

Yağmur sularının sulama sisteminde kullanılması: İstanbul Baltalimanı Polisevi Tesisleri otel binası örneği

Using stormwater in irrigation system: The case of İstanbul Baltalimanı Police House Facilities hotel building

Meltem GÜNEŞ TİGEN^{1*}, Tuğçe DİLER¹

¹Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Tekirdağ

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article
DOI: 10.17474/artvinofd.1455999

Sorumlu yazar / Corresponding author
Meltem GÜNEŞ TİGEN
e-mail: mgunes@nku.edu.tr

Geliş tarihi / Received
20.03.2024

Düzeltilme tarihi / Received in revised form
06.06.2024

Kabul Tarihi / Accepted
09.06.2024

Elektronik erişim / Online available
15.10.2024

Anahtar kelimeler:

Yağmur suyu yönetimi
Yağmur suyu hasadı
Otomatik sulama sistemi
İklim değişikliği

Keywords:

Stormwater management
Stormwater harvesting
Automatic irrigation system
Climate change

Özet

Küresel ısınma, çevre kirliliği, bilinçsiz su tüketimi ve su kaynaklarının eşitsiz dağılımı, su kaynaklarının azalması ve susuzluk sorununu giderek artmaktadır. Bu durum, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir yönetimini zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmada, İstanbul Baltalimanı Polisevi Tesisleri otel binası çatısında biriken yağmur suyunun depolanıp otomatik sulama sisteminde kullanılmasına yönelik bir uygulama ele alınmıştır. Çalışmanın amacı, yağmur suyu hasadı konusunda farkındalık yaratmak ve bu tür uygulamaların kentlerde yaygınlaşmasını teşvik etmektir. Böylece, bahçelerde otomatik sulama sistemlerinde kullanılan su gibi yapı dışındaki su tüketimi için alternatif su kaynaklarının kullanımıyla doğal su kaynaklarının korunması hedeflenmektedir. Çalışma alanı, meteoroloji verileri, uydu görüntüleri ve altyapı durumuna göre analiz edilmiştir. Su toplama kapasitesi, çatı yüzeyi ve sert zemin miktarları hesaplanarak, depolanacak ve toplanacak yağmur suyu miktarları belirlenmiştir. Yağmur suyu hasadı için gerekli tesisat ve altyapının hazırlanması amacıyla boru çapı ve adeti ile belediyelerin konumlandığı su toplama kanalları tespit edilmiştir. İstanbul Baltalimanı Polisevi Tesisleri otel binası çatısı ve balkonunda 1332 m²'lik alanda biriken 635 ton yağmur suyu toplanmış, ancak mevcut depolama alanlarının yetersizliği nedeniyle sadece 6 tonu depolanabilmiştir. Depolanan su, polyester depoda tutularak otomatik sulama sistemine aktarılmıştır. Boru çapı 6.873522 mm olarak hesaplanmış ve 70 mm çapında 27 boru kullanılması önerilmiştir. Çatı ve balkon alanlarında biriken yağmur suyunun büyük kısmı, belediyelerin yağmur suyu toplama kanallarına yönlendirilmiştir. Sonuç olarak, alanın yağmur suyu kazanım potansiyeli belirlenmiş ve suyun depolanması için öneriler sunulmuştur. Bu tür uygulamaların teşvik edilmesi, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımını artırarak su krizlerinin önlenmesine ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına önemli katkılarda bulunabilir.

Abstract

Global warming, pollution, unconscious water consumption and unequal distribution of water resources are exacerbating the problem of water scarcity and thirst. This situation makes an effective and sustainable management of water resources imperative. In this study, an application for storing the rainwater collected on the roof of the hotel building of İstanbul Baltalimanı Police House Facilities and using it in an automatic irrigation system is discussed. The aim of the study is to raise awareness about rainwater harvesting and to encourage the spread of such applications in cities. The aim is to conserve natural water resources by using alternative water resources for water consumption outside the building, such as water used in automatic irrigation systems in gardens. The study area was analysed using meteorological data, satellite imagery and infrastructure status. The amount of rainwater to be stored and collected was determined by calculating the water collection capacity, roof area and hard floor area. To prepare the necessary installations and infrastructure for rainwater harvesting, the pipe diameter and number of pipes and water collection channels located by the municipalities were determined. In İstanbul Baltalimanı Police House Facilities, 635 tonnes of rainwater collected from the roof and balcony of the hotel building over an area of 1332 m² was collected, but only 6 tonnes could be stored due to the inadequacy of the existing storage areas. The collected water was stored in a polyester tank and transferred to the automatic irrigation system. The pipe diameter was calculated to be 6.873522 mm and 27 70 mm diameter pipes were proposed. Most of the rainwater collected on the roof and balcony areas was directed to the municipal rainwater collection channels. As a result, the rainwater harvesting potential of the area was identified and recommendations for water storage were made. Encouraging such practices can make a significant contribution to preventing water crises and ensuring environmental sustainability by increasing the efficient and sustainable use of water resources.

