

AHP YÖNTEMİ İLE KONUT SAYAÇLARINDA HATAYA SEBEP OLAN FAKTÖRLERİN ÖNEM SIRALARININ BELİRLENMESİ

Salih YILMAZ¹, Özgür ÖZDEMİR², Cansu ORHAN³, Mahmut FIRAT^{4*}

^{1,2}Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ) Genel Müdürlüğü, Malatya, 44900, Türkiye

^{3,4}İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, 44000, Türkiye

Geliş tarihi: 05.08.2017 Kabul tarihi: 30.11.2017

ÖZET

İçme suyu dağıtım sistemlerinde abone sayaçlarından kaynaklanan su kayıp hacminin azaltılması için sayaçların analiz edilmesi ve arızaya sebep olan faktörlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, konutlarda kullanılan yasal abonelere ait sayaçlarda meydana gelen hataya sebep olan faktörlerin önem derecesinin belirlenmesi için çoklu ölçütlü karar verme yaklaşımı olarak ifade edilen Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi uygulanmıştır. Bunun için literatürde yapılan farklı çalışmalar incelenmiş ve sayaç hatası üzerinde etkili olabileceği düşünülen toplamda 11 faktör belirlenmiştir. Belirlen bu faktörlerin sayaç hatası üzerindeki etkisi için, akademisyen, Su ve Kanal İdaresi ve Belediye Yöneticisi/Çalışanı olmak üzere toplam 88 kişinin görüşleri alınmış ve 1'den 10'a kadar puan verilmesi istenmiştir. Uzman görüşleri esas alınarak, ikili karşılaştırma puanlandırmaları ve matrisleri oluşturulmuştur. Bu puanlandırmalar kullanılarak AHP yöntemi ile her bir faktör için ağırlık katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, "Sayaç bağlantılarındaki hatalar" faktörü 0.129 değeri en yüksek ağırlık katsayısına sahip olurken en düşük değer 0.038 ile "Su kalitesi" faktörü için hesaplanmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlara, "Şebeke basıncı", "Sayaç yaşı" ve "Sayaç sınıfı" faktörlerinin 0.114 ile benzer ağırlığa sahip oldukları görülmüştür. Bu sonuçlara göre sayaç hataları üzerinde işçilik kalitesinin oldukça önemli olduğu söylenebilir. Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen çıktılarının özellikle sayaç yönetiminde Su ve Kanal İdareleri için referans teşkil edeceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gelir getirmeyen su, Abone sayaçlar, Sayaç hataları, AHP

DETERMINATION OF THE IMPORTANCE RANKING OF THE FACTORS CAUSING THE INACCURACIES IN THE CUSTOMER WATER METERS BY AHP METHOD

ABSTRACT

In water distribution systems, it is very important to analyze the customer water meters and determine the factors causing the failures to reduce the water loss volume occurred by the meters inaccuracies. In this study, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is expressed as a multi-criteria decision-making approach, was applied to determine the importance ranking of the factors causing the inaccuracies in the meters belonging to the legal subscriptions used in the houses. For this, different studies in the literature were reviewed and a total of 11 factors considered to be effective on the water meter errors were determined. To understand the effect of these factors on the water meters, it is received opinion from 88 persons, who are academicians, the Water and Sewerage Administration and the Municipality Manager / Employee, and asked them to score from 1 to 10. Based on expert opinions, pairwise comparison scores and matrices were created. Each factor weight coefficient was calculated by the AHP method using these scorings. According to the calculations, the "Meter connection errors" factor has the highest weight coefficient of 0.129, while the lowest value is calculated for the "water quality" factor

* e-posta: mahmut.firat@inonu.edu.tr

of 0.038. In addition, it was observed that the "network operational pressure", "meter age" and "meter class" factors had similar weight to the results obtained with 0.114. According to these results, it can be said that workmanship quality is very important on meter errors. As a result, the outputs obtained from this study are considered to be a reference for Water and Sewerage Administrations, especially in meter management.

