

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ
UYGULAMALARI: BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
GÖRÜKLE KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

Ayşegül SEVİMLİ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ UYGULAMALARI: BURSA
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ GÖRÜKLE KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

Ayşegül SEVİMLİ

0000-0002-8270-7151

Doç. Dr. ASLIHAN KATİP
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

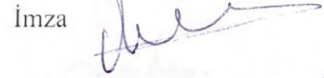
Ayşegül SEVİMLİ tarafından hazırlanan "Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Örneği" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. ASLIHAN KATİP

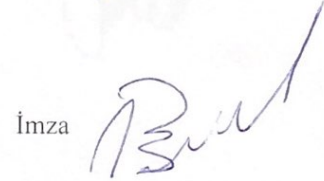
Başkan : Doç. Dr. Aslıhan KATİP
0000-0002-3210-6702
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza 

Üye : Doç. Dr. Ahmet UYGUR
0000-0002-3934-8851
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza 

Üye : Doç. Dr. Ayla BİLGİN
0000-0002-1873-6038
Artvin Çoruh Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza 

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.....



Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

26.12.2024..

Ayşegül SEVİMLİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SÜRDÜRÜLEBİLİR YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ UYGULAMALARI: BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ GÖRÜKLE KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

Ayşegül SEVİMLİ

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. ASLIHAN KATİP

Bu çalışmada, sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları incelenmiştir. Yağmur suyunun; hasat tekniğiyle binalarda kullanımı, gri su ve yeşil altyapı sistemleri ile çevresel döngünün sağlandığı stratejiler değerlendirilmiştir. Günümüzde sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin gerçekleştirilmesi ve öncülük edilmesi açısından en uygun alanların üniversite kampüsleri olduğu görüşünden yola çıkılarak çalışma alanı Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü seçilmiştir.

Çalışma kapsamında yağmur suyunun verimli kullanımı sağlamak amacıyla bina çatılarında yağmur suyu hasadı, yeşil çatı, yağmur bahçesi, infiltrasyon bitki kutusu, geçirimli yüzey kaplaması ve yeşil sokak uygulamalarının içerdiği bir takım arazi değişiklikleri önerilmiştir. Bölgeye ait 15 yıllık yağış verileri kullanılarak bölgenin mevcut ve arazi değişiklikleri ile meydana gelecek yüzeysel akış miktarındaki değişiklikler belirlenmiş ve uygulamalar gerçekleştirildiği takdirde, kampüste oluşan yüzeysel akış miktarında % 0,18 oranında azalma meydana geleceği belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında hasat tekniği ile elde edilen yağmur suyu bina rezervuarlarında kullanımı hedeflenmiştir. Bu kapsamda binaları kullanan kişilerin rezervuar ve armatür kullanımında gerçekleşen su tüketimi; ABD Yeşil Binalar Konseyi tarafından hazırlanan LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler doğrultusunda yağmur suyu ve şebeke suyundan sağlanması hedeflenen su kazanımları belirlenmiştir. Kullanılan metod sonucunda binaların yıllık toplam su tüketiminin % 90,9, % 58,1 ve % 44,6 'ı yağmur suyu hasadı tarafından temin edilmesi öngörülmektedir. Uygulamaların hedeflenen binalarda gerçekleşmesi halinde amortisman süreleri 4,7 yıl, 5,8 yıl ve 6,2 yıldır. Ayrıca yağmur suyu ve gri suların birlikte kullanımının hedeflendiği gri su sistemi değerlendirilmiştir. Değerlendirilen uygulama durumunda binalarda elde edilen su kazanımı için % 100, % 76,7 ve % 62,2'ye oranları öngörülmüştür. Uygulamaların hedeflenen binalarda gerçekleşmesi halinde amortisman süreleri yaklaşık 6 yıl ve 8,8 yıldır.

Anahtar Kelimeler: Gri Su Kullanımı, LEED Sertifikası, Sürdürülebilirlik, Yağmur Suyu Hasadı, Yeşil Çatı

ABSTRACT

MSc Thesis

SUSTAINABLE RAINWATER MANAGEMENT APPLICATIONS: THE CASE OF BURSA ULUDAĞ UNIVERSITY GÖRÜKLE CAMPUS

Ayşegül SEVİMLİ

Bursa Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Doç. Dr. ASLIHAN KATİP

In this study, sustainable stormwater management practices were investigated. Strategies have been determined to ensure the environmental cycle including buildings with harvesting technique, gray water and green infrastructure systems were evaluated. Based on the view that university campuses are the most suitable areas to achieve and lead of sustainable management the study area has been chosen as Uludağ University Görükle Campus.

Within the scope of the study, a number of land changes including rainwater harvesting, green roof, rain garden, infiltration plant box, permeable surface coating and green street applications on building roofs were proposed in order to ensure efficient use of rainwater. Using the 15-year rainfall data of the region, the changes in the runoff amount that will occur with the existing and land changes of the region were determined and it was determined that if the applications are carried out, the amount of runoff in the campus would decrease by 0.18%.

Therefore, within the scope of the study, it is aimed to use rainwater obtained by harvesting technique in building reservoirs. In this context, the water consumption of the people using the buildings in the use of reservoirs and faucets; LEED certificate v4.1 prepared by the US Green Building Council, Indoor Water consumption was determined using the excel calculation method. Thus, the targeted water gains from rainwater and network water were determined. As a result of the method used, it is predicted that 90.9%, 58.1% and 44.6% of the annual total water consumption of the buildings will be provided by rainwater harvesting. If the applications take place in the targeted buildings, the depreciation periods are 4.7 years, 5.8 years and 6.2 years. In addition, the gray water system, in which rainwater and gray water are aimed to be used together, had been evaluated. In the case of the evaluated application, the rates of 100%, 76.7% and 62.2% are foreseen for the water gain obtained in the buildings. If the applications take place in the targeted buildings, the depreciation periods are approximately 6 years and 8.8 years.

Key words: Gray Water Consumption, Green Roof, LEED Certificate, Rainwater Harvesting, Sustainability

TEŞEKKÜR

Tez alıŐma s¼recim boyunca her t¼rl¼ yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli danıŐan hocam Doç. Dr. Aslıhan KATİP'e,
Envanter çalıŐmasının hazırlanmasında yardımlarından dolayı Bursa Meteoroloji M¼d¼rl¼ę¼'ne, Bursa Uludağ Üniversitesi G¼r¼kle Kamp¼s¼'n¼n altyapı ve gelecek planlamasındaki bilgilerini ve yardımını esirgemeyen Yapı İŞleri Daire Başkanlığı'ndan Murat Eser'e ve Öğrenci İŞleri Daire Başkanlığı'na,
ÇalıŐmalarım esnasında bilgi ve tecr¼belerini esirgemeyen arkadaŐım Elif Tezer'e, manevi desteklerini eksik etmeyen Dr. Narinder SINGH'e ve değerli kadın arkadaşlarıma teŐekk¼r etmeyi bir borç bilirim.
Emeklerini hiçbir zaman ¼deyemeyeceęim, sevgi ve desteklerini her zaman hissettiğim sevgili aileme, akademik motivasyon ve manevi desteklerini benden esirgemeyen değerli abim ve kız kardeŐlerime minnettirim.

AyŐeg¼l SEVİMLİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ..... | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | xi |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI..... | 3 |
| 2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı..... | 4 |
| 2.2. Sürdürülebilir Kampüs İlkeleri..... | 8 |
| 2.3. Ulusal ve Uluslararası Yasal Mevzuat..... | 10 |
| 2.3.1. Amerika Birleşik Devletleri Temiz Su Yasası (U.S. Clean Water Act – CWA)... | 10 |
| 2.3.2. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (Water Framework Directive – EU WFD).. | 11 |
| 2.3.3. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği..... | 11 |
| 2.3.4. Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik ... | 11 |
| 2.3.5. Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği..... | 12 |
| 2.3.6. Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yönetmeliği..... | 12 |
| 2.3.7. Sürdürülebilir Üniversite ve Yeşil Bina Derecelendirme Sistemleri..... | 12 |
| 2.4. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları..... | 16 |
| 2.4.1. Yağmur Suyu ve Yüzeysel Su Akışı Hasat Teknikleri..... | 18 |
| 2.4.2. Sürdürülebilir Yağmur Suyu ve Yüzeysel Akış Deşarj Teknikleri..... | 25 |
| 2.4.3. Geçirimli Yüzey Kaplamaları (Porous Pavement)..... | 35 |
| 2.4.4. Yeşil Sokaklar (Green Street)..... | 37 |
| 2.4.5. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetiminde Verimli Sulama Sistemleri..... | 38 |
| 2.4.6. Gri Su Sistemleri..... | 39 |
| 2.5. Sürdürülebilir Kampüs Yönetiminde Dünyada Yapılan Çalışmalar..... | 40 |
| 2.5.1. Alcalá Üniversitesi (Madrid, İspanya)..... | 42 |
| 2.5.2. Kaliforniya Üniversitesi (Berkeley, ABD)..... | 44 |
| 2.5.3. Oberlin Üniversitesi (Ohio, ABD)..... | 49 |
| 2.5.4. Oregon Üniversitesi (Eugene, Oregon, ABD)..... | 52 |

| | |
|--|-----|
| 2.5.5. Waterloo Üniversitesi (Waterloo, Kanada) | 55 |
| 2.6. Sürdürülebilir Kampüs Yönetiminde Türkiye’de Yapılan Çalışmalar | 59 |
| 2.6.1. Boğaziçi Üniversitesi (İstanbul, Türkiye)..... | 61 |
| 2.6.2. Yeditepe Üniversitesi (İstanbul, Türkiye) | 65 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 69 |
| 3.1. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Coğrafi Özellikleri | 70 |
| 3.2. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü İklim ve Meteorolojik Özellikler | 71 |
| 3.3. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Arazi Kullanım Durumu | 77 |
| 3.3.1. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Topografik ve Jeolojik Özellikleri | 77 |
| 3.3.2. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Bitki Örtüsü..... | 80 |
| 3.4. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Yüzeysel Su Akışların Belirlenmesi | 88 |
| 3.5. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Nüfus Yoğunluğu..... | 95 |
| 3.6. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü’nde Bulunan Binalardaki Su Tüketimlerinin Belirlenmesi..... | 96 |
| 4. BULGULAR | 103 |
| 4.1. Yağmur Suyu Hasadı ve Yağmur Suyunun Binalarda Kullanımı | 104 |
| 4.2. Gri Su Sistemleri..... | 109 |
| 4.3. Yeşil Çatı Uygulamaları | 114 |
| 4.4. Yağmur Bahçesi ve İnfiltrasyon Bitki Kutusu Uygulamaları | 119 |
| 4.5. Geçirimli Yüzey Kaplama Uygulamaları | 121 |
| 4.6. Yeşil Sokak Uygulamaları..... | 123 |
| 4.7. Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamalarının Yüzeysel Akış Etkisinin Değerlendirilmesi | 125 |
| 4.8. Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamalarının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi | 132 |
| 5. SONUÇ | 137 |
| KAYNAKLAR | 143 |
| EK-1 | 155 |
| EK-2 | 156 |
| ÖZGEÇMİŞ | 158 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| Simgeler | Açıklama |
|----------------------|--|
| V4.1 | Versiyon 4.1 |
| mm=kg/m ² | Yağış Birimi |
| Kısaltmalar | Açıklama |
| AASHE | Yükseköğretimde Sürdürülebilirliğin Geliştirilmesi Derneği |
| AB | Avrupa Birliği |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| BAS | Merkezi Bina Otomasyon Sistemleri |
| BEST | Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım Konut Sertifikası |
| BREAM | Yapı Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi |
| BUÜ | Bursa Uludağ Üniversitesi |
| BUSKİ | Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi |
| CWA | Temiz Su Yasası |
| ÇEDBİK | Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği |
| ÇŞB | Çevre ve Şehircilik Bakanlığı |
| ÇYS | Çevre Yönetim Sistemi |
| DEK | Düşük Etkili Kalkınma |
| EİYU | En İyi Yönetim Uygulamaları |
| EPA | Çevre Koruma Ajansı |
| EU WFD | Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi |
| GOPro | Yeşil Ofis Programı |
| ISCN | Uluslararası Sürdürülebilir Kampüs Ağı |
| KOİ | Kimyasal Oksijen İhtiyacı |
| LEED | Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik |
| NWF | Ulusal Yaban Hayatı Federasyonu |

| | |
|----------|---|
| OC | Oberlin Üniversitesi |
| OSU | Oregon Üniversitesi |
| SAQ | Sürdürülebilirlik Değerlendirme Anketi |
| SDKT | Suya Duyarlı Kentsel Tasarım |
| SKDS | Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri |
| SKKY | Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği |
| STARS | Sürdürülebilirlik Takip, Değerlendirme ve Değerlendirme Sistemi |
| SYBSYBDY | Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik |
| SYSYU | Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Uygulamaları |
| TAKM | Toplam Askıda Katı Madde |
| TSE | Türk Standartları Enstitüsü |
| UAH | Alcalá Üniversitesi |
| UC | Kaliforniya Üniversitesi |
| UIWGM | UI GreenMetric Dünya Üniversite Sıralaması |
| ULSF | Sürdürülebilir Bir Gelecek için Üniversite Liderleri |
| UNESCO | Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü |
| WCED | Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu |
| WHO | Dünya Sağlık Örgütü |
| YeS-TR | Ulusal Yeşil Bina Bilgi Sistemi |
| YÖKSİS | Yükseköğretim Bilgi Yönetim Sistemi |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1 Kampüs Sürdürülebilirliği Çerçevesi..... | 6 |
| Şekil 2.2 Kentsel Su Döngüsünün Bütünleşik Yönetimi | 8 |
| Şekil 2.3 Yağmur suyu depolama tankı sisteminin şematik gösterimi | 20 |
| Şekil 2.4 Yağmur suyu varil sisteminin şematik gösterimi..... | 20 |
| Şekil 2.5 Yağmur suyunun hasadının yüzeyde depolama tankı ve varil ile depolama sistemi | 21 |
| Şekil 2.6 Yüzeysel ve DerinYeşil Çatı Şematik Gösterimi | 23 |
| Şekil 2.7 Yüzeysel Yeşil Çatı Uygulaması, Chicago O’Hare Uluslararası Havaalanı ... | 25 |
| Şekil 2.8 Derin Yeşil Çatı Uygulaması, Facebook Seattle Binası | 25 |
| Şekil 2.9 Çimlendirilmiş Hendek şematik gösterimi | 26 |
| Şekil 2.10 Çimlendirilmiş ve Bitkisel Hendek Uygulaması | 26 |
| Şekil 2.11 Yağmur bahçelerinin şematik gösterimi | 27 |
| Şekil 2.12 Kuru bekletme göletinin şematik gösterimi..... | 29 |
| Şekil 2.13 Islak bekletme göletinin şematik gösterimi | 29 |
| Şekil 2.14 Çoklu gölet sistemlerinin şematik gösterimi | 30 |
| Şekil 2.15 Yağmur suyu sulak alanlarının şematik gösterimi..... | 31 |
| Şekil 2.16 Şerit Filtreler uygulamasının şematik gösterimi | 32 |
| Şekil 2.17 Sızma havzası uygulamasının şematik gösterimi | 33 |
| Şekil 2.18 Konteyner bitki kutusu..... | 34 |
| Şekil 2.19 İnfiltrasyon bitki kutusu..... | 34 |
| Şekil 2.20 Akıntılı bitki kutusu şematik gösterimi | 35 |
| Şekil 2.21 Geçirimli yüzey kaplaması kurulumunun şematik gösterimi | 36 |
| Şekil 2.22 Bordür uzantısı ve kaldırım bitkilendirme uygulamaları..... | 37 |
| Şekil 2.23 Ağaç kuyusu uygulamasının şematik gösterimi | 38 |
| Şekil 2.24 Gri su sisteminin şematik gösterimi..... | 40 |
| Şekil 2.25 Çatısından su toplama sistemi bulunan Oditoryum, Soyunma Kabini Binaları ve Seralar..... | 43 |
| Şekil 2.26 UC Sürdürülebilir Yağmur Suyu Master Planı | 47 |
| Şekil 2.27 (A) Adam Joseph Lewis Center binası (B) Adam Joseph Lewis Center binasının sürdürülebilir özelliklerinin şematik gösterimi | 50 |
| Şekil 2.28 Yağmur Bahçesi | 52 |
| Şekil 2.29 Çimlendirilmiş Yağmur Hendekleri..... | 52 |
| Şekil 2.30 Geçirimli Yollar..... | 52 |
| Şekil 2.31 Yeşil Çatılar..... | 52 |
| Şekil 2.32 Oregon Üniversitesi yağmur suyu kaynakları haritası | 54 |
| Şekil 2.33 Waterloo Üniversitesi Çevre Bölümü binasının yeşil çatı bölümü | 56 |
| Şekil 2.34 Waterloo Üniversitesi Çevre Bölümü binasının sürdürülebilir özellikleri ... | 57 |
| Şekil 2.35 Boğaziçi Üniversitesi Güney Kampüs yolu LED Aydınlatmaları | 64 |
| Şekil 2.36 Yeditepe Üniversitesi’nde bulunan yağmur suyu toplama sistemi..... | 66 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 2.37 Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Mühendislik Fakültesi ve Güzel Sanatlar Fakülte Binaları..... | 68 |
| Şekil 3.1 Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'nün coğrafik konumu..... | 70 |
| Şekil 3.2 Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Yerleşke Alan Sınır Haritası .. | 71 |
| Şekil 3.3 17116 no'lu Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonu aylık yağış verilerinin yıllara göre değişimleri | 74 |
| Şekil 3.4 BUÜ Görükle Kampüsü yağmur suyu drenaj hattı | 78 |
| Şekil 3.5 BUÜ Görükle Kampüsü yerleşke alanı eğim haritası..... | 79 |
| Şekil 3.6 BUÜ Görükle Kampüsü alan kullanımı | 81 |
| Şekil 3.7 Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Yerleşkesi arazi kullanım haritası | 82 |
| Şekil 3.8 BUÜ Görükle Kampüsünün yıllara göre gelişen kampüs düzeni | 83 |
| Şekil 3.9 BUÜ Görükle Kampüsü üzerindeki mevcut yollar | 85 |
| Şekil 3.10 BUÜ Görükle Kampüsünde bulunan (a)Asfalt yollar ve Beton kaldırımlar (b)Küp taş kaldırımlar (c)Küp taş bölgeler (d) Beton alanlar | 85 |
| Şekil 3.11 LEED v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplayıcısı girdi sayfası..... | 98 |
| Şekil 3.12 LEED v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplayıcısı sonuç sayfası | 99 |
| Şekil 4.1 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu kullanım miktarlarının aylık dağılımı | 108 |
| Şekil 4.2 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu ve gri su kullanım miktarlarının aylık dağılımı | 112 |
| Şekil 4.3 BUÜ Görükle Kampüsü Eğitim Binaları mevcut çatıları ve yeşil çatı uygulaması | 114 |
| Şekil 4.4 Yeşil Çatı Uygulamalarında temin edilen yağmur suyu miktarlarının aylık dağılımı | 117 |
| Şekil 4.5 Sağlık Sosyal Eğitim Enstitüsü bahçesi mevcut durumu ve yağmur bahçesi uygulaması | 119 |
| Şekil 4.6 Sağlık Sosyal Eğitim Enstitüsü binası mevcut durumu ve infiltrasyon bitki kutusu uygulaması..... | 120 |
| Şekil 4.7 Yol ve kaldırımın mevcut durumu ve geçirimli yüzey kaplama uygulaması | 122 |
| Şekil 4.8 Otoparkların mevcut durumu ve geçirimli yüzey kaplama uygulaması | 122 |
| Şekil 4.9 Otopark ve kaldırımların mevcut durumunun kuşbaşı görüntüsü ve kaldırım bitkilendirme ve çıkıntılı bordür uygulaması..... | 124 |
| Şekil 4.10 Otopark ve kaldırımların mevcut durumunun detaylı görüntüsü ve kaldırım bitkilendirme ve çıkıntılı bordür uygulaması..... | 124 |
| Şekil 4.11 Döner kavşak mevcut durumu ve kaldırım bitkilendirme ve çıkıntılı bordür uygulaması | 125 |
| Şekil 4.12 BUÜ Görükle Kampüsü arazi kullanımı ve yüzeysel akış değişimi grafiği | 127 |
| Şekil 4.13 Bina uygulamaları ve mevcut durumdaki yüzeysel akış miktarlarının aylık dağılımı | 127 |
| Şekil 4.14 SYSYU ile sağlanan ve mevcut durumdaki yüzeysel akış miktarlarının aylık dağılımı | 128 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.15 Yağmur suyu hasadı, Yeşil çatı uygulaması ve SYSYU'nun yağmur suyu tutma miktarlarının karşılaştırılması | 129 |
| Şekil 4.16 BUÜ Görükle Kampüsü yağmur suyu kazanım oranı | 130 |
| Şekil 4.17 BUÜ Görükle Kampüsü SYSYU kapsamındaki yüzeysel akış değişimi grafiği | 132 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|-----|
| Çizelge 2.1 Kullanım suyu için gerekli kalite parametreleri..... | 22 |
| Çizelge 2.2 Yüzeysel ve derin yeşil çatı uygulamaları karşılaştırması | 24 |
| Çizelge 3.1 18386 numaralı Bursa/Nilüfer Meteoroloji İstasyonuna ait aylık toplam yağış miktarı (mm=kg/m ²) | 72 |
| Çizelge 3.2 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait aylık toplam yağış miktarı (mm=kg/m ²) | 72 |
| Çizelge 3.3 Nilüfer ve Osmangazi istasyon verilerinin karşılaştırılmasını gösteren ANOVA tablosu..... | 73 |
| Çizelge 3.4 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait 15 yıllık ortalama yağış miktarı (mm=kg/m ²) | 73 |
| Çizelge 3.5 BUÜ Görükle Kampüsü arazi durumu | 84 |
| Çizelge 3.6 2019 yılı BUÜ Görükle Kampüsü binaları ve bina alan kullanımları | 86 |
| Çizelge 3.7 BUÜ Görükle Kampüsü Gelişim planının binaları ve bina alan kullanımları | 87 |
| Çizelge 3.8 Arazi kullanım türlerinin yüzeysel akış katsayıları | 89 |
| Çizelge 3.9 BUÜ Görükle Kampüsü mevcut durum toplam yüzeysel akış miktarı (m ³ /ay)..... | 91 |
| Çizelge 3.10 BUÜ Görükle Kampüsü gelecek planındaki ek binaların toplam yüzeysel akış miktarı (m ³ /ay)..... | 91 |
| Çizelge 3.11 BUÜ Görükle Kampüsü yağmur suyu yönetim uygulamaları ile sağlanan toplam yüzeysel akış miktarı (m ³ /ay)..... | 92 |
| Çizelge 3.12 BUÜ Görükle Kampüsü gelecek planı ile sağlanan toplam yüzeysel akış miktarı (m ³ /ay) | 94 |
| Çizelge 3.14 Bölümlerin akademik personel, idari personel ve öğrenci sayıları..... | 96 |
| Çizelge 3.15 Günlük tuvalet rezervuarı kullanım adedi (kullanım/kişi/gün)..... | 100 |
| Çizelge 3.16 Rezervuar ve Musluk Kullanımındaki Su Miktarı | 100 |
| Çizelge 3.17 Binalardaki rezervuarlardan kaynaklanan toplam su tüketimi..... | 102 |
| Çizelge 3.18 Binalardaki lavabolardan kaynaklanan toplam su tüketimi | 102 |
| Çizelge 4.1 (1) Otomotiv Mühendisliği (2) İnşaat Mühendisliği (3) Çevre Mühendisliği Bina rezervuarlarında yağmur suyu kullanımını sisteminin hesaplayıcı detayları | 107 |
| Çizelge 4.2 (1) Otomotiv Mühendisliği (2) İnşaat Mühendisliği (3) Çevre Mühendisliği Bina rezervuarlarında yağmur suyu ve gri su kullanım sisteminin hesaplayıcı detayları | 111 |
| Çizelge 4.3 BUÜ Görükle Kampüsü Yeşil çatı uygulamaları ile hasat edilen yağmur suyu miktarı (m ³ /ay)..... | 116 |
| Çizelge 4.4 BUÜ Görükle Kampüsünün mevcut durum ve yeşil çatı uygulaması ile arazi kullanımını ve yüzeysel akış miktarı..... | 118 |

| | |
|---|-----|
| Çizelge 4.5 BUÜ Görükle Kampüsü mevcut durum ve geçirimli yüzey kaplama uygulaması ile arazi kullanımlarının değişimi | 123 |
| Çizelge 4.6 BUÜ Görükle Kampüsü mevcut arazi ve SYSYSU sonrası arazi durumu | 126 |
| Çizelge 4.7 BUÜ Görükle Kampüsü SYSYSU sonrası arazi durumunun yıllara bağlı değişimi | 130 |
| Çizelge 4.8 BUÜ Görükle Kampüsü yüzeysel akış miktarlarının yıllara bağlı değişimi | 131 |
| Çizelge 4.9 Yağmur suyu kullanımı sisteminin maliyet değerlendirilmesi ve amortisman süresinin belirlenmesi..... | 135 |
| Çizelge 4.10 Yağmur suyu ve gri su sistem kullanımının maliyet değerlendirilmesi ve amortisman süresinin belirlenmesi..... | 135 |
| Çizelge 4.11 Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarının maliyet değerlendirilmesi..... | 136 |

1. GİRİŞ

İnsanlar ve tüm canlı varlıklar için gerekli bir yaşam ihtiyacı olan su, kısıtlı bir kaynaktır. Dünyada bulunan 1 milyar 400 milyon km^3 suyun % 97,5'i deniz ve okyanuslarda tuzlu su, % 2,5'lik kısmı ise tatlı sudur. Ancak tatlı sular dünya üzerinde % 69,5'i kutup buzullarında ve toprak tabakasında, yaklaşık % 30,1'i yeraltı suyunda ve yalnızca % 0,4'ü atmosfer suları ve yüzey su kaynağı olarak bulunmaktadır (Anonim 2020a).

Nüfus, kentleşme ve sanayileşmenin artması ile artan su ihtiyacı dünya yüzeyindeki dağılımı dengeli olmayan sınırlı su kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır. Dünya'da kullanılabilir tatlı su potansiyelinin kişi başına düşen yıllık ortalama su miktarı 7000 m^3 iken Türkiye 1400 m^3 ile su sıkıntısı yaşayan ülke konumundadır (Himat 2018). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2030 yılı için öngörülen nüfus tahmini ve su kaynaklarımızın mevcut durumunun korunması takdirde kişi başına düşen yıllık su miktarı 1120 m^3 olması öngörülmekte ve bu veriler Türkiye'nin 2030 yılında su kıtlığı yaşayan ülkeler arasına gireceğini göstermektedir (Tanık ve ark., 2015). Bursa ilinin 2006 ve 2016 yıllarındaki su tüketim miktarı incelendiğinde ise şehrin su ihtiyacı 10 yıl içerisinde yaklaşık olarak % 30 artmıştır. Bu artış, artan nüfus ile doğru orantılı şekilde artan su ihtiyacının dolayısıyla su kaynaklarındaki kullanımının da hızla arttığı görülmektedir (Solak ve ark., 2019).

Geçmiş uygarlıkların gelişme süreçlerinde önemli rol oynayan su, günümüzde insanlar tarafından geliştirilen şehirleşmede etkin bir rol oynamakla birlikte su yönetiminin daha verimli ve sürdürülebilir gerçekleştirilmesi için yeni yöntemler geliştirilmeye devam edilmektedir. Çevre ve insan arasında bir denge kurularak oluşturulan sürdürülebilirlik çalışmalarında doğal kaynakların korunması ve kullanımının azaltılması sağlanmaktadır.

Üniversite kampüsleri de önemli çevresel etkilerin gerçekleştiği çeşitli faaliyetleri olan karmaşık yapılardır. Dünyada birçok üniversite, sürdürülebilir kampüs yönetimi çerçevesinde hareket ederek üniversite kampüslerinde meydana gelen çevresel etkileri minimize edecek yönetim planları ve uygulamaları gerçekleştirmektedir (Ulusoy, 2011).

Bu uygulamalar kapsamında, kampüslerindeki mevcut durumlar iyileştirilerek çevreye duyarlı uygulamalar tercih edilmektedir. Yağmur suyunun sürdürülebilir uygulamaları da sürdürülebilir kampüs yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, yağmur suyunun sürdürülebilir yönetiminin sağlanabilmesi için gerçekleştirilebilecek yönetim uygulamaları incelenmiştir. Sürdürülebilir kampüs yönetimi kapsamında incelenen sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarının Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'nde gerçekleştirilebileceği uygun bulunmuş ve çalışma alanı olarak seçilmiştir. UÜ Görükle Kampüsü için yağmur suyu hasadı, gri su kullanımı, kampüs içerisindeki yağmur suyunun çeşitli alanlarda verimli kullanımı ve saha yağmurlarının yüzeyler nedeniyle oluşan akıntıların etkilerini iyileştirecek sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları önerileri sunulmuştur.

Çalışma kapsamında kampüste bulunan ve yağmur suyu hasadı için uygun olduğu belirlenen binaları kullanan akademik ve idari personel ile öğrencilerin rezervuar ve armatür kullanımında gerçekleşen su tüketimi LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu kullanılarak belirlenmiştir. Hedeflenen uygulamalar ile sağlanabilecek su tasarrufu karşılaştırılarak en verimli uygulamalar belirlenmiştir. Çalışmadaki öneriler doğrultusunda, yağmur suyunun olabildiğince çevresel döngüsünün sağlanması ve yeraltı su kaynaklarını beslemesi hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, öncelikle yağmur suyu ve yüzeysel su akışı yönetimi kapsamında gerçekleşen tez çalışmalarından bahsedilmektedir. Sonrasında ise sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kampüs kavramı ve ilkelerinden bahsedilmiştir. Sürdürülebilir kampüs ilkesinin temel yapı taşlarından birisini oluşturan suyun sürdürülebilir yönetiminin öneminden bahsedilmiş ve bu yönetim için gerçekleştirilen yasal mevzuatlardan bahsedilmektedir. Bununla birlikte sürdürülebilir yağmur suyu ve su yönetimi kapsamında yapılan yağmur suyu ve yüzeysel su akışı yönetim uygulamalarından bahsedilmiştir. Ayrıca bahsedilen uygulamalardan dünyadaki ve ülkemizdeki kampüslerde yapılan çalışmalar incelenerek tez kapsamındaki çalışma sahası üzerinde uygulanabilecek çalışmalar incelenmiştir.

Locke (2019) tarafından Wisconsin-Milwaukee Üniversitesi (UWM) kampüsü için hazırlanan Yağmursuyu Master Planı ile, kampüs için sıfır deşarj ve fiziksel uygulama parametrelerini tanımlamıştır. Master Planı, yağmur suyunu yer üstünde tutmayı ve su kalitesini iyileştirmek için peyzajdan faydalanmayı, kampüsteki yeşil çatıların artırılmasını, yağmur bahçeleri ile kanalizasyon sistemine deşarj oranlarının azaltılmasını, gün ışığı iç çatı drenleri ve yağmur bahçelerine akışı aktarılmasının sağlanmasını, yağmur suyunun çatılarda toplanılması ve geçirimsiz alanların azaltılmasını hedeflenmiştir.

Kiraz (2018) tarafından gerçekleşen tez çalışmasında ODTÜ kampüsünün su kaynağı, saha çalışması ve su seviyesi ve çekilen su miktarı verilerinin incelenmiştir. Su tüketimi özellikle yurtlar, kafeterya ve yüzme havuzu gibi talebin yüksek olduğu yerlerde analiz edilmiştir. İkinci aşamada, SWMM (Yağmur Suyu Yönetim Modeli) kullanılarak bir yağmur-yüzeysel su akış modeli oluşturularak su yönetimi uygulamalarının potansiyel faydalarını değerlendirmek için geliştirilmiştir. Son olarak, kampüs içerisindeki su altyapı sisteminin mevcut durumu, varlık yönetimi yaklaşımıyla incelenmiştir. Gerçekleşen çalışmalar sonucunda ODTÜ Kampüsü için belirlenen Sürdürülebilir Yağmursuyu önerileri Acil, Kısa Dönem ve Uzun Dönem olmak üzere üçe ayrılmıştır. Sonuç olarak ODTÜ Yerleşkesi için bir su yönetim planı olarak bazı stratejiler ve eylemler önerilmiştir.

Çağlar (2018) tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi'ni kapsayacak yakın gelecek senaryosu ile gelecek durumu değerlendirilmiştir. Çalışma sırasında inşaatı devam etmekte olan kampüs arazisinde geçirimsiz yol, ıslak bekletme göleti ve yağmur suyu hasadı uygulamaları ile yerleşkenin yakın gelecekteki toplam yüzeysel akışında %15 azalma sağlanabileceği öngörülmüştür. Yerleşkede bulunan yedi binada yağmur suyu hasadı ve rezervuarlarda kullanımı değerlendirilmiş ancak %17 ve %35 oranlarında şebeke suyu tasarrufu yapılabildiği tespit edilmiştir. Ancak verimlilik oranı %20'den az olan binalar için uygulama önerilmemiştir.

2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Bu bölümde sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kampüs kavramından bahsedilmiştir; sürdürülebilir kalkınma kavramının kampüs planlaması ile ilişkisi ve bu kavramın üniversite kampüslerini nasıl etkilediği açıklanmaktadır. Ardından, sürdürülebilir kampüs tasarım ilkeleri tanımlanmıştır ve yağmur suyu yönetimi kapsamında üniversite kampüslerinde gerçekleştirilen sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarından bahsedilmiştir.

Sürdürülebilirlik, Türkçe'ye "sustainable" anlamına gelen "sürdürülebilir" kelimesinden türetilen genel bir terimdir; kelime anlamı "belirli bir oranda veya seviyede tutulabilmek" anlamına gelmektedir (Cambridge English Dictionary, 2019). Ayrıca Bell ve Morse (1999), sürdürülebilirliği "birbirine bağımlı üç unsur arasında dinamik bir denge, doğal ekosistemlerin ve kaynakların korunması ve geliştirilmesi, ekonomik verimlilik ve iş, barınma, eğitim, tıbbi bakım ve kültürel fırsatlar gibi sosyal altyapı sağlanmasıdır" şeklinde tanımlanmıştır.

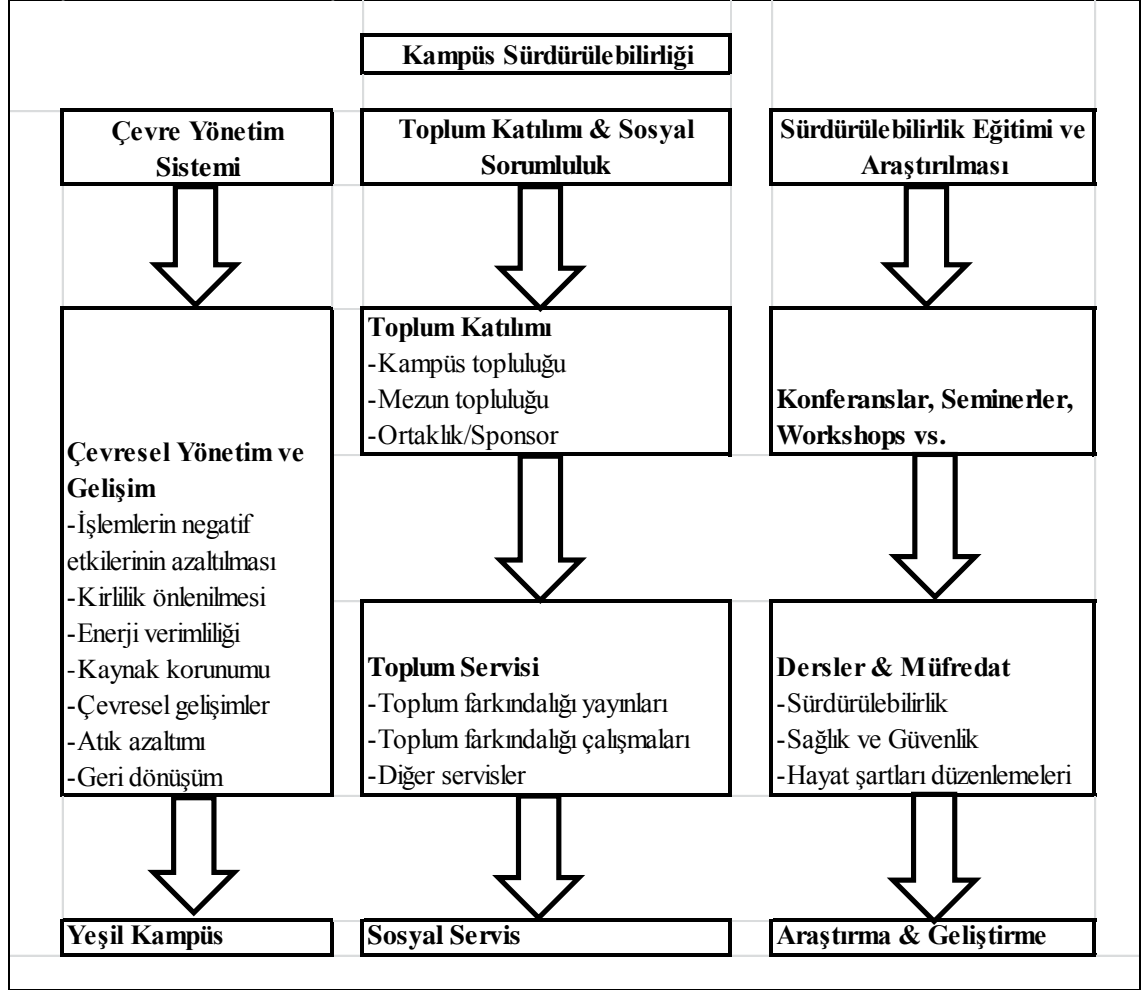
"Sürdürülebilirlik" kavramı, ilk kez 1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından hazırlanan "Ortak Geleceğimiz" başlıklı Brundtland Raporu ile "sürdürülebilir kalkınma" şeklinde bahsedilerek günümüze bir çok alanda yaygın olarak kullanılan bir kavram olarak gelmiştir. Söz konusu raporda sürdürülebilirlik kavramı, sürdürülebilir kalkınma kapsamında ele alınmış ve

sürdürülebilir kalkınma “gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma” şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanım, bugünkü nesillerin ihtiyaçları giderilirken yapılan eylemlerin, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının göz önüne alınmasına dikkat çekmektedir. Yapılan bu tanım ile sürdürülebilirlik kavramı, çevre bilincinin arttırmasının yanı sıra günümüz de ekonomik, finans, kamu maliyesi ve hatta bunun bütçe, borçlanma, sosyal güvenlik gibi alt bileşenlerine, sivil toplum kuruluşlarından, özel şirketlere kadar hemen hemen gündelik hayatın alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Şen ve ark., 2018).

Sürdürülebilirlik çalışmaları ile çevre ve insan arasında bir denge oluşturulur, bu kapsamda yapılan çalışmalar ile insan sistemi ve ekosistem arasındaki doğal kaynakları korumaya ve azaltmaya yardımcı olur. Ekosistem ve insan sistemi arasındaki ilişki iç ortam ve hava kalitesi, ulaşım yönetimi, su yönetimi, enerji yönetimi, atık yönetimi, arazi kullanımı ve biyoçeşitlilik yönetimi ve etkileşimleri gibi bir çok açıdan değerlendirme ile sağlanabilir. Bu, ancak insan davranışları ve stratejileri ile başarılabilir. Bu tez kapsamında ise, sürdürülebilir bir kampüs kapsamında su yönetimi için sağlanabilecek gelişmeler açıklanmaktadır.

Üniversiteler önemli çevresel etkileri olan çeşitli faaliyetleri olan karmaşık yapılardır. Bu doğrultuda sürdürülebilirlik kavramı üniversiteler ile birlikte ortaya çıkmıştır. Üniversiteler büyüdükçe ve daha karmaşık hale geldikçe kampüs terimi ile temsil edilmiştir. Kampüsler, öğrencilere, personele ve ziyaretçilere kendilerini güvende hissetmeyi, katılımı teşvik etmeyi ve sosyal etkileşimi geliştirmeyi sağlayan bir yerleşim yeridir (Neuman 2003). Kampüs sürdürülebilirliği küresel bir endişe konusu haline gelmiştir ve yüksek öğretimde sürdürülebilirliğe ilk gönderme 1972 tarihli Stockholm Beyannamesi'nde yapılarak, insanlık ile çevre arasındaki bağımlılığı tanınmıştır ve çevresel sürdürülebilirliğe ulaşmanın çeşitli yollarını önerilmiştir (Sohif ve ark. 2009). Bununla birlikte üniversite yöneticileri tarafınca tanınan, yüksek öğrenimde sürdürülebilirliği içeren ilk girişim Talloires Bildirimi'dir. Sürdürülebilirlik konuları üniversitenin ana işlevleri içine entegre edilmelidir, çünkü üniversiteler geniş alanları, yüksek nüfusu ve kampüslerde gerçekleşen çeşitli karmaşık faaliyetleri nedeniyle küçük bir şehir olarak kabul edilir, çevre üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri

vardır. Bir üniversite kampüsü için sürdürülebilirlik yaklaşımını teşvik ederken ilk olarak, üç strateji benimsemelidir; Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) Uygulaması, halkın katılımı ve sosyal sorumluluk, sürdürülebilirlik eğitimi ve araştırması'dır. Her stratejinin sürdürülebilirliği sağlamak için girişimleri bulunmaktadır (Şekil 2.1).



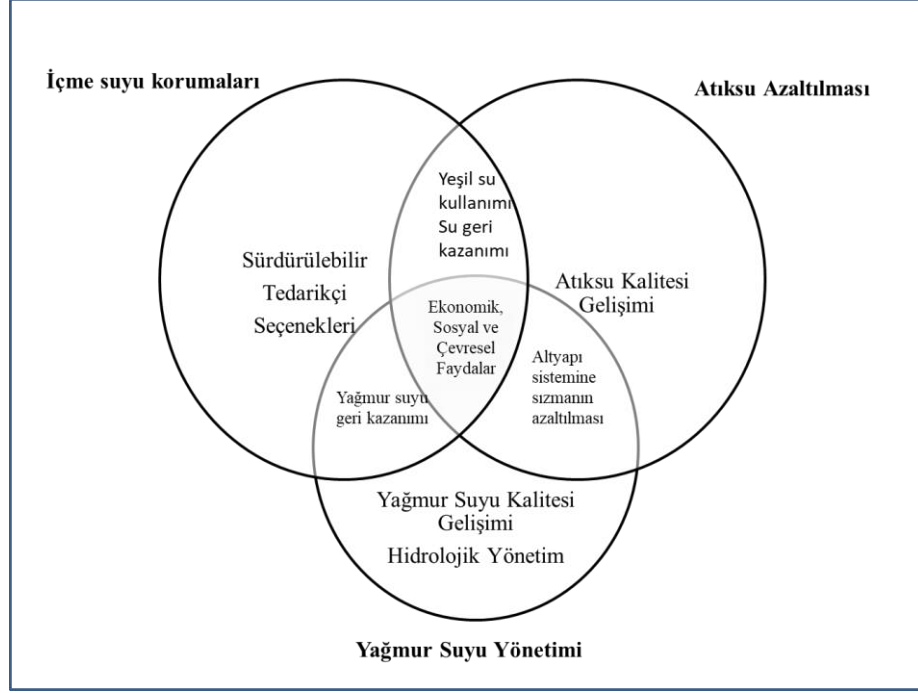
Şekil 2.1 Kampüs Sürdürülebilirliği Çerçevesi (Alshuwaikhat ve Abubakar 2008)

Uluslararası Üniversiteler Birliği, Sürdürülebilir Bir Gelecek için Üniversite Liderleri (ULSF), Copernicus-Campus ve UNESCO olmak üzere dört uluslararası kuruluş sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek için üniversitelerde sürdürülebilir kalkınmayı entegre etmeye çalışmaktadır (Sohif ve ark. 2009). Bunların yanı sıra, üniversite kampüsleri için sürdürülebilirlik ilkelerini teşvik etmek amacıyla bazı sürdürülebilir değerlendirmeler geliştirilmiştir. Bu değerlendirmeler; Sürdürülebilir bir kampüs için plan, Ulusal Yaban Hayatı Federasyonu Kampüs Ekoloji Programı, Temiz Hava Soğuk Gezegen, Ekolojik Ayakizi, ISO 14001, Doğal Adım, Tallois Bildirgesi, ULSF

Sürdürülebilirlik Değerlendirme Anketi ve Kampüs Sürdürülebilirlik Değerlendirme Çerçevesi'dir. Bu değerlendirmeler çevre sorunlarına çözüm üretmek, en iyi yönetim uygulamalarıyla kampüs operasyonları için önerilerde bulunmak ve üniversite kampüsleri için sürdürülebilirlik varlıklarının geliştirilmesine yardımcı olmak üzerine oluşturulmuştur. Sürdürülebilir Bir Gelecek için Üniversite Liderleri Birliği tarafından geliştirilen Talloires Bildirimi (1990) günümüze kadar 40'tan fazla ülkede 350'den fazla üniversite başkan ve rektörleri tarafından imzalanmıştır.

Değerlendirme araçları kurumun genel durumunu ortaya çıkarır ve kaynaklar ve kısıtlamalar hakkında bilgi sahibi bir başlangıç noktası oluşturur. Kampüslerin kurumlar arası araçlarla değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik liderlerini ve üniversiteler arasındaki en iyi uygulamalarını belirler. Değerlendirme araçları, ortak koşullar, deneyimler ve yöntemler ile bunların farklı koşullar altında etkinliklerini iletir. Bu faydaların yanı sıra, sürdürülebilir bir kampüs kavramına doğru ilerlemeyi ölçme fırsatı yaratırlar. İdeal bir değerlendirme aracı, hesaplanabilir ve karşılaştırılabilir göstergelerle sürdürülebilir bir kampüsün en önemli özelliklerini tanımlar. Eko-verimlilikten daha fazlasını ölçer, süreçleri ve motivasyonları değerlendirir ve farklı paydaşlar tarafından anlaşılabilir (Shriberg 2002).

Sürdürülebilirlik kalkınma, ekolojik ve sosyal zorlukları ele almak için üniversite topluluğunun bilgisini aktif olarak birleştirmektedir. Sürdürülebilirlik ilkeleri, üniversitelerdeki tüm akademik disiplinlere dahil edilmelidir. Sürdürülebilir bir gelecek için temel disiplinlerde ve Küreselleşme ve Sürdürülebilir Kalkınma; Çevre Felsefesi vb eleştirel düşünme becerilerinde ortak bir platform sağlanmalıdır. Ancak böyle bir platform ile insan yaşamının kalitesini artıran ve çevresel, toplumsal ve ekonomik varlıklar arasındaki dengeyi geliştiren sürdürülebilir kampüs oluşturulabilir. Şekil 2.2 'de gösterildiği üzere, bu denge, içme suyunun kalitesini ve miktarını korumayı amaçlayan içme suyu tasarrufu, atık su minimizasyonu ve yağmursuyu yönetiminden oluşan sürdürülebilir su yönetim sistemini de desteklemektedir. (Anonim 2010)



Şekil 2.2 Kentsel Su Döngüsünün Bütünleşik Yönetimi (Anonim 2010, Ulusoy 2011)

Sonuç olarak sürdürülebilir yönetim, biyolojik çeşitliliği, kültürel çeşitliliği ve kültürel gelişmeyi kabul ederek çevresel kaynakları koruyan ve artıran, sosyal eşitliği ve kuşaklar arası eşitliği artıran kasıtlı ve niteliksel bir yol olarak tanımlanabilir (Dave ve ark. 2014). Üniversiteler araştırmalar ve uygulamalar için bir laboratuvar yeri olmalı ve ayrıca toplumun sürdürülebilir gelişimi için rol oynayarak çevresel dengeyi desteklemelidirler. Eğitim, sürdürülebilir kalkınmanın en iyi ve etkili yoludur. Üniversiteler, çevrenin nasıl zarar gördüğünü göstermek, sorumluluk ve duyarlılıkları anlamak ve özellikle gençlik eğitimi ve sürdürülebilirlik konusunda halkın bilinçlendirilmesi ve toplumsal sorumluluğa sahip olmak için en iyi yerlerdir (Mikulik ve Babina 2009)

2.2. Sürdürülebilir Kampüs İlkeleri

Sürdürülebilir kampüs ilkeleri tasarımında temel amaç su, toprak, ormanlar ve insan sağlığının korunması gibi sınırlı doğal kaynakları korumaktır. Bu ilkeler, saha, enerji, ulaşım, su, atık yönetimi, bina ve malzemele kategorilerindeki çevresel etkileri en aza indirebilecek gelecekteki gelişmeler için stratejiler önermektedir. Üniversite kampüsünün yeri için bir alan seçimi, çevresel sürdürülebilirliği iyileştirmek için önemli bir faktördür, çünkü ulaşım, su, su akışı, şebeke ihtiyaçları ve doğal aydınlatma

fırsatlarını etkiler. Öncelikle etkili kampüs alanı seçimi, binaların oryantasyonu ve inşaat sonrası alanın kullanımı tüm kampüs ortamı için önemli kriterlerdir.

Enerji, bir kampüsün tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken kategorilerden biridir. Enerji tüketimi kampüs işlemleri ile ilişkili en önemli çevresel etkiye neden olan ilkedir (Rezaei ve Kamelnia 2017). Kampüste kullanılan enerji kaynakları ve binalar için seçilen ekipman sürdürülebilirlik için önemlidir. Kampüs konumunun fiziki şartlar ve durumuna uygun yenilenebilir enerji kullanımı, binaların tasarımı ve bina inşasında kullanılacak malzemelerin çevre durumuna uygun seçilmesi ve yüksek verimli aydınlatma sistemleri kullanımı, enerji tüketimini azaltmaya yönelik çözümlerdir.

Bu kategorilerin yanı sıra, kampüste kullanılan ulaşım yolları ve yakıt türü kampüsün sürdürülebilirliğini etkilemelidir. Çevre dostu taşımacılık için araç kullanımı azaltılmalı ve toplu taşıma teşvik edilmelidir. Bisiklet yolları, bisiklet parkları, kaliteli, güvenli ve gölgelendirilmiş yürüyüş yolları tasarlanmalıdır. Yüksek erişilebilirlik sürdürülebilirliği etkiler, yürüme ve uygun maliyetli altyapıyı iyileştirmek için binalar arasındaki mesafe kısa olmalıdır. Ayrıca, yakıt türü çevre için önemlidir. Alternatif yakıtlar; biyodizel, doğalgaz gibi enerji kaynakları tercih edilmelidir. Bir diğer kategori; atık yönetimidir. Kampüs içerisinde oluşan atıkların çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirecek şekilde atık yönetim planı yapılmalı, oluşan atıklar yönetmeliklere ve standartlara uygun şekilde bertaraf edilmelidir.