GİRİŞ

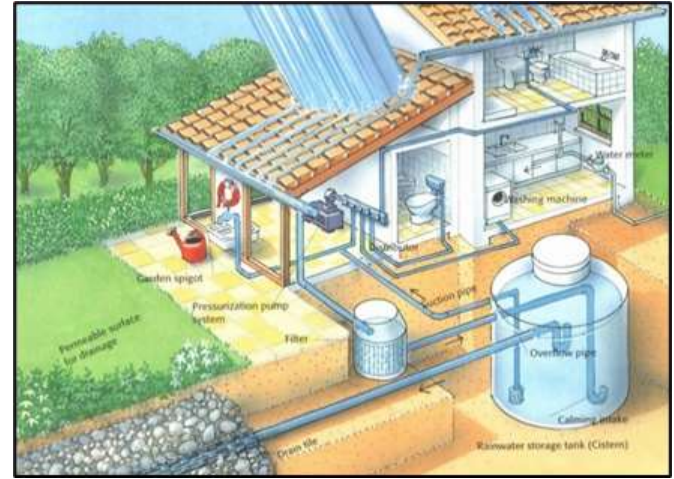
Küresel ısınma ile su varlığının azalmaya başlaması; çevre kirliliği, bilinçsiz su tüketimi, su kaynaklarının nüfus yoğunluklarına göre dağılımının eşit olmaması gibi sebeplerden ötürü son yıllarda sıkça karşılaşılan susuzluk sorununu ortaya çıkarmıştır (Karaman ve Gökalp 2010, URL-1). Son yıllarda iklim değişikliği ile mücadelede önemi daha da artan su kaynaklarının yönetimi; su tüketiminin azaltılması, arıtma, alternatif su kaynaklarının kullanılması ve doğal su kaynaklarının korunması gibi konularının önemini vurgulamaktadır (Alvareza ve ark. 2024). Günümüzde yağmur sularının yalnızca %30'u yeraltı sularına katılmakta ve geri kalan %70'lik kısmı gri su olarak değerlendirilmektedir (Yalılı Kılıç ve Abuş 2018).

Yağmur suyunun etkin bir şekilde yönetilmesi, su kaynaklarının korunması, suya erişimin sağlanması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi açısından son derece önemlidir. Yağmur suyu yönetimi uygulamaları, yağmur suyunun toplanması, depolanması, arıtılması ve kullanılması gibi çeşitli stratejileri içermektedir (Tanık ve ark. 2015, Sevimli 2021). Pek çok kaynakta da belirtildiği gibi suyun doğru bir şekilde yönetilmesini ve sürdürülebilir olarak kullanılmasını sağlayan bu uygulamalardan birisi de yağmur suyu hasadı uygulamasıdır. Yağmur suyu hasadı, yağmur suyu toplama sistemleri kullanılarak yağmur suyunun toplanması, depolanması ve kullanılması sürecidir (Pamuk 2008, Ertop ve ark. 2023, URL-2).

Yağmur suyu hasadı süreci Şekil 1'de gösterildiği gibi, evlerin, işyerlerinin veya diğer binaların çatılarına yerleştirilen yağmur suyu toplama sistemleri ile çatılardan akan yağmur suyunun, yağmur olukları ve borular aracılığıyla toplanmasıyla başlamaktadır. Yağmur suyu deposuna girmeden önce toplanan yağmur suyu, yağmur suyunun içindeki çözülmüş

maddelerin, kirleticilerin ve partiküllerin temizlenmesi için filtreleme ve arıtma işleminden geçirilmektedir. Temizlenen yağmur suyu, genellikle yer altında veya yer üstünde konumlandırılan depolama tankları veya haznelerde depolanmaktadır (URL-3, Temizkan 2021).

Depolanan bu su, bahçe sulama, tuvalet rezervuarlarında, çamaşır yıkama, temizlik veya araç yıkama gibi gri su olarak kullanılabilir (Eren ve ark. 2016, Sevimli 2021). Böylelikle içme suyunun kullanımı azaltılarak su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunmaktadır.



Şekil 1. Yağmur suyu hasadı örneği (URL-4)

Yağmur suyunun bu şekilde toplanarak bahçe sulamasında kullanılması hem su tasarrufu sağlar hem de konut içi su tüketimini azaltmaktadır. Özellikle, konut içi tesisat maliyetleri göz önüne alındığında, yağmur suyunun bahçe sulamasında kullanılması ekonomik açıdan daha avantajlı olabilir (Şahin ve Manioğlu 2011). Yağmur suyu hasadı, pek çok kaynakta da belirtildiği gibi sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi kapsamında tatlı su kaynaklarının sürdürülebilirliği için alternatif bir su kaynağı olarak değerlendirilebilir. İlk olarak Roma döneminde uygulanmaya başlayan bu yöntem, yapılarıdaki çatı gibi toplama alanlarından yağmur sularının toplanıp biriktirilmesi ile sanayi, tarım, çevresel ve evsel

tüketim için gerekli olan suyun sağlanması olarak tanımlanmıştır (Oweis ve ark. 2001, Worm ve Hattum 2006, Kantaroğlu 2009, Aladenola ve Adeboye 2010). Günümüzde yağmur suları bu yöntemle, bina çatısından bir oluk sistemi yardımı ile toplanarak yer üstünde ya da yer altında inşa edilen bir depoda (sarnıç) biriktirildikten sonra arıtılarak ya da arıtılmadan, binanın içinde veya dışında kullanılabilir (Tanık ve ark. 2015).