Keywords: *Non-revenue water, Customer water meters, Meter errors, AHP*

1. Giriş

Su temini sistemlerinde, sisteme verilen ancak parası ödenmeyen su, "gelir getirmeyen su ya da su kaybı" olarak ifade edilmektedir (Farley 2003; Farley et al., 2008; IWA, 2007; AWWA, 2009). Konutlarda kullanılan ve yasal kayıtlı abonelere ait sayaçlarda çeşitli sebeplerden dolayı arıza meydana gelmektedir. Bu arızalar bazen sayacın olması gerekenden daha fazla okumasına sebep olurken bazen de eksik okuma yapmaktadır. Özellikle sayaç yaşının fazla olduğu bölgelerde genelde sayaçlarda eksik okuma gözlenmekte ve bu da Su ve Kanal İdareleri için "İdari Kayıp" olarak ifade edilen gelir getirmeyen suya sebep olmaktadır. İdari kayıpların en önemli bileşeni, kaçak kullanım görünse de esasında yasal kayıtlı abonelerin sayaçlarından meydana gelen arızalar, eksik okumalar ve/veya hiç okuma yapmaması gibi faktörler önemli kayba sebep olmaktadır. Sayaç hatalarının en aza indirilmesi ve bu sayaç hatalarından kaynaklanan ve Kurum için doğrudan gelir kaybı anlamına gelen gelir getirmeyen su oranının azaltılması için sayaçlarda hatalara sebep olabilecek faktörlerin araştırılması ve analiz edilmesi önem taşımaktadır. Sayaç hatalarının ortaya konulması ve buna bağlı olarak yapılacak çalışmalar gelir getirmeyen su oranını azaltacağından önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Literatürde sayaç hataları ve bu hataların su kayıplarına etkileri gibi konularda farklı çalışmalar yapılmıştır. Davis (2005) yaptığı çalışma ile IWA (International Water Association) su denetim metodolojisinin önemli bileşenlerinden biri olan müşteri sayaçlarının yanlış ölçüm yapması kaynaklı kayıpları incelemiştir. Sayaç değişimlerinde belli standartların olmadığını ve genellikle 10 ila 20 yıl arasında değişim yapıldığını belirtmiştir. Cabrera vd. (2006) aboneye iletilen, tüketilen ve faturalandırılmayan her su hacminin su dağıtım kurumunda çok önemli bir etkiye neden olduğunu belirtmiştir. IWA/AWWA su dengesi tablolarında bu kayıpları kaçak kullanım, ölçüm hataları gibi iki ana başlık altında incelemiştir. Çalışmada, ölçüm hataları bileşeninin sayaçların doğru tipte ve boyutta seçilmesine doğrudan bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Mutikanga vd. (2011a) yaptıkları çalışmada idari kayıplara sebep olan faktörlerin analiz edilmesi amacıyla sahada yapılan ölçümler ve işletme verileri dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda, sayaç doğruluğunun su tüketimi üzerine önemli rol oynadığı vurgulanmıştır. Stoker vd. (2012) konutlarda kullanılan sayaçların doğruluğuna ve bozulmasına etki eden faktörlerin araştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada, sayaçlarda bozulmanın, su kalitesi, su hızı, hacim, monte edilme şekli gibi etkenlerin bir fonksiyonu olduğu belirtilmiştir.

Arregui vd. (2015) yaptıkları çalışmada konutlardaki su sayaçlarında ölçüm hatalarının değerlendirilmesi amaçlanmış ve evsel su tüketim karakteristiklerinin idari kayıpları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, ölçüm hatasının, konut sayaç modeli ve kullanıcı karakteristiğinin bir fonksiyonu olduğu vurgulanmıştır. Fontanazza vd. (2015) konutlarda kullanılan sayaçların bozulmalarına sebep olan faktörlerin araştırılmasında, sayaç yaşı ve konutlardaki su depoları dikkate alınmış ve deneysel ve teorik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada konutlarda kullanılan ve yasal abonelere ait sayaçlarda meydana gelen hataya sebep olabilecek faktörlerin etki/önem derecesinin Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için toplamda 11 faktör göz önünde bulundurulmuş ve önem sıralaması belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Sayaç Hataları

