

Dağıtım Sistemlerinde En Uygun Sayaç Yönetimi İçin Ekonomik İdari Kayıp Seviyesinin Belirlenmesi

Salih YILMAZ¹, Mahmut FIRAT^{2*}, Abdullah ATEŞ³, Özgür ÖZDEMİR⁴

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çankırı

²İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya

³İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya

⁴Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi, Kayseri

¹<https://orcid.org/0000-0002-3206-1225>

²<https://orcid.org/0000-0002-8010-9289>

³<https://orcid.org/0000-0002-4236-6794>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0573-9221>

*Sorumlu yazar: mahmut.firat@inonu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 22.04.2022

Kabul tarihi: 07.08.2022

Online Yayınlanma: 10.03.2023

Anahtar Kelimeler:

İçme suyu dağıtım sistemi

Su kayıpları

İdari kayıplar

Sayaç hatası

Ekonomik kayıp seviyesi

ÖZ

Yasal abone sayaç hataları ve kaçak kullanımlardan oluşan idari kayıplar kurumlar için doğrudan gelir kaybı olarak ifade edilmektedir. İdareler sayaçlardan kaynaklanan kayıpların azaltılması için 10 yaşını doldurmuş sayaçları değiştirmektedir. Ancak idari kayıplarla mücadelede idare için en uygun yöntemler tespit edilmelidir. Bu nedenle her bir yöntem için maliyet ve fayda analizleri detaylıca yapılmalı, ardından strateji belirlenmelidir. Bu çalışmada en uygun sayaç yönetimi için idari kayıpların ekonomik olarak azaltılabileceği en uygun seviyenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle sayaç yönetim bileşenleri için fayda maliyet analiz standardı tanımlanmıştır. En uygun kayıp seviyesinin analizi için optimizasyon algoritması esas alınarak bir metodoloji geliştirilmiştir. Geliştirilen metodoloji 3 pilot bölgede uygulanmıştır. Seçilen bu bölgelerde sayaçların değiştirilmesi veya kalibre edilmesi ile elde edilecek muhtemel faydalar ve maliyetler detaylıca analiz edilmiştir. Böylece su kayıplarıyla mücadelede sayaç yönetimi ile elde edilecek faydalı debiler tespit edilmiştir.

Determination of Economic Apparent Loss Level for Optimal Meter Management in Distribution Systems

Research Article

Article History:

Received: 22.04.2022

Accepted: 07.08.2022

Published online: 10.03.2023

Keywords:

Water distribution systems

Water losses

Apparent losses

Meter inaccuracy

Economic loss level

ABSTRACT

Apparent losses due to authorized customer meter inaccuracies and illegal usage are expressed as direct income losses for administrations. The Administrations replaced the meters that are over 10 years old in order to reduce the losses due to water meter inaccuracies. However, the most appropriate methods for administration should be determined in the management of apparent losses by developing a strategy. For this reason, cost and benefit analyzes should be made in detail for each method, and then the strategy should be determined. In this study, it is aimed to determine the most appropriate level at which apparent losses can be economically reduced for the most appropriate meter management. For this, a cost-benefit analysis standard for meter management components was defined. A methodology was developed based on the optimization algorithm for the analysis of the most appropriate loss level. The developed methodology was implemented in 3 pilot regions. The possible benefits and costs of replacing or calibrating the meters in these

selected regions are analyzed. Thus, useful flow rates that can be obtained with meter management in water loss management were determined.

To Cite: Yılmaz S., Fırat M., Ateş A., Özdemir Ö. Dağıtım Sistemlerinde En Uygun Sayaç Yönetimi İçin Ekonomik İdari Kayıp Seviyesinin Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(1): 342-353.

1. Giriş

Dağıtım sistemlerinde sızıntılar (fiziki kayıplar), sayaç hatalarından kayıplar ve kaçak kullanımlar (idari kayıplar) şeklinde doğrudan su ve finansal verimsizliğe neden olan kayıplar gözlenmektedir. Bu kayıplardan fiziki kayıplar, isale hattı, dağıtım sistemi ve bağlantı elemanlarındaki sızıntıları içermektedir (Farley ve ark., 2008). Diğer taraftan idari kayıplar, kullanıcılar tarafından tüketilen ancak ücreti alınamayan suyu ifade etmekte ve idareler için doğrudan gelir kaybına neden olmaktadır (Xin ve ark., 2014; Yılmaz, 2017). İdari kayıpların bileşenleri genel olarak, sayaç hatalarından kaynaklanan kayıplar (eksik okuma ya da hiç okuma yapmama şeklinde), kaçak kullanımlar ve kayıtsız abone tüketimleri şeklindedir (Lambert ve ark., 1999; Farley ve ark., 2008; Cabrera ve ark., 2013). Bu bileşenlerin azaltılması, önlenmesi ve kontrol altına alınması ile idareler için birim su satış bedeli üzerinden doğrudan gelir artışı söz konusudur. Abone sayaçlarında, sayacın yanlış montajı, yanlış tip ve sınıf seçimi, müdahaleler, su kalitesi gibi çeşitli sebeplerden dolayı arızalar meydana gelmekte ve Gelir Getirmeyen Su (GGS) oluşmaktadır (Pearson ve Trow, 2005; Fanner ve ark., 2007; Sharma ve ark., 2009). Literatür incelendiğinde idari kayıpların azaltılması, izlenmesi ve önlenmesi kapsamında çeşitli çalışmalar yapıldığı görülmektedir (Seago ve ark., 2005; Cabrera ve ark., 2013; Mesquita ve Ruiz, 2013; Yılmaz, 2017; Alvisi ve ark., 2019).