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na, 03.07.2017 tarih ve 30113 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde, 11.07.2021 tarih ve 31538 sayılı Resmî Gazete'de yapılan değişiklikle, 2000 m² den büyük parsellerde inşa edilecek tüm binaların çatılarında toplanan yağmur sularının, bahçe sulama veya arıtılarak bina ihtiyacında kullanılmak üzere bahçe zemini altında bir depoda toplaması amacıyla yağmur suyu toplama sistemi yapılması zorunluluğu getirilmiştir (URL-5). Buna göre; bu çalışmada İstanbul Baltalimanı Polisevi Tesisleri otel bina çatısında biriken yağmur suyunun, depolanıp otomatik sulama sisteminde kullanılmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışma alanında iklim verilerine göre yağmur suyu toplanma kapasitesi ve bu kapasitenin nasıl kullanılabileceği hesaplanmıştır.

Çatılarda biriken yağmur suyunun değerlendirilmesi, özellikle iklim değişikliği ve çevre sorunları ile mücadele eden kentlerde yağmur suyu kullanımı gelecekte yapılacak çalışmalara farkındalık yaratarak ülkemiz kentlerinde yağmur hasadı uygulamalarının artmasına örnek olacak bir yaklaşım sunmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

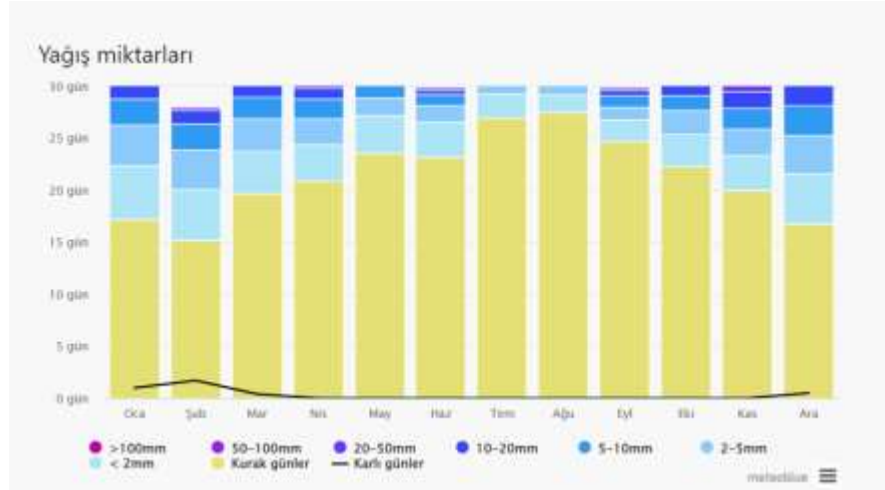
Çalışmanın ana materyalini çatı ve balkon yüzeyleri ile birlikte toplam 1332 m²'lik bir alana sahip olan İstanbul ili Sarıyer ilçesinde bulunan Baltalimanı Polisevi Tesisleri Otelini oluşturmaktadır. Çalışma alanının bulunduğu İstanbul ili 41° 0' 44" Kuzey Enlemi, 28° 58' 34" Doğu Boylamında yer almaktadır. Yüzölçümü 5343 km² alanına sahip olup, nüfus olarak Türkiye'nin en kalabalık ilidir. Kilometrekare başına 3049 kişi düşmektedir (URL-6). Proje alanı olan Baltalimanı, Avrupa Yakasında, Boğaz hattında Sakıp Sabancı Caddesinde yer almaktadır. Kuzey batıda Boyacı köyü yokuşu sokak, güneydoğusunda ise Marmara denizi proje alanını çevrelemektedir. Şekil 2'de çalışma alanının bulunduğu il ve ilçeler (URL-7) ile sınırları (Google Earth Pro) belirtilmiştir.



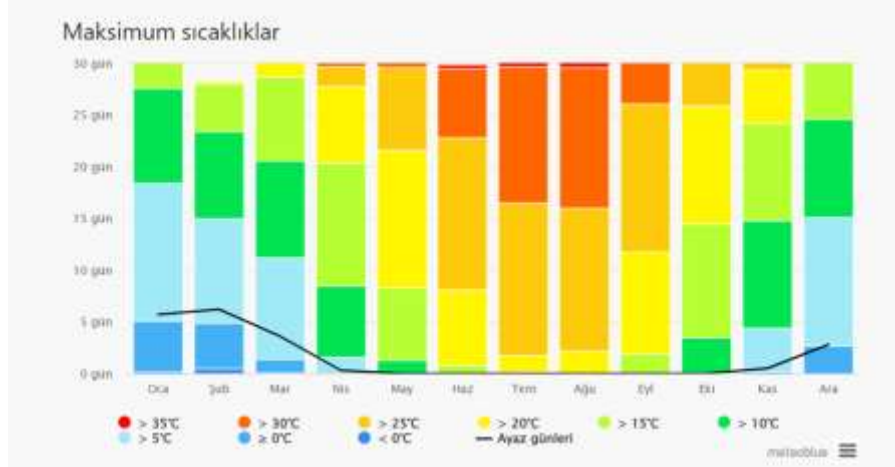
Şekil 2. Baltalimanı Polisevi Tesisleri proje alanı konumu (URL-7'den geliştirilmiştir)

Çalışma alanı olan Baltalimanı Polisevi Tesisleri iki bloktan oluşan 59 odalı otel projesidir. Peyzaj alanları 2100 m²'lik alanı kaplayan toplam proje alanı 5000 m²'dir. Çatı yüzeyi 1164 m² olup balkon yüzeyleri ile birlikte toplam 1332 m² olan alanda yağmur suyu hasadı planlanmıştır.

