Şekil 6.9.	Birinci Hafta ile Üçüncü Haftanın debilerinin karşılaştırması	62
Şekil 6.10.	İkinci Hafta ile Üçüncü Haftanın debilerinin karşılaştırması.....	62
Şekil 6.11.	Dördüncü Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği	63
Şekil 6.12.	Dördüncü Hafta çıkış basıncı	64
Şekil 6.13.	Dördüncü Hafta şebekeye verilen suyun grafiği	64
Şekil 6.14.	Birinci Hafta ile Dördüncü Haftanın debilerinin karşılaştırılması.	65
Şekil 6.15.	İkinci Hafta ile Dördüncü Haftanın debilerinin karşılaştırılması...	65
Şekil 6.16.	Üçüncü Hafta ile Dördüncü Haftanın debilerinin karşılaştırılması	66
Şekil 6.17.	Kritik noktada çalışma boyunca ölçülen basınç.....	67
Şekil 6.18.	Kritik nokta basıncının değiştiği zamanlar.....	68
Şekil 6.19.	Kritik noktada ölçülen basıncın haftalara göre karşılaştırması.....	68
Şekil 6.20.	22/01/2009 tarihinden 18/02/2009 tarihine kadar ölçülen basınç ve debi değerleri.....	69

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Su bütçesi.....	6
Tablo 2.2.	Arıtma tesisleri ve kapasiteleri.....	17
Tablo 2.3.	İlçelere göre şebeke uzunlukları.....	18
Tablo 3.1.	Sızıntı ve patlağın genel özellikleri.....	23
Tablo 4.1.	Sağlanması gereken servis basıncı kriterleri.....	39
Tablo 4.2.	Değişik çaplarda bir orifisten oluşacak sızıntı miktarı.....	41
Tablo 4.3.	Sızıntı miktarına göre su verilebilecek yaklaşık nüfus.....	41
Tablo 5.1.	Çalışma bölgesindeki boruların çap ve uzunlukları	46
Tablo 5.2.	Basıncın ayarlandığı zaman aralıkları	50
Tablo 5.3.	Kontrol ünitesine girilen debi ve basınç değerleri.....	52
Tablo 6.1.	Çalışma bölgesine verilen su miktarı	54
Tablo 6.2.	Sızıntı hesaplama parametreleri	55
Tablo 6.3.	Gece debisi için referans alınan veriler	56
Tablo 6.4.	Normal gece kullanımının tahmini	56
Tablo 6.5.	68 m’de su kayıplarının tahmin edilmesi	56
Tablo 6.6.	Sızıntı değerlendirmesi	57
Tablo 6.7.	Çalışma aşamalarının karşılaştırması	66

ÖZET

Anahtar kelimeler: Su Talebi Yönetimi, Minimum gece debisi, Su kaybı, Basınç yönetimi, Sızıntı kontrolü,

Su kaynaklarının yönetimi nüfusun ve kentleşmenin artışına paralel olarak daha da önemli bir hal almıştır. Su kaynaklarının geliştirilmesi olarak tabir edilen geleneksel yaklaşımlar sürdürülebilirliğini kaybetmektedir. İçmesuyu şebekesinde verimin artırılması, bu yolla su talebinin azaltılmasının hedeflendiği su talep yönetimi (STY) yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Basınç yönetimi ile sızıntı kontrolü bu yöntemlerden birisidir.

Basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması amacıyla Adapazarı şehir merkezinde şebekenin genelini temsil edebilecek nitelikte bir bölge pilot uygulama alanı olarak seçilmiştir. Seçilen bölgede 2440'ı konut olmak üzere yaklaşık 3000 abone bulunmaktadır. Şebekede belirli vanalar kapatılarak suyun tek bir noktadan temin edileceği kapalı bir sistem oluşturulmuştur. Su girişinin olduğu yere debimetre ve basınç düzenleyici vana (BDV) yerleştirilmiş, BDV kontrol ünitesi vasıtasıyla kontrol edilmiştir. Birer haftalık periyotlar halinde sistemde basınç kontrol uygulamaları yapılmıştır. Şebekede görülen normal işletme basıncı 64–72 m arasındadır. Basınç önce 48 m'ye, sonra ise gece 00:30–07:30 arasında 41 m'ye düşürülmüştür. Son aşamada ise şebekeye verilen debiye orantılı olarak basınç 41 m ile 52 m arasında olacak şekilde ayarlama yapılmıştır. Sistem tam açık durumda kayıp %38'dir. Basınç değişimlerine paralel olarak şebekede oluşan minimum gece debisinde (MGD) %27–34, temin edilen suda %18–21 azalma sağlanmıştır. Kayıp oranında ise %21'e kadar azalma olduğu görülmüştür. Çalışma boyunca uygulamadan en fazla etkilenecek abonede basınç kayıt altına alınmıştır. Bu abonede servis kalitesinde herhangi bir olumsuzluk görülmemiştir. Basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması su idarelerinin yararına olacaktır. Bu sayede şebeke daha etkin yönetilecektir.

REDUCTION OF DRINKING WATER NETWORK LOSSES BY PRESSURE MANAGEMENT: SAKARYA CASE STUDY

SUMMARY

Key Words: Water demand management, Minimum night flow, Water loss, Pressure management, Leakage control

Water resources management has gained importance in parallel with the increase in population and urbanization. The traditional approaches of resource development are now considered as unsustainable. Water Demand Management (WDM) has appeared as a new approach, the aim of which is to improve the efficiency of water supply network and thus to decrease water demand. Leakage controls by pressure management are some of the WDM strategies.

Pressure management and reduction of water losses in the city of Adapazari may represent the general nature of the network in an area is chosen as the pilot application areas. There are approximately 3000 subscribers in the selected region that 2440 of them domestic. Certain valve in the network by closing a single point of water to obtain a closed system has been established. Water input to the flow meter and pressure regulator valve (PRV) is placed, PRV has been controlled through the control unit. In one-week period were made in the system of pressure control applications. the normal operating pressure is between 64-72 m on the network. Pressure was firstly reduced to 48 m, and then was reduced to 41 m in the night between 00:30-07:30. In the final stage of the network data flow is proportional to the pressure to be between 41 m and 52 m has been set. When the system was fully open water loss is % 38. Pressure changes in the network occur in parallel in the minimum night flow (MNF) 27-34%, 18-21% decrease from the water is provided. Loss rate ise reduced op to % 21. During the application pressure recorded where will be affected the most. This is a subscription service quality seen any negativity. Reduction of water loses in water network by pressure management will be benefit for water administrations. So that the network will be managed more efficiently.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyada yaklaşık 1,36 milyon km³ su bulunmaktadır. Yeryüzündeki suyun aşağı yukarı tamamına yakın kısmı (% 95,5) tuzlu sudur ya da buzullardadır (% 2,2). Dolayısıyla dünyadaki kullanılabilir suyun miktarı ancak (% 2,3) civarındadır. Bu suyun tamamı da toprakta ve toprak altında bulunmaktadır. Yani, 13000 km³'ü göl ve bataklıklarda, 13000 – 15000 km³'ü atmosferde, 4000 km³'ü toprak altındadır. Yılda 100000 km³ su ırmaklar aracılığı ile deniz ve okyanuslara doğru akmaktadır.

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,3 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Gelecek 50 yılda dünya nüfusunun % 50 artacağı dikkate alındığında, 2050 yılı itibarıyla 4,2 milyar insanın, kişi başına 50 l su ihtiyacını karşılayamayacak ülkelerde yaşayacağı gerçeği endişelere neden olmaktadır.

Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir su yıllık 1735 m³ olup, su potansiyelimiz de 3690 m³'dür. Kişi başına düşen kullanılabilir su varlığı bakımından dünya ile karşılaştırıldığında dünya ortalamasının altında kalmaktadır. Dolayısı ile “ su zengini” olarak bilinen ama aslında “su fakiri” olmaya doğru giden Türkiye’de, ciddi maliyetlerle temin edilip artırılarak insanların kullanımına sunulan içmesuyu, kullanıcıların yeterince bilgilendirilmemesi ve/veya bilinçsiz tüketim anlayışı ile gittikçe azalmaktadır.

Suyun az bulunan bir değer olarak, önem kazandığı her yerde, suya olan ihtiyaç gün geçtikçe artmakta ve bu talebi karşılayabilmek için de büyük maliyetlerle, uzaklardan su getirilmesi (havzadan havzaya aktarımı) çalışmaları maliyetlerin artmasına dolayısıyla da suyun fiyatının artmasına yol açmaktadır [1].

Su kaynaklarının boşa harcanmadan verimli bir şekilde halkın ihtiyacına sunulması, suyun işletilmesinde en büyük amaçtır. Şebekelerdeki su kayıpları, su kaynaklarının

boşa harcanmasına sebep olan faktörlerden biri olup ülkemizde olduğu kadar diğer ülkelerde de üzerinde önemle durulan araştırma konularından biridir [2].

Su kaybının tanımı en basit olarak, şebekeye verilen su ile abonenin kullandığı su arasındaki fark olarak yapılabilir. Su kayıpları, borulardaki su sızıntılarından, izinsiz bağlantılardan ve yanlış kayıt yapan su sayaçlarından oluşmaktadır. Su kaybını oluşturan bu üç elemandan su sızıntıları, borulardaki çatlaklardan, vana bağlantı yerlerinden ve bina içindeki musluk sızıntılarından oluşmaktadır. Su dağıtım boruları genel olarak toprağın altında gömülü olduğundan çatlaklardaki su sızıntıları gözle kolayca görülememekte ve dolayısıyla su sızıntılarının tespit edilmesi de çok zor olmaktadır.

Dünyada şebekedeki su sızıntıları ve kayıpları ile ilgili çalışmalar 1930'lu yıllarda başlamış ancak birim su maliyetlerinin önemli boyutlara yükselmesinden sonra (1970'li yıllar) bu konu daha da önem kazanmıştır. Günümüzde su kaynakları bir taraftan evsel ve endüstriyel atık sularla kirletilirken diğer taraftan büyük zahmet ve masraflarla temin edilen su, kullanıcılara ulaşmaya kadar zayi olmaktadır.

Su kaybının sıfır olduğu bir su şebeke sistemi mevcut değildir. Su kayıpları ve şebekedeki sızıntıların bu günkü teknoloji ile tamamen önlenmesi imkansızdır. Bir şehirde yaklaşık % 10 oranında su kaybı normal sayılabilmektedir. Dünyadaki birçok büyük şehirde % 50'ye ve hatta daha yüksek oranlara ulaşan su kayıpları olduğuna dair veriler bulunmaktadır. Türkiye'de ülke genelinde % 45 oranında su kaçağı olduğu tahmin edilmektedir. Mahalli İdareleri Genel Müdürlüğü'nün belediyelerin beyanları esas alınarak topladığı verilere göre Adapazarı merkezde su kayıp oranı % 26 ile %32 arasındadır [3].

Son yıllarda suyun birim maliyetinin yüksek olması, su rezervlerinin azalması ve bazı Büyükşehirlerde su sıkıntısının baş göstermesinden dolayı, üretilen suyun maksimum seviyede kullanıcıya ulaştırılması hedeflenmektedir. Bu yüzden bazı firmalar bu tür çalışmalar katkıda bulunmuş su sızıntılarını önleme ve tespitine yönelik bazı cihazlar üretmeye başlamışlardır [4].

Sakarya ilinde Büyükşehir Belediyesi kurulmasıyla büyükşehir belediyesi sınırları içindeki tüm su ve kanalizasyon hizmetleri Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ADASU) tarafından vermeye başlanmıştır. Adapazarı Şehir merkezi i mesuyunu Sapanca Gölü'nden sağladığından suyun birim maliyeti yüksektir.

Bu amaçla, Şehir merkezinde, su kayıpları ve Şebekedeki tespit edilmesi oldukça zor olan sızıntıların  nlenilmesi amacıyla Şebekedeki basıncın kontrol altına alındığı bir çalışma yapılmıştır. Basıncı kontrol yöntemi olan basıncı yönetimi ile Şebekedeki mevcut basıncı ile karşılaştırma yapılarak su kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2. SAKARYA İÇMESUYU TEMİN, İLETİM VE DAĞITIM SİSTEMİ

2.1. Su Kaynakları

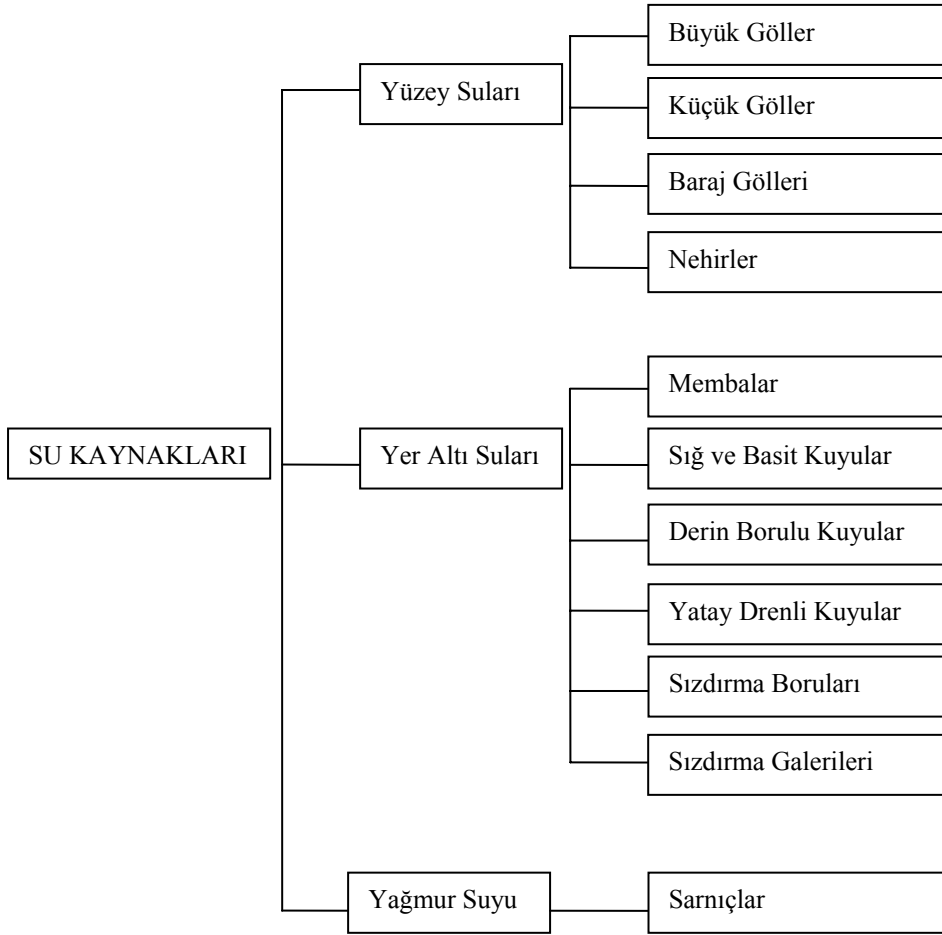
Yer küresinde yaklaşık $1,36 \times 10^9$ km³ su bulunmaktadır. Bunun takriben % 97'si okyanuslarda, % 3'ü de göller, nehirler ve yer altı su yataklarında bulunur. Su temini açısından en değerli sular atmosferde oluşan yağışla yer üstü ve yer altında bulunan tatlı sulardır. Yer küresinde bulunan suların en önemli kaynağı yağmurlardır. Başlangıçta yeterli gelen kaynak suları ihtiyaçların günden güne artması sonucu yeterli gelmemeye başlamış ve toplumlar daha elverişsiz kaynaklara yönelmek zorunda kalmışlardır. Bugünkü durumda deniz suları dahil olmak üzere bütün su kaynakları toplumların içme ve kullanma ihtiyacı için düşünülmektedir (Kuveyt, Suudi Arabistan ve Libya'da deniz suyundan tatlı su elde edilmektedir.). yeryüzünden temine edilebilecek suyun miktarı ve su bütçesi Tablo 2.1'de verilmiştir.

2.1.1. Su kaynaklarının sınıflandırılması

Yerleşim yerleri için su kaynakları iki ana grupta incelenebilir:

1. Yer altı su kaynakları
2. Yer üstü su kaynakları

Bu gruplar da kendi aralarında kısımlara ayrılabilir. Bu ayrımlar da göz önünde tutularak yerleşim merkezlerinin su ihtiyacını temin edebilecek su şekil 2.1'de şematik olarak gösterilmiştir.

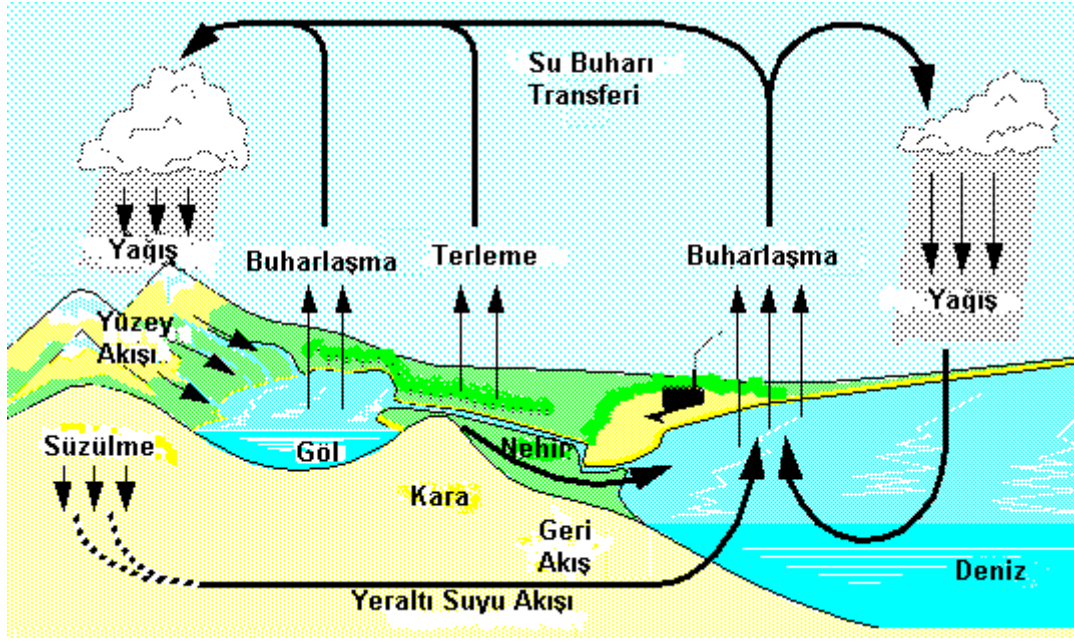


Şekil 2.1. Su kaynaklarının şematik gösterimi

Kalite bakımından en uygun su kaynağı memba ve yer altı sularıdır. Şekil 2.2’de su çevrimi gösterilmiştir [5].

Tablo 2.1. Su Bütçesi

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



Şekil 2.2 Su çevrimi

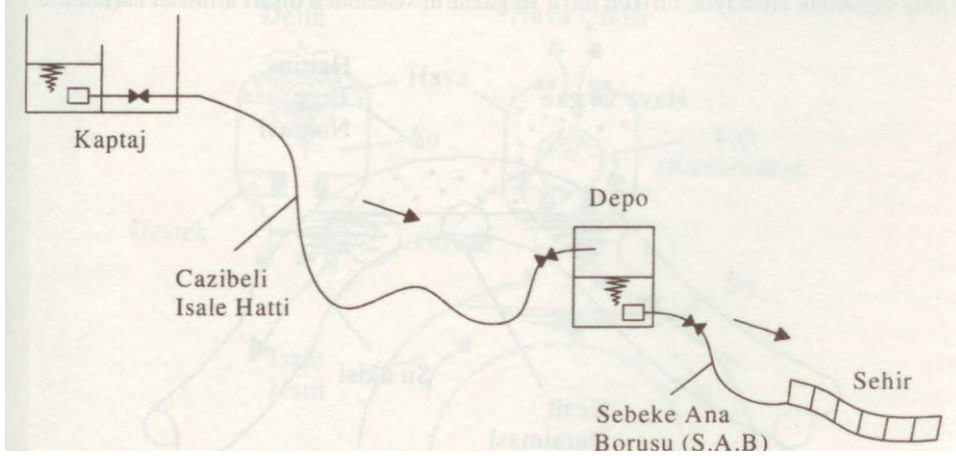
2.2. Suların İletilmesi

Suyun temin edileceği kaynak seçildikten sonra sıra kaynaktan derlenen suların ihtiyaç bölgesine taşınmasına gelir. Kaynaktan alınan suyu depo ya da hazneye taşıyan boru hattına isale (iletim) hattı denir. Bir isale hattında, hattın işletilmesine göre; geri tepme klepesi, tahliye vanası, tevkif vanası (kapama veya kesme), vantuz, maslak ve hava kazanı gibi işletme elemanları yer almaktadır.

2.2.1. İsale hattı tipleri

İsale hatları akımın şekline göre serbest yüzeyli isale hatları ve basınçlı isale hatları olmak üzere iki grupta incelenir.

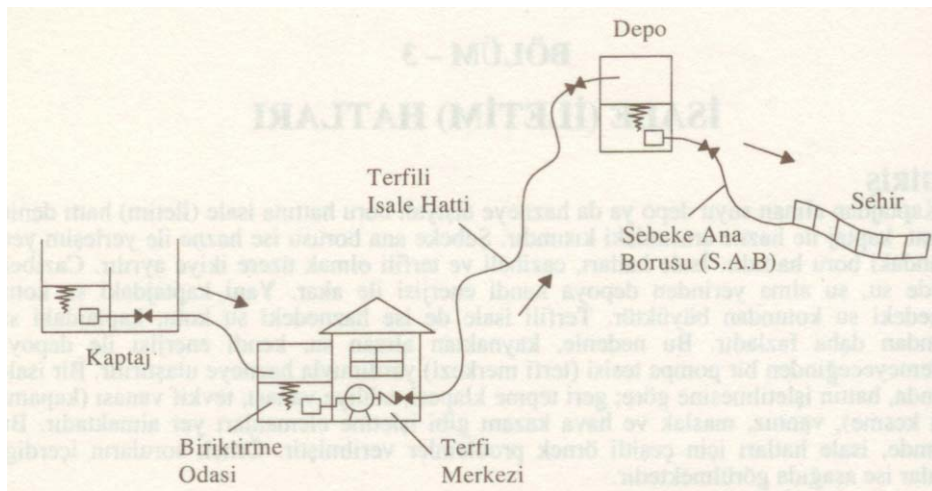
Basınçlı boru ve pompaların bulunmadığı zamanlarda sular mecburi olarak serbest yüzeyli olarak iletildi. Akadükler bu sebeple inşa edilmişlerdir. Bugün için bu tip bir mecburiyet yoktur.