İdari kayıpların azaltılması için, idarelerde güncel ve sahada adres eşleştirilmesi yapılmış bir abone bilgi yönetim sistemi ve düzenli bir sayaç veri tabanının olması, abone ve sayaç verilerin sistematik izlenebilir yapıda olması, sayaç hata oranlarının yıllık düzenli belirlenmesi, sayaç yönetimi için ekonomik analizin yapılması gerekir. Ayrıca bu analizler esas alınarak sayaç yenileme için öncelikli bölgelerin belirlenmesi, sayaç yenilemedeki sayaç değişim maliyetinin azaltılması ve sayaç hatalarından kaynaklı gelir kaybının azaltılması için fayda sağlamaktadır (Seago ve ark., 2005; Yılmaz, 2017). Seago ve ark. (2005) idari kayıpların büyüklüğünü tahmin etmek için yasadışı kullanım, sayaç hataları ve okuma hatalarını hesaplamışlar ve sınıflandırma yapmışlardır. Çalışma sonucunda yıllık idari kayıpların toplam kayıplara oranının %25'e yakın olduğu öngörülmüştür.

Cabrera ve ark. (2013) dağıtım sistemlerine verilen, yasal aboneler tarafından tüketilen ancak ücreti alınamayan suyun idareler için doğrudan gelir kaybı anlamı taşıdığını vurgulamıştır. Bunun için standart su dengesi tablosunda yer alan idari kayıpların alt bileşenleri analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde sayaç hataları üzerinde sayaç tipinin ve boyutunun oldukça etkili olduğu ifade edilmiştir. Fontanazza ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada farklı kalibrasyon senaryolarının sayaç hata oranlarına etkisi incelenmiştir. Buna göre 10 yaşından daha büyük konut sayaçlarında hata oranının yaklaşık %33 seviyesinde olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca bu sayaçların bir defa kalibrasyon sürecinden geçmesinden sonra %29 hata oranı gözlemlendiği, aynı sayacın ikinci defa kalibrasyon yapılması durumunda %20 hata oluştuğu ifade edilmiştir. Diğer taraftan 10

yaşından büyük tüm sayaçların değiştirilmesiyle hata oranının %5,5 seviyesinde olacağı belirtilmiştir. Fontanazza ve ark. (2015), yasal abone sayaçlarındaki hataların oluşmasında en temel faktörlerin sayaç yaşı ve konutlardaki su depolarının olabileceğini değerlendirmiş ve bunun için deneysel çalışma gerçekleştirmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, sayaç yaşı, işlem basıncı, abone tüketim karakteristiğinin kayıplar üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Arregui ve ark. (2015), yasal abone sayaçlarından kaynaklanan kayıplar ve bunlar üzerindeki etkili faktörleri incelemişler ve abone tüketim davranışının idari kayıplara olan etkisini analiz etmişlerdir. Yapılan değerlendirmelerde sayaç tipi ve modelinin ve tüketim davranışının etkili faktörler olduğu belirtilmiştir. Tanverakul ve Lee (2015), yaptığı çalışmada, abone tüketimlerinin düzenli ölçümünün su tüketim davranışı üzerine etkini incelenmiştir. Bunun için 6 ay boyunca su tüketimleri izlenmiş, düzenli ölçüm yapılan abonelerde tüketimde azalma olduğu belirlenmiştir. Su kayıplarının azaltılması ve kontrol edilmesi için uygulanan yöntem ve süreçler idareler için doğrudan ekonomik maliyetler doğurmaktadır. Dağıtım sistemlerinde ideal kayıp yüzdeleri belirlenirken bölgesel bazı değerlendirme yapılması ve evrensel kabullerden ziyade mevcut şebekenin durumu, ekonomik koşullar, yerel maliyetler, faydalar, mühendislik parametreleri ve diğer faktörler göz önünde bulundurulması daha gerçekçi yaklaşım sunacaktır (Deidda ve ark., 2014).

