

## Sürdürülebilir Su için Fırsat Maliyeti Modelleme Yaklaşımı ile Gelir Getirmeyen Su Maliyeti Tahmini

Vedat Ekerkil<sup>1</sup>

Ezgi Polat<sup>2</sup>

Sürdürülebilir Su için Fırsat Maliyeti Modelleme Yaklaşımı ile Gelir Getirmeyen Su Maliyeti Tahmini	Prediction of Non-Revenue Water Cost Via Opportunity Cost Modeling Approach for Sustainable Water
<b>Öz</b> <p>Uluslararası Su Birliği ile Amerikan Su İşleri Birliği su kaybını önlemek ve sebep olan unsurları tanımlamak için su denetimi kavramını geliştirmişlerdir. Türkiye’de su kayıplarıyla mücadele ve su denetiminde ortak terminoloji sağlamak için şehirlerin su ve kanalizasyon idarelerinden “standart su dengesi tablosu (SSDT)’nu hazırlaması talep edilmektedir. Çalışmanın amacı; SSDT kapsamında su denetimi aracılığıyla sürdürülebilir su geleceğinin katkısını ortaya koymak, gelir getirmeyen su (GGS) miktarına bağlı gelir kaybını belirlemek, fırsat maliyetini hesaplamak ve GGS maliyeti hesaplaması için “fırsat maliyetini bir model” olarak önermektir. Çalışmanın sonucunda, GGS’nin fırsat maliyetinin hesaplanması sayesinde GGS tahmini maliyetinin sistematik bir şekilde azaltılması ve kayıp yönetimi hesaplamalarına katkı sunması beklenmektedir.</p>	<b>Abstract</b> <p>The International Water Association and the American Water Works Association have developed the concept of water audit to prevent water loss and identify the factors that cause it. In Türkiye, the water and sewerage administrations of the cities are requested to prepare the "standard water balance table (SSDT)" to combat water losses and provide common terminology in water control. The main objectives of this study are to reveal the contribution of a sustainable water future through water auditing, to determine the loss of income due to the amount of non-revenue water (NRW), to calculate the opportunity cost, and to propose the "opportunity cost as a model" for calculating the NRW cost. As a result, we believe that the calculation of the opportunity cost of NRW will reduce the estimated cost of NRW and contribute to the loss management calculations.</p>
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Sürdürülebilirlik, Su Denetimi, Fırsat Maliyeti, Gelir Getirmeyen Su, Standart Su Dengesi Tablosu.	<b>Keywords:</b> Sustainability, Water Auditing, Opportunity Cost, Non-Revenue Water, Standard Water Balance Chart.
<b>JEL Kodları:</b> M41, M42, Q25	<b>JEL Codes:</b> M41, M42, Q25

<b>Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı</b>	Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.
<b>Yazarların Makaleye Olan Katkıları</b>	Yazar 1’in makaleye katkısı % 50, Yazar 2’nin makaleye katkısı % 50’dir.
<b>Çıkar Beyanı</b>	Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

<sup>1</sup> Prof. Dr., Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, [vekerkil@anadolu.edu.tr](mailto:vekerkil@anadolu.edu.tr).

<sup>2</sup> Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, [ezgipolat@anadolu.edu.tr](mailto:ezgipolat@anadolu.edu.tr).

## 1. Giriş

Dünyada 1918-1945 dönemi ekonomik, siyasi ve sosyal açıdan “büyük buhran” olarak nitelendirilmektedir. Milenyum çağı ise “su krizi” ile yeni buhranı doğuracağı tahmin edilmektedir. 21. yüzyılda su kaynaklarına yönelik senaryolar; nüfus artışı, göç, sürekli genişleyen sanayileşme, insan faaliyetleri, sıcaklık artışı ve yağış oranlarında dengesizlik gibi nedenlerle suyun nitelik, nicelik yönünden değişeceği ve bu değişimin su kaynaklarını azaltacağı yönünde olmaktadır (OECD, 2019). Yaşanan su kıtlığı sebebiyle su artık denetlenmesi gereken önemli değerli ve sürdürülebilirliği olması gereken bir *varlıktır*. Su denetimi, su akışının kaynağından arıtılmasına su kullanıcılarına iletilmesine kadar ki tüm süreçlerin ve verilerin güvenilir bir şekilde kayıt altına alınması açısından önemlidir.

*Sürdürülebilirlik*, mevcut ve gelecek nesiller için yeterli su kaynakların mevcut olmasını sağlamayı içerir. Küresel olarak içme suyu şebekelerinden kaynaklanan su kayıpları günde 346 milyar litreye ulaşmaktadır. Bir kişinin günlük 150 litre su kullandığı varsayımıyla bu kayıplar ile 2,3 milyar kişiye su sağlama olanağı yaratılabilir (Liemberger ve Wyatt, 2019). Su kayıpları, su idarelerinin işletme maliyetlerini artırmakta, geliri kısıtlamakta ve gelecekte artan su kullanıcı sayısına yetecek suyun sağlanması için genişleme potansiyelini azaltmaktadır (Arregui vd., 2018:1). Gelir getirmeyen su (GGS) kayıpları, idari ve fiziki su kayıplarının ilave olarak faturalandırılmamış izinli su kayıplarını da kapsamaktadır. GGS, enerji yoluyla sürdürülebilirliğin önünde bir engel oluşturmaktadır ve su sürdürülebilirliği ile şehirlerde GGS oranının düşürülmesi sağlanabilir. Bu çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)'nin 2008-2021 verilerinden elde edilen örneklem ile GGS'nin su denetimi yoluyla tespit edilmesi ve GGS'nin yarattığı zarara bağlı olarak tahmini fırsat maliyetinin hesaplanması amaçlanmaktadır.

## 2. Su Denetimi ve Kavramsal Çerçeve

*Su denetimi*; su kullanımında kayıpları azaltmaya yönelik olarak hangi adımların atılabileceğini belirlemekte ve aynı zamanda su kullanıcılarına dağıtım sistemleri ile ilgili bilgi vererek su kaynakların daha kolay ve etkili yönetilmesini sağlamaktadır. Su kullanımının tümünü kategorize ederek rasyonel ve bilimsel bir çerçeve sunan su denetimi suyu korumada temel bir gerekliliktir. Sturman ve diğerleri (2004), birçok ülkede insanların içme suyuna erişimde zorluk yaşaması nedeniyle, su kullanımını azaltmaya yönelik kolay veya karmaşık sistemler için su akışını ölçmek amacıyla su denetim yöntemini geliştirmiştir. Su denetimi, su kaybını azaltabilmek amacıyla basit veya karmaşık sistemlerde su akışlarını ve kalitesini ölçme yöntemidir. Su denetimi, gelecekte suya olan talep arttıkça önemi artacak olan bir su tasarrufu mekanizmasıdır (Sturman vd., 2004:375).

Su denetimi, boru sızıntısı ve taşmasından kaynaklanan fiziksel kayıpların üstesinden gelmek için kullanılmaktadır. Ayrıca, sermaye ve işletme maliyetini azaltmak için verimli kullanımı belirlemeye yardımcı olmaktadır. Su sorunlarının denetim yardımıyla üstesinden gelmek için IWA ve AWWA, geniş çaplı bir çalışma başlatmıştır. Bu kapsamda, su temin sistemine giren ve tüm suyu hesaba katan dünya çapında kabul görmüş standart bir yaklaşım sağlamaktadır. Standart su dengesi, birçok ülke için uygulamaya dayalı ortak uluslararası terminoloji kullanan, genellikle yıllık olarak su kayıplarını ve bileşenlerini belirlemek için standart bir yapı kullanılmaktadır (AWWA, 2009). Standart su dengesi Tablo 1’de verilmektedir.

Su kaybı durumunu değerlendiren su denetiminin hesaplanmasında standart su dengesi tablosu bir araç olarak kullanılmaktadır. Su dengesinin geri kazanılabilir kayıpların bulunmasına, kayıpların değerlendirilmesine ve fayda-maliyet analizinin hazırlanmasına

yardımcı olduğu ifade edilmektedir. Standart su dengesi tablosunda Sisteme Giren Su; “izinli tüketim” ve “su kayıpları” olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. *İzinli tüketim*; faturalandırılmış izinli tüketim ve faturalandırılmamış izinli tüketimden meydana gelmektedir.

Tablo 1. Standart Su Dengesi Tablosu

Kendi (öz) Kaynakları	Sisteme Giren Su	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su Miktarı
			Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	
Artıtılan Su		Su Kayıpları	İdari Kayıplar	İzinsiz Tüketim	Gelir Getirmeyen Su Miktarı
				Ölçüm Hataları ve Veri İşleme Hataları	
Taşınan (İthal) edilen su			Fiziki Kayıplar	İletim ve/veya Dağıtım Şebekesindeki Kaçak	
				Tesis Depolama Tanklarında Sızıntı ve Taşmalar	
				Müşteri Ölçüm Noktasına Kadar Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar	

Kaynak: IWA, 2018

*Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım*, su ve kanalizasyon idarelerinde abone kaydı ile sayaç bağlantısı bulunan, düzenli ölçüm ile faturalandırması yapılan abonelerin kullandığı su miktarıdır. (Konutlar ve dükkân, restoran, otel gibi ticari mekânları vb.). *Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım*, ölçümü hesaplanamamış ancak tahmini olarak ya da standartlara göre hesaplanarak faturalandırılmış tüketim miktarını ifade etmektedir. *Faturalandırılmamış izinli su tüketim*, idare tarafından izinli olarak ölçülmüş/ölçülmemiş ancak faturalandırılmamış bağlantılar sebebiyle oluşan toplam tüketimdir. *Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım* su idaresinde abone olarak kaydı ve sayaç bağlantısı bulunan ve su tüketim ölçümleri yapılan, ancak su ve kanalizasyon idarelerinin izinli olarak faturalandırma yapmadıkları cami, park, bahçe, yangın ekipmanları vb. alanlarda kullanılan su miktarını ifade etmektedir (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu, 2017: 113). Dağıtım sistemlerindeki su kayıpları, şebekeye verilen su miktarı ile su tüketicilerinin izinli olarak kullandıkları su miktarı arasındaki fark olarak açıklanmaktadır. Şebeke suyu hatlarındaki su kayıpları fiziki ve idari olarak iki gruba ayrılmakta; bu kayıpların toplamı ile toplam su kaybı bulunmaktadır (Dilcan, vd., 2018: 10). *Gelir getirmeyen su kayıpları*, şebekeye verilen su miktarı ile faturalandırılan su miktarı arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır.

