



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**ÜNİVERSİTE YERLEŞKELERİNDE YAĞMUR SUYUNUN
SÜRDÜRÜLEBİLİR SİSTEMLER İLE YÖNETİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİLDA GÜNAYDIN

Tez Danışmanı

PROF. DR. TÜLAY CENGİZ TAŞLI

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**ÜNİVERSİTE YERLEŞKELERİNDE YAĞMUR SUYUNUN
SÜRDÜRÜLEBİLİR SİSTEMLER İLE YÖNETİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİLDA GÜNAYDIN

Tez Danışmanı

PROF. DR. TÜLAY CENGİZ TAŞLI

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Nilda GÜNAYDIN tarafından Prof. Dr. Tülay CENGİZ TAŞLI yönetiminde hazırlanan ve **10/08/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Üniversite Yerleşkelerinde Yağmur Suyunun Sürdürülebilir Sistemler ile Yönetilmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Tülay CENGİZ TAŞLI

.....

(Danışman)

Prof. Dr. Tuğba KİPER

.....

Dr. Öğr. Üyesi Aylın ÇELİK TURAN

.....

Tez No : 10485349

Tez Savunma Tarihi : 10/08/2022

.....

İSİM SOYİSMİ

Enstitü Müdürü

.././2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Nilda GÜNAYDIN

10/08/2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca ilerlemem gereken yolu gÖsterip aynı zamanda beni sınırlamayan, değerli bilgileri ve tecrübeleri ile bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, Öğrencisi olmaktan gurur duyduğum saygı değer danışman hocam Prof. Dr. TÖlay CENGİZ TAŞLI'ya, çalışma sÖresince her zorlandığım anlarda beni ayağa kaldıran ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Cansu KIRCAER ve Melike Cehar YEŐİLYURT'a, hayatımın her evresinde bana olan inançlarını hiçbir zaman yitirmeyen, her kararımda beni destekleyen, benimle her zaman gurur duyan, hayallerimin ve motivasyonumun kaynağı olan değerli ailem annem AyŐe GÖNAYDIN, babam Kenan GÖNAYDIN ve abim Eray GÖNAYDIN'a sonsuz teŐekkÖrlerimi sunarım.

Nilda GÖNAYDIN
anakkale, Ağustos 2022

ÖZET

ÜNİVERSİTE YERLEŞKELERİNDE YAĞMUR SUYUNUN SÜRDÜRÜLEBİLİR SİSTEMLER İLE YÖNETİLMESİ

Nilda GÜNAYDIN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Tülay CENGİZ TAŞLI

10/08/2022, 109

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi, yağış suyunun yeşil alanlara yönlendirilerek verimli bir şekilde yönetilmesini sağlayan sistemlerden oluşan ekolojik bir yaklaşımdır. Bu sistemler, yağmur suyunun toprakta sızmasına izin veren, akış hızını ve akış hacmini azaltan özel tasarlanmış yeşil alanlardan oluşmaktadır. Sürdürülebilir olan bu uygulamalar ile su kirliliğinin önlenmesi, sel ve taşkın riskinin azaltılması, yeraltı su kaynaklarının deşarj edilmesi ve yeşil alan miktarının artırılması sağlanmaktadır.

Araştırmada çalışma alanı olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi seçilmiştir. Yerleşkede daha önce sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi kapsamında çalışma yapılmamış olması bu alanın seçilmesinde etkili olmuştur. Araştırmanın yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada literatür araştırması ve alan incelemesi yapılmıştır. İkinci aşamada çalışma alanı ile ilgili veriler toplanmıştır. Bu verilerden faydalanarak alanın eğim, topoğrafya, yükseklik, bakı, jeoloji, toprak, su erozyonu, bitki örtüsü, yüzeysel akış ve zemin özellikleri analiz edilmiştir. Yerleşkenin geçirimli ve geçirimsiz yüzeyleri belirlenerek yağış suyunun yeraltına sızma durumu incelenmiştir. Ayrıca doğal akış hatları ile ulaşım ağında oluşan akış hatları analizi sonucunda yerleşkenin yüzeysel akış haritası oluşturulmuştur. Bu analizler sonucunda son aşamada her üniversite birimi ayrı ayrı değerlendirilerek sorunlu alanlar belirlenmiş ve uygun görülen alanlarda sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları önerilmiştir. Aynı zamanda her bina için toplanabilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Son olarak önerilen uygulamalar modellenerek fotoğraflar üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi, Yüzeysel Akış, Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzeyler, Terzioğlu Yerleşkesi



ABSTRACT

SUSTAINABLE STORMWATER MANAGEMENT ON UNIVERSITY CAMPUSES

Nilda GÜNAYDIN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Landscape Architecture

Advisor: Prof. Dr. Tülay CENGİZ TAŞLI

10/08/2022, 109

Sustainable stormwater management is an ecological approach consisting of systems that ensure efficient management of stormwater by directing it to the green areas. These systems include specially designed green areas that allow stormwater to infiltrate into the soil, and reduce the flow rate and flow volume. Thanks to these sustainable practices, it is ensured that water pollution is prevented, the risk of floods and overflows is reduced, groundwater resources are discharged and the amount of green space is increased.

In this research, Çanakkale Onsekiz Mart University Terzioğlu Campus was chosen as the study area. The fact that no work has been done within the scope of sustainable stormwater management on the campus has been effective in the selection of the area. The method of this research consists of three stages. In the first stage, literature research and field investigation were carried out. In the second stage, data related to the study area were collected. Using these data, slope, topography, elevation, aspect, geology, soil, water erosion, vegetation, runoff and ground characteristics of the area were analyzed. The permeable and impermeable surfaces of the campus were determined and the penetration of precipitation water into the ground was investigated. In addition, the surface flow map of the campus was created as a result of the analysis of the natural flow lines and the flow lines formed in the transportation network. As a result of these analyzes, at the last stage, each university unit was evaluated separately, and problematic areas were identified and sustainable stormwater management practices were proposed in the areas deemed appropriate. At the same time, the amount of rainwater that can be collected for each

building was calculated. Finally, the suggested practices were modeled and shown on the photographs.

Keywords: Sustainable Stormwater Management, Surface Flow, Permeable and Impermeable Surfaces, Terzioglu Campus



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Yağmur Suyu Yönetimi	4
1.1.1. Yağmur Suyu Yönetiminin Tarihi	4
1.1.2. Geleneksel Yağmur Suyu Yönetimi	7
1.1.3. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi	8
1.2. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim (SYSY) Uygulamaları	9
1.2.1. Yağmur Bahçesi	10
1.2.2. Yağmur Suyu Bitki Şeridi	13
1.2.3. Biyolojik/Bitkilendirilmiş Hendek	16
1.2.4. Ağaç Çukuru/Hendeği	19
1.2.5. Bordür Uzantısı	21
1.2.6. Yeşil Oluk	22
1.2.7. Filtre Şeritleri	24
1.2.8. Nehir Kenar Tamponu	25
1.2.9. Yeşil Çatı	26
1.2.10. Yapay Gölet	28
1.2.11. Yapay Sulak Alan	29
1.2.12. Yağmur Borusu Bitki Kutusu	30

1.2.13. Yağmur Tankı	31
1.2.14. Geçirgen Kaplamalar	32
1.2.15. Gabion Duvar	33

İKİNCİ BÖLÜM
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırmanın Konusu ile ilgili Yapılmış olan Çalışmalar	35
--	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM

3.1. Materyal	41
3.2. Yöntem	42

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Araştırma Alanının Konumu	45
4.2. Araştırma Alanının Doğal Peyzaj Özellikleri	47
4.2.1. İklim	47
4.2.2. Topoğrafya	50
4.2.3. Jeoloji	55
4.2.4. Toprak	58
4.2.5. Erozyon	59
4.2.6. Hidroloji ve Drenaj	61
4.2.7. Bitki Örtüsü	64
4.3. Araştırma Alanının Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzeylerinin Belirlenmesi	75
4.4. Araştırma Alanının Yüzeysel Akış Haritası	77

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Araştırma Alanında Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Uygulamalarının Önerilmesi	89
---	----

KAYNAKÇA	110
ÖZGEÇMİŞ	I



SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde Oranı
3B	Üç Boyutlu
cm	Santim
CO ₂	Karbondioksit
ÇOBİLTUM	Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
ÇOMÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
ÇOMÜDAM	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deneysel Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi
ÇŞB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
ASE	Alman Standartlar Enstitüsü
GSF	Güzel Sanatlar Fakültesi
K	Kuzey
KYK	Kredi ve Yurtlar Kurumu
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
MTF	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
MYO	Meslek Yüksekokulu
ÖSEM	Öğrenci Sosyal Etkinlik Merkezi
pH	Potansiyel Hidrojen
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
Ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹	Yıllık Toprak Kaybı
ABDJAK	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu
SYSY	Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi
YADYO	Yabancı Diller Yüksekokulu

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Terzioğlu Yerleşkesi ormanlık alanlarda bulunan bitki türleri	64
Tablo 2	Terzioğlu Yerleşkesi'nde bulunan bitki türleri	65
Tablo 3	Yerleşkede çatı yüzeylerinden toplanabilecek su miktarları	106



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Yağmur bahçesi örnekleri	10
Şekil 2	Yağmur bahçesi tasarım detayları	12
Şekil 3	Yağmur suyu bitki şeridi örnekleri	14
Şekil 4	Yağmur suyu bitki şeridi tasarım detayları	15
Şekil 5	Biyolojik hendek örnekleri	16
Şekil 6	Kontrol benti uygulanmış çim hendek örneği	17
Şekil 7	Biyolojik hendek tasarım detayları	18
Şekil 8	Ağaç çukuru örnekleri	20
Şekil 9	Ağaç çukuru tasarım detayları	21
Şekil 10	Bordür uzantısı örnekleri	21
Şekil 11	Yeşil oluk örnekleri	23
Şekil 12	Filtre şerit uygulama örneği	24
Şekil 13	Nehir kenar tampon uygulaması örnekleri	26
Şekil 14	Yeşil çatı örneği	27
Şekil 15	Yapay gölet örneği	28
Şekil 16	Kuru gölet örneği	29
Şekil 17	Yapay sulak alan örneği	29
Şekil 18	Yağmur borusu bitki kutusu uygulaması	31
Şekil 19	Yağmur tankı örnekleri	32
Şekil 20	Geçirgen kaplama örnekleri	33
Şekil 21	Gabion duvar uygulamaları	34
Şekil 22	Çalışma alanının konumu	41
Şekil 23	Yöntem akış şeması	44

Şekil 24	Terzioğlu Yerleşkesi'nin Merkez İlçesine göre konumu	45
Şekil 25	Terzioğlu Yerleşkesi ve yakın çevresi	46
Şekil 26	Terzioğlu Yerleşkesi giriş konumları	46
Şekil 27	Çanakkale 2007-2021 yılları ortalama sıcaklık grafiği	48
Şekil 28	Çanakkale 2007-2021 yılları ortalama yağışlı gün sayısı grafiği	48
Şekil 29	Çanakkale 2007-2022 yılları aylık toplam yağış miktarı grafiği	49
Şekil 30	Çanakkale 2007-2021 yılları aylık maksimum yağış grafiği	49
Şekil 31	Çanakkale 2007-2021 yılları yağış miktarının mevsimsel dağılımı grafiği	50
Şekil 32	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi'nin topoğrafya haritası	51
Şekil 33	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi en düşük ve en yüksek noktası	51
Şekil 34	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi eğim haritası	52
Şekil 35	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi A-A arazi	53
Şekil 36	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi B-B arazi kesit planı	54
Şekil 37	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi bakı haritası	55
Şekil 38	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi jeoloji haritası	57
Şekil 39	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi toprak haritası	59
Şekil 40	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi su erozyonu haritası	61
Şekil 41	Terzioğlu Yerleşkesi Sarp Deresi	62
Şekil 42	Sosyal Bilimler MYO'ya inen drenaj kanalı	62
Şekil 43	Yağmurlu bir günde Terzioğlu Yerleşkesi'nde bulunan açık drenaj kanallarındaki yüzeysel akış	63

Şekil 44	Terzioğlu Yerleşkesi mevcut bitkiler 1. bölge	72
Şekil 45	Terzioğlu Yerleşkesi mevcut bitkiler 2. bölge	73
Şekil 46	Terzioğlu Yerleşkesi mevcut bitkiler 3. bölge	74
Şekil 47	Terzioğlu Yerleşkesi geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler	76
Şekil 48	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi ana sirkülasyon yüzeysel akış hattı ve yönleri	78
Şekil 49	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi doğal akış haritası	79
Şekil 50	Doğal akış hattının 3B arazi modeli üzerinde gösterimi	80
Şekil 51	ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi yüzeysel akış haritası	81
Şekil 52	Akış hattının etkileyebileceği alanlar	85
Şekil 53	Hastane bölgesinde yollarda oluşan su birikintileri	86
Şekil 54	Sarp Deresi taşkın kontrol yapısı	86
Şekil 55	Terzioğlu Yerleşkesi vadi görünümü	87
Şekil 56	GSF-MTF-İletişim Fakültesi ve YADYO bölgesinde oluşan su birikintileri	88
Şekil 57	Sosyal Bilimler MYO'da yükseklik farkı	89
Şekil 58	Hastane otoparkı yağmur suyu bitki şeridi ve geçirgen kaplama önerisi	91
Şekil 59	Açık drenaj kanalında bitkilendirilmiş hendek önerisi	93
Şekil 60	Tıp Fakültesi ve Çocuk Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi arasında yağmur bahçesi önerisi	94
Şekil 61	Sarp Deresi için nehir kenar tampon uygulama önerisi	95
Şekil 62	Kütüphane bahçesindeki oturma duvarlarında Gabion duvar önerisi	98
Şekil 63	Geniş kaldırımlarda ağaç çukuru tasarım önerisi	100
Şekil 64	Fen Edebiyat Fakültesi'nde teraslama yapılmış yağmur suyu bitki şeridi önerisi	101

Şekil 65	YADYO otopark alanında yeşil oluk önerisi	104
Şekil 66	Terzioğlu Yerleşkesi yağmur tankları için öneri alanlar	108



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Geçmiş zamanlarda yağış suları, yaşam alanlarından uzaklaştırılması gereken bir atık olarak görülmekteydi. Fakat günümüzde suyun önemi hakkında farkındalığın artmasıyla yağış suları korunması gereken değerli bir kaynak olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu farkındalık doğrultusunda kentlerde yağış sularının sürdürülebilirliğinin sağlanması için çözümler ortaya konulmuştur. Ekolojik yaklaşımla ortaya konan bu çözümler yağış suyunun peyzaj alanlarında sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlayarak geleneksel yağmur suyu altyapı sistemlerine alternatif olabilmektedir.

İklim koşullarında meydana gelen değişimler sıcaklık değişimleri ile birlikte yağış şeklini ve miktarını da etkilemektedir (Avdan vd., 2015). Yağışlar sonucu oluşan yüzeysel akışın doğrudan nehirlere ulaşması sel ve taşkın olaylarının artmasına neden olmaktadır. Akış sırasında kirlenmeye maruz kalan suyun alıcı ortamlara ulaşması sonucunda içme suları da kirlenmektedir (Demir, 2012). Kentleri, iklim değişikliği nedeniyle kaynaklanan ani hava olaylarına karşı dayanıklı hale getirmek ve bu olayların olumsuz etkilerini azaltmak ekosistemlerin sağladığı yararlar ile mümkün olmaktadır (Hepcan, 2019). Kent ve doğa dokusunu bir araya getiren sistemler ile yağmur suyu tutularak iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilmektedir (Pala vd., 2021).

Gri yağmur suyu altyapısının günümüz arazi örtüsünün daha geçirgen olduğu çağlarda tasarlanmış olmasından dolayı büyük akış hacimlerini taşımada başarısız olacağı kaçınılmazdır. Bu geleneksel yapıların kapasitelerini artırmak ise maliyet açısından engelleyicidir. Bunun yerine yağmur suyu altyapı stratejilerine ek olarak peyzajdan yararlanılarak akış hacmi azaltılmalı ve akışın havzadan çıkma süresi arttırılmaya çalışılmalıdır (Biswas vd., 2019).

Yağış sularının ağır bir yük olarak görülüp drenaj sistemleri ile hızlıca deniz ve derelere deşarj edilmesi önemli bir sorundur. Yağış suyunun atık olarak görülmeyip sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi akıllıca kullanılması anlamına gelmektedir (Alkan, 2019). Sürdürülebilir yağmur suyu tasarımı yağış akışını değerli bir kaynak olarak görmektedir. Bu tasarımlar ile sağlanan bitkili ve geçirgen yüzeyler daha temiz ve sürdürülebilir su kaynakları oluşturabilmektedir. Aynı zamanda suyun emilimini

sağlayarak su erozyonunu önleyebilmektedir (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

Dünyada yağmur suyunun yönetimi ile alakalı olarak birçok kavram geliştirilmiştir. 1972 yılında ortaya çıkmaya başlayan bu kavramlardan ilki En İyi Yönetim Uygulamaları [Best Management Practices (BMP's)]'dır. Devamında ise Düşük Etkili Gelişme [Low Impact Development (LID)], Entegre Kentsel Su Yönetimi [Integrated Urban Water Management (IUWM)], Yeşil Altyapı [Green Infrastructure (GI)], Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri [Sustainable Drainage Systems (SuDS)], Su Duyarlı Kentsel Tasarım [Water Sensitive Urban Design (WSUD)], Düşük Etkili Kentsel Gelişme ve Tasarım [Low Impact Urban Design and Development (LIUDD)] ve Sünger Şehir kavramları ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkmış olan bu terimler temelde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimini vurgulamaktadır (Dereli, 2019). Yağmur suyu yönetimine yönelik ortaya çıkan modern yaklaşımlar, yağmur suyunu sızdırabilen mevcut yeşil alanların yenilenmesine veya korunmasına, akışın tutulmasına ve geciktirilmesine izin veren çözümlere dayanmaktadır. Bu çözümlerde yağmur suyu kalitesine büyük önem verilmektedir. Bunların yanı sıra kentsel alanlardaki yeşil alanlar ve biyoçeşitliliğin artmasına katkıda bulunur. Böylece kent sakinlerinin yaşam kalitesini ve kent ekosistemlerini iyileştirebilmektedir (Godyn vd., 2020).

Yağmur suyu yönetimi odaklı planlamalarda alanın mevcut fiziksel özellikleri, drenaj ağları, yer altı su kaynakları, toprak, kayaç ve yüzeylerin geçirimsizlik özelliklerinin ele alınması gerekmektedir. Peyzaj mimarlığı ile diğer meslek disiplinlerinin iş birliği sonucunda sürdürülebilir yaşam alanlarına ulaşabilmek mümkün olmaktadır (Shakouri, 2016). Su duyarlı kentsel uygulamalarda planlama, tasarım ve yönetim çalışmalarının doğa ölçeğinde yapılması gerekmektedir. Önerilen çözümlerin ilk kurulum maliyeti fazla olsa da uzun vadede kazanımlar elde edilebilmektedir (Pala vd., 2021).

Yağmur suyu yönetiminde tasarım sürecine başlanırken geçirimsiz yüzeyler tanımlanmalı ve kapladığı alan hesaplanmalıdır. Bu alanları ortadan kaldırmak, azaltmak ya da akışla olan bağlantısını kesmek için alandaki olanaklar değerlendirilmelidir. Alana gidilerek gözlem yapılmalı, yağmur suyunun akış düzeni incelenmeli ve eğim kontrol edilmelidir. Ayrıca toprak özellikleri analiz edilerek bilgi sahibi olunmalıdır. Alandaki toplama havzaları tespit edilerek yüzey akışın yönlendirilebileceği alanlar belirlenmelidir. Yağış sırasında sel veya göllenme oluşan noktalar tespit edilmeli, mevcut altyapıya göz

önünde bulundurulmalı ve alanın kullanım amacı bilinmelidir (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016).

Yağmur suyu akışının yönetiminde, yüksek su tablasına sahip alanlarda yağmur suyunu toprağa sızdırmaya teşvik eden uygulamalardan kaçınılmalıdır. Ayrıca potansiyel eğim duraysızlığına (kayma) sahip bölgelerde de stabiliteyi daha da azaltmamak amacıyla sızma uygulamaları tercih edilmemelidir (City of Victoria, 2015). Eğimli alanlar her ne kadar büyük yoğunlukta yağmur suyu akışı oluşturmasa da akışın hızı potansiyel bir endişe kaynağıdır. Bu nedenle eğimli alanlarda yüzeysel akışı mümkün olduğunca yavaşlatabilecek teraslı yağmur suyu uygulamaları tercih edilmelidir. Teraslı uygulamalarda kullanılan kontrol bentleri sayesinde akışın yavaşlayacak ve suyun toprakta tutulmasını sağlayacaktır (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

Toprak iyi bir geçirgenliğe sahipse yüzey akış suyunun sızmasına olanak sağlar. Eğer toprağın geçirgenliği düşükse ıslah edilebilir veya bir alt drenaj sistemi kullanılarak da sürdürülebilir uygulamalar uygulanabilir. Fakat bazı durumlarda etraftaki yapılara zarar vermemek için sızma önlenmeli ve tasarıma geçirimsiz astar ve alt drenaj sistemi dahil edilmelidir. Böylece sızdırma işlevine sahip uygulamaların uzman onayı ile birlikte kullanılabilmesi sağlanmaktadır. Bitkisel doku da yağmur suyu uygulamalarının başarısını etkileyen önemli bir faktördür. Kullanılabilecek bitkiler seçilirken doğal, uzun çiçeklenme dönemine sahip, uzun ömürlü ve agresif yayılım göstermeyen türler tercih edilmelidir. Bu bitkiler kuraklığa ve suya dayanıklı, orta boylu, tuza dayanıklı, düşük verimli ve kumlu topraklarda gelişebilen türler olmalıdır (City and Country Denver Public Works, 2016).

Alanın hidrolojik modelini belirlemek için yağış ve meteorolojik koşullarının bir değerlendirmesi yapılmalı ve ayrıntılı bir araştırma ile birleştirilmelidir. Uygulamaların en verimli olabileceği yerlerin belirlenmesinde ve seçilen uygulamalar aracılığıyla sağlanan yağmur suyu yönetimi seviyesinin ortaya konulmasında hidrolojik modellemeler önem taşımaktadır (City of Edmonton, 2014). Ayrıca drenaj alanının boyutunun bilinmesi küçük ya da büyük ölçekli uygulamaların seçiminde etkili olmaktadır (MDOT, 2011).

Araştırmanın konusu olan sürdürülebilir yağmur suyu yönetim (SYSY) uygulamalarının seçilmesi ve uygulanması açısından araştırma alanı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu kapsamda çalışma alanı olarak belirlenen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi'nde doğal peyzaj özellikleri, yüzeysel akışın zemine

sızma durumu ve yağışlar sırasında oluşan yüzeysel akış hatları belirlenerek alan konu kapsamında incelenmiştir. Böylelikle yerleşkede yağmur suyunun sürdürülebilir yönetimini sağlamak amacıyla uygun alanlar belirlenmiştir. Yerleşkeler, bünyesinde sağlamış olduğu hizmetlerden (eğitim, ulaşım, barınma, yeme-içme, açık-yeşil alanlar ve rekreasyon alanları, sağlık vb.) dolayı kentlerin küçük bir modelini oluşturmaktadır. Bu nedenden ötürü araştırma, SYSY'nin kentlerde uygulanabilirliği açısından örnek teşkil etmektedir. Yaşadığımız şehirlerde kaliteli yaşam koşullarına sahip olmak ve gelecek nesillere sağlıklı çevreler bırakabilmek açısından özellikle kuraklık, çölleşme ve su kaynaklarındaki kirlilik sorunlarının önüne geçebilmek amacıyla peyzaj mimarlığı kapsamında çözüm önerileri sunulmuştur.

1.1. Yağmur Suyu Yönetimi

1.1.1. Yağmur Suyu Yönetiminin Tarihi

Su taşıma yöntemleri bugün ortaya çıkmış bir anlayış değildir. Suyun kanallar aracılığıyla yönlendirilmesi 6000 yıldan daha önceki zamanlara dayanmaktadır (Batts, 2020). En eski atık su yönetim sistemlerinden biri, Harappan uygarlığı tarafından İndus nehri yakınında (MÖ 3000-1500) inşa edilmiştir. Mohenjo-daro ve Harrapa şehirlerinde kalıntıları bulunan kanalizasyon sistemi atık suyu doğrudan sokak kanalizasyonlarına yönlendirmek yerine toprak borulardan küçük bir hazneye boşaltarak burada katı cisimlerin biriktirilmesini sağlamaktaydı. Haznenin dörtte üçü dolduğunda su caddedeki sokak kanallarına taşmaktaydı. Aynı uygarlığın Dholavira şehrinde yerleşimin dış duvarının iç kısmında yaklaşık 7 m derinliğinde kayadan oyulmuş rezervuar veya sarniç oluşumu bulunmaktaydı. Burada yağmur suyu toplanıp daha sonra kullanmak üzere biriktirilmekteydi. M.Ö. 2600 yılında Mısır'da ise tapınakların yüzeylerinde boyalarla yapılmış önemli resimlerin deforme olmasını engellemek amacıyla aslan başlı duvar heykelleri ile yağmur suyu saçakların ötesine ve kaldırımda açılmış olan kanallara yönlendirilmekteydi. Aynı zamanda II. Senwosretin Orta Krallık Piramidi'nin (Middle Kingdom Pyramid) (yani Sesostri II, M.Ö. 1900) tabanının etrafına en şiddetli yağıştan kaynaklanan büyük su hacmini bile kolaylıkla tutabilecek yapıda kum dolu sığ bir hendek inşa edilmiştir (Hlavinec, 2007).

Yüzev tabanlı su tahliye kanalları MÖ 4000 ile 2500 yılları arasında Mezopotamya İmparatorluğu'nda bulundu ve bunların esas olarak birleşik kanalizasyon olduğuna dair bulgular mevcuttur (Batts, 2020). Mezopotamya İmparatorluğu'nun Asur ve Babil devletleri, MÖ 2000 yılında medeniyette büyük ilerlemeler kaydettiler. Özellikle pişirilmiş tuğlalardan yapılmış zigguratlarını korumak amacıyla yağmur suyu kontrolü için etkili drenaj sistemlerine sahiptiler. Bu sistemler, evsel atıklar için tonozlu lağım lar ile birlikte özellikle yüzev akışı için oluklar ve drenaj kanallarını içermekteydi. Drenaj kanalları, çatılardan etkili bir şekilde yağmur suyunu toplayarak sarnıçlara iletliyordu. Yağmur suyu ayrıca ev ve sulama kullanımları için de toplanmaktaydı. Mezopotamya'yı M.Ö. 539 civarında kontrol altına alan Persler ise kentsel akış suyunu kutsal kabul ederek kirlilikten korumak amacıyla yasalar çıkartmışlardır. M.Ö. 2800-1100 arasında Girit Adası'nda gelişmiş olan Minos Uygarlığı'nın kalıntılarına bakıldığında ise sıhhi kanalizasyon, çatı ve yüzev drenajından gelen suları oldukça uzağa taşıyan yeraltı taş kanalizasyon sistemlerine rastlanmıştır. Knossos saray kentinin kalıntıları, kanalizasyon ve yağmur suyunu ayrı olarak toplayan iki kanallı bir sistemin kurulduğunu göstermektedir. Herculaneum ve Pompeii şehirlerinde ise (MÖ 500) yağmur suyu için hem kanalizasyon hem de drenaj sistemleri bulunmaktaydı. Yağmur suyunu ve atıkları denize taşımak için tasarlanmış bir yeraltı sistemi ile Herculaneum, Pompeii'ye kıyasla çok daha temiz ve sessiz bir şehirdi. Pompeii'de sokaklar yağmur suyunu ve bazen de atıkları boşaltmak için kullanılıyordu. Evlerde üzeri çatıyla örtülü atriyumlar bulunmaktaydı. Bu sayede yağmur suyu eğimli çatının üzerinden impluvium adı verilen mermer bir leğene düşerek sarnıca taşınmaktaydı. İtalya Etrüsk hakimiyeti dönemine (MÖ 800-350) bakıldığında Romalılar bölgede varolan yol ve drenaj sistemlerini yenilemişlerdir. Roma yol drenaj sistemleri yüzev akışı yönlendiren bordür ve olukları içermekteydi. Bu sistemlerin amacı, yağmur suyu akışının ve su kemerlerinin yollar ve yollara bitişik alanlarda etkisini azaltmaktı. Ayrıca yolların ortasından eğim verilerek suyun drenaj kanallarına doğru akmasını sağladılar. En sık kullanılan drenaj kanalı açık hendeklerdi. Bu dönemde atıkların açık kanalizasyona boşaltılması kirliliğe yol açmıştır. Bu sayede yeraltı kanalizasyonları geliştirilmeye başlanmıştır. M.Ö. 600' lü yıllarda ilk büyük kamu kanalizasyonu, Cloaca Maxima (Büyük Drenaj), başlangıçta Romalılar tarafından, daha sonra Forum haline gelecek olan bataklık alanların drenajı için inşa edilmiştir. Geç Cumhuriyet döneminde büyük bir kapalı drenaj olan Cloaca Maxima, hem ana yağmur suyu kanalizasyonu hem de lağım bertarafı aracı

olarak işlev gördü. Bu kanalizasyondan gelen atıklar Tiber nehrine boşaltıldı ve böylece içmek için kullanılan suların dahi kirlenmesine yol açmıştır (Hlavinek, 2007).

1950’lerde “hijyenik yaklaşım” prensibi benimsenmiştir. Bunun nedeni yağmur suyunun kirliliğe neden olmasıydı. Yağmur suyunun kent merkezlerinden hızlı bir şekilde uzaklaştırılması amaçlanmıştır. 1970’lerde ise kentleşmenin artması ile geçirimsiz alanlar artmaya başlamış ve bunun sonucunda şebekelerin doygun noktaya ulaşmasına yol açmıştır. Böylelikle yağmur suyu ve atık su sistemlerinin ayrılması yoluna gidilerek “Hidrolik yaklaşım” ortaya çıkmıştır (Demir, 2012). 1850’lerin ortasında Edwin Chadwick ile birlikte ortaya çıkan yağmur ve kanalizasyon sistemini ayırma fikri, 20. Yüzyılda bu sistemlerin ayrılması ve günümüz gri altyapının oluşmasına neden olmuştur (Batts, 2020).

Ekolojik bilincin gelişmesiyle “çevreci yaklaşım” gündeme gelmiş ve yüzeysel akışların barındırdığı kirletici faktörlerin arıtılması gerektiği düşünülmüştür (Demir, 2012). 20-30 yıl önce Avustralya Chesapeake Körfezi gibi yerlerden su hassasiyetli kentsel tasarım hareketi ile başlayan farklı fikirler ortaya çıkmaya başlamıştır. Böylece suyu bölgeden uzaklaştırmak yerine alanda tutma fikri düşünölmeye başlanmıştır. Bu prensip çiftçilikte suyun kullanımına benzetilmektedir. Çiftçiliğin amacı hiçbir zaman suyu uzaklaştırmak değil tutmak olmuştur. Bu yüzden yeşil hareket (green movement) çiftçi hareketinden farklı değildir. Bu hareketin ana fikri, suyu alıp mümkün olduğunca hızlı bir şekilde bertaraf etmek yerine bölgede olabildiğince uzun bir süre tutulmasına izin vermek olmuştur. Her sokakta ya da her bahçede göletler oluşturulup suyun toplanma süresinin uzatılması ve tepe akışlarının (maksimum deşarj hızı) azaltılması amaçlanmıştır (Batts, 2020).

Yağmur suyu yönetimindeki son yenilikler, kentsel akışın atık olarak değil, büyük özenle yönetilmesi gereken doğal bir kaynak olarak değerlendirilmesi düşüncesine geçişi hızlandırdı. Yönetim stratejileri, geçmiş on yıllarda, basit taşkın kontrol setlerinden ve birleşik yağmur ve kanalizasyon sistemlerinden uzaklaşmıştır. Bunların yerine, aşırı akış oranlarını kontrol etmeye yönelik yerinde tutma sistemlerine, akış hacimlerini ve noktasal olmayan kaynak kirliliğini azaltmayı amaçlayan sızdırma ve yağmur suyu toplama sistemleri tercih edilmeye başlanmıştır. 1990’lardan bu yana, özellikle sızma ve biyofiltrasyon yoluyla, yağmur suyunun yeraltı ve yüzey suyu şarjı için bir kaynak olarak arıtılmasına yönelik ilgi daha fazla artmıştır (Echols ve Pennypacker, 2017).

Kentsel alan drenajında modern yaklaşımlar doğru bir şekilde uygulanarak, yağmur suyu akışı en aza indirilebilir. Böylece drenajla ilgili sorunları önemli ölçüde ortadan kaldırmak mümkün olacaktır. Binalarda yağmur suyunun kullanımı, yağmur suyunun tutulması ve sızması, kaynak kontrolü (kaynakta önlemler, belirlenen sorunların nedenlerine odaklanan müdahale) alınabilecek önlemler arasındadır. Bu önlemler genellikle sadece verimli değil, aynı zamanda ekonomiktir. Yukarıda belirtilen önlemlerin seçimine karar verirken, belirli yönleri dikkate almak gerekir. Bunlar; akarsuların korunması, yeraltı suyunun korunması ve toprağın kirlenmeye karşı korunması, sızma yapılarının çevresindeki sivil yapıların (özellikle binalar) korunması, yağmur suyu sızmasının hidrojeolojik koşulları ve yağmur suyu akışında kütle yüklemesi (drenaj konforu, sağlık riskleri vb.) olarak sıralanabilmektedir (Hlavinec, 2007).

1.1.2. Geleneksel Yağmur Suyu Yönetim Sistemleri

Yağmur suyu binlerce yıldır tarımsal bağlamlarda bir kaynak olarak görülse de, kentsel bağlamlarda tarihsel olarak bir atık ürün olarak kabul edilmiştir. Tarihsel yönetim stratejilerindeki bazı istisnalar dışında, kentsel yağmur suyu, hafifletilmesi gereken bir sorun, ortadan kaldırılması veya kontrol edilmesi gereken bir atık ürün olarak ele alınmıştır. Daha önce belirtildiği gibi, kentsel yağmur suyu yönetiminin tarihi temeli, yüzey akışını yapılardan uzaklaştırma ve yerel mülkleri selden koruma amacını taşımaktaydı (Echols ve Pennypacker, 2017).

Kentlerde geleneksel olarak uygulanan yağmur suyu sistemleri kanal, boru, mazgal/ızgara menholü, menhol/rögardan oluşmaktadır. Yağmur suyu, kanalizasyon sistemi ile alandan hızlı bir şekilde uzaklaştırılarak arıtma tesisi, deniz, göl ve akarsu gibi alıcı ortamlara iletilmektedir (Ardıçoğlu, 2017; Demir, 2012; Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Kanalizasyon sistemleri yapılaşlarına göre birleşik, ayrık ve karışık olarak ayrılmaktadır. Atık sular ve yağmur sularının birlikte toplanarak uzaklaştırıldığı sistemlere birleşik sistem, ikisinin birbirinden ayrı olarak farklı kanallarda toplandığı sistemlere ise ayrık sistem adı verilmektedir (ÇŞB, 2021). Birleşik ve ayrık sistemin birlikte kullanıldığı sistemler de karışık sistem olarak adlandırılmaktadır (Ardıçoğlu, 2017).

Birleşik kanalizasyon sistemleri, alıcı ortamlar olan nehir suları ve diğer yüzey sularının kalitesini bozmasına rağmen, yüzyıllar boyunca atık kentsel suları

uzaklaştırmanın etkili bir yolu olarak kabul edildiler. Antik çağlardan beri şehirlerdeki borular genellikle hem yağmur suyu hem de atık suları taşımaktaydı. Fakat yağmur suyu kanalizasyonda atık sular ile birleştiğinde çok daha fazla hasara neden olmaktadır (Echols ve Pennypacker, 2017).

20. yüzyılın ortalarında sıhhi kanalizasyon ve yağmur suyunun iki kanalizasyon sistemine ayrılmasının daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Ayrı kanalizasyonlar, büyük masraflara (daha fazla enerji ve kaynak kullanan iki drenaj şebekesi) rağmen artık en yaygın yaklaşımı temsil etse de, bu tür sistemlerin hala kanalizasyon ve yağmur suyunda bulunan tüm kirleticilerle uğraşması ve taşkın koruması sağlaması gerekmektedir. Ayrıca bu yaklaşım, arıtma tesisine gelebilecek kirletici madde miktarını azaltmak için büyük miktarlarda (içme suyu) su kullanılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle gelişmiş ülkelerde bile daha etkin ve verimli kentsel drenaj sistemleri için yeni stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır (Chocat vd., 2007).

