



Article Info		RESEARCH ARTICLE	ARAŞTIRMA MAKALESİ
Title of Article	<b>Evaluation of Green Infrastructure Systems within the Scope of Sustainable Rainwater Management</b>		
Corresponding Author	<b>Rukiye Duygu ÇAY</b> Trakya Üniversitesi / Mimarlık Fakültesi / Peyzaj Mimarlığı Bölümü <a href="mailto:rduygucay@trakya.edu.tr">rduygucay@trakya.edu.tr</a>		
Received Date	06.11.2020		
Accepted Date	04.12.2020		
Author / Authors	<b>Cansu KONYALI DERELİ</b> <b>Rukiye Duygu ÇAY</b>	ORCID: 0000-0002-2567-0487 ORCID: 0000-0001-9359-4028	
How to Cite	Konyalı Dereli, C. & Çay, R.D. (2020). Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Sisteminin Değerlendirilmesi: Fırınlarsırtı TOKİ Konutları (Edirne) Yerleşimi İçin Bir Öneri. <i>Kent Akademisi</i> , 13(4), Pages 668-687.		

## Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Sisteminin Değerlendirilmesi: Fırınlarsırtı TOKİ Konutları (Edirne) Yerleşimi İçin Bir Öneri

Cansu KONYALI DERELİ<sup>1</sup>

Dr. Rukiye Duygu ÇAY<sup>2</sup>

### ABSTRACT:

The existence of water resources is currently under threat due to reasons such as urbanization, population growth, climate change, and deforestation. Unplanned urbanization, increase of impermeable surfaces, destruction of existing vegetation have started to prevent the natural cycle of water. Water that cannot fulfill its natural cycle puts the existence of water at risk by not reaching groundwater. In addition, it causes floods and overflows in cities by passing to surface flow. In the face of this situation, the use of sustainable systems instead of traditional systems in today's cities has come to the fore. Many concepts have emerged within the scope of sustainable water management systems in the world. One of these concepts, green infrastructure systems, uses vegetation and soil to manage rainwater where it falls. In this way, it improves the urban air quality, provides infiltration and helps prevent floods. In the study, the concept of green infrastructure and application methods are explained. In the province of Edirne, Fırınlarsırtı TOKİ (Governmental Mass Housing Administration) Houses were selected as the study area. The study focuses on the use of vegetative elements as a solution method within the concept of green infrastructure. In this direction, the existing vegetal texture on the streets with surface flow was analyzed. By evaluating all these data, herbal suggestions are presented to keep the flow in the general condition of the area and the streets with flow.

**KEYWORDS:** Rainwater Management, Sustainable Environment, Green Infrastructure, Urban Drainage, Edirne.

<sup>1</sup> Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı [cansukonyali@trakya.edu.tr](mailto:cansukonyali@trakya.edu.tr)

<sup>2</sup> Trakya Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü [rduygucay@trakya.edu.tr](mailto:rduygucay@trakya.edu.tr)

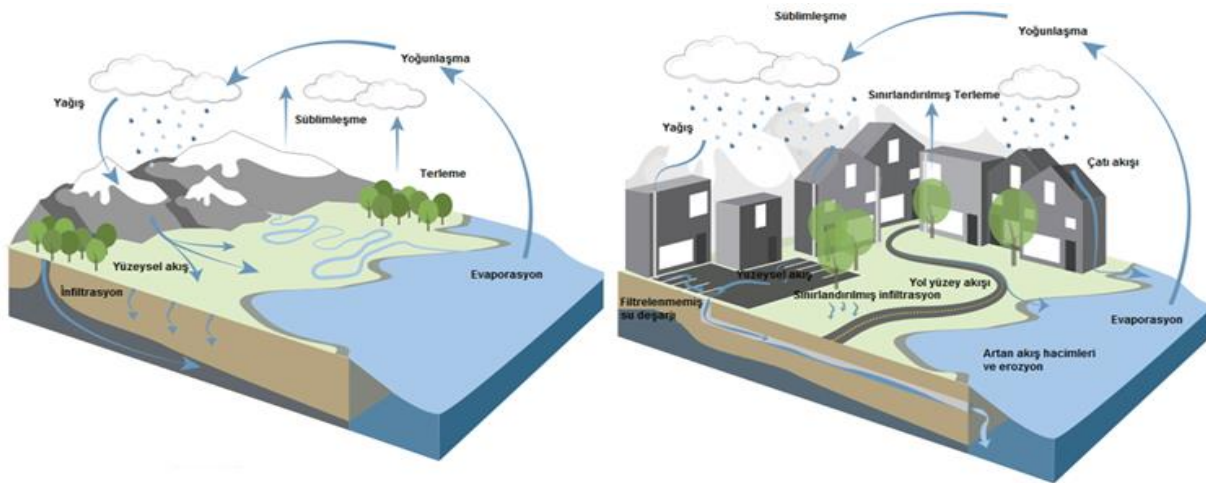
## ÖZ:

Su kaynaklarının varlığı günümüzde kentleşme, nüfus artışı, iklim değişikliği, ormansızlaşma gibi nedenlerle tehdit altındadır. Plansız kentleşme, geçirimsiz yüzeylerin artması, mevcut bitki örtüsünün yok edilmesi suyun doğal döngüsünü engellemeye başlamıştır. Doğal döngüsünü gerçekleştiremeyen su, yer altı sularına ulaşamamaya başlamıştır. Ayrıca yüzeysel akışa geçerek kentlerde sel ve taşkınlara neden olmaktadır. Bu durum karşısında günümüz kentlerindeki geleneksel sistemler yerine, sürdürülebilir sistemlerin kullanılması gündeme gelmiştir. Dünyada sürdürülebilir su yönetimi sistemleri kapsamında birçok kavram ortaya çıkmıştır. Bu kavramlardan biri olan yeşil altyapı sistemleri yağmur suyunu düştüğü yerde yönetmek için bitki örtüsü ve toprağı kullanır, bu sayede kentsel hava kalitesini artırır, infiltrasyonu sağlar ve taşkınları engellemeye yardımcı olur. Çalışma kapsamında yeşil altyapı kavramı ve uygulama yöntemleri açıklanmıştır. Alan olarak Edirne ilinde Fırınlarsırtı TOKİ (Toplu Konut İdare Başkanlığı) Konutları seçilmiştir. Çalışma, yeşil altyapı kavramı içerisinde bir çözüm yöntemi olan bitkisel öğelerin kullanılmasına odaklanmaktadır. Bu doğrultuda yüzeysel akışın olduğu caddeler üzerinde mevcut bitkisel doku analiz edilmiştir. Tüm bu veriler değerlendirilerek, alanın genel durumuna ve akışın olduğu caddelerde akışı tutmak adına bitkisel öneriler sunulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Yağmur Suyu Yönetimi, Sürdürülebilir Çevre, Yeşil Altyapı, Kentsel Drenaj, Edirne.

## GİRİŞ:

Tarih boyunca doğal döngüsünde ilerleyen su, günümüzde iklim değişikliği, ormansızlaşma, havza alanlarının tahrip edilmesi, doğal su yollarının değiştirilmesi, su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı gibi nedenlerle doğal döngüsünden sapmaya başlamıştır. Ancak insanlık tarihi boyunca en büyük olumsuz etki kentleşme ile gerçekleşmiştir (Radcliffe, 2019). Doğal havza alanlarının ve dere yataklarının kentleşmeye açılması, doğal bitki örtüsünün yok edilmesi ve yerine geçirimsiz yüzeylerin (kaldırım, otopark, asfalt yol vb.) oluşması ile birlikte döngüsünü tamamlayamayan su, kentsel alanlarda yüzeysel akışa geçmektedir (Poletto ve Tassi, 2012) (Şekil 1). Yoğun kentleşme olan bölgelerde geçirimsiz yüzeylerde akan suyun akış düzeyi ve hacmi artarak devam ederken, su toprağı sızmadığı için hızlı bir şekilde tepe akışına geçmektedir (Lau ve Mah, 2018). Kentleşmenin yoğun olduğu yerlerde akışa geçen su hasar verici taşkınlara, kuraklığa, düşük su kalitesine ve yer altı sularına olumsuz etki göstermektedir. Akışa geçen su zemin atıkları, kimyasal atıklar, yakıt atıkları vb. maddeler ile kirlenerek havzalara ağır metalleri taşımakta ve bu durumda su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır (University of Arkansas Community Design Center, 2010).



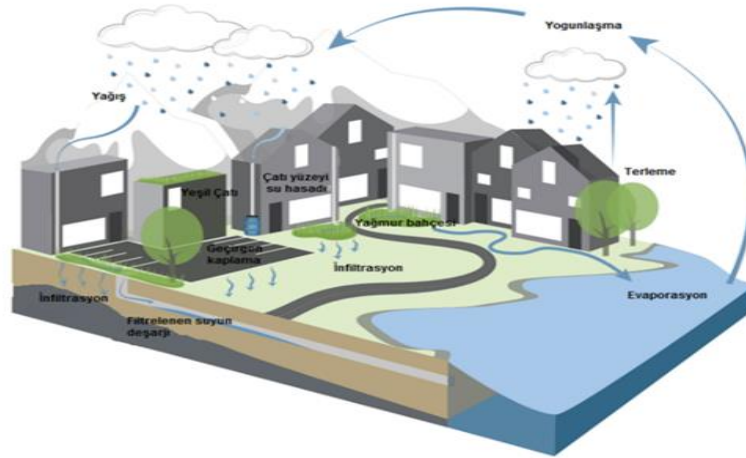
Şekil 1. Doğal su döngüsü ve kentsel alanlarda su döngüsü karşılaştırması (Rutgers, 2016)

