

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAĞMUR SUYU YÖNETİM UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TINAZTEPE YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ekin Çağlar GÖKBAŞ**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi**

**HAZİRAN 2018**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAĞMUR SUYU YÖNETİM UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ:  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TINAZTEPE YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ekin Çağlar GÖKBAŞ  
(501141709)**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Alpaslan EKDAL**

**HAZİRAN 2018**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501141709 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ekin Çağlar GÖKBAŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "YAĞMUR SUYU YÖNETİM UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TINAZTEPE YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Doç. Dr. Alpaslan EKDAL**      .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. Melike GÜREL**      .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Ali ERTÜRK**      .....

İstanbul Üniversitesi

**Teslim Tarihi**      :   **2 Mayıs 2018**  
**Savunma Tarihi**   :   **4 Haziran 2018**





*Anneme,*





## ÖNSÖZ

Tez çalışmam kapsamında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak yol gösterici olan, yardımlarını ve sabrını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Alpaslan EKDAL'a,

Lisans eğitimimi tamamladığım Dokuz Eylül Üniversitesi'nin, mezun öğrencisine desteğini hiçbir zaman esirgemediğini bana gösteren Yapı İşleri Daire Başkanlığı, Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı ve Personel Daire Başkanlığı'na,

Çalışmalarım sırasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen ilk çalışma arkadaşlarım Mehmet KALFAZADE'ye ve Salim YAYKIRAN'a,

Tez sürecimde teknik ve manevi desteğini her zaman hissettiğim meslektaşım ve ev arkadaşım Hazal GÜLHAN'a

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Benim için yaptıklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, her anımda sonsuz sevgisi ve desteği ile arkamda olan sevgili annem Sema DUMRUL'a,

İlkokulda okumayı beraber öğrendiğimiz, üniversite kapısından beraber girdiğimiz ve hayatımın bugüne gelmesinde katkıları sayılamayacak olan, sevgisiyle zor günlerimin destekçisi, güzel günlerimin sebebi yol arkadaşım Emre Dora DİNÇER'e

minnettarım.

Haziran 2018

Ekin Çağlar GÖKBAŞ

(Çevre Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY .....	xix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemin Tanımı.....	2
1.2. Amaç ve Kapsam .....	4
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>7</b>
2.1. Kirlilik Kaynakları .....	11
2.1.1. Noktasal Kaynaklı Kirlilik .....	11
2.1.2. Yayıllı Kaynaklı (Noktasak Kaynaklı Olmayan) Kirlilik .....	11
2.2. Ulusal ve Uluslararası Yasal Mevzuat .....	16
2.2.1. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (U.S. EPA).....	16
2.2.2. Amerika Birleşik Devletleri Temiz Su Yasası (U.S. CWA).....	17
2.2.3. Avrupa Birliği Su Çevre Direktifi (E.U. WFD).....	17
2.2.4. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY).....	18
2.2.5. Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği .....	18
2.2.6. Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik.....	19
2.2.7. Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik Sertifikası (LEED) .....	19
2.2.8. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) Konut Sertifikası.....	19
2.2.9. Dünya’da Yağmur Suyu Kullanımına İlişkin Standart ve Teşvikler .....	20
2.3. En İyi Yönetim Uygulamaları .....	22
2.3.1. Yapısal EİYU .....	24
2.3.2. Yapısal Olmayan EİYU .....	32
<b>3. MATERYAL ve METOT .....</b>	<b>37</b>
3.1. DEU Tınaztepe Yerleşkesi Coğrafi, Jeolojik ve Topoğrafik Özellikler.....	37
3.2. DEU Tınaztepe Yerleşkesi Nüfus Yoğunluğu .....	39
3.3. DEU Tınaztepe Yerleşkesi İklim ve Meteorolojik Özellikler.....	41
3.4. DEU Tınaztepe Yerleşkesi Arazi Kullanımı.....	42
3.5. DEU Tınaztepe Yerleşkesi Yüzeysel Akışların Belirlenmesi.....	49
3.6. DEU Tınaztepe Yerleşkesi’nde Bulunan Binalardaki Rezervuarda Su Tüketimlerinin Belirlenmesi .....	51
3.7. DEU Tınaztepe Yerleşkesi’nde Bulunan Binalarda Toplam Su Tüketimlerinin Belirlenmesi .....	55
<b>4. DEU TINAZTEPE YERLEŞKESİ İYİLEŞTİRME SENARYOSU .....</b>	<b>57</b>
4.1. Arazi Kullanımının Revizyonu .....	57
4.2. Yağmur Suyunun Rezervuarlarda Kullanımı.....	62

4.3. Yağmur Suyu Hasat Sistemi Seçimi ve Arıtılması .....	65
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>73</b>
5.1. Yağmur Suyu Kullanımının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi.....	73
5.2. Yağmur Suyu Kullanımının LEED Sertifikası Açısından Değerlendirilmesi ....	74
5.3. Öneriler.....	76
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>83</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>87</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>115</b>



## KISALTMALAR

<b>AB SÇD</b>	: Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi
<b>AKS</b>	: Ayrık Kanalizasyon Sistemleri
<b>BASIX</b>	: Bina ve Sürdürülebilirlik İndeksi
<b>BIB</b>	: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
<b>BKS</b>	: Birleşik Kanalizasyon Sistemleri
<b>BMPDSS</b>	: En İyi Yönetim Uygulamaları Karar Destek Sistemi
<b>BKST</b>	: Birleşik Kanalizasyon Sistemi Taşmaları
<b>BSI</b>	: İngiliz Standartlar Enstitüsü
<b>BSRIA</b>	: Bina Tesisleri Araştırma ve Danışma Birliği
<b>CoCU</b>	: City of Columbia Utilities.
<b>CWA</b>	: Temiz Su Kanunu
<b>ÇEDBİK</b>	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
<b>ÇŞB</b>	: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
<b>DEK</b>	: Düşük Etkili Kalkınma
<b>DEN</b>	: Denizcilik Fakültesi
<b>DEU</b>	: Dokuz Eylül Üniversitesi
<b>DIN</b>	: Alman Standartlar Enstitüsü
<b>DPSİR</b>	: İtici güç-Baskı-Durum-Etki-Tepki
<b>EB+OM</b>	: Mevcut Binalar İşletme ve Bakım
<b>EİYU</b>	: En İyi Yönetim Uygulamaları
<b>EA</b>	: Birleşik Krallık Çevre Ajansı
<b>EC</b>	: Avrupa Komisyonu
<b>EPA</b>	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
<b>FE</b>	: Fen Edebiyat Fakültesi
<b>İSL</b>	: İşletme Fakültesi
<b>İTÜ</b>	: İstanbul Teknik Üniversitesi
<b>İZSU</b>	: İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi
<b>KB</b>	: T.C. Kalkınma Bakanlığı
<b>LEED</b>	: Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik
<b>MİM</b>	: Mimarlık Fakültesi
<b>MTP</b>	: Pazar Dönüşümü Programı
<b>MUH-1</b>	: Mühendislik Fakültesi 1. Etap
<b>MUH-2</b>	: Mühendislik Fakültesi 2. Etap
<b>MUH-3</b>	: Mühendislik Fakültesi 3. Etap
<b>PAH</b>	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
<b>SKKY</b>	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
<b>SKDS</b>	: Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri
<b>SWMM</b>	: Yağmur Suyu Yönetimi Modeli
<b>SDKT</b>	: Suya Duyarlı Kentsel Tasarım
<b>SRTM</b>	: Shuttle Radar Topography Mission
<b>TAKM</b>	: Toplam Askıda Katı Madde
<b>TN</b>	: Toplam Azot
<b>TP</b>	: Toplam Fosfor

<b>UCF</b>	: Florida Merkez Üniversitesi
<b>USEPA</b>	: Amerikan Çevre Koruma Ajansı
<b>USGBC</b>	: Amerikan Yeşil Binalar Konseyi
<b>UYBBS</b>	: Ulusal Yeşil Bina Bilgi Sistemi
<b>WDEQ</b>	: Wyoming Çevresel Kalite Departmanı



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> : Yayılı kirleticiler, kaynakları, çevresel problemler (Campbell ve diğ., 2004) .....	<b>13</b>
<b>Çizelge 2.2</b> : Otobanlardaki yüzeysel akış bileşenleri ve kaynakları (Campbell ve diğ., 2004) .....	<b>15</b>
<b>Çizelge 2.3</b> : Bazı ülkelerde yağmur suyu kullanımı hakkında standart, yasa ve teşvikler .....	<b>20</b>
<b>Çizelge 3.1</b> : 18443 İzmir/Buca İstasyonuna ait aylık toplam yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> )....	<b>41</b>
<b>Çizelge 3.2</b> : 17220 İzmir/Bölge İstasyonuna ait aylık toplam yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> ) ..	<b>41</b>
<b>Çizelge 3.3</b> : 17220 İzmir/Bölge İstasyonuna ait 10 yıllık ortalama yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> ) .....	<b>42</b>
<b>Çizelge 3.4</b> : Tınaztepe Yerleşkesi 2004 arazi kullanımları .....	<b>46</b>
<b>Çizelge 3.5</b> : 2004 yılı binalar ve alan kullanımları.....	<b>46</b>
<b>Çizelge 3.6</b> : Tınaztepe Yerleşkesi 2017-2018 arazi kullanımları.....	<b>47</b>
<b>Çizelge 3.7</b> : 2017-2018 yılı eklenen binalar ve alan kullanımları.....	<b>47</b>
<b>Çizelge 3.8</b> : Tınaztepe Yerleşkesi yakın gelecekte arazi kullanımları .....	<b>48</b>
<b>Çizelge 3.9</b> : Yakın gelecekte eklenecek binalar ve alan kullanımları .....	<b>49</b>
<b>Çizelge 3.10</b> : Arazi kullanım türlerinin yüzeysel akış katsayıları .....	<b>51</b>
<b>Çizelge 3.11</b> : Tüm yerleşke alanında yıllar içerisinde değişen ortalama yüzeysel akış katsayısı.....	<b>51</b>
<b>Çizelge 3.12</b> : Kişilerin günlük tuvalet rezervuarı kullanım katsayıları (kullanım/kişi/gün).....	<b>52</b>
<b>Çizelge 3.13</b> : DEU Tınaztepe Yerleşkesi eğitim binalarında rezervuarlarda kullanılan yıllık toplam su tüketimi .....	<b>55</b>
<b>Çizelge 3.14</b> : Armatür kullanımı ile ilgili LEED katsayıları.....	<b>56</b>
<b>Çizelge 3.15</b> : DEU Tınaztepe Yerleşkesi eğitim binalarında armatürlerde kullanılan yıllık toplam su tüketimi .....	<b>56</b>
<b>Çizelge 4.1</b> : Yerleşke'deki kaldırımlarda yıllar içinde arazi kullanımlarının değişimi .....	<b>60</b>
<b>Çizelge 4.2</b> : Yerleşke'deki kaldırımlarda yıllar içinde yüzeysel akışın değişimi ....	<b>60</b>
<b>Çizelge 4.3</b> : Yerleşke'deki çatılarda yıllar içinde arazi kullanımlarının değişimi ...	<b>61</b>
<b>Çizelge 4.4</b> : Yerleşke'deki çatılarda yıllar içinde yüzeysel akışın değişimi .....	<b>62</b>
<b>Çizelge 4.5</b> : Yağmur suyunun binalarda bulunan rezervuarlarda kullanım oranı ....	<b>65</b>
<b>Çizelge 4.6</b> : Rezervuarlarda yağmur suyu kullanımı Excel hesaplayıcı arka yüzü..	<b>66</b>
<b>Çizelge 4.7</b> : Pazar Dönüşümü Programı kapsamında yağmur suyu için belirlenen su kalitesi parametreleri .....	<b>70</b>
<b>Çizelge 5.1</b> : LEED EB+OM ilgili kredileri ve puanları .....	<b>75</b>
<b>Çizelge 5.2</b> : DEU Tınaztepe Yerleşkesi binalarında yağmur suyu kullanımı ile yapılan toplam su tasarrufu .....	<b>75</b>

<b>Çizelge 5.3</b> : LEED açısından sağlanacak puanlar .....	<b>76</b>
<b>Çizelge B.1</b> : Akademik eğitim binaları, toplam öğrenci sayıları .....	<b>91</b>
<b>Çizelge B.2</b> : Akademik eğitim binaları, toplam akademisyen sayıları.....	<b>92</b>
<b>Çizelge B.3</b> : Akademik eğitim binaları, idari personel sayıları.....	<b>93</b>
<b>Çizelge F.1</b> : 2004 yılı DEU Tınaztepe Yerleşkesi yıllık toplam yüzeysel akış miktarı (m <sup>3</sup> /ay).....	<b>103</b>
<b>Çizelge F.2</b> : 2017-2018 yılı DEU Tınaztepe Yerleşkesi yıllık toplam yüzeysel akış miktarı (m <sup>3</sup> /ay) .....	<b>104</b>
<b>Çizelge F.3</b> : Yakın gelecekte DEU Tınaztepe Yerleşkesi yıllık toplam yüzeysel akış miktarı (m <sup>3</sup> /ay) .....	<b>105</b>
<b>Çizelge G.1</b> : MUH-1, MUH-2, MUH-3 Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması .....	<b>106</b>
<b>Çizelge G.2</b> : Mimarlık, Fen/Edebiyat Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması .....	<b>108</b>
<b>Çizelge G.3</b> : İşletme, Denizcilik Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması .....	<b>110</b>
<b>Çizelge H.1</b> : Yağmur suyu kullanım durumu maliyetlerinin değerlendirilmesi ....	<b>112</b>
<b>Çizelge H.2</b> : Yağmur suyu sistemi amortisman süresinin belirlenmesi .....	<b>113</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1 : İzmir'in Türkiye'deki konumu. ....	38
Şekil 3.2 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nin İzmir'deki konumu. ....	38
Şekil 3.3 : Tınaztepe Yerleşkesi mevcut durumu. ....	40
Şekil 3.4 : İzmir Bölgesi'nin jeolojik yapısı (Gündoğan, 2016). ....	40
Şekil 3.5 : Tınaztepe Yerleşkesi vaziyet planı. ....	44
Şekil 3.6 : CORINE arazi kullanım haritası. ....	45
Şekil 3.7 : Yerleşke içindeki arazi kullanımları. ....	50
Şekil 3.8 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi binalarında bulunan rezervuar tipleri. ....	54
Şekil 4.1 Kaldırımların geçmiş durumu ve önerilen durumunu gösteren plan. ....	58
Şekil 4.2 Önerilen durumu gösteren kesit. ....	58
Şekil 4.3 : Çakıl şeritli kaldırım önerilen yollar. ....	59
Şekil 4.4 : Yerleşke'deki kaldırımlarda yıllar içinde arazi kullanımı ve yüzeysel akışın değişimi grafiği. ....	61
Şekil 4.5 : Yerleşke'deki çatılarda yıllar içinde arazi kullanımı ve yüzeysel akışın değişimi grafiği. ....	62
Şekil 4.6 : Rezervuarlarda yağmur suyu kullanımı hesaplayıcısına ait veri giriş sayfası. ....	64
Şekil 4.7 : Yağmur suyu toplama, filtreleme ve depo sistemi gösterimi (Tanık ve diğ., 2015). ....	69
Şekil 4.8 : Örnek filtre resmi (Tanık ve diğ., 2015). ....	70
Şekil 5.1 : Islak bekletme göleti ve yeşil alan olarak tasarlanabilecek bölge. ....	78
Şekil 5.2 : İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesi yağmur suyu göleti. ....	79
Şekil 5.3: Yol kenarı sızma hendeği örnek resmi. ....	80
Şekil A.1 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi topoğrafi haritası. ....	89
Şekil A.2 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi eğim şeması. ....	90
Şekil C.1 : 2004 yılı bina oturma alanları, beton ve küp taş alanlar. ....	94
Şekil C.2 : 2004 yılı asfalt yollar. ....	95
Şekil C.3 : 2004 yılı beton ve küp taş kaldırımlar. ....	96
Şekil D.1 : 2017-2018 yılı bina oturma alanları, beton ve küp taş alanlar. ....	97
Şekil D.2 : 2017-2018 yılı asfalt yollar. ....	98
Şekil D.3 : 2017-2018 yılı beton ve küp taş kaldırımlar. ....	99
Şekil E.1 : Yakın gelecekte bina oturma alanları, beton ve küp taş alanlar. ....	100
Şekil E.2 : Yakın gelecekte asfalt yollar. ....	101
Şekil E.3 : Yakın gelecekte beton ve küp taş kaldırımlar. ....	102



**YAĞMUR SUYU YÖNETİM UYGULAMALARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ: DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TINAZTEPE  
YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ**

**ÖZET**

Nüfusun, üretimin ve tüketimin hızla arttığı günümüzde insanlık, mikro ölçekten makro ölçeğe kadar, doğa ile uyum içinde yaşamayı unutmamıştır. Doğa, kendini yenilemek ve eksilen parçalarını tamamlamak için her ne kadar bir saat gibi işlemeye devam etse de, insanoğlu bu döngünün önüne engeller koymaya ve zarar vermeye devam etmektedir. Yapılan hatalardan geri dönmek, doğanın kendini iyileştirmesine izin vermek ve onunla beraber uyum içinde gelişmek yani yaşamı sürdürülebilir kılmak yine insanların elindedir.

Günümüzde mevcut temiz su kaynaklarının giderek azalmakta, tüketilmekte ya da kirletilerek kullanılmaz hale getirilmekte olduğu herkes tarafından kabul görmüştür. Hızla artan nüfus ve buna bağlı olarak kentleşmenin de plansız bir şekilde artması, geçirimsiz yüzeylerin büyük oranda artmasına sebep olmuştur. Artan geçirimsiz yüzeyler ile en önemli temiz su kaynağı olan yağmur suyu yeraltı ve yer üstü temiz su kaynaklarını besleyememekte ve yüzeysel akışa geçerek kullanılmaz hale gelmektedir. Bununla beraber yüzeysel akış ile kirlenen yağmur suyu, beslediği yüzey sularının da kalitesini bozmakta ya da bağlandığı altyapı sisteminin kapasitesini arttırdığından ek maliyetlere sebep olmaktadır. Temiz suya erişim günden güne artan bir problemken, yağmur suyu gibi bir kaynağı kaybetmek, bu yüzden beslediği yüzey sularını kaybetmek ve temizlemek için birçok ek proses ve maliyete sebep olmak ironiktir.

Bu tez çalışması kapsamında, yağmur suyunun öncelikle doğaya yeniden kavuşabilmesi için yapılaşma ile uyumlu olarak yapılabilecek çalışmalar incelenmiş, sonrasında yağmur suyunun yeniden kullanım alanları değerlendirilmiştir. Sürdürülebilir yapılaşmanın gündelik hayatın içine girebilmesi için en uygun yerin eğitim yapıları olduğu görüşünden yola çıkılarak çalışma alanı olarak Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi seçilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde yağmur suyunun yüzeysel akışını ya da kullanımını etkileyecek veriler tespit edilmiş ve tez çalışmasında kullanılacak şekilde düzenlenmiştir. Çalışmada yerleşkeye ait üç farklı yapılaşma durumu değerlendirilmiştir. Bunlardan ilki yerleşkenin yeni gelişmeye başladığı dönemleri temsil etmesi amacıyla 2004 yılı, günümüzdeki yapılaşma durumunu temsil etmesi amacıyla 2017-2018 yılı ve yerleşkenin yakın zamanına ait gelişim planına dayanarak yakın gelecek senaryosudur. Yerleşkenin bu üç farklı durumuna dayanarak yapılaşmanın artışıyla değişen arazi kullanımları tespit edilmiş ve yerleşkeye ait ortalama yüzeysel akış katsayıları hesaplanmıştır. İzmir ili, İzmir Bölge 17220 isim ve numaralı istasyona ait 10 yıllık ortalama yağış verisi kullanılarak yerleşke içindeki her farklı arazi kullanım türünün ayrı ayrı ve yerleşkenin toplam yüzeysel akış miktarı hesaplanmıştır. Üç farklı durum için hesaplanan toplam yüzeysel akış miktarındaki

değişim tespit edilerek, artan yapılaşmanın yağmur suyunun yüzeysel akışında yarattığı değişim ortaya konmuştur.

Bu değerlendirmenin sonucunda, yerleşkenin gelecek yıllarda yapılacak yeni yapılaşmaları için ve mevcuttaki yapılaşmanın daha sürdürülebilir bir şekilde revize edilebilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, toprağa ulaşmayan yağmur suyunun yeniden kullanılarak değerlendirilmesi ve farklı bir kaynak tüketiminin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Buna bağlı olarak, yerleşke içindeki eğitim binalarındaki tuvalet rezervuarlarında şebeke suyu yerine yağmur suyu kullanılması önerilmiştir. Yerleşke içerisindeki eğitim binalarında yıllar içerisinde değişebilecek kişi sayısına bağlı olarak, rezervuarlardaki su tüketiminin ayrı ölçülmesi mevcut şartlar altında mümkün olmadığı için, A.B.D. Yeşil Binalar Konseyi tarafından verilen LEED yeşil bina sertifikasına ait su tüketimi hesap metodu kullanılarak rezervuarlardan kaynaklanan su tüketimi hesaplayan bir excel hesaplayıcısı oluşturulmuştur. Excel hesaplayıcısına bina kullanıcı sayılarının yanı sıra, bina için tasarlanması öngörülen yağmur suyu toplama tankı hacmi girilmekte ve hesaplayıcı verilen kişi sayısına ait rezervuar su tüketimini belirleyerek, bu tüketimin ne kadarının yağmur suyundan karşılanabileceğini vermektedir.

Ayrıca oluşturulan hesaplayıcı kullanılarak her bina için 100 m<sup>3</sup>'lük bir depo hacmi ve mevcut durumdaki kişi sayısı ile ne kadar şebeke suyu tasarrufu yapılabileceği hesaplanmıştır. Önerilen bu yağmur suyu toplama sisteminin arıtma ihtiyacı da değerlendirilmiştir. Bu hesaplamalar ışığında, yerleşke içindeki eğitim binalarına yağmur suyu hasat sistemi kurulmasının şebeke suyundan sağlayacağı kar, ilk yatırım ve işletme maliyetleri değerlendirilerek sistemleri amortisman süreleri hesaplanmıştır.

Su tüketim miktarları hesaplanırken LEED su verimliliği hesap metodu kullanıldığından dolayı her bina için LEED açısından su verimliliği değerlendirmesi de yapılmıştır.

Yapılan çalışmanın sonucunda, yüzeysel akış miktarlarında, arazi kullanımlarında yapılabilecek birtakım revizyonlar ile %15, yerleşkede yapılacak yeşil bina çatı uygulaması ile ise yaklaşık %2,5 oranında azalma sağlanabileceği tespit edilmiştir. Ek olarak, yerleşkede uygulanması önerilen yağmur suyu en iyi yönetim uygulamaları ile de TAKM, TN ve TP giderimlerinin de arttırılması hedeflenmiştir.

Yağmur suyunun yerleşkede bulunan binalardaki rezervuarlarda kullanılması önerisi ile yerleşkede bulunan eğitim binalarında %13 ila %30 oranında su verimliliği sağlanırken sistem amortisman süreleri 1,3 yıl ila 8,8 yıl arasında değişmektedir.

## **EVALUATION OF THE RAINWATER MANAGEMENT PRACTICES: DOKUZ EYLUL UNIVERSITY TINAZTEPE CAMPUS CASE STUDY**

### **SUMMARY**

In today's modern life, where the population, production and consumption have been increasing rapidly, humanity has forgotten to live in harmony with nature from micro scale to macro scale. Although nature continues to operate like a clock to renew itself and complete its missing parts, humanity continues to put obstacles and harm the cycle of nature. It is again in the hands of humanity to return from the mistakes that had been made, to allow nature to heal itself and to develop in harmony with it, which is to make life sustainable.

It is agreed by all society, that today's clean water resources are becoming increasingly scarce, consumed, or rendered unusable by pollution. Rapidly growing population and consequently unplanned urbanization has caused the impermeable surfaces to increase in size. With increasing impermeable surfaces, the rainwater, the most important clean water source, are unable to feed underground and surface water resources and become unusable through runoff. However, rainwater, which is contaminated because of runoff, also decreases the quality of the surface water that connected to, and causes additional costs because increases the capacity of the infrastructure system. Despite accessing to clean water is an increasing problem from day to day, it is ironic to lose a source such as rainwater, and cause many additional processes and costs to treat.

Within the scope of this thesis, the studies that can be done in accordance with the urbanization, are investigated so that the rainwater can be regenerated primarily to the nature, to feed the groundwater and to return to nature as a clean source. Afterwards, the reuse areas of the rainwater were evaluated as a clean water source instead of the mains water. In this study, firstly best management practices of rainwater have been investigated in detailed literature research. Within the scope of best practice management practices identified, a workspace is documented within the scope of the study. Tinaztepe Campus of Dokuz Eylül University was chosen as the study area by considering that education institutions are the best place for source of information sustainability to get involved to everyday life. Dokuz Eylül University Tinaztepe Campus in Izmir province has been in use for many years, but since the new constructions in the campus has gained momentum in recent years, suggestions have been made that the development within the campus can be made friendlier and sustainable with nature and buildings in the campus can be made into buildings with high water efficiency. The suggestions made to the campus have been evaluated.

In the first phase of the study data, which could affect the surface run-off or use of rainwater at DEU Tinaztepe Campus were determined, and were arranged to be used in the study of the thesis. These are the geographical, geological, topographic, climate and meteorological characteristics of the campus and the amount of run-off in the campus. Three different urbanization conditions of the campus were evaluated in the study. These are: First, the near future scenario determined based on the development

plan in which near future buildings of the campus can be, 2017-2018 conditions to represent today's campus and 2004 in order to get the farthest past data about the campus and represent the new development periods of the campus. Based on these three different conditions of urbanization, land use changes caused by increasing urbanization were determined, and the average run-off coefficients of the campus were calculated. Using the 10-year average rainfall data of İzmir province, the total run-off amount of each different land use type and urbanization was calculated separately. By calculating the change in the total run-off amount for the three different conditions, the change that the increased urbanization causes, in the runoff is revealed.

As a result of this assessment, suggestions have been made for the new constructions in the campus to be made in the coming years and for the existing constructions to be revised in a more sustainable way. The first goal is to ensure that rainwater infiltrates the soil. First of all, it is suggested that all of the pavements in the campus should be revised as a paving stone. Afterwards, depending on the slope of the campus, it is aimed to reduce the average run-off coefficient and thus the run-off amount by forming sets of gravels on the pavement areas of some roads in the campus so without disturbing the comfort of walking. Afterwards, a green roof was suggested for the new buildings to be built in the campus. The changes in the suggestions given in these two steps are calculated in terms of the amount of run-off in the campus.

In the second phase of the study, it was aimed to reuse the rainwater that could not reach the ground and to prevent consumption of a different clean water source. Accordingly, it has been suggested to use rainwater collected from the roofs of the buildings instead of the mains water in the toilet reservoirs in the Engineering Faculty 1, Engineering Faculty 2, Engineering Faculty 3, Faculty of Architecture, Faculty of Science and Literature, Faculty of Business Administration and Maritime Faculty buildings.

Since separate measurement of water consumption in the reservoirs is not possible under this thesis study, by using the number of people, which can change over the years in the educational buildings in the campus, water consumption in the reservoirs were calculated using the water consumption calculation method of the LEED green building certificate issued by United States Green Building Council, with an excel calculator created within this study. In addition to the number of building users in the Excel calculator, roof area of the building and tank volume for predicted rainwater collection are entered. The formulation calculates the amount of water consumed in the reservoir and how much of this consumption can be met with rain water.

Additionally, using the calculator created, how much municipal water can be saved assuming that a storage tank with a volume of 100 m<sup>3</sup> is installed for each building and considering the number of people in the present situation. The need for treatment of this proposed rainwater harvesting system has also been assessed. In the light of these calculations, profit and amortisation periods of installing rain water harvesting system to the education buildings in the campus were calculated by taking into account the first investment and operating costs. According to the thesis studies, 26% in the reservoirs of the Engineering Faculty 1, 25% in the reservoirs of the Engineering Faculty 2, 25% in the reservoirs of the Engineering Faculty 3, 44% in the reservoirs of the Faculty of Architecture, 18% in the reservoirs of the Faculty of Science and Literature, 17% in the reservoirs of Faculty of Management and 30% in the reservoirs of the Maritime Faculty of the mains water efficiency was provided and the water requirement was met from the rainwater.

The need for treatment of this proposed rainwater collection system has also been assessed. The need for treatment and filtration has been presented in the system. When the treatment requirements are evaluated, the Regulation on Rainwater Collection, Storage and Discharge Systems has been utilized. The parameters to be checked for the elimination of health concerns that may be experienced in the use of rain water as potable water have been determined. When the cost calculations of the system are carried out, the costs of the rainwater storage, the filtration system and the pump system are evaluated within the scope of the borrowing cost and system cost to be installed as the initial investment cost. Operating costs include water bill from mains water, maintenance and cleaning of the gutters, replacement and cleaning of the filter system, cleaning of the tank and electricity consumption and maintenance costs of the pump. In the light of these calculations, depreciation periods are calculated by evaluating the profit, first investment and operating costs of the rain water retention system that will be provided from the network water to the education buildings within the campus systems

The system amortization periods vary from 1.3 to 8.8 years, while water efficiency is between 13% and 30% at the training buildings in the campus with the recommendation of using rainwater in reservoirs in the buildings.

At the same time, as the LEED water efficiency calculation method was used in the calculation of water consumption amounts, a water efficiency evaluation was made for each building in terms of LEED. When evaluating LEED water efficiency, buildings were compared not only with reservoir consumption but also with all network water consumption. With the use of rain water in reservoirs, the buildings which are being evaluated within the scope of the thesis study have reached an efficiency rate of, 18% in total water consumption in Engineering Faculty 1, 17% in total water consumption in Engineering Faculty 2, 17% in total water consumption in Engineering Faculty 3, 30% in total water consumption in Faculty of Architecture , A total water consumption of 12% for the Faculty of Science and Literature, 10% for the total water consumption of the Faculty of Business Administration and 19% for the total water consumption of the faculty of Maritime Faculty.

As a result of the work done, it has been determined that the runoff rates can be reduced 15% with some revisions made to land use, and approximately 2.5% with green roof application in the campus. In addition, the construction of a wet retention pond and surrounding green area at the lowest level in the campus, the formation of gutters and infiltration ditches on the sides of the new roads to be built in the campus, the application of green practices in the construction of new buildings in the campus, the green cleaning services in the campus and growth of green area are suggested. It is aimed to improve TSS, TN and TP removal with rainwater best management practices suggested to be implemented in the campus.





## 1 GİRİŞ

Temiz su, insan hayatının en önemli ve vazgeçilmez ihtiyaçlarından biridir. Birçok toplum ve kültür, tarihleri boyunca suyu en verimli şekilde kullanmaya ve yönetmeye çalışmış, her zaman diliminde su kaynaklarını yönetmek için keşiflerin peşinde koşmuştur. Halen izleri görülebilen ve hatta bazıları hala kullanılabilir durumda olan tarihi sarnıçlar, su kemerleri yüzyıllar süren bu çabanın birer kanıtıdır. Günümüzde ise çok daha yenilikçi uygulamalar ile insanlar suya yön vermeye devam etmektedir.

Yeryüzünün yaklaşık dörtte üçü su ile kaplıdır ve dünya üzerinde 1 milyar 400 milyon km<sup>3</sup> su bulunmaktadır. Fakat bu miktarın %97,5'i deniz ve okyanuslarda bulunduğu tuzlu sudur. Kullanılabilir tatlı su bu miktarın yalnızca %2,5'i kadardır. Bu tatlı suyun ise %69,5'i kutup buzullarında ve donmuş toprak tabakasında bulunurken yaklaşık %30,1'i yeraltı suyu olarak ve yalnızca %0,4'ü atmosfer suları ve yüzey suları olarak bulunmaktadır (KB, 2014). Oldukça az olan ulaşılabilir ve kullanılabilir su miktarı yıldan yıla değişen iklimden etkilenmesinin yanı sıra su kirliliği, nüfus ve havzalardaki yapılaşmanın artışı sebebiyle her geçen gün biraz daha azalmaktadır. Dünyada 29 ülkede yaklaşık 436 milyon insanın yeterli miktarda temiz suya erişimi olmadığı belirlenmiştir ve bu sayının 2050 yılında üç ila beş kat artacağı tahmin edilmektedir (Tanık ve diğ., 2015). Günden güne, su kıtlığına biraz daha yaklaşıldığı hissedilirken su yönetimi günümüzün en önemli konularından biri haline gelmiştir.

Türkiye, kişi başına düşen 1,65 m<sup>3</sup> su miktarı ile su azlığı yaşayan bir ülke olup toplam su tüketiminin 2004-2030 yılları arasındaki dönemde üç kat artacağı öngörülmektedir ve yapılan çalışmalar Türkiye'nin 2030 yılında su fakiri ülkeler arasına gireceğini göstermektedir (Tanık ve diğ., 2015).

