

Su İçin Doğa Temelli Çözümler: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi için Sürdürülebilir Yağmur Suyu Uygulamaları ve Potansiyel Kazanımlar

Nature Based Solutions for Water: Sustainable Stormwater Management Practices and Potantial Benefits for Tekirdağ Namık Kemal University

 Meltem Güneş TİGEN¹

Özet

İklim değişikliğinin etkilerinin belirginleşmesi ve kentleşmenin hızlanması, yağmur suyu yönetimini kentsel alanlar için kritik hale getirmiştir. Bu çalışmada, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Değirmenaltı Yerleşkesi'nde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi ve doğa temelli çözümler incelenmiştir. Doğa temelli çözümler, su kaynaklarının korunmasında yenilikçi ve sürdürülebilir yaklaşımlar sunarak kentsel çevrelerin ihtiyaçlarına yanıt vermektedir. Çalışmanın amacı, yerleşkede sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin uygulanabilirliğini değerlendirmektir. Araştırma; literatür taraması, veri toplama ve analiz olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Yerleşkedeki yağmur suyu hasadı potansiyeli değerlendirilmiş ve yüzey akışın yeraltı su kaynaklarına yönlendirilmesi için çatı bahçeleri, yağmur bahçeleri ve yağmur suyu hasadı yöntemleri önerilmiştir. Bulgular, yüzey akış miktarının hesaplanarak yağmur suyu yönetiminin önemini ortaya koyduğunu, çatı alanlarının %18,56 oranında su tasarrufu sağlayabileceğini ve doğa temelli çözümlerle yeraltı su kaynaklarının korunup kentsel dirençliliğin artırılabilirliğini göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, hem su tasarrufu sağlamayı hem de yeşil alanları genişletmeyi ve dirençli bir altyapı oluşturmayı hedeflemektedir. Önerilen çözümler, düşük maliyetli, çevre dostu ve sürdürülebilir bir model sunarak, kentsel alanlarda su yönetimini iyileştirme ve ekolojik dengeyi koruma potansiyeli taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğa temelli çözümler, Yağmur suyu yönetimi, Yüzey akış miktarı, Yağmur suyu hasadı.

Abstract

As the impacts of climate change become more pronounced and urbanization accelerates, stormwater management has become a critical issue for urban areas. This study investigates sustainable stormwater management practices and nature-based solutions implemented at the Tekirdağ Namık Kemal University Değirmenaltı Campus. Nature-based solutions provide innovative and sustainable approaches to water resource conservation, effectively addressing the demands of urban environments. The primary objective of this study is to assess the applicability of sustainable water management strategies on the campus. The research was conducted in three phases: literature review, data collection, and analysis. The stormwater harvesting potential of the campus was assessed, and strategies such as green roofs, rain gardens, and rainwater harvesting were proposed to redirect surface runoff to groundwater resources. The findings indicate three key aspects: first, the calculation of surface runoff volume underscores the critical importance of effective stormwater management. Second, rooftop areas have the potential to contribute to 18.56% of the campus's annual water savings. Finally, nature-based solutions can play a significant role in protecting groundwater resources while enhancing urban resilience. In conclusion, this study aims to advance water conservation, expand green spaces, and establish resilient infrastructure. The proposed solutions offer a cost-effective, environmentally friendly, and sustainable model that can enhance stormwater management in urban areas while preserving ecological balance and providing significant aesthetic and functional benefits.

Keywords: Nature-based solutions, Stormwater management, Surface runoff volume, Rainwater harvesting.

Geliş Tarihi: 08.10.2024, Düzeltme Tarihi: 06.12.2024, Kabul Tarihi: 08.12.2024

Adres: ¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu

Adres: ²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

E-mail: aytac@ktu.edu.tr

1. Giriş

İklim değişikliğinin etkilerinin artmasıyla birlikte, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi özellikle kentleşmenin hızla arttığı bölgelerde kritik bir konu haline gelmektedir. Kentleşme, geçirimsiz yüzeylerin çoğalmasına neden olmakta, bu durum su döngüsünü bozarak yönetimini zorlaştırmaktadır (Hamidi ve ark., 2023; Oke, 1997; Pataki ve ark., 2011). Bu bağlamda, doğa temelli çözümler (Nature Based Solutions - NBS), ekosistem hizmetlerini güçlendirerek su yönetimine yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. NBS, doğal süreçleri kullanarak su tasarrufu sağlarken ekolojik dengeyi korumakta ve çevre dostu çözümler sunmaktadır (Ramírez-Agudelo ve ark., 2020; Coşkun Hepcan, 2022). Bu tür yöntemler, özellikle yağmur suyu yönetiminde, yüzey akışını azaltarak yeraltı su kaynaklarına yönlendirilmesini sağlayarak sel ve taşkın risklerini azaltmaktadır (Nesshöver ve ark., 2017).

Kentsel alanlarda yağmur suyunun kontrol edilmesi, diğer bir ifade ile yağmur suyu hasadı, su döngüsünün sağlanmasında ve su stresinin azaltılmasında önemli bir araç olma potansiyeli taşımaktadır (Hamidi ve ark. 2023; Kahveci ve Yıldız, 2023). Türkiye’de, su kaynaklarının korunmasına yönelik çeşitli üniversiteler ve kamu kurumları yağmur suyu hasadı ve su yönetimi uygulamalarını teşvik etmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) kampüslerinde, su verimliliğini artırmaya yönelik projeler ve altyapılar kurulmuş, yağmur suyu toplama sistemleri başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Pouya ve Pouya, 2018). Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi’ndeki bir çalışma, yerleşke için yağmur suyu toplama sisteminin su ihtiyacını karşılayabileceğini göstermektedir (Özölçer, 2016). Ayrıca, 23.06.2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri” yönetmeliği, yağmur suyu yönetimi için önemli bir yasal çerçeve sunmaktadır (Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Yönetmeliği, 2017). Bunun yanı sıra, 2023-2033 Ulusal Su Verimliliği Stratejisi, alternatif su kaynaklarının yaygınlaştırılmasını ve yağmur suyu hasadının etkin şekilde kullanımını öncelikli hedefler arasında belirlemiştir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023). Bu stratejiler, suyun daha verimli kullanımı ve kaynakların korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