Doğal alanların yapılaşmaya açılması ile arazilerin doğal eğim koşullarının değiştirilmesi, doğal infiltrasyon yollarını da değiştirmeye başlamıştır. Kentleşmenin artması, yapılarla işgal edilen doğal su yollarının zaman içinde akış kanallarının değişmesine, yüzeysel akışa geçen su kütlesinin artmasına, toprağın infiltrasyon yüzeylerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum kentsel gelişmenin devam ettiği ve doğru planlanmamış yerleşimlerde altyapı sistemleri

sebebi ile sel ve taşkınlarla açık hale gelmektedir (Erkal ve Topgül, 2020). Taşkınların artması ile kentlerdeki geleneksel yağmur suyu sistemleri yetersiz gelmeye ve maliyetler giderek artmaya başlamıştır. Geleneksel sistemler yağmur suyunun kentten mümkün olduğunca hızlı bir şekilde tahliye edilmesini sağlayan sistemlerdir. Bu durum yer altı sularının şarj oranlarını düşürerek kentte içme suyunu sınırlandırmaktadır. Ayrıca infiltrasyon ve evaporasyonu kısıtladığından kent iklimini olumsuz etkilemektedir. Artan kentsel gelişim ve iklim değişikliğine uyum sağlayamayan bu sistemler taşkınları da yönetemez hale gelmektedir (Hoyer vd., 2011). 1990’lardan bu yana bu problemlere çözüm bulmak adına doğal hidrolojik döngüyü taklit eden, yağmur suyunu yöneten ve taşkınları azaltmayı hedefleyen sürdürülebilir sistemler dünyanın çeşitli ülkelerinde benimsenmeye başlamıştır (Poletto ve Tassi, 2012). Bu sürdürülebilir sistemler kapsamında dünyanın farklı ülkelerinde bu konu ile ilgili farklı politikalar geliştirilmiştir. Bu kavramlar arasında Düşük Etkili Gelişme (Amerika), Yeşil Altyapı (Amerika), Su Duyarlı Kentsel Tasarım (Avustralya), Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (İngiltere), Sünger Şehirler (Çin) yer almaktadır. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi terminolojisinin gelişmesinde, dünyadaki iklim farklılıkları, yerel ve bölgesel koşullar, su yönetim anlayışları gibi nedenlerle temelde aynı fikri savunan kavramlar farklı isimlerle anılmaya başlanmıştır. Tüm bu kavramların temelde savdukları; yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması, taşkınların engellenmesi, yer altı su seviyelerinin ve doğal döngünün desteklenmesi olarak benimsenmiştir (Fletcher vd., 2014).

## 1. Yeşil Altyapı

Yeşil altyapı, ekosistem değerlerini ve işlevlerini koruyan, ekosistem hizmetlerini sunmak için tasarlanan ve yönetilen, birbirleriyle bağlantılı doğal, yarı-doğal ve kültürel alanların oluşturduğu bir yeşil alan ağıdır (Doğa Koruma Merkezi, 2019). Bu kapsamda çalışmalar yürüten ABD hükümeti Çevre Koruma Ajansı EPA (2012) tarafından kabul edilen tanımı “Yeşil altyapı, su kaynaklarını koruyan ve yağmur suyunun doğal döngüsünü ve akışını destekleyen sistemlerdir. Yapısal sistemler kullanan gri altyapıdan farklı olarak yeşil altyapı, yağmur suyunu düştüğü yerde yönetmek için bitki örtüsünü ve toprağı kullanılır. Doğal süreçleri kentsel alana entegre ederek sadece yağmur suyu yönetimini değil, aynı zamanda taşkın azaltma, hava kalitesi artırma gibi sorunlara da çözüm üretmektedir” şeklindedir. Yeşil altyapının temel prensibi, ekosistem hizmetlerini sunmak için bitkisel elemanların kullanılmasıdır (Fletcher vd., 2014) (Şekil 2). Yeşil altyapı, enerji tasarrufu, kentsel ısı adası etkisi azaltma, hava kalitesini iyileştirme, iklim değişikliği kontrolü sağlama, estetik ve rekreasyon değerini artırma ve kentsel yaşam kalitesini artırması gibi birçok ekosistem hizmeti de sağlamaktadır (Jayasuriya vd., 2007). Çalışmada yeşil altyapı uygulamalarından çatı yüzeyinden su hasadı (Sarnıç sistemi), yağmur bahçesi, bitkili su hendeği, geçirimli kaplama ve infiltrasyon hendeği yöntemlerine değinilmiştir.



Şekil 2. Yeşil altyapıda su döngüsü (Rutgers, 2016)

### 1.1. Çatı Yüzeyinden Su Hasadı (Sarnıç Sistemi)

Antik dönemlerde özellikle suya ulaşımın zor olduğu bölgelerde sarnıç sistemleri, yağmur sularını toplayıp depolayarak toplumun ihtiyaçlarını karşılamaktaydı. Tarihsel süreçte sarnıçlar ilk olarak tarımsal alanlarda sulama amacıyla kullanılmaktaydı. Şehirlerin nüfusunun artmasından dolayı sarnıçlar, temel içme suyunun biriktirilmesi nedeniyle şehirlere de inşa edilmeye başlanmıştır. Ülkemizde su sıkıntısının çokça görüldüğü ve artan nüfus ihtiyaçlarını karşılamak için çeşitli su yolları ile beslenen İstanbul şehrinde geleneksel sarnıçlara ait pek çok örnek bulunmaktadır. Sarnıçların en bilinen örnekleri 336 sütunlu İmparator Sarnıcı (Yerebatan Sarayı), 224 sütunlu Pileksenus Sarnıcı (Binbirdirek) ve Acımuşluk Sarnıcı'dır. Bunun yanı sıra eski dönemlerde sınırlı su kaynaklarının nüfusa yetersiz gelmesi nedeniyle özellikle Tarihi Yarımada'da konutların ya da sarayların bodrum katları sarnıç olarak kullanılmışlardır. Artan nüfus ve kentsel değişimle birlikte sarnıç sistemleri kullanıma kapatılarak, su teminleri baraj ve göllerden yapılmaya başlanmıştır. Sarnıç sistemlerinin günümüz kentlerine uyarlanarak teknolojik açıdan geliştirilmesi ile yağmur sularının binalarda kullanılması ve evsel tüketimin azaltılması sağlanabilir (Şahin ve Manioğlu, 2011). Bu kapsamda yağmur suları, binanın çatısından oluk sistemi ile toplanarak tesis edilen depoya iletilip burada biriktirildikten sonra artılarak ya da artırılmadan binanın içinde veya dışında kullanılabilir. Depo (Sarnıç), yer üstünde ve yeraltında olmak üzere konumlandırılabilir (Kantaroğlu, 2009). Çatılardan gelen suyun kalitesini belirleyen unsurlar çatı malzemesi, iklim koşulları ve çevreleyen ortamın bir fonksiyonudur. Çatılarda toplanacak suyun miktarı çatı malzemesinin emme özelliği, deseni ve pürüzlülüğü ile doğru orantılıdır (Doğangönül, 2009). Çatıdan filtreye gelen yağmur suyunun genellikle %90'ı depoya iletelebilmektedir. Depo (Sarnıç), yaprak tutucu elemanlara sahip olmalı, dış yüzeyi güneşini geçirmemeli, opak olmalı (bakteri üremesine engel olmak için), depo girişleri ve kanallar mutlaka sivrisinek ya da benzeri canlıların girmesine engel olacak şekilde perdelenmeli ve deponun temizlenebilmesi için erişilebilir olmalıdır. Deponun (Sarnıç) büyüklüğü; uzun yıllar içinde görülen en yüksek ve en düşük yağış oranları (mm), ihtiyaç duyulan su miktarı, yağmur suyu toplama yüzeyi alanı, filtrelerin etkinliği, estetik, kişisel tercih, ekonomik nedenler gibi etkenlere göre değişiklik göstermektedir (Şahin, 2010) (Şekil 3). Türkiye'de yağmur suyu depo (sarnıç) hacimlerinin hesaplanmasında DIN normunda (DIN, 1989) tarif edilen değerlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Çatı yüzeyinden toplanabilecek su miktarını hesaplamak için;

Yağmur suyu verimi ( $m^3$ ) = Yağmur toplama alanı ( $m^2$ ) x Yıllık yağış miktarı (mm) x 0,8 x 0,9 formülü kullanılmaktadır. Formülün açılımı ise aşağıdaki gibidir;

Yağmur toplama alanı: Binaların çatı alanlarıdır.

Yıllık yağış miktarı: Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen yıllık ortalama yağıştır.

Çatı katsayısı: Alman standartları DIN1989'da 0,8 olarak belirlenen katsayıdır. Çatıya düşen bütün yağmurun geri dönüştürülemediğini ifade eder.

Filtre etkinlik katsayısı: Alman standartları DIN1989'da 0,9 olarak belirlenen katsayıdır. Çatıdan elde edilen yağmur suyunun, görünen katı maddelerden ayrıştırılması için filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun bir miktarının buradan geçemeyeceğini hesaplamak için verilir (Tema, 2017).



Şekil 3. Yağmur suyu tankı örnekleri (City of Victoria, 2015).

## 1.2. Yağmur Bahçesi



Yağmur bahçeleri; yağmur sularının işleme tabi tutulmadan doğrudan yönlendirildiği ve üzerinde bitkilerin yetiştirildiği çok derin olmayan çukur alanlardır. Yağmur bahçesi çeşitli toprak türlerinde, farklı iklimsel koşullarda ve konut bahçesinden otopark alanlarına kadar farklı ölçeklerde tasarlanabilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018b). Yağmur bahçesi tasarlanırken; kullanılan bitkilerin alanın doğal bitki örtüsünden seçilmesi, bitkilerin suya ve kirletici maddelere karşı dayanıklı olması, uygulama alanının toprak geçirimsizliğinin tespit edilmesi ve derinliğinin belirlenmesi, yüzey akış miktarı ve drenaj alanı büyüklüğüne göre boyutlarının belirlenmesi ve alanda doğru konumlandırılmasına özen gösterilmelidir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Bir yağmur bahçesi standart olarak dört katmana sahiptir. Bunlar; bitki dikimi ve malç alanı, verimli üst toprak, çakıl ve drenaj tabakası, filtreleme ve toplama alanı olarak sıralanabilir. Yağmur bahçeleri, yüzeysel ve yüzey altı su filtreleme sistemleridir (Şekil 4). Kum filtreleri gibi çalışırlar ve yağmur suyunun kumdan geçirilmesi yoluyla su kalitesi artırması sağlarken, kirletici maddeleri uzaklaştırmak ve yağmur suyu akış hacmini azaltmak için hem bitkileri hem de filtre sistemini kullanmaktadır. Doğal bitki türleri tipik olarak aşırı kuraklık dönemlerini tolere ettiği ve kök sistemleriyle sızma ve buharlaşmayı desteklediği için bu türlerin kullanılması gerekmektedir (University of Arkansas Community Design Center, 2010).