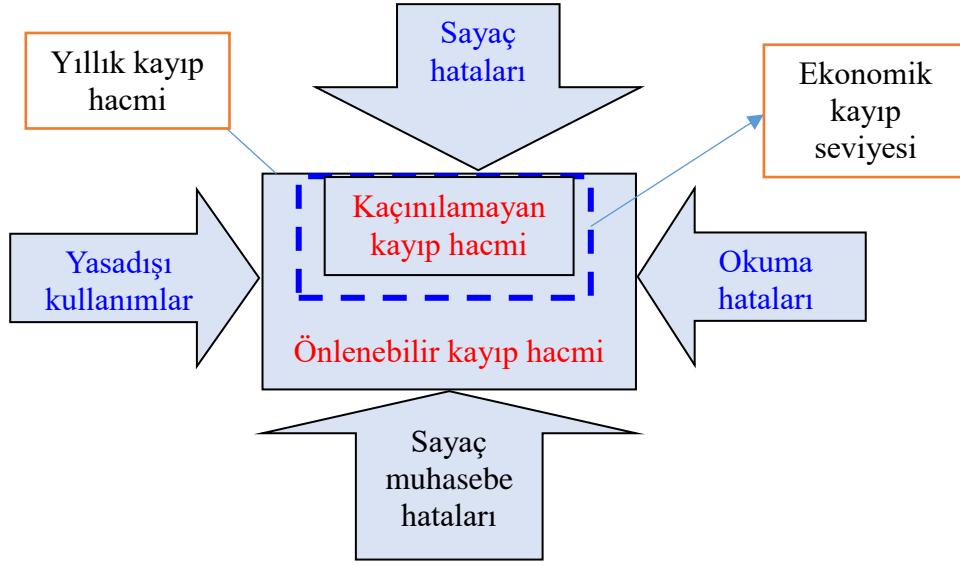
Bu çalışmada en uygun sayaç yönetimi için idari kayıpların ekonomik olarak azaltılabileceği en uygun seviyenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle sayaç yönetim bileşenleri için fayda maliyet analiz standardı tanımlanmıştır. En uygun kayıp seviyesinin analizi için optimizasyon algoritması esas alınarak bir metodoloji geliştirilmiştir. Geliştirilen metodoloji 3 pilot bölgede uygulanmıştır. Seçilen bu bölgelerde sayaçların değiştirilmesi veya kalibre edilmesi ile elde edilecek muhtemel faydalar ve bu kapsamda meydana gelecek olan maliyetler detaylıca analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda su kuruluşlarının su kayıplarıyla mücadelede sayaç yönetimi ile elde edebileceği faydalı debiler tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Su kayıplarını değerlendirmek amacıyla çok farklı terminoloji, hesaplama aracı, model, gösterge, indis vb. kullanılmaktadır. Gelir getirmeyen su ve alt bileşenlerinin belirli bir sistematik ve terminoloji ile izlenmesi amacıyla uygulanan en temel araçlardan biri Uluslararası Su Birliği (IWA) tarafından önerilen “*standart su dengesi*” gösterilebilir (Lambert ve ark., 1999; Pearson, 2019). Ülkemizde, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 8 Mayıs 2014 tarihinde “*İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su kayıplarının Kontrolü*” yönetmeliği yayınlanmıştır. Bu yönetmelikte, idarelerde sisteme verilen su hacminin, tüketimlerin, gelir getirmeyen su ve alt bileşenlerinin izlenmesi ve kaynakların verimli bir şekilde planlanması ve süreç içindeki değişimlerin izlenmesi amaçlanmıştır. Daha sonra, 31 Ağustos 2019, Resmi Gazete 30874 sayılı yönetmelik ile değerler güncellenmiştir. Bu kapsamda, Büyükşehir ve il belediyeleri su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına

kadar ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyeler su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar en fazla %30, 2033 yılına kadar %25 düzeyine indirmekle yükümlüdür.

İdari kayıplar aboneler tarafından tüketilen fakat ücreti alınamayan su olarak adlandırılmaktadır. İdari kayıplar temelde 3 başlıkta incelenmektedir (Criminisi ve ark., 2009; Candelieri ve ark., 2015) (Şekil 1). Sayaç hataları, abonelerin sayaçlarında meydana gelen arızalar, eksik okumalar veya hiç okuma yapılamaması gibi faktörler önemli kayıplara neden olmaktadır. Sayaç hatalarından kaynaklanan kayıpların azaltılması için, belli bir program çerçevesinde denetim yapılması, kalibrasyon sorunu olan sayaçların kalibrasyonunun yapılması vb. süreçlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. İdari kayıp bileşenleri ve ekonomik kayıp seviyesi

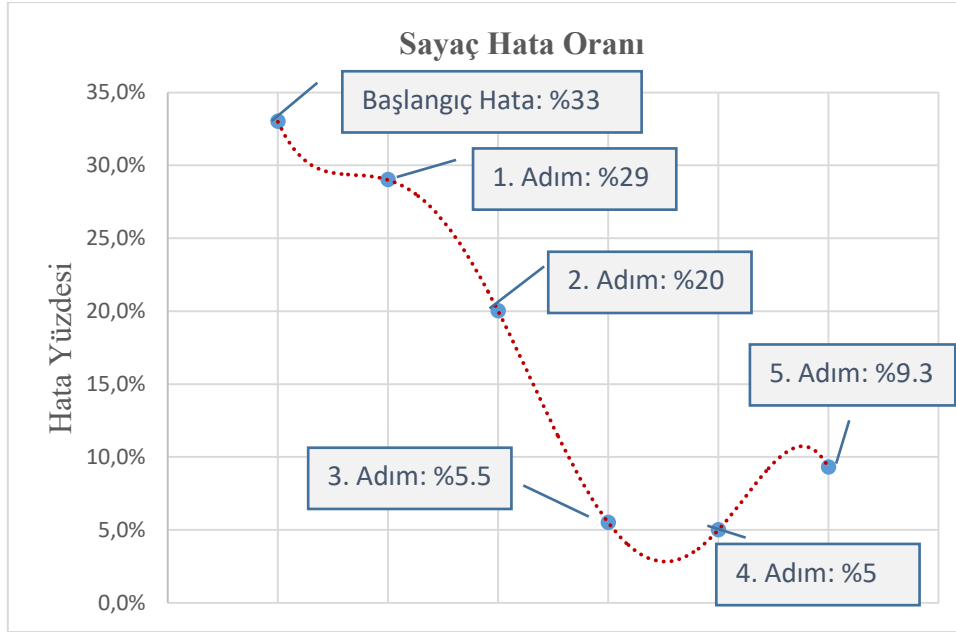
İdari kayıpların yönetilmesinde yaşanan sorunlar temel olarak şu şekilde verilebilir (Yılmaz, 2021);