İçme suyu sistemlerinde suyun tüketiciye ulaşana dek geçirdiği birçok aşama mevcuttur. Kaynaktan çıkan su kullanıcıya ulaşana kadar, fiziksel ve idari kayıplara uğramaktadır. Fiziksel kayıplar; depo vb. sanat yapılarında meydana gelen kaçaklar ile boru ve ek parçalarında meydana gelen hasarlar nedeniyle oluşan kayıpların bütünü olarak tanımlanabilirler. İdari kayıplar ise sayaç hataları, okuma hataları ve kaçak kullanımı kapsamaktadır. Verilerin standartlaştırılması amacıyla Uluslararası Su Birliği (IWA) ile Amerikan Su İşleri Birliği (AWWA) performans göstergelerini tanımlamış ve “Su Bütçesi” tablosunu oluşturmuşlardır. IWA/AWWA tarafından önerilen su bütçesi ya da dengesi Çizelge 1’de verilmiştir.

Su kaynaktan aboneye ulaşana kadar çeşitli işletme ve üretim maliyetleri doğuracaktır. Su sayaçları bu ücretlerin kullanıcılardan adil bir şekilde yapılabilmesi için kullanılan aletlere denmektedir. Su sayaçlarının ölçüm doğrulukları sürdürülebilir su yönetimi için çok önem arz etmektedir. İçmesuyu dağıtım şebekelerinde bulunan su sayaçları istenilen koşullarda kullanılmadığında hata oluşabilir. Hata nedenleri genel olarak; montaj pozisyonu, yanlış tip seçimi, borudaki hava, imalat hataları, tahribat, sudaki katı maddeler, servis ömrü, dışarıdan sayaca müdahale edilmesi ve basınç şeklinde verilebilir (Yılmaz, 2017).

Çizelge 1. IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesi Tablosu (IWA, 2007)

Sisteme Giren Hacim	Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Tüketim	Gelir Getiren Su	
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Tüketim		
	Su Kayıpları	Faturalandırılmamış Yasal Tüketim	İdari Kayıplar	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Tüketim	Gelir Getirmeyen Su
				Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Tüketim	
		Fiziksel Kayıplar	Fiziksel Kayıplar	Yasadışı Tüketim	
				Sayaç Hatası	
				Okuma Hatası	
				İletim ve Dağıtım Hatlarındaki Kaçaklar	
Depolardaki Kaçaklar					
Sayaç ile Dağıtım Borusu Arasında Bağlantı Hatlarındaki Kaçaklar					

Doğru bir ölçüm için doğru sayaç tipi seçilmeli ve kullanım yeri ve türüne göre doğru sayaç çapı belirlenmelidir. Sayaçların su kalitesine göre en az B sınıfı sayaçlar olması sayaç montajlarının kolon sistemine dik 90 derece olacak şekilde yere paralel montajının yapılması gerekmektedir (Varer, 2008). Boru içinde kalan hava ya da suda çözünen gazların sayaçlardan geçmeleri hatalı ölçümlere neden olacaktır. Sayacın imal edilme aşamasında yapılacak bir hata yanlış ölçüm yapmaya neden olacaktır. Ayrıca, sayacın dış etkenler nedeniyle zarar görmesi ölçümün doğruluğunu etkileyecektir. İçme suyu hatlarında çok azda olsa bulunan katı maddelerin sayacın önü ya da içinde çökmesi nedeniyle sayaçlar doğru ölçüm yapamayacaktır. Sayaçlar imal edildikten sonra 2-4 yıl arasında kalibre edilmek şartıyla 10-14 yıl arasında kullanılabilirler. Servis ömrünü tamamlayan veya kalibre edilmemiş sayaçlar yanlış ölçüme neden olacaktır. Sayaca yapılan bilinçli/bilinçsiz müdahaleler sayaçların yanlış ölçmesine neden olabilir (Yılmaz vd., 2017).