Şekil 2.3 Cazibeli isale hattı

Basınçlı isale hatları, cazibeli ve terfilî olmak üzere ikiye ayrılır. Cazibeli isalede su, su alma yerinden depoya kendi enerjisi ile akar. Yani kaynaktaki su kotu, haznedeki su kotundan büyüktür. Şekil 2.3'de cazibeli isale hatları için örnek profil görünmektedir.

Terfilî isalede ise haznedeki su kotu, kaynaktaki su kotundan daha fazladır. Bu nedenle, kaynaktan alınan su, kendi enerjisi ile depoya iletilemeyeceğinden bir pompa tesisi (terfi merkezi) yardımıyla hazneye ulaştırılır. Terfilî isale hatlarının şematik gösterimi şekil 2.4'de görülmektedir [5, 6].



Şekil 2.4 Terfilî isale hattı şematik gösterimi

2. 3. İçmesuyu Dağıtım Sistemleri

Meskun bölgeye su bir boru ağı ile dağıtılır. İsale hattı ile haznelere getirilen suyu sarfiyat yerlerine dağıtan boru sistemine içmesuyu şebekesi adı veriler. Su şebekesi, su tesislerinin hazneden sonra gelen parçasını oluşturur. Şebeke ile hazne arasında su dağıtmayan ve ana boru ismini alan bir boru bulunur. İskan durumuna göre boruların teşkil ettiği sistem birbirinden farklı olur. Buna göre iki ayrı su dağıtma sistemi ortaya çıkar: Dal sistemi ve ağ sistemi. Aşağıda bu iki sistem fayda ve mahzurlarına göre birbiriyle karşılaştırılmaktadır [5].

2.3.1. Dal sistemi

Bu sistemde borular bir ağacın dalları gibi birbiriyle birleşmeden meskun bölge içinde dağılmıştır. Daha ziyade şehirlerin sahil kesimlerinde, yamaç ile deniz arasında sıkışıp kalmış alanlarda veya kenar semtlerde, ana cadde ve sokakları takip eden şeritvari iskan bölgelerinde söz konusu olur. Buralarda sokaklar birbiri ile kesişmediğinden, boruların birleşerek ağ teşkil etmesi mümkün olmamıştır. Bu sistemin faydaları şunlardır;

- Hidrolik durum açıktır ve sistemin hesabı kolaydır.
- Boru çapları ve uzunlukları daha küçük olduğundan sistem daha ekonomiktir.

Sistemin mahzurları ise şu şekilde sıralanabilir;

- Boruların uç noktaları hem fiziki bakımdan hem de hesap bakımından ölü noktalardır. Yani buralara kadar su tamamen dağılmış olduğundan debi sıfır değerine düşmüştür. Bu sebeple hızlar çok küçük olup yabancı maddeler sudan ayrılarak çökeler. Aynı sebepten dolayı da suyun özelliği bozulabilir.
- Bir boru kırılması veya tamiri halinde bu borulardan su alan bütün bölgeler susuz kalır.
- Sistemde bir yönlü akım mevcuttur. Yeni bölgelerin ilavesi halinde basınçlar çok düşebilir.

2.3.2. Ağ sistemi veya çok gözlü su şebekesi

Bu sistemde bütün borular birbirleriyle birleşmiş olup hiçbir fiziki ölü nokta mevcut değildir (Şekil 2.5 b ve c). Su herhangi bir noktaya birden fazla yönden ulaşabilir.

Üstünlükleri;

- Su çeşitli yönlerden akma imkanına sahip olup ölü bölgeler ve yavaş akımlar teşkil etmez.
- Boru kırılmaları veya tamiri halinde bu borunun beslediği bölge başka bir taraftan su alabilir.
- Su sarfiyatında büyük değişimler olmasının dal sistemine göre daha az tesiri olur. Yani bu sistemin daha fazla işletme esnekliği mevcuttur.

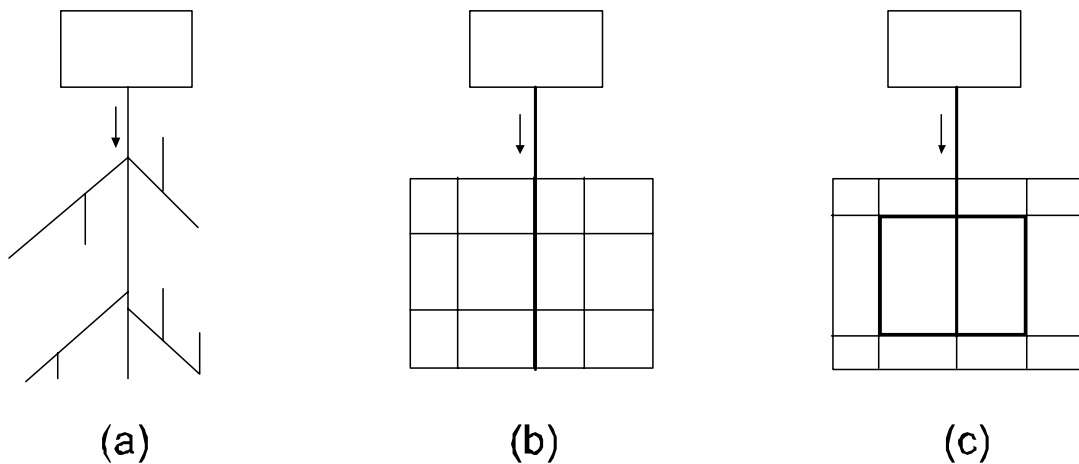
Mahzurları;

- Hidrolik hesabı daha karışıktır.
- Daha fazla boru ve boru ek parçasına ihtiyaç vardır.

Ağ sisteminde bir şebeke, bir ana besleme borusundan su alacak şekilde düzenlenebileceği gibi, bu maksatla bir halka da teşkil edilebilir (Şekil 2.5b. ve c).

Bir ana şebeke besleme halkasından çıkan bir ağ sistemi şehir gelişirken basınçların fazla değişmesini önler. Bu boru sistemi şehrin iş ve endüstri bölgesinde yer alır.

Ağ sistemli bir şebekede fiziki ölü nokta yoksa da, suyun tamamen dağılması sebebiyle, debinin sıfır olduğu fiktif (zahiri) ölü noktalar mevcuttur [7].



Şekil 2.5 a. Dal şebeke sistemi b. Ana besleme borusundan su alan ağ şebeke sistemi c. Besleme halkası teşkil edilmiş ağ şebeke sistemi

2.4. Sakarya'da İsale Hatları ve Arıtma Tesisleri

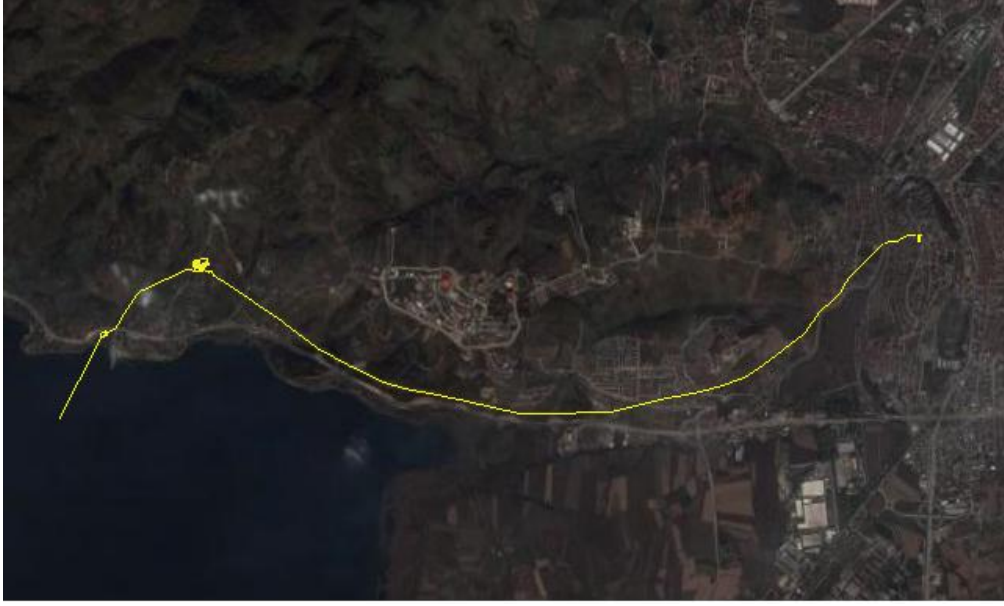
Adapazarı Merkez, Erenler, Serdivan, Arıfirye, Hanlı, Güneşler, Kazımpaşa, Yazlık Belediyeleri ve yakın çevresinin içme ve kullanma suyu Sapanca Gölü'ne dayalı sistemden sağlanmaktadır. Ayrıca Bekirpaşa ve Nehirkent Belediyelerine yaz aylarında bu sistemden takviye yapılmaktadır. Yapımı devam eden Gölkent Projesi ile Ferizli, Söğütlü, Sinanoğlu ve Gölkent Belediyeleri sisteme dahil edilerek bu sistemden beslenecektir.

Sisteme ham su Sapanca Gölü kuzey sahilinin (Esentepe Mevkii) 1000 m açığından alınmakta, kıyıda Esentepe depolarına terfi edildikten sonra cazibeli olarak Maltepe'ye iletilmekte, burada arıtıldıktan sonra şehir merkezine dağıtılmakta, yüksek noktalar için ayrıca terfilenmektedir. Serdivan ve Korucuk yerleşimlerinde arıtmadan sonra 4 kademe terfi yapılan bölgeler bulunmaktadır.

Sakarya'da Çark Suyu'ndan alınan ham suyun Malmüdüğü tepesinde inşa edilen dinlenme havuzlarına terfi edilmesi ve 1000 m³'lük gömme depoya verilmesi, bu depodan da şebekeye bağlantısını sağlayan ilk tesis 1956 yılında tamamlanmıştır. Bu tesisler 1967 yılında da tevsii edilerek ihtiyacın karşılanmasına çalışılmıştır. Ancak, Çark Suyu'nun kirlenmesi ve yetersiz kalması sonucunda suyun Sapanca Gölü'nden temin edilmesi gerekmiştir.

2.4.1. I. isale hattı

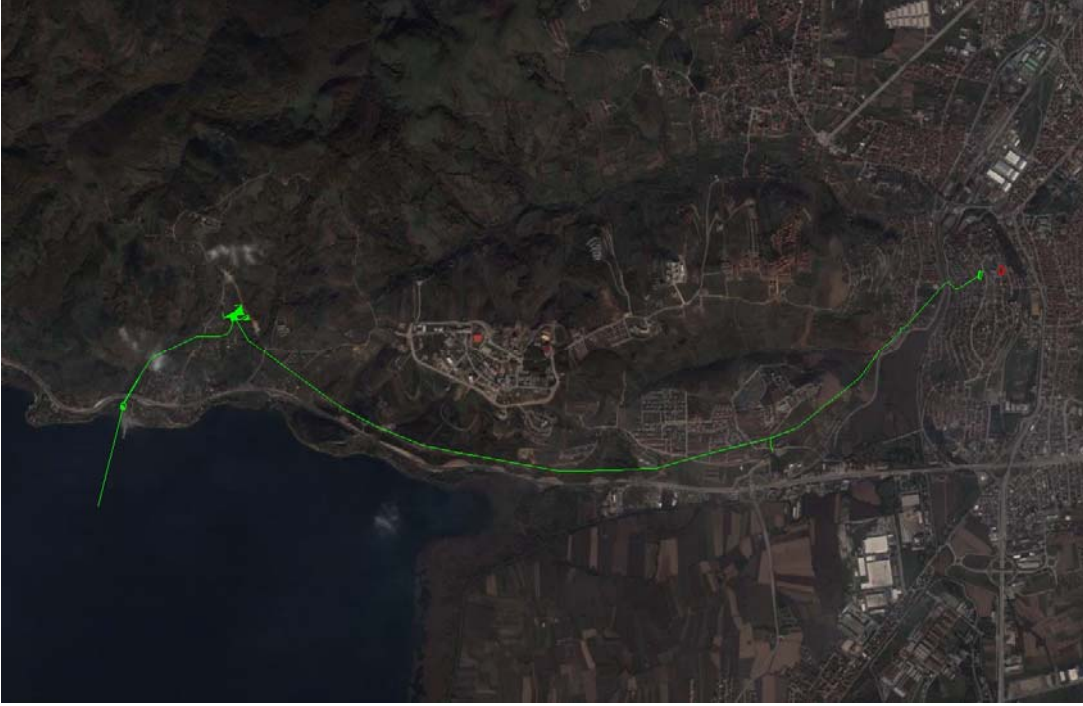
İlk tesis 1974 yılında işletmeye alınmıştır. Q=600 l/s'lik debi Sapanca Gölü'nün 18.00 m kotundan L=760 m boyunda Ø 750 mm'lik çelik boru ile alınmakta ve kıyıda açılan 10 m çaplı kesona sifon yapılmaktadır. Bu keson üzerine monte edilen düşey milli motopomplar (Q=200 l/s, H_m=104 m, N_m=315KW-3 asil 1 yedek olmak üzere) vasıtasıyla L=1022 m uzunluğundaki Ø 750 mm çelik boru (ÇB) terfi hattıyla 118 m kotlu V=1250 m³ hacimli depoya terfi edilmektedir. Buradan L=7536 m uzunluğundaki Ø 700 mm'lik asbest çimentolu boru (AÇB) ve ÇB isale hattıyla cazibeli olarak Maltepe'deki 99 m kotlu V=5000 m³'lük betonarme gömme depoya iletilmiştir.



Şekil 2.6. I. isale hattı

2.4.2. II. isale hattı

Adapazarı nüfusunun son dönemde hızla artmasına paralel olarak ticaret ve sanayinin büyük gelişme göstermesi su ihtiyacının da önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak üzere yukarıda özellikleri belirtilen tesise paralel olarak 24.10.1983 tarihinde onaylanan projeye göre yeni bir tesis daha yapılmıştır. Bu defa 1200 l/s debi elektro motopomplar ($Q=200$ l/s, $H_m=104$ m, $N_m=315$ KW-6 asil 2 yedek olmak üzere) vasıtasıyla $L=1022$ m uzunluğunda \varnothing 1200 mm'lik ÇB terfi hattıyla $V=1250$ m³'lük depoya aynı kotta inşa edilen 5000 m³'lük depoya terfi edilmektedir. 5000 m³'lük ana depodan da mevcut isale hattına paralel döşenen $L=7666$ m \varnothing 1200 mm'lik AÇB isale hattıyla cazibeli olarak 700 m³'lük Maltepe İçmesuyu Arıtma Tesisi ham su deposuna iletilmektedir. Ham su deposundan alınan su, basınçlı kum filtreleri vasıtası ile arıtıldıktan sonra $V=15000$ m³'lük depoya iletilmektedir. İsale hattının genel görünümü Şekil 2.7'de görülmektedir.

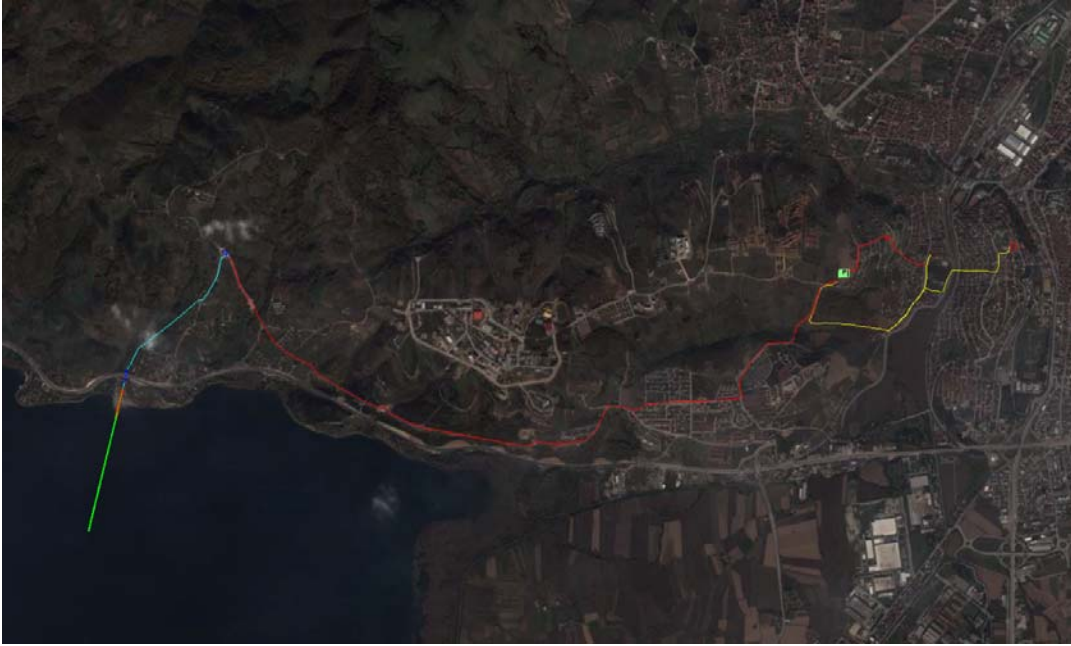


Şekil 2.7. II. İsale hattı

2000 yılında Sakarya’da büyükşehir kurulmasıyla birlikte kanun gereği Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ADASU) kurulmuştur. ADASU’nun faaliyete geçmesiyle birlikte büyükşehir sınırları içindeki tüm su ve kanalizasyon tesislerinin inşası, bakımı ve işletmesini devir alınmıştır. Bu hattan branşmanla Serdivan ve Arifiye’ye su verilmekteydi. ADASU’ya devirden sonra 2003 yılı Ağustos ayından itibaren sadece ikinci isale hattından ham su alınmaya ve birinci isale hattı arıtılmış su için geri dönüş hattı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Böylece Serdivan, Arifiye, Beşköprü, Üniversite ve Esentepe’ye arıtılmış su sağlanmıştır.

2.4.3. III. isale hattı

Üçüncü isale hattı ise Adapazarı’nın 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre $Q=3500$ l/s’lik su ihtiyacını Sapanca Gölü’nden karşılayacak şekilde planlanmıştır. Yapımı devam eden yeni bir projedir. Bitirilmesiyle birinci ve ikinci isale hatları yedek olarak kullanılacaktır. Bu tesiste aşağıdaki üniteler yer almaktadır.



Şekil 2.8. III. İsale hattı

İsale hattı, Göl içerisine döşenen $L=1176$ m uzunluğunda $\varnothing 1600$ mm cam takviyeli plastik borulu (CTP) su alma hattı (2 asıl 1 yedek), göl kıyısında $Q= 300$ l/s, $H_m=150$ m, $N_m= 600$ KW özelliğe sahip 12 adet elektro motopomp bulunan terfi merkezi, Esentepe-Serdivan arası $L= 6602$ m uzunluğunda $\varnothing 1880$ mm CTP isale hattı, Serdivan Hızırilyas Tepesi'nde $V=10000$ m³ temiz su deposu, Hızırilyas-Maltepe arası $L= 2621$ m $\varnothing 1400$ mm CTP bağlantı hattı, Hızırilyas-Serdivan deposu arası $L= 1163$ m $\varnothing 630$ mm yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) bağlantı hattından oluşmaktadır.

Bu tesis %80 mertebesinde tamamlanmıştır. 2010 yılında % 100 oranında tamamlanacağı öngörülmektedir [8].

2.4.4. İçmesuyu arıtma tesisleri

ADASU içmesuyunu üç çeşit kaynaktan karşılamaktadır. Bunlar, yüzey suları, kaynak suları ve kuyu sularıdır. Bunlardan kaynak ve kuyu suları sadece klor ile dezenfeksiyon yapılarak şebekeye verilirken yüzey suları ya drenaj şeklinde suyun kaynağından alınıp şebekeye verilmekte, yada basınçlı veya yavaş kum filtrelerinden

geçirilerek arıtılarak şebekeye verilmektedir. ADASU'nun sorumluluk alanında beş adet arıtma tesisi bulunmaktadır. Bular; Maltepe (Merkez), Aktarla (Akyazı), Kanlıçay (Karapürçek), Hacımercan (Sapanca) ve Kırkpınar (Sapanca) arıtma tesisleridir.

2.4.4.1. Maltepe içmesuyu arıtma tesisi

Sapanca Gölü'nden sifonla alınan su, pompalar ile Esentepe'deki 5000 m³ depoya terfi ettirilmektedir. Esentepe'de ön klorlama yapılan su, cazibeli olarak Maltepe'de bulunan arıtma tesisinin ham su deposuna iletilmektedir. Maltepe İçmesuyu Arıtma Tesisi'nde arıtılan su son klorlama işlemi yapılarak temiz su depolarına, buradan da Adapazarı şehir merkezi şebekesi ve diğer bölgelerdeki şebeke depolarına aktarılmaktadır. Temiz su şebeke depolarının bir kısmına cazibeli, bir kısmına da terfili olarak iletilmektedir. Bu tesisten Büyükşehir Belediyesi sınırları içindeki yerleşim birimlerinin yaklaşık % 80'i yararlanmaktadır. Tesiste tam teşekküllü içmesuyu laboratuvarı bulunmaktadır. Tesis PLC kontrollü otomasyon sistemiyle işletilmektedir. Arıtma prosesinde kullanılan basınçlı kum filtreleri Şekil 2.9'da görülmektedir.



Şekil 2.9. Maltepe İçmesuyu Arıtma Tesisi basınçlı kum filtreleri

2.4.4.2. Aktarla içmesuyu arıtma tesisi

Dereden drenajla alınan su basınçlı kum filtrelerinden geçirilerek arıtılmaktadır. Klor ile dezenfeksiyonu yapılan su şebekeye verilmektedir. Tesiste filtrasyon ve geri yıkama işlemi tam otomatik olarak yapılmaktadır. 14 köyün arıtılmış su ihtiyacı bu tesisten sağlanmaktadır.

2.4.4.3. Hacımercan içmesuyu arıtma tesisi

Akçay Deresi'nden alınan su Hacımercan'da bulunan yavaş kum filtrelerinde arıtılmakta, klor ile dezenfeksiyon uygulamasıyla şebekeye verilmektedir. 49 köye arıtılmış su bu tesisten sağlanmaktadır.

2.4.4.4. Kanlıçay içmesuyu arıtma tesisi

1000 m³ hacimli depo, 80 lt/sn'lik basınçlı kum filtresinden oluşan arıtma tesisi ADASU'nun kendi öz kaynaklarıyla yapılarak 2007 yılında faaliyete geçmiştir. Bu tesisle 14 köye arıtılmış su sağlanmaktadır.