Su kıtlığı ile mücadele edebilmek için su kaynaklarını kullanma şeklini önemli ölçüde iyileştirmek gerekmektedir. Kentsel su yönetiminde sürdürülebilir kalkınmanın, su ve ekonomik verimliliğin sağlanması için fiziki sızıntıların belirlenmesi ve fiziki sızıntıların tespiti için en uygun yöntem ve ekipmanların tespit edilmesi gerekmektedir (Fırat, Yılmaz vd. 2021:407). SSDT, şebeke suyu sistemlerindeki su kaybı performansını değerlendirmek için üstün araçlar sağlayan ve katkıda bulunan faktörlerin potansiyel olarak düzeltici unsurları belirleyen temel performans göstergelerini sayısallaştırmasını ve standartlaştırılmasını amaçlamaktadır (Al-Qawasmı ve Al Sharif, 2021: 54). Eugene (2017) yaptığı çalışmada, şebeke suyu dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının tespitinde ölçülebilir alt bölge, standart su dengesi ve gece akışı modellenmesi vb. yöntemlerini temel alan yeni bir model önermiştir. Bu

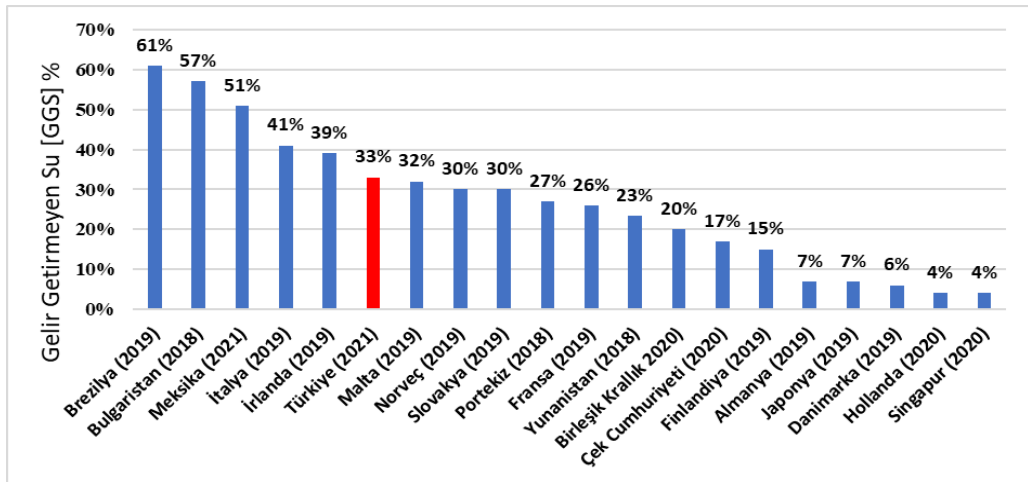
model, şebeke su iletim sistemlerinde kaçaklara yönelik olarak yapılan tahminlerin gerçek sonuç verdiğini belirtmiştir. Batchelor ve diğerleri (2017)'de yaptıkları çalışmada su denetimini su arzı, talebi, erişilebilirliği ve kullanımındaki eğilimleri daha geniş yönetim, kurumlar, kamu ve özel harcamalar, mevzuat ve belirli alanlarda suyun daha geniş politik ekonomisi bağlamına yerleştirerek su muhasebesinden bir adım daha ileri bir noktada olduğunu ifade etmişlerdir.

Su denetiminden elde edilebilecek kazanımlar dikkate alınarak, su kayıplarının kontrol edilebilmesi amacıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2014'te "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği", 2015 yılında "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği" yayımlanmıştır. 2015 yılında yayımlanan Tebliğ'de; şebeke suyu temin ve dağıtım sistemlerinin yönetimi, iletim hatlarında meydana gelen su kayıplarını azaltması gereken önlemler, su kayıplarının belirlenmesi ve azaltılmasına yönelik standartlar getirilmiştir. 23 Eylül 2020 tarihinde "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliklerle; Türkiye'deki içme suyu şebekelerinde yaşanan kayıpları izlemek ve su kaynağı yöneticilerinin her yıl SSDT'nin düzenlenmesi sağlanmaktadır. Su kaynaklarını korumak ve su kaynaklarına yönelik talebi kontrol etmek, kayıpları azaltmak ve performansı artırmak için yeni stratejilerin oluşturulması gerekmektedir (FAO, 2020). Son yıllarda Türkiye'de de su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik klasik yaklaşımların sürdürülebilirliğini yitirmesi nedeniyle *su kaynakları yönetimi* çalışmalarına önem verilmektedir (Kılıç, 2021:1).

### 2.1. Gelir Getirmeyen Su Kayıpları ve Maliyetleri

Özellikle gelişmekte olan ülkelerin şebeke suyu iletim hatlarındaki kaybı %50 civarındadır. Gelişmiş ülkelerde su bilincinin ve modern su temin sisteminin 19. yüzyılın ikinci yarısında başlamaktadır (Guillerm, 1988). Şekil 1'de su kaybını takip eden ve azaltmaya yönelik önlem alan bazı ülkelerin gelir getirmeyen su (GGS) kayıp oranları gösterilmektedir.

Şekil 1. Bazı Ülkelerde Gelir Getirmeyen Su Kaybı Oranları (2018-2021)

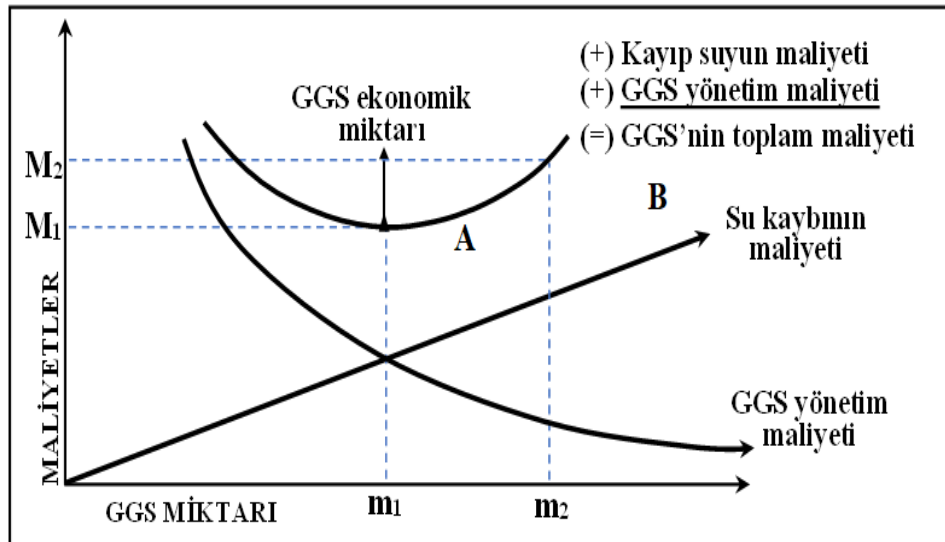


Şekil 1 incelendiğinde, her ülkede gelir getirmeyen su oranlarının birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Şebeke sistemlerindeki su kayıpları, dünya çapında birçok ülke ve şehirde yaygın ve ortak bir sorundur. Gelir getirmeyen su kayıpları ülkelerin gelişmişlik düzeylerine

bağlı olarak değişmektedir. Gelişmiş ülkelerde şebeke suyu kayıp oranı çoğunlukla %10 ve altında gerçekleşmektedir. Gelir getirmeyen su oranı %10 ve altında olan şebekelerde şebeke suyu dağıtım sistemi “güçlü”, %40 ve üzerinde olanlarda ise şebeke suyu dağıtım sistemi “zayıf” olarak kabul edilmektedir (Öztürk, 2020). Gelir getirmeyen suyun nedenleri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında değişiklik göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde fiziki kayıplar ve faturalandırılmamış izinli tüketim daha önemli olurken, gelişmiş ülkelerde kayıplarda su şebekesinin yaş ortalamasının yüksek olması önemli olmaktadır (OFWATT, 2022). Gelişmekte olan ülkelerde fiziki kayıplar ve faturalandırılmamış izinli tüketimin büyük bir kısmı, kurumsal ve idari sebeplere bağlı olmaktadır. Bu su kayıplarının büyük bir oranı yasa dışı kullanımdan kaynaklanmaktadır (Kingdom vd., 2006). Birçok gelişmiş ülkede, belirgin su kayıpları bulunmamakta veya sınırlı olmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için Dünya Bankası, ortalama olarak idari kayıpların –özellikle yasa dışı bağlantılardan kaynaklanan hırsızlıkların– GGS kayıplarının yaklaşık %40'a ulaştığını tahmin etmektedir. Bazı şehirlerde ise idari kayıplar fiziki kayıplardan daha yüksek olmaktadır. Yasadışı bağlantılardan kaynaklanan idari kayıpları azaltmak için, genellikle belediye sorumluluğun ötesinde, su ile ilgili tüm kurumların bilinçli ve hedefli desteğine gereksinim duyulmaktadır. Su denetimi, GGS kayıplarına yönelik analiz yapmak ve GGS kaybının azaltılmak için önemli bir araç olmaktadır (Alchetrone, 2022).