- Abone Bilgi Yönetim Sisteminde (ABYS) sayaç karakteristiklerinin izlenememesi, bu tür verilerin Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) ile entegrasyonunun yapılamaması-konumsal olarak sayaç verilerinin izlenememesi,
- ABYS verileri ile saha verilerinin örtüşmemesi, sistematik olarak hata oranlarının belirlenmemesi-bölgesel olarak hata oranlarının izlenmemesi,
- Sayaç hata oranlarına göre değiştirme politikasının olmaması, sayaç yönetim sistemi ve stratejisinin olmaması, sayaç değiştirilecek bölgelerin belirlenememesi, CBS ile izlenememesi.

İdari kayıplar, hizmet gelirleri olmamasına karşın üretim maliyetleri yaratmaktadır. Bu nedenle idari kayıplar için maliyet hesapları yapılırken suyun satış fiyatı üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. İdari kayıpları azaltmak birçok durumda fiziki kayıpların azaltılması için harcanan maliyetlere nispeten daha düşük maliyetlidir. Bu nedenle su idareleri için daha hızlı sonuç alınabilen daha ekonomik mücadeleler olduğundan öncelikli olarak tercih edilmektedir.

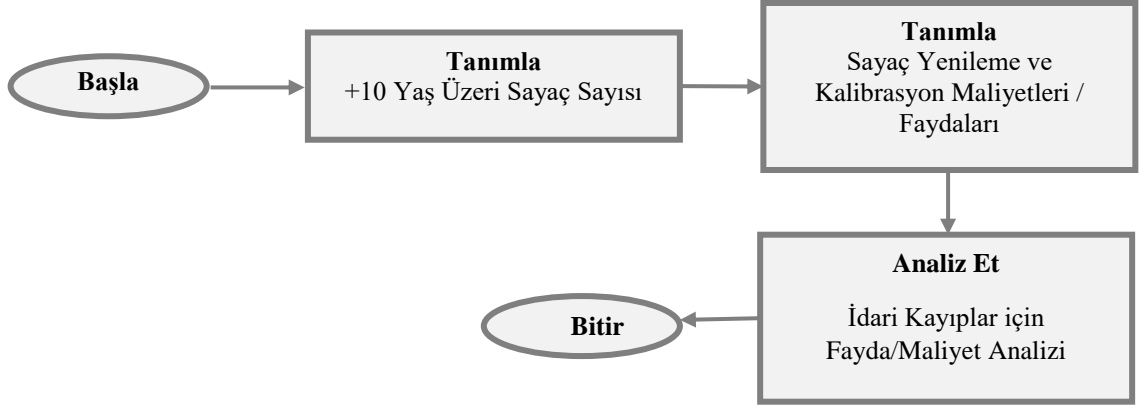
Literatür çalışmaları incelendiğinde sayaç hatalarından kaynaklanan kayıpların daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için sistematik sayaç yönetim planlarının oluşturulması gerektiği vurgulanmaktadır (Pearson ve Trow, 2005; Fanner ve ark., 2007; Sharma ve ark., 2009). Hatalı ölçüm

nedeniyle faturalandırılmayan su miktarının ve arızalı sayaçların değiştirilmesi ile elde edilecek kâr oranının belirlenmesi için iki farklı yol izlenebilir; (i) ilgili bölgedeki ortalama sayaç yaşı bilgisi istenerek, +10 yaşı geçmiş sayaçların değiştirilmesi ile edilecek maliyet/ kâr oranı bulunabilir, (ii) +10 yaşındaki sayaçların bölgedeki sayaçlara göre yüzdesel oranı istenerek maliyet / kâr analizi yapılabilir. Fontanazza ve ark., (2014) tarafından yapılan çalışmada farklı kalibrasyon senaryolarının sayaç hata oranlarına etkisi incelenmiştir. Buna göre 10 yaşından daha büyük konut sayaçlarında hata oranının yaklaşık %33 seviyesinde olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca bu sayaçların bir defa kalibrasyon sürecinden geçmesinden sonra %29 hata oranı gözlemlendiği, aynı sayacın ikinci defa kalibrasyon yapılması durumunda %20 hata oluştuğu ifade edilmiştir. Diğer taraftan 10 yaşından büyük tüm sayaçların değiştirilmesiyle hata oranının %5,5 seviyesinde olacağı belirtilmiştir.



Şekil 2. +10 Yaş Sayaçların Arıza Oranları (Fontanazza ve ark., 2015)

En uygun sayaç yönetimi için farklı sayaç değişim ve test süreçleri esas alınarak her bir koşul için fayda ve maliyetler hesaplanır. Buna göre her bir senaryo durumu için maliyetlerin yanı sıra ve elde edilecek potansiyel kazanımlar da tanımlanmış olacaktır. Bu çalışmada, abone sayaç maliyetinin hesaplanması için kullanılması gereken akış diyagramı oluşturulmuştur. Bu akış diyagramında kullanılan Matlab kodları oluşturulmuştur. Akış diyagramındaki işlem basamakları Matlab ortamında oluşturulan kodlara göre çalışmaktadır.