Şekil 4. Yağmur bahçesi örnekleri (American Rivers, 2012).

### 1.3. Bitkili Su Hendeği

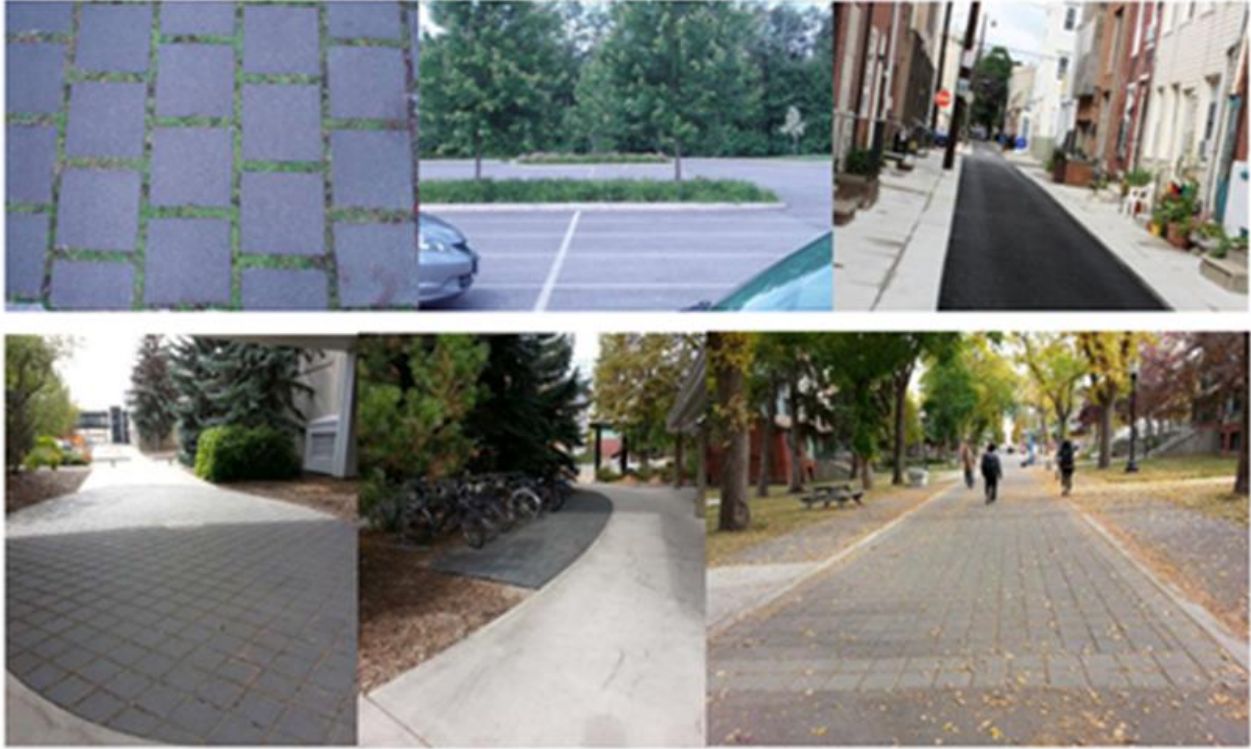
Bitkili su hendeği, zeminde bitki örtüsü ve kenar eğimleri oluşturarak yüzey akışına geçen suyu toplayan ve yavaşlatarak tahliye noktalarına ileten açık ve sığ kanallardır (Şekil 5). Sistemdeki bitkiler yüzey akışını yavaşlatarak, suyun süzülmesini ve toprakta depolanmasını sağlar (Sadeghinazhad, 2019). Su hendeğindeki kirleticilerin uzaklaştırılması temelde suyun bekletilme süresine, bitki örtüsü tip ve yüksekliğine bağlıdır. Yapılan bazı laboratuvar çalışmalarında, su hendeğinin sudaki ağır metallerin % 89 ile % 93 arasında azaltılmasını sağladıklarını göstermektedir. Gelişen şehirlerde, bitkili su hendeği ile biyolojik filtreler bir arada kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Levi, 2007). Bitkili su hendeği, park alanları dahil olmak üzere, trafiğe açık yolların çevresinde, konutların yakınında ve karayolları etrafında, otopark alanlarında uygulanabilmektedir. Ayrıca hendeğler dar olmaları nedeniyle, doğrusal tasarımdaki yeşil sokak güçlendirme projeleri için çok uygundur (Sadeghinazhad, 2019).



Şekil 5. Bitkili su hendeği uygulama örnekleri (Team Sponge, 2019).

### 1.4. Geçirimli Kaplama

Geçirimli kaplama, yüzey suyunun akış miktarını ve debisini azaltır, kentsel kirleticilerin uzaklaştırılmasını ve yağış sularının yer altı sularına karışmasını sağlar (Şekil 6). Geçirimli yüzey kaplamaları, gözenekli ve geçirgen olmak üzere ikiye ayrılır. Gözenekli kaplamalar; yüzeyinde çim veya çakıl olan gözenekli beton veya asfalttan oluşurken, geçirgen kaplamalar beton bloklardan oluşmaktadır (Demir, 2012). Geçirimli kaplamalar tasarlanırken, yağmur suyunu iyileştirmek ve tutulmasını sağlamak için yüzeylerin geçirgenlik ve depolama kapasitelerini düşünmek gerekmektedir (Levi, 2007). Geçirimli kaplamalar trafik yollarında, park alanlarında, yaya caddelerinde, meydanlarda ve spor sahalarında kullanım için uygundur (Silveira, 2002)



Şekil 6. Geçirimli kaplama uygulama örnekleri (The City of Edmonton, 2014).

### 1.5. İnfiltrasyon Hendeği

Yağmur suyu veya sulama sularının toprak profili boyunca yer çekiminin etkisi ile yüzeyden aşağı doğru inmesine infiltrasyon denir. Bir yağmur suyu drenaj yöntemi olan infiltrasyon hendeği, kirlilik kontrolü sağlamak, sel ve taşkın riskini azaltmak, yer altı su tabakasının yenilenmesine katkı sağlayarak alternatif su kaynağı oluşturmak amacıyla uygulanır (Demir, 2012). İnfiltrasyon hendekleri çakıl veya taşla dolu bir yeraltı depolama bölgesidir (Şekil 7). İnfiltrasyon hendekleri sızma hacmi orta veya yüksek topraklarda, şiddetli yağışları depolamak ve alt toprağa karışmasını sağlamak için inşa edilirler. Bu hendekler küçük drenaj alanlarında kullanılırlar. Bir yağmur suyu infiltrasyon sistemi tasarımında bilinmesi gerekenler; yer altı su tabanı seviyesi, toprağın geçirgenliği, yapıya olan uzaklığı ve bitkisel materyal ile desteklenmesi gerektiğidir. (Chahar, Graillot, Gaur, 2012). Hazne boyutunu belirlemek için doğrusal alanda gelen yağış miktarı, yıllık ortalama yağış miktarı ve süresi bilinmelidir (Creaco ve Franchini, 2012)





Şekil 7. İnfiltrasyon hendeği örnekleri (AWWA, 2019).

Günümüzde kentlerdeki nüfus artışı yeşil alan miktarının azalarak yerini hızla yapılaşmaya bırakmasına ve kent ekolojisine zarar vermenin yanı sıra su kaynaklarının da olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Kentlerde sürdürülebilir gelişimin en önemli hedeflerinden biri su kaynaklarının korunmasıdır. Bu doğrultuda yağmur suyu döngüsünü destekleyen sistemler içinde yeşil altyapı yöntemlerine değinilmiştir. Çalışmanın odaklandığı yeşil altyapı kavramının seçilmesinin nedeni, yağmur suyu hacmini azaltan, yeşil alanlar yaratarak yağmur suyundaki kirleticileri ve havayı temizleyen sistemler olarak fayda sağlamasıdır. Aynı zamanda çalışma alanında bir yeşil altyapı sistemi oluşturmanın diğer su yönetim modellerine göre daha az maliyeti ve daha kolay uygulanabilir olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma yağmur suyunun verimli kullanılarak, taşkınların engellenmesi açısından Edirne ili için bir örnek teşkil edecektir.