Gonzalez vd. (2011) yaptıkları çalışmada, gelişmekte olan ülkelerde gelir getirmeyen su miktarının yüksek olmasının ve kamu hizmetleri arasındaki su kayıplarındaki farklılıkların ana sebebinin teşvik eksikliği olduğu sonucuna varmıştır. Su idareleri gelir getirmeyen su miktarını azaltmaya yönelik maliyeti yüklenerek teşviki bulamamaktadır. Ayrıca gelir getirmeyen su ile ilgili bilgi eksikliği olduğu açıklanmıştır. Farley vd. (2008), GGS ekonomik miktarını, kaybedilen suyun maliyeti ve GGS yönetiminin maliyeti bileşenlerinin kesişim noktası olduğu varsayımıyla, GGS ekonomik miktarını Şekil 2 üzerinde göstermektedir. Şekil 2, maliyet muhasebesinin “ekonomik sipariş miktarı” yaklaşımına dayandırılmaktadır.

Şekil 2. GGS Ekonomik Miktarının Belirlenmesi



Kaynak: Farley vd., 2008:20

- Kaybedilen suyun maliyeti hem fiziksel hem de idari kayıplar nedeniyle kaybedilen suyun değerini ifade etmektedir. Fiziksel kayıpların değeri; işçilik, malzeme (kimyasallar vb.) ve diğer üretim unsurları (elektrik, plansız bakım-onarım vb.) dâhil olmak üzere birim değişken işletme maliyeti ile çarpılarak hesaplanır. İdari kayıpların değeri ise, ortalama müşteri tarifesi ile çarpılmalıdır. GGS miktarı arttıkça, kaybedilen suyun maliyeti de orantılı olarak artması beklenir.
- GGS yönetiminin maliyeti ise, GGS'yi azaltmak için yapılan yönetim maliyetleridir. Personel maliyetleri, ekipman, ulaşım ve diğer yönetsel maliyet unsurları bu kapsamdadır. Bu maliyetler, genellikle sabit maliyet niteliğindedir ve GGS miktarı düştükçe, yönetim maliyetlerinin artması beklenmektedir.

İki maliyet bileşeninin toplanması toplam maliyeti verir. Şekil 2'de iki maliyet doğrusunun kesiştiği nokta (A noktası), GGS ekonomik miktarı olan minimum GGS toplam maliyetini vermektedir. GGS ekonomik miktarı noktasından sonra su kayıplarının maliyeti artarken, GGS yönetim maliyetleri azalmaktadır (B noktası). Benzer şekilde GGS ekonomik miktarının altına düşülmesi durumunda ise, GGS yönetim maliyeti artacağı için yapılan tasarruftan daha fazla maliyete neden olabilir. GGS ekonomik seviyesi; su tarifelerindeki değişim, su üretim maliyetindeki değişimlerden ve mevsimsel etkilerden dolayı yıl içinde değişkenlik gösterebilir. Yöneticiler, GGS ekonomik miktarını yıllık bazda değerlendirmeli ve kaynakların etkin kullanımını sağlamak için GGS hedefini buna göre belirlemelidir (Farley vd., 2008: 21). Eğer bir şehir su kıtlığı ve GGS maliyeti yüksekliği ikilemiyle karşı karşıya kalırsa, bu şehrin sürdürülebilirliğinden bahsedilemez (Elkharbotly vd., 2022: 2).

GGs'nin ekonomik miktarı yaklaşımı ile gerçekleşmiş bir faaliyetin maliyeti ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Kıt bir kaynak olan suyun değerini maliyeti üzerinden hesaplamak yerine, hizmeti sunanların öngördüğü değer olan "tarife" üzerinden hesaplamak daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu yaklaşım ile kaybedilen su, kaçırılan fırsatı temsil etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, yeni bir model öneri olarak *suyun fırsat maliyeti* ortaya konulmaktadır.

### 3. Yöntem

Bu çalışma bir araştırmadır. Tanımlayıcı araştırmalar, araştırma probleminin niteliklerini ve oluş sıklığını tespit etmek, problemde etkili olan değişkenleri ve bu değişkenlerin önem derecelerini belirlemek, problemin ortaya çıkış biçimini tahmin etmek ve değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit ederek genellemelere ulaşmak için yapılmaktadır. Bu araştırmaların temel amacı, nedensel bir ilişki kurarak genellemelere varmak, sistemeleştirip sınıflandırmak ve tahminlerde bulunmaktır (İslamoğlu, 2009). Uluslararası Su Birliği (IWA) ve Amerikan Su İşleri Derneği (AWWA) su denetimi metodolojisi olarak "standart su dengesi tablosu (SSDT)"nu geliştirmiştir. Türkiye, 2014 ve 2015 yıllarında çıkardığı tebliğ ile su kaynağı yöneticilerinin bu tabloyu hazırlamasını talep etmiştir. Ancak Türkiye'de su denetimini sağlamayı amaçlayan bu tablonun belediyelerce düzenli bir şekilde hazırlanmadığı ya da hazırlanıp kamuoyuna sunulmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada araştırma probleminin tespit edilmesinde bu başlangıç noktasından hareket edilmiştir. Araştırma problemi, standart su dengesi tablosu verilerini inceleyerek, geleceğe yönelik su denetiminin sağlanıp sağlanamayacağıdır. Araştırma problemine bağlı olarak bu farkın ortaya konulması, çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Çalışmanın temel varsayımları; İBB, İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'ndan elde edilen verilerin tümüyle gerçek ve doğru olduğu ve 2008-2021 dönemleri arasındaki verilerin eğiliminin 2022-2025 döneminde de devam ettiğidir.

### 3.1. Araştırmanın Evreni ve Veri Toplam Aracı

Türkiye'nin şebeke suyu belediyeler aracılığıyla sağlanmaktadır. Türkiye'nin 2020 verilerine göre kaynaktan çekilen toplam suyun %16,54'ü İBB tarafından sağlanmaktadır. İBB, Türkiye'deki abone sayısının %20,15'ine sahiptir. Aynı zamanda Türkiye'de dağıtılan içme suyunun %19,77'si İBB tarafından yapılmaktadır. İBB'nin abone sayısı büyüklüğü, su kaynaklarının kıtlığı, coğrafik yapısı, su denetiminin zorluğu gibi nedenlerden dolayı Türkiye'yi temsil edeceği varsayılmıştır. Araştırmada kaynak olan veriler; İSKİ'nin 2008-2021 yıllarına ait veriler; "standart su denge formu" raporlarından ve faaliyet raporlarıdır.

### 3.2. Verilerin Analizi

Çalışmanın temelini oluşturan verilerin kaynaklarda neler olduğunun tespitinden sonra verilerin ilgili kaynaklardan toplanması, verilerin birleştirilmesi ve analize uygun olacak şekilde dönüştürülmesi aşamaları veri hazırlamayı oluşturmaktadır. Bu yönde, İBB'nin faaliyet raporları, İBB açık veri portalı, İSKİ raporları ve TÜİK'in ilgili verilerinden yararlanılarak bir veri seti oluşturulmuştur. İBB ve İSKİ'nin kurullarında bu veri seti onandığı ve kamuoyu ile paylaştığı için verinin geçerlik ve güvenilirlik sağladığı varsayılmıştır. Bu veri seti için Excel kullanılarak "eğilim çizgisi" seçeneklerinden "polinom" üzerinden üretilen denklemden yararlanılarak 2022-2030 dönemi için tahminleme yapılmıştır. Tahminler İSKİ'nin 2020-2040 döneminde beşer yıllık yapmış olduğu tahmini değerlerle yakınlık göstermektedir. Veri seti ve tahmini değerler TÜİK verilerine göre Türkiye nüfusunun üzerinden analizler yapılmıştır.

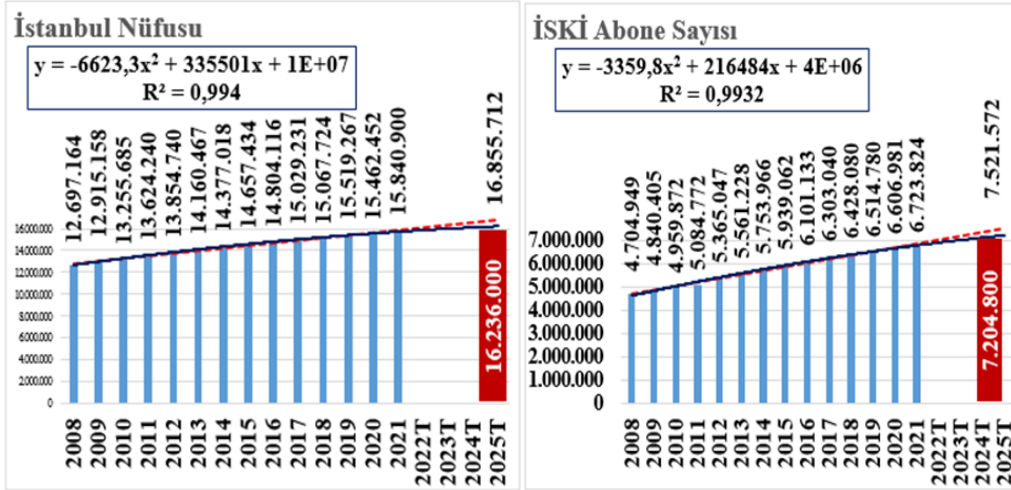
## 4. Bulgular ve Değerlendirme

Türkiye nüfusunun %18,72'si İstanbul'da yaşamaktadır (TÜİK, 2022). İstanbul 40 belediyesi ile Türkiye'nin en çok şebeke suyu hizmeti ve kanalizasyon şebekesi bulunan şehridir. Türkiye'nin abone sayısının %19,77'si İstanbul'dadır ve en çok aboneye sahip ilidir. 2021 yılında Türkiye'deki kaynaktan çekilen toplam suyun %16,54'ünü 6.723.824 abone kullanmıştır. İstanbul'un yüzölçümü, abone sayısı, şebeke dağıtım sistemi, suyun il sınırları dışından taşınması, su kaybının büyüklüğü, yatırım olanakları gibi birçok nedenden dolayı GGS kaybı açısından incelenmesi ve uygulamalarının diğer şehirlere de yansıtılması yerinde olacaktır. Araştırmaya kaynak olacak veriler; İSKİ'nin faaliyet raporlarından alınmıştır. Analizde kullanılan 2008-2021 yıllarına ait veriler; "standart su denge formu" raporlarından ve faaliyet raporlarının ilgili bölümlerinden sağlanmıştır.

