






İçme Suyu Şebekelerinde Kayıp Kaçak Seviyesinin Belirlenmesi: Merzifon İlçesi Örneği

Determining The Level of Leakage in Drinking Water Networks: The Case of Merzifon District

Mustafa Tuna¹ , Selim Armut² , Mustafa Tombul³ 

öz

Bu çalışmada içme suyu şebekelerinde meydana gelen fiziki su kayıplarının su kaynağının korunmasında önemli hususlardan biri olduğu gözler önüne serilmiştir. İçme suyu talebi nüfus artışıyla birlikte her geçen gün artmaktadır. Buna karşın içilebilir su miktarı azalmakta ve içme suyu şebekelerinde suyun etkin kullanımı önemli hale gelmektedir. Su şebekesine verilen ancak kullanıcılara ulaşmayan su kayıp kaçak olarak bilinmektedir. Kayıp kaçaklar fiziki ve görünür kayıplar olarak adlandırılmaktadır. Araştırmada su kayıp kaçak seviyesinin belirlenmesi için 2020 yılına ait sisteme verilen su miktarları, boru arıza sayıları, kullanım alanlarına göre su tüketim miktarları, minimum gece debi bilgileri belediyeden temin edilmiştir. Merzifon örneğinde su kayıp kaçak seviyesinin tespiti için su dengesi oluşturularak, altyapı sızıntı indeksi tespit edilmiştir. Merzifon örneğinde 2020 yılına ait fiziki su kayıp miktarının % 44.12 olduğu tespit edilmiştir. Altyapı sızıntı indeksi (ILI) 13.6 olarak tespit edilmiştir. Su kaynağının korunması için içme suyu şebekesindeki basınç yönetimi, şebeke yenileme, aktif sızıntı kontrolü, onarım hız ve kalitesinin iyileştirilmesi çalışmaları yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Su Dengesi, Gelir Getirmeyen Su, Fiziki (gerçek) Kayıplar, Görünür Kayıplar, Altyapı Sızıntı İndeksi

ABSTRACT

In this study, it has been revealed that physical water losses in drinking water networks are one of the important issues in the protection of water resources. The demand for drinking water is increasing day by day with the increase in population. On the other hand, the amount of potable water is decreasing and the effective use of water in drinking water networks becomes important. The water that is given to the water network but does not reach the users is known as lost leakage. Lost and leaks are called physical and visible losses. In order to determine the water loss and leakage level in the research, the amount of water supplied to the system for 2020, the number of pipe failures, the amount of water consumption according to the usage areas, and the minimum night flow information were obtained from the municipality. In order to determine the water loss and leakage level in the Merzifon sample, the infrastructure leakage index was determined by creating a water balance. In the sample of Merzifon, it was determined that the amount of physical water loss and leakage for 2020 was 44.12%. The infrastructure leak index (ILI) was determined as 13.6. In order to protect the water supply, pressure management in the drinking water network, network renewal, active leakage control, improvement of repair speed and quality should be done.

Keywords: Water Balance, Non-revenue Water, Physical (real) Losses, Apparent losses, Infrastructure Leakage Index

¹ Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, mtuna57@gmail.com, 0000-0002-9614-6076

² **Corresponding Author:** Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, selimarmut05@gmail.com, 0000-0001-6506-8960

³ Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, mtombul@ankara.edu.tr, 0000-0002-1875-8042



GİRİŞ:

Hızla artan nüfus, su kayıp kaçakları ve iklim değişikliğinin su kaynaklarını olumsuz etkilenmesi gibi sebepler artan su talebini karşılamak için mevcut su kaynaklarından daha fazla suyun çekilmesine neden olmaktadır. İçme suyu şebekelerindeki su kayıp kaçakları, suyun kıt bir kaynak olması nedeniyle içme suyu güvenliğinin sağlanmasında önem arz etmektedir. Kayıp kaçak miktarları bakımlı sistemlerde % 3-7 gibi düşük oranlarda iken, bakımsız sistemlerde % 50 civarında gerçekleşmektedir (Puust, Kapelan, Savic, Koppel, 2010). Almanya, Danimarka gibi gelişmiş ülkelerde kayıp kaçak oranı % 10'un altında; Macaristan, Slovenya, Bulgaristan ve Türkiye'de % 50 civarındadır (Çakmakçı, Uyak, Öztürk, Aydın, Soyer, Akça, 2007). Dünya Bankasının yaptığı bir araştırmada tedarik edilen toplam suyun % 35'ine karşılık gelen sızıntı nedeniyle yılda yaklaşık 45 milyar m³ suyun kaybedildiğini görülmüştür (Kingdom, Liemberger, Marin, 2006).

Türkiye'de içme suyu şebekelerinde su kayıp kaçak miktarına ilişkin TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) 2012 yılı verilerine göre % 43.6'dır. TÜİK'e ait 2018 ve 2020 yıllarına ait belediyelerin su ve atık su verileri incelendiğinde içme ve kullanma suyu şebekeleriyle çekilen su miktarı 2018 yılında 6.193 milyon m³, 2020 yılında 6.492 milyon m³'tür. İçme ve kullanma suyu şebekesiyle dağıtılan su miktarı 2018 yılında 4.045 milyon m³ ve 2020 yılında 4.309 milyon m³'tür. Bu değerler göz önüne alındığında dağıtılan su miktarı çekilen su miktarının 2018 yılında % 65.3 ve 2020 yılında % 66.4'ünü oluşturduğu, buna karşılık kayıp kaçak su miktarının da kaynaktan çekilen suyun 2018 yılında % 34.7 ve 2020 yılında % 33.6'sı kadar olduğu görülmektedir. TÜİK'in 2020 yılı Belediye Su Anketi sonuçlarına göre çekilen suyun % 29.3'ünün kuyulardan sağlandığı ifade edilmiştir (TÜİK, 2022). Su kayıp kaçaklarının varlığı yeraltından elektrik enerjisi ile çıkarılan suyun amacı dışında kaybedilerek su kaynağının sömürülmesine neden olmaktadır.

Türkiye'de içme suyu şebekelerindeki kayıp kaçakların kontrolü amacıyla 2014 yılında İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre kayıp kaçak oranı büyükşehir ve il belediyelerinde 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyelerde 2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar ise en fazla %30, 2033 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlü kılınmıştır. Yönetmeliğin uygulanması amacıyla 2015 yılında İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği yürürlüğe girmiştir.

İçme suyu şebekelerindeki su kayıp kaçakları tek bir nedene bağlı değildir. Su şebekesinin yaşı, bakım ve onarımlardaki işçilik kalitesi, bakım ve onarımda kullanılan malzeme kalitesi, trafik yüklenmesi, şebeke basıncı gibi faktörler su kayıp kaçaklarına yol açmaktadır. Trafik yüklenmesi gibi dış faktörler, gömülü borulardaki titreşim ve ağır yüklenmeden dolayı boru arızasını tetiklemektedir. Toprak tipleri ve geçirgenliği, bir sızıntının devam etmesine izin verilen süreyi ve sızıntı akış hızını etkilemektedir (Farley 2001; İslam vd., 2012). Servis bağlantılarının sayısı, su sayaçları, boru bağlantı noktaları, boru tipi kayıp kaçak miktarının oluşmasında önemli ölçüde pay sahibidir (Farley 2001; Lambert 2002; Tabesh, Yekta, Burrows, 2009). İşletim sistemi basıncı ve ağın yaşı gibi faktörler sızıntı oranını artırmaktadır (Fares, Zayed 2009). Benzer şekilde sayaçlar, vanalar ve pompalar gibi farklı ağ bileşenlerinin zayıf işçiliği içme suyu şebekelerinde kayıp kaçak miktarının artmasına katkıda bulunmaktadır (Furness 2003).