## 2. Araştırmanın Materyal ve Yöntemi

Edirne ili Türkiye'nin Kuzeybatısında Marmara Bölgesi'nin Trakya kısmında bulunur. 41°40' Kuzey enlemleri ile 26° 30' Doğu boylamlarında yer alır. Edirne genel karakteri itibarıyla geniş düzlükler ve basık tepelerin yer almış bulunduğu bir havzada yer almaktadır. Bu Havza, Kuzey-Doğudan Istranca, batıdan da Rodop dağlarıyla çevrilmiş bulunmaktadır. Havzanın Kuzey-Batı köşesinde Istranca ve Rodop kitlesi birbirine yaklaşır, bu ikisinin arasında ise Meriç Vadisi yer alır (Edirne Tarım İl Müdürlüğü, 2005). Çalışma alanı olarak Edirne İli özelinde Fırınlarsırtı Mevkii TOKİ (Toplu Konut İdare Başkanlığı) Konutları seçilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Çalışma alanı konumu

Edirne ili uzun yıllar yağış ortalamasına bakıldığında 602.8 mm yağış oranına sahip, en kurak geçen Ağustos ayında 23.0 mm, en yağışlı geçen Kasım ayında ise 69.7 mm yağış oranı ile yağış miktarı fazla olan bir kenttir. Son 5 yılın (2015-2019) verileri incelendiğinde ortalama 57.0 mm yağış almış olup, en yağışlı geçen Ocak ayında 99.0 mm, en kurak geçen Ağustos ayında 19.1 mm yağış rejimi görülmüştür Türkiye geneli yıllık yağış ortalaması 574 mm olduğu bilindiğine göre; Edirne yıllık yağış oranı yüksek olan kentlerden biridir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020). Edirne ili aynı zamanda kentsel yerleşim bölgesinde yer alan Meriç Nehri'ni bünyesinde bulundurmaktadır. Meriç Nehri jeomorfolojik, klimatolojik ve hidrografik tabanlı birçok sebebe bağlı olarak taşkın potansiyeli yüksek bir akarsudur. Bu sebeple Edirne ili taşkın riski taşıyan bölgeler arasında sayılabilir.

Ülkemizde sel ve su baskını olayları son yıllarda artış göstermiş, 2017 yılı içerisinde toplam 187 adet olay rapor edilmiştir. 2017 yılında en fazla sel olayı, nüfusun en fazla olduğu Marmara bölgesinde olmuştur. Marmara bölgesinde meydana gelen sel olayı sayısı 49'dur. 2000'li yıllardan itibaren sel olaylarında artışlar görülmektedir. Son 10 yılda her yıl yaklaşık olarak 50 ve daha fazla sayıda sel olayı gerçekleşmiştir. Günümüzde iklim değişikliği gibi birçok nedene bağlı olarak hava olayları şiddetli hale gelerek toplumları olumsuz etkilemeye devam etmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018).

2018 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hazırladığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporunda Edirne ilinde su kirliliğinin birinci öncelikli çevre sorunu, hava kirliliğinin ikinci öncelikli çevre sorunu olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte sanayi atıkları ve zirai atıkların kirliliğe neden olduğu belirlenmiştir. Bu durum ele alındığında sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri, yer altı sularını kimyasal atıklardan uzak bir şekilde düşüğü alanda yöneterek yer altına temiz yağmur suyu iletilmesini sağlayacaktır. Aynı şekilde yüzeysel akışa geçen suyu da havza alanlarına taşıyarak su kaynaklarının kirlenmesini engelleyecektir. Yağmur suyunu toplamak üzere tasarlanan ve revize edilen yeşil alanlarda sulama ihtiyacı en aza indirilerek sudan tasarruf etmek mümkündür. İklim değişikliği ile birlikte su kaynaklarında görülen azalma sürdürülebilir yağmur suyu yönetimini kent adına zorunlu kılmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018a).

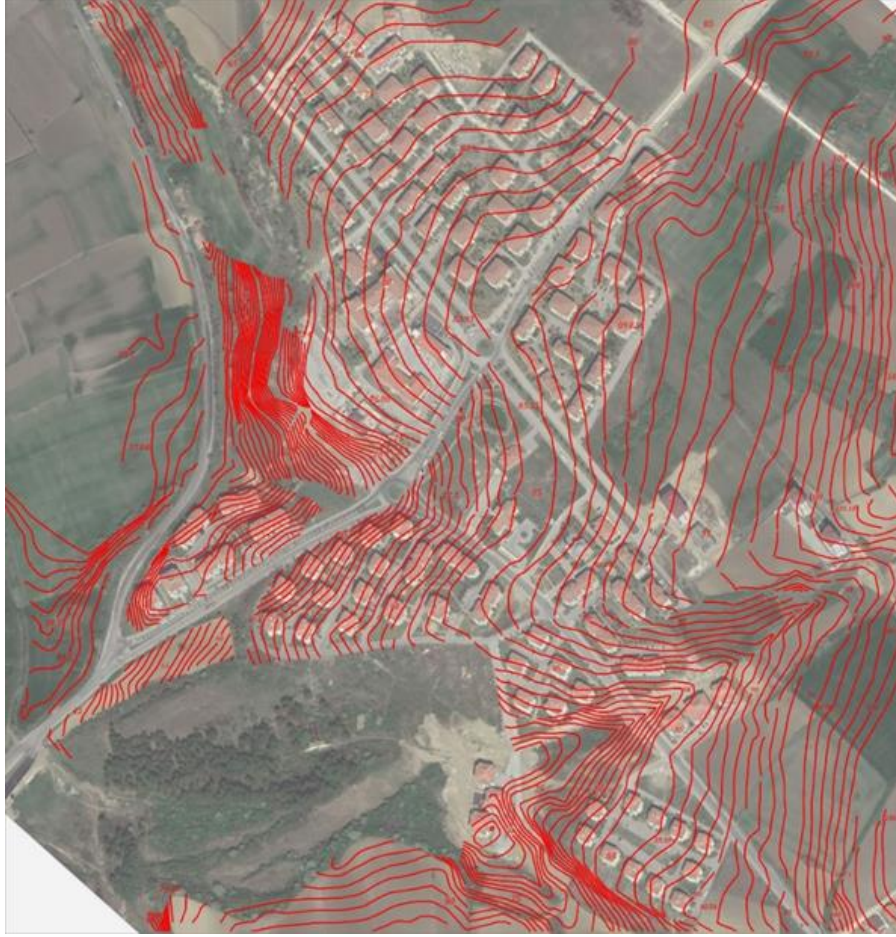
Bu kapsamda çalışmada kentsel alanlarda taşkın risklerini engellemek, yeraltı sularını desteklemek, yağmur suyunun sürdürülebilirliğini sağlamak adına sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi çözümleri ele alınmaktadır. Dünyada sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi kapsamında geliştirilen kavramlardan yeşil altyapı kavramı ve kentlerde bu kavramın uygulama yöntemleri ele alınmıştır. Edirne İli'nin Fırınları TOKİ Konutları çalışma alanı olarak belirlenmiş olup, kentsel bir alanda sürdürülebilir yağmur suyu yönetimine yönelik planlamalar yapılmış ve öneriler sunulmuştur. İlk olarak alanın topoğrafya durumu ve havza alanları haritası incelenmiştir. Kentsel yeşil alan, sert zemin ve çatı yüzeyleri tespit edilmiştir. Topoğrafya ve havzalar doğrultusunda taşkın riski taşıyan yollar belirlenmiştir. Yeşil altyapı kapsamında kentsel bir alanda bitkisel elemanlar kullanılarak yağmur suyunu yönetmek için öneriler sunulmuştur. Bu öneriler akışın olduğu yollarda doğal bitki örtüsüne uygun, az su isteyen ve sürdürülebilir bitkilerin neler olduğu ve alanda nasıl kullanılabileceğini açıklamaktadır.

### 3. Araştırmanın Bulguları

Çalışma alanı olan Fırınları TOKİ Konutları'nın yalnızca kanalizasyon altyapı sistemi ilk inşa döneminde yapılmış olup, bir yağmur suyu altyapı sistemi mevcut değildir. Binaların atık su sistemleri zemin kotundan doğrudan kanalizasyon ağına bağlandığı için yoğun yağış dönemlerinde kanalizasyon sistemi yetersiz kalmakta ve binaların bodrumlarına geri su tepmeleri yaşanmaktadır. Ayrıca çatı oluk sistemleri de doğrudan kanalizasyona verildiği için hem yağmur suları değerlendirilmemekte hem de yoğun yağış dönemlerinde yağmur suyunu da bünyesine alan kanalizasyon ağına yollara taşmalar görülmektedir (Anonim, 2020).

Alanın doğal eğim durumu yapılaşmanın getirdiği kazı ve dolgu işlemleri ile değişmiştir (Şekil 9). Yine aynı şekilde sert zeminler ve betonlaşma doğal eğimde değişikliklere neden olmuştur. Yapılaşmalar, yüzeysel drenaja bağlı olarak gerçekleşen havza bölünmesinde değişikliklere neden olarak doğal akım yönlerini de değiştirmektedir. Havza bölünmelerinin değişmesi, doğal akım birikiminin değişmesine ve drenaj yollarının dışında akış hatlarının oluşmasına neden olur.

