SüngerKent İzmir

Doğa Esaslı Altyapı Uygulama Kılavuzu

SÜNGER KENT İZMİR

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

Yazarlar

Alim MURATHAN, Selçuk AKSOY, Gözde AKGÜN, Hasan KELEŞ,
Berna Ş. GEÇKİN, Aybüke G. AKYILDIZ, Aysun YILDIZ, Ayşegül KUZUCU,
Baki Ö. FURAT, Damla GÜÇLÜ, Dilek KUZU, Dilge VARLI,
Doğan ASLAN, Görkem TANIR, İrfan T. KARAMAN, Kurtuluş ÇELİK,
Mehmet Ali GÖKTAŞ, Özge İYİİŞ, Özlem ÖNDEROĞLU, Yasemin ÇAKTU ÖZEN,
Zeki TAŞKIN

İzmir Büyükşehir Belediyesi, İZENERJİ A.Ş.
Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi,
İsmet Kaptan Mah. Şevket Özçelik Sok. No:57/B
Kat:4 Konak / İzmir

Kapak ve Sayfa Tasarımı

Emrecan Cerit

Tarih

Mart, 2024

İzmir Büyükşehir Belediyesi İZENERJİ A.Ş.'nin yayınıdır.

Tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek şartıyla, tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında, yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz, yayımlanamaz ve dağıtılamaz.

SÜNGER KENT
İZMİR

SüngerKent İzmir Doğa Esaslı Altyapı
Uygulama Kılavuzu

İÇİNDEKİLER

Görsel Listesi G1
Tablo Listesi T1
Kısaltmalar K1
I. ÖNSÖZ 1
II. HAKKIMIZDA 5
1 GİRİŞ 11
1.1 Yağmur Suyu: Doğanın Su Döngüsü ve Yüzeysel Akış 11
1.2 Yağmur Suyu Hasadı Neden Önemlidir? 15
1.3 Yağmur Suyu Yönetiminde Sünger Kentler ve Doğa Esaslı Çözümler 16
1.4 SüngerKent İzmir Yağmur Suyu Yönetiminde Genel İlkeler 18
1.5 Ulusal ve Yerel Mevzuat 19
1.6 Bu Kılavuz Nasıl Yardımcı Olabilir? 23
2 İZMİR YAĞMUR SUYU ARKA PLANI VE SÜNGERKENT İZMİR MODELİ 25
2.1 Kentsel Gri Altyapı Sistemi ve Yağmur Suyu Yönetiminin Zorlukları 26
2.2 İklim Değişikliği, Sıcaklık ve Yağış 31
2.2.1 İzmir Sıcaklık Analizi 34
2.2.2 İzmir Yağış Analizi 35
2.3 Yer-Zemin Sistemi 39
2.3.1 Geçirimlilik ve Sızma 39
2.4 Su Sistemleri 49
2.4.1 Dereler 51
2.4.2 Yeraltı Suyu Seviyeleri 59
2.5 Kentsel Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzey Alanları ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli 61
2.5.1 Geçirimsiz Yüzey Alanları 67
2.5.2 Geçirimli Yüzey Alanları 72
2.5.3 Yağmur Suyu Akış Potansiyeli 73
2.6 SüngerKent İzmir Modeli ve Stratejisi 77
3 DOĞA ESASLI YAĞMUR SUYU ALTYAPI TEKNİKLERİNİN PLANLAMA, SEÇİM VE BOYUTLANDIRMASI 81
3.1 Planlama 83
3.2 Yüzeysel Akış-Yağmur Suyu Debisi 85
3.2.1 Drenaj Alanı 85
3.2.2 Akış Katsayısı 85
3.2.3 Yağış Şiddeti 86
3.2.4 Tasarım Yağışı Yaklaşımı 86
3.2.5 İzmir İli Doğa Esaslı Altyapı Tekniği Uygulamaları İçin Tasarım Yağışı Yaklaşımı 87
3.2.6 Yüzeysel Akış Hesabı 88
3.3 Sızma, Sızma Testleri, Zemin Değerlendirmesi 89
3.3.1 Zeminin Sızma Hızının Hesaplanması 91
3.3.2 Akiferlerin Sızma, Geçirimlilik, Depolama Katsayısı vb. Hidrolik Değerlerinin Hesaplanması 97
3.4 Su Döngüsü İle Yeşil Dönüşüm ve Peyzaj 99
3.5 Yağmur Suyu Yönetimi Yazılım Modeli (SWMM) 109
3.6 Başvuru 114