### 4.1. İstanbul'un Standart Su Dengesi Tablosu

Su dengesinin hesabı için sisteme giren ve tüketilen su ölçülmektedir. Su dengesi tablosu aracılığıyla hem toplam su kaybı hem de su sızıntılarının miktarları tespit edilmektedir. Kullanılan su miktarları ile sisteme giren su miktarı karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda ortaya çıkan fark, su kaybı olarak açıklanmaktadır. Kayıp su, gelir getiren ve gelir getirmeyen su miktarları ölçülerek hesaplanmaktadır. Standart su dengesinin bileşen miktarları ve su kaybına sebep olan etmenler şebeke sistemi ve şehirlerin özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Burada önemli olan suyun denetimini yaparak kayıp sebeplerini bulmak ve çözüm sunabilmektir.

Şekil 3. İstanbul'un Yıllara Göre Nüfusu ve Abone Sayısı



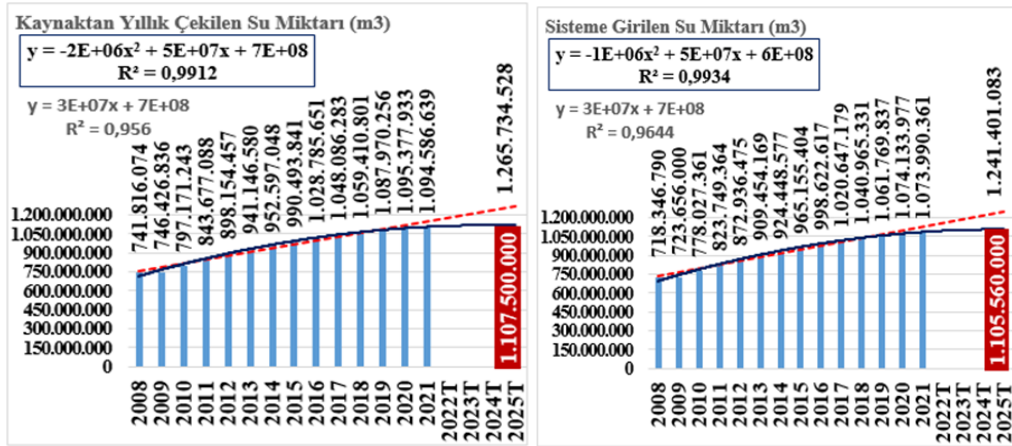
Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

Şekil 3'te İstanbul'un 2008-2021 yıllarındaki gerçek nüfus ve abone sayısı verileri ile bu verilerden yararlanılarak oluşturulan doğrusal (noktalı doğru) ve polinom denklemlerine göre 2025 yılı tahmini İstanbul nüfusu ve İSKİ abone sayısı öngörüsü verilmektedir. Doğrusal denkleme göre İstanbul nüfusu 2025 yılında 16.855.712 kişi ve 7.853.747 İSKİ abonesi olacağı tahmin edilirken, polinom denklemine göre nüfusu 16.236.000 kişi ve 7.204.800 aboneye ulaşacağını tahmin etmektedir. İSKİ Genel Müdürlüğü'nün 2020 yılında yapılan su sempozyumunda TÜİK verileri kullanılarak 1999 yılında yapılan "Orta Büyüme Senaryosu"na göre İstanbul'un 2025 yılı nüfusu tahmini 16.115.000 kişidir (İBB, 2020). Bu durum İstanbul'un gelecekte de içme suyu ihtiyacının artış göstereceğini ortaya koymaktadır. 2000 ile 2050 arasında küresel olarak su talebinin %55 artacağı tahmin edilmektedir. Talepteki artışın başlıca nedenleri; +%400 imalat, +%140 elektrik ve +%130 evsel kullanımdır (OECD, 2012). İstanbul yüzeysel su kaynaklarını kullanmaktadır. Kaynaktan çekilen su miktarı 2008 yılında 741.816.074 m<sup>3</sup> iken, 2021 yılında 1.094.586.639 m<sup>3</sup> olmuştur. 2021 yılı itibarıyla 15 milyon 840 bin nüfuslu İstanbul'a verilen günlük ortalama su miktarı 2.942.439 m<sup>3</sup>tür.

Şekil 4'te İstanbul'un kaynaktan çekilen ve sisteme girilen su miktarları 2008-2021 yılları için gerçek veriyi içerirken, 2025 yılı için Excel aracılığıyla doğrudan ve polinom denklemleri ile tahminleri grafikte verilmektedir.



Şekil 4. İstanbul'un Kaynaktan Çekilen ve Sisteme Giren Su Miktarı (2008-2021 ve 2025 tahmini)



Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

Tablo 2'de şebeke suyu sistemindeki 2008-2021 yılları arasında tüketilen bileşenlerinden faturalandırılmış ve faturalandırılmamış izinli su tüketimi gösterilmektedir. Standart su dengesi tablosu 2014 yılında yayımlanan Tebliğ ile resmi hale gelmiş, İSKİ'nin 1996 yılından itibaren; sisteme giren su miktarı (552 milyon m<sup>3</sup>), faturalanan su miktarı (327 milyon m<sup>3</sup>) ve gelir getirmeyen su miktarı (225 milyon m<sup>3</sup>) raporlandığı tespit edilmiştir. Buna göre 1996 yılında sisteme giren su miktarının %59,2'si faturalanabilirken, 2021 yılında bu oran %79,4'e ulaşmıştır (İBB, 2003). İstanbul nüfus artışına ve abone sayısı ile ilgili sisteme giren su miktarı ve izinli tüketim miktarı da doğru orantılı olarak artış göstermiştir.

Tablo 2. İstanbul Yıllık İzinli Su Tüketim Miktarı (2008-2021)

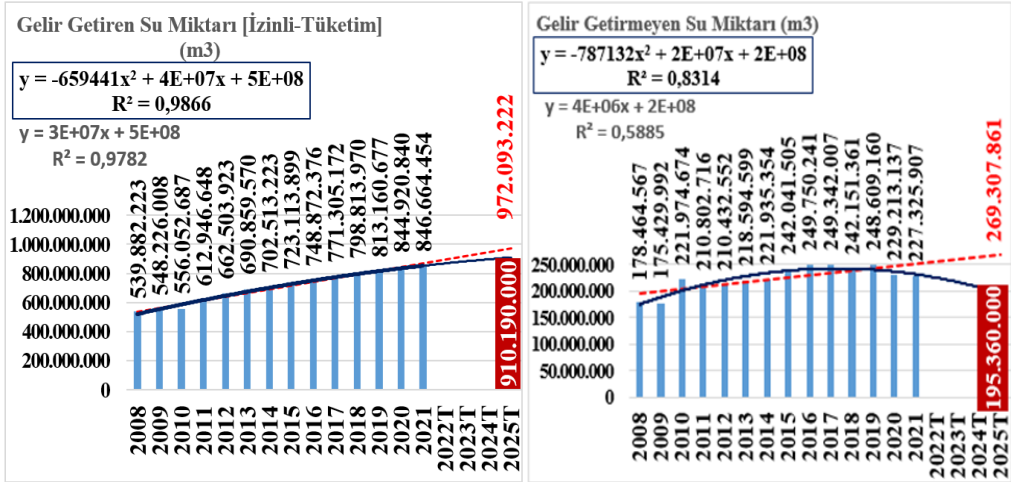
Yıllar	Sisteme Giren Su	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi			Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi			Toplam	
		Ölçülmüş	Ölçülmemiş	%	Ölçülmüş	Ölçülmemiş	%	%	
2008	718.346.790	539.882.223	0	%75,2	0	0	%0,0	%75,2	
2009	723.656.000	548.226.008	0	%75,8	0	0	%0,0	%75,8	
2010	778.027.361	549.952.100	0	%70,7	0	0	%0,0	%70,7	
2011	823.749.364	612.946.648	0	%74,4	0	0	%0,0	%74,4	
2012	872.936.475	662.503.923	0	%75,9	0	0	%0,0	%75,9	
2013	909.454.169	690.859.570	0	%76,0	0	0	%0,0	%76,0	
2014	924.448.577	702.513.223	0	%76,0	0	0	%0,0	%76,0	
2015	965.155.404	723.113.899	0	%74,9	9.521.975	0	%1,0	%75,9	
2016	998.622.617	748.872.376	0	%75,0	9.406.653	0	%0,9	%75,9	
2017	1.020.647.179	771.305.172	0	%75,6	8.363.550	0	%0,8	%76,4	
2018	1.040.965.331	798.813.970	0	%76,7	9.612.572	0	%0,9	%77,6	
2019	1.061.769.837	813.160.677	0	%76,6	11.717.587	0	%1,1	%77,7	
2020	1.074.133.977	844.920.840	0	%78,7	7.111.725	0	%0,7	%79,4	
2021	1.073.990.361	846.664.454	0	%78,8	6.919.586	0	%0,6	%79,4	

Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

#### 4.2. İstanbul'un Gelir Getirmeyen Su Kayıpları ve Maliyeti

Standart su dengesi tablosu kullanılarak İstanbul şebeke su dağıtım sisteminin gelir getiren ve gelir getirmeyen miktarları hesaplanmıştır. Gelir getirmeyen su, sisteme giren fakat ücretlendirmeyen bileşenleri kapsamaktadır. Gelir getiren su ise, sistemde ücretlendirilen yasal olarak faturalandırılmış su tüketimlerini içermektedir. Çalışmada su kayıp oranı, GGS kayıp oranına eşit olduğu varsayılmaktadır.