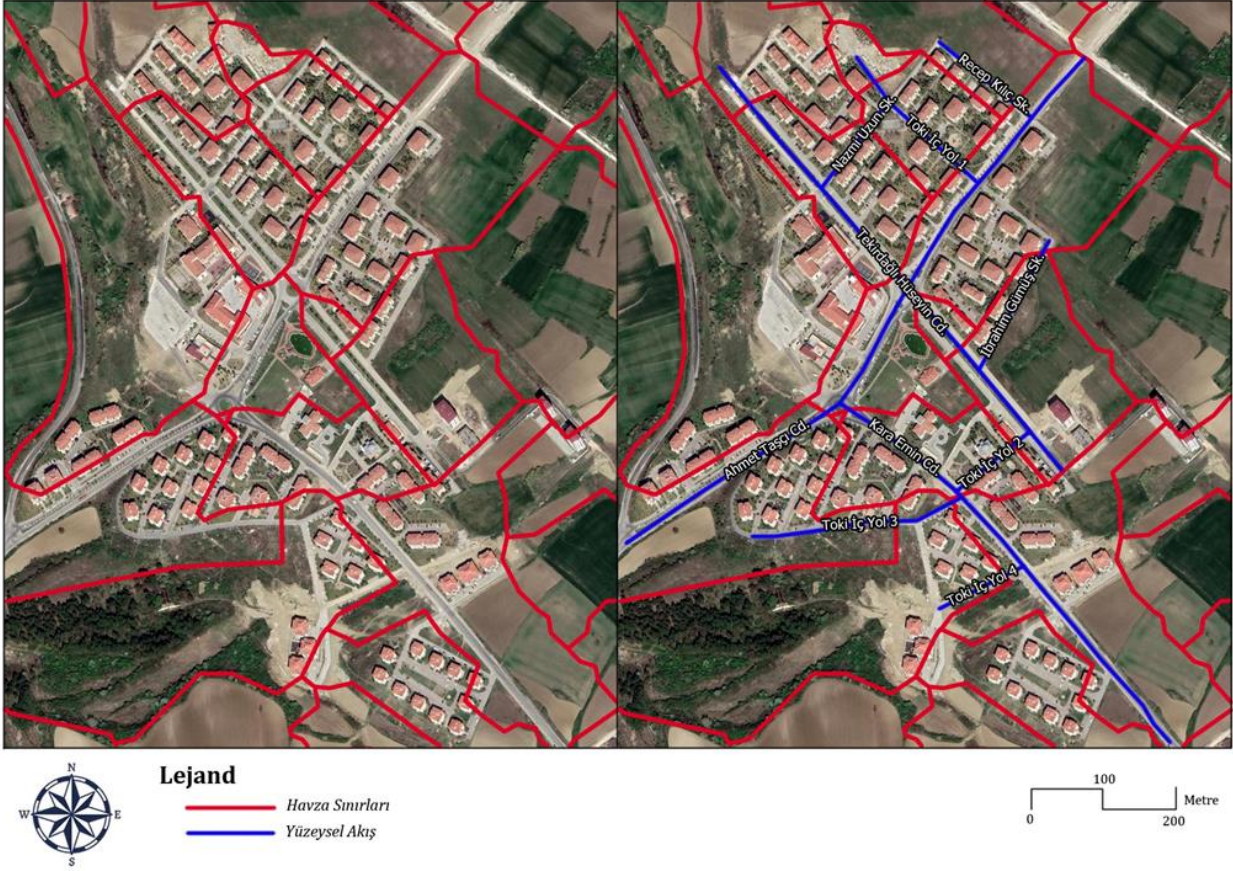




Şekil 9. Güncel topoğrafya haritası

Çalışma alanının havza planları, eğim özellikleri ve arazi incelemeleri doğrultusunda yüzeysel akışın olduğu caddeler Şekil 10'da belirtilmiştir. Bu kapsamda Ahmet Taşçı Cd., Tekirdağlı Hüseyin Cd., Kara Emin Cd., İbrahim Gümüş Sk., Recep Kılıç Sk., Nazmi Uzun Sk., TOKİ İç Yol 1,2,3,4 ele alınmaktadır (Şekil 10). Bu caddelerde ilk olarak arazi incelemeleri yapılarak mevcut durum ve bitkisel doku tespit edilmiştir. Ayrıca kentsel alanda bulunan tüm binalar, sert zeminler, yeşil alanlar miktarları ile belirlenmiştir. Bu kapsamda binalardan ve sert zeminlerden toplanabilecek yağmur suyu miktarı Yağmur suyu verimi ( $m^3$ ) = Yağmur toplama alanı ( $m^2$ ) x Yıllık yağış miktarı (mm) x 0,8 x 0,9 formülü kullanılarak su hasadı miktarları tespit edilmiştir.





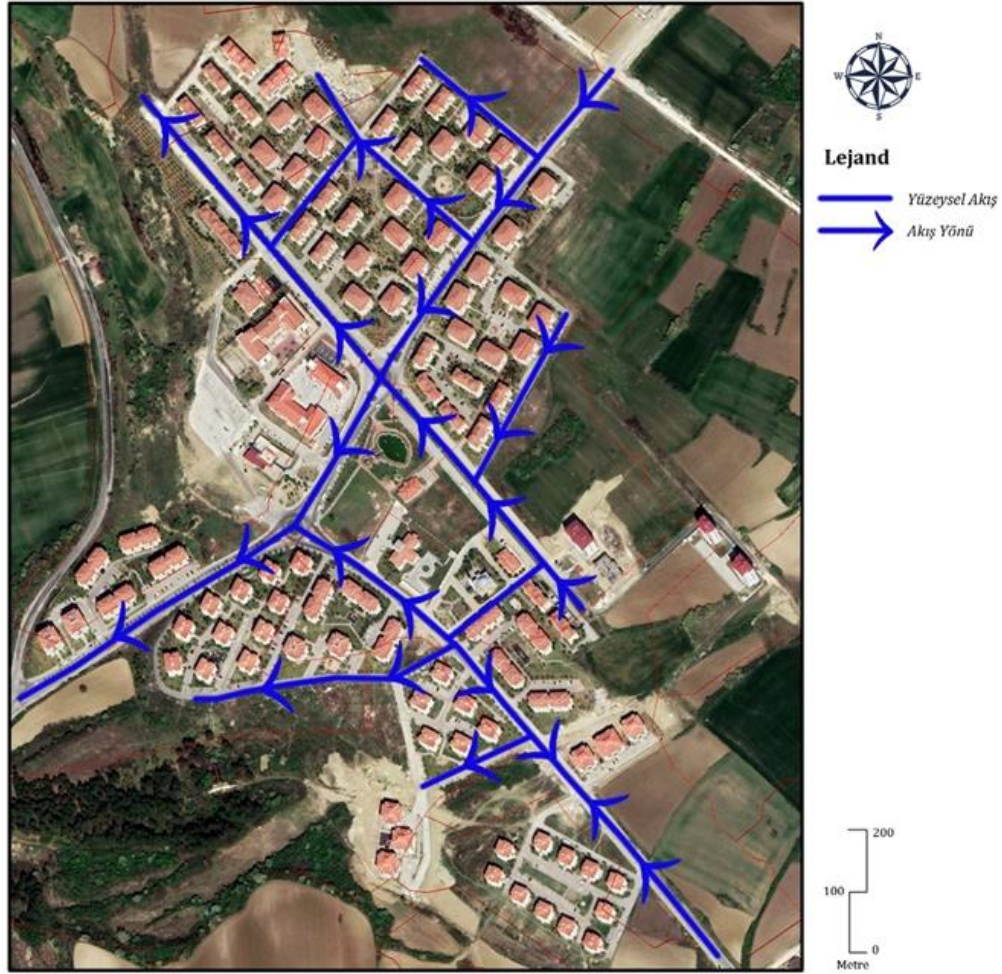
Şekil 10. Fırınlarsırtı TOKİ Konutları doğal havza sınırları ve yüzeysel akış yönleri



Şekil 11. Çalışma alanından görüntüler (Cansu Konyalı Dereli Arşivi)

Yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun kentleşme ile alanın güncel eğim özellikleri, arazi incelemeleri ve havza sınırlarına bağlı olarak belirlenen yüzeysel akış hatları ve bu akışların yönleri Şekil 12’de gösterilmektedir. Yağmur suyunu düşüğü alanda tutmayı ve yüzeysel akışa geçtiğinde kimyasal, zirai vb. atık kirliliğini de engellemek üzerine verilen önerilerde bitkisel elemanlar ile bu sorunlara çözüm üretmek amaçlanmaktadır. Akışın gerçekleştiği yollarda mevcut bitkiler tespit edilmiştir. Bu bitkilerin yeterli olup olmadığı incelenerek mevcut bitkisel yapı üzerinde iyileştirmelerin sağlanması için öneriler sunulmuştur.





Şekil 12. Fırınılarsırtı TOKİ Konutları eğim özelliklerine bağlı akış bölgelerinin yönlendmesi

Çalışma alanında yapılan arazi incelemelerine göre yüzeysel akışın olduğu caddelerin bitkisel doku durumu tespit edilmiştir. Buna göre:

- Ahmet Taşçı Caddesi: orta refüj boyunca *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), cadde boyunca ise *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Cupressus spp.* (Servi), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Thuja spp.* (Mazı) *Platanus spp.* (Çınar) *Picea spp.* (Ladin) türleri bulunmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Ahmet Taşçı Caddesi Bitkisel Doku

- Recep Kılıç Sokak: *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Ficus carica* (İncir), *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya) türleri bulunmaktadır (Şekil 14).
- TOKİ İç Yol 1: yol çevresinde iki adet park alanı bulunmaktadır. Çocuk oyun alanı bulunan parkta *Morus nigra 'pendula'* (Ters dut), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Salix spp.* (Söğüt), *Robinia pseudoacacia* (Top



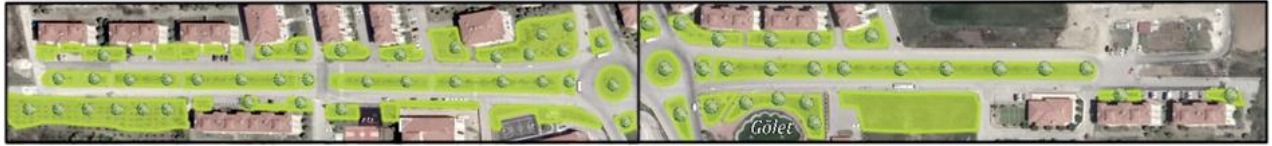
Akasya), *Cupressus spp.* (Servi), *Picea spp.* (Ladin) gibi türler yer almaktadır. Basketbol sahasının bulunduğu parkta ise; *Cupressus spp.* (Servi), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Juglans spp.* (Ceviz), *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya) türleri bulunmaktadır. Yol boyunca ise *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Pinus spp.* (Çam) yer almaktadır (Şekil 14).