Şekil 3. Abone Sayaç Yönetimi Maliyet Analizi İçin Akış Diyagramı

Detayları anlatılan sayaç rehabilitasyon senaryoları için fayda maliyet hesaplamaları yapılmıştır. Böylelikle sayaç kalibrasyon ve değişim seçeneklerinin her biri için fayda ve maliyet analizleri yapılmış ve algoritmaya fayda/maliyet oranı en yüksek opsiyonun seçilmesi sağlanmıştır. Yılmaz (2021) tarafından içme suyu dağıtım sistemlerinde fiziki ve idari kayıpların azaltılmasında ekonomik kayıp seviyesinin tanımlanması amacıyla yeni bir algoritma önerilmiştir. Bu algoritmada fiziki ve idari kayıp bileşenleri için ayrı ayrı olmak üzere ekonomik olarak azaltılabilecek kayıp oranları hesaplanmakta ve seviye tanımlanmaktadır. Bu algoritma için yapay zeka optimizasyon yöntemleri uygulanmıştır. Bu çalışmada da Yılmaz (2021) tarafından önerilen ve en uygun sayaç yönetimi için referans oluşturan optimizasyon tabanlı algoritma kullanılmıştır.

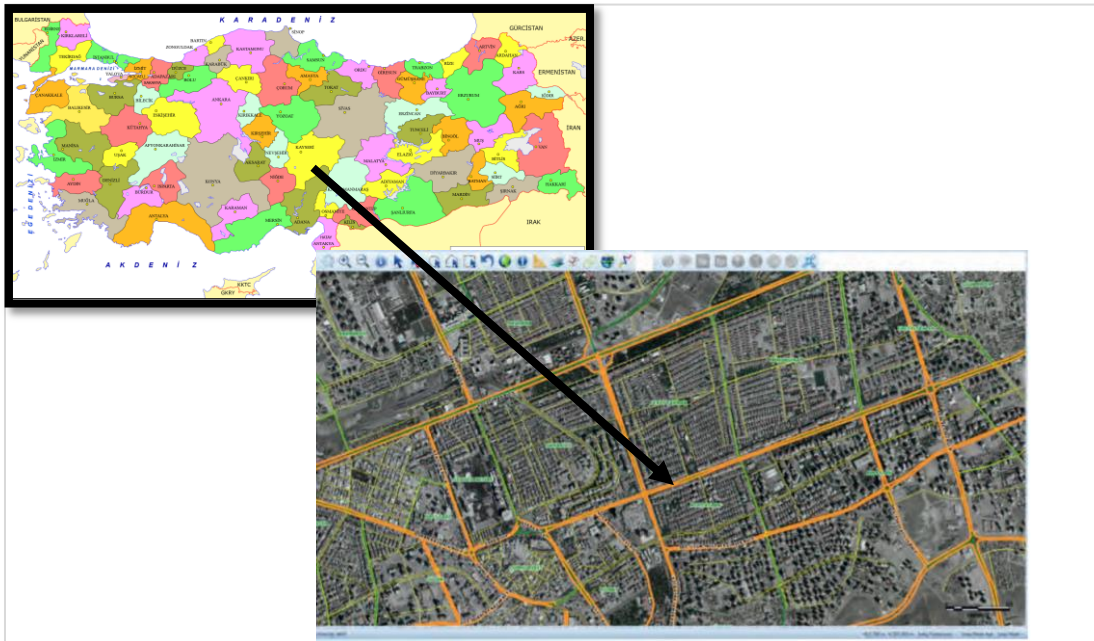
3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde önceki bölümde bahsedilen optimizasyon modeli gerçek saha problemine uygulanmıştır. Bu kapsamda Kayseri Su İdaresi hizmet alanında yer alan üç (3) adet izole ölçüm bölgesi pilot uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanı Türkiye'nin orta Anadolu bölgesinde yer almakta olup toplam şebeke uzunluğu 4200 km, toplam abone sayısı yaklaşık 550 000 civarındadır (KASKİ, 2020). Uygulama alanında 2018-2020 yılları arasında aktif kaçak kontrolü faaliyetleri yürütülmekte ve izole bölgeler oluşturulmaktadır. İzole bölgelerde su dengesi, debi basınç izleme ve minimum gece debisi izlemesi yapılmaktadır. Bunun için öncelikle izole bölgelere ait temel veriler saha ölçümlerine göre temin edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Pilot izole bölgelerde temel veriler

İdari Bilgiler	Birim	DMA1	DMA2	DMA3
Toplam Şebeke Uzunluğu	km	10,0	5,0	18
Toplam Abone Sayısı	adet	2478	1420	2225
Toplam Abone Bağlantısı Sayısı	adet	498	529	360
Sistemin Bölgesel Ortalama Gece Basıncı	m	61	60	66
Sistem Giriş Debisi	l/s	8,04	10,22	24,97
Tahakkuk Edilen Su Miktarı	l/s	4,05	6,54	9,5
Ortalama Birim Su Satış Fiyatı	TL/m ³	3,56	2,91	2,91
10 Yaşından Yaşlı Sayaçların Toplam	%	55,33	30,56	47,06
Sayaçlara Oranı				
Gelir Getirmeyen Su	l/s	3,99	3,68	15,47
Gelir Getirmeyen Su Oranı	%	49,63	36,01	61,95
İdari Kayıp Debisi	l/s	0,798	0,736	1,309