Şekil 5. İstanbul'da Gelir Getiren ve Gelir Getirmeyen Su Miktarı (2008-2021)



Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

Şekil 5'te gelir getiren ve gelir getirmeyen su miktarı grafikleri verilmektedir. Şebeke suyu dağıtım şebekesi sistemini yönetmek geniş bir ağ, karmaşık, gizli bir boru sistemini kapsayarak değişikliklerin, hasarların veya yasa dışı bağlantıların tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Açık bir sistemde su kayıplarını veya gelir getirmeyen suyu yönetmek, aynı zamanda, faaliyetlerin yalnızca bir kayıp görünür hale geldiğinde veya rapor edildiğinde başlatıldığı reaktif, pasif bir şekilde çalışmak anlamına gelmektedir (Borsting, 2023).

Türkiye nüfusunun %18,71'inin yaşadığı İstanbul'da gelir getirmeyen suyu azaltabilmek için büyük bir çaba gösterilmesi gerekmektedir (TÜİK, 2020). İstanbul'un yıllar itibariyle nüfus ve abone artışı göz önünde bulundurulduğunda gelir getiren su miktarının 910.190.000 m<sup>3</sup> ile 972.093.222 m<sup>3</sup> arasına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Gelir getirmeyen su yönetimi, belediye hizmetlerinin sürdürülebilirliğinde, genişlemesinde ve iyileştirmesindeki önemli gösterge olmaktadır. Gelir getirmeyen su, kaybedilen suyun yanında mali maliyetlerden ve satılabilecek olan sudan elde edilen gelir kaybına sebep olmaktadır. Gelir getirmeyen su kayıplarının ise alınan önlemler ve yatırımlarla 195.360.000 m<sup>3</sup> ulaşma olasılığı yüksektir. İstanbul'un gelir getiren ve izinli tüketilen su miktarının detayları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. İstanbul'da Gelir Getiren (İzinli Tüketim) Su Miktarının Bileşenleri (2008-2021)

Yıllar	Faturalanan Su	Kartlı Sayaç	Tespit Edilen Kaçak Su	Tanker (Hamidiye)	Depo, İsale, Arıza ve Tahliye	Bedelsiz Su	GELİR GETİREN SU ( $\Sigma m^3$ )
2008	497.649.998	34.579.308	264.547	890.478	0	6.497.892	539.882.223
2009	474.709.062	66.221.741	316.741	890.542	0	6.087.922	548.226.008
2010	469.106.635	78.354.563	131.399	644.613	0	7.815.477	556.052.687
2011	512.673.360	78.156.363	322.960	711.438	11.993.810	9.088.717	612.946.648
2012	559.057.474	81.506.507	524.415	597.348	12.565.151	8.253.028	662.503.923
2013	573.508.345	82.859.894	400.128	213.549	25.675.296	8.202.358	690.859.570
2014	581.942.716	89.537.885	968.545	152.936	20.917.288	8.993.853	702.513.223
2015	612.233.873	90.337.479	405.066	117.861	20.019.620	9.521.975	732.635.874
2016	649.387.364	75.626.258	441.465	122.414	23.294.875	9.406.653	758.279.029
2017	674.083.626	77.295.936	244.782	84.402	19.629.482	8.363.550	779.701.778
2018	719.546.186	55.703.060	137.671	74.754	23.352.299	9.612.572	808.426.542
2019	771.690.525	7.600.521	168.618	26.065	33.674.948	11.717.587	824.878.264
2020	843.564.311	1.141.624	170.797	44.108	0	7.111.725	852.032.565
2021	839.693.523	112.494	280.173	22.141	6.556.123	6.919.586	853.584.040

Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

İSKİ raporlarında 2014 yılında Tebliğ'in yürürlüğe girmesi ile SSDT'nin gerekliliğinden dolayı "faturalandırılmamış izinli su tüketimi" verilerine de yer verilmeye başlanmıştır. Bu başlığa yer verilmeye başlanmasıyla birlikte faturalandırılmayan izinli su tüketimi oran ve miktarının hızla düştüğü görülmektedir. Sisteme giren su miktarı (üretim giren) ile aboneye sevk edilen izinli su tüketimi arasındaki %20'lik fark su kaybı olarak nitelendirilmektedir. Roma döneminden itibaren kentin su ihtiyacını karşılamak için çevreden su taşınması için kemerler yapılmıştır. Günümüzde de İstanbul'un kaynaktan çektiği su; İstanbul haricinde Düzce, Kırklareli, Tekirdağ, Kocaeli, Sakarya gibi farklı şehirdeki havzalardan elde edilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda su kaybının ne kadar değerli olduğu ortadadır. Bu nedenle su yetkililerinin; su kayıplarına, su kaçaklarına ve kullanıcı bilinçlendirmesine ilişkin yönetici becerilerini üst düzeye çıkarması gerekmektedir. Tablo 4'te İstanbul su kaybı bileşenleri gösterilmektedir. Tablo 4'te İstanbul'un 2008-2021 yıllarına ait SSDT'den elde edilen veriler ile su kaybının kaynaklandığı yerler gösterilmektedir. Toplam su kayıpları, sisteme giren su miktarının izinli su tüketiminden çıkarılmasıyla bulunmaktadır. Su kaybı idari ve fiziki kayıpların toplamıdır.

Tablo 4. İstanbul'un Gelir Getirmeyen Su [Su Kayıpları] (2008-2021)

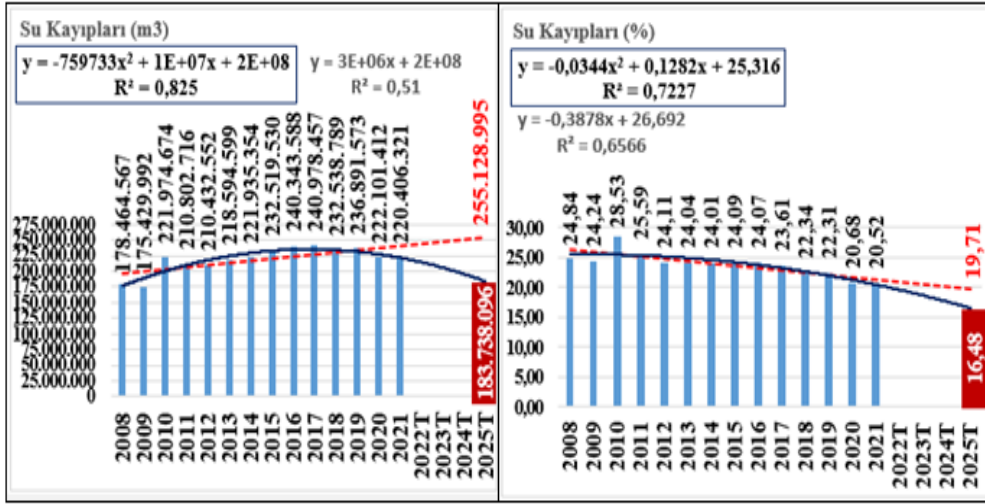
Yıllar	İdari Kayıplar				Fiziki Kayıplar				Gelir Getirmeyen Su (Su Kayıpları)	
	İzinsiz Su	Tüketilen %	Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	%	Temin ve Dağıtım Hatları, Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp	%	Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	%	( $\Sigma M^3$ )	%
2008	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	178.464.567	24,8
2009	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	175.429.992	24,2
2010	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	221.974.674	28,5
2011	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	210.802.716	25,5
2012	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	210.432.552	24,1
2013	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	218.594.599	24,0
2014	19.158.774	2,1	0	0,0	202.776.580	21,9	0	0,0	221.935.354	24,0
2015	405.066	0,0	19.303.108	2,0	205.107.692	21,3	7.703.664	0,8	232.519.530	24,0
2016	441.465	0,0	19.969.343	2,0	210.029.204	21,0	9.903.576	1,0	240.343.588	24,0
2017	0	0,0	22.802.169	2,2	206.258.454	20,2	11.917.834	1,2	240.978.457	23,6
2018	0	0,0	20.819.307	2,0	204.357.921	19,6	7.361.561	0,7	232.538.789	22,3
2019	0	0,0	24.394.820	2,3	211.094.753	19,9	312.800	0,1	236.891.573	22,3
2020	0	0,0	21.482.680	2,0	200.387.747	18,7	230.985	0,0	222.101.412	20,7
2021	0	0,0	21.479.807	0,0	198.926.514	18,5	0	0,0	220.406.32	20,5

**Kaynak:** İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

[2008-2013 yılları arasında Gelir Getirmeyen Su, İdari Kayıplar ve Fiziki Kayıpları ayırımına tabi tutulmamıştır.]

İstanbul'da 2000 yılında su kaybı %36,76 iken, 2014-2019 döneminde su kayıpları %24-22 düzeyinde gerçekleşmiştir. İSKİ, 2020 yılından sonra ise su kaybı bilincinin ön plana çıkarmış ve 2022 sonu itibarıyla su kaybı oranını %19,45 olarak tespit etmiştir (İBB, 2023). Şekil 6'da İstanbul'un yıllara göre su kayıpları gösterilmektedir. 2008-2021 dönemlerinde gerçekleşen su kayıpları göz önünde bulundurularak ve Excel programından yararlanılarak oluşturulan polinom ve doğrudan denklemlerle 2025 yılının su kayıpları tahmini yapılmıştır. 2022 yılı su kaybının %19,45 oranında gerçekleşmesi ile polinom denklemi ile hesaplanan %16,48 oranına ulaşma olasılığı yükselmektedir. İSKİ'nin su kayıp hedefini %15 olarak belirlemiş olması da tahmin edilen %16,48'i desteklemektedir.