- Nazmi Uzun Sokak: *Juglans spp.* (Ceviz), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Picea spp.* (Ladin), *Cupressus spp.* (Servi) türleri bulunmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Recep Kılıç Sk., TOKİ İç Yol 1, Nazmi Uzun Sk. Bitkisel Doku

- Tekirdağlı Hüseyin Caddesi: orta refüj boyunca *Thuja spp.* (Mazı), *Cupressus spp.* (Servi) türleri yer almaktadır. Ayrıca kaldırım ve binaların ön kısımlarında *Platanus spp.* (Çınar), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), ayrıca caddenin bir başında *Cedrus spp.* (Sedir) ağaç topluluğu bulunmaktadır. Alandaki Gölet parkında ise; *Tilia spp.* (Ihlamur), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Picea spp.* (Ladin), *Thuja spp.* (Mazı) türleri bulunmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Tekirdağlı Hüseyin Caddesi Bitkisel Doku

- İbrahim Gümüş Sokak: *Thuja spp.* (Mazı), *Tilia spp.* (Ihlamur), *Cedrus spp.* (Sedir), *Pinus spp.* (Çam) gibi türler yer almaktadır (Şekil 16).
- TOKİ İç Yol 2: *Cedrus spp.* (Sedir), *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Pinus spp.* (Çam), *Thuja spp.* (Mazı) türlerinin yer aldığı görülmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. İbrahim Gümüş Sk. ve TOKİ İç Yol 2 Bitkisel Doku

- Kara Emin Caddesi: cadde boyunca *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Cedrus spp.* (Sedir), *Cupressus spp.* (Servi), *Platanus spp.* (Çınar) türleri yer almaktadır (Şekil 17).



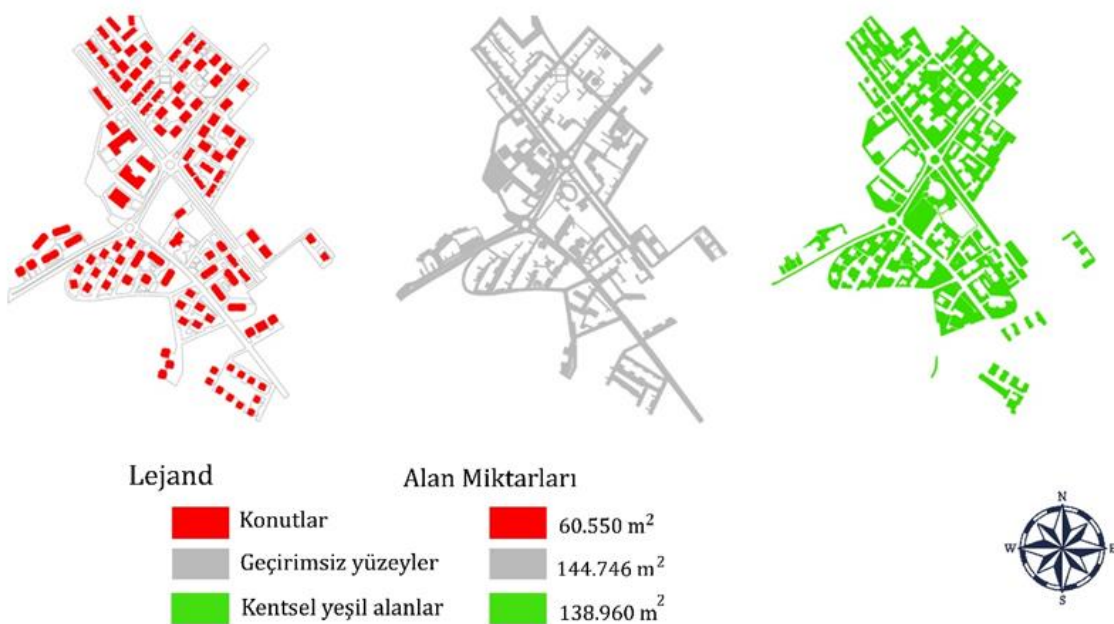
Şekil 17. Kara Emin Caddesi Bitkisel Doku

- TOKİ İç Yol 3: *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Cupressus spp.* (Servi), *Pinus spp.* (Çam), *Tilia spp.* (Ihlamur), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Cedrus spp.* (Sedir), *Picea spp.* (Ladin) türlerinin yer aldığı görülmektedir (Şekil 18).
- TOKİ İç Yol 4: *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Cedrus spp.* (Sedir) türleri yer almaktadır (Şekil 18).



Şekil 18. TOKİ İç Yol 3 ve TOKİ İç Yol 4 Bitkisel Doku

Fırınlarsırtı TOKİ Konutlarında bulunan bina çatıları, sert zeminler ve yeşil alanların miktarları, imar planları ve Google Earth güncel görüntüleri üzerinden analiz edilmiştir (Şekil 19). Bu doğrultuda çatı yüzeylerinden ve sert zeminlerden bir depo (sarnıç) yardımı ile toplanabilecek yağmur suyu miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 19. TOKİ Konutları Alan Analizi

Alandaki tüm konutların çatı yüzeylerinin toplam miktarı 60.550 m<sup>2</sup>'dir. Sert zemin yüzeyleri toplamda 144.746 m<sup>2</sup>'dir. Kentsel yeşil alanların miktarı ise 138.960 m<sup>2</sup>'dir. Buradan anlaşılacağı üzere bu yerleşim alanında sert zeminlerin miktarı kent içinde yer alan yeşil alan miktarından fazladır. Alanın çevresindeki tarım arazileri bu hesaba katılmamıştır. Çatı yüzeylerinin miktarları ele alındığında ve çatı yüzeyinden hasat edilebilecek yağmur suyu formülü uygulandığı zaman;

Yağmur suyu verimi (m<sup>3</sup>) = 60.550 m<sup>2</sup> x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 26.279.668,8 m<sup>3</sup> yağmur suyu toplanabilmektedir.

Sert zeminlerden hasat edilebilecek yağmur suyu hesaplandığında;

Yağmur suyu verimi (m<sup>3</sup>) = 144.746 m<sup>2</sup> x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 62.822.079,936 m<sup>3</sup> su hasat edilebilir. Alandaki yapılarda depolar kurularak bu miktarlarda su depolanabilir ve depolanan bu yağmur suları arıtılmadan evsel kullanım, araba yıkama, havuz doldurma, bahçe sulama gibi konularda, artırılarak ise içme suyu olarak kullanılabilirliğine uygundur.

Yeşil altyapı, yapılarda yağmur suyunu toplamak için depoları kullanırken, yağmur suyunu düşüğü yerde yönetmek için de bitki örtüsünü ve toprağı kullanılır. Yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması ve infiltrasyonun kolaylaşması adına bitkisel elemanlar tasarımda büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple Edirne kentinin ekolojik koşullarına uygun olan ve sürdürülebilir yağmur suyu tasarımlarında kullanılacak bitkiler listelenmiştir (Tablo 1). Bu bitkiler akışın olduğu bölgelerde yağmur suyunun düşüğü alanlara göre uygulanmalıdır. Doğru bir uygulama yöntemi ile bitkiler alanda yağmur suyunun iyi drene olmasını da sağlayacaktır.

Tablo 1. Edirne ilinde sürdürülebilir yağmur suyu tasarımlarında kullanılacak örnek bitkiler

Edirne İlinde Ekolojik Koşullara Uygun Yetişen Bitkiler			
	Yüksek Su Talebi	Orta Su Talebi	Düşük Su Talebi
Ağaç	<i>Fraxinus excelsior</i> <i>Cercis siliquastrum</i> <i>Catalpa bignonioides</i>	<i>Prunus cerasifera</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Cedrus deodara</i>	<i>Acer negundo</i> <i>Tilia tomentosa</i> <i>Pinus pinea</i>
Çalı	<i>Spiraea vanhouttei</i> <i>Cortaderia selloana</i> <i>Rosa chinensis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Nerium oleander</i>	<i>Artemisia absinthium</i> <i>Lavandula angustifolia</i> <i>Gaura lindheimeri</i>
Yer Örtücü	<i>Festuca glauca</i> <i>Viola tricolor</i> <i>Antirrhinum majus</i>	<i>Coreopsis grandiflora</i> <i>Oenothera speciosa</i> <i>Portulaca grandiflora</i>	<i>Sedum rupestre</i> <i>Delosperma cooperi</i> <i>Jacobaea maritima</i>

## SONUÇ

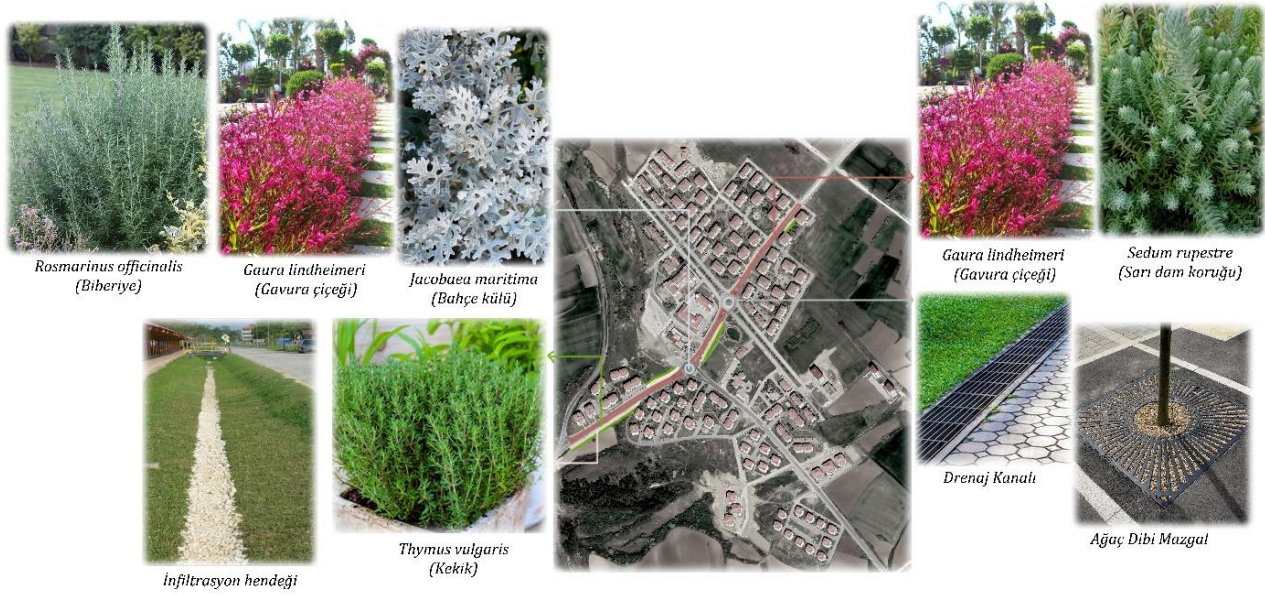
Edirne ili coğrafi, fiziksel ve jeolojik özellikleri bakımından yağışlı günlerin sayısının ve yağış miktarının fazla olduğu, ayrıca konum olarak Meriç havzasını da içinde bulundurduğundan dolayı taşkın riski yüksek olan bir ildir. Nüfus artışına bağlı olarak plansız kentleşme ile doğal arazi yapısına uygun olmayan yerleşimlerden oluşmaktadır. Ayrıca iklim değişikliği gibi çevresel nedenlerle hava olayları şiddetlenerek olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bununla birlikte temiz su kaynakları sürekli ve yoğun kullanımdan dolayı giderek azalmaktadır. Tüm bu nedenlerin yanı sıra Edirne ilinde su kirliliğinin 1. öncelikli çevre sorunu olması ve hava kirliliğinin de 2. öncelikli çevre sorunu olması bu alanda sürdürülebilir çözümlerin hayata geçirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu kapsamda kentsel alanlarda bir pilot çalışma görevi görmesi açısından Fırınlısırtı TOKİ Konutları seçilmiştir. Fırınlısırtı TOKİ Konutlarında yapılan incelemeler doğrultusunda yapılaşmanın gelişime açık olduğu ve gelecek dönemlerde konutların artacağı öngörülmektedir. Yapılar ve sert zeminlerin artması doğal döngünün değişimini de arttıracaktır. Bu sebeple yüzeysel akışın olduğu bölgelerde sürdürülebilir yağmur suyu yöntemleri kullanılması akılcı olacaktır. Yüzeysel akış olan caddelerde peyzaj tasarımına yönelik bitkisel öneriler verilmiştir.

