

ALIŞVERİŞ MERKEZİ ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU HASADI

Melike YALILI KILIÇ * 

Sümeyye ADALI * 

Alınma: 10.12.2021; düzeltme: 11.01.2022; kabul: 17.01.2022

Öz: Dünya genelinde sanayileşme, kentleşme ve hızlı nüfus artışıyla beraber doğal kaynaklara olan talebin büyük oranda artış göstermesi, sınırlı rezerve sahip olan bu kaynakların gelecekte ihtiyaçların karşılanması ve korunması noktasında önlem alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu kaynaklar arasında yer alan su, canlılığın devamı için vazgeçilmez bir öge olup, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkisiyle su kaynaklarının büyük bir baskı altında olduğu görülmektedir. Yağmur suyu hasadı, taşıdığı yüksek su potansiyeliyle su kaynaklarının korunması ve ek bir kaynak oluşturması bakımından büyük bir önem taşımaktadır. Bu çalışmada Bursa ilinde yer alan bir alışveriş merkezine kurulması planlanan yağmur suyu toplama sisteminin maliyet hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda yağmur suyu toplama sisteminin maliyetinin 39473 \$ olduğu, kurulan sistemle yıllık 2006 m³ değerinde yağmur suyunun hasat edilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su İhtiyacı, Su Kaynakları, Sürdürülebilir Su Yönetimi, Yağmur Suyu Miktarı

Rainwater Harvesting in a Shopping Mall Example

Abstract: The increase in the demand for natural resources with industrialization, urbanization and rapid population growth throughout the world reveals that measures should be taken to meet the needs and protect these resources, which have limited reserves, in the future. Water, which is among these resources, is an indispensable element for the continuation of life, and it is seen that water resources are under great pressure with the effect of global warming and climate change. Rainwater harvesting is of great importance in terms of protecting water resources and creating an additional resource with its high water potential. In this study, the cost of the rainwater collection system planned to be installed in a shopping center in Bursa was calculated. As a result of the calculations, it has been determined that the cost of the rainwater collection system is \$ 39473, and the annual 2006 m³ value of rain water can be harvested with the established system.

Keywords: Water Need, Water Resources, Sustainable Water Management, Rainwater Amount

1. GİRİŞ

Su, canlı yaşamının devamlılığının sağlanmasında temel ihtiyaçlardandır. Dünya üzerinde mevcut su varlığı incelendiğinde sadece %2,5'lik kısmının tatlı sulardan meydana geldiği, bu oranın %70'lik kısmının kutup bölgelerinde buz örtüsü ve yer altı suyu olarak bulunduğu, dünya genelinde yenilenebilir ve sürdürülebilir şekilde kullanıma sunulabilir özellikteki suların toplam su miktarının %0,007'si mertebesinde olduğu bildirilmektedir (Eren ve diğ., 2016; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021).

Ülkemizde kişi başına düşen yıllık su miktarı 2000 yılında 1652 m³ iken, 2009 yılına gelindiğinde 1544 m³'e, 2020 yılında 1346 m³ değerine düşmüştür. Yıllar içerisinde yaşanan bu

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer/Bursa
İletişim Yazarı: Melike YALILI KILIÇ (myalili@uludag.edu.tr)

düşüş, kullanılabilir su potansiyeli açısından ülkemizin su baskısı altındaki ülkeler arasında olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı suyun tasarruflu kullanımı ve sudan optimum fayda sağlayacak düzeyde yararlanılması oldukça önem arz etmektedir (DSİ, 2021).

Tatlı su kaynaklarının %70'e yakın kısmı tarımda kullanılmakta olup, küresel bazda artan su talebi tarımda kullanılan su miktarını kısıtlamaktadır (Eren ve diğ., 2016). Bu durum dünya gıda güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Nüfus artışı, doğal hidrolojik sürece etki eden şehirleşme oranındaki artış ve iklim değişikliği nedeniyle artan gıda ve su talebini karşılamaya yönelik olarak yağmur suyundan etkin bir şekilde yararlanma konusu giderek önem kazanmaktadır. Ülkemizde de bu konudaki duyarlılık artmış olup, farklı iklim koşullarında birçok çalışmanın yer aldığı görülmektedir (Cebeci ve diğ., 2017; Güzel ve Benli, 2020). Ülkemizde ve dünyanın birçok yerinde uzun yıllardan beri yağmur suyu depolanıp kullanılmaktadır. Son yıllarda ülkemizde özel teşebbüs girişimiyle mülkiyet alanlarında yağmur suyu hasat sistemlerinin kurulmasına başlanmış, 2017 yılına gelindiğinde halk sağlığı ve güvenliği, çevre koruma ve içme suyu kaynaklarının korunması amacıyla yağmur suyu hasadı gerçekleştirilen tesislerin projelendirme, yapım ve işletimiyle ilgili "Yağmur Suyu Toplama, Depolama, Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik" yürürlüğe girmiştir (Güzel ve Benli, 2020). Ülkemizde barajlardaki doluluk oranının önemli derecede azalmasıyla birlikte, 2021 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından çatıdaki yağmur suyunun bahçe zemini altında depolanmasını sağlamak amacıyla yeni binalara yağmur suyu toplama sistemi kurulmasını zorunlu kılan "Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" Resmi Gazete'de yayınlanmıştır (Öztaş Karlı ve Artar, 2021).