Binalarda kullanılan malzemelerin türü ve çevreye etkileri inşasında ve sonraki süreçlerde değerlendirilmelidir. Enerji tasarruflu ve geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmalıdır. Ayrıca, ürünlerin karbon ayak izi dikkate alındığında yerel üretim önemli bir rol oynamaktadır, bu nedenle yerel ürünler mümkün olduğunca tercih edilmelidir (Abubakar ve Alshuwaikhat 2008).

Diğer bir kategori ise; Kampüs planları kapsamında, su kaynakları göz önünde bulundurulmalıdır çünkü koruma kalitesi ve su kaynaklarının miktarı sürdürülebilir olmak için önemli bir faktördür. Üniversite kampüslerinde yağmur suyu yönetimi, gri su sistemleri ve içme suyu ile ilgili stratejileri içeren Su Yönetim Planı olmalıdır.

İklim değişikliği, kirlilik artışı ve kontrolsüz yatırımlar gibi çevresel sorunlar su kıtlığına ve su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Günümüzde artan su kıtlığı, gelecekteki talepleri karşılamak için verimli su yönetimi gerektirir. Yağmursuyu yönetimi teknikleri, gri su sistemleri ve temiz suyun (içme suyu) korunmasını içeren etkin su yönetimi sağlamak için önemlidir. Planlarına sürdürülebilirlik yaklaşımını benimseyen üniversite kampüsleri tasarım ilkelerini bu konulara göre geliştirmelidir. Dünyada, üniversite kampüs genişletmelerinin çoğu sürdürülebilirlik tasarım ilkelerine göre geliştirilmektedir çünkü kampüs alanı genişledikçe, inşaat alanları genişlemekte ve çevresel etkileri yüksek tüketim oranlarıyla artmaktadır.

2.3. Ulusal ve Uluslararası Yasal Mevzuat

2.3.1. Amerika Birleşik Devletleri Temiz Su Yasası (U.S. Clean Water Act – CWA)

Temiz Su Yasası, Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) ilk ve en etkili modern çevre yasalarından biridir. Yasalar ve yönetmelikler ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından eyalet hükümetleriyle birlikte olarak yönetilen Temiz Su Yasası (CWA) Amerika Birleşik Devletleri'nde su kirliliğini düzenleyen başlıca federal yasadır. Yasanın temel amacı ülkenin sularının kimyasal, fiziksel ve biyolojik bütünlüğünü korunmasını, atıksu arıtma standartlarının iyileştirilmesini ve sulak alanların bütünlüğünü korunmasıdır.

Temiz Su Yasası'nda En İyi Yönetim Uygulamalarına (EİYU), 1977'de yayınlanan yasada ilk olarak bölgesel atık arıtma planı ve endüstriyel deşarjların toksik kirlilik kontrol standartları olarak yer almıştır. İlerleyen yıllarda ise yağmur suyu EİYU konusunda farkındalık kazanılmış ve yağmur suyu konusuna da değinilmeye başlanmıştır. Yağmur suyu EİYU, ilk olarak 1987'de yayınlanan yasada yayılı kaynaklı kirliliğin yönetimi konusuyla ortaya çıkmıştır. 2001 yılında ise "Islak Hava Havzası Pilot Proje" programı ile havza yönetiminde EİYU konusuna değinilmiştir (Anonim 2000).

2.3.2. Avrupa Birliği Su ereve Direktifi (Water Framework Directive – EU WFD)

Su ereve Direktifi, 2000 yılında Avrupa Birliği lkeleri tarafından kabul edilen, su ve sulak alanların belirlenen kalite ve miktar standartları ile 2015 yılına kadar sulak alanların “iyi bir su durumuna” getirilmesini hedefleyen direktiftir. Bu direktif ile su ekosistemlerinin ve bataklık alanlarının korunması, mevcut su kaynaklarının uzun dönem korunabilmesine dayalı sürdürülebilir bir politika geliştirilmesi, tehlikeli madde deşarjları ve emisyonlarının durdurulması, yeraltı sularının kirlenmesinin önlenmesi, sel ve kuraklıkların etkilerinin minimize edilmesi, sürdürülebilir, dengeli ve eşit su kullanımı ve bölgesel suların korunması ve vatandaşların yasal sürece katılımını arttırmayı amaçlanmıştır. Ancak direktifin belirlediği miktar ve kalite standartları 2015 yılına kadar Avrupa Birliği’nde bulunan su kütlelerinin yalnızca %47’inde sağlanmış ve bu nedenle hedef sağlanamamıştır (EU WFD Final Raporu 2012)

2.3.3. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

1988 yılında evre Kanunu’na dayanılarak ıkarılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), Türkiye’nin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır (ÇŞB 1988). Mevcut yönetmelik yağmur suyu uygulama planları içermemektedir ancak yağmur suyu sistemlerinin yönetiminden bahsedilmektedir (ÇŞB 1988).

2.3.4. Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik

2017 yılında evre Kanunu’na dayanılarak ıkarılan Yağmursuyu hakkındaki Yönetmelik, içme suyu kaynaklarının ve yağmur suyu sistemlerinin kirlilikten korunmasını ve yağmur suyu sistemlerinin sürdürülebilir bir sistem olacak şekilde tasarlanması amaçlamaktadır (ÇŞB 2017a). Yağmursuyu ve yüzeysel su akış toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin işlemlere ve hesaplamalara referans kaynak olarak hazırlanmıştır.

2.3.5. Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği

Türkiye’de yeşil binalar hakkında ilgili olarak ilk defa 2014 yılında “Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik (SYBSYBDY)” yayınlanmıştır. Yönetmeliğin amacı, sürdürülebilir yeşil binalar ile sürdürülebilir yerleşmelerin değerlendirme ve belgelendirme sistemlerinin oluşturulması, belgelendirme süreçlerinde rol alacakların görev, nitelik ve sorumluluklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ancak 2017 yılında, Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği yayınlanarak yürürlüğe girmiş ve SYBSYBDY yürürlükten kaldırılmıştır. Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği’nin amacı, binalar ve yerleşmelerin doğal kaynakları ve enerjiyi verimli kullanarak çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak için değerlendirme ve belgelendirme sistemlerinin oluşturulmasına, değerlendirme ve belgelendirme sürecinde rol alacakların görev, nitelik ve sorumluluklarının belirlenmesine ilişkin nitelik ve görevlerini tanımlamaktır. Yönetmelik kapsamında sertifika sisteminin oluşturulması için ülke kapsamında Ulusal yeşil bina bilgi sistemi (YeS-TR) yazılım programı oluşturulacağı belirtilmiştir (ÇŞB 2017b).

2.3.6. Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yönetmeliği

2020 yılında 2547 sayılı Yükseköğretim Kanuna dayandırılarak oluşturulan Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, kentleşme, ekolojik sürdürülebilirlik ve çevre eğitimi ile ilgili bilimsel ve teknolojik araştırma ve uygulamalar gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Yayınlanan yönetmelik ise, bu merkezin amacını, faaliyetlerini, organizasyon şeması ve bu şemada bulunan yönetim görevlerine ilişkin usul ve esasları düzenlemek için hazırlanmıştır (BUÜ 2020).

2.3.7. Sürdürülebilir Üniversite ve Yeşil Bina Derecelendirme Sistemleri

Üniversitelerin çevreci yaklaşımına kampüs ormanlaştırma ve yeşillendirme girişimleri 1980’lerin sonlarında ortaya çıkmaya başlamıştır, bu yayılma üniversite derneklerini ve koalisyonlarını referans şartlarına sürdürülebilirlik kriterleri eklemeye yönlendirmiştir (Soyka 2012). Bu hareketi sırasıyla yeni organizasyonlar, konferans organizasyonları, yayınlar, bildirimler, tüzükler ve ödül programlarının kurulması izlemiştir. Bu kapsamda,

günümüzde literatürde çok fazla kaynak bulunmaktadır ve bu kadar kaynağa sahip olmak bilgi kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca, yapılan çalışmaları içeren yeterli işbirliği veya kılavuzlar için ortak bir sistem bulunmamaktadır. Bu nedenle, yükseköğretim kurumları standart bir program gerçekleştirmektense bireysel sürdürülebilirlik kriterleri oluşturmaktadır. Böylece kurumlarca belirlenen sürdürülebilirlik kriterleri kapsamında gerçekleştirilen faaliyetlerin derecelendirme sistemleri bulunmaktadır (Anonim 2019a).

Bu bölümde, üniversitelerin sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında ulusal ve uluslararası çapta tanınan sürdürülebilirlik ve yeşil bina derecelendirme ve sertifikalandırma sistemleri açıklanmıştır.

a. Sürdürülebilirlik İzleme, Değerlendirme ve Derecelendirme Sistemi (STARS)

Misyonu küresel sürdürülebilirlik dönüşümüne öncülük etmek için yüksek öğrenime ilham vermek ve katalize etmek olan Yükseköğretimde Sürdürülebilirliğin Geliştirilmesi Derneği (AASHE) tarafından geliştirilen Sürdürülebilirlik Takip, Değerlendirme ve Değerlendirme Sistemi (STARS), üniversitelerin sürdürülebilirlik çalışmalarının raporlama sistemidir. Sistem yükseköğretim kurumlarının şeffaf bir şekilde raporlanmasını sağlayarak kurumların sürdürülebilirlik ilerlemelerini takip etmelerine ve değerlendirmelerine yardımcı olmalarını sağlamaktadır.

Sürdürülebilirlik İzleme, Değerlendirme ve Değerlendirme Sistemi (STARS), Yükseköğretimin tüm bölümlerinde sürdürülebilirlik kılavuzu sunmayı amaçlamaktadır. Kampüsler, işletmeler ve diğer sürdürülebilirlik değerlendirme sistemlerinden gelen sürdürülebilirlik raporları gözden geçirilerek geliştirilmiştir. Katılım sağlayan kurumlar dünya çapında olsa da Amerika kuruluşları çoğunluktadır. Derecelendirme sisteminin de platin, altın, bronz, gümüş ve katılım olmak üzere beş sınıf bulunmaktadır. Derecelendirme sisteminin kontrol listesinde ise akademik içerik, katılım, operasyonlar ve planlama ve yönetim olmak üzere dört ana kategori bulunmaktadır. Sürdürülebilir bina tasarımı, işletme, bakım, enerji tüketimi, atık arıtma, su ve peyzaj yönetimi, Operasyonlar bölümünün çevre ile ilgili alt başlıklarıdır. Bina tasarımı, inşaat ve bakım noktaları bölümleri kapsamında binaların LEED ve Living Building Challenge gibi

yeşil bina derecelendirme sistemi ve/veya resmi olarak kabul edilen yeşil bina yönergeleri kapsamında sertifikalandırılması gerektirmektedir (Anonim 2019a).

b. Yeşil Ölçüm Sıralaması (UI Greenmetric)

Sürdürülebilirlikte küresel yüksek öğrenim ve araştırmaları şekillendirmek, küresel sürdürülebilirlik liderleri yaratmak ve sürdürülebilirlik sorunlarına çözüm ortaklığının oluşturulmasına uygun bir platform oluşturmak üzere Endonezya Üniversitesi tarafından oluşturulmuştur. İlk olarak 2010 yılında gerçekleştirilen, Yükseköğretim kurumlarının kendi kurumları açısından yanıtladıkları ve verdikleri yanıtlar doğrultusunda çevre politikalarını analiz eden ve sıralama haline getiren Yeşil Ölçüm Sıralaması sistemine 2019 yılında 77 ülkeden 780 üniversite katılım sağlamıştır. Üniversiteler sistem üzerinden verdikleri yanıtlar üzerinden Altyapı, Enerji ve İklim Değişikliği, Atık Su, Ulaşım, Eğitim ve Araştırma olmak üzere altı kategoride incelenerek sıralanmaktadır (Anonim 2019b).

c. Sürdürülebilirlik Değerlendirme Anketi (SAQ)

Sürdürülebilirlik Değerlendirme Anketi (SAQ), Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Üniversite Liderleri (ULSF) tarafından yükseköğretim kurumları için bir sürdürülebilirlik kılavuzu sunmak üzere Kanada'da tasarlanmıştır. Ayrıca sürdürülebilirlik anketi ile kuruluşların Müfredat, Araştırma ve Burs, İşletme, Fakülte ve Personel Geliştirme ve Ödüller, Sosyal Yardım ve Hizmet, Öğrenci Fırsatları, Yönetim, Misyon ve Planlama olmak üzere yedi önemli kategori hakkında sürdürülebilirlik başarılarını görüntülemektedir (Anonim 2019c).

d. Yapı Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi (BREEAM)

Yapı Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi (BREEAM), 1990 yılında Yapı Araştırma Kuruluşu tarafından hazırlanmıştır. İngiltere imar yasalarına göre oluşturulan BREEAM, binaların sürdürülebilirlik değerlendirmesi üzerine gerçekleştirilen ilk yeşil bina değerlendirme sistemidir (Anonim 2019h).

Bununla birlikte, günümüzde geliştirilerek master planlama projeleri, altyapı ve binaların sürdürülebilirlik değerlendirmesinde ve sertifikalandırılmasında

kullanılmaktadır. BREEAM değerlendirmesinde Enerji, Sağlık, Yenilik, Arazi Kullanımı, Malzemeler, Yönetim, Kirlilik, Ulaşım, Atık ve Su olmak üzere bir çok alandan çevresel etki boyutları incelenmekte ve puanlandırılmaktadır. Kurumlar bu puanlandırma üzerinden; Kabul Edilebilir, Geçti, İyi, Çok İyi, Mükemmel ve Olağanüstü olmak üzere sınıflandırılarak sertifikalandırılmaktadır. BREEAM dünya çapında çalışmalar gerçekleştirmektedir ancak kullanım sıklığı yoğunluğu açısından değerlendirildiğinde İngiltere ile sınırlı kalmaktadır (Anonim 2019h).

e. Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (LEED)

Enerji e Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (LEED), 1993 yılında Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından hazırlanan ve geliştirilen yeşil bina derecelendirme sistemlerinden biridir. Uluslararası derecelendirme sistemleri içerisinde dünyada en yaygın olarak kullanılan LEED, yeni binalar, mevcut binalar, iç mekânlar, bina ve kent ölçeğinde sürdürülebilir tasarım, inşaat ve işletme kriterleri belirlenerek puanlandırma ve derecelendirme sistemi oluşturulmuştur (Anonim 2020ı).

USGBC, çevresel sürdürülebilirliği çeşitli yaklaşımlarla kampüslere entegre etmeyi planlamaktadır. Birçok üniversite tarafından LEED Yeni İnşaat ve LEED Mevcut Bina Kriterleri uygulanmıştır. Dünyadaki üniversitelerin bir çoğu tasarımında LEED derecelendirme sistemlerini benimsenmiştir. Bu sistemler tasarım standartlarını oluşturmaktadır ve üniversite kampüslerini daha sürdürülebilir hale getirmektedir. LEED derecelendirme sistemlerini kampüs tasarımı için tasarım kılavuzu olarak benimseyen bazı üniversiteler; Victoria Üniversitesi, Stanford Üniversitesi, Maryland Üniversitesi, Kaliforniya Üniversitesi, Georgia Üniversitesi, Arizona Üniversitesi, Texas Üniversitesi, Clemson Üniversitesi, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, Florida Üniversitesi, Oregon Üniversitesi, Kuzey Karolina Üniversitesi, Santa Clara Üniversitesi'dir (Ried 2008).

LEED'in 2019 yılında geliştirilen ve aynı zamanda günümüzdeki son versiyonu LEED v4.1, Konum ve Ulaşım, Sürdürülebilir Bölgeler, Su Verimliliği, Enerji Verimliliği, Malzeme ve Kaynak Kullanımı, İç Ortam Çevre Kalitesi ve İnovasyon kriterleri üzerinden değerlendirme ve puanlandırma yapmaktadır. Projeler elde edilen

puanlandırmaya göre Sertifikalı, Gümüş, Altın veya Platin olmak dört LEED derecelendirme seviyesinden biri ile sınıflandırılarak sertifikalandırılmaktadır (Anonim 2020ı).

f. Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım Konut Sertifikası (BEST)

Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım Konut Sertifikası (BEST), Dünya Yeşil Bina Konseyi'nin Türkiye'de temsilciliğini sürdüren Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) tarafından oluşturulmuştur. Misyonu yapı sektörünün sürdürülebilir ilkeler ışığında gelişmesine ve dönüşümüne öncülük etmek olan ÇEDBİK, ulusal bir çevre dostu bina sertifika sistemi BEST'i oluşturarak yurtdışında gelişen yeşil bina sistemlerinin takip edilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda sistemin Türkiye coğrafyası, iklimi ve sismik altyapısına uyumu ve yasal mevzuata geçmesi için de çalışmalar devam etmektedir. BEST, 2013'te yapılan 2. Uluslararası Yeşil Binalar Zirvesi'nde tanıtılmıştır. Hazırlanan ve tanıtılan kılavuz yalnızca yeni konut projeleri için geçerli olup ticari binalar, mevcut binalar, okul ve hastaneler için ayrı kılavuzların yayınlanması planlanmaktadır. BEST kapsamında konutlar; Bütünleşik Yeşil Proje Yönetimi, Arazi Kullanımı, Su Kullanımı, Enerji Kullanımı, Sağlık ve Konfor, Malzeme ve Kaynak Kullanımı, Konutta Yaşam, İşletme ve Bakım, Yenilikçilik olmak üzere dokuz başlık altında değerlendirilmektedir. Konutlar elde edilen puanlandırmaya göre Onaylı, İyi, Çok İyi, Mükemmel olmak dört seviyeden biri ile sınıflandırılarak sertifikalandırılmaktadır (Anonim 2019ç).

2.4. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları

Bu bölümde, öncelikle tarihte ve günümüzde su yönetimi yaklaşımlarından bahsedilmekte ve ülkelerin yağmur suyu yönetimi stratejilerinden bahsedilmektedir. Bahsedilen yağmur suyu yönetimi stratejileri analiz edilerek, stratejilerde genel olarak kullanılan toplama teknikleri açıklanmıştır ve uygulama alanı türüne göre kullanım alanlarından bahsedilmektedir.

En eski kentsel kanalizasyon yapıları yaklaşık 5000 yıl önce Minos, İndus, Fars ve Mezopotamya uygarlıkları tarafından inşa edilmiştir (Angelakis ve ark., 2013). Geleneksel kentsel drenajın temel amaçları, halkın hijyenini, taşkın korumasını ve çevre

korumasını sağlamaktır. Ancak tarihsel sorunlar, nüfus artışı ile kentsel coğrafyaya bağlı olarak geçirimsiz yüzeylerden süzülen su miktarının artması, su kalitesinin bozulması, yeraltı suyunun azalması ve su baskını gibi yeni sorunlara yol açmıştır (Chocat ve ark. 2007). Bu sorunlar modern şehirleşme sistemlerinde çevre ile uyumlu yeşil altyapı sistemleri geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Böylece son yıllarda kentsel drenaj sistemleri, yağmur suyunu ve/veya yüzeysel su akışını tutmak ve çevre ile uyumlu hale getirmek adına “Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (SKDS)” veya “En İyi Yönetim Uygulamalarına (EİYU)” geçilerek geleneksel kentsel drenaj sistemlerinin yerini almıştır.

Günümüzde birçok ülke yağmur suyun yönetimi ve yüzeysel su akışını önlemek için stratejiler geliştirmekte ve yeşil altyapı teknikleri uygulamaktadır. SKDS, öncelikle İngiltere'nin sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerine yaklaşımını tanımlanması ile terminolojiye girmiştir ve daha sonra Avrupa'da kullanımı artmıştır. Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinin (SKDS), yaygın olarak yeşil mühendislik teknikleri ve yağmur suyu drenajının doğal süreçlerini taklit eden çözümler içermektedir. Bu çözümlerden bazıları; Yağmur kanalizasyonları, yüzey drenajları, hendekler, yağmur bahçeleri, filtrasyon şeritleri, açık akarsular ve havuzlar, yağmur suyu havzaları, yeşil çatıları vb.'dir. (Woods-Ballard ve ark. 2007). Kaynak kontrolü de dahil olmak üzere tam bir yönetim sistemi kullanılarak gerçekleştirilen ilk sürdürülebilir drenaj sistemi, 1997 yılında Robert Bray Associates tarafından tasarlanan İngiltere'de bulunan Oxford otoyol istasyonu bölgesidir (Susdrain 2001).

Aynı zamanda diğer ülkelerde farklı terminoloji kullanarak benzer yaklaşımlar gerçekleştirilmiştir. ABD ve Kanada'da su yönetimi ile ilgili olarak En İyi Yönetim Uygulaması (EİYU) ve Düşük Etkili Kalkınma (DEK) kavramları tanımlanmıştır. EİYU, su kalitesi hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olmak için bir çok kirliliği önlemenin veya azaltmanın en etkili ve pratik yolu olarak belirlenen yöntemlerdir. EİYU, hem kirliliği önleyici tedbirleri hem de kirliliği azaltmak için alınan tedbirleri içermektedir. Yirminci yüzyılın başlarında EİYU terimi mühendislik tasarımlarının onarım ve kullanım özellikleri için kullanılırken, günümüzde yağmur suyu yönetiminde ve kirlenmiş yağmur sularının arıtılması için tasarlanan sistemlerde de

kullanılmaktadır. EİYU doğrudan ve dolaylı yönetim uygulamaları olmak üzere iki gruba ayrılmıştır; Doğrudan en iyi yönetim uygulamaları genellikle kirli yağmur su ve yüzeysel su akışının arıtılması amacıyla kurulan yapısal uygulamalardır. Yapısal uygulamalar: Uzun süreli bekletme göletleri, Islak bekletme göletleri, Yağmur suyu Sulak Alanları, Çoklu havuz sistemleri, Sızma hendekleri, Sızma havzaları, Gözenekli zemin kaplamaları, Geçirimli beton zemin kaplamaları, Kum filtreleri, Çimlendirilmiş yağmur hendekleri, Filtre Şeritleri, Tortu kapanları, Rüzgâr erozyonu kontrolü, Baraj Kontrolü, Dik eğimli teraslar, Yağ ve kum tutucular, Bitki örtüsü ile dengeleme ve Kentsel inşaatlar için çok yönlü EİYU olmak üzere 18 adet uygulama çeşidi bulunmaktadır. Dolaylı en iyi yönetim uygulamaları ise, yağmur su ve yüzeysel su akışındaki kirleticileri azaltmak için kaynaktan kirletici madde azaltımına veya bitki örtüsü gibi mevcut doğal özelliklerin kullanımına odaklanan yapısal olmayan yöntemlerdir. Yapısal olmayan uygulamalar: Birikmiş tortuların uygun şekilde elden uzaklaştırılması, Kar birikiminin uygun giderimi ve depolanması, Tehlikeli ilaçlama ve gübre yönetimi, Doğal bitki örtüsü ve kıyı bitki örtüsünün korunması, Atıkların geri dönüşümü, Sokak temizliği ve depolanan malzemelerin azaltılması gibi uygulamaları içermektedir (WD 2013).

Bununla birlikte Avustralya'da, "Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT)" konsepti Avustralya devleti tarafından yağmur suyu yönetiminin önemini belirtmek için kullanılmaktadır. SDKT, suyun sürdürülebilir kullanımını, yeniden kullanımını ve yönetimini teşvik etmektedir. Bu tasarım yaklaşımı, yağmur suyu, yüzeysel su akışını, yeraltı suyu, şebeke suyu ve atık su da dahil olmak üzere tüm kaynaklardan gelen toplam su döngüsünü ve suyu kentsel gelişim ve binaya entegre etmektedir (Anonim 2019d).

2.4.1. Yağmur Suyu ve Yüzeysel Su Akışı Hasat Teknikleri

Dünyada uygulanan çeşitli yağmur suyu uygulama örneklerinde de görüldüğü üzere yağmur suyu hasadı sürdürülebilir su yönetimi için gereklidir. 20. yüzyılda sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları ile tekrar gündeme gelmiştir ancak yağmur sularının sonrasında kullanılmak üzere toplanması amacıyla kullanılan yağmur suyu sarnıçları yeni bir teknoloji değildir. Orta Doğu ve Güneybatı Asya 'da bulunan su

geçirmez kireç sıvalı yağmur suyu sarnıçlarının inşa edildiği Neolitik Çağ'a kadar dayanmaktadır (Mays ve ark., 2013).

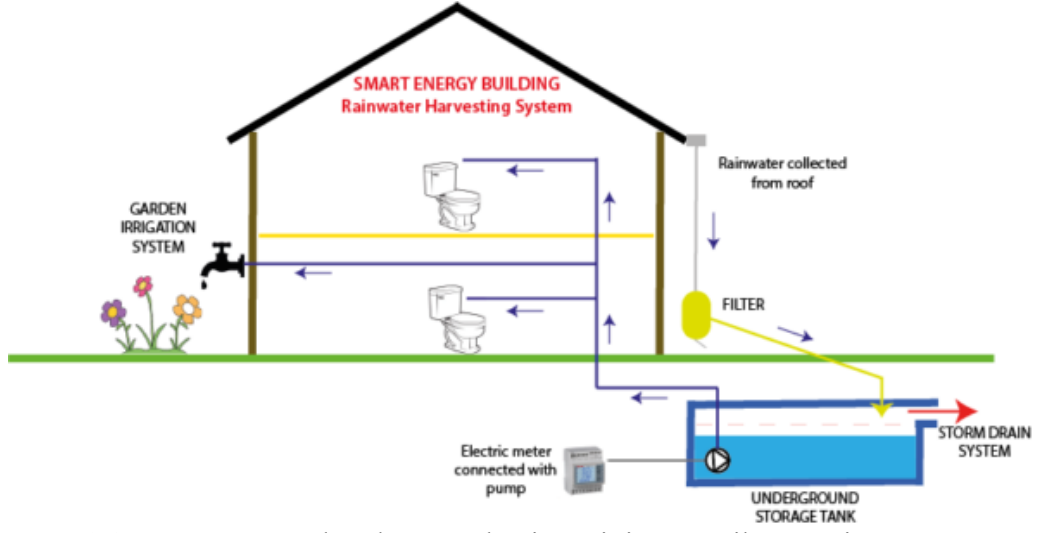
Günümüzde ise su kaynaklarının su miktarını ve kalitesini korumak amacıyla kullanımının yanı sıra şehirleşme ve su temini altyapılarından uzak bölgelerden yağmur suyu hasat sistemleri kullanılmaktadır. Yağmur suyu hasadı, yağmur suyunun toprağa ulaşmadan yakalanması ve kullanımı için depolanması olarak tanımlanmaktadır. Yağmur suyu hasadı, evsel ihtiyaç kullanımı için evlerde, endüstriyel faaliyetler için çeşitli proses bölgelerinde ve sulama faaliyetleri için tarımsal düzeyde yapılabilmektedir (Tanık ve ark., 2015).

Evsel kullanımlarda evlerin çatılarından toplanılan yağmur suyu; yeraltında veya yüzeyde yeniden kullanmak üzere depolama sistemleri kullanılarak depolanmaktadır. Yağmur suyu depolama sistemlerinde; sarnıçlar, depolama tankları ve variller kullanılarak depolanma sağlanmaktadır. Bu sistemler binaların çatı olukları veya iniş boruları ile bağlantılıdır.

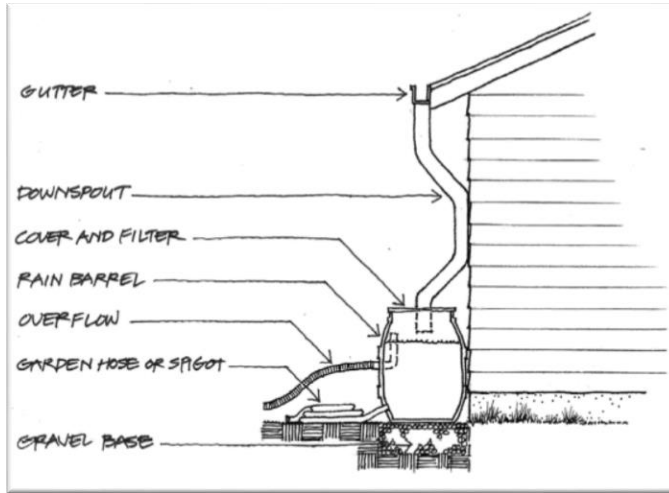
Yağmur suyu depolaması amacıyla kullanılan sarnıçlar genellikle kırsal ve merkezi su teminine ulaşımı bulunmayan yerlerde kullanılmaktadır. Çatı, teras ve beton bölgelerden toplanılan yağmur suyu bir kum filtresi katmanından geçirilerek arıtmakta ve yeraltına gömülü olan kısımda depolanmaktadır. Depolanan suyun temini tulumba kullanılarak sağlanmaktadır (Tanık ve ark., 2015).

Yağmur suyu depolama sistemlerinden; depolama tankları ve variller de depolanan yağmur suları bahçe sulamasında, uygun filtre kullanımı ile tuvalet rezervuarları ve çamaşır yıkama gibi evsel kullanımda, araba yıkamada ve soğutma teçhizatında soğutma suyu olarak kullanılabilir. Ayrıca kurak ve ıssız bölgelerde içme suyu olarak kullanılmaktadır ancak depolanan yağmur suyu içilebilir içme suyu standartlarına uygun değildir, gerekli arıtma sağlanarak içme suyu standartları sağlanabilmektedir (Wilson ve Navaro, 2008). Depolama tankı ve varillerinin boyutları hasat bölgesinin büyüklüğü, yağış miktarları ve kullanım alanı belirlemektedir. Şekil 2.3'de yağmur suyu depolama tankı sistemi, Şekil 2.4'te yağmur suyu varillerinin kullanımı şematik

gösterimi ve Şekil 2.5'te yağmur suyunun depolama tankı ve varil ile depolama sistemi örnek kullanımını gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Yağmur suyu depolama tankı sisteminin şematik gösterimi (Anonim 2020b)



Şekil 2.4 Yağmur suyu varil sisteminin şematik gösterimi (Clark ve Acomb 2008)



Şekil 2.5 Yağmur suyunun hasadının yüzeyde depolama tankı ve varil ile depolama sistemi (Anonim 2020e, Feehan ve ark., 2014)

Yağmur Suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmeliği'nde yağmur suyu hasadında elde edilen ve kullanma suyu olarak kullanılacak yağmur suyunun depolanırken askıda katı madde birikimini engellemek için, depolama bölgesine alınmadan önce toplama borusuna yerleştirilmesi önerilen filtrasyon işleminin kullanımının gerekliliğinden bahsedilmiş ve filtre sisteminin özellikleri verilmektedir (ÇŞB 2017a).

Yüzeysel su akışı ise kaldırımlar, otoparklar, cadde ve meydanlar ve gibi geçirimsiz zemin yüzeylerinden elde edilen bir su kaynağıdır. Yüzeysel su akışı havuzlarda toplanarak uygun filtre kullanımı ile tuvalet rezervuarında ve soğutma suyu olarak kullanılabilir (Wilson ve Navaro, 2008).

Yağmur Suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmeliği'nde yağmur suyunun ve yüzeysel akışın kullanım ile ilgili kalite parametreleri belirtilmemiştir. Ancak yönetmelikte bulunmayan standartlar için öncelikle TSE standartları sonrasında ise Avrupa Birliği standartlarının geçerli olduğu belirtilmiştir bu nedenle Avrupa Birliği 76/160/EEC yönetmeliğinde bulunan evsel amaçlı kullanım suyunun kalite parametreleri ve parametre miktarları Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1 Kullanım suyu için gerekli kalite parametreleri (AB 76/160/EEC 1975)

| Parametre | Parametre miktarı |
|----------------------------|--------------------------|
| Toplam Koliform Bakterisi | < 10.000 / 100 ml |
| E-koli Bakterisi | < 1.000 / 100 ml |
| Biyolojik Oksijen İhtiyacı | < 5 mg/l |
| Oksijen Doygunluğu | > 50% |
| UV-aktarımı | 254 nm (1 cm) > 60% |

Sonuç olarak, yağmur suyu sistemleri günümüzde evsel kullanımda gerçekleşen şebeke suyu kullanımını azaltmak, içme suyu ve yeraltı su kaynaklarını korumak ve kullanılabilir suyun kurtarılarak atık suya katılması için yapılarda gerçekleştirilmesi gereken çevreci yaklaşımlardır. Çatılardan toplanan yağmur suları yeni bir su kaynağı olmasının yanı sıra yeni nesil teknolojiler için de kullanım alanı haline gelmiştir. Bu teknolojilerden yaygın şekilde kullanılan teknik ise yeşil çatı uygulamalarıdır.

a. Yeşil Çatı Uygulaması

Yeşil çatı, yağmur suyu toplama sistemlerinin tekniklerinden biridir. Yeşil çatı, geleneksel çatı sistemlerinin üzerine bitki katmanları, yetiştirme ortamı ve drenaj sistemleri eklenerek oluşturulan yeşil bir alandır. Yeşil çatıları yağmur suyu hasadı sağlanmasının sağlayacağı faydaların yanı sıra enerji tasarrufu, çatı membranı korunması, gürültü izolasyonu, binanın yangın dayanıklılığı ve hava kirliliğinin azaltılması, ısı-ada etkisinin azaltılması, estetik görüntü sağlanması gibi faydalar sağlamaktadır (Pradhan ve ark. 2019)

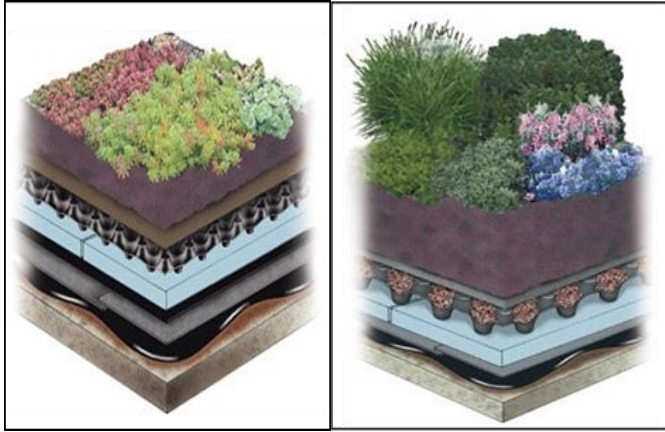
Binlerce yıldır dünyanın farklı bölgelerinde doğal bir yalıtım çözümü olarak uygulanan yeşil çatılar İskandinav ve İzlanda gibi soğuk iklimlerde binanın sıcaklığını korumaya yardımcı olurken, Tanzanya gibi sıcak ülkelerde binaları serin tutarlar. Yeşil çatılar, 20'inci yüzyılın başlarına kadar yerel bir uygulama olarak görülmekteydi ancak 1960'larda kentsel çevrenin kalitesizliği ve kentsel alanlardaki yeşil alanın hızla düşmesi ile ilgili artan endişeler, Kuzey Avrupa'da "yeşil bir çözüm" olarak yeşil çatılara olan ilginin artmasına neden olmuştur. Günümüzde, Avrupa ve Amerika başta olmak üzere

kullanımı artmıştır. Ayrıca Fransa’da 2015 yılında getirilen çevresel yönetmelik’te, ticari bölgelere inşa edilecek yeni binaların çatılarının belirli bir kısmına yeşil çatı ya da güneş paneli kurulması zorunlu hale getirilmiştir (The Guardian 2015)

Yeşil çatı sistemleri yukarıdan aşağıya altı katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar şunları içermektedir;

- Özellikle belirli uygulamalar için özel olarak seçilmiş bitkiler,
- Toprağı içermeyecek şekilde geliştirilmiş bir yetiştirme ortamı,
- Su akışına izin veren, kökleri içeren bir peyzaj veya kumaş filtre katmanı
- Bazı kısımlarda sabit su hazneleri olan özel bir drenaj tabakası
- Entegre bir kök iticili su yalıtım / çatı membranı
- Geleneksel çatı yalıtımla katmanlarıdır (Peck ve Kuhn 2020).

Yeşil Çatıların; uygulanacak binanın yapısal özelliklerine, kullanım amacına, bitki tiplerine, bakım ve maliyet gibi tercihlere göre yüzeysel (extensive) veya derin (intensive) olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Yüzeysel yeşil çatı ve derin yeşil çatı katmanlarının şematik gösterimi sırasıyla Şekil 2.6’da gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Yüzeysel ve Derin Yeşil Çatı Şematik Gösterimi (Anonim 2020h)

Yüzeysel yeşil çatı uygulamaları; İnce yetiştirme ortamı, çok az veya hiç sulama gerekmez, bitkiler için stresli koşullar; düşük bitki çeşitliliğine sahiptir. Derin yeşil çatı uygulamaları ise derin toprak; sulama sistemi, bitkiler için daha uygun koşullar, yüksek bitki çeşitliliğine sahiptir. Her iki uygulamanın avantajları ve dezavantajları

bulunmaktadır. Çizelge 2.2’de yüzeysel ve derin yeşil çatı tiplerinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir (Peck ve Kuhn 2020).

Çizelge 2.2 Yüzeysel ve derin yeşil çatı uygulamaları karşılaştırması (Peck ve Kuhn 2020)

| Yüzeysel Yeşil Çatı | Derin Yeşil Çatı |
|---|---|
| <p>Avantajlar:</p> <ul style="list-style-type: none">• Toprak miktarının az olması nedeniyle hafif bir uygulamadır; genellikle çatı güçlendirmesine ihtiyaç duyulmamaktadır.• Geniş alanlar için uygundur.• 0 - 30 ° eğimli çatılar için uygundur.• Çok fazla bakım gerektirmez ve uzun ömürlüdür.• Sulamaya ve özel drenaj sistemlerine ihtiyaç duyulmaz.• Daha az teknik uzmanlığa ihtiyaç vardır.• Genellikle güçlendirme projeleri için uygundur.• Bitki örtüsünün kendiliğinden büyümesini sağlanabilir.• Nispeten ucuz bir uygulamadır.• Doğal bir görüntü sağlamaktadır. <p>Dezavantajları:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sağlanan enerji verimliliği ve yağmur suyu tutma miktarı daha azdır.• Bitki seçimi daha sınırlıdır.• Yeniden tasarım veya diğer kullanımlar için sınırlıdır.• Özellikle kışın estetik olmayan görüntü oluşmasına neden olabilir. | <p>Avantajlar:</p> <ul style="list-style-type: none">• Daha fazla bitki ve habitat çeşitliliği sağlamaktadır.• İyi yalıtım özelliklerine sahiptir.• Yüzeysel ve vahşi yaşam bahçesi taklit edilebilir.• Görsel olarak estetik hale getirilebilir.• Çatıların eğlence için veya yiyecek yetiştirilmesi gibi daha çeşitli kullanımına erişilebilirlik sağlamaktadır.• Sağlanan enerji verimliliği ve yağmur suyu tutma kapasitesi yüzeysel uygulamalara göre daha fazladır.• Daha uzun membran ömrüne sahiptir. <p>Dezavantajları:</p> <ul style="list-style-type: none">• Toprak miktarının fazla olması nedeniyle ağır bir uygulamadır ve yüzeysel uygulamalara göre çatıda daha fazla ağırlık yüklemesine sahiptir.• Sulama ve drenaj sistemlerine; enerji, su, malzeme ihtiyacı doğurur.• Daha yüksek sermaye ve bakım maliyetleri gerektirmektedir.• Daha karmaşık sistemlerdir ve kullanım sürecinde uzmanlık yardımı gerebilir. |

Şekil 2.7 ve Şekil 2.8’de sırasıyla; Yüzeysel ve Derin Yeşil Çatı uygulamalarına örnek verilmiştir.



Şekil 2.7 Yüzeysel Yeşil Çatı Uygulaması, Chicago O'Hare Uluslararası Havaalanı (Anonim 2020g)



Şekil 2.8 Derin Yeşil Çatı Uygulaması, Facebook Seattle Binası (Anonim 2020f)

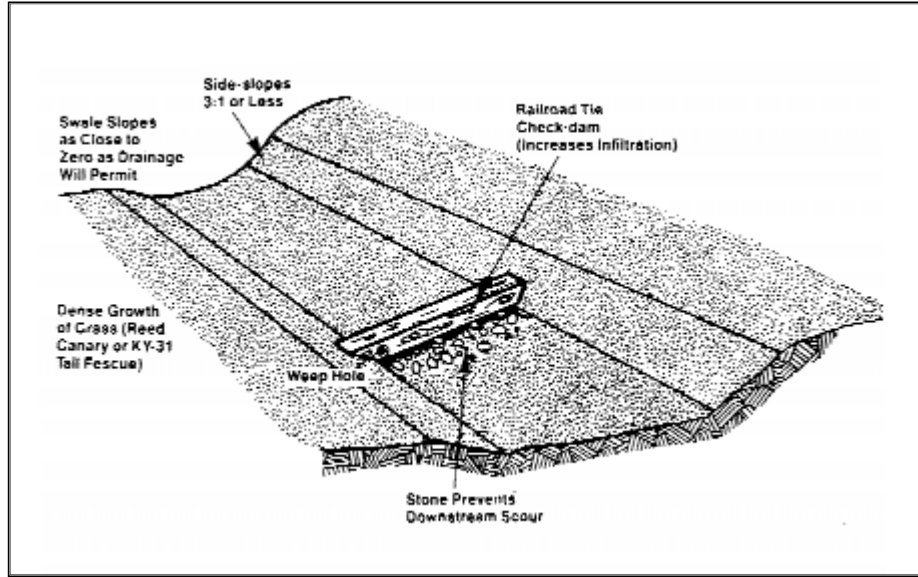
2.4.2. Sürdürülebilir Yağmur Suyu ve Yüzeysel Akış Deşarj Teknikleri

Sürdürülebilir Yağmursuyu Drenaj Sistemleri geleneksel drenaj sistemlerinden farklıdır. Bu sistemler çevreyi ve habitatları koruyacak şekilde; yağmur suyunu yakalamak ve yeniden kullanmak için kullanılır. Hendekler, Yağmur Bahçeleri, Yağmur Suyu Bekletme Göletleri, Yağmur Suyu Sulak Alanları, Şerit Filtreler, Sızma Havzaları, Bitki Kutuları sürdürülebilir drenaj sistemlerini oluşturmaktadır (WD 2013).

a. Hendekler

Hendekler; Çimlendirilmiş ve Bitkisel Hendekler olmak üzere iki adet uygulama çeşidi bulunmaktadır. Çimlendirilmiş Hendekler (Bio-swales), yüzeysel su akışı dengelemek ve azaltmak amacıyla toprak yüzeye çimlendirme katmanı, emici toprak ve çakıl taşı ile yağmur suyunun filtrelenerek toprağa sızmasının sağlandığı açık bitki örtülü kanallardır. Geçirimsiz alandan geçen yüzeysel su akışı, bir çakıl şeridi geçer ve çimlendirilmiş hendek kenarından yine çimlendirilmiş kanala akar ve bu kanal boyunca akmaya devam eder. Şekil 2.9'da detaylı gösterimi verilen hendekler eğimli bölgelerde akış oyulmasını engellemek için çakıl taşları ile kontrol barajları kurulmalıdır (Schueler

1987). Çimlendirilmiş Hendekler genellikle otoparklara, yol kenarlarına paralel olarak uygulanmaktadır. Yağmur suyu hendekleri, özellikle yağışların fazla olduğu dönemlerde yağmur suyunun tutularak kirleticilerin çökmesini ve suyun sızılması sağlanmaktadır. Çimlendirilmiş yağmur suyu hendekleri, partikül kirleticiler ve metal tutulmasında yüksek verimliliğe sahiptir (WD 2013).



Şekil 2.9 Çimlendirilmiş Hendek şematik gösterimi (Schueler 1987)

Bitkisel Hendekler (Vegetated Swales), Çimlendirilmiş Hendeklerden farklı olarak, hendeğin altında filtreleme katmanları yoktur ve toprağa doğrudan uygulanan bitki örtüsü ile yağmur suyu akışı iyileştirilir aynı zamanda hendek bölgesi sulak alanlar gibi davranır, böylece kirliliğin giderilmesi sağlanmaktadır. Şekil 2.10'da Çimlendirilmiş ve bitkisel hendek uygulamasına örnek verilmektedir.

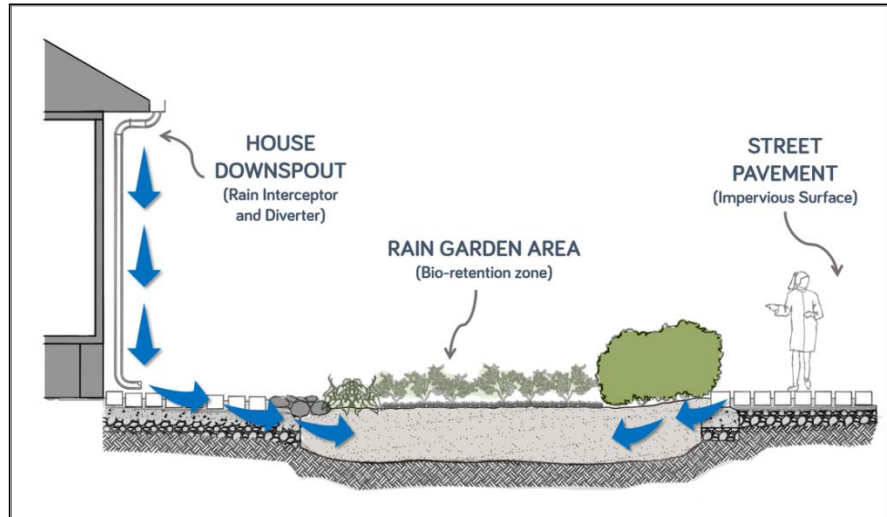


Şekil 2.10 Çimlendirilmiş ve Bitkisel Hendek Uygulaması (Anonim 2017a)

Yağmursuyu havzaları, yüzeysel su akışını azaltmak ve kirletici miktarını azaltılması amacıyla yağmur suyunun geçici olarak veya kalıcı olarak depolanması üzere tasarlanan uygulamalar bütünüdür. Ayrıca aşırı yağmur suyunun havzalarda tutularak taşkınların azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Yağmursuyu havza uygulamaları; Yağmur Bahçeleri, Göletler, Sulak Alanlar, Şerit Filtreler, Sızdırma Havuzları ve Bitki Kutuları ile elde edilmektedir (WD 2013).

b. Yağmur Bahçeleri (Rain Gardens)

Yağmur bahçeleri, aynı zamanda biyo-tutma havzaları olarak adlandırılmaktadır. Ancak biyo-tutma havzaları genel bir konsepttir ve büyük ticari peyzaj alanlarında bulunmaktadır. Yağmur bahçeleri yağmur suyunun tutma ve sızdırma bahçeleridir. Şekil 2.11’de detaylı şematik gösterimi verilen yağmur bahçeleri genellikle çatı yağmur suyunu yakalaması için yerleşim yerleri ve peyzaj alanlarının yakınlıklarına tasarlanmaktadır. Ayrıca yüzeysel akışın yollar veya park alanları gibi geçirimsiz yüzeylerden yönlendirildiği kot altında kalan alanlarda da oluşturulmaktadır. Doğal bitkiler, akış hacmi kontrolü sağlamak ve estetik değere sahip olmak için kullanılmaktadır. Yağmur bahçeleri hem kumlu hem de killi toprak üzerine inşa edilebilmektedir.



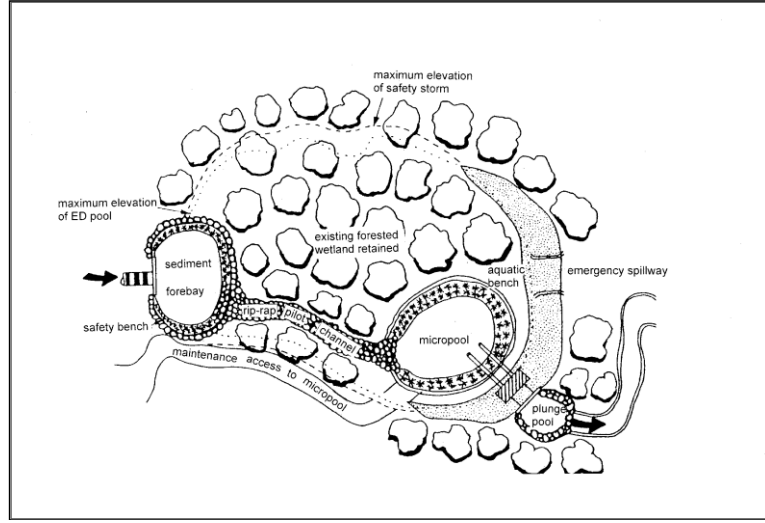
Şekil 2.11 Yağmur bahçelerinin şematik gösterimi (Dagcuta 2017)

Yağmur bahçesinin amacı, doğal bir su akışı yaratmak ve yağmur suyunun toprağa nüfuz etmesini sağlamaktır. Yağmur bahçesinin büyüklüğü toplanılacak alan büyüklüğüne göre belirlenmelidir. Bununla birlikte yağış durduktan sonra yağmur suyu, bir yağmur bahçesinde 48 saatten fazla olmamalıdır. Yağmur bahçeleri sivrisinek popülasyonlarını arttırmamalıdır, çünkü sivrisinekler üreme döngülerini bu sürede tamamlayamazlar (Seymour 2005).

c. Yağmur Suyu Bekletme Göletleri

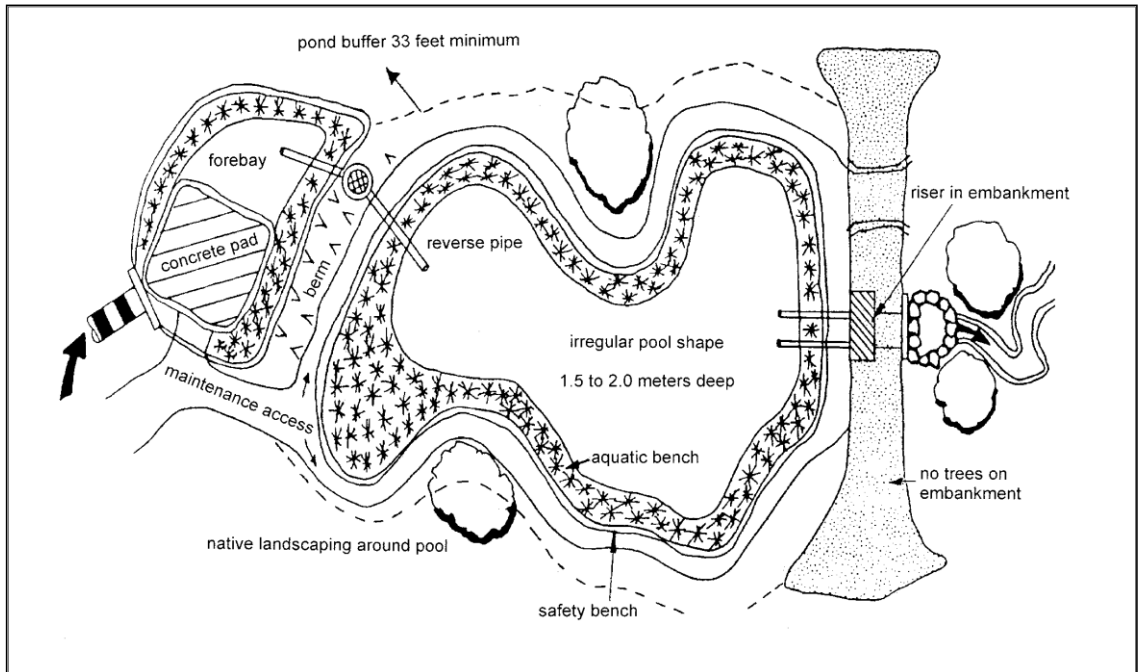
Bekletme göletleri, yağışlar ile meydana gelen yağmur suyundaki kirleticilerin yer çekimiyle belirli bir süre bekletme havuzunda tutularak çöktürülmesi ve sudan ayrılması amacıyla gerçekleştirilen uygulamalardır. Aynı zamanda yapay olan bu göletler, yağışlardan sonra yağmur suyunun yüzeysel su akışına katılan kısmının bir miktarının dar bir kanal yardımı ile toplanarak bekletildiği göletlerdir. Bekletme göletlerinin; Kuru (Uzun Süreli) Bekletme Göletleri (Dry Ponds), Islak Bekletme Göletleri (Wet Ponds), Çoklu Gölet Sistemleri (Multiple Ponds System) olmak üzere üç adet uygulama çeşidi bulunmaktadır.