İÇİNDEKİLER

4 YAĞMUR SUYU HASADI VE DOĞA ESASLI YAĞMUR SUYU ALTYAPI TEKNİKLERİ 115
4.1 Yağmur Suyu Hasadı 117
4.1.1 Yağmur Suyu Depoları 117
4.1.2 Yağmur Kuyuları 131
4.2 Doğa Esaslı Altyapı Teknikleri 147
4.2.1 Yağmur Bahçeleri 149
4.2.2 Sünger Kaplamalar 163
4.2.3 Yağmur Hendekleri 185
4.2.4 Taşkın Drenaj Kuyuları 201
4.2.5 Kesik Bordürler 207
4.2.6 Yeşil Çatılar 217
4.2.7 Ekolojik Sünger Göletler 231
4.2.8 Yapay Sulak Alanlar 253
4.2.9 Yağmur Tarlaları 263
4.2.10 Modüler Sızdırma ve Geciktirme Sistemleri 269
4.2.11 Sünger Yeşil Alanlar 279
4.3 YAŞAYAN DERELER 291
4.3.1 Genel Tanım 292
4.3.2 Temel Bilgiler 293
5 İZMİR'DE UYGULANAN VE PLANLANAN PİLOT PROJELER 295
5.1 5.000 Depo ve 10.000 Yağmur Bahçesi Kampanyası 295
5.1.1 5.000 Binaya 5.000 Yağmur Suyu Deposu Kampanyası 297
5.1.2 10.000 Yağmur Bahçesi Kampanyası 297
5.1.3 Yağmur Deposu ve Bahçesi Uygulamaları 300
5.2 Yağmur Durakları Farkındalık Projesi 307
5.3 Spor Kulüpleri Farkındalık Projesi 309
5.4 Küçük Menderes Ovası Yağmur Suyu Hasadı Projesi 311
5.5 Sünger Otoparklar 318
5.6 Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi 321
5.7 Buca Bahçekapı Sünger Park Projesi 328
5.8 Bornova Çayı Dere Ekspres Projesi 331
5.9 Körfez – Halkapınar Gölü – Nif Dağı Ekolojik Koridor Projesi 336
6 KAYNAKÇA 351
7 EKLER 357

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 1. Kentleşmenin Yüzeysel Akışına Etkisi 14
Görsel 2. Dünyada Yağmur Suyu Yönetimi ile İlgili Gelişen Kavramlar (4; 5; 6; 9) 17
Görsel 3. İzmir Metropol Alanı 2019-2024 Yılları Arasında Yaşanan Su Baskınları 27
Görsel 4. 2019-2024 Yılları Arası İzmir'de Yaşanan Su Baskınlarının Yoğunluk Haritası 28
Görsel 5. 2 Şubat 2021 Tarihli Yağışta Yaşanan Su Baskınları 28
Görsel 6. İzmir Metropol İlçe Sınırları Mevcut Yağmur Suyu Hatları 29
Görsel 7. İzmir Büyük Kanal Kuşaklama Sistemi Ana ve Tali Kolektör Hatları 30
Görsel 8. Ortalama Yağış (Mm/Gün), Yakın Dönem (2021-2040) (Ssp2-4.5) (12) 32
Görsel 9. Ortalama Sıcaklık (°C), Yakın Dönem (2021-2040) (Ssp2-4.5) (12) 32
Görsel 10. Ortalama Yağış (Mm/Gün), Yakın Dönem (2021-2040) (Ssp2-8.5) (12) 33
Görsel 11. Ortalama Sıcaklık (°C), Yakın Dönem (2021-2040) (Ssp2-8.5) (12) 33
Görsel 12. İzmir Bölge İstasyonunda Ölçülen Yıllık Ortalama Sıcaklıklar (°C) (1960-2023) 34
Görsel 13. İzmir Bölge İstasyonunda Ölçülen Aylık Sıcaklık Ortalamaları (°C) (1960-2023) 34
Görsel 14. İzmir Bölge İstasyonunda Ölçülen 10 Yıllık Periyottaki Yıllık Sıcaklık Ortalamaları (°C) 35
Görsel 15. İzmir İli Ortalama Sıcaklık Haritası (°C) 35
Görsel 16. İzmir Bölge İstasyonu Yıllık Toplam Yağışları (1960-2023) 36
Görsel 17. İzmir Bölge İstasyonunda Ölçülen Aylık Ortalama Yağışlar (Mm) (1960-2023) 36
Görsel 18. İzmir Bölge İstasyonunda Ölçülen 10 Yıllık Periyottaki Yıllık Toplam Yağış Ortalamaları (mm) 36
Görsel 19. İzmir İli Ortalama Yağış Haritası (mm) 37
Görsel 20. İzmir Bölge İstasyonu'nda Gözlenen 15 Dakika Süreli Maksimum Yağışlar (1938-2021) 38
Görsel 21. İzmir Bölge İstasyonu'nda Gözlenen 24 Saat Süreli Maksimum Yağışlar (1938-2021) 38
Görsel 22. İzmir Bölge İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri (1938-2021) 38
Görsel 23. Kentte İncelemesi Yapılan Sondaj Kuyuları Noktaları 41
Görsel 24. İzmir Metropol Jeoloji Haritası 42
Görsel 25. İzmir Metropol Hidrojeolojik Sınıflandırma Akifer Durum Haritası 46
Görsel 26. İzmir Metropol Alanı Dereleri Ve Dere Havzaları 51
Görsel 27. Meles Çayı Mansap Bölgesi İçin 100 Yıl Tekerrürlü Taşkın Su Derinliği Haritası (21) 54
Görsel 28. Meles Çayı Mansap Bölgesi İçin 100 Yıl Tekerrürlü Taşkın Risk Haritası (21) 55
Görsel 29. DSİ ve İZSU Tarafından İşletilen, Planlanan, Projelendirilen Depolama Tesisleri 57
Görsel 30. İzmir Metropolü Kuzey Derelerinde Depolama Tesislerinin Yerleşimi 58
Görsel 31. İzmir Metropolü Güney Derelerinde Depolama Tesislerinin Yerleşimi 59
Görsel 32. İzmir Metropolü Kentsel Alanda İnceleme Yapılan Kuyular 60
Görsel 33. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Yeraltı Suyu Seviye Haritası 60
Görsel 34. Urban Atlas 2018 İzmir Metropolü Kentsel Alan Arazi Kullanımı 64
Görsel 35. Konut Parsellerinde Geçirimli ve Geçirimsiz Alan Dağılımını Gösteren Bir Örnek 65
Görsel 36. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Geçirimli ve Geçirimsiz Alan ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli Oranları 66
Görsel 37. İzmir Metropolü Kentsel Alanında Yer Alan Yapılar 67
Görsel 38. Yollar Vasıtasıyla Akışa Geçen Yağmur Suyu 68
Görsel 39. İzmir Metropolü Kentsel Alanında Yer Alan Kaplama Tiplerine Göre Yollar ve Sokaklar 69
Görsel 40. İzmir Metropolü Kentsel Alanı İçerisinde Yer Alan Pazar Yerleri 70