Su bütçesi tablosuna göre “Sayaçlardaki Ölçüm Hataları” idari kayıplar alt başlığıyla su kayıpları bölümünde değerlendirilmekte ve gelir getirmeyen su olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşenin oluşturduğu su kaybı Kurumlar için doğrudan gelir kaybına sebep olmaktadır. Ayrıca sayaç hataları gelir

getirmeyen suyun yanı sıra aşırı su tüketimi gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu nedenle bu bileşene ait hacmin azaltılması oldukça önem taşımaktadır.

3. Analitik Hiyerarşi Proses İle Sayaç Hatası Üzerinde Etkili Değişkenlerin Önem Derecesinin Belirlenmesi

Çoklu-ölçütlü karar verme, incelenen problem üzerinde etkili olduğu düşünülen tüm faktörleri göz önünde bulunduran ve değişkenler problem üzerindeki önem derecesini belirlemede kullanılan yöntem olarak açıklanabilir. Literatürde farklı amaçlar için uygulanan ve önerilen çoklu-ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Önerilen bu çalışmada da çoklu-ölçütlü karar verme yöntemi olarak ifade edilen AHP yöntemi uygulanmıştır. AHP yöntemi ilke defa Saaty (1980) tarafından önerilmiş olup farklı alanlarda yaygın bir şekilde uygulanan bir yöntemdir. AHP yönteminde temel işlem adımları; (i) problem üzerinde etkili faktör ve/veya alt faktörlerin belirlenmesi, (ii) ikili karşılaştırma puanlandırmalarının oluşturulması, (iii) ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, (iv) ağırlık katsayılarının belirlenmesi, (v) tutarlılık analizinin gerçekleştirilmesi şeklinde verilebilir.

AHP yöntemi ile sayaç hataları üzerinde etkili olduğu düşünülen faktörlerin etki derecesinin belirlenmesi için uzmanlar tarafından verilen görüşler esas alınmıştır. Bu çalışma Yılmaz (2017) tarafından yapılan Yüksek Lisans tezinden üretilmiş tezin çıktısı olarak yayınlanmıştır. Çalışma kapsamında, 26-28 Ekim 2016 tarihleri arasında Malatya’da düzenlenen Uluslararası Kentsel Su ve Atıksu Yönetimi Sempozyumu (UKSAY) kapsamında, Akademisyen ve Su ve Kanal İdaresi ve Belediye Yöneticisi/Çalışanı olmak üzere toplam 88 kişinin görüşleri alınmış ve 1’den 10’a kadar puan verilmesi istenmiştir. Çalışma kapsamında hazırlanan ve uzmanlara sorulan sorular Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’de verildiği gibi, Sayaç Sınıfının Yanlış Seçilmesi (D1), Sayaç Yaşı (D2), Sayaç Malzemesinin Kalitesi (D3), Sayaç Bağlantılarında Yapılan Hatalar (D4), Kullanıcı Su Tüketim Profili (D5), İklim (D6), Şebeke Basıncı (D7), Kat Yüksekliği (D8), Şebekedeki Arıza ve Diğer Nedenlerden Dolayı Meydana Gelen Kesintiler (D9), Sayaçların Kalibre Edilmemesi (D10) ve Su Kalitesi (D11) olmak üzere toplamda 11 faktör göz önünde bulundurulmuştur. AHP yöntemi ile değişkenlerin etki derecelerinin belirlenmesi için her bir uzmana ait görüşler aşağıda verilen işlem adımlarına göre analiz edilmiştir (Yılmaz, 2017).