Çalışma alanının bulunduğu İstanbul iline ilişkin yağış ve sıcaklık verileri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmektedir. Şekil 3'e göre en çok yağış Aralık, Ocak ve Şubat aylarında, en az yağış ise Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleşmektedir. Şekil 4'de ise Temmuz ve Ağustos aylarındaki hava sıcaklığından dolayı buharlaşmanın fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 3. İstanbul ili yıllık yağış miktarı (URL-8)



Şekil 4. İstanbul ili yıllık sıcaklık miktarı (URL-8)

Yöntem

Çalışmada konusu ve çalışma alanı ile ilgili yapılan literatür çalışmasından, Google Earth ve AutoCAD 2018 programlarından ve Büyük Kent Mimarlığın paylaştığı Baltalimanı Polisevi Tesisleri

Mekanik ve Mimari Projelerden yararlanılmıştır. Daha sonra yağmur suyu hasadına ilişkin uygulama teknikleri uygulanmıştır. Buna göre çatı alanları ve İstanbul ili için m²'ye düşen yağmur suyu miktarı ile çatı yüzeyine düşen toplam yağmur suyu miktarı bulunmuştur. Çatıda biriken yağmur suyu miktarı için

aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır (URL-9, Yalılı Kılıç ve Abuş 2018).

Toplanabilecek yağmur suyu miktarı (It) = toplam çatı alanı (m²) x ortalama yağış miktarı (lt/m²) x akış katsayısı x filtre etkinlik katsayısı

Formülde belirtilen akış katsayısı, Alman standartları tarafından DIN1989'da 0.8 olarak belirtilen katsayıdır. Çatıya düşen yağmur suyunun geri dönüştürülemeyeceğini ifade etmektedir. Bu katsayı, belirli bir yüzeyin çatı malzemesinin tipine, yapısına ve eğimine bağlı olarak yağmur suyunu ne kadar hızlı veya ne kadar yavaş şekilde akıtacağını ifade etmektedir. Alman standartlarına göre DIN 1989'da belirtilen 0.9 filtre etkinlik katsayısı ise, filtrenin yağmur suyundan geçen partikülleri ne kadar etkili bir şekilde temizlediğini göstermektedir. Yağmur suyu toplama sistemlerinde suyun kalitesini artırmak ve depolanacak suyun temizliğini sağlamak için önemlidir.

Son olarak çatı yüzeyine düşen yağışın toplanarak, yağmur olukları yardımıyla yer altında konumlandırılan polyester depoya aktarılmasına ilişkin Peyzaj Uygulama Projesi çizilerek, otomatik sulama sistemi, su deposu ve yağmur suyu bağlantı detayı tasarlanarak kullanılacak boru miktarı hesaplanmıştır. Yağmur borusu hesabı için TMMOB Makina Mühendisleri Odası Sıhhi Tesisat Proje Hazırlama Esasları'ndan yararlanılarak aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır (URL-10).

$$S = P \times m^2 \text{ 'ye düşen yağmur miktarı (cm}^2 \text{) } / 1 \text{ m}^2$$

P: Çatı alanı + Balkon alanı (m²)

S: Gerekli yağmur borusu alanı (cm²)

$$A = S / f \text{ (cm}^2 \text{)}$$

A=Yağmur borusu kesiti (cm²)

f: Kullanılan yağmur borusu adedi

$$D = 1.13 \times \sqrt{A}$$

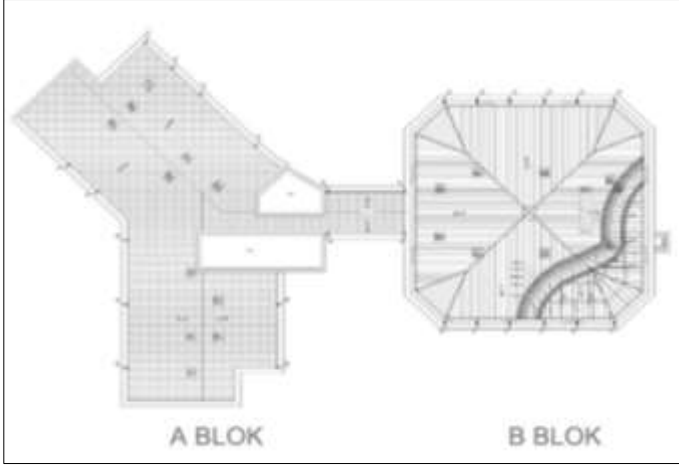
D: Boru çapı (cm)

Binanın çatı yağmur suları çatının her m² için, cm² veya lt/sn×ha cinsinde çatıya düşen yağmur suyu miktarını bilerek boru çapı hesaplanmalıdır. Borunun çapını hesaplarken, öncelikle çatıya düşen yağmur suyu miktarı doğru bir şekilde belirlenmelidir. Bu miktar, çatının her metrekare başına düşen yağmur miktarı (cm² veya lt/sn×ha cinsinden) ile çatının alanı çarpılarak bulunmaktadır. Ardından, bu miktarı kullanarak boru çapı hesaplanmıştır.

BULGULAR

Baltalimanı Polisevi Tesisleri iki bloktan oluşan çatı yüzeyi 1164 m² olup balkon yüzeyleri ile birlikte toplam 1332 m² olan alanda yağmur suyu hasadı planlanmıştır (Şekil 5).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü internet sitesinden alınan verilere göre, 1950-2023 yılları arasında yıllık toplam Yağış Miktarı Ortalaması 662.5 mm'dir (URL-11). Buna göre aşağıdaki formüle göre hesaplamalar yapıldığında toplanabilecek yağmur suyu miktarı 635364 litre yaklaşık 635 ton olarak bulunmuştur.