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 41. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Büyük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar 71
Görsel 42. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Küçük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar 72
Görsel 43. İzmir Metropolü Kentsel Alanında Parklar, Bahçeler ve Refüjler/Kavşaklarda Bulunan Yeşil Alanlar 73
Görsel 44. İzmir Metropol Alanı Atıksu Ana Ve Tali Kolektör Hatları Ve Yağmur Suyu Hatları 74
Görsel 45. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Yağmur Suyu İniş Boruları Bağlantı Durumu 75
Görsel 46. Yağmur Suyu İniş Borusu Tespit Çalışmaları 76
Görsel 47. Önceliklendirme Çalışması 80
Görsel 48. 60 Cm*60 Cm Basit Test Çukuru 91
Görsel 49. Araştırma Çukuru 92
Görsel 50. Çift Halkalı İnfiltrometre Test Düzeneği 94
Görsel 51. Philip Çözüm Yöntemi Örneği 95
Görsel 52. Horton Yaklaşımı Çözüm Yöntemi Örneği 95
Görsel 53. Geçirimli Kaplama İçin Örnek Bir Test Düzeneği 96
Görsel 54. Alt Havza Ölçeğinde Pilot Çalışmada Geçirimli ve Geçirimsiz Alanların Belirlenmesi Örneği 111
Görsel 55. Eğim Yönlerine Göre Akış Kolları Analizi ve Odak Alanların Belirlenmesi 112
Görsel 56. SWMM Modelleme Programı ile Doğa Esaslı Yağmur Suyu Altyapı Tekniklerinin Performans Değerlendirmesi 113
Görsel 57. Yağmur Suyu Deposu 119
Görsel 58. Çatı Alanı Hesabı İçin Çatı Iz Düşüm Alanları 121
Görsel 59. Işıkkent Mezarlığı 10 Ton Yağmur Suyu Deposu 127
Görsel 60. Işıkkent Mezarlığı 3 Ton Yağmur Suyu Deposu 128
Görsel 61. Konak Yağmur Durakları Deposu 128
Görsel 62. Halkapınar Yağmur Durakları Depoları 128
Görsel 63. Evka-3 Metro Yağmur Durakları Deposu 128
Görsel 64. A- Küçük Drenaj Alanına Sahip Çatılara Ait Oluk Sisteminin İnce Filtreleme Sistemine Bağlanması Durumunda Sondajlı Yağmur Kuyusu Tip Kesiti 133
Görsel 65. Kullanım Amaçlarına (A) Yaprak, Çöp Boyutu Kalıntı Tutucu B) İnce Dane Boyutuna Sahip Sediman Tutucu) Göre Farklı Elek Açıklıklara Sahip Filtre Türleri (46) 136
Görsel 66. Bademli Fidancılık Kooperatifi Sondajlı Yağmur Kuyusu Projesi (Filtreleme Deposu ve Yağmur Kuyusu) 137
Görsel 67. Beton Künk ve Filtreli Plastikten İmal Edilmiş Sızdırmalı Yağmur Kuyusu Örnekleri 142
Görsel 68. Ödemiş Seyrekli Mahallesinde 100 m² Çatı Alanına Sahip Bir Kırsal Alan Konutunda Uygulanmış Sızdırmalı Yağmur Kuyusu Örneği (Delikli Beton Künk Çapı: 70 Cm) 144
Görsel 69. Yağmur Bahçesi 151
Görsel 70. Yağmur Bahçesine Akış Üreten Alanlar 153
Görsel 71. Yağmur Bahçesi Boyutlandırma Örneği 154
Görsel 72. Yağmur Bahçesi Kesit Görünüşü 156
Görsel 73. Yağmur Bahçesi Plan Görünüşü 158
Görsel 74. Kardelenler Anaokulu Yağmur Bahçesi Çalışması 159