2.4.4.5. Kırkpınar içmesuyu arıtma tesisi

Soğucak Yaylası Yangın Deresi'nden alınan su yavaş kum filtresinde arıtılmakta, klor ile dezenfeksiyon uygulamasıyla Kırkpınar'a sağlıklı su sağlamaktadır.

Mevcut arıtma tesisleri yapım yılı ve kapasiteleri tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Arıtma tesisleri ve kapasiteleri

Tesis	Yapım Tarihi	Kapasite
Maltepe İçmesuyu Arıtma Tesisi	1997	1.800 lt/sn (600.000 nüfus)
Aktarla İçmesuyu Arıtma Tesisi	2002	40 lt/sn (14.000 nüfus)
Kanlıçay İçmesuyu Arıtma Tesisi	2006	80 lt/sn (28.000 nüfus)
Kırkpınar İçmesuyu Arıtma Tesisi	1996	40 lt/sn (14.000 nüfus)

2.5. Sakarya İçmesuyu Dağıtım Sistemi

Sakarya ilinde büyükşehir belediyesi kurulmadan önce Adapazarı Belediyesi tarafından İller Bankasına içmesuyu şebeke projesi yaptırılmıştır. Projeyi ARMAŞ Mühendislik ve Müşavirlik firması hazırlamış, 1997 yılında İlet Bankası tarafından tasdik edilmiştir. 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi sonrasında 2000 yılında şebeke imalatına başlanmış 2002 yılında tamamlanmıştır. Şebeke ana borusu Ø 1600 mm çapında olup Maltepe Arıtma Tesisindeki 15000 m³'lük depodan başlamaktadır. Daha sonra Ø 1200 mm, Ø 1000 mm olarak devam etmekte, daha düşük kollara ayrılarak (Ø 800, Ø700, Ø 600, Ø 500 mm) şehir içine dağılmaktadır. Bu çaptaki borular ÇB olarak imal edilmiştir. Daha küçük çaplı borular ise HDPE olarak imal edilmiştir. Şebeke uzunluk bilgileri Tablo 2.3'de verilmiştir [8].

Tablo 2.3. İlçelere göre şebeke uzunlukları

İlçe	Şebeke Uzunluğu (km)
Adapazarı	630368
Erenler	252251
Serdivan	290826
Arifiye	96288
Sapanca	163574
Akyazı	193837
Hendek	171799
Ferizli	26196
Söğütlü	26455
Karapürçek	26512
Orman Köyler	326993
Toplam	2205099

İhtiyaca göre şebekede yeni imalatlar devam etmektedir. Gelişen nüfusa paralel olarak şebeke sürekli büyümektedir.

BÖLÜM 3. SU KAYIPLARI

Su, şebeke sistemine müşterilere ulaştırmak üzere planlanarak üretilir ve verilir. İçmesuyu şebekelerinde kayıpların veya izinsiz tüketimin olması istenmez. Su idareleri suyu toplu olarak ölçerek satabilirler. Suyun değer kazanması ve ölçme tekniklerinin gelişmesiyle birlikte su idaresini yapan bütün kuruluşlar suyu abonelere sayaçlarla ölçerek satmaya başlamışlardır. Bahsedilen kuruluşların hepsinde aboneler sayaçlandırılrsa da kuruluşlar tarafında üretilen suyun bir kısmı abone sayaçlarından geçmez. Bir kısmı (örneğin su kalitesinin korunması, arızalar, yangınla mücadele gibi nedenlerle) kuruluşların bilgisi dahilinde kullanılmaktadır. Bu miktarlar oldukça azdır. Fazla miktardaki su kayıplarının başlıca nedeni sızıntılardır.

3.1. Su Kayıplarının Tanımı

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

$$\text{Su Kaybı} = \frac{(\text{Üretim} - \text{Ölçülen Kullanım} * 100\%)}{(\text{Üretim})} \quad (3.1)$$

Su kayıplarının tanımlanmasında çeşitli tanımlamalar yapılsa da hesaplamada birçok yol vardır. Her kurum kendine uygun tanımı kullanarak hesaplama yapabilir. Örneğin, bazı kuruluşlar üretilen sudan tahliye ve sulama sularını çıkartabilir. Oysa bir kısım kuruluş ise bu kullanımları ölçülen tüketime dahil etmekte veya kayıp su olarak değerlendirmektedir. Bazı kuruluşları ise tamir edilemeyen arızalardan kaynaklanan kayıpları tahmini olarak bilinen kullanımlara dahil etmektedir. Çünkü su kayıpları sistem performansının belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Genellikle kabul görmüş tanımlamalar kurumların kendi aralarında

yaptıkları karşılaştırmalar kadar önemli görülmemektedir. Bu sebeple farklı tanımlamalar kullanılabilir. Su kayıplarını gidermek bütün kuruluşların hedefidir, fakat kuruluşların su kayıplarını sıfıra indirmeleri imkansızdır. Genel olarak, kabul edilebilir yaklaşık hesaplarda makul görülebilecek kayıpları %15'dir. Buna rağmen bu değer bile oldukça ulaşılabilecek bir değerdir. Kayıp su oranının ekonomik olarak kabul edilebilir seviyede olduğuna karar vermede gerçek kural şudur; kayıp olmaktan kurtarılan suyun ekonomik değeri en azından kurtarılmak için harcanan maliyeti dengelemelidir. Örneğin, mevcut durumda, sızıntı belirlenmesi ve arıza giderilmesinin maliyeti, en azından, sızıntının giderilmesiyle elde edilen değere ilaveten sızıntıdan kaynaklanan herhangi bir zarardan daha az olmalıdır. Su kaynaklarının sınırlı, arıtma maliyetlerinin yüksek olduğu bir şebekede, su kayıplarının azaltılması faydalı olacaktır. Su kaynaklarının fazla, büyümenin az, arıtma ve pompalama giderlerinin düşük olduğu bir bölgeye hizmet veren bir kuruluş için su kayıplarının %20'yi aşması kabul edilebilir bir oran olarak değerlendirilebilir.

3.2. Su Kayıplarının Nedenleri

Su kayıplarını azaltmak için, sisteme verilen suyu bilmek gerekir. Su kayıplarında birçok faktör etkili olabilir. Bunlar arıza kaynaklı kayıplar, kaçak kullanım, sayaç ölçüm hataları, ölçülmeyen kayıtlı tüketimler ve tek fiyat üzerinden tahakkuk eden kullanıcılar olabilir. Kayıpların başlıca nedenlerinin belirlenmesine yardımcı olacak bazı kurallar vardır. Kayıpların azaltılmasında etkin bir program uygulamak için, önce büyük miktardaki kayıpların başlıca nedeni sınırlandırılmalıdır.

Su kayıplarının nedenlerini ortaya koymak için kişi başına düşen su kullanımı çeşitli formüller kullanılarak hesaplanabilir. Kişi başına düşen kullanımın en basit tanımı,

$$\text{Kişi Başına Düşen Kullanım} = \frac{(\text{Üretilen Su})}{(\text{Hizmet Verilen Nüfus})} \quad (3.2)$$

Endüstriyel kullanımın olmadığı tarımsal sulamanın yapılmadığı bir bölgede kişi başına 200 l/N/gün tüketim normal kabule edilebilir. Bu değer hesaplamalarda kolaylık sağlar çünkü bütün idareler üretilen suyu takip etmek isterler. Eğer bu sayı

aylık olarak hesaplanırsa, mevsimsel farklılıklar bilinebilir. Örneğin, tarımsal amaçlı sulamanın yüksek olduğu bir alanda kışın su kullanımı 200 l/N/gün civarında olmalıdır. Bu parametre abone sayaçlarının kullanılmadığı sistemlerde su tüketimini hesaplamak için de kullanılabilir.

Diğer göstergeler yüksek su tüketiminin nedenlerinin tahmininde kullanılabilir. Örneğin endüstriyel olmayan kişi başına tüketim aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\text{Endüstriyel Olmayan Kullanım} = \frac{(\text{Üretim} - \text{Ticari ve Endüstriyel Kullanım})}{(\text{Hizmet Verilen Nüfus})} \quad (3.3)$$

Bu miktar endüstriyel kullanımın su talebine etkisini yok eder ve evsel amaçlı kullanımın miktarını yansıtır. Eğer bu değer sulamanın yapılmadığı mevsimde 200 l/N/gün'den büyükse, sızıntı ihtimali kuvvetle muhtemeldir.

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

$$\text{Evsel Kullanım} = \frac{(\text{Evsel Amaçlı Sayaçlı Tüketim})}{(\text{Hizmet Verilen Nüfus})} \quad (3.4)$$

Evsel abonelerin daha gerçekçi ölçülmeye başlamasından beri bu değer daha düzgün bir değeri ifade etmeye başlamıştır. Eğer bu değer 200 l/N/gün'den az ise kayıt altındaki sayaçlarda da kayıp olma ihtimali var demektir. (3.1), (3.2) ve (3.3) denklemleri beraber düşünüldüğünde tipik bir sistemdeki kayıpların nedenleri hakkında fikir verebilir. Bu göstergeler bazı değişikliklere ihtiyaç duyabilir. İlk olarak kayıpların nedenlerini anlamalı, sınır değerini belirlemelidir. Bu sayede kayıp oranını azaltmak için yapılması gerekenlerle ilgili olarak bir çalışma programı hazırlayabilir.

Su kullanımı standart bir günlük akış eğrisi oluşturur. Sızıntılar genellikle gün içinde 24 saat boyunca sabit oranda meydana gelir. Bu bilgi su kayıplarının büyüklük ve muhtemel nedenlerini belirlemede kullanılmak üzere başka bir göstergenin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu gösterge ise minimum gece oranıdır.

$$\text{Minimum Gece Oranı (\%)} = \frac{(\text{Minimum Gece Kullanımı}) * (100\%)}{(\text{Ortalama Günlük Kullanım})} \quad (3.5)$$

Saatlik kullanımı belirlemek gün boyunca depolardaki seviye değişimi ve üretilen suyu bilmeyi gerektirir. Sonra minimum değer ortalama kullanıma bölünür. Tipik bir sistemde bu oran %40'tan az olmalıdır. Yüksek oran, ya sızıntıyı ya da sürekli yüksek miktarda tüketim yapan abone veya aboneleri işaret eder (örneğin 24 saat üretim yapan bir imalathane). Eğer yüksek tüketim olabilecek tek bir endüstri kuruluşu varsa, bu kuruluşun günlük tüketimi kayıt altına alınarak belirlenebilir. Sonra bulunan değer günlük tüketimden çıkartılarak bu kuruluşun etkisi olmaksızın minimum gece oranı bulunabilir.

Minimum gece oranı bir sistemin geneli temel alınarak hesaplanabilir. Fakat sistemin bir kısmında hesaplanabilirse daha önemli bir hal alır (örneğin tek bir ölçüm noktasında). Bu yaklaşım sadece sızıntı olup olmadığını belirlemekle kalmamakta aynı zamanda sistemin hangi kısmında daha fazla muhtemel sızıntı olduğuna işaret etmektedir.

3.3. Su Kayıplarını Etkileyen Faktörler

Su kayıplarının bileşenlerine birbirinden farklı birçok etkenler katkıda bulunur. Bunların bir kısmı sistemde oluşan kaynaklar olduğu gibi bir kısmı da bilinçsiz tüketim olabilir. Su kayıplarının bileşenleri aşağıda açıklanmıştır.

3.3.1. Ana boru sızıntıları

Su kayıplarının en büyük nedenlerinden biri ana hatta oluşan sızıntılardır. Su idaresi çalışanları alışkanlıklarından dolayı “sızıntı” ve “patlak” terimlerini aynı anlamda kullanırlar. Standart bir tanımlama yoktur. Bizim anlatım maksadımızda ise, ana hattaki patlak acil tamir gerektirirken bu karşılık sızıntıda gerektirmez. Ek olarak, patlağın belirtisi açıktır. Oysa sızıntının tespiti özel ekipman gerektirebilir. Ancak buna ayırt edecek keskin kurallar yoktur. Tablo 3.1'de patlağa karşın sızıntının özellikleri listelenmiştir.

Tablo 3.1 sızıntı ve patlajın gelen özellikleri

Sızıntı	Patlak
Planlı tamiratlar mümkündür	Acil tamirat gerektirir
Tespit için özel araç ve ekipman gerektirir	Tespiti kolaydır (örneğin, asfalt yüzeyine çıkması, düşük basınç)
Tamirat için suyu kesmeye gerek yoktur	Tamirat için suyu kesmeyi gerektirir.
Daha çok boru ek yerleri ve servis hatlarında olur	Çoğu kez boru yüzeyinde gövde kısmında oluşur

Sızıntıların oluşmasında hatalı şebeke inşasının etkisi vardır. Bu hatalar ise kalitesiz malzeme kullanımı, hatalı tesisat ve kötü tasarım gibi faktörlerdir. Bağlantı noktaları itmeler nedeniyle bükülür ve kötü işçilikten dolayı contalar geçmez. Bu durundaki malzemenin yenilenmesi gerekebilir. Büyük çaplı borularda çatlak iç kısımda olabilir. Bağlantı noktası sızıntılarına ek olarak, eski boruların bir kısmında yarıklar oluşabilir. Bu tür yarıklar çeşitli şekillerde sıkıştırılarak tamir edilebilirler ancak arızanın durumuna göre yenilemek daha uygun olmaktadır.

Büyük sızıntılar, özellikler eğer yüzeye ulaşmışsa, fazla su kaybına neden olmazlar. Çünkü kolayca bulunurlar ve tamir edilirler. Tespit edilemeyen sızıntılar, hatta küçük olanlar, oluşumundan beri geçen uzun zamandan dolayı fazla su kaybına neden olurlar. Tespiti ve tamiri en zor sızıntılar yer altı akımlarına karışanlardır.

İçmesuyu şebekelerinde oluşan sızıntıların yüzeye çıkmadığı durumlarda şebekede çalışmalar yapılarak tespit edilmeleri gerekmektedir. Ana hatlarda oluşan su sızıntıları önemli miktarda suyun sürekli olarak kayıp olması demektir. Çeşitli ekipman ve cihazlar kullanılarak sızıntılar tespit edilmeye çalışılmaktadır. Sızıntı olan borularda suyun çıkardığı sesin dinlenerek tespit çalışmaları yapılmaktadır. Bu tür çalışmalarda ses dalgalarına duyarlı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yer mikrofönları direkt olarak yeraltını dinlerler (Şekil 3.1). Ayrıca korelatör denen aygıtlarla eş zamanlı olarak iki nokta dinlenerek sızıntının tam yeri tespit edilmeye çalışılır. (Şekil 3.2). Bu konuda uzmanlaşmış personel arızanın boyutunu doğru bir şekilde belirleyebilir.



Şekil 3.1. Yer mikrofonu ile yapılan çalışma örneği



Şekil 3.2. Sızıntı tespit çalışmalarında kullanılan korelatör cihazı

Sızıntı tespit çalışmaları şebekede kayıpların büyük olduğu kısımlarında yoğunlaştırılmalıdır. Minimum gece akış oranı veya şebekede kayıpların fazla olduğu kısımlar gibi göstergeler büyük miktarda sızıntı olan bölgeleri işaret edebilirler. Şebeke sisteminde daha spesifik alt bölgeler elde etmek için, idare bölgeye giren su akışını tek bir noktadan sağlamalıdır. Bu çalışma şebekenin bir kısmını izole etmek için anahtar konumundaki vanaların kapatılmasıyla sağlanabilir. Basınç katı sınırlarına ilave sayaçlarla veya şebekede alt kat oluşturularak sistem tasarlanabilir.

Sızıntı tespiti kayıpların azaltılmasının sadece birinci adımıdır. Sızıntı tamiratları işlemin daha maliyetli kısmıdır. Tamirat kelepçeleri küçük sızıntıların tamiratında tercih edilen yöntemdir. Oysa büyük sızıntılarda borunun bir veya birden fazla kısmının yenilenmesi gerekebilir.

Ortalama olarak, sızıntının önlenmesiyle elde edilen kazanım tespit ve tamirat maliyetinden daha fazladır. Çoğu sistemde varsayılan bir tespit tamiratla sonuçlanır. Sistemin 1 ile 3 yıl arasında tamamen gözden geçirilmesi ekonomiktir. Yapılan çalışmalar su idareleri için faydalı olduğu görülmüştür.

Sızıntı olan hatların tamirâtı yerine, sızıntı ihtimali yüksek olan bazı boruların yenilenmesi (özellikle eski borular) tercih edilir. Seçilen strateji arızaların sıklığı ve tamirat ile yenilemenin maliyetinin karşılaştırılmasına bağlıdır. Sızıntı tespiti ve tamiri çalışmaları veya yapılacak şebeke yenilemeleri sızıntının durumuna ve maliyetlere bağlıdır. Genelde tespit ve tamirat acil su kayıplarının önlenmesi için uygulanır. Oysa yenileme sızıntının kaynağını yok ettiğinden daha uzun süre etkili olan bir yöntem olacaktır. Yenileme sokak ve caddelerin asfalt-parke düzenlemesi çalışmaları veya diğer yer altı çalışmalarından önce yapılırsa daha avantajlı olmaktadır.

3.3.2. Abone borusu sızıntıları

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

3.3.3. Şebeke sistemi basıncı

Şebeke basıncı su kayıplarını birkaç yoldan etkileyebilir. İlk olarak, yüksek su basıncı yüksek arıza oranına sebep olur. Su darbesi kırılmalara veya dirseklerden ayrılmalara sebep olabilir. Basınca göre, arıza meydana geldiğinde yüksek basınç yüksek sızıntı oranına sebep olur. Yapılan birtakım çalışmalarda 2 bar basınçta su kullanımının su kayıplarını % 6 azalttığı görülmüştür. İdareler tipik bir şebekede su basıncını 7 barın altında tutmaya çalışırlar. Yüksek basıncın olduğu yerlerde (vadi geçişleri gibi), idareler yeterli basıncın olduğundan emin olmak isterler.

Sistem bir kere kurulduğu ve basınç katları oluşturulduğunda, o bölgede basıncı düşürmek çok zordur. Su kayıplarının düşük olduğu ülkelerdeki su idareleri gece tüketimin az olduğu saatlerde vanalarla basıncı düşürerek sızıntıları azaltmaktadırlar. Su servisi, basınç düzenleyici vanalar (BDV) kullanılarak abonelere sunulmaktadır. Doğrudan şebekeye bağı pompalarla su basılan kapalı sistemlerde basınç kontrolü yapılarak hem şebeke korunmakta hem de sızıntılardan oluşabilecek kayıpların önüne geçilmektedir.

3.3.4. Yangın suyu

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

3.3.5. Yeşil alan sulamaları

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

3.3.6. Tahliyeler

Tahliyeler hattaki su kalitesini korumak adına son noktadaki bulanık suyun tahliyesi veya sudaki hızın düşmesinden kaynaklanan donmaların önlenmesi için vanalar yardımıyla yapılır. Tahliyeler gerektiği miktarda ve sadece su kalitesini korumak veya donmayı önlemek için yapılmadırlar. Suyun hızı ve kullanılan zamanın kayıt altına alınması idareye kayıp suyun miktarının hesaplanmasında yardım eder. En uygun olanı tahliyelerden kayıp olan su üretimin önemli bir kısmını

oluşturduğunda önleyici birtakım çalışmalar yapmaktır. Seçenekler uzun süreli çalışmalardır. Bunlar son noktaların giderilmesi, eski boruların yenileri ile değiştirilmesi veya boruların uygun derinlikte döşenmesi gibi çalışmalardır.

3.3.7. Sabit fiyat ödeyen aboneler

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

3.3.8. İzinli ölçülmeyen tüketimler

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

3.3.9. Sayaç ölçüm hataları

Aboneler verilen suyun ölçülebilmesi için kullanılan sayaçlar zaman geçtikçe yavaş çalışma eğilimindedirler. Sürekli kullanıldıklarında bir süre sonra daha az sarfiyat yazarlar. Sayaç yenileme maliyeti, su idarelerini sarfiyatı % 100 kayıt altında tutmak için, yeterince sıklıkta sayaçları değiştirmesine engel olur. En yol sayaçları belirli zaman aralıkları belirlenerek yenilemektir.

Yenileme maliyeti değiştirilecek sayacın tip ve boyutuna, sayacın bulunduğu yere bağlıdır. Maliyetler değişimin sistematik değişim programının bir parçası olmasına

veya zorunluluk hallerine göre değişir. Kayıp olan suyun maliyeti tahmini ortalama akış oranına, sayacın hassasiyetine ve suyun maliyetine bağlıdır.

Sayaçların hassasiyetleri (doğru ölçüm yapıp yapmadığı) test edilerek belirlenebilir. Küçük sayaçlarda (konut sayacı gibi), örnek sayaç sökölür ve doğruluk sınıfının belirlenmesi için kalibrasyon merkezlerine teste götürölür (boyut, tip ve yaşına göre gruplanır). Büyük sayaçlarda ise mümkünse test, yerinde gerçekleştirilir.

Bir sayaç tasarlandığı akış aralığında doğru ölçüm yapmaktadır. Düşük akışlarda doğru ölçüm yapamazlar. Bir sayaçta aranan özellik ise abonenin pik tüketiminden ziyade karşılaştığı tüm ölçüm aralıklarında doğru ölçmesidir. Örneğin, 1,2 l/sn den 9,2 l/sn'ye kadar %100 doğru ölçebilir fakat zamanın çoğunda sayaçtan 0,6 l/sn su geçebilir. Yani, önemli oran sayacı bu akış aralığında test etmektir. Eğer su idareleri sayaçtan geçecek gerçek abone kullanımını hakkında bir fikre sahip değilse, birkaç sayaca veri kayıt eden aygır takarak gerçek akış oranını belirlemelidirler.

Bazı durumlarda sayaç mevcut kullanımdan daha büyük boyutta olabilir. Bu durumda, idarenin mevcut su kullanım oranını bulmak durumundadır (endüstriyel ve ticari abonelerin kendi yangın sistemleri olduğunda yangın suyunu kapsamalıdır). Veri kayıt edici kullanılarak akış oranı kayıt edilip abonelerin tüketim profili belirlenebilir.

Eğer su kullanımını sayacın uygun ölçüm aralığından düşükse, daha küçük sayaçla değiştirilmelidir. Eğer sayacın ölçüm aralığında daha üst değere ihtiyaç duyuluyor fakat akışın çoğu minimum doğruluk oranının altındaysa, daha geniş ölçüm aralığına sahip sayacı kullanmalıdır [9].