Şekil 5. Baltalimanı Polisevi Tesisleri çatı planı
(Baltalimanı Polisevi Tesisleri Otel Mekanik
Proje, Çatı Planı, Arya İnşaat Mimarlık
Mühendislik 2022)

Toplanabilecek yağmur suyu miktarı (lt)= toplam çatı alanı (m²) x ortalama yağış miktarı (lt/m²) x akış katsayısı x filtre etkinlik katsayısı

Toplanabilecek yağmur suyu miktarı (lt)= 1332x 662.5x0.8x0.9=635364 lt

Daha sonra proje alanında yağmur borusu hesabı yapılmıştır. Bu hesaplamalarda Arya Mimarlık Mühendislik firmasının mekanik proje üzerinde yaptığı hesaplamalardan yararlanılmıştır. Buna göre 1 m² çatıda düşey yağmur borusu miktarı, İstanbul ilinde 0.75 cm² olarak hesaplanmaktadır (Şimşek 2019, Doğaroğlu ve ark. 2019). Çatı alanı ve balkon alanı toplamı 1332 m²dir (P). Çatı yüzeyine kullanılacak düşey yağmur borusu alanı (cm²) (S) aşağıda belirtilen formüle göre 999 cm² olarak hesaplanmıştır.

$S = P (1332 \text{ m}^2) \times \text{m}^2 \text{ ye düşey yağmur borusu miktarı}$
(0.75 cm²) 1332 x0.75=999 cm²

Proje alanının mimari projesine göre, alanda 27 adet kolon bulunmaktadır. Her kolonda yağmur borusu kullanıldığı hesaplanarak kullanılan yağmur suyu boru adeti (f) 27 olarak belirlenmiştir (Şekil 6).

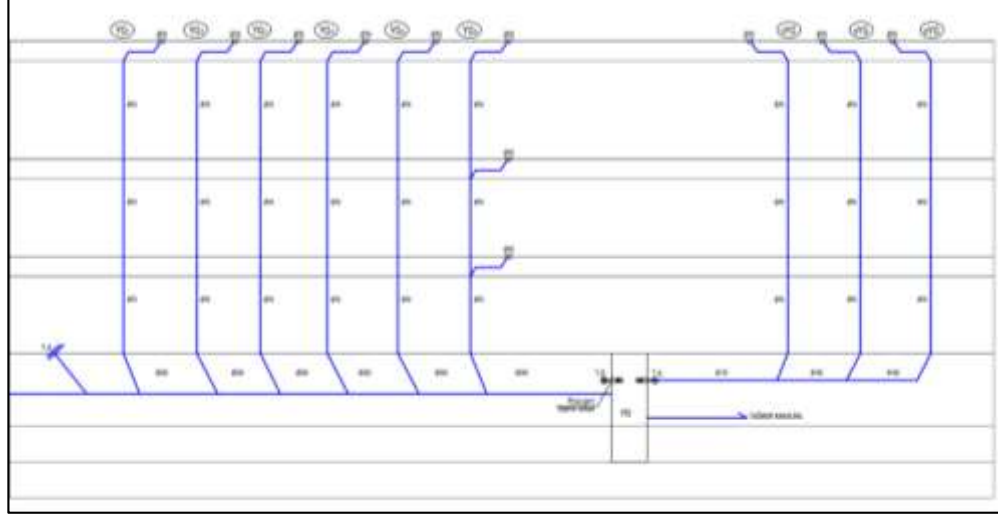
Yağmur suyu boru kesiti için $A=SVf$ formülü kullanarak, $A=999/27=37\text{cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Boru çapı hesabı (D) ise; $D=1.13\sqrt{VA}$ formülü ile $D=1.13\sqrt{37}=6.873522 \text{ mm}$ olarak bulunmuştur.

Son olarak Çizelge 1'deki yağmur borusu kesitine göre $A=37\text{cm}^2 < 38.36 \text{ cm}^2$ olduğuna göre 70 mm'lik 27 adet boru kullanılması uygun görülmüştür.

Çizelge 1. Yağmur borusu kesitine göre yağmur borusu çaplarının seçilmesi

Boru çapı D: mm	Yağmur borusu kesiti A: cm
Ø 50	19.55
Ø 70	38.36
Ø 100	78.31
Ø 125	122.34
Ø 150	175.75

Kullanılması planlanan yağmur borusuna ilişkin bodrum kat, 1.kat, 2.kat ve çatı katları için çizilen ön görünüş yine Şekil 6'de gösterilmiştir.