Ülkemizde ortalama yıllık yağış miktarı yaklaşık 574 mm olup, bu miktar yıllık 450 milyar m³ suya karşılık gelmektedir (DSİ, 2021). Yapılan araştırmalar kentsel alanlarda yağmur suyu hasadının içme suyu dışındaki evsel su ihtiyacının büyük oranda karşılayabileceğini, özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde kısıtlı olan su miktarının bu yöntemle artırılabilirliğini göstermektedir (Çaylı, 2021). Yağmur suyu hasadı bu tür bölgelerde yağmur suyu yönetiminin sağlanması, bitki örtüsünün geliştirilmesi ve erozyonun azaltılmasında etkili bir yöntemdir (Şen ve diğ., 2019).

Kentsel alanlar özelinde bina çatılarından toplanan yağmur suyu, şebekeden temin edilebilecek suya alternatif olma özelliğindedir. Kamu binaları ve ticari binalarda kurulacak yağmur suyu hasadı sistemleriyle havalimanları, alışveriş merkezleri, askeri bölgeler, stadyumlar, toplu konut alanları, turistik tesisler gibi çatı alanı büyük olan yapılarda yağmur suyunun toplanıp basit düzeyde arıtma işlemlerinden geçirilerek kullanılması, su tasarrufunun sağlanması açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır (Alpaslan ve diğ., 2008).

Literatür incelendiğinde bina çatı alanlarından su hasadı ile ilgili birçok çalışmanın yer aldığı görülmektedir. Zaizen ve diğ. (2000) Japonya'da kubbe stadyumlarında yağmur suyu kullanımının denetimini ele almış oldukları çalışmada yağmur suyu kullanımının sifonlu tuvaletler ve kubbedeki sulama tesisleri için kullanılacak düşük kaliteli suyun yaklaşık %65'ini sağladığı, Fukuoka Kubbesi'nde çatıya düşen yıllık toplam yağış miktarının 52836 m³ olduğu ve yağmur suyunun yaklaşık %75'inin kullanıldığı belirtilmektedir. Maliyet etkinliği incelendiğinde, yağmur suyu kullanımıyla yılda yaklaşık 120000 \$ tasarruf sağlanacağı bildirilmektedir.

Eren ve diğ. (2016) Sakarya Üniversitesi kampüsü içerisindeki yeşil alanların sulamasında yağmur sularının kullanım potansiyelini araştırdıkları çalışmada kampüs alanı 8 ayrı bölgeye ayrılarak, bölgelerde yer alan binaların çatı alanları hesaplanıp aylık yağış verileri incelenerek her bir binadan hasat edilebilecek yağmur suyu miktarı belirlenmiştir. Hasat edilebilecek yıllık yağmur suyu miktarı 40379 m³ olarak belirlenmiş olup, sulamanın her gün yapılması halinde bu miktarın sulama suyu ihtiyacının %10,9'unu, haftada iki defa yapılması halinde %38,4'ünü, haftada bir defa yapılması halinde %76,8'ini karşılayacağı belirlenmiştir.

Yalılı Kılıç ve Abuş (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada, bahçeli bir konut çatısından hasat edilebilecek yağmur suyu miktarını hesaplamış olup, yağmur suyunun konut dışı aktivitelerde

kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Çalışmada hasat edilen suyun 172 gün süresince bahçe sulama, süs havuzu doldurma, araç yıkama ve kümes hayvanları su ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılabilmesi öngörülmüştür. Kurulacak olan yağmur suyu hasat sisteminin maliyeti 3463 TL olarak hesaplanmış olup, konuta ait su tüketiminin %47'sinin hasat edilen yağmur suyundan sağlanabileceği ve yıllık 335 TL tasarruf elde edilebileceği belirlenmiştir. Elde edilecek tasarrufla kurulacak sistemin amortisman süresi 10,3 yıl olarak hesaplanmıştır.