Kuru (Uzun Süreli) Bekletme Göletlerinde yağış olayları dışında gölet içerisinde su bulunmaz ve yağışlarda dolabilmesi için boş ve kuru bir şekilde bekletilir. Ayrıca bu tip sistemlerde; yüzeysel su akış öncelikle toplama havuzu, çökelme havuzu bunlara bağlı bir tıkanma kontrol havuzu bulunmaktadır (Şekil 2.12). Kuru Bekletme Göletlerinde kirlilik giderim miktarı havuz büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte yapılan araştırmalarda, kirlilik izleme alanında yapılan kirlilik izleme çalışmaları sonucunda; toplam askıda katı madde (TAKM) miktarında % 30 ve % 70 arasında, toplam fosfor miktarı % 10 ve % 30 arasında ve kimyasal oksijen ihtiyacında (KOİ) miktarında ise % 15 ve % 40 oranında kirlilik giderimi sağlandığı gözlenmiştir (WD 2013).



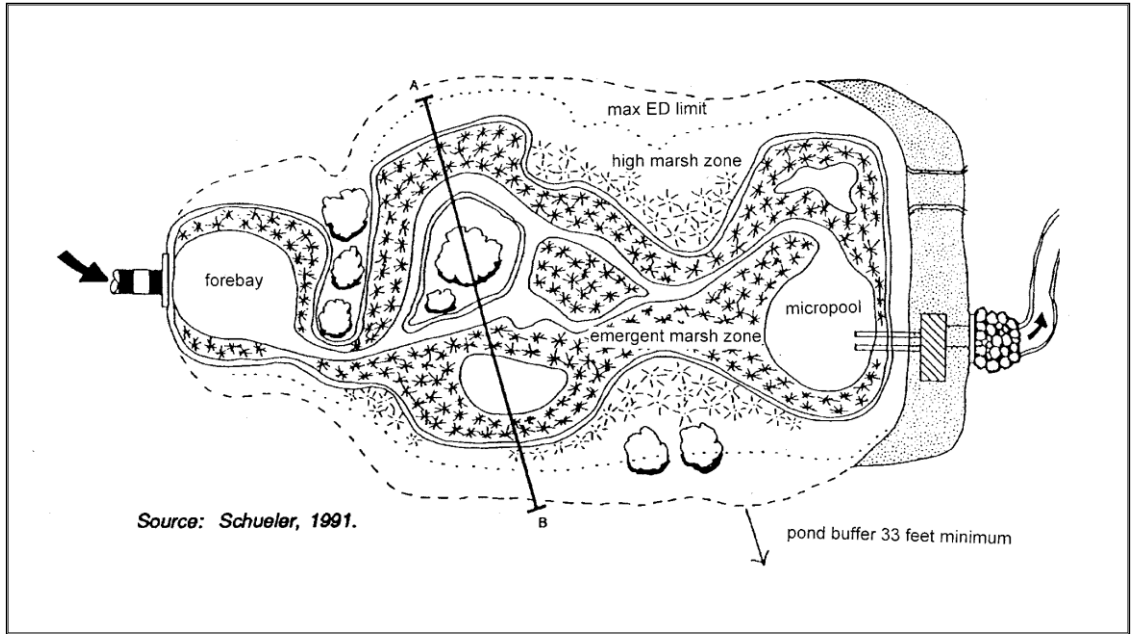
Şekil 2.12 Kuru (Uzun Süreli) bekletme göletinin şematik gösterimi (Schueler 1991)

Islak Bekletme Göletleri aksine yağış olayları dışında gölet içerisinde su bulunmaktadır. Geliştirilmiş Islak Gölet sistemlerinde, tortunun kolayca uzaklaştırılabileceği bir toplama havuzu, ardından çevresinde saçak bulunan bir sulak alan bulunmaktadır (Şekil 2.13). Kirlilik izleme alanında yapılan çalışma sonuçları ıslak bekletme göletlerinin tortu miktarı % 50 ve %90 arasında, toplam fosfor miktarı % 30 ve % 90 arasında ve çözülmüş madde miktarında ise % 40 ve % 80 arasında giderim sağlandığı gözlenmiştir (WD 2013).



Şekil 2.13 Islak bekletme göletinin şematik gösterimi (Schueler, 1991)

Çoklu Gölet Sistemlerinde, birden fazla göletten oluşan bu sistemler kuru bekletme göletlerinde, ıslak bekletme göletleri, sığ sulak alanlar veya bir arıtma bölgesi sistemlerini çeşitli şekillerde birleştirilerek çalışmaktadır ve bu nedenle birden çok arıtma mekanizması kullanılmaktadır. Tasarım detayı Şekil 2.14'de verilmektedir ancak birlikte tasarlanan bu sistemler saha bölgeye özgü özelliklere göre en elverişli olacak mekanizmalar belirlenerek tasarlanabilmektedir (WD 2013).

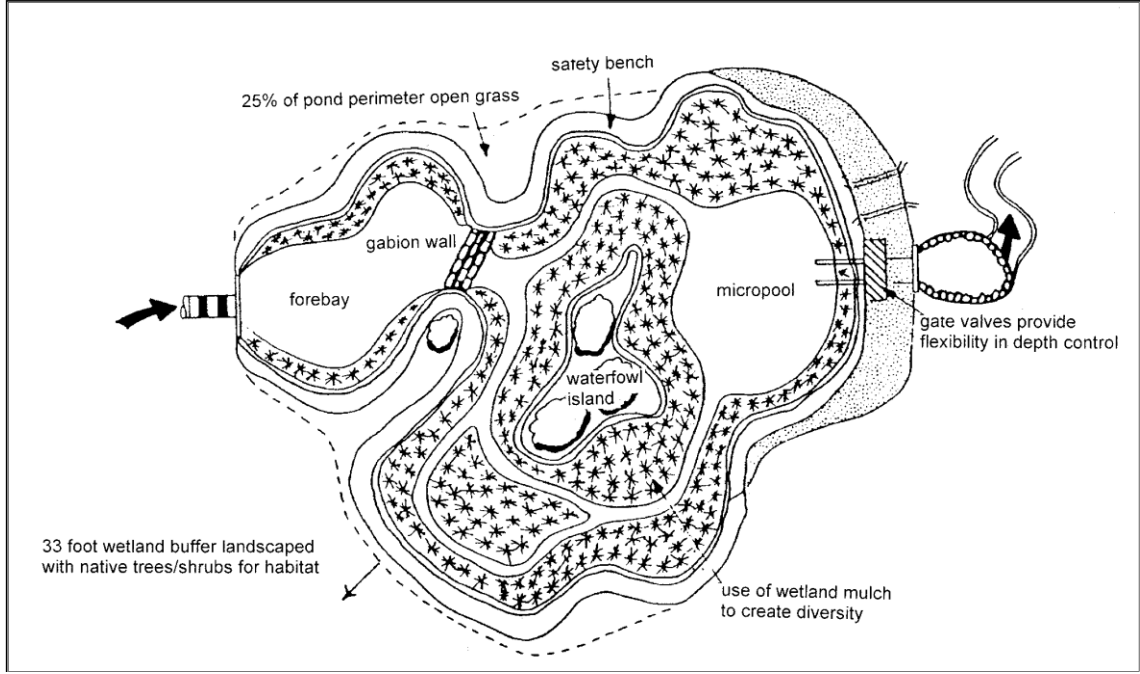


Şekil 2.14 Çoklu gölet sistemlerinin şematik gösterimi (Schueler 1991)

d. Yağmur Suyu Sulak Alanları (Wetlands)

Yağmur suyu sulak alanları, kentsel yağmur suyu arıtımı ve akışı kontrol etmek için tasarlanmış sığ bataklık sistemleridir. Bataklık bitki örtüsü ile kirletici giderimi sağlanırken aynı zamanda inşa edilen bölgeye biyolojik çeşitlilik ve estetik sağlamaktadırlar. İnşa edilen alan drenaj edilecek bölgeye göre tasarlanmalıdır ancak bölgenin eğimi % 8'den fazla olmamalıdır. Ayrıca geçirgen toprak yüzeyleri sulak alanlar için uygun değildir, orta ya da iyi dokulu (tınılı ve orta tınılı) toprak yüzeyine kurulmalıdır. Yağmur suyu sulak alanları, depolanan suyun akışının kontrolü için toplama havuzu sonrasında bataklık ile sağlanan mikro havuz ve yüzen adacıklardan oluşmaktadır (Şekil 15). Yağmur suyu sulak alanlarında kirletici arıtımı; çökeltme,

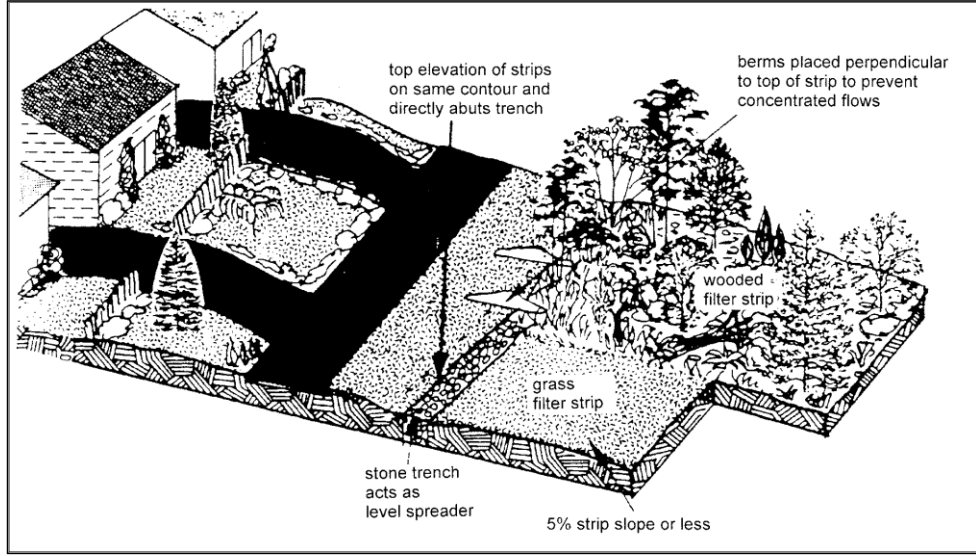
adsorpsiyon, fiziksel filtrasyon ve mikrobiyal çözünme ile sağlanmaktadır. Bu sistemler ile sağlanan sediment giderim oranları oldukça yüksektir ancak nütrient giderim oranları ise düşüktür. Genel giderim oranı büyüme mevsiminde en yüksek, kış aylarında ise en düşük düzeydedir (Strecker ve ark., 1990).



Şekil 2.15 Yağmur suyu sulak alanlarının şematik gösterimi (Schueler 1991)

e. Şerit Filtreler (Filter Strips)

Şerit Filtreler, yoğun bitki örtüsü ile ayrılmış alanlardır. Yüzeysel su akışını ve akış hızını yavaşlatmak ve yağmur suyunun bitkisel filtre ve toprak infiltrasyonu ile kirlitici giderimi amacıyla tasarlanmaktadır. Bu tasarım yüksek hızlı ve fazla miktarda yüzeysel su akışı oluşan bölgelerde verimli olmadığından genellikle düşük drenaj bölgelerinde kullanılması önerilmektedir (WD 2013). Filtre Şeritler (Şekil 2.16) uygulamaları; yollar, otoyollar, çatı iniş boruları, çok küçük otoparklar ve geçirgen yüzeylerden gelen akış kontrolü için uygundur. Şerit filtreler eğim oranı %5'ten düşük eğimli bölgelere, zeminle aynı seviyede tasarlanmalıdır. Bu sistemlerde, kirlilik giderim verimi uygulanan bölge alanına ve bitkilere göre değişmektedir ancak düşük hızdaki yüzeysel su akışında bulunan sediment ve organik madde giderim oranı iz elementlerin giderim oranından daha yüksektir (Woodward-Clyde 1991.)

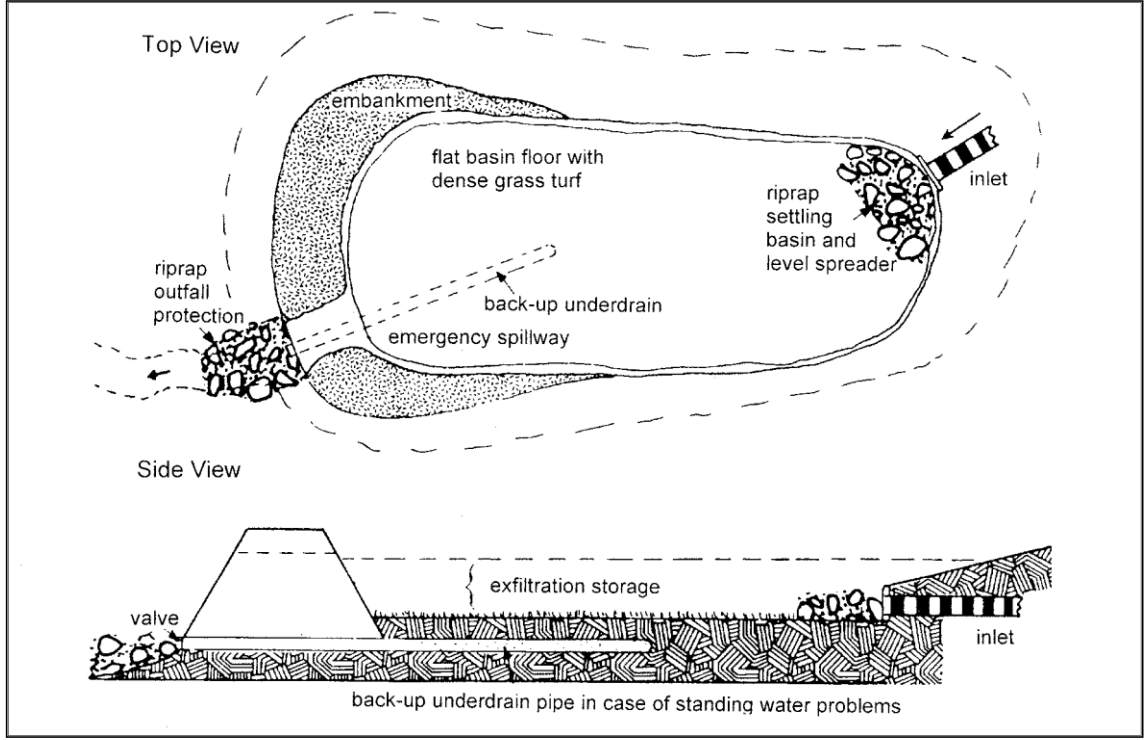


Şekil 2.16 Şerit Filtreler uygulamasının şematik gösterimi (Schueler 1987)

f. Sızma Havzaları (Infiltration Basins)

Sızma havzaları, yüzeysel su akışının tutulması ve havza tabanında bulunan toprak tarafından emilimi için tasarlanmış alanlardır. Toprak geçirgenliği arttıkça havzalarda gerçekleşen sızma ve kirlilik giderimi kapasitesi artmaktadır bu nedenle toprak tipi sızma alanı için önemlidir. Sızma havzalarında kirlilik giderimi havza alanının en alt toprak tabakasında adsorpsiyon, süzülme ve mikrobiyal çökeltme ile sağlanmaktadır. (Şekil 2.17) Havzanın drenajı, aerobik koşulları korumak ve kirleticilerin mikrobiyal giderim sağlamak için toprak emiliminin en az 72 saat içinde gerçekleşecek şekilde tasarlanmalıdır (WD 2013).

Sızma havzalarının yüksek sediment girişi sebebiyle tıkanmalar ve alg büyümesi gibi sorunlara yol açabilir. Ayrıca incelenen havzaların %60-100'ü en fazla beş yıl verimli kullanım süresine sahip olduğu görülmektedir ancak havzaların alt zemin montajı ile kum filtresine dönüştürülerek havzanın ömrü uzatılabilmektedir (WD 2013).



Şekil 2.17 Sızma havzası uygulamasının şematik gösterimi (Schueler 1987)

g. Bitki Kutuları (Planter Box)

Bitki kutuları, zeminin üstünde veya altında bulunan, yağmur suyunun biyo-tutma kullanarak bitki örtülü bir alanda tutulmasıdır. Böylece geçirimsiz yüzey alanı azaltılır, yağmur suyu ve hasat edilen su bitkileri sulamak için kullanılır ve bitki örtüsü buharlaşma yoluyla yağmur suyunu azaltır. Konteyner, infiltrasyon ve akıntılı olmak üzere üç tip bitki kutusu çeşidi bulunmaktadır. Şekil 2.18'de gösterildiği üzere klasik bitki saksısı şeklinde tasarlanan konteyner tipi bitki kutuları için bir çok malzeme kullanılabilir ancak genellikle ahşap ve beton kutular kullanılarak uygulanmaktadır. Ayrıca kutuların boyutları ve sayıları uygulanacak bölgenin yağmur suyu yağış miktarına göre değişmektedir (Anonim 2019e).



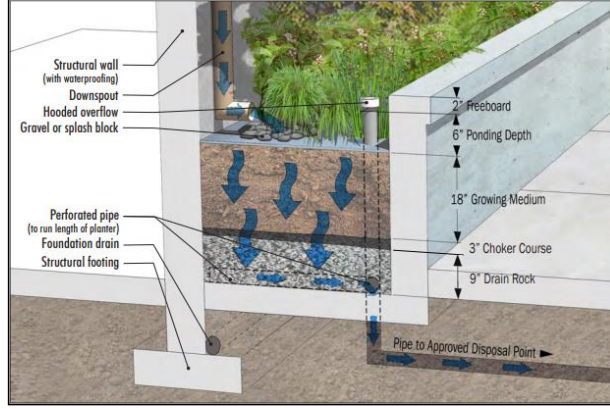
Şekil 2.18 Konteyner bitki kutusu (Anonim 2019e)

İnfiltrasyon bitki kutularında ise çatılardan akan yağmur suyunun toplanarak akışın bitki kutusuna sızması sağlanır. Bu nedenle bina temelinin korunması için uygun su yalıtım önlemlerinin kullanılması şartıyla yağmur suyu iniş borularına yakın yerleştirilmektedir. Ayrıca yağmur suyunun toprak tarafından emilimi sağlanabilmesi için infiltrasyon bitki kutuları toprak yüzeye uygulanmaktadır. Şekil 2.19'da Woodlawn Kütüphanesin' de bulunan İnfiltrasyon bitki kutusu örnek uygulaması verilmektedir (Anonim 2019f).



Şekil 2.19 İnfiltrasyon bitki kutusu (Anonim 2019f)

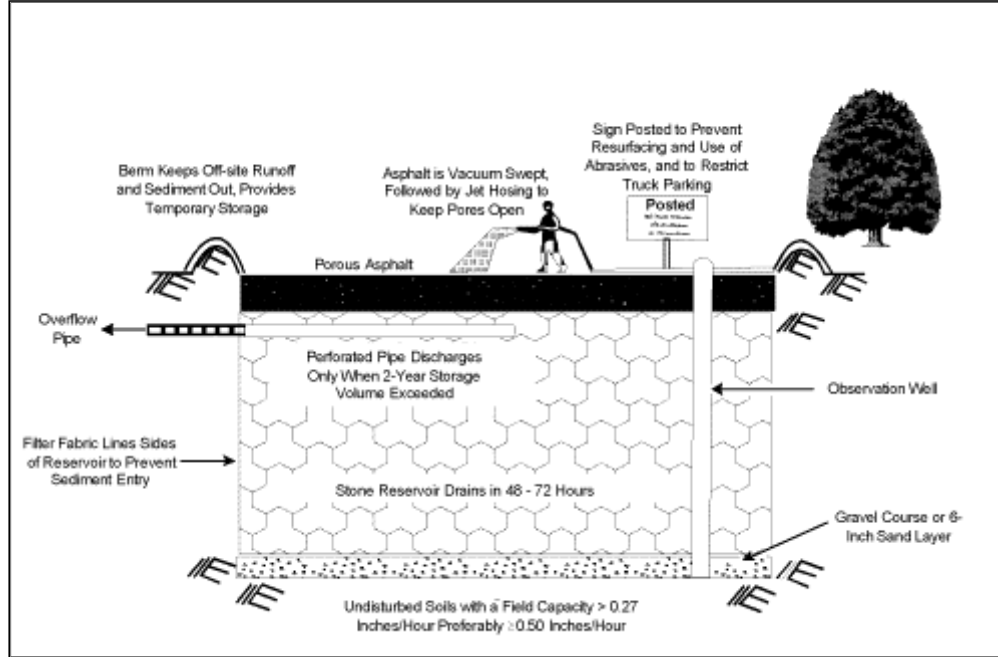
Akıntılı bitki kutuları, çatılardaki yağmur suyunun toplanarak bitki örtüsü ve çakıl katman boyunca süzülürken aynı zamanda kirletici gideriminin sağlandığı yapısal drenaj sistemleridir. Ayrıca akıntılı bitki kutusunun altında delikli bir boru sistemi bulunmaktadır. Böylece aşırı yağmursuyu toplanır ve tahliye noktasına deşarj edilir. Şekil 2.20'de tasarım detayları gösterilmektedir (WD 2013).



Şekil 2.20 Akıntılı bitki kutusu şematik gösterimi (Anonim 2019g)

2.4.3. Geçirimli Yüzey Kaplamaları (Porous Pavement)

Geçirimli yüzey kaplamaları, yağmur suyu veya erimiş kar suyunun yüzey akışının azaltılarak toprak tarafından emilimi sağlandığı yüzey kaplama türüdür. Geçirimli yüzeyler; gözenekli asfalt ve geçirgen beton katman ile sağlanmaktadır. Geçirimli yüzey kaplamaları yüzeysel su akışının geçirimli yüzeyin ardından yeraltında bulunan çakıl taşı katmanına yönlendirilerek depolanması ve depolanan yağmur suyunun toprak tarafından emilimi sağlanacak şekilde tasarlanmaktadır (Şekil 2.21). Böylece yıllık yağmur yağış miktarının yaklaşık % 90'ı yüzeysel su akışa katılmak yerine yer altı suyuna katılarak yeraltı suyu beslemesi sağlanmaktadır. Yüzeysel su akışının azalması ve yağmur suyunun toprağa sızmasına katkı sağlanmasının yanı sıra % 82 ve % 95 arasında sediment giderimi, nütrient, % 65 oranında fosfor giderimi ve % 80 ve % 85 arasında toplam nitrojen giderimi, ayrıca iz metal gideriminin de yüksek oranlar sağlanmaktadır (EPA 1999).



Şekil 2.21 Geçirimli yüzey kaplaması kurulumunun şematik gösterimi (EPA 1999)

Geçirimli yüzey kaplamaları, otopark, trafiğin az olduğu yollar ve yürüme yolu kaplamalarında uygulanabilmektedir. Ayrıca uygulanacak bölgelerin bakımı ve onarıma uygun bölgeler de olması gerekmektedir. Anaerobik koşulların oluşmaması için 48 ve 72 saat içerisinde sızdırmanın tamamlanacağı şekilde tasarlanmalıdır ve yılda en az 4 kere genel bakımının yapılması gerekmektedir (EPA 1999).

a. Örgü Kaplamalar (Grid Pavement)

Zemin örgü kaplamaları, gözenekli yüzey kaplamalarına alternatif verimli bir kaplama çeşididir. Örgü kaplamalar, geri dönüştürülmüş plastik veya betondan yapılmaktadır ve örgü deseni genellikle bal peteği veya kafes şeklindedir. Desende bulunan boşluklar yoluyla yağış sırasında yağmur suyunun birikmesini ve toprağa sızması sağlanır. Böylece yağmur suyu yeraltı suyuna katılmaktadır.

Örgü kaplamaların alt katmanı sert bir zemin oluşturmak ve estetik bir görüntü sağlamak için genellikle kum, çakıl ve/veya çim ile doldurulmaktadır. Çim uygulamasında, verimli kullanım için alt tabanına kum ve çakıl karışımı toprak eklenmelidir (EPA 1999).

2.4.4. Yeşil Sokaklar (Green Street)

Yeşil sokaklar, yağmur suyunun ve yüzeysel su akışının depolanması, toprağa sızdırılması ve buharlaştırılması için sürdürülebilir altyapı sistemlerinin sokaklara entegre edilerek gerçekleşmektedir. Yeşil Sokaklar, kirliliğin su kanallarına ulaşmadan giderilmesini, geçirimsiz yüzeyi, altyapı maliyeti ve su baskınlarının azaltılmasını ve yeraltı suyuna sızmayı arttırılmasını sağlamaktadır (EPA 2020).

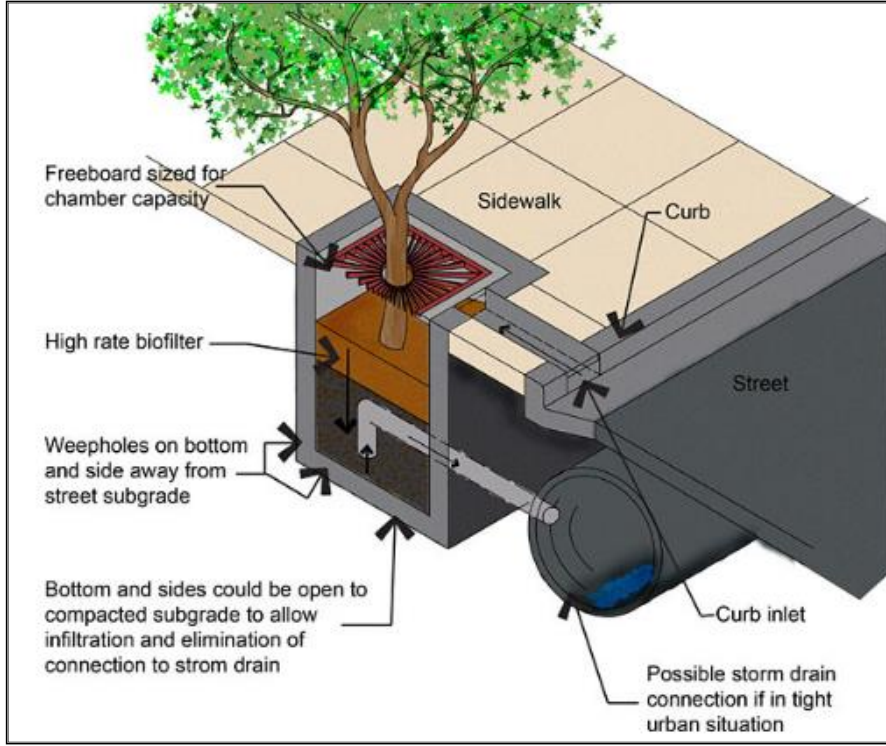
Yeşil sokaklar da yağmur suyu sistemlerinin uygulama tipleri; bordür uzantıları, çıkıntılı bordür çıkışları, kaldırım bitkileri, ağaç kuyuları ve giriş tasarımlarıdır. Bordür uzantıları, çıkıntılı bordür çıkışları ve kaldırım bitkilendirme uygulamaları yol kenarlarında bordürler ile çevrelenen ve içerisindeki bitkiler sayesinde yağmur suyunun biyo-tutma ile tutularak toprağa sızdırılmasının sağlandığı sistemlerdir (Şekil 2.22). Ayrıca bu tip sistemler tasarlanırken çevrelenen alanlara bordürlerde verilen açıklık ile çıkış noktası eklenmektedir böylece biyo-tutma bölgesindeki fazla suyun dışarıya deşajı sağlanmaktadır (Ulusoy 2011).



Şekil 2.22 Bordür uzantısı ve kaldırım bitkilendirme uygulamaları (EPA 2020)

Ağaç kuyusu uygulamaları yüzeysel su akışının drenaj borularında hasat edilerek yol kenarlarında bulunan ağaçların köklerinde taşımının sağlandığı sistemlerdir. Böylece yağmur suyu ve yüzeysel su akışında bulunan sediment ve kirlilik giderimi

sağlanılmaktadır. Ağaç kuyusu uygulamalarının tasarım detaylarının şematik gösterimi Şekil 2.23'de verilmektedir (Ulusoy 2011).



Şekil 2.23 Ağaç kuyusu uygulamasının şematik gösterimi (Anonim 2015b)

Giriş tasarımları, drenaj sistemine eklenen destek ekipmanları ile bitkilendirilmiş bölgelerden sızan yağmur suyunun sızdırılmasının gerçekleşmesidir. Genellikle yollardan kaynaklanan yüzeysel akışı tutmak için yürüyüş yollarına ve otoparklara yağmur suyunun tahliyesi için hendek sistemleri uygulanmaktadır (Ulusoy 2011).

2.4.5. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetiminde Verimli Sulama Sistemleri

Sürdürülebilir kampüs yönetimindeki temel hedeflerden birisi olarak bahsedilen kaynak korunumu kampüs içerisinde bulunan peyzajın verimli sulama sistemleri kullanılarak sulanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Çim ve peyzaj alanların da verimli sulamanın olmasını sağlamak için uygulanması gereken dört temel prensibi şunlardır:

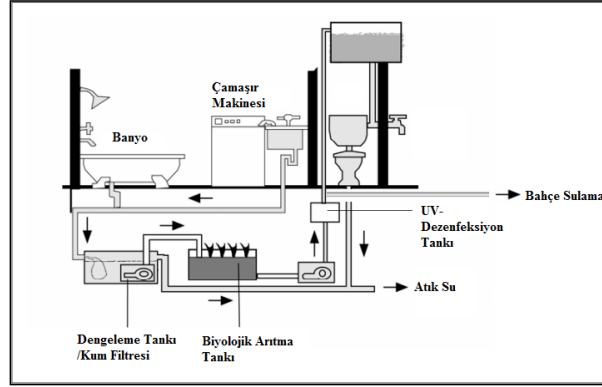
- Uygulanan su miktarının bitki ve toprağa uygunluğu,
- Bitki ve hava şartlarına uygun su uygulamasının zamanlamasının takibi,
- Suyun düzgün ve etkili bir şekilde uygulanılmasının sağlanması,

Suyun bitkilerin köklerine dökülme, derin drenaj, etkisiz kapsama alanı ve diğer kaynaklar yoluyla israf edilmeden uygulanmasıdır (Connelan 2002).

Damla sulama ve fıskiyeleler gibi verimli sulama sistemlerinin kullanılması su tüketimini azaltır. Yumuşak hortum kullanımı veya damla sulama en su tasarruflu sistemlerdir. Toprak yüzeyinde veya toprakta sulama sistemleri ise havadan sulama sistemlerinden su tasarrufunda daha verimlidir. Havadan gerçekleşen sulama sistemlerinin kullanımında sıcak havalarda, buharlaşma nedeniyle kayda değer miktarda su kaybedilmektedir. Ayrıca bitkilerin su gereksinimleri mevsimlere göre değişmektedir, bu nedenle sulama sistemlerinin zamanlayıcısı mevsimsel olarak programlamak ve yağmur sensörlerini kullanmak suyun korunmasına yardımcı olmaktadır. Sulama sistemlerinde yağmur sensörleri olmadığı durumlarda sistem manuel olarak kontrol edilebilmektedir (Thompson ve Sorvig, 2000, Tuna 2006).

2.4.6. Gri Su Sistemleri

Gri su terimi çamaşır makineleri, duşlar, küvetler ve lavabo musluklarından gelen az kirli atık suları tanımlamak için kullanılmaktadır. Tuvalet rezervuarları, mutfak lavaboları ve bulaşık makinelerinden gelen atık sular ise gri sulara dahil edilmemektedir. Gri su sistemleri; banyo lavaboları giderlerinden toplanan suyun sulama için kullanılması veya gri suların binalarda bulunan drenaj hatlarında ayrı bir hat üzerinden toplanarak ve gerekli arıtmalar sağlanarak araba yıkamada, tuvalet rezervuarlarında, tarımsal sulama ve bahçe sulama sistemlerinde kullanılmak üzere iki kategoriden oluşmaktadır. Verimli ve etkili bir gri su sisteminde dengeleme tankı, ikincil biyolojik arıtımı, UV-dezenfeksiyonu, depolama tankı ve yükseltici pompa sistemi bulunmalıdır. Gri su sistemlerinin evlerde toplanılması, depolanması ve tuvalet rezervuarı ve bahçe sulamasında kullanımının tasarımının şematik gösterimi şekil 2.24'de verilmektedir (Fane 2013).



Şekil 2.24 Gri su sisteminin şematik gösterimi (Fane 2013)

Sistemlerde kullanılacak arıtma türü, gri suyun kullanım alanına göre esneklik gösterilebilir ancak kullanılacak arıtma teknikliklerinin verimliliğinin kontrolü önemlidir. Ülkemizde kullanım suyunun kalite parametrelerini belirleyen kanuni yönetmelik bulunmamaktadır bu nedenle evsel kullanım için kalite parametreleri Avrupa Birliği tarafından belirlenen AB 76/160/EEC yönetmeliği kalite parametreleri ve miktarları Çizelge 2.1'de verilmektedir. Ayrıca aynı yönetmelikte sulama suları için e-koli bakterisi standart değeri bulunmaktadır. Sera ve açık alanlardaki çiğ tüketilecek bitkilerin olduğu bölgeler, spor sahaları ve parklar için 100 ml kullanım suyunda e-koli bakterilerinin bulunma miktarının 200'den az olması önerilmektedir (AB 76/160/EEC 1975).

Gri su sistemleri, suyun yeniden kullanımın bir sonucu olarak, içme suyu kaynaklarının korunarak suyun doğal ekosistemlerde kalmasını sağlayarak sürdürülebilir su yönetimine katkı da bulunmaktadır.

2.5. Sürdürülebilir Kampüs Yönetiminde Dünyada Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, dünyadaki sürdürülebilir kampüs örnekleri hakkında ayrıntılı bir literatür araştırmasından sonra seçilen yedi üniversite Konum ve Ulaşım, Sürdürülebilir Bölgeler, Su Verimliliği, Enerji ve Atmosfer, Malzeme ve Kaynak Kullanımı, İç Ortam Çevre Kalitesi ve İnovasyon olmak üzere yedi kategoriye göre analiz edilmiştir. Analiz edilen üniversiteler ilgili konulara uygun verilere, planlara, figürlere ve fotoğraflara erişimin en iyi örnekleri olmakla birlikte sürdürülebilir Kampüs ilkeleri stratejileri ve uygulamaları bulunan eğitim kurumlarıdır.

Analiz edilen üniversiteler; Alcalá Üniversitesi, Kaliforniya Üniversitesi, Nottingham Üniversitesi, Oberlin Üniversitesi, Oregon Üniversitesi, Oxford Üniversitesi ve Waterloo Üniversitesi'dir. Türkiye'de ki analiz edilen kurumlar ise Boğaziçi Üniversitesi ve Yeditepe Üniversitesi seçilmiştir.

Analiz edilen üniversiteler yükseköğretim kurumlarının kendi kurumları açısından yanıtladıkları ve verdikleri yanıtlar doğrultusunda çevre politikalarını analiz eden ve sıralama haline getiren dünya çapında türünün tek örneği olan Yeşil Ölçüm (UI GreenMetric Dünya Üniversite Sıralaması (UIWGM)) sistemi ve sürdürülebilirlik performansını zaman içinde karşılaştırmak için Yükseköğretimde Sürdürülebilirliğin Geliştirilmesi Derneği (AASHE) tarafından geliştirilen şeffaf bir raporlama sistemi olan STARS'da (Sürdürülebilirlik İzleme, Değerlendirme ve Derecelendirme Sistemi) da değerlendirilmiştir (Anonim 2019a, Anonim 2019b).

Sürdürülebilir Kampüs için kurumların atması gereken adımlar ve gereken tasarım ilkeleri ve bu ilkelerin değerlendirilme ve derecelendirme sistemleri ile ilgili çeşitli stratejiler ve uygulamalar bölüm 2.3.7'de verilmiştir. Tez çalışması kapsamında analiz kategorileri LEED sisteminin mevcut binaların değerlendirilmesi için kullanılan LEED v4.1 Operasyon+Bakım (Operations+Maintenance (O+M)) sisteminden yararlanılmıştır. Bu derecelendirme sistemi LEED tarafından 2019 yılında geliştirilen en güncel versiyon sistemdir. Ayrıca kampüs genişletme ve yenileme projeleri için uygundur ve tezin bu kısmında referans olarak kullanılmaktadır (Anonim 2020ı).

Analiz edilen üniversiteler vizyonlarını çevresel varlıklara göre geliştirmiş ve çevre kaynaklarının korunması tasarımlarının amacıdır. Kurallarını bölgenin topografya, eğim, yükseklik, jeoloji, iklimsel özellikler; sıcaklık, rüzgar, yağış oranı ve güneş ve doğal kaynaklar; nehirler, ormanlık alanlar, çayırlar ve fay hatları gibi koşullarına göre yönetmektedirler. Ayrıca analiz edilen üniversiteler farklı iklim bölgelerinde olmaları nedeniyle uygulama teknikleri değişmektedir (Ulusoy 2011).

2.5.1. Alcalá Üniversitesi (Madrid, İspanya)

Alcalá Üniversitesi (UAH) sürdürülebilirlik alanında İspanya’da öncü bir üniversitedir. Kampüs içinde ve dışında çevre koşullarını iyileştirmek için dünyada 50 üniversiteyi tanıyan Çevresel Sürdürülebilirlik Sertifikası'nı almıştır. Alcalá Üniversitesi tüm üniversite topluluğunun çabaları sayesinde çeşitli sıralamalarda lider konuma sahiptir, yeşil ölçüm sıralamasında İspanya’da ikinci, dünya sıralamasında ise on dokuzuncu sıralamada yer almıştır (Anonim 2019b, Anonim 2019i).

Konum ve Ulaşım’da çevre koşullarını iyileştirmek için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Alcalá Üniversitesi, emisyon etkisini azaltmaya yönelik girişimlerde bulunmuştur. Kampüste Güvenlik ve Trafik İyileştirme Planı geliştirilerek kampüste motorlu taşıtların kullanımına yönelik hızı azaltmak ve süreleri kısıtlamak için özel önlemler alınmıştır.
- ❖ Bisikletle güvenli bir şekilde dolaşmak için gerekli altyapılar ve ekipman yaratılmış ve/veya iyileştirilmiştir.
- ❖ Kampüs etrafında dolaşmak üzere ücretsiz bir mini tren hizmeti vardır.
- ❖ 2011 yılında, yenilenebilir bir kaynaktan temiz enerji üreten güneş panelleri tarafından beslenen elektrikli arabaları şarj eden İspanya'daki ilk Fotovoltaik İstasyonu kurulmuştur. İstasyon dört arabanın ve beş elektrikli bisikletin pillerini tamamen şarj edebilir yeterlidir (Anonim 2019b) .

Sürdürülebilir Bölgeler açısından koşulların iyileştirmesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Alcalá Üniversitesi Tarihi Kampüs, Alcalá Üniversitesi Yüksek Politeknik Okulu, Alcalá Üniversitesi Guadalajara Kampüsü Eğitim Fakültesi olmak üzere üç ayrı kampüsü bulunmaktadır. Alcalá Üniversitesi Tarihi Kampüsü 1998 yılında UNESCO tarafından Alcalá Üniversitesi'ni bir Dünya Mirası Alanı ilan etmiştir. UNESCO kuralları ve üniversitenin Çevre Politikası kapsamında kampüs genelinde alınan projeler çevreye etkisi düşük projeler kapsama alınmıştır.
- ❖ Roma kökenli olduğu söylenen Arap döneminde değiştirilmiş yağmur suyu toplama borusu olarak kullanılan eski bir qnat keşfedilerek tekrar kullanıma kazandırılmıştır, elde edilen toplama su ile sulama yapılmaktadır.

- ❖ Şekil 2.25’de görüleceği üzere kampüste bulunan oditoryum, soyunma kabini binaları ve seraların çatısından su toplama sistemleri bulunmaktadır (Anonim 2019i).



Şekil 2.25 Çatısından su toplama sistemi bulunan Oditoryum, Soyunma Kabini Binaları ve Seralar (Anonim 2019i)

Su Verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ UAH 300 hektarlık kampüs alanının çoğunda ve kampüs içerisinde bulunan botanik bahçesi sulamasında mevcut kuyular kullanılır. Özellikle yaz sezonunda tükenen bu kuyuların kullanımlarının titiz bir şekilde kontrol edilmesi ve yönetilmesi gerekir bu kapsamda dikkat edilen hususlar;
 - 1) Toprak mikroorganizmalarının gelişimini desteklemek, suyun sebzeler tarafından emilimini optimize etmek.
 - 2) Sadece hafif dikey toprak işlemenin yapılması ve toprakta organik maddelerin yeterli oranda korunması ve suyun birikmesi ve tutulmasını desteklemek.
 - 3) Sulama sırasında su tüketimini azaltmak için basınç ayar cihazları, programlayıcılar ve zamanlayıcılar kurmak. Gereken minimum doz ve sıklıkta sulama yapılmasını sağlamak.
 - 4) Yeraltı damla sulama sistemlerinin verimli bir şekilde kurulmasıdır.
- ❖ UAH İyi Çevresel Uygulama Kılavuzu, kısıtlı bir kaynak olan suyun, üniversite topluluğu tarafından doğru kullanımı için öneriler ortaya koymaktadır. Ayrıca Alcalá Üniversitesi Madrid Bölgesel Yönetimi'nin su kullanımı ile ilgili araştırma çalışmaları yapan bir girişimi olan Madrid İleri Araştırmalar Enstitüsü, çok sayıda bilim çalışanları ile ev sahipliği yapmaktadır .

Enerji verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Alcalá Üniversitesi'nde tüketilen tüm enerji doğalgaz, jeotermal ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. UAH bu kapsamda Ulusal Enerji Komisyonu tarafından sertifikalandırılmıştır.
- ❖ Binalardaki floresan lambalar LED ve sensörlü lambalarla değiştirilmiştir.
- ❖ Binalarda klima ve aydınlatmanın kapatılmasını programlanmıştır (Anonim 2019i).

Malzeme ve Kaynak verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Tesislerin geliştirilmesi veya rehabilitasyonunda, düşük enerji / su tüketimi, sürdürülebilir malzeme kullanımı, pasif tasarımlar kullanılmaktadır (Anonim 2019i).
- ❖ UAH, tehlikeli olmayan atıklar için entegre bir yönetim projesi ve yüksek düzeyde kirleticiler nedeniyle tehlikeli olarak kabul edilen ve üniversitenin günlük faaliyetlerinde kullanılan tehlikeli atıklar için bir yönetim programı geliştirmektedir.
- ❖ UAH, misyonu, kalıcı organik kirleticileri ortadan kaldırmak için şeffaf ve katılımcı bir sistem oluşturmayı amaçlayan Kalıcı Organik Kontaminantlar Ulusal Referans Merkezi ile işbirliği yapmaktadır (Anonim 2019i).

İç Ortam Çevre Kalitesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Tesislerin geliştirilmesi veya rehabilitasyonunda, çevreye zararı bulunmayan malzemeler ve lokal malzemeler kullanılmaktadır (Anonim 2019i).

İnovasyon için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ UAH, çevre ile ilgili bilimsel ve teknolojik bilgi ve inovasyon üretir. Aynı zamanda, tüm öğrencilerini çevre bilimleri içeriği dersleri ile çevresel fenomenin yorumlanması ile ilgili eleştirel düşüncelerini geliştirmeye ve topluma ve doğal dünyaya olan bağlılıklarını güçlendirmeye teşvik etmektedir (Anonim 2019i).

2.5.2. Kaliforniya Üniversitesi (Berkeley, ABD)

Kaliforniya Üniversitesi (UC), merkezi Berkeley'de bulunan 178.000 m²'lik Berkeley kampüsü dahil 10 adet kampüsü bulunmaktadır. Üniversitenin tüm kampüslerin dahil edildiği sürdürülebilirlik için resmi bir politikası bulunmaktadır. Sürdürülebilirlik girişimlerinden iki komite ve Sürdürülebilirlik Ofisi sorumludur. Kampüs sera gazı

emisyollarını önemli ölçüde azaltmak ve kampüs ortamını korumak bu bildirim önceliklerindedir.

Sürdürülebilirlik Ofisi bu çerçevede yapılan çalışmalar ve gelişmeler hakkında yıllık Sürdürülebilirlik Raporu yayınlamaktadır. UC Berkeley, 2018 yılından itibaren AASHE'nin STARS değerlendirme sisteminde Altın statüsünü alarak çevre dostu bir kampüs geliştirme kararlılığını göstermektedir (Anonim 2019j).

Konum ve Ulaşım'da çevre koşullarını iyileştirmek için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

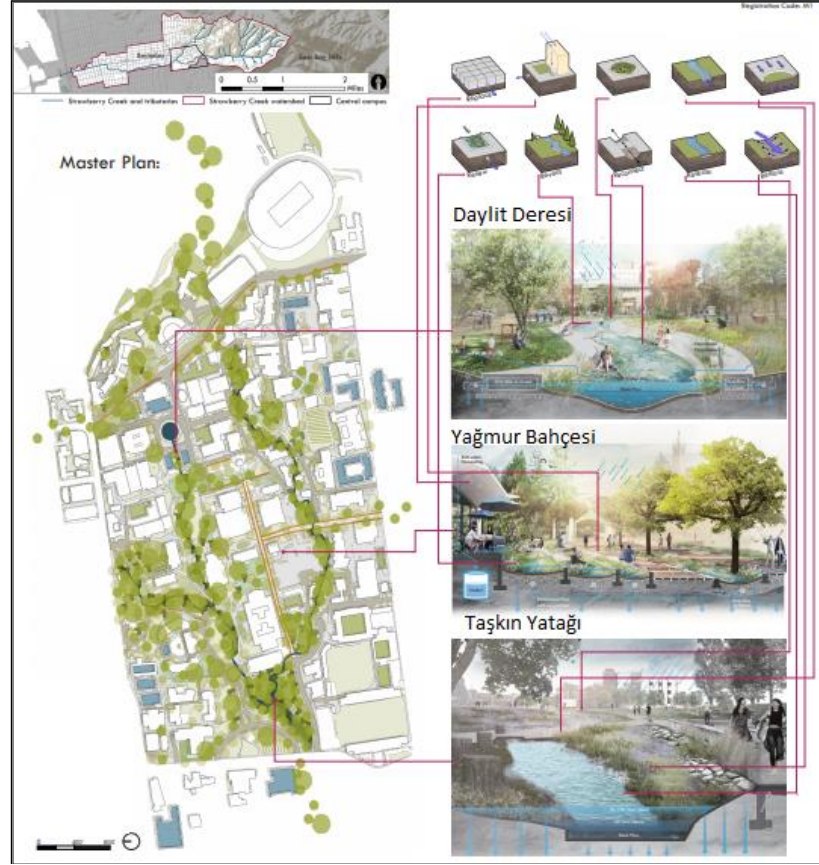
- ❖ Üniversite kampüs içerisinde ring otobüs sistemi sağlamaktadır aynı zamanda toplu taşıma ve koşullarda indirim uygulanmaktadır.
- ❖ Bir öğrenci grubu tarafından işletilen bir bisiklet paylaşım programı ve okul tarafından düzenlenen bir araba paylaşım programı vardır.
- ❖ Yeni Yön Programı ile otobüs geçiş programları, indirimli araba paylaşım otopark fiyatlandırması, transit geçişler, vergi öncesi alımlar ve bölgesel araç eşleştirme hizmetleri ile kampüs içerisinde kullanılan araç sayısı azaltılmıştır. Kampüste elektrikli otobüs gibi alternatif yakıtlı araç sayısını artırarak karbon emisyonu azaltılmıştır (Anonim 2019j).

Sürdürülebilir Bölgeler açısından koşulların iyileştirmesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kaliforniya Üniversitesinin on yıldan uzun süredir fırtına suyu kirliliğini önleme planlarını uygulamaktadır. Tam zamanlı Çevre Koruma inşaat takımı ile kampüsteki inşaat projelerinin, kirleticilerin (çoğunlukla tortuların) sahalardan çıkmasını önlemek için bir dizi gereksinime uymasını gerektiren İnşaat Yağmursuyu Genel İzin Planı olarak bilinenleri uygulamaktadır.
- ❖ Mevcut durumda geçirimsiz yüzeylerden gelen akış, yeni çim ve yağmur suyu tutma havzası tarafından yakalanmaktadır. Ayrıca vejetatif çatılar, gözenekli kaldırımlar, su birikintileri ve taşköprüler yağmur suyu yönetim planının unsurlarıdır.
- ❖ 2017'de yapılan yağmur suyu master planının ([Re]Generations) kampüste yağmursuyu yönetiminde yenilikçi ve yeni müdahaleleri içeren bir vizyon

sunmaktadır. Şekil 2.26’da gösterilmekte olan master plan çerçevesinde planlanan uygulamalar (Anonim 2019j):

- Tüm geçirimsiz yüzeyleri kendi kendini hafifletecek veya yeşil altyapı tarafından yönetilecek şekilde dönüştürülerek kampüste bulunan ve akışın deşarj edildiği Strawberry deresi ve SF körfezindeki akışın azaltılması sağlanmalıdır.
- Kampüste bulunan Taşkın yatağının ve Strawberry deresinin kampüste bulunan Daylit deresinin genişletilmesi sağlanmalıdır.
- Dere kanalı boyunca tüm istilacı bitki türlerini (ör. Cezayir sarmaşığı) çıkartılması ve doğal bitki örtüsü ve meşe ağaçlarının bölgeye yeniden dikilmelidir.
- Yeni binaları tasarlanılmasında yeşil çatılar veya yağmur suyu toplaması, toplanılan yağmur suyunun depolanmasının sağlanması veya yağmur bahçelerine yönlendirmek için mevcut binalardaki iniş çıkışlarını ayırılması sağlanmalıdır.
- Dere restorasyonu ve yağmursuyu yönetimi stratejilerini kapsamlı yaşam laboratuvarı eğitim programı sağlanmalıdır.
- Kampüs üzerindeki yağmur suyu yeşil altyapısını ve dere yaşam alanlarını, yorumlayıcı tabelalar, parkurlar ve parklar aracılığıyla kampüs, havza ve Berkeley Şehri arasındaki bağlantıyı katalize etmek için kullanılması sağlanmalıdır.
- Strawberry Dere havzasında katılımı teşvik etmek ve eğitim fırsatlarını geliştirmek için yerel kuruluşlarla ortaklıklar kurulması sağlanmalıdır.