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 75. Toprak Sızma Testi 159
Görsel 76. Toprağın Kazılması 160
Görsel 77. Çakıl Katmanı Eklenmesi ve Toprak Serilmesi 160
Görsel 78. Bitki Dikimi Yapılması 160
Görsel 79. Sünger Yol Katmanları 167
Görsel 80. Otopark Alanı (56) 169
Görsel 81. Yürüyüş Yolu (57) 169
Görsel 82. Geçirimliliği Yüksek Doğal Zemin için Tipik Uygulama Kesiti 171
Görsel 83. Ek Drenaj Sistemli Uygulama Kesiti 171
Görsel 84. Geçirimli Asfalt Uygulaması (60) 172
Görsel 85. Poroz Asfalt Tipik Uygulama Kesiti 173
Görsel 86. Basitleştirilmiş Sünger Yol Tip Kesiti (Kilit Parke Taşı ile) 175
Görsel 87. Basitleştirilmiş Sünger Otopark Tip Kesiti 175
Görsel 88. Basitleştirilmiş Sünger Kaldırım Tip Kesiti 176
Görsel 89. Mevcut Kilit Parke Dizilimlerinin Değiştirilerek Sızma Derzleri 180
Oluşturacak Şekilde Yeniden Döşenmesi
Görsel 90. Mevcut Parkelerin Sökümü ve Depolama Ve Yatak Katmanı Serimi 180
Görsel 91. Derz Boşluklarının Agrega Yatak Malzemesi İle Doldurulması 180
Görsel 92. İmalatın Tamamlanması 180
Görsel 93. Buca'da Yağmur Hendeği Uygulaması 189
Görsel 94. Sediment Birikimi Nedeniyle Tıkanmış Bir Yağmur Hendeği (75) 196
Görsel 95. Gaziemir Sakarya Sünger Otoparkı Yağmur Hendekleri 196
Görsel 96. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi Yağmur Hendeği 197
Görsel 97. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi Yağmur Hendeği 197
Görsel 98. Yoldan Gelen Yüzeysel Akışı Toplayan, Sızdıran ve İleten, Bağlantısı Kanallar ile 198
Sağlanmış Çim Hendek Uygulaması (76)
Görsel 99. Taşkın Drenaj Kuyuları 203
Görsel 100. Buca Bahçekapı Sünger Park Projesi'nde Park Sonunda Uygulanan Taşkın Drenaj Kuyuları 205
Görsel 101. Taşkın Drenaj Kuyuları Beton Muhafaza Baksı ve Çakıl Zarfı 206
Görsel 102. Muhafaza Beton Baks ve Çakıl Filtre Havuzu 206
Görsel 103. Kesik Bordür 209
Görsel 104. Kesik Bordür Uygulaması ile Biyolojik Tutma Ünitesine Su Giriş Ve Çıkışı 213
Görsel 105. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi'nde Kesik Bordür Uygulamaları 214
A) Standart Uygulama ve Çakıl Yatağı, B) Izgaralı Uygulama ve Çakıl Yatağı
Görsel 106. Gaziemir Sakarya Sünger Otopark Projesi Kesik Bordür Uygulaması 214
Görsel 107. Yeşil Çatı 221
Görsel 108. – Derin Yeşil Çatı Kesiti 225
Görsel 109. – Sığ Yeşil Çatı Kesiti 225
Görsel 110. – Acros Fukuoka – Yeşil Çatı Uygulama Örneği (Fukuoka, Japonya) 227
Görsel 111. – Acros Fukuoka – Beton Yüzey ve Yeşil Çatı Alanı Farkını Gösteren Termal Görüntü 228
Görsel 112. – Turkcell Ar-Ge Binası – Yeşil Çatı Uygulama Örneği (Gebze, Türkiye) 228