Hardeman (2008), New Mexico'da 30 su sistemi için ILI'yı su sisteminin verimliliğini değerlendirmede yararlı olduğunu belirtmiştir. 30 su sisteminin ortalama 1.93 ILI değerine sahip olduğunu, bunun da su sistemlerinin fiziki kayıpları yönetmede verimli oldukları anlamına geldiğini ifade etmiştir.

Karakuş vd. (2010), Sivas kent merkezinde Esentepe ve Yunus Emre mahalleleri pilot çalışma alanı seçilerek, çalışma alanında içme suyu şebekesindeki kayıp kaçak oranlarını belirlemiştir. Kayıp kaçak arama öncesi ve sonrası ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Kayıp kaçak çalışmaları öncesinde kayıp

kaçak oranı % 40.43 iken, yapılan çalışma sonucunda kayıp kaçak oranı % 27.22'ye düşürüldüğü belirtilmiştir.

Karadirek vd. (2012), Antalya ili, Konyaaltı merkez ilçesi içme suyu şebekesinde 18 alt bilgede hidrolik model oluşturarak, bir dizi alt bölgede yıl boyunca 3.5 bar'dan yüksek basınçlar ve yüksek minimum gece akışı sergilediğini ortaya koydu. Çalışma alanında altyapı sızıntı indeksinin 20'den büyük olduğunu ve yüksek kayıpların olduğunu belirtmiştir. Basınç düşürücü vana kullanılarak kayıplarda azalma sağlandığını tespit etmiştir.

Kanakoudis ve Muhammetoğlu (2013), gelir getirmeyen suyun dünya çapında su dağıtım sistemlerindeki su girişinin bazı durumlarda % 50'yi aştığını belirtmiştir. Su kıtlığının artması ve su ihtiyacının da artmasıyla gelir getirmeyen su azaltma stratejilerinin önemli hale geldiği ifade edilmiştir. Basınç yönetimi ve hidrolik modellemenin önemi vurgulanmıştır.

Can (2014), İstanbul kent merkezinde Bakırköy ilçesi pilot alan seçilerek içme suyu şebekesindeki kayıp kaçak oranları belirlemiştir. Çalışma sonucunda kayıp kaçak oranı % 20.13 olarak bulunmuştur. Fiziksel kayıp oranı yaklaşık % 10 olarak belirlenmiştir.

Aboelnga vd. (2018), Ürdün'de kentsel su güvenliğinin büyük bir sorun olduğunu ifade etmiş, Madaba'nın su dağıtım sistemindeki sızıntı hacmini ve bileşenlerini analiz etmiştir. Gelir getirmeyen suyun sisteme verilen suyun % 39.6'sını oluşturduğunu, ILI'nın 2.7 olduğunu belirtmiştir.

Körpe (2018), Konya içme suyu şebekesinde kayıpları tespit ederek değerlendirmiştir. Konya içme suyu şebekesine verilen su miktarları ve tahakkuk edilen miktarlar derlenerek kayıp su miktarı hesaplanmıştır. Kayıp su miktarı yaklaşık olarak % 27 tespit edilmiştir.

Gerger ve Aslan (2019), Şanlıurfa ili için 2016 ve 2017 yıllarında bir yılı kapsayan dönemde içme suyu şebekesi için su dengesi oluşturarak içme suyu şebekesine verilen suyun % 49.4'lük kısmının kaybolduğunu tespit etmiştir. Fiziki kayıpların bunun % 31, 6'lık kısmını oluşturduğunu, sebebin ise şebekenin 130 m'yi bulan yüksek basınçlarda işletilmesi olduğunu belirtmiştir.

Kızılöz (2021), İzmit içme suyu şebekesinde 2019 yılı için su kayıplarını % 29.50 olarak tespit etmiştir. 2014 yılında % 45.40 olan su kayıplarının basınç yönetimi ve aktif sızıntı kontrol metotlarıyla % 29.50 seviyelerine indiğini ifade etmiştir.

Merzifon ilçesinde su kıt bir kaynaktır. Yeraltı su kaynakları sürekli olarak seviye ve debi olarak düşmektedir. Merzifon ilçesinde içme suyu şebekesi de asbest, PVC borulardan oluşmaktadır; su depoları ve boru hatlarından oluşan şebeke 1970 yıllarında yapılmıştır. İçme suyu temininin yaklaşık % 90'ı yeraltı suyundan, su depolarına suyun pompalar aracılığıyla elektrik enerjisi ile iletilmesiyle sağlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, su kaynaklarının korunması amacıyla içme suyu şebekesindeki kayıp kaçak seviyesinin tespit edilmesidir.

1. Materyal ve Yöntem

1.1. Materyal

Merzifon ilçesi Karadeniz Bölgesinde Amasya iline bağlı bir ilçedir. İlçe merkeze bağlı 70 köy ve 20 mahalleden oluşmaktadır. Merzifon'un 2021 yılına ait şehir nüfusu 61.376'dır. Karadeniz ve İç Anadolu Bölgeleri'nin ikliminden etkilenen Merzifon ilçesinde yazları kurak ve yağışsız, kış ve baharları yağışsız geçmektedir. Amasya- Merzifon Havalimanı 2008 yılında iç hat sivil hava trafiğine açılmıştır. Gelişme gösteren Organize Sanayi Bölgesi şehre bir sanayi kenti görünümü kazandırmıştır. Merzifon ilçesinin yerini gösteren harita Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1. Merzifon ilçesi konumu (www.lafsozluk.com)



Çalışmada Merzifon ilçesine ait içme suyu şebekesinin kayıp kaçak seviyesinin belirlenmesi için 2020 yılına ait veriler toplanmıştır. Bu kapsamda 2020 yılına ait su dengesi belirlenmesi için belediye verileri değerlendirilmiştir.

Su dengesinin oluşturulması için kaynaktan çekilen su miktarları, tahakkuk eden su miktarları, idari ve fiziki kayıpların tespitine yönelik su tüketim verileri, su iletim ve dağıtım hatlarındaki arıza tespiti ve onarımına ilişkin veriler belediye kayıtlarından elde edilmiştir. Su kayıp kaçaklarının değerlendirilmesinde minimum gece debilerinin 2020 yılı başı ve sonuna ait değerleri belediye SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sisteminden alınmıştır.

1.2. Yöntem

Uluslararası Su Kurumu (IWA)'nın uluslararası su dengesi ve terminolojisi standartlarına göre içme suyu şebekelerinde yıllık su denge tablosu oluşturulması gerekmektedir. Yıllık su dengesinin analizi, bileşenleri belirlemek ve miktarlarını hesaplamak için en uygun strateji belirleme ve yönetimini göz önüne alarak çok önemlidir (Lambert, 2003). Türkiye'de 8 Mayıs 2014 tarihinde yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıpların Kontrolü Yönetmeliğine göre içme suyu şebekelerinde yıllık standart su dengesi tablosunun oluşturulması zorunlu olmuştur.

Su kayıplarını azaltmanın ilk adımı içme suyu şebekesinde su dengesinin oluşturulmasıdır. Bu kayıp suyun miktarının ve kaynakların anlaşılmasına yardımcı olacaktır (Farley vd., 2008). Bir içme suyu şebekesindeki su kayıp kaçakları fiziki (gerçek) kayıplar ve görünür kayıplardan oluşmaktadır (Kanakoudis ve Muhammetoglu, 2014). Görünür kayıplar izinsiz tüketim (yasal olmayan su kullanımı), sayaç ölçüm hataları, veri işleme hatalarından oluşmaktadır. Fiziki (gerçek) kayıplar ise su temin, dağıtım hatlarından oluşan kayıp kaçaklar ile su depolarında meydana gelen taşma, sızıntılardan meydana gelmektedir (Selek vd., 2018).