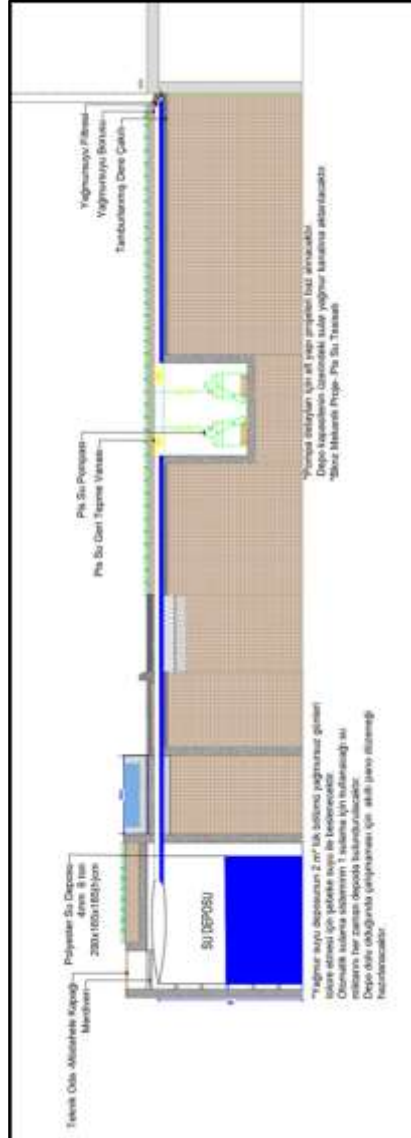


Şekil 6. Yağmur borusu ön görünüş

Çatı yüzeyinden toplanan yağmur suyu, cepheden zemine indikten sonra konumlandırılan oluklardaki filtreden geçerek toprak altı yağmur suyu deposunda toplanmaktadır. Buna göre ilk etapta filtrelenmiş yağmur suyu, suyun basınçlandırılmasında kullanılan dalgıç pompaya, dalgıç pompadan depoya, depodan otomatik sulama sisteminde aktarılarak kullanım döngüsünü tamamlamaktadır. Yağmur suyu deposunun 2 m³' lük bölümü yağmursuz günleri tolere etmesi için şebeke suyu ile beslenecek şekilde planlanmıştır. Bu miktar peyzaj düzenlemesi yapılacak alanın metrajına ve kullanılacak bitkilerin su sarfiyatına göre değişmektedir. Bitki kayıpları

yaşanmaması için yağışsız günler dikkate alındığında otomatik sulama sisteminin bir sulama için kullanacağı su miktarı her zaman depoda bulundurulacaktır. Depo dolu olduğunda çalışmaması için uygulamada akıllı pano düzeneği hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda Şekil 7'de gösterilen otomatik sulama sistemi ve su deposu yağmur borusu bağlantı detayını gösteren uygulama projesi çizilmiştir.

Mekanik projede, depolanamayan yağmur suyunun belediyenin belirlediği yağmur kanalına yönlendirilmesi için hat çekilmiştir (Şekil 8a).



Şekil 7. Otomatik Sulama Sistemi – Su Deposu Yağmur Borusu Bağlantı Detayı
(Baltalimanı Polisevi Tesisleri Oteli – Peyzaj Uygulama Projesi)



Şekil 8a. Baltalimanı Polisevi Tesisleri Oteli mekanik proje yağmur suyu kanalı detayı (Arya İnşaat Mimarlık Mühendislik 2022)

Şekil 8a'da detayı verilen yağmur suyu kanalının şekil 8b'de yapı çevresinde planlanması gösterilmiştir.

Yapının arka cephesindeki YG 7, YG 8, YG 9, YG 10, YG11, YG 12 yağmur borularından toplanan suların 6

tonluk kısmı toprak altı yağmur suyu deposuna kalan su hacmi YR1: Yağmur Suyu, hattına iletilerek belediyenin yağmur suyu toplama kanalına ve PS1-2:

Pis Su Kanalı olarak proje alanından tahliye edilen sular ise gerekli hatlara yönlendirilmiştir.



Şekil 8b. Baltalimanı Polis Evi Tesisleri Oteli mekanik proje (Arya İnşaat Mimarlık Mühendislik 2022)

SONUÇ VE TARTIŞMA

Günümüzde, yağmur sularının büyük bir kısmı yer altı sularına geçmeden yüzey akışına geçmektedir. Bu durum, yağmur suyunun toprakta emilmesi ve yeraltı su tabakalarını beslemesi yerine, yüzeyde akarak sel ve taşkın gibi sorunlara neden olarak, su kaynaklarının da kirlenmesine yol açabilir. Hem mevcut nesillerin hem de gelecek nesillerin su ihtiyaçlarını karşılamak için su kaynaklarının korunmasını ve suyun etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayan sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları önemlidir.

Bu çalışmada, ilk olarak ülkemizde yağmur suyu hasadının önemi ve potansiyel faydaları ele alınmış, daha sonra örnek bir proje üzerinden toplanabilecek yağmur suyu miktarı ve depolanması için gerekli altyapıya ilişkin bilgiler verilmiştir. İstanbul Baltalimanı Polisevi Tesisleri otel bina çatısında ve balkonunda yaklaşık olarak 1332 m²'lik bir alanda biriken 635 ton yağmur suyu toplandıktan sonra, mevcut depolama alanlarının yetersizliği nedeniyle sadece 6 tonunun depolanması mümkün olmuştur. Bu su polyester depoda tutularak otomatik sulama sistemindeki damlama sulama hattı ve sprinklere aktarılmıştır. Boru çapı hesabı ise 6.873522 mm olarak hesaplanmıştır. Buna göre 70 mm'lik 27 adet boru kullanılması önerilmiştir. Çatı ve balkon alanlarında biriken yağmur suyunun büyük bir kısmı ise projede önerilen hat ile belediyelerin oluşturduğu yağmur suyu toplama kanallarına yönlendirilmiştir.