Çalışma alanında ki tüm konutlarda, geçmişte de kullandığımız sarnıç sistemi ile günümüze ve binalarımıza modernize edilerek yağmur suyunu toplamak için depolar yapılabilir. Bu depolar binaların içine filtrelenerek içme ve kullanma suyu olarak verilebilir, ya da depolanan su bahçe sulama, araç yıkama gibi konularda şebeke suyundan oldukça tasarruf edilmesini sağlayacaktır. Sert zeminler açısından da belirlenen yüzeysel akışın olduğu caddelerin



köşelerinde drenaj kanallarına yer verip, yol eğimini bu kanallara doğru yönlendirerek akış suyunun bu drenaj kanalları doğrultusunda belirli bir bölgede toplanıp bir yer altı deposu ile depolanarak yeniden kullanımına izin verilebilir. Alanda gelecek yıllarda yapılması planlanan yollarda asfalt zemin yerine, yağmur suyunun infiltre olmasını sağlayan geçirgen yol kaplama malzemelerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca alandaki tüm kaldırımlarda mevcut ağaçlara ağaç dibi mazgallarının ve suyu tutacak bitki kutularının uygulanması, yağmur suyunun kaldırımlarda ağaçlar tarafından yüksek miktarda tutulmasına izin verecektir.

- ✓ Ahmet Taşçı Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilir kullanımı için; cadde boyunca orta refüjde bitkili su hendeği yapımı önerilmiştir. Orta refüj boyunca *Fraxinus spp.* (Dişbudak) ağacı mevcut olup, buna ek olarak *Gaura lindheimeri* (Gavura çiçeği) ve *Sedum rupestre* (Sarı dam kuruğu) kullanılması yüzeysel akışı azaltacaktır. Ayrıca dönel kavşaklarda ise *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Gaura lindheimeri* (Gavura çiçeği), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) kullanılarak önerilen yağmur bahçesi ile suyu bir merkezde tutarak akışı azaltmak hedeflenmiştir. Caddede akışın en son ulaştığı bölümlerde infiltasyon hendeği ve *Thymus vulgaris* (Kekik çalısı) türü kullanımı önerilmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Ahmet Taşçı Caddesi Önerileri

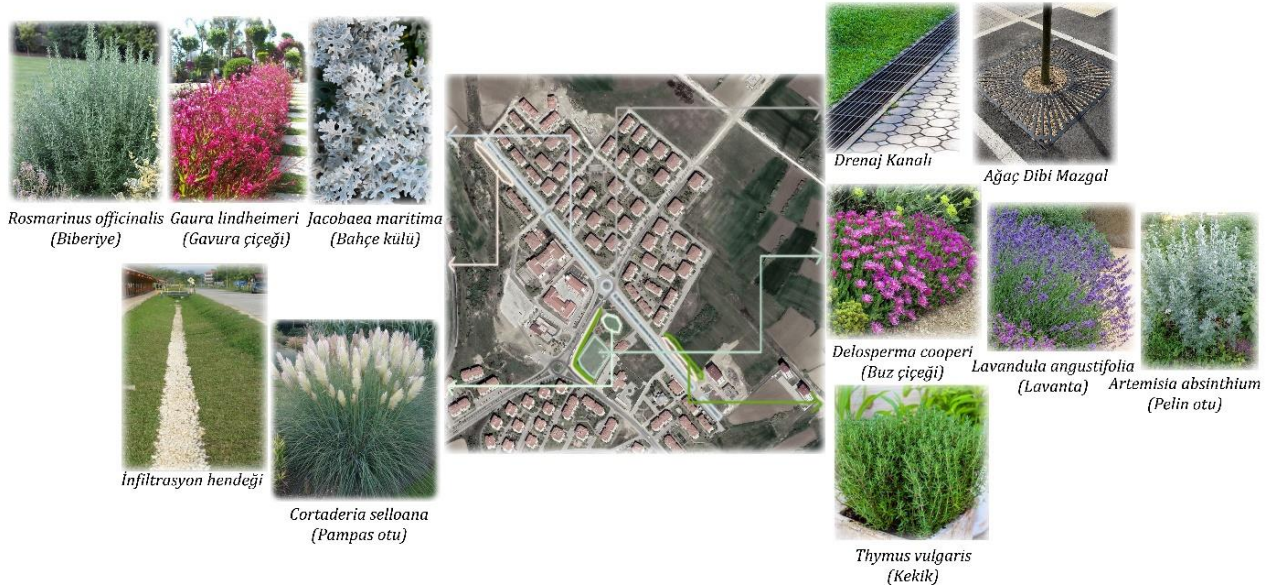
- ✓ Recep Kılıç Sokak, TOKİ İç Yol 1 ve Nazmi Uzun Sokak için topoğrafik özellikler ve akış durumlarına göre önerilerde bulunulmuştur. Recep Kılıç Sokakta ana yoldan gelen akış doğrultusunda infiltasyon hendeği ve *Thymus vulgaris* (Kekik) türü önerilmiştir. Nazmi Uzun Sokak boyunca topoğrafik olarak gerçekleşen akımı engellemek adına *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) ve *Sedum rupestre* (Sarı dam kuruğu) türleri kullanılarak bitkili su hendeği önerilmiştir. Tüm bu caddelerdeki akışın birleştiği konumda yağmur suyunu toplamak için önerilen yağmur bahçesinde *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Lavandula angustifolia* (Lavanta) ve *Delosperma cooperi* (Buz çiçeği) önerilmiştir (Şekil 21).





Şekil 21. Recep Kılıç Sk., TOKİ İç Yol 1 ve Nazmi Uzun Sk. Önerileri

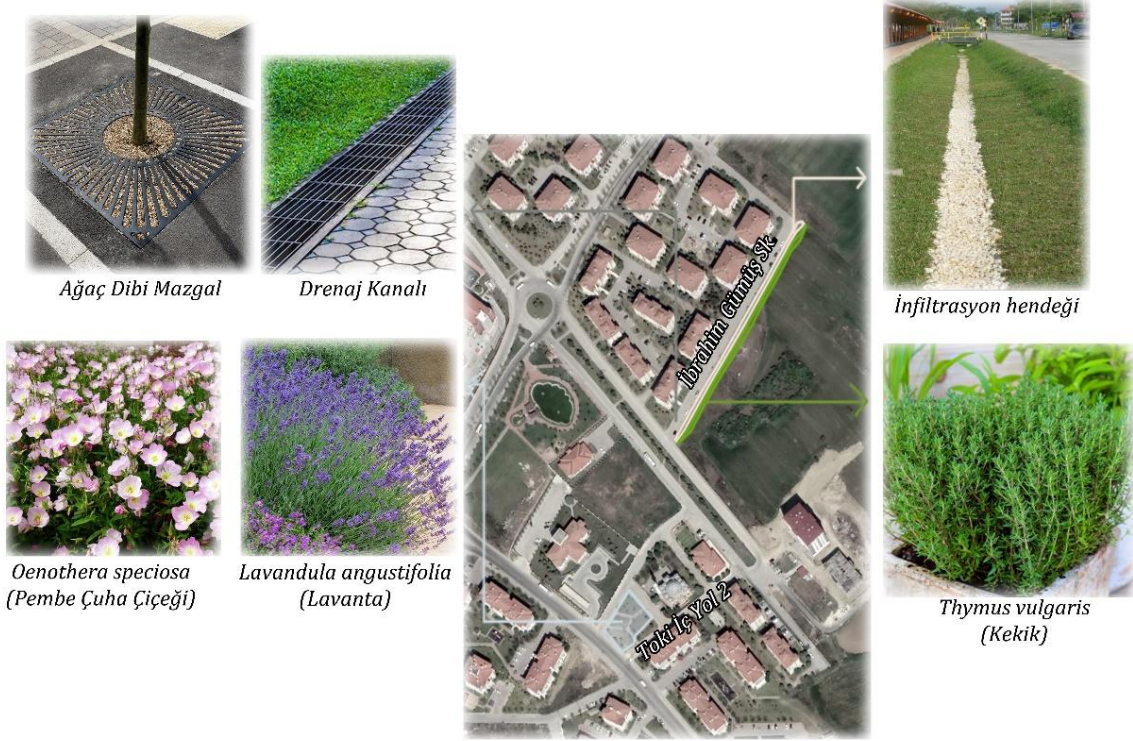
- ✓ Tekirdağlı Hüseyin caddesi mevcut durumu göz önüne alındığında, kentsel yeşil alan ihtiyacının en fazla karşılandığı gölet parkında yeni öneriler sunulmuştur. Bu doğrultuda alanda mevcut olan geleneksel gölet sisteminin yerine biyolojik gölet yapılması uygundur. Biyolojik göletler içinde bulunan bitkiler sayesinde suyu kendi kendini temizleme özelliğine sahiptir. Biyolojik göletin çevresinde ise akışı suyu tutmak adına *Cortaderia selloana* (Pampas otu) kullanılabilir. Göletin olduğu yeşil alanda *Delosperma cooperi* (Buz çiçeği), *Lavandula angustifolia* (Lavanta) ve *Artemisia absinthium* (Pelin otu) türleri ile bir yağmur bahçesi kurgulanabilir. Cadde boyunca orta refüjde mevcut olan *Cupressus spp.* (Servi) ve *Thuja spp.* (Mazi) türlerine ek olarak, *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Gaura lindheimeri* (Gavura çiçeği) ve *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) türlerine yer verilebilir. Akışın yoğunlaştığı bölgede infiltrasyon hendeği ve *Thymus vulgaris* (Kekik) türü önerilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Tekirdağlı Hüseyin Caddesi Önerileri