3.3.10. Kaçak su kullanımı

Abone olmadan veya ikincil bir hatla (sayaçtan önce boruya yapılan bağlantılar) sayaçtan geçmeyen suları ifade eder. Bu tür kullanımların önüne geçilmesi için; sistematik bir şekilde tüm abonelerin iç tesisatlarının periyodik olarak kontrol edilmesi gerekir [1].

İnşaat alanlarında suya ihtiyaç duyulduğundan, yangın hidrantlarından kolaylıkla çalınabilir. Yangın hidrantarı mutlaka kontrol altında tutulmalı gerekirse sayaç takılmalıdır.

İnşaatı biten binaların iç tesisatları mutlaka kontrol edilmeli abonelik işlemleri takip edilmelidir [9].

BÖLÜM 4. BASINÇ YÖNETİMİ

4.1. Basınç Yönetiminin Tanımı

Basınç, su endüstrisinde en sık ölçülen parametrelerden birisidir. Genellikle debi ile birlikte ölçülür. Ölçüm için pek çok yöntem kullanılır fakat basınç transduserleri su dağıtım sisteminde en çok kullanılan yöntemdir. Sudaki basıncı elektrik sinyallerin dönüştürerek basınç değerini gösterecek şekilde çalışırlar.

Basınç ölçümü aşağıdaki işlemler için yapılır:

- Şebeke sisteminin genel yönetimi
- Kritik noktaların özel yönetimi (servis seviyesi)
- Abonelerde yetersiz basınç durumlarında
- Özel debi testlerinde örneğin yeni abone bağlantılarında, yüksek katlı binalarda, endüstriyel tüketimler, yangın suyu ve hidrantı ölçümlerinde
- Şebekenin analiz ve kalibrasyonunda

İçmesuyu şebekesinde, abonelerde bir olumsuzluk yaşanmayacak şekilde basıncın ayarlanması ve gerekli durumlarda düşürülmesine basınç yönetimi denir. Sürekli yapılan gözlemlerle basınç ve debi kayıt altına alınmakta, bu gözlemlerden yola çıkılarak düzenlemeler yapılmaktadır.

4.2. Basınç Kontrol Yöntemleri

Basınç yönetimi sızıntı kontrol stratejisinde ana unsurdur. Basınç ayarlanması şebekedeki sızıntının azaltılmasının en kolay ve kestirme yoludur. Faydaları kısa sürede görülür. Yapılan çalışmalarda alınan sonuçlar, yeni teknik ve ekipmanlar kullanarak sistemin yeniden kurulması ve incelemelerin yapılması, harcanan zamana

değer olduğu görülmüştür. Basınç yönetimi sadece BDV ile değil, birçok yolla yapılabilir. İlk olarak aşağıdaki seçenekler değerlendirilmelidir:

- Su verilen alan sistem basıncı ve topoğrafya karşılaştırılarak ve sistem kayıpları minimuma indirilerek yeniden düzenlenebilir. Bu sayede ana borudan beslenen kritik noktalar azaltılır. Daha düşük ortalama basınçlı kısımlar başka yerlerden beslenir. Şebeke analizlerinin iyi yapılması gerekmektedir.
- Pompa çıkış eğrileri ile kapalı sistem çalışan şebeke su talebi eşleştirilmelidir. Kademeli veya değişken hızlı pompalar kullanılmalıdır. Bundan başka kapalı sistemler basınç veya debi kontrolü ile çalıştırılabilirler.
- Ara kademe basınç depoları oluşturulabilir. Bu çalışma yüksek ilk yatırım maliyeti oluşturur ve kirlenme riski taşır.

Bu üç seçenek göz önünde bulundurulduktan sonra, BDV gibi mekanik basınç kontrol cihazları bir sonraki adım olarak düşünülebilir. Yaygın olarak kullanılan basınç kontrol yöntemleri:

- Sabit çıkışlı ayarlama
- İki noktalı kontrol (zamana veya akışa göre)
- Debi kontrollü kontroldür.

Sabit çıkışlı ayarlama şebekenin hiçbir noktasında maksimum debide dahi yetersiz basınç sorunu yaşanmayacak şekilde ayarlama yapılır. İki noktalı kontrolde ise zamana veya debiye bağlı olarak çıkış basıncı iki farklı değerde sabit basınç olacak şekilde ayarlama yapılır. En gelişmiş yöntem ise debi kontrollü basınç yönetimidir. Basınç debiye bağlı olarak sürekli olarak ayarlanmaktadır [10].

4.3. Basıncı Düzenlenecek Bölgenin Belirlenmesi

Proje uygulamaya başlanmadan önce, kontrol yapılmaya bölgeden veri toplanmalı ve saklanmalıdır. Bu veriler toplanmazsa proje bitiminde değerlendirme yapılamaz. Veri toplanmadığında daha sonra yapılacak projeleri tasarlamak ve faydalarını

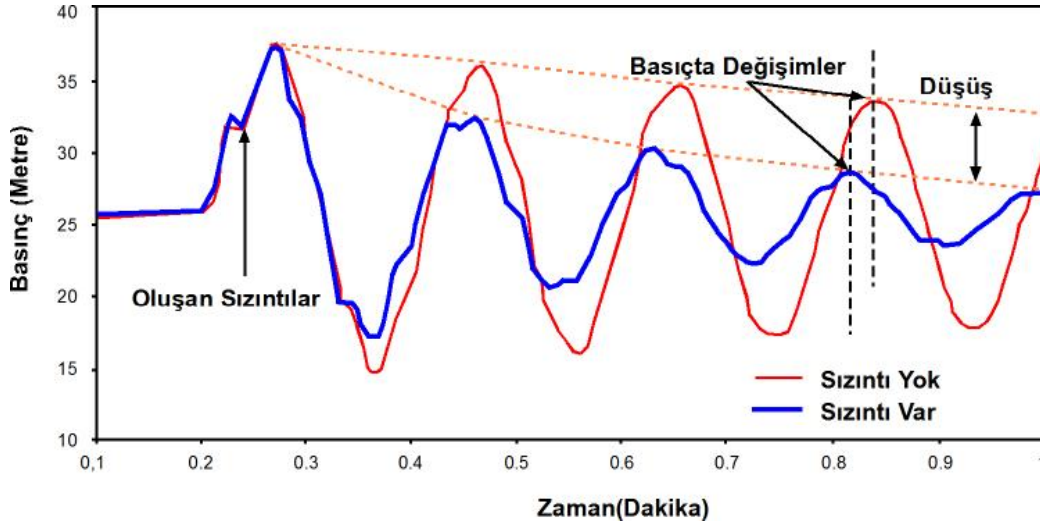
savunmak zor olacaktır. Yedi günlük zaman dilimini kapsayacak basınç ve debi verileri tercihen grafik ve dijital formda kayıt altına alınmalıdır..

Potansiyel kontrol bölgelerindeki mevcut basınç seyyar veri kaydedici cihazlarla belirlenmektedir. Basınç kaydedici manometre bölgede çalışmadan en fazla etkilenecek kritik noktadaki aboneye yerleştirilmelidir. Kritik nokta her zaman en yüksek katlı bina olmayabilir. Bazen şebekenin en uç noktası da kritik nokta olabilir. Pik ve minimum kullanımlar belirlenmelidir.

İngiltere’de 25 m su basıncı en uygun değer olarak hedef kabul edilmektedir. Ancak topoğrafik özellikler gibi fiziksel ve pratik ihtiyaçlardan dolayı bazı bağlantılarda 75 m kabul edilebilir değerdir. Gece basıncının en az 10 m düşürülebileceği ana hatlar araştırılmalıdır. Basıncın 75 m’yi aştığı ve düşürülemediği kısımlar kendi içinde ayrı bir grup olarak ele alınmalıdır. Pik tüketimin olduğu haftalık ve mevsimlik ihtiyaçlara cevap verecek şekilde düşünülmelidir.

4.4. Kontrol Sistemleri

Su temin sisteminin kontrolü basınç ve debi ölçümüyle herhangi bir olağanüstü durumun analizini sağlamaktadır. Bu metodoloji şebeke sistemleri için çok önemlidir. Olağanüstü durumun olduğu zaman dilimi boyunca yapılan basınç ve debi analizleri (oluşan arızalar gibi) sistem içindeki bu tür farklılıkların nedeninin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Şebekede basınç dalgalanması boyunca oluşan kararsızlık daha şiddetli basınca neden olabilmektedir. Sonuç olarak altyapıda daha sık zarar ve sızıntı oluşmaktadır. Sistemdeki arızalar, örneğin pompanın arızası veya vananın aniden kapanması, normal günlük tüketim eğrisinde farklı bir eğri çizerek kayıp olduğunu gösteren kısa süreli hızlı düşüşlere neden olmaktadır (Şekil 4.1). Sistemin dinamik tepkisi vasıtasıyla, bilgisayar destekli gelişmiş sayısal modelleme ve yönetim sistemleriyle, olağanüstü durumlar belirlenebilmektedir.



Şekil 4.1. Sistemde oluşan kısa süreli değişimlere tipik bir örnek

4.5. Bölgesel Ölçüm Alanları Oluşturma

Her su dağıtım şebekesi kendine özgüdür. Bütün sistemlerin topografya, iklim, tasarım standartları ve diğer değişkenlere bağlı olarak kendine has işletme parametrelerine sahip olacaktır. Ancak bütün durumlarda, bölge oluşturma işlemi mevcut durumu anlamak için sistemi gözden geçirmeyle başlar. Bu sayede var olan basınç zonu kullanılabilir. Şebeke tek bir noktadan beslenebilecek durumdadır veya gerekli değişikliklerle tek bir noktadan belenecek hale dönüştürülebilir. Sızıntıya eğilimli olan veya su kayıplarının yüksek olduğu bölgeler öncelikli olarak seçilmelidir. Metal olamayan veya temas noktası olmayan, sızıntı tespitinin zor olduğu alanlar belirlenmelidir. Birçok durumda, debimetre montajının kolay yapıldığı, bir değişikliğe ihtiyaç duymayan bölgeler su idaresi için daha önceliklidir. Acilen uygulamanın yapılması gereken bölgeler belirlendiğinde, şebekenin kalan kısmı kağıt üzerinde mantıklı bölgesel ölçüm alanlarına (BÖA) ayrılmalıdır. Gerçekleştirilecek uygulama çalışmaları bölgelerin arıza geçmişleri, sızıntı miktarı ve maliyete göre öncelik sırasına konulur [11].

4.5.1. Bölgesel ölçüm alanlarının boyutu

Uygun BÖA boyutu nasıl belirlenmesi gerektiği konusunda çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bazı su idareleri uygun kayıp belirleme ve arama süresi göz önünde

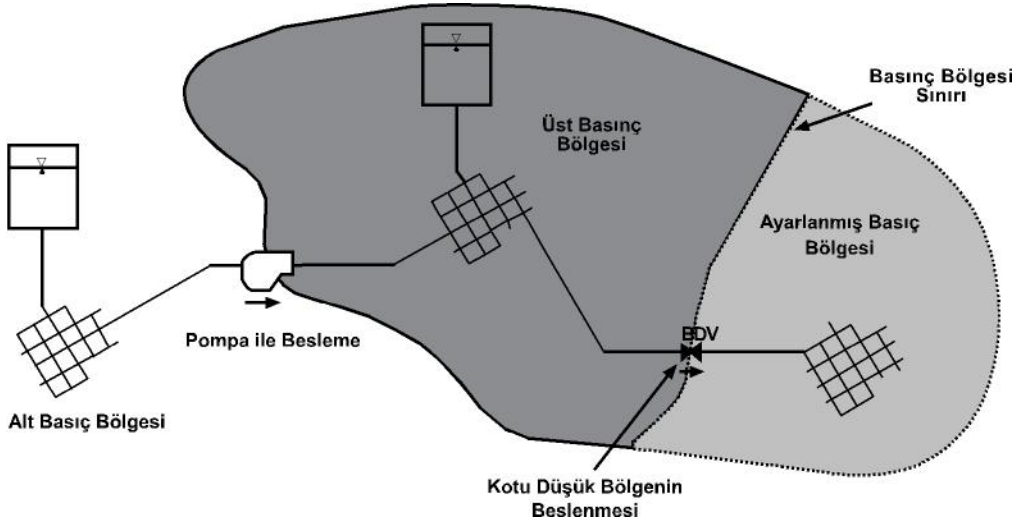
bulundurularak bir karara varmıştır. Bu düşünceden hareketle, kayıp olduğu düşünülen alanın bir günde akustik dinleme cihazlarıyla taranabileceği alan olması düşünülmüştür. Bu senaryoya göre birinci gün arıza olur, ikinci günde bölge taranarak arıza yeri tespit edilir, üçüncü günde ise tamir gerçekleştirilir. Bunun gerçekleşebilmesi için ideal bölge boyutu en fazla 150–200 yangın hidrantı, 2500 abone veya 30 km şebeke hattı ile sınırlı olmalıdır.

Su idareleri son yıllarda inşa ettikleri BÖA’da daha verimli basınç yönetimi için analizler yapmaktadırlar. Çalışmanın birincil amacı su kayıplarını azaltmaktır. Bununla beraber abonelere verilen suyun basıncının da gözlenmesi amaçlanmaktadır. BÖA’lar şebekenin yönetiminde fayda sağlaması için şebekenin hidrolik özelliklerini iyi temsil etmelidir. Yaklaşık 5.000 aboneyi kapsayacak şekilde düzenlenebilir. Oluşturulan bölge, şebekeden sınır vanaları kullanılarak soyutlandırılmalıdır. Suyun giriş ve varsa çıkış noktalarına sayaç takılarak tüketim ve kayıplar belirlenmelidir [12].

4.5.2. Bölgesel ölçüm alanı sınırlarının basınca göre ayarlanması

Bir bölgede basıncın çok yüksek olduğu belirlendiğinde, abonelerin daha düşük bölgeden uygun basıncı alacakları şekilde basınç bölgeleri düzenlenmelidir. Ancak bazı çalışmalarda, bu işlen pratik uygulamada çözüm olmayabilir. Örnek olarak şekil 4.2’deki gibi, şebekenin sağ kısmındaki aboneler daha düşük basınçlı sağ tarafa ekonomik olarak bağlanması için çok uzakta olabilir. Bu yüzden yüksek basınçlı bölgeden BDV kullanılarak su verilmelidir. Basınç düşürme sızıntılardan oluşan kayıpları azaltacak ve şebekenin ömrünü uzatacaktır. BDV’nın basınç ayarı yapılmadan önce abonelere ve yangın suyuna etkisinin modellenmesi önemlidir.

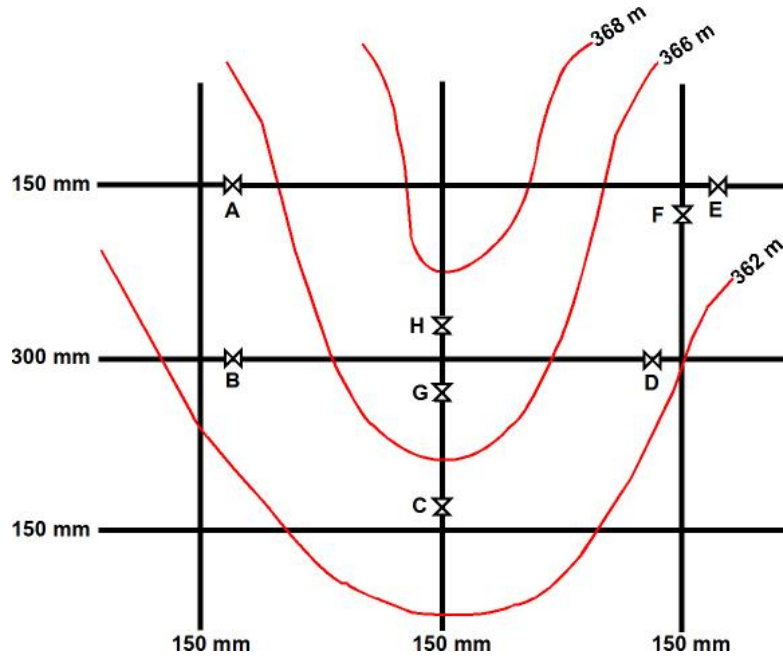
Su idaresi sistemi sürekli yüksek basınçta tutmaktan kaçınmak ve pompalardan dolayı oluşan enerji maliyetlerini düşürmek için basınç bölgelerini ayarlamak isteyebilir. Bu işe başlamanın en iyi yolu basınç bölgeleri arasındaki eş yükselti eğrilerine karar vermektir. Bölge sınırının belirlendiği kısımlarda vanalar kapatılmalıdır.



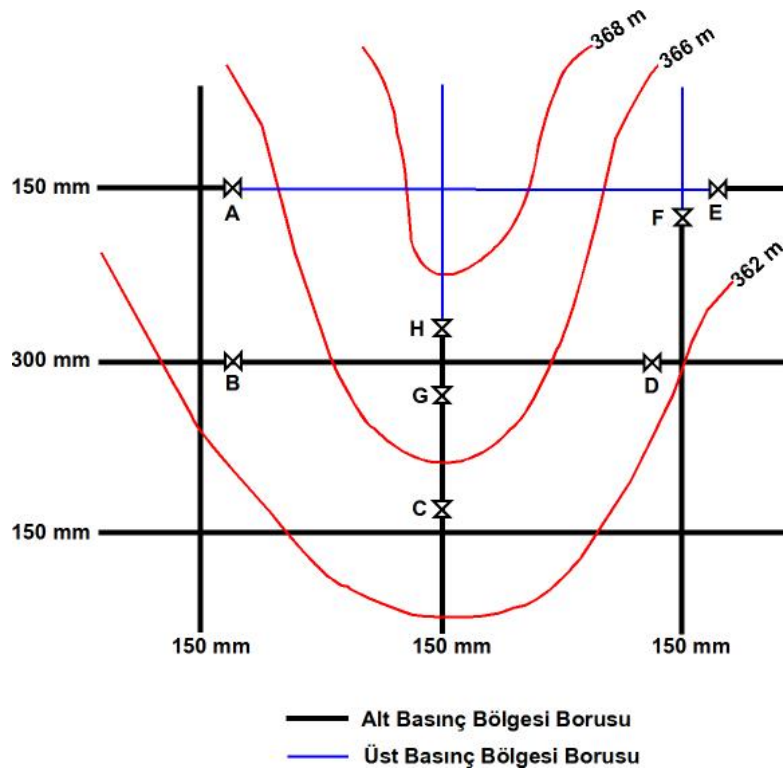
Şekil 4.2. Şebekenin basınç düzenleyici vana kullanılarak ayrılması

Örneğin Şekil 4.3’de idare 366 m eşyüksekti eğrisini basınç zonaları arasında sınır seçmiş olsun. Bu durumda B ve D vanaları arasındaki bazı aboneler suyu daha yüksek basınç bölgesinden almak durumundadırlar. Ancak 300 mm’lik boru düşük basınçlı bölgenin ana borusudur. Eğer B ve D vanaları kapatılırsa bu amaçla kullanılamaz. Bu nedenle alternatif çözüm bulunmalıdır.

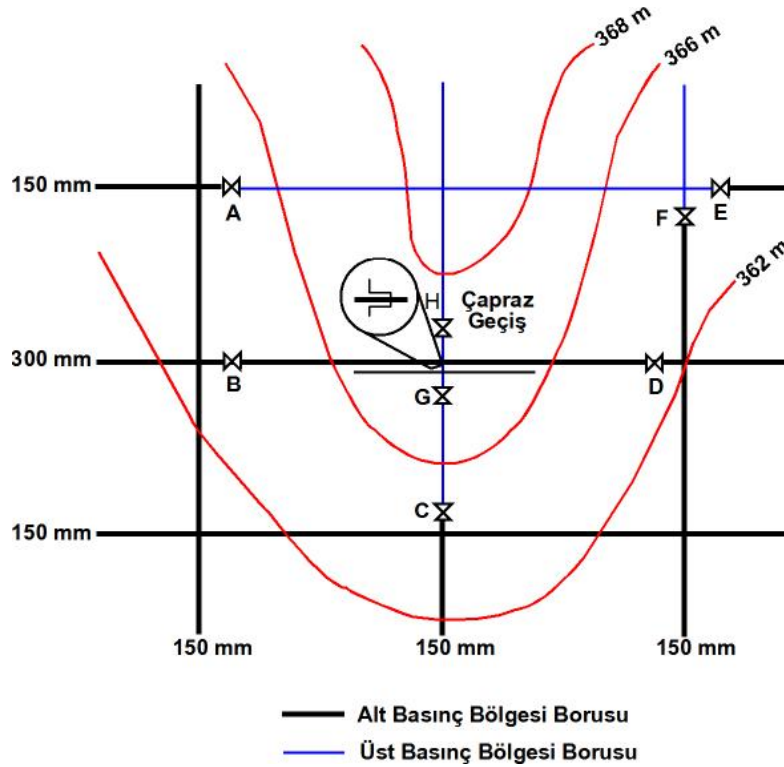
G vanası yakınındaki bölge 366 m’den çok az yüksektir. Şekil 4.4’deki gibi eğer B, C ve D vanaları açılırsa, H vanasına kadar basınç bölgesi taşınabilir. Ancak bu durumda G vanası bölgesindeki aboneler düşük basınçlı bölgeden su alacaktır. Eğer 300 mm’lik borudan ayırarak direkt geçiş yapılırsa bu bölgedeki aboneler de uygun basınçta su almış olacaktır.



Şekil 4.3. Düzenleme yapılmamış basınç bölgesi



Şekil 4.4. Basınç bölgelerinin yeniden düzenlenmesi



Şekil 4.5. Basınç bölgelerinin birbirinden ayrılması ve şebekede çapraz geçişler

Bu şekilde basınç bölgelerinin ayarlanması düşük debili ölü noktaların oluşmasına neden olabilir. Potansiyel su kalitesi problemleri olabileceğinden bu tür ölü noktalardan kaçınılmalıdır. Oluşan ölü noktalara tahliyeler yerleştirilmeli veya sınır vanaları arada bir açılarak suyun dolaşımı sağlanmalıdır [13].

4.5.3. Sistem basıncı ve su tüketimine etkileri

Şebekede olması gereken basınç konusunda değişik ülkelerde farklı uygulamalar mevcuttur. Önemli olan ev ve işyerlerinde basıncın çok düşük veya çok yüksek olmamasıdır. Düşük basınç birden fazla kullanıcı olduğunda su akışının düşük olmasına sebep olur. Yüksek basınç ise musluklarda sızıntılara ve cihazlarda arızalara sebep olur. Bütün bunlara ek olarak, çok yüksek basınç şebeke sızıntılarından su kaybına etki eder. Tablo 4.1’de İngiltere’de uygulanan servis basıncı kriterleri görülmektedir [9].