Arazi örtüsünün günümüze göre çok daha geçirgen olduğu bir çağ için tasarlanan yağmur suyu altyapısı, daha hızlı şekilde gelebilecek büyük akış hacimlerini karşılamak için kaçınılmaz olarak başarısız olacaktır (Biswas vd., 2019). Günümüzde tüm sokaklar, kaldırımlar, binalar ve otoparklar geçirimsiz yüzeyler oluşturuyor. Bu durum suyun sızması yerine hızlı bir şekilde alıcı ortamlara akarak bu ortamların hem daha hızlı hem de daha kirli bir şekilde yükselmesine neden olmaktadır (Hillhouse, 2020).

1.1.3. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Sistemleri

İleriye dönük olarak, tüm gri yağmursuyu altyapı boru ve kanallarının kapasitelerini fiziksel olarak artırmak için gereken yatırım, maliyet açısından engelleyicidir. Bunun yerine belediyeler, yağmur suyu altyapı stratejisinin bir parçası olarak peyzajdan yararlanarak yağmur suyunun akış hacmini ve akış hızını azaltmaya çalışmalıdır (Biswas vd., 2019).

Yağmur suyu yeryüzüne düştüğünde, çim veya diğer bitki örtüsü gibi geçirimli yüzey olarak adlandırılan yeşil yüzeylere çarpar. Gelişmiş alanlarda sadece yeşil yüzeylere değil, aynı zamanda otoparklar, çatılar, araba yolları ve kaldırımlar gibi sert yüzeylere de (geçirimsiz) düşer. Yeşil bir yüzeye çarptığında suyun çoğu toprağa emilir. Su sert veya

geçirimsiz yüzeylere çarptığında ve ardından aktığında, yağlar, gres ve lastik parçacıkları gibi kirletici maddeleri toplar ve ardından mevcut yaklaşım altında yakındaki akarsulara yönlendirilir (Hlavinec, 2007).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB)'nin 2017 yılında çıkarmış olduğu “Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmeliği”inde, bu sistemlerin planlanmasında toplum hijyeni ve sağlığı, çevre koruma, sürdürülebilir sistem olma ve içme sularını kirleticilerden korumaya dair hususlara dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj, 2017).

Sürdürülebilir sistemler yoğun yağışların sebep olabileceği taşkın ve sel gibi olumsuz etkileri engellemek, yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarını korumak ve alternatif su kaynakları oluşturmak amacıyla tercih edilmektedir (Demir, 2012). Yağmur suyu yönetimine yönelik modern yaklaşımlar, yağmur suyunu sızdırabilen mevcut yeşil alanların restorasyonuna veya korunmasına ve ayrıca akışın tutulmasına ve/veya geciktirilmesine izin veren çözümlere dayanmaktadır. Bu çözümlerde yağmur suyu kalitesine büyük önem verilir. Bunların yanı sıra kentsel alanlardaki yeşil ve rekreasyon alanların ve biyoçeşitliliğin artmasına katkıda bulunur. Böylece kent sakinlerinin yaşam kalitesini ve kentsel ekosistemleri iyileştirir (Godyn vd., 2020).

Geleneksel sistemler, yağmur suyunun miktarına ve taşınmasına odaklanan, tamamen yapısal elemanlardan oluşan ve tasarlanırken ekolojik kaygı taşımayan sistemlerdir. Sürdürülebilir sistemler geleneksel sistemlere ek olarak alternatif çözümler sağlar.

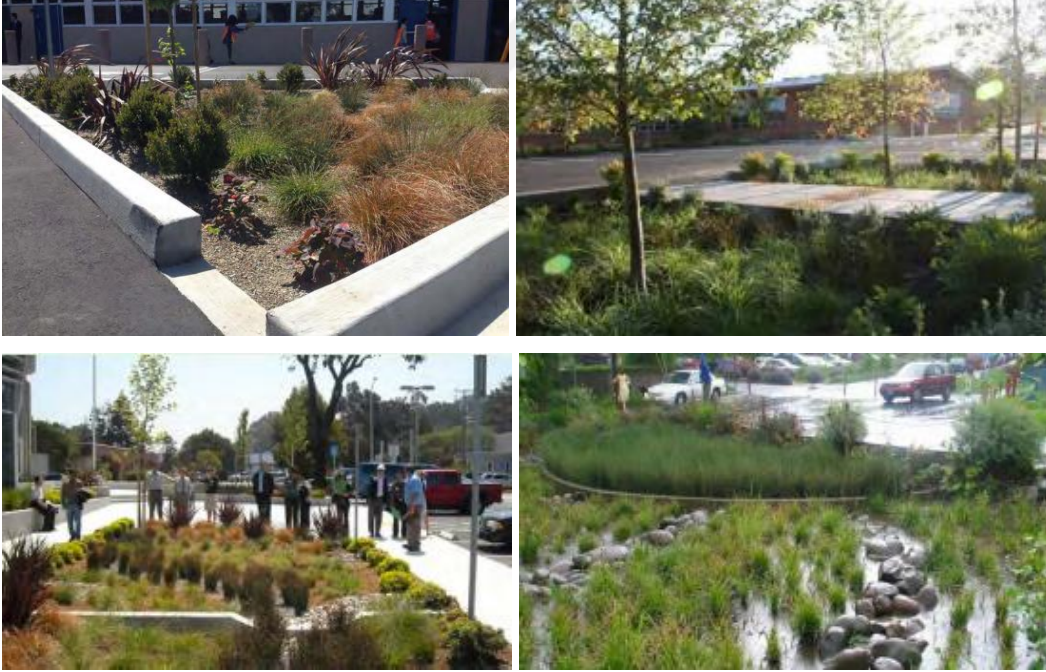
1.2. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim (SYSY) Uygulamaları

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları yapılan literatür araştırması sonucunda bitkisel ve yapısal uygulamalar belirlenerek bu sürdürülebilir uygulamalar ile ilgili detaylı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

1.2.1. Yağmur Bahçesi

Yağmur bahçeleri, astarı veya alt drenajı olmayan bitkilendirilmiş havzalardır. Yeraltı suyunu yeniden şarj etmek için yağmur suyunu tutar ve sızmasına izin verir. Evapotranspirasyona uygun bir ortam sağlar (Hickman, 2011). Farklı bölgelerden gelen yağmur sularını absorbe eder ve böylece yağmur suyu yeraltında tutularak akış azaltılmış olur (Demir, 2012).

Yağmur bahçelerinde su yüksekliği, yönlendirilen yüzeysel akış sonucunda artar ve geçici bir göllenme meydana gelir. Yağmur bahçesinde biriken bu su zamanla toprağın derinliklerine doğru yavaşça sızar (Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Yapısal peyzaj elemanı ve boru altyapısı kullanılmadan tasarlandığında maliyet açısından oldukça uygundur. Ayrıca boyut ve şekil açısından çok yönlü olmalarından dolayı oldukça avantajlıdır (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).



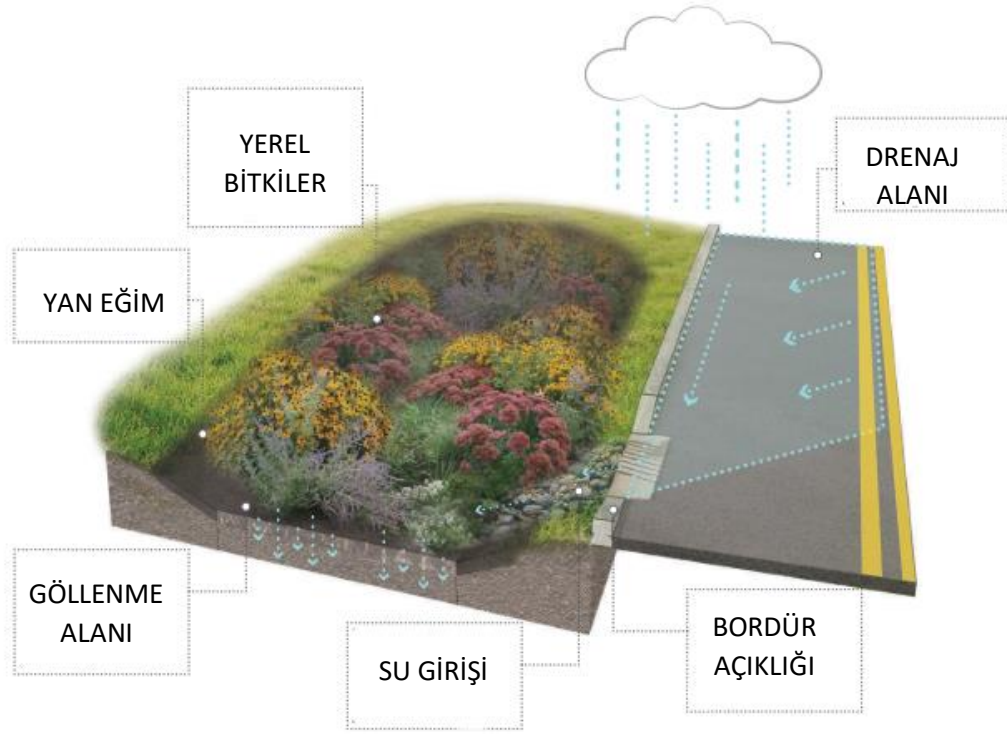
Şekil 1. Yağmur bahçesi örnekleri (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020)

Yağmur bahçeleri, geçirimsiz yüzeylerden gelen yüzey akışının yönlendirilebileceği büyük, orta veya küçük ölçekli alanlarda uygulanabilmektedir. Kent

merkezleri, sanayi ve yerleşim bölgeleri, kampüs alanları, alışveriş merkezleri, parklar, otopark alanları, yürüyüş ve araç yolları gibi birçok alan için tasarlanabilmektedir (ÇŞB, 2018; İnan, 2020; Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

Yağmur bahçesi uygulanacak bir alanın toprak analizi mutlaka yapılmalıdır. Yağmur bahçeleri bir göllenme ortamı oluşturduğundan burada biriken yağmur suyunun emilim hızı oldukça önemlidir. Bu nedenle toprağın geçirgenlik oranının fazla olması gerekmektedir. Eğer biriken su iki gün içinde tahliye edilemiyorsa bu toprak yağmur bahçesi için uygun değildir. Kolayca dağılabilen, yumuşak, içinde su tutmayan ve kil oranı düşük topraklar yağmur bahçeleri için idealdir (ÇŞB, 2018). Kullanılacak bitki türleri seçilirken ise o bölgeye ait yerel türlerin tercih edilmesine dikkat edilmelidir. Yağmur bahçelerinde yağışlı günlerde su birikeceğinden suyu seven ve aynı zamanda kuru olduğu dönemlerde de toprak kuruluşuna dayanıklı türler seçilmelidir. Gelişmiş köklü bitkiler, çok yıllık çiçekler, soğanlı ve yumrulu çiçekler, çalılar kullanılabilecek türlerdir (Demir, 2012; Doğangönül ve Doğangönül, 2009).

Yağmur bahçesinin derinliği, toprak dokusuna bağlıdır. Toplam derinliği 50-90 cm arasında değişen yağmur bahçesinin kazı derinliği için 30-60 cm arası uygundur. Göllenme derinliği genellikle 8 cm ila 20 cm arasında değişir. Tipik olarak, kumlu topraklı bir yağmur bahçesi 20 cm derinliğinde ve siltli topraklı (kumlu ve killi arasında) bir yağmur bahçesi 15 cm derinliğinde olmalıdır. Kil toprağı olan bir yağmur bahçesi için ise 8 cm derinlik uygundur. Aynı zamanda göllenen suyun taşmasını engellemek için genişliği en fazla 15 cm olacak şekilde taşma engelleme sınırı oluşturulmalıdır (ÇŞB, 2018; Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2011).



Şekil 2. Yağmur bahçesi tasarım detayları. “Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey”, Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016, s. 25 kitabından çevrilmiştir.

Yağmur bahçesi için en uygun eğim %10 civarlarındadır ve en fazla %12 eğime kadar uygulanabilmektedir. Derinliğin belirlenmesinde toprak dokusunun yanı sıra eğim de göz önüne alınmalıdır. Eğime bağlı derinlikler ise şu şekildedir;

%4’ten az eğimde derinlik 7-12 cm,

%5-7 arası eğimde derinlik 15-18 cm,

%8-12 arası eğimde derinlik 20 cm olmalıdır (Doğangönül ve Doğangönül, 2009).

Yağmur bahçeleri, geçirimsiz alanlardan gelen akışın, kara akışı veya boru yoluyla kendilerine yönlendirilebileceği yerlere yerleştirilmelidir. Yağmur bahçesinin taban alanı düz olmalıdır, bu nedenle eğimli bir alana yağmur bahçesi yerleştirmek zor olabilir. Aynı zamanda mümkünse yaya trafiğini engellemeyecek şekilde yerleştirilmeli veya tasarlanmalıdır. Yağmur bahçesinin bakımında dikilen bitkilerin genellikle kurulumdan sonraki ilk 1 ila 2 yıl arasında bakımı ve sulaması yapılması gerekmektedir (City of Victoria, 2015).

Yağmur bahçesinin tasarımı yapılırken, yağmur suyunun evlerin altına sızarak küf sorunlarına neden olmasını önlemek için binalardan en az 3 metre uzağa yerleştirilmelidir (Luoni vd., 2010). Bodrumu olan bir bina için bu uzaklık en az 10 metre olmalıdır. Toprağın güneş ışığı aracılığıyla kuruyabilmesi için büyük ağaçlardan uzak konumlara uygulanmalıdır. Büyük ağaç köklerinin bozulmasını önlemek için yağmur bahçesi damlama hattı içine yerleştirilmemelidir. Septik sistemler ve altyapı sistemlerinin üzerine ya da yakınına uygulanmamalıdır. Yağmur bahçesinin septik bir sistemden uzaklığı en az 8 m olmalıdır. Hali hazırda su birikintisi olan ıslak yerlere yerleştirilmemelidir. Bunun yerine su, bu yerlerde toplanmadan önce yakalanmalıdır. Yağmur bahçesi derinliğinin 2 m yakınında mevsimsel olarak dalgalanan su tablolarından kaçınılmalıdır (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2011).

1.2.2. Yağmur Suyu Bitki Şeridi

Yağmur suyu bitki şeritleri, yağmur suyunu yönetmek için kullanılan dar, tabanı düz veya düze yakın, genellikle dikdörtgen şekle sahip bitkilendirilmiş peyzaj alanlarıdır. Yağmur suyunu yakalamak, işlemek ve tutmak için tasarlanan bu alanlar yağmur bahçelerine benzemektedir. Fakat yağmur bahçelerinden dikey yan duvarlara sahip olması özelliğinden dolayı farklıdır (Charles River Watershed Association, 2008).

“Kutudaki yağmur bahçeleri” olarak da tanımlanırlar. Ayrıca bu alanlar, plastik astarlı ahşap, taş, tuğla veya beton gibi dayanıklı malzemeden yapılmış yapılarda bulunur. Akış, geçici olarak depolandığı dikim alanın yüzeyine kara akışıyla borulanır, kanalize edilir veya yönlendirilir. Daha sonra suyun toprağa sızmasına izin verilir (Cahill vd., 2018). Arıtılan yağmur suyu yeraltı suyu olarak toprağa süzülür veya sızma uygun değilse, geleneksel bir yağmur suyu drenaj sistemine boşaltılır (Charles River Watershed Association, 2008).



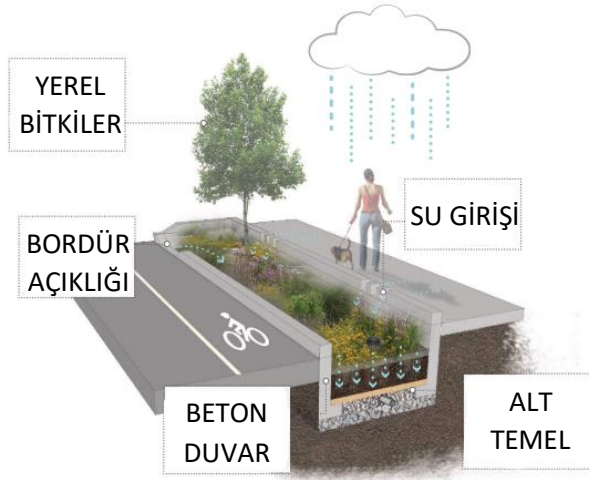
Şekil 3. Yağmur suyu bitki şeridi örnekleri. “Green Infrastructure Design Guide”, San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020, s. 38-39-40 kitabından alınmıştır.

Yağmur suyu yönetimi için kullanılan üç tür yağmur suyu dikim alanı vardır: sızma, biyolojik tutma ve akışlı dikim alanları. Bu üç tür, yer altı ve tasarım detaylarındaki farklılıklarla görsel olarak benzemektedir. Sızma dikim alanları, yağmur suyu akışını tutmak, temizlemek ve toprağa sızdırmak için tasarlanmıştır. Daha fazla yağmur suyu hacmi azalttıkları ve yeraltı yağmur drenaj sistemlerindeki yükü hafiflettikleri için daha çok tercih edilmektedir. Biyolojik tutma dikim alanlarının fazla suyu yakalamak için özel olarak tasarlanmış bir alt drenajı vardır, ancak yine de sızmaya izin verebilir. Akışlı dikim alanları ise tamamen astarlıdır ve akışın topraktan geçmesine ve ardından bir alt drenaj sistemine girmesine izin veren sistemler içerir. Doğal toprak koşullarının sızma için elverişsiz olduğu, toprak kirliliğinin olduğu, bina temellerinin veya bodrumların 3 m yakınında ve mevsimlik yüksek su seviyesinin peyzaj yüzeyinden 3 m içinde olduğu yerlerde akışlı dikim alanları kullanılmalıdır (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

Yağmur suyu dikim alanları büyük miktarda alan gerektirmez. Şehir sokaklarına, otoparklara, ticari ve konut mülklerine estetik cazibe ve yaban hayatı habitatı sağlayabilir (Charles River Watershed Association, 2008). Yağmur suyu dikim alanları, iyileştirme koşullarına ve alanın sınırlı olduğu yerlere kolayca dahil edilir. Binalar ve kaldırımlar, araba yolları, kamu hizmetleri, ağaçlar ve diğer mevcut site veya sokak unsurları arasına sığacak şekilde inşa edilebilirler (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

Bitki örtüsü olarak hem güneş hem de gölge koşullarına dayanıklı çeşitli ağaçlar, çalılar, çimenler ve yer örtücüler kullanılabilir. Akış yönetimini en üst düzeye çıkarmak ve yabancı otları kontrol etmek için yoğun bir şekilde dikim yapılmalıdır. Suya dayanıklı ve

yerel iklim koşullarında gübre, herbisit veya böcek ilacı olmadan kendi kendine hayatta kalabilen türler seçilmelidir. Bitkiler ilk üç yıldan sonra minimum veya hiç sulama olmadan hayatta kalabilmelidir. Toprak özellikleri bakımından ise yağmur suyunu topraktan geçirecek kadar yüksek, ancak arıtma için tutma süresinin fazla olmayacağı sızma oranlarına sahip değiştirilmiş ekim toprağı veya değiştirilmiş doğal topraklar kullanılmalıdır. Boyutlandırma yapılırken kendisine yönlendirilen akış miktarı, göllenme derinliği ve sızma oranı hesaba katılmalıdır. Göllenme derinliği, 30 cm'dir. Tabanının eğimi %0,5'i geçmemelidir. Yağmur suyu dikim alanları düzenli bakımları yapıldıkları zaman süresiz olarak kullanılabilir. Borular, giriş ve çıkışlar gibi mekanik yapılar tıkanma gibi sorunlara karşı kontrol edilmelidir. Ayrıca yağmur suyundaki tortuları çöktürmek için girişte bir öne arıtma sistemi kullanılmalıdır. Bakım talepleri genellikle ilk üç yılda daha ağırdır. Tortu ve atıklar kaldırılmalı, erozyon kontrol edilmeli, gerekirse yeni dikimler yapılmalı ve yabancı otlar elle temizlenmelidir (Cahill vd., 2018).



Şekil 4. Yağmur suyu bitki şeridi tasarım detayları. “Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey”, Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016, s. 31 kitabından çevrilmiştir.

Tasarımı yapılırken yaya sirkülasyonunun olduğu yerlerde erişimin yağmur suyu dikim alanlarının üzerinden köprüler veya ızgaralar ile sağlanması gerekmektedir. İçlerine bir ağaç dikilecekse, yetiştiriciler daha geniş ve daha derin olmalıdır. Kaldırımlarda uygulanacak ise kaldırım geçişinin ve yağmur suyu dikim alanının minimum boyutlarının

sağlayan bir genişlik bulunmalıdır. Güvenlik açısından yetiştiricilerin kenarları alçak korkuluklarla, kenarlıklarla ya da çalılarla çevrenmelidir (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

1.2.3. Biyolojik/Bitkilendirilmiş Hendek

Bitkilendirilmiş hendekler (aynı zamanda biyolojik hendekler, geliştirilmiş hendekler veya su kalitesi hendekleri olarak da bilinir), yönlendirilmiş akışı alan ve yağmur suyunu ileten bitkili açık kanallardır. Bitkilendirilmiş hendek (açık kanal) sistemleri, kontrol bentleri veya diğer araçlarla oluşan kuru veya ıslak hücreler içinde tam su kalitesi hacmini yakalamak ve iyileştirmek için tasarlanmış uygulamalardır (Iowa Department of Natural Resources, 2009). Sığ, doğrusal ve nispeten dar peyzajlı alanlara sahiptirler. Yağmur suyu akışını yakalar, yavaşça iletir, kirleticileri uzaklaştırır ve yeraltı suyuna sızdırır (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020; Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016). Yağmur suyunu kanalizasyona, yakın bir su kütesine veya ıslak ya da kuru bir havzaya ve bazen de ek olarak bir infiltrasyon sistemine taşır. Suyu bir hedefe taşımının yanı sıra yağmur bahçesi ile aynı konseptte ve işlevlere sahiptir (Echols ve Pennypacker, 2017).



Şekil 5. Biyolojik hendek örnekleri. “The Sponge Handbook: Chennai”, Biswas vd., 2019, s. 29 kitabından alınmıştır.

Biyolojik hendekler genellikle biyofiltreler olarak da adlandırılır. Çünkü bitkilendirilmiş yüzeyin üzerinden veya içinden akan yağmur suyu çimler ve bitki örtüsü

tarafından filtrelenir. Bitkili sistemlerde yağmur suyu akışının taşınmasıyla bir dereceye kadar arıtma, depolama ve sızma sağlanabilir ve toplam yağmur suyu akışının azaltılmasına yardımcı olabilir. Açık kanal bitkilendirilmiş sistemler, geleneksel bordür taşı ve yağmur oluğu veya yağmur suyu nakil sistemlerine etkili bir alternatif olabilir. Üç tür bitkilendirilmiş hendek vardır. Bunlardan ilki erozyona ve sele dayanıklı çimlerle bitkilendirilmiş geniş ve sığ bir toprak kanal olan çim hendeklerdir. İkincisi filtre ortamlı kuru hendeklerdir. Bu kuru hendekler, filtreleme ortamının eklenmesi ile geliştirilmiş bir açık kanaldan oluşmaktadır. Üçüncüsü ise suyu geçici olarak depolayabilen ıslak hendeklerdir (Iowa Department of Natural Resources, 2009).

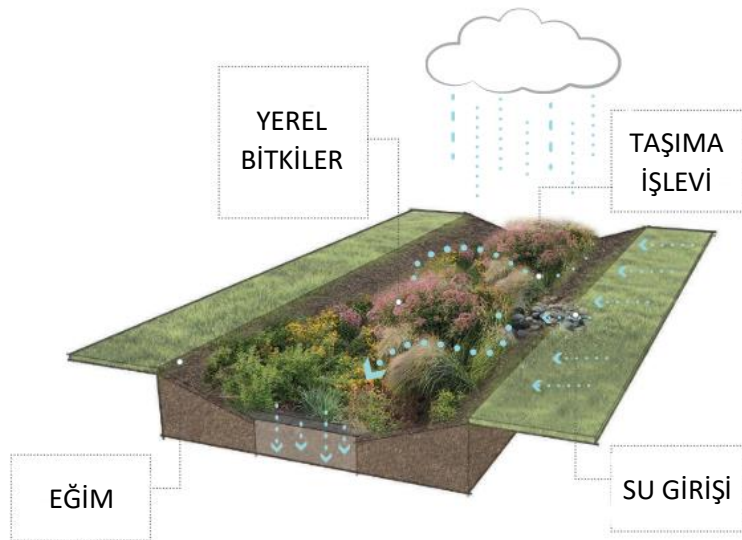


Şekil 6. Kontrol benti uygulanmış çim hendek örneği. “Iowa Storm Water Management Manual”, Iowa Department of Natural Resources, 2009, s. 17 kitabından alınmıştır.

Açık kanallı (geniş) drenaj yolları olan biyolojik hendeklerin işlevi, yağmur suyu akışını iletmektir. Genellikle geleneksel yağmur suyu borularına alternatif veya geliştirme olarak kullanılmaktadırlar. Biyolojik hendekler genellikle park yeri ve yol refüjlerine entegre edilmektedir. Yağmur suyu hacminin bir kısmını sızdırmak ve iyileştirmek için yollara paralel olarak uygulanmaktadır. Bu sistemler, arıtma işlevlerini artırmak için genellikle mevcut hendek ve hendek sistemlerine entegre edilebilmektedir (Clark, 2008). Dar ve doğrusal bir yapıya sahip peyzaj alanlarında, asfaltlanmış alanların çevresi boyunca, çatı borularının yakınında, karayolu, sokaklar ve otopark alanlarında uygulanabilmektedirler (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016; Sadeghmazhad, 2019; San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

Biyolojik hendeklerde alanın toprak analizi yapılarak toprak özellikleri hakkında bilgi edinilmelidir. Yağmur bahçesinde olduğu gibi bitkilendirilmiş hendeklerde de iyi sızdıran bir toprak oldukça önemlidir. Kum, kompost ve üst toprak karışımından oluşan verimli bir toprak uygun olacaktır (Biswas vd., 2019; Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016). Bitki örtüsü bakımından yüksek miktarda bitkilendirilmiş yüzey sağlayan ince, yakın büyüyen ve suya dayanıklı türler seçilmelidir. Mümkün olduğunca biyoçeşitliliği artırmak için yerel bitkiler kullanılmalıdır (Clark vd., 2008).

Hendeğin toplam derinliği 20-45 cm arasında değişmektedir. Göllenme derinliği, en düşük 10 cm en fazla ise 30 cm olmalıdır. Fribord denilen mevcut yüzey ile su seviyesi arasındaki boşluk için 10 cm'lik mesafe idealdir. Toprak derinliği için 45 cm uygun görülmektedir. Bitkilendirilmiş hendekler alan, bina, cadde ve otopark uygulamaları için nispeten düz koşullarda veya %5 boyuna eğime kadar daha dik koşullarda kullanılabilir. Hendeğin boyuna eğimi en fazla %1-2 arasında olmalıdır. %2-10'luk boyuna eğim sözü konusu olduğunda ise hendek uzunluğu, eğimi azaltmak için teraslar (basamaklar) veya 30 cm'lik bentlerle bölünebilmektedir. Bu durumda erozyonu önlemek için her basamak veya setin altına kaldırım taşı büyüklüğünde taşlar ile sıçrama yastığı oluşturulmalıdır (City of Victoria, 2015)



Şekil 7. Biyolojik hendek tasarım detayları. “Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey”, Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016, s. 27 kitabından çevrilmiştir.

Biyolojik hendeğin depolama kapasitesinin ve işlevsel bütünlüğünün korunması önemlidir. Bu nedenle bitki örtüsü, sızma kapasitesi ve yapılar düzenli olarak izlenmeli ve bakımı yapılmalıdır. Erozyon belirtilerini, yapıların çevresinde enkaz birikimini ve aşırı sedimentasyon belirtilerini belirlemek için hendek düzenli olarak incelenmelidir. Toprakların tıkanıp tıkanmadığını belirlemek için toprak sızma kapasitesi yıllık olarak test edilmelidir. Özellikle ıslak koşullarda, toprağın sızma kapasitesini korumak amacıyla yaya trafiğinin yanı sıra araçlardan ve diğer yüklerden korunmalıdır. Bakım gereksinimleri, bitki örtüsünün mevsimsel olarak budanmasını ve aşağı akış yapılarını kirletebilecek enkaz ve çöplerin kaldırılmasını içerir. Kurulumundan sonraki ilk 1-2 yıl için sulama ve yabancı ot kontrolü yapılmalıdır. Zamanla biriken çöplerden ve kurumuş bitkilerden temizlenmelidir. Düzenli kontroller ile aşırı göllenmeler (48 saatten fazla) oluşup oluşmadığı kontrol edilmelidir (City of Victoria, 2015; Clark vd., 2008).

Biyolojik bir hendeğin tasarımı, toprak tipi, yeraltı suyu seviyesi, hizmet verilen alanın boyutu, katkıda bulunan havzanın geçirimsizliği ve hendek sisteminin boyutları ve eğiminden etkilenen sızmaya bağlıdır. Hendek toplam yüzey alanı, yağmur suyunu aldığı alanın yüzde biri olmalıdır. Yeraltı suyunun hendek dibine ulaştığı yüksek su tablası olan alanlara bitkili hendek kurulmamalıdır (Clark vd., 2008). Su hareketinin hızını kontrol etmek için, bitkili hendek, akışın bir alanda kısa süreliğine birikmesine ve bir sonrakine geçmeden önce filtrelenmesine izin veren kontrol setlerine sahip olmalıdır (Echols ve Pennypacker, 2017). Park şeridi, bisiklet yolu veya kaldırım bitişiğinde uygulanacaksa en az 30 cm'lik mesafe bırakılmalıdır. Sızmayı teşvik etmek için astarlanmamış bitkili hendekler, yapılara doğrudan bitişik veya yokuş yukarı yerleştirilmemelidir (City of Victoria, 2015).

1.2.4. Ağaç Çukuru/Hendeği

Ağaç çukurları, içine ağaç dikilmiş küçük bir yağmur suyu bitki şerididir. Alt temelde birbirine bağlı ağaç çukurlarından oluşabilir ya da ayrı ayrı olarak da tasarlanabilir. Sistem düz tabana sahiptir ve kenarlarında bir tür dikey engel sistemi bulunmaktadır (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

Ağaç çukurları, kaldırım üzerinde bir çukur kazılarak, geçirgen jeotekstil malzemelerle kaplanıp, taş ya da çakılla doldurulan ve sonunda toprak ve ağaç getirilerek

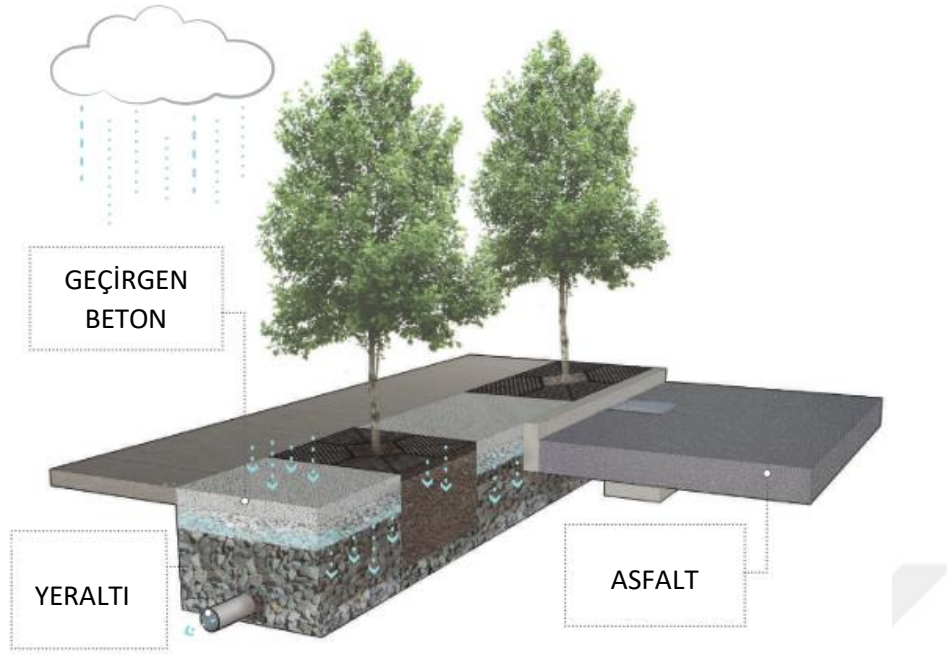
oluşturulan gelişmiş bir ağaç çukuru sistemidir. Ağacın kökleri suyu emerken, yavaş yavaş dipten süzülür. Kum, tınlı kum, kumlu tınlı, silt tın veya tın toprak türleri ağaç çukurları için uygundur. Tercih edilen göllenme derinliği 15 cm ve toplam derinliği ise 1.2 metredir. En yüksek %15 eğime kadar uygulanabilmektedir (Biswas vd., 2019).



Şekil 8. Ağaç çukuru örnekleri. “Ultra Urban Green Infrastructure”, City and County of Denver, 2016, s.63 kitabından alınmıştır.

Sistemde yağmur suyunun çukura girmesi için bir giriş açıklığı bulunur. Yağmur suyu akışını filtreler ancak çok az depolama kapasitesi sağlar. Genellikle yağmur suyunu hızlı bir şekilde filtrelemek ve ardından mevcut kanalizasyon sistemine yönlendirmek için tasarlanmıştır. Sistemdeki yağmur suyunun depolama kapasitesini artırmak için geçirgen beton ile birleştirilir. Eğer toprak bileşimi düşük sızma oranlarına sahip ise genellikle suyu tahliye etmek için bir alt drenaj sistemi kurgulanır (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016).

Ağaç ve kök sağlığını ve canlılığını artırmak için ağaç çukurları mümkün olduğunca geniş olmalıdır. İyileştirilmiş yetiştirme koşulları sağlamak için geçirgen kaplama ve modüler asılı kaldırım destek sistemleri kullanılabilir. Dikim alanının derinliğine ve içeriğine bağlı olarak, yükseltilmiş bordür, alçak çit veya ağaç ızgarası gerekebilir (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).



Şekil 9. Ağaç çukuru tasarım detayları. “Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey”, Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016, s. 37 kitabından çevrilmiştir.

1.2.5. Bordür Uzantısı

Bordür uzantısı, biyolojik tutma ve biyolojik sızma alanlarının tasarım varyasyonu olan bir yeşil altyapı uygulamasıdır. Sokaklar sel olaylarına karşı daha dirençli olurken yayalar, bisikletçiler ve sürücüler için sokak peyzajını geliştirir (Biswas vd., 2019).



Şekil 10. Bordür uzantısı örnekleri. “Green Infrastructure Design Guide”, San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020, s. 44-45 kitabından alınmıştır.

Bordür uzantıları yağmur suyunu yakalayıp onun bitkiler ve toprakla etkileşime girmesine izin veren, aynı zamanda yağmur suyunu yönetmekle beraber yaya erişimini ve güvenliğini de sağlayan bir yağmur suyu bitki şerididir. Tasarımı yapılırken dikim alanı derinliğine ve bağlama bağlı olarak, yükseltilmiş bordür veya alçak çit çevresine ihtiyaç duyulabilir. Araçlar ile yürüyen veya bisiklete binen insanlar arasındaki görüş hattını korumak için düşük boylu bitki türleri kullanılması gerekebilir. Geçirgen kaplama, yağmur suyu kaldırım uzantısını tamamlayabilir ve caddenin yağmur suyu akışının daha iyi yönetilmesine izin verebilir. Kaldırım boyunca belirlenmiş sağa dönüş şeritleri olan kavşaklar, kaldırım uzantıları için uygun değildir. Otobüsler veya büyük kamyonlar tarafından sık sık sağa dönüş yapılan kavşaklar, kaldırım uzatmaları için uygun olmayabilir. Drenaj girişlerinin yakınına kaldırım uzantılarının yerleştirilmesi, cadde ve yağmur oluklarının eğimi halihazırda girişe akması gerektiğinden, sokaktan gelen akışın yeşil altyapıya akmasını sağlamaya yardımcı olacaktır (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

1.2.6. Yeşil Oluk

Yeşil oluklar, karayolu, otopark kenarı, kaldırım kenarı ve bina boyunca yerleştirilmiş çok dar ve sığ alternatif peyzaj arıtma sistemleridir. Alanlarda yağmur suyu akışını yakalamaya, yavaşlatmaya ve kirleticileri filtrelemeye yardımcı olur. Tipik olarak bir metreden daha az genişlikte olan yeşil oluklar, dikey bordürlerle sınırlandırılmış olmaları ve düz tabanlı bir profile sahip olmaları nedeniyle bitki şeritlerine benzer. Fakat bitki şeritlerinin aksine, yeşil oluklar, çok az su tutacak veya hiç su tutmayacak şekilde çok sığ olarak tasarlanmıştır. Yağmur suyu akışını diğer arıtma alanlarına taşımak için kullanılabilirler. Bitkilendirilmiş hendekler gibi yeşil oluklar da yağmur suyu akışını yönetebilir ve bisikletler, yayalar ve araçlar arasında yeşil bir tampon bölge sağlayabilir (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).