Çaylı (2021) gerçekleştirdiği çalışmada Kahramanmaraş ilinde seçilen bir etlik piliç kümesi için su gereksinimini hesaplamış ve bunun yağmur suyu hasadı ile karşılanabilme olanağını araştırmıştır. Toplam su gereksiniminin yağmur suyu hasadı ile karşılanamadığı, sadece belli koşullarda evaporatif serinletme suyu gereksiniminin yağmur suyu hasadı ile karşılanabildiği belirlenmiştir.

Kalıpçı ve diğ. (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak Giresun Üniversitesi Güre ve Gazipaşa (Debboy) kampüslerinde yer alan binaların çatı alanlarından toplanabilecek yağmur suyu miktarlarını hesaplamışlardır. Kampüslerin toplamda 44017,918 m² olan bina çatılarından yıllık olarak toplam 43185058,22 L yağmur suyu hasadı yapılabileceği belirlenmiştir. Hasat edilebilecek yağmur suyunun tamamının yeşil alan sulamasında kullanılması durumunda, yaklaşık 8637011,644 m² alanın sulama suyu ihtiyacının karşılanabileceği, yağmur suyunun tamamının tuvaletlerde kullanılması durumunda yaklaşık 878 kişinin bir yıllık tuvalet kullanım suyu ihtiyacının karşılanabileceği, yağmur suyunun araç yıkama amaçlı kullanıldığı takdirde, yaklaşık 431850 aracın yıkanması için yararlanılabileceği belirlenmiştir.

Burszta-Adamiak ve Spsychalski (2021) bir spor tesisinde faaliyet gösteren ikili bir su temin sisteminin, yağmur suyunun toplanması ve kullanılması da dahil olmak üzere işlevi, teknik, nicel ve finansal veriler temelinde değerlendirilmiştir. Çalışmada, tesisin 3 yıllık süreçte su tasarrufu verimliliğini ve maliyet düşüşünü belirlemek için analizler yapılmıştır. Yağmur suyunun spor tesislerinde kullanımını teşvik eden çalışma kapsamında yürütülen analizler, mevcut ücretlerle tesisin yağmur suyunu sürdürülebilir bir şekilde yöneterek yılda 11225,9 € kadar tasarruf edebileceğini göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında Bursa ili Osmangazi ilçesinde yer alan bir alışveriş merkezinin çatısından toplanabilecek yağmur suyu miktarı hesaplanarak, sulama ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla kurulması planlanan yağmur suyu toplama sisteminin maliyet hesabı gerçekleştirilmiştir.

2. YAĞMUR SUYU HASAT YÖNTEMLERİ

2.1. Çatı Yüzeyinden Su Hasadı

Bu yöntemde düşen yağışın %80-85'i hasat edilebilmekte olup, çatı yüzeyine gelen yağış toplanarak yağmur oluklarıyla toprak yüzeyinde bir tanka veya yeraltında bir depoya aktararak depo edilmektedir. Depolama yapıları betonarme, fiberglas veya paslanmaz çelikten üretilmektedir. İçme suyu amacıyla kullanım durumunda suyun filtrasyonu, klorlanarak dezenfeksiyonu yahut kaynatılması gerekmektedir (Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008; Yetik ve Şen, 2020). Çatı yüzeyinden toplanan suların bina içinde çamaşır makinesi ve tuvalet rezervuarında, bina dışında ise bahçe sulaması, araç yıkama ve süs havuzu doldurmada yararlanılabilmektedir (Şahin ve Manioğlu, 2011; Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

2.2. Mikro Havza Su Hasadı

Bu yöntemde toprak yüzeyindeki yüzeysel akış toplanmaktadır. Yüzeysel akış ve ekim alanı boyutları küçük olup, 1-1000 m² aralığında değişmektedir. Yüzeysel akış ve ekim alanı birbirine bitişik olup, su bitkinin kök bölgesinde depolanmaktadır. Yüzeysel akış alanının ekim alanına oranı 1:1 ile 10:1 aralığında değişen bu yöntemde mikro havzalar sıralar halinde

oluşturulmaktadır. Bu yöntemde fazla su için önlem alınmamaktadır (Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008; Ekinci, 2015). Mikro havza su hasadı yöntemi küçük yeşil alanlarda, ağaçlandırma sahalarında ve meyve bahçelerinde kullanılabilir (Pekin Timur ve diğ., 2012).