Fiziki kayıpları oluşturan parametrelerin tanımları:

Bildirilmiş kayıplar: Bildirilmiş patlaklardaki kayıplar patlağın ana boru ve servis bağlantısında olmasına göre değişim göstermektedir. Tablo 1'de bildirilmiş ve bildirilmemiş arızalardaki akış hızı görülmektedir.

Tablo 1 Bildirilmiş ve bildirilmemiş arızalardaki akış hızı (Lambert vd., 1999)

Arızanın yeri	Bildirilen arızalardaki akış hızı (l/sa/m)	Bildirilmemiş arızalardaki akış hızı (l/sa/m)
Ana borularda	240	120
Servis bağlantılarında	32	32

Ortalama ALR (Farkına varma, lokasyon, onarma) süresinin hesabı (patlak boru ile ilgili bilgi edinildikten sonra müdahale tamamlanana kadar gerekli süre) yapılır. Hesaplama için kabul edilen ortalama sızıntı süresi bulunur.

Bildirilmemiş kayıplar: Bildirilmemiş patlaklardan meydana gelen kayıplarda gene bildirilmiş kayıplardaki kriterler dikkate alınarak tespit edilmektedir.

Arka plandaki kayıplar: Arka plandaki kayıplar mevcut işletme basıncında teknik olarak kaçınılmaz fiziki kayıpların hacmini vermektedir. Arka plandaki kayıplar Tablo 2'deki unsurlar göz önüne alınarak hesaplanmaktadır:

Tablo 2 Arka plandaki kayıpların hesaplanması için birim akışları (Lambert vd., 1999)

Su temin sistemi elemanı	Akış hızı (l/km/gün/m)	Akış hızı için birim ölçüm
Ana borularda	9.6	Ana borulardaki basıncın her km, her gün, her m.'sindeki litre
Servis bağlantılarında- Mülkiyet sınırına kadar	0.6	Servis bağlantılarındaki basıncın her km, Her gün, her m.'sindeki litre
Servis bağlantılarında- Mülkiyet sınırından kullanıcı sayacına kadar	16.0	Servis bağlantılarındaki her km, her gün, her m.'sindeki litre

Sistemdeki ortalama basınç göz önüne alınarak kayıpların toplam hacmi (m³/yıl) şu formülle bulunmaktadır:

Kayıpların toplam hacmi (m³/yıl) = Arıza sayısı*Akış Hızı*Ortalama ALR*Ortalama sistem basıncı formülü ile bulunur.

Servis depolarından taşma: Servis bağlantıları genelde maksimum sarfiyatı sağlamak için boyutlandırılır. Depoların iki zayıf noktası bulunmaktadır: Şamandıra ve pozisyon/boru hattı taşma düzeyi. Şamandıra kırılırsa sürekli olarak faal olacaktır. Ayrıca alçak düzeyde taşkın boru hattı kurulursa (şamandıradan alçak düzeyde tamamen kapalı) taşkın yine aktif olur. Kanalizasyon sistemine su kaybı gerçekleşir. Bu su miktarı,

Kanalizasyon sistemine su kaybı=Bozuk şamandıra sayısı* taşkın akış hızı (l/s) * 86.400 s/gün * 365 gün formülü ile bulunmaktadır.

Su depoları ve servis bağlantı depolarındaki sızıntı: Su depoları ve servis bağlantı depolarının günlük hacminin %1'i hesaba katılarak kayıp hacmi bulunmaktadır.

Bilinmeyen Kayıplar: Bu kayıplar su dengesindeki fiziksel kayıplardan geçerli fiziksel kayıp bileşenleri çıkarılarak tespit edilmektedir.

Su dengesinin oluşturulmasında öncelikle sisteme giren su miktarı belirlenir. Bir debimetre yardımıyla ölçülerek kaydedilir. Bu su miktarını izinli tüketim ve su kayıp kaçakları oluşturmaktadır.

İzinli tüketim faturalandırılmış veya faturalandırılmamış, ölçülmüş veya ölçülmemiş su miktarlarından oluşmaktadır. Faturalandırılmış izinli ölçülmüş su tüketimi su idaresinde aboneliği bulunan düzenli olarak okunan abonelerin kullandığı (mesken, ticarethane, resmi kurum gibi) su miktarını ifade eder. Faturalandırılmış izinli ölçülmemiş su tüketimi belli standartlara göre tahmini olarak hesaplanan su tüketim miktarıdır. Sayacı arıza yapan bir abonenin su tüketiminin önceki tüketimlerine bakılarak ortalama olarak belirlenmesi bu tüketime örnek gösterilebilir. Faturalandırılmamış izinli tüketim, faturalandırılmamış ölçülmüş ve faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım olarak ayrılmıştır. Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım su idaresinde aboneliği bulunan su tüketim ölçümleri düzenli olarak yapılan ancak faturalandırma yapılmayan mahalle çeşmesi, cami gibi abonelerin kullandığı su tüketimini ifade etmektedir. Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım su idaresi tarafından şebekeye bağlantısı yapılmış olan ancak idare tarafından ölçüm ve faturalandırmanın yapılmadığı park bahçe gibi kullanımları ifade etmektedir.

Su kayıp kaçakları şebekeye verilen su miktarı ile izinli tüketim farkından oluşmaktadır. İdari kayıplar ve fiziki kayıplardan meydana gelmektedir. İdari kayıplardan olan izinsiz tüketim idarenin bilgisi dışında yasal olmayan bağlantılar ve sayaçlara müdahale yoluyla yasal olmadan kullanılan su miktarını ifade ederken; sayaçlardaki ölçüm hataları sayaçların üretimi ile ilgili hatalar, sayaçların yaşı, modeli, çeşidinden kaynaklanan hatalar ve sayaç okuma- faturalama esnasındaki veri işleme hatalarından kaynaklanan tüketim miktarını ifade etmektedir. Fiziki kayıplar içme suyu şebekesindeki temin ve dağıtım hatlarındaki sızıntılar, servis bağlantılarındaki sızıntılar, depolarda oluşan kaçak ve taşmalardan meydana gelmektedir. Su sisteminde bildirilen ve bildirilmeyen boru arızaları, vanalardaki kaçaklar, servis depoları ve servis bağlantılarında oluşan kayıplar temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarından oluşan kayıp ve kaçakları ifade etmektedir. Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar ise genel olarak binaların su temininin gerçekleştiği servis su depoları ve sistemdeki su depolarından oluşan kayıplardır.

İçme suyu şebekesine verilen su miktarı, izinli tüketim miktarı ve idari kayıpların belirlenmesi ardından fiziki kayıplar hesaplanmaktadır. Fiziki kayıplara sisteme giren su miktarından izinli tüketim ve idari kayıplar çıkartılarak ulaşılmaktadır.

Su kayıplarının değerlendirilmesinde birtakım göstergeler kullanılmaktadır. Bunlar sayesinde su kayıpları için hedefler belirlenmekte, kurumlar arasında karşılaştırma yapılabilmekte ve mevcut durum belirlenebilmektedir. Çalışma kapsamında su kayıplarının değerlendirilmesinde sistem giriş hacminin yüzdesi (%) ve altyapı sızıntı indeksi (ILI – infrastructure leakage index) kullanılmıştır.