Şekil 2.26 UC Sürdürülebilir Yağmur Suyu Master Planı (Anonim 2017b)

Su Verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ UC kampüs hizmetleri sulama için kullanılan su miktarını azaltmak için akıllı bir sulama sistemi kullanmaktadır. Kampüs sulama sistemlerinin gerçek zamanlı yönetimini sağlamak için bir elektronik ölçüm ve bir hava istasyonu kurulmuştur. Ayrıca sulama sistemleri sulanan bölgelerinin % 90'ından fazlası otomatik ve bir hava istasyonuna bağlıdır.
- ❖ Konut personeli ile çalışan öğrenciler yurtlarda farklı düşük akışlı duş başlıkları ve tuvaletlerini test etmektedirler.

Enerji verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ UC kampüsün beş bölgesinde güneş enerjisi panelleri bulunmaktadır. Toplam enerji tüketiminin %13'ü güneş enerjisinden sağlanılmaktadır. Bunun birlikte biyokütle, jeotermal ve rüzgar enerjisi kullanılmaktadır.
- ❖ UC 2025 yılına kadar kampüste kullanılan doğal gazın %40'nın biyogaz ile kullanılan elektriğin %100'nün temiz enerjiden elde edilmesini hedeflemektedir.

- ❖ Kampüs, mevcut ampullerin yerine LED lambalar ile değiştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu değişiklik ile armatürlerdeki watt 175'ten 40 watt'a düşürülmüştür (Anonim 2019j).

Malzeme ve Kaynak verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Üniversitenin Yeşil Politikasında Çevreye Duyarlı Satın Alma bulunmaktadır. Bu kapsamda elektronik ürün alımlarında enerji verimliliği, ofis kağıtlarında geri dönüştürülmüş ve/veya bitkisel içerikli ürün etiketi bulunmasına dikkat edilmektedir.
- ❖ Temizlik ve temizlik ürünleri sürdürülebilirlik standartlarını karşılamak için üçüncü taraf sürdürülebilirlik sertifikalıdır.
- ❖ UC sürdürülebilirlik raporlarında takip edilmesi üzerine kampüste yürütülen atık yönetimi programları sayesinde belediye atıkları başarıyla azaltılmıştır. Üniversitenin tehlikeli atıklar için ayrı yönetim planı bulunmaktadır (Anonim 2019j).

İç Ortam Çevre Kalitesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ UC kampüs içerisinde sekiz adet LEED sertifikalı bina bulunmaktadır. Bunlar: Eshleman Hall, MLK Jr Öğrenci Birliği Binası, Jacobs Hall, Campbell Hall'un Değiştirilmesi, Anna Head West Öğrenci Konutları / Martinez Commons, Energy Biosciences Enstitüsü Binası, Blum Salonu / Gemi Mimarisi, Pat Brown Grill Yenilemesi. Bunlara ek olarak yirmi adet LEED sertifikalı bina projesi bulunmaktadır. Bu projelerde tasarım aşamında ışıklandırma ve havalandırmaya önem verilerek iç ortam hava kalitesi yükseltilmiştir.
- ❖ Üniversitenin Yeşil Temizlik Politikası bulunmaktadır ve başlıca temizlik ihtiyaçları için kullanılan malzemeler bu politika doğrultusunda satın alınmaktadır (Anonim 2019j).

İnovasyon için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ TomKat UC Karbon Tarafsızlık Projesi, Kaliforniya Üniversitesi Karbon Tarafsızlık Girişimi'nin ilerlemesini önemli ölçüde hızlandıracak yenilikçi çok disiplinli araştırma projelerini desteklemektedir. Bu projenin amacı, teknoloji

değerlendirmeleri (örn. Enerji depolama, doğal gaz geçiş yolları, yenilenebilir enerjinin entegrasyonu), enerji verimliliği (hem teknolojik hem de finansal konular), iletişim stratejileri (saha denemeleri dahil), ekonomik teşvikler ve 2025 yılına kadar sıfır net sera gazı emisyonu elde etmek için UC'nin sistem çapında hedefini ilerletme potansiyeli yüksek davranış değişikliğidir. TomKat Yardım Vakfı tarafından finanse edilen bu proje, UC Santa Barbara'da on UC kampüsü ve bağlı ulusal laboratuvarlarda Enerji Verimliliği Enstitüsü ve Ulusal Ekolojik Analiz ve Sentez Merkezi işbirliğidir. Araştırma ekipleri fakülte, personel, öğrenciler ve bağlı uzmanları içermektedir (Anonim 2019j).

2.5.3. Oberlin Üniversitesi (Ohio, ABD)

Oberlin Üniversitesi (OC) sürdürülebilirlik alanında öncü bir üniversitedir. Üniversite Sürdürülebilirlik Rapor Kartı çerçevesinde “A” notu alarak sürdürülebilirlik değerlendirme sıralamasındaki kararlılığını göstermektedir. Ayrıca Oberlin Üniversitesi, 2017 yılında AASHE'nin STARS değerlendirme sisteminde Altın statüsündedir (Anonim 2019k).

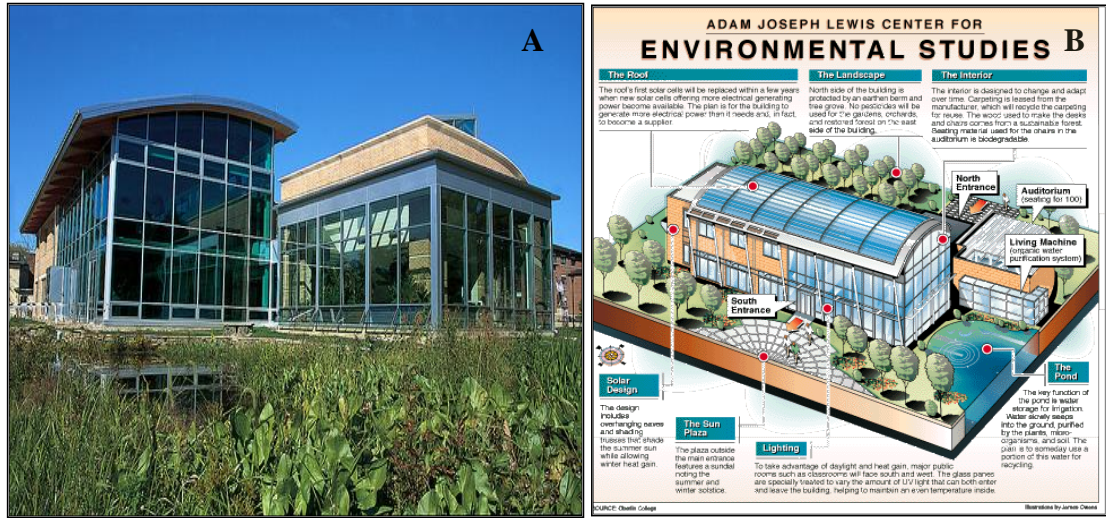
Konum ve Ulaşım'da çevre koşullarını iyileştirmek için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ OC kampüsünün etrafında ve kampüse yakın bölgelerde bulunan alışveriş ve eğlence mekanlarına ring otobüs servisi vardır. Bir araba paylaşım programı ile ortaklık sağlanmış ve tüm öğrencilere, öğretim üyelerine, personele ve topluluk üyelerine açıktır.
- ❖ Bisikletlerin kampüste kiralanabileceği, onarılabileceği ve satılabileceği Bisiklet Kooperatifi bulunmaktadır. Ayrıca üniversite kampüsünde üç adet elektrikli araç ve üç benzinli elektrikli hibrid, araç bulunmaktadır.

Traktör, çim biçme ve kar küreme için kullanılan araçları atık bitkisel yağ üzerinde çalıştırılma biçimine dönüştürülmüştür (Anonim 2019k).

Sürdürülebilir Bölgeler açısından koşulların iyileştirmesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Canlı ve bitki örtülü çatılar tasarlanarak Yağmur Suyu Yönetimi oluşturulmuştur.
- ❖ Bitki örtüsü, doğal ekosistemlerin çevre düzenlemesine entegre edilmesiyle sağlanmıştır Bu kapsamda yerli tür çeşitliliği için bir havuz görevi gören sulak alanların restore edilmiş; egzotik istilacı bitkileri uzaklaştırmak için bir organik peyzaj programı uygulanmış ve kampüse bir kelebek bahçesi kurulmuştur.



Şekil 2.27 (A) Adam Joseph Lewis Center binası (B) Adam Joseph Lewis Center binasının sürdürülebilir özelliklerinin şematik gösterimi (Janas 1991)

Kampüs içerisinde çimlendirilmiş yağmur hendekleri ve yağmur bahçesi oluşturulmuştur. Şekil 2.27’de Adam Joseph Lewis Center bina ve binanın sürdürülebilir özelliklerinin şematik gösterimi verilmektedir (Janas 1991).

Su Verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ OC kampüsünde nadir ve bölgesel sulama yapılmaktadır.
- ❖ Kampüs içerisinde düşük akışlı armatürler, duşlar ve muslukları kullanılmaktadır. Ayrıca binalarda susuz pisuar ve çift sifonlu tuvaletler bulunmaktadır.
- ❖ Kampüs binalarında gri su sistemleri bulunmaktadır (Anonim 2019k).

Enerji verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Elektrik tüketimi hakkında gerçek zamanlı web tabanlı geri bildirim olan bir kampüs kaynak izleme sistemi (CRMS) dahil olmak üzere çok sayıda enerji verimliliği teknolojisi kurulmuştur. Her rezidans salonuna gerçek zamanlı ve tarihi elektrik ve su kullanım monitörleri kurulmuştur.

- ❖ Kampüs içerisinde bulunan yurtlarda gerçek zamanlı enerji kullanımının ortalama tarihi enerji kullanımıyla karşılaştırıldığına bağlı olarak renk değiştiren özel lambalar kurulmuştur.
- ❖ Merkez kampüs binalarında kullanılan verimsiz merkezi soğutma sistemleri yeni yüksek verimli birimler ile değiştirilerek uzun vadede mevcut ünitelerin daha verimli olması beklenilmektedir.
- ❖ Üniversitenin yıllık tüketiminin % 12'si kampüsteki güneş enerjisi dizisinden üretilmektedir ve kampüsteki üç bina jeotermal pompa sistemleri ile ısıtılmaktadır (Anonim 2019i).

Malzeme ve Kaynak verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Atık depolama alanına giden plastik atık miktarını azaltmak için kampüs içerisinde bulunan kafeterya ve yemekhane alanlarında kupalar ve yeniden kullanılabilir kap kullanımı için indirimler sunmaktır ve kampüste paketli yiyeceklerin tümünde geri dönüştürülmüş malzeme kullanılmaktadır.
- ❖ Kampüse ait atık yönetim planı bulunmaktadır.
- ❖ Oberlin Üniversitesi Mütevelli Heyeti 2006 yılında kampüsteki tüm yeni inşaat ve büyük yenilemelerin ABD Yeşil Bina Konseyi'nin LEED gümüş standardına uygun olarak tasarlanması ve inşa edilmesi gerektiğine dair bir politika kabul etmiştir. Bu standardın benimsenmesi, inşa edilen alanlar hem daha verimli bir şekilde inşa edilecek hem de daha verimli bir şekilde gerçekleştirileceği için gelecekte kampüste kaynak kullanımını önemli ölçüde azaltacağı beklenmektedir (Anonim 2019i).

İç Ortam Çevre Kalitesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kampüs içerisindeki binalar üniversite öğrencileri, öğretim üyeleri ve personeli için konforlu bir çalışma ortamı sağlamak için bina hem aktif hem de pasif havalandırma sistemlere dayanmaktadır.

Gerçek zamanlı enerji akışlarını görselleştirmek ve bina ve peyzaj boyunca 150'den fazla çevresel sensör takılmıştır. Bu veri izleme ve görüntüleme sistemi, yapılı çevrenin kontrol edilmesi için bir fırsat sağlamaktadır (Anonim 2019k).

İnovasyon için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Üniversiteye kapsamındaki Çevresel Sürdürülebilirlik Ofisi, kaynak tüketimini azaltmaya yönelik bir dizi program yürütmektedir. Bu programlarda bazıları; Ecolympics, Oberlin'in sürdürülebilirlik odaklı yıllık topluluk yarışması ve etkinlik serisidir.

Yeşil Ofis Programı (GOPro), enerji tüketimini azaltmak ve karbon nötrlüğüne doğru ilerlemek için kampüs çapında ofisleri içerecek şekilde tasarlanmıştır (Anonim 2019k).

2.5.4. Oregon Üniversitesi (Eugene, Oregon, ABD)

Oregon Üniversitesi'nin (OSU) ana kampüsü Corvallis, Oregon'da bulunmaktadır. Ayrıca eyaletteki çeşitli şehir ve illerde de (Astoria, Portland, Newport) kampüsleri bulunmaktadır. Oregon Üniversitesi, 2017 yılında sürdürülebilirlik performansı değerlendirilmiştir ve STARS değerlendirme sisteminde Altın statüsünde yer almaktadır.

Konum ve Ulaşım'da çevre koşullarını iyileştirmek için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Alan yönetimi hizmetleri kapsamında alan tahsisi, tesis ihtiyaçları ve program planlaması ile ilgili kararları bildirmek için alan kullanım verileri sağlar ve analizler yapar. Ayrıca kampüs alanı kullanımını izliyerek ve kampüs birimlerinin büyüme, yeniden düzenleme veya yer değiştirme sırasında belirli alan çözümlerini bulmalarına yardımcı olmaktadır.
- ❖ Kampüs içerisinde bisiklet yolları ve bisiklet parkları kullanımı sağlanmıştır (Anonim 2019l).

Sürdürülebilir Bölgeler açısından koşulların iyileştirmesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kelley Engineering binasında kullanılmak üzere yağmursuyu toplama sistemi kurulmuştur.
- ❖ Kampüs yakınındaki yol ve otoparklardan yağmur suyu arıtılarak depolanmaktadır.
- ❖ Alan yönetimi hizmetleri kapsamında kullanılabilir dış mekanlar tasarlanılmıştır.
- ❖ Enerji verimliliğine yardımcı olmak tasarımda peyzaj kullanılmıştır. Gölge ağaçları, ısı adası etkilerini en aza indirmek için otoparklar gibi döşeli alanlarda da kullanılmıştır. Ayrıca, çim biçme ve çim bakımı için gerekli girdileri azaltmak için

bazı çim alanları çıkarılmıştır. Bu alanların yerini büyük ölçüde malç örtüsü almıştır.

- ❖ Yağmur bahçeleri ve yağmur suyu toplama noktaları ile su yönetimi sağlanmıştır. Şekil 2.28’de kampüs içerisinde bulunan yağmur bahçesi uygulaması gösterilmiştir.
- ❖ Kampüs içerisinde yol kenarındaki kirliliği ve alüvyonları azaltmak üzere toprakta belirli noktalarda çimlendirilmiş yağmur hendekleri tasarlanmıştır. Şekil 2.29’de kampüs içerisinde bulunan çimlendirilmiş yağmur hendek noktasına örnek gösterilmiştir.
- ❖ Park bölgelerinde geçirimli yol ve kaldırımlar yerleştirilerek suyun yeraltı suyuna sızması sağlanmıştır. Şekil 2.30’de kampüs içerisinde bulunan geçirimli yollar gösterilmiştir.

Kampüs içerisinde bulunan binalara yağmursuyu akışını azaltmak için yeşil çatı kaplama uygulanmıştır. Şekil 2.31’de kampüs içerisinde bulunan yeşil çatılar gösterilmiştir (Anonim 2015a).



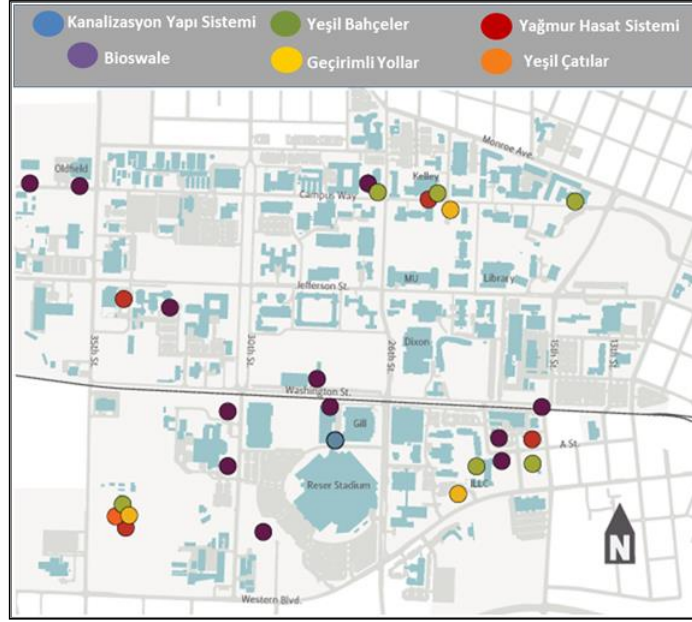
Şekil 2.28 Yağmur Bahçesi (Anonim 2015a) Şekil 2.29 Çimlendirilmiş Yağmur Hendekleri (Anonim 2015a)



Şekil 2.30 Geçirimli Yollar (Anonim 2015a) Şekil 2.31 Yeşil Çatılar (Anonim 2015a)

Kelley Engineering binanın tuvalet sisteminde kullanılmak üzere yaklaşık 61.000 litrelik bir yağmursuyu hasat tesisi bulunmaktadır. Pride Center de bulunan hasat tesisi

ise, bir mühendislik öğrencisi tarafından eski bir kompost kutusunun permakültür bahçesinin etrafındaki bitkileri sulamak için kullanılması üzerine tasarlanmıştır. Şekil 2.32'de Oregon Üniversitesi'nin Corvallis kampüsünde yağmur suyu kaynaklarının bir haritası bulunmaktadır (Anonim 2015a).



Şekil 2.32 Oregon Üniversitesi yağmur suyu kaynakları haritası (Anonim 2015a).

Su Verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kampüs içerisinde yenilenen düşük akışlı armatürler ve muslukları tercih edilmiştir.

Enerji verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Binalar, merkezi bina otomasyon sistemleri (BAS) tarafından ayarlanan sıcaklıklara sahiptir. BAS'lar, sıcaklığı belirli bir bina için doluluk saatlerine ve bazı alanlarda iç mekan sensörleri kullanan gerçek doluluk durumuna göre ayarlanmaktadır.
- ❖ Kampüste tüketilen elektriğin yaklaşık % 40'ı yenilenebilir enerjiden sağlanmaktadır (Anonim 2019).

Malzeme ve Kaynak verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Binalar güneş, hava akımı, aydınlatma, toprak, bitkisel ve topografik koşullar gibi saha koşullarından en iyi şekilde yararlanılacak şekilde yönlendirilmiştir.
- ❖ Cam seçimi, pencere ve kapı gölgelendirme, duvar konstrüksiyonu, çatı rengi ve bina şekli dahil olmak üzere bina zarf tasarımını dikkatlice düşünülmüştür.

- ❖ Kampüs genelinde geri dönüştürülebilir ürünler ve geri dönüştürülmüş malzeme içeriğine sahip ürünler kullanılmıştır. Ayrıca atık azaltma konusunda başkalarını eğitmek için OSU'da ve toplumda gönüllü toplulukları kurulmuştur (Anonim 2019l).

İç Ortam Çevre Kalitesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Üniversitenin Yeşil Temizlik Politikası bulunmaktadır ve üniversitede başlıca temizlik ihtiyaçları için kullanılan malzemeler bu politika doğrultusunda satın alınmaktadır.
- ❖ Kontrollü bir günışığı aydınlatma sistemini bina sistemlerine entegre edilmiştir (Anonim 2019l).

İnovasyon için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Sürdürülebilirlik Ofisi kampüs içindeki departmanlara danışmanlık ve destek sağlar ve operasyonları, sosyal yardımları ve değerlendirme programlarını doğrudan yönetir. Her yıl OSU'nun sürdürülebilirlik raporlarını ve sera gazı envanterlerini yayınlamaya OSU'nun karbon nötr olma hedefine doğru ilerlemesine yardımcı oluyor. Sürdürülebilirlik Ofisi inovasyonun bir parçasıdır (Anonim 2019l).

2.5.5. Waterloo Üniversitesi (Waterloo, Kanada)

Waterloo'nun sürdürülebilirlik çalışmaları uzun yıllara dayanmaktadır ve sürdürülebilirlik alanında Kanada'da öncü bir üniversitedir. Kanada'da üniversite kampüslerinin öğrencilerin yaratmak istedikleri dünyayı yansıtması felsefesi olan “Kampüsü Yeşillendirmek” düşüncesini benimseyen ilk üniversitedir. Günümüzde sürdürülebilirlikle ilgili 525'ten fazla ders ve küresel Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini ilerleten araştırmalar yapan 485 öğretim üyesi ile sürdürülebilir bir gelecek geliştirmeye devam edilmektedir. Ayrıca Waterloo Üniversitesi, 2018 yılından itibaren AASHE'nin STARS değerlendirme sisteminde Gümüş statüsündedir.

Konum ve Ulaşım'da çevre koşullarını iyileştirmek için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kampüs içerisinde tüm öğrencilere, öğretim üyelerine, personele ve topluluk üyelerinin kullanabileceği bisiklet kiralama noktaları bulunmaktadır. Bisiklet

kullanımı için altyapı, yollar ve bisiklet parkları bulunmaktadır. Ayrıca yine tüm kişilerin kullanabileceği araba paylaşım programı bulunmaktadır.

- ❖ Kampüs içerisinde yürümeyi, bisiklet sürmeyi ve ortak araba kullanımını tercih eden öğretim üyelerine ve personele özgü Acil Eve Dönüş programı ile acil durumlarda kullandık ulaşım ücretleri üniversite tarafından ödenmektedir.
- ❖ Ayrıca Waterloo Üniversitesi elektrikli araç kullanımını desteklemektedir ve kampüs içerisinde 6 adet ücretsiz elektrikli araç şarj etme bölgesi bulunmaktadır (Anonim 2019k).

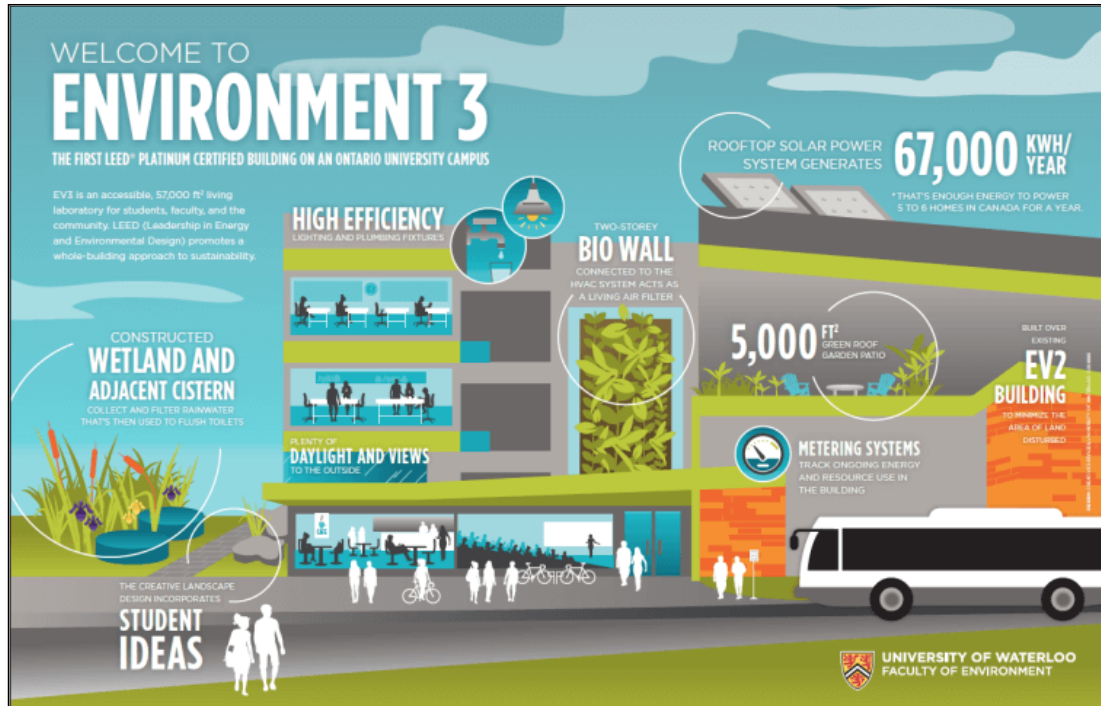
Sürdürülebilir Bölgeler açısından koşulların iyileştirmesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

Yağmursuyu kontrolü için kampüs içerisinde beş adet yeşil çatılı bina bulunmaktadır. Bunlar; Çevre ve Bilgi Teknolojisi Merkezi, Mühendislik Bölümü, Çevre Bölümü, Hagey Salonu (Yeni Ek Binası), Kuantum Nano Merkezi binalarıdır. Şekil 2.33'da WO Üniversitesi Çevre Bölümü binasının yeşil çatı kısmı gösterilmektedir (EDUW 2019).



Şekil 2.33 Waterloo Üniversitesi Çevre Bölümü binasının yeşil çatı bölümü (EDUW 2019)

- ❖ Kampüs içerisinde bulunan Çevre Bölümü binası LEED Platin seviyesindedir. Şekil 2.34’de sürdürülebilir özellikleri genel olarak gösterilen Çevre Bölümü binasının çatısında bulunan yağmur bahçesinde biriktirilen yağmursuyu, binanın zeminin de bulunan toplama tesisine iletilmekte ve tesisten binada bulunan gri su sistemi ile binanın tuvalet sistemine gönderilmektedir, tesiste toplanılan su aynı zamanda bina da bulunan bahçe duvarını sulamak için kullanılmaktadır. Bina aynı zamanda 67 MHW’lık güneş enerji panellerine sahiptir ve enerji verimliliği yüksek olan malzemeler kullanılmaktadır.



Şekil 2.34 Waterloo Üniversitesi Çevre Bölümü binasının sürdürülebilir özellikleri (EDUW 2019)

2014 yılında yağmursuyu yüzey akışını azaltılması ve kontrol edilmesi hedeflenerek kampüs içerisindeki yolların büyük bir kısmı geçirimsiz taşlar ile kaplanmıştır (EDUW 2019).

Su Verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kampüs içerisinde eski muslukların, muslukların, tuvaletlerin ve duş başlıklarının yerini daha verimli modellerle değiştirmeye devam etmektedir. Yeni binalar, su kullanımını en aza indirmek için düşük akış teknolojilerini içerecek şekilde tasarlanmıştır.

- ❖ Waterloo Üniversitesi, Güney Kampüs'ün çoğunu ısıtan bir buhar kazanına sahiptir. Bu sistem düşük maliyetlidir, ancak kampüs binalarına buhar pompalamak için büyük miktarda su gerektirir. Ancak geliştirilen uygulamalarla suyu drenaja göndermek yerine, ısıtma ve soğutma sistemlerinden tekrar sirküle etmek için kapalı devre bir sistem kurulmuştur.

Biyoloji bölümü binasındaki Balık Laboratuvarı 2008 yılında yıllık 19.000 metre küp su tasarrufu sağlayan büyük bir güçlendirme uygulanmıştır (EDUW 2019).

Enerji verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Waterloo Üniversitesi Güney Kampüsünde çalışan iki adet güneş paneli sistemi vardır. Birincisi 2003 yılında Güneş Enerjisi Eğitim Projesi aracılığıyla Federasyon Salonu'na bir gösteri amacıyla kurulmuştur. Diğer sistem ise Çevre Bölümü çatısı üzerine yılda yaklaşık 67.000 kilowatt saat enerji üretmektedir.
- ❖ Waterloo Üniversitesi kampüs içerisinde birçok ışık daha verimli balastlara ve lambalara yükseltilmiştir. Mühendislik binalarında ve Doğu Kampüsünde yapılan 2015 adet aydınlatma güçlendirmesi ile enerji tüketimi sırasıyla 400.000, 61.000 kilowatt saatin üzerinde azaltılmıştır. Gerçekleşen bu yükseltmeler sürekli olarak yapılır ve yeni binaların veya tadilatların yüksek verimli aydınlatma tesis edilmesi zorunludur.
- ❖ Kampüs içerisinde bazı binalarda, yer kullanmayan kimse varsa ışıkları otomatik olarak kapatan doluluk sensörleri de vardır.
- ❖ Waterloo Üniversitesi Güney Kampüs'ün çoğunu destekleyen bir bölgesel ısıtma ve soğutma sisteminde gerçekleştirilen; Kazan verimliliğini artırmak için ısı geri kazanım sistemleri, Isı kaybını azaltmak için boru yalıtımı ve Merkezi tesisteki değişken hızlı pompalar ile enerji tasarrufu sağlanmıştır (EDUW 2019).

Malzeme ve Kaynak verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Waterloo Üniversitesi 2017 yılında sıfır atık kavramına kendisini adanmıştır. Üniversitesinin 2035 yılında atıklarının % 90'ının azaltma hedefi vardır ve bununla birlikte kampüs içerisinde; Atıkların azaltılması ve giderilmesi, Geri dönüşümü en üst düzeye çıkarılması, Organikleri yakalamak, Yeniden kullanım programlarını genişletme programları geliştirilmiştir.

- ❖ Üniversitenin Merkez Mağazaları ekibi, elektronik cihazları dahil olmak üzere kampüsteki bölümlerden elektronik atıkları toplamaktadır. Üniversiteye fazla gelen ancak hala çalışır durumda olan e-atık, ekipmanı yeniden kullanmak için tüm veri ve yazılımlardan arındırıldıktan sonra zaman zaman açık artırma ile satılmaktadır. Satılmayan veya çalışma koşullarında olmayan atık envanteri yerel sertifikalı bir elektronik geri dönüşüm şirketine gönderilmektedir.
- ❖ Waterloo Üniversitesinin satın alma politikasında sürdürülebilirten bahsedilmektedir. Bu kapsamda üniversitede alınan ofis kağıtlarının en az %30, tuvalet kağıtların %100 geri dönüşüm oranı olmak zorundadır (Anonim 2019m).

İç Ortam Çevre Kalitesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

Kampüs içerisinde bulunan Çevre Bölümü binasında bulunan bahçe duvarı binanın havalandırma sistemi ile bağlantılıdır ve böylece duvarda bulunan bitkiler binaya doğal havalandırma sağlayarak binada bulunan kişiler için iç ortam hava kalitesini artırmaktadır (EDUW 2019).

İnovasyon için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Waterloo Üniversitesi farklı birçok bölüm öğrencilerinin katıldığı ve işbirliği ile çalışılan Su Programına sahiptir. Bu program ile, öğrencileri araştırmalarının sınırlarını zorlamaya ve küresel su zorluklarıyla başa çıkmanın yenilikçi yollarını keşfetmeye teşvik eden disiplinlerarası bir yüksek lisans programıdır.
- ❖ Özel bir kurul ile işbirliği sonucu iklim değişikliği ve enerji verimliliği hakkında masa oyunu hazırlanmıştır. Bu oyun sınıflarda, Waterloo-Wellington Bilim ve Mühendislik Fuarı ve Uluslararası Yönetim İnovasyon Merkezi liderliğindeki Küresel Gençlik Forumu gibi büyük ölçekli etkinliklerde ilk 6 ayında 850'den fazla öğrenci ve topluluk üyesine ulaştırılarak toplum bilinci sağlanmıştır (EDUW 2019).

2.6. Sürdürülebilir Kampüs Yönetiminde Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, Türkiye’de gerçekleşen sürdürülebilir kampüs gelişimi incelenmiştir. Ayrıca konulara uygun verilere, planlara, figürlere ve fotoğraflara erişimin en iyi örnekleri üzerine ayrıntılı bir literatür araştırmasından sonra seçilen iki üniversite; Konum ve Ulaşım, Sürdürülebilir Bölgeler, Su Verimliliği, Enerji ve Atmosfer,

Malzeme ve Kaynak Kullanımı, İç Ortam Çevre Kalitesi ve İnovasyon olmak üzere yedi kategoriye göre analiz edilmiştir. Bu bölüm de analiz edilen üniversiteler; Boğaziçi ve Yeditepe Üniversitesi'dir.

Yüksek öğrenim kapsamında Türkiye'de bulunan üniversitelerinin sürdürülebilir kampüs çalışmaları ile ilgili sınırlı akademik, sosyal ve finansal desteği bulunmaktadır. Ancak son 60 yılda akademisyenler tarafından üniversitelerin sürdürülebilirlik çalışmaları için yapılan araştırmalar devam etmektedir.

Türkiye'nin ilk teknik üniversitesi olan İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) "Yeşil Kampüs" projesi ile doğaya ve insana saygılı bir anlayış benimsemektedir. Kampüs içindeki doğal hayat korunarak, kısa ve uzun vadeli bir yapılandırma projesi başlatılmıştır. İTÜ'nün yeşil kampüs anlayışı çerçevesinde hayata geçirdiği projelerden bazıları şöyledir: Kampüs içinde inşa edilen bisiklet ve yürüyüş yolları, geri dönüşüm bilincini yerleştirmek amacıyla oluşturulan konteyner bölgeleri, engelli personelin başına getirildiği engelli birimi, açık ve kapalı spor alanları, peyzaj estetiği ile bütünlük oluşturan doğal yaşam alanları, atık suyunun ve yağmur suyu kampüs içerisinden toplanarak alt kottarda bulunan gölete deşarj edilmektedir ve kampüs alanında ağaçların ve bitki örtüsünün sulanmasında gölete biriktirilen yağmur suyu kullanılmaktadır (Anonim 2019n). Bununla birlikte 2019 yılında Ayazağa kampüsünde bulunan İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü bir kısmı geri dönüştürülebilir malzemeden yapılmış ve LEED sertifikasını alacak biçimde tasarlanan yeni bir bina inşa edilmiştir (Sakarya ve ark. 2019) Ayrıca yeşil ölçüm sıralamasında Türkiye'de birinci, dünya sıralasında ise 54. sıralamada yer almıştır (Anonim 2019b).

Bilgi Üniversitesi'nde (İstanbul, Türkiye) Çevre, Enerji ve Sürdürülebilirlik Uygulama ve Araştırma Merkezi, enerji ve sürdürülebilirlik konuları dahil olmak üzere bütün çevre problemlerini hesaba katan bir bakış açısı ile, çevre alanındaki çalışmalara katkıda bulunmak amacıyla 2010 yılında kurulmuştur. Üniversitenin tasarruf uygulamaları otomasyonlu havalandırma, aydınlatma sistemler ve otomatik termostatlar ile enerji tasarrufu, fotoselli musluklar ile su tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca kampüs içerisinde

ve kampüs dışında bulunan bazı noktalara servis sistemi ve kampüs içerisinde iki adet elektrikli bisiklet bulundurulmasıyla ulaşım daha yeşil hale getirilmiştir (Anonim 2019o). Özyeğin Üniversitesi Merkezi Sürdürülebilirlik Ofisi, Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi Sürdürülebilir Kampüs Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Ve Uygulama Merkezi ve Ege Üniversitesi'nin Yeşil Kampüs, kurumsal bağlamlarında sürdürülebilirlik üzerinde çalışan diğer üniversite gruplarıdır. Üniversitelerin yeşil ölçüm sıralamaları sırasıyla; 173, 220, 254, 259. Sırada yer almaktadırlar. Gerçekleştirilen çalışmalar Türkiye'de sürdürülebilir üniversite kavramının gelişmesine katkı sağlamakla birlikte çalışmaların çoğu bireyler ve küçük kuruluşlara dayanmaktadır. Üniversitelerde gerçekleştirilen çalışmalar üniversite nüfusu ve potansiyel yatırımcı tarafından yeterince bilinmemektedir (Anonim 2019b).

2.6.1. Boğaziçi Üniversitesi (İstanbul, Türkiye)

Temeli 1863 yılında atılan Boğaziçi Üniversitesi'nin binaları, kütüphanesi, laboratuvarları, tüm imkanları ve personeliyle 118 dönümlük bugünün Güney Kampüsü 10 Eylül 1971'de tamamen Türk hükümetinin üzerine geçmiştir. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul'da altı kampüste yüksek öğrenim görülmektedir. Sürdürülebilir Kampüs Yaşamı için Boğaziçi Üniversitesi mensupları çevre bilincine sahip olacak ve yapılacak çalışmalara günlük kampüs yaşantısı ve öğretim programı çerçevesinde entegre edilmesi planlanmaktadır.

Sürdürülebilir Kampüs Yaşamı için üniversite elemanları ve öğrencilerinde katılımı ile çevre kirliliğinin önlenmesi, enerji ve doğal kaynak yönetiminin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Emisyon ve atık oluşumu azaltımı sağlanacak, geri kazanım – tekrar kullanım aktiviteleri ile sürdürülebilir kampüs hayatı kavramına uygun çalışmalar gerçekleştirilecektir. Konu kapsamında Boğaziçi Üniversitesi'nin tarihsel, kültürel ve yeşil dokusunun korunması öncelikli hedefler arasında yer almaktadır.

Bu uygulamalar sonucunda Boğaziçi Üniversitesi'nin çevresel ve sosyal açıdan çeşitli sürdürülebilir eğitim ve öğretim uygulamaları ile ulusal ve uluslararası platformda “örnek sürdürülebilir üniversite kampüs yaşamı” olarak belirtilmesi amaçlanmaktadır (Anonim 2019p).

Boğaziçi Üniversitesi'nin AASHE'nin STARS değerlendirme sisteminde Bronz statüsünde, Yeşil ölçüm sıralamasında ise Türkiye'de 27. Sıralamada yer alarak çevre dostu bir kampüs geliştirme kararlılığını göstermektedir.

Konum ve Ulaşım'da çevre koşullarını iyileştirmek için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Güney, Kuzey, Hisar ve Ucak Savar Kampüsleri birbirine yürüme mesafesindedir, dolayısıyla kampüs topluluklarının tüm tesislere erişmesini sağlar. Ayrıca Kuzey Kampüs-Güney Kampüs, Hisar Kampüs-Güney Kampüs, Ana Kampüs-Kandilli Kampüsü güzergahlarında ücretsiz servisi hizmeti verilmektedir. Kampüslere toplu taşıma ile ulaşım sağlanabilmektedir.
- ❖ Boğaziçi Üniversitesi Bisiklet Topluluğu Topluluk öğrencileri, ulaşım sağlık veya sadece eğlence için bisiklet kullanımını kentsel yaşamlarına entegre etmeye teşviği amaçlamaktadır (Boğaziçi Üniversitesi Çevresel Sürdürülebilirlik Raporu, 2019). Hamlin Binası'nın önünde bisiklet parkı bulunmaktadır ancak gelecek için bisiklet yolları, yerel ulaşım durakları, servis durakları ve park alanları dahil ulaşım sistemi planlarının uygulanması önerilmektedir.
- ❖ Güney ve Kuzey kampüslerinde, öğrencilerin mobil uygulama ile dakika ücreti ile kolaylıkla kiralayabilecekleri 2 adet elektrikli bisiklet kiralama istasyonu yer almaktadır.
- ❖ Araba paylaşımı girişimi ve Araba paylaşma durağı uygulamaları ile insanların gerektiğinde paylaşacakları bir araba bulmalarına yardımcı olmak için Güney kampüsünde bir işaret ile tanımlanır (Anonim 2019p).

Sürdürülebilir Bölgeler açısından koşulların iyileştirmesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kandilli Kampüsü UDIM Tsunami İzleme Binası (2013) ve Gözlükule Kazıları Araştırma Merkezi (2016) da LEED sertifikalı binalardandır. Kandilli Kampüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi Binası ve Kuzey Kampüs ETA binasında çatı alanlarından toplanan yağmur suyu kazanım sistemi bulunmaktadır. Toplanan yağmur suyu bahçe sulama, temizlik ve rezervuarlarda kullanılmaktadır.

Hisar Kampüs coğrafi yapısı itibariyle yağmur suyunun toplanması açısından en uygun kampüs olarak görülmektedir. Hisar Kampüs Binaları çatı alanlarında toplanabilecek yağmur suyu için fizibilite çalışmaları devam etmektedir (Anonim 2019r).

- ❖ Temeli 1868 yılında atılan, tamamlandığı günden itibaren yurt olarak kullanılan Hamlin Binası, gerekli onarımların, cephe temizliğinin ve yenilemelerin yapılmasıyla binanın cephesi ile çatısı baştan aşağı yenilenmiş ve 2011 yılında LEED Gold sertifikasına sahip olmuştur. Bu sertifika ile Hamlin Binası, Türkiye'nin ilk sürdürülebilir kampüs binasıdır. Bina içine Gri Su Geri Kazanım Sistemi kurulmuştur.

Su Verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Üniversite yurtlarındaki tüm musluklara takılan su tasarruf kartuşlarının %35 su tasarrufu sağladığı sayaç ölçümleriyle belirlenmiştir (Anonim 2019r).

Enerji verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ 2009 yılında başlatılan fotovoltaiik panel uygulaması ile Kuzey Kampüs 3. ve 4. Yurt binaları, Güney Kampüs İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kandilli UDİM binası, Kuzey Kampüs Superdorm binası ve Mersin Tarsus Müzesi'nde %30 ile %100 aralığında elektrik ihtiyacı karşılanmaktadır.
- ❖ LED teknolojisi ile aydınlatma sistemi ilk olarak 2012 yılında Güney Kampüs yolu ve Natuk Birkan Binasında uygulanmıştır, Elde edilen enerji verimliliği dikkate alınarak Kuzey Kampüsünde de uygulamaya başlanmıştır.
- ❖ Kampüs içerisine bulunan 1. erkek yurdu binasında bulunan güneş kolektörlü sıcak su sistemlerinin kullanımı kampüs içerisinde çoğlatılması planlanmaktadır.
- ❖ Boğaziçi Üniversitesi Rüzgar Enerji Santrali (BÜRES) projesi kapsamında Kilyos Saritepe kampüsüne rüzgar türbin inşası devam etmektedir.
- ❖ Saritepe Kampüsünde bulunan İstanbul Mikroyosun Biyoteknolojileri, Araştırma ve Geliştirme Birimi kampüs'teki mikroyosunlardan biyodizel ve biyo-jet yakıtı üretimi gerçekleştirerek enerji alanında sürdürülebilirlik sağlamaktadır (Anonim 2019p).



Şekil 2.35 Boğaziçi Üniversitesi Güney Kampüs yolu LED Aydınlatmaları (Anonim 2019p).

Malzeme ve Kaynak verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Kampüslerdeki atıklar için etkin bir atık yönetim planı bulunmaktadır. Kampüs içerisine meydana gelen geri dönüştürülebilir atıklar; bölgesel belediye yetkilileri tarafından toplanmaktadır. Laboratuvar atıkları ve tıbbi atıkların da ayrı toplanması, geçici depolanması ve lisanslı araçlar ile uzaklaştırılması sağlanmaktadır.
- ❖ Ayrıca yemekhane atıkları biyokütleyle çevirmek için Güney Kampüste konuşlandırılmış olan kompost makinasına gönderilmektedir. Kompost tesisine gönderilmeyenler yemekhane atıklar ise hayvan barınaklarına gönderilmektedir (Anonim 2019p).

İç Ortam Çevre Kalitesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Hamlin Hall, restorasyon inşaat çalışmaları sırasında iç mekan hava kalitesi yönetim planına sahiptir (Anonim 2019p).

İnovasyon için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Boğaziçi Üniversitesi, sürdürülebilir yeşil kampüs girişimlerini diğer birçok Türk üniversitesinden daha önce uygulamaya başladıklarını düşünerek tartışmasız yenilikçi bir üniversitedir. 2010-2014 Stratejik Planı ile Boğaziçi Üniversitesi, eğitimdeki kalitesini sürdürmeyi, araştırma alanında liderliğe ulaşmayı, uluslararası görünürlüğünü artırmayı, toplumsal hizmette ilerlemeyi, yeşil kampüslere sahip olmayı ve kendini geliştiren ve çalışanlarını hoşnut tutan bir kurum olmayı hedeflemiştir (Boğaziçi Üniversitesi Stratejik Planı). Gerçekleştirilen araştırmalar ve

alışmalar gerçekleşen ile evre dostu bir kampüs geliştirme kararlılığını göstermektedir (Anonim 2019p).

2.6.2. Yeditepe Üniversitesi (İstanbul, Türkiye)

1996 yılında İstanbul Eğitim ve Kültür Vakfı tarafından kurulan Yeditepe Üniversitesi, 26 Ağustos Kampüsü, İstanbul Anadolu Yakası'nda bulunmaktadır. Yeditepe niversitesi'nin bütün fakülteleri ve bölümleri dahil öğrencilerin ihtiyaç duyabileceği eğitim, kültürel, sanatsal, sportif vb. tüm aktiviteleri bu kampüste sağlanmaktadır (Anonim 2019s).

Yeditepe Üniversitesi, “Sürdürülebilir evre Politikası” çerçevesinde, evre bilinci ve sürdürülebilirlik konularına odaklanırken, eğitim, bilimsel araştırma ve sosyal hizmet alanlarında uluslararası tanınma ve saygınlığı hedefleyen nc bir eğitim kurumu olarak sürekli iyileştirmeyi benimsemiştir. Faaliyetlerini ve hedeflerini Sürdürülebilir evre Politikası doğrultusunda belirleyen Yeditepe niversitesi, bu hedefler doğrultusunda “evre ve Sürdürülebilirlik” konularında çalışmalar ile ulusal ve uluslararası düzeyde lider bir eğitim kurumu olmayı planlamaktadır.

Sürdürülebilir bir kampüs yaşamı yaratmak için çeşitli alanlarda sürdürülebilirlik çabalarının gösterilmesi bir öncelik olarak belirlenmiştir. Yeditepe niversitesi'ndeki faaliyetlerin yanı sıra tüm akademik ve idari kararlarda evre sorunları dikkate alınmaktadır (Anonim 2019t).

2017 yılında Yeditepe niversitesi tarafından bilgi alışverişinde bulunmak ve diğer üniversitelerle işbirliği yapmak için bir “Sürdürülebilirlik” ağı kurulmuştur. Bu kapsamda 2017 yılında ilk kez Yeşil lm sıralamasına katılım sağlanmış, İkinci olarak ise “Uluslararası Sürdürülebilir Kampüs Ağı” (ISCN) sistemine ye olunarak ve ilgili çalışmalar başlatılmıştır. Yeditepe niversitesi, gerçekleştirilen çalışmalar ile Yeşil lm sıralamasında dünya sıralamasında 437., Türkiye sıralamasında 19. Sıralamada yer alarak sürdürülebilir bir kampüs yaratmak kararlılığını göstermektedir (Anonim 2019t)

Konum ve Ulaşım'da çevre koşullarını iyileştirmek için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Yeditepe Üniversitesi'nde “Sürdürülebilir Ulaşım Uygulamaları” uygulanmaktadır. Kampüste araç kullanımını azaltmak için araç girişleri kısıtlanmıştır. Kampüs içindeki seyahatler için ücretsiz servis bulunmaktadır. Ayrıca kampüs içerisinde yürüyeş yolları ile yürüyüşe teşvik edilmektedir.
- ❖ Kampüs bölgesinde bulunan elektrikli otomobil, kampüs bina alanından arboretum alanındaki otoparka her gün düzenli aralıklarla 4 yolcu taşıyan servis hizmeti vermektedir. Aynı rota için başka bir alternatif ulaşım planlanmaktadır.
- ❖ Bisiklet park bölgeleri belirli yerlere yerleştirilmiştir ve kullanım için ücretsiz bisikletler sağlanmaktadır (Anonim 2019t).

Sürdürülebilir Bölgeler açısından koşulların iyileştirmesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Yürüyüş yollarında geçirimli taşlar kullanılmıştır.
- ❖ 2019 yılında kampüs içerisinde bulunan bir binaya yağmur suyu toplama sistemi kurulmuştur (Şekil 2.36). Çatıdan toplanılan yağmur suyu tanklarında toplanarak iç ve dış mekan bitki sulaması için kullanılmaktadır (Anonim 2019p).



Şekil 2.36 Yeditepe Üniversitesi'nde bulunan yağmur suyu toplama sistemi (Anonim 2019t).

Arboretum bölgesinde bir yeraltı suyu deposu inşaatı devam etmektedir.

- ❖ Kampüs içerisinde arıtılmış suyun arıtma işleminin ardından, hidrofor pompaları kullanan bir elektrik sistemi tarafından depolama tankından alınır. Daha sonra geri dönüştürülen su, bahçe sulama sistemine ve kampüs tuvalet sistemine dağıtan bir boru sistemine gönderilen sistem kullanılmaktadır (Anonim 2019t).

Su Verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Yeditepe Üniversitesi kampüs bina tuvaletlerinde su muslukları için debi düşürme cihazları kullanılmaktadır. Buna ek olarak, tüm tuvaletlerde düşük sifonlu tuvalet ekipmanı bulunmaktadır (Anonim 2019t).

Enerji verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Yeditepe Üniversitesi kampüs içerisinde bulunan bina teraslarına güneş panelleri kurularak kampüste kullanılan enerjinin % 10'nu yenilebilir enerjiden sağlanılmıştır. Ayrıca, sosyal tesis binasının çatısında sıcak su ısıtmak için güneş sistemi mevcuttur.
- ❖ Çeşitli sürdürülebilir enerji yönetimi uygulamaları ile enerji tasarrufunun artırılması hedeflenmektedir. Enerji tüketimi izlenmekte ve kampüs alanı boyunca enerji tasarruflu cihazlar ve sensör sistemleri kullanılmaktadır. Kampüs boyunca LED aydınlatmalar ve enerji tasarruflu lambalar varken, laboratuvarlarda enerji tasarruflu cihazlar kullanılmaktadır (Anonim 2019t).