2.3. Makro Havza Su Hasadı

Bu yöntemde de mikro havza su hasadı yöntemindeki gibi toprak yüzeyindeki akış toplanmaktadır. Ekim alanı dışında büyük bir havza mevcut olup, havzanın yüzeysel akış katsayısını arttıracak önlemler alınabilmektedir. Hasat edilen su çoğunlukla toprakta biriktirilip, suyun fazlası uzaklaştırılmaktadır. Havza alanı eğimi %5-50 arasında olmaktadır. Ekim alanı teraslar halinde olabildiği gibi düz bir arazi şeklinde de olabilmektedir (<%10). Bu yöntem yıllık yağışın 300 mm'den yüksek olduğu bölgelerde tercih edilmektedir (Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008).

2.4. Taşkın Hasadı

Taşkın suyu, ağaçlandırma için dünyanın birçok bölgesinde özellikle kurak alanlarda kullanım alanı bulmaktadır. Bu yöntem, büyük bir vadiye (geçici bir akarsu yatağı) yüzey akışını gerçekleştirdiği kilometrelerce büyüklükteki bir alanı, karmaşık baraj ve dağıtım şebekelerini gerektiren sistemleri içermektedir. Taşkın hasadı teknikleri binlerce yıldır uygulanmakta olup, günümüzde bu sistemler Meksika, Pakistan, Tunus, Kenya, Çin vb. ülkelerde kullanılmaktadır (Örs ve diğ., 2011). Düzensiz mevsimlik akarsu akışının toplanması sağlanmaktadır. Bu yöntemde fazla su uzaklaştırılarak havuz, rezervuar alanı veya toprakta depolanmaktadır. Bu hasat yöntemi ani taşkınların meydana getirdiği zararı azaltıp, bitkisel üretim için ihtiyaç duyulan toprak nemi ve yeraltı su beslemesini sağlamaktadır. Yıllık yağışın 300 mm'den yüksek olduğu bölgelerde uygulanan bu yöntemde depolama yapılacaksa bu değer 150 mm yıl⁻¹ veya daha yüksek olması gerekmektedir (Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008).

3. MATERYAL VE METOT

Gündelik yaşamın bir parçası olan alışveriş merkezleri, şehirlerde sosyal ve kültürel dinamiklerin kilit noktasını oluşturmakta olup, ticari ve kamusal bir alan olarak bulunduğu şehrin halkına hizmet vermektedir. Bu yönüyle bireylerin alışveriş dışında eğlence, sosyalleşme ve kültürel etkinliklere katılma vb. ihtiyaçlarını bütünsel düzeyde karşılayabilmektedir. Alışveriş merkezleri modern yaşamın ve tüketim kültürünün mikro ölçekte örneğini oluşturmaktadır (Özoral, 2020). Ülkemizde 1990'lı yıllardan beri sayıları son yıllarda hızla artan alışveriş merkezleri kent yaşamının önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Uzun ve diğ., 2017).

Bursa'nın en büyük merkez ilçesi olan Osmangazi, 2020 yılında 881459'a ulaşan nüfusu ve 71400 hektarlık alanıyla ülkedeki 56 ilden büyük olup, kapsadığı 136 mahalle, 8802 sokak ve cadde ile Bursa'da ekonominin ve sosyal hayatın merkezi konumundadır (URL-1, URL-2, 2021). İlçe tarihi ve kültürel zenginlikleri, dağ ve kaplıcalarıyla turizm kenti, verimli ovasıyla tarım kenti, gelişmiş sanayisiyle sanayi ve ticaret kenti kimliği taşımaktadır. İlçede otomobil, otomobil yan sanayi, dokuma ve havlu sanayi, trikotaj, kunduracılık, mobilyacılık, deri sanayi, plastik sanayi, makine ve madeni eşya yapımıcılığı, döküm sanayi ve bıçakçılık gelişmiş durumdadır. İlçede yer alan yağ ve un fabrikaları ile gıda üretimi de yapılmaktadır. Sosyal hayatın canlı olduğu ilçede restoranlar, sinema, alışveriş merkezleri ve oteller bulunmaktadır. Osmangazi, Bursa'nın ekonomik ve kültürel bakımdan en gelişmiş ilçesi konumundadır (URL-2, 2021). Şekil 1'de çalışma kapsamında kullanılacak çatı yüzeylerine ait görsel yer almaktadır.



Şekil 1:

Çalışma kapsamında kullanılacak çatı yüzeylerine ait görsel (Anonim, 2022)

Çatılardan toplanabilecek su miktarının belirlenmesi için, yağmur suyu veriminin hesaplanması gerekmektedir.