Şekil 11. Yeşil oluk örnekleri.“Green Infrastructure Design Guide”, San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020, s. 54 kitabından alınmıştır.

Yağmur suyu akışı, yeşil oluğa bir kaldırım açıklığı yoluyla girer, dikim ortamına yayılır, dikey olarak aşağı doğru sızar ve bir alt kanaldan çıkar. Arıtma süreçleri, filtrasyon, toprak adsorpsiyonu (tutunma) ve bitki alımını içerir. İşlevselliği ve estetik görünümü en üst düzeye çıkarmak için yeşil oluklar iyi bitkilendirilmelidir. Yeşil oluğun sınırlı genişliği ve çevredeki sert peyzajın yarattığı nispeten zorlu yetiştirme koşulları göz önüne alındığında, çoğu yeşil oluk uygulaması için önerilen ekim planı “Temel Çim Örtüsü” konseptidir. Bu konsept, biyolojik tutma ortamının tam kapsamını oluşturmak için öncelikle yerel çimlerin basit bir düzenlemesinden oluşur. Tüm bitki boyları 75 cm’den kısa olmalıdır. Bitkilendirme oluğun sınırlarını aşmayacak şekilde türlerin ilerde ulaşabileceği boyutlar dikkate alınarak yapılmalıdır (City and County of Denver, 2016).

Göllenme derinliği en fazla 8 cm olacak şekilde tasarlanmalıdır. Yeşil olukların doğrudan yaya koşullarına, park duraklarına bitişik yerleştirildiği ve yol ile yeşil oluk arasında bordür bulunmadığı yerlerde daha sığ derinlikler tercih edilir. Boyuna eğim %2'nin üzerinde olduğunda kontrol barajlarına ihtiyaç duyulacaktır. %5'in üzerindeki eğimlerde yeşil oluğun iç kısmının teraslanması gerekmektedir. Yeşil oluklar, uygun koşullarda suyun peyzaja kolayca akabilmesi için yükseltilmiş bordürler olmadan tasarlanabilir. Bordürsüz tasarımda, yeşil oluğun üst yüzeyi, bitişindeki araç veya bisiklet şeridinin 5 cm fazla altında olmamalıdır. Uzun ve sürekli bir alan gerektirir. Olukları sık sık kesintiye uğratabilecek alanlar için uygun değildir (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).

1.2.7. Filtre Şeritleri

Filtre şeritleri, bitişigindeki geçirgen ve geçirimsiz alanlardan gelen yağmur suyu akışını işleyen yoğun bitki örtüsünden oluşur. Bu sistemler, akış hızını azaltır, tortu ve kirleticileri yakalar ve bazı durumlarda akışın bir kısmını toprağa sızdırır. Filtre şeritleri genellikle yollar ve otoyollar dahil olmak üzere çeşitli geliştirme sahalarına uygulanabilen uygun maliyetli bir yağmur suyu ön arıtma seçeneğidir (Philadelphia Water Department, 2020).



Şekil 12. Filtre şerit uygulama örneği. “Stormwater Management Guidance Manuel”, Philadelphia Water Department, 2020, s. 174 kitabından alınmıştır.

Filtre şeritleri tortu ve kirletici yüklü akışın konsantre bir akış kanalına boşaltılmadan önce yönlendirildiği bitki örtüsü bölgeleridir. Çimenli çayırlar veya nehir kıyısı ormanları gibi birçok doğal ekolojik topluluğa yakından benzeyebilirler. Yoğun bitki örtüsü, tortunun azaltılmasını ve kirleticilerin uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Diğer sürdürülebilir uygulamalar ile birlikte kullanıldığında öncesinde tortu ve partikül yükünü azaltabilmektedir. Ayrıca uyumsuz arazi kullanımları arasında bir tampon görevi görebilir ve estetik açıdan hoş olacak şekilde düzenlenmiş ve geçirgen topraklara sahip alanlarda yeraltı suyunun yeniden beslenmesini sağlayabilmektedir. Yerleşim yerlerinde, park alanlarında ve asfalt yolların çevresinden gelebilecek akışı yönetmektedir. Bu sistemler rutin bir bakıma ihtiyaç duymaktadır. Çim yüksekliği 5-10 cm’i geçmemelidir (Iowa Department of Natural Resources, 2009).

1.2.8. Nehir Kenar Tamponu

Nehir kıyısı tamponları, yağmur suyu akışından ve sığ yeraltı suyu akışından kaynaklanan kirleticilerin bitkileri ile filtrelenerek alıcı sulara deşarj edildiği bir kıyı şeridi, sulak alan veya akarsu boyunca doğal veya inşa edilmiş ekosistemlerdir. Üç ana tampon türü vardır: su kirliliği riski önleyici, bitkili tamponlar ve yapısal tamponlar. Su kirliliği riski önleyici tampon, potansiyel kirlilik risklerini su yollarından ayıran alanlardır. Bitkili tamponlar, arazi kullanımlarını bölen veya peyzajı rahatlatan doğal alanlardır. Yapısal tamponlar ise yağmur suyunu akarsulara, göllere veya sulak alanlara girmeden önce arıtmak için özel olarak tasarlanmıştır. Tamponlar genel olarak, yeterli akış koruması sağlamak için en az 45 metre bir minimum genişlik önerilir. İç, orta ve dış bölgelerden oluşan üç bölgeli tampon sistemi, tampon oluşturmak için etkili bir tekniktir. Bölgeler, işlev, genişlik, bitkisel hedef ve izin verilen kullanımlarla ayırt edilir. İç bölge fiziksel ve ekolojik bütünlüğü korur. Sulak alan ve kritik habitatlar ile birlikte en az 7.6 metreden oluşur. Bitkisel hedef, olgun ormanlar oluşturmaktır. İzin verilen kullanımları, sel kontrolleri, kamu hizmeti geçiş hakları, patikalar vb. ile sınırlıdır. Orta bölge, yayla gelişimi ile iç bölge arasındaki mesafeyi sağlar. Akarsu düzenine, eğime ve 100 yıllık taşkın yatağına bağlı olarak tipik olarak 15 ila 30 m arasındadır. Bu bölge için bitkisel hedef, yönetilen ormandır. Kullanım, bazı eğlence etkinlikleri, bazı yağmur suyu BMP'leri ve bisiklet yollarıyla sınırlıdır. Dış bölge, akışla karşılaşan ilk bölgedir. Akışı yavaşlatırken ve filtrelerken oluşabilecek zararı önleme işlevi görür. Dış bölgenin genişliği en az 7.6 m ve orman oluşumu teşvik edilirken çimler bitkisel bir hedef olabilir. Dış bölgenin kullanımları sınırsızdır. Çim, bahçe, kompost, bahçe atıkları ve çoğu yağmur suyu uygulamalarını içerebilirler (MDOT, 2011).



Şekil 13. Nehir kenar tampon uygulaması örnekleri. “Green Infrastructure Guide for Water Management”, Bertule vd., 2014, s.23 ve “Erosion Control, Sediment Control, and Stormwater Management on Construction Sites and Urban Areas”, MDOT, 2011, s. 58 kitabından alınmıştır.

1.2.9. Yeşil Çatı

Yeşil çatılar, binaların üzerine kurulan canlı bitki örtüsünden oluşmaktadır. Su yalıtım membranı üzerine uygulanan, kısmen veya tamamen bitki örtüsü ve yetiştirme ortamı ile kaplı bir yağmursuyu yönetim uygulamasıdır. Geniş yüzey alanı sayesinde yağmur suyunu emebilir, fazla suyu iniş boruları aracılığıyla akifere bırakmadan önce tutabilir (Biswas vd., 2019). Bu sistem, yağmur suyunu emmek, yalıtım sağlamak, yaban hayatı için yaşam ortamı oluşturmak ve ısı adası etkisini azaltmak gibi çeşitli amaçlara hizmet etmektedir. Yeşil çatılar, yüzeysel (extensive) ve derin (intensive) olmak üzere iki çeşittir. Yüzeysel çatılar, 50-100 mm arasında sığ bir yetiştirme ortamına sahiptir. Zorlu koşullara dayanıklı, yüzeyi örten bir bitki örtüsünden oluşur. Derin yeşil çatılar ise en az 300 mm toprak derinliğinden oluşmaktadır. Çalılar ve ağaçlar gibi odunsu bitkileri içerebilir. Genellikle kamusal yeşil alanlar olarak kullanılmaktadır. Her iki yeşil çatı türü de yüzeyden tabana olmak üzere bitki örtüsü, yetiştirme ortamı, drenaj filtresi, drenaj katmanı, yalıtım, kök bariyeri, nem katmanı ve yapısal destek katmanlarından oluşmaktadır (City of Edmonton, 2014).



Şekil 14. Yeşil çatı örneği. “Stormwater Management Guidance Manuel”, Philadelphia Water Department, 2020, s. 55 kitabından alınmıştır.

Uygulama alanı olarak sivil/kurumsal yapılar ve ticari yapılar en uygun ortamdır. Müstakil evler için kullanılması tavsiye edilmemektedir. Yeşil çatıların yeni inşaatlar için tasarlanması daha kolaydır, ancak sonradan da donatılabilirler. Bunun için mevcut binanın yeşil çatıyı destekleyip destekleyemeyeceği incelenmelidir. Yeşil çatılar için verimli ve yeterli drenaj kapasitesine sahip yetiştirme ortamı uygundur. Bitki örtüsü, kuruluştan sonra çok az veya hiç sulama gerektirmeyen türlerden oluşmalıdır. Gübre, böcek ilacı veya herbisitlere ihtiyaç duymadan kendi kendini idame ettirebilmelidir. Sıcağa, soğuğa, şiddetli rüzgârlara ve yangınlara dayanıklı olmalıdır. Çok az bakım gerektiren ve en az %50 yaprak dökmeyen türler uygundur. Çok yıllık ya da yetiştirme ortamına gelecek sene için tohum bırakan tek yıllık bitkiler yeşil çatılarda kullanılabilir. İki yıl içinde yüzde doksan bitki kapsama alanı elde edilmelidir. Yeşil çatılar düz veya düze yakın çatılar için uygundur. Eğimli çatılar için tavsiye edilmezler. Eğimi %2'den az olan çatılar özel drenaj konstrüksiyonu gerektirir. Yabancı ot kontrolü, atıkların ve ölü bitkilerin uzaklaştırılması, çatının boru ve giderlerinin kontrol edilip temizlenmesi gibi bakım işlemleri gerekmektedir. Ayrıca düzenli olarak membrandan sızıntı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Çatı yüzeyinde yeşil çatıda kullanım için onaylanmış (ve garantili) kaliteli su yalıtım malzemesi kullanılmalıdır. Kamu erişimi olan derin bir yeşil çatı planlanıyorsa, insanların ve mobilyaların canlı yükü de dikkate alınmalıdır. Uygulanacağı bölgeye göre ne kadar sürede ne kadar yağmur suyunu yakalayabileceği ve buharlaştırabileceği hesaplanmalıdır. Yeşil çatı daha yüksek komşu binalardan veya diğer noktalardan görülebildiği zaman estetik değeri önemli bir hal alır (City of Victoria, 2015).

1.2.10. Yapay Gölet

Yağmur suyu akışının hem geçici hem de uzun süreli depolanmasını sağlamak için kalıcı bir havuz oluşturularak inşa edilen toprak çöküntülerdir. Hem kirleticilerin uzaklaştırılması hem de yavaş salınması ile tepe akışlarını azaltmak ve su kalitesini iyileştirmek için kullanılabilirler. Bir çıkış kontrol yapısı kullanarak kalıcı havuzun üzerinde depolama kapasitesi sağlarken, sistem içinde tutulan su çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerle arıtılır (Philadelphia Water Department, 2020).



Şekil 15. Yapay gölet örneği. “Stormwater Management Guidance Manuel”, Philadelphia Water Department, 2020, s. 124 kitabından alınmıştır.

Yapay Göletler, kamusal alanı önemli ölçüde geliştirirken, kentsel mahallelerdeki akış hacimlerini azaltmanın ve depolama kapasitelerini iyileştirmenin etkili bir yoludur. Yapay göletler, farklı tasarım çeşitlerine sahip olabilir ve oldukça geniş alanlar gerektirebilir (Biswas vd., 2019).

Yapay göletlerin kuru göletler, ıslak göletler ve çoklu göletler olmak üzere üç farklı uygulaması vardır. Islak göletler, yerçekimi ile yerleşme, biyolojik alım ve mikrobiyal aktivite için iyi bir ortamı destekleyen kalıcı bir havuz, mikro havuz veya sığ bataklığın bir kombinasyonundan oluşan yağmur suyu depolama uygulamalarıdır. Kuru göletler, açıkça yağmur suyunu geçici bir süre tutmak için tasarlanmıştır (Ellis vd., 2014). Çoklu göletler ise kuru ve ıslak gölet sistemlerinin birleştirilmesi ile oluşan sistemlerdir (Sevimli, 2021).



Şekil 16. Kuru gölet örneği. “Low Impact Development in Coastal South Carolina: A Planning and Design Guide”, Ellis vd., 2014, s. 166 kitabından alınmıştır.

1.2.11. Yapay Sulak Alan

Yapay sulak alanlar, su kalitesini iyileştirebilmek için yağmur suyu akışını alan sığ bitkili çöküntülerdir. Sulak alanlar tipik olarak 0.3 m’den daha az derinliktedir. Her yeni yağış olayından gelen akış, önceki yağıştan gelen akışın yerini alır ve uzun kalma süresi ile kirleticilerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Yapay sulak alanları ayrıca, su kalitesini arttırmak ve daha büyük yağışlar için yağmur suyu yönetimi gereksinimlerini karşılamak için kurulduğu alan üzerinde depolama sağlar. Bu alanlarda suyun 60 cm’den aşağı düşmemesi için yeraltı suyu, akış veya taban akışından beslenebilecek yeterli suya sahip olmalıdır. Önerilen sulak alanın altında yatan toprakların sızma hızlarını ve diğer yüzey altı özelliklerini belirlemek için toprak testleri yapılmalıdır. Yüksek derecede geçirgen topraklar, sağlıklı bir kalıcı havuzun korunmasını zorlaştıracaktır (Ellis vd., 2014).



Şekil 17. Yapay sulak alan örneği. “Low Impact Development in Coastal South Carolina: A Planning and Design Guide”, Ellis vd., 2014, s. 199 kitabından alınmıştır.

Yapay sulak alanlar, sulak alanların hidrolojik ve ekolojik işlevlerini kentsel bir çevrede taklit eder. Öncelikle, yağmur suyu akışını engelleyebilen ve tedavi edebilen sığ, alanlar olarak tasarlanmıştır. Bununla birlikte, iyi tasarlanmış yapay sulak alanlar, su filtreleme de dahil olmak üzere doğal sulak alanlarda bulunan ekosistem hizmetlerinden bazılarını sunabilirse mahalleler ve genel olarak şehir için değerli alanlar haline gelebilir. Yapay göletlerin aksine, yapay sulak alanlar yaz buharlaşma oranlarında otuz günlük bir kuraklığa dayanabilmektedir. Bu nedenle, bu sistemlerin çoğu, minimum veya yavaş su sızmasına izin verirken suyu alanda tutmaktadır. Tasarımında, sulak alan bitki türlerinin büyümesi sağlanmalı ve suyun durgunluğunu önleyecek şekilde sirküle edilmelidir. Bu, sivrisinek gibi türlerin üremesini önleyecek ve kentsel doku içinde yerli türler için sağlıklı yaşam alanlarının yaratılmasına yol açacaktır (Biswas vd., 2019).

1.2.12. Yağmur Borusu Bitki Kutusu

Yağmur borusu bitki kutuları, çatı akışını faydalı bir şekilde yeniden kullanma fırsatı sağlayan, içinde bitkiler bulunan ahşap veya beton kutulardır. Küçük olmasına rağmen, bu sistemlerin yağış olayları sırasında çatıdaki akışı depolama ve bir taşma yoluyla yavaş yavaş sisteme geri salma özelliği vardır. Çoğu zaman bir miktar yağış depolaması ve bina için estetik değer sağlamak için kullanılan güvenilir uygulamadır. Bu sistemler en iyi harici yağmur borusu olan binaların yakınında, düz zeminli binaların yakınındaki alanlarda ve yaya sirkülasyonunu olumsuz etkilemeyecek alanlarda uygulanabilmektedir. Yağmur borusu bitki kutuları birbirleri ile bir alt drenaj borusu ile bağlanarak birlikte kullanılabilir. Böylece depolama kapasitesi artırılmış olmaktadır. Sistemdeki fazla su bitki kutusundan bir boru ile yeşil alana boşaltılabilmektedir (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016).



Şekil 18. Yağmur borusu bitki kutusu uygulaması. “Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey”, Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016, s. 28 kitabından alınmıştır.

1.2.13. Yağmur Tankı ve Sarnıç

Yağmur suyu toplama sistemleri, daha sonra kullanmak üzere yağışları depolamaktadır. Çatılara düşen yağmur suyu toplanarak yer üstü veya yer altı depolama tankına (sarnıç olarak da adlandırılır) taşınır. Depolanan su peyzaj sulama, dış yıkama (örneğin, araba yıkama, bina cepheleri, kaldırımlar, sokak, itfaiye araçları, vb.), tuvalet ve pisuarlarda ve yangın söndürme sistemlerinde kullanılabilir (Ellis vd., 2014).

Sistemin başarısı, bir sonraki yağmur olayı için sistemde depolama kapasitesinin sürekli olarak mevcut olması için depolanan suyun sık kullanılmasına bağlıdır. Bu cihazlar, yağmur suyu akışını kontrol etmek, yağmur suyu akışını azaltmak ve kirleticilerin yağmur kanalizasyonlarına girmesini engelleyerek uzaklaştırmak için kullanılabilir (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020). Sarnıç, kurak aylarda (Mayıs-Eylül arası) sulama için su depolayacak şekilde kurulmalıdır. Yağışlı aylarda ise (Ekim-Nisan) bir vana açılır, böylece sarnıçtaki fazla su yavaş yavaş boşaltılır. Ayrıca sarnıçın bakımı için çatı oluğundaki kalıntılar düzenli olarak temizlenerek drenaj yolu açık tutulmalıdır. Sarnıçın içi ise 3 ile 5 yılda bir temizlenmesi gerekmektedir (City of Victoria, 2015).



Şekil 19. Yağmur tankı örnekleri. “Green Infrastructure Design Guide”, San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020, s. 91 kitabından alınmıştır.

Sarnıçlar ve yağmur tankları, depolama kapasitelerini veya verimliliklerini artırmak için genellikle diğer uygulamalarla eşleştirilebilmektedir. Tam kapasitesine ulaştığında fazla su başka bir uygulamaya yönlendirilebilir (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016).

1.2.14. Geçirgen Kaplamalar

Geçirgen kaplama, yağmur suyunun kaplama sisteminin içinden geçmesine ya da kaldırım taşları arasındaki açıklıklardan yağmur suyunu depolamak ve sızdırmak için tasarlanmış alttaki bir çakıl yatağına geçmesine izin verir. Birçok farklı geçirimli kaplama türleri vardır. İşlevsel olarak, farklı geçirimli kaplama sistemleri arasındaki ayırt edici özellik, yüzeyin geçirgen hale getirilmesidir. Geçirgen beton, gözenekli asfalt, geçirgen kaldırım taşları ve gözenekli kauçuk kaplamalarda malzemenin kendi içinde gözenek boşlukları bulunmaktadır. Geçirgen kaplama sistemleri, yağmur suyunun yüzeylerinden geçmesine, alttaki zemine ulaşmasına veya çakıl tabanda depolanmasına ve yağmur suyu sistemine alt drenajlarla bağlanmasına izin verir. Geçirgen kaplama, yağmur suyu akışını yeterince yönetecek ve araç, bisiklet veya yaya trafiği tarafından uygulanan ağırlık ve kuvvetleri ve kullanımına bağlı olarak oluşabilecek diğer potansiyel yükleri desteklemek için geleneksel kaplama ile aynı yük taşıma kapasitesini sürdürecektir şekilde tasarlanmalıdır. Geçirgen kaplama kullanmak için en çok arzu edilen yaklaşım, bu stratejiyi mümkün olduğunda peyzaja dayalı yağmur suyu yönetimi ile birleştirmektir. Geçirgen kaplama, öncelikle otoparklarda, plazalarda, kaldırımlarda ve yürüyüş yollarında ve yollarda

kullanılır. Geçirgen kaplamalarda bir saatte en az 1.2 cm sızma sağlayan topraklar uygun olmaktadır (San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020).



Şekil 20. Geçirgen kaplama örnekleri. “Green Infrastructure Design Guide”, San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, 2020, s. 77-78-79-82 kitabından alınmıştır.

Geçirgen beton ve gözenekli asfalt, geçirgen yüzeylerin en yaygın olanlarıdır. Bu, suyun malzeme içinden suyu tutan alttaki katmanlı bir taş sistemine hızla geçmesine izin vererek, alttaki sıkıştırılmamış toprağa sızmasına izin verir. Yağmur suyu akışını depolamak ve yavaşça yere sızmasını sağlamak için altta yatan bir taş tabakasına sahiptirler. Bir alt drenaj sistemi kurarak, bu sistemler sızmanın sınırlı olduğu alanlarda kullanılabilir. Bu durumda, geçirgen kaplama sistemi kirleticileri filtrelemeye ve depolama sağlamaya devam eder ancak sızma sağlamayacaktır (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, 2016).

1.2.15. Gabion Duvar

Kaya kafesleri olarak da bilinen gabionlar, taşlar için bir sınırlama sistemi olarak kullanılan çift bükümlü ve çelik tel örgülü kutulardır. Hidrolik ve toprak tutma uygulamalarında erozyonu kontrol etmek için sert zırh olarak kullanılabilirler, ancak sert zırhlamanın aksine gabion yapıları gözeneklidir ve serbest drenaja izin verir. Bu durum bitki örtüsünün taşlar arasındaki boşluklarda zamanla yerleşmesine izin verir ("Multitalented and Versatile: Gabions in Stormwater Management and Erosion Control", 2004).

Gabion, yarı geçirgen bir bariyerdir. Dere gibi küçük su alanlarında yağmur suyunun akışını yavaşlatarak yeraltı suyuna su sızmasını kolaylaştırmakta ve toprak

erozyonunu önlemeye yardımcı olmaktadır. Bu tür yapıların yüksekliği yaklaşık 0,5 m iken genişliği 1 m'dir. Normalde genişliği 10 m'den az olan akarsularda kullanılmaktadır. Gabionlar birbirine bağı olduğundan tel örgü güçlü bir yapı göstermektedir. İyi yapılmış bir gabion duvar yıllarca dayanabilmektedir (Ruffino, 2009).



şekil 21. Gabion duvar uygulamaları (Orijinal, 2021)

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırmanın Konusu ile ilgili Yapılmış olan Çalışmalar

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak, yeşil ve sürdürülebilir kentler planlamak, yer üstü ve yeraltı su kaynaklarının yönetimini daha sağlıklı bir şekilde sağlamak, yerleşim alanlarında büyük zararlara yol açan sel ve taşkınları önlemek için araştırmacılar ve ilgili meslek disiplinleri günümüzde sıkça araştırmalara konu olan bu sorunlara yeni çözümler üretmektedirler. Bu çözümlerden biri de sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarıdır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda ülkemizde bu uygulamalarla ilgili çalışmaların arttığı gözlemlenmiştir.

Aksu (2022), araştırmasında Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi'nin su toplama potansiyelini Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile ortaya koymuştur. Eğim, bakı ve yükseklik analizlerini yaparak bu kriterlere havzada su tutma potansiyellerine göre 1-9 arasında değerler atamıştır. AHS'ye göre eğim faktörünün ağırlık puanı su yönetimi kapsamında bakı ve yüksekliğe göre yüksek çıkmıştır. AHS ile hesaplanmış olduğu ağırlık puanlarına göre haritaları karşılaştırarak yerleşke alanının yağış suyu yönetim potansiyeli uygunluk haritasını ortaya koymuştur. Yağış suyu yönetimi açısından yerleşkede uygun olan bölgeleri belirlemiştir. Bu bölgelerdeki sorunları belirleyerek sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi açısından öneriler sunmuştur.

Sevimli (2021), yapmış olduğu tez çalışmasında Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü için uygun olabilecek sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarını belirlemiştir. Yerleşkenin coğrafik, iklimsel, topoğrafik ve jeolojik analizlerini yapmıştır. Arazi durumunu belirleyip alanda oluşabilecek yüzeysel akış miktarını taşkın debilerinin belirlenmesinde kullanılan rasyonel yöntem hesabını kullanarak hesaplamıştır. Hem binalarda hem de peyzaj alanlarında öneriler sunmuş olup elde etmiş olduğu sayısal veriler ile sürdürülebilir yağmur suyu sistemlerini maliyetleri ile birlikte değerlendirmiştir. Çalışmasında binalarda yağmur suyu ve gri su kullanımı için yağmur suyu depolama tanklarını önermiştir. Yağmur suyu tankları ile depolanan yağmur sularının aylık tüketiminin %50'sini karşılayabileceğini ifade etmiştir. Belirlemiş olduğu binalarda yeşil çatı uygulanması durumunda 79071.6 m³ yağmur suyu tutulabileceğini ifade etmiştir. Geçirgen

olmayan zemin yüzeylerinde geçirgen kaplamaların uygulanması ile yüzeysel akışın %0.18 oranında azalacağını belirlemiştir. Ayrıca çalışma alanında önermiş olduğu yağmur bahçeleri ile yılda 4217.2 m³ yağmur suyunun tutulabileceğini hesaplamıştır. Yeşil sokak uygulamaları ile bordürlerin düzenlenmesi, çıkıntılı bordür uygulanması ve kaldırımların bitkilendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Tezin sonucunda sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları ile yüzeysel akışın azaltılabileceğini ve yeraltı sularının beslenebileceğini görmüştür. Yeşil çatı ve yağmur suyu tankları ile binalarda 8838 m³ yağmur suyunun kullanılabilceğini ve tutulabileceğini öngörerek aynı zamanda yüzeysel akışı %14 azaltılabileceğini ifade etmiştir. Binalardaki uygulamalar dışında önermiş olduğu sürdürülebilir yağmur suyu uygulamaları ile ise 6002 m³ yağmur suyunun toprakta tutulabileceği ve yüzeysel akışta %4.7 azalma olabileceği sonuçlarına ulaşmıştır.

Pala vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada kentlerde yüzeysel akışa geçen yağış suyunun su döngüsüne geri kazandırılması için su duyarlı çözümleri ele almışlardır. Konu ile ilgili olarak su duyarlı kent planlama terimlerini açıklayarak planlama ve tasarım ilkelerini ortaya koymuşlardır. Sürdürülebilir drenaj sistemleri adı altında süzme uygulamaları, geciktirme uygulamaları ve tutma uygulamalarını açıklamışlardır. Türkiye ve dünyadan örnekleri irdeleyerek yapılmış olan su duyarlı kentsel uygulamalar ile yağmur suları ve atık sularının su döngüsüne kazandırıldığını görmüşlerdir. Ayrıca yağmur suyunu tutmak amacıyla kent ve doğa dokusunu birleştiren sistemlerin biyoçeşitlilik artışını desteklediğini, ısı adası ve iklim değişikliğinin etkilerini azalttığını belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucunda konu ile alakalı planlama, tasarım ve yönetim çalışmalarının doğa ölçeğinde yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca önerilen çözümlerin maliyetli olduğunu fakat uzun vadede kazanımlar elde edileceğini belirtmişlerdir.

Dereli (2020), tez çalışmasında Edirne ili merkezindeki Şükrüpaşa, Fatih ve Kocasinan Mahalleleri'nde yağmur suyunun sürdürülebilir yönetimini sağlamak amacıyla hangi kentsel çözümlerin uygulanabileceğini ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında alanın meteorolojik, topoğrafik, eğim, bitkisel doku, havza ve mevcut geleneksel yağmur suyu altyapısı özelliklerini incelemiştir. Mahallelerin havza sınırları üzerinden yüzeysel akış görülen caddeleri saptamış ve yüzeysel akışı yönleri ile birlikte ortaya koymuştur. Bu caddelerde bulunan mevcut bitki türlerini belirlemiş ve mahallelerdeki yeşil alan, konut ve geçirimsiz yüzeylerin kapladığı alan miktarını hesaplayarak alan analizi yapmıştır. Çatı ve sert zeminlerin miktarına göre toplanabilecek su miktarını yağmur suyu verimi hesabı ile

hesaplamıştır. Elde ettiği veriler sonucunda mahallelerde geçirgen kaplamalar, bitkili su hendeği, biyolojik gölet, yağmur bahçesi, yol ağacı ve bitki kutusu, su deposu uygulamalarını önermiştir. Bu uygulamalarda kullanılacak bitki türlerini ise yüksek, orta ve düşük su isteklerine göre listelemiştir. Dereli, araştırmasının sonucunda sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarının yağmur suyunu tuttuğunu ve depolayabildiğini ifade etmiştir. Kentleri doğaya uygun hale getirmede yağmur suyu yönetiminin önemli bir hedef olduğunu belirtmiştir.

Alkan (2019), doktora çalışmasında Bornova Çayı Havzası'nı sürdürülebilir yağış yönetimi kapsamında inceleyerek peyzaj planlama önerileri sunmuştur. Çalışma alanının havza sınırlarını hata payını azaltmak amacıyla geleneksel ve hidrolojik modelleme yöntemleri olmak üzere iki farklı şekilde belirleyerek Hidrolojik modellemede ArcGIS ArcHydro Tools eklentini kullanmıştır. Yüzey akışı miktarının hesaplanmasında Eğim Entegrasyonlu Eğim Numarası Hesaplama Yöntemi tercih edilmiştir. Arazi kullanım tipi haritası oluşturularak bu harita üzerinden ortalama geçirimli ve ortalama geçirimsiz alan yüzdeleri hesaplanmıştır. Alanın toprak haritası üzerinden hidrolojik toprak grupları belirlenmiştir. Arazi kullanım haritası ile hidrolojik toprak grupları haritası çakıştırılarak hidrolojik toprak-örtü kompleks haritası oluşturulmuştur. Alanın eğim haritası oluşturularak bu harita arazi örtüsü-toprak kompleksi haritası ile çakıştırılmış ve eğim entegre arazi örtüsü-toprak haritası elde edilmiştir. Bu haritadan elde edilen veriler kullanılarak eğim entegre eğri numarası haritası oluşturulmuştur. Daha sonra yüzeysel akış miktarları hesaplanarak havzanın yüzeysel akış miktarını gösteren harita elde edilmiştir. Çevre düzeni planındaki arazi kullanım durumu mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda arazi değişim senaryoları kurgulanarak yüzeysel akış miktarı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak havzadaki yüzeysel akış miktarının kontrolü için uygulanabilecek peyzaj stratejileri üretilerek sorunlar ve çözümleri ortaya konulmuştur.

Gülbas vd. (2018) yapmış oldukları araştırma makalesinde İstanbul Üniversitesi Avcılar Kampüsü'nde düşük etkili kentleşme (DEK) uygulamalarının yüzeysel akışa olan etkisini incelemişlerdir. EPA SWMM (Çevre Koruma Kuruluşu Yağmur Suyu Yönetim Modeli) programını kullanarak alanın hidrolojik ve hidrolik modelini oluşturmuşlardır. Modele DEK uygulamalarından yeşil çatı, sızdırma hendeği, geçirgen kaldırım ve biyotutma uygulamalarını da dahil ederek yüzeysel akış değerlerini uygulamalardan öncesi

ve sonrası şeklinde karşılaştırmışlardır. Alanı 59 adet alt havzaya bölerek oluşturdukları modelde her alt havzadaki yerleşim alanı oranını modele girdi olarak eklemişlerdir. Ayrıca programa yağış verilerini de ekleyerek alt havzalarda yağış sırasında meydana gelen sızma miktarlarını da hesaplamış ve modele girmişlerdir. Oluşturmuş oldukları modele, uygun alanlar için belirlemiş oldukları DEK uygulamalarını da dahil etmişlerdir. Modeli DEK uygulamaları haricinde ve DEK uygulamaları dahilinde olacak şekilde ayrı ayrı çalıştırarak çıkan sonuçları karşılaştırmışlardır. DEK uygulamaları öncesinde yüzeysel akışın havza çıkış noktasındaki değeri $3.41 \text{ m}^3/\text{s}$ iken uygulamalar sonrasında bu değer $3.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 'ye düştüğünü ve yüzeysel akış debisinde %12 azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak DEK uygulamalarının maksimum debi değerini ve yüzeysel akış miktarını azalttığını, sel ve taşkın olaylarına çözüm olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Prudencio ve Null'un (2018) yapmış oldukları araştırma makalesinde yeşil yağmur suyu yönetimini ekosistem hizmetleri çerçevesinde ele almışlardır. Çalışmadaki hedeflerini, yeşil yağmur suyu altyapısı ve ekosistem hizmetlerini birbirine bağlayan noktada bir temel oluşturmak olarak belirlemişlerdir. Bu hedef doğrultusunda ekosistem hizmetleri ve yeşil yağmur suyu altyapısını ele almış olan 170 adet literatürü incelemiş ve araştırmalardaki boşlukları belirlemişlerdir. Konu ile alakalı yayınlanmış araştırmaları 6 ana bulguda özetlemişlerdir. Yapmış oldukları özetlemede araştırmaların genelde parsel ölçeğinde yürütülmüş olduğunu, yeşil yağmur suyu altyapısını alanda uygulamak için çerçeve oluşturulduğunu ve engellerin vurgulandığını belirtmişlerdir. Devamında ekosistem hizmetlerinin yeşil yağmur suyu altyapısı üzerindeki etkisinin sayısallaştırıldığı çalışmaların sınırlı olduğunu ve konunun farklı bölgelerin özelliklerine göre ele alınmamış olduğunu gözlemlemişlerdir. Son olarak ise çalışmaların farklı meslek disiplinlerini daha fazla dahil etmeye başladığını fakat az olduğunu ve yeşil yağmur suyu altyapı terminolojisinin standart olmadığını ifade etmişlerdir. Çalışmalarda tespit etmiş oldukları boşluklara öneriler sunmuşlardır. Konu ile alakalı havza ölçeğinde daha fazla çalışma yapılmasını ve ekosistem hizmetlerinin nicelleştirilmesini, gelişmekte olan bölge ve ülkelerde yeşil yağmur suyu altyapısının ekosistem hizmetlerini sosyaekonomik, kültürel ve sosyopolitik ortamlarda farklı şekilde etkileyip etkilemediği ile ilgili çalışmalar yapılmasını önermişlerdir. Ayrıca mühendislik, çevresel ve sosyal kriterlerin yağmur suyu yönetimine entegre edilmesini ve konunun çevre politikalarına daha iyi şekilde dahil edilmesi gerektiğini de ifade etmişlerdir.

Shakouri'nin (2016) yapmış olduğu doktora tezi çalışmasında yağmur suyu yönetimini yeşil altyapı yaklaşımı ile ele almıştır. Öncelikle çalışma alanı olan Sakarya ili Hendek ilçe merkezinin doğal peyzaj özelliklerini analiz etmiştir. Sel sorunu olduğunu belirttiği çalışma alanında hidrolojik analiz yapmıştır. Bu analiz kapsamında su ağları ve yağmur suyu akışını gösteren bir harita üretmiştir. Yer örtüsü ve yüzey yapısını da inceleyerek alanın potansiyel yeşil altyapı elemanlarını belirlemiştir. Alandaki kentsel yeşil alanları, kentsel açık ve boş alanları, tarım alanları ve orman alanlarını yeşil altyapı bileşenleri kapsamında belirlemiştir. Potansiyel yeşil altyapı elemanlarını harita üzerinde göstererek bu harita üzerine drenaj ağı ve su akış yönü haritalarını eklemiştir. Böylece yağmur suyu yönetimi odaklı bir yeşil altyapı planı ortaya koymuştur. Elde etmiş olduğu haritalar ile çalışma alanını 9 bölgeye ayırarak her bölgeyi konu kapsamında ayrı ayrı yorumlamıştır. Bölgelerde belirlemiş ve öngörmüş olduğu sorunlara ilişkin tasarım önerileri sunmuştur. Sorunun türüne bağlı olarak yeşil köprü, yağmur bahçesi, geçirgen yüzey kaplamaları ve kutu gabion uygulamalarını uygun çözümler olarak belirlemiştir. Çalışmanın neticesinde yeşil altyapı planının belirli bir ölçeği olmadığını ve yağmur suyu yönetimi odaklı olabileceği sonucuna ulaşmıştır. Yağmur suyu yönetimi odaklı yeşil altyapı planlarının oluşturulmasında alanın mevcut fiziksel özelliklerinin, drenaj ağlarının ve yeraltı su kaynaklarının irdelenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca toprak, kayaç ve yüzeylerin geçirimsizlik özelliklerinin de ele alınması gereken etkenler olduğunu belirtmiştir. Sürdürülebilir yaşam alanları oluşturma hedeflerine, peyzaj mimarlığı ile diğer meslek disiplinlerinin iş birliği sonucunda ulaşabilmenin mümkün olacağını ifade etmiştir.