Malzeme ve Kaynak verimliliği için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Yeditepe Üniversitesi “Sürdürülebilirlik Elçi Öğrenci Grubu” geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı için bir çok sosyal sorumluluk projesi yürütülerek gelecek nesillere Sürdürülebilirlik bilinci aşılanmaktadır.
- ❖ Kampüs içerisinde oluşan atıkları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yönetmeliklerine uygun bir şekilde depolanmakta ve uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca kampüste bulunan bitkilerin budaması, çimlerin biçilmesi ve kompost tesisindeki işlemlerden sonra oluşan organik atıklar toplanarak geri dönüşüm makinesi tarafından kullanılmakta ve kompost üretilmektedir. Üretilen kompost, peyzaj bakımı için kampüste tamamen kullanılmaktadır (Anonim 2019t).

İç Ortam Çevre Kalitesi için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

- ❖ Yeditepe Üniversitesi Kampüsü'ndeki yapı elemanları ve yeşil alanlarda sürdürülebilirlik kriterleri uygulanmaktadır. Eczacılık Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, Hazırlık Okulu, Ticaret Fakültesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Hukuk Fakültesi binaları doğal havalandırma, tam gün doğal aydınlatma ve enerji yönetim

sistemi gibi yeşil bina özelliklerine sahiptir. Şekil 2.37’de Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, Hazırlık Okulu, Ticaret Fakültesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Hukuk Fakültesi binalarının iç ortamı gösterilmektedir.



Şekil 2.37 Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Mühendislik Fakültesi ve Güzel Sanatlar Fakülte Binaları (Anonim 2019p).

İnovasyon için aşağıdaki adımlar atılmıştır;

Yeditepe Üniversitesinde “Çevre ve Sürdürülebilirlik” ile ilgili dersler, araştırmalar, akademik yayınlar ve akademik faaliyetler teşvik edilmektedir. Bu bağlamda, Doğal Uygulamalı Bilimler Enstitüsü “Sürdürülebilir Yapılı Çevre” ve “Kentsel Tasarım ve Peyzaj Mimarlığı”, “Sürdürülebilir Enerji” yüksek lisans programları kurulmuştur. Diğer taraftan Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu “Tarım Ticareti ve İşletmeciliği” lisans programını oluşturmuştur. Ayrıca, bu programları ve ilgili dersleri üniversite genelinde entegre etmeyi planlanmaktadır.

“Çevre ve Sürdürülebilirlik” ile ilgili faaliyetleri hem akademik hem de idari personelin yanı sıra öğrenci organizasyonları tarafından teşvik etmeyi, yönlendirmeyi ve desteklemeyi amaçlanmaktadır. Gerçekleşen çalışmalar üniversitenin sürdürülebilir bir kampüs geliştirme kararlılığını göstermektedir (Anonim 2019t).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

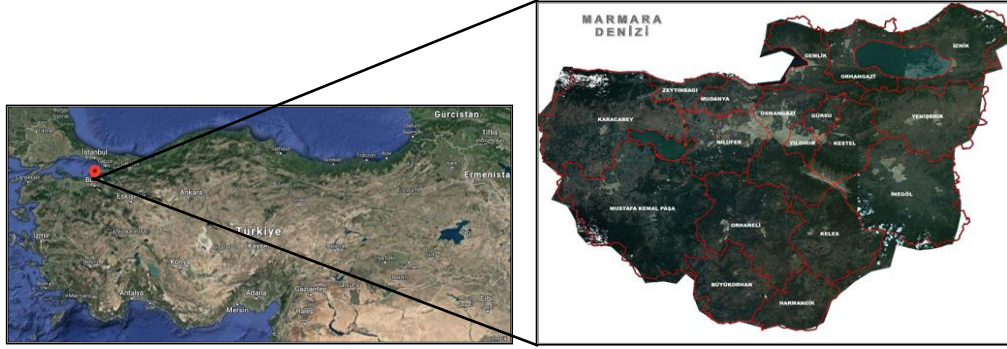
Kampüs sürdürülebilirliğinin küresel bir endişe konusu haline gelmesi ve 1972 yılında Stockholm Beyannamesi'nde yüksek öğretimde sürdürülebilirlik kavramında bahsedilmiştir. Ardından 1990 yılında yüksek öğrenimde sürdürülebilirliği içeren ilk girişim Talloires Bildirimi Türkiye'de ki bir çok üniversite yöneticileri tarafınca da tanınmıştır.

Talloires Bildirimi üniversitelerin, sürdürülebilir ilkeleri çerçevesinde çevresel sürdürülebilirlik bilinci üzerinde durulan ve sürdürülebilirlik eğitimi verilen bir kuruluş olmalarının yanı sıra, çevresel sorunları çözmek için acil eylemlere ihtiyaç duyulduğu ve bu eylemler doğrultusunda fiziksel uygulamaların da gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Talloires Bildirimi 1990).

Bu bölümde tez kapsamında çalışma sahası olarak belirlenen Bursa Uludağ Üniversitesi (BUÜ) Görükle Kampüsü'nün bulunduğu bölgenin coğrafik, topoğrafik ve jeolojik özellikleri belirtilmiştir. Bununla birlikte BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen kampüs vaziyet planı ve genel bilgilendirmeler doğrultusunda kampüsün güncel ve gelecek planı doğrultusundaki arazi durumu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında öncelikle çalışma sahasının 2005-2019 yıllarına ait ortalama yağış verilerine dayanarak kampüsün mevcut yüzeysel akış miktarı ve gelecek planı doğrultusundaki yüzeysel akış miktarları belirlenmiştir (Çalışkan 2007). Betonlaşma ve yeşil alanların azalması doğrultusunda yüzeysel akış ile kaybedilen yağmur suyunun daha verimli yönetilmesi için öneriler yapılmıştır. BUÜ Görükle Kampüsü'nün mevcut ve gelecek planlamasına uygun olarak yer verilebilecek değişiklikler ile Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları belirlenmiştir. Bu kapsamda BUÜ Görükle Kampüsü'nde bulunan ve çalışma kapsamında belirlenen binaları kullanan akademik ve idari personel ile öğrencilerin rezervuar ve armatür kullanımında gerçekleşen su tüketimi LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu kullanılarak belirlenmiştir (Anonim 2020). Belirlenen binalarda yağmur suyu kullanımı hedeflenmiş ve kayıp olmaktan kurtarılan yağmur suyunun ve gri suyun rezervuarlarda kullanılması ile sağlanan tasarruf öngörülmüştür.

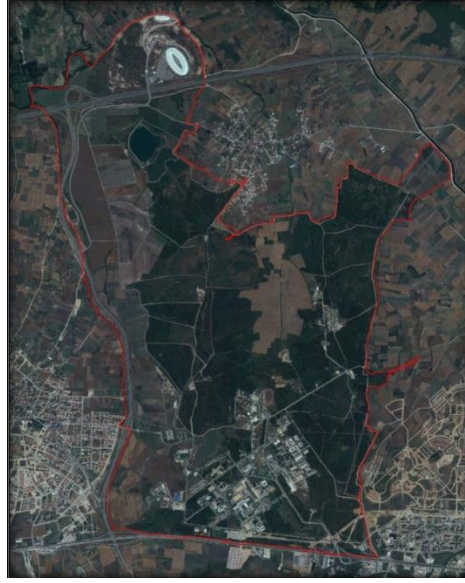
3.1.Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Coğrafi Özellikleri

Tez kapsamındaki çalışma sahası olarak belirlenen Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde, Bursa ili şehir merkezine 18 km uzaklıktaki 16.000 dönüm arazi üzerine kurulmuştur ve konumu Şekil 3.1'de gösterilmektedir. BUÜ Kampüsünün batısında Görükle köyü, güneyinde İzmir-Bursa çevre yolu, doğusunda Özlüce ve kuzeyinde Yolçatı köyü yer almaktadır. Kampüs alanı 656.000-662.000 m doğu boylamları ile 4.453.000-4.460.000 m kuzey enlemleri arasında konumlanmıştır (Aksoy ve Özsoy 2004).



Şekil 3.1 Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'nün coğrafik konumu

Şekil 3.2 ile gösterilen kampüsün sınır haritasının %67'sini üniversite parseli oluşturmaktadır ve üniversite bu bölgeyi başta Maliye Hazinesi olmak üzere Etibank Parseli, Nilüfer Belediyesi ve Bursa Büyükşehir Belediyesi ile paylaşmaktadır. Bölgenin büyük bir kısmı kırsal alan, orman, toprak ve yerleşim bölgesinden meydana gelmektedir (YİDB 2019).



Şekil 3.2 Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Yerleşke Alan Sınır Haritası (YİDB 2019)

3.2. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü İklim ve Meteorolojik Özellikler

Çalışma alanı olarak seçilen BUÜ Görükle Kampüsünün bulunduğu bölge iklimi Akdeniz iklim tipine büyük benzerlik göstermekle beraber Marmara ikliminden etkilenmektedir. Akdeniz bölgesi ile karşılaştırıldığında, toplam yıllık yağış daha yüksektir ve aylık yağış dağılımı düzenlidir (Korukçu ve ark., 1989). Çalışma alanı De Mortanne'nin kuraklık indeksi denklemine göre yaz aylarında kurak, sonbahar ve ilkbahar ayları da az nemli iklim özelliklerini göstermektedir (Sefa 1983).

Çalışma kapsamında öncelikle kampüs alanına en yakın konumda, 18386 numaralı Bursa/Nilüfer Meteoroloji İstasyonu olduğu tespit edilmiştir (MGM 2019). Çalışma verilerinin güvenilirliği açısından 15 yıllık yağış verisinin kullanılabilmesi için bu istasyona ait 2005-2019 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış verisi Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden talep edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen verilere göre 18386 numaralı Bursa/Nilüfer Meteoroloji İstasyonu 2013 yılı Kasım ayında ölçüm yapmaya başlamıştır. Elde edilen gözlem ve ölçüm sürecinin çalışmada yeterli hassasiyeti sağlayamayacağı ön görülmüştür ve bu nedenle çalışma alanına en yakın ikinci meteoroloji istasyonu olan Osmangazi ilçesinde bulunan 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji

İstasyonu'na ait 1985-2019 yılları arasındaki yağış verileri temin edilmiştir. 18386 numaralı Bursa/Nilüfer istasyonuna ait yağış verileri Çizelge 3.1 ve ile verilmektedir.

Çizelge 3.1 18386 numaralı Bursa/Nilüfer Meteoroloji İstasyonuna ait aylık toplam yağış miktarı (mm=kg/m²)

| Yıl/ Ay | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27,4 | 0 |
| 2014 | 1 | 0,3 | 39,6 | 76,5 | 78,5 | 76,8 | 14,3 | 35,8 | 129,9 | 83,6 | 47,6 | 157,4 |
| 2015 | 110,6 | 97,1 | 40,8 | 85,2 | 24 | 38,3 | 0 | 0,7 | 52,8 | 99,4 | 25 | 8,8 |
| 2016 | 139,1 | 75,8 | 69,9 | 11,8 | 71,7 | 24,2 | 0 | 6,7 | 23,3 | 11 | 67,8 | 114,3 |
| 2017 | 109,3 | 21,8 | 21 | 41,1 | 34,4 | 57,3 | 10,8 | 6,4 | 0,2 | 54,5 | 34,6 | 110,4 |
| 2018 | 44,4 | 69,3 | 118,2 | 16 | 73,8 | 28,8 | 14,9 | 5,4 | 28,6 | 62,2 | 49,5 | 129,5 |
| 2019 | 93 | 43 | 17,2 | 33,9 | 46 | 47,4 | 27,9 | 38,2 | 10,3 | 28,3 | 38,1 | 52,2 |

Çalışma verilerinin güvenilirliği açısından temin edilen 2005-2019 yıllarına ait 15 yıllık yağış verisi ile birlikte çalışma havzasındaki yağış farklılıkları ve çalışma kapsamındaki uygulamalar çerçevesinde gerçekleştirilebilecek tasarrufu elde etmek amacıyla 17116 Bursa Meteoroloji istasyonuna ait yağış verilerine 1985 yılına ait yağış verileri eklenmiştir ve Çizelge 3.2 ile verilmektedir.

Çizelge 3.2 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait aylık toplam yağış miktarı (mm=kg/m²)

| Yıl/Ay | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| 1985 | 104,1 | 73,6 | 31,7 | 33 | 49,3 | 30,1 | 8,4 | 0,2 | 10,4 | 79,4 | 121,1 | 44,9 |
| 2005 | 143 | 73 | 76,4 | 42,6 | 33,8 | 19,4 | 23,8 | 3,8 | 94,8 | 33 | 105,8 | 85,4 |
| 2006 | 56,4 | 117,8 | 42,8 | 12,4 | 4,4 | 64,6 | 2 | 3,2 | 86,6 | 23,6 | 80,6 | 22 |
| 2007 | 82,2 | 19,8 | 56 | 33,4 | 23 | 45,8 | 13,6 | 1 | 3,2 | 57,2 | 136,4 | 131 |
| 2008 | 40,4 | 33,4 | 116,2 | 37,8 | 22,4 | 29,6 | 0,2 | 0,2 | 132 | 34 | 55,4 | 84 |
| 2009 | 105,2 | 120,6 | 108 | 25,8 | 18,2 | 9,6 | 4 | 0,2 | 61 | 38,4 | 80,4 | 118 |
| 2010 | 146,2 | 177,2 | 113 | 62,6 | 28,4 | 134,6 | 25,2 | 4,8 | 52,2 | 383 | 23,8 | 129,6 |
| 2011 | 65,8 | 12,4 | 54,2 | 69,6 | 25,6 | 14,8 | 5,2 | 28,6 | 29 | 102,4 | 1,6 | 91,6 |
| 2012 | 110,6 | 107 | 78,6 | 75,6 | 65,6 | 3,6 | 5,6 | 1,6 | 15,4 | 31,2 | 48,6 | 161 |
| 2013 | 95,6 | 80,2 | 78,2 | 43 | 23,8 | 60,2 | 21 | 1,4 | 16,6 | 747,6 | 60,8 | 38,6 |
| 2014 | 30,8 | 20,4 | 42,4 | 104,6 | 91,4 | 107,2 | 4,6 | 45,4 | 115,6 | 63,8 | 66,8 | 149,6 |
| 2015 | 112,8 | 74,2 | 78,2 | 95,6 | 36 | 37,8 | 0 | 5,6 | 98,1 | 93,2 | 26,4 | 3 |
| 2016 | 122,2 | 80,7 | 75,6 | 23 | 71,1 | 36,4 | 0,4 | 7,8 | 35,3 | 16,2 | 50,4 | 110,6 |
| 2017 | 80,6 | 17,6 | 24,4 | 47,6 | 80 | 65,2 | 8,2 | 2,4 | 5,2 | 51 | 38 | 111,6 |
| 2018 | 62,4 | 58,8 | 114,6 | 14,2 | 89,8 | 59,2 | 9,6 | 1,8 | 29,6 | 60,4 | 14,8 | 85,2 |
| 2019 | 57 | 35,6 | 17,4 | 43,6 | 48,6 | 31 | 22 | 31,4 | 14,2 | 28,8 | 23,5 | 42,8 |

Çalışma verilerinin güvenilirliği için 15 yıllık yağış verisine sahip olan Osmangazi istasyon verilerinin kullanılmasının güvenilirliğinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle 2013-2019 yıllarına ait yağış verilerinin bulunduğu Nilüfer istasyonu ve 2005-2019 yıllarına ait yağış verilerinin bulunduğu Osmangazi istasyonunun 2013-2019 yıllarına ait aylık toplam yağış miktarları farklılıklarının önemli olma durumu karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma tek yönlü varyans analizi ANOVA tablosu ile sağlanmıştır. Hesaplamalarda SPSS istatistik programı kullanılarak yapılan hesaplama sonuçları ile elde edilen ANOVA tablosu detayları Çizelge 3.3'de yer almaktadır. İstatistiksel verilerde değişimlerin önemlilik durumları anlamlılık değeri (P) 0,05'e göre gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerler anlamlılık değerinin 0,05'den büyük olması nedeniyle, istasyonlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur. Bu nedenle 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait 15 yıllık verilerinin çalışmada kullanılması uygun bulunmuştur.

Çizelge 3.3 Nilüfer ve Osmangazi istasyon verilerinin karşılaştırılmasını gösteren ANOVA tablosu

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sigma |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|--------------------|
| Between Groups | 108717,6 | 71 | 1531,23 | 0,039 | P=0,062 Önemsiz |
| Within Groups | 476849,5 | 12 | 39737,5 | | |
| Total | 585567 | 83 | | | |

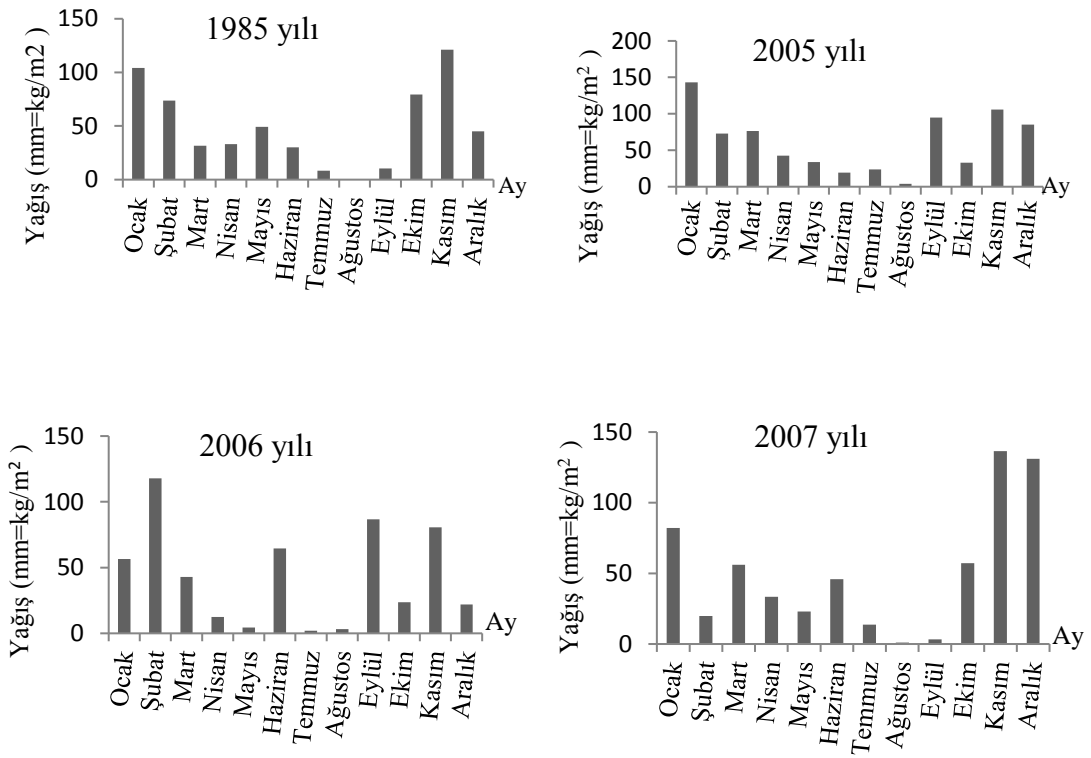
Sonuç olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen iki istasyon verisinin homojen olduğu ve verilerdeki farklılık önemsiz olduğundan daha uzun zaman dilim verisine sahip olan 17116 Bursa/Osmangazi İstasyonunun verilerinin kullanılması uygun bulunmuştur ve yüzeysel akış miktarlarında mevcut durum için gerçekleşen hesaplamalarda kullanılan 15 yıllık ortalama yağış verisi Çizelge 3.4 ile verilmektedir.

Çizelge 3.4 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait 15 yıllık ortalama yağış miktarı (mm=kg/m²)

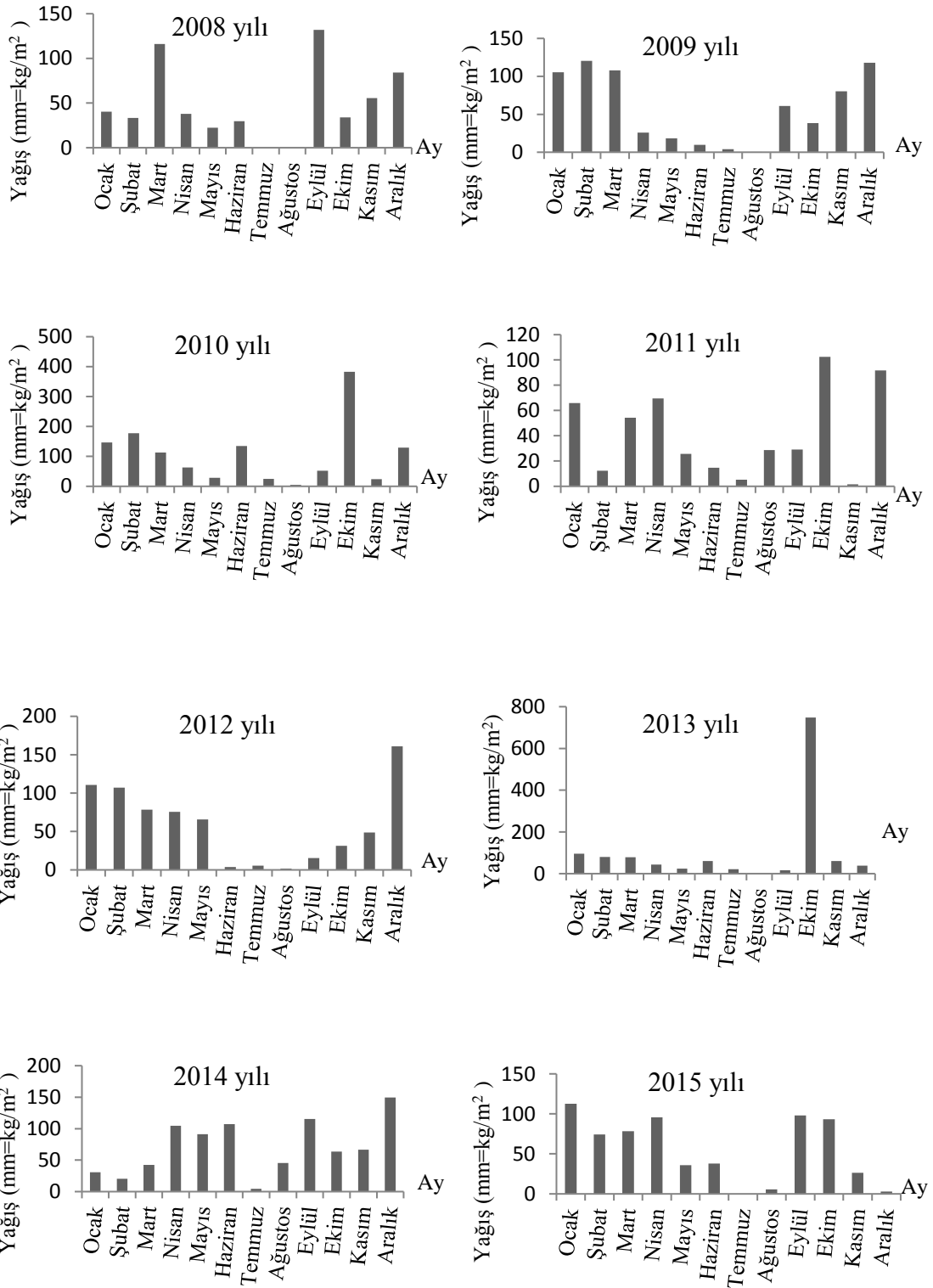
| Yıl/Ay | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|-------|--------|
| 2005-2019 ORT | 87,41 | 68,58 | 71,73 | 48,76 | 44,14 | 47,93 | 9,69 | 9,28 | 52,59 | 117,59 | 54,22 | 90,93 |

17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait aylık yağış verilerinin 2005 ve 2019 yıllarına ait 15 yıllık ortalama yağış miktarı $58,57 \text{ mm}=\text{kg}/\text{m}^2$ 'dir, Yağışların % 35'i kış, %32'si sonbahar, % 23,4'ü ilkbahar, % 10'u yaz aylarında gerçekleşmektedir. Yılın en yağışlı geçen dönemi Ekim, Aralık ve Ocak ayları, en kurak ayları ise Mayıs, Temmuz ve Ağustos aylarıdır.

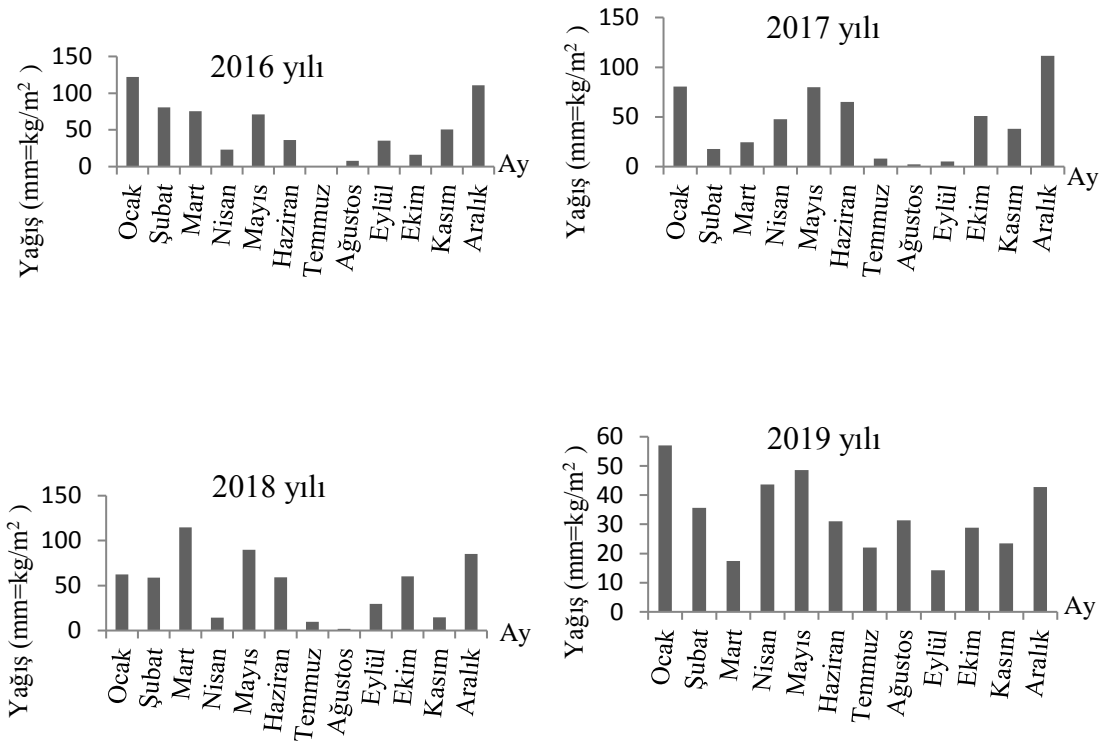
17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonu 1985 ve 2005-2019 yıllarına ait aylık yağış verilerinin yıllara göre değişimi (Şekil 3.3) incelenmiştir. 1985 yılına ait yağışların % 38'i kış, %36'sı sonbahar, % 19,4'ü ilkbahar, % 6'sı yaz aylarında gerçekleşmiştir. 1985 ve 2005-2019 yıllarına ait 15 yıllık ortalama yağış miktarı karşılaştırıldığında yağış miktarlarında azalma görülmesinin yanı sıra mevsimsel yağış farklılıkları da görülmektedir.



Şekil 3.3 17116 no'lu Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonu aylık yağış verilerinin yıllara göre değişimleri (MGM 2019)



Şekil 3.3 17116 no'lu Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonu aylık yağış verilerinin yıllara göre değişimleri (devam) (MGM 2019)



Şekil 3.3 17116 no'lu Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonu aylık yağış verilerinin yıllara göre değişimleri (devam) (MGM 2019).

2005-2019 yıllarına ait 15 yıllık yağış miktarları incelendiğinde kış mevsiminde yağış miktarları yıllara bağlı olarak değişmekle birlikte 2017 yılı itibari ile yağış miktarında azalmalar görülmektedir. Kış mevsimindeki yağış miktarları 2005 yılı ile karşılaştırıldığında %20 oranında azalma görülmektedir. Kış mevsiminde yağış miktarındaki azalmalar nedeniyle meteorolojik kuraklığın şiddetinde artış gözlenmiştir. Sonbahar mevsimindeki yağış miktarları 2005 yılı ile karşılaştırıldığında %5 oranında azalma görülmektedir. Bununla birlikte yaz ve ilkbahar mevsimindeki yağış verileri incelendiğinde yağış miktarlarında artış görülmektedir. Yaz mevsimindeki yağış miktarları 2005 yılı ile karşılaştırıldığında %45 oranında, ilkbahar mevsimindeki yağış miktarları 2005 yılı ile karşılaştırıldığında %8 oranında artış görülmektedir.

Çalışma alanına ait yağış miktarlarının yıllara bağlı değişimi incelenmiştir ve yağış miktarları 2005 yılı ile karşılaştırıldığında %7 oranında artış görülmektedir. Yağış miktarlarındaki olağandışı değişimler çalışma alanının sürdürülebilir su yönetimine ihtiyacı olduğunu göstermektedir.

3.3. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Arazi Kullanım Durumu

3.3.1. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Topografik ve Jeolojik Özellikleri

Çalışma alanının topoğrafik ve jeolojik özellikleri bölgenin geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerini tanımlamak ve su yönetimi kapsamında önemli faktörlerden birisi olan yüzeysel su akışlarının belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır.

Tez çalışması kapsamındaki çalışma sahası Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü alanı yükseltili alçaltılı bir araziye sahip olup, daha çok tepe ve tepe yamaçlarından oluşan jeomorfolojik bir yapıya sahiptir. Kampüs alanının yüksekliği deniz seviyesinden 85 metre ile 164 metre arasında değişmektedir. Kampüs alanındaki en yüksek nokta deniz seviyesinden 164 metre yükseklikte olan Dikilitaş tepesi, ikinci en yüksek nokta 144 metre yükseklikteki Taylan tepe izlemektedir (Aksoy ve Özsoy 2004).

Yağmur suyu yönetimi uygulamalarının uygulanabilirliğinin incelenmesi amacıyla çalışma alanına ait vaziyet planı ve alt yapı sistemlerine ait planlar BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir (YİDB 2019). BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen güncel vaziyet planı Ek 1'de belirtilmiştir. Çalışma kapsamında kampüste bulunan binalar, yol durumu, otopark ve yaya yolları malzeme detaylarını belirleyebilmek için vaziyet planı kullanılmıştır. Ayrıca çalışma alanı olarak seçilen Çevre, İnşaat ve Otomotiv Mühendislik Fakültesi binalarının yükselti verileri; Ek 1'de belirtilmiş olan vaziyet planında incelenmiştir. Vaziyet planı incelendiğinde binaların konum kotları 98 m'dir, binaların bulunduğu alanlar da ise en yüksek kot yaklaşık 104 m, en alt kot ise 98 m'dir.

BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen mevcut yağmur suyu hattı Şekil 3.4'de gösterilmektedir. Kampüste bulunan yağmur suyu drenaj hattı; fakülte binaları çevresi ve sosyal tesisler ve Tıp Fakültesi çevresi olmak üzere iki ayrı bölgede bulunmaktadır. Yağmur suyu drenaj hattı ile toplanılan yağmur suyu ve yüzeysel akış suyunun Nilüfer Çayı'na ulaşan bir dereye deşarj edilmektedir. (YİDB 2019). Burada

gerçekleştirilen drenaj hattı kot farkından ve yer çekiminden faydalanmak için alt kotta bulunan binaların altında toplanarak yağmur suyu hattına katılmaktadır. Bu kapsamda incelendiğinde seçilen binalara uygulanacak sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları ile bina çatıları nedeniyle oluşan geçirimsiz yüzeylerdeki yağmur suyu toplanarak binalarda tekrar kullanılabilir hale getirilerek yağmur suyu hattına gidecek akış azaltılmış olacaktır.



Şekil 3.4 BUÜ Görükle Kampüsü yağmur suyu drenaj hattı (YİDB 2019)

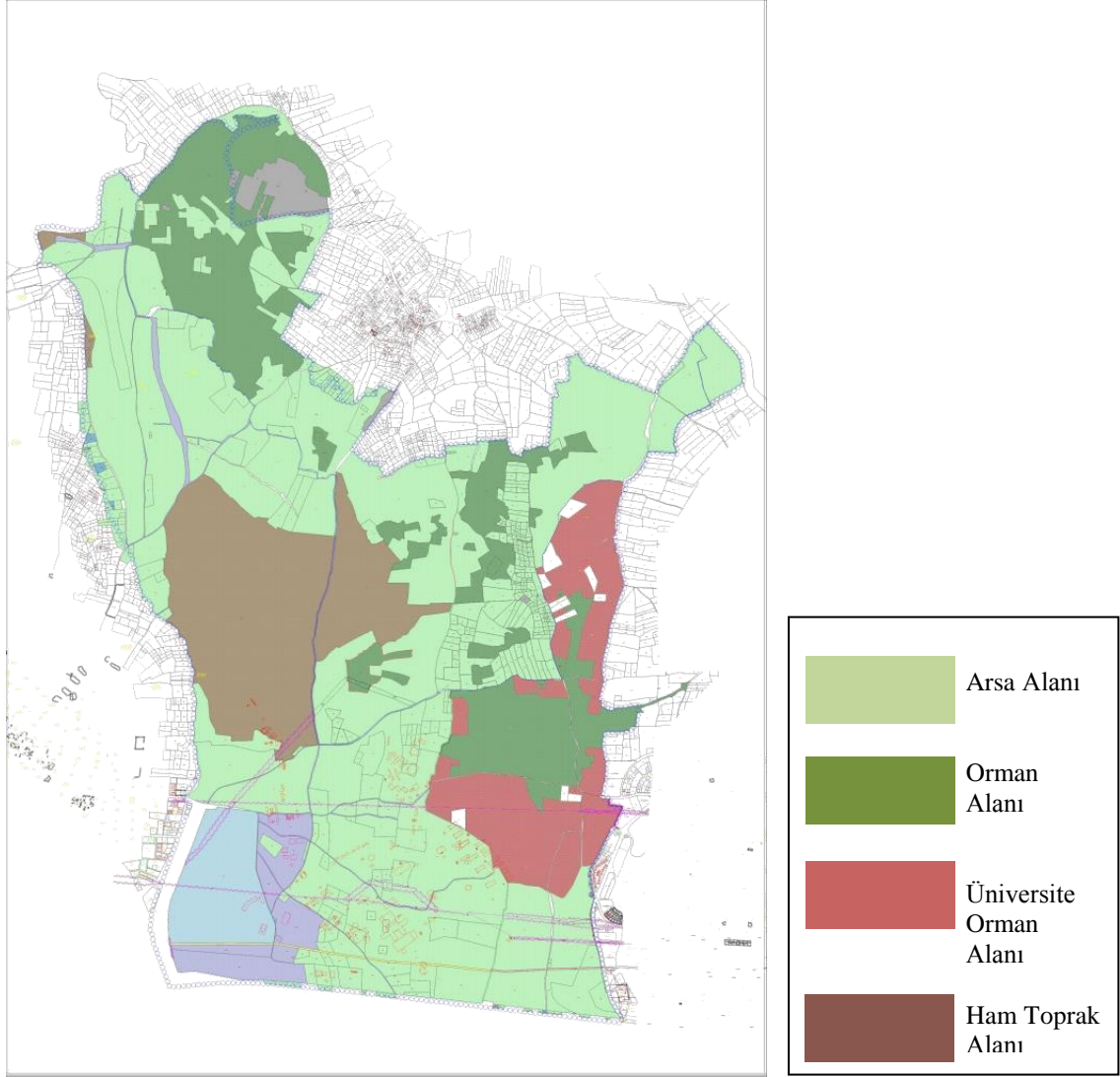
Tez çalışması kapsamında yağmur suyu yönetimi uygulamalarının uygulanabilirliğinin incelenebilmesi amacıyla çalışma alanına ait kullanılan eğim haritası da BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir (Şekil 3.5) (YİDB 2019). Eğim haritası verileri bölgesel olarak değişiklik göstermekle birlikte çalışma alanı % 0-10 gibi bir eğime sahiptir. Kampüs alanı ortalama % 4,3 eğime sahiptir.

kapasitelerinin yüksek olduğu ve değişebilir katyonların büyük bir çoğunluğunu kalsiyum ve magnezyumun oluşturduğu belirlenmiştir.

Aksoy ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışma incelendiğinde çalışma alanının da gerçekleşecek yağmur suyu yönetim uygulamalarında zeminin killi bir yapıya sahip olduğu gözönünde bulundurulmalı ve hedeflenen uygulamalarda toprakta sızma problemi engelleneceknlemler alınmalıdır.

3.3.2. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Bitki rts

Bursa Uludağ Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan alınan verilere göre çalışma alanının (şekil 3.6) %55'ini tarla alanları, %25'sini ise orman alanları oluşturmaktadır. Kampüsü alanında bulunan evre yolunun güneyinde 182 hektar, kuzeyinde 30 ha olmak üzere toplam 212 ha orman alanı, 4,6 ha park alanları bulunmaktadır. Doğal bitkirtsnn genelinisi meşe ve çeşitli fundalıklar oluşturmaktadır. Ayrıca uygun alanlarda yürütülen ormanlaştırma çalışmalarıyla am, akçaağaç, kavak gibi ağaçlar bulunmaktadır (YİDB 2019).



Şekil 3.6 BUÜ Görükle Kampüsü alan kullanımı (YİDB 2019).

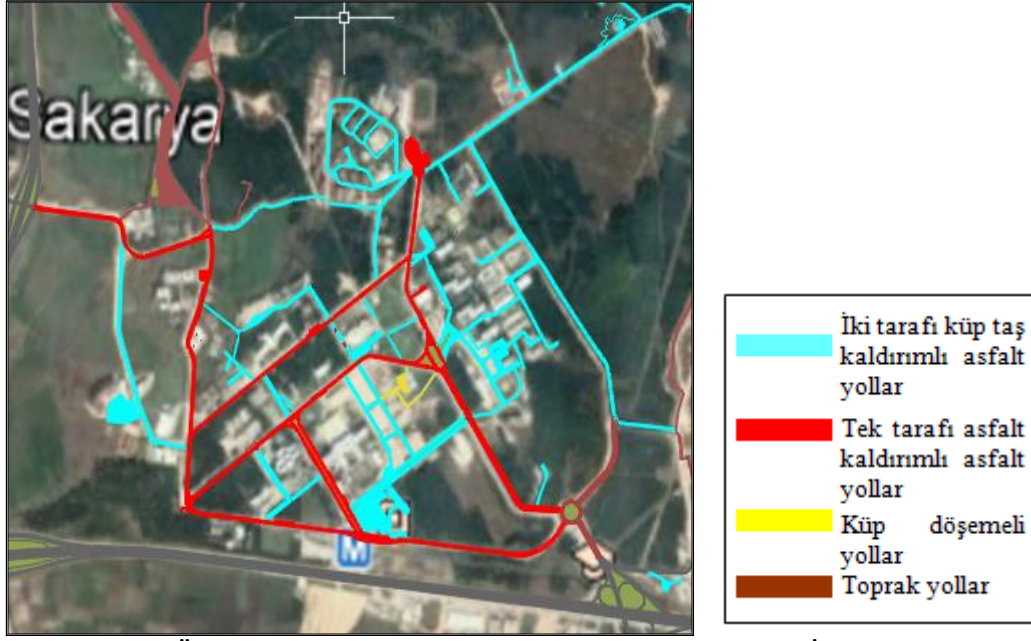
Aksoy ve Özsoy (2004) tarafından yürütülen çalışmada UÜ kampüs alanının arazi kullanım haritası 1/10000 ölçekli olarak üretilmiştir ve Şekil 3.7’de gösterilmektedir. BUÜ Görükle Kampüs alanı toplam 14.299 dekar olarak belirlenmiştir; kampüs arazisinin % 56’sı doğal ya da ağaçlandırma sonucu oluşturulmuş ormanlık alan ile örtülüdür. Söz konusu ormanlık alanın yarısından fazlasını ise iğne yapraklı orman alanları oluşturmaktadır. Kampüs alanının % 22’sini örtmekte olan iğne yapraklı orman alanı, en geniş yayılım alanına 3198 dekarla Kızılçam ormanı, ikinci olarak ise Fıstık çamı ormanı 1020 dekarla kampüs alanının % 7’sini oluşturmaktadır. Kampüs alanının doğal bitki örtüsü olan meşe ormanı ise 2013 dekarla kampüs arazisinin % 14’nü oluşturmaktadır. Kampüs alanında bulunan ormanlık alanlarda yağmur suyunun toprak tarafından sızdırılması açısından incelendiğinde toprak emilimini etkileyen yağış

geçirimsiz bölgelerde mevcut duruma oranla 1985 yılı itibari ile % 28, % 82 ve % 96 oranında artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.5 BUÜ Görükle Kampüsü arazi durumu (YİDB 2019)

| BUÜ Görükle Kampüsü mevcut bölgeler | 1985 | 2005 | 2010 | 2015 | 2019 | Mevcut Durum |
|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------------|
| Toplam bina alanı (km ²) | 3,143 | 9,317 | 10,888 | 10,888 | 11,225 | 11,225 |
| Asfalt yollar (km ²) | 0,050 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,150 | 0,150 |
| Beton kaldırımlar (km ²) | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,014 |
| Küp taş kaldırımlar (km ²) | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 |
| Küp taş bölgeler (km ²) | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |
| Beton alanlar (Otoparklar ve spor alanları) (km ²) | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,028 | 0,028 |
| Orman alanlar (km ²) | 2,120 | 2,120 | 2,120 | 2,120 | 2,120 | 2,120 |
| Tarla alanlar (km ²) | 8,800 | 8,800 | 8,800 | 8,800 | 8,800 | 8,800 |
| Park alanlar (km ²) | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,028 | 0,028 |
| Yıllık bina inşaat oranı (%) | 28,0 | 55,0 | 55,0 | 69,0 | 100,0 | 100,0 |
| Küp taş kaldırımlar (km ²) | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 |
| Küp taş /Geçirimli bölgeler (km ²) | 0,016 | 0,021 | 0,026 | 0,031 | 0,034 | 0,034 |
| Geçirimsiz Bölgeler | 3,217 | 9,360 | 10,937 | 10,942 | 11,417 | 11,417 |

Kampüs alanında aktif araç kullanımı olması nedeniyle kampüsün kuzeyinde bulunan toprak yol ve itfaiye bölgesinin ön cephe kısmı dışındaki küp taş bölgeler dışındaki alanlar da asfalt kullanımı nedeniyle asfalt yol olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte kampüs kullanımı yayalar için de oldukça verimlidir ve asfalt yolların büyük bir çoğunluğu kaldırım yolu takip etmektedir. Şekil 3.9'da kampüs içerisindeki mevcut yol durumu verilmektedir.



Şekil 3.9 BUÜ Görükle Kampüsü üzerindeki mevcut yollar (YİDB 2019)

BUÜ Görükle Kampüsünün içerisindeki arazi kullanımı belirlenirken, kampüs alanı ziyaret edilmiş ayrıca Google Earth programındaki görüntülerden faydalanılmıştır. Arazi kullanımlarını gösteren fotoğraflar Şekil 3.10 ile verilmektedir.



Şekil 3.10 BUÜ Görükle Kampüsünde bulunan (a)Asfalt yollar ve Beton kaldırımlar (b)Küp taş kaldırımlar (c)Küp taş bölgeler (d) Beton alanlar

Yağmur suyu yönetimi uygulamalarının çalışma kapsamındaki hedeflenen uygulamalar doğrultusundaki İnşaat, Otomotiv ve Çevre Mühendisliği ve diğer eğitim binalarının bina büyüklükleri Çizelge 3.6'da verilmektedir. Tez kapsamında bu bölümden sonraki kısımlarda İnşaat, Otomotiv ve Çevre Mühendisliği binaları sırasıyla Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C şeklinde adlandırılmaktadır.

Çizelge 3.6 2019 yılı BUÜ Görükle Kampüsü binaları ve bina alan kullanımları (YİDB 2019)

| Bina Adı | Alan (m ²) |
|--|------------------------|
| Mühendislik Binası A | 2 200 |
| Mühendislik Binası B | 2 600 |
| Mühendislik Binası C | 1 965 |
| Eğitim Binası 1 | 1 500 |
| Eğitim Binası 2 | 1 700 |
| Eğitim Binası 3 | 1 700 |
| İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 1 | 900 |
| İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2 | 1 600 |
| Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölüm Binası 1 | 1 100 |
| Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölüm Binası 2 | 1 500 |

Yağmur suyunun hasat edileceği binalar seçilirken binaları kullanan kişi sayısı, bina çatılarının hasat için uygunluğu, binaların kampüs içerisindeki konumları ve inşaat yılları arasındaki farklar dikkate alınmıştır. Mühendislik Binası A ve Mühendislik Binası B binaları alt kotta bulunan, çatıları yağmur suyu hasadına uygun eğimli binalardır. Bununla birlikte bina yaşlarının yeni olması, tuvalet rezervuar tiplerinde verimli rezervuar tiplerinin seçilmesini sağlamıştır ve bu su tüketim miktarlarında farklılıklar görülmesine neden olmuştur. Mühendislik Binası C ise seçilen diğer binalara kıyasla daha eski bir bina olmakla birlikte büyüklük olarak küçük bir binadır. Bu nedenle çatı hasadında elde edilen su miktarı azalmıştır. Ayrıca üç adet bina için binaları kullanan öğrenci ve akademisyen kişi sayıları yaklaşık olarak benzerlik göstermesi binalarda yapılan incelemeler ile mantıklı veriler elde edilmesi öngörülmektedir.

Çalışma alanı BUÜ Görükle kampüsü, yerleşik bir kampüs olmakla birlikte bir eğitim alanı olması sebebiyle sürekli gelişmekte olan bir yerleşim düzenine sahiptir. Görükle kampüsü gelişim planı kapsamında geliştirilen, gelecekte gerçekleşmesi planlanan yaklaşık 27300 m² alana sahip binaların alan dağılımı BÜU Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir ve Çizelge 3.7 ile verilmektedir. Gelişim planı dahilinde ihtiyaç duyulan binaların konumları belirlenmediğinden plan dahilinde elde edilecek veya kaybedilecek yeşil alanların boyutları bilinmemektedir. Gerçekleştirilmesi hedeflenen alanlar ile birlikte inşaat alanı ve bina sayısı artarken mevcut durumdaki ağaçlandırma bölgesi ve orman bölgeleri kullanılması planlanması nedeniyle yeşil alan miktarı azalması beklenmektedir.

Çizelge 3.7 BUÜ Görükle Kampüsü Gelişim planının binaları ve bina alan kullanımları (YİDB 2019)

| Bina Adı | Alan (m ²) |
|---|------------------------|
| Rektörlük | 20 000 |
| Eğitim Fakültesi | 2 000 |
| Mozaik Araştırmaları Uygulama Ve Araştırma Merkezi (Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü) | 500 |
| Endüstri Mühendisliği | 1 110 |
| İnşaat Mühendisliği | 1 200 |
| Makine Mühendisliği | 3 350 |
| Mimarlık Fakültesi | 24000 |
| Cami Ve Külliyesi | 4 000 |
| İlahiyat Fakültesi | 20 000 |
| Hukuk | 5 000 |
| Açık Öğretim Fakültesi | 4 000 |
| İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi | 13 400 |
| Güzel Sanatlar Fakültesi | 14 000 |
| Enstitüler | 5 000 |
| Fen Bilimleri Enstitüsü | 150 |
| Uzay Ve Havacılık Fakültesi | 12 000 |
| Spor Bilimleri Fakültesi | 8 000 |
| Spor Alanları Kompleksi | 10 000 |
| Çarşı | 15 000 |
| Sosyal Yaşam Alanı | 4 000 |
| Merkezi Derslikler | 16 000 |
| Afet Kriz Merkezi Ve Toplanma Alanları | 3 000 |
| İtfaiye | 3 000 |
| Hasta Yakınları Oteli | 4 000 |

Çizelge 3.8 BUÜ Görükle Kampüsü Gelişim planının binaları ve bina alan kullanımları (devam) (YİDB 2019)

| Bina Adı | Alan (m ²) |
|---|------------------------|
| Uygulama Oteli | 4 000 |
| Akademik Ve İdari Personel Lojmanları | 60 000 |
| Emekli Öğretim Elemanları İçin Misafirhane Ve Lokal | 2 000 |
| Lisans Yüksek Lisans Yurtları | 10 000 |
| Veterinerlik Fakültesi | 960 |
| Otomotiv Mühendisliği | 4 323 |
| Çevre Mühendisliği | 689 |
| Tekstil Mühendisliği | 7 981 |
| Ziraat Mühendisliği | 17 500 |
| Fen Edebiyat Fakültesi | 7 000 |
| Sağlık Uygulamaları Merkezi | 142 |
| Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu | 1000 |

Çalışma kapsamında üniversite kampüsünün mevcut ve gelecekteki durumu sürdürülebilir üniversite bakış açısından değerlendirildiğinde çeşitli bölümlerden alınan hizmet, ihtiyaç halinde oluşan bina ihtiyacı giderilirken yeşil alanlar ve kalan alanların yönetimi de giderek önem kazanmaktadır. Aynı zamanda üniversiteler, ürettikleri kirleticilerle buldukları kentlere sağladıkları faydaların yanısıra, hem ekolojiye hem de sosyal çevreye doğrudan ya da dolaylı olarak negatif etkilerde bulunmaktadır. Bu nedenle, üniversitelerin sürdürülebilir olmaları hem kirletici girdilerini azaltmak hem de topluma önder ve örnek olma açısından son derece önemlidir (Ağı ve Günerhan 2016).

3.4. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Yüzeysel Su Akışlarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde ampirik bir yöntem kullanarak yüzey suyu akışının hesaplanması yapılmıştır. Yüzeysel su akışları Storm Water Management Model (SWMM) kullanılarak, akış ölçer istasyonu kurularak ve rasyonel formül ile hesaplanabilmektedir. Veri sınırlamaları nedeniyle SWMM modelinin kalibrasyonu sırasında bir takım sorunlar yaşanmıştır. Çalışkan (2007)'ye göre rasyonel yöntem, yüzeysel akış hesap yöntemleri içerisinde en popüler ve en pratik olan yöntemdir. Bu nedenle, Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle kampüsünün mevcut vaziyet planı incelenerek rasyonel formül kullanılmıştır (Çalışkan 2007). Rasyonel yönteminde;

$$Q=C. I. A \quad (1)$$

formülünden faydalanılmıştır (Çalışkan 2007) .