Yağmur suyu verimi = Yağmur toplama alanı * yıllık yağış miktarı * çatı katsayısı * filtre etkinlik katsayısı

- Yağmur toplama alanı: Toplam çatı alanını ifade etmektedir.
- Yağış miktarı: Toplam yıllık yağış miktarını belirtmektedir.
- Çatı katsayısı: Alman standartlarında (DIN, 1989) 0,8 olarak belirtilmektedir. Çatı yüzeyine düşen yağmurun tamamının geri dönüştürülemeyeceğini bildirmektedir.
- Filtre etkinlik katsayısı: Alman standartlarında (DIN, 1989) 0,9 olarak belirtilmektedir. Çatıdan toplanan yağmur suyunun katı maddelerden ayrışması için kullanılan ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Yağmur suyunun belli bir kısmının filtreden geçemeyeceği hesaba katılarak belirlenmiş bir katsayıdır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye'nin 4. büyük kenti olan Bursa ili, 40° boylam ve 28° – 30° enlem dairelerinde, Marmara Denizi'nin güneydoğusunda yer almaktadır. Toplam 11027 km² alana sahip olan ilin yaklaşık %17'si ovalarla, %35'i dağlarla kaplıdır. Rakımı 155 m olan il ılıman bir iklime sahip olmasına rağmen, iklim bölgelere göre değişmektedir. İlin kuzeyinde Marmara Denizi'nin yumuşak ve ılık iklimi, güneyinde ise Uludağ'ın sert iklimi yaşanmaktadır. İlde en sıcak geçen aylar temmuz ve eylül, en soğuk geçen aylar ise şubat ve mart aylarıdır (Bursa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2021). Bursa iline ait yağış değerlerinin verildiği Tablo 1 incelendiğinde, yağış miktarı ortalamasının en yüksek olduğu ayın 99,8 mm değeri ile aralık ayı olduğu görülürken; en düşük olduğu ayın 18,6 mm değeri ile ağustos ayı olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Bursa İline Ait Yağış Değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021)

Ölçüm Periyodu (1928-2020)		
Aylar	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)
Ocak	16,0	87,8
Şubat	14,5	75,8
Mart	13,5	69,6
Nisan	12,0	61,9
Mayıs	10,3	51,1
Haziran	6,9	34,4
Temmuz	3,5	22,3
Ağustos	3,5	18,6
Eylül	6,0	44,1
Ekim	9,7	66,7
Kasım	12,0	76,6
Aralık	15,3	99,8
Yıllık	123,2	708,7

4.1. Yağmur Suyu Verimi Hesabı

İncelenen alışveriş merkezi iki bloktan oluşmakta olup, blokların toplam çatı alanı üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

Bu çalışmada yağmur suyu hesabının yapılacağı alışveriş merkezinin çatı yüzey alanı Google Earth üzerinden ölçülmüş olup, bu alanın yaklaşık 3931 m² büyüklüğünde olduğu belirlenmiştir. Bursa ilinde 1928 ile 2020 yılları arasında m² başına düşen ortalama yağış miktarının 708,7 mm (708,7 L m⁻²) olduğu belirtilmektedir (Tablo 1). Bu veriler doğrultusunda çatı alanına düşen yağış miktarı;

$$\text{Yağmur suyu verimi} = \text{Yağmur toplama alanı} * \text{yağış miktarı} * 0,8 * 0,9 \quad (1)$$

$$\text{Yağmur suyu verimi} = 3931 \text{ m}^2 * 708,7 \text{ L m}^{-2} * 0,8 * 0,9 = 2005847,8 \text{ L} \cong 2006 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1}$$

4.2. Yağmur Suyu Hasat Sisteminin Maliyeti

Tablo 2'de yağmur suyu hasat sistemine ait ekipmanlar ve maliyet değerleri yer almaktadır.

**Tablo 2. Yağmur suyu hasat sistemine ait ekipmanlar ve maliyet değerleri
(URL-3-11, 2021)**

Parça	Amaç	Fiyat
Oluk	Oluklar çatıya düşen yağmur suyunu toplar ve depolama tankına iletir.	\$ 2,6- 3,7 (metre başı)
Oluk Ağı	Yapraklar gibi büyük döküntülerin depolama tankına girmesini önler.	\$ 1,5- 2 (metre başı)
Depolama Tankı	Her yağmur suyu sisteminin bir depoya ihtiyacı vardır.	\$ 11896 (100 ton/adet)
Pompa	Suyu depodan bir sulama veya fıskiye sistemine itmeye yardımcı olur.	\$ 110-750
Membran Süzgeç (İniş Borusu İçin)	Su, depolama tankına girmeden önce filtreye kirleticiler temizlenmektedir.	\$ 150-170
Tank Göstergesi	Depolama tankında ne kadar su bulunduğunu öğrenmeye yardımcı olur.	\$ 30-40
Bağlantı Boruları	Su depolama sistemini sulama sistemine bağlar.	\$ 1- 1,5 (metre başı)