3.1. Adım 1: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Kurulması

Faktörlerin faktörlerle kıyaslandığı matristir. Bu işlem adımında her bir katılımcı için ayrı ayrı ikili karşılaştırma matrisleri kurulmaktadır. Matrisler kurulurken Saaty (1980) tarafından önerilen puanlandırma esasları kullanılmakta ve her bir faktörün kendisiyle kıyaslandığı hücreler bir olacak şekilde ve her bir puanın matristeki karşı hücrelerine tersi yazılarak puanlandırma işlemi tamamlanmaktadır (Yaralıoğlu, 2001). Aşağıda bir katılımcının yaptığı puanlamalar doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisi kurulmuş ve Çizelge 2’de verilmiştir.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (1)$$



Sayaç Hatalarına Neden Olan Etmenlere İlişkin Görüşlerin Değerlendirilmesi

- A. Bu bölümde, sizden çalıştığınız kurum ve kendiniz hakkında genel bilgiler vermeniz istenmektedir. Lütfen aşağıdaki soruları okuyarak cevaplayınız.

Adınız – Soyadınız :

Mesleğiniz :

Çalıştığınız Kurum ve Birim :

Göreviniz :

Eğitim Durumunuz Lisans Lisansüstü

- B. Bu bölümde sayaçlarda ki hatalara neden olan değişkenler hakkındaki düşünceleriniz sorulmaktadır. İlgili parametrenin sayaçlarda meydana gelen hatalara etkisini 1'den 10'a kadar puanlandırınız.
(1) Etkisiz (10) Çok Etkili

No	Sorular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Sayaç Sınıfının Yanlış Seçilmesinin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
2	Sayacın Yaşının, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
3	Sayaç Malzeme Kalitesinin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
4	Sayaç bağlantılarında yapılan hataların, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
5	Kullanıcı Su Tüketim Profilinin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
6	İklimin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
7	Şebeke Basıncının, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
8	Kat Yüksekliğinin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
9	Şebekedeki Arıza veya Diğer Nedenlerden Dolayı Meydana Gelen Kesintilerin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
10	Sayaçların Kalibre Edilmemesinin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
11	Su Kalitesinin, Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										

Şekil 1. Çalışma Kapsamında Uzmanlara Sorulan Sorular (Yılmaz, 2017)

3.2. Adım 2: Tercih Matrislerinin Oluşturulması

Tercih Matrisleri oluşturulurken ikili karşılaştırma matrisinde her bir sayı kendi sütun toplamına bölünmüş ve matris oluşturulmuştur (Çizelge 3).

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Bu denklemlerde, i; satır sayısı, j; sütun sayısı, A_{ij} esas matrisi ve b_{ij} ; birim matris elemanları olarak ifade edilebilir.

Çizelge 2. İkili Karşılaştırma Matrisinde Değişkenlerin Puanları

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11
D 1	1	1	3	1/6	1/3	3	3	3	1	1/6	3
D 2	1	1	3	1/6	1/3	3	3	3	1	1/6	3
D 3	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 4	6	6	9	1	3	9	9	9	6	1	9
D 5	3	3	6	1/3	1	6	6	6	3	1/3	6
D 6	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 7	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 8	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 9	1	1	3	1/6	1/3	3	3	3	1	1/6	3
D 10	6	6	9	1	3	9	9	9	6	1	9
D 11	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
Toplam	19.67	19.67	38.0	3.39	8.83	38.0	38.0	38.0	19.67	3.39	38.0

Çizelge 3. Değişkenler İçin Oluşturulan Standart Tercih Matrisi

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11
D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 4	1/3	1/3	1/4	2/7	1/3	1/4	1/4	1/4	1/3	2/7	1/4
D 5	1/7	1/7	1/6	0	1/9	1/6	1/6	1/6	1/7	0	1/6
D 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 10	1/3	1/3	1/4	2/7	1/3	1/4	1/4	1/4	1/3	2/7	1/4
D 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3. Adım 3: Ortalama Matris (W Sütun Vektörü)

Ortalama matrislerde tercih matrisindeki değerler ondalık sayılara dönüştürülüp her bir faktörün ağırlık katsayısını veren ortalama değerler (her bir satır için) hesaplanmış ve Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Değişkenler İçin Ortalama Matris (W Sütun vektörü)

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11	ORT
D 1	0.05	0.05	0.08	0.05	0.04	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.06