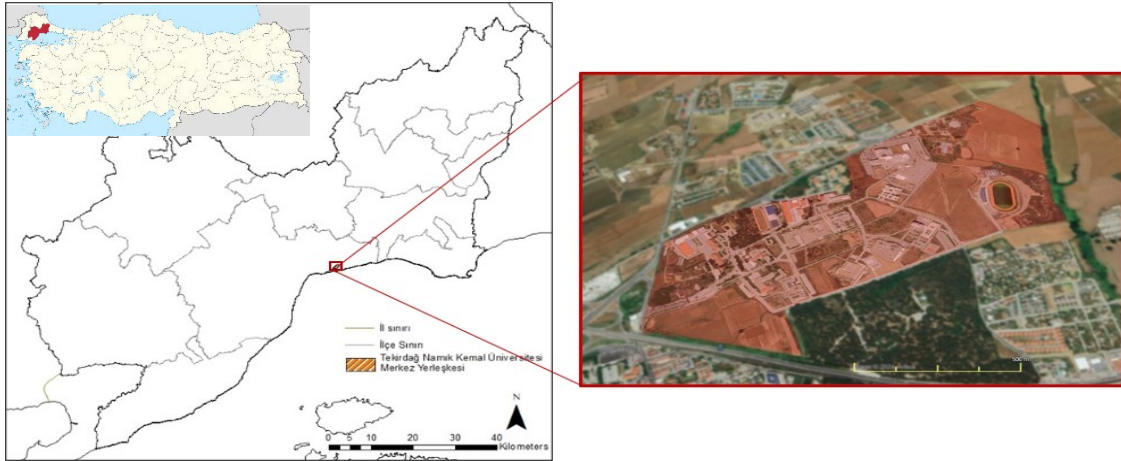
Doğa temelli çözümlerle gerçekleştirilen yağmur suyu yönetimi uygulamaları, kentleri su kıtlığına karşı daha dayanıklı hale getirmekte ve sel gibi afetlere karşı direnç kazandırmaktadır (Yaman ve Yenigül, 2022). Bu çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi (TNKÜ) Değirmenaltı Yerleşkesi’nde uygulanan sürdürülebilir yağmur suyu

yönetimi yöntemlerini incelemekte ve bu yerleşkenin geniş peyzaj alanları ile küçük bir kent modeli olarak değerlendirilebilmesi, doğa temelli çözümler için uygun bir örnek sunmaktadır. Yağmur suyu hasadı, yağmur bahçeleri, çatı bahçeleri ve geçirgen yüzeyler gibi yöntemler, hem su tasarrufu sağlamakta hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. TNKÜ Değirmenaltı Yerleşkesi, sürdürülebilir su yönetimi çözümlerinin kentsel alanlarda etkili bir şekilde uygulanabileceğini göstererek diğer üniversiteler ve kentsel alanlar için bir model oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1.1. Materyal

Çalışmanın materyali olarak, Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinde yer alan ve yaklaşık 115 hektarlık bir alanı kapsayan Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi (TNKÜ) Değirmenaltı Yerleşkesi seçilmiştir (Şekil 1). Dinlenme ve rekreasyon imkânı sunan yeşil alanlar, bahçeler ve ağaçlık alanlarla donatılmış bu yerleşkede, 9 fakülte, 3 enstitü, 1 konservatuar, 1 yüksekokul, 3 meslek yüksekokulu, çeşitli uygulama ve araştırma merkezleri, rektörlük binası, uygulama ve araştırma hastanesi, hayvan hastanesi, futbol stadyumu, atletizm pisti, açık ve kapalı spor alanları, kütüphane, yurtlar ve sosyal alanlar bulunmaktadır (Hersek, 2019; Namık Kemal Üniversitesi, t.y.).



Şekil 1. TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesi konumu (Haritanın sol tarafı yazar tarafından hazırlanmış; sağ taraf Google Earth Pro görüntüsüdür).

Tekirdağ ili, Marmara Denizi'nin kuzeybatısında az engebeli, zengin alüvyonlarla kaplı topraklar üzerinde bulunmaktadır (Tekirdağ Valiliği, t.y.). Delibaş ve ark. (2015) tarafından Tekirdağ merkezindeki büyük topraklar gruplarının sınıflandırılmasına ilişkin yapılan haritaya göre, çalışma alanının, kahverengi orman toprakları ve kireçsiz kahverengi

orman topraklarından oluştuğu ve arazi eğim ortalamasının ise % 2 olduğu saptanmıştır (Hersek, 2019).

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Değirmenaltı Yerleşkesi için sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarını belirlemeye yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında, yerleşkedeki yüzey akış miktarı hesaplanmış, yağmur suyu hasadı potansiyeli değerlendirilmiş ve uygulanabilir yönetim stratejileri belirlenmiştir. Çalışma, literatür taraması, veri toplama ve analiz olmak üzere üç ana aşamada gerçekleştirilmiştir.

Literatür taraması aşamasında, doğa temelli çözümler ve yağmur suyu yönetimi konusundaki literatür incelenmiş; kentsel alanlarda uygulanabilecek yenilikçi yöntemler araştırılmıştır. Diğer üniversite kampüslerinde yürütülen projeler ve uygulamalara dair raporlar analiz edilerek, benzer alanlarda yağmur suyu yönetimi çözümlerinin etkinliği araştırılmıştır.

Veri toplama aşamasında, yerleşkedeki fiziksel ve çevresel özellikler (Berland ve ark., 2017) incelenmiş; mevcut altyapı, topografya, toprak yapısı, geçirgen yüzeyler ve yeşil alanlar gibi faktörler dikkate alınarak yağmur suyu yönetim gereksinimleri belirlenmiştir. Yerleşke kayaç geçirimsizliği verisine ulaşamadığı için bu çalışma kapsamında bu bilgiler göz ardı edilmiştir.

Analiz aşamasında ise ilk olarak yerleşkedeki yüzey akış miktarı tespit edilmiş olup yerleşkedeki yağmur suyu yönetimi potansiyeli incelenmiştir. İkinci adımda ise, Tekirdağ iline ait uzun yıllık yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınarak yağmur suyu hasadı potansiyeli değerlendirilmiştir. Son olarak da yerleşkedeki fiziksel ve çevresel özellikler değerlendirilerek sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları için uygun alanlar belirlenmiştir.

Aşağıda sırasıyla analiz aşamasının adımları detaylandırılmıştır.

Yüzey akış miktarı: Yüzey akışı, yağmur, kar veya diğer yağışların toprağa sızmak yerine yüzeyde birikerek eğim doğrultusunda hareket etmesi olarak tanımlanabilir (Ward ve Trimble, 2003; Chow ve ark., 1988). Bu süreç, özellikle geçirimsiz yüzeylerin bulunduğu alanlarda daha belirgin hale gelerek drenaj sistemlerine yük bindirir ve taşkın riskini artırabilir (Pennington, 2012; Gülbahar, 2016). Genellikle 25 km²'den küçük alanlarda ve yağışın homojen düştüğü kabul edilen bölgelerde, yüzey akışı miktarını tahmin etmek için

“Rasyonel Yöntem” tercih edilmektedir (Wijesinghe ve Wijesekera, 2016; Taşkın ve Manioğlu, 2023). Bu çalışmada, 0.125 km²’lik yüzey alanına sahip yerleşkenin yüzeysel akış hesaplaması için Kuichling tarafından geliştirilen bu yöntemin uygun olduğu değerlendirilmiştir (Wurbs ve James, 2002). Rasyonel Yöntem’in temel denklemi ise aşağıda verilmiştir (Çalışkan, 2007; Sevimli, 2021):

$$Q = C \times I \times A$$

Bu denklemde Q yüzey akışı debisini (m³/ay); C akış katsayısını; I yağış şiddetini (mm/ay); ve A drenaj alanını (m²) temsil etmektedir.