Şekil 6. İstanbul'da Yıllara Göre Su Kaybı Miktarları ve Oranları (2008-2021)



Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

Gelir getirmeyen su ile iki boyut birlikte değerlendirilmelidir. Bunlardan ilki kıt olan bir kaynağın elde edilmesi için verilen çabanın gerekli teknik önlemlerin alınmaması nedeniyle yok edilmesidir. Gelir getirmeyen su dünyanın birçok yerinde gerekenden çok daha fazla su çıkarılmasını gerektirmekte ve sonuç olarak su rezervleri aşırı kullanılmaktadır (Ress ve Roberson, 2016: 86). İkinci boyut ise kaynağın elde edilme sürecinde katlanılan maliyetler ile su kaybı sonucunda vazgeçilen gelirdir. İki boyutta insanların geleceği açısından önemlidir. Kaynaklar sınırlıdır ve birini diğerine tercih ettiğinizde diğer seçenekten vazgeçilmiş olur. Arzu edilen bir kaynağı elde etmek için bir kaynaktan vazgeçmeyi gösteren süreç ve dolayısıyla vazgeçilen şeyin feda edilmiş olan net kazancı elde edilen şeyin *fırsat (alternatif) maliyeti* olarak adlandırılır (Büyükmirza, 2019). Maliyetler ve kazançlar karar vermenin kilit unsurlarıdır. Bir anlamda fırsat maliyeti, farklı bir hareket tarzının seçilmesi nedeniyle potansiyel olarak kaybedilen avantajdır. Alternatif olarak, tercih değişikliği nedeniyle potansiyel bir avantajdan vazgeçtiği söylenebilir. Bir şeyin gerçek maliyeti, onu elde etmek için vazgeçilmesi gereken şey/şeylerdir (Khatabook, 2023).

Gelir getirmeyen su miktarı İSKİ açısından fire niteliğindedir ve fire maliyeti, su kaybının tespit maliyeti, bakım ve onarım maliyeti, su kaybını önlemeye yönelik yapılan koruma ve yönetim maliyetleri *abonenin maliyeti* olarak kabul edilmektedir. Fırsat maliyeti bakış açısıyla "su kaybı nedeniyle satılamayan sudan elde edilecek gelir kaç TL'dir?" sorusuna yönelik bir hesaplama yapıldığında, GGS kaybı maliyetinin önemi daha net bir şekilde ortaya konulabilmektedir. GGS fırsat maliyetini hesaplayabilmek için gerekli olan veriler Tablo 5'te verilmektedir.

İSKİ'nin 2008-2021 dönemlerine ilişkin Faaliyet Raporları'nda yer alan Temel Mali Tablolara İlişkin Açıklamalar bölümünde yer alan "Su Hizmetlerine İlişkin Kurumlar Hasılatı" başlığındaki "Su (Şebeke) Satışları" abonelerden sağlanan su geliri olarak kabul edilmiştir. Su (Şebeke) Satışları, Tablo 5'teki (b) sütununda verilmektedir.

Tablo 5. İSKİ Gelir Getirmeyen Suyun Fırsat Maliyeti Verileri (2008-2021)

	a	b	c	d	e	f
Yıllar	Abone Sayısı	Yıllık Su (Şebeke) Satış Geliri (TL)	Sisteme Girilen Su Miktarı (m <sup>3</sup> )	Yıllık su tüketim miktarı (izinli tüketim) (m <sup>3</sup> )	Gelir Getirmeyen Su Miktarı (m <sup>3</sup> )	Gelir Getiren Su Miktarı (m <sup>3</sup> )
2008	4.704.949	1.678.889.676,42	718.346.790	539.882.223	178.464.567	539.882.223
2009	4.840.405	1.377.160.558,34	723.656.000	548.226.008	175.429.992	548.226.008
2010	4.959.872	1.611.412.956,22	778.027.361	556.052.687	221.974.674	556.052.687
2011	5.084.772	2.017.879.992,34	823.749.364	612.946.648	210.802.716	612.946.648
2012	5.365.047	2.332.611.697,22	872.936.475	662.503.923	210.432.552	662.503.923
2013	5.561.228	2.740.988.265,59	909.454.169	690.859.570	218.594.599	690.859.570
2014	5.753.966	3.053.421.507,15	924.448.577	702.513.223	221.935.354	702.513.223
2015	5.939.062	3.475.560.460,10	965.155.404	732.635.874	232.519.530	732.635.874
2016	6.101.133	3.803.825.018,97	998.622.617	758.279.029	240.343.588	758.279.029
2017	6.303.040	4.308.932.830,14	1.020.647.179	779.668.722	240.978.457	779.701.778
2018	6.428.080	4.877.097.018,03	1.040.965.331	808.426.542	232.538.789	808.426.542
2019	6.514.780	4.143.911.117,81	1.061.769.837	824.878.264	236.891.573	824.878.264
2020	6.606.981	4.241.936.762,78	1.074.133.977	852.032.565	222.101.412	852.032.565
2021	6.723.824	5.063.809.267,18	1.073.990.361	853.584.040	220.406.321	853.584.040

Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

İSKİ'nin 2008-2021 dönemine ilişkin fırsat maliyeti hesaplanmaları Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. İSKİ Gelir Getirmeyen Suyun Fırsat Maliyeti Hesaplaması 2008-2021

	g	h	i	k	
Yıllar	Abone başına ortalama GGS miktarı (yıllık)	m <sup>3</sup> başına ortalama şebeke su satış geliri (€/m <sup>3</sup> )	Abone başına ortalama tahmini GGS Geliri (€/m <sup>3</sup> )	Tahmini toplam fırsat maliyeti (GGS geliri)	Fırsat maliyeti (%)
	$e \div a$	$b \div f$	$g \times h$	$i \times a$	$k \div b$
2008	37,93 m <sup>3</sup> /a	3,11 €/m <sup>3</sup>	117,96 €/a	554.977.190,17 ₺	%33,1
2009	36,24 m <sup>3</sup> /a	2,51 €/m <sup>3</sup>	91,04 €/a	440.685.524,23 ₺	%32,0
2010	44,75 m <sup>3</sup> /a	2,90 €/m <sup>3</sup>	129,70 €/a	643.271.535,23 ₺	%39,9
2011	41,46 m <sup>3</sup> /a	3,29 €/m <sup>3</sup>	136,48 €/a	693.983.049,79 ₺	%34,4
2012	39,22 m <sup>3</sup> /a	3,52 €/m <sup>3</sup>	138,10 €/a	740.912.491,58 ₺	%31,8
2013	39,31 m <sup>3</sup> /a	3,97 €/m <sup>3</sup>	155,95 €/a	867.274.995,96 ₺	%31,6
2014	38,57 m <sup>3</sup> /a	4,35 €/m <sup>3</sup>	167,65 €/a	964.625.520,08 ₺	%31,6
2015	39,15 m <sup>3</sup> /a	4,74 €/m <sup>3</sup>	185,73 €/a	1.103.052.298,35 ₺	%31,7
2016	39,39 m <sup>3</sup> /a	5,02 €/m <sup>3</sup>	197,61 €/a	1.205.657.704,12 ₺	%31,7
2017	38,23 m <sup>3</sup> /a	5,53 €/m <sup>3</sup>	211,29 €/a	1.331.739.921,62 ₺	%30,9
2018	36,18 m <sup>3</sup> /a	6,03 €/m <sup>3</sup>	218,24 €/a	1.402.866.154,79 ₺	%28,8
2019	36,36 m <sup>3</sup> /a	5,02 €/m <sup>3</sup>	182,67 €/a	1.190.063.632,31 ₺	%28,7
2020	33,62 m <sup>3</sup> /a	4,98 €/m <sup>3</sup>	167,36 €/a	1.105.756.027,80 ₺	%26,1
2021	32,78 m <sup>3</sup> /a	5,93 €/m <sup>3</sup>	194,46 €/a	1.307.540.345,79 ₺	%25,8

Kaynak: İSKİ Faaliyet Raporları, (2008-2021)

Tablo 6'nın (g) sütunu için yapılan 2021 yılına ilişkin örnek hesaplamada, abone başına ortalama gelir getirmeyen su miktarı aşağıdaki formül yardımıyla 32,78 m<sup>3</sup>/abone olarak hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}
 [g]: \quad & \text{Abone Başına Ortalama GGS Miktarı} = \text{Yıllık GGS Miktarı} \div \text{Abone Sayısı} \\
 & \text{Abone başına ortalama GGS Miktarı(2021)} = 220.406.321 \text{ m}^3 \div 6.723.827 \text{ abone} \\
 & = 32,78 \text{ m}^3/\text{a}
 \end{aligned}$$

İSKİ'nin gelir getiren şebeke satış geliri üzerinden abone başına ortalama satış geliri hesaplaması, yıllık su satış gelirlerinin gelir getiren su miktarına bölünmesi ile belirlemektedir. Tablo 6'nın (h) sütunu için yapılan 2021 yılına ilişkin örnek hesaplamada, abone başına ortalama gelir getiren su satış geliri aşağıdaki formül yardımıyla 5,93 ₺/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}
 [h]: \quad & \text{m}^3 \text{ Başına Ortalama Şebeke Su Satış Geliri} = \frac{\text{Yıllık Su Satış Gelirleri}}{\text{Gelir Getiren Su Miktarı}} \\
 & \text{m}^3 \text{ Başına ortalama şebeke su satış geliri (2021)} = \frac{5.063.809.267,18 \text{ ₺}}{853.584.040 \text{ m}^3} \\
 & = 5,93 \text{ ₺/m}^3
 \end{aligned}$$

Şebeke suyu konut, işyeri, tarım gibi farklı kesimlere farklı tarifelerle sunulan bir hizmettir. Bu nedenle her bir abone grubunun toplam gelire katkısı farklıdır. Ancak İSKİ abone bazında veri paylaşımında bulunmaması nedeniyle, elde edilen gelirin dağılımı yapılamadığı için abone başına gelir *ortalama* olarak hesaplanmaktadır. Dolayısıyla abone başına tahmini GGS kaybı geliri ortalama olarak tespit edilmektedir. Tablo 7'nin (i) sütunu için yapılan 2021 yılı için, abone başına ortalama gelir getirmeyen su geliri 194,46 ₺/abone olarak örnek hesaplama yapılmaktadır.