D 2	0.05	0.05	0.08	0.05	0.04	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.06
D 3	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 4	0.31	0.31	0.24	0.30	0.34	0.24	0.24	0.24	0.31	0.30	0.24	0.28
D 5	0.15	0.15	0.16	0.10	0.11	0.16	0.16	0.16	0.15	0.10	0.16	0.14
D 6	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 7	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 8	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 9	0.05	0.05	0.08	0.05	0.04	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.06
D 10	0.31	0.31	0.24	0.30	0.34	0.24	0.24	0.24	0.31	0.30	0.24	0.28
D 11	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02

3.4. Adım 4: Geometrik Ortalama

Yukarıdaki işlemler doğrultusunda her katılımcı için ikili karşılaştırma matrisleri ayrı ayrı kurulduktan sonra AHP işlem adımları tüm matrisler için uygulanıp ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Tüm bu oluşturulan matrisleri tek bir matrise indirgeyip sonuç matrisini oluşturmak ve tutarlılık hesabı yapabilmek için ise; her bir matriste matrislerin aynı hücrelerinin geometrik ortalamaları alınıp ve tek bir matris oluşturulacaktır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Değişkenler İçin Geometrik Ortalama Matrisi

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11
D 1	1.00	1.02	1.06	0.87	2.55	2.02	1.01	1.66	1.96	1.11	2.93
D 2	0.98	1.00	1.05	0.87	2.56	2.06	1.02	1.65	1.98	1.05	3.06
D 3	0.95	0.96	1.00	0.84	2.66	2.06	0.97	1.70	1.89	1.05	2.95
D 4	1.15	1.15	1.18	1.00	2.93	2.39	1.09	1.83	2.20	1.15	3.30
D 5	0.39	0.39	0.38	0.34	1.00	0.75	0.38	0.61	0.71	0.42	1.09
D 6	0.49	0.49	0.49	0.42	1.34	1.00	0.46	0.79	0.87	0.50	1.38
D 7	0.99	0.98	1.03	0.91	2.60	2.16	1.00	1.66	1.83	1.10	2.92
D 8	0.60	0.60	0.59	0.55	1.65	1.27	0.60	1.00	1.12	0.63	1.93
D 9	0.51	0.50	0.53	0.45	1.40	1.14	0.55	0.89	1.00	0.54	1.58
D 10	0.90	0.95	0.95	0.87	2.40	2.00	0.91	1.58	1.84	1.00	2.89
D 11	0.34	0.33	0.34	0.30	0.92	0.72	0.34	0.52	0.63	0.35	1.00
Toplam	8.31	8.37	8.59	7.43	22.00	17.6	8.34	13.9	16.04	12.03	32.37

Bulunan sonuç matrisi için de AHP' nin işlem adımları tekrar uygulanarak tercih ve ortalama matrisleri bulunmuştur (Çizelge 6 ve 7).

Çizelge 6. Sonuç Matrisi İçin Oluşturulan Tercih Matrisi

	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11
D 1	1/8	1/8	1/8	1/9	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8	0	0

D 2	1/8	1/8	1/8	1/9	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8	0	0
D 3	1/9	1/9	1/9	1/9	1/8	1/9	1/9	1/8	1/8	0	0
D 4	1/7	1/7	1/7	1/7	1/8	1/7	1/8	1/8	1/7	0	1/9
D 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 7	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/9	0	0
D 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 10	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	0	0
D 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 7. Sonuç Matrisi İçin Oluşturulan Ortalama Matris

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11	ORT
D 1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.09	0.11
D 2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.09	0.11
D 3	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.09	0.11
D 4	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.10	0.10	0.13
D 5	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
D 6	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05
D 7	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.09	0.09	0.11
D 8	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07
D 9	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06
D 10	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.09	0.11
D 11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04