Tablo 4.1 Sağlanması Gereken Servis Basıncı Kriterleri

Şebeke Durumu	Servis Basıncı Kriteri (m)
Maksimum Basınç	45-55
Güm Boyunca Minimum Basınç	25-30
Pik Tüketim Boyunca Basınç	20-25
Yangın Esnasında Minimum Basınç	18

Şebekelerde minimum işletme basınçları nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 20 m, daha büyük nüfuslarda 30 m alınabilir. Maksimum statik basınç 80 m'yi aşmamalıdır.

Şebekede minimum basınçlar şebekenin kat adedi, yangın suyunun doğrudan şebekeden alınma imkanı gibi hususlar göz önünde tutularak belirlenir [14].

Konutlarda şebeke basıncının su tüketimine etkisi üzerine yapılan çalışma sonunda, şehir şebeke basıncının artması ile musluk açıklıklarına bağlı su tüketim miktarının arttığı gözlenmiştir. Örneğin bir bataryada 1 bar basınçta, 1 tur açık konumda 15 litre su akarken aynı açıklıkta 5 bar basınçta 36 litre su akmaktadır. Musluk açıklığı tam tura çıkarıldığında sırası ile 22,8 ile 40,5 litre değerlerinde olmaktadır. Basıncın düzenlenmesi ile konutlarda kullanım özelliklerine (musluk açıklıklarına) bağlı su tüketim miktarlarında ortalama %7,7 ile %10 arasında tasarruf sağlanabileceği belirlenmiştir [15].

4.6. Şebekede Sızıntı Kontrolü

Şebeke sistemlerinde işletme basıncı sızıntıların başlıca nedenlerinden biridir. Özellikler su dağıtım şebekesinde basınç dalgalanmaları oluşur. Normalde, abonelerdeki basınç düşmeleri vasıtası ile şebekede arızaların olduğu bölgeler belirlenebilir.

Avrupa Birliği, sızıntı kontrolüne yönelik çalışmalarını yapan şirket ve kurumları desteklemektedir. Şebekedeki su kayıpları %10 ile %60 arasında değişmekte, her ülkeye göre de farklılık göstermektedir.

İçmesuyu şebekelerinin daha iyi yönetimi ve kontrolü için sistemin hidrolik performans ve güvenilirliğine anahtar unsur olarak dikkat çeken yeni bir eğilim mevcuttur.

4.6.1. Sızıntı miktarının hesabı

İçmesuyu şebekelerinde oluşan sızıntılar abonelerin su faturalarına yansımaktadır. Aboneler için uygulanacak tarifeler belirlenirken suyun maliyeti göz önünde bulundurulmaktadır. Doğrudan maliyetlerden farklı olarak, meydana gelen arıza, kopma ve yırtılmalar işletme maliyetlerini oluşturmaktadır. Arıza tamir çalışmaları su kayıplarını azaltsa da altyapı tamiratları boyunca su kesintileri olur. Sızıntılardan oluşacak kayıplar ve aboneye etkisi aşağıdaki yöntemle hesaplanabilir.

Hız, sürtünme ve jet büzülmelerin deşarj katsayısı μ 'de temsil edildiği kabul edilirse, teorik sızıntı deşarjı, Q_L (m^3/s) aşağıdaki eşitlikteki gibi hesaplanabilir:

$$Q_L = \mu S \cdot \sqrt{2gh} \quad (4.1)$$

Burada S sızıntı alanını (m^2), g yerçekimi ivmesini (ms^{-2}), h boru içindeki ile dışındaki basınç farkını (m) ifade etmektedir. Deşarj katsayısı için 0.6 değeri kabul edilebilir. Şebekenin 30 m sabit basınçta olduğu düşünülürse, sızıntı alanının dairesel kesitli orifis şeklinde olduğu kabul edilirse, sızıntı deşarjı Q_L , aşağıdaki gibi olacaktır:

$$Q_L = 14.5S \quad (4.2)$$

Değişik çaplarda, sızıntı olan orifislerden akacak olan su tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Değişik çaplarda bir orifisten oluşacak sızıntı miktarı

Çap, Ø (mm)	Sızıntı miktarı, Q _L (l/s)	Sızıntı miktarı, Q _L (m ³ /gün)
1	0.0114	0.985
10	1.14	98.5
100	114	9850

Tablo 4.3. Sızıntı miktarına göre su verilebilecek yaklaşık nüfus

Sızıntı çapı (mm)	Kişi başına 200 l/kişi.gün tüketimde, bir gün boyunca bu hacimle beslenebilecek kişi sayısı (kişi)
1	5
10	492
100	49.250

Kişi başına tüketimin 200 l/kişi/gün ve şebeke basıncının 30 m olduğu düşünülürse, değişik çaplarda bir gün boyunca değişik çaplardaki sızıntılardan kayıp olan su ile beslenebilecek nüfus Tablo 4.3'de görülmektedir:

Örnek olarak, bir içmesuyu dağıtım şebekesinde korozyonun boruya zara verdiğini ve 1 mm çapında delik oluşturduğunu düşünelim. Bu durumda yıllık kayıp olan su miktarı önemli değerlere ulaşacaktır (ortalama bir ailenin dört kişiden oluştuğu ve birim su maliyetinin 0,80 TL olduğu düşünülmüştür):

- Tüketilen suyun yıllık ortalama maliyet hesabı:

$$4 \text{ kişi} \times 0.125 \text{ m}^3/\text{kişi.gün} \times 365 \text{ gün} \times 0,80 \text{ TL} = 146 \text{ TL}$$

- Evin tesisatındaki orifis deliği nedeniyle oluşan ek maliyet:

$$0.985 \text{ m}^3/\text{gün} \times 365 \text{ gün} \times 0.80 \text{ TL} = 287,62 \text{ TL}$$

- Sızıntıdan dolayı oluşan su maliyetindeki artış (aile için):

$$146 \text{ TL} + 287,62 \text{ TL} = 433,62 \approx 433 \text{ TL}$$

Bu basit analizden 1 mm çapındaki küçük bir delikten dolayı bir ailenin su maliyetinin üç katına çıktığı sonucu çıkmaktadır (özellikle hassasiyeti iyi olan sayaç varsa). Eğer kişi başına düşün tüketim ortalamadan yüksek olursa maliyetler daha da artacaktır.

Bu durum sadece tesisatında sızıntı olan abone için önem arz etmez. Kayıp su ortalama su maliyetini yükselttiğinden su idareleri için de çok önemlidir[16, 17].

4.7. Basınç Düzenleyici Vanalara Genel Bakış

Basınç düzenleyici vanalar (BDV) debi ve çıkış basıncına göre çıkış basıncını düşüren mekanik cihazlar olarak tanımlanabilirler. Bütün BDV'lerin birtakım özellikleri vardır. Bunlar debiyi kontrol etmesi (vana), giriş ve çıkış basıncı arasındaki farkı algılayabilmesi ve kontrol pilotunu harekete geçirmesi gibi özelliklerdir. Bu ve bunun gibi birçok özellik üreticiler tarafından düşünülebilir.

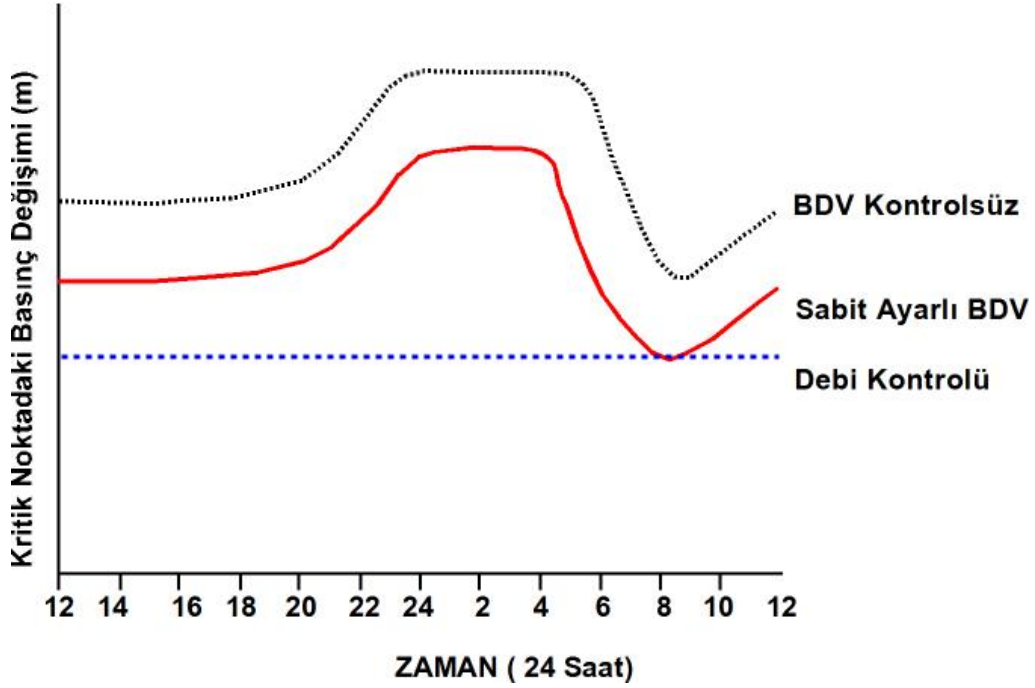
Sabit çıkışlı ve debi kontrollü olmak üzere başlıca iki çeşit BDV vardır. Genel olarak sabit çıkışlı BDV çıkış basıncını sabit tutar. Maksimum tasarım debisi için basınç ayarı kritik noktadaki abonenin servis seviyesine göre ayarlanır. Bunun sonucu olarak ortalama zon gece basıncı debiye duyarlı basınçtan daha yüksek olacaktır. Bir sonraki adımda ise minimum su ihtiyacına göre ayar yapılır.

Gerçekte, bazı sabit çıkışlı BDV'ler her zaman sabit çıkış basıncı sağlayamazlar. Özellikle düşük debilerde çıkış basıncında yükselmeler görülür. Bir pilot yardımıyla debi ve basınç değişimlerine göre çıkış basıncı sabit tutulmaya çalışılır. İki pilot kullanılarak gece ve gündüz basıncı farklı ayarlanabilir.

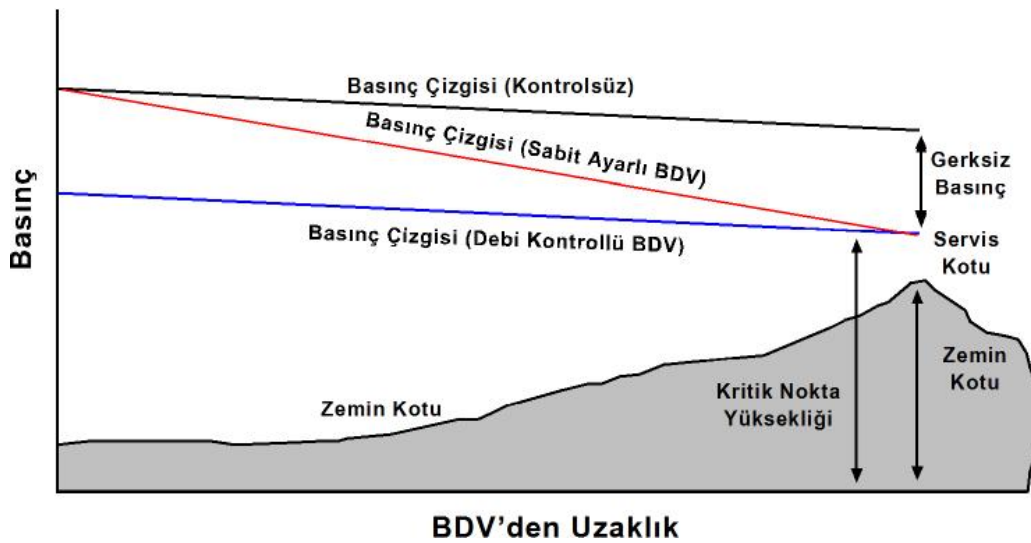
Debiye duyarlı BDV'ler dağıtım sistemindeki debi ve basınç değişimlerine göre hedef noktadaki basıncı sabit tutacak şekilde hareket eder. Çıkış basıncını

ayarlayacak regülatör mekanik, elektriksel veya bunların birlikte kombinasyonu şeklinde olabilir.

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7, iki çeşit vananın kritik noktadaki basınca etkisini göstermektedir.



Şekil 4.6. Kritik noktada günlük muhtemel basınç değişimleri



Şekil 4.7. Kritik nokta piyozometre çizgisi

Genel anlamda, yük kayıplarının 10 m'yi aştığı bölgelerde debiye duyarlı basınç kontrolünün faydaları (her ne kadar maliyetler artsa da) daha net görülecektir.

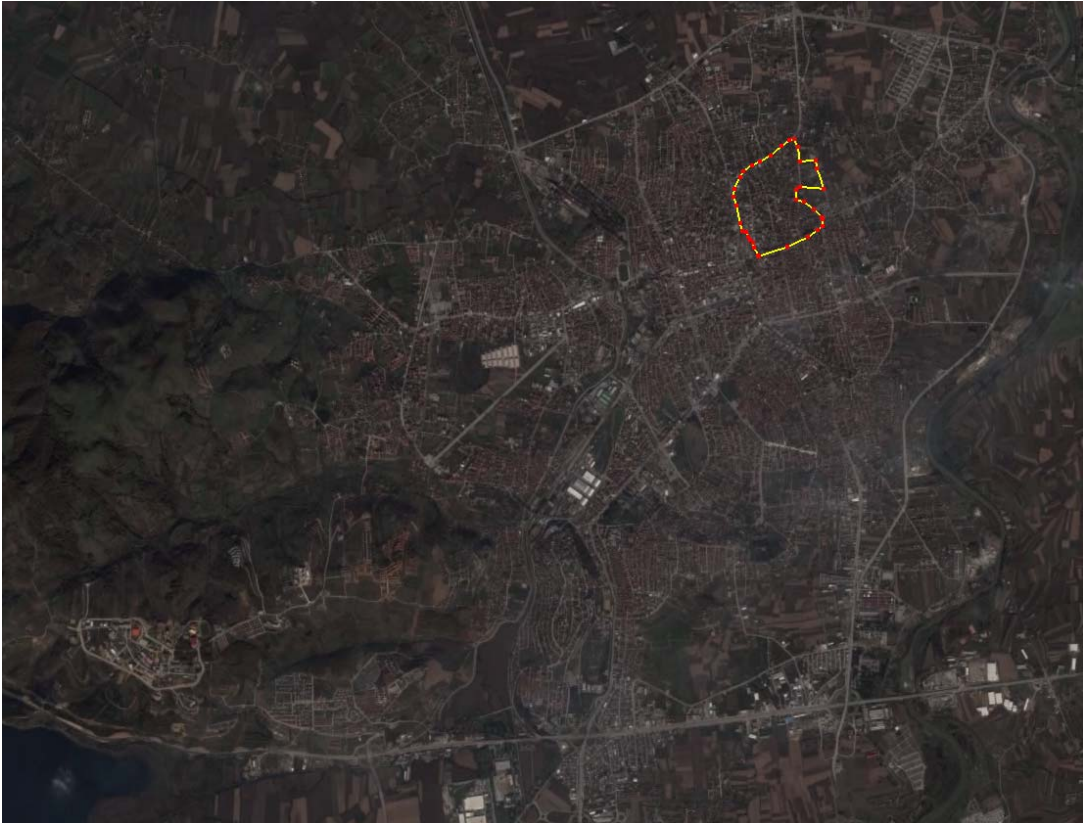
Haberleşme ve kontrol kolaylığından dolayı, BDV kontrol sistemleri daha karmaşık ve etkili olmaktadır. Bu tür vanalar günümüzde birincil amaç olarak, geleneksel olarak altyapıyı su darbelerine karşı korumaktan çok su kayıplarını azaltmak ve basınca bağlı tüketimi azaltmak için kullanılmaktadır. Şu da bilinmelidir ki, ana su dağıtım sisteminin yüksek basınçlı olduğu eski şebekelerde basınç düşürülene kadar sızıntılardan oluşan kayıplar azaltılamaz. Tamiri yapılan arıza sistemde basıncı yükselttiği için başka patlamlara sebep olacaktır.

Kontrol sistemi ne kadar gelişmiş olursa BDV'nın etkisi ve doğruluğu da o kadar artacaktır. Kontrol sistemi ne kadar gelişmiş olursa beklenmeyen su taleplerine de daha iyi cevap verecektir. BDV teknolojisi sürekli gelişmektedir. Yaygın olarak kullanılan kontrol sistemleri, giderek daha ekonomik olmaktadır [18].

BÖLÜM 5. MATERYAL METOD

5.1. Çalışma Bölgesi

Çalışmanın yapıldığı bölge merkez ilçe Adapazarı şehir merkezinde yerleşimin yoğun olduğu $40^{\circ}46'43.37''-40^{\circ}47'19.07''K$ ve $30^{\circ}23'58.82''-30^{\circ}24'35.13''D$ koordinatlarında bulunmaktadır (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2). Topoğrafik olarak deniz seviyesinden yüksekliği 31–34 m arasındadır. Şehir içmesuyu şebekesinde alt kat şebekeye dâhildir. Bölgeye su temin eden deponun krepin kotu 104 m'dir.



Şekil 5.1. Adapazarı Şehir Merkezi uydu görüntüsü



Şekil 5.2. Çalışma bölgesinin uydu görüntüsü

Şebeke HDPE 100 olarak tabir edilen yüksek yoğunluklu polietilen borudan teşekküldür. Su temini tek noktada oluşturulan ölçüm odasından sağlanacak ve bölgeye su giriş-çıkışı olmayacak şekilde şebeke izole edilmiştir. İzole edilen bölgenin şebeke uzunluğu 11.930 m'dir. Toplam boru uzunluğu ve çapları Tablo 4.1'de görülmektedir.

Şebeke harita ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) programı kullanılarak sayısallaştırma işlemi tamamlanmıştır. Oluşturulan sayısal veriler uydu görüntüsü üzerine eklenmiştir (Şekil 5.3).

Tablo 5.1 Çalışma bölgesindeki boruların çap ve uzunlukları

	ÇAP			
	Ø 225	Ø 180	Ø 125	TOPLAM
UZUNLUK	930	800	10200	11930



Şekil 5.3. Şebekenin uydu görüntüsü üzerine yerleştirilmesi

Oluşturulan izole bölge içinde yaklaşık olarak 3094 abone bulunmaktadır. Bunların 2440 adedi konut, 654 adedi ise ticari abonelerdir. Bölgedeki en yüksek bina altı katlıdır. Servis kalitesinde herhangi bir olumsuzluk yaşanmaması için en üst katta olması gereken minimum su basıncı 20 m'dir.

Şehirde yapılaşmanın ve dolayısıyla nüfusun yoğunluğu, Adapazarı şehir merkezindeki yüksek katlı bina (7 katlı) bu bölgede bulunduğu için şehrin genel özelliklerini çok iyi yansıtmaktadır. Bu amaçla uygulama alanı olarak seçilmiştir.

5.2. Ekipman

Bu çalışmada TS 226'ya uygun içmesuyu kullanılmıştır. Kullanılan cihazlar ise aşağıda sıralanmıştır

- Hydreka HydrINS saplama tip elektromanyetik debimetre

- C-Valves Ø=150 mm çapında 0-550 m³/saat debi aralığında çalışabilen basınç düzenleyici vana
- ControlMate BDV kontrol, basınç ölçer ve veri kayıt ünitesi
- ConrollerCom Haberleşme cihazı ve Siemens TC65 Terminal modem
- Keller dijital anlık ve kayıt edicili manometre
- Netcad 4.0 harita yazılımı
- ReaderMate 301 v16 veri analiz yazılımı
- HDPE 100 içmesuyu şebeke borusu

5.2.1. Debimetre

Debi ölçümünde Hydreka HydrINS saplama tip elektromanyetik debimetre kullanılmıştır. Boru üzerine açılan boşluğa 25 mm'lik küresel vana takılarak bu vanaya montajı yapılır. 100 mm ile 8000 mm arasındaki çaplarda kullanılabilir. Ölçüm yöntemi ISO 7145-1982 standardına uygundur.

5.2.2. Basınç düzenleyici vana

Şebekede basıncın düşürülmesi ve düzenlenmesinde C-Valves marka basınç düzenleyici vana kullanılmıştır. Kısa sürede tepkime verecek basıncın düzenlenmesini daha etkili ve kısa sürede yapmaktadır.

5.2.3. Kontrol ünitesi

Kontrol ünitesi olarak Wessex Electronics Consultants firmasının üretimi olan ControlMate cihazı kullanılmıştır. Şebekede basıncın ayarlanmasını sağlayacak BDV'yi kontrol etmekte. Aynı zamanda 15 dakikalık aralıklarla veri kayıt etmektedir.

5.2.4. Haberleşme cihazı

Haberleşme GSM (Global System for Mobile Communications – Mobil İletişim için Küresel Sistem) şebekesi kullanılarak yapılmıştır. ControllerCom haberleşme cihazı

günde bir defa belirlenen saatte kayıt altına alınan verileri merkezdeki bilgisayara aktarmaktadır. Merkezdeki bilgisayarda Siemens TC65 Terminal modem bulunmakta ve verileri bilgisayara aktarmaktadır.

5.2.5. İçmesuyu şebeke borusu

Çalışma alanındaki boru cinsi HDPE'dir. Basınç sınıfı, PN 10 olarak ifade edilen 10 bar basınca kadar dayanıklıdır. Şebeke 2000-2002 yılları arasında imal edilmiştir.

5.2.6. Manometre

Uygulamalar boyunca Keller marka dijital kayıt edici özelliği olan manometre ile anlık ölçüm yapan manometre kullanılmıştır.

5.2.7. Programlar

Şebekedeki verilerin sayısallaştırılması için Netcad 4.0 harita ve coğrafi bilgi sistemi programından yararlanılmıştır. GSM şebekesi ağı vasıtası ile merkezdeki bilgisayara aktarılan debi ve basınç verileri Readermate 301 v16 programı kullanılarak

5.3. Metot

Basınç yönetimi, fiziki kayıpların azaltılmasında etkili olan anahtar faktördür. Su girişi tek bir noktadan olacak şekilde düzenlenmiş olan çalışma alanında yapılacak çalışmalar için ölçüm odası inşa edilmiştir. Oluşturulan kapalı izole bölgeye verilen suyun ölçülebilmesi için debimetre montajı yapılmıştır. Uygulamalarda basıncın su kayıplarına etkisinin görülebilmesi için yapılacak kontroller ve basınç değişimleri için kontrol ünitesi ve basınç düzenleyici vana montajı yapılmıştır. Kontrol ünitesinin ayrıca basınç ölçme ve veri kayıt etme özelliği de vardır. Kayıt edilen debi ve basınç verileri haberleşme cihazı vasıtası ile yazılımın kurulu olduğu bilgisayara modem aracılığı ile günde bir kez belirlenen saatte aktarılmaktadır [18].