Yiğit Avdan vd. (2015), araştırmalarında yeşil altyapı sistemlerinin ekosistem üzerindeki çevresel, ekonomik, psikolojik ve sosyal etkilerini ele almışlardır. İklim değişikliğinin sıcaklık ve yağışlar üzerindeki etkisine değinerek yerleşim alanlarında yağış yönetiminin yetersiz kaldığını belirtmişlerdir. Bu durum için bütüncül bir yönetimin gerektiğini ve bunun yağmur suyunun yeniden kullanılması, infiltrasyonu ve regülasyonu ile sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Yeşil altyapının fiziksel ve çevresel faydalarını CO2 ve enerji kullanımının azaltılması, ısı konfor sağlama, su ve hava kalitesini iyileştirmesi, sel sorunlarını azaltması şeklinde sıralamıştır. Fiziksel ve sosyal aktivitelerde artış, yürüyüş ve bisiklete teşvik etme ve eğitim konularında ise psikolojik ve sosyal faydalar sağladığını belirtmişlerdir.

Sert (2013), tez çalışmasında su yönetiminin kentsel altyapıda peyzaj ile sağlanıp sağlanamayacağını tartışmıştır. Peyzaj tasarımında enerji etkin olacak şekilde uygulanan yağmur suyu uygulamaları irdelenerek katkıları ve kısıtlamaları ortaya konulmuştur. Türkiye genelinde oluşturulan altyapı sistemlerinde suyun sadece taşıma ve ulaştırma işlevlerinde kullanılması, su odaklı projelerde kent peyzajının dikkate alınmadığı projelerin artması, suyun geri dönüştürülüp yeniden kullanılmasına ilişkin mevzuatların ve işleyişlerin bulunmaması konularına değinmiştir. Türkiye’de sunulan önerilerde mevcut yapı üzerine kurgulanan peyzaj projelerinde çok işlevselliğin göz önünde bulundurulması gerektiğini, kent peyzajında su altyapı çalışmaları için mevzuat ve işleyişin oluşturulması ve plan kararlarında multidisipliner anlayış benimsenerek peyzaj mimarlarının da bu konuda söz ve yetki hakkının bulunması gerektiğini ifade etmiştir.

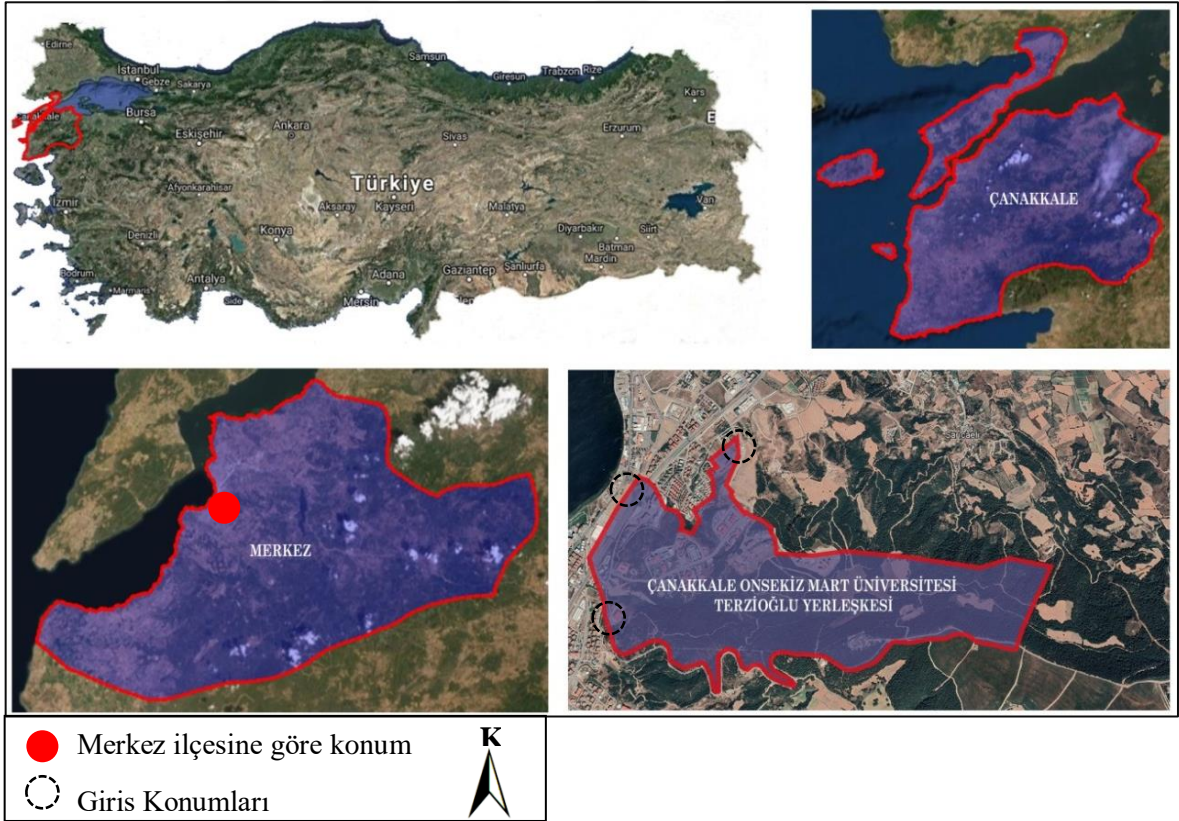
Yapılmış olan çalışmaların sonuçlarına bakıldığında sürdürülebilir yağmur suyu yöntemleri iklim değişikliğinin etkilerini azaltmakta, ekosistem hizmetleri sağlamakta ve yeşil alanların artmasında rol oynamaktadır. Bu faydalara ek olarak yüzeysel akış hızı ve yoğunluğunu olumlu yönde etkilediği, yağış suyunu toplanmasını sağlayarak geri dönüştürebildiği, yeraltı sularını beslediği, sel ve taşkın riskini azalttığı ve suyu filtreleyerek su kirliliğini önlediği ortaya konulmuştur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmanın ana materyalini Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi oluşturmaktadır. Terzioğlu Yerleşkesi, Çanakkale ilinin Merkez ilçesinde bulunmakta olup 3 km²'lik (300 ha) bir alan üzerine kurulmuştur (Şekil 22). Şehir merkezine 4.1 km uzaklıktadır. Çalışma alanı eğimli bir araziye sahiptir. Alandaki en düşük kot 12 metre iken en yüksek kot ise 360 metredir.



Şekil 22. Çalışma alanının konumu

Yerleşkenin 3 ayrı giriş kapısı bulunmaktadır. Ana giriş Tıp Fakültesi Hastanesi önünde olup ikinci giriş Hasan-Mevsuf Spor Salonu ve üçüncü giriş ise Sosyal Bilimler

Meslek Yüksekokulu konumunda bulunmaktadır. Akademik birimler, araştırma merkezleri, araştırma hastanesi, kreş, öğrenci merkezleri, yemekhane, kafeler, yurtlar ve camilerden oluşmak üzere toplam 35 adet bina bulunmaktadır. Her yapının kendine ait otoparkı ve peyzaj alanı mevcuttur.

Çalışma konusu ile ilgili yapılan literatür araştırmasından elde edilen tez ve makaleler, ÇOMÜ Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'dan alınan vaziyet planı, altyapı planı ve eşyükselti haritası, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan iklim verileri, diğer kurum ve kuruluşlardan elde edilen planlar, projeler, haritalar, görsel ve yazılı veriler, saha incelemesi sırasında yapılan gözlemler, çekilen video ve fotoğraflar, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'dan (ABDJAK) temin edilen sayısal yükseklik modeli (SYM) (27x27 m yersel çözünürlüklü), Google Earth Pro programından temin edilen uydu görüntüleri bu tez çalışmasında materyal olarak kullanılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın sitesinden indirilen 1/100 000 ölçekli Balıkesir-Çanakkale Çevre Düzeni Planı'na (H16 nolu pafta) göre yerleşke alanının sınırları çizilmiştir. ArcGIS 10.7 ve AutoCAD 2017 yazılımları elde edilen verilerin incelenmesinde ve veri üretilmesinde kullanılmıştır. Adobe Photoshop CC programı ile görselleştirmeler yapılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışmanın yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve veriler toplanmıştır. Yağışlı bir günde saha incelemesi yapılarak fotoğraf ve videolar çekilmiştir.

İkinci aşamada, elde edilen hazır veriler incelenerek çalışma konusuna yönelik veriler üretilmiştir. Yerleşkenin doğal peyzaj özelliklerini analiz eden haritalar hazırlanmıştır. Yerleşkenin vaziyet planı üzerinden geçirimli ve geçirimsiz alanlar belirlenmiştir. AutoCAD 2017 programında noktasal kot değerlerine göre ana sirkülasyon hatlarında oluşan yüzeysel akış ve yönleri çizilmiştir. ArcGIS 10.7 yazılımında ise ArcHydro Tool eklentisi kullanılarak alanın doğal yüzeysel akış hattı belirlenmiştir. Oluşturulan bu iki akış hattı birleştirilerek tek bir harita elde edilmiştir. Son aşamada, üretilen haritalar ve alanın doğal özellikleri baz alınarak sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi (SYSY) uygulamaları için uygun alanlar belirlenmiştir. Ayrıca çatılardan

toplanabilecek yağmur suyu miktarının hesaplanması için aşağıda formül açılımı verilen yağmur suyu verimi hesabı kullanılmıştır:

Yağmur suyu verimi (m^3) = Yağmur toplama alanı (m^2) x Yağış miktarı (mm) x çatı katsayısı (0.8) x Filtre etkinlik katsayısı (0.9)

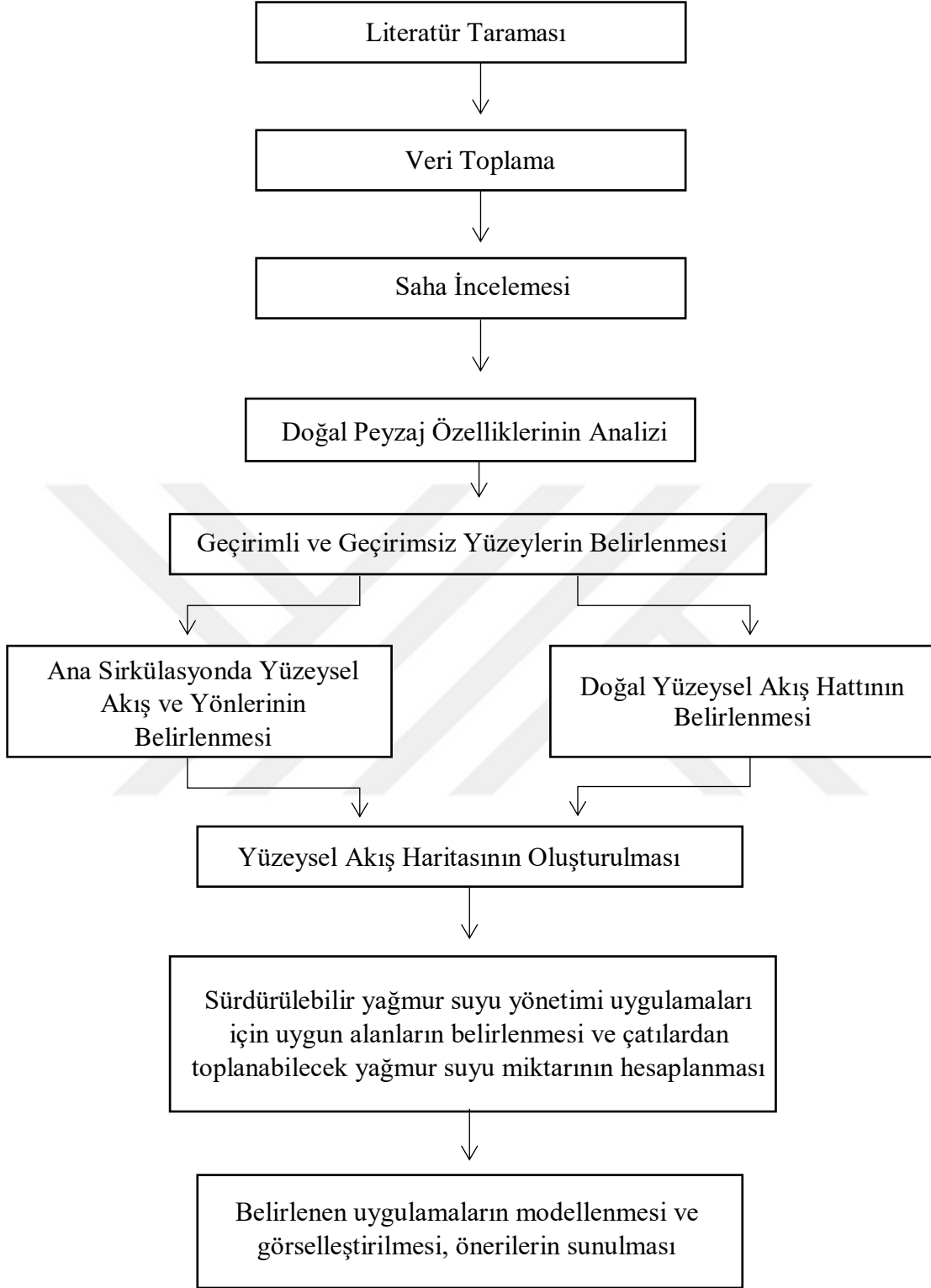
Yağmur toplama alanı: çatı yüzeyinin toplam alanını m^2 cinsinden ifade etmektedir.

Yağış miktarı: çalışma alanının toplam yıllık yağış miktarıdır.

Çatı katsayısı: Çatıya düşen yağmur suyunun tamamen geri dönüştürülemeyeceğini ifade eden ve Alman Standartları Enstitüsü (ASE) tarafından 0.8 olarak belirtilen katsayıdır.

Filtre etkinlik katsayısı: Yağmur suyunun çatı sisteminde ulaştığı ilk filtrenin verimlilik katsayısını ifade etmektedir. Buradan suyun bir kısmının geçemeyeceği hesaplanarak ASE tarafından 0.9 olarak belirtilen katsayıdır (TEMA, 2017).

Son olarak önerilen SYSY uygulamaları Adobe Photoshop CC programında görselleştirilmiştir. Yapılan modeller mevcut ve öneri olacak şekilde sonuç kısmında sunulmuştur.



Şekil 23. Yöntem akış şeması

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Araştırma Alanının Konumu

Çalışma alanı Çanakkale İli Merkez İlçesi'nin Barbaros Mahallesi'nde yer almaktadır (Şekil 24). Terzioğlu Yerleşkesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin ana yerleşkesidir. Yerleşkenin toplam alanı 3 km² (300 ha) olup bu alanın 1 km²'lik (100 ha) kısmını üniversite birimleri kaplamaktadır. Yerleşkenin geri kalan bölümünü ise karışık tarım alanları ve iğne yapraklı orman oluşturmaktadır. Şehir merkezi alanın kuzeyinde olup güney tarafında Sarp Deresi, ormanlık alan ve Kepez İlçesi, batısında Çanakkale Boğazı ve doğu tarafında ise Radar Tepesi, ormanlık alan ve tarım alanları bulunmaktadır (Şekil 25).



Şekil 24. Terzioğlu Yerleşkesi'nin Merkez İlçesine göre konumu



Şekil 25. Terzioğlu Yerleşkesi ve yakın çevresi

Yerleşkeye üç farklı yerden giriş yapılmaktadır. Ana giriş Tıp Fakültesi Hastanesi önünde olup 2. giriş Hasan-Mevsuf Spor Salonu ve 3. giriş ise Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu konumunda bulunmaktadır (Şekil 26).



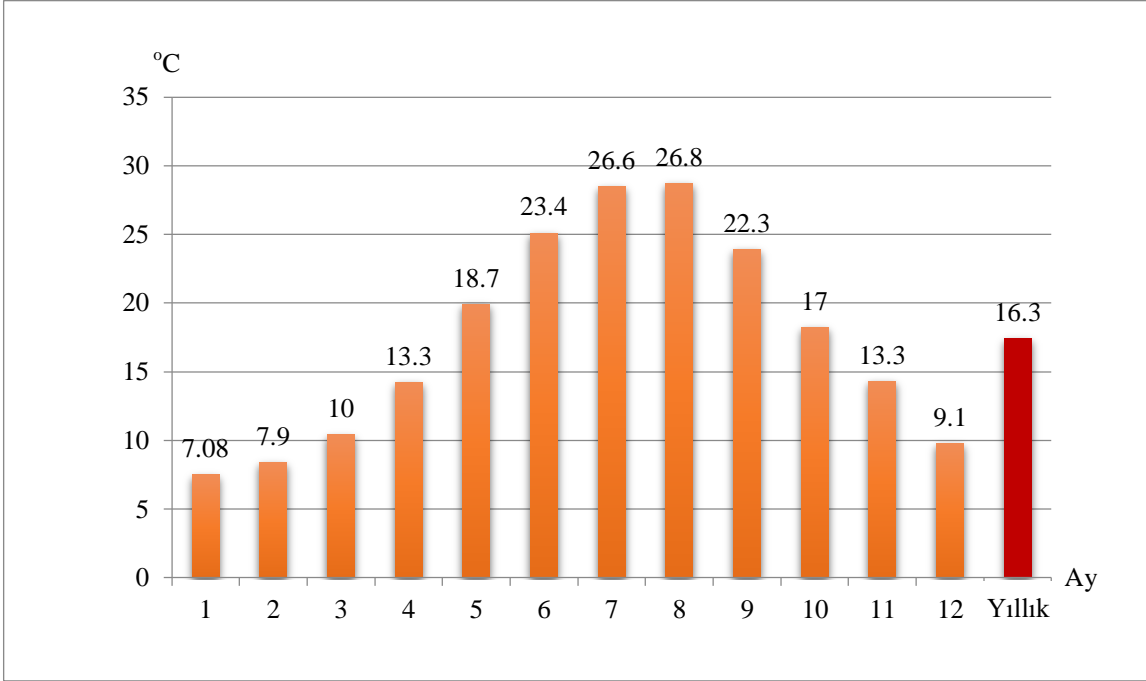
Şekil 26. Terzioğlu Yerleşkesi giriş konumları

4.2. Araştırma Alanının Doğal Peyzaj Özellikleri

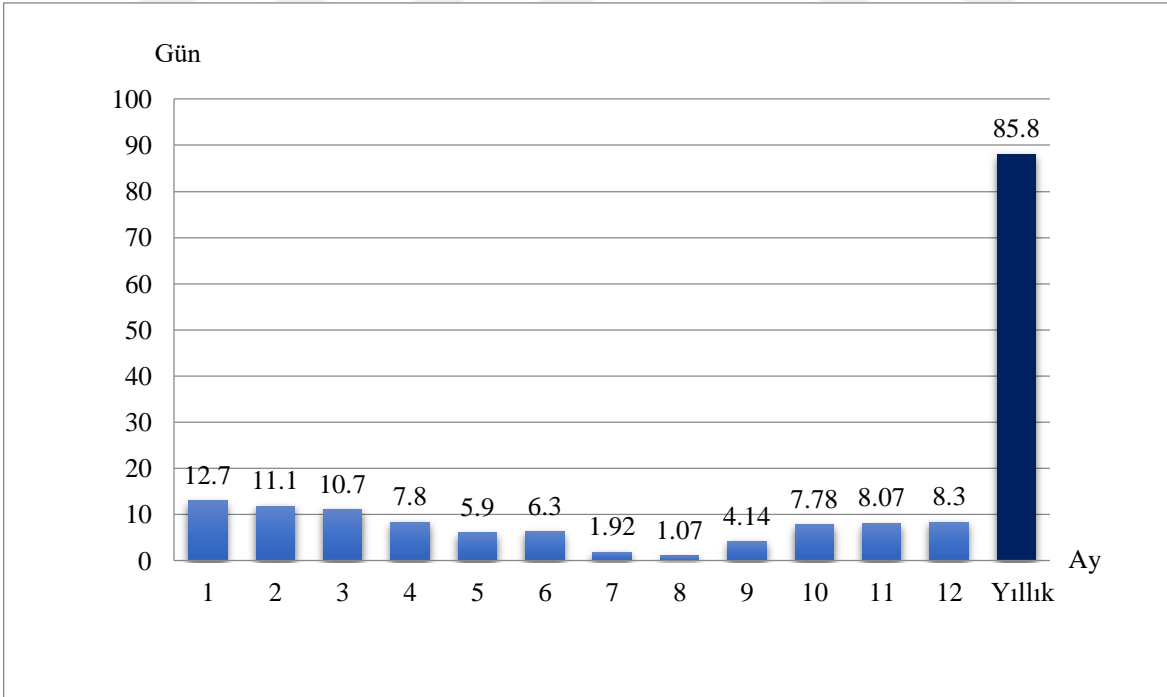
4.2.1. İklim

Çalışma alanının bulunduğu Çanakkale İli bulunduğu bölge itibariyle Akdeniz ve Karadeniz iklim rejimi arasında geçiş göstermektedir. Fakat genel olarak Akdeniz ikliminin etkileri görülmektedir. Yağışlar Sonbaharda fazla olup İlkbahar mevsiminde daha az görülmektedir. Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde bölgeye Akdeniz iklimi hakim olur. Kış mevsiminde kuzeyden gelen sert rüzgarlar etki göstermektedir (Çanakkale Belediyesi, 2022; Çanakkale Valiliği, 2022).

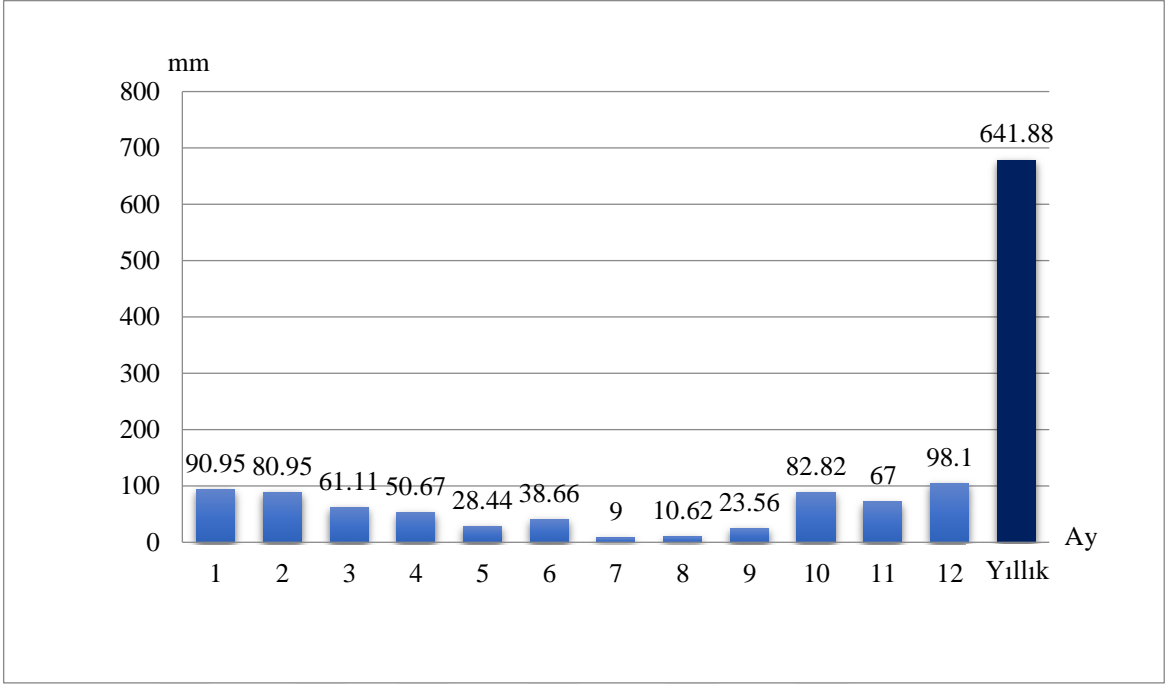
Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen veriler doğrultusunda çalışma alanının 2007–2021 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verileri çizelgeler halinde verilmiştir. Çanakkale'de ortalama sıcaklık 16.3 °C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 20.8 °C iken ortalama en düşük sıcaklık 12.5 °C'dir. En yüksek sıcaklık 39.1 °C ile 2021 yılının Temmuz ayında, en düşük sıcaklık ise 1942 yılında -11 °C ile Ocak ayında görülmüştür. Çanakkale'de yıllık ortalama yağış miktarı 641.9 mm'dir. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 85.8 gündür. Son 15 yılda görülen yıllık maksimum yağış miktarı ise 106.4 mm'dir. Yağışın mevsimsel dağılımına bakıldığında en fazla yağış kış ve sonbahar mevsimlerinde görülmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 4.0 m/sn'dir. Yıllık maksimum rüzgar hızı 38.7 m/sn'dir. Bölgede en fazla esen rüzgar Lodos (Güneybatı) rüzgarıdır.



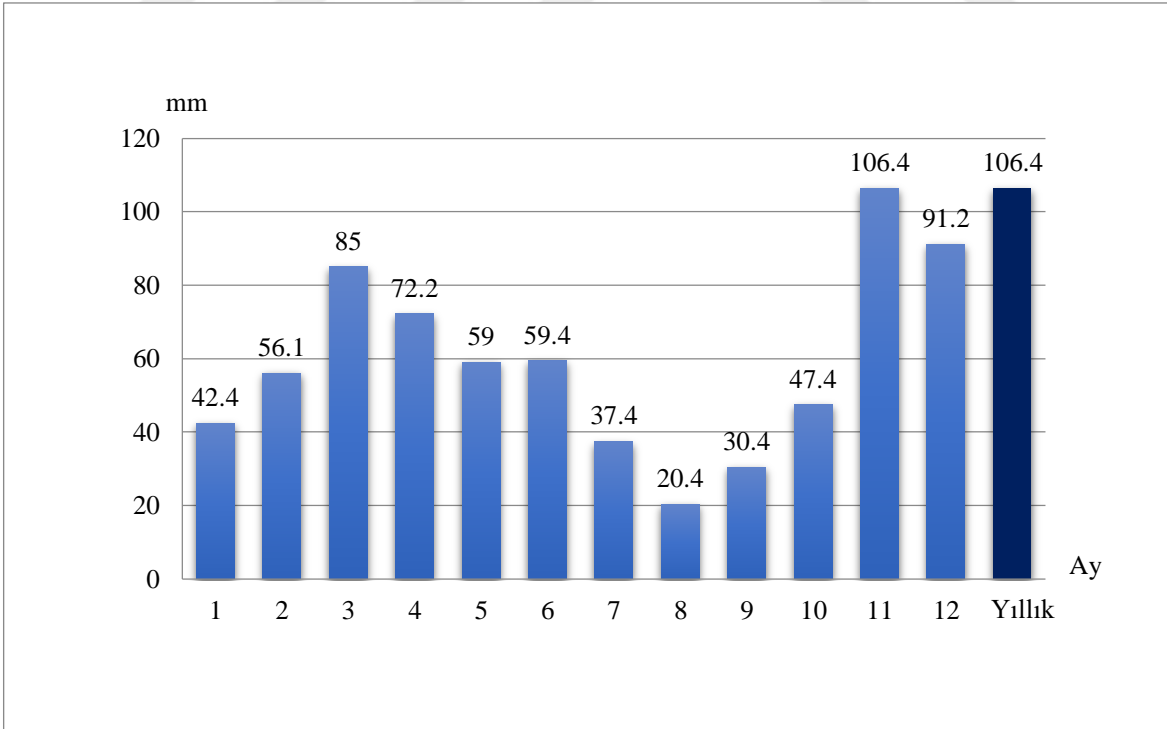
Şekil 27. Çanakkale 2007-2021 yılları ortalama sıcaklık grafiği (Meteoroloji Genel Müdürlüğü Çanakkale İstasyonu, 2022)



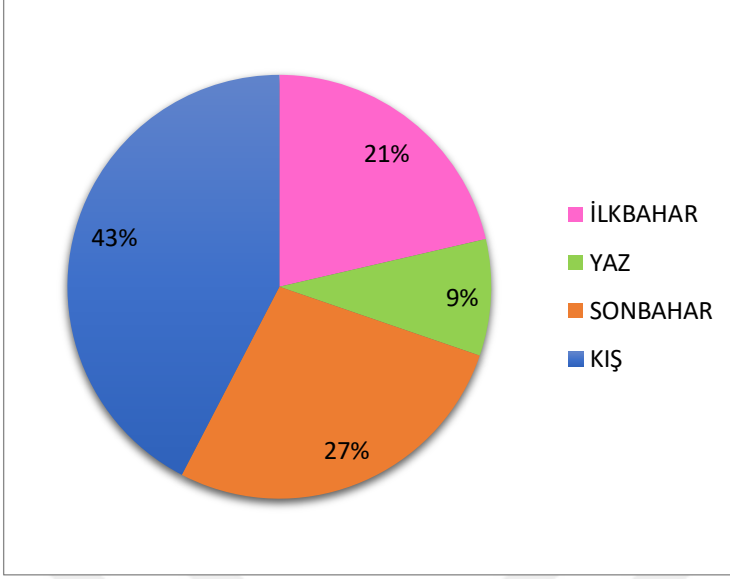
Şekil 28. Çanakkale 2007-2021 yılları ortalama yağışlı gün sayısı grafiği (Meteoroloji Genel Müdürlüğü Çanakkale İstasyonu, 2022)



Şekil 29. Çanakkale 2007-2021 yılları aylık toplam yağış miktarı grafiği (Meteoroloji Genel Müdürlüğü Çanakkale İstasyonu, 2022)



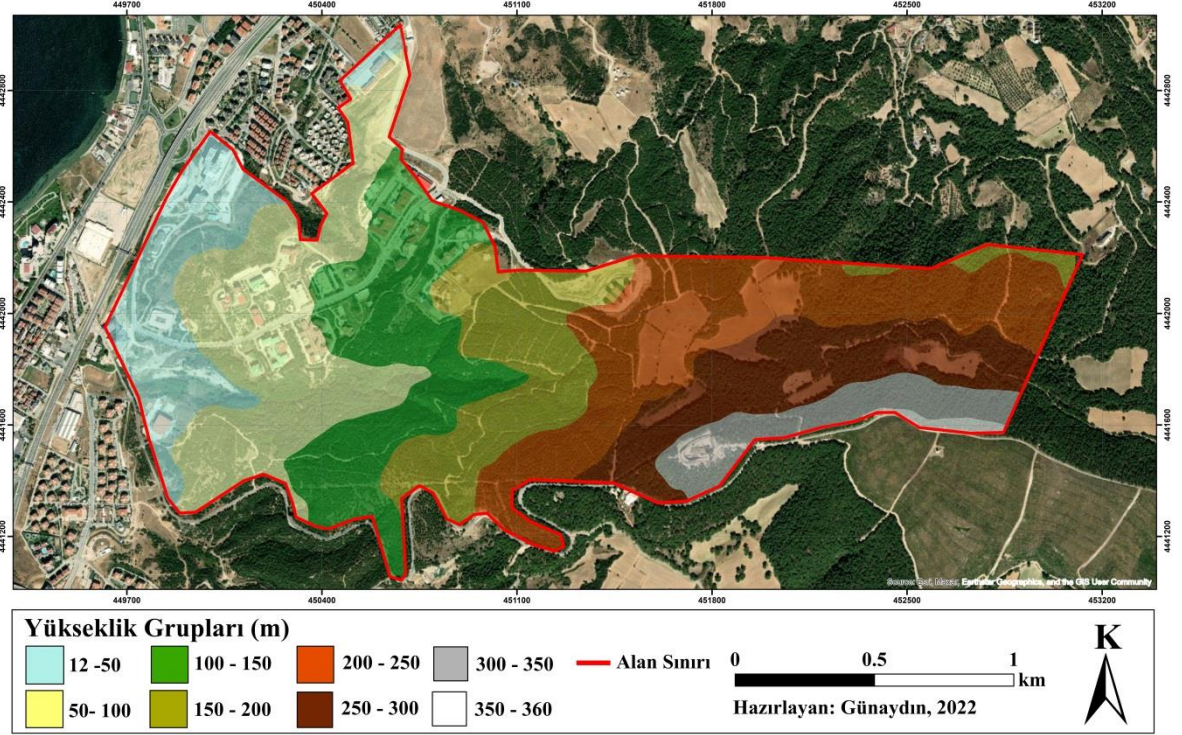
Şekil 30. Çanakkale 2007-2021 yılları aylık maksimum yağış grafiği (Meteoroloji Genel Müdürlüğü Çanakkale İstasyonu, 2022)



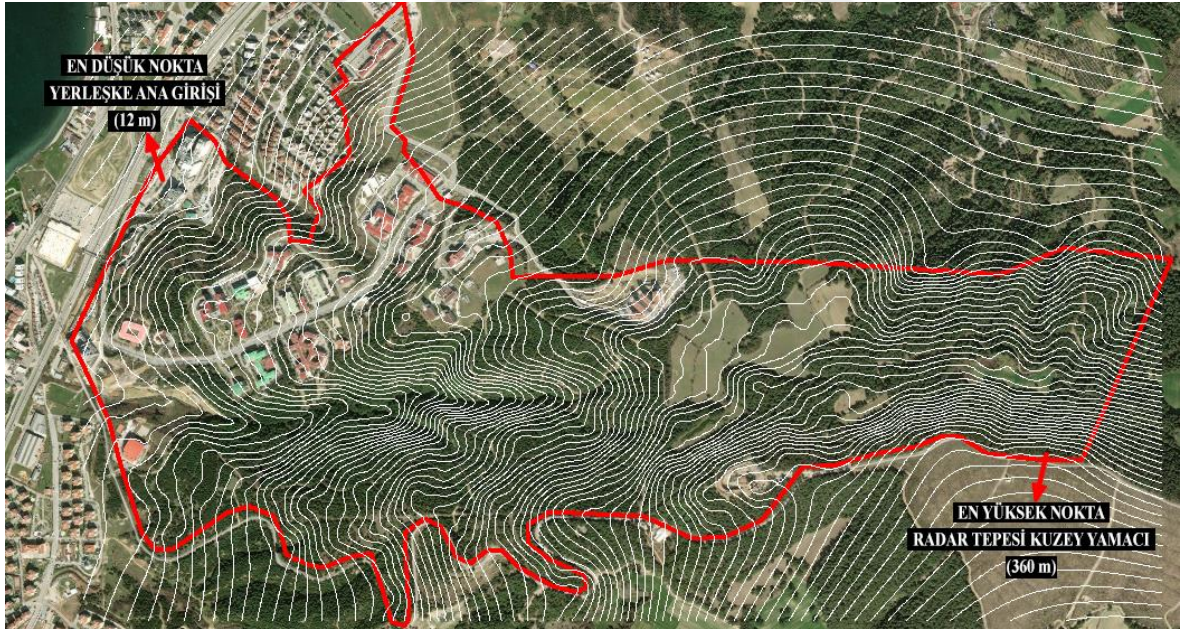
Şekil 31. Çanakkale 2007-2021 yılları yağış miktarının mevsimsel dağılımı grafiği

4.2.2. Topoğrafya

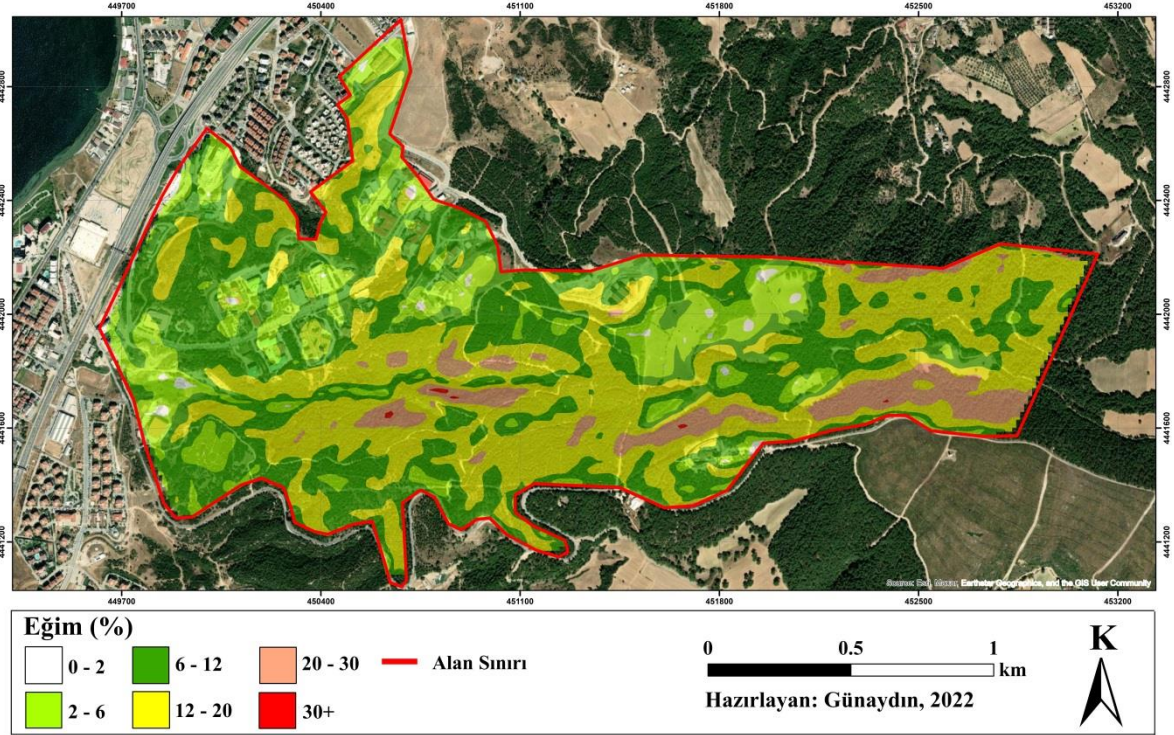
Terzioğlu Yerleşkesi eğimli bir araziye sahip olup deniz seviyesine göre 12-360 m yükseklikleri arasında bulunmaktadır (Şekil 32). Eğim güneydoğudan batıya doğru azalmaktadır. Üniversite birimleri 12-130 m, Ardes Dinlenme Tesisi ve Yurdu ile KYK yurdu 140-155 m, Safiye Hüseyin Elbi KYK yurdu ise 190-210 m yükseklikleri arasında bulunmaktadır. Yerleşkenin ana girişi 12 m yükseklik ile en düşük noktadır. Radar Tepesi'nin yerleşke sınırlarına dahil olan kuzey yamacı ise yerleşke alanının 360 m ile en yüksek noktasıdır (Şekil 33).