İçme suyu dağıtım sistemlerinde sayaç yönetimi amacıyla bölgeler incelendiğinde en önemli iki unsurun, abone/sayaç sayısı ile 10 yaşından yaşlı sayaçların toplam sayaçlara oranı olduğu söylenebilir. Bölgedeki mevcut idari kayıplar ve önlenmesi gereken muhtemel kayıplar bu iki değişken ile hesaplanmaktadır. Bu kapsamda 3 DMA bölgesi incelendiğinde DMA1 ve DMA3 bölgelerinin abone sayılarının birbirlerine yakın oldukları, DMA2 bölgesinde ki abone sayısının da gerek bölgenin toplam uzunluğuna bağlı olarak gerekse bölgedeki yapıların sıklığına bağlı olarak daha az olduğu görülmektedir. Yine 10 yaşını geçmiş sayaçların toplam sayaçlara oranı incelendiğinde her 3 bölgede de oranların çok yüksek (%55, %31 ve %47) olduğu görülmektedir. Sayaçlar için 10 yaşından sonra hatalı ölçüm yapma oranının %33'e kadar yükselebileceği düşünüldüğünde (Fontanazza ve ark., 2015), bu bölgeler için ciddi idari kayıpların varlığından söz edilebilir. Yine bu bölgelerde GGS oranının da her 3 bölge için çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu eldeki verilerle söz konusu DMA bölgelerinde su kayıp azaltma çalışmaları yapılması gerekliliği sonucuna varılmaktadır.



Şekil 2. Kayseri Uygulama Alanı ve Pilot İzole Bölgeler (KASKİ, 2020)

Tablo 1'deki verilere göre 10 yaşından yaşlı sayaçların oranı %30'dan daha fazladır. Tablo 1'deki veriler kullanılarak her bir izole bölgede mevcut koşullara göre sayaçların kalibrasyon maliyetleri analiz edilmiştir. Ayrıca yine mevcut verilere göre izole bölgelerde sayaç yenileme maliyetleri ve faydaları hesaplanmıştır (Tablo 2). İlgili verilerin işlenmesinin ardından ekonomik kayıp seviyesinin belirlenmesi için optimizasyon analizleri yapılmıştır.

Tablo 2. Pilot bölgelerde Sayaç Kalibrasyon ve Yenileme Maliyetlerinin Analizi

Verilerin Girilmesi	Birim	DMA1	DMA2	DMA3	Açıklama
Toplam Abone Sayısı	adet	2478	1420	2225	
10 Yaşından Yaşlı Sayaçların Tüm Sayaçlara Oranı	%	55	31	47	
Faturalandırılmış Ölçülmüş Yasal Tüketim	m3	130200	210468	305616	Veri girişi
Su Satış Fiyatı	TL / m3	3,56	2,91	3,68	
Sayaç Değişim Bedeli	TL/adet	145,00	145,00	145,00	
Sayaç Kalibrasyon Bedeli	TL/adet	10,08	10,08	10,08	
Hata Oranlarının Tanımlanması	Birim	DMA1	DMA2	DMA3	
10 Yaşından Yaşlı Sayaçların Hata Oranı	%	33,00	33,00	33,00	
1. Kalibrasyon Sonucu Hata Oranı	%	29,00	29,00	29,00	Fontanazza ve ark. (2014) çalışması referans alınarak hesaplanmıştır.
2. Kalibrasyon Sonucu Hata Oranı	%	20,00	20,00	20,00	
Değişim Sonucu Oluşacak Hata Oranı	%	5,50	5,50	5,50	
1. Kalibrasyon Fayda / Maliyet	Birim	DMA1	DMA2	DMA3	
Kalibrasyon Sonucu Elde Edilecek Fayda Debisi	m3/2 yıl	8.550,4	7.679,8	17.150,9	Girilen veriler doğrultusunda hesaplanmaktadır.
Kalibrasyon Sonucu Elde Edilecek Fayda Maliyeti	TL	30.439,5	22.348,4	63.115,6	
Kalibrasyon Maliyeti	TL	13.738,0	4.374,2	10.541,1	
2. Kalibrasyon Fayda / Maliyet	Birim	DMA1	DMA2	DMA3	
Kalibrasyon Sonucu Elde Edilecek Fayda Debisi	m3/2 yıl	27.788,9	24.959,6	55.740,7	Girilen veriler doğrultusunda hesaplanmaktadır.
Kalibrasyon Sonucu Elde Edilecek Fayda Maliyeti	TL	98.928,6	72.632,4	205.125,8	
Kalibrasyon Maliyeti	TL	27.476,0	8.748,4	21.082,3	
Sayaç Değişim Fayda / Maliyet	Birim	DMA1	DMA2	DMA3	
Sayaç Değişim Sonucu Elde Edilecek Fayda Debisi	m3/2 yıl	58.784,3	52.799,2	117.913,0	Girilen veriler doğrultusunda hesaplanmaktadır.
Sayaç Değişim Sonucu Elde Edilecek Fayda Maliyeti	TL	209.272,2	153.645,6	433.919,9	
Sayaç Değişim Maliyeti	TL	197.620,5	62.923,0	151.633,7	

Su yönetiminde etkili bir sayaç yönetimi için yapılması gereken ilk unsur maliyet hesaplarının belirlenmesidir. Bu kapsamda ilk olarak sayaç değiştirme bedeli ile sayaç kalibrasyon bedellerinin algoritmaya tanımlanması gerekmektedir. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda sayaç değişim bedelinin ortalama 145 TL/adet, kalibrasyon bedelinin ise ortalama 10,08 TL/adet olduğu

hesaplanmıştır. Maliyet unsurlarının algoritmaya tanımlanmasının ardından artık 10 yaşından büyük sayaçların adetlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü kayıp azaltma stratejileri bu bahsedilen sayaçların değiştirilmesi veya kalibre edilmesiyle elde edilecektir.