5.3.1. Birinci aşama mevcut durumun tespiti

Sistemde hiçbir değişiklik yapılmadan mevcut durumun görülebilmesi amacıyla basınç ve debi kontrol ünitesi kullanılarak bir hafta boyunca kayıt altına alınmıştır. Bu aşamaya başlamadan sistemde gerekli izolasyonun sağlandığının görülebilmesi için giriş vanası kapatılarak kontrol yapılmıştır. Tüm çalışma boyunca en yüksek katlı binanın en üst katı basınçtan en fazla etkileneceğinden kritik nokta seçilmiş ve bu noktadaki basınç kaydedicili dijital manometre monte edilerek sürekli takip edilmiştir.

5.4.2. İkinci aşama çıkış basıncının sabit ayarlanması

Şebekede en yüksek katlı binanın en üst katı kritik nokta olarak seçildiğinden burada olması istenen minimum basınç 20 m'dir. İkinci hafta şebekedeki basınç BDV kullanılarak 48 m sabit çıkış sağlanacak şekilde ayarlanmıştır. Sabit basınç vana kontrol ünitesi manüel kontrolde çalıştırılarak sağlanmıştır.

5.4.3. Üçüncü aşama çıkış basıncının iki zamanlı ayarlanması

İçmesuyu şebekelerinde talebin yoğun olduğu saatlerde sistemdeki basınç düşerken, talebin azaldığı, özellikler gece saatlerinde, basınç artmaktadır. Basıncın daha fazla olduğu gece 00:30 ile sabah 07:30 saatleri arasında basınç daha da düşürülerek 41 m sabit çıkış olacak şekilde ayarlama yapılmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2. Basıncın ayarlandığı zaman aralıkları

Zaman	Basınç
00:30 – 07:30	41
07:30 – 00:30	48

5.4.4. Dördüncü aşama çıkış basıncının debi kontrollü ayarlanması

Şebekede su talebi günün farklı saatlerinde farklılıklar arz etmektedir. Genel olarak normal şartlarda debi sabah saatlerinden itibaren artış göstermekte, öğleden sonra düşmekte, akşam saatlerinde tekrar artmaktadır. Talebin en az olduğu zamanlar ise gece saatleridir. Gerekli olan debide gereken kadar basınç sağlanarak debi kontrollü olacak şekilde basınç ayarlaması yapılmıştır. Yapılan uygulamada basınç kontrol ünitesi kullanılarak, debi arttıkça yükseltilmiş, azaldıkça ise düşürülmüştür. Burada amaç ihtiyaca göre basınç ayarlanmasıdır.

Kontrol ünitesinin debi kontrollü olarak çalışabilmesi için hangi debide ne kadar basınç verilmesi gerektiğini bilmek ve bu değerleri kontrol ünitesine girmek gerekmektedir. Kritik noktada olması istenen basınç göz önünde bulundurularak Tablo 5.3'deki gibi tablo hazırlanmalıdır.

Tablo 5.3 hazırlanırken aşağıdaki değerlerin bilinmesi gerekmektedir.

- Maksimum debi ($m^3/saat$)
- Minimum debi ($m^3/saat$)
- Kritik nokta maksimum basıncı (KNMB) (m)
- Kritik nokta minimum basıncı (KNMİB) (m)
- Sabit çıkışlı ayarlanan BDV basıncı (SAVB) (m)
- İstenen kritik nokta basıncı (İKNB) (m)
- Maksimum debide istenen basınç (MDİB) (m)
- Minimum debide istenen basınç (MİDİB) (m)

Şebekede ulaşılan maksimum debi 28 l/s, minimum debi 8 l/s olarak alınmıştır.

Tablo 5.3'deki 3 numaralı değere aşağıdaki hesaplamadan ulaşılır:

$$MDİB = (İKNB - KNMİB) + SAVB \quad (5.1)$$

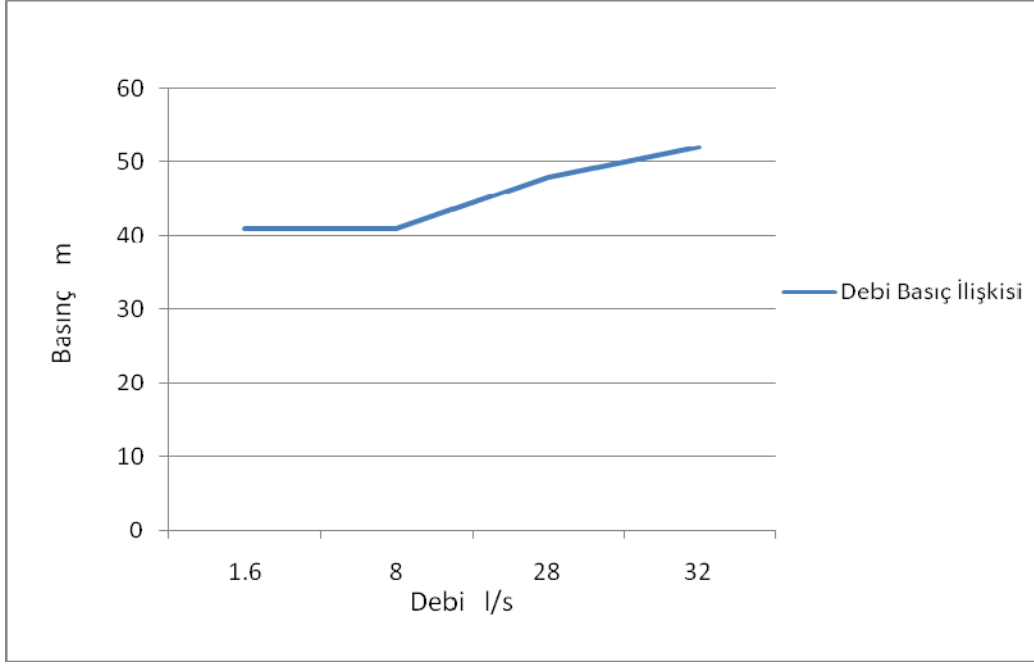
Tablo 5.3'deki 2 numaralı değere aşağıdaki hesaplamadan ulaşılır:

$$M\dot{I}D\dot{I}B = MD\dot{I}B - (KNMB - KNM\dot{I}B) \quad (5.2)$$

Tablo oluşturulurken 1. ve 4. sıralardaki debi değerleri güvenlik önlemi alınmak için konular. Debi çok düştüğünde bile basınç hiçbir zaman 41 m'nin altına düşmemelidir. Aynı şekilde ani bir su ihtiyacı durumunda debi artacağından (yangın suyu kullanımı gibi) basınç arttığında yeterli su alınabilecek şekilde basınç artmalıdır. Bu durumlar için önlem olarak minimum debinin % 20'si olan 1,6 l/s'de 41 m ve maksimum debinin % 15'i olan 32 l/s'de basınç % 7.5 artırılarak 52 m olacak şekilde Tablo 5.3 oluşturulmuştur.

Tablo 5.3. Kontrol ünitesine girilen debi ve basınç değerleri

Debi (m ³ /saat)	Basınç (m)
1,6	41
8	41
28	48
32	52



Şekil 5.4. Çalışılan pilot bölge için debi ve basınç ilişkisi

Cihaz arada gerçekleşen değerleri lineer olarak hesaplamaktadır. Örneğin debi 18 l/s olduğunda 41 m ile 48 m arasındaki değeri girilen değerlerden lineer olarak hesaplayarak basıncı bu değere getirmektedir (Şekil 5.4).

BÖLÜM 6. BULGULAR

6.1 Mevcut Durum

Çalışma bölgesinde ölçüm odası kurulduktan sonra ilk veriler Ağustos 2008 tarihinden itibaren alınmaya başlanmıştır. Düzenli olarak aylık veri kayıtları ise ekim ayında oluşturulmaya başlanmıştır. Daha önce bölge ile ilgili verilen su ve basınç bilgileri bulunmamaktadır. Bölgeye aylık olarak verilen su ve ortalama değer Tablo 6.1’de görülmektedir.

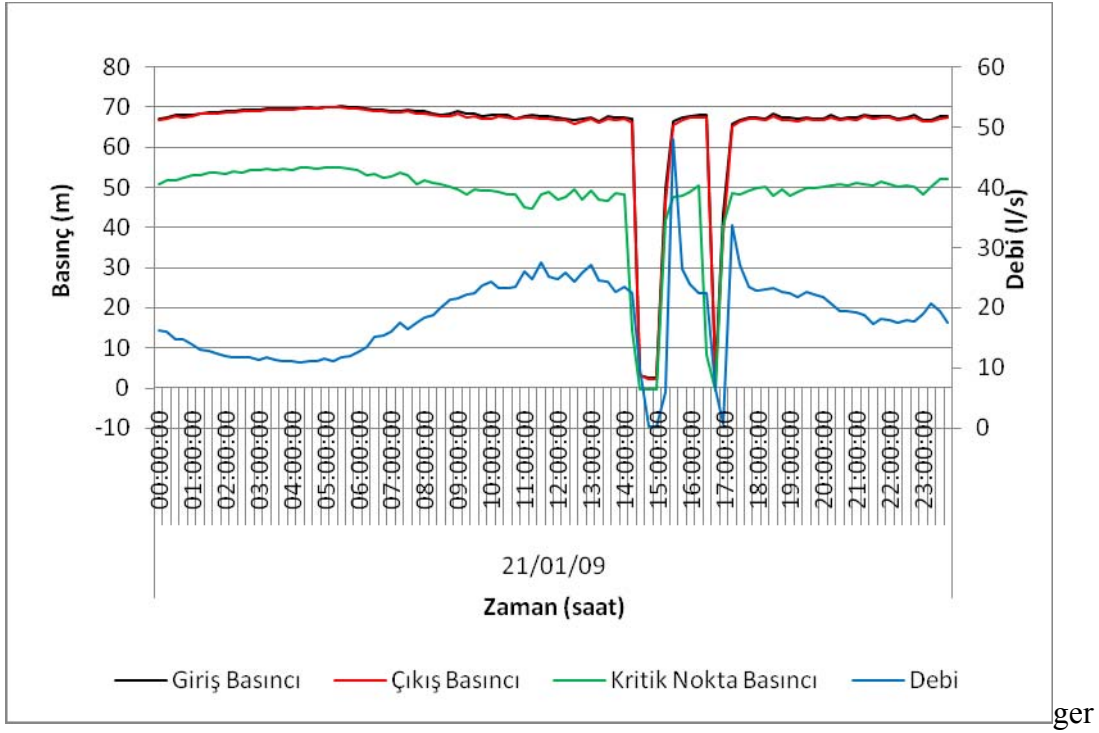
Tablo 6.1 Çalışma bölgesine verilen su miktarı

Ay	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Bölgeye verilen su (m ³)	48848	47640	48390	48293

6.2. Basıncın Sızıntıya Etkisi

Basıncın su kayıplarına etkisinin araştırılması amacıyla Ağustos 2008 tarihinden itibaren çalışmalara başlanmıştır. Şebekede yapılan düzenlemelerden sonra debi ve basıncın sürekli gözlemlenmiştir. 21 Ocak 2009 tarihinde şebekenin izole edilip edilmediğini test etmek için giriş vanası kapatılmıştır. Debi ve basınç eğrilerinin düştüğü şekil 6.1’de görülmektedir.

Bölgedeki veriler kayıt altına alınmaya başladığından itibaren giriş basıncı, çıkış basıncı ve debi gözlemlenmiştir. Şebekede debi, tüketimin yoğun olduğu öğlen saatlerinde artmaktadır. Tüketim eğrisi ve su kullanımı alışkanlıkları hafta sonu hafta içine göre değişmekte, maksimum debi hafta sonları öğle saatlerinde çöküşmektedir. Tüketimin arttığı saatlerde basınç da bu düşüşe paralel olarak düşmektedir.



Şekil 6.1. Basınç kontrol testi

Kayıp oranının hesaplanması ve değerlendirilmesinde Mckenzie (2002) tarafından önerilen yöntem izlenmiştir. Sızıntının hesaplanması Tablo 2–6 arasında detaylarıyla sunulmaktadır [20, 21]

Tablo 6.2. Sızıntı hesaplama parametreleri

Tanım	Değer
Bağlantılardan kaynaklan yeraltı sızıntıları	1 l/bağlantı
Gece boyunca aktif olan nüfus (abone) yüzdesi	6 %
Tuvaletlerde kullanılan su miktarı	10 l
Ev başına 4 kişi düşünülürse tahmini nüfus	9.760 kişi
Yeraltı sızıntıları basınç çarpanı	1,5
Arıza/sızıntı basınç çarpanı	0,5

Tablo 6.3. Gece debisi için referans alınan veriler

Tanım	Değer
Şebeke uzunluğu	11.930 m
Bağlantı sayısı	620
Abone sayısı	2440 konut+654 ticari=3094
Hesaplanan nüfus (konutlarda gece oturanlar)	9.760
Bölgenin ortalama gece basıncı	68 m
68 m'de Ölçülen minimum gece debisi	10,489 l/s = 37,760 m ³ /saat
48 m'de ölçülen gece debisi	7,66 l/s = 27,5 m ³ /saat

Tablo 6.4. Normal gece kullanımının tahmini

Tanım	Hesaplama	Değer
Gece evsel kullanım	9.760*%6*10 l/saat	5,856 m ³ /saat
48 m'de beklenen abone kayıpları	620*1 l/saat	0,620 m ³ /saat

Tablo 6.5. 68 m'de su kayıplarının tahmin edilmesi

Tanımlama	Hesaplama	Değer
Evsel gece kullanımı (EGK)	(Tablo 5'den)	5,856 m ³ /saat
Beklenen bağlantı kayıpları (BBK)	$(68/48)^{1,5} * 0,62$	1,045 m ³ /saat
Toplam beklenen minimum gece debisi (MGD)	EGK+BBK	6,901 m ³ /saat
Ölçülen MGD		37,760 m ³ /saat
68 m'de gece kaybı	37,760 – 6,901	30,859 m ³ /saat

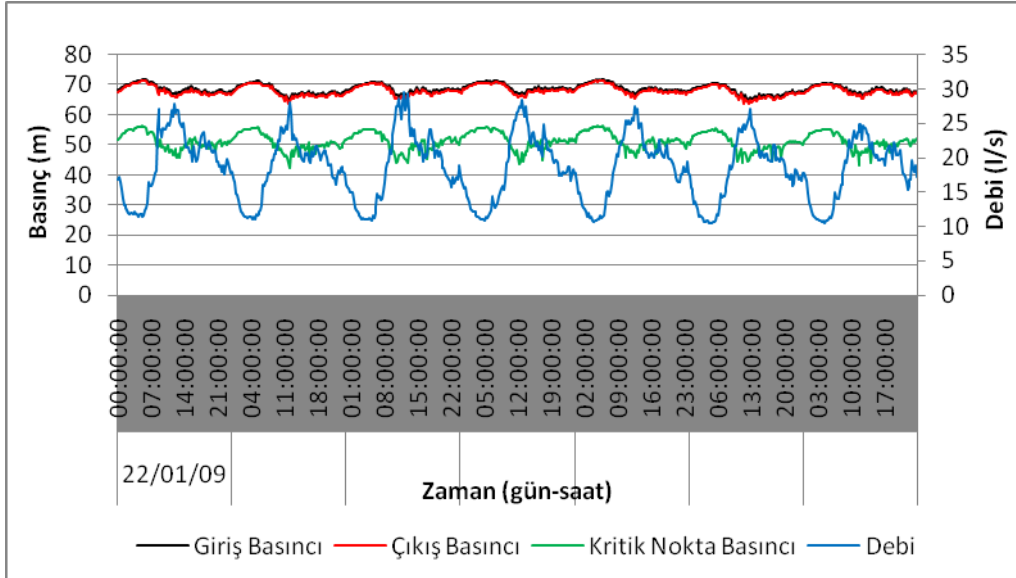
Tablo 6.6. Sızıntı değerlendirilmesi

Tanımlama	Hesaplama	Değer
68 m'de gece kayıpları	(Tablo 6'dan)	30,859 m ³ /saat
Tahmini saatlik kayıp	(20/24)*30,859	25,716 m ³ /saat
Tahmini günlük kayıp	25,767*24	617,184 m ³ /gün
Toplam ölçülen hacim	11.164,31 m ³	
Ortalama ölçülen akış	11.164,31/7	1595 m ³ /gün
Sızıntıdan dolayı kayıp	617,184/1595*100	38,7 %

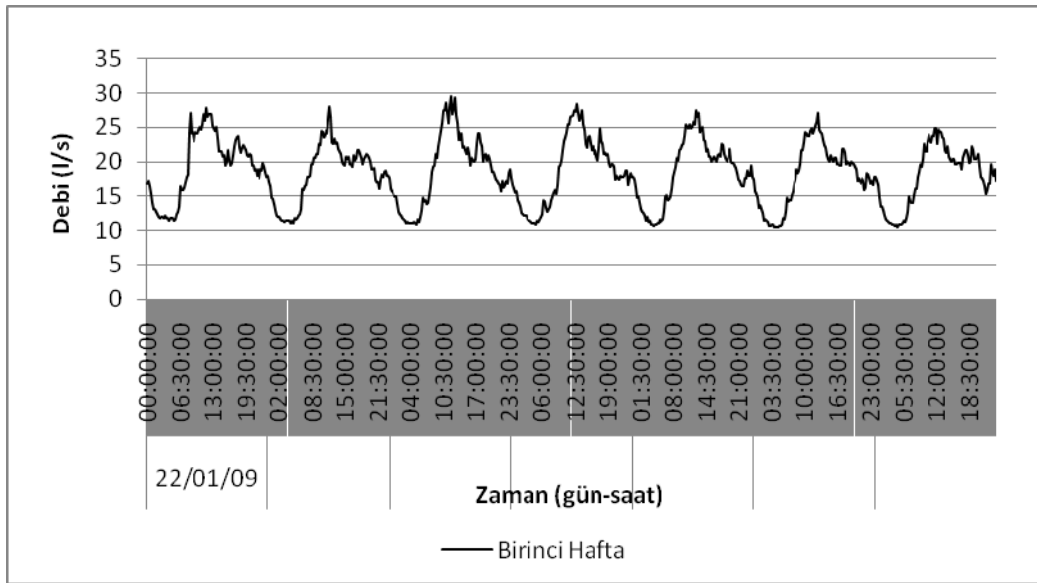
Tablo 6.6.'dan da görüldüğü gibi sızıntılardan dolayı oluşan kayıp yaklaşık % 38,7 bulunmuştur.

6.2.1. Birinci aşama mevcut durumun tespiti

Şekil 6.2'den de görüldüğü gibi 2009 Ocak ayının 22'sinden 28'ine kadar BDV tam açık olarak ayarlanmıştır. Şebekede görülen maksimum basınç 71,2 m, minimum basınç 63,8 m ve ortalama basınç ise 68 m civarındadır (Şekil 6.2). Gece basıncı 69 m ile 71 m arasında değişmektedir. Tüketimde ise gecelik minimum debi 10,489 l/s, maksimum debi ise 29,556 l/s ortalama debi ise 18,46 l/s olarak gerçekleşmiştir. İlk bir hafta boyunca bölgeye 11.164,31 m³ su verilmiştir (Şekil 6.3). Günlük ortalama 1594,9 m³ su verilmiş. Birinci hafta boyunca ölçülen değerler çalışma öncesi durumu ifade etmektedir. Bu nedenle basınç değişimlerinin etkisi değerlendirilirken referans olarak alınmıştır.