Şekil 32. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi'nin topoğrafya haritası

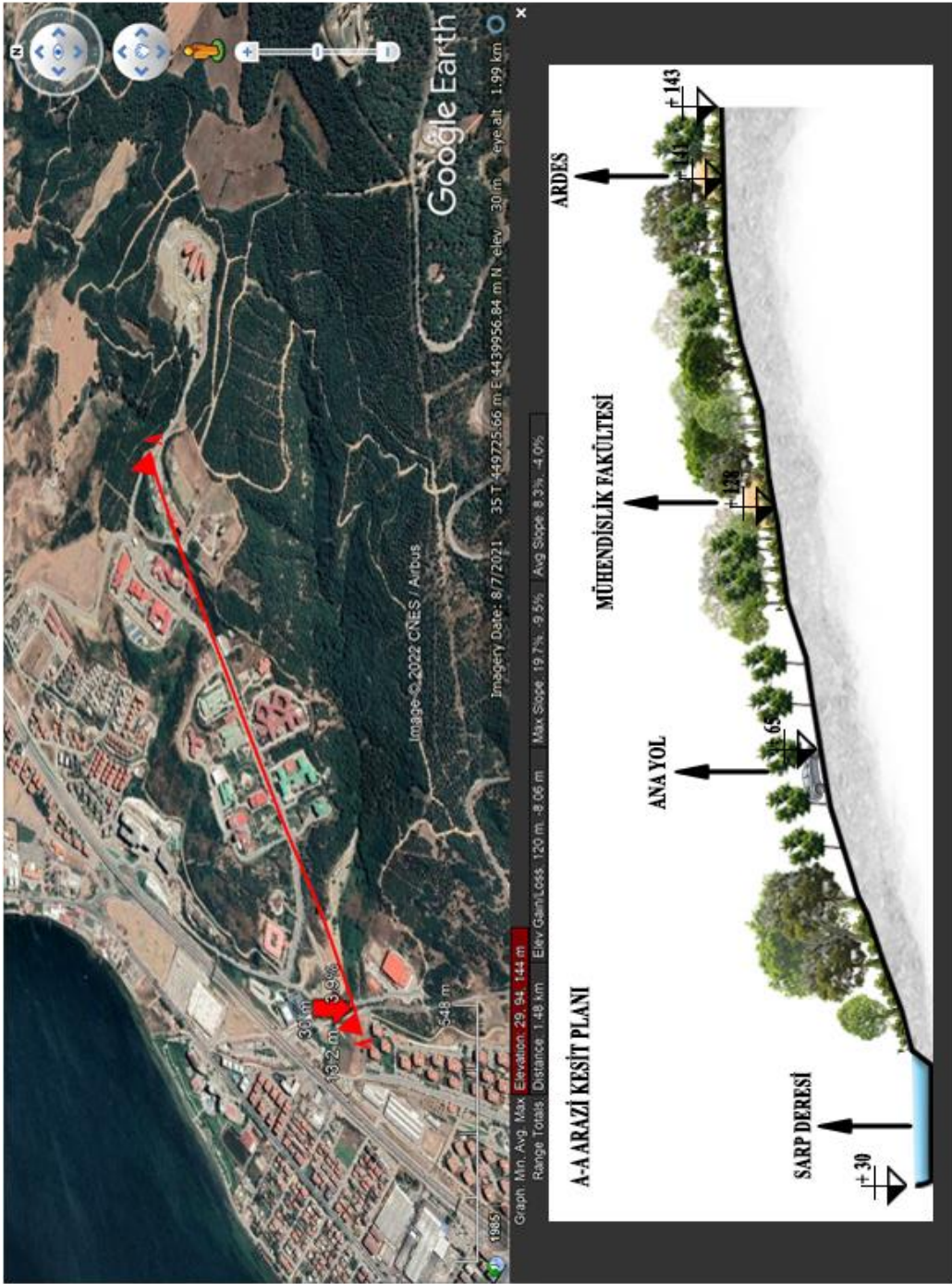


Şekil 33. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi en düşük ve en yüksek noktası



Şekil 34. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi eğim haritası

Yerleşkenin eğim haritası incelendiğinde 3 ha %0-2, 47 ha %2-6, 119 ha %6 – 12, 100 ha %12-20, 24 ha %20-30 ve 1 ha %30 üzerinde eğimli alanlara sahiptir (Şekil 34). Yüksek eğimli alanlar özellikle doğu bölgesi ve orta kısımda bulunmaktadır. Şekil 35 ve Şekil 36'da çalışma alanının arazi profilini daha iyi anlayabilmek için kesitler sunulmuştur. Tez çalışması özellikle yapısal alanlara odaklanacağından üniversite birimlerinin olduğu bölgelerden kesit alınmıştır.



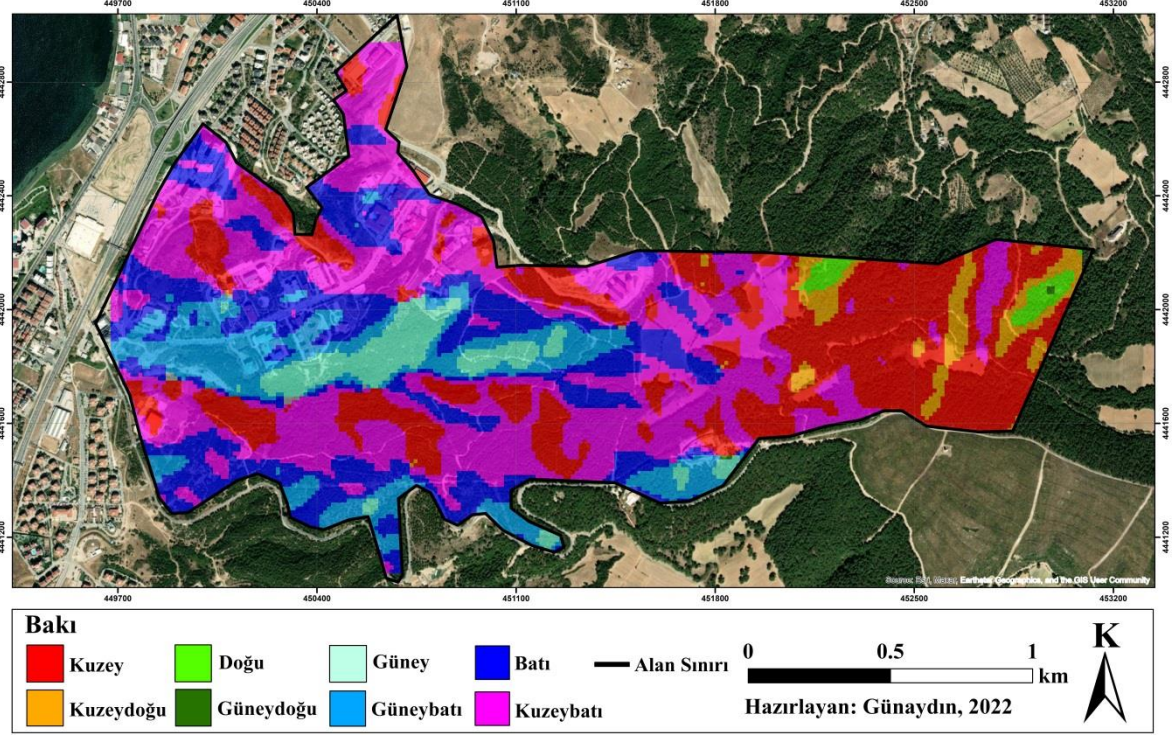
Şekil 35. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi A-A arazi kesit planı

A-A kesitinde yerleşkenin üniversite birimlerinin bulunduğu bölgenin dikine kesiti alınmıştır. Alınan kesit 1.48 km uzunlukta olup 30–143 m yükseklikleri arasındadır. Bu eksende ortalama eğim %8 civarlarındadır. Ana yolun kesitte gösterilen kısmı ise ortalama %9.6 eğime sahiptir.



Şekil 36. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi B-B arazi kesit planı

B-B kesiti yerleşkenin batı uç bölgesinden alınmıştır. Kesit uzunluğu 1.31 km olup 12–56 m yükseklikle arasında inişli çıkışlı bir araziye sahiptir. Kesitteki en yüksek nokta 63 metredir. Ortalama eğim %8.8’dir. En yüksek eğim oranına sahip bölge %19.1 ile yol ve ikinci ana yol arasındaki konumdur.



Şekil 37. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi baki haritası

Yerleşkede genel olarak batı ve kuzeybatı bakaclar hakimdir. Güney ve Güneybatı bakacları üniversite birimlerinin güney tarafında büyük bir oranda bulunmaktadır. Baki haritasına göre çalışma alanında doğrudan güneşe bakan kısımlar diğer bakaclarla göre daha az orandadır.

4.2.3. Jeoloji

Çalışma alanını Çanakkale Boğazı kıyıları içerisinde ele aldığımızda yüzeyinde genel olarak miyosen ve genç birimler gözlemlenmektedir (Avcioğlu, 2016; Yılmaz vd., 1997). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün (MTA) sitesinden elde edilen bilgilere göre Terzioğlu Yerleşkesi Üst Miyosen (Karasal Kırıntılılar) ve Kuvaterner (Ayrılmamış Kuvaterner) birimlerden oluşmaktadır.

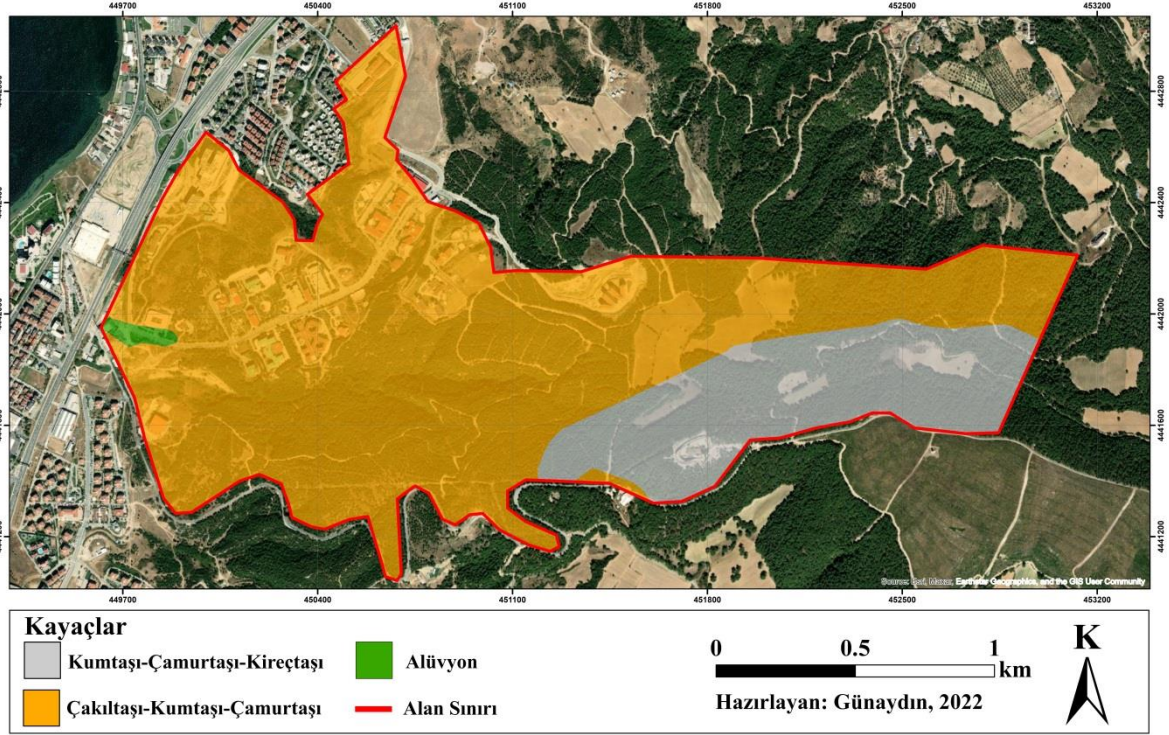
Çalışma alanının da içinde bulunduğu Çanakkale güneyinin jeolojisi Miyosen birimi olan Çanakkale grubundan oluşmakta olup bu grup eskiden yeniye doğru Gazhanedere, Kirazlı, Çamrakdere ve Alçitepe formasyonlarına ayrılmaktadır. Grup

litolojik olarak kumtaşı, çakıltaşı, kiltası, çamurtaşı ve sığ denizel, lagüner kireçtaşıdan oluşmaktadır (MTA, 2006).

Yiğitbaş'ın (2016) çalışmasında sunmuş olduğu jeolojik haritaya göre çalışma alanını alüvyon ve Çamrkdere formasyonu yüzeylemiştir. Çamrkdere formasyonu çamurtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı, kalkarenit ve yer yer ince çakıllardan oluşmakta olup baskın litoloji bej, gri, yeşilimsi gri ve mavimsi gri renkleriyle marn ve çamurtaşlarıdır. Bu formasyon heterojen bir litolojik özellik gösterdiğinden dolayı heyelan riski olan bölgelerde sorun teşkil etmektedir. Aynı zamanda marn ve çamurtaşı ağırlıklı olmasından dolayı geçirimsiz bir yüzeye sahip olan bu birim su ile temas ettiğinde hacim değiştirmektedir. Bu durum duraylılık (kayma) sorunlarına neden olmaktadır. MTA (2006) ise Çamrkdere formasyonunun litolojik özelliklerini akarsu ve göl ortamlarında çökelmiş olan miltaşı, kiltası, killi kireçtaşı ve kumtaşından oluştuğu şeklinde tanımlamıştır. Bazı bölgelerde düşük kömürleşme derecesine sahip linyit düzeylerin bulunduğunu da belirtmişlerdir. Perinçek (2018) Çamrkdere formasyonunda hakim litolojinin çamurtaşı-kiltası olduğunu belirterek aynı zamanda silttaşı, kumtaşı ve çakılcıklı konglomera ile kalkarenitten oluştuğunu ifade etmiştir.

Çetinkaya (2005) ve Yıldızoğlu'nun (2006) çalışmasına göre Terzioğlu Yerleşkesi'nde neojen yaşlı gölsel sedimanter birimlere rastlanmıştır. Bu sedimanter (tortul) birim içinde kumlu siltli kil, killi siltli kum, siltli kumlu kil, çakıllı kum, kumtaşı, killi silt, siltli kil, çakıllı siltli kum ve kumlu silt en çok yayılıma sahip litolojik birimleri temsil ederken alt kısımlarda ise kırmızı renkli marnlar bulunmaktadır. Yapılan sondaj çalışmalarında litolojik birimler arasında alanda en çok yayılım gösterenlerden biri sarı krem renge sahip siltli kumlar diğeri ise marnlardır. Genel olarak kırmızımsı ve yer yer mavimsi gri renkli olan marnlar çoğunlukla sıkı yapılı yer yer ince tabakalı olup zayıf dayanımlı bir kaya kalitesine sahiptir. Marn yığınları çok az çatlaklı olup bu çatlaklarda limonit izlerine rastlanılmıştır. Aynı zamanda marnların içinde 1-2 cm kalınlığında sıkı özellik gösteren kum silt bantları görülmüştür. Bölgedeki neojen birimler kaya akiferi özelliği gösterdiğinden dolayı toprağa sızan sular zeminin suya doygun hale gelmesine ve akmaya uğramasına sebep olmuştur.

Şekil 38'de alandaki kayaç yapılarının mekansal dağılımı gösterilmiştir. Gösterilen jeoloji haritasına göre alanda kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması ile çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması ve alüvyon birimleri görülmektedir.



Şekil 38. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi jeoloji haritası (Kargın, 2022 kaynağından yararlanılarak oluşturulmuştur.)

Kumtaşlarında porozitenin artması genel olarak dayanıklılığı ve dona dayanımı azaltmaktadır. Yine poroziteyle alakalı olarak iri taneli, kuvarssız ve jeodları fazla olan kumtaşlarının su emme özelliği artmaktadır (Özkan, 2006). Çamurtaşları ise dayanımı az, erozyona açık ve yumuşak bir iç yapıya sahiptir (Tekin, 2018). Kalker adı da verilen kireçtaşları genel olarak içerisinde çok fazla kil bulundurmasından dolayı ince yapılı ağır bir toprak özelliğine sahiptir. Bu sebepten geçirgenliği ve havalanması iyi değildir. Fakat bol çatlaklı bir özelliğe sahip olması bitki köklerinin birbiriyle bağlantılı olan bu çatlaklardan hareket edip suya ulaşmasını sağlamaktadır. Çatlaklı yapıya sahip olması geçirgenliği arttırmakta ve suyun daha kolay hareket etmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda çatlaklar, üzerinde bulunan ince yapılı toprak için drenaj kanalı görevi görerek suya doymun hale gelme durumunda havalanma koşullarını iyileştirmektedir. Kil ve silt çökelleri ile kıyaslandığında çakıltaşlarında (konglomera) taneler arası boşluk miktarı fazla olduğundan yüksek geçirimliliğe sahiptir (Dirik, 2015; Yılmaz ve Usta, 2014).

Alüvyonlar ise akarsular ile taşınan kum, kil, silt ve çakılın daha düşük eğimli alanlarda birikmesi sonucu oluşmaktadır (Cengiz vd., 2009).

Yerleşkenin jeolojik özellikleri hidrojeoloji açısından yorumlandığında gözeneklilik ve geçirimsizlik kavramları ön plana çıkmaktadır. Yüzeysel sularının yeraltına süzülmesi için kayaların boşluk miktarı önemli rol oynamaktadır. Kireçtaşları düşük geçirimsizliğe sahip olmakla birlikte eğer çatlaklı bir yapıya sahipse geçirimsizliği artmaktadır. Çakıltaşlarını oluşturan taneler arasındaki boşluk bahsedilen diğer kayalara oranla daha fazla olduğundan yüksek geçirimsizliğe sahiptir. Çamurtaşları silt ve kil tanelerinden oluştuğundan dolayı düşük geçirimsizliğe sahiptir. Kumtaşları ise eğer iri tanelere sahipse aynı oranda geçirimsizliği artmaktadır. Yerleşke zeminin geçirgenliği hakkında kesin yorum yapabilmek için zeminin fiziksel özellikleri bilinmelidir. Toprak tekstürlerinin birbirine oranı ve tane boyutları uygun yöntemler ile analiz edilerek öğrenilmelidir. Ayrıca sondaj çalışmaları ile zemin etüd raporu hazırlanmalıdır. Böylece elde edilen bilgiler doğrultusunda zeminin su ile ilişkisi hakkında daha sağlıklı veriler ortaya konulabilir. Fakat yukarıda yerleşke bölgesi ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında yerleşkenin genel olarak az geçirimsiz, dayanıksız ve erozyona meyilli bir jeolojik yapıya sahip olduğu yorumu yapılabilmektedir.

4.2.4. Toprak

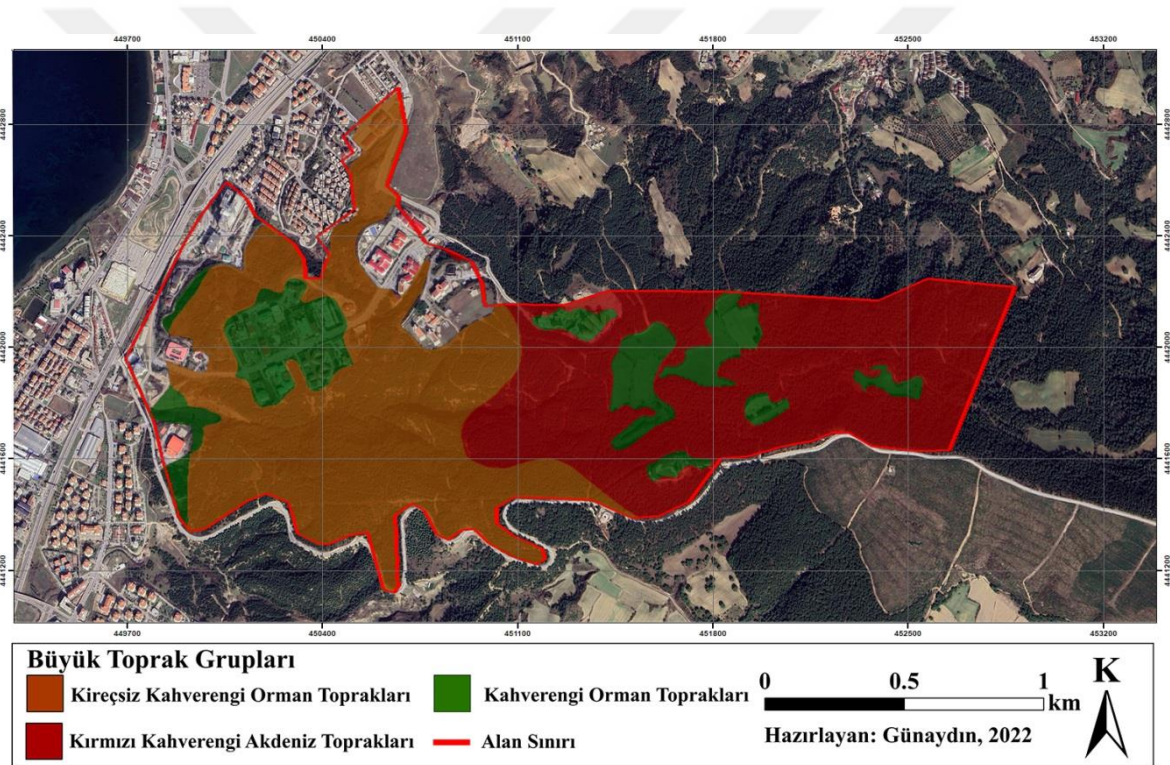
Yerleşkede üç büyük toprak grubu bulunmaktadır. Bu toprak grupları zonal toprak grubuna ait kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızı kahverengi akdeniz orman topraklarıdır (Şekil 39). Alanda en geniş yayılım gösteren toprak grubu yaklaşık 1.15 km² alan ile kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. Bu topraklar yerleşkenin batı bölgesinde yayılım göstermektedir. Yerleşkenin doğu bölgesindeki 1 km²'lik alanı ise kırmızı kahverengi akdeniz orman toprakları kaplamaktadır. Geri kalan kısımlarda ise kahverengi orman toprakları bulunmaktadır.

Yerli topraklar olarak da adlandırılan zonal topraklar bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak oluşan toprak tipleridir. Kayaların buldukları yerlerde bitki örtüsünün etkisiyle çözülmesi sonucu kuşaklar halinde yayılım gösterirler (Anonim, 2019; Ertek, 2018).

Kireçsiz kahverengi orman toprakların doğal verimsizliği fazla olmayıp toprak reaksiyonu (pH'ı) asit, nötr veya alkalidir. İyi drenaja sahiptir. Toprak profili

incelendiğinde üst katta koyu bir renk ve altta ise üst kattan biraz farklı kat bulunmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2012).

Kahverengi orman toprakları yüksek kireç içeriğine sahip olup orta kuşakta nemli iklim bölgelerindeki geniş yapraklı ormanlar altında gelişmişlerdir. Drenajı iyi ve humusça zengin verimli topraklardır. Toprak reaksiyonu nötr veya alkalidir. Alt katmanlarında kireç birikmesi görülmektedir. Kireçsiz özellikte olan kırmızı-kahverengi akdeniz toprakları ise genel olarak maki ve kızılçam ormanlarının altında gelişmektedirler. Orta verime sahip bu toprakların reaksiyonu nötr veya hafif alkalidir. Alt toprak katmanının üstte göre daha killi bir özelliğe sahiptir (Anonim, 2019; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2012).



Şekil 39. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi toprak haritası (ÇOMÜ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi'nden alınan toprak verisinden yararlanılarak oluşturulmuştur.)

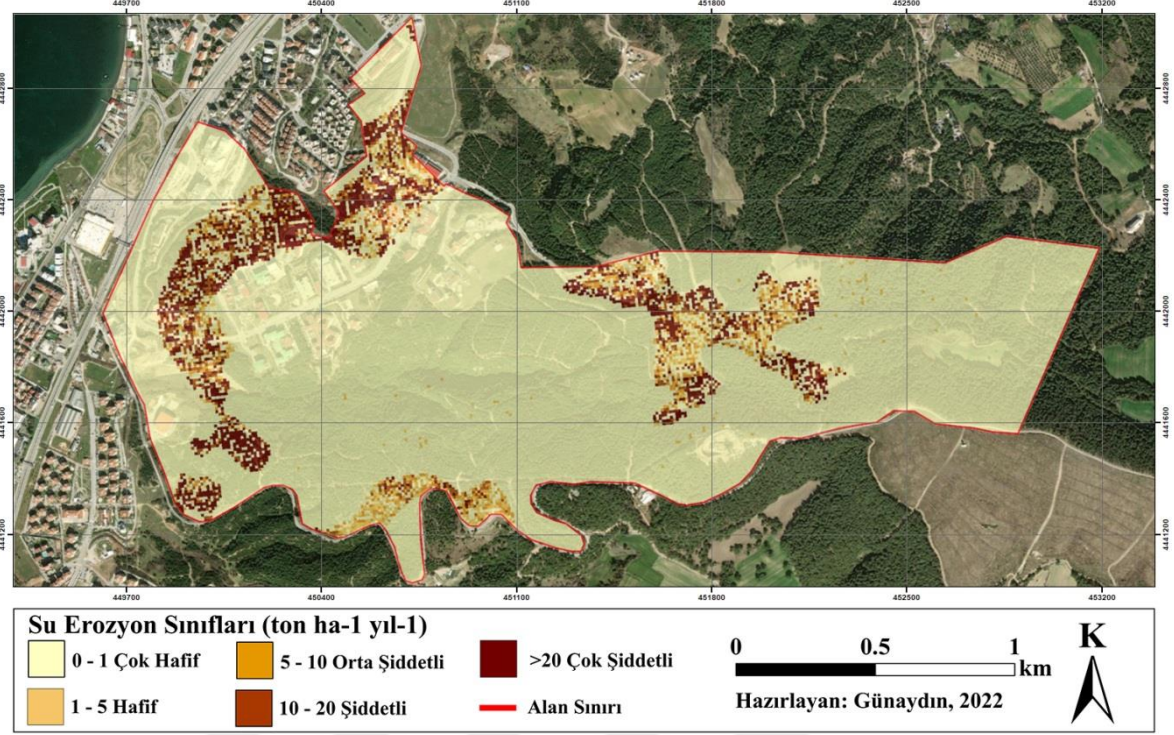
4.2.5. Erozyon

Çetinkaya (2005)'in çalışmasına göre yerleşkede erozyon oluşumunun nedenleri jeolojik özellikler, hidrojeolojik koşullar, yamaçların aşırı yüklenmesi ve yamaç eğiminin değişmesi olarak belirtilmiştir.

Yerleşkede özellikle birimlerin bulunduğu alanda yapılmış olan kazı dolgu işlemleri sonucu oluşan şevler ve eğimler nedeniyle doğal yapı bozulmuştur (Çetinkaya, 2005). Bozulan doğal yapı ile birlikte alandaki orman dışı açıklıklar erozyon oluşma riskine sahiptir. Alanın eğimli bir yapıya sahip olması aşırı yağışlar sırasında su erozyonunu hızlandırmaktadır.

Türkiye'nin Su Erozyonu Risk Haritası'na (ÇŞB, 2020) göre yerleşke sınırları içerisinde meydana gelen su erozyon haritası Şekil 40'ta ortaya konulmuştur. Harita alanda yıllık meydana gelen toprak kaybını göstermektedir. Haritanın lejandı incelendiğinde alanın büyük bir bölümü çok hafif şiddetli erozyon ile doğal erozyon şartlarına sahiptir. Fakat alanda toprak oluşum ve toprak kaybı oranı arasındaki dengenin bozulmaya başladığı hafif şiddetli erozyon alanları, toprak erozyon kayıpları endişe veren orta şiddetli erozyon alanları, toprak kaynaklarını tehdit eden şiddetli erozyon alanları ve yıllık toprak kaybı 20 tonun üzerine çıkan ciddi erozyon tehdidi altında olan alanlar da bulunmaktadır.

Su erozyonun şiddetli olduğu alanlara bakacak olursak bu alanların üniversite birimlerinin bulunduğu bölge ile orman dışı açıklıkların olduğu bölgelerde olduğu görülmektedir.



Şekil 40. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi su erozyonu haritası (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (2020) hazırlamış olduğu Türkiye'nin Su Erozyonu Risk Haritası'ndan yararlanılarak oluşturulmuştur.)

4.2.6. Hidroloji ve Drenaj

Yerleşkede Sarp Deresi (Şekil 41) dışında büyük bir su varlığı bulunmamaktadır. Sarp Deresi yerleşkenin güney bölgesinde bulunmakta olup doğudan batıya doğru uzanmaktadır.

2018 yılında ıslahı yapılan Sarp Deresi 315 m uzunluğunda olmak üzere tabanı beton ve iki tarafı da taş duvarla yenilenmiştir (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 2018).



Şekil 41. Terzioğlu Yerleşkesi Sarp Deresi (Orijinal, 2022)

Yerleşkenin eğimli bir topoğrafyaya sahip olması nedeniyle yoğun bir yüzeysel akış gözlenmiştir. Bu nedenle özellikle dik eğimli yerlerde açık ve kapalı drenaj kanalları bulunmaktadır.

Yapılan incelemede yerleşkede bulunan açık drenaj kanalları fotoğraflanmıştır. Sağanak yağışlı bir günde yapılan ikinci bir alan incelemesinde kanallardaki yüzeysel akış durumu gözlemlenmiştir (Şekil 43).



Şekil 42. Sosyal Bilimler MYO'ya inen drenaj kanalı (Orijinal, 2022)



Şekil 43. Yağmurlu bir günde Terzioğlu Yerleşkesi'nde bulunan açık drenaj kanallarındaki yüzeysel akış. (a) Safiye Hüseyin Elbi KYK Yurdu'ndan inen drenaj kanalı. (b) Çomü Kreş'in yanında bulunan drenaj kanalı. (c) Terzioğlu Yerleşkesi ana giriş yolu drenaj kanalı (Orijinal, 2022)

4.2.7. Bitki Örtüsü

Yerleşkenin büyük bir kısmını ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Geri kalan alanlarda ise yapılan peyzaj çalışmalarındaki bitkisel tasarımlar ile oluşan bitki örtüsü bulunmaktadır. Yerleşkede bulunan bitki türleri araştırmanın konusu ile alakalı olarak su isteklerine göre çizelgede gösterilmiştir (Tablo 1). Çizelgeye göre yerleşkede bulunan bitki türleri genel olarak orta derecede su talebine sahiptir. 131 bitki türünden kuraklığa dayanıklı olan 17 adet tür bulunmaktadır. 26 tür yüksek, 92 tür orta ve 42 tür ise az su isteklerine sahiptir.

Ormanlık alanlarda bulunan bitki türleri arasında kızılçam (*Pinus buritica*) asli ağaç türüdür (Berberler Çetinkaya, 2005). Diğer bitki türleri tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1

Terzioğlu Yerleşkesi ormanlık alanlarda bulunan bitki türleri (Berberler Çetinkaya, 2005)

Bitki Türkçe Adı	Bitki Latince Adı
Ardıç	<i>Juniperus sp.</i>
Akçakesme	<i>Phillyrea latifolia</i>
Defne	<i>Laurus nobilis</i>
Dikenli Geven	<i>Astragalus sp.</i>
Fıstık Çamı	<i>Pinus pinea</i>
Funda	<i>Erica verticillata</i>
Karaçalı	<i>Paliurus spina</i>
Kızılçam	<i>Pinus buritica</i>
Menengiç (Çitlembik)	<i>Pistacia terebinthus</i>
Meşe	<i>Quercus sp.</i>
Sandal	<i>Arbutus andrachne</i>

Tablo 2

Terzioğlu Yerleşkesi'nde bulunan bitki türleri (Berberler Çetinkaya, 2005; Eşbah Tunçay vd., 2013; Kahvecioğlu, 2018; Plantlust, 2022'den yararlanılarak oluşturulmuştur.)