Su kayıpları yüzde olarak ve altyapı sızıntı indeksi (ILI) olarak tespit edilmiştir. Altyapı Sızıntı İndeksi (ILI): Mevcut Yıllık Fiziki Su Kayıpları Hacminin (Current Annual Volume of Real Losses – CARL), Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar Hacmine (Unavoidable Annual Real Losses – UARL) bölünmesiyle bulunmaktadır. İyi yönetilen bir sistem için ILI= 1.0'dır. ILI değeri fiziki kayıplar hedef matrisi ile karşılaştırılır. Bu matriste

fiziki kayıplar (litre/bağlantı/gün) olarak ortalama şebeke basınç düzeyinde ülkelerin gelişmiş veya gelişmekte olan ülke olma durumuna göre ILI belirlenerek, A, B, C, D kategorileri belirlenir. Gelişmekte olan ülkeler için bu değer 1-4 arasında olması A kategorisinde değerlendirilip, şebekenin iyi olduğunu daha fazla su kaybının azaltılmasının ekonomik olmadığını ifade eder. ILI'nın 4-8 aralığında olması şebeke bakımını ve su kaybı azaltılmasının gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. C kategorisine giren bir şebekede ILI değeri 8-16 aralığında olup şebekenin zayıf olduğunu göstermektedir. ILI 16'dan büyükse şebekenin kötü durumda olduğunu, kaynakların doğru kullanılmadığını göstermektedir (Liemberger ve McKenzie, 2005).

$$ILI = \text{CARL} / \text{UARL}$$

ILI: Altyapı sızıntı indeksi

CARL: Mevcut yıllık fiziki kayıplar (m^3)

UARL: Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıplar (m^3)

UARL sistemin ortalama çalışma basıncında dağıtım sisteminde oluşan kaçınılmaz fiziki kayıplardan oluşmaktadır.

Ana boru hattı ve servis bağlantı uzunluğu, servis bağlantı sayısı ve ortalama çalışma basıncı kullanılarak hesaplanmaktadır. UARL aşağıdaki eşitlikle bulunmaktadır (Liemberger ve McKenzie, 2005):

$$\text{UARL (litre/gün)} = (18 * L_m + 0,80 * N_c + 25 * L_p) * P$$

L_m : Ana boru hattı uzunluğu (km)

N_c : Servis bağlantı sayısı

L_p : Servis bağlantılarının toplam uzunluğu (km)

P : Ortalama basınç yüksekliği (m)

Su kayıplarının yüzde ile ifade edilmesinde kayıp kaçak miktarı sisteme giren su miktarının yüzdesi olarak belirlenmiştir. Gelir getirmeyen su (GGs) ve su kayıpları aşağıdaki eşitliklerle bulunabilmektedir (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu, 2017):

$$\text{GGs (\%)} = \frac{\text{Sisteme giren su miktarı (m}^3\text{)} - \text{Faturalandırılan su miktarı (m}^3\text{)}}{\text{Sisteme giren su miktarı (m}^3\text{)}} * 100$$

$$\text{Su kayıpları (\%)} = \frac{\text{Sisteme giren su miktarı (m}^3\text{)} - \text{Toplam tüketim (m}^3\text{)}}{\text{Sisteme giren su miktarı (m}^3\text{)}} * 100$$

2. Sonuçlar ve Tartışma

Su şebekesi kayıp kaçaklarının belirlenmesi amacıyla su dengesi, fiziki kayıpların bileşenlerinin analizi, minimum gece debilerinin analizi ve görünür kayıpların analizi yapılmıştır.

2.1. Su şebekesi su dengesinin oluşturulması

Merzifon ilçesine ait su şebekesindeki kayıp kaçakların tespitinde 2020 yılı verileri dikkate alınmıştır. 2020 yılına ait sisteme giren ve kullanım durumlarına göre dağıtılan su miktarları göz önüne alınarak su dengesi oluşturulmuştur. Kuyulardan çekilen su miktarlarının tespitinde 2020 yılında belediyeye ait Scada sistemi verileri alınmıştır. Kaynak suyu miktarlarının belirlenmesinde belediyenin 2020 yılı içerisinde aylık olarak miktarlarını ölçtüğü su miktarları esas alınmıştır.

İzinli su tüketim miktarının hesaplanması: Sisteme verilen 6.550.634 m³ suyun aboneler tarafından kullanılan ve 2020 yılı içerisinde tahakkuk edilen miktarının 3.190.396 m³ olduğu görülmektedir. Bu miktar faturalandırılmış ölçülmüş kullanım miktarını temsil etmektedir.

Belediye su kanalizasyon dairesinin kayıtlarından faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım olarak kaçak su tespiti yapılarak emsal abonelere göre belirlenen su tüketim miktarı esas alınmıştır. Bu şekilde tespit edilen 9 aboneye ait emsal su tüketim miktarı olarak 210 m³ suyun tespitinin yapıldığı görülmüştür. Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım olarak 2020 yılı için 210 m³ değeri alınmıştır.

Faturalandırılmış izinli su tüketimi miktarı, faturalandırılmış ölçülmüş kullanım ve faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım miktarının toplamını ifade etmektedir. Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım 3.190.396 m³ ve faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım 210 m³ olmak üzere faturalandırılmış izinli tüketim miktarı 3.190.606 m³/yıl olarak tespit edilmiştir. Bu su miktarı aynı zamanda gelir getiren su miktarını ifade etmektedir. Gelir getiren su miktarının sisteme verilen su miktarına oranlanmasıyla sisteme verilen toplam suyun % 48.71'inin tahakkuk edildiği görülmektedir. Geriye kalan 3.360.028 m³ suyun gelir getirmeyen su miktarı olduğu görülmektedir. Bu miktar sisteme verilen suyun % 51.29'unun gelir getirmeyen su olduğunu göstermektedir.

Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım miktarı olarak belediyenin su miktarının sayaç takarak ölçtüğü, abone veri sisteminde kayıt altında tuttuğu ibadethane, itfaiye, halk çeşmesi, belediye birimleri, parklar, sosyal tesisler gibi kullanıcıların tükettikleri su miktarları esas alınmıştır. Bu kullanıcılardan su ücreti alınmamakta, ancak abonelik yapılarak aylık olarak sayaçları okunmakta ve kayıt altına alınmaktadır. Abone veri tabanından toplam 134 abone faturasız abone tespit edilmiştir. Bu aboneler belediyeye ait kullanımların olduğu aboneler ve ibadethanelerin olduğu abonelerdir. Bu şekilde 2020 yılı içerisinde faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım olarak toplam 104.579 m³ su kullanımı olduğu görülmüştür.

Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım miktarı itfaiyenin ölçüm yapılmadan kullandığı su, boru arızaları nedeniyle vananın kapatılmasından onarımın tamamlanmasına kadar tahliye edilmesi zorunlu olan su, kanalizasyon arızalarının giderilmesinde tıkanıklığın açılması için hatta basılan su, temizlik işleri süpürge araçlarının çalışması için kullanılan su, ölçülmemiş park kullanımları gibi kullanımları ifade etmektedir. Bu miktarın tespiti için belediyeye ait birimlerle anket çalışması yapılarak 2020 yılı içerisindeki kullanımları tespit edilmiştir.

Belediye birimlerinden alınan verilere göre hesaplanan faturalandırılmamış ölçülmemiş su tüketim miktarı Tablo 3'de görülmekte olup, 32.338.80 m³/yıl'dır.