Yerleşke alanında geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler belirlenmiş ve bu alanlar için uygun akış katsayıları, Çizelge 1’e göre atanmıştır. Çalışma alanına ait aylık yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır.

Bu analizler sonucunda, geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler için ayrı ayrı yüzey akış değerleri hesaplanmış ve yerleşke genelindeki toplam yüzey akışı miktarı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, yağmur suyu yönetimi uygulamaları için gerekli ihtiyaçlar belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada, önerilen uygulamaların detaylı boyutlandırılması kapsam dışında tutulmuştur.

Çizelge 1. Geçirimsiz yüzeyler ve yeşil alanlar için yüzey akış katsayısı değerleri.

Arazi türü	Akış katsayısı (C)	Kaynaklar
Geçirimsiz yüzeyler (beton, asfalt gib)	0.80 - 0.95 0.90	Chow (1964); USDA (1986) Çalışkan (2007); Sevimli (2021)
Yeşil alanlar	0.15-0.45	Avcı (1991); Sevimli (2021)
Orman alanları	0.25	Çalışkan (2007); Sevimli (2021)
Ziraat alanları	0.15-0.40	Avcı (1991); Sevimli (2021)

Yağmur suyu hasadı potansiyeli: Yerleşkedeki bina çatı alanlarının yağmur suyu toplama potansiyeli, çatı malzemesi, yıllık yağış miktarı ve çatı alanları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu süreçte, yerleşkeye özgü iklim verileri ve çatı yüzey özellikleri temel alınmıştır. Yağmur suyu hasadı miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (TEMA, 2017):

$$\text{Çatı Yağmur Suyu Miktarı} = \text{Toplama Alanı (m}^2\text{)} \times \text{Yıllık Yağış Miktarı (mm)} \times \text{Akış Katsayısı} \times \text{Filtre Verim Katsayısı}$$

Akış katsayısı olarak çatı yüzey türlerine göre DIN 1989 standardında belirtilen 0.8 değeri; filtre verim katsayısı olarak ise 0.9 değeri kullanılmıştır.

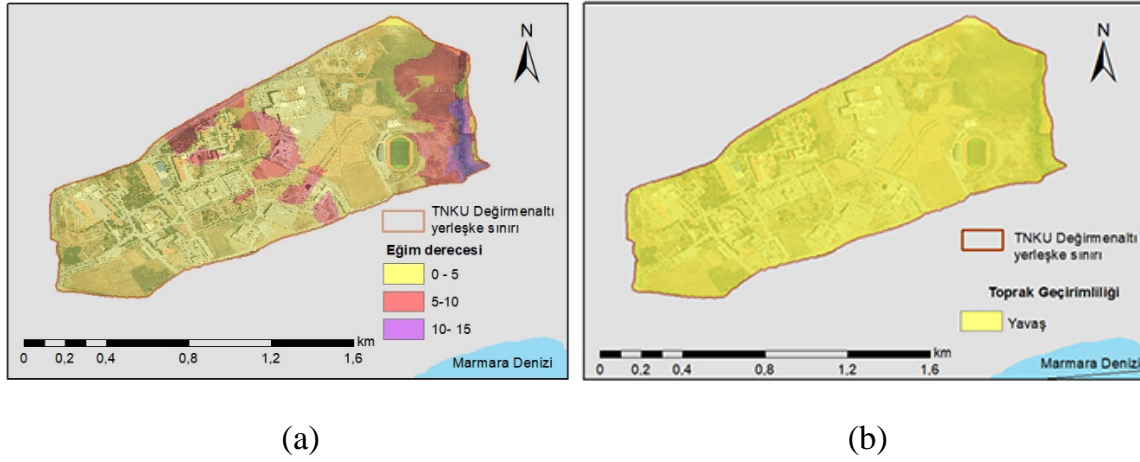
Yerleşke vaziyet planı ve Google Earth Pro programı kullanılarak yerleşke içerisindeki binaların güncel durumu tespit edilmiş ve binaların toplam çatı alanları AutoCAD 2018 programı yardımı ile hesaplanmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen toplam yıllık yağış miktarı ve bina çatı yüzeylerinde kullanılan malzeme türleri tespit edilmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan 2022 tarihli “Yağmur Suyu Hasadı Rehber Dokümanı”nda belirtilen akış katsayıları, kiremit ve beton döşemeler için sırasıyla 0.75-0.90 ve 0.60-0.80 aralığındadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2022). Akış katsayısı olarak kiremit ve beton kaplamalar için 0.8 değeri kullanılmış ve filtre etkinlik katsayısı 0.9 olarak alınmıştır. Daha sonra bina çatılarında toplanabilecek yıllık yağmursuyu miktarı, binalardaki yıllık su tüketimi ile kıyaslanarak yeşil alanların sulanması ya da bina rezervuarları gibi gri su olarak ne kadar su tasarrufu yapılabileceği saptanmıştır.

Potansiyel uygulama alanlarının belirlenmesi: Yerleşkedeki sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları için uygun alanların belirlenmesinde, Çizelge 2’de belirtilen kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre, yerleşkeye ait eğim ve toprak geçirimsizliği haritası, Şekil 2’de verilmiştir.

Analiz sonuçları, yerleşke ölçeğinde uygulanabilir sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesi için temel oluşturmuştur.

Çizelge 2. Alan seçiminde dikkate alınan faktörler.

Faktör	Açıklama
Eğim ve Topografya	Eğimli alanlar, yağmur suyunun akış yönünü belirleyerek, suyun yer altına sızmasını kolaylaştırmakta ve taşkın riskini azaltmaktadır. Bu, etkili bir yağmur suyu yönetimi için temel bir unsurdur (Benedict ve McMahon, 2006; Moser ve Huber, 2020).
Yüzey Geçirgenliği	Geçirgen yüzeyler, yağmur suyunun yer altı su kaynaklarına karışmasına olanak tanımakta ve suyun doğal döngüsünü desteklemektedir (Berland ve ark., 2017).
Mevcut Altyapı ve Peyzaj	Mevcut yeşil alanlar ve altyapı, yağmur suyu yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesini kolaylaştırmakta ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır (Cettner ve ark., 2013).
Kullanıcı Yoğunluğu ve Estetik Tasarım	Estetik ve işlevsel tasarımlar, kullanıcı deneyimini geliştirerek sosyal sürdürülebilirliği desteklemekte; estetik alanlar doğa ile bağ kurarken, işlevsel özellikler bu alanların kullanımını teşvik etmektedir (Bödeker ve Krejci, 2022).