$$\begin{aligned}
 [i]: \quad & \text{Abone Başına Ortalama Tahmini GGS Geliri} = \text{Abone Başına Ortalama GGS Miktarı} \times \text{m}^3 \text{ Başına Ortalama Şebeke Su Satış Geliri} \\
 & \text{Abone Başına Ortalama Tahmini GGS Geliri} = 32,78 \text{ m}^3/\text{a} \times 5,93 \text{ ₺/m}^3 \\
 & = 194,46 \text{ ₺/a}
 \end{aligned}$$

GGS kaybı geliri (i), İSKİ'nin ilgili yıldaki gelir getiren su satışları tarifesi temel alınarak hesaplanan bir değerdir. Gelir getirmeyen su kayıplarının ortadan kaldırılması veya optimal seviyeye indirilmesi ile iki durum ortaya çıkacaktır. Bunlardan ilki talep kadar kaynaktan su çekileceği için kaynak yaratma çabası ve maliyeti ortadan kalkacaktır. İkinci durum ise kayıpları önleme ve bakım-onarım gibi maliyetler en aza ineceği için maliyet tasarrufu sağlanacaktır. Her iki durum içinde fırsat maliyetinin tespiti önem arz etmektedir.

$$\begin{aligned}
 [k]: \quad & \text{Fırsat Maliyeti (GGS Geliri)} = \text{Abone Başına Ortalama GGS Geliri} \times \text{Abone Sayısı} \\
 & \text{Fırsat Maliyeti (GGS Geliri)}_{(2021)} = 194,46 \text{ ₺/a} \times 6.723.824 \text{ a} \\
 & = 1.307.540.345,79 \text{ ₺}
 \end{aligned}$$

İSKİ GGS kayıpları nedeniyle vazgeçmek zorunda kaldığı fırsat maliyeti Tablo 6'nın (k) sütununda hesaplanmaktadır. Buna göre fırsat maliyeti, abone başına ortalama GGS kaybı gelirleri ile abone sayısı çarpılarak belirlenmektedir. İSKİ'nin 2021 yılı verilerine dayanarak yapılan hesaplamada toplam fırsat maliyeti 1.307.540.345,79 ₺'dir.

### 5. Sonuç

Su kayıplarını azaltmaya yönelik yapılan tüm strateji ve planlara standart su dengesi tablosunda yer alan tüm bileşenler dâhil edilmelidir. SSDT'nin her bir hücresi ve GGS kayıp seviyesi, verimliliğin temel bir performans göstergesi niteliğindedir. GGS kayıplarını azaltmaya yönelik olarak yapılan GGS ekonomik miktar tespiti ile hedeflenen orana ulaşmada önemli bir göstergedir. Su dengesi bileşenlerin analiz edilmesi ve sonuçların yorumlanması açısından farkındalık oluşturabileceği düşünülmektedir. Türkiye'de su kaybına yönelik çalışmalar 2014 yılından itibaren mevzuat çerçevesinde devam etmekle birlikte GGS kayıpları istenilen düzeye ulaşamamıştır. Su idareleri finansal sürdürülebilirliği, satış kayıpları ve artan işletme maliyetleri nedeniyle ciddi şekilde zarar görmektedir (Elkharbotly vd., 2022: 13). Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2022 yılındaki açıklamasına göre 2021 yılında Türkiye genelinde su kayıp oranı %33,54 iken, GGS kayıp oranı %38,67'dir. Türkiye'de 2028 yılına kadar büyükşehirlerde ve 2033 yılına kadar da diğer şehirlerde su kayıp oranının %25'e indirilmesi hedeflenmektedir. Su kaybı oranı ortalamasının %25 seviyesine düşürülmesi halinde bugün elde edilebilecek su kazanımı Ankara'nın bir yıllık su ihtiyacını karşılaması beklenmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Ayrıca bu kazanım yaklaşık yıllık 4 milyar TL milli gelir kaybını engelleyeceği tahmin edilmektedir (Özkan ve Bağcı, 2019). Gelir getirmeyen suda en önemli boyut, su kaynağı elde etmede katlanılan maliyetler ile su kaybı sonucunda vazgeçilen gelirdir. Bu kapsamda su idarelerinin geleceğe yönelik yapacakları performans tahminlerini belirlemede Excel programını bir araç kullanılması da önerilmektedir.

Teknik anlamda su kaybının sıfır olamayacağı iddia edilmektedir. Ancak Singapur ve Hollanda gibi ülkelerde su kayıp oranının %4'e kadar indirildiği görülmektedir. İstanbul'un 2021 yılının su kayıp oranı %20,52'dir. İki oran arasındaki fark olan %16,52'lik pay yönetilemeyen maliyet veya vazgeçilen kazanç (su) olarak nitelendirilebilir. %20,52 su kayıp oranının %4'e düşürülmesi ile aradaki fark, fırsat maliyet kavramını yaratacaktır. Çalışmada su kayıp oranı, GGS kayıp oranına eşit olduğu varsayılmaktadır. İstanbul'un 2021 yılı GGS kayıp oranının %0 olması durumunda GGS kayıp miktarı 220.406.321 m<sup>3</sup> iken ve %4 olması durumunda ise orana bağlı olarak hesaplanırsa 42.964.195 m<sup>3</sup> olacağı tahmin edilmektedir. Böyle bir durumda GGS kaybının %0 olması durumunda 220.406.321 m<sup>3</sup> ve %4 olması durumunda da 177.442.126 m<sup>3</sup> fırsat maliyetine konu olan miktar olacaktır. İstanbul için GGS kaybının %0 olması durumundaki ki fırsat maliyeti 1.307.540.345,79 ₺ olarak hesaplanmaktadır. GGS kayıp oranının %4'e indirilmesi durumunda ise fırsat maliyeti 1.052.659.186,77 ₺ olacaktır. Liemberger ve Wyatt (2018) GGS kayıp maliyetini suyun üretimi ve yönetimi için katlanılan maliyetler üzerinden hesaplamaktadır. Oluşturulan bu modele göre iyimser bir yaklaşımla suyun metreküp başına maliyeti 0,31 \$ olacağı öngörülmektedir. Bu birim maliyet üzerinden İstanbul için yapılacak GGS kayıp maliyeti hesaplamasında; GGS kayıp oranının %0 olması durumunda 1.264.030.251 ₺ (220.406.321 m<sup>3</sup> × 0,31\$ × 18,50 ₺) ve %4 olması durumunda 1.017.630.593 ₺ (177.442.126 m<sup>3</sup> × 0,31\$ × 18,50 ₺) olacaktır (1\$ = 18,50 ₺ olarak kabul edilmektedir). Hesaplanan GGS kayıp değerlerinin birbirine oldukça yakın olması, modeller arasında tutarlılık olduğunu göstermektedir. GGS kayıp fırsat maliyetine sadece finansal bir boyuttan bakılmamalıdır. Aynı zamanda GGS kayıpları azaltılması; artan kıtlık ve iklim değişikliği döneminde suya ulaşmada yaşanan sıkıntıyla birlikte ortaya çıkacak güvenlik, su kalitesi, toplum sağlığı sorunları ve ayrıca temiz içme suyunun lüks mal özelliği



kazanarak suya ulaşmada yaşanacak sıkıntı gibi birçok olumsuzluğun aşılmasında önemli bir etken rol oynayacaktır. GGS kaybı nedeniyle vazgeçilen gelir (fırsat maliyeti); işletmenin ziyan ettiği GGS üretim maliyeti, denetim, bakım, GGS yönetim maliyeti, müşteri memnuniyetsizliği, hizmet adaletsizliği, hizmet yetersizliği, su kalitesi sorunu, yeni sisteme su girişi sağlama yatırımları vb. gibi birçok somut ve soyut maliyeti ifade etmektedir.

İstanbul örnekleme temelinde kurulan modelin, diğer illerin GGS kayıp miktarları üzerinde yapılacak çalışmalarda da benzer sonuçlar sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte, daha fazla veri ve daha doğru veri hesaplamaların iyileştirilmesine yardımcı olacaktır.

### Kaynakça

- Alegre H.; Baptista J.M.; Cabrera E. Jr.; Cubillo F.; Duarte P.; Hirner W., Parena R. (2006), "IWA Manual Best Practice Series: Performance Indicators for Water Supply Services", 2<sup>th</sup> Ed., London: IWA Publishing.
- Al-Qawasmı O.; Al Sharif M. (2021), "Water Audits of Academic Institutions in Water Stressed Countries; the Case of the Jordan University", *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 13, No: 1: 54-59.
- Arregui, F. J., Cobacho, R., Soriano, J. ve Jimenez-Redal, R. (2018), "Calculation Proposal for the Economic Level of Apparent Losses in a Water Supply System", *Water*, Vol 10, No: 12: 1-32.
- American Water Works Association-AWWA. (2009), "Water Audits and Loss Control Programs: AWWA Manual, M36", Denver: American Water Works Association.
- Batchelor C.; Hoogveen J.; Faurès J., Peiser L. (2016), "Water Accounting and Auditing-a Sourcebook, Food and Agriculture Organization of the United Nations", *Water Reports*: 1-208.
- Borsting, M. (2023), "Managing Non-Revenue Water. AVK International", <https://www.avkvalves.eu/en/insights/water-technology/managing-non-revenue-water>
- Büyükmirza, H.K. (2019). "Maliyet ve Yönetim Muhasebesi: Tekdüzene Uygun Bir Sistem Yaklaşımı", 23. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Dilcan, Ç.C.; Çapar, G.; Korkmaz, A.; İritaş, Ö.; Karaaslan, Y.; Selek, B., (2018), "İçme Suyu Şebekelerinde Görülen Su Kayıplarının Dünyada ve Ülkemizdeki Durumu", *Anahtar ve Verimlilik Dergisi*, C.354, 9-18.
- Elkharbotly, M.R.; Seddik, M., Khalifa, A. (2022), "Toward Sustainable Water: Prediction of non-revenue water via Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression modelling approach in Egypt", *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 13.
- Eugene, M. (2017), "Predictive Leakage Estimation Using The Cumulative Minimum Night Flow Approach", *American Journal Of Water Resources*, Vol. 5, No: 1: 1-4.
- Farley, M.; Wyeth, G.; Ghazali, Z.; Istandar, A., Singh, S. (2008), "The Manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses United States Agency for International Development", 1-100.
- Firat, M.; Yılmaz S., Bozkurt, C. (2021), "Su Kayıp Yönetimi İçin Temel Hesaplama Araçlarının Geliştirilmesi ve Temel Su Kayıp Bileşenlerinin Analizi", *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, C. 11, S.2: 405-416.
- González-Gómez, F.; García-Rubio, M.A., Guardiola, J. (2011), Why Is Non-revenue Water So High in So Many Cities? *International Journal of Water Resources Development*, Vol. 27, No: 2: 345-360.
- Guillermé, A. (1988), "The Genesis Of Water Supply, Distribution And Sewerage Systems in France, 1800–1850. In *Technology And The Rise Of The Networked City In Europe And America*", Temple University, Press: France.
- İslamoğlu A. (2009), "Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri: SPSS Uygulamalı", İstanbul: Beta Yayıncılık.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi Faaliyet Raporu. (2003), <https://www.iski.gov.tr/web/>, (Erişim: 2 Ocak 2023).
- İSKİ Faaliyet Raporları (2008), [<https://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/kurumsal/stratejik-plan-ve-performans-programi1/faaliyet-raporlari2>, (Erişim: 05.01.2023)]
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2020), "İklim Değişikliği ve Su Yönetimi Sempozyumu", (Erişim: 30. 01. 2020).
- İSKİ Faaliyet Raporları (2021), [<https://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/kurumsal/stratejik-plan-ve-performans-programi1/faaliyet-raporlari2>, (Erişim: 05.01.2023)]
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2023), <https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/haberler1/haberler-detay/kayip-kacak-orani-gerilemeye-devam-ediyor1>, (Erişim: 03.01.2023).