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 113. Sünger Yeraltı Suyu Göleti Çalışması 235
Görsel 114. Bir Sünger Yeraltı Suyu Gölette Su Kütleleri 238
Görsel 115. Sünger Yeraltı Suyu Göletleri Arası Bağlantı 239
Görsel 116. Sünger Yeraltı Suyu Göletlerinde Mevsimsel Su Seviyesi Değişimi 239
Görsel 117. Bir Sünger Yeraltı Suyu Göletinde Derinliğe Bağlı Yaşam Alanları 240
Görsel 118. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti Kesiti 243
Görsel 119. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti Planı 243
Görsel 120. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti 244
Görsel 121. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti 244
Görsel 122. Biyolojik Sızdırma Göleti Çalışması 245
Görsel 123. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti Projesi 251
Görsel 124. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti 252
Görsel 125. Yapay Sulak Alan 257
Görsel 126. Yapay Sulak Alan Görünümü ve Detayları 260
Görsel 127. Yağmur Tarlası 265
Görsel 128. Yağmur Tarlası Örneği 267
Görsel 129. Modüler Üniteler 271
Görsel 130. Sızdırma Tüneline Ait Teknik Çizim 273
Görsel 131. Birleştirilmiş Modüller ile Yapılmış Sistem (101) 273
Görsel 132. Keçeli Drenaj Borusu 274
Görsel 133. Sızdırma Hendeği Altında Polipropilen Kasa Uygulaması 274
Görsel 134. Modüler Depolama Üniteleri (102) 275
Görsel 135. Yağış Anında Taşkın Parkı 281
Görsel 136. Bayraklı Q500 Su Derinliği Haritası (103) 283
Görsel 137. Çok Amaçlı Bir Taşkın Parkı 284
Görsel 138. Buca Bahçekapı Taşkın Parkı 285
Görsel 139. Buca Sünger Park 285
Görsel 140. Buca Sünger Park 287
Görsel 141. Sünger Refüj Uygulaması 288
Görsel 142. Yaşayan Dere: Bornova Çayı 293
Görsel 143. İzmir İli ve Dereler Sistemi 294
Görsel 144. 26 Aralık 2022 Süngerkent İzmir Lansmanı 298
Görsel 145. İzmir Yağmur Suyu Hasadı 298
Görsel 146. 5000 Binaya 5000 Depo Projesi Kapsamında Dağıtıma Hazır Yağmur Depoları 299
Görsel 147. Çamkıran Sitesi Yağmur Suyu Depoları 300
Görsel 148. Gaziemir İtfaiye Yağmur Suyu Deposu 301
Görsel 149. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Yağmur Suyu Depoları 302
Görsel 150. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sızdırma Hendeği Çalışması 303
Görsel 151. İzmir Türk Koleji Yağmur Suyu Deposu 303
Görsel 152. İzmir Türk Koleji Yağmur Bahçesi Çalışması 2 304
Görsel 153. Ödemiş Belediyesi Nikah Salonu Yağmur Bahçesi Çalışması 304