Şekil 2. TNKÜ Değirmenaltı Yerleşkesi (a) Eğim Haritası ve (b) Toprak Geçirimsizliği Haritası.

3. Bulgular

Bu bölümde, TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi için yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen bulgular sunulmaktadır.

3.1. Yüzey akış miktarı

Yerleşke içerisindeki geçirimsiz ve geçirimli alanlar analiz edilerek yüzey akışı hesaplanmıştır (Çizelge 3). Rasyonel Yöntem kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, Çizelge 4'te sunulan verilere göre yıllık toplam yüzey akış miktarının 5130.36 m³ olduğu belirlenmiştir. Bu değer, yerleşke içerisinde etkin bir yağmur suyu yönetiminin önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 3. Ana giriş kapısı ve çevresinde bulunan geçirimli ve geçirimsiz zemin oranlarının analizi (Hersek ve Korkut, 2021).

Alan	Kategori	Alan (m ²)	Oran (%)
Geçirimli Zemin	Yeşil alanlar (Refüjler, kavşaklar)	4047	32.31
Geçirimli Zemin Toplamı		4047	32.31
Geçirimsiz Zemin	Yaya ve araç yolları	8364	66.79
	Yapılar (Giriş kapısı vb.)	111	0.90
Geçirimsiz Zemin Toplamı		8475	67.69
Tüm Alan		12523	100

Çizelge 4. Yerleşke aylık yüzey akışı miktarları.

Ay	I (mm)	Geçirimsiz Yüzey Akışı (m ³)	Geçirimli Yüzey Akışı (m ³)	Toplam Akış (m ³)
Ocak	68	518.43	82.59	601.02
Şubat	54.5	415.02	66.27	481.29
Mart	53.4	406.82	64.73	471.55
Nisan	42.1	320.88	51.12	372.00
Mayıs	37.2	283.34	45.13	328.47
Haziran	38.3	291.95	46.42	338.37
Temmuz	23.8	181.49	28.87	210.36
Ağustos	15.5	118.43	18.80	137.23
Eylül	32.7	249.68	39.69	289.37
Ekim	60.2	459.64	70.48	530.12
Kasım	74.3	567.37	87.27	654.64
Aralık	80	610.20	97.13	707.33

3.2. Yağmur Suyu Hasadı



TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde yağmur suyundan faydalanma potansiyelini en üst düzeye çıkarmak amacıyla yağmur suyu hasadı analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz kapsamında yerleşke içindeki binaların çatı alanları ve çatı malzeme türleri değerlendirilmiştir. Yerleşke içerisindeki binaların çatı alanlarının (öğrenci yurtları hariç) yaklaşık 59.730 m² olduğu belirlenmiştir.

Tekirdağ iline ilişkin Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler, yıllık ortalama yağış miktarının 580 mm olduğunu göstermektedir (MGM, 2024). Bina çatı malzemeleri ağırlıklı olarak kiremit ve beton döşemedir. Akış katsayısı olarak kiremit ve beton kaplamalar için 0.8 değeri kullanılmış ve filtre etkinlik katsayısı 0.9 olarak alınmıştır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2022). Bina çatı alanlarından toplanan yağmur suyu ve su tüketimine ilişkin dikkate alınan ölçütler ve değerleri ile bina çatı alanlarından toplanabilecek potansiyel yağmur suyu miktarını ve yıllık su tüketimiyle olan oranı, Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Bina çatı alanlarından toplanan yağmur suyu ve su tüketimine ilişkin ölçütler ve değerler.

Ölçütler	Değer (m ³)
Toplam Çatı Alanı (m ²)	59.730
Yıllık Yağış Miktarı (mm)	580
Akış katsayısı (0.8) × filtre etkinlik katsayısı (0.9)	0.72
Potansiyel Toplanacak Yağmur Suyu Miktarı	24.943
Yerleşkenin Yıllık Su Tüketimi	134.410
Yağmur Suyunun Su Tüketimine Oranı (%)	18.56

Bu verilere göre, yerleşkedeki bina çatılarında biriktirilebilecek yağmur suyu miktarının, yerleşkedeki 2023 yılına ait yıllık su tüketimi, 134.410 m³, ile karşılaştırıldığında yıllık su tüketiminin yaklaşık %18.56'sına denk geldiği belirlenmiştir. Bu oran, gri su kullanımı (rezervuar doldurma, bahçe sulama, araç yıkama gibi) için önemli bir su tasarrufu potansiyeli sunmaktadır. Bu bağlamda bina çatılarında biriken suyun depolanabilmesi için depolama tanklarının yerleştirilmesi önerilmiştir (Şekil 3). Bu tanklar, toplanan yağmur suyunun ihtiyaç duyulan dönemlerde kullanılmasına olanak tanıyacaktır. Uygulama için yerleşke içerisinde büyük çatı yüzeyleri, bina çevreleri, bahçeler, çatıdan su akışı olan alanlar önerilmiştir.

Örnek uygulama (Western Kentucky University, t.y.)	Yerleşke öneri uygulama alanı
	

Şekil 3. Depolama tankları için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Yer altı veya yer üstünde binaların çevresi ve büyük açık alanlarda depolama tanklarının kurulması, biriken yağmur suyunun depo edilerek gerektiğinde sulama veya

temizlik gibi işlemlerde kullanılması sağlanabilir. Bu tanklar, özellikle kurak dönemlerde su tasarrufunu artırmak için hem de su kaynaklarının verimli kullanımı açısından önemlidir.

3.3. Yağmur Suyu Yönetimi için Potansiyel Uygulama Alanları

TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde yağmur suyu yönetimine yönelik uygun alanlar belirlenirken, eğim derecesi, toprak geçirgenliği, mevcut altyapı ve peyzaj ile kullanıcı yoğunluğu ve estetik tasarım kriterleri dikkate alınmıştır. Bu alanlar, mevcut durumu iyileştirmek ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak amacıyla seçilmiştir.

Analizler sonucunda yerleşke genelinde toprak geçirgenliğinin "yavaş" olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yağmur suyunun doğal olarak yer altına sızma kapasitesini sınırlasada, uygun tasarımlarla bu sınırın aşılabileceği öngörülmüştür. Yavaş geçirgenliğe sahip alanlarda suyun birikerek taşkın riskini artırmaması için, suyun yönlendirilmesi ve yer altı sızıntısına olanak sağlayan doğa temelli çözümler önerilmiştir.