10 yaşından yaşlı sayaç adetlerinin de tespitiyle beraber artık sistem için maliyet unsurları (değiştirme ve kalibrasyon) hesaplanabilir olacaktır. Fontanazza ve ark. (2015) yaptığı çalışmada 10 yaşından yaşlı sayaçların yaklaşık olarak %33 eksik ölçtüğünü, kalibre edilmeleriyle bu oranın %29 ve %20'ye düşürülebileceğini, sayacın değiştirilmesiyle de %5,5 hata seviyesine indirilebileceğini ortaya koymuştur. Bu aşamada sistemde bulunan her +10 yaş sayacın %33 hatalı ölçüm yaptığı, 1. Kalibrasyon ile %29'a, 2. Kalibrasyon ile %20'ye, değiştirilmesi ile de %5,5 hata oranına indirileceği varsayımı ile tahakkuk debisi üzerinden elde edilebilecek faydalı debiler hesaplanmış ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Yapılan hesaplamalar ile 1 kez kalibre edilme durumu, 2 kez kalibre edilme durumu ve sayacın değiştirilmesi durumlarında oluşacak maliyet tutarları ile elde edilmesi muhtemel faydalar bulunmuştur. Yapılan hesaplamalarda sayaç sayısı, tahakkuk debisi ve 10 yaşından büyük sayaçların tüm sayaçlara oranlarına bağlı olarak her bir DMA için farklı durumlarda maksimum faydanın elde edileceği görülmüştür. Örnek olarak DMA1 bölgesi için en büyük faydanın sayacın 2. kez kalibre edilmesiyle elde edileceği görülürken (yaklaşık 71500,00 TL), DMA3 bölgesinde 10 yaşından yaşlı sayaçların değiştirilmesiyle diğer yöntemlere göre daha fazla fayda edileceği (yaklaşık 282000,00 TL) görülmüştür.

Bu durum sayaçlar için her zaman değiştirmenin en iyi çözüm olmadığını, bölgenin özelliklerine bağlı olarak kalibrasyon yöntemiyle de ciddi faydalar elde edileceği görülmüştür. Aynı zamanda eğer su idaresinin bütçe kısıtı olması durumunda, yine farklı 3 durum için tercih yapılabilmesine imkan sunulmuş olacaktır. Örnek vermek gerekirse DMA3 bölgesi için sayaç değişimi en iyi faydayı sağlayan yöntem olabilir. Ancak idarenin eğer bu strateji için ayıracak 151.633,07 TL'si yok ise bir diğer düşük maliyetli (21.000,00 TL) kalibrasyon yöntemini seçerek elde edebileceği faydalı debileri ve kazançlarını hesaplayabilmektedir. Hesaplanan optimum değerler doğrultusunda her bir kayıp azaltma yöntemi için muhtemel elde edilmesi planlanan kazanç debileri Tablo 3'te sunulmuştur. Hesaplanan değerler ilgili yöntemlerle elde edilebilecek maksimum faydalı debiyi ifade etmektedir.

Tablo 3. DMA Bölgeleri İçin Kazanç Debileri

İdari Bilgiler	Birim	DMA1	DMA2	DMA3
Sistem Giriş Debisi	l/s	8,04	10,22	24,97
Tahakkuk Edilen Su Miktarı	l/s	4,05	6,54	9,5
Ortalama Birim Su Satış Fiyatı	TL/m ³	3,56	2,91	2,91
10 Yaşından Yaşlı Sayaçların Toplam Sayaçlara Oranı	%	55,33	30,56	47,06
Sayaç Yönetimi Faydalı Debi	l/s	0,45	0,85	1,89
Sayaç Yönetimi Faydalı Debi	m ³ /gün	38,60	73,05	163,77
Sayaç Yönetimi Faydalı Debi	m ³ /ay	1.157,87	2.191,63	4.913,04

Yapılan hesaplamalar sonucunda her bir bölge için elde edilmiş olan en faydalı sayaç yönetim şekli seçilmiş ve elde edilecek faydalar Tablo 3'te gösterilmiştir. Elde edilen faydalı debilerin sisteme kazandırılmasıyla beraber Tablo 3 incelendiğinde GGS su oranlarının yaklaşık olarak %15 ile %25 oranlarında azaltılabileceği görülmektedir. Su idareleri için idari kayıplar ile mücadele; sonuçları doğrudan kazanım olarak döndüğünden sıklıkla kullanılan bir metottur. İdari kayıpların azaltılmasıyla hem doğrudan gelir artırılırken hem de GGS oranlarında ciddi azalmalar sağlanabilmektedir. Bu nedenle su kuruluşları idari kayıplarla mücadeleyi de belli bir sistematik program çerçevesinde gerçekleştirerek en etkili fayda yöntemlerini tespit etmelidir.