3.5. Adım 5: Tutarlılık Analizi

Oluşturulan sonuç matrisinin tutarlılığının ölçüleceği işlem adıdır. Tutarlılık Analizinde, kurulan ikili karşılaştırma matrisi ile bulunan faktör ağırlıklarını gösteren ağırlık sütununun matris çarpımı yapılarak D Sütun Matrisi elde edilmektedir. E Sütun değerleri için ise D matrisindeki değerler faktörün kendi ağırlık katsayısına bölümü yapılarak elde edilmektedir. λ Temel Değer'in hesabı için, E sütun matrisinin toplamının aritmetik ortalaması hesaplanmaktadır (Lamata, 2006). AHP yönteminde tutarlılık analizinde kullanılan RI için değişken sayısına göre standart değerler önerilmiş ve Çizelge 8'de verilmiştir (Alonso, 2006).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Çizelge 8. Tutarlılık Analizinde Değişken Sayısına Bağlı RI Değerleri (Alonso, 2006)

N	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56

Çizelge 9. Tutarlılık Analizinde Hesaplanan D ve E Matrisleri

D	1.26	1.26	1.23	1.41	0.47	0.6	1.26	0.76	0.66	1.18	0.42
E	11.01	11.01	11.01	10.99	11.01	10.99	11.01	11.02	11	11.01	11

Çalışma kapsamında tutarlılık analizi sonucunda λ değeri 11.0038, CI değeri 0.004 ve CR değeri ise 0.0003 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı olan CR'ye ait değer, sınır değer olan 0.1'den küçük olması, yapılan işlemlerin ve kurulan ikili karşılaştırma matrislerinin doğru olduğunu göstermektedir. Tutarlılık Analizi kontrolü yapıldıktan sonra faktörlerin ağırlıklarına ulaşılmaktadır. AHP ile sayaçlara etki eden faktörlerin ağırlık katsayıları ve öncelik sıralamaları Çizelge 10'daki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 10. Sayaç Hatalarına Sebep Olan Faktörlerin Önem Sıralaması (Yılmaz, 2017)

Değişkenler	Ağırlık Katsayısı (w_i)	Öncelik Sıralaması				
		Sıra No	Değişkenler	(w_i)		
D 1	Sayaç Sınıfı	0.114	1	D 4	Sayaç Bağlantılarındaki Hatalar	0.129
D 2	Sayaç Yaşı	0.114	2	D 7	Şebeke Basıncı	0.114
D 3	Sayaç Malzeme Kalitesi	0.112	3	D 2	Sayaç Yaşı	0.114
D 4	Sayaç Bağlantılarındaki Hatalar	0.129	4	D 1	Sayaç Sınıfı	0.114
D 5	Kullanıcı Su Tüketim Profili	0.043	5	D 3	Sayaç Malzeme Kalitesi	0.112
D 6	İklim	0.054	6	D 10	Sayacın Kalibre Edilmemesi	0.108
D 7	Şebeke Basıncı	0.114	7	D 8	Kat Yüksekliği	0.069
D 8	Kat Yüksekliği	0.069	8	D 9	Su Kesintileri	0.06
D 9	Su Kesintileri	0.06	9	D 6	İklim	0.054
D 10	Sayacın Kalibre Edilmemesi	0.108	10	D 5	Kullanıcı Su Tüketim Profili	0.043
D11	Su Kalitesi	0.038	11	D 11	Su Kalitesi	0.038