Yerleşke alanındaki eğim analizi, düşük eğimli alanların yağmur suyu yönetimi açısından avantaj sunduğunu göstermiştir. Düşük eğimli bölgeler, suyun hızla akarak birikmesini önlerken yer altına doğal sızmayı kolaylaştırmaktadır. Doğangönül ve Doğangönül'e göre (2009), yağmur bahçeleri için ideal eğim yaklaşık %10 olup, maksimum %12 eğime kadar uygulanabilirken, biyolojik veya bitkilerle donatılmış hendeklerde hendeğin uzunlamasına eğimi %1-2 arasında olmalıdır (Günaydın ve Cengiz, 2023). %10'a kadar olan eğimli bölgelerde ise yağmur suyu yönetimi için uygun tasarımlar uygulanabilir. Bu bağlamda, yüksek eğimli alanlarda taşkın riskini azaltmak için yönlendirme hendekleri ve biyolojik çözümlerle suyun kontrol altına alınması önerilmektedir.

Ayrıca mevcut altyapının ve peyzajın korunmasına özen gösterilmiş; bu alanlarla uyumlu olarak yağmur bahçesi, sızma hendeği, biyolojik göletler ve geçirimli yüzeyler gibi doğa temelli çözümler önerilmiştir (Cettner ve ark., 2013; Günaydın ve Cengiz, 2023).

Kaldırım kenarlarında kırık bordür uygulamaları ve ağaç çukurları gibi daha küçük ölçekli çözümler, suyun doğrudan toprağa sızmasını artırarak taşkın riskini azaltmakta ve yeşil altyapıyı desteklemektedir.

Önerilen uygulamalar, belirtilen kriterler doğrultusunda yoğun kullanım alanlarında tercih edilerek estetik ve işlevsel tasarımlar ön plana çıkarılmış, böylece hem kullanıcı memnuniyeti hem de sosyal sürdürülebilirlik sağlanmıştır. Belirlenen potansiyel uygulama alanları ve önerilen çözümler aşağıda sunulmuştur.

Yağmur Bahçesi: Yerleşke içinde eğimli alanlar, merkezi bölgeler, spor sahalarının çevresi, yaya ve bisiklet yollarının kenarındaki yeşil alanlar ile otopark kenarları ve drenaj çıkışlarına yakın bölgeler için önerilmektedir (EPA, 2021) (Şekil 4).

Örnek uygulama (Seattle University, t.y.)	Yerleşke öneri uygulama alanı
	

Şekil 4. Yağmur bahçesi için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Gölge bir alanda yer alan yağmur bahçesinde kullanılan doğal bitkiler arasında *Cercis canadensis*, *Cyrilla racemiflora*, *Aster novae-angliae* L., *Coreopsis majör* Walter, *Heuchera americana* L., *Lobelia cardinalis* L., *Lobelia siphilitica* L., *Osmunda cinnamomea* L., *Phlox divaricata* L., *Polystichum acrostichoides* (Michx.) Schott ve *Stylophorum diphyllum* (Michx.) Nutt. bulunmaktadır (Ashworth Environmental Design, 2015; Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

Sızma hendeği: Sızma hendekleri, yağmur suyunu toplayarak doğal filtrasyon sağlar ve böylece suyun yer altı su seviyelerine sızmasını destekleyerek su yönetimi ve çevresel sürdürülebilirliği artırır (Ünal ve Akyüz, 2018; Saygın ve Ulusoy, 2011). Kentsel alanlarda drenaj ve su yönetimi için önemli bir çözüm sunan bu sistem, merkezi alanlar, yaya ve bisiklet yolları, yeşil alanlar, otoparklar ve drenaj çıkışlarına yakın bölgelerde kullanılmak üzere önerilmektedir (Şekil 5).

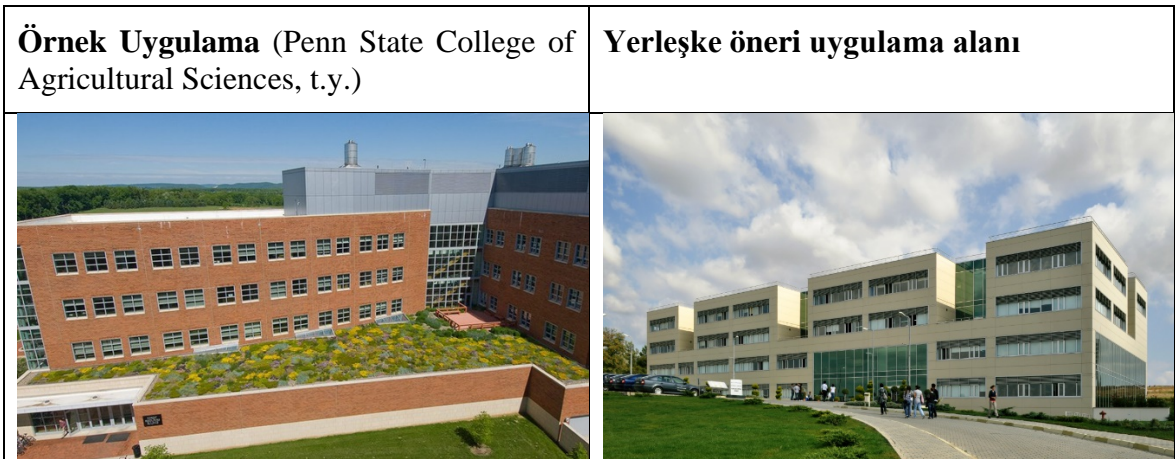
Örnek uygulama (SWMM5, 2016)	Yerleşke öneri uygulama alanları



Şekil 5. Sızma hendeği için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Çatı Bahçesi: Bu bahçeler, öğrenciler ve personelin yeşil alanlara erişimini artırmak ve çevre bilincini geliştirmek amacıyla, kütüphane, öğrenci merkezleri ve yemekhane gibi binaların çatılarında önerilmektedir. Yerleşke içerisinde halihazırda bir çatı bahçesi projesi bulunan İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde, çatı bahçesinin uygulanması önerilmiştir (Şekil 6). Bu tür uygulamalar, kentleşmenin neden olduğu çevresel sorunlara çözüm sunmakta ve sürdürülebilir kampüs tasarımında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu bahçeler yağmur suyu yönetimini kolaylaştırarak kentsel ısı adası etkisini azaltır, enerji verimliliğini artırır ve yaşam kalitesini yükseltir (Mentens, Taes ve Hermy, 2006).

Çatı bahçesi uygulamalarının önerilebilmesi için, yapısal uygunluk ve su yalıtımı konularına dikkat edilmelidir. Çatının statik taşıma kapasitesinin, bahçenin oluşturacağı ek yükleri (toprak, bitki, su) güvenle taşıyabileceği bir mühendislik analiziyle onaylanması gerekmektedir (ZinCo, t.y). Ayrıca, su yalıtımı için kök geçirmezlik özellikli membranlar kullanılmalı ve sızıntıya karşı etkin koruma sağlanmalıdır. Bu tür yalıtım önlemleri, yapı hasarlarını önleyerek çatı bahçesinin uzun ömürlü olmasını destekler (Philippi, t.y.).