BİTKİ ADI	SU TALEBİ			
	Yüksek	Orta	Az	Kuraklığa Dayanıklı
Abelya (<i>Abelia floribunda</i>)		X		
Acem Borusu (<i>Campsis radicans</i>)			X	
Adi Alıç (<i>Crateagus monogyna</i>)		X		
Adi Dişbudak (<i>Fraxinus excelsior</i>)		X		
Adi Kartopu (<i>Viburnum opulus</i>)		X		
Adi Kurtbağrı (<i>Ligustrum vulgare</i>)		X		
Adi Leylak (<i>Syringa vulgaris</i>)		X	X	
Adi Şimşir (<i>Buxus sempervirens</i>)				X
Ağaç Hatmi (<i>Hibiscus syriacus</i>)		X	X	
Akçakesme (<i>Phillyrea latifolia</i>)		X		
Ak Kavak (<i>Populus alba</i>)	X			
Ak Kızılcık (<i>Cornus alba</i>)		X		
Akdeniz Servisi (<i>Cupressus sempervirens</i>)			X	
Alev Ağacı (<i>Photinia fraseri</i>)	X	X		
Altuni Amerikan Sığla Ağacı (<i>Liquidambar styraciflua</i>)	X			
Altuni Fener Ağacı (<i>Koelreuteria paniculata</i>)		X	X	
Amerikan Agavı (<i>Agave americana</i>)			X	X
Amerikan Gladiçyası (<i>Gleditsia triacanthos</i>)			X	
Amerikan Sarmaşığı (<i>Parthenocissus quinquefolia</i>)		X	X	
Ardıç (<i>Juniperus spp.</i>)			X	
Arizona Servisi (<i>Cupressus arizonica</i>)			X	
Ateş Dikeni (<i>Pyracantha coccinea</i>)			X	
Atlas Sediri (<i>Cedrus atlantica</i>)	X	X		
Avize Çiçeği (<i>Yucca gloriosa</i>)		X		
Avrupa Ladini (<i>Picea abies</i>)		X		
Bahar Dalı (<i>Chaenomeles spp.</i>)		X		
Bambu (<i>Bambusa multiplex</i>)	X	X		
Bataklık Sazı (<i>Cortaderia selloana</i>)		X		X
Beyaz Çiçekli At Kestanesi (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	X			
Beyaz Çiçekli Yalancı Akasya (<i>Robinia pseudoacacia</i>)		X	X	

Tablo 2'nin devamı

BİTKİ ADI	SU TALEBİ			
	Yüksek	Orta	Az	Kuraklığa Dayanıklı
Beyaz Dut (<i>Morus alba</i>)	x	x		
Beyaz Gövdeli Huş (<i>Betula alba</i>)		x		
Biberiye (<i>Rosmarinus officinalis</i>)			x	
Bodur Akasya (<i>Caesalpinia gilliesii</i>)		x	x	
Büyük Çiçekli Ortanca (<i>Hydrangea macrophylla</i>)		x		x
Cennet Bambusu (<i>Nandina domestica</i>)			x	
Çalimsı Yonca (<i>Medicago arborea</i>)				x
Çarkıfelek (<i>Passiflora caerulea</i>)		x		
Çınar Yapraklı Akçaağaç (<i>Acer platanooides</i>)		x		
Çitlembik (<i>Pistacia terebinthus</i>)		x		
Çoban Püskülü (<i>Ilex aquifolium</i>)		x		
Dağ Akçaağacı (<i>Acer pseudoplatanus</i>)		x		
Dağ Çamı (<i>Pinus mugo</i>)		x		
Dağ Karaağacı (<i>Ulmus glabra</i>)		x		
Defne (<i>Laurus nobilis</i>)		x	x	
Defne Kartopu (<i>Viburnum tinus</i>)		x		
Deniz Semizotu (<i>Atriplex halimus</i>)				x
Dikenli Geven (<i>Astragalus sp.</i>)			x	x
Dişbudak Yapraklı Akçaağaç (<i>Acer negundo</i>)		x		
Doğu Çınarı (<i>Platanus orientalis</i>)	x	x		
Duman Ağacı (<i>Cotinus coggygria</i>)			x	
Duvar Sarmaşığı (<i>Hedera spp.</i>)		x		
Erguvan (<i>Cercis siliquastrum</i>)			x	x
Fırça Çalısı (<i>Callistemon citrinus</i>)		x		
Fıstık Çamı (<i>Pinus pinea</i>)			x	
Funda (<i>Erica verticillata</i>)		x	x	
Gaura Çiçeği (<i>Oenothera lindheimeri</i>)		x		
Gül (<i>Rosa spp.</i>)	x	x		
Gülibrişim (<i>Albizia julibrissin</i>)		x		
Gümüşi Ihlamur (<i>Tilia tomentosa</i>)	x			
Hanımeli (<i>Lonicera japonica</i>)		x		
Himalaya Sediri (<i>Cedrus deodora</i>)		x		
İncir Ağacı (<i>Ficus carica</i>)		x		
Japon Akçaağacı (<i>Acer palmatum</i>)	x			
Japon Kadın Tuzluğu (<i>Berberis thunbergii</i>)		x		
Japon Kadife Çamı (<i>Cryptomeria japonica</i>)		x		
Japon Şemsiyesi (<i>Cyperus alternifolius</i>)	x			
Kana (<i>Canna indica</i>)	x	x		

Tablo 2'nin devamı

BİTKİ ADI	SU TALEBİ			
	Yüksek	Orta	Az	Kuraklığa Dayanıklı
Karaçalı (<i>Paliurus spina</i>)		X		
Kara Kavak (<i>Populus nigra</i>)		X		
Kareks (<i>Carex spp.</i>)		X		
Katalpa (<i>Catalpa bignonioides</i>)		X		
Kayısı (<i>Prunus armeniaca</i>)		X		
Keçi Sakalı (<i>Spiraea vanhouttei</i>)		X		
Kelebek Çalısı (<i>Buddleia davidii</i>)	X	X		
Kırmızı Amerikan Meşesi (<i>Quercus rubra</i>)		X		X
Kırmızı Yapraklı Erik (<i>Prunus cerasifera</i>)		X		
Kızılçam (<i>Pinus brutia</i>)		X		X
Kiraz (<i>Prunus avium</i>)		X		
Kurtbağrı (<i>Ligustrum japonicum</i>)		X	X	
Kuş İğdesi (<i>Eleagnus angustifolia</i>)			X	
Küçük Yapraklı Ihlamur (<i>Tilia cordata</i>)		X		X
Kül Çiçeği (<i>Senecio cineria</i>)			X	
Lale Ağacı (<i>Liriodendron tulipifera</i>)		X		
Lavanta (<i>Lavandula angustifolia</i>)			X	
Lavantın (<i>Santolina chamaecyparissus</i>)		X		
Lawson Yalancı Servisi (<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>)		X		
Mabet Ağacı (<i>Ginkgo biloba</i>)		X		
Mavi Çim (<i>Festuca glauca</i>)		X		
Mavi Ladin (<i>Picea pungens</i>)		X		
Mazı (<i>Thuja spp.</i>)		X		
Melez Servi (<i>Cupressocyparis leylandii</i>)		X		
Mezarlık Servisi (<i>Cupressus sempervirens 'Pyramidalis'</i>)			X	
Meşe (<i>Quercus sp.</i>)		X		
Monteri Servisi (<i>Cupressus macrocarpa</i>)		X	X	
Mor Salkım (<i>Wisteria sinensis</i>)	X	X		
Muşmula (<i>Cotoneaster spp.</i>)		X	X	
Nar (<i>Punica granatum</i>)		X	X	
Osmanlı Çimi (<i>Ophiopogon japonicus</i>)			X	
Oval Yapraklı Kurtbağrı (<i>Ligustrum ovalifolium</i>)		X		
Oya Ağacı (<i>Lagerstroemia indica</i>)		X	X	
Palmiye (<i>Washingtonia filifera</i>)	X			X
Pampas Otu (<i>Cortaderia selloana</i>)			X	
Salkım Söğüt (<i>Salix babylonica</i>)	X			
Sandal (<i>Arbutus andrachne</i>)			X	X
Sarı Boya Çalısı (<i>Mahonia aquifolium</i>)			X	

Tablo 2'nin devamı

BİTKİ ADI	SU TALEBİ			
	Yüksek	Orta	Az	Kuraklığa Dayanıklı
Sığilli Huş (<i>Betula pendula</i>)	x	x		
Sinameki Çiçeği (<i>Cassia corymbosa</i>)		x	x	
Süs Elması (<i>Malus floribunda</i>)	x			
Süs Kirazı (<i>Prunus serrulata</i>)		x		
Şeftali (<i>Prunus persica</i>)	x			
Taflan (<i>Euonymus spp.</i>)		x	x	
Telli Palmiye (<i>Trachycarpus fortunei</i>)		x		x
Ters Sarkık Dut (<i>Morus alba pendula</i>)		x		
Tespah Ağacı (<i>Melia azeradach</i>)		x	x	
Tirbüşon Söğüdü (<i>Salix matsudana</i>)		x		
Titrek Kavak (<i>Populus tremula</i>)	x	x		
Top Akasya (<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Umbraculifera')		x	x	
Toros Sediri (<i>Cedrus libani</i>)		x		
Tüylü Pavlonya (<i>Paulownia tomentosa</i>)	x			
Üzüm (<i>Vitis spp.</i>)		x		
Yabani Elma (<i>Malus sylvestris</i>)		x		
Yabani Hurma (<i>Phoenix canariensis</i>)	x		x	x
Yaprağını Dökmeyen Manolya (<i>Magnolia grandiflora</i>)	x	x		
Yaygın Porsuk (<i>Taxus baccata</i>)		x	x	
Yaz Ilgını (<i>Tamarix tetrandra</i>)	x	x		x
Yeni Zelanda Keteni (<i>Phormium tenax</i>)		x		
Yıldız Çalısı (<i>Pittosporum tobira</i>)	x	x		
Yukka (<i>Yucca aloifolia</i>)			x	
Zakkum (<i>Nerium oleander</i>)			x	x
Zeytin (<i>Olea europea</i>)		x		

Ana sirkülasyon hattında genel olarak orta ve az su isteğine sahip bitkiler bulunmaktadır. *Cercis siliquastrum*, *Atriplex halimus* ve *Pinus brutia* olmak üzere üç adet kuraklığa dayanıklı bitki bulunmaktadır.

Ana giriş ve Hastane bölgesinde çoğunlukla orta ve az su isteğine sahip bitkiler bulunmakla birlikte *Atriplex halimus*, *Nerium oleander* ve *Tamarix tetrandra* bölgede bulunan kuraklığa dayanıklı bitkilerdir.

Tıp Fakültesi'nin bitkilendirilmiş alanlarında bulunan bitkiler de genel olarak orta ve az su isteğine sahiptir. *Nerium oleander* ve *Tamarix tetrandia* ile iki adet kuraklığa dayanıklı bitki türü bulunmaktadır.

18 Mart Hatime Ana Ulu Camii'nde ve ÇOMÜ Kreş'te genel olarak orta ve az su isteğine bağlı bitki türleri bulunmaktadır.

Yerleşkenin 2.girişinin ve Hasan-Mevsuf Spor Salonu'nun bulunduğu bölgede bulunan bitki türleri de genel olarak orta ve az su isteğine sahip bitkilerdir.

ÇOBİLTUM'un bulunduğu bölgede çoğunlukla orta su isteğine sahip bitkiler bulunmaktadır. *Atriplex halimus* türü bölgede bulunan kuraklığa dayanıklı bitki türüdür.

Yerleşkede en çok bitki türünün bulunduğu bölgelerden biri olan Yamaç Kafe ve rekreasyon alanında genel olarak orta derecede su isteyen bitkiler bulunmaktadır. Bölgede *Tamarix tetrandia*, *Medicago arborea* ve *Atriplex halimus* olmak üzere kuraklığa dayanıklı 3 bitki türü bulunmaktadır. Ayrıca 8 adet tür ile su isteği yüksek olan bitkilerin diğer bölgelere göre fazla olduğu alanlardan biridir.

Rektörlük binası ve Turizm Fakültesi'nin bulunduğu bölgedeki mevcut bitkiler çoğunlukla orta derecede su isteğine sahiptir. *Cercis siliquastrum* ve *Washingtonia filifera* türleri alandaki kuraklığa dayanıklı türlerdir.

Kütüphane binasının çevresinde bulunan bitki türlerinin genel olarak orta derecede su isteği bulunmaktadır. Alanda kuraklığa dayanıklı bitki türleri olarak *Cercis siliquastrum*, *Nerium oleander*, *Quercus rubra* ve *Agave americana* bulunmaktadır.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü binası alanında bulunan bitkiler orta derece su isteğine sahiptir. *Quercus rubra* ve *Cercis siliquastrum* alandaki kuraklığa dayanıklı bitki türleridir.

Siyasal Bilgiler Fakültesi bölgesinde su isteği yüksek olan 10 adet bitki türü bulunmaktadır. Bu alan yüksek su isteğine sahip bitki türlerinin en fazla sayıda olduğu alandır. Bölgede çoğunlukla orta derecede su isteyen türler bulunmaktadır. *Quercus rubra*, *Cercis siliquastrum*, *Atriplex halimus*, *Phoenix canariensis* ve *Trachycarpus fortunei* olmak üzere 5 adet kuraklığa dayanıklı bitki türü bulunmaktadır.

Ziraat Fakültesi bahçesinde bulunan bitki türleri genel olarak orta derecede su isteğine sahiptirler. *Tamarix tetrandia* olmak üzere bir adet kuraklığa dayanıklı bitki

bulunmaktadır. Ayrıca bu bölge su isteği yüksek bitki türlerinin diğer alanlara göre fazlaca bulunduğu bir diğer alandır.

Fen ve Edebiyat Fakóltesi'nde çoğunlukla orta ve az su isteğine sahip türler bulunmaktadır. *Cercis siliquastrum*, *Nerium oleander* ve *Agave americana* alandaki kuraklığa dayanıklı bitki türleridir.

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakóltesi'nin mevcut bitki türleri ise genellikle orta derece su isteğine sahiptir. Alanda *Nerium oleander* olmak üzere bir adet kuraklığa dayanıklı bitki türü bulunmaktadır.

Troia Kólter Merkezi'ndeki bitki türleri ise çoğunlukla orta ve az su isteğine sahiptir. Bu alandaki kuraklığa dayanıklı bitki türleri *Nerium oleander* ve *Cercis siliquastrum*'dur.

Mühendislik Fakóltesi'nin bitkilendirilmiş alanlarında bulunan bitkilerin genel olarak orta derece su isteği bulunmaktadır. Bu alanda ise kuraklığa dayanıklı bitki türü olarak *Cercis siliquastrum* bulunmaktadır.

Mimarlık ve Tasarım Fakólte binası ve Yabancı Diller Yüksekokulu bölgesinde bulunan bitkilerin özelliklerine bakıldığında ise genellikle orta derecede su istekleri bulunmaktadır. Bu bölgede de *Cercis siliquastrum* kuraklığa dayanıklı bitki türü olarak bulunmaktadır.

Ardes Dinlenme Tesis ve Yurdu'nun bitkilendirilmiş alanlarında bulunan türler çoğunlukla orta derecede su isteğine sahiptir. Yüksek su talebi olan bitki türlerinin diğer alanlara göre fazla olduğu bölgelerden biridir. Kuraklığa dayanıklı bitki türü olarak *Washingtonia filifera*, *Cortaderia selloana* ve *Buxus sempervirens* bitkileri bulunmaktadır.

KYK bölgesinde bulunan bitki türlerine bakıldığında genel olarak orta derecede su isteğine sahip türlerden oluşmaktadır. Alanda kuraklığa dayanıklı bitki türü olarak *Hydrangea macrophylla* bulunmaktadır.

Sosyal Bilimler MYO'da bulunan bitki türlerinin su isteklerine bakıldığında ise alanda çoğunlukla orta ve az derecede su isteyen türler bulunmaktadır.

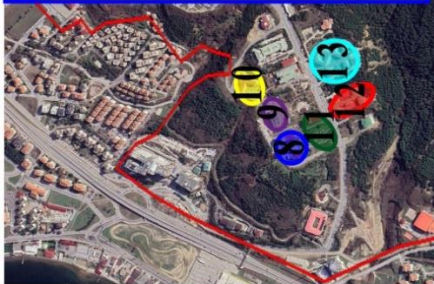
Yerleşkenin bitkisel tasarım alanlarında bulunan bitki türleri bölgesel olarak gösterilmiştir (Şekil 44, Şekil 45 ve Şekil 46). Bitki türlerinin bölgesel olarak belirlenmesinde Kahvecioğlu'nun (2020) araştırmasından yararlanılmıştır. Bitki bilgisi

bulunmayan Sosyal Bilimler MYO, 2. Giriş ve Hasan-Mevsuf Spor Salonu bölgelerinde ise saha incelemesi yapılarak mevcut bitki türleri belirlenmiştir. Aynı zamanda yerleşkede yeni dikim yapılan alanlara da gidilerek bilgiler güncellenmiştir.





Şekil 44. Terzioğlu Yerleşkesi Terzioğlu Yerleşkesi mevcut bitkiler 1 .bölge (Kahvecioğlu, 2020 kaynağından yararlanılarak bitkiler bölgesel olarak gösterilmiştir.)



LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ VE SAĞLIK HİZMETLERİ MYO (10)

Acer platanoides
Acer negundo
Acer pseudoplatanus
Quercus rubra
Prunus cerasifera
Catalpa bignonioides
Cercis siliquastrum
Thuja spp.
Buddleia davidii
Rosa spp.
Santolita chamaecyparissus

KÜTÜPHANE (9)

Melia azerdach
Malus floribunda
Magnolia grandiflora
Robinia pseudoacacia
Prunus cerasifera
Canna indica
Juniperus spp.
Abelia floribunda
Cornus alba
Spiraea vanhouttei
Euonymus spp.
Nandina domestica
Hedera spp.
Parthenocissus quinquefolia
Picea pangens
Cupressus arizonica

REKTÖRLÜK VE TURİZM FAKÜLTESİ (8)

Berberis thunbergii
Euonymus spp.
Cortaderia selloana
Pittosporum tobira
Oenothera lindheimeri
Pinus mugo
Juniperus spp.
Santolina chamaecyparissus
Senecio cineria
Yucca gloriosa
Rosa spp.
Chaenomeles spp.
Bambusa multiplex
Callistemon citrinus
Rosmarinus officinalis
Cornus alba
Carex spp.
Festuca glauca
Phormium tenax
Wisteria sinensis

SIYASAL B.F. VE MEHMET AKİF ERSOY PARKI (11)

Prunus avium
Morus alba pendula
Betula alba vulgare
Pinus nigra
Melia azerdach
Laurus nobilis
Ligustrum vulgare
Photinia fraseri
Hibiscus syriacus
Lagerstroemia indica
Prunus cerasifera
Acer negundo
Morus alba pendula
Tamarix tetrandra
Magnolia grandiflora
Taxus baccata
Thuja spp.
Cupressus macrocarpa
Cortaderia selloana

FEN BİLİMLERİ FAKÜLTESİ (13)

Gleditsia triacanthos
Euonymus spp.
Berberis thunbergii
Hedera spp.
Parthenocissus quinquefolia
Salix babylonica
Cotinus coggygia
Lagerstroemia indica
Acer negundo
Lilium tomentosum
Caesalpinia gilliesii
Morus alba pendula
Cupressus arizonica
Juniperus spp.
Yucca gloriosa
Wisteria sinensis
Cupressus sempervirens 'Pyramidalis'

ZİRAAT FAKÜLTESİ (12)

Juniperus spp.
Berberis thunbergii
Pittosporum tobira
Cotoneaster spp.
Spiraea vanhouttei
Viburnum tinus
Santolina chamaecyparissus
Pyracantha coccinea
Abelia floribunda
Rosa spp.
Chaenomeles spp.
Senecio cineria
Rosmarinus officinalis
Yucca gloriosa
Euonymus spp.
Hedera spp.
Parthenocissus quinquefolia
Lonicera japonica
Wisteria sinensis

Robinia pseudoacacia
Platanus orientalis
Populus tremula
Melia azerdach
Laurus nobilis
Ligustrum vulgare
Photinia fraseri
Hibiscus syriacus
Lagerstroemia indica
Prunus cerasifera
Acer negundo
Morus alba pendula
Tamarix tetrandra
Magnolia grandiflora
Taxus baccata
Thuja spp.
Cupressus macrocarpa
Cortaderia selloana

Melia azerdach
Acer pseudoplatanus
Acer platanoides
Catalpa bignonioides
Laurus nobilis
Ligustrum japonicum
Fraxinus excelsior
Washingtonia filifera
Acer negundo
Malus floribunda
Prunus cerasifera
Lagerstroemia indica
Cercis siliquastrum
Morus alba pendula
Hibiscus syriacus
Picea abies
Cupressus macrocarpa
Thuja spp.
Cupressocyparis leylandii
Cedrus atlantica
Viburnum tinus
Pyracantha coccinea
Robinia pseudoacacia 'Umbraculifera'

Şekil 45. Terzioğlu Yerleşkesi mevcut bitkiler 2. bölge (Kahvecioğlu, 2020 kaynağından yararlanılarak bitkiler bölgesel olarak gösterilmiştir.)

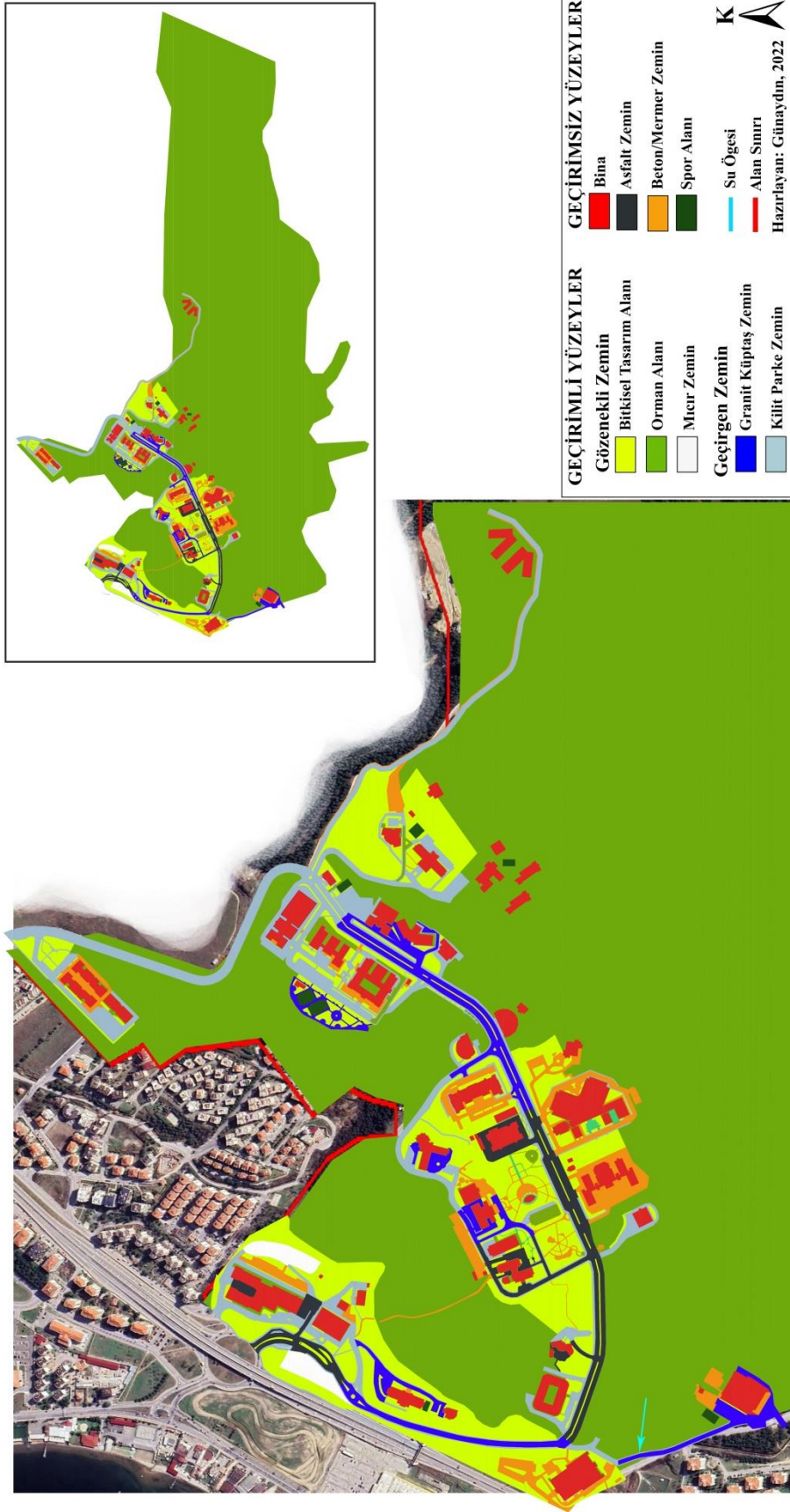
	<p>DENİZ BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİ F. (14)</p> <p><i>Salix babylonica</i> <i>Punica granatum</i> <i>Prunus avium</i> <i>Thuja spp.</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Olea europaea</i> <i>Melia azadirach</i> <i>Ficus carica</i> <i>Albizia julibrissin</i> <i>Cassia minima</i> <i>Platanus orientalis</i> <i>Ligustrum japonicum</i> <i>Photinia fraseri</i> <i>Tilia tomentosa</i> <i>Malus sylvestris</i> <i>Cupressus sempervirens</i> 'Pyramidalis'</p>	<p>TROİA KÜLTÜR MERK. (15)</p> <p><i>Salix babylonica</i> <i>Morus alba pendula</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Catalpa bignonioides</i> <i>Cercis siliquastrum</i> <i>Pinus mugo</i> <i>Prunus cerasifera</i> <i>Melia azadirach</i> <i>Hibiscus syriacus</i> <i>Cedrus deodora</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i> <i>Pinus pinea</i> <i>Taxus baccata</i> <i>Nerium oleander</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Lavandula angustifolia</i> <i>Juniperus spp.</i> <i>Pittosporum tobira</i></p>	<p>MÜHENDİSLİK F. (16)</p> <p><i>Cercis siliquastrum</i> <i>Salix babylonica</i> <i>Prunus cerasifera</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Prunus avium</i> <i>Azadirachta indica</i> <i>Gleditsia triacanthos</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> 'Umbraculifera' <i>Cupressus arizonica</i> <i>Thuja spp.</i> <i>Cedrus atlantica</i> <i>Mahonia aquifolium</i> <i>Rosa spp.</i> <i>Viburnum tinus</i> <i>Spiraea vanhouttei</i></p>	<p>MTF-GSF-İLETİŞİM F.-YADYO-BESYO (17)</p> <p><i>Catalpa bignonioides</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Eleagnus angustifolia</i> <i>Acer negundo</i> <i>Aesculus hippocastanum</i> <i>Morus alba pendula</i> <i>Prunus cerasifera</i> <i>Cotinus coggygria</i> <i>Melia azadirach</i> <i>Ligustrum japonicum</i> <i>Hibiscus syriacus</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Cercis siliquastrum</i> <i>Photinia fraseri</i></p>	<p>ARDES DİNLENME TESİSİ VE YURDU (18)</p> <p><i>Salix babylonica</i> <i>Betula pendula</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Catalpa bignonioides</i> <i>Prunus cerasifera</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i> <i>Cercis siliquastrum</i> <i>Photinia fraseri</i> <i>Washingtonia filifera</i> <i>Tilia tomentosa</i> <i>Prunus avium</i> <i>Yucca aloifolia</i> <i>Pittosporum tobira</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> 'Umbraculifera'</p>	<p>KYK (19)</p> <p><i>Ligustrum vulgare</i> <i>Lagerstroemia indica</i> <i>Cupressus arizonica</i> <i>Thuja spp.</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i> <i>Cupressus macrocarpa</i> <i>Rosa spp.</i> <i>Lavandula angustifolia</i> <i>Spiraea vanhouttei</i> <i>Euonymus spp.</i> <i>Mahonia aquifolium</i> <i>Pittosporum tobira</i> <i>Oenothera lindheimeri</i> <i>Cornus alba</i> <i>Abelia floribunda</i> <i>Nandina domestica</i> <i>Hydrangea macrophylla</i></p>	<p>SOSYAL BİLİMLER MESLEK YÜKSEKOKULU (20)</p> <p><i>Acer negundo</i> <i>Cedrus libani</i> <i>Cotoneaster franchetti</i> <i>Cupressus arizonica</i> <i>Cupressocyparis leylandii</i> <i>Tilia cordata</i></p> <p><i>Cupressus macrocarpa</i> <i>Juniperus horizontalis</i> <i>Juniperus squamata</i> <i>Pinus pinea</i> <i>Tilia tomentosa</i> <i>Ulmus glabra</i> <i>Vitis spp.</i></p>
--	--	---	---	---	--	---	--

Şekil 46. Terzioğlu Yerleşkesi mevcut bitkiler 3. bölge (Kahvecioğlu, 2020 kaynağından yararlanılarak bitkiler bölgesel olarak gösterilmiştir.)

4.3. Araştırma Alanının Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzeylerinin Belirlenmesi

ÇOMÜ Yayı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan alınan vaziyet planı ve alanda yapılan saha gezisindeki gözlemler ile yerleşkenin geçirimli ve geçirimsiz yüzeyleri belirlenmiştir (şekil 47). Vaziyet planında zemin bilgisi girilmemiş alanlar yapılan saha gezisi sonucu tespit edilip AutoCAD programında işlenmiştir. Alanlar geçirimli ve geçirimsiz olarak gruplandırılıp geçirimli alanlar gözenekli ve geçirgen zemin adı altında iki gruba ayrılmıştır. Yerleşkede bulunan bitkisel tasarım alanı, orman alanı ve mıcır zeminli alanlar gözenekli zemin sınıfına girerken kilit parke ve granit kp taş ile döşenmiş alanlar ise geçirgen zeminlerdir. Geçirimsiz yüzeyler ise binalar, spor alanları, asfalt zemin, beton ve mermer zeminlerden oluşmaktadır.

Her niversite biriminin kendine ait peyzaj alanı bulunmakta olup 1/100 000 lekli Balıkesir - Çanakkale evre Düzeni Planı'nda (H16 nolu pafta) belirlenen sınıra göre yerleşkenin büyük bir kısmını orman alanı oluşturmaktadır. Yerleşke ana girişinde bulunan otopark ile Tıp Fakültesi Hastanesi'nin otopark alanlarında mıcır zemin kullanılmıştır. Kaldırımların büyük çoğunluğunda kilit parke taşları kullanılmıştır. Safiye Hüseyin Elbi KYK Yurdu'na çıkan yol üzerindeki kaldırımda ise beton malzeme kullanılmıştır. Araç yollarında granit kp taş, kilit parke ve asfalt olacak şekilde karma bir zemin yapısı bulunmaktadır. Binaların bahçesinde beton, mermer ve kilit parke zeminlere rastlanmaktadır. Açık spor alanlarının zeminlerinde ise beton veya kauçuk kaplama kullanılmıştır.



Şekil 47. Terzioğlu Yerleşkesi geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler

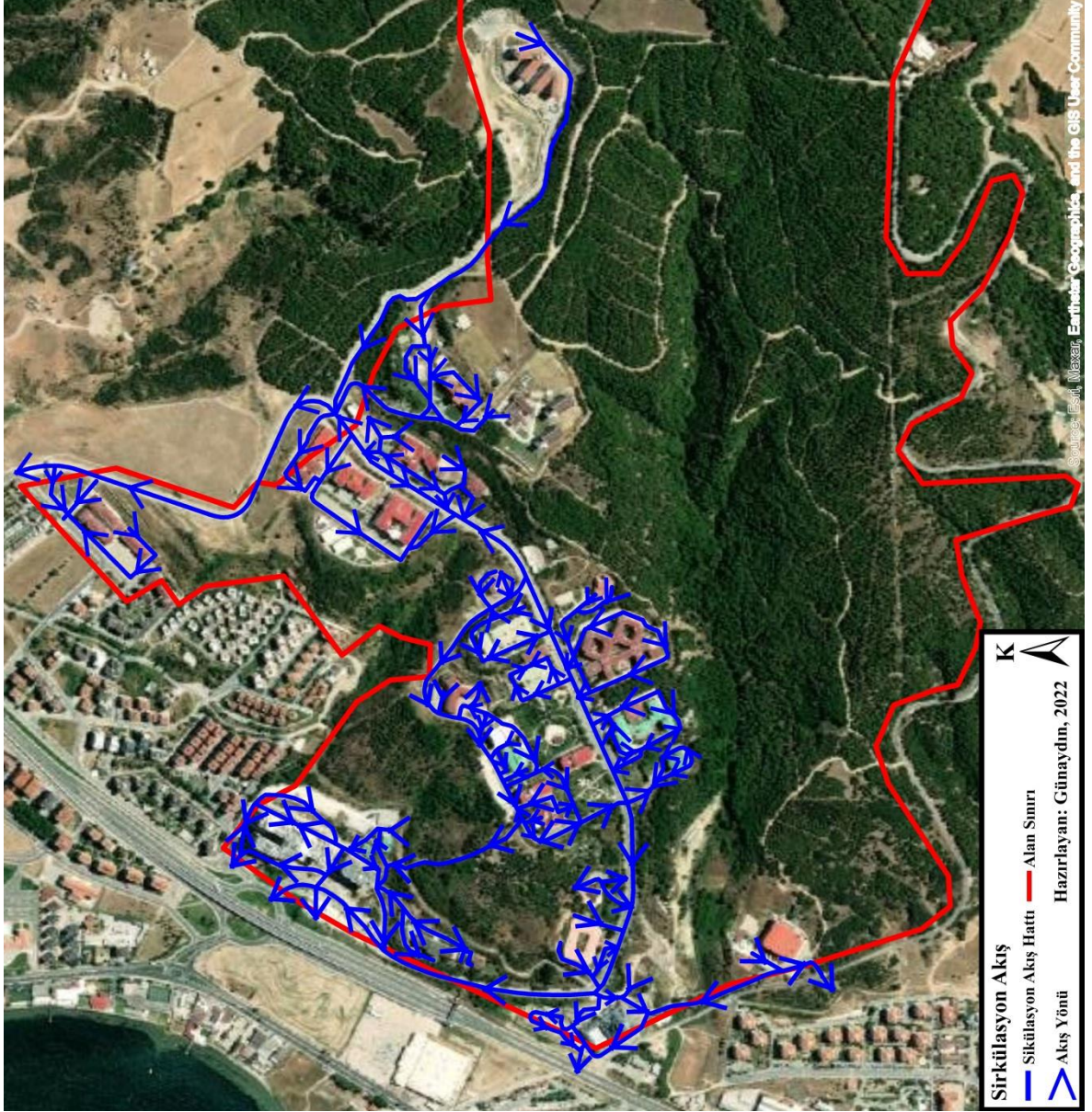
Yerleşkede bulunan binalar yaklaşık 90231 m² (9 ha) alan kaplamaktadır. Diğer geçirimsiz yüzeyler (asfalt, beton, mermer ve spor alanları) ile birlikte yerleşkenin yaklaşık geçirimsiz yüzey alanı 176841 m² (17.7 ha)'dir. Geçirgen zemin olan kilit parke ve granit küp taş yüzeyler ise yaklaşık 147157 m² (14.7 ha) alan kaplamaktadır. Yerleşkenin yaklaşık 2676000 m² (267.6 ha) alanını ise gözenekli zeminler olan mıcır zemin, bitkisel tasarım alanları ve orman alanı oluşturmaktadır.

4.4. Araştırma Alanının Yüzeysel Akış Haritası

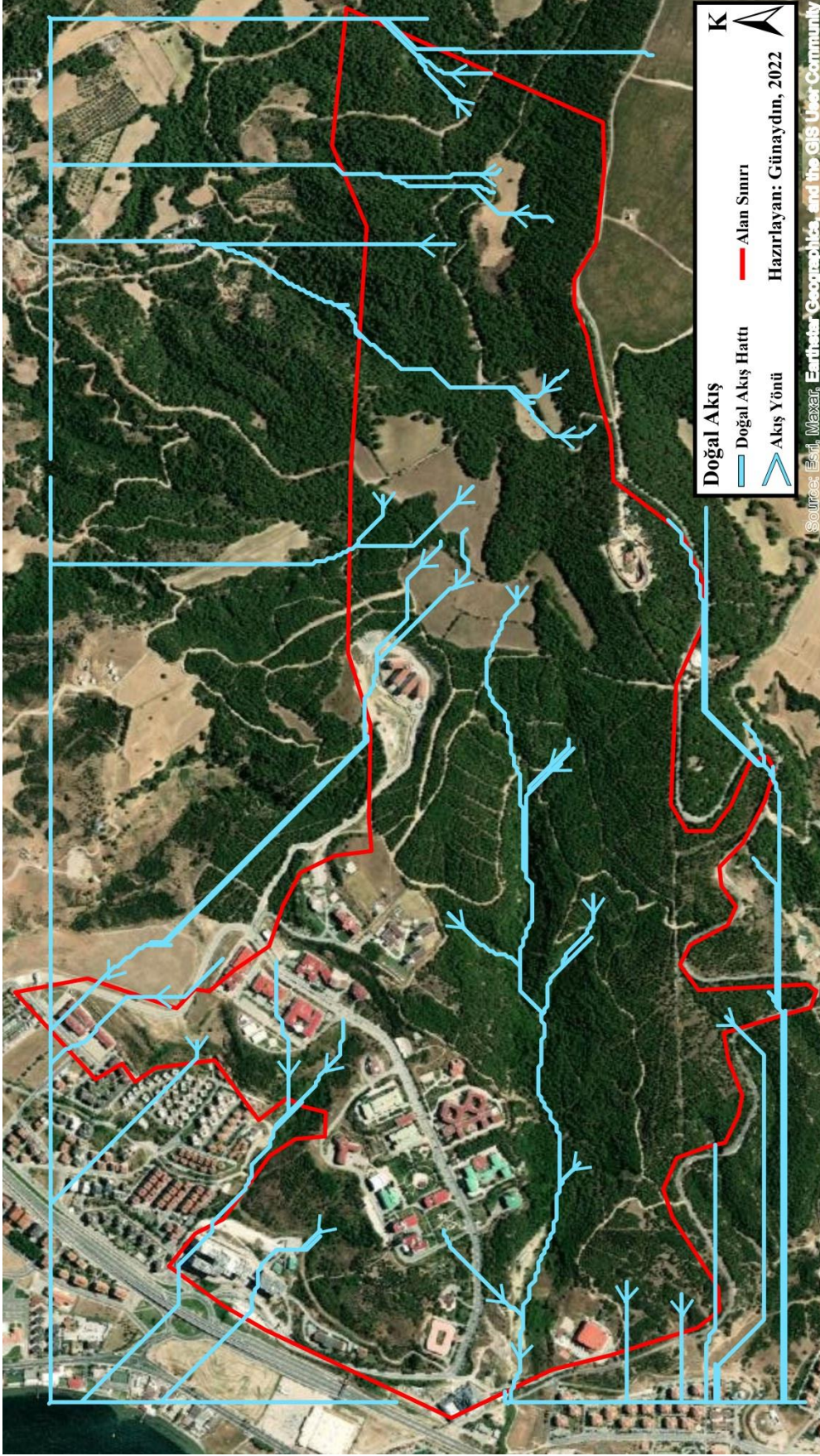
Yağmur suyu yönetimi uygulamalarına karar verilirken suyun nasıl bir yol izlediğini ortaya koymak önemlidir. Yağmur suyunun hangi yönde, hangi hızda ve miktarda yüzeysel akışa geçtiğini bilmek gerekmektedir. Yapılan alan analizleri sonucunda ulaşılmaması hedeflenen sonuç yağmur suyunu mevcut ve öneri yeşil alanlara yönlendirerek akışın hacmini ve hızını azaltmak ve yeraltı sularının kirlenme oranını azaltarak sürdürülebilir bir yağmur suyu yönetimi sağlamaktır. Bu bilgiler doğrultusunda uygun görülen alanlarda ihtiyaç duyulan işlemlere sahip yağmur suyu yönetimi uygulamalarına karar verilecektir.