Havza, topoğrafik yapıya bağlı olarak en üst kotlardan geçen bir su ayırım çizgisi ile ayrılmış, bir su kütleini besleyen suların toplandığı içbükey yapıya sahip arazi parçasıdır. Kara parçası üzerinde yer alan her nokta aslında bir su kütleinin havzası içinde bulunmaktadır. Bu yüzden, kara üzerindeki kentsel ve kırsal yerleşimler, tarım alanları, ormanlar, endüstriyel bölgeler vb. bulunan her şeyin bir havza sınırının içinde kaldığı söylenebilir. Özetle, havza içinde bulunan herhangi bir yapı ya da doğal

oluşumun havzanın bütününden ayrı olarak değerlendirilmesi imkânsız ve yanlış olur. Göl, nehir, deniz, okyanus ve yeraltı suları gibi su kütlelerinde bulunan kirlilik, havzanın içindeki ya da çevresindeki tüm flora ve faunaya zarar vermekte ve yaşamlarını tehlikeye atarak türleri yok oluşa sürüklemektedir. Kirletilmiş sular, gerekli arıtma işleminden geçirilmediğinde ya da yağmur suyunun yönetiminde doğru uygulamalar yapılmadığında, su kütlelerinde ciddi bir kirlilik meydana gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde sürdürülebilirlik her ne kadar güçlenen ve destekleyici bir konu olsa da, dünya nüfusunun beşte dördünün yaşadığı gelişmekte olan ülkelerde sel ve sellerden kaynaklanan sağlık sorunları ve temiz su kıtlığı çok ciddi bir problemdir (Barbosa ve diğ., 2011).

### **1.1 Problemin Tanımı**

“Bu dünya bizlere atalarımızın mirası değil, çocuklarımızın emanetidir.” Bu atasözü aslında sürdürülebilirlik teriminin genel mantığını net bir şekilde açıklamaktadır. Kelime kökeni olarak bir durumu sürdürmek ve devamlı kılmak anlamını taşıyan sürdürülebilirlik, birçok doğal kaynağı hızla tükettiğimiz ve doğayı tahrip ettiğimiz son yıllarda anlamının taşıdığı gerekliliği insanlığa çok daha fazla hissettirmeye başlamıştır.

Bilgi sürdürülebilirliğinin esas noktası olan üniversiteler, günümüzde iklim değişikliği, su kıtlığı, kuraklık vb. çevresel problemler kapımıza dayanmışken, çevresel sürdürülebilirliğin de esas noktası olmalıdır. En azından kendi ölçeği içinde doğal kaynakları korumalı, tüketimi ve atık miktarını azaltmalı, geri dönüşümü ve yeniden kullanımı arttırmalıdır.

Üniversiteler, kuruldukları yerleşke içinde eğitim öğretim binaları, hizmet binaları, yolları, yeşil alanları, nüfusu ile küçük ölçekli bir kent mantığındadır. Üniversitelerde bulunan nüfusun farkındalık seviyesi ve imkânları düşünüldüğünde, yenilikçi ve faydalı olan uygulamalar için bu bölgelerin pilot bölgeler olması gerekmektedir. Üniversitelerde yapılan uygulamalar, birer örnek olmalı, model görevi görmeli ve karar verici makamlar için teşvik edici çalışmalar olmalıdır.

Türkiye’de birçok üniversitenin yerleşkesi büyük alanlar üzerine kurulmuştur. Bu alanlar özellikle şehirlerin yeni gelişmeye başlamış bölümlerinde, önceden geliştirilmemiş araziler üzerinde konumlandırılırlar ve konumlandırıldıkları bölgenin ekosistemi üzerinde olumsuz etkiler meydana getirebilirler . Yapılan alanlar,

geçirimsiz yüzeylerden meydana gelirler ve bu yüzden yağmur suyunun yeraltı suyuna sızması, yüzeysel akışın yönetilmesi ve taşıdığı kirleticilerle mücadele edilmesi zordur. Bu alanlar, hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olacak bir faktör olabilmektedirler (Niemczynowicz, 1999). Büyük yerleşke alanlarının geçmişindeki doğal yapısı düşünüldüğünde, binaların, yolların kısacası yerleşke yapısının inşasından sonra ve gelişme sürecinde en önemli sürdürülebilirlik konularından biri yağmur suyu yönetimidir. Günden güne her damla su daha önemli olmaya başladıkça, bu yönetimin doğru ve daha verimli bir şekilde yapılması için artık geleneksel altyapıları bir yana bırakıp daha yenilikçi sistemler uygulanmalıdır. Yağmur suyu gibi değerli bir su kaynağı, kayıp olmaktan kurtarılarak yeniden değerlendirilmeli ya da doğaya kazandırılmalıdır.

Dünyada birçok üniversitede, sürdürülebilirlik bilinci kazanıldığı için çevresel etkileri minimize edecek yönetim planları ve uygulamaları yapılmaktadır.(Ulusoy, 2011). Yağmur suyu yönetim planı ve bu üniversitelerin yerleşkelerinde yapılan en iyi yönetim uygulamaları da bunlar arasındadır.. Bu uygulamalar kapsamında, mevcut durumların iyileştirilmeli ve yeni gelişen noktalarda daha yenilikçi ve yeşil uygulamalar tercih edilmelidir.

Dokuz Eylül Üniversitesi (DEU) Tınaztepe Yerleşkesi, gelişmekte olan bir yerleşke yapısıdır. Şehrin orta-düşük yoğunlukta olan bölgesinde yer almakta ve yerleşke sahasında kırsal alanlar bulunmaktadır. DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde yerleşke ölçeğinde yağmur suyu yönetimi açısından herhangi bir çalışma yapılmamaktadır. Ayrıca yerleşke ölçeğinde artan yapılaşma çalışmalarında, yağmur suyunun doğru yönetilmesini sağlayan hiçbir en iyi yönetim uygulaması gözlemlenmemiştir. Buna ek olarak yerleşkenin en alt kotunda, pik yağış günlerinde ciddi bir su birikintisi meydana gelmekte ve doğru yönetilmeyen bu su kullanılamaz hale gelmenin yanı sıra gündelik hayatı da olumsuz etkilemektedir. Yerleşkede sert zeminler gün geçtikçe artmaktadır. Bunun yanı sıra, akademisyenler, çalışanlar ve öğrenciler başta olmak üzere binlerce kişinin her gün bulunduğu ve önemli miktarda su tükettiği bu yerleşkede, yağmur suyu gibi değerli bir su kaynağı kullanılmamakta ve kaybolmaktadır.

Kısacası, yerleşkede yağmur suyunun yüzeysel akışının doğru yönetilemediği ve İzmir gibi kurak gün sayısı yüksek olan bir bölgede yağmur suyunun iyi değerlendirilemediği görülmüştür.

## 1.2 Amaç ve Kapsam

Türkiye’de, 2005 yılında kentsel su kullanımı, toplam su kullanımının %15’i iken, 2030 yılında bu değerin %23 olacağı ön görülmektedir (Tanık ve diğ., 2015).

Öncelikle yağmur suyu atık su değil, bir temiz su kaynağıdır. Bu çalışma kapsamında, yağmur suyunun doğru yönetilebilmesi için yapılabilecek yönetim uygulamaları incelenmiştir. Bu uygulamaların gerçekleştirilebileceği bir çalışma alanı olarak Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi, dünyada yükselen bir trend olan sürdürülebilir yerleşke uygulamalarının ışığında çalışma alanı olarak seçilmiştir. DEU Tınaztepe Yerleşkesi için yağmur suyu hasadı, yağmur suyunun kullanım önerileri ve en iyi yönetim uygulamaları önerileri getirilmektedir. Çalışmada, yağmur suyunun mümkün olduğunca doğaya yeniden kavuşması ve kaynakları beslemesi hedeflenmiştir.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, dünyadaki temiz su kaynaklarının azlığına ve hızla tüketilmesine değinilmekte, tezin çözüm önerileri getirmeyi hedeflediği problemler ve tezin amacı netleştirilmekte, tezin yapısı anlatılmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde, tez çalışması hazırlanırken yapılan literatür araştırması detaylı bir şekilde aktarılmaktadır. Bu kapsamda incelenen terimler, ulusal ve uluslararası yasalar, mevzuatlar, sistemler ve standartlar, yağmur suyu yönetimi kapsamında uygulanabilecek en iyi yönetim uygulamaları bu bölümde detaylı olarak verilmektedir.

Tezin üçüncü bölümünde, tez kapsamında çalışma alanı olarak seçilen Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi ile ilgili kullanılan veriler verilmektedir. Yerleşke alanının coğrafi, jeolojik, topoğrafik özellikleri aktarılmış, nüfus yoğunluğu belirlenmiş, edinilen yağış verisinin tez kapsamında doğru bir şekilde kullanımı için değerlendirmeler yapılmış, yerleşke alanının arazi kullanım yapısı belirlenmiş, binaların rezervuar ve toplam su tüketimleri hesaplanmıştır.

Yerleşkenin ilk gelişmeye başladığı dönemleri temsilen 2004 yılı, günümüzü temsilen 2017-2018 yılı ve inşası yakın zamanda tamamlanacak olan binaların son durumunu temsilen de yakın gelecek senaryosu ele alınmış ve bu yıllardaki arazi kullanımına bağlı olarak meydana gelen yüzeysel akışlar kıyaslanmıştır.

Diğer yandan, DEU Tınaztepe Yerleşkesi’nde bulunan eğitim binalarının rezervuarlarındaki su tüketimleri belirlenmiştir..

Tezin dördüncü bölümünde, literatür bilgisi ve yerleşke için hesaplanan değerler ışığında yerleşke için iyileştirme senaryosu değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak yerleşkede yapılabilecek bazı iyileştirme çalışmaları sonucunda yüzeysel akıştaki yağmur suyunda yapılabilecek azaltım belirlenmiştir. Çatılardan toplanan yağmur suyunun rezervuarlarda kullanılması durumunda ne kadar şebeke suyu tasarrufu sağlanacağı hesaplanmış ve bunun için bir hesaplayıcı oluşturulmuştur.

Beşinci bölüm olan son bölümde ise, önerilen yağmur suyu hasat sistemi maliyet açısından değerlendirilmiş ve tez çalışması kapsamında değerlendirilen binalar için sistemlerin amortisman süreleri hesaplanmıştır. Ayrıca binalar, yeşil bina değerlendirme sistemi açısından da incelenmiştir. Yerleşke içerisinde uygulanabilecek diğer yağmur suyu yönetim uygulamalarına da bu bölümde değinilmiştir.



## 2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılaşma, bulunduğu bölgedeki ekosistemi olumsuz yönde etkilediğinden dolayı yapılaşan alanlarda doğru yağmur suyu yönetimi yapmak oldukça kritiktir. Son yıllarda sürdürülebilir binalar ve sürdürülebilir yerleşkeler tasarımına olan ilgi ve mecburiyet oldukça artmıştır. Bu bölümde, yağmur suyu yönetimi ve sürdürülebilir yerleşkeler hakkında çalışmaya yol gösterebilmesi ve örnek olabilmesi amacıyla incelenen araştırmalara yer verilmektedir.

Niemczynowicz (1999), gerçekleştirdiği çalışmada şehirleşmenin arazi kullanımında getirdiği değişikliklerle beraber kentler ve kent çevresindeki bölgelerde yaşanan temiz su kıtlığından bahsetmiştir. Kentsel ölçekteki su yönetimi problemlerinin iklimsel olduğu kadar sosyal, ekonomik ve kültürel boyutlarına da değinerek, problemlerin gelecek vadede fırsata çevrilebileceğinden bahsetmiştir. Kentsel gelişimin uzun vadede içinde bulunduğu havzaya etkilerinin neler olabileceği öngörülmeye çalışılırken, yapılan tasarımlarda nelere dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Tasarım aşamasında toplanacak veriler, uzun vadeli öngörülerin yapılabilmesi için yapılacak modelleme vb. analizlerden bahsedilmiştir. İsveç'te Malmö, Stokholm şehirlerinde, kentsel su çevriminin tamamlanması amacıyla yapılan yönetim uygulamalarından çeşitli örnekler verilmiştir. Sonuç olarak kentsel yağmur suyu yönetiminde yalnızca yapısal uygulamaların değil, eğitim, sosyal alışkanlıklar gibi konuların da oldukça etkili olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Tavşan (2008), yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, entegre havza yönetiminde İtici güç – Baskı – Durum – Etki – Tepki (DPSIR) yaklaşımını değerlendirmiş, tarım, hayvancılık, ormancılık alanında, kentsel ve kırsal en iyi yönetim uygulamalarını tanımlayarak uygulanabilecek kontrol yöntemlerinin üzerinde durmuştur. Sonrasında çalışmasını Melen Havzası özeline indirgeyerek, havzadaki çevresel özellikleri ve kirlenici kaynakları belirlemiş, havzaya noktasal kaynaklı olmayan kaynaklardan gelen besi maddesi yüklerini alt kategorilere ayırarak hesaplamıştır. Melen Havzası'nda, tanımlamış olduğu bu en iyi yönetim uygulamaları sayesinde besi maddesi kirliliğinin ne oranda azaltılabileceğini belirlemiştir.

Saour (2009), tez çalışmasında, Teksas A&M Üniversitesi'nde yağmur suyu toplama sistemi uygulanmasının, sulama amaçlı kullanılması üzerine bir fizibilite çalışması yapmıştır. Çalışmasına ek olarak yağmur suyunun yeniden kullanımının Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından verilen Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (LEED) sertifikasına olan pozitif etkilerini değerlendirmiştir. Çalışma alanı olarak Teksas A&M Üniversitesi Batı Yerleşkesi'nde bulunan 3180829 m<sup>2</sup>'lik D toplama havzasını seçmiş ve bu alan içinde bulunan 240 binanın çatılarında yaklaşık olarak 360170 m<sup>2</sup>'lik bir yağmur suyu toplama alanı olduğunu belirlemiştir. Bu kapsamda bu alanda bulunan 113 binanın toplamda 244834 m<sup>2</sup>'lik çatı alanından yağmur suyu toplanmasını kararlaştırmış ve binalara uygulanacak yağmur suyu toplama sistemleri, filtre sistemleri ve depolama alanı gereksinimlerini ortaya koymuştur. Yağış verilerinin ışığında toplanabilecek yağmur suyunun miktarını belirlemiştir. Çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından geliştirilen Yağmur Suyu Yönetimi Modeli (SWMM) kullanılmış ve yüzeysel akışı belirlemiştir. Çalışma sonucunda yağmur suyunun sulamada kullanılmasının, hem içme suyu kaynaklarını koruyacağı hem de LEED sertifikasına katkı sağlayacağı belirlenmiştir.

Barbosa ve diğ. (2011), yaptıkları çalışmada yapılaşmanın başladığı dönemlerden itibaren yağmur suyunun yönetiminin oldukça önemli olduğu üzerinde durmuşlardır. Yağmur suyunun yönetiminin ve karar verme mekanizmalarının bölgesel ve politik olarak önemli olduğundan bahsetmiştir. Bu kapsamda farklı bölgelerde "En İyi Yönetim Uygulamaları (EİYU)", "Düşük Etkili Kalkınma (DEK)", "Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT)", "Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (SKDS)", "Yenilikçi Yağmur Suyu Yönetimi (YYSY)" gibi uygulamaların yapıldığına değinilmiş ve çalışmanın EİYU özelinde ilerleyeceği anlatılmıştır. Çalışmanın esas amacı, sürdürülebilir yağmur suyu ile ilgili literatür çalışması yaparak en geçerli bilgileri ortaya koymaktır. Bunun için ilk olarak yağmur suyu miktar ve kalite özellikleri ile ilgili kontrol parametreleri ortaya konmuş, bu parametrelerin kaynaklarını ve etkilerini değerlendirmiştir. Yağmur suyu izleme ve modellenmenin, EİYU karar mekanizmasında önemli bir nokta olduğu üzerinde durulmuştur. Yağmur suyu yönetim ve arıtma mekanizmalarından bahsedilerek, EİYU konusunun mühendislik, hukuk, ekonomik ve sosyal yönlü olmak üzere multidisipliner bir konu olduğu sonucuna varılmıştır.



Jia ve diğ. (2011), yayınlamış oldukları çalışmalarında, 2008 Olimpiyatlarının ardından bir konut bölgesi olarak kullanılmaya başlanan Pekin Olimpiyat Köyü'nde yapılan EİYU olarak Düşük Etkili Kalkınma (DEK) metodunu bir vaka çalışması olarak seçmiştir. Seçilen vaka çalışması alanında, olimpiyatlardan sonra geriye kalan geçirimli yüzeyler, yeşil çatılar vb. EİYU'ları korunurken ek olarak uygulanacak olan yağmur suyu yönetim sistemi bir planlama ve analiz yöntemi olan En İyi Yönetim Uygulamaları Karar Destek Sistemi (BMPDSS) modeli kullanılarak incelenmiştir. Bu model ile EİYU için yapılacak çalışmaların performansları belirlenmiş ve yerleşimleri yapılmıştır. Bunun yanında Yağmur Suyu Yönetimi Modeli (SWMM), boru şebekesi ve hidrolik tasarımı modellemek amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada maksimum oranda yüzeysel akışın kontrol edilirken maliyet olarak da minimum olacak üç farklı senaryo değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçları, mevcut durumdaki EİYU'larının yüzeysel akışta %21-27 oranında azalma sağladığını göstermiştir. Bu oranın yapılacak yeni uygulamalarla arttırılabileceği belirtilmiştir.

Saygın ve diğ. (2011), yüksek lisans tezi kapsamında yapmış oldukları çalışmalarından yayınladıkları makalede, sürdürülebilir yerleşkelerde su yönetimi ve yeşil altyapı uygulamaları üzerinde durmuşlardır. Çalışma alanı olarak belirledikleri İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (IYTE) Yerleşkesi seçilmiştir. Çalışmada öncelikle Amerika'da bulunan üniversitelerde ne tür yeşil altyapı sistemlerinin uygulandığı belirlenmiştir. Bu çalışmalar ışığında hala gelişmesi devam eden IYTE Yerleşkesi'nin mevcut durumdaki arazi kullanımı, geçirimsizlik oranları, topoğrafyası ve drenaj yapıları belirlenmiştir. Yerleşkenin yeşil altyapılar çerçevesinde geliştirilmesi ile ilgili öneriler sunulmuştur. Ayrıca çalışmada LEED yeşil mahalle sertifikası kriterlerine uygun önerilere de yer verilmiştir.

Liu ve diğ. (2014), yapmış oldukları çalışmalarında, EİYU ve DEK metodlarının hidroloji ve su kalitesine uzun dönemli etkilerini bir model ile değerlendirmektedir. The L-THIA-LID 2.0 modelinin kullanıldığı bu çalışmada, 30 yıllık yağış verileri değerlendirilerek yüzeysel akış ve kirlilik yüklerinin EİYU'lardan sonra nasıl bir azalma gösterdiği incelenmiştir. Yapılan çalışmada, kuru ve ıslak bekletme göletleri, infiltrasyon havzaları, çimlendirilmiş yağmur hendekleri, şerit filtreler ve kanallar kullanılmıştır. Yapılan modele göre, yüzeysel akışta kuru bekletme göletleri %33, ıslak bekletme göletleri %7, sulak alanlar 5, çimlendirilmiş yağmur suyu hendekleri %42, şerit filtreler %34 azalma sağlamıştır. Aynı zamanda çalışmada yüzeysel akışın dışında, toplam askıda katı madde, toplam fosfor, NO<sub>x</sub>, kadmiyum, krom, kurşun,

bakır, çinko ve nikel gibi elementlerin, E. coli bakterisinin, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı gibi parametrelerdeki giderimler de incelenmiştir. Chang ve diğ. (2014), yapmış oldukları çalışmada, Orlando'da, Florida Merkez Üniversitesi (UCF) ana yerleşkesinde bulunan 5 numaralı ıslak bekletme göletinde yapılan uygulamaların su kalitesinde yapmış olduğu iyileştirmeleri tespit etmişlerdir. Bu gölet yaklaşık 6640 m<sup>2</sup> toplama havzasına ve 340 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahiptir. Çalışma süreci boyunca gölete havalandırma sağlanması için bir fıskiye eklenmiştir. Yağış ve göletin su seviyesi verileri toplanmış ve göletin çevresindeki toplama havzasındaki arazi kullanımları ile yüzeysel akış oranları tespit edilmiştir. Bu değerler kullanılarak gölete beslenen suyun birincil kaynağı olan yüzeysel akış miktarı belirlenmiştir. Bununla beraber gölet bölgesindeki buharlaşma değeri, göletten yeraltı suyuna olan sızma ve taşma kaynaklı deşarj değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada, yüzücü arıtma alanlarının, besi maddesi giderimini belirlemek hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında gölete, yüzey alanının %8,7'sini kaplayacak şekilde 4 adet yüzey mat yerleştirilmiştir. Bu matların her biri toplam 160 adet bitki içermektedir. Örneklemeler dört adet yağışlı ve dört adet yağışsız günde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan uygulamalar ile, %46,3 toplam fosfor, %79,5 organofosfor giderimi sağlanmıştır. Bununla beraber %16,9 azotdioksit, %16,7 nitrat ve %53 oranında da amonyak giderimi sağlanmıştır.

Zhang ve diğ. (2015), yayınlamış oldukları makalede, hızla artan kentsel bölgeler ve iklim değişikliği gibi faktörleri değerlendirerek kentsel tasarımlarda yeşil alanlar yaratmanın yüzeysel akışa etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışma alanı olarak Pekin kenti seçilmiştir. 2000 ve 2010 yılları arasında Pekin kenti ve çevresinde bulunan yeşil alanların 199 km<sup>2</sup> azaldığı ve buna bağlı olarak yüzeysel akıştaki azalma, 2000 yılında %23 oranında sağlanabiliyorken, 2010 yılında bu oranın %17'ye düştüğü diğer bir deyişle yüzeysel akışın arttığı belirtilmiştir. Çalışmada yüzeysel akışı en yüksek oranda azaltacak tasarımlar değerlendirilirken, ekonomik faydalarından da bahsedilmiştir. Yeşil alanların artırılmasının sağladığı birçok katkının üzerinde durulurken, yapısal yağmur suyu EİYU'larına ihtiyacın çok daha azalabileceğine değinilmiştir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda, yaklaşık olarak son 25 yılda yağmur suyu EİYU üzerinde duran çalışmaların olduğu, buna ek olarak üniversite yerleşkelerinde yapılan birçok örnek vaka çalışması olduğu görülmüştür. Bu çalışmalar, kentsel ölçekte ve yerleşke ölçeğinde EİYU hazırlamak için gerekli olan farklı bakış açılarını

içermektedir. Farklı dokularda ve iklim şartlarında birçok örnek çalışma bulunmaktadır ve birçok farklı modelleme yapılmıştır. Farklı yağmur suyu yönetim yöntemlerinin yüzeysel akışta ve kirletici konsantrasyonunda sağladığı azalmalar, uygulamalar bazında değerlendirilmiştir..

## **2.1 Kirlilik Kaynakları**

### **2.1.1 Noktasal Kaynaklı Kirlilik**

Alıcı ortamlara belirli bir kirletici kaynaktan gelen kirleticilerin sebep olduğu kirliliğe noktasal kaynaklı kirlilik denir. Noktasal kirletici kaynaklara örnek olarak, evsel faaliyetlerden ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan, tanımlanabilir ve izlenebilir atıksu deşarjları verilebilir (Tavşan, 2008). Noktasal kaynaklı kirlilikler genellikle deşarj edildikleri su kütlelerinde köpüklenme, tortu, oksijensizlik, balık ölümleri ve su kalitesinde bozulma gibi olumsuz sonuçlara yol açar (Campbell ve diğ., 2004). Bu tip kirlilikte, kirleticinin kaynağı belli olduğundan önlenmesi ve kontrolü genelde arıtma veya kaynaktan azaltma yöntemleri ile kolaylıkla sağlanabilir.

### **2.1.2 Yayılı Kaynaklı (Noktasal Kaynaklı Olmayan) Kirlilik**

Yayılı kaynaklı kirlilik; toprak, su ve havada bulunan, kentsel ve kırsal ölçekte yapılan tüm arazi kullanım faaliyetlerinden kaynaklanan kirliliğin, ısınma ve endüstriyel üretimden kaynaklanan tüm kirletici emisyonlarının, alıcı ortamlara çeşitli meteorolojik ve iklimsel koşullar, coğrafi ve jeolojik faktörler ile taşınımıyla, havza ve alt havzaları boyunca yayılmasıdır (Tavşan, 2008). Yayılı kaynaklı kirliliklerin kaynakları ve miktarları belirsiz olduğundan takip ve kontrol edilmesi oldukça zordur. Özellikle 1960, 1970 yıllarında farkındalığın arttığı bu tip kirliliğe karşı Amerika ve Avrupa'da birçok yasal yaptırım getirilmiştir. Kirliliğin kontrolü için kaynaktan azaltma ve arıtma yöntemlerinin uygulanması mümkün olmadığından, yönetim uygulamaları yapılmaktadır.

Yayılı kaynaklı kirliliğe sebep olan kirlilik kaynakları;

- Tarım alanlarında hayvansal ya da kimyasal gübre kullanımı
- Tarımsal sulamadan kaynaklanan yüzeysel akış
- Park bahçe sulama
- Hayvan meraları ve otlak arazileri
- Hayvan çiftlikleri
- Ormancılık faaliyetleri

- Kanalizasyon sistemine sahip olmayan kentsel alanlar
- İnşaat faaliyetleri
- Kırsal alanda fosseptik sızıntılar
- Trafik emisyonları
- Evsel ve endüstriyel kaynaklı atmosferik emisyonlar
- Madencilik alanları
- Enerji üretim faaliyetleri
- Düzensiz katı atık depolama alanları
- Fosseptik kaçakları
- Kentsel yüzeysel akış
- Kırsal yüzeysel akış
- Kuru ve ıslak atmosferik birikim
- Doğal afetler
- Sulak alan deşarjları

olarak verilebilir (Tavşan, 2008), (Özalp, 2009), (Campbell ve diğ., 2004). Yayılı kirleticilerin türleri, türlerin kaynakları ve sebep olduğu çevresel problemler ise Çizelge 2.1 ile verilmiştir.

Yapılaşmanın ve nüfusun her geçen gün artması ile kentsel bölgeler giderek daha fazla genişlemekte ve kalabalıklaşmaktadır. Bu durum binaları, yolları vb. arttırdığı gibi kalabalık nüfus her geçen gün daha fazla trafik emisyonuna sebep olmaktadır. Araç yollarındaki yüzeysel akışta bulunan kirleticiler ve birincil kaynakları Çizelge 2.2 ile verilmiştir. Kentsel bölgelere yağın yağmur suları geçirimsiz sert yüzeyler sebebiyle yüzeysel akışa geçmekte ve içeriğinde kirlilik ve sediment barındırmaktadır. Bu da deşarj olduğu ortamlardaki su kalitesini ciddi şekilde etkilemektedir. Ayrıca sert zeminler, yağmur sularının toprağa ve yeraltı suyuna sızmasını engelleyerek bu su kütlelerinin kurummasına sebep olmaktadır.

Kentsel bölgelerde yaşanan en büyük problemlerden biri yağmur suyu ile taşınan sediment ve bunun su kütlelerinde sebep olduğu bulanıklıktır. Bu bölgelerde özellikle inşaat aktiviteleri yüksek oranda olduğundan, ciddi bir tozuma kontrolü yapılması gerekmektedir. Aynı şekilde inşaat alanlarında erozyon ve yüzeysel akış kontrolünün yapılması, inşaattan kaynaklanan kirliliği ciddi oranda azaltmaktadır.

**Çizelge 2.1 : Yayılı kirleticiler, kaynakları, çevresel problemler (Campbell ve diğ., 2004)**

<b>Kirletici</b>	<b>Kirletici kaynağı</b>	<b>Sebep olduğu çevresel problem</b>
Askıda katı madde	Toprak alanlardan kaynaklanan yağmur suyu yüzeysel akışı, erozyon ve tozuma	Bulanıklık, dip sedimentinde artış ve sığlaşma, kanalların tahribatı
Tarım/Böcek ilaçları	Tarım, kentsel alanlarda belediye tarafından yapılan yabancı ot ve böcek ilaçlama	Toksisite, içme sularının kirlenmesi
Patojenik organizmalar	Septik tanklarda meydana gelebilecek sızıntılar, şehirlerdeki hayvan atıkları, yağmur suyu şebekesine yasadışı deşarj bağlantıları, organik atıkların direkt olarak toprak üzerine atılması	Sağlık problemi riskleri
Azot	Tarım ilaçları, trafik emisyonları, atmosferik çökeltme	Ötrofikasyon, asidifikasyon, içme sularının kirlenmesi

**Çizelge 2.1 (devam) : Yayılı kirleticiler, kaynakları, çevresel problemler (Campbell ve diğ., 2004)**

<b>Kirletici</b>	<b>Kirletici kaynağı</b>	<b>Sebepl olduğu çevresel problem</b>
Fosfor	Tarım ilaçları, toprak erozyonu, yağmur suyu yüzeysel akışının deterjanlar ile kirlenmesi	Ötrofikasyon
Yağ ve hidrokarbonlar	Atık yağlar, araç bakımları ve araçlardan kaynaklanan damlama vb. problemler, endüstriyel emisyonlar, trafik emisyonları	Toksisite, yüzeysel ve yeraltı sularının kirlenmesi, yüzey sularında kötü tat
Solventler	Endüstriyel sahaların temizliği, yüzeysel sulara yasadışı yapılan deşarjlar	Toksisite, yeraltı ve yüzeysel içme sularının kirlenmesi
Biyolojik olarak bozunabilen organik atıklar	Tarımsal atıklar, kanalizasyon çamuru	Nütrient ve oksijen ihtiyacının artması
Atmosferik yağışlardan kaynaklanan asidite	Trafik emisyonları, enerji santrali emisyonları	Toksisite, fiziksel bozunma
Toksik metaller	Kentsel yağmur suyu yüzeysel akışı, endüstriyel tesisler, kanalizasyon çamuru	Toksisite
Sodyum ve siyanür	Kışın yollara uygulanan buzlanmayı önleyici kimyasalların çözünmesi	Toksisite

Kentsel bölgelerde yaşanan kanalizasyon kaçakları ya da kentte bulunan hayvanlardan kaynaklanan dışkılar, bölgedeki su kaynaklarında dışkı organizmalarının ve E. Coli bakterilerinin artışına sebep olmaktadır. Bu durum doğru yönetilmediğinde insan sağlığında ciddi bir negatif etkiye sebep olmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalara göre, kentsel bölgelerde kullanılan kömür katranı esaslı asfalt uygulamaları polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) kirliliğinin birincil kaynağı olarak görülmektedir (Chang ve diğ., 2014). Yağışların sebep olduğu yüzeysel akışlarla PAH içerikli partiküller su kütlelerine beslenmekte, bunlar da hem insanlar üzerinde kanserojen bir etkiye neden olmakta hem de sucul yaşamı tehlikeye atmaktadır.

**Çizelge 2.2 :** Otobanlardaki yüzeysel akış bileşenleri ve kaynakları (Campbell ve diğ., 2004)

<b>Bileşen</b>	<b>Birincil kaynak</b>
Partikül maddeler	Kaldırım döşemeleri, araçlar, atmosferik yağışlar, yol bakımları
Azot, fosfor	Atmosferik yağışlar, yol kenarındaki alanlarda gübre uygulamaları
Kurşun	Kurşunlu yakıt kullanımı, araç lastiği kaplamaları
Çinko	Araç lastiği kaplamaları, motor yağları, makine yağları
Demir	Araç gövdelerindeki paslanmalar, otobanlardaki çelik yapılar (korkuluk, köprüler vs.), hareketli motor parçaları
Bakır	Metal kaplamalar, boya aşınmaları, hareketli motor parçaları, fren balata kaplaması, yol kenarı alanlarda kullanılan mantar ve böcek ilaçları
Kadmiyum	Araç lastiği kaplamaları, yol kenarı alanlarda kullanılan böcek ilaçları
Krom	Metal kaplamalar, hareketli motor parçaları, fren balata kaplaması

**Çizelge 2.2 (devam) : Otobanlardaki yüzeysel akış bileşenleri ve kaynakları**  
(Campbell ve diğ., 2004)

<b>Bileşen</b>	<b>Birincil kaynak</b>
Nikel	Dizel yakıtlar, motor yağı, metal kaplamalar, boya aşınmaları, fren balata kaplaması, asfalt yol kaplamaları
Mangan	Hareketli motor parçaları
Siyanür	Yol tuzlama maddelerinin içindeki topaklanma önleyici bileşenler
Sodyum, Kalsiyum, Klor	Buzlanmayı önleyici tuzlar
Sülfat	Otoban yatakları, araç yakıtları, buzlanmayı önleyici tuzlar
Petrol	Dökülmeler, motor kaçakları, donma önleyici sıvılar

Su kütlelerinde oluşan kirlilik, deşarj olan suyun içerdiği kirletici miktarına ve karakterine bağlıdır. Kentsel altyapılar; birleşik kanalizasyon sistemleri ve ayrık kanalizasyon sistemleri gibi farklı türde olabilirler. Ayrık kanalizasyon sistemlerinde (AKS) evsel atıksu ve endüstriyel atıksu pıssu borularında taşınırken, yağmur suları ise yağmur suyu toplama borularında taşınmaktadır. Ayrık kanalizasyon sistemleri eğer doğru tasarlanırsa yağmur suyunun yönetiminde çok ciddi bir katkı sağlar. Birleşik Kanalizasyon Sistemleri (BKS) ise gelişmiş ülkelerde çok fazla karşılaşılan bir sistem olmasa da Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde halen birçok şehirde BKS bulunmaktadır. Atıksuyu ve yağmur suyunu beraber taşıyan bu sistemlerin doğal olarak yağmur suyu taşıma kapasiteleri sınırlıdır. Bu durumda Birleşik Kanalizasyon Sistemi Taşmaları (BKST) meydana gelir. Bu taşmaların en iyi şekilde yönetilmesi gereklidir, aksi takdirde bölge için çok ciddi kirlilik problemlerine sebep olmaktadır.