Rasyonel yöntemde;

Q: Maksimum aylık debi (m³/ay)

C: Arazi kullanım türünün yüzeysel akış katsayısı,

I: Aylık yağış şiddeti (mm/ay)

A: Yağış havzası alanı (m²) 'yi tanımlamaktadır.

Kampüs arazisinde bulunan farklı arazi kullanım türlerine ait yüzeysel akış katsayıları Çizelge 3.8 ile verilmektedir. Gerçekleşen yüzeysel akış hesaplamasında Çizelge 3.8 'de bulunan yüzeysel akış katsayıları kabul edilmiştir.

Çizelge 3.9 Arazi kullanım türlerinin yüzeysel akış katsayıları

| Arazi kullanım türü | Yüzeysel akış katsayısı | Kaynak |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Asfalt yol | 0, 90 | Çalışkan 2007 |
| Beton kaplama | 0, 90 | Çalışkan 2007 |
| Küp taş kaplama | 0, 70 | Anonim 2020c |
| Orman alanları | 0,25 | Çalışkan 2007 |
| Ziraat alanları | 0,30 (0 15-0 40) | Avcı 1991 |
| Park alanları | 0,30 (0 15-0 45) | Avcı 1991 |
| Binalar | 0, 75 | Nicklow ve ark., 2006 |

Meteorolojiden temin edilen 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait 2005-2019 yılları arasındaki 15 yıllık ortalama yağış verisi, literatür araştırması ve Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen arazi kullanım verileri ve bu arazi türlerinin yüzeysel akış katsayıları ile kampüs alanı için hesaplanan yüzeysel akış miktarı Çizelge 3.9 ile verilmiştir. Toplam bina alanlarından kaynaklanan yüzeysel akış miktarı çatılardan kaynaklanan akış olması nedeniyle toplam bina alanları kabul edilmiş ve yüzeysel akış hesaplamalarında çatı alanları kabul edilmiştir.

Ayrıca çalışma kapsamında Yapı İşleri Daire Başkanlığı tarafından hazırlanan gelişim planı sonrası elde edilecek yüzeysel akış miktarı da hesaplanmıştır. Ancak bu kapsamda hedeflenen planların detayları belirlenmemesi nedeniyle gelecek planı doğrultusunda toplam bina alanı durumu değiştirilerek ek bina arazisi eklenmiştir ve Çizelge 3.10 ile

verilmiştir. Bununla birlikte kampüs içerisinde önerilen yağmur suyu yönetim uygulamaları kapsamında yapılan önerilerin 15 yıllık ortalama yağış verileri doğrultusunda ön görülen yüzey akışı miktarı hesaplanmıştır ve Çizelge 3.11 ile verilmiştir.

Çizelge 3.10 BUÜ Görükle Kampüsü mevcut durum toplam yüzeysel akış miktarı (m³/ay)

| BUÜ Görükle Kampüsü | Alan (m ²) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|---|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|--------------------|
| Toplam bina alanı | 11 225 000 | 735911 | 577357,9 | 603905,0 | 410498,3 | 371603,6 | 403538,8 | 81605,8 | 78126,0 | 442714,0 | 989932,8 | 456464,6 | 765545,0 |
| Asfalt yollar | 150 000 | 11800,8 | 9258,3 | 9684,0 | 6582,6 | 5958,9 | 6471,0 | 1308,6 | 1252,8 | 7099,2 | 15874,2 | 7319,7 | 12276,0 |
| Beton kaldırımlar | 13 700 | 1077,8 | 845,6 | 884,5 | 601,2 | 544,2 | 591,0 | 119,5 | 114,4 | 648,4 | 1449,8 | 668,5 | 1121,2 |
| Küp taş kaldırımlar | 6 500 | 397,7 | 312,0 | 326,4 | 221,9 | 200,8 | 218,1 | 44,1 | 42,2 | 239,3 | 535,0 | 246,7 | 413,7 |
| Küp taş bölgeler | 6 000 | 367,1 | 288,0 | 301,3 | 204,8 | 185,4 | 201,3 | 40,7 | 39,0 | 220,9 | 493,9 | 227,7 | 381,9 |
| Beton alanlar (Otoparklar ve spor alanları) | 28 000 | 2202,8 | 1728,2 | 1807,7 | 1228,8 | 1112,3 | 1207,9 | 244,3 | 233,9 | 1325,2 | 2963,2 | 1366,3 | 2291,5 |
| Orman alanlar | 2 120 000 | 46329,1 | 36347,4 | 38018,7 | 25842,8 | 23394,2 | 25404,7 | 5137,5 | 4918,4 | 27870,9 | 62320,9 | 28736,6 | 48194,7 |
| Tarla alanlar | 8 800 000 | 230771,2 | 181051,2 | 189376,0 | 128726,4 | 116529,6 | 126544,0 | 25590,4 | 24499,2 | 138828,8 | 310428,8 | 143140,8 | 240064,0 |
| Park alanlar | 460 000 | 12063,0 | 9464,0 | 9899,2 | 6728,9 | 6091,3 | 6614,8 | 1337,7 | 1280,6 | 7257,0 | 16227,0 | 7482,4 | 12548,8 |
| Toplam | | 1040920,6 | 816652,7 | 854202,7 | 580635,5 | 525620,4 | 570791,6 | 115428,5 | 110506,5 | 626203,6 | 1400225,6 | 645653,4 | 1082836,9 |
| Genel Toplam (m³/yıl) | | | | | | | | | | | | | 8 369 678,0 |

Çizelge 3.11 BUÜ Görükle Kampüsü gelecek planındaki ek binaların toplam yüzeysel akış miktarı (m³/ay)

| BUÜ Görükle Kampüsü | Alan (m ²) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|---|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|--------------------|
| Toplam yüzeysel akış | | 1040920,6 | 816652,7 | 854202,7 | 580635,5 | 525620,4 | 570791,6 | 115428,5 | 110506,5 | 626203,6 | 1400225,6 | 645653,4 | 1082836,9 |
| Ek binalar | 27 300 | 1789,8 | 1404,2 | 1468,7 | 998,4 | 903,8 | 981,4 | 198,5 | 190,0 | 1076,7 | 2407,6 | 1110,2 | 1861,9 |
| Toplam | | 1042710,4 | 818056,9 | 855671,4 | 581633,9 | 526524,2 | 571773,0 | 115627,0 | 110696,5 | 627280,3 | 1402633,1 | 646763,5 | 1084698,7 |
| Genel Toplam (m³/yıl) | | | | | | | | | | | | | 8 384 069,0 |

Çizelge 3.12 BUÜ Görükle Kampüsü yağmur suyu yönetim uygulamaları ile sağlanan toplam yüzeysel akış miktarı (m³/ay)

| BUÜ Görükle Kampüsü | Alan (m2) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|---|------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------------|
| Toplam bina alanı | 11 208 235 | 734811,9 | 576495,6 | 603003,0 | 409885,2 | 371048,6 | 402936,0 | 81483,9 | 78009,3 | 442052,8 | 988454,2 | 455782,9 | 764401,6 |
| Asfalt yollar | 150 000 | 11800,8 | 9258,3 | 9684,0 | 6582,6 | 5958,9 | 6471,0 | 1308,6 | 1252,8 | 7099,2 | 15874,2 | 7319,7 | 12276,0 |
| Küp taş kaldırımlar | 20 200 | 1236,0 | 969,7 | 1014,3 | 689,5 | 624,1 | 677,8 | 137,1 | 131,2 | 743,6 | 1662,7 | 766,7 | 1285,8 |
| Küp taş bölgeler | 26 000 | 1590,9 | 1248,2 | 1305,5 | 887,4 | 803,3 | 872,4 | 176,4 | 168,9 | 957,1 | 2140,1 | 986,8 | 1655,0 |
| Beton alanlar (Otoparklar ve spor alanları) | 6 000 | 472,0 | 370,3 | 387,4 | 263,3 | 238,4 | 258,8 | 52,3 | 50,1 | 284,0 | 635,0 | 292,8 | 491,0 |
| Orman alanlar | 2 120 000 | 46329,1 | 36347,4 | 38018,7 | 25842,8 | 23394,2 | 25404,7 | 5137,5 | 4918,4 | 27870,9 | 62320,9 | 28736,6 | 48194,7 |
| Tarla alanlar | 8 800 000 | 230771,2 | 181051,2 | 189376,0 | 128726,4 | 116529,6 | 126544,0 | 25590,4 | 24499,2 | 138828,8 | 310428,8 | 143140,8 | 240064,0 |
| Park alanlar | 460 000 | 12063,0 | 9464,0 | 9899,2 | 6728,9 | 6091,3 | 6614,8 | 1337,7 | 1280,6 | 7257,0 | 16227,0 | 7482,4 | 12548,8 |
| Toplam | | 1 039 075 | 815 205 | 852 688 | 579 606 | 524 688 | 569 780 | 115 224 | 110 311 | 625 093 | 1 397 743 | 644 509 | 1 080 917 |
| Genel Toplam (m3/yıl) | | | | | | | | | | | | | 8 354 838,0 |

Tez çalışması kapsamında hedeflenen ve önerilen uygulamalardan detayları Bölüm 4.5'te verilmekte olan beton alanların geçirimli yüzey kaplaması uygulamasıdır. Bu uygulama önerisinde öncelikle değiştirilmesi gereken ve/veya uygulamanın kullanım kolaylığı olan bölgeler seçilmiştir. Bununla birlikte kampüs içerisinde su sürdürülebilirliğinin verimliliğinin artırılmasının sağlanması açısından kampüste bulunan beton alanların (otopark ve spor alanları) geçirimli yüzeyler ile kaplanması hedeflenen bir gelecek iyileştirme planı belirtilmektedir. Gerçekleştirilmesi planlanan gelecek iyileştirme planı ışığında yüzeysel akış katsayısında ve buna bağlı gerçekleşen yüzeysel akış hesaplamasında da azalma meydana gelecektir. 15 yıllık ortalama yağış verileri ve geçirimli yüzey kaplaması ile değiştirilen beton alanların ağırlıklı yüzeysel akış katsayısı hesaplamasında 0,7 (Anonim 2020c) yüzeysel akış katsayısı kabulü yapılmıştır. Gelecek iyileştirme planının yüzeysel akış miktarı hesaplaması Çizelge 3.12'de verilmektedir.

Çizelge 3.13 BUÜ Görükle Kampüsü gelecek planı ile sağlanan toplam yüzeysel akış miktarı (m³/ay)

| BUÜ Görükle Kampüsü | Alan (m2) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|---|------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------------|
| Toplam bina alanı | 11208235 | 734811,887 | 576495,6 | 603003,0 | 409885,2 | 371048,6 | 402936,0 | 81483,9 | 78009,3 | 442052,8 | 988454,2 | 455782,9 | 764401,6 |
| Asfalt yollar | 150000 | 11800,8 | 9258,3 | 9684,0 | 6582,6 | 5958,9 | 6471,0 | 1308,6 | 1252,8 | 7099,2 | 15874,2 | 7319,7 | 12276,0 |
| Küp taş kaldırımlar | 20200,0 | 1.236 | 969,7 | 1014,3 | 689,5 | 624,1 | 677,8 | 137,1 | 131,2 | 743,6 | 1662,7 | 766,7 | 1285,8 |
| Küp taş bölgeler | 32.000 | 2526,7 | 1662,1 | 1751,7 | 2141,4 | 806,4 | 846,7 | 0,0 | 125,4 | 2197,4 | 2087,7 | 591,4 | 67,2 |
| Beton alanlar (Otoparklar ve spor alanları) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Orman alanlar | 2120000 | 46329,0667 | 36347,4 | 38018,7 | 25842,8 | 23394,2 | 25404,7 | 5137,5 | 4918,4 | 27870,9 | 62320,9 | 28736,6 | 48194,7 |
| Tarla alanlar | 8800000 | 230771,2 | 181051,2 | 189376,0 | 128726,4 | 116529,6 | 126544,0 | 25590,4 | 24499,2 | 138828,8 | 310428,8 | 143140,8 | 240064,0 |
| Park alanlar | 460.000 | 12063,0 | 9464,0 | 9899,2 | 6728,9 | 6091,3 | 6614,8 | 1337,7 | 1280,6 | 7257,0 | 16227,0 | 7482,4 | 12548,8 |
| Toplam (m ³ /yıl) | | 1039538,7 | 815248,3 | 852746,9 | 580596,7 | 524453,2 | 569495,0 | 114995,1 | 110217,0 | 626049,7 | 1397055,5 | 643820,4 | 1078838,1 |
| Genel Toplam (m³/yıl) | | | | | | | | | | | | | 8 353 054,6 |

3.5. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Nüfus Yoğunluğu

Bursa Uludağ Üniversitesi 1970 yılında kurulan ve kuruluşundan itibaren Türkiye’de en çok tercih edilen üniversitelerden birisidir. Bu nedenle öğrenci sayısı kapasitesi sürekli artış göstermektedir. Yıllara bağlı öğrenci nüfus dağılımı Yükseköğretim Bilgi Yönetim Sistemi (YÖKSİS)’den öğrenci ve akademisyen sayıları incelenmiştir (Anonim 2020ç). YÖKSİS kayıtlarında bulunan ilk veriler akademisyen nüfusu için 1975-1976 öğretim yılına, öğrenci nüfusu ise 1983-1984 öğretim yıllarına dayanmaktadır. Veriler incelendiğinde akademisyen nüfusunun giderek arttığı, öğrenci sayısının ise 2014 yılına kadar düzenli olarak arttığı, 2014 yılında azalma olduğu ancak sonrasında tekrar artış görülmektedir. Öğrenci sayıları 1983 yılı ile karşılaştırıldığında 3 kat artış görülmektedir (Anonim 2020ç).

BUÜ öğrenci nüfusu Görükle Kampüsü içerisinde yüksek öğretim binalarının haricinde teknoloji geliştirme bölgesi, araştırma merkezi, misafirhane ve lokal alanları, lojmanlar, otopark, kütüphane, spor kompleksi, hastane, mediko, çarşı, müze kompleksi, uygulama oteli gibi sosyal ve çeşitli tiplerde yapılar bulunduran bir kampüstür. BUÜ Görükle Kampüsü öğrenciler, akademisyenler haricinde çalışanlar ve ziyaretçiler olmak üzere binlerce kişi kampüste bulunan binaları kullanmaktadır. Bu nedenle kampüste, hem araştırma hem de eğitim kapasitesinin hızla artan BUÜ Görükle Kampüsü’nün sürdürülebilir çevre ilkeleri doğrultusunda kampüs işleyişi ile ilgili stratejilerin hayata geçirilmesi giderek önem kazanmaktadır.

Çalışma kapsamında ele alınan Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C binalarının yıl bazlı öğrenci, akademik personel ve idari çalışan sayıları öğrenci işlerinden temin edilmiştir ve Çizelge 3.13’de verilmektedir. Binalarındaki su tüketimleri UÜ öğrenci işlerinden temin edilen öğrenci, öğretim üyesi ve idari çalışan sayıları kullanılarak LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu kullanılarak su tüketimi belirlenmiş ve rezervuarlara yağmur suyu beslemesi yapılması durumunda, şebeke suyundan sağlanması öngörülen tasarruf 5. Bölüm’de belirtilmektedir (Anonim 2020ı).

Cizelge 3.14 Bölümlerin akademik personel, idari personel ve öğrenci sayıları

| Yıl | Öğrenci sayıları | | | | | | | | Akademik ve İdari Personel sayıları | | | |
|------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|-------------------------------------|-------|----------------------|-------|
| | Mühendislik Binası A | | Mühendislik Binası B | | Mühendislik Binası C | | Mühendislik Binası A | | Mühendislik Binası B | | Mühendislik Binası C | |
| | Kadın | Erkek | Kadın | Erkek | Kadın | Erkek | Kadın | Erkek | Kadın | Erkek | Kadın | Erkek |
| 2011 | 75 | 410 | 26 | 210 | 268 | 170 | 4 | 16 | 2 | 6 | 16 | 11 |
| 2012 | 75 | 409 | 25 | 216 | 270 | 175 | 4 | 16 | 2 | 6 | 16 | 11 |
| 2013 | 75 | 411 | 24 | 220 | 271 | 180 | 4 | 16 | 2 | 6 | 16 | 11 |
| 2014 | 70 | 400 | 26 | 225 | 272 | 181 | 4 | 16 | 2 | 6 | 16 | 11 |
| 2015 | 78 | 404 | 25 | 217 | 275 | 185 | 4 | 16 | 2 | 6 | 16 | 11 |
| 2016 | 78 | 404 | 25 | 215 | 276 | 188 | 4 | 16 | 2 | 6 | 16 | 11 |
| 2017 | 54 | 366 | 34 | 262 | 277 | 193 | 4 | 16 | 3 | 6 | 16 | 11 |
| 2018 | 58 | 399 | 33 | 315 | 282 | 215 | 4 | 16 | 4 | 6 | 16 | 11 |
| 2019 | 58 | 399 | 33 | 315 | 282 | 215 | 4 | 16 | 5 | 8 | 16 | 11 |

3.6. Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'nde Bulunan Binalardaki Su Tüketimlerinin Belirlenmesi

BUÜ Görükle Kampüsü'nde bulunan Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C binalarının yıllık olarak tuvalet rezervuarlarında ve musluklarda kullanılan şebeke suyu tüketimlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu hesaplamada, kişi sayılarının belli ve kişilerin düzenli kullanımının olmasından dolayı eğitim binaları seçilmiştir.

Su tüketimi hesaplamasında Yeşil Binalar Konseyi'nin yeşil bina sertifika sistemi olan LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu kullanılmıştır. Hesaplama metodunda kullanılan excel hesaplayıcısının veri girdi sayfasına ait ekran görüntüsü Şekil 3.11'de verilmektedir. LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel veri girdi sayfasında öncelikle sonuç sayfasında elde edilmesi istenen su miktarı birimi seçimi yapılmaktadır. Bununla birlikte binayı kullanan kişi sayısı kadın ve erkek olarak ayrı girilmektedir, rezervuarlarda kullanılan rezervuar tipi seçilmektedir. Ayrıca çalışma süresi girilmeli ve hesaplayıcıda kullanılacak günlük tuvalet ve lavabo kullanım adedi, rezervuar hacmi, musluk kullanım miktarı ve musluk kullanım süresi için kabulleri seçilmektedir.

Çağlar (2018) tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında Dokuz Eylül Üniversitesi binalarının su tüketim miktarları hesaplanırken LEED sertifikası su verimliliği hesap metodu kullanılmış ve binalar için LEED yeşil bina sertifikası almayı hedeflemesi durumunda elde edilen krediler değerlendirilmiştir.

Rizk ve ElSorady (2020) tarafından BaytAl-Suhaymi ve Historic Cair binalarının LEED v4.1 uygunluk değerlendirilmesi yapılmış ve çalışmada tüketim verileri ve puanlandırılma süreçlerinde LEED v4.1 sistemi kullanılmıştır. LEED değerlendirmesi sonucu, Bayt Al-Suhaymi'nin İslami tarihi bir bina olarak LEED derecelendirme sistemine uyabileceğini ortaya koymuştur. ve LEED altın sertifikası almaya aday olabileceği belirtilmiştir.

Elkhapery ve ark., (2021) tarafından 200 adet okul binasının LEED v4 kriterlerine göre bina güçlendirilmesinin faydalarının değerlendirilmiştir. Çalışmada LEED v4 tüketim hesaplayıcıları kullanılarak elektrik ve su alanında yapılan uygulamalarda meydana gelen su verimliliği hesaplanmıştır.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Group name | | Group 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Occupancy Type | Employees (FTE) | Visitors | Retail Customers | Students (K-12) | Residential | Other (specify) | Gender Ratio (%) | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | 0% | | | | | | | | |
| Male | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | | | | | | | | |
| Female | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | | | | | | | | |
| Annual days of operation | | | | | | 235 | | | | | | | | | |
| Low flush (gpf) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Full flush (gpf) | | | | | | | | | | | | | | | |
| LEED weighted average flush rate (gpf) | | 0,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Fixture Information | | | Flush Rate | | Percent of Occupants (%) | Uses per Day | | | | | Total Daily Uses | | Total Daily Water Use | | |
| Fixture ID | Fixture Family | Fixture Type | Baseline Flush Rate (gpf) | Design Flush Rate (gpf) | | Employees (FTE) | Visitors | Retail Customers | Students (K-12) | Residential | Other | Default | Non-default (Optional) | Baseline (gallons) | Design (gallons) |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | | | 0,00 | 0,00 | |
| Baseline case annual flush volume (gallons/year) | | | | | 0,00 | | | | | | | | | | |
| Design case annual flush volume (gallons/year) | | | | | 0,00 | | | | | | | | | | |
| Add Rows | | Delete Rows | | | | | | | | | | | | | |
| Fixture Information | | Duration | | Flow Rate | | Percent of Occupants (%) | Uses per Day | | | | | Total Daily Uses | | Total Daily Water Use | |
| Fixture ID | Fixture Type | Default (sec) | Non-default (sec) (Optional) | Baseline Flow Rate (gpm) | Design Flow Rate (gpm) | | Employees (FTE) | Visitors | Retail Customers | Students (K-12) | Residential | Other | Default | Non-default (Optional) | Baseline (gallons) |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | | 0,00 | 0,00 |
| Baseline case annual flow volume (gallons/year) | | | | | 0,00 | | | | | | | | | | |
| Design case annual flow volume (gallons/year) | | | | | 0,00 | | | | | | | | | | |
| Add Rows | | Delete Rows | | | | | | | | | | | | | |

Şekil 3.11 LEED v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplayıcısı girdi sayfası (Anonim 2020ı)

Gerçekleşen kullanıcı sayısı, çalışma süresi ve kabuller sonucu hesaplayıcı tarafından elde edilen toplam su tüketim miktarı LEED v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplayıcısı sonuç sayfası Şekil 3.12’de verilmektedir.

| Summary for Operations and Maintenance Rating Systems | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| <small>Note: Baseline and design volumes are READ-ONLY. To edit, see the previous tabs.</small> | | | | | | |
| Unrenovated percentage of fixtures installed before 1995 (%) | <input type="text"/> | | | | | |
| Renovated percentage of fixtures installed in 1995 or later (%) | <input type="text"/> | | | | | |
| <input type="button" value="Refresh Groups"/> | | | | | | |
| Group Name | Baseline Case (gallons/year) | | | Design Case (gallons/year) | | |
| | Annual Flush Volume | Annual Flow Volume | Annual Consumption | Annual Flush Volume | Annual Flow Volume | Annual Consumption |
| | | | | | | |
| Annual baseline water consumption (gallons/year) | <input type="text"/> | | | | | |
| Annual design water consumption (gallons/year) | <input type="text"/> | | | | | |
| Baseline multiplier (%) | 0.00% | | | | | |
| Water consumption maximum (gallons/year) | <input type="text"/> | | | | | |
| Percentage below water consumption maximum (%) | <input type="text"/> | | | | | |

Şekil 3.12 LEED v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplayıcısı sonuç sayfası (Anonim 2020ı)

Excel hesaplama metodunda girilen veriler; binalarda kullanılan mevcut tuvalet rezervuarı ve muslukların tiplerinin özellikleri, binada bulunan kişi sayısı ve yıllık çalışma süresi bilgileri yeterlidir. Binayı kullanan kişi sayısı Çizelge 3.13 ile verilmektedir. Hesaplama metodunda nüfus dağılımında fark edilir bir fark olmadığından 2019 yılına ait nüfus bilgileri kabul edilmiştir.

Yıllık su tüketiminin hesaplanmasında excel hesaplama metodu kapsamında; günlük tuvalet ve lavabo kullanım adedi, rezervuar hacmi, musluk kullanım miktarı ve musluk kullanım süresi için kabuller yapılmıştır. Bu hesap metodunda kişilerin günlük rezervuar kullanım adedi Çizelge 3.14 ile tanımlanmıştır.

Çizelge 3.15 Günlük tuvalet rezervuarı kullanım adedi (kullanım/kişi/gün) (Anonim 2020₁)

| Tür | Günlük Kullanım Adedi | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------|---------|
| | Akademik/İdari personel | Ziyaretçi | Öğrenci |
| Tuvalet (Erkek) | 1 | 0,1 | 1 |
| Tuvalet (Kadın) | 3 | 0,5 | 3 |
| Pisuar | 2 | 0,4 | 2 |
| Genel lavabo günlük kullanım sayısı | 3 | 3 | 3 |

Gerçekleştirilen kabuller dahilinde tek kademeli rezervuara sahip olan tuvaletlerde, tek basımdaki su hacmi, LEED hesaplayıcısındaki geleneksel tuvalet rezervuarları için baz değer olan 6 litre olarak alınmıştır. İki kademeli rezervuara sahip olan tuvaletlerde; büyük hacim geleneksel rezervuarlarla aynı olduğundan 6 litre, küçük hacim rezervuarı ise iki kademeli rezervuarlar 3 litre olarak alınmıştır. Binalarda bulunan her erkek tuvaletinde pisuar bulunduğundan pisuar kullanım oranı %50 olarak seçilmiştir. Genel lavabo kullanım miktarı 1,9 litre ve 30 saniye kullanım süresi ise hesap metodu kapsamında kabul alınmıştır. Kabul alınan rezervuar ve musluk kullanımındaki su miktarı Çizelge 3.15'te verilmiştir.

Çizelge 3.16 Rezervuar ve Musluk Kullanımındaki Su Miktarı (Anonim 2020₁)

| Tür | Maksimum Rezervuar ve Musluk Su Miktarı (Litre) | Süre (s) |
|---|---|----------|
| Geleneksel- Tek kademeli Rezervuar | 6,00 | - |
| Çift Kademeli - Küçük Hacimli Rezervuar | 3,00 | - |
| Pisuar | 3,80 | - |
| Genel lavabo günlük kullanım | 1,90 | 30 |

Yıllık su tüketimi belirlenirken akademik ve idari personelin ve öğrencilerin kişi sayısı ve kullanım süresi farklı olması nedeniyle su tüketimleri iki aşamada hesaplanmıştır. Akademik ve idari personelin yıllık çalışma süresi yaklaşık 260 gün, öğrencilerin kullanım süresi ise güz ve bahar yarıyılı toplamda 40 hafta ve yaz okulu ise 7 hafta olmak üzere toplam 235 gün süresince rezervuarları kullandıkları hesaplanmıştır.

Binalarda rezervuar ve lavabolardan kaynaklanan su tüketimleri hesaplaması yapılan binanın yıllık çalışma süreleri aynı şekilde kabul edilmiştir. Binalardaki mevcut rezervuarlardan kaynaklanan toplam su tüketimi Çizelge 3.16'de ve mevcut lavabolardan kaynaklanan toplam su tüketimi ise Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.17 Binalardaki rezervuarlardan kaynaklanan toplam su tüketimi

| | Mühendislik Binası A | | | Mühendislik Binası B | | | Mühendislik Binası A | | |
|--|----------------------|--------|----------|----------------------|--------|------------|----------------------|----------|-----------|
| | Kadın | Erkek | Toplam | Kadın | Erkek | Toplam | Kadın | Erkek | Toplam |
| Akademik ve İdari Personel Su tüketimi (L/yıl) | 67 059,2 | 18 720 | 85779,2 | 34 195,2 | 23400 | 57 595,2 | 67 059,2 | 51 480 | 11 8539,2 |
| Öğrenci Su tüketimi (L/yıl) | 1482 690,2 | 271440 | 1754130 | 1 170 798 | 154440 | 1325 238,2 | 799 498,2 | 1319760 | 2119 258 |
| Toplam Su Tüketimi (L/yıl) | | | 1839909 | | | | 1382 833,4 | | |
| Akademik ve İdari Personel Su tüketimi (m ³ /yıl) | 67,06 | 18,72 | 85,78 | 34,20 | 23,4 | 57,60 | 67,60 | 51,48 | 118,54 |
| Öğrenci Su tüketimi (m ³ /yıl) | 1 482,70 | 271,44 | 1 754,13 | 1 170,80 | 154,44 | 1 325,24 | 799,50 | 1 319,76 | 2 119,258 |
| Toplam Su Tüketimi (m³/yıl) | | | 1 839,91 | | | | 1 382,83 | | |

Çizelge 3.18 Binalardaki lavabolardan kaynaklanan toplam su tüketimi

| | Mühendislik Binası A | Mühendislik Binası B | Mühendislik Binası C |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|
| Akademik ve İdari Personel Su tüketimi (L/yıl) | 15860 | 10400 | 21320 |
| Öğrenci Su tüketimi (L/yıl) | 322420 | 245575 | 350620 |
| Toplam Su Tüketimi (L/yıl) | 338280 | 255975 | 371940 |
| Akademik ve İdari Personel Su tüketimi (m ³ /yıl) | 15,86 | 10,4 | 21,32 |
| Öğrenci Su tüketimi (m ³ /yıl) | 322,42 | 245,575 | 350,62 |
| Toplam Su Tüketimi (m³/yıl) | 338,28 | 255,975 | 371,94 |

4. BULGULAR

BUÜ Görükle Kampüsü mevcut durumunda geçirimsiz yüzeyler kampüs alanının %79'unu oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında değerlendirilen arazi kullanımı ve nüfus yoğunluğu verileri doğrultusunda üniversite kampüsü bina yoğunluğu ile birlikte yapılaşma ve inşa edilen ek binalar nedeniyle geçirimsiz yüzey miktarında 1985 yılı itibariyle yıllar içerisinde %28, %82 ve %96 oranında artış görülmektedir. Ancak gerçekleşen değişiklikler çerçevesinde kampüs alanında yağmur suyu yönetimine katkı sağlayacak herhangi bir iyileştirme hedefi konulmamaktadır. Üniversite yönetimi tarafından 2020 yılında yayınlanan Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yönetmeliği üniversitede çevre farkındalığı ve çevre sürdürülebilirliği konularını içermektedir (BUÜ 2020). Ancak yönetmelik içeriğinde kampüs yağmur suyunun yönetimi veya tasarım stratejisi doğrultusunda çalışmalardan söz edilmemektedir. Sürdürülebilirlik kavramından bahsedilen bu yönetmelik kapsamında gerçekleştirilecek uygulamalara kampüs su kaynaklarının yönetimi eklenmeli ve ekolojik sorunların çözümünde bir liderlik kurumu haline getirilmelidir.

Bu bölümde, BUÜ Görükle Kampüs alanında gerçekleşen saha çalışması sonrası seçilen bölgelerde saha yağmurları ve yüzeyler tarafından oluşan yağmur suyu yüzeysel akışının etkilerini iyileştirecek sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları önerileri tanımlanarak elde edilen bulgular belirtilmiştir. Kampüs alanında sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları kapsamında toplam bina alanları % 0,18 oranında, geçirimli yüzey kaplamaları % 30 oranında azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca gelecek iyileştirme planı tanımlanmış ve bu plan kapsamında tanımlanan tüm geçirimsiz yüzeylerin geçirimli yüzey ile kaplanması hedeflenmiştir. Tanımlanan uygulamalar ve hedeflenen iyileştirmelerin kampüs alanındaki yüzeysel akışa etkisi değerlendirilmiş ve hedeflenen iyileştirmeler çerçevesindeki uygulamalar maliyet açısından değerlendirilmiştir.

4.1.Yağmur Suyu Hasadı ve Yağmur Suyunun Binalarda Kullanımı

Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsünün sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması için önerilen ilk uygulama mevcut durumda yerleşik halde bulunan binaların su ihtiyacının hasat edilen yağmur suyu tarafından karşılanmasıdır. Rezervuar kullanımı dışında bahçe ve peyzaj sulamada da kullanılabilen bu sistemler ile kampüs genelinde kullanılan şebeke ve yer altı sularının kullanımı azaltılarak doğal kaynak tüketiminden kaçınılması sağlanabilmektedir.

Bina rezervuarlarındaki su tüketimi hesaplamasında Yeşil Binalar Konseyi'nin yeşil bina sertifika sistemi olan LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu kullanılmış ve hesaplama detayları Çizelge 4.1 ile verilmiştir. Kullanılan hesaplama metodunda LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu ile elde edilen yıllık su tüketim miktarları çalışma süreleri ile oranlanarak belirlenen rezervuarlardaki su tüketimi, aylık su tüketimi elde edilecek şekilde hesaplanmaktadır. Bununla birlikte belirlenen çatılarda meteorolojiden elde edilen aylık yağış verileri ile toplanması öngörülen aylık yağmur suyu miktar bilgileri tabloya girilmektedir. Hasat edilen su miktarı ve aylık su tüketimine göre bina için uygun ölçülerde bir yağmur suyu depolama tankı hacmi belirlenir. Verilen kriterler doğrultusunda her bir bina için 100 m³'lük bir depolama tankı tasarlanması kabulü ile hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve durum değerlendirmesi belirlenen hacim üzerinden yapılmıştır. Hesaplama metodunda depo hacminin ilk kullanımında yağmur suyu deposu devreye alınırken tamamen şebeke suyu ile doldurulduğu kabul edilmektedir. Aylık kullanımı dahilinde depo hacmi yağmur suyu ile doldurulmaktadır. Yağmur suyu deposunun kullanımı sırasında rezervuarları beslediği, elde edilen fazla suyun depolanmaya devam ettiği ve yağmur suyunun depo hacminden fazla olduğu durumlarda ise bir deşarj hattı ile binaların etrafında bulunan peyzaj alanlarının sulamasının sağlandığı kabul edilmektedir. Yağmur suyu deposu, kullanımı sırasında depo tank hacmi yeterli olduğu müddetçe fazla suyun bir sonraki ayda kullanımı için depolanması şeklinde tasarlanmıştır bununla birlikte rezervuarlardaki su ihtiyacının karşılanamadığı durumlarda ise depoya şebeke suyundan su beslemesi yapılacak şekilde tasarlanmakta ve hesaplama metodunda aylık olarak şebekeden temin edilecek su miktarı belirlenmektedir.

Tez çalışması kapsamında verimli bir yağmur suyu hasat sistemi kurulumu ve kullanımında çevresel, teknik, ekonomik ve işletme faktörleri göz önünde bulundurulmuştur. Çevresel faktörler; bölgenin yağış şiddeti, yağış dağılımı ve kuru dönemi, yağmur suyunun kalitesi ve diğer su kaynaklarının varlığıdır. Bu faktörler bölüm 2'de incelenmiştir. Türkiye'nin yağmur rejimi Tanık ve ark. (2015) tarafından yağmur suyu hasat sistemleri için uygun olduğunu belirlenmiş, ayrıca yağmur suyu hasadı için seçilen çalışma alanının yağış verileri incelendiğinde ve yağmur suyunun rezervuarlarda kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

Yağmur suyu hasat sistemi kurulumdaki teknik faktörler ise; su tüketimi, yağmur suyu hasat sisteminin türü, yağmur suyu hasat alanı, çatı tipi, dağıtım sistemi, depolama tankının kapasitesi, depolama tankının konumu, depolama tankının jeolojisi, su arıtma yöntemleridir. Bu faktörler dikkate alındığında yüzeysel akış kullanımının meydana getireceği kirliliği, kurulum ve kullanımı zorlaştıracığı ve maliyeti arttıracığı öngörülmüştür. Bu nedenle çalışma alanında bulunan binaların çatılarında mevcut durumunda bulunan yağmur suyu toplama kanal sistemlerinde toplanan suyunun bir depolama tankında biriktirilmesi ve rezervuarlarda kullanılan sistemler olarak değerlendirilmiştir. Yağmur suyu depolama tankı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te belirtildiği üzere betonarme sistemlerde mevcut çatıların hafifletilmesi, su deposu vb. ağırlıkların zemine indirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle depolama tankının konumu, depolama tankının boyutunun büyüklüğü göz önünde bulundurularak binalara yakın konumlandırılacak şekilde yer üstünde ya da bina dışında yeraltında konumlandırılacaktır.

Yağmur suyu hasadı ile elde edilen ve yağmur suyunun rezervuarlar da kullanımı için gerekli kalite parametreleri Bölüm 2.4'de açıklanmıştır. Bu kapsamda depolanan suyun kalitesi için Yağmur Suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik'ten faydalanılmıştır. Yönetmeliğe göre evlerde, iş yerlerinde ve bahçelerde kullanma suyu olarak kullanılacak yağmur suyunun, depolarda askıda katı madde birikimini engellemek amacıyla, depoya girmeden önce filtrasyon işleminden geçmesi gerekmektedir. Bu nedenle tez çalışması kapsamında tasarlanan depolama tankları ile

depo tankına bağlanan yağmur suyu toplama boruları arasında filtre yerleştirilmesi ön görülmektedir. Seçilecek olan filtre, yönetmelikte önerilen özelliklerde; en az %90 filtrasyon verimli, 1,25 mm'den büyük katı maddelerin geçişine izin vermeyen filtre kullanımı gerçekleşecektir. Bununla birlikte sistemin verimliliği ve kullanımında sağlık açısından problemlere yol açmasını önlemek amacıyla binaların çatılarının, depolama tanklarının ve filtrelerin kontrol ve temizliğinin düzenli olarak gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde yağmur suyunun tez çalışması kapsamındaki binaların aylık su tüketimi için makul bir alternatif kaynak olacağı öngörülmektedir. Tez çalışması kapsamında tasarlanan depolama tankında bulunan suyun sürekli devir daim içerisinde olacağı öngörüldüğünden ve kullanım alanı açısından değerlendirildiğinden tank içerisinde havalandırma sistemi gerekli görülmemektedir. Ayrıca çatı temizliği düzenli olarak gerçekleştiğinde ve filtrasyon sistemi bulunacağından renk oluşumu beklenmemektedir.

Yağmur suyu hasat sistemi kurulumdaki ekonomik faktörleri kurulum maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, faturalarda sağlanan azalmadır. Maliyet hesaplamaları detayları Bölüm 4.8'de ayrıntılı olarak belirtilmektedir.

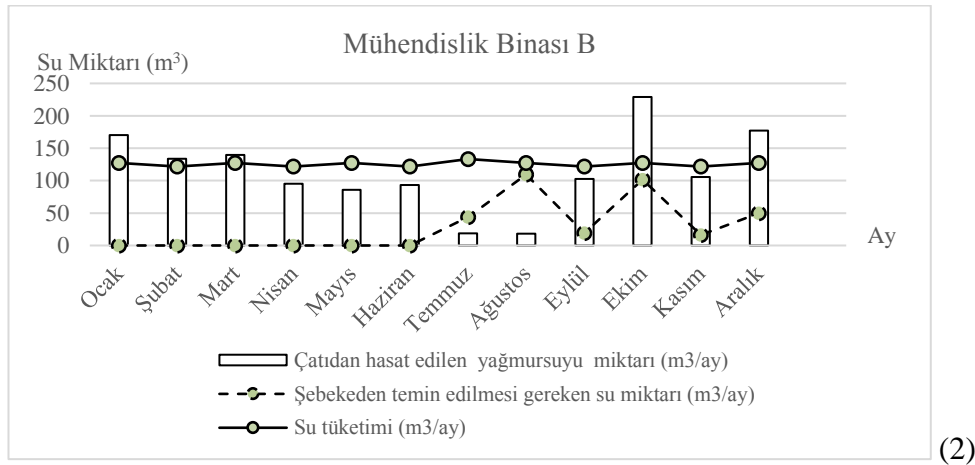
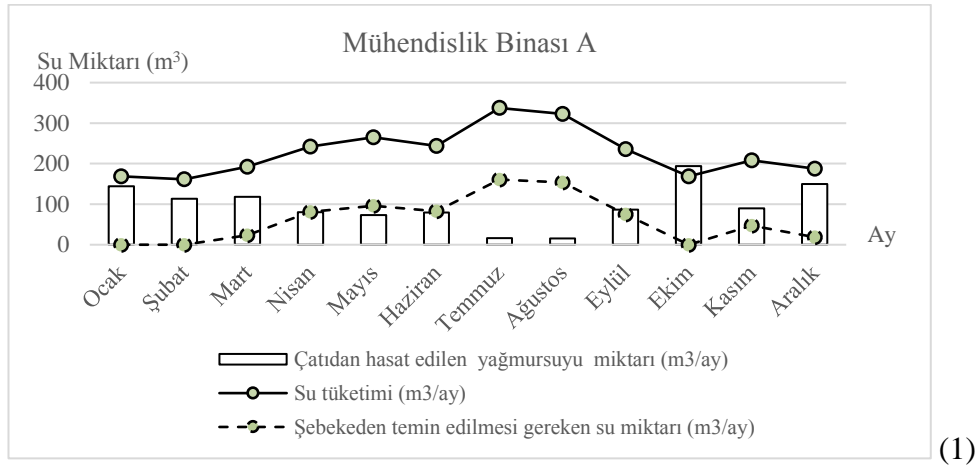
Çizelge 4.1 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu kullanımı sisteminin hesaplayıcı detayları

| (1) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Çalışma Süresi (gün) | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 |
| Çatıdan hasat edilen yağmursuyu miktarı (m ³ /ay) | 144,23 | 113,16 | 118,36 | 80,45 | 72,83 | 79,09 | 15,99 | 15,31 | 86,77 | 194,02 | 89,46 | 150,04 |
| Su tüketimi (m ³ /ay) | 169,03 | 161,35 | 169,03 | 161,35 | 169,03 | 161,35 | 176,71 | 169,03 | 161,35 | 169,03 | 161,35 | 169,03 |
| Devreden su miktarı (m ³ /ay) | 75,20 | 27,01 | | | | | | | | 24,99 | | |
| Şebekeden temin edilmesi gereken su miktarı (m ³ /ay) | | | 23,66 | 80,89 | 96,20 | 82,26 | 160,72 | 153,72 | 74,58 | | 46,90 | 18,99 |

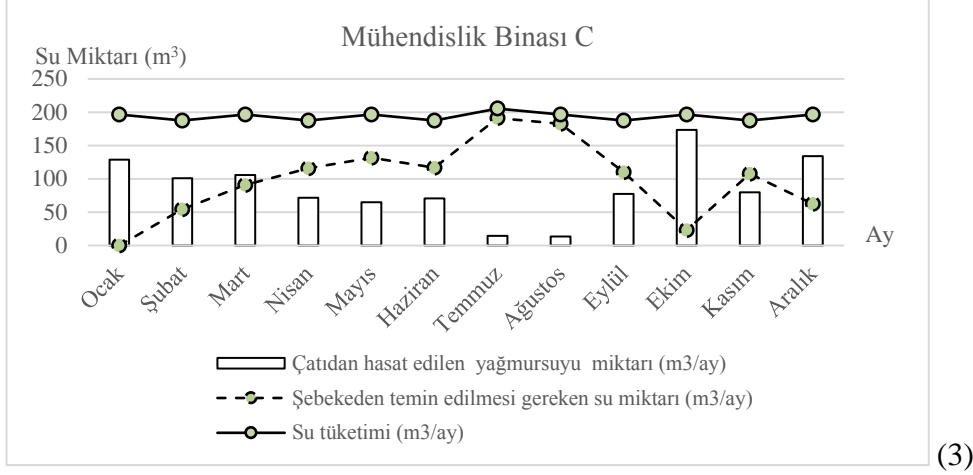
| (2) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Çalışma Süresi (gün) | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 |
| Tank başlatma miktarı (m ³ /ay) | 100 | | | | | | | | | | | |
| Çatıdan hasat edilen yağmursuyu miktarı (m ³ /ay) | 170,46 | 133,73 | 139,88 | 95,08 | 86,07 | 93,47 | 18,90 | 18,10 | 102,54 | 229,29 | 105,73 | 177,32 |
| Su tüketimi (m ³ /ay) | 127,55 | 121,75 | 127,55 | 121,75 | 127,55 | 121,75 | 133,35 | 127,55 | 121,75 | 127,55 | 121,75 | 127,55 |
| Devreden su miktarı (m ³ /ay) | 142,91 | 154,89 | 167,22 | 140,55 | 99,08 | 70,80 | | | | | | |
| Şebekeden temin edilmesi gereken su miktarı (m ³ /ay) | | | | | | | 43,65 | 109,45 | 19,21 | 101,75 | 16,02 | 49,77 |

| (3) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Çalışma Süresi (gün) | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 |
| Çatıdan hasat edilen yağmursuyu miktarı (m ³ /ay) | 128,83 | 101,07 | 105,72 | 71,86 | 65,05 | 70,64 | 14,29 | 13,68 | 77,50 | 173,29 | 79,91 | 134,01 |
| Su tüketimi (m ³ /ay) | 196,55 | 187,61 | 196,55 | 187,61 | 196,55 | 187,61 | 205,48 | 196,55 | 187,61 | 196,55 | 187,61 | 196,55 |
| Devreden su miktarı (m ³ /ay) | 32,28 | | | | | | | | | | | |
| Şebekeden temin edilmesi gereken su miktarı (m ³ /ay) | | 54,27 | 90,83 | 115,75 | 131,50 | 116,97 | 191,20 | 182,87 | 110,12 | 23,26 | 107,71 | 62,54 |

Şekil 4.1’deki grafikler incelendiğinde yağmur suyu hasat sisteminin en verimli olduğu aylar yağış miktarlarının da en yüksek olduğu aylar; ocak, şubat ve mart aylarıdır. Aylık su ihtiyacının yağmur suyu ile karşılanmadığı ve şebekeden alınacak su ihtiyacının en az olduğu Mühendislik Binası B binasında, rezervuarlardaki su ihtiyacının ocak ayından itibaren haziran ayına kadar altı ay boyunca yağmur suyu ile sağlanabildiği görülmektedir (Şekil 4.1 (2)). Yaz aylarındaki yağış miktarlarındaki azalma nedeniyle hasat miktarında azalma görülmekte ve tüm binalarda şebeke suyu ihtiyacının arttığı görülmektedir. Mühendislik Binası A ve Mühendislik Binası C binalarında ise sırasıyla yıllık 340 ve 1187 m³ su şebekeden temin edilmesi öngörülmektedir ve bu binaların aylık su ihtiyaçlarının en az % 50’sinin yağmur suyu ile karşılanabildiği belirlenmiştir.



Şekil 4.1 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu kullanım miktarlarının aylık dağılımı



Şekil 4.2 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu kullanım miktarlarının aylık dağılımı (devamı)

4.2. Gri Su Sistemleri

Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsü'nün sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması için önerilen diğer uygulama gri su sistemleridir. Mevcut durumda yerleşik halde bulunan binaların su ihtiyacının hasat edilen yağmur suyu dışında binalarda bulunan armatürlerden elde edilen gri su tarafından karşılanmasıdır. Yağmur suyu hasadı ile benzer kullanım alanlarına sahip gri suların kullanımının rezervuar kullanımındaki verimliliği açısından değerlendirildiğinde filtreleme ve dengeleme tankı, biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon gibi arıtma yöntemlerine ihtiyaç duyulması öngörülmektedir. Belirtilen arıtma yöntemleri sonrasında bahçe ve peyzaj sulama sırasında da kullanılabilen bu sistemler ile kampüs genelinde kullanılan şebeke ve yer altı sularının kullanımı daha fazla azaltılması ve böylece doğal kaynak tüketimi azaltılması sağlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında gri su sistemlerinin kurulması öngörülen binalar seçilirken binaları kullanan kişi sayısı ve binaların sistem kurulumu için uygunluğu dikkate alınmıştır ve Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C binaları seçilmiştir. Gri su sistemi kurulumunda armatür atık suyunu toplayıcı ve depoya iletiminin sağlandığı bir boru hattı kurulumu gerektiğinden binaların vaziyet planları incelenmiş ve gri su sistemi kurulumu için uygun bulunmuştur. Gri su sistemi için gerekli arıtma sistemleri; çalışma kapsamında seçilen binaların bodrum katı bulunan

binalar da bodrum katında, yer altında ya da zemin katta bulunacak şekilde konumlandırılması öngörülmektedir.

Bina armatürlerindeki su tüketimi hesaplamasında Yeşil Binalar Konseyi'nin yeşil bina sertifika sistemi olan LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplama metodu kullanılmıştır. Çalışma kapsamında armatürlerden elde edilen gri suların yağmur suyu hasadı sistemini beslediği bir gri su sistemi kurulumu öngörülmektedir. Bununla birlikte gri su ve yağmur suyunun binalarda bulunan rezervuarlarda kullanımının hesaplama detayları Çizelge 4.2 ile verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde gri su kazanımı ile binaların aylık su tüketimi için makul bir alternatif kaynak olacağı öngörülmektedir.

Gri su sistemi kurulumdaki kurulum maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, faturalarda sağlanan azalma gibi ekonomik değerlendirme ve maliyet hesaplama detayları Bölüm 4.8'de ayrıntılı olarak belirtilmektedir.