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 154. Sünger Köy Sarpıncık 305
Görsel 155. Elegantpark Sitesi Yağmur Bahçesi Çalışması 305
Görsel 156. Işıkkent Mezarlığı Yeşil Dönüşüm Projesi 306
Görsel 157. Konak YKM Önü Otobüs Durakları 307
Görsel 158. Halkapınar Yağmur Durakları 308
Görsel 159. Evka-3 Metro Çıkışı Otobüs Durakları 308
Görsel 160. Altay Spor Kulübü Yağmur Suyu Deposu 309
Görsel 161. Altınordu Kulübü Yağmur Suyu Deposu 310
Görsel 162. Göztepe Spor Kulübü Yağmur Suyu Deposu 310
Görsel 163. Karşıyaka Spor Kulübü Yağmur Suyu Deposu 310
Görsel 164. Küçük Menderes Ovası Yağmur Suyu Hasadı Bilgilendirme Toplantısı 311
Görsel 165. Küçük Menderes Ovası Yağmur Suyu Hasadı Görseli 312
Görsel 166. Bademli Fide Üretim Tesisi Filtreleme Deposu Uygulaması 312
Görsel 167. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti 313
Görsel 168. 2-5 Kasım 2023 Tarihinde Ödemiş Süs Bitkileri ve Fidancılık Fuarı'nda Sergilenen 314
Filtreleme Depoları. Farkındalık Yaratma Adına Depolar Boyanarak Sergilenmiştir.
Görsel 169. Filtreleme Deposu Şematik Gösterimi 315
Görsel 170. Filtreleme Deposu Filtreleri 315
Görsel 171. Filtreleme Deposu Görseli 315
Görsel 172. 09.12.2023 Tarihinde Gerçekleştirilen Lansman 316
Görsel 173. Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Birimi Çalışanları İle 316
İzmir Büyükşehir Belediyesi Yerel Hizmetler Şube Müdürlüğü Ekiplerinin Vatandaşlarla
Yapmış Olduğu Bilgilendirme Toplantıları.
Görsel 174. Gaziemir Sakarya Sünger Otoparkı (Uygulama Sonrası) 318
Görsel 175. Sünger Otoparkta Kullanılan Yeşil Altyapı Teknikleri 319
Görsel 176. Geçirimli Parke Deseni Uygulaması 319
Görsel 177. Etrafında Kesik Bordür Olan Sızma Hendeği 320
Görsel 178. Modüler Sızdırma Sistemlerinden Keçe Sarılı Drenaj Boruları Uygulaması 320
Görsel 179. Modüler Sızdırma Sistemlerinden Kasa Uygulaması 320
Görsel 180. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Yağmur Hendeği Yapımı Öncesi 321
Görsel 181. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Yağmur Hendeği Yapımı Sonrası 322
Görsel 182. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Sızdırma Hendeği Yapımı Öncesi 323
Görsel 183. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Sızdırma Hendeği Yapımı Sonrası 323
Görsel 184. Proje Alanına Toplanacak Yüzeysel Akış 324
Görsel 185. Proje Alanında Izgaralı Kesik Bordür Uygulama Örnekleri 325
Görsel 186. Proje Alanında Izgaralı Kesik Bordür Uygulama Örnekleri 325
Görsel 187. Yağmur Hendeği ve Kullanılan Doğa Esaslı Altyapı Teknikleri 326
Görsel 188. Sızdırma Hendeği ve Kullanılan Yeşil Altyapı Teknikleri 327
Görsel 189. Buca Bahçekapı Sünger Parkı Önceki Durumu 328
Görsel 190. Buca Bahçekapı Sünger Parkı Son Hali 328
Görsel 191. Buca Bahçekapı Sünger Parkı'nın Drenaj Kuyuları 329

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 192. Buca Bahçekapı Sünger Parkı'nda Kullanılan Yeşil Altyapı ve Diğer Teknikler 330
Görsel 193. Dere Çeperinde Su Odaklı Yeni Yeşil Yaşam Alanları Oluşturulması 334
Görsel 194. Dere Kesitinin Doğallaştırılarak Kent-Dere Etkileşiminin Artırılması 334
Görsel 195. Güzergâh Boyunca Uygun Alanlarda Yeşil Altyapı Tekniklerinin Uygulanması 335
Görsel 196. Halkapınar Su Kaynaklarının Mevcut Durumu 336
Görsel 197. Halkapınar Çayı ve Çevresinin Mevcut Durumu 337
Görsel 198. Körfez - Halkapınar Gölü - Nif Dağı Bağlantısı 338
Görsel 199. Halkapınar Gölü ve Çevresine Üst Noktadan Bakış 339
Görsel 200. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 1 341
Görsel 201. Halkapınar Plan Kararları 342
Görsel 202. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 2 343
Görsel 203. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 3 345
Görsel 204. Arap Deresi Mikro-Mobilite Yolu 347
Görsel 205. Halkapınar Çayı ve Arkeolojik Kalıntılar 349