## **2.2 Ulusal ve Uluslararası Yasal Mevzuat**

### **2.2.1 Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (U.S. Environmental Protection Agency - USEPA)**

USEPA, Amerika Birleşik Devletleri'nde hükümetin koymuş olduğu yasa ve yönetmelikler çerçevesinde insan sağlığını ve çevreyi korumayı amaçlayan bir devlet kurumudur. Kurumun amacı, çevresel değerlendirmeleri ve araştırmaları yürütmek,



evre yasalarını belirlemek ve yaptırımları uygulamak, kirlilik nleme ve enerji tasarrufu çalışmalarını yürütmektir.

EPA, yerel yönetimler ve uygulamacılar için birçok EİYU bilgi formu yayınlamıştır. EPA'nın yayınlamış olduğu bilgi formları altı temel kontrol mekanizmasına dayanmaktadır;

- Halkın eğitimi
- Halkın katılımı
- Yasadışı deşarjın tespiti ve engellenmesi
- İnaşaat esnasında alınacak nlemler
- İnaşaat sonrası
- Kirlilik nleme ve doğru işletme

EPA (2013), yağmur sularının toplanması konusunda literatür araştırması ve vaka çalışmalarından oluşan bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda, yağmur suyunun korunması, yüzeysel akış hacmi ve kirlilik yükleri, ilgili yasalar ve maliyetlerle ilgili yapılmış çalışmalar değerlendirilmiştir.

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

CWA, Amerika Birleşik Devletleri'nde yürürlükte olan, noktasal ve noktasal kaynaklı olmayan kirlilik kaynaklarını azaltmayı, atıksu arıtma standartlarının iyileştirilmesini, sulak alanların yönetimini ve suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik bütünlüğünün sağlanmasını amaçlayan birinci federal yasadır.

EİYU, Temiz Su Yasası'nda ilk olarak yalnızca endüstriyel EİYU olarak yer almaktaydı. Bu kapsamda 1977'de yayınlanan yasada atıksu arıtma plan ve prosedürü ve endüstriyel deşarjlarda toksik kirlilik standartları verilmiştir. 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 konusyla ortaya çıkmıştır. Sonrasında ise 2001 yılında havza yönetiminde EİYU konusuna değinilmiştir.

### **2.2.3 Avrupa Birliği Su ereve Direktifi (Water Framework Directive – EU WFD)**

Su ereve Direktifi, Avrupa Birliği lkeleri tarafından kabul edilen, su ve sulak alanların belirlenen kalite ve miktar standartlarına 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 amaçlanmıştır. 2000 yılında yayınlanmış olan bu direktifin hedefi 2015 yılına kadar iyi su durumunun sağlanması ve herhangi bir kötüleşmenin engellenmesi idi (Sahtiyancı, 2014). Bu kapsamda birinci yönetim döneminin sonu 2021 ve ikinci yönetim döneminin sonu 2027 olarak belirlenmiştir. Fakat direktifin belirlediği miktar ve kalite standartları 2015 yılına kadar Avrupa Birliği'nde bulunan su kütlelerinin yalnızca %47'sinde sağlanmış ve bu yüzden hedef başarılı olamamıştır. Araştırmalar, Avrupa Birliği üyesi olan Almanya, Hollanda, İspanya, İsveç gibi bazı ülkelerde Su Çerçevesi Direktifi konusunda birçok uygulama yapılırken, bazı ülkelerde, örneğin 2004 yılından sonra Avrupa Birliği'ne katılan Macaristan, Romanya ve Slovakya'da konu hakkında yapılan bir çalışma tespit edilemediğini göstermektedir (EC, 2018)

#### **2.2.4 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)**

Türkiye'de EİYU konusunda sıkı yaptırımlar olmamakla beraber, yağmur suyu yönetimi uygulamalarına SKKY içinde değinilmektedir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, ilk olarak Çevre Kanunu ışığında 1988 yılında yayınlanmıştır. Amacı, Türkiye'nin su kaynaklarını ve su kaynak potansiyelini korumak, su kaynaklarını ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleri doğrultusunda yönetmek, su kirliliğinin önlenmesini sağlamaktır.

#### **2.2.5 Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği**

Yeşil Bina Yönetmeliği, ilk olarak 2014 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmıştır. Yönetmeliğin amacı, Türkiye'ye özgü ve marka değeri olan yeşil binalar oluşturmak ve sürdürülebilirlik kavramını inşaat sektörüne entegre etmektir. Yönetmeliğin hedefleri, Türkiye'ye özgü Ulusal Yeşil Bina Bilgi Sistemi (UYBBS) oluşturmak, bu sistemin uzman kişilerini yetiştirerek, sertifika verecek kuruluşlar atamaktır. Fakat yönetmelik yeterli ölçüde geçerli olamamıştır.

Bu sürecin ilerleyen dönemi olarak 2017 yılında, Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği yayınlanmış ve yürürlüğe girmiştir. Yeni yönetmeliğin yürürlüğe girmesinin ardından 2014 yılında yayınlanan Yeşil Bina Yönetmeliği

yürürlükten kaldırılmıştır. Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği'nin amacı, mevcut binalar yenilenirken ya da yeni binalar tasarlanırken doğal kaynak tüketimini azaltan, enerji verimli ve çevreye olumsuz etkilerini azaltmış binalar yapılabilmesi için gereklilikleri belirlemek, belgelendirme sürecinde rol alacakların niteliklerini ve görevlerini tanımlamaktır. Yönetmelik kapsamında sertifika sisteminin oluşturulması için YeS-TR sistemi kurulacaktır.

### **2.2.6 Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik**

Yağmur Suyu Yönetmeliği, yağmur suyu toplama, depolama ve deşarj etme sistemlerinde projelendirme, inşaat ve işletme aşamalarıyla ilgili referans kaynak olarak hazırlanmıştır. Bu referans 2017 yılının Haziran ayında yayınlanmıştır. Yönetmelik, yağmur suyu sistemlerinin kirlilikten korunmasını sağlamayı amaçlamanın yanı sıra, çevreci ve sürdürülebilir bir sistem olacak şekilde tasarlanmasını da kapsamaktadır. Bu yönetmelikte tasarım kriterleri ve projelendirilmesi, inşaatına ilişkin esaslar, işletme ve bakımına ilişkin esaslar, sistemin çevresel, ekonomik, sosyal, sağlık ve güvenlik açısından değerlendirilmesi konularına değinilmektedir.

### **2.2.7 Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (LEED)**

Enerji ve çevresel tasarımda liderlik (LEED), Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından hazırlanmış bir yeşil bina derecelendirme sistemidir. Bu derecelendirme sisteminde, yeni binalar, mevcut binalar, iç mekânlar, evler ve mahalleler sürdürülebilirlik kriterleri açısından değerlendirilerek puanlama yapılmaktadır. Puanlama yapılırken proje; konum, arazi kullanımı, su verimliliği, enerji verimliliği, seçilen malzemeler ve kaynaklar, iç mekân konforu ve kalitesi vb. açılardan değerlendirilerek puanlanmaktadır. Ortaya çıkan puanlama üzerinden projeler sertifika almaya hak kazanmaktadır. Enerji ve çevresel tasarımda liderlik sertifikası uluslararası kabul görmüş bir yeşil bina sertifikasıdır.

### **2.2.8 Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) Konut Sertifikası**

Dünya Yeşil Bina Konseyi'nin Türkiye'de üyeliğini ve temsilciliğini sürdüren Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, Türkiye'de marka değeri olan bir yeşil bina sistemi oluşturmak ve yeni konut projelerinde uygulamak adına ÇEDBİK Konut Sertifikası sistemini oluşturmuştur. Sistemin temel amacı sağlıklı, yaşanabilir ve çevreye duyarlı

konutlar tasarlarırken, yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden elde edilen gelirin yurt içinde kalması ve yurt dışına kaynak transferinin engellenmesidir.

Sistemin hazırlanma sürecinde birçok akademisyen, sivil toplum kuruluşları ve sektör temsilcileri yer almıştır. ÇEDBİK Konut Sertifikası, 2013'te yapılan 2. Uluslararası Yeşil Binalar Zirvesi'nde tanıtılmıştır. ÇEDBİK bu zirvede, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile protokol imzalayarak ülkemizin yeşil bina sertifika çalışmalarının ÇEDBİK tarafından yürütülmesi hususunda anlaşma sağlamıştır. Hazırlanan ve tanıtılan kılavuz yalnızca konut projeleri için geçerli olup ticari binalar, mevcut binalar, okul ve hastaneler için ayrı kılavuzların yayınlanması planlanmaktadır.

### 2.2.9 Dünya'da Yağmur Suyu Kullanımına İlişkin Standart ve Teşvikler

Yağmur suyu gibi değerli bir kaynağın kayıp olmasına karşı önlem alınması için gerekli olan farkındalık, dünyanın bazı ülkelerinde sağlanmıştır ve bu konuda yasa ve yönetmelikler ve teşvikler planlanmıştır. Bazı ülkelerdeki yasalar ve teşvikler Çizelge 2.3 ile verilmektedir.

**Çizelge 2.3 :** Bazı ülkelerde yağmur suyu kullanımı hakkında standart, yasa ve teşvikler

Ülke	Standart ya da yasa	Teşvik
Almanya	DIN 1989: Alman Standartlar Enstitüsü (DIN) tarafından 2002 yılında yayınlanmıştır. Standart yağmur suyu toplama sistemlerinin alie ve miktarları ile ilgili yaklaşımlara yer vermektedir (Ghisi, 2017).	Birçok konut ve iş yerine yağmur suyu toplama sistemi kurulmakla beraber, yağmur suyu toplama sistemi kurulan bölgelere 1200 €'ya kadar hibe yapılmaktadır (House, 2008)
İngiltere	BS 8515: İngiliz Standartlar Enstitüsü (BSI) tarafından 2009 yılında yayınlanmıştır. Yağmur suyu toplama sistemleri tasarım, uygulama ve bakımı ile ilgili konulara yer vermektedir.	Sistemin kurulduğu ilk yıl %100 oranında vergi indirimi yapılmaktadır (Manioğlu, 2011)

**Çizelge 2.3 (devam) : Bazı ülkelerde yağmur suyu kullanımını hakkında standart, yasa ve teşvikler**

Ülke	Standart ya da yasa	Teşvik
Avustralya	Avustralya Bina ve Sürdürülebilirlik Index'ine (BASIX) göre Gold Coast (Harvest H <sub>2</sub> O, 2018)., Sidney ve New South Wales şehirlerinde yağmur suyu tankı tasarlanması zorunludur. Queens Land'de ise yağmur suyu sistemi kuran binalara indirimler yapılmaktadır (Manioğlu, 2011)	2009 yılı itibariyle yağmur suyu toplama ya da gri su arıtma sistemi kullanan her aileye tank kapasitesi ile orantılı olarak teşvikler verilmekte ya da vergi indirimleri sağlanmaktadır (Manioğlu, 2011).
Amerika	Amerika'da her eyaletin belirlemiş olduğu yasalar farklı olduğundan, yağmur suyu toplama sistemleri ve teşvikleri konusunda birçok farklı uygulama söz konusudur. Örneğin Kaliforniya eyaletinde bulunan Los Angeles'da oy birliği ile düşük etkili gelişim (DEG) uygulamalarına geçilmiştir.	Yağmur suyu arıtma sistemi kullanan projeler için Arizona, Georgia, New Mexico, North Carolina, Texas gibi eyaletlerde vergi indirimleri ve teşvikler bulunmaktadır (Harvest H <sub>2</sub> O, 2018).
Japonya	30000 m <sup>2</sup> 'den büyük binalar için gri su arıtma sistemi ya da yağmur suyu toplama sistemi kurulması zorunlu tutulmaktadır (Manioğlu, 2011).	-

**Çizelge 2.3 (devam) : Bazı ülkelerde yağmur suyu kullanımını hakkında standart, yasa ve teşvikler**

Ülke	Standart ya da yasa	Teşvik
Hindistan	Farklı eyaletlerde, yağmur suyu toplanması konusu hakkında farklı zorunluluklar bulunmaktadır. Birçok eyalette belirli metrekare alanın üzerindeki binalarda yağmur suyu toplama sistemleri uygulanması zorunludur. Ayrıca Gujarat’da bulunan tüm resmi binalarda da yağmur suyunun toplanması zorunludur (Manioğlu, 2011).	-

### 2.3 En İyi Yönetim Uygulamaları

En İyi Yönetim Uygulamaları (EİYU), bir havzanın su kütlelerinde su kalitesini kontrol edebilmek için inşa edilen yapılar ve uygulamalar bütünüdür (Campbell ve diğ., 2004). Bu uygulamanın amacı bir havzada bulunan yayılı kirliliği azaltmak ve su kaynaklarını kirlilikten korumaktır. En iyi yönetim uygulamaları yalnızca yapısal uygulamalar değil, aynı zamanda kontrol ve işletme prosedürlerini de kapsamaktadır. EİYU, bir su kirliliği kontrol yöntemi olarak ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri’nde ve Kanada’da tanımlanmıştır. Su kirliliği için en iyi yönetim uygulamaları, kentsel ve kırsal ölçekte yağmur suyunun ve sulak alanların yönetilmesiyle, endüstriyel atıksu ve kentsel atıksudaki kirliliğin kontrol edilmesidir. EİYU tanımı 20. Yüzyılın başlangıcında, kirlilik bileşenlerini kontrol etmek için kullanılan filtreler, çökeltim tankları, biyolojik reaktörler gibi mühendislik tasarımlarının bakım ve işletmesindeki fonksiyonlar için kullanılmaktaydı. Fakat ilerleyen yıllarda, yağmur suyu yönetiminde ve kirletilmiş yağmur sularının arıtılması için tasarlanan sistemlerde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bu ayrımın yapılmaya başlanması ile beraber EİYU tanımı, iki ayrı başlık altında incelenmeye başlanmıştır;

*a. Endüstriyel atıksular için EİYU*

Endüstriyel atıksular için hazırlanan EİYU'lar, arıtma sistemlerinin işletilmesine yardımcı, proses özelinde yönetim planları olarak tanımlanmaktadır. Proses türüne bağlı olarak, işletme ve bakım uygulamaları, taşma kontrolü prosedürleri, kaynak azaltma uygulamaları vb. örnekler verilebilir.

*b. Yağmur suyu yönetimi için EİYU*

Arazi kullanımından kaynaklanan değişimlerin, yağmur suyu yüzeysel akış miktarı ve kalitesine olan etkilerini minimuma indirmek için hazırlanan yönetim planı olarak tanımlanır. EİYU'lar yağmur suyu yüzeysel akışında kaybedilen hacmi azaltmayı ve kirleticilerin sızma, buharlaşma vb. yollarla su kütlelerine karışmasını engellemeyi amaçlamaktadır.

Kentsel ölçekte yağmur suyu yönetimi için en iyi yönetim uygulamaları, dört genel tanım altında toplanabilir (Campbell ve diğ., 2004). Bu genel başlıklar hem kentsel EİYU'lar için düzenlenebilecek kurallar bütünü hem de suyun yönetimini sağlayacak yapılar bütünü kapsamaktadır. Kentsel en iyi yönetim uygulamalarının hazırlanması için tasarlanan ve uygulanan bu kurallar bütününe yapısal olmayan EİYU, yapılara ise yapısal EİYU denmektedir. Bu genel başlıklar aşağıdaki gibidir;

- Kentin temizliği
- Yağmur suyu kaynak kontrolü
- Saha kontrolleri
- Bölgesel kontroller

Hem yapısal hem de yapısal olmayan EİYU'ların temel amacı gelecekteki su ihtiyacını göz önünde bulundurarak doğal kaynakları korumaktır. Kentsel yağmur suları, kirlilik konsantrasyonu ve hacmi yüksek deşarjlara sebep olduğundan deşarj olduğu su kütlelerine ve bu su kütlelerindeki sucul yaşama negatif etkide bulunmaktadır. Özellikle kurak dönemlerde ya da bölgelerde oluşan yüzeysel akışlar çok ciddi kirlilik yükü içermekte ve deşarj olduğu ortama önemli zararlar vermektedir.

Başka bir açıdan bakıldığında yağmur suyu yönetimi erozyon ve sel kontrolü açısından da büyük önem teşkil etmektedir. Yağmur suları, buldukları havzanın karakterine bağlı olarak belli bir yüzeysel akış ile ilerlerken, kentleşmenin sebep olduğu geçirimsiz yüzeyler yağmur suyu yüzeysel akış hacminde çok önemli bir artışa sebep olur.

Yağmur suyunun karakterine etki eden, deşarj ortamındaki canlılara en büyük zararı veren altı organik ve inorganik kirletici aşağıda verilmektedir (Barbosa ve diğ., 2011).;

- Katılar (TAKM)
- Ağır metaller (Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Cr)
- Biyolojik olarak parçalanabilir organik madde (BOİ, KOİ)
- Organik mikrokirleticiler (PAH, PCB, MTBE vb.)
- Patojenik mikroorganizmalar (toplam koliformlar vb.)
- Besin maddesi elementleri (Azot ve fosfor)

### 2.3.1 Yapısal EİYU

Gün geçtikçe artan yapılaşma ile bitkisel örtünün yerini geçirimsiz yüzeyler almaktadır. Bu durum, yüzeysel akış ve maksimum akışlarda artışa sebep olmaktadır. Yapılan bölgelerdeki insan aktivitelerinden kaynaklı atık ve kirlilikler, evsel ve endüstriyel altyapı sistemlerinin tasarlanmasını zorunlu kılmıştır. Bugün artık, yağmur suyu yüzeysel akışı ile alıcı ortamlara ciddi bir kirlilik deşarjı olduğu bilinmektedir (Barbosa ve diğ., 2011). Kentsel atıksu arıtma tesisi tasarımı yapılırken doğrudan deşarj olan yağmur suyu miktarı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapısal EİYU'lar genellikle doğrudan yönetim uygulamalarıdır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (WDEQ, 1999);

- Uzun süreli bekletme göletleri
- Islak bekletme göletleri
- Yağmur suyu tarlaları
- Çoklu havuz sistemleri
- Sızma hendekleri
- Sızma havzaları
- Gözenekli zemin kaplamaları
- Örgü beton zemin kaplamaları
- Kum filtreleri
- Çimlendirilmiş yağmur hendekleri
- Şerit filtreler
- Sediment kapanları
- Rüzgâr erozyonu kontrolü
- Kontrol seddeleri
- Dik yamaç terasları
- Yağ tutucular



- Nehir kıyısı stabilizasyonu
- Kentsel inşaatlar için çok yönlü EİYU

### **2.3.1.1 Uzun Süreli Bekletme Göletleri (Extended Detention Ponds)**

Geleneksel bekletme göletlerinin genel çalışma prensibi, yağış olaylarından sonra biriken yağmur suyundaki kirleticilerin yer çekimi yardımı ile belirli bir bekletme süresince havuzda tutularak çöktürülmesidir. Bu yapılar, yağış olayından sonra yağmur suyunun yüzeysel akışa geçen kısmının bir miktarının dar bir kanal yardımı ile toplanarak bekletildiği göletlerdir. Bekletme göletlerinde yağış olayları dışında herhangi bir su bulunmaz ve yağış olayında dolabilmesi için boş ve kuru bir şekilde bekletilir. Geleneksel bekletme göletlerinin çalışma prensibi, su içindeki kirliliğin çökerek sudan ayrılmasıdır.

Uzun süreli bekletme göletlerinde ise tıkanma ve çökelen katı maddelerin yeniden askıya geçmesini engellemek için tek bir havuzdan farklı bir sistem tasarlanır. Bu sistemlerde öncelikle yüzeysel akışa geçen yağmur suyu bir giriş havuzu ile toplanır. Giriş havuzundan sonra ise son çökeltme havuzu ve ona bağlı bir tıkanma kontrolü havuzu bulunur. Tıkanma kontrolü havuzunun amacı yağışsız günlerde havuzlarda biriken kirliliklerin, yağış başlangıcı ile beraber havuzdan uzaklaştırılarak bekletme ve çökeltme havuzlarında toplanan yağmur suyunda yeniden askıya geçmesini önlemektir. Bu sistemler sediment, fosfor, organik karbon gibi partikül halindeki kirleticilerin uzaklaştırılmasında verimli olurken, suda çözünebilir kirleticilerin uzaklaştırılmasında verimli değildir. Çözünmüş malzemelerin uzaklaştırılması ancak çok uzun bekletme süreleri sonunda gözlenebilmektedir (WDEQ, 1999). Yapılan çalışmalara göre bekletme göletleri, toplam askıda katı madde (TAKM) miktarında %30-70 oranında, toplam fosforda %10-30 oranında, kimyasal oksijen ihtiyacında ise %15-40 oranında giderim sağlamaktadır (WDEQ, 1999).

### **2.3.1.2 Islak Bekletme Göletleri (Wet Ponds)**

Islak bekletme göletlerinde, uzun süreli bekletme göletlerine kıyasla havuzların içinde daima su bulunur. Uzun süreli ıslak bekletme göletlerinde öncelikle yağmur suyu, sedimentin kolayca çökebileceği bir giriş havuzunda toplanır. Sediment, giriş havuzunda çökdikten sonra çevresi saçak olan bir havuza alınır.

Bu tip göletler, hem partikül maddelerin hem de çözünmüş maddelerin giderimi açısından verimlidir (WDEQ, 1999). Yer çekimi yardımıyla çökeltme sağlayan bu tip

göletlerde alglerin ve bakterilerin de çökmesi sağlanmaktadır. Islak bekletme göletlerinde %50-90 oranında sediment giderimi ve %30-90 oranında fosfor giderimi sağlanmaktadır. Çözünmüş madde içeriğinde ise %40-80 oranında giderim sağlanabilmektedir. Örneğin, Kansas eyaletinde bulunan Haddam şehrinde yapılan bir çalışmada 3,8 cm/saat sızma sağlayabilen bir toprak ve 2,5 cm'lik taşlardan yapılan 15 cm'lik bir dolgu ile tasarlanan bir gölette 56 haftalık bir çalışma süresinde yüzeysel akışın %0,4 azaldığı, toplam azot ve fosforda ise %32 giderim sağandığı görülmüştür (Yaoze Liu, 2014). Kuzey Karolayna eyaletinde bulunan Charlotte şehrinde ise 1,08 cm/saat sızma hızı ve 120 cm yükseklikteki sızma toprağı ile %31-60 oranında sediment giderimi, %60 oranında ise koliform giderimi sağlandığı görülmüştür (Liu ve diğ., 2014)..

### **2.3.1.3 Yağmur Suyu Sulak Alanları (Stormwater Wetlands)**

Yağmur suyu sulak alanları, içinde bataklık bitkilerinin yetişebildiği sığ havuzlardır. Yağmur suyu tarlaları, diğer yapısal EİYU'lardan farklı olarak doğal oluşumlarla oldukça benzerlik taşır. Kirletici gideriminin yanı sıra, biyolojik çeşitlilik de sağlamaktadır. Genellikle bir giriş havuzunu izleyen karmaşık mikro topoğrafik yapı ve bitki türlerinden meydana gelmektedir.

Yağmur suyu sulak alanlarında kirletici giderimi; çökme, bitkiler ile giderim, adsorpsiyon, fiziksel filtrasyon ve mikrobiyal bozunma ile sağlanmaktadır.

Bu sistemlerin sediment giderim oranları oldukça yüksekken, besin maddesi giderim oranları ise düşüktür (WDEQ, 1999).

### **2.3.1.4 Çoklu Gölet Sistemleri (Multiple Pond Systems)**

Birden çok göletten oluşan bu sistemler, çökme tankı, sığ yağmur suyu tarlası vb. birden çok sistemin kombinasyonu ile çalışmakta ve buna bağlı olarak birden çok arıtma mekanizması kullanılmaktadır. Çoğunlukla, birlikte tasarlanan bu sistemler uygulanan bölgeye özgü senaryolarla belirlenirler. Katı bir arıtma senaryosu olmadığından saha özelinde en elverişli olacak metotlarla tasarlanabilirler. Birden çok arıtma sisteminin kullanılması, kirletici gideriminin güvenilirliğini ve verimini arttıran önemli bir faktördür.

### **2.3.1.5 Sızma Hendekleri (Infiltration Trenches)**

Sızma hendekleri, bir zemin altı rezervuarı oluşturmak için tasarlanmış ve kazılmış çukurlardır. Hendekler, yaklaşık olarak %50 geçirimsizlikle (WDEQ, 1999) tasarlanır

ve yüksek hacimli yağışların yüzeysel akışının azaltılması için kullanılır. Sistem, kaba filtre görevini gören giriş kısmını ile başlamakta ve kum filtre vb. bir tabaka kaba filtreyi izlemektedir.

Sızma hendekleri, sediment ve yağın ön arıtımında kullanılmak için elverişli metotlardır (WDEQ, 1999). Yapılan çalışmalara göre sızma hendeklerinde yaklaşık %90 oranında sediment giderimi, %60 oranında azot ve fosfor giderimi ve %90 oranında da iz metal, koliform ve organik madde giderimi görülmüştür (WDEQ, 1999).

#### **2.3.1.6 Sızma Havzaları (Infiltration Basins)**

Sızma havzaları, yüzeysel akışa geçmiş yağmur sularının bir alanda tutularak toprak tarafından emilimi tamamlanana kadar bekletildiği havuzlardır. Bu sistemlerde kirletici giderimi temel olarak havuzun dip toprak tabakasında adsorpsiyon, süzülme ve mikrobiyal çökeltme ile sağlanır. Bu sistemler, kirliliğin mikrobiyal gideriminin sağlanması için en az 72 saat aerobik koşullarını koruyacak şekilde tasarlanmalıdır (WDEQ, 1999).

Sızma havzalarının her ne kadar artışı olsa da, yüksek sediment girişi sebebiyle tıkanmalar ve alg büyümesi gibi negatif yönleri de bulunmaktadır. Bu yüzden bu sistemlerin %60-100'ü maksimum 5 yıl süreyle yağışı sızdırma kapasitesine sahiptir (WDEQ, 1999).

#### **2.3.1.7 Gözenekli Zemin Kaplamaları (Porous Pavement)**

Geleneksel zemin kaplamaları yerine, gözenekli yani geçirimsizliği daha yüksek zemin kaplamalarının kullanılması, yüzeysel akışın azalmasına ve yağmur suyunun toprağa sızmasına katkı sağlamaktadır. Bu sistemlerde, geçirimli zemin kaplamasının altında adsorpsiyon, süzülme ve mikrobiyal çökeltmeyi sağlayan bir agrega haznesi ve onu takip eden bir kum tabakası bulunmaktadır.

Bu sistemler ile yüksek oranda sediment, nütrient, organik madde ve iz metal giderimi sağlanabilir. Ayrıca bu uygulama ile yıllık yağış miktarının %90'ının yüzeysel akış ile kaybedilmesinin önüne geçilerek yeraltı suyunu beslemesi sağlanır (WDEQ, 1999).

#### **2.3.1.8 Örgü Beton Zemin Kaplamaları (Concrete Grid Pavement)**

Geleneksel zemin kaplamalarına ve gözenekli zemin kaplamalarına alternatif olarak, örgü beton zemin kaplamaları verimli bir sızma sistemidir. Örgü betonlar, genellikle kum, çakıl veya çim gibi geçirimli yüzeyler üzerine kaplanarak boşluklu bir sert zemin

oluşturulması sağlanır. Yağmur suyu bu sayede betonun üzerinde yüzeysel akışa geçmek yerine, yeraltı suyuna ulaşmış olur.

Örgü beton zemin kaplamalarının kirletici giderimindeki en büyük yararı, yağmur suyunun yüzeysel akışa geçişini minimize ettiği için sudaki kirletici yükü çok artmadan sızmayı sağlamasıdır. Ayrıca geçirimsizliği çok yüksek olduğundan pik yağış anlarının kontrolünü sağlamak için de uygun bir sistemdir.

### **2.3.1.9 Kum Filtreler (Sand Filters)**

Kum filtreler, yüzeysel akışa geçen yağmur sularının geçirimsiz bir kum yatağı tarafından toplanarak filtre edilmesi ve zemin altı borular yardımıyla bir su kütlesine deşarj edilmesi metoduyla çalışmaktadır. Kum filtreler, üzerine turba, bitki yaprakları ya da toprak üst katmanı gibi örtüler serilerek geliştirilip iyileştirilebilir.

Yapılan araştırmalara göre bu sistemlerde, yaklaşık %85 oranında sediment, %35 oranında azot, %40 oranında çözünmüş fosfor %40 oranında dışkı organizmaları ve %50-70 oranında iz metal giderimi sağlanabilmektedir.

Turba, ölü bitki kalıntılarının uzun yıllar su altında kalarak karbon miktarının artmasıyla kömürleşmiş maddelerdir. İçeriğinde %60 oranında karbon bulunmaktadır. Üst katmanı turba ile zenginleştirilmiş kum filtreler, yüksek oranda organik karbon içeriğine sahip olduğundan çözülmüş metal ve hidrokarbon gideriminde çok daha etkin sonuçlar verirler.

### **2.3.1.10 Çimlendirilmiş Yağmur Hendekleri (Grassed Swale)**

Yağmur suyunun, toprak üzerinde yapılan bir çimlendirme ile filtre edilerek toprağa sızmasının sağlandığı sistemlerdir. Hendeklerin eğimleri, yüzeysel akışın hızını düşürecek şekilde tasarlanarak hem sızma artırılır hem de erozyon oluşumunun önüne geçilmiş olur. Çimin uygulama ve bakımının zor olduğu durumlarda dolgu taşlarından oluşan kanallar da tasarlanabilmektedir. Yağmur suyu hendekleri, özellikle maksimum yağışların olduğu anlarda suyu bir baraj gibi tutarak kirleticilerin çökmesini ve suyun sızmasını sağlamaktadır.

Çimlendirilmiş yağmur suyu hendekleri, partikül kirleticiler ve iz metallerin gideriminde yüksek verimliliğe sahiptir (WDEQ, 1999).

### **2.3.1.11 Şerit Filtreler (Filter Strips)**

Şerit filtreler, yüzeysel akış yönünde tasarlanan ve yüzeysel akışın sızmasının amaçlandığı bitkilendirilmiş alanlardır. Bu tasarım yüksek hız ve miktarda yüzeysel

akış oluşması durumunda verimli olmadığından genellikle düşük yoğunluklu bölgelerde tercih edilen bir uygulamadır (WDEQ, 1999). Şerit filtreler, yağmur suyu hendeklerinden farklı olarak eğimli toplama bölgeleri değil, zeminle aynı seviyede geçirimsizlik bölgeleridir.

Bu sistemlerde, düşük hızdaki yüzeysel akış yağmur suyunda bulunan sediment, organik maddeler ve iz elementlerin giderimi sağlanabilmektedir. Şerit filtreler kullanılarak farklı amaçlarla kullanılan komşu araziler arasında tampon bölgesi oluşturulabilmektedir.

#### **2.3.1.12 Sediment Kapanları (Sediment Traps)**

Sediment kapanları, yağmur suyunun bekletilerek içindeki sedimentin çökmesinin amaçlandığı sınırlama bölgeleridir. Genellikle drenaj noktalarının önünde tasarlanarak sistemden alınan temiz suyun drene edilmesi sağlanır. Yüzeysel akışa geçen su bu bölgelerde yakalanarak bekletilir. Bu sistemler öncelikli olarak kum ve tozun çökmesinde kullanılırlar.

#### **2.3.1.13 Rüzgâr Erozyonu Kontrolü (Wind Erosion Control)**

Rüzgârdan kaynaklı toz oluşumunu kontrol altına almayı amaçlayan uygulamalar, sedimentin su kütlelerine taşınmasını ve sert zeminlerde birikerek yüzeysel akışa geçen yağmur suyunu kirletmesini engellemek için yapılmaktadır. Toz oluşumu ve taşınımını önleyici uygulamalar olarak toz oluşan bölgelerin çevresinde çit veya çit görevi görebilecek bitkisel katmanlar ya da toz oluşan bölgelerin sulanması gibi çalışmalar yapılabilir. Ayrıca bitkisel katmanlar çit olarak kullanılmanın yanı sıra, buldukları bölgede toprağın rüzgar ile toz oluşturmasını da engelleyerek toprak stabilizasyonu sağlamaktadır.