Sistemin depo hacmi, maksimum yağışın gerçekleştiği aralık ayı baz alınarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

$$\text{Depo hacmi} = \text{Aralık ayı yağış miktarı} * \text{çatı metrekaresi} * 0,8 * 0,9 \quad (2)$$

$V = 99,8 \text{ L m}^{-2} * 3931 \text{ m}^2 * 0,8 * 0,9 = 282465,9 \text{ L} = 282,4659 \text{ m}^3 \cong 283 \text{ m}^3$ lük depo hacmi gerekmektedir. Projede yapılan hesaba göre 3 adet 100 tonluk depolama tankının yeterli olacağı belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda kurulacak sistemde 400 m oluk ve 110 m uzunluğunda bağlantı borusunun gerekli olduğu belirlenmiştir.

400 m oluk için; $400 * (3 \$) = 1200 \$$
400 m oluk ağı için; $400 * (2 \$) = 800 \$$
110 m bağlantı borusu için; $110 * (1,5 \$) = 165 \$$
Membran süzgeç (2 adet); 300 \$
Depolama tankı (3 adet); $3 * 11896 \$ = 35688 \$$
Pompa (3 adet); 1200 \$
Tank göstergesi (3 adet); 120 \$
Toplam= 39473 \$

Tablo 3'te yer alan ekipmanların kullanımıyla incelenen alışveriş merkezine kurulacak yağmur suyu toplama sisteminin maliyeti 39473 \$ olarak belirlenmiştir. Alışveriş merkezine ait su tüketim ve fatura bilgilerine ulaşılamadığı için kurulması planlanan sistemin amortisman süresi hesaplanamamıştır.

Bu çalışmaya benzer olarak Manisa'nın ilk BREEAM sertifikalı alışveriş merkezi ünvanına sahip olan Magnesia Alışveriş Merkezi'nde bahçe sulamasında kullanılmak üzere yağmur suyu depo alanlarının oluşturulduğu belirtilmektedir (TURKECO, 2021). Chilton ve diğ. (2000) tarafından Güney Londra'da yer alan bir süpermarkette, 2200 m²'lik bir çatı alanından toplanan yağmur suyunun tuvalet sifonu için kullanılmak üzere 14,56 m³'lük tankta depolandığı prototip bir yağmur suyu geri kazanım sistemi kurulumu gerçekleştirilmiş olup, kurulan sistemin maliyeti 7700 £ (bakım ücretleri ihmal edilmiştir), yıllık 687,2 m³ miktarda toplanan yağmur

suyuyla 646 £ tasarruf edileceği, bu tasarruf miktarı göz önüne alındığında sistemin kendisini 12 yılda amorti edeceği belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Günümüzde hızlı nüfus artışı ve küresel iklim değişikliğiyle beraber azalan tatlı su mevcudiyetinin korunması noktasında yağmur suyundan faydalanma oranının artırılması dünya genelinde önemli bir çözüm yolu olarak kabul edilmektedir. Arıtma ihtiyacının az olması ve çok amaçlı kullanım alanına sahip olması yağmur suyunu kullanım açısından avantajlı hale getirmektedir.

Bu çalışmada, yağmur suyu hasadı hakkında bilgiler verilmiş ve Bursa ilinde yer alan bir alışveriş merkezinin 3931 m² yüzey alanına sahip çatısından hasat edilebilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde yağmur suyu toplama sisteminin maliyetinin 39473 \$ olduğu ve yıllık 2006 m³ değerinde yağmur suyunun hasat edilebileceği belirlenmiştir. Sağlanan bu tasarrufla alışveriş merkezi çatısı gibi su toplama alanı büyük olan yapılardan elde edilen temiz suyun sulama ve farklı amaçlarla kullanımı, mevcut olan sınırlı su kaynaklarının korunması açısından oldukça önem taşımaktadır.