Geçmişten günümüze kullanılan sarnıç yönteminde özellikle son dönemde en yaygın kullanılan sistemin çatı yağmur suyu hasadı olduğu yapılan birçok çalışmada gözlemlenmiştir. Bu yöntemde, çatılardan toplanan yağmur suyu sarnıçlarda veya diğer depolama sistemlerinde biriktirilerek çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Bu bağlamda, Berlin'de gerçekleştirilen çatı yağmur suyu hasadı projelerinden biri, Daimler Chrysler Potsdamer

Platz'ta uygulanan sistemdir. Bu proje kapsamında 32.000 metrekarelik bir çatı alanı kullanılarak yıllık yaklaşık 25.000 ton su toplanmaktadır. Toplanan bu suyun, genellikle, rezervuarlarda ve bahçe sulamasında kullanılması ile, su faturalarını azaltılması ve kentteki su tüketimini sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi amaçlanmıştır (URL-12). Diğer yandan ülkemizde İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin Aşık Veysel Rekreasyon Alanı'nda gerçekleştirdiği yağmur suyu hasadı projesinde ise aylık 80.000 metreküp su toplanarak, bu su park ve bahçelerin sulanmasında kullanılmaktadır (URL-13). Bu miktar, yılda yaklaşık 960.000 metreküp suya denk gelmekte ve bu sayede ciddi bir su tasarrufu sağlanmaktadır (URL-13). Ayrıca, İzmir'de bin metrekareden büyük parsellerde yağmur suyu hasadı ve 60.000 metrekareden büyük yapılarda yeşil çatı uygulaması zorunlu hale getirilmiştir. Bu yönetmelik, su kaynaklarının verimli kullanılması ve kuraklıkla mücadele edilmesi amacıyla 2019 yılında yürürlüğe girmiştir (URL-14).

Çatı yağmur suyu hasadı, dünya genelinde su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayan önemli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Çalışmamızda da vurgulandığı gibi, ülkemizde bu tür sistemlerin yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Depolama kapasitesinin yetersizliği, hasat edilen suyun büyük bir kısmının verimli bir şekilde kullanılmasını engellemektedir. Yağmur suyu, tarım, bahçe sulama ve hatta içme suyu gibi çeşitli amaçlar için değerlendirilebilir. Ancak, bunun için uygun ve yeterli depolama altyapısının oluşturulması elzemdir.

Belediyelerin depo alanlarının kullanılması, fazla yağmur suyunun değerlendirilmesi açısından önemli bir adım olmuştur. Su yönetimi konusunda ve altyapı projelerinde önemli bir role sahip olan belediyelerin, yağmur suyu hasadı projelerine daha fazla yatırım

yapması ve bu tür projelere yönelik teşvikler sunması, uzun vadede su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, yağmur suyu hasadı gibi alternatif su kaynaklarına yönelik farkındalık yaratma ve uygulama örneklerinin artırılması, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımında, su krizlerinin önlenmesinde, su kaynaklarının korunmasına ve suyun eşit ve adil bir şekilde dağıtılmasına ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

ÖNERİLER

Bu çalışma yağmur suyu hasadının potansiyelini ve uygulama aşamasında karşılaşılan mevcut zorlukları ortaya koymaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, peyzaj projelerinin tasarım aşamasında mimari ve mekanik projelerle eş zamanlı tasarlanması, daha geniş depo hacimleri için çözümler üretilebilmesi ve bu alandaki yatırımların artırılması, alternatif su kaynaklarının yüzde yüz oranında kullanılabilmesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için önem taşımaktadır.

Yağmur suyunun verimliliğini değerlendirirken hava kirliliği verilerini dikkate almak oldukça önemlidir. Hava kirliliğinin birinci öncelikli sorun olduğu illerde hava kirliliği %33 oranında, ikinci öncelikli sorun olduğu illerde %30 oranında, üçüncü öncelikli sorun olduğu illerde ise %25 oranında olduğu görülmektedir (URL-15). Bu veriler ışığında, hava kirliliği, yağmur suyunun kalitesini etkileyebilir ve toplanan yağmur suyunun kullanılacağı bitkilerin sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle kapsamlı bir analiz yapılmalı ve toplanan yağmur suyunun bitkilere zarar vermemesi için belirli aralıklarla suyun kalitesinin kontrol edilmesi, gerektiğinde filtreleme veya arıtma işlemlerinin yapılması önemlidir. Yağmur suyunun bahçe

sulamasında kullanılması, bitkilerin doğal olarak yağmura daha uygun bir şekilde büyümesini sağlayarak bitkilerin daha sağlıklı ve güçlü olmasına yardımcı olabilecektir.

Yağmur suyu hasadı uygulamalarını teşvik etmek ve desteklemek için özellikle yerel ve üst yönetimler gerekli yasal düzenlemeleri yapmalı ve bu konuda yönetmelikler oluşturmaları gerekmektedir. Bu konuda eğitimler vererek halkın bu konuda bilinçlendirilmesi, farkındalık oluşturulması ve teşvik edilmesi su tasarrufu ve yönetimi konusundaki başarıyı artıracaktır. İlâveten, yerel ve üst yönetimlerin hem kendi bünyelerinde proje üretmeleri hem de diğer kamu ya da özel kurum/kuruluşlar ve sivil toplum örgütleri ile iş birliği yapmaları önemlidir. Bu tür uygulamaların yaygınlaşması, suyun verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayarak doğal su sarfiyatını düşürebilir ve çevresel sürdürülebilirliği desteklenebilir.