Tablo 3 Faturalandırılmamış ölçülmemiş su tüketimleri

Faturalandırılmamış ölçülmemiş su tüketiminin bulunduğu yerler	Su tüketim miktarı (m ³ /yıl)
İtfaiye Müdürlüğü	9840
Temizlik İşleri Müdürlüğü	2430
Park Bahçe Müdürlüğü	8784
Su arızaları	6904.80
Kanalizasyon arızaları	4380
Toplam	32.338.80

Faturalandırılmamış ölçülmüş su miktarı olan 104.579 m³ su ile faturalandırılmamış ölçülmemiş su miktarı olan 32.339 m³ su toplamı 136.918 m³ olup faturalandırılmamış izinli su tüketim miktarını vermektedir. İzinli tüketim miktarı ise faturalandırılmış izinli su tüketimi olan 3.190.606 m³ ve faturalandırılmamış izinli su tüketimi olan 136.918 m³ toplanarak 3.327.524 m³ bulunmuştur.

Su kayıplarının hesaplanması: Sisteme giren su miktarından izinli su tüketim miktarı çıkarılarak su kayıpları toplamı bulunmaktadır. Sisteme verilen su miktarı olan 6.550.634 m³'den izinli su tüketim miktarı olan 3.327.524 m³ çıkarıldığında su kayıpları 3.223.110 m³ olarak tespit edilmiştir. Bu kayıplar idari (görünür) ve fiziki kayıplardan oluşmaktadır.

İzinsiz tüketim yasadışı su tüketimlerini ifade etmektedir. Belediye sayaç okuma personeli aracılığıyla tüm sayaçlar aylık olarak okunmakta, sayaç bağlantıları düzenli olarak kontrol edilmektedir. Yapılan anket çalışmasında kaçak bağlantı kontrollerinin aylık sayaç okumaları sırasında yapıldığı, kaçak su kullanımının tespiti halinde tutanak tutularak abone tipine göre emsal kullanımlar göz önüne alınarak su tahakkuku yapıldığı, bağlantının kesildiği veya abone kaydı yaptırıldığı tespit edilmiştir. Hâlihazır da izinsiz su tüketimine rastlanmamıştır. Ancak yapılan saha araştırması sonucu şehrin uzak kesimlerinde bulunan bağ bahçe alanlarında okuma yapılamadığı, vatandaşların elektronik kartlı su sayacı olarak mekanik su sayacını kendisi okuyarak tahakkuk işlemini gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Belediye imar planı dışında bulunan ahır, bağ bahçe, hobi bahçesi, petrol ofisi, kentsel çalışma alanı gibi alanlara talepler doğrultusunda su hizmeti götürmüştür. Bu alanlarda izinsiz kullanımların olabileceği, bunların tespiti halinde cezai işlem uygulandığı ancak tespit edilemeyenlerin olabileceği görülmüştür. İzinsiz tüketilen yapılan ankete dayalı olarak sisteme verilen su miktarının yüzde 0,05'i alınarak 3275 m³ karşılık konulmuştur.

Belediye abonelerinin su sayaçlarındaki ölçüm hatası belediye teknik personeli ile yapılan anket çalışmasına göre ölçülen toplam su miktarının % 10'u olarak alınmıştır. Buna göre toplam ölçülen su miktarı 3.294.975 m³ olup, bunun % 10'u sayaç ölçüm hatası olarak 329.498 m³ olarak tespit edilmiştir.

İdari (görünür) kayıplar izinsiz tüketim miktarı, sayaç ölçüm hataları ve veri işleme hatalarından kaynaklanmaktadır. Sayaç okuma verileri aylık düzenli olarak el terminalleri ile gerçekleştirilmektedir. El terminallerindeki veriler sisteme yüklenmekte, tahakkuk işlemi yapılmaktadır. Otomatik ödeme talimatlı abonelerin verileri ilgili bankalar tarafından sistemden alınmaktadır. Veri işleme hatalarının yapılan anket sonucu olmadığı tespit edilmiştir. İdari (görünür) kayıplar olarak sayaçlardaki ölçüm hataları ve izinsiz tüketim miktarı esas alınmış, bu da toplam 332.773 m³ olarak bulunmuştur.

Su kayıpları toplamından idari (görünür) kayıplar çıkarılarak fiziki kayıplar bulunmaktadır. Su kayıpları toplamı olan 3.223.110 m³'ten idari kayıplar olan 332.773 m³ çıkarılırsa fiziki (gerçek) kayıplar 2.890.337 m³ olarak bulunmaktadır.

İlçenin su depoları birbiriyle bağlantılıdır. Üst kat depodan orta kat depoya ve orta kat depodan da alt kat depoya savak borusuyla bağlantı olup fazla su bir alt kattaki depoya aktarılmaktadır. Alt kat depo seviyesi sürekli olarak anlık ölçülmekte ve alt kata su basan sondaj kuyularıyla bağlantılı olarak çalışmaktadır. Depo üst ve alt kritik seviyeleri belirlenmiş depo dolduğunda, taşma seviyesine gelmeden su pompaları SCADA sistemi aracılığıyla otomatik olarak kapatılmaktadır. Sanayi deposu da taşma seviyesine gelmeden bağlantılı olduğu su pompası kontrol edilerek, otomatik olarak kritik seviyelerde açılıp kapanarak çalışmakta taşma olmamaktadır. Ancak üst, orta ve alt kat depo duvarında ve boru bağlantı noktaları ile beton ek yerinde çatlaktan su sızıntısı olduğu tamir imkânının olmadığı tespit edilmiştir. Depolarda meydana gelen kayıplar olarak sisteme giren suyun % 1'i alınarak 65.506 m³ olarak bulunmuştur.

Fiziki kayıpların toplam değeri olan 2.890.337 m³'den depolardan meydana gelen kayıplar olan 65.506 m³ çıkarıldığında 2.824.831 m³ olarak temin dağıtım ve servis bağlantılarından kayıplar bulunmuştur. Sisteme giren suyun % 44.12'sini fiziki (gerçek), %5.08'ini idari (görünür) kayıplar oluşturmaktadır. Sisteme verilen suyun % 48.71'ini gelir getiren su oluşturmakta iken % 51.29'unu gelir getirmeyen su oluşturmaktadır. Su kayıp kaçakların azaltılması için su şebekesinin, su depolarının, su sayaçlarının ve kaçak su denetimleri ile ilgili önlemlerin alınması gerekmektedir. Tablo 4'de ilçe su şebekesine giren su, izinli tüketim, su kayıpları, gelir getiren su ve gelir getirmeyen su miktarları ile sisteme giren suyun yüzdesi olarak değerlerini gösteren su denge tablosu görülmektedir.

Tablo 4 Su denge tablosu

Sisteme giren su miktarı 6.550.634 m ³ /yıl (%100)	İzinli tüketim 3.327.524 m ³ /yıl (%50.80)	Faturalandırılmış izinli tüketim 3.190.606 m ³ /yıl (%48.71)	Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım 3.190.396 m ³ /yıl (%48.70)	Gelir getiren su miktarı 3.190.606 m ³ /yıl (%48.71)
			Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım 210 m ³ /yıl (%0.01)	
	Su kayıpları 3.223.110 m ³ /yıl (%49.20)	Faturalandırılmamış izinli su tüketimi 136.918 m ³ /yıl (%2.09)	Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım 104.579 m ³ /yıl (%1.60)	Gelir getirmeyen su miktarı 3.360.028 m ³ /yıl (%51.29)
			Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım 32.339 m ³ /yıl (%0.49)	
		İdari kayıplar 332.773 m ³ /yıl (%5.08)	İzinsiz kullanım 3275 m ³ /yıl (%0.05)	
	Sayaçlardaki ölçüm hataları 329.498 m ³ /yıl (%5.03)			
Fiziki (gerçek) kayıplar 2.890.337 m ³ /yıl (%44.12)	Temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarındaki kayıplar 2.824.831 (%43.12)			
	Depolardaki kayıplar 65.506 /yıl (%1.00)			

2.2. Fiziki (Gerçek) Kayıp Bileşenlerinin Analizi

Fiziki (gerçek) kayıp bileşenleri iletim ve dağıtım borularındaki sızıntılar, su deposu ve servis bağlantılarındaki sızma ve taşmalar, servis bağlantılarından kullanıcı sayacına kadar oluşan sızmalardan oluşmaktadır. Bu kayıplar boru ve servis bağlantılarında bildirilmiş kayıplar, bildirilmemiş kayıplar; arka plan kayıpları, servis bağlantı depolarındaki taşmalar, su depoları ve servis bağlantı depolarındaki sızmalardan oluşmaktadır.