Yüzeysel akış haritasını oluşturmak için öncelikle yerleşkenin mevcut ana sirkülasyonu üzerinden akış hattı oluşturulmuş ve eğim durumuna bakılarak da akışın yönü belirlenmiştir. Bu işlem için yerleşkenin vaziyet planında bulunan noktasal kotlar dikkate alınmış ve alan incelemesi sırasında yapılan gözlemler ile kontrol edilmiştir. AutoCad 2017 programı ile yapılan bu harita ArcGIS ortamına koordinatlı olarak aktarılarak yerleşkenin uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir (Şekil 48).

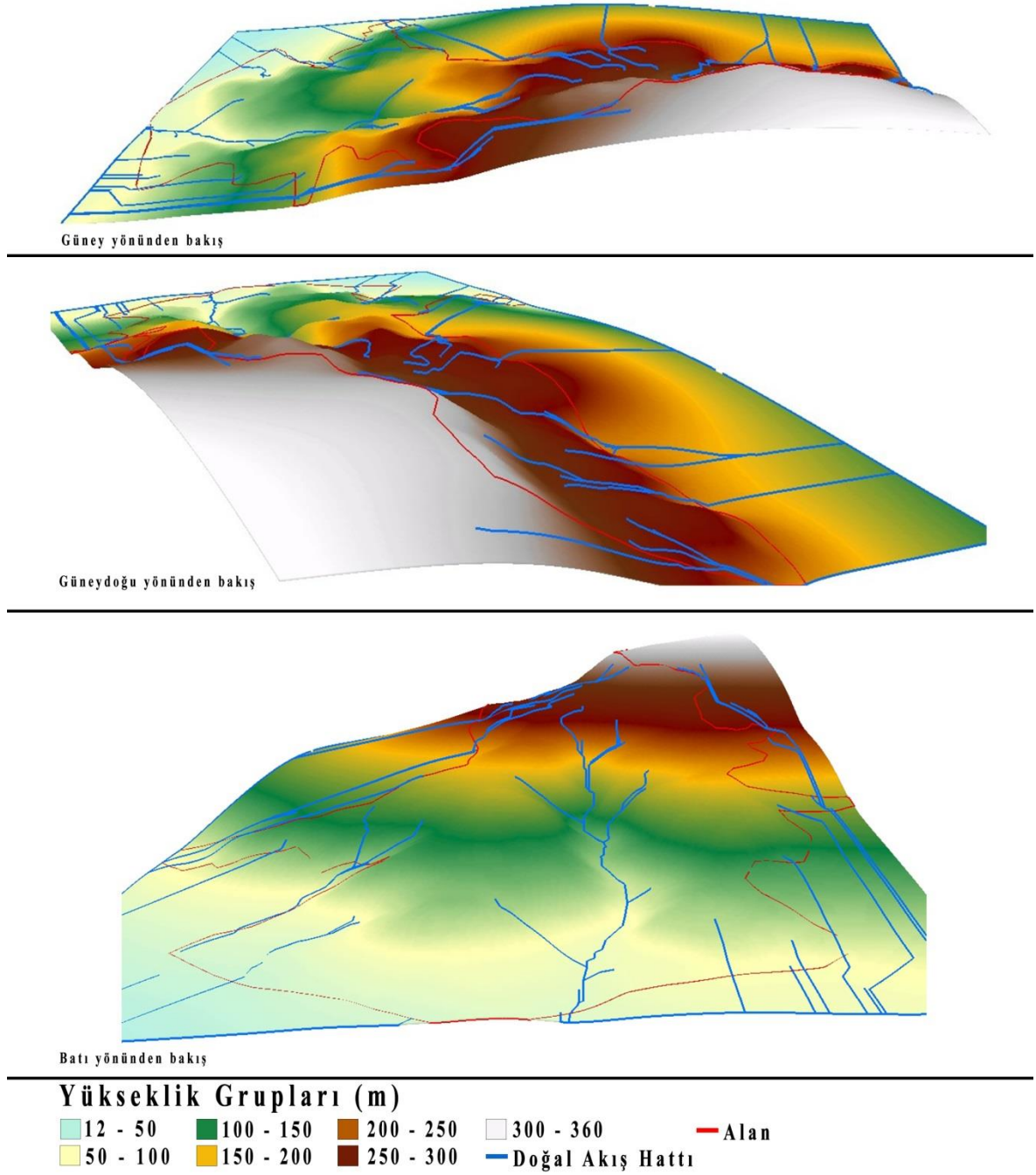
Doğal akış haritasını oluşturmak için ise ArcGIS 10.7 yazılımında ArcHydro Tools eklentisi kullanılmıştır (Şekil 49). Oluşturulan doğal akış hattı ArcScene 10.7 programına aktarılarak çalışma alanının üç boyutlu arazi modeli üzerinde gösterilmiştir (Şekil 50).



Şekil 48. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi ana sirkülasyon yüzeysel akış hattı ve yönleri

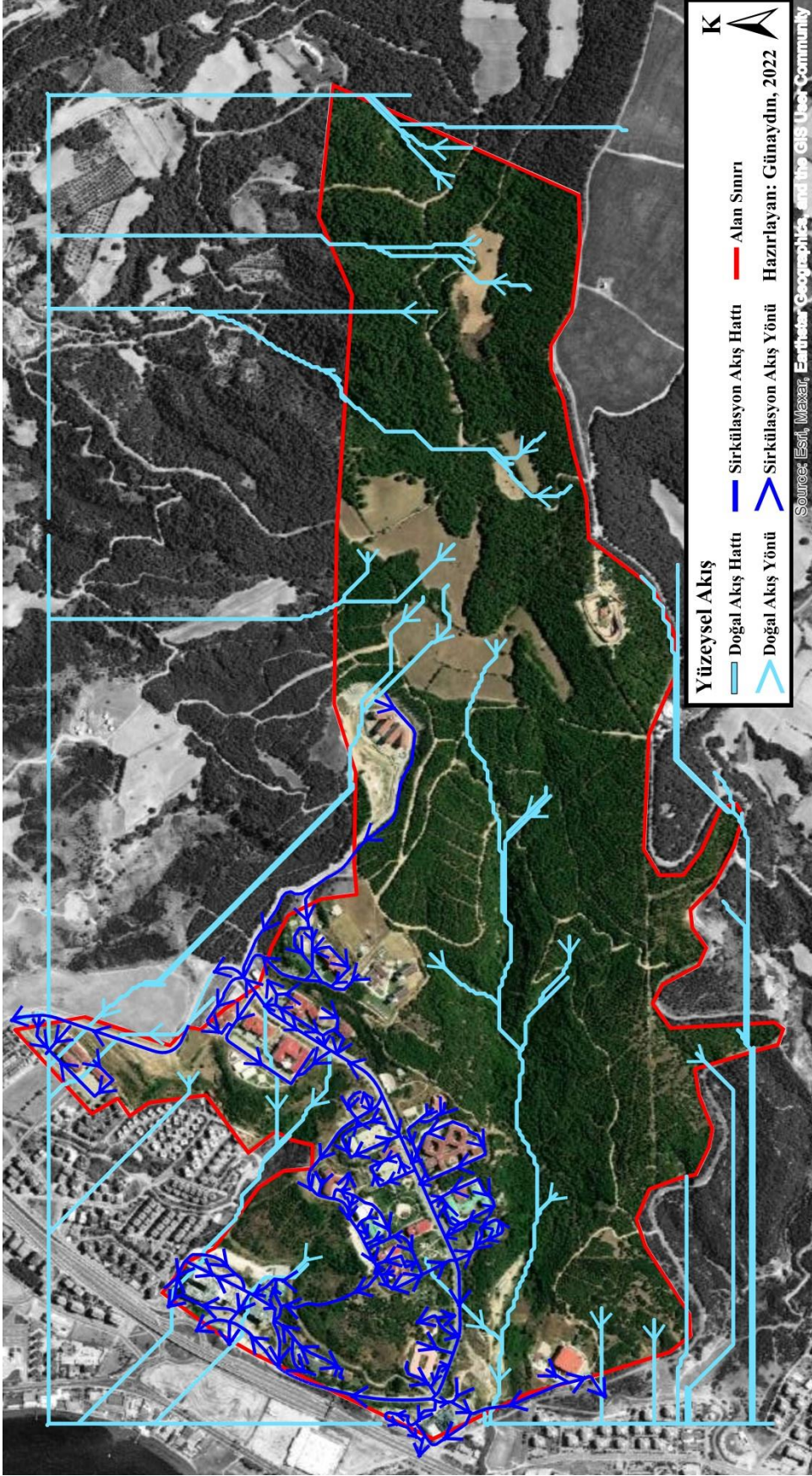


Şekil 49. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi doğal akış hattı ve yönleri



Şekil 50. Doğal akış hattının 3B arazi modeli üzerinde gösterimi

Yüzey sularının sağanak bir yağış sırasında izleyeceği yolu gösteren bu iki harita koordinatlı olarak üst üste bindirilerek birleştirilmiştir. Sonuç olarak hem doğal akışı hem de yerleşkenin mevcut ana sirkülasyonu üzerinde oluşan yüzey suyu akışını gösteren bir yüzeysel akış haritası elde edilmiştir (Şekil 51).



Şekil 51. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi yüzeysel akış haritası

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Su, hava ve toprak kirliliğinin gittikçe daha fazla önem kazandığı günümüzde bu çevre sorunları ile alakalı birçok çözüm önerisi ortaya konulmaktadır. Bu çözüm önerilerinden biri olan SYSY uygulamaları yağmur suyunu filtreleyerek temizlenmesine yardımcı olmakta böylece toprağın ve yüzey sularının kirlenme oranını azaltmaktadır. Aynı zamanda yeşil alan miktarını arttırarak bitkiler sayesinde havadaki CO₂ miktarının azalmasında etkili olmaktadır.

Geleneksel yağmur suyu sistemleri ile kıyaslandığında uzun vadede daha az maliyetli olan sürdürülebilir sistemlerin uygulanacağı alanlara karar verilirken bölgenin doğal peyzaj özelliklerinin analizini yapmak doğru kararlar verebilmek ve daha verimli sonuçlara ulaşabilmek açısından önemlidir. Bu amaçla Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi'nde alanın doğal peyzaj özellikleri, toplanan veriler ve ArcGIS 10.7 yazılımında hazırlanan haritalar ile analiz edilmiştir. Alanın geçirimli ve geçirimsiz yüzeyleri saha gezisi sırasında yapılan gözlemler ve vaziyet planı doğrultusunda tespit edilmiştir. Yağış sonucu oluşan yüzeysel akışın belirlenmesi için ArcGIS 10.7 programında ArcHydro Tools eklentisi kullanılarak doğal yüzeysel akış haritası oluşturulmuştur. Aynı zamanda AutoCAD 2017 programında yerleşkenin ana sirkülasyonunda oluşan yüzeysel akış hattı belirlenerek doğal yüzeysel akış haritası ile birleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda alan hakkında elde edilen veriler göz önünde bulundurularak SYSY uygulamaları önerilmiştir.

Analizlerin sonuçlarını yorumlandığında; yerleşke iklim özellikleri bakımından en fazla kış ve bahar aylarında yağış almaktadır. Yıllık yağışlı gün sayısı 85.8 gün olup yılın dörtte biri yağışlı geçmektedir. 2007–2021 yılları arasındaki ortalama yağış miktarına bakıldığında 1 m²'ye 641.9 lt su düşerken, yıllık maksimum yağış miktarına göre ise 1 m²'ye 106.4 lt su düşmektedir. En yüksek sıcaklık 2021 yılının Temmuz ayında 39.1 °C ölçülmüş olup en düşük sıcaklık ise -11 °C olarak 1942 yılının Ocak ayında ölçülmüştür. Bu ölçümlere bakıldığında Çanakkale'de sıcaklığın arttığı görülmektedir. Bu durum iklim değişikliğinin etkilerinden biri olarak yorumlanabilir. SYSY uygulamaları su döngüsünün sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesine katkı sağlayarak iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda yardımcı olmaktadır.

Yerleşke topoğrafik özellikleri bakımından eğimli bir araziye sahiptir. Alandaki eğimli alanların büyük bölümü %6–12 eğim değerleri arasındadır. Bu değerdeki eğimli alanlar 119 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Arazinin eğimli olması sağanak yağışlar sırasında yüzey sularının hızlı bir şekilde akışa geçmesine sebep olmaktadır. Özellikle geçirimsiz zeminlerde bu hız artmaktadır. Hızlı ve yoğun yüzeysel akış sel ve taşkın riski oluşturabilmektedir. SYSY uygulamaları geçirgen yüzey miktarının artırılmasında ve yüzeysel akışın verimli bir şekilde yönetilmesinde faydalı olmaktadır.

Jeolojik özellikler bakımından elde edilen yazılı ve görsel verilere bakıldığında yerleşkenin toprak altı zemini genel olarak az geçirimli, dayanıksız ve erozyona meyilli bir özellik göstermektedir. Aynı zamanda yağışlar sırasında suya doygun hale gelerek akma riski oluşturmaktadır. Bu özelliklere bakıldığında toprak yüzeyinde göllenme tespit edilen bölgelere dikkat edilmelidir. Bu alanlarda yüzeysel akış, mevcut yeşil alanlara ya da öneri SYSY uygulamalarına yönlendirilerek akış hacmi azaltılmalıdır.

Genel olarak orta verimli topraklara sahip olan yerleşke üç büyük toprak grubunun özelliklerine göre asitli, nötr ve alkali toprak reaksiyonuna sahiptir. Toprakların drenajları iyi olup asitliğin, alkaliliğin ve tuzluluğun artmaması için drenaj iyi sağlanmalıdır. Bu nedenle SYSY uygulamalarına karar verilirken toprakta hızlı emilim sağlanamıyorsa toprak ıslah edilmeli, alt drenaj sistemine sahip olan uygulamalar tercih edilmeli ve tuza dayanıklı bitkiler kullanılmalıdır.

Toprağın verimli tabakasının akıp kaybolmasına neden olan erozyon yerleşkenin hem eğimli bir topoğrafyaya sahip olması hem de jeolojik özellikleri nedeniyle dikkat edilmesi gereken bir olaydır. Yerleşkenin genelinde çok hafif şiddetli erozyon riski bulunmasına karşılık orman dışı açıklıklar ve bitki örtüsü az ya da yetersiz olan alanlar erozyonun oluşma riskini artırmaktadır. Bahsedilen bu riskli alanlarda SYSY uygulamaları önerilirken akıntıyı yavaşlatan uygulamalar tercih edilmeli ve sürdürülebilir sisteme ek olarak erozyon kontrol sistemleri uygulanmalıdır. Ayrıca sistemler uygulandıktan sonra alana gidilip kontrolü yapılmalı ve erozyon belirtisi olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Terzioğlu Yerleşkesi'nin hidrolojik özelliklerine bakıldığında Sarp Deresi dışında büyük bir su varlığı bulunmamaktadır. Sarp deresinde yapılan ıslah çalışması sonucunda dere yatağı betonlaştırılarak doğal yapı bozulmuştur. Bu betonlaştırma ekosistem dostu ve sürdürülebilir bir taşkın koruma çözümü olarak tercih edilmemelidir. Beton sistemler yerine çevre dostu çözümlere gidilmelidir. Sağanak bir günde yapılan alan gezisinde Sarp

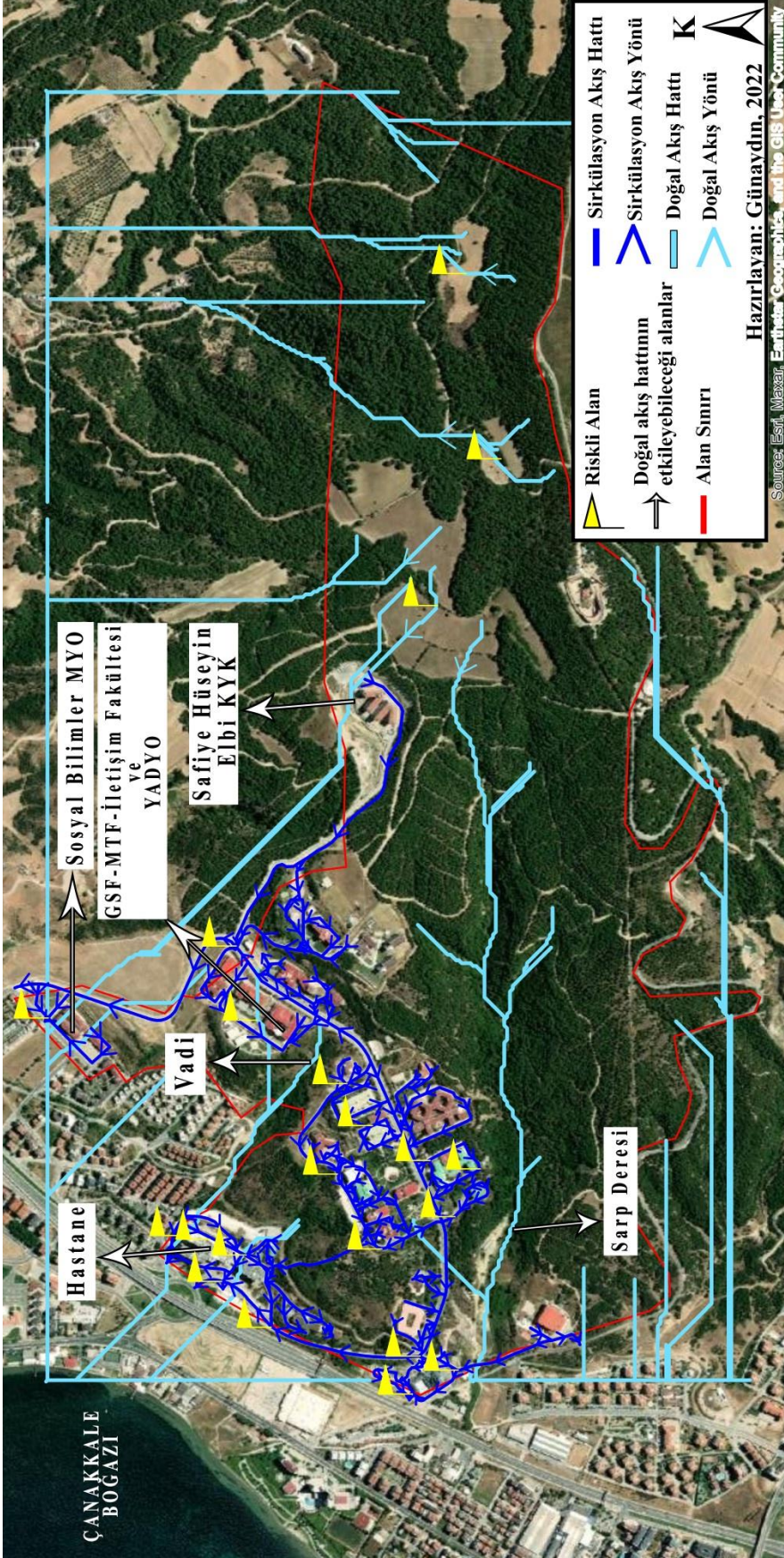
Deresi'ndeki yüzeysel akışın oldukça hızlı olduğu gözlenmiştir. SYSY uygulamaları ile dereye ulaşan yüzeysel akış azaltılmalı ve yavaşlatılmalıdır. Böylece oluşabilecek taşkın riski ve zararları azaltılmalıdır.

Yerleşkede asli türü kızılçam olan ormanlar büyük bir alan kaplamaktadır. Bitki örtüsünü oluşturan türler genel olarak orta derecede su isteğine sahiptir. SYSY uygulamalarında genel olarak kendi kendini idame ettirebilen bitki türleri ve yerel türler tercih edilmelidir. Aynı zamanda uygulamanın çeşidine bağlı olarak hem kuraklığa hem de suya dayanıklı türler olmalıdır. Geçici göllenme oluşturan uygulamalarda ise güneş gören yerler tercih edilmesi gerektiğinden kullanılacak bitkiler güneşe dayanıklı olmalıdır.

Sürdürülebilir yağmursuyu sistemlerinde geçirimsiz yüzeyler mümkün olduğunca azaltılması gereken yerlerdir. Çünkü yağmur suyunun zemin tarafından emilimini engeller ve hızlı bir yüzeysel akışa neden olur. Ayrıca yağmur suyunun kalitesini düşürerek kirlenmesine yol açar. Bu kirli su, su kaynaklarındaki kirliliğin de artmasına neden olmaktadır.

Terzioğlu Yerleşkesi'nin geçirimsiz yüzeyleri tespit edilerek kapladığı alan miktarı yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Yerleşke bölgesinin büyük çoğunluğu ormanlık alandan oluştuğu için geçirimsiz zeminler geçirimli zeminlere oranla daha azdır. Fakat alanın eğimli olması nedeniyle yüzeysel akışın hız ve kalitesine olan olumsuz etkileri gözardı edilmemelidir. Bu nedenle yaklaşık 17.7 ha alan kaplayan bu geçirimsiz yüzeyler SYSY uygulamaları ile azaltılmalıdır. SYSY uygulamalarından olan yeşil çatılar ve geçirgen kaplamalar geçirimsiz yüzeylerin azaltılması için uygun çözümler olacaktır.

Yağmur olayı sırasında yüzeysel akışın nasıl bir yol izlediğini bilmek suyun toplanma alanlarını ve yoğun olabileceği noktaları belirlemek açısından önemlidir. Bu amaçla yerleşkenin doğal akış hattı ile birlikte ana sirkülasyonu üzerinde oluşan yüzeysel akış hattı belirlenmiştir. Oluşturulan yüzeysel akış haritası incelendiğinde; sarı bayrakla işaretlenen alanlar ulaşım ağında yağış sularının yoğunluk oluşturabileceği bölgeleri ifade ederken orman dışı açıklıklarda ise erozyon riskini ifade etmektedir. Ayrıca haritada doğal yüzeysel akış hattının hızlı akışa geçebileceği bölgeler ile olumsuz etkileyebileceği yapısal alanlar da gösterilmiştir. Bu alanlarda yağmur suyunun uzaklaştırabilecek uygulamalar tercih edilerek akışın yoğunluğu ve hızı azaltılmalıdır (Şekil 52).



Şekil 52. Akış hattının etkileyebileceği alanlar

Yerleşkenin ana girişinde bulunan hastane binası doğal akış hattının üzerinde bulunmaktadır. Bu durum bina zeminini olumsuz etkileyebilir. Hastane bölgesinde bulunan yollardan yağmur sırasında gelebilecek yüzeysel akış işaretlenen sarı bayraklı alanlarda göllenme riski oluşturmaktadır. Bu durum yağmurlu bir günde alanda yapılan gözlemler ile tespit edilmiştir. Göllenmeler, kesişim noktalarının yoğun olmasından ve zemin tesviyesinin dengesiz olmasından dolayı oluşmuştur (Şekil 53). Zemin yüzeyi her ne kadar geçirgen olsa da sağanak bir yağışta su yüzeyde birikmiştir.



Şekil 53. Hastane bölgesinde yollarda oluşan su birikintileri (Orijinal, 2022)

Sarp Deresi en çok dallanmaya sahip doğal akış hattıdır. Bu dere yatağına birçok noktadan yüzeysel akış hattı bağlanmaktadır. Sağanak bir yağışta taşkın riskine açıktır. Fakat bu dere yatağının taşkın kontrolü yapısal olarak sağlanmıştır. Yukarıda da bahsedildiği üzere ekolojik olmayan ve yüzeysel akışı hızlandıran bu çözüm yerine SYSY uygulamaları ile taşkın riskinin azaltılması yoluna gidilmelidir.



Şekil 54. Sarp Deresi taşkın kontrol yapısı (Orijinal, 2022)

Vadi bölgesi, Sarp Deresi ile birlikte çalışma alanında en yoğun yüzeysel akışa sahip alan olarak nitelendirilebilir. Yüzeysel akış haritasına göre vadi boyunca akan su hastane bölgesinden geçmekte ve oradan Çanakkale Boğazı'na dökülmektedir (Şekil 55). Vadi yamaçları yoğun bir bitki örtüsüne sahip olduğundan yüzeysel akış bu alanda tutularak yavaşlamakta ve fazla su yamaçlardan vadi tabanına iletilmektedir. Bu açıdan bakıldığında bitki örtüsüne sahip vadilerin kendi sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemlerine sahip olduğu düşünülebilmektedir.



Şekil 55. Terzioğlu Yerleşkesi vadi görünümü (Orijinal, 2022)

Güzel Sanatlar Fakültesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İletişim Fakültesi ve Yabancı Diller Yüksek Okulu'nun bulunduğu bölgeden vadiye bağlanan bir doğal akış hattı bulunmaktadır. Yapısal alandan geçen bu hat hastane bölgesinde olduğu gibi yapıları olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle bu bölgede yağmurlu günde yapılan saha gezisinde yoğun su birikintilerine rastlanmış ve mazgalların yetersiz kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 56).



Şekil 56. GSF-MTF-İletişim Fakültesi ve YADYO bölgesinde oluşan su birikintileri (Orijinal, 2022)

Sosyal Bilimler MYO bölgesinden iki adet yüzeysel akış hattı geçmektedir. Binaların güney tarafında kalan alan ile arasındaki yükseklik farkı sert bir geçişe sahiptir (Şekil 57). Bu nedenle riskli bir alan konumuna gelmektedir.



Şekil 57. Sosyal Bilimler MYO’da yükseklik farkı (Orijinal, 2022)

Safiye Hüseyin Elbi KYK alanından orman dışı açıklıklardan gelen bir yüzeysel akış hattı geçmektedir. Akış, bitki örtüsü bulunmayan alanlardan geldiğinden ötürü hızlı bir şekilde alana ulaşması mümkündür. KYK alanı üniversiteye ait olmadığından ötürü alan gözlemlenememiştir.

Yüzeysel akış haritasında net olarak görülebilen orman dışı açıklıklar aynı zamanda yüzeysel akışın da yoğun olduğu bölgelerdir. Su erozyon haritasına bakıldığında bu açıklıklarda su erozyonu riskinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu alanlarda bitki örtüsünün olmaması ve birden fazla doğal akış hattının açıklıklar üzerinden geçmesi nedeniyle su erozyonu riskinin oluştuğu sonucuna varılabilmektedir.

5.1. Araştırma Alanında Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Uygulamalarının Önerilmesi

Bu bölümde her üniversite birimi ayrı ayrı değerlendirilerek uygun görülen alanlarda SYSY uygulamaları önerilmiştir. Aynı zamanda her bina için çatılardan toplanabilecek yağmur suyu miktarı aşağıda gösterilen yağmur suyu verimi hesabı kullanılarak hesaplanmıştır. Son olarak önerilen uygulamalar modellenerek fotoğraflar üzerinde gösterilmiştir.

Ana Giriş ve Hastane Bölgesi

- Araç yolunun ana giriş kapısına kadar olan kısmı geçirimsiz asfalt zemin yerine geçirgen asfalt zemin ile değiştirilmelidir. Fakat asfalt zemin yeni olduğundan yakın zamanda değiştirilmesi mümkün değildir. Bu nedenle burada oluşacak yüzeysel akış yakınlarındaki yeşil alanlara yönlendirilmelidir.
- Refüjler, eğer altyapı engel olmuyorsa yağmur suyunu yakalamak amacıyla yağmur suyu bitki şeritleri veya bitkilendirilmiş hendek olarak tasarlanmalıdır. Bu uygulamalar yaya geçişine engel olmamalıdır.
- Yerleşke girişinde yer alan mıcır zeminli otopark için herhangi bir tasarım yapılmayıp düzensiz olarak bırakılmıştır. Bu otopark alanı için bir peyzaj projesi hazırlanmalıdır. Mıcır zemin her ne kadar gözenekli bir zemin olsa da araç hareketi sırasında toprak kaldırdığı için kirlilik oluşturmaktadır. Ayrıca araç sürüşü için de uygun değildir. Bu nedenle zemin malzemesi olarak geçirgen asfalt, kilit parke veya küptaş gibi geçirgen kaplamalar tercih edilmelidir. Bitkilendirme alanlarında yağmur suyu bitki şeritleri ve bitkilendirilmiş hendeklerin kullanılması önerilmektedir. Otopark girişinde bordür uzantısı uygulaması ile yoldan ve kaldırımdan otoparka gelebilecek olan yüzeysel akış yavaşlatılıp azaltılmalıdır.
- Hastanenin arka tarafında bulunan otopark da mıcır zeminli ve düzensizdir. Bu alanda su erozyonu riski olduğundan özellikle dikkat edilmelidir. Yüzeysel akış mümkün olduğunca azaltılmalıdır. SYSY uygulamaları ile akışın yakalanıp sızdırılması sağlanmalıdır. Bunun için yağmur suyu bitki şeridi ve geçirgen kaplama uygun görülmektedir (Şekil 58). Zeminde ise ana giriş otoparkında önerildiği gibi geçirgen zemin kaplamaları tercih edilmelidir.



Şekil 58. Hastane otoparkı yağmur suyu bitki şeridi ve geçirgen kaplama önerisi (Orijinal, 2022)

- Kaldırımlarda genişlikler uygunsa ve altyapı bakımından sorun teşkil etmiyorsa ağaç çukurları eklenerek yağmur suyunun yakalanması sağlanmalıdır.
- Hastane binasının arka tarafında yer alan yolda kaldırım ve araç yolu arasındaki yeşil alan bitkilendirilmiş hendek alanına ya da yağmur suyu bitki şeridine dönüştürülerek hem kaldırımdan hem de yoldan gelebilecek yüzeysel akış bu alana yönlendirilmelidir.
- ÇOMÜDAM önündeki yolun hastane tarafındaki kenarına dar alanlar için elverişli olan yeşil oluk sistemi önerilmektedir. Yol aşağı doğru eğimli olarak kıvrıldığından bu doğrultuda akışa geçecek suyu yakalayıp yavaşlatacaktır.

- Ana giriş kapısında bulunan bitkilendirilmiş alan için yağmur suyu bitki şeridi uygulaması tercih edilmelidir. Giriş için hem estetik bir görüntü oluşturup hem de yağmur suyu yönetimini sağlayacaktır.
- Çevresi bordürler ile sınırlandırılmış yeşil alanlara akışın ulaşabilmesi için bordür açıklığı/kesintisi ile akışa giriş sağlanmalıdır.
- 18 Mart Hatime Ana Ulu Camii'ne çıkan kaldırımda araç yolundan gelecek yüzeysel akışı yakalayacak yağmur suyu bitki şeridi ve ağaç çukuru uygulamaları tavsiye edilmektedir.
- Nükleer Tıp Merkezi binasının yağmur iniş borularının altına bitki kutuları konumlandırılmalıdır. Böylece çatıdan gelen yağmur sularının depolanmasına ve yavaş yavaş sisteme verilmesine imkan sağlanmış olacaktır.

Ana Yol Hattı ve Kaldırımlar

- Ana yol boyunca bulunan refüjlerde bitkilendirilmiş hendeğe ya da yağmur suyu bitki şeritleri uygulaması tavsiye edilmektedir. Ana hat boyunca yol %2'den fazla eğimli olduğundan dolayı bu uygulamalarda teraslama yapılması gerekmektedir. Her teras basamağı altında toprağı sabitleyici büyük taşlar kullanılmalıdır.
- Yerleşkeye doğru çıkan yolun kenarında bulunan açık kanalın bitkilendirilmiş hendeğe dönüştürülmesi önerilmektedir. Alan eğimli olduğundan eğimin %2'yi geçtiği yerlerde teraslama yapılmalıdır. Teraslama ile birlikte erozyonu önlemek için her terasın altında kontrol benti oluşturulmalıdır (Şekil 59).



Şekil 59. Açık drenaj kanalında bitkilendirilmiş hendek önerisi (Orijinal, 2022)

- Yol ve kaldırım arasında en az 50-60 cm mesafe olduğu takdirde yeşil oluk uygulaması önerilmektedir. Yağmur suyu bitki şeridi uygulamaları için ise en az 1 m mesafe gerekmektedir.
- Asfalt olan bölgelerde geçirgen asfalt ya da geçirgen kaplama kullanılması önerilmektedir.
- Kaldırım genişliklerinin uygun olduğu bölgelerde ise ağaç çukurları önerilmektedir.
- Safiye Hüseyin Elbi KYK Yurdu'na çıkan yolun kenarında açık drenaj kanalı bulunmaktadır. Oldukça eğimli bir yolda bulunan bu drenaj kanalında teraslanmış bitkilendirilmiş hendek uygulaması önerilmektedir. Her teras basamağı erozyonu önlemek adına büyük taşlar ile desteklenmelidir.

Tıp Fakültesi ve Çevresi

- Tıp Fakültesi otoparkında bulunan refüj yağmur suyu bitki şeridi ya da bitkilendirilmiş hendek olarak kurgulanmalıdır.
- Binanın ön tarafında yol ve kaldırım arasında bulunan içinde ağaçların da olduğu geniş yeşil alanın alt drenajı olan bir yağmur suyu bitki şeridine dönüştürülmesi önerilmektedir. Yönlendirilen akışı yakalayarak filtrelenmesine ve yavaşça topraktan sızmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda alt drenajı ile fazla su alandan uzaklaştırılarak göllenme oluşması engellenecektir.

- Tıp Fakültesi ve Çocuk Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi arasında kalan geniş yeşil alan için yüzeysel akışı toplayacak bir küçük bir yağmur bahçesi önerilmektedir (Şekil 60).



Şekil 60. Tıp Fakültesi ve Çocuk Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi arasında yağmur bahçesi önerisi (Orijinal, 2022)

18 Mart Hatime Ana Ulu Camii

- Cami otoparkı geçirimsiz bir zemine sahiptir. Ayrıca otopark zemini ve yeşil alan arasında kullanılan bordürler akışın yeşil alana ulaşmasını engellemektedir. Yoldan gelen akışın yeşil alanlara ulaşabilmesi için bordürler kaldırılmalıdır. Bununla birlikte yeşil alanın mevcut kotu yoldan düşük olmalıdır.
- Otoparkın ortasında bulunan yeşil alan için yağmur suyu bitki şeridi ya da bitkilendirilmiş hendek uygulaması önerilmektedir.
- Camiden Hasan Mevsuf Spor Salonu'na giden yolda kaldırım ve istinat duvarı arasında betonla kaplanmış bir drenaj kanalı bulunmaktadır. Bu dar alan için yeşil oluk uygulaması uygun görülmektedir.
- Aynı yolun spor salonu tarafındaki kaldırım boyunca bitkilendirilmiş hendek önerilmektedir.
- Caminin yakın çevresinde bulunan arıtma sistemlerinin bulunduğu yer zeminin geçirimsiz olması ve etrafındaki yeşil alanlardan gelen yüzeysel akış nedeniyle göllenmeye maruz kalmıştır. Etrafında bulunan duvarların dış tarafını

çevreleyen bir bitkilendirilmiş hendek ve eğim nedeniyle erozyonu engelleyecek erozyon kontrol uygulamaları ile birlikte mevcut alan koşullarına uygun bir yağmur suyu yönetim sistemi önerilmektedir.

Sarp Deresi

- Taşkın kontrol yapısı ile ıslahı yapılan dere yatağına entegre edilebilecek bir SYSY uygulaması tavsiye edilmektedir. Bu entegre sistem dereye gelecek yüzeysel akışın hızını yavaşlatmalı ve miktarını azaltmalıdır. Eğim ve doğal akış hattı dikkate alınarak derenin kenarlarında nehir kenarı tampon uygulaması tavsiye edilmektedir. Gerekli görüldüğü takdirde SYSY uygulamaları ile akışın yönünü değiştirme yoluna gidilmelidir (Şekil 61).