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Hidrojeolojik Sınıflandırma Kriterleri 43
Tablo 2. İzmir Kenti Metropol Alanı Hidrojeolojik Sınıflandırma Kriterleri 45
Tablo 3. Hidrolojik Zemin Sınıfları ve Zemin Yapısı İlişkisi (18) 47
Tablo 4. İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarının Alanları 51
Tablo 5. İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarına Ait Yağmur Suyu Akış Potansiyeli 52
Tablo 6. İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarındaki Depolama Tesisleri 56
Tablo 7. İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarında Tutulabilecek Su Potansiyelleri 57
Tablo 8. İzmir Metropolü Kentsel Alanında Geçirimli ve Geçirimsiz Alanların Dağılımı 66
Tablo 9. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Çatı Analizi 67
Tablo 10. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Kaplama Tiplerine Göre Yollar ve Yağmur Suyu Potansiyelleri 69
Tablo 11. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Otopark Alanları ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli 70
Tablo 12. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Pazar Yeri Alanları ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli 71
Tablo 13. İzmir Metropol Alanı Yağmur Suyu Hatları Analizi 74
Tablo 14. Akış Katsayıları 85
Tablo 15. İzmir İli İçin Farklı Süre ve Tekerrür Değerlerine Göre Yağış Yükseklikleri (mm) 87
Tablo 16. Tasarım İnfiltrasyon Değerleri İçin İzin Verilen En Düşük Güvenlik Katsayıları (33) 93
Tablo 17. İzmir Büyükşehir Belediye Başkanlığı İklime Uygun Bitki Listesi 104
Tablo 18. Farklı Çatı Yüzeyleri İçin Çatı Verimlilik Katsayıları (43) 121
Tablo 19. Yağmur Suyu Deposu Örnek Hesaplaması 124
Tablo 20. Farklı Çatı Alanları ve Yağmur Suyu Deposu Hacimleri ile Yıllık Olarak Depolanabilecek Su Miktarları 125
Tablo 21. Yağmur Suyu Depolarının Sürekli Kullanılmaları Durumunda Farklı Çatı Alanları ile Yıllık Olarak Hasat Edilebilecek Su Miktarları 125
Tablo 22. Sızdırmalı Yağmur Kuyusu ile Diğer Yapılar Arasında Olması Gereken Mesafeler (47) 141
Tablo 23. Aci 522r-10 'A Göre Tipik Geçirimli Beton Karışım Oranları (58) 170
Tablo 24. Farklı Kullanım Yerlerine Göre Önerilen Geçirimli Beton Kalınlıkları (56) 170
Tablo 25. Poroz Asfalt İçin Agrega Gradasyon Limitleri, KTŞ (61) 173

KISALTMALAR

AAT: Atıksu arıtma tesisi
ACI: Amerikan Beton Enstitüsü
AGİ: Akım gözlem istasyonu
CBS: Coğrafi bilgi sistemleri
CORINE: Coordination of Information on the Environment - Çevresel Bilginin Koordinasyonu
DSİ: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EPA: U.S. Environmental Protection Agency - Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
İBB: İzmir Büyükşehir Belediyesi
IPCC: Uluslararası İklim Değişikliği Paneli
İTASHY: Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
İZSU: İzmir Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
KGM: Karayolları Genel Müdürlüğü
km: Kilometre
LID: Low impact development - Düşük etkili gelişim
l/s: litre/saniye
m: metre
m/sa: metre/saat
mm/dk: milimetre/dakika
m/sn: metre/saniye
MGM: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü
RG: Resmi Gazete
SECAP: Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı
SWMM: Storm Water Management Model - EPA tarafından geliştirilmiş bir açık kaynak yazılımı olan Yağmur Suyu Yönetim Modeli
YAS: Yeraltı suyu
YASS: Yeraltı su seviyesi
YŞEP: Yeşil Şehir Eylem Planı

ÖNSÖZ

Değerli İzmirliler,

İzmir dünyada yağmur suyunu toplayıp biriktiren ve doğa esaslı çözümlerle yönetilen sünger kentler arasına katılıyor.

İzmir'i Türkiye'nin ilk sünger şehri yapıyoruz.

Dünyada kentsel nüfus oranı günümüz itibariyle yüzde 55'i geçti ve 2050 yılına kadar yüzde 68'e çıkması bekleniyor. Açıkça görülüyor ki geleceğin dünyası şehirler dünyası olacak. İşte bu yüzden, bu gezegende yaşamakla ilgili ne derdimiz varsa bunun çözümlerini şehirlerden başlatmak zorundayız.

Bunu da başarmanın bir tek yolu var. Şehirleri doğanın döngülerinin bir parçası haline getirmek.

Doğanın şehirlere nüfuz etmesinin en önemli anahtarlarından biri, şehirlerde doğanın su döngüsü korumak. Kentimizde iklim krizinin zorlukları ile mücadele etmek ve doğayla şehrimiz arasına örülmüş, toprakla suyun arasına adeta yapay olarak serilmiş beton kabukları kırmak için iki yıl önce "SüngerKent İzmir" projemizi başlattık.

"SüngerKent İzmir" ile bir yandan yağmur suyu hasadı yaparak, suyumuzun her damlasını değerlendirip kuraklıkla mücadele ediyor, bir yandan da taşkın ve su baskınlarına karşı doğa esaslı altyapı teknikleri ile yağmur suyunu yönetip İzmir'imizi yeşil bir dönüşüme tabi tutuyoruz.