Ülkemizin mevcut su varlığı incelendiğinde, nüfus ve su kullanım oranında yaşanan artışla beraber gelecek yıllarda su talebinin karşılanması noktasında önemli sorunların ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve verimliliğinin sağlanması konusunda birçok ülke yağmur suyu kullanımını önemli bir çözüm yolu olarak kabul etmektedir. Ülkemizde son yıllarda bu konu üzerine ilgi önemli derecede artmış olup, hazırlanan yönetmeliklerle yeni yapılacak binalara yağmur suyu toplama sistemlerinin kurulması zorunlu hale getirilerek su kaynaklarının korunması amacıyla yapılacak önemli çalışmaların yolu açılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu çalışmanın yazarları olarak, herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile çıkar çatışması bulunmadığını onaylarız.

YAZAR KATKISI

Melike YALILI KILIÇ, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, fikirsel içeriğin eleştirel incelemesi ile son onay ve tam sorumluluk kısımlarına, Sümeyye ADALI, veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması, son onay ve tam sorumluluk kısımlarına katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Alpaslan, N., Tanık, A. ve Dölgen, D. (2008) Türkiye’de su yönetimi- Sorunlar ve öneriler, TÜSİAD Yayın no: T/2008–09/469.
2. Anonim, 2022.
https://earth.google.com/web/search/So%c4%9fanl%c4%b1,%c3%96zdilek+Bursa+AVM,+%c4%b0stanbul+Caddesi,+Osmangazi%2fBursa/@40.2268481,29.061797,90.31645169a,783.79172353d,35y,0h,45t,0r/data=Cq0BGoIBEnwKJTB4MTRjYTNmY2NIYWE5NTg1MzoweDk2ZDgxZjMzNzI4YzBjM2lZclTjWwkdREAhR2d7dEPPUAqQVNvxJ9hbmzEsS wgw5Z6ZGlsZWsgQnVyc2EgQVZNLCEsHN0YW5idWwgQ2FkZGVzaSwgT3NtYW5nYXppL0J1cnNhGAIgASImCiQJRk_j-HYdREARWAPjgIcREAZzhHL3nYRPUAh1A5FqbcMPUAoAg Erişim Tarihi: 11.01.2022, Konu: *Çatı Alanları*

3. Bursa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <https://bursa.ktb.gov.tr/TR-70229/cografya.html> Erişim Tarihi: 30.11.2021, Konu: *Coğrafya*
4. Burszta-Adamiak, E. ve Spsychalski, P. (2021) Water savings and reduction of costs through the use of a dual water supply system in a sports facility, *Sustainable Cities and Society*, 66 (102620), 1-9. doi:10.1016/j.scs.2020.102620
5. Cebeci, İ., Başkan, O., Mücevher, O., Köşker, Y., Cebel, H., Demirkıran, O., Öztürk, Ö. ve Gönülal, E. (2017) Yarı kurak alanlarda mikro havza su hasadı uygulamalarının toprak nemine etkilerinin belirlenmesi, *Toprak Su Dergisi*, 6 (2), 1-10. doi:10.21657/topraksu.339819
6. Chilton, J. C., Maidment, G. G., Marriott, D., Francis, A. ve Tobias, G. (2000) Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof. *Urban water*, 1(4), 345-354. doi:10.1016/S1462-0758(00)00032-7
7. Çaylı, A. (2021) Kümeslerin su gereksiniminin yağmur suyu hasadından karşılanması üzerine bir araştırma: Kahramanmaraş örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (5), 1048-1058. doi:10.18016/ksutarimdog.a.vi.838619
8. DIN. (1989) Regenwassernutzungsanlagen. Deutsches Institut Normung DIN: 1989, German.
9. DSİ. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> , Erişim Tarihi: 25.11.2021 Konu: *Toprak Su Kaynakları*.
10. Ekinci, B. (2015) Su kaynaklarının verimli kullanılmasına yönelik örnek ülke uygulamaları ve ülkemizde bu çalışmaların uygulanabilirliği, *Uzmanlık Tezi*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
11. Eren, B., Aygün, A., Likos, S. ve Damar, A.İ. (2016) Yağmursuyu hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü potansiyelinin değerlendirilmesi, *International Journal of Engineering and Technology Research*, 1(1), 1-5.
12. Güzel, İ. ve Benli, A. (2020) Bingöl şehir merkezine yakın devlet yollarında yağmur suyu hasadı ve hidroelektirik potansiyelinin incelenmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 11(1), 405-417. doi:10.24012/dumf.565949
13. Kalıpçı, E., Başer, V. ve Genç, N. (2021) Coğrafi bilgi sistemi kullanarak yağmur suyu hasadının değerlendirilmesi: Giresun Üniversitesi kampüs örneği, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 10(1), 49-58.
14. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURSA> Erişim Tarihi: 26.11.2021, Konu: Resmi İstatistikler.
15. Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A. ve Yürekli, K. (2011) Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2), 65-71.
16. Özoral, B. (2020) Tüketim kültürünün yerel kültürler üzerindeki etkisinde alışveriş merkezlerinin (AVM) rolü: Dubai Mall, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 292-304. doi: 10.18026/cbayarsos.678852
17. Öztaş Karlı, R.G. ve Artar, M. (2021) Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı, *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 58(1), 145-162. doi:10.20289/zfdergi.851375
18. Pamuk Mengü, G. ve Akkuzu, E. (2008) Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri, *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 75-85.