Şekil 6. Çatı bahçesi için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Biyolojik Göletler: Biyolojik göletler, geniş çim alanları, hafif eğimli bölgeler, binalar arasındaki boşluklar, otopark kenarları ve drenaj çıkışlarının çevresinde uygulanması önerilen yapılar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 7). Bu yapılar, yağmur suyunu toplamak ve doğal filtrasyon sağlarken, ekosistemlerin korunmasına ve biyolojik çeşitliliğin artırılmasına katkıda bulunmaktadır (Kadlec ve Wallace, 2009).



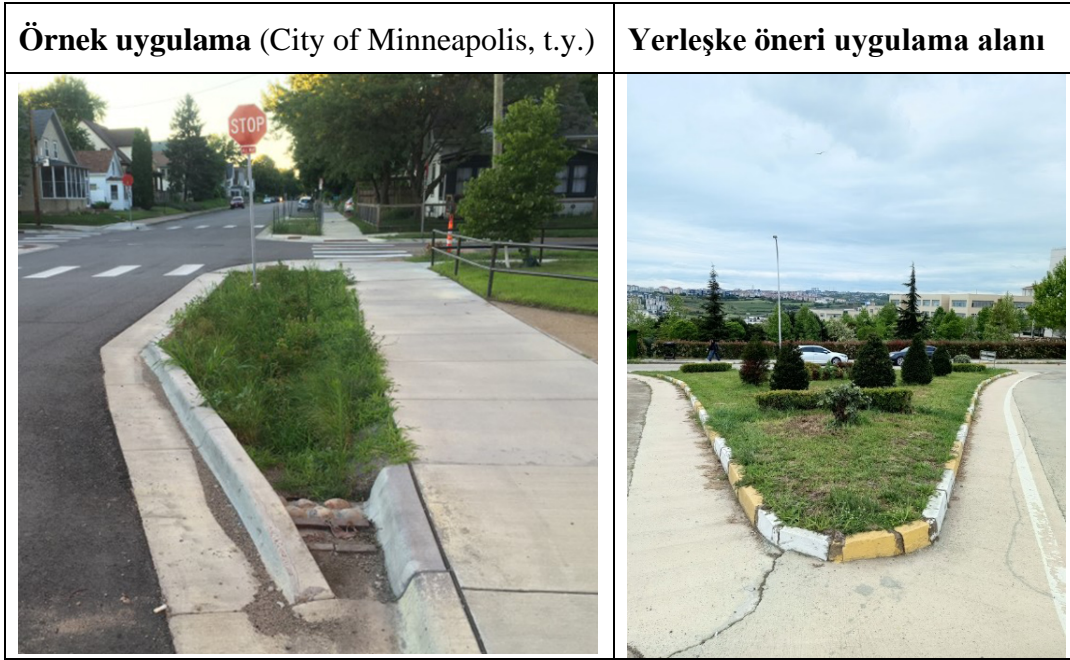
Şekil 7. Biyolojik göletler için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Geçirgen Zemin Kaplamaları: TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde bulunan 1.652.527 m²'lik alanın %38,2'sinin geçirimsiz olduğu belirlenmiştir (Hersek ve Korkut, 2021). Bu doğrultuda, yoğun kullanım alanlarında (yollar, kaldırımlar ve otoparklar) geçirgen parke taşlarının kullanılması ve yeşil alanların artırılması önerilmektedir (Şekil 8). Bu uygulama, yağmur suyunun doğrudan toprağa sızmasını sağlayarak yüzey akışıyla su kaybını azaltır ve taban suyunu beslemektedir (Scholz, 2015).



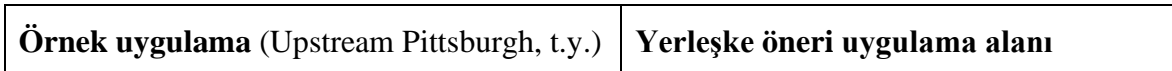
Şekil 8. Geçirgen zemin kaplamaları için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Kırık bordür uygulaması: Yerleşke içinde yol kenarları, refüjler, yaya yolları, kaldırım kenarları, otopark alanları, drenaj çıkışları ve yeşil alan sınırlarında kullanımı önerilmektedir Kırık bordürler, yerleşke içinde yol kenarları, refüjler, yaya yolları, kaldırım kenarları, otopark alanları, drenaj çıkışları ve yeşil alan sınırlarında kullanılmak üzere önerilmektedir (Şekil 9). Bu uygulama, yağmur sularının doğru bir şekilde yönlendirilmesine yardımcı olarak, su yönetimine ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.



Şekil 9. Kırık bordür için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Ağaç çukurları ve ızgaraları: Yerleşke içinde yaya yolları, kaldırım kenarları ve otopark çevrelerinde kullanımı önerilmektedir (Şekil 10). Ağaç çukurları, ağaçların sağlıklı büyümesini desteklerken, ızgaralar da zemin yüzeyinin düzenlenmesine yardımcı olmakta ve estetik bir görünüm sağlamaktadır.





Şekil 10. Ağaç çukurları için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Belirlenen uygulamalar, yerleşkenin ekolojik ve fiziksel özellikleriyle uyumlu, doğaya en az müdahaleyi içeren bir yağmur suyu yönetimi planının oluşturulmasını sağlamıştır. Önerilen bu uygulamalar, taşkın riskini azaltmayı ve yağmur suyunun daha etkin bir şekilde yönetilmesini hedeflemektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, TNKÜ Değirmenaltı Yerleşkesi'nde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi kapsamında doğa temelli çözümlerin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Yerleşke alanında gerçekleştirilen analizler, geçirimsiz ve geçirimli yüzeylerin su yönetimi üzerindeki etkilerini ortaya koymuş, Rasyonel Yöntem ile yapılan hesaplamalar sonucunda yıllık toplam yüzey akış miktarının 5130.36 m³ olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, etkin bir yağmur suyu yönetimi sisteminin yerleşke içinde uygulanmasının gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Ancak, bu çalışmada önerilen uygulamaların detaylı tasarımı ve boyutlandırması kapsam dışı tutulmuştur; bu konular gelecekteki çalışmalara yön verebilir.

Yerleşke içinde yapıların çatı alanlarında yağmur suyu hasadına yönelik yapılan değerlendirme, yıllık su ihtiyacının %18.56'sını karşılayabilecek bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Bu, yüzey akışını azaltırken yeraltı su kaynaklarının korunmasına ve su döngüsüne katkı sağlama açısından önemlidir. Geçirimsiz yüzeylerin yerine geçirgen yüzeylerin ve yağmur bahçelerinin önerilmesi, yüzey akışını kontrol altına alarak suyun toprağa sızmasını artırmakta ve doğanın doğal filtreleme kapasitesinden faydalanılmasını mümkün kılmaktadır (Koç ve Öztürk, 2012).