Belediye su ve kanalizasyon birimi yetkilileri ile yapılan anket sonucu bildirilen su arızalarında farkındalık süresi 1 saat, ulaşım süresi arızanın aciliyet durumuna göre 1 saat olabileceği gibi 4 güne kadar değişebilmektedir. Su deşarjı ve onarma işleri ise abone (servis) arızalarında 1 saat, ana boru arızalarında 2 saat olmaktadır. Bildirilmiş kayıplar için hesaplamada kullanılacak ortalama sızıntı süresi ana borular için 48 saat, abone bağlantıları için 96 saat alınmıştır. Su şebekesi basıncı 40 m olarak alınmıştır. Su şebekesinde oluşan 2020 yılına ait bildirilen ana boru arıza sayısı 146 adet, abone (servis) bağlantı arıza sayısı 621 adettir.

Bildirilmiş ve Bildirilmemiş Kayıpların Yıllık Hacmi: Bildirilmemiş arızaların tespitinde belediye su kayıp kaçak ekibi tarafından ilçenin tamamı bir defa taranmıştır. Ayrıca binalardaki basınç düşüklüğü durumlarında da talebe göre boru hatlarında dinleme yapılmaktadır. 2020 yılında bildirilmeyen ana boru arıza sayısı 13 adet, bildirilmeyen abone bağlantısı arızası sayısı 35 adet olarak tespit edilmiştir. Aktif kaçak kontrolü yapılarak tespit edilen bildirilmemiş arızalarda farkındalık süresi 183 gün olarak alınmıştır. Konum süresi zemin mikrofonuyla hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Onarım süresi mevcut arıza durumuna göre iş planı yapılarak gerçekleştirilmektedir. Bildirilmeyen arızalarda onarım süresi 4 gün olarak alınmıştır.

Bildirilmiş kayıpların yıllık hacmi:

Ana borularda: $146 \text{ arıza} * 0,24 \text{ m}^3/\text{saat/m} * 48 \text{ saat} * 40 \text{ m} = 67.276.80 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Abone bağlantılarında: $621 \text{ arıza} * 0,032 \text{ m}^3/\text{saat/m} * 96 \text{ saat} * 40 \text{ m} = 76.308.48 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Bildirilmiş kayıpların toplam yıllık hacmi: $143.585.28 \text{ m}^3$

Bildirilmemiş kayıpların yıllık hacmi:

Ana borularda: $13 \text{ adet} * 0.12 \text{ m}^3/\text{saat/m} * 187 \text{ gün} * 24 \text{ saat} * 40 \text{ m} = 280.051.20 \text{ m}^3$

Abone bağlantılarında: $35 \text{ adet} * 0.032 \text{ m}^3/\text{saat/m} * 24 \text{ saat} * 187 \text{ gün} * 40 \text{ m} = 201.062.40 \text{ m}^3$

Bildirilmemiş kayıpların toplam hacmi: $481.113.60 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Arka plandaki kayıpların yıllık hacmi: Arka plan kayıplarının hesaplanmasında ana boru uzunluğu 274.962 m, abone bağlantı sayısı 9.950 adet, abone bağlantılarının uzunluğu 65.139 m olarak tespit edilmiştir.

Arka plandaki kayıpların yıllık hacmi:

Ana borularda: $9.6 \text{ l/km/gün/m} * 274.962 \text{ km} * 365 \text{ gün} * 40 \text{ m} = 38.538.67 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Abone bağlantılarında:

$0.6 \text{ l/adet/gün/m} * 9.950 \text{ adet} * 365 \text{ gün} * 40 \text{ m} = 87.162.00 \text{ m}^3/\text{yıl}$

$16 \text{ l/km/gün/m} * 65.139 \text{ km} * 365 \text{ gün} * 40 \text{ m} = 15.216.47 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Arka plandaki kayıpların toplam hacmi: $140.917.14 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Servis depolarından taşma: Servis depoları binaların su teminini sağlayan depolardır. Maksimum sarfiyatı sağlamak üzere boyutlandırılır. Depolardaki şamandıra kırılırsa taşma olacaktır. Ayrıca alçak düzeyde taşkın boru hattı kurulursa yine taşkın olacaktır. Servis depoları sayısı abone bağlantı sayısının % 10'u, bunun % 1'i bozuk şamandıra sayısı olarak belirlenerek, taşkın akış hızı 0,10 l/s alınmış ve servis bağlantı depolarında toplam taşan su miktarı:

$$9.950 \text{ adet} * \%10 * \%1 * 0.10 \text{ l/s} * 86.400 \text{ s/gün} * 365 \text{ gün} = 31.378.32 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Su depolarındaki sızıntı: Su şebekesine ait su depoları arasında bağlantı bulunmaktadır. Dolan depo bir alt kattaki depoyu beslemektedir. En alt kattaki depoda ise kritik seviye kontrolü yapılmakta ve pompaların çalışması otomatik olarak durdurulduğundan taşama yaşanmamaktadır. Ancak depolarda sızıntı bulunmakta olup, sisteme giren suyun % 1'i olarak alınmıştır, bu da 65.506 m³/yıl'dır. Tablo 5'da fiziki kayıpların bileşenleri görülmektedir.

Tablo 5 Fiziki kayıpların bileşenleri

Fiziki kayıp bileşeni	Kayıp miktarı (m ³ /yıl)
Ana borularda bildirilmiş kayıplar	67.276.80
Abone bağlantılarında bildirilmiş kayıplar	76.308.48
Ana borularda bildirilmemiş kayıplar	280.051.20
Abone bağlantılarında bildirilmemiş kayıplar	201.062.40
Ana borularda arka plan kayıpları	38.538.67
Abone bağlantılarında mülkiyet sınırına kadar arka plan kayıpları	87.162.00
Abone bağlantılarında mülkiyet sınırından kullanıcı sayacına kadar arka plan kayıpları	15.216.47
Abone depolarından taşma	31.378.32
Şebeke su depolarından sızıntı	65.506.00
TOPLAM	862.500.34

$$\text{Bilinmeyen Kayıplar} = 2.890.337 - 862.500,34 = 2.027.836.66 \text{ m}^3$$