Şekil 61. Sarp Deresi için nehir kenar tampon uygulama önerisi (Orijinal, 2022)

İkinci Giriş ve Hasan-Mevsuf Spor Salonu

- Alanda bulunan otopark alanları yeşil otopark olarak düzenlenip yağmur suyu bitki şeritleri, bitkilendirilmiş hendek ve ağaç çukurları ile yağmur suyu yönetimi desteklenmelidir.

ÇOMÜ Kreş

- Kreş bölgesinde bulunan ve toprak yol boyunca devam eden açık drenaj kanalı bitkilendirilmiş hendek olarak düzenlenmelidir. Su erozyonu riski olan bu bölgede SYSY uygulamaları erozyon kontrol sistemleri ile desteklenmelidir. Toprak su emilimini hızlı yapamıyorsa alt drenajı olan bir bitkilendirilmiş hendek kurulmalıdır. Bitki örtüsü hem suya hem de kuraklığa dayanıklı bitkiler ile artırılmalıdır.
- Kreşe ait araç yolu ile kaldırım alanı arasında bulunan yeşil alan yüzeysel akışı yönlendirilebilmek için yağmur suyu bitki şeridinde dönüştürülmelidir.

Yamaç Kafe

- Yamaç Cafe otoparkı geçirgen bir zemine sahip olup ana yola bağlanan araç yolu geçirimsiz asfalt ile kaplanmıştır. Bu yolda geçirimli asfalt ya da geçirgen kaplamalar önerilmektedir.

Siyasal Bilgiler Fakültesi ve Açık Yeşil Alanı

- Alanda bulunan açık yeşil alanlarda eğim doğrultusunda yüzeysel akışı toplayacak yerlerde yağmur bahçeleri önerilmektedir.
- Geçirimsiz yüzey kaplaması yerine geçirgen kaplamalar kullanılmalıdır.
- Bina çevresinde bulunan yeşil alana çatıdan gelen yağmur suyunu yakalamak için yağmur suyu bitki şeridi tasarlanmalıdır. Tasarımında yaya ulaşımını engellememesine dikkat edilmelidir.
- Binanın arka tarafında bulunan yol boyunca ise bitkilendirilmiş hendek ya da yağmur suyu bitki şeridi önerilmektedir.

Rektörlük ve Yapı İşleri Daire Başkanlığı

- Geçirimsiz asfalt uygulanana yüzeylerde geçirimli asfalt ya da geçirgen kaplamalar önerilmektedir.

- Yapı İşleri Daire Başkanlığı ve Bilgi İşlem Daire başkanlığı arasında bulunan yol kenarındaki yeşil alanlarda teraslama yapılarak yağmur suyu bitki şeritleri ya da ağaç çukuru uygulanması tavsiye edilmektedir.
- Yol ve kaldırım arasında hat boyunca yaya geçişi de öngörülerek yeşil oluk sistemleri önerilmektedir.

Turizm Fakültesi

- Binanın karşısında bulunan geçirimsiz yüzeye sahip otopark için SYSY doğrultusunda uygulamalar ve zemin kaplamaları tercih edilmelidir. Otoparkı çevreleyen duvar boyunca yağmur suyu bitki şeritleri önerilmektedir.

Kütüphane ve Adnan Menderes Parkı:

- Alanda bulunan n'kafa Kafe'nin önünde bulunan yeşil alanda sağanak yağış sonrası göllenme oluşmuştur. Bu yeşil alan yağmur suyu bitki şeridi olarak değiştirilmelidir. Ayrıca zeminde geçirgen kaplama kullanılmalıdır.
- Adnan Menderes Parkı'nın yaya sirkülasyonu mermer geçirimsiz zemine sahiptir. Bu etkinlik alanında oturma alanı olarak tasarlanan duvarlar yüzeysel akışın yeşil alana ulaşmasını engellemektedir. Bu geçişi engelleyen duvarlar yerine oturma alanı işlevi de görebilen gabion duvarlar kullanılmalıdır. Ayrıca bu gabion duvarların merdiven kenarlarında da kullanımı uygun olacaktır (Şekil 62).



Şekil 62. Kütüphane bahçesindeki oturma duvarlarında Gabion duvar önerisi (Orijinal, 2022)

- Bisiklet park alanında bitkilendirilmiş hendek ya da yağmur suyu bitki şeridi kullanılmalıdır.
- Kütüphane ek binasının önündeki alan geçirimsiz yüzey kaplamasına sahiptir. Zeminde geçirgen kaplama kullanılması önerilmektedir.
- Ek bina alanında bulunan yeşil alanların birçoğu zemin kotundan yüksekte bulunmakta ve etrafları duvarla çevrilidir. Bu nedenle bu alanda akışın yönlendirilebileceği yeşil alan miktarı yeterli değildir. Duvarlar yerine gabion duvarlar önerilmektedir. Ayrıca bu duvarlar, üzerine ahşap materyal eklenip oturma alanı olarak da kullanılma seçeneği de sunmaktadır.
- Kütüphane bölgesinde bulunan oturma alanı da yine geçirimsiz bir yüzeye sahiptir. Yuvarlak tasarıma sahip oturma alanının etrafı yeşil alanla çevrili olup duvarlar ile çevrelenmesinden ötürü akış suyunun yeşil alana ulaşmasını engellemektedir. Bu alanda da oturma alanı olarak kullanılan duvarların gabion duvar ile değiştirilmesi önerilmektedir.
- Kütüphane otoparkında yağmur suyu bitki şeridi uygulanması uygun görülmektedir.

ÖSEM

- ÖSEM'den başlayıp Turan Mildon Camii'sine kadar uzanan bitkisel tasarım alanı yağmur suyu bitki şeridi ya da bitkilendirilmiş hendek olarak düzenlenmelidir.
- Otopark alanında yağmur suyu bitki şeridi önerilmektedir.
- ÖSEM alanında bulunan duvar diplerindeki dar yeşil alanlar için yeşil oluk uygulaması uygun görülmektedir.
- Yağışlı gün sırasında yapılan alan gezisinde bir çardak alanının göllendiği gözlemlenmiştir. Bu alanda yağış suyunun hacmi azaltılmalıdır.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ve Sağlık Hizmetleri MYO

- Otopark alanında bulunan yeşil alanların SYSY uygulamaları ile daha işlevsel hale getirilmesi önerilmektedir. Bitkilendirilmiş hendek ya da yağmur suyu bitki şeritlerinin uygulanması tavsiye edilmektedir.
- Dönel kavşakta bulunan yeşil alan yüzeyden gelen yağış sularının ulaşabileceği şekilde düzenlenmelidir. Bunun için yeşil alan kotu zemin kotuna göre düşürülüp kenarları güvenlik açısından alçak boylu korkuluk ile çevrilebilir.
- Kaldırım genişliklerinin en 2 m olduğu yerlerde ağaç çukuru uygulaması önerilmektedir.

Turan Mildon Camii ve Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi

- Caminin girişinde kullanılan geçirimsiz zemin yerine geçirgen bir kaplama tercih edilmelidir.
- Deniz bilimleri fakültesinde de beton zemin kullanılmıştır. Geçirgenliği artırmak için zeminde küptaş ya da kilit parke taşı gibi geçirgen kaplama uygulanmalıdır. Alternatif olarak ise geçirgen asfalt tavsiye edilmektedir.
- Otopark alanında bitkilendirilmiş hendek ya da yağmur suyu bitki şeridi tavsiye edilmektedir. Dar alanlarda ise bu uygulamalar yerine yeşil oluk sistemi uygun olabilmektedir.

- Geniş kaldırımların olduğu yerlerde ağaç çukuru uygulaması önerilmektedir (Şekil 63).
- Duvar bulunan yol kenarlarında gabion duvar uygulaması önerilmektedir.



Şekil 63. Geniş kaldırımlarda ağaç çukuru tasarım önerisi (Oriijinal, 2022)

ÇOBİLTUM

- Binanın arkasında bulunan geniş yeşil alanda yüzeyden gelen akışı engelleyen bordürler kaldırılarak akışın yeşil alana ulaşması sağlanmalıdır.
- Otopark alanında yağmur suyu bitki şeritleri önerilmektedir.

Ziraat Fakültesi

- Zeminde kullanılan beton yerine geçirgen kaplama uygulanmalıdır.
- Geniş kaldırımlarda ağaç çukurları önerilmektedir.
- Piknik masalarının bulunduğu kantin alanında yağmur bahçesi ya da yağmur suyu bitki şeridi önerilmektedir.
- Otopark alanlarında yağmur suyu bitki şeritleri önerilmektedir.

Fen Edebiyat Fakültesi

- Troia Kültür Merkezinden Fen Bilimlerine inen merdivenin kenarında yüzeyden gelen akış sularının yeşil alana ulaşabilmesi için gabion duvar önerilmektedir.
- Alanda mevcut geçirimsiz zemin yerine geçirgen kaplamalar kullanılmalıdır.
- Otopark alanının ortasında bulunan yeşil alanın yağmur bahçesi olarak kurgulanması önerilmektedir.
- Duvar kenarı boyunca devam eden kaldırım yerine yüzey akışının yönlendirilebileceği yeşil oluk sistemi tavsiye edilmektedir.
- Bina yakınında, çatıdan gelen yağmur sularının yönlendirilebileceği bitkilendirilmiş hendek ya da yağmur suyu bitki şeridi uygulanması önerilmektedir.
- Alanda bulunan eğimli dar yeşil alan teraslanarak yağmur suyu bitki şeridi olarak tasarlanması uygun görülmektedir (Şekil 64).



Şekil 64. Fen Edebiyat Fakültesi'nde teraslama yapılmış yağmur suyu bitki şeridi önerisi (Orijinal, 2022)

- Yağış sonrası göllenme oluşan otopark alanında bu göllenmeyi engellemek amacıyla yüzey suyunun yönlendirilebileceği ağaç çukurları ya da yağmursuyu bitki dikim alanları tasarlanmalıdır.

- Alanda bulunan teraslanmış beton alanında daha önce ATM bankamatikleri bulunmaktaydı. Bu bankamatiklerin kaldırılmasıyla alan işlevsiz hale gelmiştir. Bu alanın yağmur suyu bitki şeridi olarak tasarlanması önerilmektedir.

Troia Kültür Merkezi

- Kültür merkezine çıkan yol ile kaldırım arasındaki yeşil alan bitkilendirilmiş hendek olarak düzenlenmelidir.
- Geçirimsiz beton zemin yerine geçirgen kaplama tercih edilmelidir.
- Kamelyaların bulunduğu alanda su akış yönü dikkate alınarak bu akışın toplanabileceği küçük ölçekli bir yağmur bahçesi önerilmektedir.
- Alanda bulunan ve akışın yeşil alana ulaşmasını engelleyen beton duvarlar yerine gabion duvar kullanımı önerilmektedir.
- Otopark alanı için yeşil oluk sistemi tavsiye edilmektedir.

Kampüs Lokantası

- Lokantanın giriş kısmındaki yeşil alanlarda bitkilendirilmiş hendek uygulaması önerilmektedir.
- Kaldırım ve lokanta arasında bulunan yeşil alanda teraslama yapılarak yağmur suyu bitki şeritleri uygulanmalıdır.
- Lokantanın arka tarafında bulunan kafenin girişinde sağanak yağmur sonrası yoğun bir göllenme oluşmuştur. Bu alana gelen yüzeysel akış miktarı SYSY uygulamaları ile azaltılmalıdır. Kafeye giriş yolunu her iki tarafında yağmur suyu bitki şeridi uygulanmalıdır.

Mühendislik Fakültesi

- Fakülte ve kaldırım arasında bulunan yeşil alan bordürler ile sınırlandırılmıştır. Bordürler yerine gabion duvar uygulanarak kaldırımdan gelen yüzeysel akışın yeşil alana yönlendirilmesi sağlanmalıdır.

- Otopark alanlarında yağmur suyu bitki şeridi ya da bitkilendirilmiş hendek uygulamaları tercih edilmelidir.
- Fakülte bahçesinde bulunan dar bitkilendirilmiş alan yeşil oluk sistemi ile desteklenmelidir.
- Mühendislik ek binasının yanında bulunan ve atıl kalmış üçgen alan için yüzeysel akışın yönlendirilebileceği bir yeşil alan oluşturulmalıdır.

Güzel Sanatlar Fakültesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - İletişim Fakültesi

- Otopark alanında bulunan bitkilendirilmiş alan için yağmur suyu bitki şeridi ya da bitkilendirilmiş hendek uygulamaları önerilmektedir.
- Fakültesi bahçesi yeşil alanlarında yol kenarı boyunca yağmur suyu bitki şeritleri uygulanarak yüzeysel akış bu alanlara yönlendirilmelidir.
- İstinat duvarı tarafındaki yol ve kaldırım arasında yeşil oluk sistemi önerilmektedir.

Babil Kafe ve Rekreasyon Alanı

- Kafenin etrafındaki yeşil alanda yağmur suyu bitki şeridi önerilmektedir.
- Tenis sahasının önünde bulunan üçgen şekilli yeşil alan için yağmur bahçesi uygun görülmektedir.

Yabancı Diller Yüksekokulu (YADYO)

- Otopark alanında yeşil oluk sistemi ve yağmur suyu bitki şeritlerinin uygulanması tavsiye edilmektedir (Şekil 65).
- Heykelin bulunduğu çim alanda toprak yeterli emilimi sağlayamadığından göllenme oluşmuştur. Bu alanda yağış sularının hacmi azaltılmalıdır.
- Geniş kaldırımlarıda ağaç çukurlarına yer verilmelidir.



Şekil 65. YADYO otopark alanında yeşil oluk önerisi (Orijinal, 2022)

Spor Bilimleri Fakültesi

- Alanın otoparkına giden yolda kaldırım ve yol arasına yüzeysel akışı yakalamak için ağaç çukuru ya da yağmur suyu bitki şeritleri tasarlanmalıdır.
- Otopark alanının bir bölümünde sağanak yağmur sonrası oluşan göllenmeyi engellemek amacıyla yüzeysel akışın yönlendirilmesi iyi yapılmalıdır. Bu amaçla bitkilendirilmiş hendek uygulaması tavsiye edilmektedir.
- Diğer otopark alanlarında yeşil oluk veya yağmur suyu bitki şeritleri uygun görülmektedir.
- Bina ana girişinde yol ve kaldırım arasında yeşil oluk sistemi önerilmektedir. Yaya geçişi göz önünde bulundurulmalıdır.

Gençlik Merkezi

- Geniş yeşil alan için yağmur bahçesi önerilmektedir.
- Bitkisel açıdan zayıp olan yeşil alanlarda göllenme oluşmuştur. Alandaki toprak iyileştirilmelidir. Bu alanlar için yağmur suyu bitki şeridi önerilmektedir.

Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu

- Yerleşkeden Sosyal Bilimler'e inen araç yolu ve kaldırımlar arasına akışı yakalayıp yavaşlatacak yeşil oluk sistemleri önerilmektedir. Bu alanda bulunan

çıplak toprak yüzeyinde derin oyuntular görülmüştür. Bu alan su erozyon riski taşımaktadır. Alan bitkilendirilmeli ve bu alana ulaşacak yüzey suyu miktarı azaltılmalıdır.

- Kaldırımlarda ara ara ağaç çukurları uygulanması tavsiye edilmektedir.
- Alanda bulunan geçirimsiz yüzeyler yerine geçirgen kaplamalar uygulanmalıdır.
- Otopark alanında yağmur suyu bitki şeritlerinin uygulanması önerilmektedir.
- Kaldırımlarda bulunan bitkilendirilmiş alanların yağmur suyu bitki şeritlerine dönüştürülerek sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi hedeflenmelidir.
- 3. Giriş kapısında bitkilendirilmiş hendek ya da yağmur suyu bitki şeridi şeklinde bir refüj tasarlanması önerilmektedir.

Ardes Yurdu ve Dinlenme Tesisi

- Otopark alanları için yağmur suyu bitki şeridi ya da bitkilendirilmiş hendek uygulaması önerilmektedir.
- Ardes'e çıkan yol oldukça dik eğimli bir yola sahiptir. Buradan oluşabilecek yüzeysel akış miktarı azaltılmalı ve yavaşlatılmalıdır. Bu nedenle su akışının yeşil alanlara ulaşmasını engelleyen faktörler ortadan kaldırılmalıdır. Araç yolu ve kaldırımlar arasında yeşil alanlar konumlandırılmalıdır. Yeşil oluk ve ağaç çukurları alana uygun olmakla beraber eğimin fazla olduğu kısımlarda teraslama yapılması koşulu ile bitkilendirilmiş hendekler ve yağmur suyu bitki şeritleri de tercih edilebilir.
- Ahşap merdiven ile dinlenme tesisine çıkılan bölgede açık denaj kanalı ve bu kanaldan gelen akışın döküldüğü bir süs havuzu tasarlanmıştır. Beton materyal kullanılarak tasarlanan kanal ve süs havuzunun sürdürülebilir ve ekolojik olarak tasarlanması önerilmektedir. Açık drenaj kanalı için teraslanmış yağmur suyu bitki şeritleri ve süs havuzu için ise yağmur bahçelerinin kullanılması önerilmektedir.

Orman Dışı Açıklıklar

- Orman içlerinde çıplak yüzeyler bulunmaktadır ve bu yüzeylerde su erozyon riski yüksektir. Bu açıklıklarda ağaçlandırma çalışması yapılarak erozyon kontrol edilmeli ve yüzeysel akış azaltılmalıdır. Yapılacak ağaçlandırma çalışması ile yağmur suları ağaçların da etkisiyle toprak altına sızacak ve toprağın eğim doğrultusunda akmasını önleyecektir. Yüzeysel akış hızı ve miktarının azalması ile daha alçak noktalarda sel ve taşkın riskinin oluşması da azaltılmış olacaktır.

Tablo 3'te Terzioğlu Yerleşkesi'nde bulunan binaların çatı yüzeylerinden toplanabilecek su miktarları yağmur suyu verimi hesabı ile hesaplanarak gösterilmiştir. Formülde yer alan yağış miktarı için Çanakkale'nin 15 yıllık ortalama yağış miktarı olan 641.9 m³ değeri kullanılmıştır.

Yağmur Suyu Verimi (m³) = Yağmur toplama alanı (m²) x Yağış miktarı (mm) x Çatı katsayısı (0.8) x Filtre etkinlik katsayısı (0.9)

Tablo 3

Yerleşkede çatı yüzeylerinden toplanabilecek su miktarları

BİNA ADI	ÇATI ALANI (m ²)	TOPLANABİLECEK SU MİKTARI (m ³)
Hastane Binası 1	6105	2821
Hastane Binası 2	2425	1121
Nükleer Tıp Merkezi	289.8	134
ÇOMÜDAM	451.6	209
Tıp Fakültesi	1601	740
Çocuk Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi	412.8	191
Hasan-Mevsuf Spor Salonu	4627	2138
ÇOMÜ Kreş	3167.5	1464
Yamaç Kafe	661.5	306
Siyasal Bilgiler Fakültesi	1366.8	632
Rektörlük ve Yapı İşleri	1522.5	704
Rektörlük Yemekhanesi	173	80
Turizm Fakültesi	1367.5	632
Kütüphane Binası 1	1418.4	656

Tablo 3'ün devamı

Kütüphane Binası 2	1058.8	489
ÖSEM	2330	1077
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ve Sağlık Hizmetleri MYO	1701.5	786
Turan Mildon Cami	699.5	323
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi	3136	1449
ÇOBİLTUM	933.5	431
Ziraat Fakültesi	3910.1	1807
Fen Edebiyat Fakültesi	8462.9	3911
Troia Kültür Merkezi	874.4	404
Kampüs Lokantası	1258.4	582
Mühendislik Fakültesi	3828,6	1769
Mühendislik Fakültesi Ek Bina	871.7	403
MTF-GSF-İletişim Fakültesi	4153	1919
Babil Kafe	189.4	88
Yabancı Diller Yüksekokulu	2441.9	1129
Spor Bilimleri Fakültesi	4338.7	2005
Gençlik Merkezi	409.8	189
Sosyal Bilimler MYO	4269.7	1973
Ardes Dinlenme Tesisi	1049.4	485
Ardes Yurdu	1766.1	816
n'kafa Kafe	245.4	118
ÇOMÜ Butik	139.5	64

Toplam Toplanabilecek Yağmur Suyu Miktarı: 33745 m³

Yapılan hesaplamalar sonucunda yerleşkede bulunan binalardan toplam 33745 m³ yağmur suyu toplanabileceği belirlenmiştir. Binalarda yağmur tanklarının kullanılması durumunda depolanan yağmur suyunun peyzaj alanlarının sulanmasında, yerleşkede bulunan oto yıkama alanında ve binalarda bulunan tuvalet rezervuarlarında kullanılması önerilmektedir.

Yerleşkede yağmur tanklarının kurulumunun yapılabileceği uygun alanlar önerilmiştir (Şekil 66). Yer seçiminde yağmur tanklarının yağmur borularına ve bina çevresindeki boş alanlara yakın olmasına dikkat edilmiştir. Fakat yer seçiminde tank hacmi de etkili bir faktördür. Bu nedenle hacim hesaplamalarının da yapılması gerekmektedir.



Şekil 66. Terzioğlu Yerleşkesi yağmur tankları için öneri alanlar

Sonuç olarak tez çalışmasında sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarının Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi'nde uygulanabileceği alanlar belirlenmiştir. Doğal peyzaj özellikleri, zemin özellikleri ve yüzeysel akış özellikleri dikkate alınarak yağmur suyunun sürdürülebilir yönetiminin sağlanabileceği alanlar tespit edilmiştir. Bu alanlar için genel olarak bitkilendirilmiş hendek, yağmur suyu bitki şeridi, ağaç çukurları, yağmur bahçesi, yeşil oluk, gabion duvarlar, yağmur tankı ve yağmur borusu bitki kutusu uygulamaları önerilmiştir. Ayrıca yerleşkede bulunan binaların çatı yüzeylerinden toplanabilecek yağmur suyu miktarı toplam 33745 m³ olarak hesaplanmıştır.

Yağmur suyunun sürdürülebilir yönetimini sağlayabilmek için alanın iklim, eğim, bakı, toprak, erozyon, jeoloji, bitki örtüsü ve hidrolojik özellikleri detaylı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca suyun toprağa sızabileceği alanları belirlemek açısından geçirimli ve geçirimsiz alanlar belirlenmiştir. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminde yağış suyunun akışa geçtiği hatları ve akış yönlerini belirlemek alanda suyun hareketini anlayabilmek açısından oldukça önemlidir.

Yağış nedeniyle göllenme oluşan bölgelerde göllenmenin nedeni iyi bilinmelidir. Bu göllenme zeminin altyapısı, toprak özellikleri, tesviye sorunları ya da mevcut geleneksel yağmur suyu altyapısının yetersiz kalması nedeniyle olabilmektedir. Her sorun için ortak çözüm olarak yüzeysel akışın bu alanlardan uzaklaştırılması ve böylece akış hacminin azaltılarak göllenmenin engellenmesi sağlanabilmektedir.

Dünya üzerinde yaşayan her canlı için su önemli ve hayatın devamlılığını sağlayan bir kaynaktır. Fakat bu değerli kaynak sonsuz değildir ve korunması gerekmektedir. Su döngüsünün verimli bir şekilde işlemesine yardımcı olabilen sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri su kaynaklarındaki kirliliğin azaltılmasında, toprak ve hava kalitesinin artırılmasında etkili olabilmektedir. Şehirlerin planlanmasında, peyzaj projelerinde, sel ve taşkın çözümlerinde, yol ve refüjlerin yapımında, mimari projelerde ve iklim değişikliği ile mücadelede mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Multidisipliner bir çalışma gerektiren sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi yaşadığımız alanlarda sağlıklı çevreler oluşturmak, hayat kalitesini artırmak, yeni peyzaj alanları oluşturmak ve gelecek nesillere sürdürülebilir bir dünya bırakmak açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

Anonim, (2019). Toprak Sınıflandırması. *Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri* (s. 3) Erişim: 19 Mayıs 2022, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/121801/mod_resource/content/0/Konu%2012.pdf

Ardıçlıoğlu, M. (2017). *Kanalizasyon Sistemleri Ders Notları*. Yayımlanmamış ders notu, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri. Erişim adresi: [\(PDF\) KANALİZASYON SİSTEMLERİ DERS NOTU, Urban Sewerage systems Lecture Notes \(researchgate.net\)](#)

Ayyıldız, T. (2018). *Sedimanter (Tortul) Kayaçlar*. Yayımlanmamış ders notu, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara. Erişim adresi: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/68242/mod_resource/content/0/SEDİMANTE R%20KAYAÇLAR.pdf

Başer, T. (2012). Zeminlerde Geçirgenliğin Santrifüj Yöntemiyle Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yozgat.

Batts, D. (2020). "From Gray to Green to Smart". R. Sim (ed). in: *Stormwater The Journal for Surface Water and Erosion Control Professionals*. (S. 14-19). Endeavor Business Media: Nashville.

Berberler Çetinkaya, F. (2005). Eğimli Alanlarda Peyzaj Onarım Tekniğinin Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi Örneğinde İrdelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Bertule, M., Lloyd, G. J., Korsgaard, L., Dalton, J., Welling, R., Barchiesi, S., Smith, M., Opperman, J., Gray, E., Gartner, T., Mulligan, J. ve Cole, R. (2014). *Green Infrastructure Guide for Water Management Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects*. United Nations Environment Programme.

Biswas, S.K., Raj, P., R S, L., Balaganesan, B., ve KP, S. (2019). *The Sponge Handbook: Chennai - Using the Landscape Approach to transform the South Buckingham Canal Area*, Cities Fit for Climate Change (CFCC) of GIZ, India.

Cahill, M. R., Godwin, D., ve Sowles, M. (2011). *Stormwater Planters*. Oregon Sea Grant.

Cengiz, T., Özcan, H., Baytekin, H., Altınoluk, Ü., Kelkit, A., Özkök, F., Akbulak, C. ve Kaptan Ayhan, Ç. (2009). Gökçeada Arazi Kullanım Planlaması. Tübitak Çaydağ Hızlı Destek Projesi, Çanakkale.

Charles River Watershed Association. (2008). Low impact best management practice (BMP) information sheet.

Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M. R., Rauch, W., Schilling, W., ve Urbonas, B. (2007). *Toward the sustainable management of urban storm-water*. Indoor and built environment, 16(3), 273-285.

City and County of Denver. (2016). *Ultra-Urban Green Infrastructure Guidelines*.

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

City of Victoria. (2015). *Rainwater Management Standards, Professional Edition*, City of Victoria Stormwater Utility, Canada.

Clark, M., Acomb, G., & Philpot, B. (2008). *Florida field guide to low impact development*. University of Florida, 4p.

Çanakkale Belediyesi. (t.y). Coğrafi Yapı ve <https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1125-cograf-yapi> (İnternet Kaynağı)

Çanakkale İl Özel İdaresi. (2021). Çanakkale İli, Ezine İlçesi, Üvecik Köyü, 121 Ada 138 Nolu Parselin Bir Kısımına İlişkin 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı Plan Açıklama Raporu (s. 21) Erişim: 3 Ocak 2022, http://www.canakkaleilozelidaresi.gov.tr/kurumlar/canakkaleilozelidaresi.gov.tr/duyurular/imar/Uvecik-121-138/Uvecik-NIP_Rapor.pdf.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (2018). Sarp Deresi, Botanik Parkı İçin İslah Ediliyor ve <https://www.comu.edu.tr/duyuru-17568.html>

Çanakkale Valiliği. (t.y.). Coğrafyası ve <https://canakkale.csb.gov.tr/cografyasi-i-5389>

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2022). *Kanalizasyon sistemlerinde "Birleşik" ve "Ayrık" sistem nedir? Avantajları ve dezavantajları nelerdir?* Erişim: 3 Haziran 2022, <https://cygm.csb.gov.tr/sss/su-ve-toprak-yonetimi>

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

Dereli, K. C. (2020). Su Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımı Kapsamında Sürdürebilir Yağmur Suyu Yönetimi Edirne Kent Örneği. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Dirik, K. (2015). *Fiziksel Jeoloji-I Yeraltı Suyu Ders Notları*. Hacettepe Üniversitesi web sitesinden erişilen adres: https://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/FJ_12_yeraltisuyu.pdf

Eagle, F. ve Gloomy, Y. (2005). Some Performance Indicators, VI. International Agricultural Symposium. October 04-07, Joharina, 1590-1596.

Echols, S., & Pennypacker, E. (2015). *Artful rainwater design creative ways to manage stormwater*. Island Press.

Ellis, K., C. Berg, D. Caraco, S. Drescher, G. Hoffmann, B. Keppler, M. LaRocco, and A. Turner. (2014). *Low Impact Development in Coastal South Carolina: A Planning and Design Guide*. ACE Basin and North Inlet – Winyah Bay National Estuarine Research Reserves, 462 pp.

Ertek, A. (2018). *Toprakların Sınıflandırılması ve Dünya Toprak Coğrafyası*. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi web sitesinden erişilen adres: https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_Bahar/toprak_cografyasi/13/index.html#konu-1

Eşbah Tunçay, H., Örnek, M. A., ve Akyol, M. (2013). Online Bitki Veritabanı web sitesinden erişilen adres: <https://www.bitkivt.itu.edu.tr/en/>

Frost, A. (2001). Religion, Encyclopedia of religion. Daniel A. Stout (ed.). New York: Routledge.

Genç, M. (2015, 18 Aralık). Ekonomik Kalkınma, Çağ Gazetesi.

Gerry, M. (2002). A Socio-psychological profile of subject perceptions of students. Unpublished Ph.D. thesis, University of Wales, United Kingdom.

Godyń, I., Grela, A., Stajno, D., ve Tokarska, P. (2020). *Sustainable rainwater management concept in a housing estate with a financial feasibility assessment and motivational rainwater fee system efficiency analysis*. *Water*, 12(1), 151.

Gürbüz, Ç. (1999). “Sosyal değişim”. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 4 (2), s. 184-188. (varsa Doi numarası).

Hickman, J. M. (2011). *Evaluating the role of evapotranspiration in the hydrology of bioinfiltration and bioretention basins using weighing lysimeters* (Doctoral dissertation, Villanova University).

Hillhouse, G. (2020, 3 Kasım). Where Does Stormwater Go? [Youtube videosu]. Erişim adresi: <https://www.youtube.com/watch?v=wdcXmerZWdc>

Hlavinek, P. (2007, Haziran). New/old ways for storm water: learning from the history. In *IWHA 2007 Conference CD*.

Hubbs, C. ve Blaxter, J. S. (2006). Ninth larval fish conference: Development of sense organs and behaviour of Teleost larvae with special reference to feeding and predator avoidance. *Transactions of the American Fisheries Society*, 5(1), 98-114. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00700-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00700-1).

Iowa Department of Natural Resources. (2009). *Iowa Storm Water Management Manual*.

Kahvecioğlu, C. (2018). ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesindeki Peyzaj Bitkilerinin Belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Keskin, C. (1993). Yapay Zeka. İstanbul ansiklopedisi (C 2, 147-149). İstanbul: Bilişim Yayınları.

Kılıç, R. (2018). *Zemin Mekaniği Ders Notları*. Web sitesinden erişilen adres: http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/toprak_mekanigi/recep_kilic_zemin_mekanigi.pdf

Luoni, S., Amos, C. A., Breshears, K., Huber, J., Jacobs, C., Reyenga, S. M., ... ve Lewis, S. (2010). *Low Impact Development a design manual for urban areas*.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2006). Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri. Maden Tetkik ve Arama Stratigrafi Komitesi Litodtratiografi Birimleri Serisi-2, Ankara.

MDOT (Mississippi Department of Transportation). (2011). Erosion control, sediment control, and stormwater management on construction sites and urban areas.

MEB (2008). Karşılaştırmalı eğitim programları. Fen Lisesi öğretim programı (s. 209-239) Erişim: 12 Ağustos 2008, <http://dogm.meb.gov.tr/www/ogretim-programlari/icerik/14>.

Multitalented and Versatile: Gabions in Stormwater Management and Erosion Control. (2004, 1 Mayıs). Erişim adresi: <https://www.stormh2o.com/bmps/article/13002796/multitalented-and-versatile-gabions-in-stormwater-management-and-erosion-control>

Müftüoğlu, V., & Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir kentsel yağmur suyu yönetimi kapsamında yağmur bahçesi. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 5(11), 27-37.

Namlı, A. (2012). *Toprakların Fiziksel Özellikleri*.i Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri web sitesinden erişilen adres: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/25474/mod_resource/content/1/3-Toprak%20fiziksel%20ozellikler.pdf

Nazik, A. (2015). *Sedimanter Kayaçlar (1.)* Çukurova Üniversitesi erişime açık ders notları. Erişim adresi: https://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2015/BBP109/336088031_4_ansedimanter_kayaclar_ziraat_f.pdf

Ocakoğlu, F. (2014). *Genel Jeoloji-I Ders Notları*. Osmangazi Üniversitesi web sitesinden erişilen adres: <https://jeoloji.ogu.edu.tr/Storage/Jeoloji/Uploads/genel-jeoloji-1notlar-2014.pdf>

Özkan, S. (2006). Salbaş (Adana) Kumtaşlarının Fiziko-Mekanik ve Petrografik Özelliklerinin İncelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Pala, B., Yaman, N. E., Yasdıkcıoğlu, M. S., Altun Turan, İ. (2021). Su Temelli Kentsel Çözümler Uygulama İlkeleri ve Çıkarılacak Dersler.

Perinçek, D. (2018). Çanakkale Yöresi (KB Türkiye) Erenköy ve Güzelyalı Fosil Heyelanlarının Jeolojik ve Jeomorfolojik Analizi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 61(2018). s.241-268.

Philadelphia Water Department. (2020). Stormwater Management Guidance Manual Version 3.2.

Real, H. (2005). "Socialization and enculturation". Current Anthropology. 5 (2). 105-125.

Rufino, L.(2009). Water Conservation Technical Briefs: TB 2 – Rainwater Harvesting and Artificial Recharge to Groundwater. Sustainable Agriculture Initiative (SAI).

Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, (2011). Rain Garden Manual of New Jersey.

Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program, (2016). *Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey*, The State University of New Jersey, U.S.

Sadeghinazhad, S. (2019). Low impact development (LID) practices in flood control of urban areas using SWMM (storm water management model) (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program, (2020). *Green Infrastructure Design Guide*, Second Edition, California.

Shakouri, N. (2016). Kentlerde Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Peyzaj Planlama Ve Tasarım Yaklaşımı Sakarya-Hendek Örneği. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sunal, G. (2011). *Sedimanter Kayaçlar*. İstanbul Teknik Üniversitesi Ninova web sitesinden erişilen adres: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjYq8Xgmqr2AhVLQ_EDHTP0D9MQFnoECFgQAQ&url=https%3A%2F%2Fninova.itu.edu.tr%2Fen%2Fcourses%2Ffaculty-of-mines%2F1394%2Fjeo-112%2Fekkaynaklar%3Fg129795&usg=AOvVaw10ONyvFDMWPz0cDZvJNepH

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2012). Toprak Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve

https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat_yeni.pdf

TCMB (2012). Yıllık rapor. Erişim:10 Haziran 2012, <http://www.tcmb.gov.tr>.

Tekin, E. (2018). *Çamurtaşları (Mudstone)*. Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri web sitesinden erişilen adres: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/75226/mod_resource/content/0/Sed.Kay.%207.pdf

TEMA. (2017). TEMA - Geleceğin suyu ve <https://sutema.org/yagmur-hasadi>

University of Arkansas Community Design Center, *Low Impact Development A Design Manual For Urban Areas*, Uninersity of Arkansas Press/Fayetteville, Arkansas, 2010.

Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu, (2018). Ankara: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB).

Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmeliği. (2017, 23 Haziran). *Resmi Gazete (30105)*. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm>

Yıldızoğlu, Z.M. (2006). Üniversite Yerleşkeleri Fiziksel Gelişim Planlaması ve Tasarımı: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi Örneği. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 175SF, Çanakkale.

Yılmaz, M. ve Usta, A. (2014). *Toprak İlmi Dersi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi web sitesinden erişilen adres: https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_05_c74c2.pdf

Yiğit Avdan, Z., Yıldız, D., & Çabuk, A. (2015). Yağmur suyu yönetimi açısından yeşil altyapı sistemlerinin değerlendirilmesi. In 2nd International Sustainable Buildings Symposium (pp. 733-740).

Yolcubal, İ. (2009). *Hidrojeoloji Ders Notları*. Kocaeli Üniversitesi web sitesinden erişilen adres: http://jeoloji.kocaeli.edu.tr/dosyalar/dersNotlari/hidrojeoloji_ders_notlari.pdf

Zerrin, İ. (2020). Sürdürülebilir Kentler İçin Griden Yeşile Otopark Tasarımı. Peyzaj, 2(1), 22-32.