Şekil 6.2. Birinci Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği

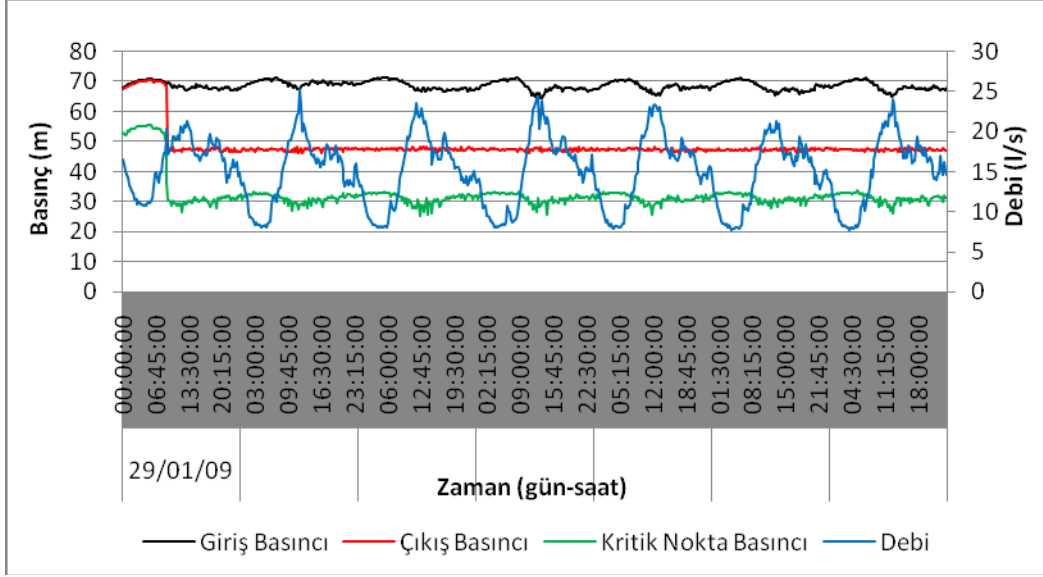


Şekil 6.3. Birinci hafta şebekeye verilen suyun grafiği

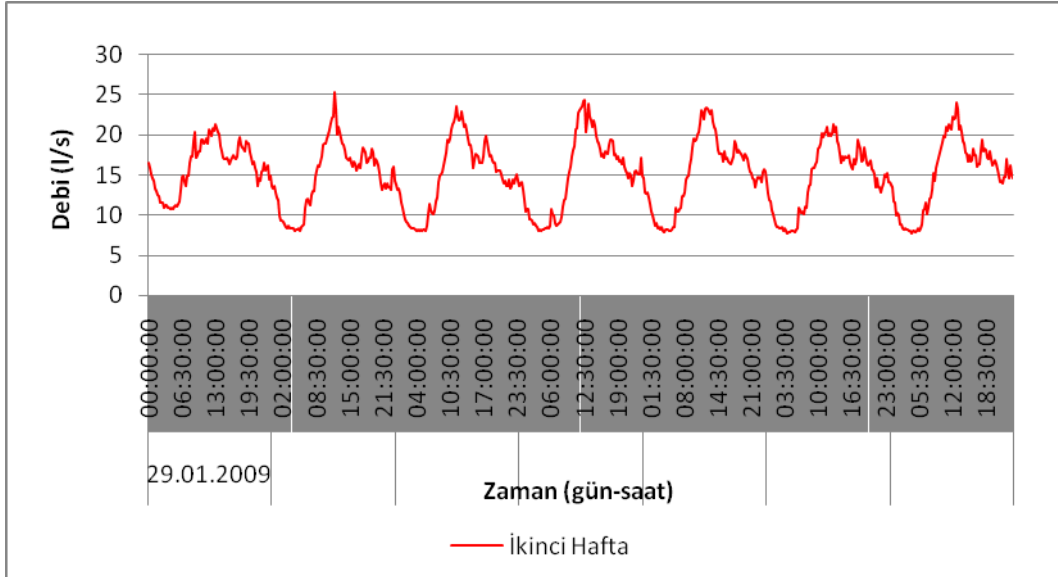
6.2.2. İkinci aşama çıkış basıncının sabit ayarlanması

Basınç değişiminin sızıntıdan dolayı oluşan su kayıplarına etkisinin incelenmesi amacıyla 29/01/2009–04/02/2009 tarihlerini kapsayan ikinci hafta boyunca oluşturulan mahalli ölçüm alanındaki basınç 48 m'de sabit tutulacak şekilde BDV ayarlanmıştır. Şebekeye verilen suda azalma meydana gelmiş, bir haftalık süre

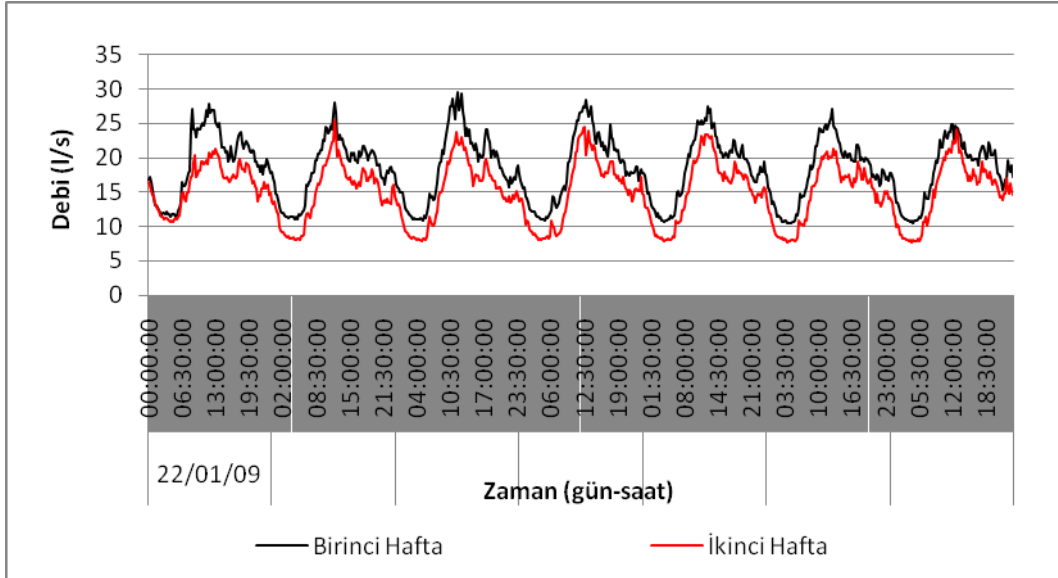
sonunda bölgeye toplam 9.100,43 m³ su verilmiştir. Günlük ortalama su tüketimi 1.300 m³, anlık ortalama su tüketimi ise 15 l/s olarak gerçekleşmiştir. Maksimum su tüketiminin 25,378 l/s'ye, minimum gece debisinin ise 7,667 l/s'ye düştüğü şekil 6.5'de görülmektedir.



Şekil 6.4. İkinci Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği



Şekil 6.5 İkinci Hafta şebekeye verilen suyun grafiği



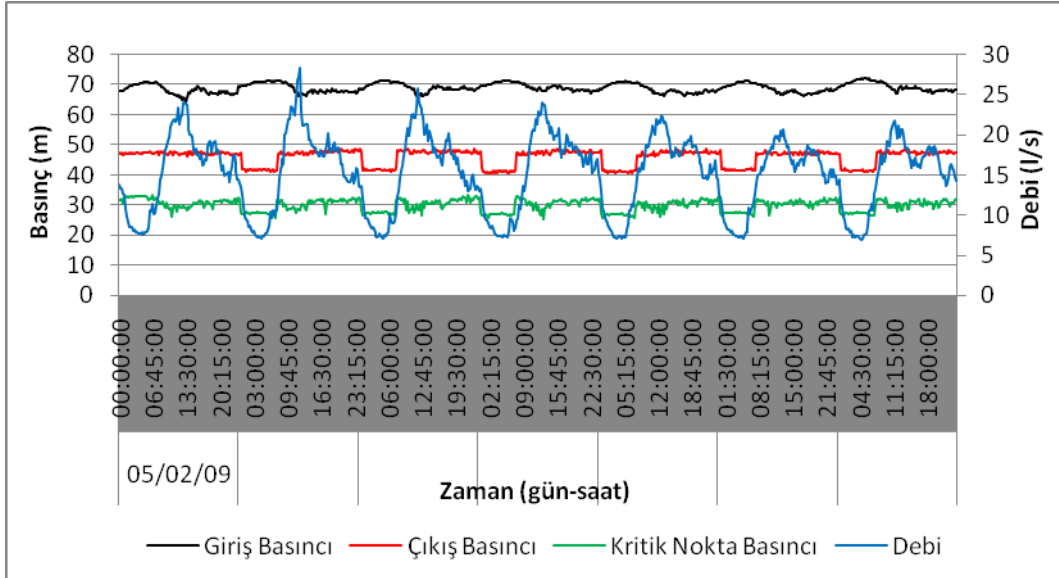
Şekil 6.6. Birinci Hafta ile İkinci Haftanın debilerinin karşılaştırması

İlk iki hafta boyunca şebekeye verilen su karşılaştırıldığında aradaki fark görülebilmektedir. Siyah grafik 22–28/01/2009 tarihlerini, kırmızı grafik ise 29/01/2009–04/02/2009 tarihleri arasında gerçekleşen su akışının grafikleridir.

Basıncın düşürülmesi gece debisinin de düşmesiyle sonuçlanmıştır. Basınç ortalama 68 m den 48 m'ye (yaklaşık % 30 oranında) düşürüldüğünde minimum gece debisi de 10,489 l/s'den 7,667 l/s'ye (yaklaşık % 27 oranında) düşmüştür. Bu da şebekeye günlük olarak ortalama 295 m³ su daha az verilmiş demektir.

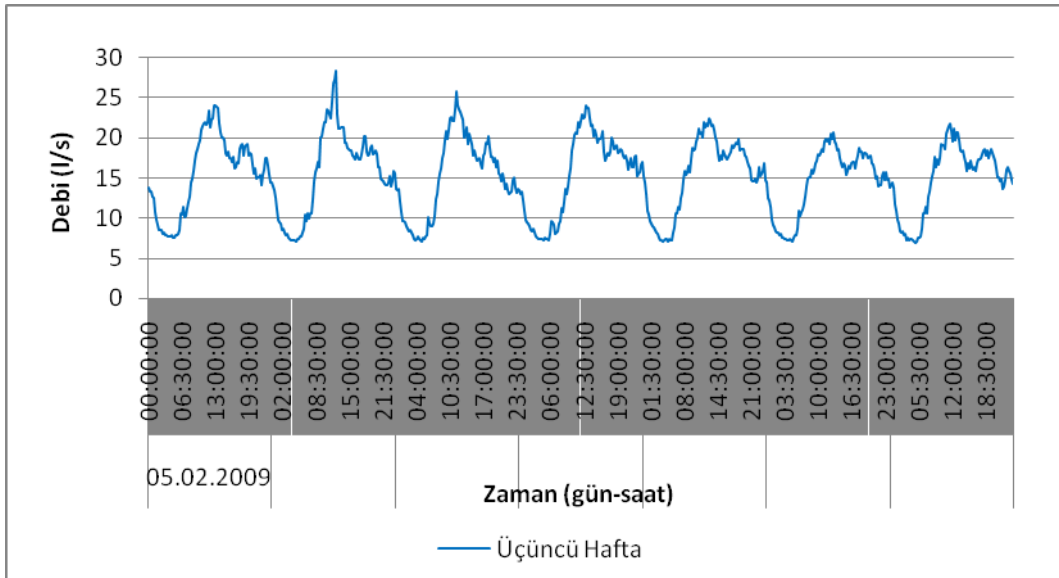
6.2.3. Üçüncü aşama çıkış basıncının iki zamanlı ayarlanması

04-11/02/2009 tarihleri arasında üçüncü hafta boyunca zaman kontrollü olarak gece 00:30 sabah 07:30 arasında basınç 41 m'ye düşürüldüğünde şebekeye verilen suyun minimum gece debisinde azalma olduğu görülmüştür (Şekil 6.7). MGD 6,978 l/s'ye düşmüştür.



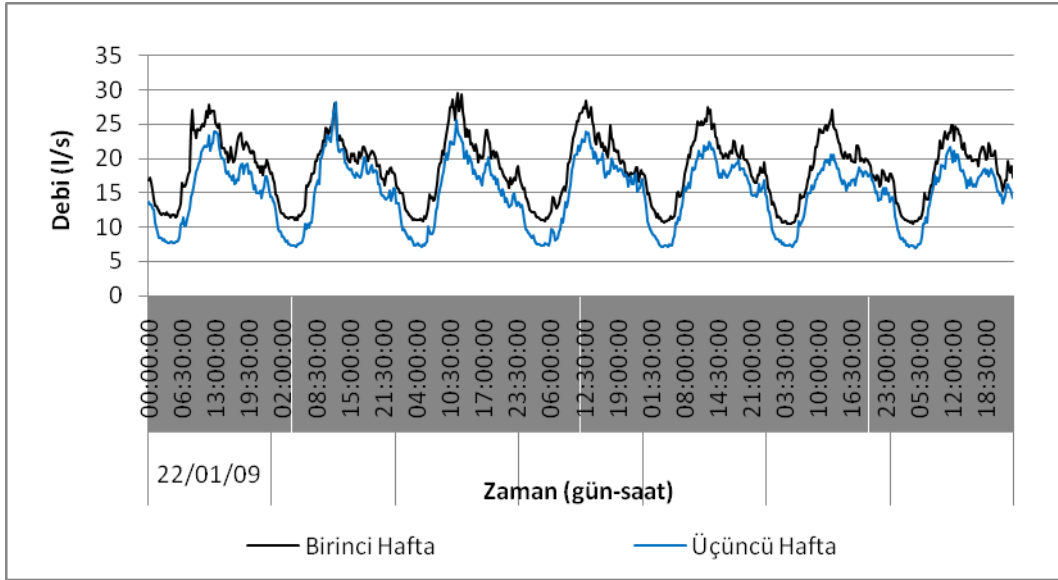
Şekil 6.7. Üçüncü Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği

Minimum gece debisi 6,978 l/s'ye kadar düşmüştür. Buna karşılık bir önceki haftaya göre şebekeye 60 m^3 daha fazla su verilmiştir. Bu tarihler arasında şebekeye $9.160,57 \text{ m}^3$, günlük ortalama $1308,5 \text{ m}^3$ su verildiği ölçülmüştür (Şekil 6.8). Günlük ortalama debi 15,1 l/s'dir.

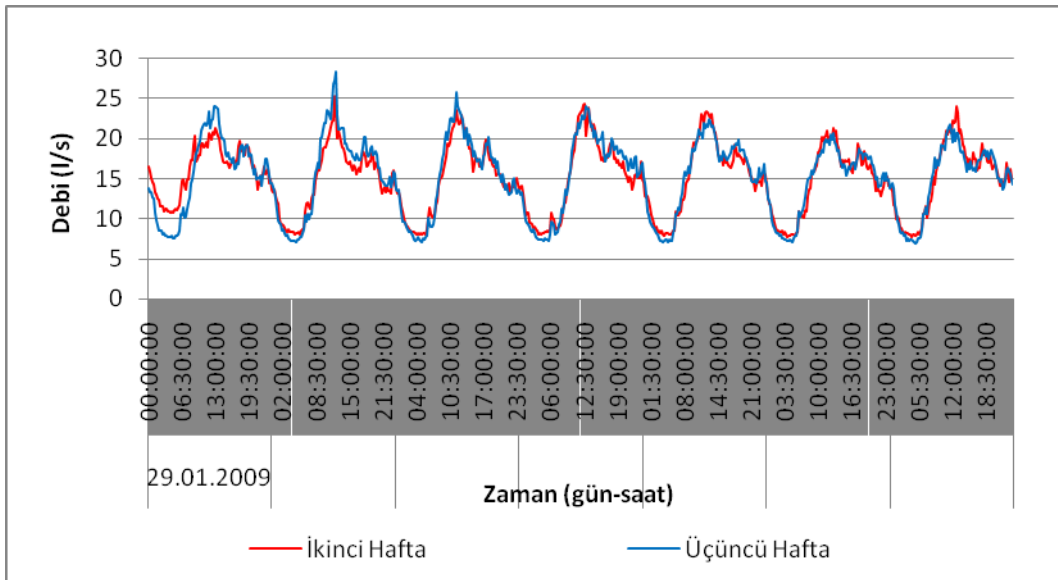


Şekil 6.8. Üçüncü Hafta şebekeye verilen suyun grafiği

Mevsimsel olarak kullanım farklılıklarında dolayı su tüketimindeki artış nedeniyle şebekeye verilen suda artış normal sayılabilir. Daha önceki haftalara oranla kullanımdaki farklılıklar Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'dan görülebilir.



Şekil 6.9 Birinci Hafta ile Üçüncü Haftanın debilerinin karşılaştırması



Şekil 6.10. İkinci Hafta ile Üçüncü Haftanın debilerinin karşılaştırılması

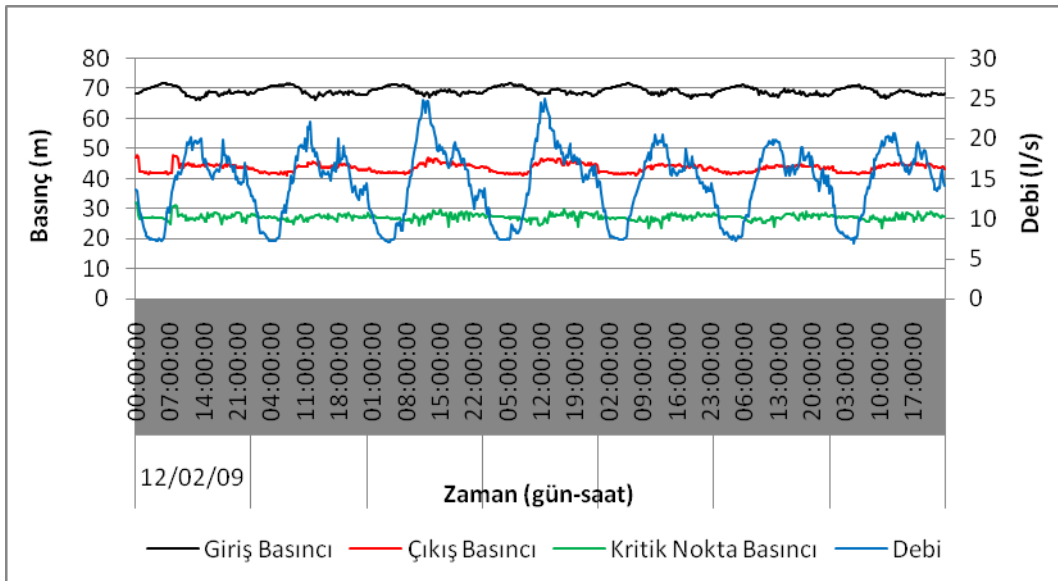
Haftalar ilerledikçe MGD'de azalma meydana gelmiştir. Buna paralel olarak günlük şebekeye verilen suda da azalma sağlanmıştır. Grafikler incelendiğinde zamana bağlı olarak kontrolün sağlandığı üçüncü hafta boyunca su tüketim alışkanlıklarının

mevsimsel sıcaklıkların artışı nedeniyle dolayısıyla da su tüketiminin arttığı görülebilmektedir [21, 22].

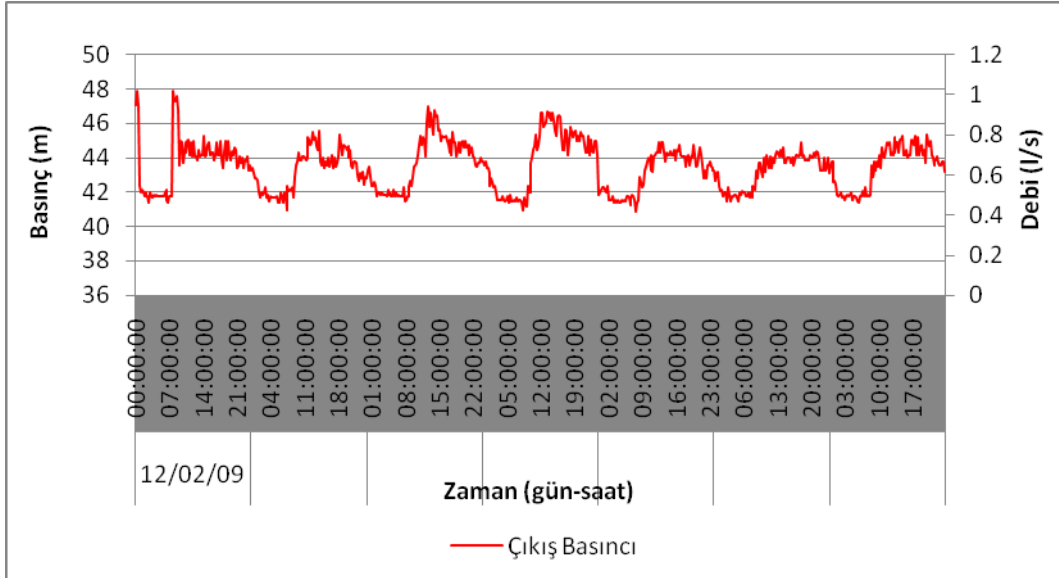
6.2.4. Dördüncü aşama çıkış basıncının debi kontrollü ayarlanması

Şebekeye 12/02/2009 tarihinden başlanarak debi kontrollü olarak su verilmeye başlandığında MGD 6,911 l/s'ye kadar düşürülmüştür. Bir hafta boyunca şebekeye toplam 8743,97 m³, günlük ortalama 1249 m³ su verilmiştir (Şekil 6.11 ve Şekil 6.13). Ortalama debi ise 14,5 l/s'dir.

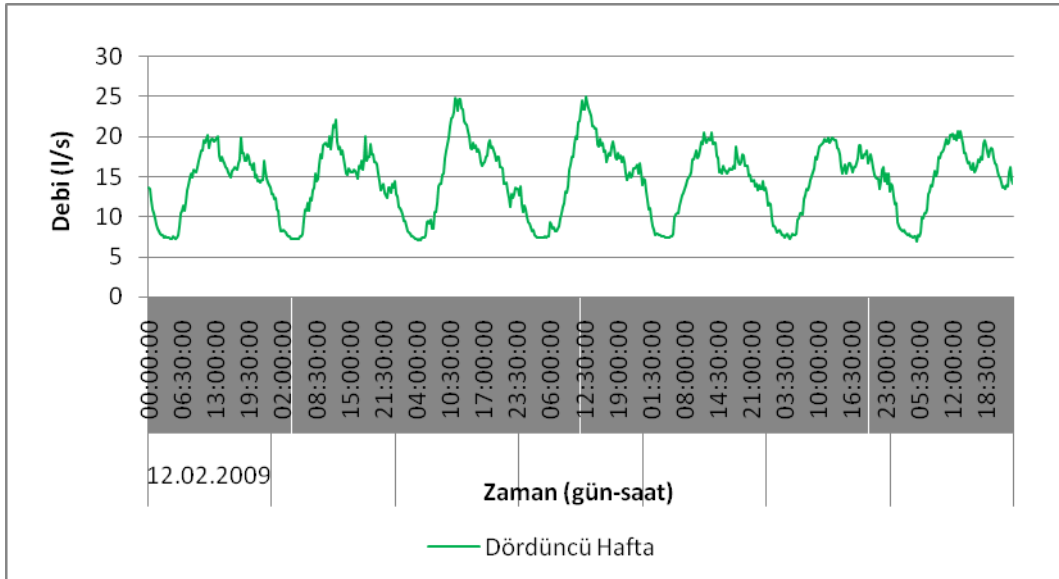
Şebekede basınç kısmen daha dengeli hale gelmiştir. En yüksek basınç 47 m, en düşük basınç 40,9 m, ortalama ise 43,47 m olarak gerçekleşmiştir (Şekil 6.11). Bu durumda maksimum ve minimum basınçta diğer uygulamalara göre daha fazla bir düşüş sağlanmıştır.