Yağmur suyu yönetiminde, eğim derecesi, toprak geçirgenliği, mevcut altyapı ve peyzaj özellikleri ile kullanıcı yoğunluğu ve estetik tasarım kriterleri ön planda tutulmuştur. Yerleşkedeki toprak geçirgenliği genel olarak "yavaş" olarak belirlenmiş olup, bu durum

doğa temelli çözümlerin önemini vurgulamaktadır. Özellikle düşük eğimli alanlar, suyun yer altına sızmasını destekleyerek tercih edilmiştir. Yağmur bahçeleri, sızma hendekleri, biyolojik göletler gibi doğa temelli çözümler ve geçirgen yüzeyler, suyun yüzeyde birikmeden doğal yollarla yer altına sızmasını sağlamak için etkili yöntemlerdir. Ayrıca, çatı bahçeleri ve sarnıçlar gibi yapılar, bina çatı alanlarından toplanan suyun kullanımıyla su tasarrufu sağlamak için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Yoğun kullanım alanlarında estetik ve işlevsel tasarımlar, sosyal sürdürülebilirliği artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

Yerleşke içindeki binaların büyük çoğunluğunun teras çatıya sahip olması, çatı bahçesi projelerinin uygulanabilirliği açısından bir avantajdır. Ancak, bu projelerin henüz hayata geçirilmemiş olması önemli bir eksikliklerdir. Yoğun kullanım alanlarında, örneğin kütüphane ve yemekhane çevresinde çatı bahçelerinin kurulması, kullanıcıların yeşil alanlara erişimini artırabilir ve çevre bilincini geliştirebilir.

Türkiye'de ve uluslararası alanda yapılan araştırmalar da doğa temelli çözümlerin yağmur suyu yönetimindeki etkinliğini desteklemektedir. Örneğin, Konya'da yapılan bir araştırma, geçirgen yüzeylerin yüzey akışını %25 oranında azalttığını göstermiştir (Köksal ve Uğur, 2019). Fletcher ve arkadaşları (2015) ise yağmur bahçeleri ve geçirgen yüzeylerin sürdürülebilir su döngüsü yönetimindeki önemini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, doğa temelli çözümler hem su tasarrufu sağlama hem de yerleşkenin ekolojik ve estetik değerini artırma açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu çözümler, yalnızca TNKÜ yerleşkesinde değil, diğer üniversite kampüslerinde ve kentsel alanlarda da örnek teşkil edebilir. Türkiye ve uluslararası literatürdeki bulgular, bu tür uygulamaların su kaynaklarının korunması, su döngüsüne katkı sağlanması ve iklim değişikliğine karşı daha dirençli yerleşimler oluşturulması açısından önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi stratejilerinin benimsenmesi, gelecekteki ekolojik sürdürülebilirlik hedefleri için kritik bir adım olacaktır.

Bilgilendirme

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

Kaynaklar

- Ashworth Environmental Design. (2015). *Rain gardens for Nashville—Make the most of the rain that falls on your property*. The Nashville District of the US Army Corps of Engineers and the Metropolitan Government of Nashville and Davidson County's Department of Water and Sewerage Services. p. 18.
- Avcı, İ. (1991). *Hidrolojik analiz ve tasarım*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162, 167-177.
- Bödeker, S., & Krejci, M. (2022). The impact of urban green spaces on social interaction and well-being: Evidence from a systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 69, 127462.
- Buesking, N. (2014). *Green tech review: Utilizing permeable pavements wisely in the landscape*. Land8. <https://land8.com/green-tech-review-utilizing-permeable-pavements-wisely-in-the-landscape/>.
- Cettner, A., Ashley, R., Hedström, A., & Viklander, M. (2013). Sustainable development and urban stormwater practice. *Urban Water Journal*, 10(3), 185-197. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2013.768683>
- Chow, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- City of Minneapolis. (t.y.). *Green stormwater infrastructure. Sustainable Development Goals - Minneapolis*. <https://sdg.minneapolismn.gov/design-guidance/boulevards-and-furnishings/green-stormwater-infrastructure> (Erişim tarihi: 14.09.2023)
- Coşkun Hepcan, Ç. (2022). “Doğa Temelli Çözümler ve Kentsel Dirençlilik”. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 1(2), 19-40.
- Çalışkan, U., 2007. ‘Karayolu ulaşım ağlarında yüzeysel drenaj sistemleri ve hidrolik tasarım esasları’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Delibaş, L., Bağdatlı, M. C., Danışman, A. (2015). Topoğrafya ve bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında analiz edilerek ceviz yetiştiriciliğine uygun

- alanların belirlenmesi: Tekirdağ ili merkez köyleri örneği. *GÜFBED/GUSTIJ*, 5(1), 50-59.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542.
- Gülbahar, N. (2016). A comparison study of some flood estimation methods in terms of design of water structures. *International Journal of Engineering Technologies*, 2(1), 8-13.
- Günaydın, N., & Cengiz Taşlı, T. (2023). Üniversite yerleşkelerinde sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarının belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU Journal of Agriculture Faculty)*, 11(2), 306-319.
- Hamidi, M.N., Hamidi, N., Işık, O., Güven, H., Özgün, H. & Erşahin, M.E. (2023), Sürdürülebilir Yağmur Suyu Hasadı, *İTÜ Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(2), 97-110.
- Hersek, G. (2019). ‘Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkez Yerleşkesinin kurakçıl peyzaj tasarım yaklaşımına göre irdelenmesi’. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Hersek, G. ve Korkut, A. (2021). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Yerleşkesinin Kurakçıl Peyzaj Tasarımı Bağlamında İrdelenmesi. *Artium*, 9(1), 1-10.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands* (2nd ed.). CRC Press.https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition_0.pdf
- Kahveci, B. & Yıldız, N.E. (2023). Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Belirlenmesi; Niğde Kenti Örneği. *Kentsel Tasarım Öğelerine Mimari Bakış (s. 7-32)*. Ankara: Bidge Yayınevi.
- Koç, M., & Öztürk, H. (2012). Geçirimsiz yüzeylerin alternatifleri: Yağmur bahçeleri. *Peyzaj Mimarlığı Dergisi*, 5(2), 60-72.
- Köksal, A., & Uğur, B. (2019). Geçirgen yüzey kullanımı ile yüzey akışının azaltılması: Konya örneği. *Çevre Bilimleri Dergisi*, 18(2), 88-95.
- Mentens, J., Taes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*, 77(3-4), 217-226.