#### **2.3.1.14 Kontrol Bentleri (Check Dams)**

Kontrol bentleri, yağmur suyu toplama kanallarına ya da hendeklerine inşa edilen ve baraj mantığında çalışan ve bitki saplarından oluşturulan balyaların kullanıldığı bentlerdir. Bu bentlerle kanaldaki yağmur suyunun hızı düşürülerek bir havuz oluşumu sağlanır. Oluşan bu havuzlarda yağmur suyunun içindeki sediment çökerken balyalar da aynı zamanda birer filtre görevi görmektedir.

Yapılan araştırmalara göre, bu sistemler yüksek verimle sediment giderimi sağlarken, diğer kirleticilerin giderimine bir katkı sağlamadığı anlaşılmıştır

### **2.3.1.15 Dik Yamaç Terasları (Steep Slope Diversion Terraces)**

Dik yamaç terasları, yüksek eğimli bölgelerde daha düşük eğimli ayırıcı bölme alanlar oluşturularak elde edilir. Bu uygulama ile öncelikli olarak yağmur suyunun hacminin ve yüzeysel akış hızının azaltılması hedeflenir.

Düşük eğimli teraslar kullanılarak, yağmur suyunun hızı düşürülür. Bu sayede yağmur suyunun çökmesinin sağlanmasının yanı sıra hızlı bir yüzeysel akıştan kaynaklı toprak erozyonu ve sediment birikiminin de önüne geçilmiş olur.

### **2.3.1.16 Yağ Tutucular (Oil-Water Seperators)**

Yağ tutucular, genellikle üç aşamadan oluşan ve zemin altında bulunan sistemlerdir. Bu sistemlerde ağır metallerin ve petrol türevi ürünlerin yağmur suyundan ayrılması sağlanır. Sistemi oluşturan bu üç aşamadan birincisinde, yağmur suyunun bekletilerek sedimentin çökeltilmesi amaçlanır. Ayrıca çökme sırasında az miktarda, suda çözünürlüğü düşük olan, petrol ürünlerinin de çökmesi sağlanabilir. Bir sonraki aşamada, bulunan yağ tutucular yağmur suyu ve yağın birbirinden ayrılmasını sağlar. Son aşama ise temiz suyun deşarj edildiği noktadır.

Bu sistemlerde kirletici giderimi, sistemin hacmine ve sisteme giriş yapan yağmur suyunun akış hızına bağlıdır. Sisteme yeni giriş yapan suyun, çökmeden kaynaklı dip çamurunu tekrar kaldırmaması için sistemin düzenli temizliği çok önemlidir.

### **2.3.1.17 Nehir Kıyısı Stabilizasyonu (Streambank Stabilization)**

Nehir kıyısı stabilizasyonu, nehir kıyılarında toprağın stabilitesini sağlamak ve erozyonu önlemek amacıyla yapılan uygulamalardır. Bu uygulamalar yapısal, bitkisel ya da iki çalışmanın kombinasyonu şeklinde yapılabilir. Çakıllı tel kafes (gabyon), dolgu malzemesi, şev kaplamaları, kütükler ile basamaklandırma gibi uygulamalar nehir kıyısı stabilizasyonu için yapılabileceklere örnek olarak verilebilir.

Yapılan erozyon kontrolü sayesinde, yağmur suyundan kaynaklanan yüzeysel akışın nehri beslediği bölgelerde nehre sediment deşarjı minimize edilmiş olur. Bu önlemler su kütesini korurken, nehir içindeki sucul yaşama da zarar verilmemiş olur.

### **2.3.1.18 Kentsel İnşaatlar için çok yönlü EİYU (Miscellaneous BMPs for Urban Construction)**

Kentsel alanlarda yapılan inşaatlar, hem buldukları alandaki toprağa, hem çevresinde bulunan su kütlelerine, hem de yağış zamanlarında düşen yağmur suyuna oldukça ciddi bir kirlilik yükü getirmektedir. Kentsel ölçekte önlem alınması ve en sıkı

şekilde EİYU uygulanması gereken alanlardan biri inşaat sahalarıdır. Bir inşaat sahasında doğru bir EİYU yapabilmek için göz önüne alınması gereken çok sayıda faktör vardır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

*a. Araç çıkışlarının kontrolü*

İnşaat sahasından çıkan birçok araç toz ve çamur ile kirlenmiş durumdadır. Sahadaki toz ve çamurun, saha dışına çıkarak yollara, kaldırımlara ya da yağışla su kütlelerine geçmesi ciddi bir kirlilik yaratacaktır. Bu yüzden şantiye çıkışında sert bir zemin oluşturularak çıkan araçların ve tekerleklerinin yıkanması, yıkamadan oluşan kirli suda ise sediment çökeltimi yapılması ya da filtreden geçirilerek temiz bir şekilde deşarj edilmesi gerekmektedir.

Bir diğer seçenek olarak inşaat sahası çıkışında çakıl taşlardan oluşan bir yüzey hazırlanarak araç yıkama işlemi bu alanda gerçekleştirilebilir. Böylece yıkama suyunun çakıl taşlar ile filtrelenerek yeraltı suyuna beslenmesi sağlanabilmektedir.

*b. Giriş ağzlarının korunması*

İnşaat sahasında ya da yakın çevresinde bulunan yağmur suyu hattı girişlerinin tamamı, inşaat sırasında yağmur yağması durumunda sahadan gelebilecek çamurlu suyun deşarj olmasına elverişli bir durumdadır. Ayrıca sahada yapılan inşaat aktiviteleri sırasında çıkacak olan toz ve kirlilik de rüzgâr etkisiyle bu girişlerde toplanabilir. Buna önlem olarak inşaat alanı ve çevresindeki yağmur suyu rögarlarının çevresine, gelebilecek çamurlu yağmur suyuna karşı tampon olabilecek malzemeler yerleştirilmelidir. Ayrıca rögarları tozdan korumak için üzerleri filtre ile kapatılmalıdır.

*c. Yağmur suyu akış yönünün kontrol edilmesi*

Özellikle eğimli yüzeylerde yağmur suyunun kontrolsüzce akmaması için kum torbaları, kanallar vb. yardımcı ile yağmur suyu yönlendirilerek temiz bir şekilde deşarj edilmelidir. Bu şekilde yağmur suyunun çamurlu bir şekilde drene olmasının önüne geçilmiş olur.

*d. Erozyon kontrol battaniyeleri*

Eğimli arazilerde, özellikle sahadaki bitki örtüsü ya da yapılaşma kaldırıldığı zaman toprak erozyonu riski oluşur. Bu bölgelerde, rüzgârdan kaynaklanan toz kalkışının, yağıştan kaynaklanan yüzeysel akışın kontrolsüz hızlanması ve çamuru taşımalarının önüne geçmek için erozyon battaniyeleri kullanılmalıdır.

### e. Geçici hendeklerin açılması

Geçici hendekler bir bölücü görevi görerek yoğun çamur bulunan inşaat sahasının dışarıdan gelen yüzeysel akışa karşı korunmasını sağlamaktadır. Böylece saha içinden dışarı ya da dışarıdan içeriye geçecek olan çamurlu yağmur suyunun hendeklerde birikerek sızması sağlanır. Bu hendekler duruma göre bitkilendirilebilir ya da dolgu taşı ile kaplanabilir. Böylece sediment giderimi de arttırılmış olur.

### 2.3.2 Yapısal Olmayan EİYU

Yapısal olmayan EİYU ise genellikle dolaylı yönetim uygulamalarıdır. Bu uygulamalar genelde koruma amaçlı ve kirliliği azaltmaya yöneliktir. Bunlara örnek olarak aşağıda bulunan uygulamalar verilebilir (WDEQ, 1999);

- Doğal nehir yataklarını doğrudan yüzeysel akıştan koruma
- Birikmiş sedimentin uygun şekilde uzaklaştırılması
- Kar uzaklaştırma
- Bitki, tarım ve böcek ilaçları yönetimi
- Doğal bitki örtüsünün korunması
- Atıkların geri dönüşümü
- Hayvan dışkılarının uzaklaştırılması, sokakların temizlenmesi
- Depo malzemelerinin azaltılması

Bu problemlerin çözümleri genellikle herhangi bir yapı inşaa etmeden, yerel yönetimlerin dönemsel olarak tekrarladıkları koruma uygulamaları ile sağlanabilmektedir. Bu problemlerin çözümlerinde, problemin bulunduğu bölgenin topoğrafik yapısı, iklim bölgesi, yerel otoritenin bilinci ve yerel halkın hassasiyeti gibi konular önemlidir.

#### 2.3.2.1 Doğal Nehir Yataklarını Yüzeysel Akıştan Koruma

Yapılaşmalar sebebiyle kentsel bölgelerde sert zeminler gün geçtikçe artmaktadır. Artan sert zeminler ise yağmur suyunun doğal yollarla su kütlelerini beslemesine engel teşkil etmektedir. Bu durumda yağmur suyu, özellikle maksimum yağış anlarında, yüzeysel akışa geçmekte ve geçmiş olduğu tüm yüzeylerdeki kirliliği beslediği su kütlelerine taşımaktadır. Bunlara örnek olarak, araç yollarında ciddi miktarda bulunan hidrokarbon ve metaller, tarım ilaçları ve gübreler ya da yağmur suyu toplama kanallarına ve su kütlelerine beslenen sediment verilebilir.



Bunların kontrolünün sağlanabilmesi için ilk olarak doğrudan yüzeysel akışı azaltacak önlemler alınmalıdır. Bunu sağlayabilmek için, özellikle kentsel bölgelerde çatılardan yağmur suyunun toplanarak kullanılması ya da bir su kütesine beslenmesi önemlidir. Bunun yanında yağmur suyunun doğrudan toprağı ve yeraltı suyunu besleyebilmesi için yeşil alanlar ve geçirimli yüzeyler maksimum olacak şekilde tasarlanmalı, sediment ve kirliliğin yüzey sularını ya da yağmur suyu toplama sistemlerini beslemesi engellenmelidir.

Ayrıca, kentsel tasarımda kaldırımlarla beraber olukların tasarlanması da yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun yönetimine katkı sağlamaktadır. Yağmur suları oluklarda birikerek daha hızlı bir şekilde akmakta ve bu sayede daha az kirlilik taşımaktadır. Geniş bir alanda akan ve ondan sonra ulaştığı yeşil alanda yüzeylerden taşıdığı kirlilikle beraber toprağı sızan yağmur suyuna göre hem çok daha az kirletici taşımakta hem de deşarj noktası kontrol edilebilmektedir. Özellikle maksimum yağış anlarında, suyun yönlendirilmesi sağlanarak erozyon ile sediment taşınımının önüne de geçilmiş olur. Fakat oluk tasarımlarında dikkat edilmesi gereken konu caddelerin ve olukların yerel yönetimler tarafından düzenli bir şekilde temizlenmesidir. Kentsel tasarımın uygun olduğu bölgelerde yeşillendirilmiş biyolojik yağmur hendekleri de yapılabilmektedir.

### **2.3.2.2 Birikmiş Sedimentin Uygun Şekilde Uzaklaştırılması**

Yağmur suyu tutucularından ya da çökeltim havuzları vb. uygulamalardan çıkan sedimentin, sediment kontrolü yapılmayan bir alana yüklenmesi ciddi problemler yaratmaktadır. Bu alanların bitkilendirme vb. yöntemlerle stabilizasyonunun yapılmaması, sedimentin yüzeysel akış ya da rüzgâr erozyonu ile su kütlelerine yeniden beslenmesi kaçınılmazdır.

Bunun önüne geçilebilmesi için sediment depolama alanları 100 yıllık taşkın bölgeleri yakınına konumlandırılmamalı ve depolama alanlarında bitkilendirme gibi toprak yönetim uygulamaları yapılmalıdır.

### **2.3.2.3 Kar Uzaklaştırma**

Kentsel alanlarda kişilerin kullandığı sert zeminler üzerine yağın kar yağışı insanların hayatını zorlaştırdığından yerel otoriteler çeşitli kar uzaklaştırma metotlarından faydalanmaktadır. Uygunsuz bir şekilde yollardan kaldırılan karlar genellikle yol kenarlarına yığılmaktadır ve yığılan karlar yüksek oranda trafikten kaynaklı kirletici

içerdiğinden eridiğinde yüzeysel ve yeraltı sularının bu kirleticiler ile beslenmesine sebep olmaktadır. Aynı zamanda tuzlama yapılan yollardan uzaklaştırılan karlar, eridiğinde beslediği su kütlelerinin klorür oranını da yükseltmektedir.

Bu problemin çözümü olarak, taşınan karlar en iyi yönetim uygulaması yapılmış ve eriyen sulardaki kirleticilerin doğrudan bir su kütlelerini beslemediği bölgelere taşınmalıdır. Bununla beraber yollara tuzlama yapmak yerine ekolojik olarak zararı minimum olmakla beraber, ekonomik olarak da uygun donma geciktirici malzemeler kullanılmalıdır. Su kütlelerinde bulunan flora ve faunaya en az zararı bulunan ve donmayı geciktirici olarak kullanılacak malzeme olarak kum tercih edilebilir (WDEQ, 1999).

#### **2.3.2.4 Bitki, Tarım ve Böcek İlaçları Yönetimi**

Bitki, tarım ve böcek ilaçlarının sık ve fazla miktarda kullanımı yüzeysel ve yeraltı sularında ciddi bir kirliliğe sebep olmaktadır. Özellikle nadas zamanı yapılan ilaç uygulamaları direkt olarak yeraltı sularını ve yüzeysel suları beslemektedir (WDEQ, 1999).

Tarım alanlarında ya da kentsel yeşil alanlarda yabancı bitkilerle mücadele için nokta delikli toprak örtüsü uygulaması, hedeflenen bitkinin yetişmesi için yapılan oldukça verimli bir uygulamadır. Bu uygulama yabancı bitkilerin yetişmesini ciddi şekilde önleyerek bitkisel ilaç kullanımını minimize eder.

Kimyasal kullanılması gereken alanlarda ise, daha az toksik ve daha uzun ömürlü kimyasal türleri seçilerek verim artırılabilir. Bununla beraber, kimyasal uygulaması yapılacak alan, yüzeysel su kütlelerine yakın ise arada bir tampon bölge oluşturulmalıdır.

#### **2.3.2.5 Doğal Bitki Örtüsünün Korunması**

Toprak üzerinde bulunan doğal bitki örtüsü, sedimentin toprak üzerinde korunmasını sağladığı gibi birçok kirleticinin de yeraltı suyuna geçişini engellemektedir. Bununla beraber özellikle göl, nehir vb. su kütlelerinin yanında bulunan bitki örtüsü, su kütlelerinin kalitesini arttırmakla beraber suda yaşayan flora ve faunanın kirleticilerden zarar görmesini azaltır, su sıcaklığını dengede tutar ve su kütlelerinde çözünmüş oksijen miktarını korur. Aynı zamanda su kütleleri çevresindeki bitkilendirmenin olmaması, toprağın stabilize olarak sedimentin su kütlelerinde kirlilik yaratmasına sebep olur. Bu nedenle, hiçbir bölgede zorunlu kalınmadıkça bitki sökümü yapılmamalı, yeni

bitki ekimlerinde özellikle yerel bitkiler tercih edilmelidir. Dik yamaçlarda erozyon riski olduğundan dolayı sedimentin kaybedilmemesi için bitkilendirme yapılmalıdır. Özellikle kentsel bölgelerde inşaat aktiviteleri sırasında, saha sedimentini kaybetmemek için sahada erozyon ve sediment kontrol planı uygulanmalıdır. Sahada tozlaşma ve toprak kaybı minimuma indirilmeli ve eğer inşaat aktivitelerinin yakınında bir su kütlesi varsa, saha ile arasında bir tampon bölge oluşturulmalıdır.

#### **2.3.2.6 Atıkların Geri Dönüşümü**

Doğru yapılmayan evsel ve zararlı atık yönetimleri, sızıntılar nedeniyle yüzeysel ve yeraltı sularında kirliliğe sebep olmaktadır.

Evsel atıklar için yapılabilecek en iyi çözümlerden biri kompost oluşturmaktır. Kompost yalnızca kırsal alanda değil, artık kentsel alanlarda ve evlerin içinde çeşitli paket sistemler sayesinde bile yapılmaktadır. Evsel atıkları kompost yaparak değerlendirmek, atık için gerekli olan deponi alanı ve atıklardan kaynaklanan kirletici sızıntısı miktarını azaltacak ve bununla beraber doğal gübre olarak kullanılarak daha az kimyasal gübre kullanımını sağlayacaktır.

Yerel otoriteler tarafından yapılan zararlı atıkları toplama programları da kullanıcıların atıkların daha bilinçli yönetimine katkıda bulunarak atıkların sebep verdiği kirliliğin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Bunun yanında yine yerel otoritelerin, üreticileri geri dönüştürülmüş ürün kullanımına teşvik etmesi hem üreticilerin ham madde maliyetlerini azaltacak hem de atıkların yeniden ham madde olarak kullanılması sağlanarak atıklardan kaynaklanan kirlilik minimize edilecektir.

#### **2.3.2.7 Hayvan Dışkılarının Uzaklaştırılması, Sokakların Temizlenmesi**

Sokak süprüntüleri ve temizlenmeyen hayvan dışkıları yüzey sularına, rüzgâr ve yüzeysel akış gibi faktörler ile karışmakta ayrıca yağmur suyu toplama sistemlerine dolarak tıkanmalara sebep olmaktadır. Özellikle plastik ve plastik kökenli hayvan atığı toplama malzemeleri (kedi kumu vb.) sucul hayatı tehlikeye atmakta, sokaklarda bulunan hayvan dışkıları ise yüzey ve yeraltı sularında bakteri oluşumuna sebep olmaktadır (WDEQ, 1999). Bu bakteriler, içme sularının elde edildiği kaynakların kirlenmesine sebep olabileceği gibi, sucul hayata yaptığı etki ile balık tutma ya da yüzme vb. aktivitelerle insan hayatı için ciddi tehlike oluşturmaktadır (WDEQ, 1999). Yerel otoritelerin, özellikle evcil hayvan gezdirilen parkları belirleyerek düzenli bir şekilde temizlik yapmasının yanı sıra, evcil hayvan sahiplerini de kendi hayvanlarının

dışkılarını toplamaya teşvik etmesi, dışkılardan kaynaklanan atıkların yönetilebilmesi için kayda değer bir çözümdür.

Bunun dışında sokaklarda kirlilik oluşturan toz, polen vb. partikül maddelerin yüzeysel ve yeraltı sularına karışmaması için sokakların düzenli olarak temizlenmesi gerekmektedir. Vakumlu sokak temizleme araçları küçük partikülleri alabildiğinden verimli bir sokak temizleme uygulamasıdır.

### **2.3.2.8 Depo Malzemelerinin Azaltılması**

Açık alanlarda oluşturulan depo alanları ve bu depo alanlarına yağın yağıştan meydana gelen yüzeysel akış yüzey ve yeraltı sularına kirlilik taşınımına sebep olmaktadır.

Özellikle endüstriyel üretim yapan tesislerde malzemelerin iç mekânlarda depolanması, kirliliğe sebep olabilecek malzemelerin dış mekânlarda doğrudan yağış alacak ya da yüzeysel akış ile kirlilik taşınımına sebep olacak şekilde bulundurulmaması kirlilik taşınımını önlemek adına yapılan verimli uygulamalardandır. Bunun yanı sıra yakıt ya da yağ kaçağına sebep olabilecek motor ya da makinelerin geçirimsiz yüzeyler üzerinde ve yüzeysel akışa karışmayacak şekilde depolanması uygundur.

Üretim tesislerinde açıkta bekleyen ham maddelerin üzerinin örtülmesi ya da üretim tesislerine gelir gelmez kullanılması kirliliğin azaltılmasını sağlayan yöntemlerden sayılabilir.

### 3 MATERYAL VE METOT

Sürdürülebilirlik hareketi, ilk olarak 1972’de Stockholm Beyannamesi ile başlamıştır. Sonrasında, 1992 yılında Rio’da gerçekleşen Rio Dünya Zirvesi’nde Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı düzenlenmiş ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanarak 1994’te yürürlüğe girmiştir. 1995 yılında gerçekleştirilmeye başlanan ve her yıl gerçekleştirilmeye devam eden, Sözleşme Taraflar Konferansı’nın 1997 yılında gerçekleştirilen oturumunda Kyoto Protokolü hazırlanmış ve aynı yıl imzalanmıştır (Gülhan, 2017)

Kyoto Protokolü ile üniversitelerin, çevresel sürdürülebilirlikteki yeri açıkça çizilmiştir. Bu beynamede üniversitelerin, yalnızca çevresel sürdürülebilirliğin üzerinde durulan ya da eğitimi verilen bir yer olmaması, aynı zamanda fiziksel olarak uygulamaların da yapıldığı yer olması gerektiği belirtilmiştir (Kumar ve diğ., 2017 ). Çalışma kapsamında, gelişmekte olan bir yerleşke olan Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi’nde yağmur suyunun yönetilebilmesi için en iyi yönetim uygulamaları önerileri getirilmektedir. Çalışmada Tınaztepe Yerleşkesi’nin 2004 ve 2017-2018 yıllarındaki yüzeysel akış oranları belirlenmiştir. Bu sonuca istinaden, yüzeysel akış ile kaybolan yağmur suyunun daha verimli yönetilmesi için öneriler yapılmıştır. İlk olarak, Tınaztepe Yerleşkesi’nin mevcut yapısına uygun olarak gelişim planında yer verilebilecek revizyonlar ile yapısal ve yapısal olmayan en iyi yönetim uygulamaları belirlenmiştir. Sonrasında Tınaztepe Yerleşkesinde bulunan binaları kullanan akademik personel, idari personel ve diğer çalışanlar ile öğrencilerin rezervuar kullanımında yapmış oldukları su tüketimi belirlenmiş ve yağmur suyunun kayıp olmaktan kurtarılarak rezervuarlarda kullanılmasının nasıl bir tasarruf sağlayacağı öngörülmüştür.

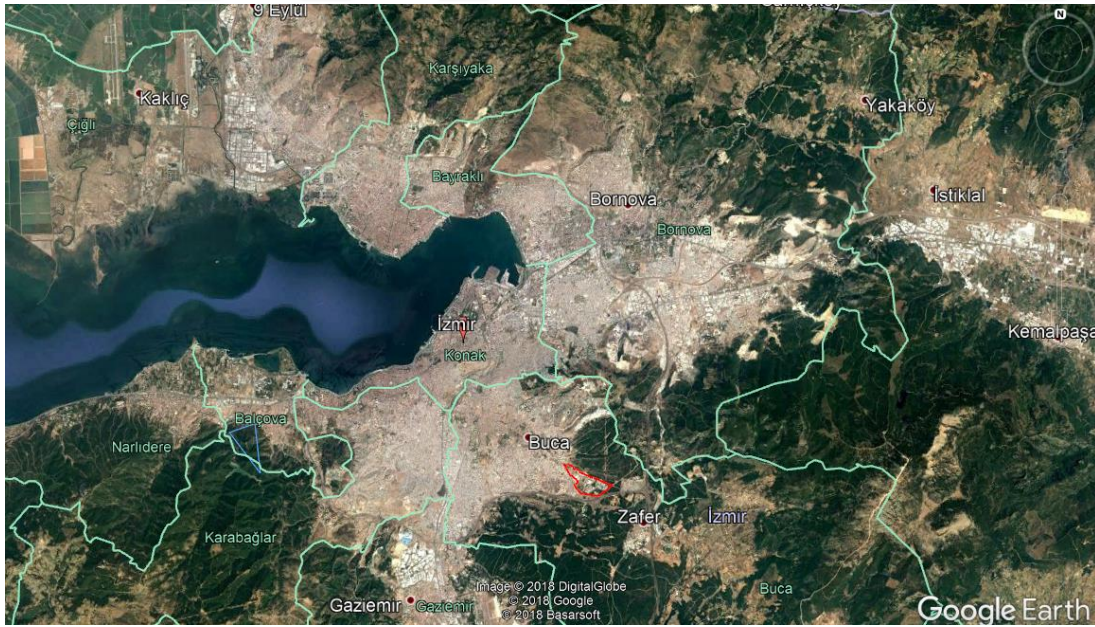
#### 3.1 DEU Tınaztepe Yerleşkesi Coğrafi, Jeolojik ve Topoğrafik Özellikler

Çalışma sahası olarak belirlenen Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi, Şekil 3.1 ile gösterildiği gibi Türkiye’nin batı kıyısında yer alan İzmir ili sınırları içinde ve Şekil 3.2 ile gösterildiği gibi Buca ilçesi sınırlarında bulunmaktadır. Yerleşke, kent merkezinin güneydoğusunda ve Nif Dağı’nın güney eteklerinde bulunmaktadır.

Güneyinden ve doğusundan İzmir-Aydın otopanı geçmektedir. Şekil 3.3 ile gösterildiği gibi yerleşkenin batı ve kuzey çevrelerinde orta yoğunlukta yerleşim bölgeleri bulunmakla beraber, çevresinin büyük kısmı kırsal alanlardan meydana gelmektedir. Yerleşke alanı, şehir merkezinden yaklaşık olarak 10 km uzaklıktadır.



Şekil 3.1 : İzmir'in Türkiye'deki konumu.



Şekil 3.2 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nin İzmir'deki konumu.

Tınaztepe Yerleşkesi gelişim çalışmaları sırasında yapılan kazılarda bölgede killi kireçtaşı yüzeyinde gelişmiş kahverengi lateritik toprak oluşumu içinde ortaya çıkan yeşilimsi siyah camsı fulgurit oluşumu tespit edilmiştir (Gündoğan, 2016). Bölgede



oluşan fulgirit yapısının, yapılan analizlere göre, yıldırım düşmesiyle laterik toprağın ve tabandaki kireçtaşının ergimesiyle oluştuğu tespit edilmiştir (Gündoğan, 2016). Bu bölgede tespit edilen fulgirit yapısı “Tınaztepe fulgiriti” olarak adlandırılmıştır. İzmir ilinin jeolojik yapısı ise Şekil 3.4 ile verilmiştir. Yerleşke alanı, Buca ilçesinin büyük kısmının bulunduğu neojen tortul kaya yapısı üzerinde yer almaktadır.

DEU Tınaztepe Yerleşkesi alanı eğimli bir yapıya sahiptir. Tez çalışması kapsamında, yerleşke alanının eğimini görmek ve yorumlayabilmek için alanın Şekil A.1 ile gösterilen topoğrafi haritası DEU Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Ayrıca eğim konusunda yapılan yorumların doğruluğunu arttırmak adına Şekil A.2 ile gösterildiği gibi SRTM verileri kullanılarak yerleşke sahasının eğimi belirlenmiştir.

Topoğrafik plan ve SRTM veri sonuçlarında görüldüğü gibi yerleşkenin en yüksek kotları yaklaşık olarak 232 m iken, en alt kotları ise yaklaşık 134 m'dir. Yerleşke alanı ortalama olarak %4,9 eğime sahiptir.

### **3.2 DEU Tınaztepe Yerleşkesi Nüfus Yoğunluğu**

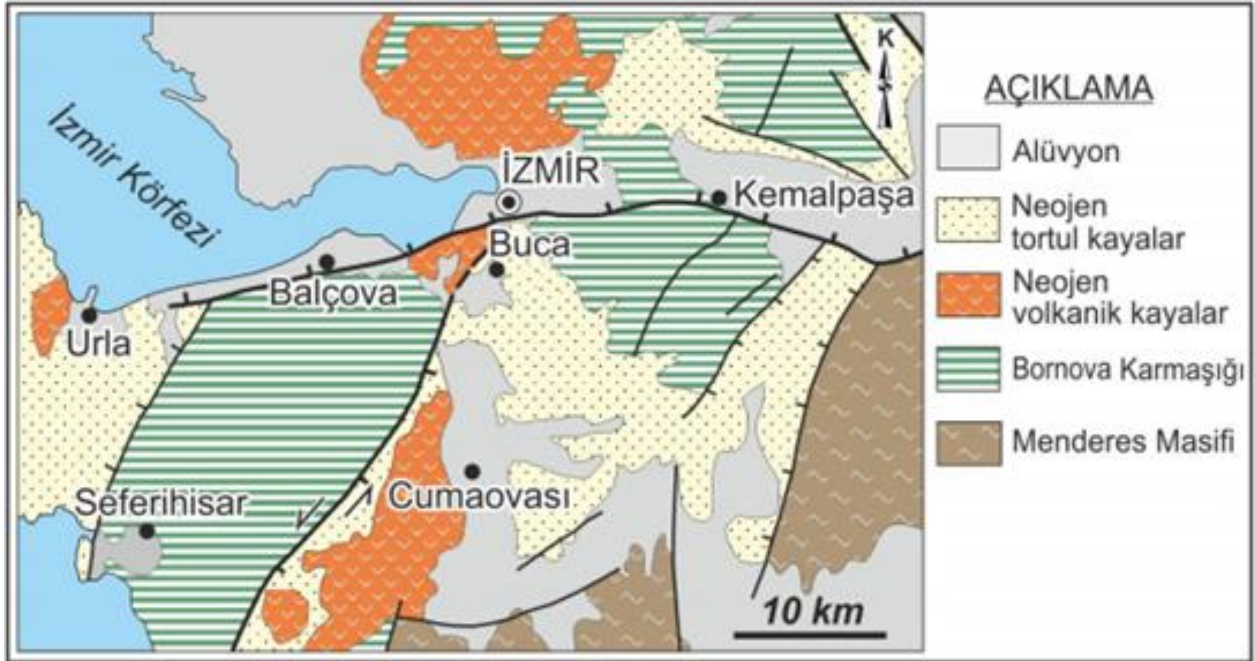
Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi içerisinde akademik eğitim binalarının yanı sıra ilköğretim okulu, enstitüler, kütüphane, spor kompleksi, mediko gibi sosyal ve çeşitli tiplerde yapılar bulunduran bir yerleşkedir. Her gün öğrenciler, akademisyenler, çalışanlar ve ziyaretçiler olmak üzere binlerce kişi yerleşkede bulunan binaları kullanmaktadır.

Çalışma kapsamında yapılan yağmur suyu yönetim planında akademik eğitim binalarındaki rezervuar su tüketimleri belirlenmiş ve rezervuarlara yağmur suyu beslemesi yapılmı durumda, şebeke suyundan yapılacak olan tasarruf öngörülmüştür. Bu hesabın yapılabilmesi ve toplam rezervuar su tüketimlerinin belirlenebilmesi için akademik eğitim binalarında bulunan öğrenci, akademisyen ve idari personel sayıları belirlenmiştir.

Tez kapsamında kullanılan öğrenci sayıları DEU Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı'ndan, akademisyen ve idari personel sayıları ise DEU Personel Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Kategorize edilmiş öğrenci sayıları Çizelge B.1 ile, akademik personel sayıları Çizelge B.2 ile ve idari personel sayıları Çizelge B.3 ile verilmiştir.



Şekil 3.3 : Tınaztepe Yerleşkesi mevcut durumu.



Şekil 3.4 : İzmir Bölgesi'nin jeolojik yapısı (Gündoğan, 2016).



### 3.3 DEU Tınaztepe Yerleşkesi İklim ve Meteorolojik Özellikler

Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi'nin bulunduğu İzmir ilinin Buca ilçesinde egemen iklim Akdeniz iklimidir. Akdeniz iklimi gereği yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Çok nadiren kar yağışı ve don olayı görülmektedir. Hava sıcaklığı yıl içinde yaklaşık olarak 10 günden az 0°C'nin altına düşmekte ve yaklaşık 100 gün civarında 30°C'nin üzerine çıkmaktadır. Yıllık ortalama en düşük sıcaklık 13,7°C ve en yüksek sıcaklık 22,6°C'dir ve çoğunlukla bölgede kuzeyli rüzgârlar hâkimdir (Aydın ve diğ., 2015).

Çalışma başlangıcında, yerleşke alanına en yakın konumda, 18443 no'lu İzmir/Buca Meteoroloji İstasyonu olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada 10 yıllık ortalama yağış verisinin kullanılabilmesi için bu istasyona ait 2007-2017 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış verisi Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden talep edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan sonuca göre 18443 no'lu İzmir/Buca Meteoroloji İstasyonu 2013 yılı, Kasım ayından beri ölçüm yapmaktadır. Bu gözlem ve ölçüm sürecinin çalışmada yeterli hassasiyeti sağlayamayacağı ön görülmüştür ve 17220 İzmir/Bölge Meteoroloji İstasyonu'na ait 2007-2017 yılları arasındaki yağış verileri temin edilmiştir. 18443 İzmir/Buca istasyonuna ait yağış verileri Çizelge 3.1 ile ve 17220 İzmir/Bölge istasyonuna ait yağış verileri Çizelge 3.2 ile verilmiştir.