- ✓ İbrahim Gümüş Sokak mevcut durumu da göz önüne alınarak akış doğrultusunda sokak boyunca bir infiltrasyon hendeği ve *Thymus vulgaris* (Kekik) türü kullanılabilir. TOKİ İç Yol 2'de ise *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Thuja spp.* (Mazi) gibi türlerin yer aldığı yeşil alanda ek olarak *Lavandula angustifolia* (Lavanta) ve *Oenothera speciosa* (Pembe Çuha Çiçeği) önerilmiştir (Şekil 23).



Şekil 23. İbrahim Gümüş Sk. ve TOKİ İç Yol 2 Önerileri

- ✓ Kara Emin Caddesi mevcut durumu ve topoğrafya özellikleri göz önüne alındığında, yüzeysel akışın en fazla toplandığı alanda yağmur bahçeleri kurgulanabilir. Tamamen boş olan arazide, *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Lavandula angustifolia* (Lavanta) ve *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) türlerinin kullanımı ve yine cadde boyunca bitkili su hendeği tasarlanarak, *Nerium oleander* (Zakkum) ve *Artemisia absinthium* (Pelin otu) türlerinin kullanımı önerilmiştir (Şekil 24).



Şekil 24. Kara Emin Caddesi Önerileri



- ✓ TOKİ İç Yol 3 boyunca infiltrasyon hendeği ve *Thymus vulgaris* (Kekik) türü kullanımı cadde boyunca akışı yüksek miktarda toplayacaktır. TOKİ İç Yol 3 ve 4'te önerilen yağmur bahçelerinde ise *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Lavandula angustifolia* (Lavanta) ve *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) türleri kullanılabilir (Şekil 25).



Şekil 25. TOKİ İç Yol 3 ve TOKİ İç Yol 4 Önerileri

Giderek artan nüfusa bağlı olarak, Fırınırsırtı TOKİ Konutlarında da zamanla genişlemeler ve yapılaşmalar artarak devam etmektedir. Bu çalışmada yüzeysel akışın yoğun olduğu cadde ve sokaklarda alanın topoğrafik durumu ve alanda yapılan incelemeler doğrultusunda eğimlerin durumu ve akışın toplandığı bölgelerde bitkisel öneriler verilmiştir. Önerilen bitki türleri suya az ihtiyaç duyan, bulunduğu yere uyum sağlayan, alanın yerel iklim koşullarında yetişebilen doğal türlerdir. Yağmur bahçesi, infiltrasyon hendeği gibi yeşil altyapı uygulamalarında toprak altına bir depo yerleştirilerek yağışlı dönemde toplanan su ile kurak dönemde bitkilerin sulaması gerçekleştirilebilir ve böylece yağmur suyunun sürdürülebilir kullanımı sağlanabilir. Edirne ilinin su ve hava kirliliği de göz önüne alındığında, yeşil altyapı çözümleri hem yağmur suyunu tutarak konutlarda kullanımına, hem yeşil alanlarda toplanarak sulamaya olanak sağlamaktadır. Ayrıca bitkisel elemanlar da hava kirliliğinin de ciddi miktarda önüne geçebilecektir. Doğanın ve suyun korunumunu sağlamak adına yeşil altyapı kavramının bitkiler konusu Fırınırsırtı TOKİ Konutları önerisi ile diğer toplu konutlara bir örnek teşkil etmesi açısından önemlidir.

### Etik Standart ile Uyumluluk

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**Etik Kurul İzni:** Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

**Finansal Destek:** Finansal destek alınmamıştır.

## KAYNAKÇA:

### Makaleler

- Chahar, B. R., Grailot, D., Gaur, S. J. J. o. I., & Engineering, D. (2012). Storm-water management through infiltration trenches. *138*(3), 274-281.
- Creaco, E., & Franchini, M. J. J. A. W. W. A. (2012). A dimensionless procedure for the design of infiltration trenches. *104*(9), E501-E509.
- Erkal, T., & Topgöl, İ. J. T. C. D. Aşağı Meriç Nehri akımlarının mevsimsel ve yıllık değişiminin taşkınlar üzerine etkisi. (74), 33-38.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., . . . Bertrand-Krajewski, J.-L. J. U. W. J. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *12*(7), 525-542.
- Jayasuriya, L., Kadurupokune, N., Othman, M., Jesse, K. J. W. S., & Technology. (2007). Contributing to the sustainable use of stormwater: the role of pervious pavements. *56*(12), 69-75.
- Lau, J., Mah, D. J. P. J. o. S., & Technology. (2018). Green wall for retention of stormwater. *1*, 283.
- Müftüoğlu, V., & Perçin, H. J. İ. Ü. S. v. T. D. (2015). Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi. *5*(11), 27-37.
- Şahin, N. İ., & Manioğlu, G. (2011). Binalarda yağmur suyunun kullanılması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 125, 21-32.
- Radcliffe, J. C. (2019). History of water sensitive urban design/low impact development adoption in Australia and internationally. In *Approaches to Water Sensitive Urban Design* (pp. 1-24): Elsevier.

### Kitaplar ve Raporlar

- Anonim (2020). Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü, Edirne Belediyesi, Edirne.
- American Rivers, A. S. o. L. A., ECONorthwest., & Federation, W. E. (2012). Banking on green: A look at how green infrastructure can save municipalities money and provide economic benefits community-wide. In: American Society of Landscape Architects Washington, DC.
- City of Victoria, (2015). Rainwater management standards, Professional Edition, City of Victoria Stormwater Utility, June 2015.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018a). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Yayın no:40.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018b). Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü Kentsel Tasarım Dairesi Başkanlığı. Nisan, 2018.
- Doğa koruma merkezi (2019). Yeşil Altyapı Avrupa'nın Doğal Sermayesini Geliştirmek. Avrupa Komisyonu Bildirimi. Doğa ve Şehirler Projesi.
- Doğangönül, Ö., & Doğangönül, C. (2009). *Küçük ve orta ölçekli yağmursuyu kullanımı: Teknik Yayınevi*.
- Edirne Tarım İl Müdürlüğü (2005). Edirne Tarım Master Planı. *İl Tarım ve Kırsal Kalkınma Master Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi, Edirne*.

Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L., & Weber, B. (2011). *Water sensitive urban design: principles and inspiration for sustainable stormwater management in the city of the future*: Jovis Berlin.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2018). Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler-2017 Yılı Değerlendirmesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2020). Edirne İli Meteoroloji verileri, Edirne.

Poleto, C., & Tassi, R. (2012). *Sustainable urban drainage systems*: IntechOpen.

Rutgers (2016). Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey. by Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program.

Silveira, A. L. L. (2002). Apostila: Drenagem Urbana: aspectos de gestão. 1. Ed. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos.

Team Sponge (2019) 'The Sponge Handbook: Chennai - Using the Landscape Approach to transform the South Buckingham Canal Area.' Cities Fit for Climate Change (CFCC) of GIZ

The City of Edmonton (2014). Low Impact Development Best Management Practices Design Guide Edition 1.1. December 2014.

University of Arkansas Community Design Center (2010). Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas. Fay Jones School Of Architecture University of Arkansas Pressa Collaboration Fayetteville 2010.

### **Bildiriler ve Tezler**

Demir, D. (2012). *Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri İle Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İtÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kantaroglu Ö., (2009). Yağmur Suyu Hasadi Plan Ve Hesaplama Prensipleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs, İzmir.

Levi, S. (2007). *Yağış Sularinin Sürdürülebilir Yönetimi*. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Sadeghinazhad, S. (2019). *Low impact development (LID) practices in flood control of urban areas using SWMM*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şahin, N. İ. (2010). *Binalarda Su Korunumu*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

### **Web Siteleri**

AWWA (2019). Infiltration Trench: Do-It-Yourself Conservation Practices. 31 Ocak 2019 tarihinde <https://awwatersheds.org/infiltration-trench-do-it-yourself-conservation-practices/> adresinden erişildi.

Tema (2017). Geleceğin Suyu. 15 Mayıs 2020 tarihinde [https://sutema.org/resources/Document/FileName/2015-12-01\\_22-11-14-692%20GeleceginSuyu.pdf](https://sutema.org/resources/Document/FileName/2015-12-01_22-11-14-692%20GeleceginSuyu.pdf) adresinden erişildi.