4. Sonuç

Bu çalışmada dağıtım sistemlerinde en uygun sayaç yönetimi için ekonomik idari kayıp seviyesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 3 adet izole ölçüm bölgesi pilot uygulama alanı olarak seçilmiştir. Bunun için öncelikle izole bölgelere ait temel veriler saha ölçümlerine göre temin edilmiştir. Uygulama alanındaki 3 bölge incelendiğinde DMA1 ve DMA3 bölgelerinin abone sayılarının birbirlerine yakın oldukları, DMA2 bölgesinde ki abone sayısının da gerek bölgenin toplam uzunluğuna bağlı olarak gerekse bölgedeki yapıların sıklığına bağlı olarak daha az olduğu görülmektedir. Yine 10 yaşını geçmiş sayaçların toplam sayaçlara oranı incelendiğinde her 3 bölgede de oranların çok yüksek (%55, %31 ve %47) olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde GGS oranının çok yüksek olduğu görülmüştür. Algoritma ile 1 kez kalibre edilme durumu, 2 kez kalibre edilme durumu ve sayacın değiştirilmesi durumlarında oluşacak maliyet tutarları ile elde edilmesi muhtemel faydalar bulunmuştur. Yapılan hesaplamalarda sayaç sayısı, tahakkuk debisi ve 10 yaşından büyük sayaçların tüm sayaçlara oranlarına bağlı olarak her bir DMA için farklı durumlarda maksimum faydanın elde edileceği görülmüştür. Elde edilen faydalı debilerin sisteme kazandırılmasıyla beraber GGS su oranlarının yaklaşık olarak %15 ile %25 oranlarında azaltılabileceği görülmüştür. Su idareleri için idari kayıplar ile mücadele sonuçları doğrudan kazanım olarak döndüğünden sıklıkla kullanılan bir metottur. İdari kayıpların azaltılmasıyla hem doğrudan gelir artırılırken hem de GGS oranlarında ciddi azalmalar sağlanabilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Salih YILMAZ tarafından yapılan Doktora tezinden üretilmiştir. Yazarlar desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine (FDK 2020-2053) teşekkür etmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Alvisi S., Luciani C., Franchini M. Using water consumption smart metering for water loss assessment in a DMA: a case study. *Urban Water Journal* 2019; 18(1): 77–83.
- Arregui F., Balaguer M., Soriano J. Quantifying measuring errors of new residential water meters considering different customer consumption patterns. *Urban Water Journal* 2015, 12: 1–13.
- Cabrera E., Pardo MA., Cabrera E., Arregui FJ. Tap water costs and service sustainability, a close relationship. *Water Resources Management* 2013, 27(1): 239–253.
- Candelieri A., Soldi D., Archetti F. Cost-effective sensors placement and leak localization – the Neptun pilot of the ICeWater Project. *Journal of Water Supply: Research and Technology* 2015; 64(5): 567–582.
- Criminisi A., Fontanazza CM., Freni G., Loggia GL. Evaluation of the apparent losses caused by water meter under-registration in intermittent water supply. *Water Science and Technology* 2009; 60: 2373–2383.
- Deidda Deidda D., Sechi GM., Zucca R. Finding economic optimality in leakage reduction: A cost-simulation approach for complex urban supply systems. *Procedia Engineering* 2014; 70: 477–486.
- Fanner P., Thornton J., Liemberger R., Sturm R. Evaluating water loss and planning loss reduction strategies. In *Awwa Research Foundation*. 2007.
- Farley M., Wyeth G., Ghazali ZBM., Istandar A., Singh S. *The manager’s non-revenue water handbook. A Guide to Understanding Water Losses*. 2008
- Fontanazza CM., Notaro V., Puleo V., Freni G. The apparent losses due to metering errors: a proactive approach to predict losses and schedule maintenance. *Urban Water Journal* 2015; 12(3): 229–239.
- Lambert AO., Brown TG., Takizawa M., Weimer D. A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA* 1999; 48(6): 227–237.
- Mesquita AM., Ruiz M. A financial economic model for urban water pricing in Brazil. *Urban Water Journal* 2013; 10(2): 85–96.
- Pearson D, Trow SW. Calculating the economic levels of leakage. *Leakage 2005 Conference Proceedings* 2015; 1–16.
- Pearson D. Standard definitions for water losses. In *Standard Definitions for Water Losses* 2019. <https://doi.org/10.2166/9781789060881>
- Seago CJ., McKenzie RS., Liemberger R. International benchmarking of leakage from water reticulation systems. *Proceedings from the International Water Association Specialist*

Conference: Leakage 2005, 48–61.

Sharma SK., Mutikanga HM., Vairavamoorthy K. Apparent water losses assessment: the case of Kampala City, Uganda. Proceedings of 5th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference 2009, 36–42.

Xin K., Tao T., Lu Y., Xiong X., Li F. Apparent losses analysis in district metered areas of water distribution systems. Water Resources Management 2014; 28: 683–696.

Yılmaz S. İçme suyu dağıtım sistemlerinde abone sayaçlarının analizi ve su kayıplarına etkisi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 2017.

Yılmaz S. Su kayıp yönetiminde ekonomik kaçak seviyesinin optimizasyon algoritmalarıyla belirlenmesi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 2021.