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). *İl ve ilçeler istatistik: Tekirdağ*.
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=TEKIRDAG>
- Moser, R., & Huber, M. (2020). Infiltration on sloping terrain and its role on runoff generation and slope stability. *Journal of Hydrology*, 586, 124-140.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124140>
- Müftüoğlu, V., & Perçin, H. (2015). Yağmur bahçesi: Sürdürülebilir kentsel yağmur suyu yönetimi kapsamında. *İnönü University Journal of Art and Design*, 5(11), 27-37.
<https://doi.org/10.16950/std.34364>
- Namık Kemal Üniversitesi. (t.y.). *Engelsiz Üniversite*.
<http://aday.web.nku.edu.tr/EngelsizUniversite/0/s/16055/20889> (Erişim tarihi: 03.01.2024)
- Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., & Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, 579, 1215–1227.
- Oke, T. R. (1997). Urban climates and global environmental change. In R. D. Thompson & A. Perry (Eds.), *Applied Climatology: Principles & Practices* (pp. 273-287). Routledge.
- Özölçer, İ. H. (2016). Rainwater harvesting analysis for Bülent Ecevit University central campus. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 22-34.
- Pataki, D.E., Carreiro, M.M., Cherrier, J., Grulke, N.E., Jennings, V., Pincetl, S., Pouyat, R.V., Whitlow, T.H. and Zipperer, W.C. (2011) Coupling Biogeochemical Cycles in Urban Environments: Ecosystem Services, Green Solutions, and Misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 27-36.
- Penn State College of Agricultural Sciences. (t.y.). *Green roofs*.
<https://plantscience.psu.edu/about/facilities/green-roofs> (Erişim tarihi: 05.03.2024)
- Pennington, M. (2012). The rational method - Frequently used, often misused. In *Water New Zealand Stormwater Conference* (pp. 1-10). Wellington, N.Z.
- Philippi, P. M. (t.y.) *Introduction to the German FLL-Guideline for the planning, execution and upkeep of green-roof sites*. Retrieved from
<https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/IntroductiontotheGermanFLL2.pdf> (Erişim tarihi: 14.12.2023)
- Pouya, S., & Pouya, S. (2018). Sustainable landscaping in Istanbul Technical University. *Turkish Journal of Forest Science*, 2(1), 98-114.

- Purchase College. (t.y.). *Stormwater management infrastructure upgrades & improvements*.
<https://www.purchase.edu/live/news/5036-stormwater-management-infrastructure-upgrades-amp> (Erişim tarihi: 10.04.2024)
- Ramírez-Agudelo, N. A., Porcar Anento, R., Villares, M., & Roca, E. (2020). Nature-Based Solutions for Water Management in Peri-Urban Areas: Barriers and Lessons Learned from Implementation Experiences. *Sustainability*, 12(23), 9799.
- Saygın, N., & Ulusoy, P. (2011). Stormwater management and green infrastructure techniques for sustainable campus design. *Journal of Polytechnic*, 14(3), 223-231.
- Scholz, M. (2015). Urban runoff. In J. H. Lehr, J. Keeley, & J. Lehr (Eds.), *Urban runoff* (pp. 498-501). John Wiley & Sons.
- Seattle University. (t.y.). *Rain Gardens of SU*. <https://www.seattleu.edu/grounds/significant-gardens/rain-gardens-of-su/> (Erişim tarihi: 10.02.2024)
- Sevimli, A. (2021). *Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü örneği* Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Açık Erişim Sistemi.
<https://acikerisim.uludag.edu.tr/items/f0d0a9d1-9989-4dd2-9c25-ee9dfd6a8915>
- SWMM5. (2016). *Infiltration trench lid control for LIDs in SWMM5 and InfoSWMM*.
<https://swmm5.org/2016/09/05/infiltration-trench-lid-control-for-lids-in-swmm5-and-infoswmm/> (Erişim tarihi: 18.02.2024)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2022). *Yağmur Suyu Hasadı Rehber Dokümanı*.
<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Su%20Kaynaklar%C4%B1%20C4%B0klim%20Proje/Ya%C4%9Fmur%20Suyu%20Hasad%C4%B1%20Rehber%20Dok%C3%BCman%C4%B1.pdf> (Erişim tarihi: 02.02.2024)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023). *Değişen iklime uyum çerçevesinde su verimliliği strateji belgesi ve eylem planı (2023–2033)*. Erişim adresi: https://suverimliliği.gov.tr/wp-content/uploads/2023/09/SU-VERIMLILIGI-STRATEJI-BELGESI-ve-EYLEM-PLANI_dikey_260923.pdf
- Taşkın, H. F., & Manioğlu, G. (2023). Yerleşme tasarımında arazi kullanım oranı ve malzeme seçiminin yüzeysel akış miktarına etkisi. In 15. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi* (pp. 1-10). İzmir, Türkiye.
- Tekirdağ Valiliği. (t.y.). *Coğrafi Durum*. <http://www.tekirdag.gov.tr/cografi-durumu> (Erişim tarihi: 14.01.2024)
- TEMA Vakfı (2017). *Su Hasadı ve Yağmur Bahçeleri El Kitabı*. TEMA Vakfı Yayınları.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2021). *Rain gardens*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/soakuptherain/soak-rain-rain-gardens>
- Upstream Pittsburgh. (t.y.). Stormwater tree pits. <https://upstreamphgh.org/projects/stormwater-tree-pits/> (Erişim tarihi: 01.10.2023).
- USDA (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55)*. United States Department of Agriculture.
- Ünal, U., ve Akyüz, D. E. (2018). Yeşil altyapı uygulamaları kapsamında yağmur hendeklerinin önemi ve sürdürülebilir kent anlayışı ile değerlendirilmesi. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3(2), 55–63.
- Ward, A., & Trimble, S. (2003). *Surface water hydrology*. Cambridge University Press.
- Western Kentucky University. (t.y.). *Rainwater collection*. <https://www.wku.edu/sustainability/rainwatercollection.php> (Erişim tarihi: 04.02.2024)
- Wijesinghe, W. M. D., & Wijesekera, N. T. S. (2016). Comparison of rational formula alternatives for streamflow generation for small ungauged catchments. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 44(4), 29-36.
- Wurbs, R. A., & James, W. P. (2002). *Water Resources Engineering*. Prentice Hall.
- Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deęarj Sistemleri Yönetmeliği (2017, 23 Haziran). Resmi Gazete (Sayı: 30105). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm>
- Yaman, Ö., & Yenigül, S. B. (2022). İklim değişikliğine uyum ve etkilerinin azaltılması için doğa temelli çözümler: Kentsel tarım. *Kent Araştırmaları Dergisi (Journal of Urban Studies)*, 14 (Özel Sayı), 75-101. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1197013>.
- ZinCo. (t.y.). *Design principles for green roofs*. Retrieved from https://zinco-greenroof.com/sites/default/files/2023-02/ZinCo_Green_Roof_Basics.pdf (Erişim tarihi: 03.01.2024)