Çizelge 10’da verilen sonuçlara göre, konutlarda kullanılan sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerinde en yüksek etkiye sahip faktör 0.129 ağırlık katsayısı ile “Sayaç bağlantılarındaki hatalar” faktörü belirlenmiştir. Diğer taraftan en düşük etkiye sahip faktörün 0.038 ile “Su kalitesi” faktörü olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre sayaç hataları üzerinde işçilik kalitesinin oldukça önemli olduğu söylenebilir. Bu durum özellikle eski olan konutlarda sayaçların aboneler tarafından düşük işçilik kalitesi ile takıldığı dönemlerde yüksek hata oranlarının oluşabileceği ve bunun da gelir getirmeyen su oranını arttıracacağı düşünülmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, konutlarda yasal aboneler tarafından kullanılan su sayaçlarında meydana gelen hataya sebep olan faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi için AHP yöntemi uygulanmıştır. Bunun için toplamda 11 değişken için Su ve Kanal İdarelerinde çalışan yönetici ve mühendisler, Üniversitelerden akademisyenlerden oluşan uzmanların görüşleri alınmıştır. Uzman görüşleri temel alınarak faktörler için puanlandırma ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. AHP yöntemi ile tercih ve sonuç matrisi oluşturulduktan sonra tutarlık analizi gerçekleştirilmiş ve CI (tutarlılık indeksi) değeri 0.004 ve CR (tutarlılık oranı) değeri ise 0.0003 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık analizi sonucunda elde edilen CR’ye ait değerlerin sınır değer olan 0.1’den küçük elde edilmiştir ve bu da yapılan işlemlerin ve kurulan ikili karşılaştırma matrislerinin doğru olduğunu göstermektedir. Çalışma kapsamında son olarak AHP yöntemi ile tüm faktörler için ağırlık katsayısı hesaplanmış ve her bir faktörün sayaç hatası üzerindeki etki derecesi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, “Sayaç bağlantılarındaki hatalar” faktörü 0.129 değeri en yüksek ağırlık katsayısına sahip olurken en düşük değer 0.038 ile “Su kalitesi” faktörü için hesaplanmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlara, “Şebeke basıncı”, “Sayaç yaşı” ve “Sayaç sınıfı” faktörlerinin 0.114 ile benzer ağırlığa sahip oldukları görülmüştür. Bu sonuçlara göre sayaç hataları üzerinde işçilik kalitesinin oldukça önemli olduğu söylenebilir. Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen çıktıların özellikle sayaç yönetiminde Su ve Kanal İdareleri için referans teşkil edeceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, 2017 yılında Salih YILMAZ tarafından tamamlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir. Çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP 2016/135 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Yazarlar, Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi’ne teşekkür etmektedir.

Kaynaklar

- [1] Arregui, F., Balaguer, M., & Soriano, J. (2015). Quantifying measuring errors of new residential water meters considering different customer consumption patterns. *Urban Water Journal*, 12: (1–13).
- [2] AWWA (American Water Works Association). 2009. *Water Audits and Loss Control Programs*, 3rd Ed. (Manual of Water Supply Practice M-36). Denver, CO: American Water Works Association.
- [3] Cabrera, E., Cobacho, R., Garcı-a-Serra, J. (2006). *Reducing Apparent Losses Caused By Meters Inaccuracies*. IWA, (2006).
- [4] Davis, S.E. (2005). *Residential water meter economics. Leakage 2005*. Halifax, Canada.
- [5] Farley, M. (2003) *Non Revenue Water - International Best Practice for Assessment, Monitoring and Control*. 12th Annual CWWA Water, Wastewater & Solid Waste 1–18.
- [6] Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z.B., Istandar, A., Signh, S. (2008). *The Manager’s Non-Revenue Water Handbook. A Guide to Understanding Water Losses*.

- [7] Fontanazza, C. M., Notaro, V., Puleo, V., & Freni, G. (2015). The apparent losses due to metering errors: a proactive approach to predict losses and schedule maintenance. *Urban Water Journal*, 12(3): 229–239.
- [8] IWA Water Loss Task Force. (2007). *Leak location and repair guidance notes*. London, UK: IWA.
- [9] Mutikanga, H. E., Sharma, S. K., & Vairavamoorthy, K. (2011). Assessment of apparent losses in urban water systems. *Water Environmental Journal*. 25: 327–335.
- [10] Saaty TL (1980) *The analytic hierarchy process*. Mc Graw Hill, New York.
- [11] Stoker, D. M., Barfuss, S. L., & Johnson, M. C. (2012). Flow measurement accuracies of in-service residential water meters. *Journal - American Water Works Association*. 104(12): 637–642.
- [12] Yılmaz, S. (2017). *Müşteri Sayaçlarının Su Kayıplarına Etkisinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 105s.