Khatabook. (2023), "The Detailed Concept of Opportunity Cost: Definition And Example", <https://khatabook.com/blog/what-is-opportunity-cost/>, (Erişim: 05.01.2023).

Kılıç, R. (2021), "The Strategic Development For Water Loss Prevention", *Application Water Science*, Vol. 11, No: 28: 1-11.

Kingdom, B., 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, Washington, DC: The World Bank", *Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper: 1-40*.

Liemberger, R, Wyatt, A. (2018), "Quantifying The Global Non-Revenue Water Problem", *In Water Science Technology: Water Supply*, Vol. 19, No: 3: 831-837.

Muhammetoğlu H.; Muhammetoğlu A. (2017), "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı", 1. Baskı, Ankara: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü: 1-150.

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2012), "OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction", OECD Publishing, [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050\\_9789264122246-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050_9789264122246-en)

Organisation for Economic Co-operation and Development (2019), "Türkiye Çevresel Performans İncelemesi", <https://www.oecd.org/env/country-reviews/Highlights-Turkiye-2019-TURKISH-WEB.pdf> (Erişim: 19.01.2019).

Özkan, M.; Bağcı, İ. (2019), "Kaynaktan kullanıcıya ulaşana kadar suyun yarısından fazlası kaybediliyor", Tarım ve Orman Bakanlığı. <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/223/kaynaktan-kullaniciya-ulasana-kadar-suyun-yarisindan-fazlasi-kaybediliyor>, (Erişim: 01.01.2019).

Öztürk, M. (2020), "İçme suyu şebeke sistemi sanki halbur", Independent Türkçe, <https://www.indyrturk.com/node/281516/t%C3%BCrki%C3%87yeden-sesler/i%C3%A7me-suyu-%C5%9Febeke-sistemi-sanki-halbur>, (Erişim: 05.12.2020).

Patil, H. (2022), "Non revenue Water". <https://alchetron.com/Non-revenue-water>, (Erişim: 31.07. 2022).

Ress, E.; Roberson, J.A. (2016), "The Financial and Policy Implications of Water Loss", *Journal-American Water Works Association*, Vol. 108, No:2: 77- 86.

Sturman, J.; Ho, G.; Mathew, K., (2004), "Water Auditing and Water Conservation", London: IWA Publishing.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2021), "Tarım ve Orman Bakanlığı 2021 Yılı İdare Faaliyet Raporu", [https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakanl%C4%B1k\\_Faaliyet\\_Raporlar%C4%B1/TOB%202021%20YILI%20%C4%B0DARE%20FAAL%C4%B0YET%20RAPORU.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakanl%C4%B1k_Faaliyet_Raporlar%C4%B1/TOB%202021%20YILI%20%C4%B0DARE%20FAAL%C4%B0YET%20RAPORU.pdf) (Erişim: 12.11.2022).

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (Kasım, 2022), Tarım ve Orman Bakanı Kirişçi'den 81 İlin Belediye Başkanına Su Verimliliği Seferberliği Mektubu, [Basın bülteni]. <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5602/Tarim-Ve-Orman-Bakani-Kirisciden-81-Ilin-Belediye-Baskanina-Su-Seferberligi-Mektubu>, (Erişim: 28.11.2022).

The Water Services Regulation Authority, [OFWAT], (2022), "Su endüstrisinde sızıntı", [https://www.ofwat.gov.uk/leakage-in-the-water-industry/#\\_ftnref1](https://www.ofwat.gov.uk/leakage-in-the-water-industry/#_ftnref1), (Erişim: 21.11.2022).

Türkiye İstatistik Kurumu, (2020), Su ve Atıksu İstatistikleri", <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=su%20g%C3%B6sterge> (Erişim: 01.12.2020).

Türkiye İstatistik Kurumu, (2022), "Nüfus ve Konut Sayımı", <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-ve-Konut-Sayimi-2021-45866>, (Erişim: 10 Aralık 2022).

### Extended Summary

#### Prediction of Non-Revenue Water Cost Via Opportunity Cost Modeling Approach for Sustainable Water

In Istanbul, water losses occur in transmission and distribution systems while water is brought to the user from its source. Water losses cause economic, environmental, and social negativities. The already limited water resources need to be used efficiently. The problem of the research is whether future water control can be achieved by examining the standard water balance table data. The component amounts of the standard water balance and the factors causing water loss vary according to the characteristics of the network system and cities. The important thing in this regard is to control the water, find the causes of loss, and offer solutions. In this study, water losses in 2025 are estimated with polynomial and direct equations formed by using the Excel program according to the amount of water lost in the 2008-2021 periods. Accordingly, if the water loss in 2022 occurs at the rate of 19.45%, the probability of reaching the rate of 16.48% calculated by the polynomial equation increases. The fact that İSKİ has determined the water loss target as 15% also supports the estimated 16.48%. In this study, it is assumed that the water loss rate is equal to the non-income lost water rate. While Istanbul's 2021 RNW loss rate is 0%, the amount of non-revenue lost water is 220,406.321 m<sup>3</sup>. If this value is 4%, non-revenue lost water is estimated to be 42,964,195 m<sup>3</sup>.

Accordingly, if the water loss of 2022 is 19.45 %, the possibility of reaching 16.48%, calculated by the polynomial equation, increases. In addition, the opportunity cost is calculated as 1,307,540,345.79 ₺ at the RNW loss of 0%. It is claimed that water loss cannot be zero technically. In developed countries such as Singapore and the Netherlands, the water loss rate is reduced to 4 %. In the case of reducing the non-revenue lost water rate in Istanbul to 4%, the opportunity cost will be 1,052,659,186.77 ₺. The lost water rate in Istanbul in 2021 was 20.52%. The difference between the two ratios, 16.52%, can be described as an unintended cost or abandoned earnings (water). With the reduction of the 20.52% water loss rate to 4%, the difference is the opportunity cost. The difference of 16.52%, which is the difference between the two ratios, can be characterized as unmanageable cost or forgone gain (water). The difference between reducing the 20.52% water loss rate to 4% is the opportunity cost concept. Reducing non-revenue water enables water services to expand and improve, improve financial performance, make cities more attractive, increase climate resilience and reduce energy consumption. It offers superior cost-effectiveness compared to increasing the non-revenue water supply in a water-scarce environment. Revenues from saved water will improve a service provider's bottom line, while lower water withdrawals will protect Istanbul's future water and ensure water control. According to the findings, all components in the standard water balance table should be included in the strategies and plans to reduce losses. Each of its components in the table and the loss level of non-revenue water is a key performance indicator of efficiency. The RNW, done to reduce non-income water losses, is an important indicator in reaching the targeted rate with economic quantification. It is thought that it can create awareness in terms of analyzing the water balance components and interpreting the results. In this context, it is recommended to use the Excel program as a tool to determine the future performance estimates of water administrations.

The table content of standard water balance, proposed by the American Water Work Association (AWWA) and International Water Association (IWA) in 2003, includes non-revenue water components that enter the system but are not charged. It has been determined that the standard water balance table, made compulsory to be prepared by the administrators with the communiqué published by Turkey in 2014 and 2015, was not prepared regularly by the municipalities or was not prepared and presented to the public. This situation has been the starting point in determining the research problem in the study. The problem of this research is whether future water control can be achieved by examining the standard water balance table data. The research aims to reveal that this differs depending on the research problem. In this study, a data set was formed using the İBB activity reports, the İBB open data portal, and the relevant data of TUIK, and it was assumed that the obtained data were valid and reliable. The prediction was made for the 2022-2030 period with the equation provided over the "polynomial" from the Excel "trendline" options. These predicted data obtained by polynomial equation were close to the estimated values made by İSKİ for five years in the 2020-2040 period. The lost opportunity cost of RNW should not be viewed only from a financial perspective. At the same time reducing GGS losses, it will enable to overcome many negativities such as security, water quality, and public health problems that will arise with the difficulty in accessing water during the increasing famine and climate change period, as well as the troubles of be experienced in reaching water by gaining the quality of clean drinking water as a luxury good. The results of this investigation will contribute to the understanding of the RNW loss amounts of other provinces.