TEŞEKKÜR /BİLGİLENDİRME

Bu çalışmanın özeti, ICASEM IV Uluslararası Uygulamalı Bilimler, Mühendislik ve Matematik Kongresi'nde, 20.10.2022 tarihinde sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Aladenola O, Adeboye OB (2010) Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water Resources Management*, 24: 2129-2137.
- Alvarez ANR, De-la-Motaa IF, Anguiano FIS (2024) Smart rainwater harvesting service design. *Procedia Computer Science*, 232: 465–472.
- Doğaroğlu B, Yurdusev MA (2019) Sifonik yağmur suyu drenaj sistemi tasarımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(8): 945-948.
- Eren B, Aygün A, Likos S, Damar Aİ (2016) Yağmur suyu hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe kampüs örneği. *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES)*, 3-5 November, Antalya.
- Ertop H, Kociecka J, Atılgan A, Liberacki D, Niemiec M, Rolbiecki R (2023) The importance of rainwater harvesting and its usage possibilities: Antalya example (Turkey). *Water*, 15: 2194.

- Kantaroglu Ö (2009) Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 06-09 Mayıs 2009 İzmir Seminer Bildirisi: 1147-1151 http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d002865fb_e0e7b2_ek.pdf, Erişim Tarihi: 22.11.2022.
- Karaman S, Gökalp Z (2010) Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3 (1): 59-66.
- Oweis T, Prinz D, Hachum A (2001) Water harvesting: indigenous knowledge for the future of the drier environments. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
- Pamuk Mengü G, Akkuzu E (2008) Global water crisis and water harvesting techniques. ADU J. Fac. Agric., 5: 75-85.
- Sevimli A (2021) Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Şahin İN, Manioğlu G (2011) Binalarda yağmur suyunun kullanılması. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 125(9): 21-32.
- Şimşek E (2019) Tesisat teknolojisi. Çukurova Üniversitesi, myo.kilis.edu.tr/duyuru/yapi_tesisat_bilgisi.pdf., Erişim Tarihi: 04.11.2019.
- Tanık A, Öztürk İ, Cüceloğlu G (2015) Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ve yağmur suyu hasadı sistemleri, Ankara, 130.
- Temizkan S, Tuna Kayılı M (2021) Yağmur suyu toplama sistemlerinde optimum depolama yönteminin belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Örneği. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 8 (14): 102-116.
- URL-1, <https://www.unwater.org/water-facts/water-and-climate-change>, Erişim Tarihi 18.11.2022.
- URL-2, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217383>, Erişim Tarihi 22.11.2022.
- URL-3, https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/05/analytical_brief_oct2013_web.pdf, Erişim Tarihi 20.11.2022.
- URL-4, <https://maabir.com/yagmur-suyu-toplama/>, Erişim Tarihi 22.11.2022.
- URL-5, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23722&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim Tarihi 28.11.2022.
- URL-6, [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=45500#:~:text=T%C3%BCrkiye%20n%C3%BCfusu%2084%20milyon%20680%20bin%20273%20ki%C5%9Fi%20oldu&text=Adrese%20Dayal%C4%B1%20N%C3%BCfus%20Kay%C4%B1t%20Sistemi%20\(ADNKS\)%20sonu%C3%A7lar%C4%B1na%20g%C3%B6re%2C%20%C3%BClkemizde,%2C'%C3%BCn%C3%BC%20kad%C4%B1nlar%20olu%C5%9Fturdu](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=45500#:~:text=T%C3%BCrkiye%20n%C3%BCfusu%2084%20milyon%20680%20bin%20273%20ki%C5%9Fi%20oldu&text=Adrese%20Dayal%C4%B1%20N%C3%BCfus%20Kay%C4%B1t%20Sistemi%20(ADNKS)%20sonu%C3%A7lar%C4%B1na%20g%C3%B6re%2C%20%C3%BClkemizde,%2C'%C3%BCn%C3%BC%20kad%C4%B1nlar%20olu%C5%9Fturdu), Erişim Tarihi:22.11.2022.
- URL-7, http://cografyaharita.com/haritalarim/4I_istanbul_ili_haritasi.png, Erişim Tarihi 03.01.2024.
- URL-8, https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/%c4%b0stanbul_t%c3%bcckkiye_745044, Erişim Tarihi 24.11.2022.
- URL-9, <https://sutema.org/yagmur-hasadi>, Erişim Tarihi: 06.02.2022.
- URL-10, <https://www.temmuzmuhendislik.com/duyurular/19-yagmur-suyu-hesabi.html>, Erişim Tarihi 10.11.2022.
- URL-11, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL>, Erişim Tarihi 10.11.2022.
- URL-12, <https://www.renewableenergyhub.co.uk/articles/commercial-rainwater-harvesting/>, Erişim Tarihi: 20.03.2024.
- URL-13, <https://www.turkiyeajans.com/asik-veysel-rekreasyon-alaninda-yagmur-suyu-hasadi-basladi/>, Erişim Tarihi 20.03.2024.
- URL-14, <https://www.egeligazete.com/haber/izmir-de-bin-metrekaresinin-uzerindeki-yapilarda-yagmur-suyu-hasadi-ve-yesil-cati-uygulamasi-getirildi/46945#:~:text=,> Erişim Tarihi 20.03.2024.
- URL-15, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/tu-rk-yecevesorunlariveoncel-kler-_2020-20210401124420.pdf, Erişim Tarihi: 22.11.2022.
- Worm j, Van Hattum T (2006) Rainwater Harvesting for domestic use. Agrodok 43. Agromisa Foundation and CTA. Wageningen. The Netherlands. 82. ISBN Agromisa:90-8573-053-8, ISBN CTA: 92-9081-330-X.