19. Pekin Timur, U., Ediş, S., Timur, Ö.B. ve Göl, C. (2012) Kentsel alanlar ve yerleşkelerde su hasadı teknikleri; Planlama ve tasarım, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 170-174.
20. Şahin N.İ. ve Manioğlu G. (2011) Binalarda yağmur suyunun kullanılması, *Tesisat Mühendisliği*, 125, 21-32.
21. Şen, S., Yılmaz, G., Topdemir, T. ve Alkan, Ü. (2019) Zeytin fidan gelişimine mikrohavza su hasadı tekniği ile toprak su tutma kapasitesini artırıcı bazı uygulamaların etkisi, *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı, 122-129. doi:10.21657/topraksu.655561
22. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/su-20180222083149.pdf> Erişim Tarihi: 24.11.2021, Konu: *Su*
23. TURKECO, 2021. <https://turkeco.com/manisa-magnesia-mall-breeam-sertifikasi-enerji-modelleme/> Erişim Tarihi: 4.12.2021, Konu: *Manisa Magnesia Mall*
24. URL-1. https://www.nufusu.com/ilce/osmangazi_bursa-nufusu Erişim Tarihi: 4.12.2021, Konu: *Bursa Osmangazi Nüfusu*
25. URL-2. <http://www.osmangazi.bel.tr/tr/osmangazi/ilcemiz-hakkinda> Erişim Tarihi: 4.12.2021, Konu: *Osmangazi İlçesi*
26. URL-3. <https://www.atilimsangrup.com/100-tonluk-polyester-su-deposu/> Erişim tarihi: 1.12.2021, Konu: *Su Deposu Fiyatları*
27. URL-4. <https://satis.guvenplastic.com/pvc-pp-atik-su-boru-ve-ek-parcalari> Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Su Borusu Fiyatları*
28. URL-5. <https://www.koctas.com.tr/hakan-plastik-dubleks-atik-su-borusu/p/1000147279> Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Su Borusu Fiyatları*
29. URL-6. <https://www.kar-el.com.tr/fliste2.aspx?id=523> Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Yağmur Oluğu Fiyatları*
30. URL-7. https://www.birlikcati.com.tr/firat-yagmur-olugu-150-lik_10448.html Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Yağmur Oluğu Fiyatları*
31. URL-8. https://m.n11.com/tapalar-ve-suzgecler/dallmer-kubbe-yaprak-tutuculu-bitumlu-150-lik-cati-suzgecigider-P470930556?gclsrc=aw.ds&gclid=EAIaIQobChMIwIXa3cjC9AIVUYxoCR2iyAurEAOYASABEgKzqPD_BwE Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Çatı Süzgeci Fiyatı*
32. URL-9. <https://www.dasupo.com.tr/> Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Su Pompası Fiyatı*
33. URL-10. <https://www.koctas.com.tr/bahce-makinelere/pompa/c/102020001> Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Su Pompası Fiyatı*
34. URL-11. <https://www.kampa.com.tr/kategori/pompalar> Erişim Tarihi: 1.12.2021, Konu: *Su Pompaları*
35. Uzun, F., Gül, İ.E., Gül, A., Uzun, İ., ve Uzun, Ö.F. (2017) Alışveriş merkezlerinin (AVM) mekânsal kullanımlarının ve kullanıcı eğilim ve beklentilerin irdelenmesi; Isparta kenti örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 2(1), 1-16. doi:10.30785/mbud.337883
36. Yalılı Kılıç, M. ve Abuş, M.N. 2018. Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 4(2), 209 – 215. doi:10.24180/ijaws.426795

37. Yetik, A.K. ve Şen, B. 2020. Importance and Techniques of Water Harvesting Systems. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(sp1), 46-53. doi:10.24925/turjaf.v8isp1.46-53.3952
38. Zaizen, M., Urakawa, T., Matsumoto, Y., & Takai, H. (2000). The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. *Urban water*, 1(4), 355-359. doi:10.1016/S1462-0758(00)00028-5