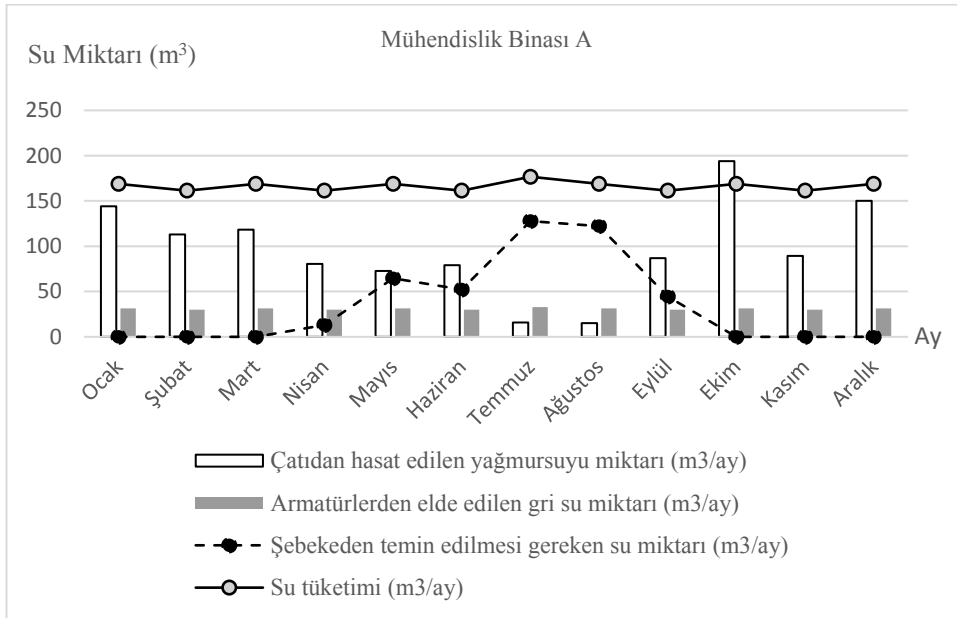
Çizelge 4.2 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu ve gri su kullanım sisteminin hesaplayıcı detayları

| (1) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Çalışma Süresi (gün) | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 |
| Çatıdan hasat edilen yağmursuyu miktarı (m ³ /ay) | 144,23 | 113,16 | 118,36 | 80,45 | 72,83 | 79,09 | 15,99 | 15,31 | 86,77 | 194,02 | 89,46 | 150,04 |
| Armatürlerden elde edilen su miktarı (m ³ /ay) | 31,53 | 30,09 | 31,53 | 30,09 | 31,53 | 30,09 | 32,96 | 31,53 | 30,09 | 31,53 | 30,09 | 31,53 |
| Su tüketimi (m ³ /ay) | 169,03 | 161,35 | 169,03 | 161,35 | 169,03 | 161,35 | 176,71 | 169,03 | 161,35 | 169,03 | 161,35 | 169,03 |
| Devreden su miktarı (m ³ /ay) | 75,20 | 57,10 | 37,96 | | | | | | | 56,51 | 14,72 | 27,26 |
| Şebekeden temin edilmesi gereken su miktarı (m ³ /ay) | | | | -12,84 | -64,67 | -52,17 | -127,76 | -122,19 | -44,49 | | | |

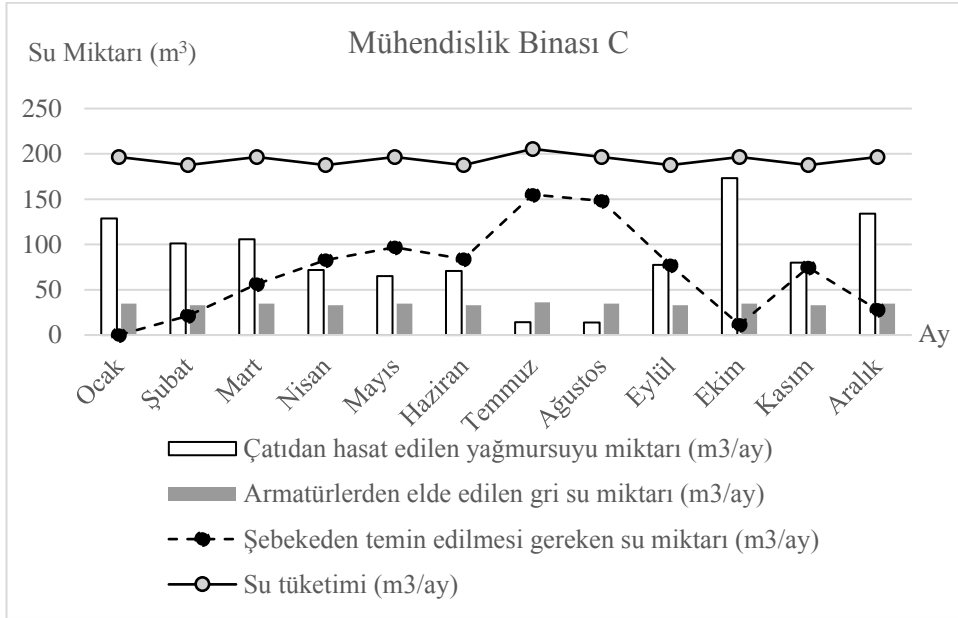
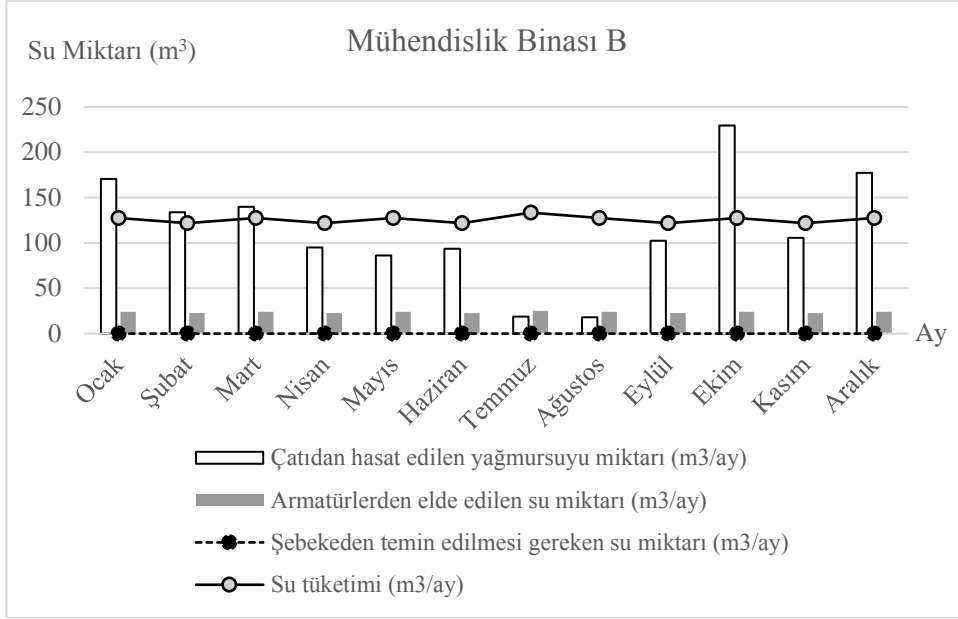
| (2) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Çalışma Süresi (gün) | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 |
| Tank başlatma miktarı (m ³ /ay) | 100 | | | | | | | | | | | |
| Çatıdan hasat edilen yağmursuyu miktarı (m ³ /ay) | 170,46 | 133,73 | 139,88 | 95,08 | 86,07 | 93,47 | 18,90 | 18,10 | 102,54 | 229,29 | 105,73 | 177,32 |
| Armatürlerden elde edilen su miktarı (m ³ /ay) | 23,87 | 22,79 | 23,87 | 22,79 | 23,87 | 22,79 | 24,96 | 23,87 | 22,79 | 23,87 | 22,79 | 23,87 |
| Su tüketimi (m ³ /ay) | 127,55 | 121,75 | 127,55 | 121,75 | 127,55 | 121,75 | 133,35 | 127,55 | 121,75 | 127,55 | 121,75 | 127,55 |
| Devreden su miktarı (m ³ /ay) | 166,78 | 201,54 | 237,75 | 233,86 | 216,26 | 210,76 | 121,27 | 35,69 | 39,27 | 164,89 | 171,65 | 245,29 |
| Şebekeden temin edilmesi gereken su miktarı (m ³ /ay) | | | | | | | | | | | | |

| (3) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Çalışma Süresi (gün) | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 22 |
| Çatıdan hasat edilen yağmursuyu miktarı (m ³ /ay) | 128,83 | 101,07 | 105,72 | 71,86 | 65,05 | 70,64 | 14,29 | 13,68 | 77,50 | 173,29 | 79,91 | 134,01 |
| Armatürlerden elde edilen su miktarı (m ³ /ay) | 34,63 | 33,05 | 34,63 | 33,05 | 34,63 | 33,05 | 36,20 | 34,63 | 33,05 | 34,63 | 33,05 | 34,63 |
| Su tüketimi (m ³ /ay) | 196,55 | 187,61 | 196,55 | 187,61 | 196,55 | 187,61 | 205,48 | 196,55 | 187,61 | 196,55 | 187,61 | 196,55 |
| Devreden su miktarı (m ³ /ay) | 32,28 | | | | | | | | | | | |
| Şebekeden temin edilmesi gereken su miktarı (m ³ /ay) | | -21,21 | -56,20 | -82,70 | -96,87 | -83,92 | -155,00 | -148,24 | -77,06 | 11,37 | -74,65 | -27,91 |

Şekil 4.2’deki grafikler incelendiğinde gri su sisteminin en verimli olduğu aylar genel olarak yağış miktarlarının da en yüksek olduğu aylar; ocak, şubat ve mart aylarıdır. Mühendislik Binası B binasında, rezervuarlardaki su ihtiyacının tüm yıl boyunca gri su sistemi ve sistemi besleyen yağmur suyu ile sağlanabildiği görülmektedir (Şekil 4.2 (2)). Yaz aylarındaki yağış miktarlarındaki azalma nedeniyle hasat miktarında azalma görülmekte ve bunun sonucunda tüm binalarda şebeke suyu ihtiyacının arttığı görülmektedir. Mühendislik Binası A ve Mühendislik Binası C binalarında ise sırasıyla yıllık 424 ve 835 m³ su şebekeden temin edilmesi öngörülmektedir ve bu binaların aylık su ihtiyaçlarının en az % 60’nın yağmur suyu ve gri su tarafından karşılandığı belirlenmiştir.



Şekil 4.3 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu ve gri su kullanım miktarlarının aylık dağılımı



Şekil 4.4 (1) Mühendislik Binası A (2) Mühendislik Binası B (3) Mühendislik Binası C rezervuarlarında yağmur suyu ve gri su kullanım miktarlarının aylık dağılımı (devamı)

4.3. Yeşil Çatı Uygulamaları

Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsünün sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması için önerilen diğer uygulama yeşil çatı uygulamalarıdır. Yeşil çatı uygulamaları ile kampüs alanı içerisinde giderek artan betonarme yapılaşmaların neden olacağı yüzeysel akışı azaltılmasının yanı sıra uygulanan binalarda enerji tasarrufu, çatı alanı korunması ve estetik görüntü sağlanması sağlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında gerçekleşen saha ziyaretinde yeşil çatı uygulaması için binalar incelenmiştir. Bu uygulama kapsamındaki bina çatılarının taşıma kapasitesi, çatıların hasat için uygunluğu, çatı eğimi ve binaların kampüs içerisindeki konumlar dikkate alınmıştır. Betonarme çatıları olan Eğitim Binası 1, Eğitim Binası 2, Eğitim Binası 3, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 1, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 1, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 2 binaları seçilmiştir.

Yağmur suyu hasadı uygulaması için seçilen Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C binalarının çatıları kot farkında bulunan yeşil çatı uygulaması önerilmemiştir. Tez çalışması kapsamında seçilen binaların kampüs içerisindeki mevcut hali ve çalışma kapsamında hedeflenen yeşil çatı projesi Şekil 4.1'de yer almaktadır.



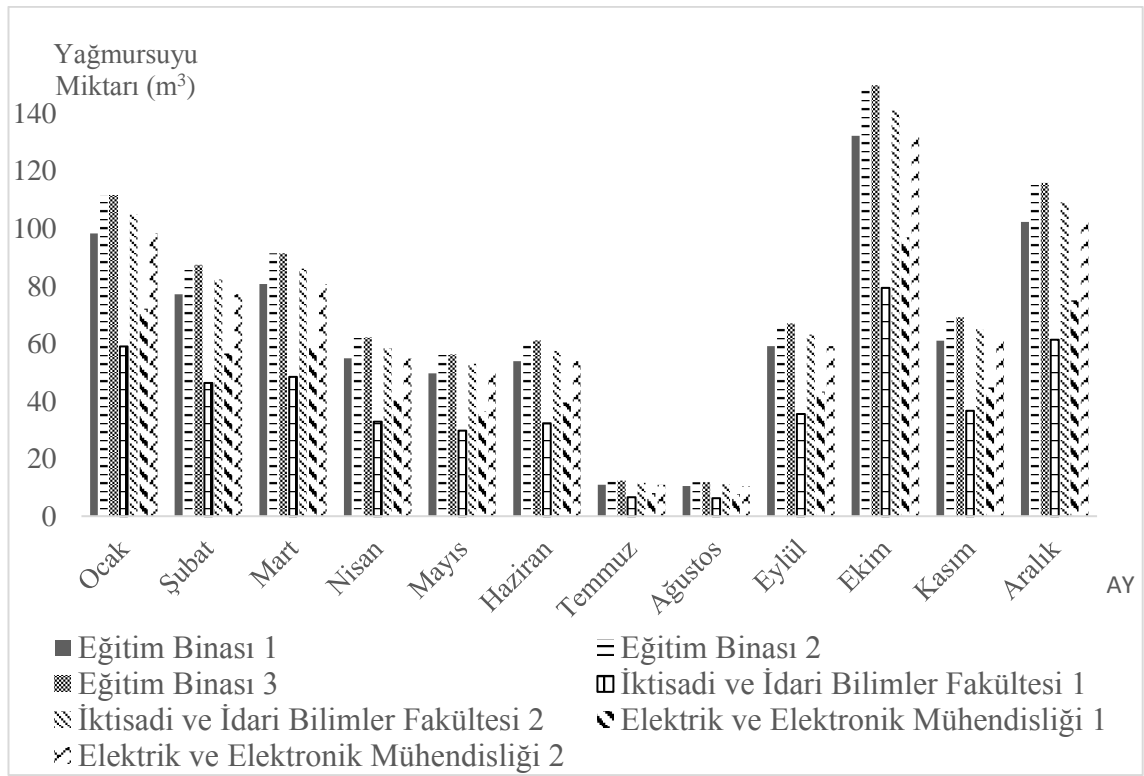
Şekil 4.5 BUÜ Görükle Kampüsü Eğitim Binaları mevcut çatıları ve yeşil çatı uygulaması (Anonim 2020d)

Çalışma kapsamında meteorolojiden temin edilen 17116 numaralı Bursa/Osmangazi Meteoroloji İstasyonuna ait 2005-2019 yılları arasındaki 15 yıllık ortalama yağış verisi, literatür araştırması ve Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen arazi kullanım verileri ve rasyonel formül hesaplaması doğrultusunda yeşil çatı uygulamaları ile hasat edilmesi öngörülen yağmur suyu miktarı Çizelge 4.3 ile verilmiştir. Gerçekleşen hesaplama da yeşil çatı uygulaması ziraat veya park alanı olarak kabul edildiğinden yüzeysel akış katsayısı diğer kabuller ile aynı olduğundan 0,4 (Avcı 1991) olarak kabul edilmiştir. Gerekli kabuller gerçekleştirildiğinde yeşil çatı uygulaması kapsamında yıllık 5271 m³ yağmur suyu hasat edilmesi ön görülmektedir.

Çizelge 4.3 BUÜ Görükle Kampüsü Yeşil çatı uygulamaları ile hasat edilen yağmur suyu miktarı (m³/ay)

| Bina adı | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| Eğitim Binası 1 | 98,34 | 77,15 | 80,70 | 54,86 | 49,66 | 53,93 | 10,91 | 10,44 | 59,16 | 132,29 | 61,00 | 102,30 |
| Eğitim Binası 2 | 111,45 | 87,44 | 91,46 | 62,17 | 56,28 | 61,12 | 12,36 | 11,83 | 67,05 | 149,92 | 69,13 | 115,94 |
| Eğitim Binası 3 | 111,45 | 87,44 | 91,46 | 62,17 | 56,28 | 61,12 | 12,36 | 11,83 | 67,05 | 149,92 | 69,13 | 115,94 |
| İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 1 | 59,00 | 46,29 | 48,42 | 32,91 | 29,79 | 32,36 | 6,54 | 6,26 | 35,50 | 79,37 | 36,60 | 61,38 |
| İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2 | 104,90 | 82,30 | 86,08 | 58,51 | 52,97 | 57,52 | 11,63 | 11,14 | 63,10 | 141,10 | 65,06 | 109,12 |
| Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 1 | 72,12 | 56,58 | 59,18 | 40,23 | 36,42 | 39,55 | 8,00 | 7,66 | 43,38 | 97,01 | 44,73 | 75,02 |
| Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 2 | 98,34 | 77,15 | 80,70 | 54,86 | 49,66 | 53,93 | 10,91 | 10,44 | 59,16 | 132,29 | 61,00 | 102,30 |
| Toplam (m³/yıl) | | | | | | | | | | | | 5271,45 |

Yeşil Çatı uygulamalarında yağmur suyunun çatılardaki uygulama bölgesinden drenaj yoluyla süzülmesi yoluyla hasat edilerek elde edilen yağmur suyu miktarları Şekil 4.4 ile gösterilmektedir. Bu aşamada hasat edilen miktarlar uygulama alanı ile doğru orantılı olması nedeniyle yıllık en fazla hasat edilen yağmur suyu miktarı 896,15 m³ ile Eğitim Binası 2 ve Eğitim Binası 3 binalarındadır. Bu binaları sırasıyla İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2, Eğitim Binası 1 ve Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 2, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 1 ve son olarak İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 1 binaları izlemektedir.



Şekil 4.6 Yeşil Çatı Uygulamalarında temin edilen yağmur suyu miktarlarının aylık dağılımı

Kampüs içerisindeki binaların mevcut kullanım durumu, Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen gelecek planı ve seçilen binalarda yeşil çatı uygulaması sonucunda meydana gelen alan kullanım durumu göz önünde bulundurularak 15 yıllık ortalama yağış verisi ile bina çatılarında yeşil çatı uygulaması doğrultusunda binalardan kaynaklanan yüzeysel akış miktarı Çizelge 4.4'de verilmektedir. Çizelge 4.4'de görüldüğü üzere gelecek planın ile oluşacak geçirimsiz yüzeylerin neden olacağı

yüzeysel akış miktarının artırılan yeşil alanlı çatılar sayesinde azaltılabileceği öngörülmektedir.

Çizelge 4.4 BUÜ Görükle Kampüsünün mevcut durum ve yeşil çatı uygulaması ile arazi kullanımı ve yüzeysel akış miktarı

| | Mevcut Durum | UÜ Yapı İşleri Daire Başk. Gelecek Planı | Yeşil Çatı Uygulaması |
|---|---------------------|---|------------------------------|
| Toplam bina alanı (m ²) | 11 225 000 | 11 252 300 | 11 215 000 |
| Yüzeysel akış miktarı (m ³ /yıl) | 5 917 203 | 5 931 593,7 | 5 847 309,3 |

Tez çalışması kapsamında yüzeysel ve derin yeşil çatı uygulamaları incelendiğinde çatıların taşıma kapasitesi, projelerin uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği açısından değerlendirildiğinde çok az veya hiç sulama gerekmemesi ve az bakım gerektiren bir uygulama olması nedeniyle yüzeysel yeşil çatı uygulamaları önerilmektedir. Yeşil çatı uygulamalarında drenaj edilen yağmur suyu yağmur suyu toplama noktalarından toplanarak bahçe sulama veya bahçe temizliğinde tekrar kullanılmak üzere küçük yağmur varillerinde biriktirilmesi yağmur suyu kazanımı ve kaynak korunumu için önerilmektedir.

Yeşil çatı kurulumdaki kurulum maliyeti, işletme ve bakım maliyeti gibi maliyet hesaplama detayları Bölüm 4.8’de ayrıntılı olarak belirtilmektedir. Yeşil çatı tasarımı sistem kurulumu sırasında drenaj edilecek yağmur suyunun tekrar binalarda kullanılmayacağından amortisman süresi hesaplanmamaktadır.

4.4. Yağmur Bahçesi ve İnfiltrasyon Bitki Kutusu Uygulamaları

Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsünün sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması için önerilen diğer uygulama yağmur bahçesi ve infiltrasyon bitki kutusu uygulamasıdır. Kampüs alanı içerisinde yapılan saha keşif çalışmasında; çevresinde yeşillendirme ve çimlendirme bulunan binaların el ile ve/veya fiske ile sulama yapıldığı ve yağmur suyu deşarj borularının bu çimlendirme bölgesine ulaşmadığı gözlenmiştir. Bina yakınında çimlendirme bulunan binaların deşarj noktalarının fazla yağmur suyu nedeniyle deforme olduğu ve çürüme olduğu bilgisi gözlenmiştir. Bu nedenle bu sorunun gerçekleştiği ve yağmur bahçesi kurulumunun bahçesinde mümkün olduğu Sağlık, Sosyal ve Eğitim Bilimleri Enstitüsü binası seçilmiştir. Binanın arka bölgesinde bulunan peyzaj alanına yağmur suyunun tutma ve sızdırma bahçeleri oluşturulması ve binanın yağmur suyu deşarj borularının yağmur bahçesinin olduğu bölgeye doğru akışının sağlanacak şekilde kurulması önerilmektedir. Sağlık, Sosyal ve Eğitim Bilimleri Enstitüsü bahçesinin mevcut durumu ve çalışma kapsamında hedeflenen yağmur bahçesi Şekil 4.5'de yer almaktadır.



Şekil 4.7 Sağlık Sosyal Eğitim Enstitüsü bahçesi mevcut durumu ve yağmur bahçesi uygulaması

Yağmur bahçesinin kurulum detayları için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzundan faydalanılmıştır. Yayınlanan kılavuza göre bahçenin kurulumunda öncelikle toprak testi yapılmalıdır, tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar sonucu çalışma alanında bulunan toprağın yapısının killi olduğu görülmüştür ve yağmur bahçesi killi toprak üzerine de inşa edilmektedir. (Seymour 2005). Yağmur bahçesinin konumlandırılması ise kılavuzda belirtildiği üzere binadan en az 3 metre uzaklıkta konumlandırılması ve çalışma alanının eğimi az olması nedeniyle derinliği 7 ve 12 cm arasında olması önerilmektedir. Yağmur bahçesinin

boyutlandırılması ise toprak yapısının killi olması nedeniyle yüzey alanı geniş tasarlanmıştır ve 6 m² olması öngörülmektedir. Ayrıca kılavuzda yağmur bahçesinde kullanılması gereken bitkilerin bölgeye uyum sağlamış ve ortamın doğal bitki örtüsünde bulunan bitkiler kullanılması önerilmektedir, bu nedenle tasarlanan yağmur bahçesi doğal ekosisteme entegre edilmelidir (ÇŞB 2018).

Tez çalışması kapsamında Sağlık, Sosyal ve Eğitim Bilimleri Enstitüsü binası sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması için önerilen diğer uygulama ise infiltrasyon bitki kutusu uygulamasıdır. Yapılan saha keşfinde enstitü binasının çatı yağmur suyu toplama ve deşarj borularından gelen yağmur sularının beton kaldırım zemine toplanarak akışın kesildiği gözlemlenmiştir. Bu kapsamda binanın çevresinde bulunan iki geçirimsiz bölgeye infiltrasyon bitki kutusu uygulaması yapılması böylece iniş borularından gelen yağmur suyunun tutulması sağlanmaktadır. Böylece yüzeysel akışa biriken suyun azaltılmasının yanı sıra estetik bir görüntü sağlanması ön görülmektedir. Sağlık, Sosyal ve Eğitim Bilimleri Enstitüsü binasının geçirimsiz bölgelerinin mevcut durumu ve çalışma kapsamında hedeflenen infiltrasyon bitki kutusu uygulaması Şekil 4.6'de yer almaktadır.



Şekil 4.8 Sağlık Sosyal Eğitim Enstitüsü binası mevcut durumu ve infiltrasyon bitki kutusu uygulaması

İnfiltrasyon bitki kutuları çatılardan akan yağmur suyunun toplanarak sızmanın gerçekleştiği bitki kutusu şeklinde tasarlanmaktadır. Kurulumunda bina temelini korunması için uygulama sırasında infiltrasyon bitki kutusunun bina ile temas eden yüzeyine su geçirmez membran yüzey ile kaplanarak su yalıtım katmanının sağlanması ön görülmektedir. Ancak yağmur suyunun toprak tarafından emilimi sağlanabilmesi için alt zeminin toprak katmanı üzerine kurulması sağlanmalıdır. Bununla birlikte iniş borularında filtre bulunmaması nedeniyle sistemin verimliliğinin korunması ve teknik problemleri önlemek amacıyla binaların çatılarının, iniş borularının ve çatıların kontrol ve temizliğinin düzenli olarak gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Yağmur bahçesi ve İnfiltrasyon bitki kutularının kurulum maliyeti, işletme ve bakım maliyeti gibi maliyet hesaplama detayları Bölüm 4.8'de ayrıntılı olarak belirtilmektedir. Gerçekleştirilecek uygulamalarda drenaj edilecek yağmur suyunun tekrar binalarda kullanılmayacağından amortisman süresi hesaplanmamaktadır.

4.5. Geçirimli Yüzey Kaplama Uygulamaları

Tez çalışması kapsamında UÜ Görükle Kampüsünün sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması için önerilen diğer uygulama mevcut durumda beton yüzey kaplamalı kaldırımlar ve henüz kurulumu tamamlanmamış yüzeylerin geçirimli yüzey kaplaması ile revize edilmesidir. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarının temeli yağmur suyunun toprağa sızabilmesi ve yeraltı suyunu besleyebilmesini sağlamaktır. Böylece doğal bir kaynak olan yağmur suyu kaybı önlenmiş ve doğaya yeniden kazandırılmış olacaktır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen saha ziyaretinde kampüs içerisinde asfalt ve beton yüzeyli yollar, beton ve küp taş kaldırımlar ve alanlar bulunduğu gözlemlenmiştir. Kampüs içerisinde bulunan kaldırımların birçoğunun küp taş kaldırım ile kaplandığı ancak kampüs etrafını çevreleyen yolda ve tek taraflı olmak üzere genişliği 2 metre olan beton kaldırım olduğu görülmüştür. Yayalar için bulunan bu kaldırımların kampüs içerisinde oluşacak yüzeysel akışı azaltmak için küp taş ile kaplaması önerilmektedir. Böylece 13700 metrekarelik bir bölgede iyileştirme sağlanması öngörülmektedir.

Çalışma kapsamındaki yol ve kaldırımın mevcut durumu ve çalışma kapsamında hedeflenen geçirimli yüzey kaplama uygulaması Şekil 4.7'de yer almaktadır.



Şekil 4.9 Yol ve kaldırımın mevcut durumu ve geçirimli yüzey kaplama uygulaması (Google Earth 2019)

Kampüs içerisinde bulunan üç adet büyük otopark yüzeylerinin beton veya taşlı yüzeyler bulunmaktadır. Bu alanlar da yüzey akışını azaltmak ve yağmur suyunun sızdırılmasını sağlamak amacıyla geçirimli yüzey kaplaması önerilmektedir. Böylece 20000 metrekarelik bir bölgede iyileştirme sağlanması öngörülmektedir. Çalışma kapsamındaki otoparkın mevcut durumu ve hedeflenen geçirimli yüzey kaplama uygulaması Şekil 4.8'de yer almaktadır.



Şekil 4.10 Otoparkların mevcut durumu ve geçirimli yüzey kaplama uygulaması

Kampüs içerisindeki yüzeylerin mevcut kullanım durumu ve tez kapsamında gerçekleştirilen öneriler doğrultusunda geçirimli yüzey ile kaplanan bölgelerde küp taş kullanılması sonucunda meydana gelen alan kullanım durumunun Çizelge 4.5'de gösterildiği gibi olacağı ön görülmektedir. Ayrıca spor sahaları ve toplu kullanım alanının dahil olduğu tüm beton alanların da gelecek iyileştirme planı ile tamamen geçirimli yüzeyler ile kaplanması ile meydana gelecek arazi durumu verilmektedir.

Çizelge 4.5 BUÜ Görükle Kampüsü mevcut durum ve geçirimli yüzey kaplama uygulaması ile arazi kullanımlarının değişimi

| | Küp taş kaldırımlar (m²) | Küp taş /Geçirimli bölgeler (m²) | Beton alanlar (m²) |
|------------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| Mevcut Durum (2019) | 6 500 | 6 000 | 28 000 |
| Geçirimli Yüzey Kaplama Uygulaması | 20 200 | 26 000 | 6 000 |
| Gelecek İyileştirme Planı | 20 200 | 32 000 | 0 |

Geçirimli yüzey kaplaması uygulamasının kurulum maliyeti, işletme ve bakım maliyeti gibi maliyet hesaplama detayları Bölüm 5'te ayrıntılı olarak belirtilmektedir. Gerçekleştirilecek uygulamalarda drenaj edilecek yağmur suyunun tekrar binalarda kullanılmayacağından amortisman süresi hesaplanmamaktadır.

4.6. Yeşil Sokak Uygulamaları

Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsünün sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması için önerilen son uygulama ise mevcut durumda çimenlendirilmiş veya ağaçlandırılmış bölgelerin sürdürülebilir altyapı sistemlerinin sokaklara entegre edilerek gerçekleştirilmesidir. Kampüs içerisinde bulunan bordür açıklıklarının düzenlenmesi, çıkıntılı bordür uygulaması ve kaldırım bitkilendirme uygulamaları ile bordürler ile çevrelenen bölgeler ve içerisindeki bitkiler sayesinde yağmur suyunun biyo-tutma ile tutularak toprağa sızdırılmasının sağlanmaktadır. Böylece yüzeysel su akışının azaltılması ve estetik bir görüntü sağlanmanın yanı sıra yeraltı suyunu besleyebilmesini sağlanmış, yağmur suyu kaybı önlenmiş ve doğaya yeniden kazandırılmış olacaktır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen saha ziyaretinde kampüs içerisinde bulunan otoparklarda bulunan kaldırımlarda ağaçlandırma çalışması olduğu ancak mevcut durumun yağmur suyunun tutulması ve sızdırılması için yetersiz olduğu gözlenmiştir. Bu kapsamda belirlenen otopark ve döner kavşak içerisinde bulunan bitkilerin kaldırım bitkisi uygulamasının gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca bu bölgeleri çevreleyen alanlara da bulunan bordürlere açıklık verilerek çıkış noktası eklenmesi ön görülmektedir böylece bitkilendirilmiş bölgelerdeki fazla suyun dışarıya deşarjı

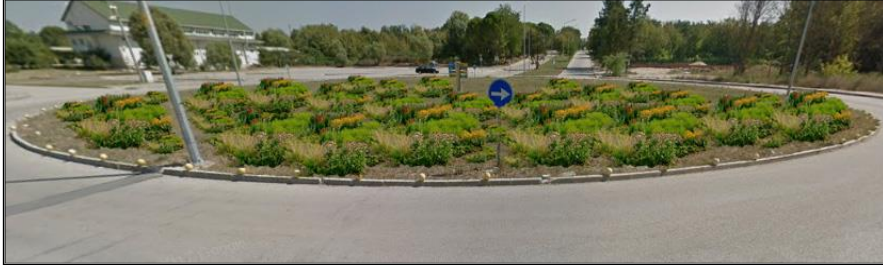
sağlanabilmektedir. Çalışma kapsamındaki otopark kaldırımlarının kuşbakışı görüntüsü ve ayrıntılı gösterimlerinin mevcut durumu ve çalışma kapsamında hedeflenen kaldırım bitkilendirme ve çıkıntılı bordür uygulaması Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da yer almaktadır. Ayrıca kampüs içerisinde bulunan döner kavşağın mevcut durumu ve çalışma kapsamında hedeflenen kaldırım bitkilendirme ve bordür uygulaması sırasıyla Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11 Otopark ve kaldırımların mevcut durumunun kuşbaşı görüntüsü ve kaldırım bitkilendirme ve çıkıntılı bordür uygulaması (Google Earth 2019)



Şekil 4.12 Otopark ve kaldırımların mevcut durumunun detaylı görüntüsü ve kaldırım bitkilendirme ve çıkıntılı bordür uygulaması (Google Earth 2019)



Şekil 4.13 Döner kavşak mevcut durumu ve kaldırım bitkilendirme ve çıkıntılı bordür uygulaması (Google Earth 2019)

Yeşil sokak uygulamalarının kurulum maliyeti, işletme ve bakım maliyeti gibi maliyet hesaplama detayları Bölüm 4.8'de ayrıntılı olarak belirtilmektedir. Gerçekleştirilecek uygulamalarda drenaj edilecek yağmur suyunun tekrar binalarda kullanılmayacağından amortisman süresi hesaplanmamaktadır.

4.7. Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamalarının Yüzeysel Akış Etkisinin Değerlendirilmesi

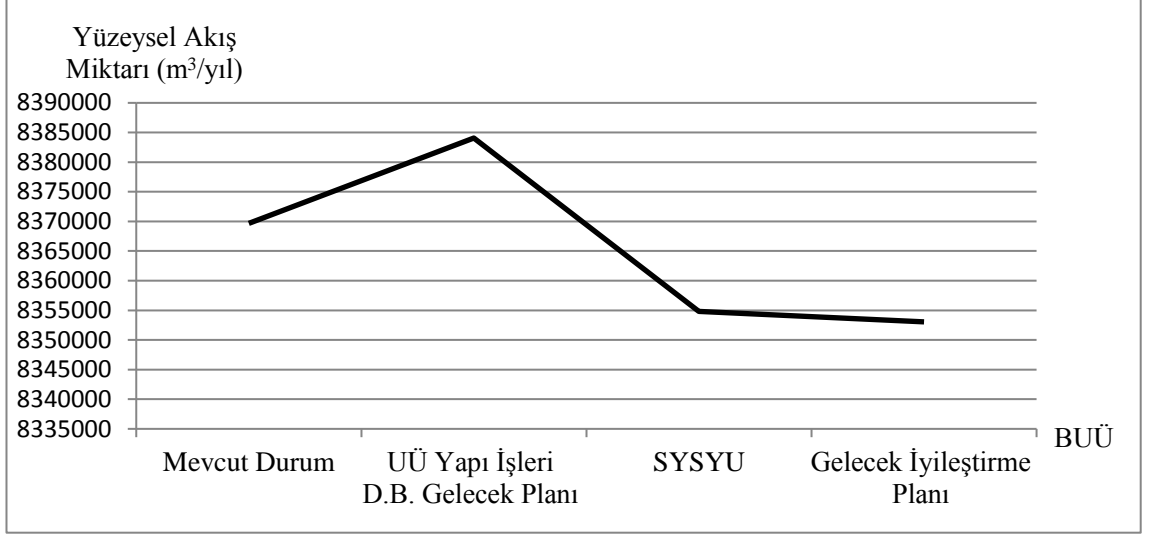
Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsünün sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması (SYSYU) için önerilen; yağmur suyu hasadı ve gri su sistemleri, yeşil çatı, yağmur bahçesi ve infiltrasyon bitki kutusu, geçirimli yüzey kaplamaları ve yeşil sokak uygulamaları kapsamında gerçekleştirilecek değişiklik ve gelişmeler sonrasında kampüsün arazi kullanımındaki alan değişikliği Çizelge 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4.6 BUÜ Görükle Kampüsü mevcut arazi ve SYSYSU sonrası arazi durumu

| BUÜ Görükle Kampüsü | Mevcut Durum (m²) | SYSYU (m²) |
|---|-------------------------------------|------------------------------|
| Toplam bina alanı | 11 225 000 | 1 1208 235 |
| Yeşil çatılı bina alanı | 0 | 10 000 |
| Asfalt yollar | 150 000 | 150 000 |
| Beton kaldırımlar | 13 700 | 0 |
| Küp taş kaldırımlar | 6 500 | 20 200 |
| Küp taş bölgeler | 6 000 | 26 000 |
| Beton alanlar (Otoparklar ve spor alanları) | 28 000 | 60 00 |

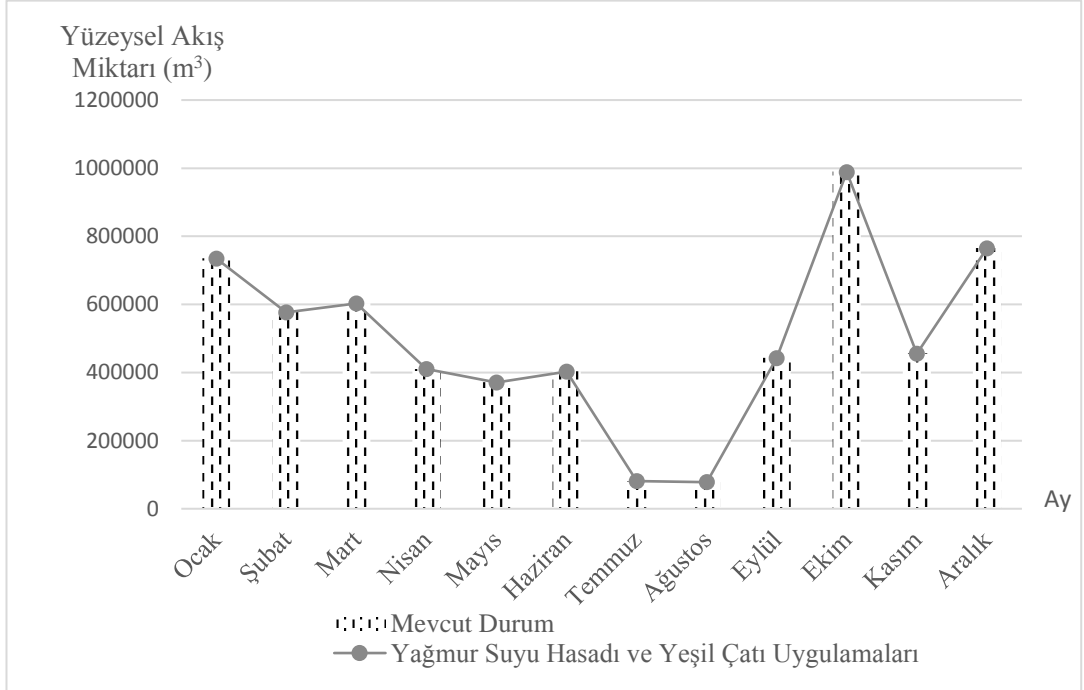
Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsü toplam yüzeysel akış miktarı Çizelge 4.1, BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığının gelecek planları doğrultusunda gerçekleşmesi ön görülen yüzeysel akış miktarı Çizelge 4.2 ve tez çalışması kapsamındaki değişiklik ile meydana gelmesi öngörülen yüzeysel akış miktarı Çizelge 4.3'te verilmiştir. Gerçekleşen hesaplamalar ile birlikte detayları Bölüm 4.5'te verilmekte olan beton alanların tamamen geçirimli yüzey ile kaplandığı gelecek iyileştirme planının da yüzeysel akış miktarına etkisi olacağı göz önünde bulundurulmuştur. Gelecek iyileştirme planının da öngörülen yüzeysel akış miktarı Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Bu doğrultuda kampüs içerisindeki mevcut durumda ve BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'nın gelecek planlarının sonucunda artacağı ön görülen yüzeysel akış miktarının, SYSYU kapsamında planlanan gelişmeler ve gelecek iyileştirme planı ile sağlanması öngörülen yüzeysel akış miktarının azaltılabileceği görülmektedir ve Şekil 4.12 ile verilmektedir. Yüzeysel su akışının azaltılması ile yağmur suyu kaybı önlenmiş ve yağmur suyu doğaya yeniden kazandırılmış olacaktır.



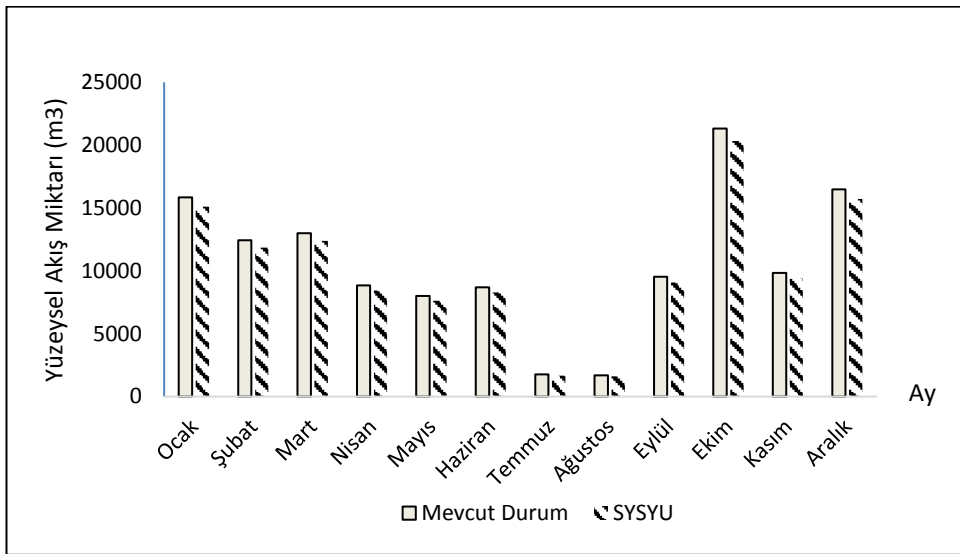
Şekil 4.14 BUÜ Görükle Kampüsü arazi kullanımı ve yüzeyel akış değişimi grafiği

Tez çalışması kapsamında toplam 16765 m²'lik çatı alanında gerçekleştirilmesi önerilen yağmur suyu hasadı ve yeşil çatı bina uygulamaları kapsamında kampüste oluşacak yıllık 8838 m³ yağmur suyunun binalarda tutulması ve kullanılması ayrıca yüzeyel akış miktarında % 0,14 oranında azalma elde edileceği öngörülmektedir. Yüzeyel akış miktarlarındaki aylık değişimi Şekil 4.13 ile verilmektedir.



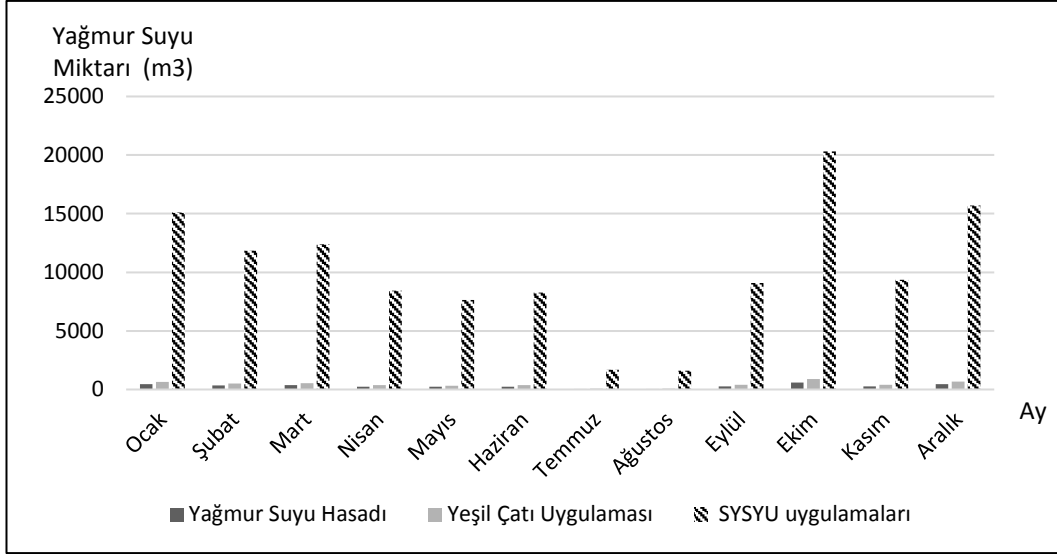
Şekil 4.15 Bina uygulamaları ve mevcut durumdaki yüzeyel akış miktarlarının aylık dağılımı

Tez çalışmasındaki bina uygulamaları dışında ki SYSYU'nu kapsayan geçirimli yüzey kaplamaları, yağmur bahçesi, infiltrasyon bitki kutusu, geçirimli yüzey kaplaması ve yeşil sokak uygulamaları kapsamında toplam 16000 m²'lik bir alanda gerçekleştirilmesi önerilen uygulamalar kapsamında saha yağmur suyunun 6002 m³'lük yağmur suyunun biyotutma ile toprak tarafından tutulması ve yeraltı suyuna katılması sağlanması öngörülmektedir. Ayrıca yüzeysel akış miktarında yıllık % 4,7 oranında azalma elde edileceği öngörülmektedir. Yüzeysel akış miktarlarındaki aylık değişimi Şekil 4.14 ile verilmektedir.



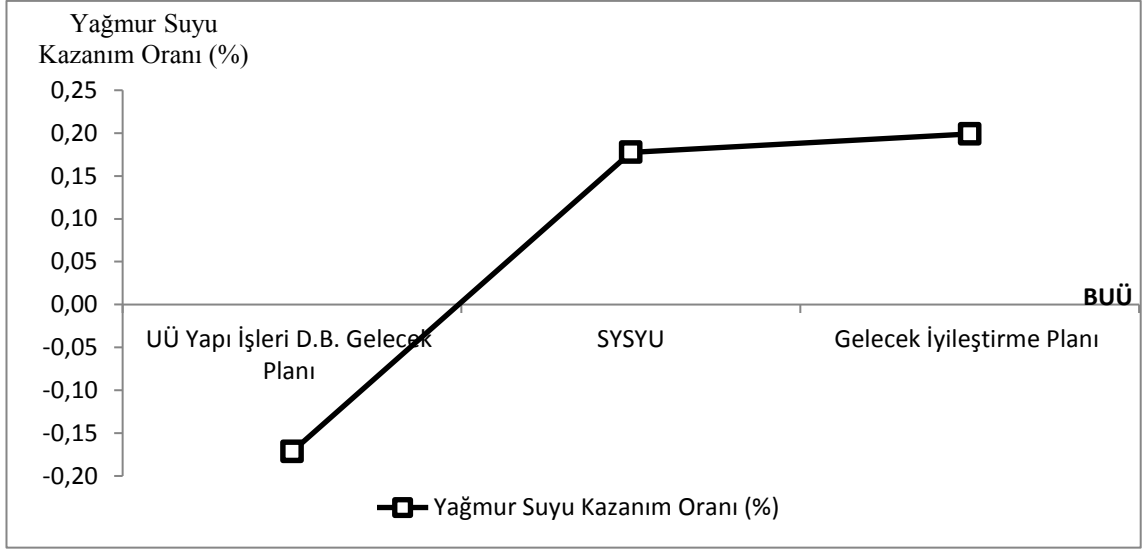
Şekil 4.16 SYSYU ile sağlanan ve mevcut durumdaki yüzeysel akış miktarlarının aylık dağılımı

Tez çalışmasındaki yağmur suyu hasadı, yeşil çatı uygulaması ve arazideki alanların geçirimli bölgeler ile değiştirilmesi kapsamında ki uygulamalar olan SYSYU'lar tarafından tutulması öngörülen yağmur suyu miktarlarının aylık olarak karşılaştırılması Şekil 4.15'de verilmektedir. Yağmur suyunun geri kazanım ve kullanımı sadece hasat yöntemi ile sağlanmaktadır ancak SYSYU uygulama alanlarının büyüklüğünün en fazla olması yağmur suyu tutulmasında en verimli uygulama olmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.17 Yağmur suyu hasadı, Yeşil çatı uygulaması ve SYSYU'nun yağmur suyu tutma miktarlarının karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında UÜ Görükle Kampüsündeki SYSYU ile hedeflenen çalışmalar doğrultusunda azalması ön görülen yüzeysel akış miktarının yağmur suyunun geri kazanımı ile gerçekleşeceği ön görülmektedir. Bu doğrultuda yeşil alanların azaltılması ve toplam bina alanında artış görüleceği ön görülen BUÜ Yapı İşleri D. B. Gelecek planında yağmur suyu kazanımı olmamaktadır. Aksine toplam bina alanı ile birlikte beton alanlar artacağından yağmur suyu kazanımında % 0,17 oranında kayıp olacağı ön görülmektedir. Ancak çalışma kapsamındaki SYSYU'lar gerçekleştirildiği takdirde yağmur suyunun % 0,18 oranında, gelecek iyileştirme planı gerçekleştirildiği takdirde ise % 0,20 oranında geri dönüştürülmesi öngörülmektedir ve Şekil 4.16'te verilmektedir. SYSYU kapsamında gerçekleşecek uygulamalar ile kampüs içerisinde yağmur suyunun binalarda kullanılması ve çevreye geri dönüştürülmesi hedeflenerek gelişimden kaynaklı yüzeysel akış artışının azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 4.18 BUÜ Görükle Kampüsü yağmur suyu kazanım oranı (%)

Tez çalışması kapsamında BUÜ Görükle Kampüsünün yıllara bağlı yağış farklılıklarının yüzeysel su akışa etkisini inceleyebilmek adına 2005, 2010, 2015 ve 2019 yılları yağış verileri kullanılarak yüzeysel akış miktarı hesaplanmıştır. Yıllara bağlı yüzeysel akış miktarı hesaplamasında Çizelge 3.5’te belirtilen yıllara bağlı arazi kullanım durumu ve bu arazi türlerinin yüzeysel akış katsayıları kabul edilmiştir. Bununla birlikte SYSYU ışığında hedeflenen arazi kullanım durumunun yıllara bağlı değişimi mevcut durumdaki değişikliği öngörülen alanlarda uygulanmış ve arazi durumu Çizelge 4.7’de verilmektedir. Bu doğrultuda SYSYU sonucunda yüzeysel akış miktarlarında öngörülen değişimin yıllara bağlı değişimi Çizelge 4.8’de verilmektedir.

Çizelge 4.7 BUÜ Görükle Kampüsü SYSYU sonrası arazi durumunun yıllara bağlı değişimi

| UÜ Görükle Kampüsü | 1985 | 2005 | 2010 | 2015 | 2019 |
|---|---------|---------|---------|---------|----------|
| Toplam bina alanı (m ²) | 2672878 | 7923174 | 9259613 | 9259613 | 11208235 |
| Asfalt yollar (m ²) | 150000 | 150000 | 150000 | 150000 | 150000 |
| Küp taş kaldırımlar (m ²) | 20200 | 20200 | 20200 | 20200 | 20200 |
| Küp taş bölgeler (m ²) | 26000 | 26000 | 26000 | 26000 | 26000 |
| Beton alanlar (Otoparklar ve spor alanları) (m ²) | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Orman alanlar (m ²) | 2120000 | 2120000 | 2120000 | 2120000 | 2120000 |
| Tarla alanlar (m ²) | 8800000 | 8800000 | 8800000 | 8800000 | 8800000 |
| Park alanlar (m ²) | 460000 | 460000 | 460000 | 460000 | 460000 |

Tez çalışması kapsamında çalışma sahasındaki arazi durumunun, saha yağışlarının yıllara bağlı değişiminin ve SYSYU ile hedeflenen çalışmaların yüzeysel akış miktarına etkisini incelemek amacıyla 1985 yılı ve 2005 ve 2019 yıllarına ait yağış verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda SYSYU ile hedeflenen çalışmalar doğrultusunda; yağmur suyu kazanım oranının en fazla % 10,50 ile 2010 ve 2015 yıllarında olduğu görülmektedir. İncelenen 2005, 1985 ve 2019 yıllarında ise yüzeysel akış miktarının sırasıyla % 8,09, % 6,06 ve % 0,12 oranlarında azaltılabileceği öngörülmektedir.