2.3.Su kayıplarının değerlendirilmesi

Su kayıplarının değerlendirilmesinde 2020 yılına ait su dengesinin oluşturulması, fiziki su kayıplarının bileşenlerinin analizi, su depolarına ait minimum gece debilerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Su denge tablosuna göre toplam su kaybının 3.223.110 m³ olduğu, bunun da sisteme verilen suyun % 49.20'sine denk geldiği tespit edilmiştir. Bu miktarın 332.773 m³'ünü idari kayıpların, 2.890.337 m³'ünü fiziki (gerçek) kayıpların oluşturduğu görülmüştür. Fiziki kayıp bileşenleri analizi yapılarak toplam 862.500.66 m³'lük kayıp görülmüştür. Su dengesindeki fiziki kayıpların fiziki kayıp bileşenlerinden çıkarılmasıyla bilinmeyen kayıplar (excess losses) 2.027.836.66 m³ bulunmuştur. Bu kayıpların şebekenin eski olması nedeniyle asbest ana borulardaki contaların işlevini yitirmesi nedeniyle oluşan sızıntılar ve şehirdeki eski binaların servis bağlantılarındaki demir borulardan oluşan sızıntılardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Minimum gece tüketimleri incelendiğinde alt, orta, üst, sanayi depolarındaki debimetrelerden geçen minimum gece debileri gece kullanımı 314.94 m³/saat bulunmuş, gece kullanımı % 15 kabul edilerek 267.70 m³/saat'in kayıp miktarı olduğu tespit edilmiştir. Bu miktarın da yıllık olarak 2.345.052 m³'e tekabül ettiği görülmüştür. Bu miktara su depolarındaki çatlak ve bağlantı noktalarındaki sızıntılar dâhil değildir.

Su kayıp kaçak miktarı tespit edilmiş, içme suyu şebekesine ait veriler kullanılarak performans göstergeleri hesaplanmıştır. Sistem giriş hacminin yüzdesine göre:

$$\text{Su kayıpları (\%)} = \frac{6.550.634 - 3.327.524}{6.550.634} * 100 = \% 49.20$$

$$\text{Fiziki su kayıpları (\%)} = \frac{2.890.337}{6.550.634} = \% 44.12$$

Birim ana boru uzunluğu başına fiziki su kaybı: İçme suyu şebekesindeki ana boru uzunluğu toplamı 274.962 m'dir. Fiziki su kaybı ise 2.890.337 m³'tür. Buna göre birim ana boru uzunlu başına fiziki su kaybı:

$$2.890.337 \text{ m}^3/\text{yıl} * 1 \text{ yıl}/365 \text{ gün} * 1/274.962 \text{ km} = 28.80 \text{ m}^3/\text{km}/\text{gün}$$

Abone başına fiziki su kaybı: İlçedeki abone sayısı toplamı 35.153 adettir. Buna göre abone başına su kaybı:

$$2.890.337 \text{ m}^3/\text{yıl} * 1 \text{ yıl}/365 \text{ gün} * 1000 \text{ l}/1 \text{ m}^3 * 1/35.153 \text{ abone} = 225.27\text{l}/\text{abone}/\text{gün}$$

Abone bağlantısı (servis bağlantısı) başına fiziki su kaybı: Abone bağlantısı sayısı 9.950'dir. Abone bağlantısı başına su kaybı miktarı:

$$2.890.337 \text{ m}^3/\text{yıl} * 1 \text{ yıl}/365 \text{ gün} * 1000 \text{ l}/1 \text{ m}^3 * 1/9.950 \text{ adet} = 795.85 \text{ l}/\text{abone bağlantısı}/\text{gün}$$

$$\text{UARL} = ((18 * 274.962 \text{ km}) + (0.8 * 9.950 \text{ adet}) + (25 * 65.139 \text{ km})) * 40 \text{ m}$$

$$\text{UARL} = 581.512 \text{ litre}/\text{gün} = 212.251.88 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{ILI} = 2.890.337/212.251.88 = 13.6$$

Fiziki kayıplar hedef matrisine göre gelişmekte olan ülkeler için, şebekedeki ortalama basınç seviyesi 40 m. iken ILI 8-16 aralığında Teknik Performans Kategorisi Kategori C olduğu görülmektedir. Buna göre Kategori C'ye giren şebekenin zayıf durumda olduğunu, eğer su kaynakları fazla ve ucuz ise tolere edilebileceğini, aksi takdirde su kayıpları azaltma mücadelelerinin yoğunlaştırılması gerektiğini ifade etmektedir.

İçme suyu sistemlerinin kayıp kaçak oranları ve bu kayıp kaçakları oluşturan bileşenler içme suyu sistemlerine özgü olarak değişebilmektedir. Su sisteminin yaşı, boru özellikleri, su şebekesinin çalışma basıncı fiziki kayıp miktarı üzerinde etkili olabilmektedir. Literatüre bakıldığında da içme suyu sistemleri için Merzifon örneğinde olduğu gibi kayıp kaçak oranlarının minimum düzeye çekilmesi gerektiği görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER:

Merzifon ilçesi örneğinde ilçe içme suyu şebekesi 2020 yılına ait fiziki kayıp miktarının sisteme giren suyun % 44.12'si olduğu tespit edilmiştir. Fiziki kayıp bileşenleri ve minimum gece debilerinin incelenmesi sonucu bu durumun desteklendiği görülmüştür. İçme suyu şebekesi uzunluğu, servis bağlantı uzunluğu ve servis bağlantı sayısına bağlı olarak altyapı kayıp kaçak indeksi 13.6 bulunmuştur. Şebekenin zayıf durumda olduğu su kayıpları azaltma mücadelelerinin yoğunlaştırılması gerektiğini açıkça görülmektedir.

Merzifon ilçesi içme suyu şebekesindeki kayıp ve kaçakların azaltılması için basınç yönetimi, şebeke yenileme, aktif sızıntı kontrolü ve onarım hızı- kalitesinin iyileştirilmesi çalışmalarının birlikte yapılması gerekmektedir. Basınç yönetimi gerçekleştirmek için içme suyu şebekesinde alt bölgeler oluşturularak su basıncı kontrolü yapılması gerekmektedir. Fazla basıncın tespitinde hidrolik modelleme kullanılmalıdır. Tespit edilen noktalarda yüksek basıncın azaltılması amacıyla uygun basınç düşürücü vana çeşitleri kullanılarak basınçla doğru orantılı olan sızıntı debisi minimuma indirgenerek fiziki kayıp miktarı en az düzeylere çekilmelidir. Şebeke yenileme çalışmaları mevcut boru hatlarının performanslarına ilişkin verilerin ve şebekenin yıpranma durumunun değerlendirilerek yenileme kararı alınmasını ifade etmektedir. İçme suyu şebekesinin yenilenmesine ilişkin değerlendirmelerin yapılması ve alınacak kararın acil olarak uygulanması gerekmektedir. Aktif sızıntı kontrolü yapılarak sızıntıların yerinin tespiti ve giderilmesi amacıyla sürekli olarak basınç altındaki suyun borudan çıkışına ait sesin dinlenmesi ile arıza noktaları bulunmalıdır. Bulunan arızalar zaman kaybı olmadan onarılmalıdır. Onarımın kalitesini artırılması için ekipman, malzeme, işçilik hususlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu önlemlerin tamamının gerçekleştirilmesi ile birlikte kayıp kaçak miktarlarının kontrol altına alınabilir düzeylerde tutulması sağlanmış olacaktır.

İdari kayıpların önlenmesi için su sayaçlarının yaş, hassasiyet durumları göz önüne alınarak buna göre planlama yapılmalıdır. Ayrıca yasa dışı su servis bağlantılarının tespiti için çalışmaların yapılması halinde idari kayıp mevcut durumda % 5.08 iken daha aşağı seviyelere gerileyecektir.

Gelir getirmeyen su sisteme verilen suyun % 51.29'unu oluşturmaktadır. Su kayıpları dışında faturalandırılmamış izinli tüketim miktarının da kontrol altına alınması bu oranın düşmesine yardımcı olacaktır.