**Çizelge 3.1 : 18443 İzmir/Buca İstasyonuna ait aylık toplam yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)**

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>2013</b>											0	0
<b>2014</b>	5,6	0,4	100,6	83,9	12,4	41,3	0,1	0	19,4	73,3	29,2	227,9
<b>2015</b>	160,3	76,5	96,7	39,3	33,3	23,1	0,1	2,6	10,2	60,1	155,3	0
<b>2016</b>	204,1	90,6	101,7	11,2	19,9	9,2	0,2	0,3	3,2	0,6	141,4	10,5
<b>2017</b>	308,2	58,5	86,7	24,3	42,6	1,5	0,1	0,9	0	45,1		

**Çizelge 3.2 : 17220 İzmir/Bölge İstasyonuna ait aylık toplam yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)**

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>2007</b>	19,0	11,4	19,2	16,4	44,4	1,4	0	0	1,2	106,2	108,2	116,4
<b>2008</b>	30,2	7,4	60,4	61,4	5,2	2,2	0,2	0,4	54,4	9,6	89,6	103,2
<b>2009</b>	205,4	164,6	174,8	84,2	43,4	9,2	0	0	49,2	25,8	163,4	151,2
<b>2010</b>	136,0	293,6	16,6	21,0	29,0	79,8	0	0	13,4	237,8	34,6	101,0

**Çizelge 3.2 (devam):** 17220 İzmir/Bölge İstasyonuna ait aylık toplam yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011	103,6	112,6	19,0	66,2	29,4	0,6	0	0	9	87,0	0	96,6
2012	116,0	128,4	35,4	106,4	86,4	17,8	0	0,2	0	22,6	80,2	196,2
2013	253,8	184,0	58,0	23,8	42,6	27,2	0	18,6	4,6	93,2	130,2	8,8
2014	152,6	14,6	106,2	137,0	15,2	48,2	1,0	0,8	10,0	91,6	31,0	242,2
2015	173,3	100,6	92,0	31,0	25,2	49,1	0	37,5	7,2	83,9	103,8	0,6
2016	234,7	88,0	124,1	28,8	38,6	2,8	0	0,2	8,8	0,2	123,5	16,6
2017	263,0	38,1	104,2	18,6	42,6	2,5	0	0	0	59,4		

İzmir ilinde bulunan yukarıdaki iki meteoloji istasyonundan, daha uzun zaman dilimdeki veriye sahip olan fakat yerleşke alanından daha uzakta bulunan 17220 İzmir/Bölge istasyonunun verilerini çalışmada kullanılabilmesi için İzmir/Buca ve İzmir/Bölge istasyon verilerinin arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının tespit edilmesi gerekmiştir. Bunun analizin yapılabilmesi için tek yönlü varyans analizi olan ANOVA testinden faydalanılmıştır. ANOVA testi en az iki farklı gruba ait veriler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılmaktadır.

Testte kullanılan veri aralıklarının eşit olması açısından iki istasyonun 2014-2017 yılları arasındaki aylık toplam yağış miktarları karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda ANOVA testi sonucunda anlamlılık değeri olan sigma yani P değeri 0,961 olarak belirlenmiştir. Sigma değerinin 0,05'ten büyük olması varyansların homojen olduğunu gösterdiğinden, istasyon verileri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmış ve İzmir/Bölge istasyon verilerinin çalışmada kullanılması uygun bulunmuştur. İzmir/Bölge istasyonunun 10 yıllık ortalama yağış verisi Çizelge 3.3 ile verilmiştir.

**Çizelge 3.3 :** 17220 İzmir/Bölge İstasyonuna ait 10 yıllık ortalama yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
153,4	103,9	73,6	54,1	36,6	21,9	0,1	5,3	14,4	74,3	86,5	103,3

### 3.4 DEU Tınaztepe Yerleşkesi Arazi Kullanımı

Dokuz Eylül Üniversitesi eğitim binaları, geçmiş yıllarda İzmir ili içerisinde çeşitli bölgelere dağılmış olarak bulunmaktaydı, fakat zaman içinde birimlerin birbiriyle koordinasyonu, ulaşım ve öğrencilerin tek bir yerleşkede olması amacıyla çoğu eğitim

binalarının Tınaztepe Yerleşkesi'ne toplanması amaçlanmıştır. Halen tıp fakültesi, eğitim fakültesi, güzel sanatlar fakültesi, ilahiyat fakültesi, iktisadi ve idari bilimler fakültesi ve meslek yüksekokulları İzmir ili içinde farklı yerleşke alanlarında bulunmaktadır. Ancak birçok fakülte ve enstitünün Tınaztepe Yerleşkesi'ne taşınmasının tamamlanmasının yanı sıra rektörlük gibi idari binaların da yerleşkeye taşınma süreci devam etmektedir.

Tez çalışması kapsamında, DEU Tınaztepe Yerleşkesi güncel vaziyet planları ve altyapı planları, Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Temin edilen planlara istinaden yerleşkenin güncel vaziyet planı Şekil 3.5 ile verilmiştir.

Mimari olarak bina oturma izleri, yollar, otopark ve yaya yolları malzeme detaylarını belirleyebilmek için vaziyet planı kullanılmıştır, fakat çalışmada kullanılan sık orman ve maki alanların belirlenmesi için CORINE arazi kullanım verilerinden faydalanılmıştır. Yerleşkenin CORINE arazi kullanım verisi üzerindeki konumu ise Şekil 3.6 ile verilmiştir.

Çalışmada, yerleşkenin gelişimine bağlı olarak değişen bina alanları, sert zeminler vb. yüzeyleri belirlemek için vaziyet planı ve Google Earth programından yararlanılmıştır. Öncelikle çalışma kapsamında yerleşkenin ilk gelişmeye başladığı dönemleri temsil eden senaryo olan 2004 yılı arazi kullanımları belirlenmiştir ve 2004 yılına ait arazi kullanım dağılımları Çizelge 3.4 ile verilmiştir.

Toplam bina alanını temsil eden eğitim binaları, idari binalar ve enstitülerin alan dağılımı ise :Çizelge 3.5 ile verilmiştir.

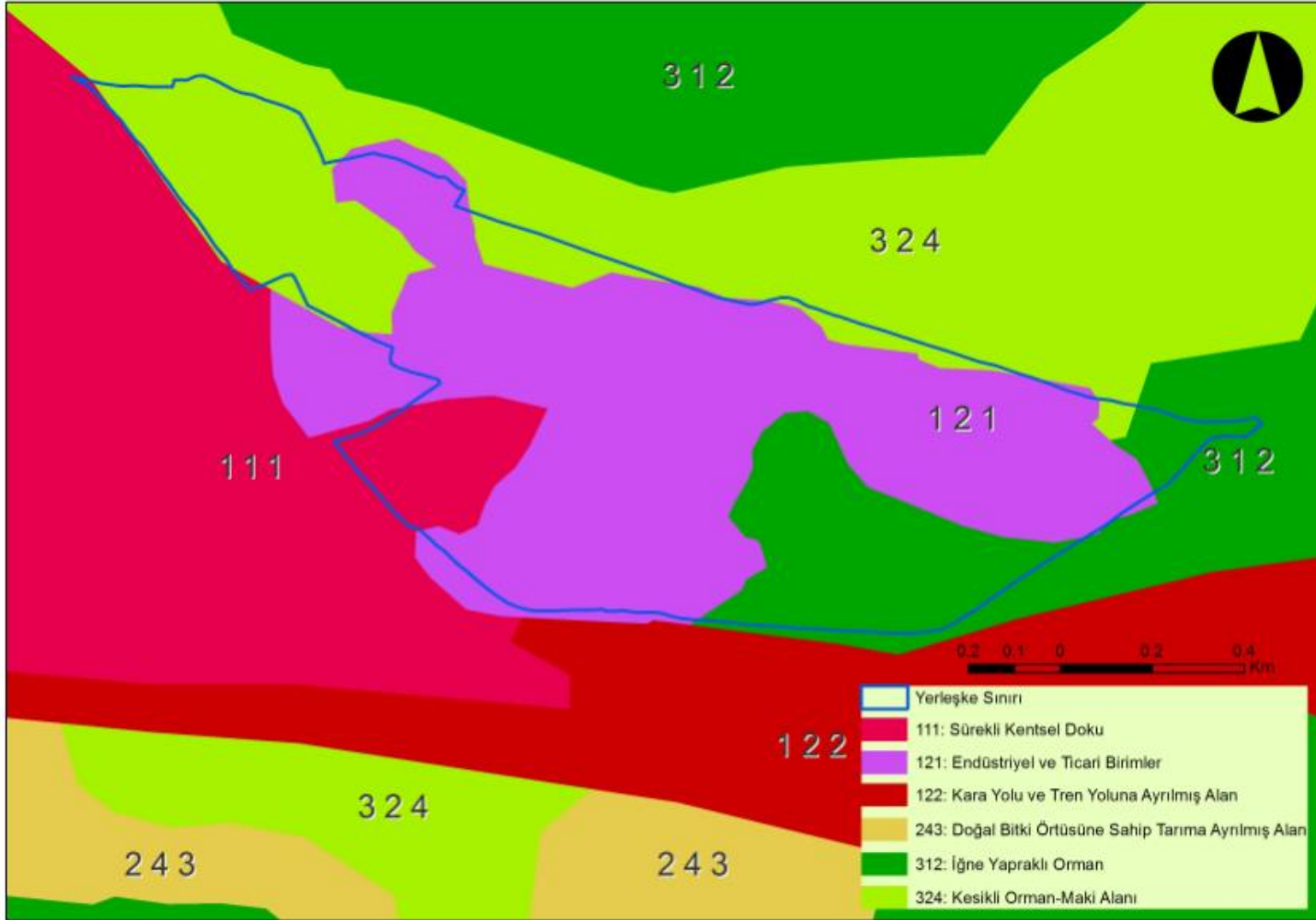
2004 yılında yerleşkedeki arazi kullanımlarının görsel olarak netleştirilmesi için Google Earth programından yararlanılmıştır. Yerleşkenin 2004 yılındaki arazi kullanım dağılımlarında bina oturma alanları, beton ve küp taş kaplı sert zemiler Şekil C. ile verilmektedir. 2004 yılında yerleşkede bulunan asfalt yollar Şekil C. ile ve yolların iki yanında 2m uzunlukta beton ve küp taş kaldırıma sahip yollar Şekil C. ile verilmektedir.

Yerleşkenin günümüzdeki durumu senaryosunu belirlemek için ise 2017-2018 arazi kullanım verileri kullanılmıştır. Bu veriler Çizelge 3.6 ile verilmiştir.



- Yerleşke Sınırı
- Bina Oturum İzleri

Şekil 3.5 : Tınaztepe Yerleşkesi vaziyet planı.



Şekil 3.6 : CORINE arazi kullanım haritası.

**Çizelge 3.4 : Tınaztepe Yerleşkesi 2004 arazi kullanımları**

<b>2004 Tınaztepe Yerleşkesi durumu</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
Toplam bina alanı	58442
Asfalt yollar	72299
Beton kaldırımlar	20096
Küp taş kaldırımlar	12740
Bina çevresi küp taş otoparklar	94898
Beton alanlar	11206
Sık orman	133651
Maki alan	597581
Tınaztepe Yerleşkesi toplam arazi alanı	1000913

**:Çizelge 3.5 : 2004 yılı binalar ve alan kullanımları**

<b>Binalar</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
75. Yıl İlköğretim Okulu	Bina 1 2356
	Bina 2 2679
Metal motor atelyesi	1139
Ağaç işleri atelyesi	1139
Fen Bilimleri ve Atatürk İnkılapları Enst.	1137
Kapalı spor salonu	3020
Öğretim görevlisi lojmanı	Bina 1 594
	Bina 2 600
Mediko	804
Kapalı garaj	256
Merkez yemekhane	2876
Kütüphane	3373
Denizcilik fakültesi	2902
İşletme fakültesi	2888
Aktif eğitim derslikleri	1462
Fen edebiyat fakültesi	9519
Mimarlık fakültesi	5161
Mühendislik fakültesi 2. Etap (jeoloji-jeofizik-maden-malzeme-bilgisayar)	8048
Mühendislik fakültesi 1. Etap (çevre-inşaat)	3314
Mühendislik fakültesi dekanlığı	1379
Laboratuvarlar(çevre-inşaat)	1657

**Çizelge 3.5 (devam) : 2004 yılı binalar ve alan kullanımları**

<b>Binalar</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
Halle binası	376
Emum-desum binası	1543
Kantin binası	222

**Çizelge 3.6 : Tınaztepe Yerleşkesi 2017-2018 arazi kullanımları**

<b>2017-2018 Tınaztepe Yerleşkesi durumu</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
Toplam bina alanı	99907
Asfalt yollar	116939
Beton kaldırımlar	26911
Küp taş kaldırımlar	21434
Bina çevresi küp taş otoparklar	156533
Beton alanlar	29507
Sık orman	213651
Maki alan	336031
Tınaztepe Yerleşkesi toplam arazi alanı	1000913

Tınaztepe Yerleşkesi, gelişmekte olan bir yerleşke yapısı olduğundan 2004 yılından 2017-2018 yılına kadar birçok yeni eğitim binası ve idari binanın yanı sıra sosyal ve idari tesisler de yerleşkeye eklenmiştir. Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi sert yüzeyler oldukça artmıştır. 2017-2018 yılında, 2004 yılına göre eklenen binalar ve bu yeni binaların alan kullanım dağılımları Çizelge 3.7 ile verilmiştir.

**Çizelge 3.7 : 2017-2018 yılı eklenen binalar ve alan kullanımları**

<b>Binalar</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
Hukuk Fakültesi	7454
Yabancı Diller Yüksek Okulu	7523
Mesleksel Beceri Laboratuvarı	1140
Amfi Tiyatro	5320
Kreş	1215
Matbaa	1255
Rektörlük	3542
Öğrenci Aktivite Merkezi	2376
Merkezi Laboratuvar	1026

**Çizelge 3.7 (devam):** 2017-2018 yılı eklenen binalar ve alan kullanımları

<b>Binalar</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
Mühendislik Fakültesi 3. Etap (Endüstri-Makine-Tekstil-Elektrik Elektronik)	8052
Depark Binaları	TGB-1 Alfa 1047
	TGB-1 Beta 1514

Google Earth üzerinde işaretlenmiş alan dağılımlarında bina oturma alanları, beton ve küp taş sert zeminler Şekil D.1 ile, yerleşkede bulunan ve eklenen asfalt yolların durumu Şekil D.2 ile ve yolların iki yanında 2m uzunlukta beton ve küp taş kaldırıma sahip yollar Şekil D.3 ile verilmektedir.

Çalışma kapsamında yerleşkenin geçmiş yıllardaki durumunu tespit etmek amacıyla 2004 yılı ve mevcut durumunu tespit etmek amacıyla da 2017-2018 yılındaki durumu değerlendirilmiştir. Yerleşkenin güncel vaziyet planında, henüz inşaatı başlamamış fakat tasarımları tamamlanmış ve yakın gelecekte inşaatları yapılacak olan bazı binalar da bulunmaktadır. Yakın gelecekteki arazi kullanım durumunu değerlendirmek için bu planlardan yararlanılmıştır. Bu senaryoda ise, 2017-2018 yılındaki arazi kullanım durumuna göre eklenecek olan yapılar Çizelge 3.8 ile verilmektedir.

**Çizelge 3.8 :** Tınaztepe Yerleşkesi yakın gelecekte arazi kullanımları

<b>Yakın gelecek Tınaztepe Yerleşkesi durumu</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
Toplam bina alanı	113726
Asfalt yollar	129604
Beton kaldırımlar	31914
Küp taş kaldırımlar	24110
Bina çevresi küp taş otoparklar	156533
Beton alanlar	29507
Sık orman	213651
Maki alan	301868
Tınaztepe Yerleşkesi toplam arazi alanı	1000913

Yakın gelecekte eklenmesi planlanan yeni binalar ve alan kullanımları ise Çizelge 3.9 ile verilmiştir.



**Çizelge 3.9 : Yakın gelecekte eklenecek binalar ve alan kullanımları**

<b>Binalar</b>	<b>Alan(m<sup>2</sup>)</b>
Yarı Olimpik Kapalı Yüzme Havuzu	1510
İzmir Meslek Yüksek Okulu	8560
İlahiyat Fakültesi Uygulama Camii	2702
Depark Bina 3	1047

Yeni eklenecek olan bina ve yolların arazi kullanımlarının görselleştirilmesi için Google Earth programından ve vaziyet planından yararlanılarak elde edilen görsellerde bina oturma alanları, beton ve küp taş sert zeminler Şekil E.1 ile, mevcut ve eklenmesi planlanan asfalt yollar Şekil E.2 ile ve yolların iki yanında 2m uzunlukta beton ve küp taş kaldırıma sahip yollar Şekil E.3 ile gösterilmiştir.

DEU Tınaztepe Yerleşkesi içerisinde arazi kullanımları belirlenirken, yerleşke alanı ziyaret edilmiş ayrıca Google Earth programındaki sokak resimlerinden faydalanılmıştır. Arazi kullanımlarını gösteren fotoğraflar Şekil 3.7 ile verilmiştir.

### **3.5 DEU Tınaztepe Yerleşkesi Yüzeysel Akışların Belirlenmesi**

Çalışma kapsamında DEU Tınaztepe Yerleşkesi'ne uygun en iyi yönetim uygulamaları önerilerini getirebilmek amacıyla, yerleşkenin yıllardan beri süren gelişim süreci ve bu sürecin etkileri incelenmiştir. Bu amaçla arazi kullanım verilerinin detaylı bir şekilde tespit edildiği 2004 yılı, 2017-2018 yılı ve yakın gelecekte planlanan arazi kullanımlarına göre yerleşke alanındaki yüzeysel akış miktarları karşılaştırılmıştır.

Bu hesaplama yapılırken, en sık kullanılan akış pik debisi rasyonel hesap yöntemi olan;

$$Q=C.I.A$$

formülünden faydalanılmıştır. Bu yöntem kullanılırken, Q aylık pik debiyi (m<sup>3</sup>/ay), I aylık yağış şiddetini (mm/ay), A yerleşke içinde değerlendirme yapılan arazi kullanım türünün alanını (m<sup>2</sup>) ve C ise bu arazi kullanım türünün yüzeysel akış katsayısını tanımlamaktadır. Yerleşke içinde bulunan farklı arazi kullanım türlerine ait yüzeysel akış katsayıları Çizelge 3.10 ile verilmiştir.



a. Yerleşkede bulunan asfalt yollar



b. Beton kaldırım ve bina önu küp taş



c. Küp taş kaldırım



d. Sık orman dokusu



e. Maki alan dokusu



f. Beton kaldırım dokusu



g. Küp taş otopark alanları

Şekil 3.7 : Yerleşke içindeki arazi kullanımları.

**Çizelge 3.10 : Arazi kullanım türlerinin yüzeysel akış katsayıları**

Arazi kullanım türü	Yüzeysel akış katsayısı	Kaynak
Asfalt yol	0.9	CoCU, 2018
Beton kaplama	0.9	CoCU, 2018
Küp taş kaplama	0.7	LMNO Engineering, 2018
Sık orman	0.25	Çalışkan, 2007
Maki	0.15	Çalışkan, 2007
Binalar	0.75	Nicklow/Boulos/Muleta, 2006

Yerleşke içerisindeki arazi kullanımlarının da yıllar içerisinde değişmesi ile yerleşkenin ortalama yüzeysel akışı da değişmiştir. Yerleşkenin ortalama yüzeysel akışı, konu başlığı 3.4 ile detaylı bir şekilde anlatılan ve yıldan yıla değişen arazi kullanımları ile bu alanların her birinin yüzeysel akış katsayılarının ağırlıklı ortalaması alınarak bulunmuştur. Yıllar içerisinde yerleşkede değişen ortalama yüzeysel akış katsayısı Çizelge 3.11 ile verilmektedir.

**Çizelge 3.11 : Tüm yerleşke alanında yıllar içerisinde değişen ortalama yüzeysel akış katsayısı**

Yıllar	2004	2017-2018	Yakın gelecek
Tüm yerleşke alanında ortalama yüzeysel akış katsayısı	0,34	0,46	0,48

Meteorolojiden temin edilen 2007-2017 yılları arası İzmir/Bölge Meteoroloji İstasyonu yağış verisi, DEU Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilen arazi kullanım verileri ve bu arazi türlerinin yüzeysel akış katsayılarına göre, yerleşke alanının toplamında 2004 yılı için hesaplanan yüzeysel akış miktarı Çizelge F.1 ile, 2017-2018 yılı için hesaplanan yüzeysel akış miktarı Çizelge F.2 ile ve yakın gelecekte inşaatı yapılacak olan yapılara göre hesaplanan yüzeysel akış miktarı Çizelge F.3 ile verilmiştir.

### **3.6 DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde Bulunan Binalardaki Rezervuarlarda Su Tüketimlerinin Belirlenmesi**

Tez çalışması kapsamında, DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde bulunan binaların yıllık olarak tuvalet rezervuarlarında kullanılan şebeke suyu tüketimlerinin belirlenmesi

hedeflenmiştir. Bu hesaplamada, kişi yoğunluğunun yüksek olması, kişi sayılarının belli ve kişilerin düzenli kullanımının olmasından dolayı eğitim-öğretim binaları seçilmiştir. Bu kapsamda yerleşkedeki Mühendislik Fakültesi 1. Etap, Mühendislik Fakültesi 2. Etap, Mühendislik Fakültesi 3. Etap, Mimarlık Fakültesi, Fen/Edebiyat Fakültesi, İşletme Fakültesi ve Denizcilik Fakültesi binaları işlenmiştir.

Hesaplamalara başlarken, binalarda kullanılan mevcut tuvalet rezervuarlarının belirlenmesi için bir çalışma alanı keşfi yapılmıştır. Buna göre Mühendislik Fakültesi 1. Etap binası, Mühendislik Fakültesi 2. Etap binası, Mühendislik Fakültesi 3. Etap binası, Mimarlık Fakültesi binası, Fen/Edebiyat Fakültesi binası, İşletme Fakültesi binası ve Denizcilik Fakültesi binasında kullanılan rezervuar tipleri Şekil 3.8 ile verilmiştir.

Rezervuar tiplerinin belirlenmesinin ardından, yıllık su tüketiminin hesaplanmasında Amerikan Yeşil Binalar Konseyi'nin yeşil bina sertifika sistemi olan LEED sertifikası su verimliliği hesap metodu kullanılmıştır (USGBC, 2016). Bu hesap metodunda kişilerin günlük rezervuar kullanım sayıları Çizelge 3.12 ile tanımlanmıştır.

**Çizelge 3.12 : Kişilerin günlük tuvalet rezervuarı kullanım katsayıları (kullanım/kişi/gün)**

	<b>Akademik personel</b>	<b>İdari personel</b>	<b>Öğrenci</b>
Küçük hacim	2	2	2
Büyük hacim	1	1	1

Mevcut rezervuarların hacimlerini çalışma kapsamında ölçmek mümkün olmadığından, yıllık su tüketiminin hesaplanmasında kabullere gidilmiştir. Buna göre tek kademeli rezervuara sahip olan tuvaletlerde, tek basımdaki su hacmi, LEED sertifikasında geleneksel tuvalet rezervuarları için baz değer olan 6 litre olarak alınmıştır (USGBC, 2016). İki kademeli rezervuara sahip olan tuvaletlerde ise büyük hacim geleneksel rezervuarlarla aynı şekilde 6 litre olarak alınmıştır, küçük hacim ise piyasadaki iki kademeli rezervuarların büyük çoğunluğu 3-6 litre olarak tasarlandığından 3 litre olarak alınmıştır.



a. Mühendislik Fakültesi 1. Etap binasında kullanılan rezervuar tipi



b. Mühendislik Fakültesi 2. Etap binasında kullanılan rezervuar tipi



c. Mühendislik Fakültesi 3. Etap binasında kullanılan rezervuar tipi



d. Mimarlık Fakültesi binasında kullanılan rezervuar tipi



e. Fen/Edebiyat Fakültesi binasında kullanılan rezervuar tipi



f. İşletme Fakültesi binasında kullanılan rezervuar tipi



g. Denizcilik Fakültesi binasında kullanılan rezervuar tipi

**Şekil 3.8** : DEU Tınaztepe Yerleşkesi binalarında bulunan rezervuar tipleri



Binalarda bulunan kişi sayıları, günlük kullanımlar sayıları ve kullanımda tüketilen yaklaşık su miktarı kullanılarak hesap yapıldığında, günlük toplam su tüketimi litre/gün olarak hesaplanmıştır. Yıllık su tüketimi belirlenirken akademik ve idari personelin yaklaşık yıllık çalışma günü olan 260 gün boyunca rezervuarları kullandığı hesaplanırken, öğrencilerin güz ve bahar yarıyıllarında 40 toplamda 40 hafta ve yaz okulunda ise 7 hafta olmak üzere 235 gün boyunca rezervuarları kullandıkları hesaplanmıştır. Çalışmada yapılan hesaplamayı gösteren çizelgeler Çizelge G.1, Çizelge G.2, Çizelge G.3 ile ve buna göre binalarda rezervuarlarda kullanılan toplam su tüketimi Çizelge 3.13 ile verilmiştir.

**Çizelge 3.13** : DEU Tınaztepe Yerleşkesi eğitim binalarında rezervuarlarda kullanılan yıllık toplam su tüketimi

	<b>Akademik/İdari personel toplam su tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Öğrenci toplam su tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Toplam su tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>
Mühendislik Fakültesi 1. Etap	310	5135	5445
Mühendislik Fakültesi 2. Etap	753	12471	13223
Mühendislik Fakültesi 3. Etap	753	12478	13231
Mimarlık Fakültesi	366	4600	4966
Fen/Edebiyat Fakültesi	1159	20811	21970
İşletme Fakültesi	349	7195	7545
Denizcilik Fakültesi	253	3938	4190

### **3.7 DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde Bulunan Binalarda Toplam Su Tüketimlerinin Belirlenmesi**

Tez çalışması kapsamında DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde seçilen binaların rezervuarlarında yağmur suyu kullanımının değerlendirilmesinin yanı sıra bu binalarda yapılacak toplam su verimliliğinin de değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu değerlendirmenin amacı, su tüketimleri hesabında metot olarak kullanılan LEED yeşil bina sertifikasında su verimliliği açısından binaları değerlendirebilmektir.

LEED yeşil bina sertifikası su verimliliği hesaplamaları yapılırken binada bulunan armatürler ile ilgili olarak Çizelge 3.14 ile verilen kabuller yapılmıştır.

**Çizelge 3.14 : Armatür kullanımı ile ilgili LEED katsayıları**

	<b>Akademik personel</b>	<b>İdari personel</b>	<b>Öğrenci</b>
Genel lavabo günlük kullanım sayısı	3	3	3
Mutfak lavabosu günlük kullanım sayısı	1	1	0
Genel lavabo kullanım süresi (sn)	30	30	30
Genel mutfak lavabosu kullanım süresi (sn)	15	15	0
Genel lavabo armatür debisi (l/dk)	5	5	5
Mutfak lavabosu armatür debisi (l/dk)	8,3	8,3	0

Binalarda armatürlerden kaynaklanan su tüketimleri ve rezervuar tüketimleri hesaplanırken yapılan binanın yıllık çalışma günleri aynı şekilde kabul edilmiştir. Buna göre binaların yalnızca armatür kullanımından kaynaklı su tüketileri Çizelge 3.15 ile verilmiştir.

**Çizelge 3.15 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi eğitim binalarında armatürlerde kullanılan yıllık toplam su tüketimi**

	<b>Akademik/İdari personel toplam su tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Öğrenci toplam su tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Toplam su tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>
Mühendislik Fakültesi 1. Etap	188	2437	2625
Mühendislik Fakültesi 2. Etap	456	5920	6376
Mühendislik Fakültesi 3. Etap	456	5922	6379
Mimarlık Fakültesi	221	2183	2405
Fen/Edebiyat Fakültesi	702	9878	10580
İşletme Fakültesi	261	4215	4477
Denizcilik Fakültesi	189	2307	2496



## 4 DEU TINAZTEPE YERLEŞKESİ İYİLEŞTİRME SENARYOSU

DEU Tınaztepe Yerleşkesi içerisinde, değerlendirilen arazi kullanım verileri ışığında yıldan yıla geçirimsiz yüzeylerin ve yapılaşmanın arttığı görülmüştür. Yakın gelecekte eklenecek olan yeni yapılar ve sert zeminlerde ise yağmur suyu yönetimine katkı sağlayacak herhangi bir iyileştirme görülmemiştir.

Tez çalışması kapsamında, yerleşke alanına düşen yağmur suyunun verimli yönetilmesi için aşağıda verilen öneriler getirilmektedir.

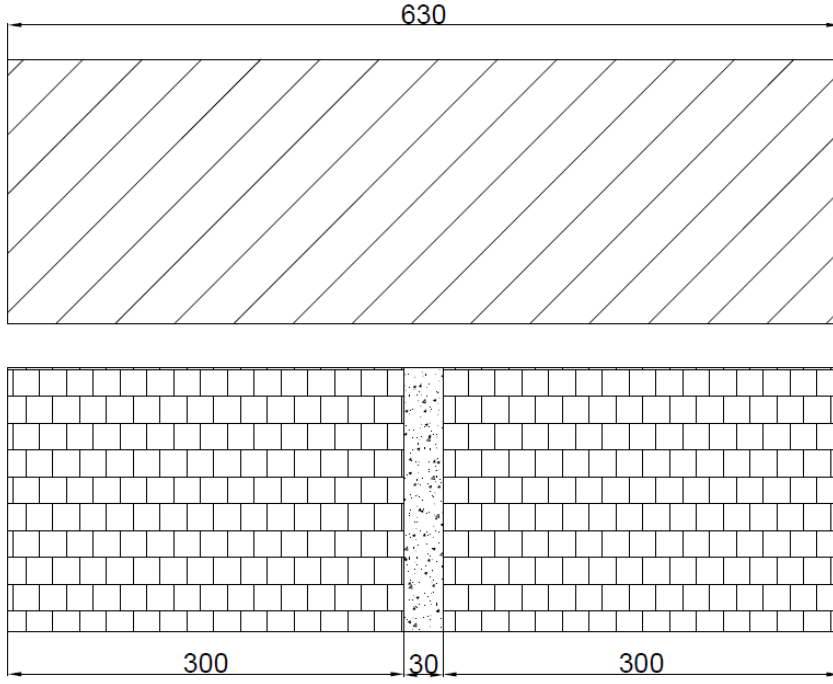
### 4.1 Arazi Kullanımının Revizyonu

Bir alanda yağmur suyunun yönetilmesi için ilk adım, yağmurun mümkün olduğunca toprağa ulaşabilmesini ve yeraltı suyunu besleyebilmesini sağlamaktır. Böylece yağmur suyu gibi değerli bir kaynak kaybedilmemiş ve doğaya yeniden kazandırılmış olacaktır.

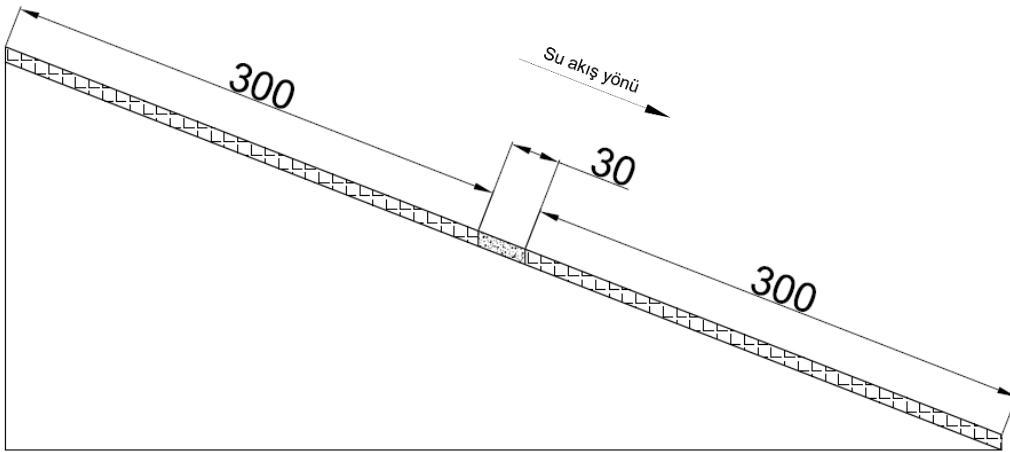
Sızdırma yöntemi, yağmur suyunun yeraltı suyuna beslenmesi için uygulanabilecek en kolay yöntemlerden biridir (Tanık ve diğ., 2015). Yağmur suyunun toprağa ulaşabilmesi için ilk kriterlerden biri sert zeminlerin mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Gelişen toplumda yapılaşmanın durdurulması ya da azaltılması söz konusu olamadığından, yapılaşırken toprak ile yağmur suyu arasındaki engelin mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir.

DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde bulunan tüm asfalt araç yollarının çevresinde 2 taraflı ve her biri 2 metre genişliğinde olmak üzere kaldırımlar bulunduğu görülmüştür. Bu kaldırımlarda, yapım yılına göre yer yer küp taş kaplama seçilirken yer yer düz beton zemin seçilmiştir. Yerleşkede yapılabilecek en iyi yönetim uygulamalarından ilki, yalnızca yayaların yürüdüğü bu kaldırımlarda herhangi bir yük taşıma yapılmadığı için beton zemin kaplamasına ihtiyaç duyulmamaktadır ve bu alanların tamamı küp taş kaldırıma çevrilmesidir. Buna ek olarak geçirimsizliği bir miktar daha arttırabilmek için yaya konforunu bozmayacak şekilde çakıl taşları kullanılabilir. Bu doğrultuda çalışma kapsamında DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde bulunan tüm kaldırımların öncelikle küp taş kaplamaya çevrilmesi önerilmiştir. Ayrıca ilave olarak, eğim

yönünde setler oluşturacak şekilde yerleşkedeki dikey akslarda bulunan kaldırımlara yaklaşık 6 adımda bir kabulü ile her 3 metre küp taş kaplamasından sonra 30 cm genişliğinde çakıl şeritlerin yapılması önerilmiştir. Kaldırımların geçmiş durumu ve önerilen durumunu gösteren plan Şekil 4.1 ve önerilen durumunu gösteren kesit Şekil 4.2 ile verilmiştir. Çakıl şeritlerin yapılması önerilen kaldırımların bulunduğu yollar Şekil 4.3 ile verilmiştir.



Şekil 4.1 Kaldırımların geçmiş durumu ve önerilen durumunu gösteren plan.



Şekil 4.2 Önerilen durumu gösteren kesit.



- ▭ Yerleşke Sınırı
- ▭ Çevresinde Beton Kaldırım Olup Küptaş Olarak Değiştirilebilecek Yollar
- ▭ Çevresinde Küptaş Kaldırım Olan Yollar
- ▭ Çakıl Şerit Uygulaması Yapılabilecek Kaldırımlar

Şekil 4.3 : Çakıl şeritli kaldırım önerilen yollar.

Öneriler ışığında yerleşke içerisinde yaklaşık 3460 metrelik kaldırım kaplaması boyunca çakıl şerit kaplamaları devam edecektir ve yıllar içinde kaldırımların alan değişimleri Çizelge 4.1 ile verildiği gibi olacaktır.

**Çizelge 4.1 : Yerleşke'deki kaldırımlarda yıllar içinde arazi kullanımlarının değişimi**

	<b>Beton kaldırım alanı (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Küp taş kaldırım alanı (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Çakıl kaldırım alanı (m<sup>2</sup>)</b>
2004	20096	12740	0
2017-2018	26911	21434	0
Yakın gelecek	31914	24110	0
İyileştirme senaryosu	0	54767	1258

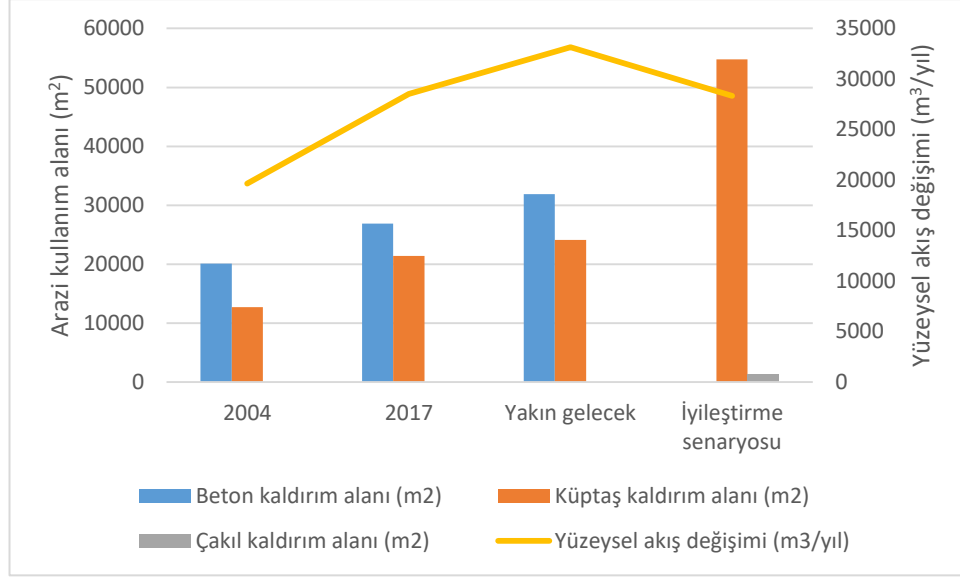
Yapılması önerilen bu değişimle beraber kaldırım yüzeylerindeki yüzeysel akış katsayısında ve buna bağlı olarak oluşacak yüzeysel akışta da azalma sağlanacaktır. Kaldırım alanlarının ağırlıklı yüzeysel akış katsayısı yeniden hesaplanırken küp taş alanlar için 0,7 (LMNO Engineering, 2018)ve çakıl şerit kaplamaları için ise 0,5 (Gwinnet County, 2018) yüzeysel akış katsayısı kabulü yapılmıştır. Yüzeysel akış miktarında oluşacak değişim ise Çizelge 4.2 ile verilmiştir.

**Çizelge 4.2 : Yerleşke'deki kaldırımlarda yıllar içinde yüzeysel akışın değişimi**

	<b>2004</b>	<b>2017-2018</b>	<b>Yakın gelecek</b>	<b>İyileştirme senaryosu</b>
Kaldırımlarda oluşan yüzeysel akış miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	19639	28525	33162	28337

Gelecek yıllarda Tınaztepe Yerleşkesi'nde bulunan kaldırımlarda yapılabilecek basit değişimler ile gelişimden kaynaklı yüzeysel akış artışının önüne geçilebileceği görülmektedir ve Şekil 4.4 ile verilmiştir.

Yerleşke içerisinde devam eden yapılaşmalarla beraber, önerilen bir diğer yağmur suyu yönetim uygulaması için arazi kullanımının değiştirilmesi ise yeni yapılacak olan binalarda yeşil çatı uygulamasıdır.



**Şekil 4.4 :** Yerleşke'deki kaldırımlarda yıllar içinde arazi kullanımı ve yüzeysel akışın değişimi grafiği.

Yerleşke içinde yakın gelecekte eklenecek binalar yarı olimpik kapalı yüzme havuzu binası, İzmir Meslek Yüksek Okulu binası, İlahiyat Fakültesi uygulama camii binası ve Depark bina 3'tür ve bu binaların alanları Çizelge 3.9 ile verilmiştir. Mimari ve statik gerekliliklerden dolayı yarı olimpik yüzme havuzu binası ve İlahiyat Fakültesi uygulama camii binasında tez çalışması kapsamında yeşil çatı önerilmemiş, yalnızca tip kat betonarme binalar olan İzmir Meslek Yüksek Okulu binası ve Depark bina 3'ün çatısında yeşil çatı uygulaması önerilmiştir. Öneri kapsamında, bina çatısında bulunabilecek olan mekanik, elektrik ekipmanlar sebebiyle çatı alanının %50'si yeşil çatı olarak önerilmiştir. Yeşil çatılarda ise mera-çalı türü ve yıllık su tutma kapasitesi %70 ve üzeri bitkiler seçildiği ve yüzeysel akış katsayısının 0,3 (Livingroofs, 2018) olduğu kabul edilmektedir. Buna göre yerleşke içindeki çatı kaplamalarının değişimi Çizelge 4.3 ile, yüzeysel akış miktarında oluşacak değişim ise Çizelge 4.4 ile verilmiştir.

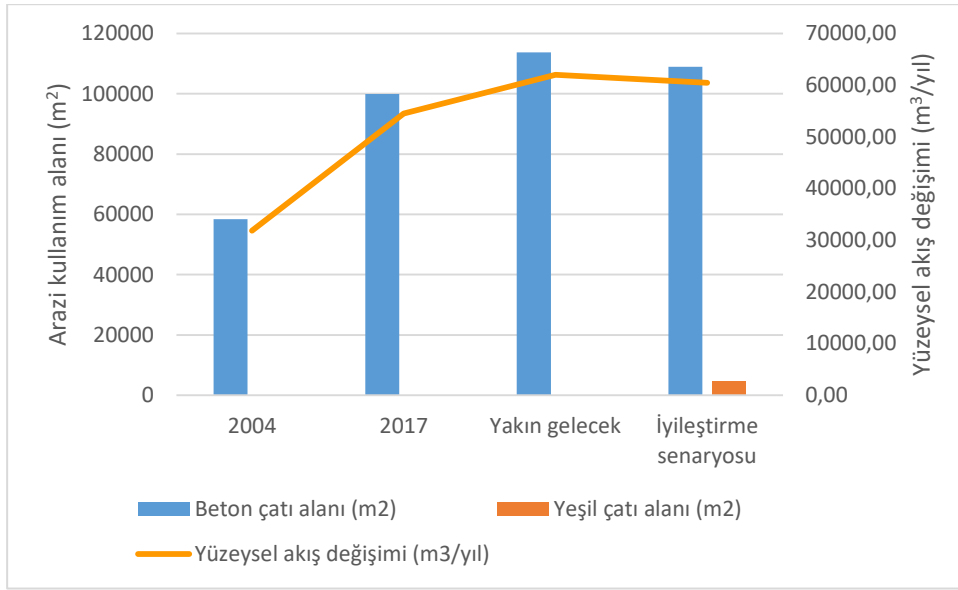
**Çizelge 4.3 :** Yerleşke'deki çatılarda yıllar içinde arazi kullanımlarının değişimi

	Beton çatı alanı (m <sup>2</sup> )	Yeşil çatı alanı (m <sup>2</sup> )
2004	58443	0
2017-2018	99907	0
Yakın gelecek	113726	0
İyileştirme senaryosu	108923	4803

**Çizelge 4.4 :** Yerleşke'deki çatılarda yıllar içinde yüzeysel akışın değişimi

	2004	2017-2018	Yakın gelecek	İyileştirme senaryosu
Çatılarda oluşan yüzeysel akış miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	31876	54492	62030	60458

Yapılan çalışmalar ışığında yıllar içinde gerçekleşecek olan yüzeysel akış değişimi ise Şekil 4.5 ile verilmiştir.



**Şekil 4.5 :** Yerleşke'deki çatılarda yıllar içinde arazi kullanımı ve yüzeysel akışın değişimi grafiği.

#### 4.2 Yağmur Suyunun Rezervuarlarda Kullanımı

Tez çalışması kapsamında DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde yapılması hedeflenen yağmur suyu yönetimi için önerilen bir diğer uygulama ise yağmur sularının toplanarak yeniden kullanılmasıdır. Yağmur sularının peyzaj sulama ya da tuvalet rezervuarı gibi alanlarda yeniden kullanılması yağmur suyunun yeniden değerlendirilmesi için çok önemli bir uygulama olup şebeke suyu tüketiminden yani aslında doğal kaynak tüketiminden de yüksek miktarlarda tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca yağmur suyunun atıksu şebekesine karışarak kirlenmesine ve kaybedilmesine engel olunur, sel ve taşkın riski azaltılır.

Yağmur suyunun rezervuarlarda kullanımı değerlendirilirken kişi yoğunluğu yüksek ve kişilerin düzenli bulunduğu Mühendislik Fakültesi 1. Etap, Mühendislik Fakültesi 2. Etap, Mühendislik Fakültesi 3. Etap, Mimarlık Fakültesi, Fen/Edebiyat Fakültesi,

İşletme Fakültesi ve Denizcilik Fakültesi binaları ele alınmıştır. Bu binaların rezervuar su ihtiyaçları Amerikan Yeşil Binalar Konseyi'nin yeşil bina sertifika sistemi olan LEED sertifikası su verimliliği hesap metoduna göre hesaplanmış ve Çizelge 3.13 ile verilmiştir.

Çalışmada, yağmur suyunun bir depoda toplanarak bina içindeki rezervuarlara ihtiyaca göre beslenmesini sağlayan bir Excel hesaplayıcı çizelgesi geliştirilmiştir. Hesaplayıcıda amaç, seçilen binalardaki değişebilen kişi sayısı ve dolayısıyla rezervuar tüketimi ve yine inşaat şartlarına göre değiştirilebilecek yağmur suyu depo hacmini kullanarak, binada rezervuarlardaki şebeke suyu tüketiminden ne kadar tasarruf sağlandığının bulunmasıdır. Hesaplayıcıya ait veri giriş sayfası Şekil 4.6 ile verilmiştir.

Hesaplayıcının ön yüzü olan yukarıdaki veri giriş sayfasının arka yüzünde ise her bina için ayrı ayrı yağmur suyu kullanım hesabı yapılmaktadır. Rezervuarlarda yağmur suyu kullanım hesabında öncelikle, meteorolojiden yağış verisi aylık olarak temin edildiği için, rezervuarlardaki su tüketimi, bina işletme günlerine oranlanarak aylık su tüketimi elde edilecek şekilde belirlenir. Sonrasında bina çatısında yağmur suyu toplanması belirlenen alandan toplanacak olan aylık yağmur suyu miktarı hesaplanır. Binaya yerleştirilebilecek uygun ölçülerde bir yağmur suyu deposu hacmi belirlenir. Hesaplayıcıda ilk olarak, yağmur suyu deposu devreye alınırken tamamen yağmur suyu ile doldurulduğu kabul edilmektedir. Sonra aylık olarak yağın yağışa bağlı olarak depo hacmine yağmur suyu eklenmeye devam etmektedir. Bu sırada, aylık olarak yağmur suyu deposundaki yağmurun rezervuarlara beslendiği, fazlasının depolanmaya devam ettiği ve depo hacminden fazla su var ise bir bypass hattı ile en yakın yeşil alan sulamasına beslendiği kabul edilmektedir. Hesaplayıcıda, sürekli olarak rezervuar ihtiyacı olan su yağmur suyu deposundan çekilmekte, yağın yağıştan kazanılan su da yağmur deposunu beslemektedir. Rezervuarların su ihtiyacının tamamının yağmur suyundan karşılanamadığı durumlarda ise şebeke suyundan su beslemesi yapılmaktadır. Yıllık kullanılan yağmur suyu miktarı ile ilgili hesaplara istinaden su verimliliği konusunda bir öngörü yapılırken güvenli tarafta kalınabilmesi için kullanılan yağmur suyu hacmi 0,75 emniyet katsayısı ile çarpılmıştır (Tanık, 2017).

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TINAZTEPE YERLEŞKESİ								
Binalardaki Rezervuarlarda Yağmur Suyu Kullanımının Hesaplanması								
		Mühendislik Fakültesi 1. Etap	Mühendislik Fakültesi 2. Etap	Mühendislik Fakültesi 3. Etap	Mimarlık Fakültesi	Fen/Edebiyat Fakültesi	İşletme Fakültesi	Denizcilik Fakültesi
Bina Kullanıcı sayıları	Akademik Personel							
	İdari Personel							
	Öğrenci Sayısı							
Yağmur suyu toplama tankı hacmi (m3)								
Yağmur suyu toplanacak çatı alanı (m2)								

Şekil 4.6 : Rezervuarlarda yağmur suyu kullanımı hesaplayıcısına ait veri giriş sayfası.



Aşağıda Çizelge 4.6 ile Excel hesaplayıcısının arka yüzü olarak Mühendislik Fakültesi 1. Etap binası örnek hesabı verilmektedir. Bu hesaplamada alınan rezervuar su ihtiyacı Bölüm 3.6 ile anlatılan metoda göre belirlenmiştir. Seçilen binalar tip kat olduğundan çatı alanları bina alanlarına eşittir ve yağmur suyunun çatı alanının tamamından toplanacağı kabul edilmiştir. Belirlenen çatı alanları Bölüm 3.4 ile anlatılmaktadır. Hesaplamada kullanılan yağış verileri ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup 3.3 ile anlatılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında rezervuar ihtiyacı belirlenen binaların her birinde 100 m<sup>3</sup> hacminde yağmur suyu deposu yapılacağı kabul edilmiştir. Bina içindeki tüm rezervuarların su ihtiyacı öncelikle yağmur suyu deposundan karşılanacaktır. Buna göre çalışmada incelenen binaların yıllık rezervuar su ihtiyacı, rezervuarlarında kullanılan yıllık yağmur suyu miktarı ve yağmur suyunun rezervuarlarda kullanım oranı Çizelge 4.5 ile verilmektedir.

**Çizelge 4.5 :** Yağmur suyunun binalarda bulunan rezervuarlarda kullanım oranı

	MUH-1	MUH-2	MUH-3	MIM	FE	ISL	DEN
Yıllık rezervuar su ihtiyacı	5445	13223	13231	4966	21970	7545	4190
Yıllık rezervuarlarda kullanılan yağmur suyu miktarı	1430	3367	3369	2186	3969	1256	1262
Yağmur suyunun rezervuarlarda kullanım oranı	26	25	25	44	18	17	30

### 4.3 Yağmur Suyu Hasat Sistemi Seçimi ve Arıtılması

Yağmur suyu toplama ve kullanma projelerinin makul ve kullanılabilir olması için hasat sistemi kurulurken bazı faktörler göz önüne alınmalıdır.

Dikkate alınacak faktörlerden ilki yağmur suyu hasadının yapılmasının planlandığı alandır. Genellikle, daha temiz bir su elde edilebildiği için çatılardan toplama yapılması tercih edilir. Çatıdan toplanan yağmur suyunun genellikle tek kademeli bir filtreden geçirilmesi yeterlidir (Sfr Su Teknolojileri, 2018).

**Çizelge 4.6 : Rezervuarlarda yağmur suyu kullanımını Excel hesaplayıcı arka yüzü**

Rezervuarlarda kullanılan su ihtiyacı (m <sup>3</sup> /yıl)	5444,58											
Yıllık toplam işletme günü sayısı (gün)	260											
Olası yağmur suyu biriktirme tankı hacmi (m <sup>3</sup> )	100											
Yağmur suyu toplama alanı-çatı (m <sup>2</sup> )	3313,5											
Toplama alanı yüzeyysel akış katsayısı	0,75											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık işletme günü sayısı(gün)	22	21	22	21	22	21	23	22	21	22	21	22
Aylık toplam yağış (mm/ay)	153,42	103,94	73,63	54,07	36,55	21,89	0,11	5,25	14,35	74,3	86,45	103,28
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık tutulan yağmur suyu miktarı (m <sup>3</sup> /ay)	381,27	258,30	182,98	134,37	90,83	54,40	0,27	13,05	35,66	184,64	214,84	256,66
Aylık rezervuar su ihtiyacı (m <sup>3</sup> /ay)	460,69	439,75	460,69	439,75	460,69	439,75	481,64	460,69	439,75	460,69	439,75	460,69
Ay başı tank doluluk hacmi (m <sup>3</sup> )	100,00	20,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ay boyunca kullanılan yağmur suyu miktarı(m <sup>3</sup> /ay)	460,69	278,88	182,98	134,37	90,83	54,40	0,27	13,05	35,66	184,64	214,84	256,66
Ay sonu tank doluluk hacmi (m <sup>3</sup> )	20,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Şebekeden çekilen su miktarı (m <sup>3</sup> )	0,00	160,88	277,72	305,38	369,86	385,35	481,36	447,65	404,09	276,05	224,92	204,03
Yıllık tutulan yağmur suyu (m <sup>3</sup> )	1807,28											
Yıllık kullanılan yağmur suyu (m <sup>3</sup> )	1807,28											
Yağmur suyunun kullanım oranı (%)	100,00											
Yıllık rezervuar su ihtiyacı (m <sup>3</sup> /yıl)	5444,58											
Yıllık kullanılan yağmur suyu miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	1907,28											
Emniyet katsayısı	0,75											
Yıllık kullanılan yağmur suyu miktarı (m <sup>3</sup> /yıl) - emniyetli	1430,46											
Yıl boyunca yağmur suyunun rezervuarlarda kullanım oranı (%)	26,27											

Yol ve otopark gibi, araçların üzerinde gezdiği alanlardan toplanan yağmur suyunun arıtılması ise toz ve toprağın yanı sıra, araçlardan sızan yağ, lastik parçaları, egzoz emisyonları vb. kirleticilerin arıtılmasını gerektireceğinden çok daha zor ve maliyetli bir uygulamadır. Tez çalışması kapsamında yağmur suyunun yalnızca çatılardan toplanması senaryosu değerlendirilmiştir.

Yağmur suyu hasat sistemi kurulurken dikkate alınması gereken diğer etmenler ise yağmur suyunun toplanacağı alanın büyüklüğü, coğrafi olarak hasadın yapılacağı bölgenin ortalama yağış miktarı, yağmur suyunun kullanılacağı amaç ve tasarlanacak olan ya da mimari açıdan yapının imkan verdiği depo hacmidir.

Binalarda tüketilen suyu, içme suyu ve kullanım suyu olarak ikiye ayırmak mümkündür. Toplanan yağmur suları tuvalet rezervuarları, peyzaj sulaması ya da temizlik işlerinde kullanılabilir. İçme suyu, yemek pişirme, duş, bulaşık yıkama ya da insani su ihtiyacını karşılama olarak tanımlanabilir. Yağmur sularının içme suyu tüketim alanlarında kullanılması mümkün olmakla beraber, tercih edilen bir uygulama değildir.

Yağmur suyu toplanan alan ne kadar büyükse, toplanacak su da bununla birlikte artacaktır. Fakat, yağmur suyu her ne kadar alternatif ve sürdürülebilir bir su kaynağı olsa da, her coğrafi bölge için yağmur suyu hasadı yapmak makul olmayabilir. Yağmur suyunun kullanılabilmesi tüketim alanındaki ihtiyaç ile, coğrafi bölgenin yağış miktarının örtüşmesi gerekmektedir. Aksi takdirde çok düşük bir verimlilik sağlamak adına ciddi bir sistem yatırımı yapılmış olur, ya da yeterli yağış olmadığından uygulanabilir olmayan bir sistem tasarlanmış olur.

Tez çalışması kapsamında Tınaztepe Yerleşkesi'nde bulunan eğitim binalarında yüksek miktarda tuvalet rezervuarı su tüketimi olduğundan, yağmur suyunun alternatif bir kaynak olarak makul olacağı öngörülmüştür ve ayrıca Türkiye'de yağmur rejiminin, yağmur suyu sistemlerinin uygulanması için uygun olduğu belirlenmiştir (Tanık ve diğ., 2015). Verimlilik hesapları yapılırken her bir bina için 100 m<sup>3</sup>'lük bir depo tasarlanacağı kabulü ile ilerlenmiştir ve durum değerlendirmesi yapılmıştır. Gelecek yıllarda yerleşke içerisinde öğrenci, akademik ve idari personel sayılarının değişkenliği öngörülerek binalardaki su tüketimi değişebileceğinden ya da depo hacminde revizyon yapılabileceğinden tezin genel mantığı bu değişkenleri göz önünde bulunduran bir hesaplayıcı oluşturmaktır.

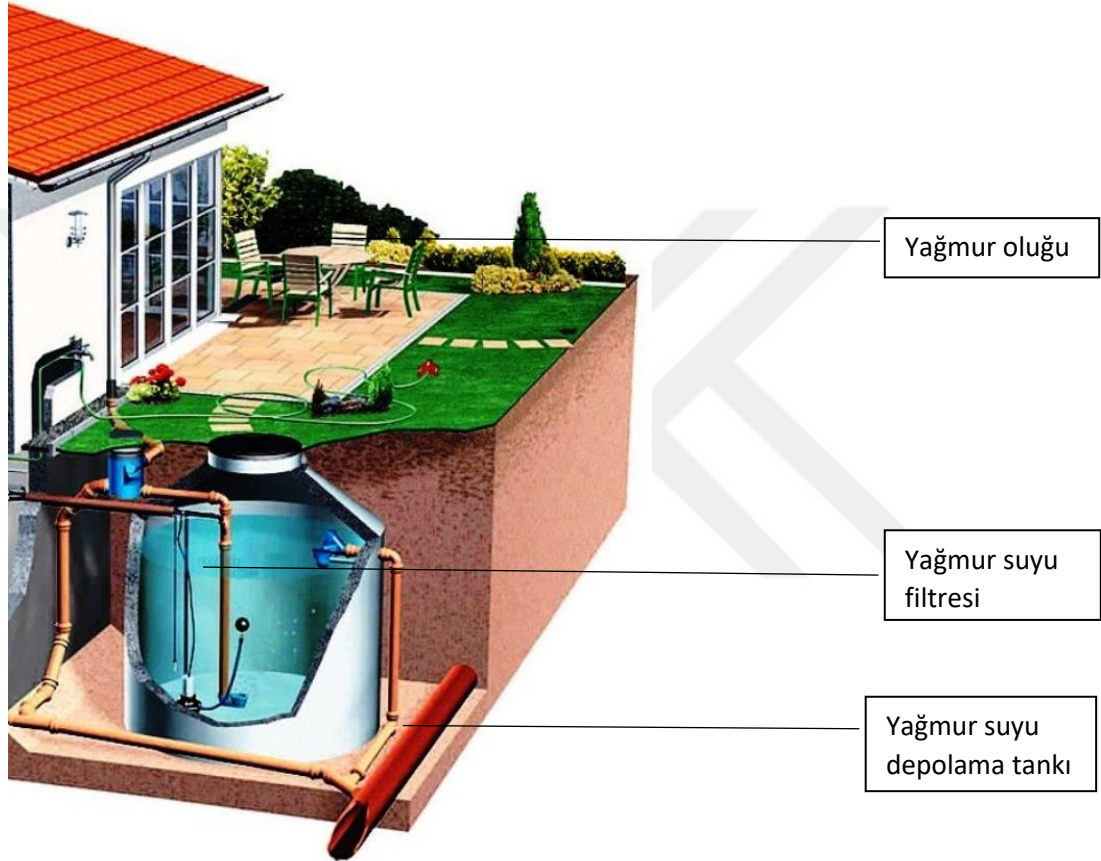
Yağmur suyu hasat sistemi tasarlanırken, çatılardan kanallarla toplanan yağmur suyunun toplama tankında biriktirildiği ve kullanım noktaları olan tuvalet rezervuarlarına doğrudan pompalandığı sistemler olarak öngörülmüştür (ÇŞB, 2017). Toplama tankı, binaların bodrum katlarında bir depo odasında, bina dışında binaya bitişik olacak şekilde zemin kotunda ya da bina dışında gömülü olarak yeraltında tasarlanacaktır. İzmir ilinde güneşli gün sayısı fazla olduğundan, tank içinde alg patlamalarının engellenmesi amacıyla bina içinde ya da yeraltında tasarlanacak tanklar bina mimarisi imkan verdikçe öncelikli olacaktır. Binaların mimari planları incelenerek, her bina için ayrı seçim yapılacaktır. Bunun sebebi, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te üzerinde durulmakta olan, betonarme sistemin kütesinin azaltılması gerekliliğine istinaden su deposu vb. tesisat yüklerinin zemine indirilmesi gerekliliğidir (BIB, 2007). Buna göre deponun çatıda tasarlanarak, pompa yerine cazibeden yararlanılması imkanı değerlendirilmemiştir. Bu yüzden pompanın kullanacağı enerji ve bakım maliyeti, maliyet değerlendirmesi yapılırken işletme masrafları içerisinde değerlendirilmiştir.

Yağmur suyunun zemin ya da zeminaltı kotta depolanması ve pompa vasıtası ile rezervuarlara gönderilmesi yöntemi, elektrik kesintisi vb. durumlarda probleme sebep olabilmektedir. Ayrıca tez çalışması kapsamında, her bina için toplanacağı öngörülen yağmur suyu miktarı, rezervuarlardaki ihtiyacın tamamını karşılamamakta, her binada farklı olmak üzere belirli bir miktarını karşılamaktadır ve yukarıda Çizelge 4.5 ile verilmektedir. Bu sebeplerden dolayı, tez çalışması kapsamında uygulanacak olan yağmur suyu hasat sistemlerinin yağmur suyunun yeterli miktarda olmadığı günler ya da kesintiler için şebeke suyundan beslenen sistemler olması öngörülmüştür.

Toplanan yağmur suyunun rezervuarlarda ya da temizlikte kullanılacak kaliteye gelmesi için ise Yağmur Suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik'ten yararlanılmıştır. 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. Filtre, toplama borularına yerleştirilmelidir (ÇŞB, 2017).

Tez çalışmasında binalara uygulanacak yağmur suyu toplama kanalları ile depo arasındaki borulama sistemine filtre yerleştirilmesi öngörülmektedir. Yağmur suyunun filtreden geçirilerek, yaprak, taş vb. katı maddelerin sudan ayrılması sağlanacaktır. Genellikle tuvalet rezervuarlarında ya da temizlik işlerinde kullanılacak olan yağmur

suyu daha ileri bir arıtmaya ihtiyaç duymamaktadır (EA, 2010). Seçilecek olan filtre, en az %90 filtrasyon verimine sahip, 1,25 mm'den büyük katı maddelerin geçişine izin vermeyen filtre olarak seçilecektir (ÇŞB, 2017). Ayrıca işletme problemlerinin en aza indirilebilmesi açısından suya ve havaya karşı dayanıklı olup bakım onarım işleri için ulaşılabilir bir filtre olacaktır. Çatıdan toplanan suyun filtreden geçirilerek yeniden kullanılmasını anlatan tipik gösterim şeması Şekil 4.7 ile verilmektedir.



**Şekil 4.7 :** Yağmur suyu toplama, filtreleme ve depo sistemi gösterimi (Tanık ve diğ., 2015).

Uygulanabilirliği kolay, verimi yüksek olan ve yağmur suyu borularına bağlanarak suyun depoya girmeden önce arıtılmasını sağlamak için tez çalışması kapsamında uygulanacak filtreye ilişkin örnek filtre resmi ise Şekil 4.8 ile verilmektedir.

Yağmur Suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik'te, kullanım suyu olarak kullanılacak olan suyun kalitesi ile ilgili herhangi bir parametre verilmemiştir. Kullanım suyunun kalitesi ile ilgili olarak, Türk Yönetmeliği'nin birçok yerde atıfta bulunduğu İngiliz Standartları incelenmiştir.



**Şekil 4.8 :** Örnek filtre resmi (Tanık ve diğ., 2015).

İngiliz Standartları'nda içme suyu konusunda oldukça katı parametreler olsa da, kullanım suyu konusunda herhangi bir standart verilmemiştir (EA, 2010), fakat sağlık endişelerinin giderilmesi için kullanma suyu konusunda kalite parametreleri üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu konuda İngiliz Bina Tesisleri Araştırma ve Danışma Birliği (BSRIA), Pazar Dönüşümü Programı (MTP) kapsamında gri su sistemlerini ve yağmur suyu sistemlerini, ortak ya da farklı kalite parametreleri konusunda değerlendirmiştir. Bu çalışmada yağmur suyunun kullanım suyu olarak kullanılması konusunda değerlendirilen parametreler Çizelge 4.7 ile verilmiştir.

**Çizelge 4.7 :** Pazar Dönüşümü Programı kapsamında yağmur suyu için belirlenen su kalitesi parametreleri

Parametre	Dış temizlikte kullanım	Tuvalet rezervuarında kullanım	Uygulama
Çözünmüş oksijen	>%10 doygunluk ya da >1 mg/l O <sub>2</sub>		Kullanılacak tüm sistemlerde
Askıda katı madde	Görsel olarak temiz ve su üzerinde yüzen toz ve kirden arındırılmış		Kullanılacak tüm sistemlerde
Renk	Sakıncalı değil		Kullanılacak tüm sistemlerde

Tez çalışması kapsamında, her bina için aylık olarak toplanan yağmur suyu ihtiyacın tamamından azını karşıladığı için ve ay sonunda yağmur suyu toplama tankında bekleyen su olacağı öngörülmediği için çözünmüş oksijen seviyesini arttırmak için herhangi bir havalandırma yapılması öngörülmemektedir.

Rezervuarlarda kullanılacak olan yağmur suyunda bulunan askıda katı madde, yukarıda tanımlanmış olduğu üzere 1.25 mm'den büyük parçalardan arındırılacaktır ve kullanılacak olan suda – sakıncalı olmamasına rağmen – toplama alanında yeşil çatı vb. bir uygulama olmadığından herhangi bir renk gözlemleneceği öngörülmemektedir.

Yağmur suyu hasat sisteminin verimini kaybetmemesi ve aynı zamanda kullanım aşamasında herhangi bir sağlık riski oluşturmaması için bakımının yapılması çok önemlidir. Tez çalışması kapsamında, Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi'nde yağmur suyu toplama sistemi kurulacak olan binalarda belirli bir bakım programı uygulanması önerilecektir. Bu program ile;

- Yağmur suyu toplama kanallarında kuş pisliği, kuş yuvası, yaprak gibi materyallerin birikmemesi için belirli aralıklarla kanallar elle temizlenecektir,
- Filtre, seçilen markaya bağlı olarak, yılda yaklaşık üç kere temizlenecek ya da değiştirilecektir (EA, 2010),
- Yağmur suyu toplama tankı, yılda yaklaşık bir kere görsel olarak alg patlaması ya da kum birikimine karşı kontrol edilecektir (EA, 2010).





## 5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1 Yağmur Suyu Kullanımının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde yağmur suyu kullanımının değerlendirildiği binalar yüksek sayıda idari ve akademik personelin yanı sıra çok fazla sayıda öğrencinin gün içerisinde bulunduğu binalardır. Bu binalarda gerçekleşen yüksek su tüketiminden dolayı binaların yıllık su faturaları yüksek mertebelindedir.

İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi (İZSU) tarafından beyan edilen ve 01.01.2018 tarihi itibarıyla geçerli olan içme suyu ücretlendirme tarifesine göre üniversitelerin kapsamına girdiği resmi daireler için su bedeli kademesiz olarak 3,78 TL/m<sup>3</sup>'tür.

Yerleşkede yağmur suyu toplanması ve kullanılması hedeflenen binalarda bu çalışmanın yapılabilmesi için, binalara yağmur suyu toplama sistemi ve yağmur suyu borulama hattı kurulması gerekmektedir. Aynı zamanda sistemin devamlılığını sağlamak ve vadedilen tasarruf oranını korumak için yağmur suyu toplama sisteminin, filtresinin ve pompasının da yıllık bakımlarının sağlanması gerekmektedir. İlk yatırım ve işletme maliyetleri olarak tanımlanan bu kalemlerin ücretlendirilebilmesi için sektörde mekanik proje tasarımı gerçekleştirmekte olan firmaların yaklaşık birim maliyetleri baz alınmıştır.

İlk yatırım maliyeti olarak tanımlanan masraflar, borulama maliyeti ve sistem maliyeti olarak ikiye ayrılmıştır. Borulama maliyeti, yerleşke içerisinde bulunan binaların çatılarında kurulacak oluklama ve bu oluklardan toplanan suyun su deposuna iletilmesini sağlayacak olan boruları içermektedir. Yerleşke içerisindeki binalar mevcut binalar olduğundan, bina içerisinde yağmur suyu ve şebeke suyu için çift borulu sistem tasarlanması uygulanabilirlik açısından kolay olmayacağından, mevcut şebeke suyu boruları kullanılarak ilerlenecek ve yağmur suyu deposu, yağmur suyunun yeterli gelmediği günlerde şebeke suyundan beslenecektir.

İlk yatırım maliyetlerinden sistem maliyeti olarak tanımlanan masraflar ise yağmur suyu deposunun, filtre sisteminin ve yağmur suyunun bina içerisine verilmesini sağlayacak pompa sisteminin maliyetidir.

İşletme maliyeti olarak tanımlanan masraflar, yağmur suyu toplama oluklarının düzenli bakımı ve temizliği, filtre sisteminin temizliği ve değişimi, deponun temizliği ve pompanın elektrik tüketim ve bakım maliyetlerini kapsamaktadır.

İZSU ücret tarifesi baz alındığında, tez çalışması kapsamında binaların LEED su verimliliği hesap metoduna göre hesaplanmış yıllık su tüketim değerlerine göre, yağmur suyu bina rezervuarlarında kullanıldığında yapılacak olan tasarruf, kurulacak yağmur suyu toplama arıtma sisteminin ilk yatırım ve işletme maliyetleri Çizelge H.1 ile verilmiştir. Bu değerlere istinaden yağmur suyu toplama sisteminin bina bazında amortisman süresi ise Çizelge H.2 ile verilmiştir.

## **5.2 Yağmur Suyu Kullanımının LEED Sertifikası Açısından Değerlendirilmesi**

Enerji ve çevresel tasarımda liderlik anlamına gelmekte olan LEED sertifikası, binaların çok daha çevreci ve ekonomik olarak tasarlanmasına ya da bu yönde iyileştirmeler yapılmasına teşvik eden gönüllülük esaslı bir sertifikadır. Sertifikanın alınması için binalar bir puanlama sistemine tabi tutulur. Bu puanlama sisteminde yapılması zorunlu olan konular ön koşul, puan sağlanan konular ise kredi olarak tanımlanmaktadır. Puanlama sistemi 110 puandan oluşmaktadır ve sonucunda elde edilen puana göre 40-49 puan arası LEED sertifikası, 50-59 puan arası LEED GÜMÜŞ sertifikası, 60-79 puan arası LEED ALTIN sertifikası ya da 80-110 puan arası LEED PLATİN sertifikası almaya hak kazanırlar. Puanlama sistemi farklı bina türleri için uygulanabilmektedir.

LEED, kaynak kullanımının azaltılmasına ve verimliliğe yönlendiren bir sistem olduğundan, yağmur suyunun değerlendirilmesi birden fazla konu başlığı altından puan getirmektedir. Tez çalışması kapsamında, binaların tamamen yeniden inşa edilme durumu söz konusu olmadığından, LEED mevcut binalar için kullanılan sistem olan LEED EB+OM sisteminden yararlanılmıştır. Bu sisteme göre, puanlama sisteminde su verimliliği ile ilgili olan konu başlıkları, krediler, ön koşullar ve sağladıkları puanlar Çizelge 5.1 ile verilmiştir.

**Çizelge 5.1 : LEED EB+OM ilgili kredileri ve puanları**

Konu başlığı	LEED Kredi Kodu	LEED Kredi Gerekliliği	Sağlanan puan
Sürdürülebilir araziler	SSc6-Yağmur suyu miktar kontrolü	Yağmur suyu yüzeysel akışını %15 oranında azaltacak uygulamalar yapılmalıdır.	1 puan
	WEc2-İç mekan	İç mekan toplam şebeke suyu tüketimi aşağıdaki oranlarda azaltılmalıdır;	1.1 puan
Su verimliliği	armatürlerinde	1.%10	2.2 puan
	sağlanan su	2.%15	3.3 puan
	verimliliği	3.%20	4.4 puan
		4.%25	5.5 puan
Su verimliliği		5.%30	
	WEc3-Peyzaj alanlarında sağlanan su verimliliği	Peyzaj alanlarında tüketile şebeke suyu miktarı aşağıdaki oranlarda azaltılmalıdır;	1.1 puan
		1.%50	2.2 puan
		2.%62,5	3.3 puan
		3.%75	4.4 puan
	4.%87,5	5.5 puan	
		5.%100	

Tez çalışması kapsamında DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde seçilen binalarda rezervuarlarda ve armatürlerde yapılan su tüketimlerinin yanı sıra, rezervuarlarda kullanılması öngörülen yağmur suyu miktarı da hesaplanmıştır. Bu değerler kullanıldığında binalarda yapılan toplam su tasarrufu Çizelge 5.2 ile verilmiştir.

**Çizelge 5.2 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi binalarında yağmur suyu kullanımı ile yapılan toplam su tasarrufu**

	Toplam su ihtiyacı (m <sup>3</sup> /yıl)	Binada kullanılan toplam yağmur suyu miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	Tüketilen toplam şebeke suyu (m <sup>3</sup> /yıl)	Şebeke suyundan yapılan tasarruf (%)
Mühendislik Fakültesi 1. Etap	8070	1430	6640	18
Mühendislik Fakültesi 2. Etap	19599	3367	16232	17
Mühendislik Fakültesi 3. Etap	19610	3369	16241	17
Mimarlık Fakültesi	7371	2186	5185	30
Fen/Edebiyat Fakültesi	32551	3969	28582	12

**Çizelge 5.2 (devam) :** DEU Tınaztepe Yerleşkesi binalarında yağmur suyu kullanımı ile yapılan toplam su tasarrufu

	<b>Toplam su ihtiyacı (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Binada kullanılan toplam yağmur suyu miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Tüketilen toplam şebeke suyu (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Şebeke suyundan yapılan tasarruf (%)</b>
İşletme Fakültesi	12022	1256	10766	10
Denizcilik Fakültesi	6686	1262	5424	19

Elde edilen verimlilik değerlerine göre tüm binalarda rezervuarlarda yağmur suyunun kullanılması, LEED su verimliliği açısından puan sağlamaktadır. Buna göre her bina için, LEED yeşil bina sertifikası almayı hedeflemesi durumunda WEc2 kredisinden, herhangi bir armatür ya da rezervuar değişimi yapılmadan, yalnızca yağmur suyu kullanılarak sağlanacak puanlar Çizelge 5.3 ile gösterildiği gibidir.

**Çizelge 5.3 :** LEED açısından sağlanacak puanlar

<b>LEED açısından WEc2 kredisinden sağlanacak puan (puan/5 puan)</b>	
Mühendislik Fakültesi 1. Etap	2
Mühendislik Fakültesi 2. Etap	2
Mühendislik Fakültesi 3. Etap	2
Mimarlık Fakültesi	5
Fen/Edebiyat Fakültesi	1
İşletme Fakültesi	1
Denizcilik Fakültesi	2

### 5.3 Öneriler

Tez çalışması kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi'nin Tınaztepe Yerleşkesi'nde, yerleşke sınırları içinde yağmur suyunu doğru yönetebilmek ve bu doğal kaynaktan mümkün olduğunca yararlanabilmek için çeşitli analizler yapılmış ve iyileştirme senaryoları değerlendirilmiştir. Bu bölümde, DEU Tınaztepe Yerleşkesi için yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanılarak, yerleşke için önerilerde bulunulmuştur.

Bölüm 4 ile anlatılan Tınaztepe Yerleşkesi iyileştirme senaryolarında öncelikle yerleşkedeki arazi kullanımlarının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Yerleşke, her ne

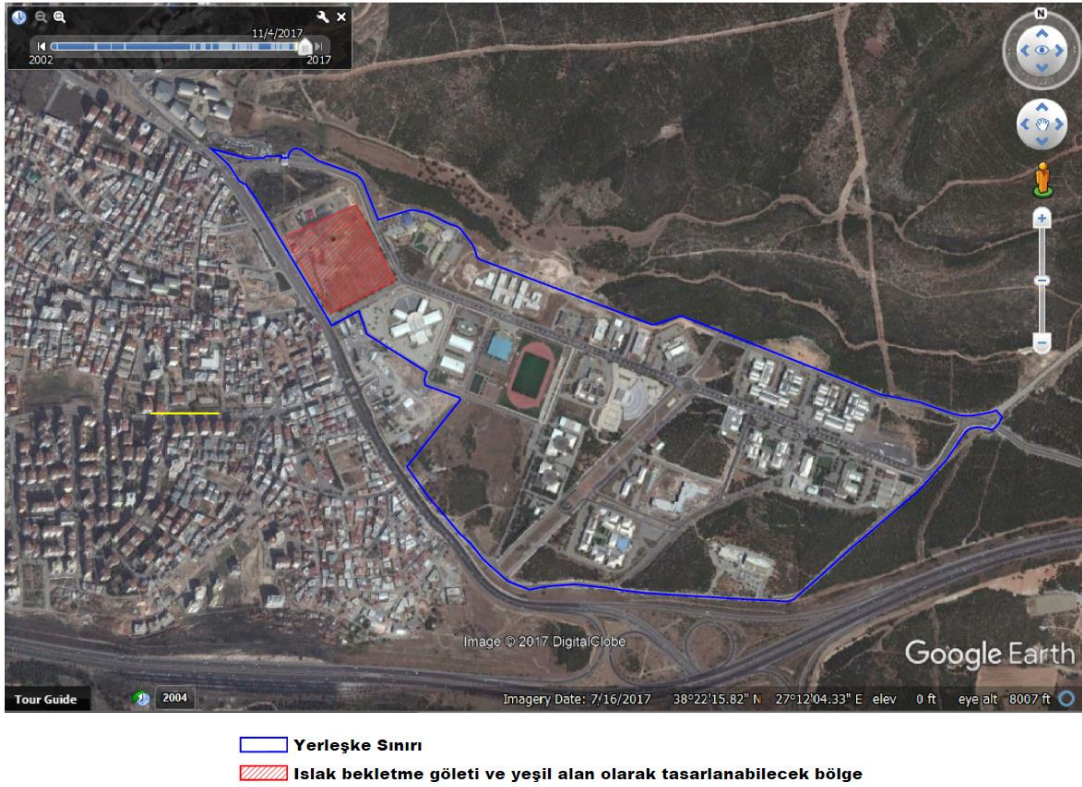
kadar kısmen şehir dışında ve kırsal bir alanda yer alsa da, bugüne kadar yapılmış olan ve yapılmaya devam eden yapılaşma tarzında sürdürülebilir olmayan yaklaşım gözlemlenebilmektedir. Yeni yapılmakta olan araç ve yürüyüş yolları, binalar ve diğer tesislerde yağmur suyunun toprağa ulaşmasını yani geçirimsizliği arttırmayı hedefleyen herhangi bir tasarım yoktur. Öncelikle en kolay ve uygulanabilir olan sızdırma yöntemine odaklanılmıştır.

Çalışmada yerleşke alanının 2004, 2017-2018 yılı değerlendirilirken, ayrıca yerleşkeye ait gelişim planı da Dokuz Eylül Üniversitesi'nden temin edildiği için yakın gelecek senaryosu adı ile gelecek durumu da değerlendirilmiştir. Bu veriler ışığında yakın gelecekte yapılacak bazı uygulamaların revize edilmesi, mevcutta uygulanmış olan bazı yapılaşmaların ise değiştirilmesi önerilmektedir. Çalışmada tüm yerleşke içerisinde devam eden ve yakın gelecek planında da devam edeceği görülmekte olan yüksek miktarda beton zemin yaya kaldırımları tespit edilmiştir. Gelecekte yapılacak olan kaldırımların tamamının küp taş olarak yapılması ve mevcutta beton olarak bulunan kaldırımların ise geçirimsizliği daha yüksek olan küp taş ile değiştirilmesi önerilmektedir. Buna ek olarak geçirimsizliğin daha da artırılması için eğim açısından uygun bulunan bazı kaldırımlarda, suyun yüzeysel akışının kesilmesi hedeflenerek akış yönünü dik kesecek şekilde çakıl şeritler yapılması uygun olacaktır. Bu revizyonlara istinaden, yerleşkenin yakın gelecekteki toplam yüzeysel akışında %15 azalma sağlanabileceği söylenebilir.

Arazi kullanımlarının revize edilmesi ile ilgili önerilen bir diğer uygulama ise yeşil çatılardır. Yeşil çatı, yerleşkenin toplam yüzeysel akışında yüksek miktarda azalma sağlayabilecek bir uygulama iken, binaların birçoğunun halihazır durumda bulunuyor olmasından dolayı herhangi bir statik probleme sebebiyet vermemek adına yalnızca yeni binalarda önerilebilir. Yakın dönemde yerleşkeye yapılacak olan İzmir Meslek Yüksek Okulu ve Depark bina 3'ün çatılarının %50'lik kısmının yeşil çatı olarak tasarlanması önerilmektedir. Yakın gelecekte yapılacak olan binalarda böyle bir revizyon ile, yerleşkenin tümünde toplam yüzeysel akış miktarı %2,5 oranında azalabileceği tahmin edilmektedir.

Bu çalışmalar dışında, yerleşke için tez kapsamında hesaplanmayan fakat yağmur suyunun doğru yönetilmesinde yararlı olacak en iyi yönetim uygulaması önerileri yapılabilir. Öncelikle yerleşke alanı eğimli bir zemine sahiptir ve yerleşkenin girişlerinden biri en alt kotta bulunmaktadır ve bu bölgede henüz yapılaşmamış alan

bulunmaktadır. Bu alan Şekil 5.1 ile verilmiştir. Yerleşkenin gelecek yapılaşması planlanırken bu bölgede ıslak bekletme göleti yapılması önerilmektedir. Islak bekletme göleti tasarımı ile cazibeyle gölette toplanabilen yağmur suyunda %70 oranında TAKM, %35 oranında TN ve %45 oranında TP giderimi sağlanabilmektedir (EPA, 2011). Ayrıca oluşturulan ıslak bekletme göletinin çevresinde yeşil alan oluşturularak yerleşke kullanıcıları için açık alan yaratılırken bu bölgenin yapılaşmasının da önüne geçilebilir. Bu yeşil alanın sulaması da gölette toplanan yağmur suyu ile yapılabilir. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesi'nde benzer bir uygulama yapılmıştır ve yağmur suyu yerleşke içerisinden toplanarak alt kotlarda bulunan gölete deşarj edilmektedir ve yerleşke alanında ağaçların ve bitki örtüsünün sulanmasında gölete biriktirilen yağmur suyu kullanılmaktadır (İTÜ, 2018). Uygulamaya ait fotoğraf ise Şekil 5.2 verilmiştir.



Şekil 5.1 : Islak bekletme göleti ve yeşil alan olarak tasarlanabilecek bölge.



**Şekil 5.2 :** İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesi yağmur suyu göleti.

Yerleşkede yeni yapılması planlanan araç yollarının birçoğu yerleşke çevre sınırında bulunmakta ve bir kenarı üniversite ile ilişkili iken diğer kenarı ise kırsal alan ile ilişkilidir. Yeni yapılacak olan bu yolların, üniversite ile ilişkili kenarına küp taş yaya kaldırımı yapılırken, kırsal alan ile ilişkili olan diğer kenarlarına ise sızma hendekleri tasarlanabilir. Bu alanlarda yapılabilecek sızma hendekleri ile araç yollarındaki yüzeysel akış miktarı azaltılabilir ve şiddetli yağışlarda sel riskinin önüne geçilebilir. Ayrıca bu tasarım ile, %90 oranında TAKM giderimi, %55 oranında TN giderimi ve %60 oranında TP giderimi sağlanabilmektedir (EPA, 2011). Örnek sızma hendeği resmi Şekil 5.3 ile verilmiştir.

Bu çalışmalara ek olarak, yerleşke içerisinde yapılacak olan tüm yeni bina ve yollarda, inşaat çalışmalarının çevreyi ve yağmur suyunu kirletmemesi için alınması gerekli önlemler kapsamında inşaat sahasından çıkan araçların temizlik kontrolü, inşaat çevresinde bulunan atık su şebekesine çamurlu su deşarj edilmemesi, inşaat sahasından yağmur suyunun kontrolsüz şekilde çıkmaması ya da erozyona sebep olmaması, inşaatın kaynaklanan tozumanın engellenmesi gibi çalışmalar yapılması önerilmektedir.





**Şekil 5.3:** Yol kenarı sızma hendeği örnek resmi.

Yerleşke içerisinde araç yollarının yanlarına yapılabilecek oluk tasarımları önerilmektedir. Bu tasarımlar ile yollarda yüzeysel akışa sebep olan yağmur suları biriktirilebilir ve oluklarda toplanan yağmur suyunun daha hızlı akararak daha az kirlenmesi sağlanabilir.

Ek olarak, tez çalışması kapsamında DEU Tınaztepe Yerleşkesi'nde toplanan ya da yüzeysel akışta bulunan yağmur sularının kirleticilerden korunması için yeşil temizlik planı hazırlanması önerilmektedir. Bu plan ile toplanan yağmur suyunun daha az kirletici içermesi için çatılarından yağmur suyu toplanan binaların çatıları ve yağmur suyu toplama kanallarının yanı sıra, çatısından yağmur suyu toplanmayan binaların da çatılarının yüzeysel akıştaki yağmur suyuna kirlilik yükü getirmemek için düzenli temizlenmesi önerilmektedir. Ayrıca aynı şekilde yüzeysel akıştaki yağmur suyunda kirlilik yükünün azaltılması için yollar ağaç kabukları ve hayvan dışkıları gibi kirleticilerden düzenli olarak temizlenmeli, üniversitede bulunan kişilerin çevreyi kirletmemeleri için gerekli bilinçlendirme çalışmaları yapılmalı, bitki ilaçları kullanmak yerine toprak örtüsü, malç benzeri fiziksel uygulamalarla yabancı bitkilerle mücadele edilmeli ve böcek ilacı seçilirken daha az toksik ve uzun ömürlü ilaçlar



seçilmesi önerilmektedir. Bunlarla beraber önerilen en verimli uygulama ise yeşil alanların maksimum oranda arttırılmasıdır.

Yerleşkenin altyapı planları incelenirken, yerleşke içinde yağmur suyu drenaj sistemi olmadığı tespit edilmiştir. Yerleşke içinde yağmur suyunun kontrolünün sağlanması ve yüzeysel akışın kontrol edilebilmesi için yerleşkede önerilen bir diğer uygulama ise yağmur suyu drenaj sistemi oluşturulmasıdır. Bu sayede, anlık maksimum yağış durumlarında yerleşkede aşırı yüzeysel akışın da önüne geçilmesi önerilmektedir.

Çalışmada, arazi kullanım revizyonları ve yönetim önerilerinin yanı sıra, yağmur suyunun kayıp olmaktan kurtarılarak kullanımda değerlendirilmesi sağlanırken maddi tasarruf imkanı da yaratacak öneri de yapılmıştır. Buna göre yerleşkede eğitim binaları olarak tespit edilen Mühendislik Fakültesi 1. Etap, Mühendislik Fakültesi 2. Etap, Mühendislik Fakültesi 3. Etap, Mimarlık Fakültesi, Fen/Edebiyat Fakültesi, İşletme Fakültesi ve Denizcilik Fakültesi binalarının çatılarından yağmur suyu toplanarak ve filtrelenerek rezervuarlarda kullanılması önerilmiştir.

Bu öneri ile her binanın kullanıcı sayısından kaynaklanan su tüketimi ve yağmur suyu deposunun mimariye uygun olarak eklenmesini temel alan bir hesaplayıcı çizelge oluşturulmuştur. Oluşturulan hesaplayıcıda her bina için yıllar içerisinde değişebilecek öğrenci, akademik personel ve idari personel sayısına göre su tüketim hesabı yapılabilmekte ve farklı yağmur suyu depo hacimleri ile sağlanabilecek su tasarrufları belirlenebilmektedir.

Çalışmada, binalara ait mevcut öğrenci ve personel sayısı kullanılarak ve her bina için 100 m<sup>3</sup>'lük bir yağmur suyu deposu kabulü ile yola çıkılarak su verimliliği hesabı yapılmıştır. Buna göre rezervuarlara yağmur suyu beslemesi yapılarak yalnızca rezervuarlarda; Mühendislik Fakültesi 1. Etap binasında %26, Mühendislik Fakültesi 2. Etap binasında %25, Mühendislik Fakültesi 3. Etap binasında %25, Mimarlık Fakültesi binasında %44, Fen/Edebiyat Fakültesi binasında %18, İşletme Fakültesi binasında %17 ve Denizcilik Fakültesi binasında %30 oranında şebeke suyu tasarrufu yapılabilmektedir. Tüm binanın rezervuar ve armatür tüketiminde ise toplamda; Mühendislik Fakültesi 1. Etap binasında %21, Mühendislik Fakültesi 2. Etap binasında %21, Mühendislik Fakültesi 3. Etap binasında %21, Mimarlık Fakültesi binasında %35, Fen/Edebiyat Fakültesi binasında %15, İşletme Fakültesi binasında %13 ve

Denizcilik Fakültesi binasında %23 oranında şebeke suyu tasarrufu yapılabildiği tespit edilmiştir.

Bu değerler ile yola çıkılarak binalarda çatılardan yağmur suyunun toplanmasına, filtrelenmesine ve depolanarak rezervuarlara pompalanmasına imkan verecek sistemlerin uygulanması sağlanırsa; Mühendislik Fakültesi 1. Etap binasında 2,9, Mühendislik Fakültesi 2. Etap binasında 3,1, Mühendislik Fakültesi 3. Etap binasında 3,1, Mimarlık Fakültesi binasında 1,3, Fen/Edebiyat Fakültesi binasında 6,8, İşletme Fakültesi binasında 8,8 ve Denizcilik Fakültesi binasında 2,3 yıl içerisinde sistemlerin kendilerini amorti edecekleri hesaplanmıştır.

Fakat, Fen/Edebiyat Fakültesi ve İşletme Fakültesi binalarında hesaplanan şebeke suyu verimlilikleri %20'nin altında olup amortisman süreleri de diğer binalara kıyasla çok daha uzun olduğundan, bu binalarda yağmur suyu rezervuarlarda kullanılmak yerine, filtrelendikten sonra bina içi ve bina dışı temizlikte de kullanılabilceği önerilmektedir.

Çalışmanın ileri aşamasında yerleşkedeki eğitim binalarının rezervuarlarında yağmur suyunun kullanılabilmesi için bina bazında optimizasyon çalışması yapılması önerilmektedir. Yapılacak çalışma ile minimum maliyet ve depo hacmi ile rezervuardaki su ihtiyacının maksimum oranda karşılanması, su tutma verimini arttıracak çalışmaların belirlenmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

**Akkaya C., Efeoğlu A. Yeşil N.** (2006). *Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği*. Su Politikaları Kongresi.

**Ankaya F. Ü.** (2007). *Kaynaklar (Buca/İzmir) Çevresinin Doğal Bitki Örtüsü Dağılımı ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkilerin GIS ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*.

**Aydın Y.M., Kavak P., Kara M., Elbir T.** (2015). İzmir.: *DEU Tınaztepe Yerleşkesi’nde Ağaç Bileşenleri Üzerinde İz Element Konsantrasyonlarının Belirlenmesi ve Kirlerici Kaynakların Tespiti*.

**Barbosa A.E., Fernandes J.N. & David L.M.** (2011). *Key issues for sustainable urban stormwater management.*: Water Research.

**BİB.** (2007). *Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

**Boeuf B., Fritsch O.** (2016). *Studying the implementation of the Water Framework Directive in Europe: a Meta-analysis of 89 Articles*.

**Campbell N., D’Archy B., Frost A., Novotny V. & Samson A.** (2004). *Diffuse Pollution, An Introduction to the problems and sollutions*.

**Chang N., Wanielista M. P., Xuan Z. & Marimon Z.A.** (2014). Orlando.: *Floating Treatment Wetlands for Nutrient Removal in a Subtropical Stormwater Wet Detention Pond with a Fountain*.

**CoCU.** (2018). *Stormwater Best Management Practices Inspection*. Web sitesi erişim: 15 Ocak 2018. [https://www.como.gov/utilities/stormwater-engineering/bmp/?doing\\_wp\\_cron=1523807756.2751588821411132812500](https://www.como.gov/utilities/stormwater-engineering/bmp/?doing_wp_cron=1523807756.2751588821411132812500)

**Çalışkan U.** (2007). İstanbul.: *Kara Yolu Ulaşım Ağlarında Yüzeysel Drenaj Sistemleri ve Hidrolik Tasarım Esasları*.

**ÇŞB.** (2017). *Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

**Demirtaş Ö. D.** (2007). *İzmir İli İklim Parametrelerinin Değerlendirilmesi*.

**EA.** (2010). *Harvesting Rainwater for Domestic Uses: An Infirmination Guide*. Birleşik Krallık.

**EC.** (2018). *Science for Environmental Policy: Implementing the EU Water Framework Directive-lack of evidence for Eastern European Countries*. Web sitesi erişim: 22 Nisan 2018. [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/implementing\\_eu\\_wfd\\_lack\\_evidence\\_eastern\\_european\\_countries\\_465na4\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/implementing_eu_wfd_lack_evidence_eastern_european_countries_465na4_en.pdf)

**EPA.** (2011). *BMP Pollutant Efficiency-Appendix B*.

- EPA.** (2013). *Rainwater Harvesting, Conservation, Credit, Codes, and Cost Literature Review and Case Studies.*
- Ghisi E.** (2017). Florinapolis.: *Frontiers in Civil Engineering, Water Savings in Buildings, Volume 2.*
- Gülhan H.** (2017). *Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinden Kaynaklanan Sera Gazı Salımının Tahmini.*
- Gündoğan İ.** (2016). İzmir.: *Tınaztepe (Buca-İzmir) Fulguritinin Petrolojisi ve Kökeni.*
- Günerhan S.A., Günerhan H.** (2016). İzmir.: *Türkiye için Sürdürülebilir Üniversite Modeli.*
- Gwinnet County.** (2017). *Stormwater Management Manual.*
- Hanifeng J., Lu Y., Yu S.L., Chen Y.** (2011). *Planning of LID–BMPs for urban runoff control: The case of Beijing Olympic Village.*
- Harvest H<sub>2</sub>O.** (2018). *Regulations and Statutes.* Web sitesi erişim: 16 Mart 2018, [http://www.harvesth2o.com/statues\\_regulations.shtml](http://www.harvesth2o.com/statues_regulations.shtml)
- House E.A.** (2008). *Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide.*
- İTÜ.** (2018). *Yeşil Kampüs.* Web sitesi erişim: 15 Mart 2018. <http://www.yesilkampus.itu.edu.tr/yesil-kampus>
- İZSU.** (2018). *Su ve Atıksu Tarifesi.* Web sitesi erişim: 19 Ocak 2018. <http://www.izsu.gov.tr/Pages/standartPage.aspx?id=65>
- KB.** (2014). *Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği - Onuncu Kalkınma Planı.* Ankara.: T.C. Kalkınma Bakanlığı.
- Kumar A., Kim D.S.** (2017). *Sustainability Practice and Education on University Campuses and Beyond.*
- Liu Y., Ahiablame L. M., Bralts V. F. & Engel B. A.** (2014). *Enhancing a rainfall-runoff model to assess the impacts of BMPs and LID practices on storm runoff.*
- Livingroofs.** (2018). *Run Off Co-efficients for Green Roofs.* Web sitesi erişim: 10 Mart 2018. <https://livingroofs.org/storm-water-run-off/>
- LMNO Engineering.** (2018). *Rainwater Equation Calculator.* Web sitesi erişim: 15 Ocak 2018. <https://www.lmnoeng.com/Hydrology/rational.php>
- Manioğlu N. İ.** (2011). *Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması.: Tesisat Mühendisliği - Sayı 125.*
- Niemczynowicz, J.** (1999). *Urban Hydrology and Water Management Present and Future Challenges.*
- Nicklów/Boulos/Muleta.** (2006). *Comprehensive Urban Hydrologic Modeling Handbook for Engineers and Planners.* MWH Soft.
- Özalp, D.** (2009).. *Doğu Karadeniz Havzası'nda Yayılı Kirlerici Kaynakların Belirlenmesi ve Yönetim Önerileri.*

- Sahtiyancı Ö.H.** (2014). Ankara.: *Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Çevresel Hedefler ve Önlemler Programı: Büyük Menderes Havzası Örneği.*
- Saour W. H.** (2009). *Implementing Rainwater Harvesting systems on the Texas A&M Campus for Irrigation Purposes: A feasibility Study.*
- Saygın N., Ulusoy P.** (2011). *Stormwater Management and Green Infrastructure Techniques for Sustainable Campus Design.*
- Sfr Su Teknolojileri.** (2018). *Yağmur suyu filtreleme ve depolama sistemleri. Web sitesi erişim: 15 Mart 2018. <http://www.sfr.com.tr/yagmur-suyu-hasati-s6.html>.*
- Tanık A., Öztürk İ. & Cüceloğlu G.** (2015). *Aritılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri.* Ankara.: Türkiye Belediyeler Birliği.
- Tanık A.** (2017). Kahramanmaraş.: *Yağmur Suyu Toplama, Biriktirme ve Geri Kullanımı.*: Su Kaynakları ve Kentler Konferansı.
- Tavşan Ç.** (2008). *Melen Havzası'nda Yayılı Besi Maddesi Yüklerinin Azaltılması Amacı ile En İyi Yöntem Uygulamalarının Araştırılması.*
- Thompson D. B.** (2007). *The Rational Method.* R.O. Anderson Engineering.
- Tuna G.** (2006). *Assessing Green Design Approach to Develop Conceptual Model for Landscape Planning in University Campuses.*
- Ulusoy P.** (2011). *Sustainable Management of Water Resources on Campus: The Case of Izmir Institute of Technology.*
- USGBC.** (2013). *Referance Guide for Building Design and Construction.*
- USGBC.** (2016). *Water Use Reduction Additional Guidance, Version 9.*
- WDEQ.** (1999). *Urban Best Management Practices for Non-point Source Pollution: Wyoming Department of Environmental Quality.*
- Zhang B., Xie G., Li N., Wang S.** (2015). *Effect of urban green space changes on the role of rainwater runoff.*



## **EKLER**

**Ek A:** Tınaztepe Yerleşkesi topoğrafi haritası ve eğitim şeması

**Ek B:** Akademik eğitim binalarındaki öğreci, akademik ve idari personel sayıları

**Ek C:** Yerleşkede 2004 yılında bina oturma alanları, beton ve küp taş alanlar, asfalt yollar, beyon ve küp taş kaldırımlar

**Ek D:** Yerleşkede 2017-2018 yılında bina oturma alanları, beton ve küp taş alanlar, asfalt yollar, beyon ve küp taş kaldırımlar

**Ek E:** Yerleşkede yakın gelecekte bina oturma alanları, beton ve küp taş alanlar, asfalt yollar, beyon ve küp taş kaldırımlar