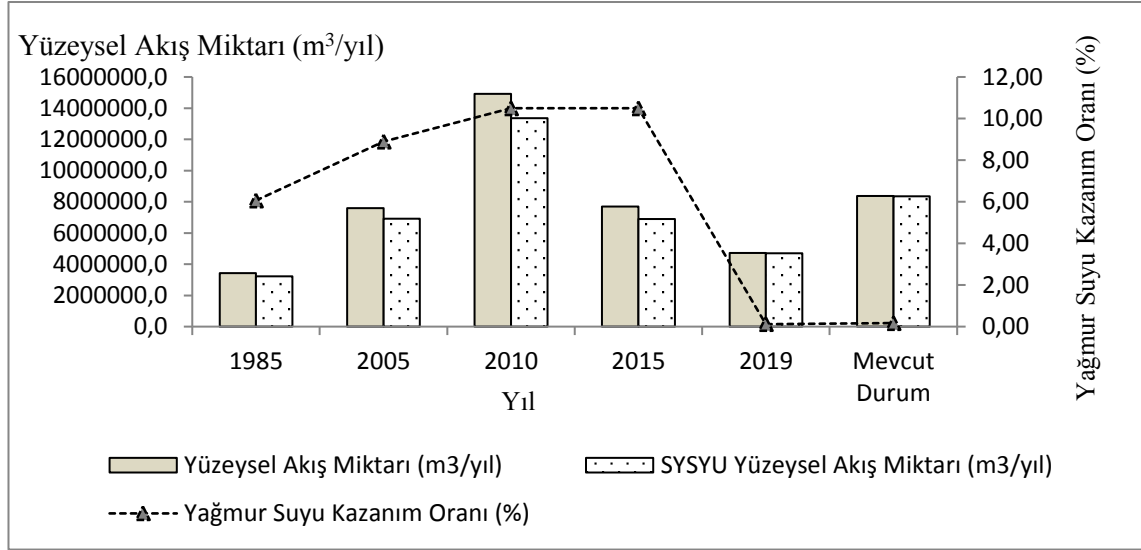
Çizelge 4.8 BUÜ Görükle Kampüsü yüzeysel akış miktarlarının yıllara bağlı değişimi

| | 1985 | 2005 | 2010 | 2015 | 2019 | Mevcut Durum |
|---|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|
| Yüzeysel Akış Miktarı (m ³ /yıl) | 3423015,2 | 7600508,5 | 14916771,4 | 7698340,0 | 4711538,6 | 8369677,9 |
| SYSYU Yüzeysel Akış Miktarı (m ³ /yıl) | 3215540,5 | 6924108,7 | 13350830,5 | 6890179,5 | 4706030,1 | 8353054,6 |
| Yağmur Suyu Kazanım Miktarı (m ³ /yıl) | 207474,7 | 676399,8 | 1565940,8 | 808160,5 | 5508,5 | 16623,3 |
| Yağmur Suyu Kazanım Oranı (%) | 6,06 | 8,90 | 10,50 | 10,50 | 0,12 | 0,20 |

Çalışma sahasındaki yağışların düzensizliği göz önünde bulundurularak SYSYU kapsamındaki değişiklik ve gelişmeler ışığında yağmur suyu kazanım miktarında farklılıklar görülmektedir. Çizelge 4.6'da öngörülen değişiklikler incelendiğinde uygulamaların en fazla 2010 yılında yağmur suyu kazanımı sağladığı ve 2010 yılında yıllık 1565940,8 m³ suyun geri kazanabileceği öngörülmektedir. Ayrıca 1985 ve 2010 yıllarındaki yağış miktarları karşılaştırıldığında toplam 586,2 mm=kg/m² yağışın gerçekleştiği 1985 yılına kıyasla, 2010 yılında toplam 1280 mm=kg/m² yağış gerçekleşmiştir. Daha fazla yağışın gerçekleştiği 2010 yılında kampüs içerisinde gerçekleşen toplam bina alanı artmasının da etkisi görülmekte yüzeysel akış miktarının da fazlaca artış görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında önerilen SYSYU ile hedeflenen çalışmalar doğrultusunda; yağmur suyu kazanım oranının en fazla % 10,50 ile 2010 ve 2015 yıllarında olduğu görülmektedir. Sonrasında ise incelenen yıllarda yüzeysel akış miktarının sırasıyla 2005, 1985 ve 2019 yıllarında % 8,09, % 6,06 ve % 0,12 oranında azaltılabileceği öngörülmektedir ve belirtilen yağmur suyu kazanım oranı Şekil 4.17 ile verilmektedir.

Ayrıca mevcut durum için kullanılan yağış verileri ışığında mevcut durum da yüzeysel akış miktarının % 0,18 oranında azaltılabileceği ön görülmektedir.



Şekil 4.19 BUÜ Görükle Kampüsü SYSYU kapsamındaki yüzeysel akış değişimi grafiği

4.8. Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamalarının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

BUÜ Görükle Kampüsü'nde tez çalışması kapsamında önerilen sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarından yağmur suyunun hasadı ve binalarda kullanımı ve gri su sistemleri maliyet açısından diğer uygulamalardan ayrı olarak değerlendirilmiştir. Yağmur suyunun binalarda kullanımının değerlendirildiği eğitim binaları idari ve akademik personelin yanı sıra öğrenci sayısının fazla olduğu ve öğrenci kapasitesinin sürekli artmakta olduğu binalardır. Ayrıca bina da bulunan akademik personel ve öğrenciler tarafından çalışma saatleri içerisinde aktif olarak kullanılmaktadır. Bu doğrultuda binalardaki su tüketimi ile tüketimden kaynaklanan yıllık su faturaları yüksektir.

Tez çalışması kapsamındaki gerçekleştirilen maliyet değerlendirilmesi yağmur suyu hasat kullanım sistemi için sistem kurulumu, deşarj hattı ve işletme maliyeti olmak üzere üç kaleme ele alınmıştır. Sistem kurulumu maliyetinde yağmur suyu depolama tankı, su sayacı, filtre sistemi ve yükseltme pompasıdır.

Çatılardan yağmur suyu hasadı ve kullanımı gerçekleşecek binalarda, çatıların yağmur olukları hasat sistemlerine uygun olacak şekilde düzenlenmeli ve yağmur suyu deşarj hattı bulunmayan binalarda deşarj hattının kurulması gerekmektedir. Deşarj hattı maliyeti ile olukların düzenlenmesi ve toplanılan yağmur suyunun depolama tankına iletilmesini sağlayacak borulama masrafları göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda tez çalışması kapsamındaki binaların ve çatıların durumu incelendiğinde binalarda yağmur suyu deşarj hattı bulunmaktadır ancak yağmur oluklarının yağmur suyu hasadına uygun hale getirilmesi gerektiği gözlenmiştir. Ayrıca binalardaki mevcut şebeke suyu boru hattı kullanılarak ilerlenecek ve yağmur suyu depolama tankı, yağmur suyunun yeterli gelmediği günlerde şebeke suyundan temin edilecek şekilde maliyet değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Sistem maliyetinde ise sistemin verimliliğini sağlamak ve ön görülen tasarruf oranını sürdürmek için yağmur suyu hasat sisteminin, deşarj hattının, filtrenin ve yükseltme pompasının yıllık bakımlar değerlendirilmiştir.

Sistem kurulumu, deşarj hattı ve işletme maliyeti olarak tanımlanan bu kalemlerin maliyetlerinin değerlendirilmesi için Türkiye'de ki mekanik tesisat ve proje tasarımı sektöründeki firmaların yaklaşık birim maliyetleri baz alınmıştır.

BUÜ tarafından su temininin gerçekleştiği Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) tarafından beyan edilen ve 01.01.2019 tarihi itibarıyla geçerli olan içme suyu ücretlendirme tarifesine göre üniversite ve okulların kapsamına girdiği resmi daireler için su bedeli 3,84 TL/m³'tür. Bu ücret tarifesi baz alınarak, tez çalışması kapsamındaki binaların LEED v4.1 İç ortam su tüketimi hesap metoduna göre hesaplanan yıllık su tüketiminin yağmur suyunun bina rezervuarlarında kullanımı ile elde edilen yıllık tasarruf, ayrıca kurulacak yağmur suyu hasat ve arıtma sistemlerinin kurulum, deşarj hattı ve işletme maliyeti Çizelge 4.9 ile verilmiştir. Bu değerlere doğrultusunda yağmur suyu hasat sistemleri ile sağlanan amortisman süresi ise Çizelge 4.9 'de verilmektedir.

Tez çalışması kapsamında önerilen diğer sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması, gri su sistemleridir. Yağmur suyu hasadı için değerlendirilen binalarda yağmur suyu depolama tankının armatürlerden kaynaklanan gri sular ile beslemesi olarak ön görülen bu sistemlerin maliyet değerlendirmesinde yağmur suyu hasat sistemlerinin maliyeti eklenmiştir. Gri su sistemlerin de yağmur suyu kullanımına ek olarak armatürlerden toplanan suyun yağmur suyu depolama tankına iletilmesini sağlayacak borulama masrafları deşarj hattı maliyeti kalemine, dengeleme tankı, biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon gibi arıtma sistemlerinin masrafları ise kurulum maliyetine eklenmiştir. Gerçekleştirilen maliyetlerinin değerlendirilmesi Türkiye'de ki mekanik tesisat, proje tasarımı ve atık su arıtma sektöründeki firmaların yaklaşık birim maliyetleri baz alınmıştır.

BUSKİ ücret tarifesi baz alınarak, tez çalışması kapsamındaki binaların LEED v4.1 İç ortam su tüketimi hesap metoduna göre hesaplanan yıllık su tüketiminin yağmur suyunun ve bina armatürlerinde elde edilen suyun bina rezervuarlarında kullanımı ile elde edilen yıllık tasarrufun (TL/yıl) öngörülen sistem kurulum maliyeti, sistem borulama maliyeti, yıllık işletme/bakım maliyetlerinin toplamına oranlanması ile elde edilen amortisman sürelerini gösteren çizelgeler; yağmur suyu hasadının maliyet detayları ve amortisman süresi Çizelge 4.9 ile gri su sisteminin maliyet detayları ve amortisman süresi Çizelge 4.10'da verilmektedir.

Tez çalışması kapsamında önerilen sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları yeşil çatı, yağmur bahçesi, infiltrasyon bitki kutusu, geçirimli yüzey kaplaması ve yeşil sokak uygulamalarıdır. Uygulamaların maliyetleri sistem kurulum ve işletme maliyetleri olmak üzere iki kaleme ele alınmıştır. Bununla birlikte proje bazlı ve alan büyüklüğüne bağlı olarak proje tasarımı ve peyzaj sektöründeki firmaların yaklaşık birim maliyetleri baz alınarak değerlendirilmiş ve Çizelge 4.11 ile verilmiştir. Bu kapsamdaki SYSYU' larında yağmur suyunun toprağa sızdırılması ve bitkiler tarafından tutulacak şekilde tasarlanması nedeniyle gerçekleştirilen bu uygulamalarda amortisman süresi belirlenmemektedir.

Çizelge 4.9 Yağmur suyu kullanımı sisteminin maliyet değerlendirilmesi ve amortisman süresinin belirlenmesi

| Bina adı | Yıllık su tüketiminde yağmur suyu kullanım oranı (%) | Su tüketimi için ön görülen tutar (TL/yıl) | Yağmur suyu kullanımı ile elde edilen kar (TL/yıl) | Yağmur suyu kullanımı ile ön görülen tutar(TL/yıl) | Ön görülen sistem kurulum maliyeti (TL) | Ön görülen deşarj hattı maliyeti (TL) | Ön görülen işletme / bakım maliyeti (TL/yıl) | Yağmur suyu kullanım sistem amortisman süresi (yıl) |
|----------------------|--|--|--|--|---|---------------------------------------|--|---|
| Mühendislik Binası B | 90,9 | 5728,07 | 5208,19 | 703,04 | 10680 | 4015 | 1560 | 4,70 |
| Mühendislik Binası A | 58,1 | 7591,04 | 4406,93 | 3184,11 | 10680 | 5475 | 1560 | 6,24 |
| Mühendislik Binası C | 44,6 | 8826,83 | 3936,19 | 4890,64 | 10680 | 1460 | 1560 | 5,79 |

Çizelge 4.10 Yağmur suyu ve gri su sistem kullanımının maliyet değerlendirilmesi ve amortisman süresinin belirlenmesi

| Bina adı | Yıllık su tüketiminde su geri kazanım oranı (%) | Su tüketimi için ön görülen ödenecek tutar (TL/yıl) | Yağmur suyu ve gri su kullanımı ile elde edilen kar (TL/yıl) | Yağmur suyu ve gri su kullanımı ile ön görülen ödenecek tutar(TL/yıl) | Ön görülen sistem kurulum maliyeti (TL) | Ön görülen deşarj hattı maliyeti (TL) | Ön görülen işletme / bakım maliyeti (TL/yıl) | Sistem amortisman süresi (yıl) |
|----------------------|---|---|--|---|---|---------------------------------------|--|--------------------------------|
| Mühendislik Binası B | 100,0 | 5728,07 | 5728,07 | 0,00 | 13884 | 10950 | 1560 | 5,96 |
| Mühendislik Binası A | 76,7 | 7591,04 | 5822,74 | 1611,67 | 13884 | 10585 | 1560 | 5,90 |
| Mühendislik Binası C | 62,2 | 8826,83 | 5491,30 | 5111,30 | 10680 | 3285 | 1560 | 8,85 |

Çizelge 4.11 Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarının maliyet değerlendirilmesi

| Bina adı | Alan (m ²) | Yağmur suyunun geri kazanım oranı (%) | Ön görülen sistem kurulum maliyeti (TL) | Ön görülen işletme / bakım maliyeti (TL/yıl) |
|--|------------------------|---------------------------------------|---|--|
| Eğitim Binası 1 Yeşil Çatı Uygulaması | 1 500 | 40 | 10 305 | 1 650 |
| Eğitim Binası 2 Yeşil Çatı Uygulaması | 1 700 | 40 | 11 679 | 1 870 |
| Eğitim Binası 3 Yeşil Çatı Uygulaması | 1 700 | 40 | 11 679 | 1 870 |
| İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 1 Yeşil Çatı Uygulaması | 900 | 40 | 6 183 | 990 |
| İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2 Yeşil Çatı Uygulaması | 1 600 | 40 | 10 992 | 1 760 |
| Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Binası 1 Yeşil Çatı Uygulaması | 1 100 | 40 | 7 557 | 1 210 |
| Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Binası 2 Yeşil Çatı Uygulaması | 1 500 | 40 | 10 305 | 1 650 |
| Yağmur Bahçesi Uygulaması | 6 | 100 | 3 550 | 500 |
| İnfiltrasyon Bitki Kutusu Uygulaması | 150 | 40-70 | 5650 | 500 |
| Geçirimli Yüzey Kaplaması Uygulaması | 15 700 | 70 | 15 000 | 3 400 |
| Yeşil Sokak Uygulaması | 3 500 | 40-70 | 10 530 | 1 200 |

5. SONUÇ

Günümüzde gelişen toplumlarda üniversite kampüsleri araştırmalar ve uygulamalar açısından toplumun sürdürülebilir gelişimi için rol oynayarak çevresel dengeyi desteklemelidirler (Mikulik ve Babina, 2009). Sürdürülebilir kampüs yönetiminin sağlanabilmesi için üniversitelerin kampüs planları kapsamında su kaynaklarını göz önünde bulunduran; yağmur suyu yönetimi, gri su sistemleri ve içme suyu ile ilgili gelişmeleri içeren Sürdürülebilir Su Yönetim Planı olmalıdır.

Tez çalışması kapsamında günümüzde gelişmeye devam eden ve gelişmeleri ile inşaat alanları artmakta olan BUÜ Görükle Kampüsü alanında çatılarda yağmur suyu hasadı ve gri su sistemleri, yeşil çatı, yağmur bahçesi, infiltrasyon bitki kutusu, geçirimli yüzey kaplaması ve yeşil sokak uygulamaları ile sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamaları (SYSYU) hedeflenmiştir.

SYSYU kapsamında öncelikle çalışma sahasının bulunduğu bölgenin coğrafik, topoğrafik ve jeolojik özellikleri incelenmiş, kampüs vaziyet planı ve genel bilgilendirmeler doğrultusunda kampüsün mevcut ve gelecek planlaması doğrultusunda arazi durumu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kampüs üzerinde yağmur ve yüzeysel akış suyunun ayrı bir drenaj hattı üzerinde toplandığı ve Nilüfer Çayına deşarj edildiği öğrenilmiştir. Kampüste bulunan drenaj hattı ile toplanılan yağmur suyunun daha verimli kullanılması adına drenaj hattı çıkış borularının kampüs arazisi yakınlarında uygun bir araziye iletilere burada bir ıslak bekletme göleti kurulması önerilebilmektedir (Çağlar 2018). Bu doğrultu da yağışlardan sonra yağmur suyunun yüzeysel su akışa katılan kısmının bir miktarının kanal yardımı ile toplanarak bekletilmesi ve yeraltı su hattının yağmur suyu tarafından beslenmesi sağlanabilmektedir.

SYSYU'da yağmur suyu hasadı uygulaması ve yeşil çatı uygulaması kapsamında % 0,15 oranında toplam beton bina alanı azaltılması, beton kaldırımların tamamının ve beton alanların % 21,5'lik kısmının geçirimli yüzey kaplaması ile değiştirilmesi ile yüzeysel akış miktarında % 0,18 oranında azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan elde edilen kampüs gelecek planı

kapsamındaki bina alanlarının % 0,25'lik artış % 0,17 oranında yağmur suyu kaybına neden olacağı belirlenmiştir. Bununla birlikte beton alanların tamamen geçirimli yüzey kaplaması uygulamasının hedeflendiği bir gelecek iyileştirme planı geliştirilmiş, hedeflenen bu plan kapsamında yüzeysel akış miktarında mevcut duruma göre % 0,20 oranında azalma öngörülmüştür. Böylece kampüs alanında mevcut durumdaki % 0,18 oranında yağmur suyunu kazanımı sağlanabileceği ve bu oranın gelecek iyileştirme planı ile % 0,20'ye artırılabilceği belirlenmiştir.

BUÜ Görükle Kampüsü'nde bulunan Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C binalarını kullanan akademik ve idari personel ile öğrencilerin rezervuar ve armatür kullanımında gerçekleşen su tüketimi hesaplanmış ve tüketimin yağmur suyu kullanımı ile temin edilmesi hedeflenmiştir. Yıllık toplam 1370,58 m³ su ihtiyacının yağmur suyu hasadı ile temin edilmesi ve rezervuarlarda kullanılması hedeflenen Mühendislik Binası B yağmur suyu kazanım oranı % 90,9 ile hedeflenen bu sistemin kurulumu için en verimli bina olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma sahası araştırmasında binanın konumu ve mevcut drenaj sistemleri incelenmiştir. Mevcut sistemlerin yağmur suyu hasat sistemine uyum sağlayacak şekilde geliştirilebileceği ve yağmur suyunun çatıdan toplanılarak elde edilmesi uygun olduğu belirlenmiştir.

Yıllık toplam 1159,7 m³ su ihtiyacının yağmur suyu hasadı ile temin edilmesi ve rezervuarlarda kullanılması hedeflenen Mühendislik Binası A binasının yağmur suyu kazanım oranı % 58,1 ile hedeflenen sistemin kurulumu için verimli bir bina olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma sahası araştırmasında binanın konumu ve mevcut drenaj sistemleri incelenmiştir. Mevcut sistemlerin yağmur suyu hasat sistemine uyum sağlayacak şekilde geliştirilebileceği ve yağmur suyunun çatıdan toplanılarak elde edilmesine uygun olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında incelenen Mühendislik Binası C binasında ise değerlendirilen Mühendislik Binası A ve Mühendislik Binası B binalarına kıyasla daha az öğrencisi bulunması nedeniyle yıllık su tüketim ihtiyacı daha az bulunmaktadır. Ancak yağmur suyu hasadı kurulumu ile yıllık toplam 1035,8 m³ su yağmur suyundan elde edilebileceği ve % 44,6 yağmur suyu kullanım oranı ile verimli bir sistem elde

edilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca alışma sahası araştırmasında binanın konumu, mevcut drenaj sistemleri ve iniş boru takımları incelenmiştir. Mevcut sistemlerin yağmur suyu hasat sistemine uyum sağlayacak şekilde geliştirilebileceği ve yağmur suyunun çatıdan toplanılarak elde edilmesine uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak bina etrafında bulunan yüksek uzunluktaki ağaçların çatıda kirlilik ve filtrasyon sisteminde tıkanmalar meydana getirebileceği n grlmştir. Bu nedenle çatının işletme ve bakımında daha dikkatli olunması ve temizliğinin daha sık aralıklarla yapılması önerilmektedir.

Tez alışması kapsamında binalarda kayıp olmaktan kurtarılan yağmur suyu ile birlikte armatürlerde tkutilen suyun rezervuarlarda kullanılması ile sağlanan su tasarrufu da belirlenmiştir. Yağmur suyu hasadı ile benzer kullanım alanlarına sahip gri suların yağmur suyu depolama tankını beslediği ve rezervuar ihtiyacının giderilmesi için değerlendirilmiştir. Yıllık su tüketiminde geri kazanılan su miktarları Mühendislik Binası B, Mühendislik Binası A ve Mühendislik Binası C binaları için sırasıyla 1652,7 m³, 1532,3 m³, ve 1445,1 m³ olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda su geri kazanım oranları % 100, % 76,7 ve % 62,2'ye yükselmiştir. Böylece Mühendislik Binası B binasındaki rezervuarlarda kullanılacak suyun tamamının geri dönüşümle sağlanacağı ve şebeke suyu kullanımına ihtiyaç kalmayacağı öngörülmektedir. Geri kazanılan su miktarının artması dolayısıyla Mühendislik Binası A ve Mühendislik Binası C binalarının da su geri kazanım oranı artmış ve kullanılan şebeke suyu da azalmıştır.

SYSYU kapsamında BU Görükle Kampüsü'nde bulunan üç adet Eğitim binası, iki adet İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi binası ve iki adet Elektrik ve Elektronik Mühendisliği binalarına yeşil çatı uygulaması önerilmiştir. Böylelikle yağmur suyunun % 40 oranında bina çatılarında tutulması ve çatıda tutulamayan yağmur suyunun drenaj edilmesi önerilmiştir. Bu doğrultuda toplam 10000 m²'lik bir alanda yeşil çatı uygulaması önerilmektedir. Yeşil atı uygulaması ile mevcut durumda yıllık toplam 79071,6 m³ yağmur suyunun çatıda tutulacağı ve yüzeysel su akışına katılmasının önleneceği belirlenmiştir.

Yağmur suyu hasadı, gri su kullanımı ve yeşil çatı uygulamaları baz alınan binalarda gelecekte LEED sertifikalandırılması hedeflenmesi durumunda LEED v4.1 Operasyon+Bakım (Operations+Maintenance (O+M)) sertifikası üzerinden değerlendirildiğinde binaların elde edilen verimlilik değerleri % 25 ve üzeri olması göz önüne alınmaktadır. Bu kapsamda her bina puanlandırma kısmında yağmur suyu yönetimi kredisinde 1 puan sağlamaktadır. Bununla birlikte Mühendislik Binası B binasında yağmur suyu hasadında elde edilen yüksek yağmur suyu geri dönüşüm oranı ve binanın mevcut durumu incelendiğinde iç ortam kalitesi dikkate alınarak inşa edilen bir bina olduğu görülmektedir. Bu nedenle Mühendislik Binası B binasının iyileştirilmesi durumunda için LEED Sertifika standartlarına getirilmesi en uygun bina olduğu görülmüştür. Ayrıca LEED sertifikasyonun son versiyonu v4.1 Operasyon+Bakım (Operations+Maintenance (O+M)) versiyonunun sertifikasyon kriterleri üzerinden değerlendirme yapılmıştır ve yapılan değerlendirme ve öneriler EK-2'de yer almaktadır.

SYSYU kapsamında önerilen yağmur suyunun biyotutma tutulması ve dolayısıyla yüzeysel su akışına katılmasının önleyeceği öngörülen diğer uygulamalar ise; Yağmur bahçesi, infiltrasyon bitki kutusu, geçirimli yüzey kaplaması ve yeşil sokak uygulamalarıdır. Belirlenen bu uygulamalar doğrultusunda yağmur bahçesi uygulamasında yağmur suyunun tamamının tutulacağı ve böylece yıllık toplam 4217,2 m³ yağmur suyu tutulacağı öngörülmektedir. Ayrıca diğer uygulamalardan elde edilecek verim, uygulama tipine göre değişmekle birlikte %40 ve %70 arasında değişen su tutma oranlarına sahip uygulamalar belirtilmiştir.

Tez çalışması kapsamında dünyadaki sürdürülebilir kampüs örnekleri hakkında ayrıntılı bir literatür araştırması gerçekleştirilmiş ve üniversitelerde yağmur suyu yönetimi konusunda gerçekleşen uygulamalardan bahsedilmiştir. Üniversitelerde yağmur suyu yönetimi kapsamında çoğunlukla yağmur suyu hasadı, yeşil çatı ve çimenlendirilmiş hendek uygulamaları görülmüştür. Ayrıca geçirimli yol uygulamaları, yağmur bahçeleri ve yağmur suyu kuyularının kullanımından bahsedilmektedir. Bu kapsamda tez çalışmasında BUÜ Görükle Kampüsü için belirlenen SYSYU gerçekleşmesi ile ulusal

ve uluslararası çapta sürdürülebilirlik çalışmaları tanınan ve kanıtlanan üniversiteler ile eşdeğer bir sürdürülebilir kriter sağlanması hedeflenmektedir.

Çalışma kapsamında Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C binalarının çatılarından toplanarak depolanması ve rezervuar beslenmesinin sağlanması için önerilen yağmur suyu hasat sistem kurulumu ile elde edilen su tasarrufu dolayısıyla sağlanan tasarrufun en fazla Mühendislik Binası B’de olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte amortisman süresinin 4,7 yıl ile en kısa sürenin Mühendislik Binası B binasında olduğu görülmektedir. Mühendislik Binası A ve Mühendislik Binası C binalarındaki sistemler ise 6,24 ve 5,79 yıl içinde amorti etmektedir. Bu binaların amortisman süresi Mühendislik Binası B binasına kıyasla çok daha uzun olduğundan, yağmur suyunun rezervuar beslemesinde kullanılması dışında filtrelendikten sonra bina içi ve bina dışı temizlikte veya bitki sulamasında da kullanılabilmesi önerilmektedir.

Mühendislik Binası A, Mühendislik Binası B ve Mühendislik Binası C binalarında bulunan armatürlerin rezervuar beslemesi için önerilen yağmur suyu hasat sistemi ve depolama tankını beslenmesi yapıldığı gri su sistemi önerilmiş ve bu uygulamada Mühendislik Binası A 5.90 yıl ve Mühendislik Binası B 5,96 yıl ile yakın amortisman sürelerine sahiptir. Gri su sistemi ile elde edilmesi öngörülen şebeke su tasarrufu artmıştır ve böylece uygulamaların verimliliği de artmaktadır. Ancak Mühendislik Binası C binasının amortisman süresi artmış ve 8,85 yıl olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle bu binada gri su sistemi önerilmemektedir.

Çalışmanın ilerleyen kısımlarında kampüs alanı içerisindeki binalarda mevcut halde bulunan armatür ve rezervuarlarında kullanılan suyu minimize etmek amacıyla mevcut sistemlerin düşük akışlı cihazlar ve sensör sistemleri ile değiştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca yağmur suyunun kullanılabilmesi için bina bazında uyum çalışması yapılması önerilmektedir. Gerçekleşecek çalışma ile maliyetin azaltılması ve verimli depo hacmi ile rezervuardaki su ihtiyacının karşılanması önerilmektedir.

Tez çalışması kapsamında süregelen yapılaşma nedeniyle önerilen bir diğer sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulaması yeşil çatı uygulamasıdır. Uygulamanın mevcut binalara uygulanması hedeflenmesi nedeniyle uygulamanın gerçekleşeceği

çatılarda statik testlerin gerçekleşmesi ve yüzeysel yeşil çatı uygulaması önerilmektedir. Yeşil çatı uygulamaları yeşil alanların artmasına katkıda bulunmasının yanı sıra yüzeysel akış miktarında azalma sağlayabilmektedir. Ancak kurulum maliyeti diğer uygulamalara kıyasla daha fazla olması nedeniyle bu uygulamanın hedeflendiği binaların çatılarında yeşil çatı uygulaması dışında yağmur suyu hasadı ile yağmur suyunun bahçe temizliği ve bitki sulamasında kullanılabileceği önerilmektedir.

Çalışmanın ileri aşamasında UÜ Görükle Kampüsü alanındaki yeraltı suyu ve şebeke suyu kullanılan sulama bölgelerinin incelenmesi önerilmektedir. Sulamanın gereken minimum doz ve sıklıkta sulama yapılması ve mümkün oldukça yağmur suyu hasadından elde edile yağmur suyu ile sağlanması önerilmektedir.

Arazi iyileştirmeleri doğrultusunda kampüsteki yol ve yüzey kaplamaları incelendiğinde geçirimli yüzey kaplaması uygulaması öncelikle küp taş kaplaması ile kampüs etrafındaki araç yolu kaldırımlarında ve üç adet otoparkın yüzeyinde uygulanması önerilmektedir. Bu doğrultuda tez kapsamındaki çalışmanın ilerisi için düşünülen gelecek iyileştirme planındaki uygulamalar ile yüzeysel akış miktarında % 0,20 oranında azalma olacağı öngörüldüğünden kampüs arazisi üzerinde gerçekleşecek en kapsamlı ve verimli uygulama geçirimli yüzey kaplamasıdır. Ayrıca kampüs alanı çevreleyen araç yolunun çevre ile etkileşimde olan kısımlarına çimenlendirilmiş yağmur suyu hendeği uygulaması tasarlanabilir. Bu uygulama ile şiddetli yağışların olduğu dönemlerde yağmur suyunun sızdırılması ile fazla yağışın meydana getireceği olumsuzlukların önlenmesi sağlanmaktadır (WD 2013).

Arazi iyileştirmeleri doğrultusunda yağmur suyunun sızdırılması ve yağmur suyunun kaynağında tutulmasının sağlandığı yeşil sokak uygulamaları değerlendirilmiş ve kampüsteki otopark ve döner kavşaklara kaldırım bitkisi uygulaması önerilmektedir. Bu uygulama ile geçirimsiz yüzeylerin neden olabileceği, altyapı maliyeti ve su baskınlarının azaltılmasını ve yağmur suyunun yeraltı suyuna sızmayı arttırılmasını sağlamaktadır (EPA 2020). Ayrıca bu bölgeleri çevreleyen alanlara da bulunan bordürlere fazla suyun dışarıya deşarjının sağlandığı açıklık eklenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AB 76/160/EEC, 1975. Council Directive Of 8 December 1975 Concerning The Quality Of Bathing Water, Avrupa Birliği.

Ağı, G.S., Günerhan, H., 2016. Türkiye İçin Sürdürülebilir Üniversite Modeli, *Mühendis ve Makina*, Cilt 57, Sayı 682, s 54-62.

Aksoy, E., Dirim, M.S., Tümsavaş, Z., Özsoy. G., 2001. Uludağ Üniversitesi Kampüs Alanı Topraklarının Oluşu, Önemli Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Sınıflandırılması. U.Ü. Araştırma Fonu Proje No:98/32, Bursa. s 118.

Aksoy, E., Özsoy, G., 2004. Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri Kullanılarak Uludağ Üniversitesi Yerleşkesi Arazilerinde Arazi Kullanım Haritalaması. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 18(1): 57-68.

Alshuwaikhat, H. M., Abubakar, I. 2008. An Integrated Approach to Achieving Campus Sustainability: Assessment of the Current Campus Environmental Management Practices. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1777–1785.

Angelakis, A., De Feo, G. Laureano, P. Zourou, A., 2013. *Minoan and Etruscan Hydro-Technologies. Water*. 5 (3): 972–987.

Anonim, 1981. B.Ü. Ziraat Fakültesi Sahası ve Civarının Jeolojik Raporu. Topraksu G.M., Topraksu XVI. Bölge Müdürlüğü, 5s.

Anonim, 2000. Wet Weather Water Quality Act of 2000. Miscellaneous Appropriations Act, 2001. USA.

Anonim, 2010. <http://waterbydesign.com.au/wpcontent/uploads/drupals/WaterdesignCourseBrochure.pdf>. (Erişim tarihi: 13.10.2019).

Anonim, 2015a.

http://www.ladstudios.com/LADsites/Sustainability/Strategies/Strategies_TreeWell.shtml (Erişim tarihi: 18.05.2020).

Anonim, 2015b. Oregon Üniversitesi Yağmursuyu Kaynakları Kullanım Kılavuzu, Oregon University, Department of Environmental Quality. USA.

Anonim, 2017a. <https://www.chapelvalley.com/bio-swales-and-their-place-in-your-water-management-system/>. (Erişim tarihi: 16.05.2020).

Anonim, 2017b. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-04/documents/m1-designboard_508.pdf. (Erişim tarihi: 20.05.2020).

Anonim, 2019a. The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System <https://stars.aashe.org/about-stars/history/>. (Erişim tarihi: 05.12.2019).

Anonim, 2019b. <https://greenmetric.ui.ac.id/history/> (Erişim tarihi: 05.12.2019).

Anonim, 2019c. Sustainability Assessment Questionnaire, 2019. (<https://ulsf.org/sustainability-assessment-questionnaire/> (Erişim tarihi: 05.12.2019).

Anonim 2019ç. Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım Konut Sertifika Yönetmeliği,

https://cedbik.org/static/media/content_images/files/YS_01%20B_E_S_T%20Sertifika%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi%202019%20-%20R_1.pdf. (Erişim tarihi: 06.12.2019).

Anonim, 2019d. Natural Resources.

<https://www.naturalresources.sa.gov.au/adelaidemtloftyranges/water/managing-water/water-sensitive-urban-design>. (Erişim tarihi: 08.12.2019).

Anonim, 2019e. World Trade Merkezi, 2019.
<https://www.estuarypartnership.org/sites/default/files/fieldguide/examples/containedplanter.htm>. Erişim tarihi: 16.05.2020).

Anonim, 2019f. Stormwater Planter Box Fact Sheet.
http://www.saveitlancaster.com/wp-content/uploads/2011/10/05_PlanterBox.pdf.
(Erişim tarihi: 16.05.2020).

Anonim, 2019g. Clean Water Services.
<https://www.cleanwaterservices.org/media/2165/flow-through-planter.pdf>. (Erişim tarihi: 16.05.2020).

Anonim, 2019x. Building Research Establishment Environmental Assessment Method.
<https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/> (Erişim tarihi: 18.05.2020).

Anonim, 2019i. <http://www1.uah.es/sustainability/> University of Alcalá. Madrid, İspanya. (Erişim tarihi: 18.05.2019).

Anonim, 2019j. <https://sustainability.berkeley.edu/office-sustainability> University of California, USA. (Erişim tarihi: 20.05.2019).

Anonim, 2019i. <https://www.oberlin.edu/news/college-earns-gold-rating-sustainability>. University of Oberlin. USA. (Erişim tarihi: 10.06.2019).

Anonim, 2019j. <https://fa.oregonstate.edu/sustainability/about> University of Oregon USA. (Erişim tarihi: 10.06.2019).

Anonim, 2019k. <https://uwaterloo.ca/sustainability/> University of Waterloo, Waterloo, Canada. (Erişim tarihi: 10.06.2020).

Anonim, 2019l. <https://www.yesilkampus.itu.edu.tr/haberler/2019/12/30/ayazagayerleskemiz-dunyanin-54.-avrupanin-ise-29.-en-yesil-kampusu> İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. -(Erişim tarihi: 10.06.2019).

Anonim, 2019m. <https://www.bilgi.edu.tr/tr/universite/hakkinda/kurumsal-ilkeler/surdurulebilirlik/kampus-uygulamalari/>. Bilgi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. (Erişim tarihi: 21.06.2019).

Anonim, 2019n.

http://www.boun.edu.tr/Assets/Documents/Dosyalar/2020_Sustainable_Green_Campus_Report.pdf Boğaziçi Üniversitesi Çevresel Sürdürülebilirlik Raporu, İstanbul, Türkiye. (Erişim tarihi: 21.06.2019).

Anonim,

2019o.

http://www.boun.edu.tr/tr_TR/Content/Kampus_Yasami/KampusYesilKampus/TeknikUygulamalar/SuGeriKazanim. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. (Erişim tarihi: 25.06.2019).

Anonim, 2019ö. <https://www.yeditepe.edu.tr/en/university-general/about-yeditepe>. Yeditepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. (Erişim tarihi: 25.06.2019).

Anonim, 2019p.

https://yeditepe.edu.tr/sites/default/files/images/yeditepe_university_sustainability_report.pdf. Yeditepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. (Erişim tarihi: 25.06.2019).

Anonim, 2020a. <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/how-much-water-there-earth>. (Erişim tarihi: 05.06.2020).

Anonim, 2020b. <http://w2ww.energia2020.unige.it/en/la-sustainable-energy-building-seb/recupero-acqua-piovana/> (Erişim tarihi: 05.06.2020).

Anonim, 2020c. <https://www.lmnoeng.com/Hydrology/rational.php> (Erişim tarihi: 25.06.2020).

Anonim, 2020ç. <https://istatistik.yok.gov.tr/>. (Erişim tarihi: 26.06.2020).

Anonim, 2020d. <https://uludag.edu.tr/site/resimler/255> (Erişim tarihi: 05.07.2020).

Anonim, 2020e. Rainwater Harvesting in Urban Areas.
<http://www.rainwaterclub.org/docs/R.W.H.industries.urban.pdf>

Anonim, 2020f. https://www.hydrotechusa.com/resources/project_details.php?id=328
(Erişim tarihi: 10.05.2020).

Anonim, 2020g. https://www.hydrotechusa.com/resources/project_details.php?id=419
(Erişim tarihi: 10.05.2020).

Anonim, 2020h. <https://www.hydrotechusa.com/assemblies/garden-roof-assembly/>
(Erişim tarihi: 10.05.2020).

Anonim, 2020ı. <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-indoor-water-use-reduction-calculator> (Erişim tarihi: 10.01.2020).

Anonim, 2020i. https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanekolojisi_913c4.pdf. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Ekolojisi Ders Notu. (Erişim tarihi: 10.11.2020).

Avcı, İ., 1991. Hidrolojik Analiz ve Tasarım, İTÜ, İnşaat Fakóltesi, Hidrolik Anabilim Dalı.

Bell, S., Morse, S. 1999. Sustainability indicators: measuring the immeasurable?. Earthscan, UK, pp: 79.

Bursa Uludağ Üniversitesi, 2020. Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yönetmeliği

Cambridge English Dictionary, 2019.

<https://dictionary.cambridge.org/tr/sozluk/ingilizce/sustainable>. (Erişim tarihi: 10.10.2019).

Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M.R., Rauch W., Schilling, W., Urbonas, B., 2007. Toward the Sustainable Management of Urban Stormwater. *Indoor and Built Environment*. 16, 3:273-285

Clark, M., Acomb, G., 2008. Rain Barrels Fact Sheet, University of Florida, USA.

Connellan, C.J., 2002. Efficient Irrigation: A Reference Manual for Turf and Landscape, G Connellan, School of Resource Management and Geography, University of Melbourne. USA. 33 pp

Çağlar, E., 2018. Yağmur Suyu Yönetim Uygulamalarının Değerlendirilmesi Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Çalışkan, U., 2007. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kara Yolu Ulaşım Ağlarında Yüzeysel Drenaj Sistemleri Ve Hidrolik Tasarım Esasları, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 1988. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017a. Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017b. Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018. Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu.

Dagcuta, W.Z., 2017. <http://memangmameng.weebly.com/home/green-infra-part-1-rain-gardens-for-flood-control> (Erişim tarihi: 16.05.2020).

Dave, M., Gou, Z., Prasad, D., Li, Fi., 2014. Greening Universities Toolkit v2. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11964/Greening%20University%20Toolkit%20V2.0.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Erişim tarihi: 20.10.2019).

Elkhapery, B., Kianmehr, P., Doczy, R., 2021. Benefits of Retrofitting School Buildings in Accordance to LEED v4. *Journal of Building Engineering*, 33 (2021) 101798.

Environment Department of University of Waterloo, 2019. <https://uwaterloo.ca/environment/about-environment/leedr-platinum-environment-3-ev3>. Waterloo, Canada. (Erişim tarihi: 10.06.2020).

EPA, 1999. Storm Water Technology Fact Sheet Porous Pavement, USA. 1999. 7 pp
EPA, 2020. <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure>. (Erişim tarihi: 18.05.2020).

EU WFD Final Raporu, 2012. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0670&from=EN>. (Erişim tarihi: 25.11.2019).

Google Earth, 2019. <https://www.google.com/earth/> (Erişim tarihi: 25.06.2019).

Fane, S., 2013. Wastewater reuse. <https://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse> (Erişim tarihi: 18.05.2020).

Feehan, K.A., Shelton, D.P., Pekarek, K.A., Rodie, S. N., Franti, T.G., 2014. Stormwater Management with Rainwater Harvesting with Rain Barrels, University of Nebraska, USA.

Himat, A., 2018. Çatılardan Yağmur Suyu Hasat Potansiyelinin İl Bazında Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, SU Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

Janas, M., 1991.

https://isis2.cc.oberlin.edu/alummag/oamcurrent/oam_fall98/envicenter.html (Erişim tarihi: 25.05.2020).

Kiraz, M., 2018. Sustainable Water And Stormwater Management for METU Campus. *Master Thesis*, METU Environmental Engineering Department, Ankara.

Korukçu, A., Yazgan, S., Gündoğdu, K. 1989. Bursa ve yöresinde Su Kaynaklarına İlişkin Sorunlar. Marmara Bölgesinde Tarımın Verimlilik Sorunları Sempozyumu, 1997. Bursa. *Milli Produktivite Merkezi Yay.* Ankara. s 109-119.

Locke, E., 2019. Wisconsin-Milwaukee Üniversitesi (UWM) Runoff Modeling Of The University Of Wisconsinmilwaukee And Study Of Stormwater Reduction Practices, Master Plan, UWM, ABD.

Mays, L., Antoniou, G., Angelakis, A., 2013. *History of water cisterns: Legacies and lessons. Water. 5 (4): 1916–1940.*

MGM, 2019. Yazılı ve Sözlü görüşme. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Bursa.

Mikulik, J., Babina, M., 2009. The Role of Universities in Environmental Management *Polish Journal of Environmental Studies.* 18(4):527-531.

Mikulik, J., Babina, M., 2009. The Role of Universities in Environmental Management. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18(4):527–531.

Neuman, D. J., 2003. Building Type Basics For College and University Facilities. John Wiley and Sons Ltd, USA, pp: 320.

Nicklow, J.W., Boulos, P., Muleta, M., 2006. Comprehensive Urban Hydrologic Modeling Handbook for Engineers and Planners, *Pasadena, Calif.* USA. 376 pp.

Peck, S., Kuhn, M., 2020. Design guidelines for green roof, Ontario Association of Architects

Pradhan, S., Al-Ghamdi, S.G., Mackey, H.R., 2019. Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: A review of the applicability and challenges, *Science of the Total Environment*, 652 (2019):330-344.

Rezaei , N., Kamelnia, K., 2017. Investigation of Sustainable University Campus Design Factors in Case of the Middle East Countries, 3rd International Congress on New Horizons in Architecture and Planning, 2017.

Ried, R., 2008. Using Leed as a resource for Campus Sustainability Planning: A White Paper, USGBC.

Rizk, S., M., ElSorady D., A., 2020. LEED v4.1 operations & maintenance for existing buildings and compliance assessment: Bayt Al-Suhaymi, Historic Cairo. *Alexandria Engineering Journal*, (2020) 59, 519-531.

Sakarya, G., Özacar, İ. U., Aybek, Ü. A., 2019.
<https://www.trthaber.com/haber/yasam/ituden-ornek-cevre-ci-bina-421548.html>.
İstanbul, Türkiye. (Erişim tarihi: 21.06.2020).

Schueler, T. R. 1991. Mitigating the Adverse Impacts of Urbanization on Streams: A

Comprehensive Strategy for Local Governments. Proceedings of the National Conference Integration of Storm water and Local Nonpoint Source Issues. Northern Illinois Planning Commission, USA. 25-36 pp.

Schueler, T. R., 1987. Controlling Urban Runoff. A Practical Manual for Planning and Designing Urban Best Management Practices. Metropolitan Washington Council of Governments, Metropolitan Information Center, USA, 776 pp.

Sefa, S. 1983. Bilecik, Bursa, Kütahya Yöresi Kuru ve Sulanabilir Şartlarda Kuru Soğanın Azotlu ve Fosforlu Gübre İsteği ile Olsen Fosfor Analiz Metodu'nun Kalibrasyonu. *Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*. Eskişehir. s 1-47.

Seymour, R. M., 2005. Capturing Rainwater to Replace Irrigation Water for Landscapes: Rain Harvesting and Rain Garden. Proceedings of the 2005 Georgia Water Resources Conference. University of Georgia, USA.

Shriberg, M., 2002. Institutional assessment tools for sustainability in higher education: strengths, weaknesses, and implications for practice and theory. *Higher Education Policy*, 15 (2002) 153 – 167.

Sohif, M., Bin Sopian, K., Mokhtar, M. 2009. Managing Sustainable Campus in Malaysia - Organisational Approach and Measures. *European Journal of Social Sciences*, 8(2):201-214.

Soyka, P., 2012. Creating a Sustainable Organization: Approaches for Enhancing Corporate Value Through Sustainability. New Jersey. USA. *Pearson Education Inc.* 16 pp.

Solak, S., Yalılı Kılıç M., Akal Solmaz, S.K., Bursa İlinde Sürdürülebilir Kentsel Su Yönetimi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 24, Sayı 1, 2019

Strecker,, W. E., Kersnar, J. M., Driscoll E.D., 1990. The Use of Wetlands for Controlling Stormwater Pollution. Woodward-Clyde Consultants. 61 pp.

Susdrain, 2001. The Community For Sustainable Drainage. https://www.susdrain.org/case_studies/case_studies/welcome_break_wheatley.html. (Erişim tarihi: 10.03.2020).

şen, H., Kaya, A., Alpaslan, B. 2018. Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Bir Perspektif. *Ekonomik Yaklaşım*, 29(107): 1-47.

Talloires Bildirimi, 1990. 10 Point Action Plan. Association of University Leaders for a Sustainable Future

Tanık, A., Öztürk, İ., Cüceloğlu, G., 2015. Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri. Ankara, 130 s.

The Guardian, 2015. <https://www.theguardian.com/world/2015/mar/20/france-decrees-new-rooftops-must-be-covered-in-plants-or-solar-panels> (Erişim tarihi: 10.05.2020).

Thompson, J.W., Sorvig, K., 2000. Sustainable Landscape Construction, Island Press, USA

Tuna, G., 2006. Assessing Green Design Approach To Develop A Conceptual Model For Landscape Planning In University Campuses. *Master Thesis*, ITU Institute of Science and Technology, Istanbul.

Ulusoy, P., 2011. Sustainable Management of Water Resources on Campus: The Case of Izmir Institute of Technology. *Master Thesis*, IYTE The Graduate School of Engineering and Sciences, Department of Regional Planning, Izmir.

YİDB, 2019. Yazılı ve Sözlü görüşme. Bursa Uludağ Üniversitesi, Yapı İşleri Daire Başkanlığı. Bursa.

Wilson, A., ve Navaro, R., 2008. Alternative Water Sources: Supply-Side Solutions for Green Buildings. <https://www.buildinggreen.com/feature/alternative-water-sources-supply-side-solutions-green-buildings> -(Erişim tarihi: 12.04.2020).

Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P., 2007. The Sustainable Urban Drainage Systems Manual, UK, pp: 2-13.

Woodward-Clyde Federal Services, 1991. Draft Summary of Urban BMP Cost and Effectiveness Data for Guidance. Post Construction Stormwater Runoff Treatment. *Water*. 260 pp.

Wyoming Department of Environmental Quality, 2013. Urban Best Management Practices for Non-point Source Pollution. http://deq.wyoming.gov/media/attachments/Water%20Quality/Nonpoint%20Source/Best%20Management%20Practices/2013_wqd-wpp-Nonpoint-Source_Urban-Best-Management-Practice-Manual.pdf -(Erişim tarihi: 16.05.2020).

EK-1



EK 1 Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Yerleşkesi Vaziyet Planı (YİDB 2019)

EK-2

Tez çalışması kapsamında kullanılan LEED sertifikası v4.1 İç Ortam Su tüketimi excel hesaplayıcısı kullanılmıştır. Bununla birlikte LEED sertifikasyonun son versiyonu v4.1 Operasyon+Bakım (Operations+Maintenance (O+M)) versiyonunun sertifikasyon kriterleri üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu bölümde, çalışma alanı için sürdürülebilir kampüs ilkeleri çerçevesinde gerçekleştirilen bu değerlendirmelerden elde edilen sonuçlara dayanılarak, kampüs alanı için önerilerde bulunulmuştur.

İlk olarak BUÜ Görükle Kampüsü, konum olarak kısmen şehir dışında bulunmakla birlikte kampüs alanına toplu taşıma ile ulaşım sağlanmaktadır. Ayrıca kampüs alanı içerisinde motorlu taşıtların kullanımına yönelik hızı azaltmak için alınan önlemler alınmıştır. Ancak kampüs alanında bisikletle güvenli bir şekilde dolaşmak için gerekli altyapılar sağlanmamış ve bisiklet park alanı da bulunmamaktadır. Bu kapsamda UÜ kampüs alanına güvenli bir bisiklet yolu ve bisiklet park alanı tasarlanması önerilmektedir.

BUÜ Görükle Kampüsünde sürdürülebilir enerji yönetimi uygulamaları ile enerji tasarrufunun artırılması hedeflenmelidir. Kampüs alanı içerisindeki enerji tüketimi takibi sağlanmalı, enerji kayıpları izlenilmeli, enerji tasarruflu cihazlar ve sensör sistemleri kullanılması önerilmektedir.

BUÜ Görükle Kampüs alanını kapsayacak şekilde atık yönetim planı hedeflenmeli ve bu alanda gerçekleştirilebilecek atık azaltımı faaliyetleri ve geri dönüşüm uygulamalarının planlı bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

Üniversitenin sürdürülebilir kampüs doğrultusunda ilerlemesi için iç ortam hava kalitesi göz önünde alınmalı ve Üniversite Politikasında başlıca temizlik ihtiyaçları için kullanılan malzemelerde yeşil satın alma bulunmalıdır ve satın alma işlemlerinin bu politika doğrultusunda gerçekleşmesi önerilmektedir. Ayrıca üniversitenin yönetim birimleri ve eğitim bölümlerine danışmanlık ve destek sağladığı bir Sürdürülebilirlik

Ofisi kurulması hedeflenmeli ve bu operasyonların tüm disiplinlerarası bir tutumla gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

BUÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen Görükle Kampüsü gelecek planı sürdürülebilir kampüs ilkeleri ve yağmur suyu yönetimi ışığında değerlendirilmiştir. Bu plan kapsamında değerlendirilen yağmur suyu yönetimi uygulamalarında öncelikle kampüs alanında süregelen yapılaşma nedeniyle yağmur suyu hasadı sağlanması amaçlanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşegül SEVİMLİ
Doğum Yeri ve Tarihi : Erzurum, 19.10.1994
Yabancı Dil : İngilizce, İtalyanca

Eğitim Durumu

Lise : İMKB Gürsu Anadolu Lisesi, 2012
Lisans : Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 2016
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 2020

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Sega Dora Doğrulayıcı Kuruluş, 2017
Elinsan Çevresel Deney Laboratuvarı, 2018
Martur Fompak International, 2019 - Devam Ediyor

İletişim (e-posta) : aysegul.sevimli@hotmail.com

Yayınları : -