Su kayıp kaçaklarının önlenmesinde şebeke yenileme, basınç yönetimi, aktif sızıntı kontrolü gibi uygulamaların yapılması ile maliyetlerin belirlenerek kayıp suyun maliyeti karşılaştırılarak ekonomik kayıp kaçak düzeyinin tespit edilmesi kaynakların verimli kullanılması bakımından önem arz etmektedir. Planlamanın buna göre yapılarak uzun dönemli sürdürülebilir ekonomik sızıntı düzeyinin tespit edilmesi, kayıp kaçak önleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar, kendileri ve / veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

Finansal Destek: Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

KAYNAKÇA:

Aboelnga, H., Saidan, M., Al-Weshah, R., Sturm, M., Ribbe, L., & Frechen, F. B. (2018). Component analysis for optimal leakage management in Madaba, Jordan. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 67(4), 384-396.

Can, N. (2014). İçme Suyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıplarının Belirlenmesi ve Kontrolü: İstanbul İli Örneği. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Çakmakçı M., Uyak V., Öztürk İ, Aydın A.F., Soyer E. ve Akça L. (2007). The Dimension and Significance of Water Losses in Turkey. In *Proceedings of IWA Specialist Conference on Water Loss, Bucharest, Romania*, pp. 464-473.

Fares, H. and Zayed, T. (2009). Risk assessment for water mains using fuzzy approach. In *Building a Sustainable Future—Proceedings of the 2009 Construction Research Congress, ASCE*, 1125–1134.

Farley, M. (2001). *Leakage Management and Control: A Best Practice Training Manual*. WHO, Geneva, Switzerland.

Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B. M., Istandar, A., and Singh, S. (2008). *The Manager's Non-revenue water handbook. A Guide to Understanding Water Losses*.

Furness, R. (2003). Assessing leakage in water supply networks using flowmeters. *Water Eng. Manage.* 150 (3), 26–29.

Gerger, R., ve Aslan, A. (2019). Şanlıurfa İli İçin İçme Suyu Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(2), 26-35.

Hardeman, S. (2008). A cost-benefit analysis of leak detection and the potential of real water savings for New Mexico water systems.

Islam, M. S., Sadiq, R., Rodriguez, M. J., Francisque, A., Najjaran, H., Naser, B. ve Hoorfar, M. (2012). Evaluating leakage potential in water distribution systems: a fuzzy-based methodology. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 61(4), 240-252.

Kanakoudis, V. ve Muhammetoglu, H.(2014). Urban Water Pipe Networks Management Towards Non-Revenue Water Reduction: Two Case Studies from Greece and Turkey. *CLEAN—Soil, Air, Water*, 42(7), 880-892.

Kanakoudis, V. ve Muhammetoğlu, H. (2014). Gelir getirmeyen suların azaltılmasına yönelik kentsel su borusu şebekelerinin yönetimi: Yunanistan ve Türkiye'den iki örnek olay. *CLEAN—Toprak, Hava, Su*, 42 (7), 880-892.

- Karadirek, I. E., Kara, S., Yilmaz, G., Muhammetoglu, A., and Muhammetoglu, H. (2012). Implementation of hydraulic modelling for water-loss reduction through pressure management. *Water Resources Management*, 26(9), 2555-2568.
- Karakuş, C. B., Yıldız, S., ve Cerit, O. (2010). Sivas kent içme suyu şebekesindeki su kayıpları ve kayıp oranını azaltma çalışmaları. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25(1), 1-10.
- Kızılöz, B. (2021). İçme suyu dağıtım sistemlerinde su kayıplarının azaltılması: Kocaeli örneği.
- Kingdom, W., Liemberger, R. ve Marin P. (2006). The Challenge of Reducing Non- Revenue Water (NRW) in Developing Countries – How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting, Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series, Paper No. 8, The World Bank, Washington, DC, 2006, pp. 1–40.
- Körpe, M. (2018). Konya içme suyu şebekesinde su kayıplarının tespiti ve değerlendirilmesi (Master's thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Lambert, A. (2002). International report on water losses management and techniques: report to IWA Berlin Congress, October 2001. *Water Sci. Technol: Water Supply* 2 (4), 1–20.
- Lambert, A. (2003). Assessing non-revenue water and its components: a practical approach. *Water21*: 50-51.
- Lambert, A. O., Brown, T. G., Takizawa, M., & Weimer, D. (1999). A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 48(6), 227-237.
- Liemberger, R., and McKenzie, R. (2005). Accuracy limitations of the ILL: is it an appropriate indicator for developing countries. In *Conference Proceedings, IWA Leakage 2005 Conference in Halifax, Nova Scotia, Canada*.
- Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu A. (2017). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Kutlu ve Avcı Ofset. Antalya.
- Puust R., Kapelan Z., Savic D. ve Koppel T. (2010). A review of methods for leakage management in pipe networks. *Urban Water J* 7 (1) 25-45.
- Selek, B., Adıgüzel, A., İritiş, Ö., Karaaslan, Y., Kınacı, C., Muhammetoğlu, A. ve Muhammetoğlu, H. (2018). Management of water losses in water supply and distribution networks in Turkey. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 2(1), 58-75.
- Tabesh, M., Yekta, A. H. A. ve Burrows, R. (2009). An integrated model to evaluate losses in water distribution systems. *Water Res. Manage.* 23 (3), 477–492.
- TÜİK. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim Tarihi: 25.03.2022, <https://data.tuik.gov.tr>
- www.lafsozluk.com Erişim Tarihi: 11.10.2022.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem

The aim of this study is to determine the amount of loss and leakage in drinking water networks and to reveal the necessity of taking necessary precautions in this regard.

Research Questions

Is the amount of loss and leakage in drinking water networks significant? Is it beneficial to prevent loss and leakage caused by drinking water networks in the protection of water resources? Is it important to measure the amount of water supplied to the system and the amount of water distributed in drinking water networks?

Literature Review

With the literature review, the methods for establishing the water balance in the detection of water loss leaks and determining the infrastructure leak index are reviewed. In the detection of lost and leaks, it is focused on measuring the water according to the usage areas.

Methodology

In order to detect lost and leaks in drinking water networks, a water balance table for a certain time period is first created. In order to evaluate the physical losses in the water balance table, the minimum night flow rates in the water tanks are determined, and the physical losses are separated into their components. By determining the infrastructure leakage index specific to the water network, a conclusion is reached about the loss and leakage amount of the drinking water network.

Results and Conclusions

In order to determine the exact amount of leakage and loss in drinking water networks, it is necessary to regularly monitor the consumption amounts of all water consumption points allowed to be used without measuring, by installing meters. Thus, the amount of permitted consumption will be fully subtracted, and a more accurate determination of physical losses will be possible. In addition, it will be possible to take precautions against excessive water consumption by keeping track of the authorized unbilled water amounts.

In determining the visible (administrative) losses, the administrations should carry out regular leak water connection inspections and the water meters should be inspected by taking into account the erroneous measurement conditions depending on factors such as age, intervention and wear.

In the example of Merzifon district, it has been determined that the amount of physical loss of the district drinking water network for 2020 is 44.12% of the water entering the system. As a result of examining the physical loss components and minimum night flow rates, it was seen that this situation was supported. The infrastructure loss and leakage index were found to be 13.6, depending on the length of the drinking water network, the length of the service connection and the number of service connections. It is clearly seen that the network is in a weak state and can be tolerated if the water resources are large and cheap, but efforts to reduce water losses should be intensified.

In order to reduce losses and leaks in the drinking water network of Merzifon district, pressure management, network renewal, active leakage control and improvement of repair speed-quality should be done together.