**Ek F:** 2004 yılı, 2017-2018 yılı ve yakın gelecekte DEU Tınaztepe Yerleşkesi yıllık toplam yüzeysel akış miktarları

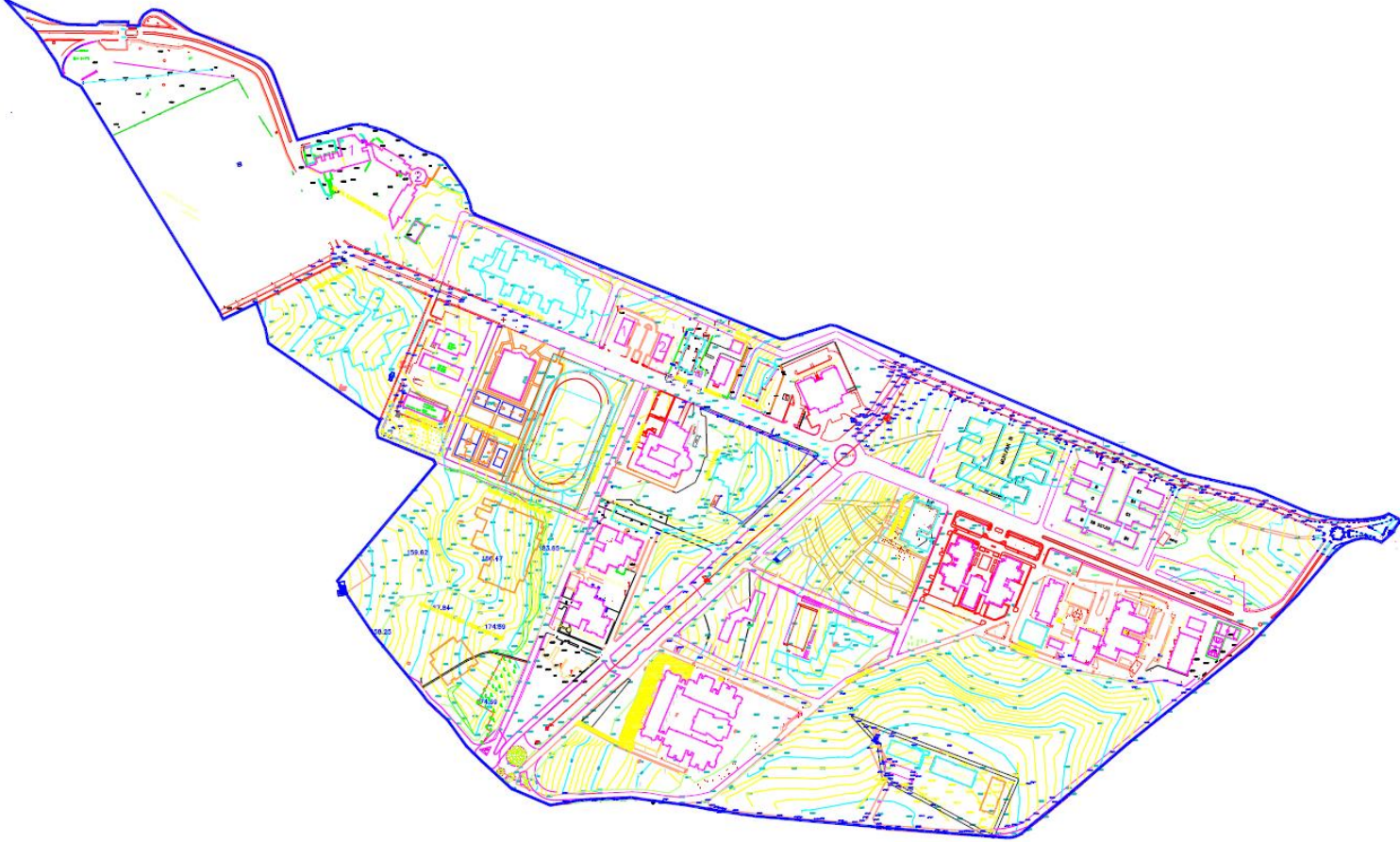
**Ek G:** MUH-1, MUH-2, MUH-3, Mimarlık, Fen-Edebiyat, İşletme ve Denizcilik Fakülteleri su tüketimlerinin hesaplanması

**Ek H:** Yağmur suyu kullanım durumunda maliyetlerin değerlendirilmesi ve amortisman süreleri

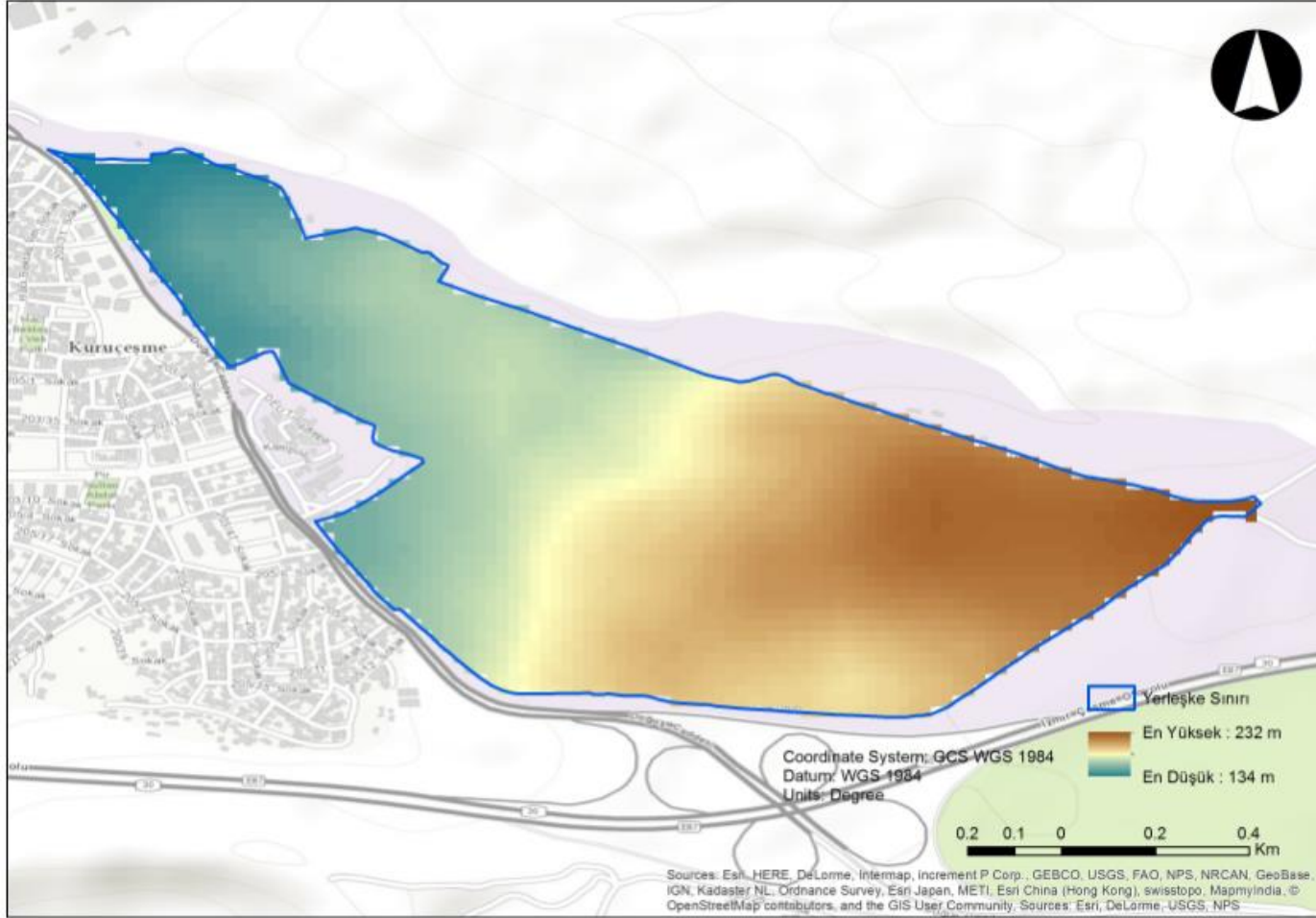




EK A



Şekil A.1 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi topoğrafi haritası.



Şekil A.2 : DEU Tınaztepe Yerleşkesi eğim şeması.

**EK B****Çizelge B.1 : Akademik eğitim binaları, toplam öğrenci sayıları**

<b>Bina</b>	<b>Bölüm/fakülte/enstitü</b>	<b>Öğrenci sayısı</b>
Fen/Edebiyat binası	Fen fakültesi	1824
	Edebiyat fakültesi	3781
Hukuk fakültesi binası	Hukuk fakültesi	2714
Denizcilik fakültesi binası	Denizcilik fakültesi	1309
İşletme fakültesi binası	İşletme fakültesi	2392
Mimarlık fakültesi binası	Mimarlık fakültesi	1239
Sosyal bilimler enstitüsü binası	Sosyal bilimler enstitüsü	7293
Atatürk ilkeleri ve inkılap tarihi enstitüsü binası	Atatürk ilkeleri ve inkılap tarihi enstitüsü	439
Fen bilimleri enstitüsü binası	Fen bilimleri enstitüsü	2749
Mühendislik fakültesi 1. Etap	Çevre/İNŞAAT mühendisliği	1383
Mühendislik fakültesi 2. Etap	Jeoloji/jeofizik/maden/malzeme/bilgisayar mühendisliği	3359
Mühendislik fakültesi 3. Etap	Endüstri/makine/tekstil/elektrik elektronik mühendisliği	3360

**Çizelge B.2 : Akademik eğitim binaları, toplam akademisyen sayıları**

<b>Bina</b>	<b>Bölüm/fakülte/enstitü</b>	<b>Akademik personel sayısı</b>	
Fen/Edebiyat binası	Fen fakültesi	135	260
	Edebiyat fakültesi	125	
Hukuk fakültesi binası	Hukuk fakültesi	78	
Denizcilik fakültesi binası	Denizcilik fakültesi	58	
İşletme fakültesi binası	İşletme fakültesi	89	
Mimarlık fakültesi binası	Mimarlık fakültesi	76	
Sosyal bilimler enstitüsü binası	Sosyal bilimler enstitüsü	18	
Atatürk ilkeleri ve inkılap tarihi enstitüsü binası	Atatürk ilkeleri ve inkılap tarihi enstitüsü	12	
Fen bilimleri enstitüsü binası	Fen bilimleri enstitüsü	13	
Mühendislik fakültesi 1. Etap	Çevre/İNŞAAT mühendisliği	62	
Mühendislik fakültesi 2. Etap	Jeoloji/jeofizik/maden/malzeme/bilgisayar mühendisliği	151	
Mühendislik fakültesi 3. Etap	Endüstri/makine/tekstil/elektrik elektronik mühendisliği	151	

**Çizelge B.3 : Akademik eğitim binaları, idari personel sayıları**

<b>Bina</b>	<b>Bölüm/fakülte/enstitü</b>	<b>İdari personel sayısı</b>	
Fen/Edebiyat binası	Fen fakültesi	12	22
	Edebiyat fakültesi	10	
Hukuk fakültesi binası	Hukuk fakültesi	22	
Denizcilik fakültesi binası	Denizcilik fakültesi	18	
İşletme fakültesi binası	İşletme fakültesi	16	
Mimarlık fakültesi binası	Mimarlık fakültesi	13	
Sosyal bilimler enstitüsü binası	Sosyal bilimler enstitüsü	16	
Atatürk ilkeleri ve inkılap tarihi enstitüsü binası	Atatürk ilkeleri ve inkılap tarihi enstitüsü	6	
Fen bilimleri enstitüsü binası	Fen bilimleri enstitüsü	15	
Mühendislik fakültesi 1. Etap	Çevre/inşaat mühendisliği	13	
Mühendislik fakültesi 2. Etap	Jeoloji/jeofizik/maden/malzeme/bilgisayar mühendisliği	32	
Mühendislik fakültesi 3. Etap	Endüstri/makine/tekstil/elektrik elektronik mühendisliği	32	



## EK C



- Yerleşke Sınırı
- 2004 - Bina Oturum İzleri
- Beton Alanlar
- Küptaş Alanlar

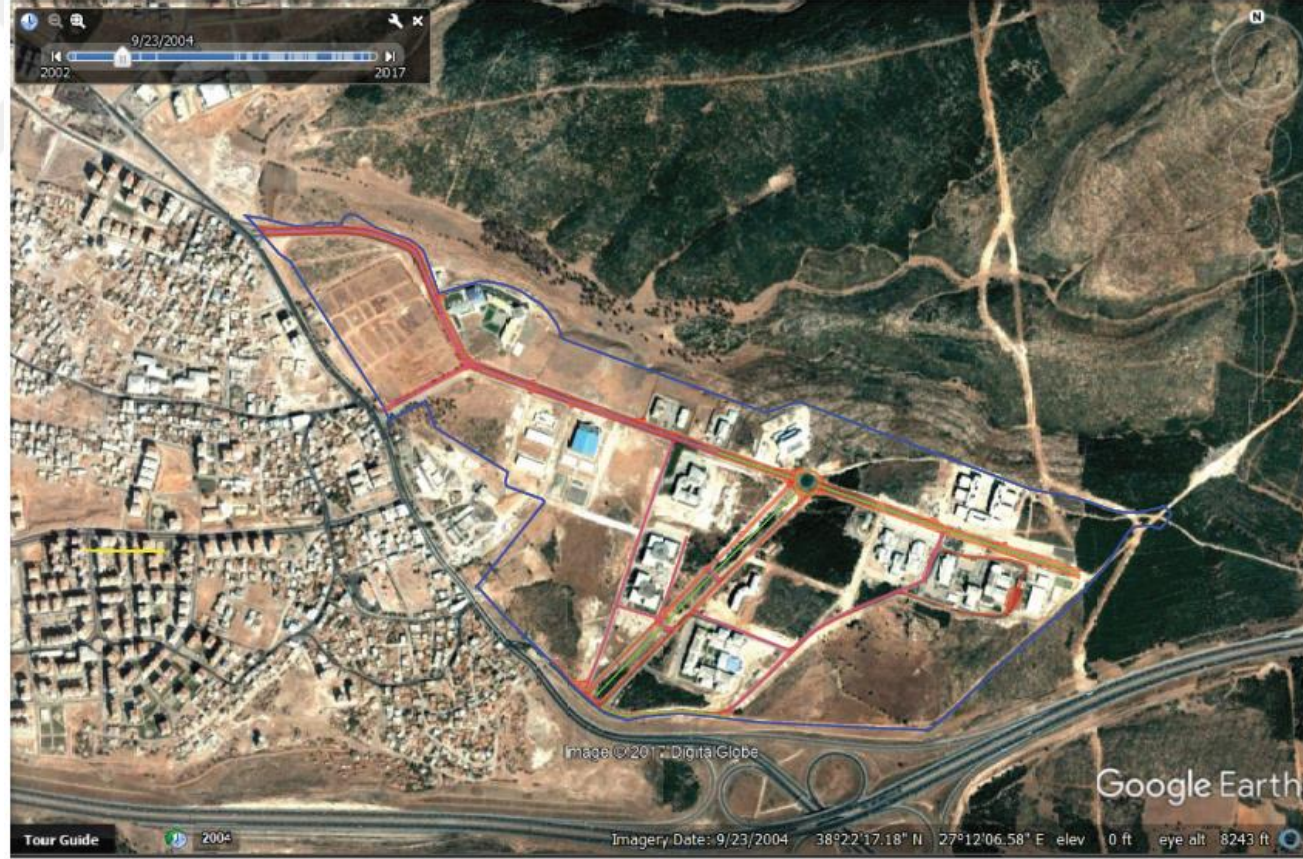
Şekil C.1 : 2004 yılı bina oturum alanları, beton ve küp taş alanlar.



- ▭ Yerleşke Sınırı
- ▭ 2004 - Asfalt Yollar

Şekil C.2 : 2004 yılı asfalt yollar.





- ▭ Yerleşke Sınırı
- ▭ Çevresinde Beton Kaldırım Olan Yollar
- ▭ Çevresinde Küptaş Kaldırım Olan Yollar

Şekil C.3 : 2004 yılı beton ve küp taş kaldırımlar



## EK D



- ▬ Yerleşke Sınırı
- 2004 - Bina Oturum İzleri
- 2017 - Eklenen Bina Oturum İzleri
- 2004 - Beton Alanlar
- 2017 - Eklenen Beton Alanlar
- Küp taş Alanlar

Şekil D.1 : 2017-2018 yılı bina oturum alanları, beton ve küp taş alanlar.



Şekil D.2 : 2017-2018 yılı asfalt yollar.

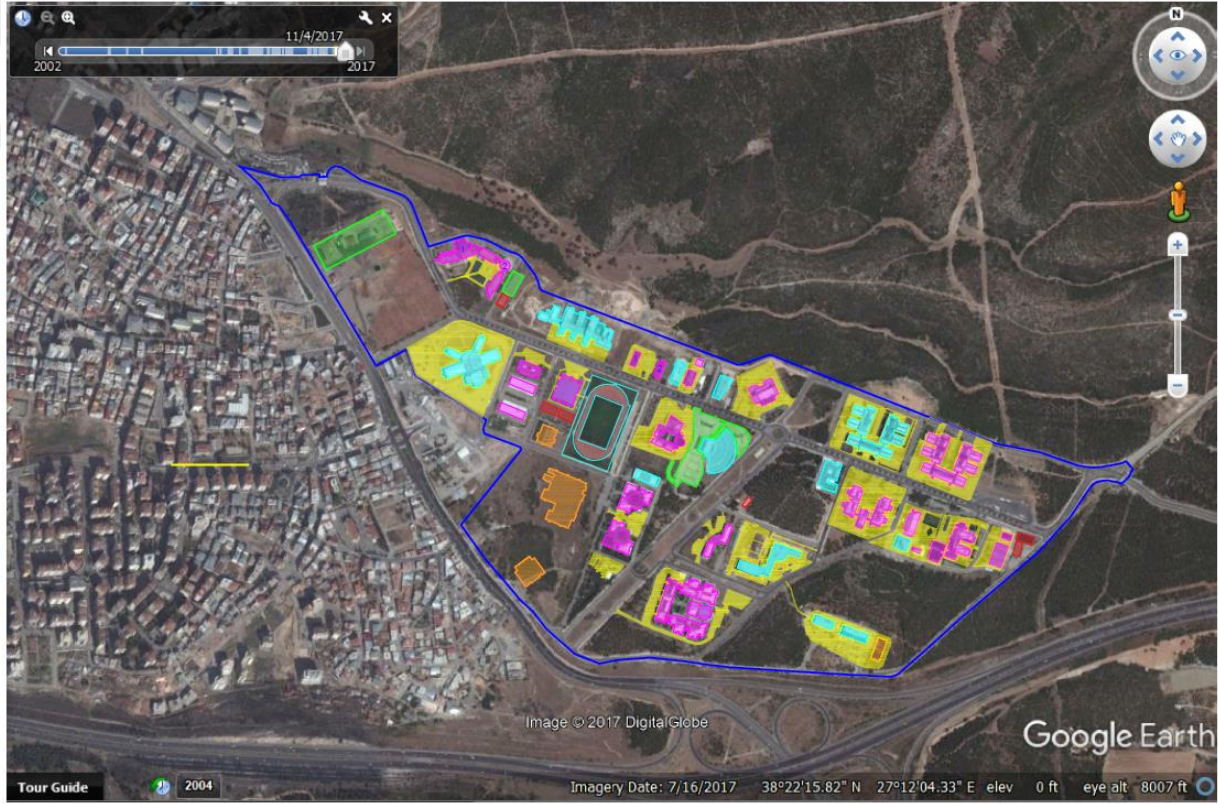




- Yerleşke Sınırı**
- Çevresinde Beton Kaldırım Olan Yollar**
- Çevresinde Küptaş Kaldırım Olan Yollar**

Şekil D.3 : 2017-2018 yılı beton ve küp taş kaldırımlar.

EK E



Şekil E.1 : Yakın gelecekte bina oturma alanları, beton ve küp taş alanlar.





- ▬ Yerleşke Sınırı
- ▬ 2004 - Asfalt Yollar
- ▬ 2017 - Eklenen Asfalt Yollar
- ▬ Yakın Gelecek Eklenecek Asfalt Yollar

Şekil E.2 : Yakın gelecekte asfalt yollar.



- ▭ Yerleşke Sınırı
- ▭ Çevresinde Beton Kaldırım Olan Yollar
- ▭ Çevresinde Küptaş Kaldırım Olan Yollar

Şekil E.3 : Yakın gelecekte beton ve küp taş kaldırımlar.

**EK F****Çizelge F.1 : 2004 yılı DEU Tınaztepe Yerleşkesi yıllık toplam yüzeysel akış miktarı (m<sup>3</sup>/ay)**

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Asfalt yollar	9983	6763	4791	3518	2378	1424	7	342	934	4835	5625	6720	
Beton kaldırımlar	2775	1880	1332	978	661	396	2	95	260	1344	1564	1868	
Küp taş kaldırımlar	1368	927	657	482	326	195	1	47	128	663	771	922	
Bina çevresi küp taş	10192	6905	4891	3592	2428	1454	7	349	953	4936	5743	6861	
Beton yüzeyler	1547	1048	743	545	368	221	1	53	145	749	872	1042	
Sık orman	5126	3473	2460	1807	1221	731	4	175	479	2483	2889	3451	
Maki	13752	9317	6600	4847	3276	1962	10	471	1286	6660	7749	9258	
Binalar	6724	4556	3227	2370	1602	959	5	230	629	3257	3789	4527	
<b>Yerleşkedeki toplam yüzeysel akış</b>	51468	34869	24701	18139	12261	7343	37	1761	4814	24925	29001	34647	243966

**Çizelge F.2 : 2017-2018 yılı DEU Tınaztepe Yerleşkesi yıllık toplam yüzeysel akış miktarı (m<sup>3</sup>/ay)**

	<b>Ocak</b>	<b>Şubat</b>	<b>Mart</b>	<b>Nisan</b>	<b>Mayıs</b>	<b>Haziran</b>	<b>Temmuz</b>	<b>Agustos</b>	<b>Eylül</b>	<b>Ekim</b>	<b>Kasım</b>	<b>Aralık</b>	
Asfalt yollar	16147	10939	7749	5691	3847	2304	12	553	1510	7820	9098	10870	
Beton kaldırımlar	3716	2517	1783	1310	885	530	3	127	348	1800	2094	2501	
Küp taş kaldırımlar	2302	1559	1105	811	548	328	2	79	215	1115	1297	1550	
Bina çevresi küp taş	16811	11389	8068	5925	4005	2399	12	575	1572	8141	9473	11317	
Beton yüzeyler	4074	2760	1955	1436	971	581	3	139	381	1973	2296	2743	
Sık orman	8195	5552	3933	2888	1952	1169	6	280	766	3969	4618	5516	
Maki	7733	5239	3711	2725	1842	1103	6	265	723	3745	4357	5206	
Binalar	11496	7788	5517	4051	2739	1640	8	393	1075	5567	6478	7739	
<b>Yerleşkedeki toplam yüzeysel akış</b>	<b>70473</b>	<b>47744</b>	<b>33822</b>	<b>24837</b>	<b>16789</b>	<b>10055</b>	<b>51</b>	<b>2412</b>	<b>6592</b>	<b>34129</b>	<b>39710</b>	<b>47441</b>	<b>334055</b>



**Çizelge F.3 : Yakın gelecekte DEU Tınaztepe Yerleşkesi yıllık toplam yüzeysel akış miktarı (m<sup>3</sup>/ay)**

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Asfalt yollar	17895	12124	8588	6307	4263	2553	13	612	1674	8667	10084	12047	
Beton kaldırımlar	4407	2985	2115	1553	1050	629	3	151	412	2134	2483	2967	
Küp taş kaldırımlar	2589	1754	1243	913	617	369	2	89	242	1254	1459	174	
Bina çevresi küp taş	16811	11389	8068	5925	4005	2399	12	575	1572	8141	9473	11317	
Beton yüzeyler	4074	2760	1955	1436	971	581	3	139	381	1973	2296	2743	
Sık orman	8195	5552	3933	2888	1952	1169	6	280	766	3969	4617	5516	
Maki	6946	4706	3334	2448	1655	991	5	238	650	3364	3914	4677	
Binalar	13086	8866	6280	4612	3118	1867	9	448	1224	6337	7374	8809	
<b>Yerleşkedeki toplam yüzeysel akış</b>	<b>74004</b>	<b>50137</b>	<b>35516</b>	<b>26081</b>	<b>17630</b>	<b>10559</b>	<b>53</b>	<b>2532</b>	<b>6922</b>	<b>35839</b>	<b>41700</b>	<b>49818</b>	<b>350792</b>

**EK G****Çizelge G.1 : MUH-1, MUH-2, MUH-3 Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması**

	Mühendislik Fakültesi 1. Etap			Mühendislik Fakültesi 2. Etap			Mühendislik Fakültesi 3. Etap			
	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	
Toplam kişi sayısı (kişi)	62	13	1383	151	32	3359	151	32	3360	
kadın	31	7	691	75	16	1679	75	16	1680	
erkek	31	7	691	75	16	1679	75	16	1680	
Kullanım katsayısı (kullanım/kişi/gün)										
küçük hacim	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
büyük hacim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kullanım hacmi (litre/kullanım)										
küçük hacim	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
büyük hacim	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
pisuar hacim	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
Günlük kullanım sayısı (kullanım/gün)										
kadın	kh <sup>1</sup>	62	13	1383	151	32	3359	151	32	3360
kadın	bh <sup>2</sup>	31	7	691	75	16	1679	75	16	1680
erkek	kh	62	13	1383	150	32	3359	151	32	3361
erkek	bh	31	7	691	75	16	1679	75	16	1680

<sup>1</sup>: kh: küçük hacim rezervuar,

<sup>2</sup>: bh: Büyük hacim rezervuar

**Çizelge G.1 (devam) : MUH-1, MUH-2, MUH-3 Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması**

	Mühendislik Fakültesi 1. Etap			Mühendislik Fakültesi 2. Etap			Mühendislik Fakültesi 3. Etap			
	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	
Günlük kullanım hacmi(litre/gün)										
kadın	kh <sup>1</sup>	372	80	8297	905	194	20152	906	194	20163
kadın	bh <sup>2</sup>	186	39	4149	453	97	10076	453	97	10081
erkek	kh	236	51	5255	573	123	12763	574	123	12770
erkek	bh	186	40	4149	453	97	10076	453	97	10081
<b>Akademik/İdari</b>										
Toplam su tüketimi (litre/gün)		1192			2895			2897		
<b>Öğrenci</b>										
Toplam su tüketimi (litre/gün)			21850			53066			53096	
<b>Akademik/idari</b>										
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 260 gün		309918			752698			753119		
<b>Öğrenci - Güz/Bahar yarıyılları</b>										
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 40 hafta			4369922			10613232			10619167	
<b>Öğrenci - Yaz okulu</b>										
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 7 hafta			764736			1857316			1858354	
Toplam su tüketimi (m <sup>3</sup> /yıl)		5445			13223			13231		

<sup>1</sup>: kh: küçük hacim rezervuar,

<sup>2</sup>: bh: Büyük hacim rezervuar

**Çizelge G.2:** Mimarlık, Fen/Edebiyat Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması

	Mimarlık Fakültesi			Fen/Edebiyat Fakültesi			
	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	
Kişi sayısı (kişi)	76	13	1239	260	22	5605	
kadın	38	7	620	130	11	2803	
erkek	38	7	620	130	11	2803	
Kullanım katsayısı (kullanım/kişi/gün)							
küçük hacim	2	2	2	2	2	2	
büyük hacim	1	1	1	1	1	1	
Kullanım hacmi (litre/kullanım)							
küçük hacim	6	6	6	6	6	6	
büyük hacim	6	6	6	6	6	6	
pisuar hacim	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
Günlük kullanım sayısı (kullanım/gün)							
kadın	kh <sup>1</sup>	76	13	1239	260	22	5605
kadın	bh <sup>2</sup>	38	7	620	130	11	2803
erkek	kh	76	13	1239	260	22	5605
erkek	bh	38	7	620	130	11	2803

<sup>1</sup>: kh: küçük hacim rezervuar,

<sup>2</sup>: bh: Büyük hacim rezervuar

**Çizelge G.2 (devam):** Mimarlık, Fen/Edebiyat Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması

	Mimarlık Fakültesi			Fen/Edebiyat Fakültesi			
	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	
Günlük kullanım hacmi(litre/gün)							
kadın	kh <sup>1</sup>	456	78	7434	1560	132	33630
kadın	bh <sup>2</sup>	228	39	3717	780	66	16815
erkek	kh	289	49	4708	988	84	21299
erkek	bh	228	39	3717	780	66	16815
Akademik/İdari							
Toplam su tüketimi (litre/gün)		1406			4456		
Öğrenci							
Toplam su tüketimi (litre/gün)				19576			88559
Akademik/idari							
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 260 gün		365612			1158456		
Öğrenci - Güz/Bahar yarıyılları							
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 40 hafta				3915240			17711800
Öğrenci - Yaz okulu							
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 7 hafta				685167			3099565
Toplam su tüketimi (m3/yıl)			4966			21970	

<sup>1</sup>: kh: küçük hacim rezervuar,

<sup>2</sup>: bh: Büyük hacim rezervuar

**Çizelge G.3:** İşletme, Denizcilik Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması

	İşletme Fakültesi			Denizcilik Fakültesi			
	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	
Kişi sayısı (kişi)	89	16	2392	58	18	1309	
kadın	45	8	1196	29	9	655	
erkek	45	8	1196	29	9	655	
Kullanım katsayısı (kullanım/kişi/gün)							
küçük hacim	2	2	2	2	2	2	
büyük hacim	1	1	1	1	1	1	
Kullanım hacmi (litre/kullanım)							
küçük hacim	3	3	3	3	3	3	
büyük hacim	6	6	6	6	6	6	
pisuar hacim	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
Günlük kullanım sayısı (kullanım/gün)							
kadın	kh <sup>1</sup>	89	16	2392	58	18	1309
kadın	bh <sup>2</sup>	45	8	1196	29	9	655
erkek	kh	89	16	2392	58	18	1309
erkek	bh	45	8	1196	29	9	655

<sup>1</sup>: kh: küçük hacim rezervuar,

<sup>2</sup>: bh: Büyük hacim rezervuar

**Çizelge G.3 (devam): İşletme, Denizcilik Fakülteleri rezervuar su tüketiminin hesaplanması**

	İşletme Fakültesi			Denizcilik Fakültesi			
	Akademik	İdari	Öğrenci	Akademik	İdari	Öğrenci	
Günlük kullanım hacmi(litre/gün)							
kadın	kh <sup>1</sup>	267	48	7176	174	54	3927
kadın	bh <sup>2</sup>	267	48	7176	174	54	3927
erkek	kh	338	61	9090	220	68	4974
erkek	bh	267	48	7176	174	54	3927
Akademik/İdari							
Toplam su tüketimi (litre/gün)		1344			973		
Öğrenci							
Toplam su tüketimi (litre/gün)			30618			16755	
Akademik/idari							
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 260 gün		349440			252928		
Öğrenci - Güz/Bahar yarıyılları							
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 40 hafta			6123520			3351040	
Öğrenci - Yaz okulu							
Toplam su tüketimi (litre/yıl) - 7 hafta			1071616			586432	
Toplam su tüketimi (m <sup>3</sup> /yıl)		7545			4190		

<sup>1</sup>: kh: küçük hacim rezervuar,

<sup>2</sup>: bh: Büyük hacim rezervuar

**EK H****Çizelge H.1 : Yağmur suyu kullanım durumu maliyetlerinin değerlendirilmesi**

<b>Binalar</b>	<b>İhtiyacın yağmur suyundan karşılanma oranı (%)</b>	<b>Yıllık ön görülen rezervuar tüketimi için ödenecek su faturası (TL/yıl)</b>	<b>Yağmur suyu kullanımı ile yapılan kar (TL/yıl)</b>	<b>Yağmur suyu ile yıllık rezervuar tüketimi için ödenecek su faturası (TL/yıl)</b>	<b>Ön görülen ilk yatırım sistem maliyeti (TL)</b>	<b>Ön görülen ilk yatırım borulama maliyeti (TL)</b>	<b>Ön görülen işletme maliyeti (TL/yıl)</b>
MUH-1	26	20581	5407	15173	7362	1227	2454
MUH-2	25	49984	12727	37257	1780	2980	5960
MUH-3	25	50012	12734	37278	17890	2982	5963
MIM	44	18772	8263	10508	6715	1119	2238
FE	18	83046	15003	68043	29707	4951	9902
ISL	17	28519	4749	23770	10202	1700	3401
DEN	30	15840	4770	11069	5666	944	1889



**Çizelge H.2 : Yağmur suyu sistemi amortisman süresinin belirlenmesi**

<b>Binalar</b>	<b>Yağmur suyu kullanıldığında yıllık işletme giderleri (TL/yıl)(su faturası+sistem işletme maliyeti)</b>	<b>Yağmur suyu kullanılmadığında yıllık işletme giderleri (TL/yıl)(su faturası)</b>	<b>Yağmur suyu kullanıldığında yapılan yıllık tasarruf (TL/yıl)</b>	<b>Yağmur suyu sistem amortisman süresi (yıl)</b>
MUH-1	17627	20581	2953	2,9
MUH-2	43217	49984	6767	3,1
MUH-3	43241	50012	6771	3,1
MIM	12747	18772	6025	1,3
FE	77945	83046	5101	6,8
ISL	27170	28519	1348	8,8
DEN	12958	15840	2882	2,3



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad** : Ekin Çağlar  
**Soyad** : GÖKBAŞ  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 05.04.1990 İzmir  
**E-posta** : ekingokbas@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek lisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- ERKE Sürdürülebilir Bina Tasarım ve Danışmanlık Ltd. Şti., Mayıs 2015 - Aralık 2017
- Galataport İstanbul Liman İşletmeciliği ve Yatırımları A.Ş. (Doğuş Grubu-Bilgili Holding ortaklığı), Aralık 2017 - Halen