Şekil 6.11. Dördüncü Hafta basınç ve debi değerlerinin grafiği

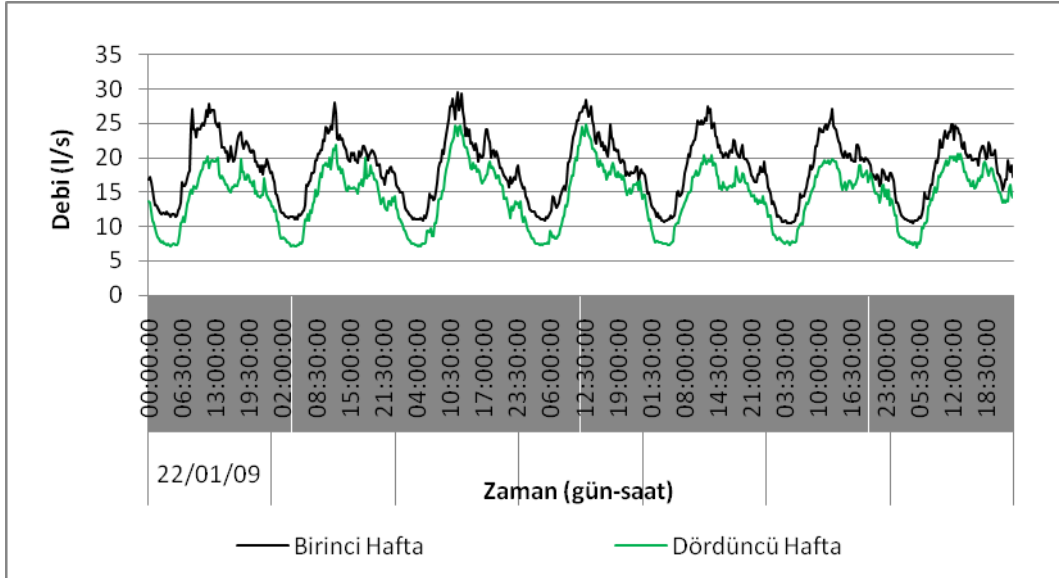


Şekil 6.12. Dördüncü Hafta çıkış basıncı

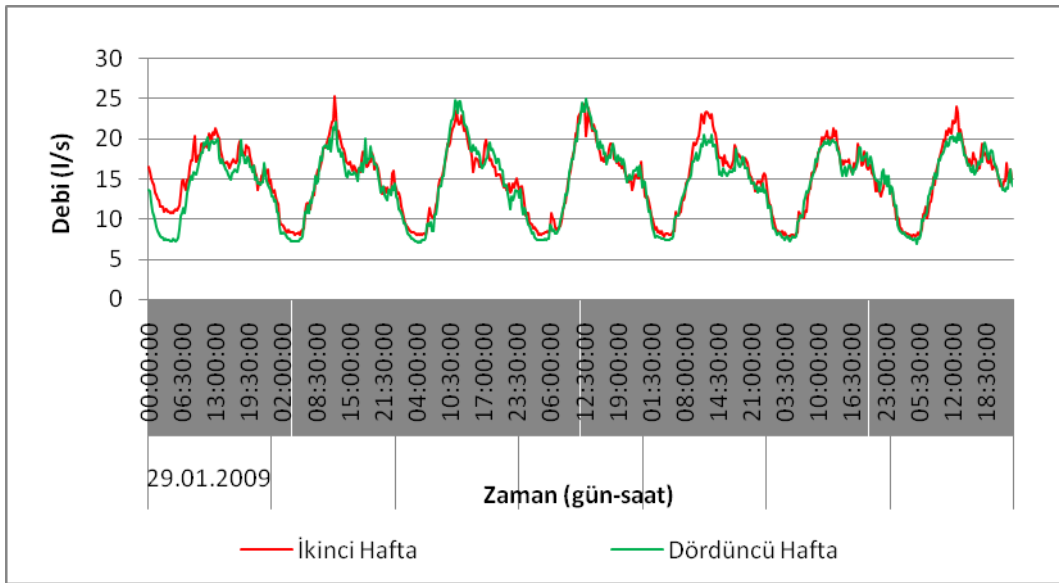


Şekil 6.13. Dördüncü Hafta şebekeye verilen suyun grafiği

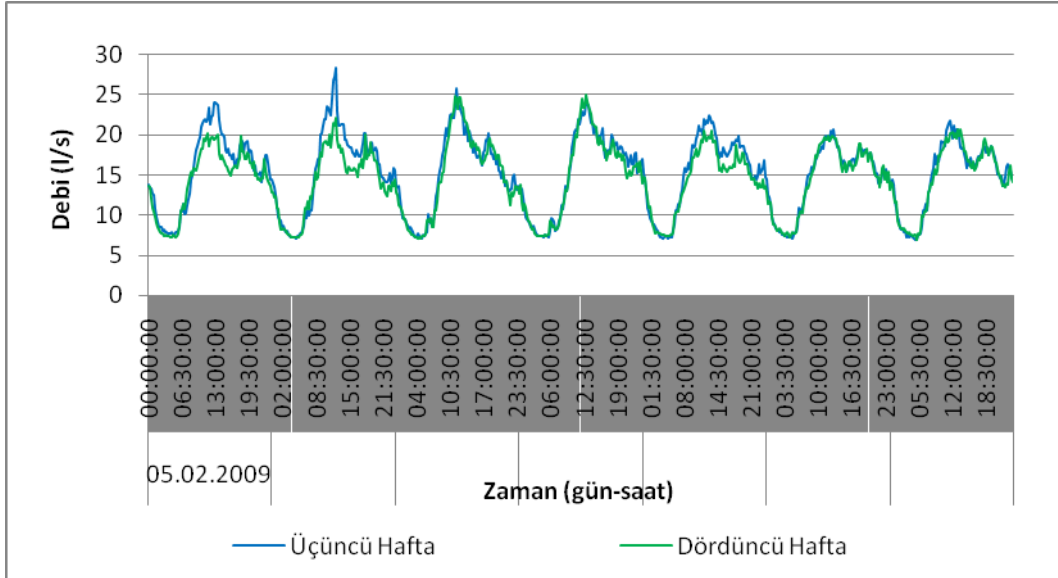
Şebeke genelinde basıncın sürekli olarak düşük kalmasına paralel olarak şebekeye verilen suda daha fazla bir düşüş oluşmuştur. MGD'de ilk haftaya oranla %34, ikinci haftaya oranla %9,8, üçüncü haftaya oranla ise %0,96 oranında bir düşüş sağlanmıştır (Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15).



Şekil 6.14. Birinci Hafta ile Dördüncü Haftanın debilerinin karşılaştırılması



Şekil 6.15. İkinci Hafta ile Dördüncü Haftanın debilerinin karşılaştırılması



Şekil 6.16. Üçüncü Hafta ile Dördüncü Haftanın debilerinin karşılaştırılması

Şebekeye verilen suda daha fazla farklar oluşmuştur. Haftalık ölçülen su tüketiminde birinci haftaya oranla %21,6, ikinci haftaya oranla %3,9, üçüncü haftaya oranla ise %4,5 oranında azalma görülmüştür. Şebekeye verilen su daha önceki haftalar ile karşılaştırılması Şekil 6.13, 6.14 ve 6.15’de görülmektedir. Tablo 6.7’de elde edilen veriler genel olarak karşılaştırılmıştır.

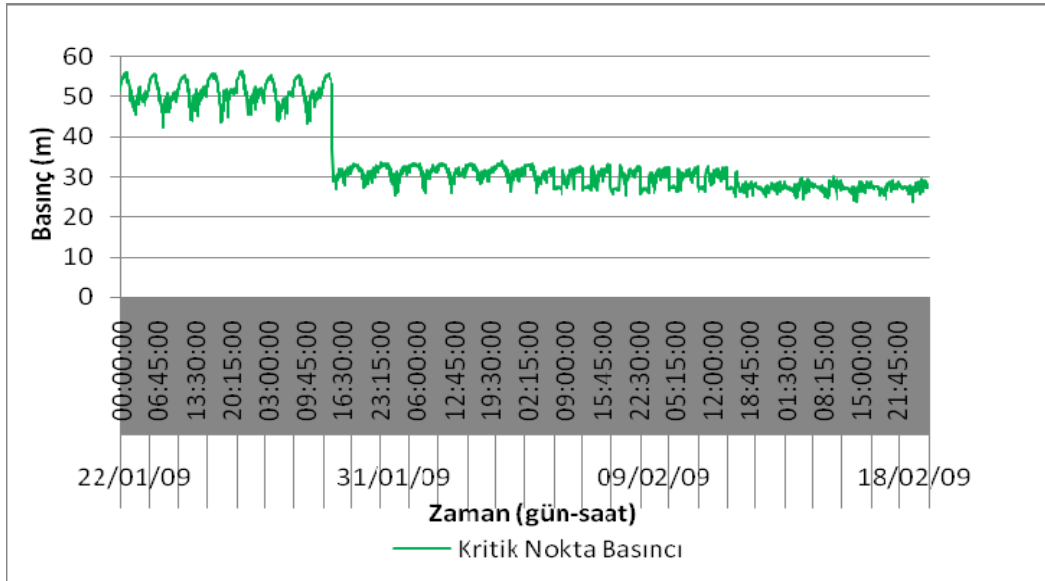
Tablo 6.7. Çalışma aşamalarının karşılaştırılması

	Birinci Hafta	İkinci Hafta	Üçüncü Hafta	Dördüncü Hafta
Basınç (m)	68	48	Gece 41 Gündüz 48	Debi Kontrollü 41-48 arası
Verilen Su (m ³)	11164	9100	9160	8743,97
Günlük Ortalama (m ³)	1594,9	1300	1308,5	1249
Ortalama Debi (l/s)	18,46	15	15,1	14,5
Azalma (%)		18,5	18	21,6

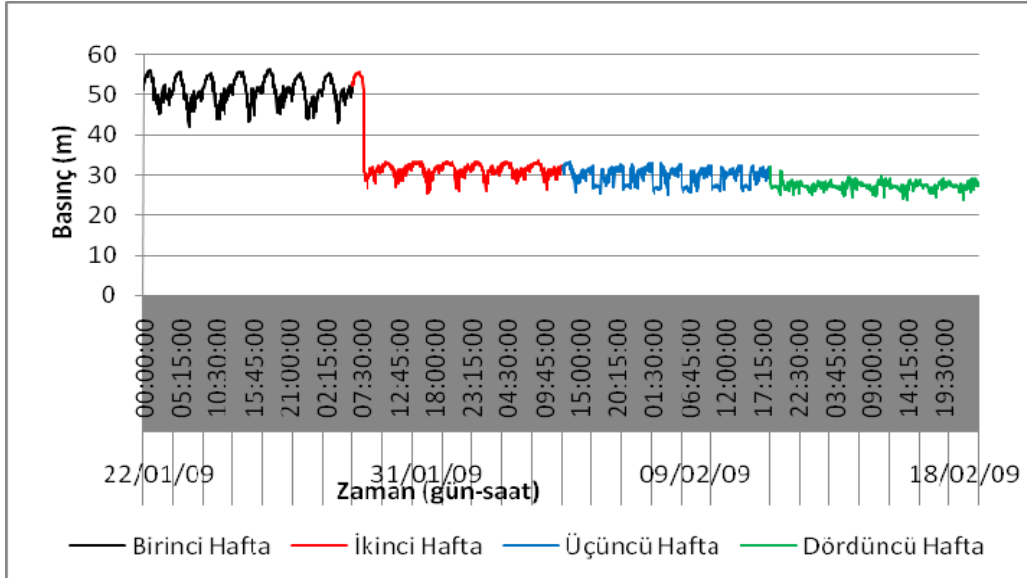
6.3. Basıncın Abonedeki Servis Kalitesine Etkisinin Değerlendirilmesi

Tüm çalışma boyunca kritik noktada bulunan abonenin musluğundan elde edilen basınç verileri incelenmiştir. Uygulama boyuca abonede basınç servis kalitesine olumsuz bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Basıncın değiştirildiği ikinci, üçüncü ve dördüncü haftalarda hiçbir zaman abonede memnuniyetsizlik oluşturacak bir değere kadar düşülmediği görülmektedir (Şekil 6.16).

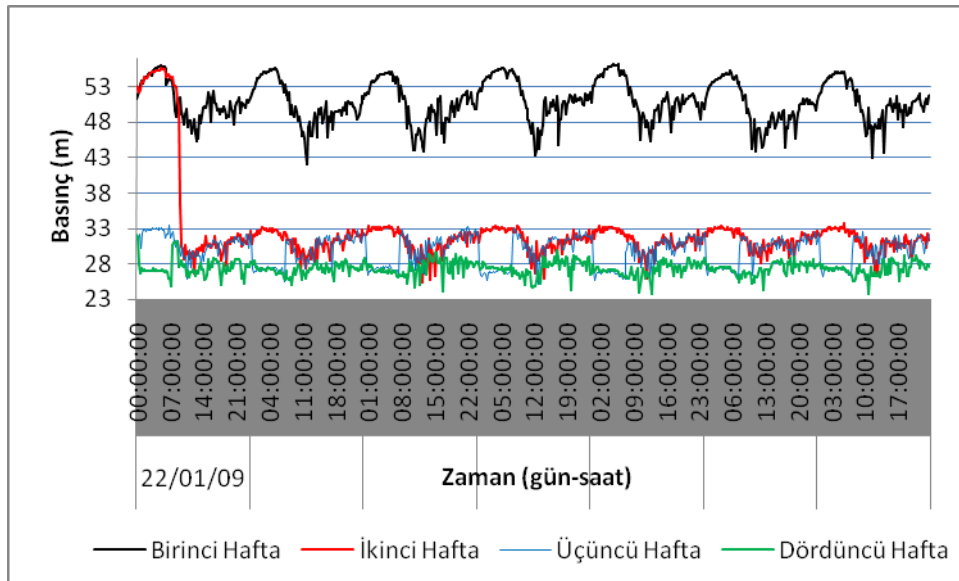
Çalışmanın her bir aşamasında basınçta değişimlere paralel olarak kritik noktadaki maksimum ve minimum basınç arasındaki fark ve basınç dalgalanmaları azalmıştır (Şekil 6.17). Nihai olarak dördüncü aşamada şebeke genelindeki basıncı ifade eden kritik nokta basıncı daha dengeli hale gelmiştir. Bu da şebekedeki basınç dalgalanmaları ve buna bağlı olarak darbelerin azaldığını göstermektedir (Şekil 6.18)



Şekil 6.17. Kritik noktada çalışma boyunca ölçülen basınç

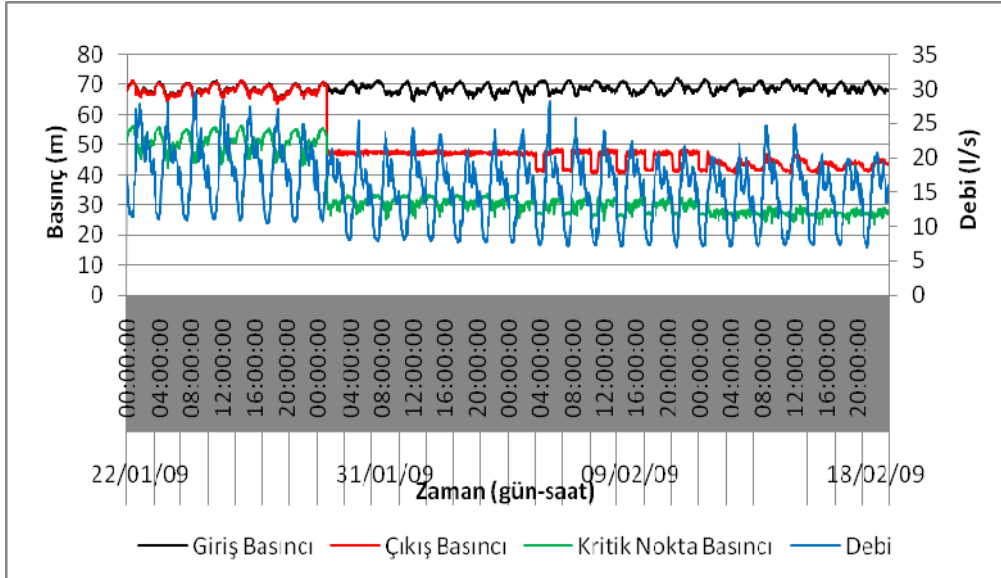


Şekil 6.18. Kritik nokta basıncının değiştiği zamanlar



Şekil 6.19. Kritik noktada ölçülen basıncın haftalar göre karşılaştırması

22/01/2009 tarihinden 18/02/2009 tarihine kadar yapılan deneysel çalışma boyunca çeşitli basınç uygulamalarından alınan basınç ve debi ölçümleri Şekil 6.19'de görülmektedir.



Şekil 6.20. 22/01/2009 tarihinden 18/02/2009 tarihine kadar ölçülen basınç ve debi değerleri

Çıkış basıncının bir haftalık süreler halinde değişmesiyle debide düşmeler meydana geldiği görülmektedir. Kritik noktada gerçekleşen basınç daha istikrarlı hale gelmiştir. Aboneler basınç dalgalanmalarında daha az etkilenmiştir.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sakarya ili içmesuyu şebekesindeki su kayıplarının basınç kontrolü ile azaltılmasının hedeflendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve kayıpların etkin bir şekilde azaltılması için yapılması gerekenler sıralanmıştır.

1. Çalışma bölgesinde mevcut su kayıp oranı % 38'dir. Bu oran şebekedeki sızıntılardan kaynaklanan fiziki kayıpları içermektedir. Kayıp miktarının fazla olmasının nedeni tespit edilmesi güç olan arızalardan kaynaklı sızıntılardır.
2. Basınç yönetimi ile su kayıplarının (şebekedeki sızıntıların) azaltılması sağlanmıştır. Basıncın % 30 azaltılmasıyla şebekeye verilen suda % 18, basıncın debiye duyarlı kontrolü ile şebekeye verilen suda % 21'e kadar azalma sağlanmıştır. Depremden sonra Adapazarı şehir merkezinde binalarda kat sınırlaması olduğundan sistemde mevcut durumda bu kadar yüksek basınca ihtiyaç duyulmamaktadır. Çalışmadan alınacak sonuçlar tüm şehirde kayıpların azaltılması için yaygınlaştırılmalıdır.
3. Çalışma sonucunda bölgede oluşan arıza sayısında düşme gözlemlenmiştir. Tezin birincil amacı olmadığından bu konuda çalışma yapılmamıştır. Ancak basıncın kontrolü ile arızaların oluşmadan önüne geçildiği dolayısıyla da su kayıplarının önlenildiği görülmüştür.
4. Yapılan çalışma Adapazarı merkezinde yaygınlaştırılarak hangi bölgeye ne kadar su verildiğinin bilinmesine, kayıpların tespiti ve nedenlerinin bilinmesine imkân sağlayacaktır.
5. Şebekenin daha etkin denetimi için şebeke imalat aşamasında su girişi tek bir noktadan olacak şekilde tasarlanmalıdır. Oluşturulan bölgesel ağ şeklindeki şebekelerde abone sayıları tespit edilmeli, verilen su ile tahakkuk eden su karşılaştırılmalıdır. Bu sayede her bölgede optimum basınç değerlendirmesi

ve düzenlemesi yapılacak kayıpların ve kaçak bağlantıların önüne geçilmiş olacaktır.

6. Şebekede basınç kontrolü ile sadece sızıntılardan kaynaklanan su kayıplarının azaltıldığı söylenemez. Basıncın azaltılmasıyla abonelerde oluşacak muhtemel su tüketimi azalmaları da incelenmeli, tahakkukta bir düşme oluşturup oluşturmadığı saptanmalıdır. Abonede oluşacak su tüketimi azalmalarında bile suyun israfının önüne geçilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] BULUŞ, K., Diyarbakır İçme Suyu Dağıtım Sistemi Kayıp Önlem Projesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, sf. 9 – 10, 30 – 31, 2003.
- [2] PALA, B., İçmesuyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıplarının Belirlenmesi ve Kontrolü: Kayseri İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, sf. 1, 2002.
- [3] TOPRAK S., KOÇ A.C., BACANLI Ü.G., DİKBAŞ F., FIRAT M., DİZDAR A., İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar, III: Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İzmir, Türkiye, pp. 606, 2007.
- [4] DEMİR, A., Konya İçme Suyu Şebekesinde Su Kayıplarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, sf. 1 – 2, 2001.
- [5] KARPUZCU, M.. Su Temini ve Çevre Sağlığı, Kubbealtı Neşriyatı, sf. 32-34, İstanbul, 2005.
- [6] TÜRKDOĞAN, İ., YETİLMEZSOY, K.. Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, sf. 47-48, İstanbul, 2004.
- [7] MUSLU, Y., Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, sf. 300 – 302, İstanbul, 2005.
- [8] ADASU 2007 Faaliyet Raporu, Sakarya, 2008 .
- [9] MAYS, L.W., WALSKI, T.M., MALE, J.W., Water Distribution Systems Handbook, McGraw-Hill, sf. 497-504 , New York, 1999
- [10] CHARALAMBOUS, B., Effective Pressure Management of District Metered Areas, Leakage Water Loss 2007 Specialist Conference, Bucharest, Romania, pp. 241-244, 2007.
- [11] MACDONALD, G., YATES, C.D., DMA Design and Implementation, a North American Context Leakage 2005 conference proceeding, Halifax. Canada, 2005.

- [12] BURROWS, R., CROWDER, G.S., ZHANG, J., Utilisation of Network Modelling in the Operational Management of Water Distribution Systems, *Urban Water*, 2, pp. 83-95, 2000.
- [13] WALSKI, T.M., CHASE, D-V., SAVIC, D.A., GRAYMAN, W., BECKWITH, S., KOELLE, E., *Advanced Water Distribution Modeling And Management*, Bentley Institute Press, sf. 333-348, New York, 2001.
- [14] İller Bankası Şehir Ve Kasaba İçmesuyu Projelerin Hazırlanmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete 22 Nisan 1985 Tarih ve 18733 Sayılı Nüshası.
- [15] YILMAZ, S., Konutlarda Su Şebeke Basıncının Su Tüketimine Etkileri, *Teknoloji*, 8, 2, pp. 157-166, 2005.
- [16] RAMOS, H., REİS, C., FERREIRA, C., FALCÃO, C., COVAS, D., *Leakage Control Policy within Operating Management Tools*, Computer and Control for Water Industry, Leicester, England, 2001.
- [17] COVAS, D., ALMEIDA, A.B., RAMOS, H., *Leakage Monitoring Control and Management of Water Distribution Systems: a Challenge for the XXI.*, Proceedings of XXVIII IAHR Congress, Graz, Austria, pp. 64-67, 1999.
- [18] BUTLER, D., *Leakage Detection And Management A Comprehensive Guide to Technology And Practice in The Water Supply Industry*, Palmer Environmental, sf.37-87, Cwmbran, 2000.
- [19] KOVAC, J., *Case Studies in Applying the IWA WLTF Approach in The West Balkan Region: Pressure management*, Water Loss 2007 Specialist Conference Bucharest, Romania, pp. 199-212, 2007.
- [20] MCKENZIE, R.S., *Economic Model for Leakage Management for Water Suppliers in South Africa*, Water Research Commission Report No. TT 109/99, Pretoria, 2002.
- [21] MARUNGA, A., HOKO, Z., KASEKE, E., *Pressure Management as a Leakage Reduction and Water Demand Management Tool: The Case Study of Mature, Zimbabwe*, *Physics and Chemistry of Earth*, 31, pp. 763-770, 2006.
- [22] ARAUJO, L.S., RAMOS, H., COELHO, T., *Pressure Control for leakage Minimization in Water Distribution Systems Management*, *Water Resources Management*, 20, pp. 133-149, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin CİNAL, 10.02.1981 de Trabzon' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Trabzon ve İstanbul'da tamamladı. 1996 yılında Beylerbeyi Lisesi, Fen Bölümünden mezun oldu. 1998 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünü 2003 yılında bitirdi. 2004 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde çalışmıştır. 2006 yılından beri Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresinde (ADASU Genel Müdürlüğü) mühendis olarak çalışmaktadır.