SüngerKent İzmir" projemizin ana unsuru doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerini içeren yeni bir yağmur suyu yönetimidir. Suya duyarlı ve dayanıklı bir şehir inşa edebilmek için yağmur suyu hasadı ve doğa esaslı çözümler İzmir'imizin geleceğinde hayati bir rol oynayacaktır. Ülkemizin ilk sünger kenti olma yolunda hazırlanan bu teknik kılavuzun, kentlerimizin beton kabuklarını kırarak yeşil bir dönüşümüne yeni bir bakış açısı ile rehberlik edeceğine inanıyor, emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

MUSTAFA TUNÇ SOYER
İzmir Büyükşehir Belediye Başkanı

ÖNSÖZ

SüngerKent İzmir

İzmir'in betonla kaplı dereleri, binaları, caddeleri, sokakları, yolları, pazar yerleri, otoparkları, alışveriş merkezleri yeni bir yağmur suyu altyapısı ile tanıştı. Doğa esaslı çözümler içeren bu yeni yağmur suyu altyapı çalışmaları "toprakla suyun arasına adeta yapay bir kabuk gibi serilmiş beton kabukları" kırarak
kenti yeşil bir dönüşüme tabi tutuyor.

Türkiye'nin ilk sünger şehir modeli İzmir'de hayata geçiriliyor.

Su döngüsünün iklim krizi eşliğinde yağış ve sıcaklık rejimlerinde öngörülemez sonuçlar üretecek biçimde istikrarsızlaşmaya başlaması kentimizi büyük zorluklarla karşı karşıya bırakıyor. Kentimiz 2019-2023 yılları arasında 5.000'i aşkın noktada yağmur suyu kaynaklı taşkın ve su baskınları ile su odaklı afetler yaşadı.

Diğer yandan İzmir su kaynakları açısından da son derece kısıtlı su potansiyeline sahiptir. İzmir'de kişi başına düşen yıllık 563 m^3 su potansiyeli, ülkemiz kişi başı su potansiyelinin yarısı kadardır. Nitekim bu nedenle kent su ihtiyacının önemli bir kısmını il sınırlarının dışındaki su havzalarından karşılanmaktadır. Kentin su kaynakları kısıtlılığı, kuraklık süreçlerinde en büyük risklerden birini oluşturmaktadır. Nitekim hem İzmir'in hem de ülkenin en büyük ovalarından Küçük Menderes Ovası
son yıllarda yaşanan kuraklık ve aşırı yeraltı suyu çekimi nedeni ile büyük alansal çökmelerle karşı karşıya kalmış ve ovada ciddi bir su krizi yaşanmaya başlamıştır.

Kuraklık, ısı adaları, su baskınları, taşkınlar ve su krizi olarak öne çıkan kentsel su döngüsündeki bu zorluklarla mücadele etmek için başka bir su yönetimi mümkün yaklaşımı ile SüngerKent İzmir Projemizi geliştirdik. Türkiye'de ilk defa bir kentin drenaj borulu kanalizasyon-yağmur suyu altyapı sistemi kapsamlı olarak analiz edilerek bu sisteme entegre doğa esaslı yeni bir yağmur suyu sistemi oluşturulmuştur.

İzmir SüngerKent modeli; yağmur suyu hasadı ile suyumuzun her damlasını değerlendirmeyi ve tasarruf etmeyi önemseyen su odaklı bir kent kültürü oluşturmak, doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerini kullanarak kenti su döngüsü ile yeşil bir dönüşüme tabi tutmak ve kent içinde betonla kaplanmış ve
adeta kente küsmüş dereleri, ekolojik mavi-yeşil su koridorlarına dönüştürerek "yaşayan dereler" yapmak üzere temel olarak üç ana sistem üzerine kurulmuştur.

Bu modelin yaşama geçirilmesinde rehberlik edecek bu kılavuzun sadece İzmir'imize değil ülkemizin diğer kentlerine de esin kaynağı olarak yol göstereceğine yürekten inanıyor, bu kılavuzun hazırlanmasında emeği geçen ve katkısı olan tüm çalışma arkadaşlarıma şükranlarımı sunuyorum.

ALİM MURATHAN
İzmir Büyükşehir Belediyesi Başkan Danışmanı / Jeoloji Yüksek Mühendisi

HAKKIMIZDA

SüngerKent İzmir Teknik Uygulama Kılavuzuna hoş geldiniz. Bu kılavuz, 16 Eylül 2022 tarihli 1097 sayılı Meclis Kararı ile yürürlüğe giren İzmir Büyükşehir Belediyesi "Sünger Kent Uygulamaları Yönetmeliği"nde yer alan uygulamalara rehberlik etmesi amacıyla İzmir Büyükşehir Belediyesinin iştiraki İzenerji A.Ş bünyesinde kurulan Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından hazırlanmıştır.

İzmir Büyükşehir Belediyesi, dünyanın diğer şehirlerinde uygulanan "Sürdürülebilir Su Yönetimi", "Düşük Etkili Kentleşme", "Su Odaklı Kentsel Tasarım" ve "Sünger Şehir" konseptleri ile ilgili deneyimlerden esinlenerek İzmir'de su kaynakları ve yağmur suyu yönetimini yeni bir yaklaşımla ele alarak Türkiye'nin ilk sünger şehir modeli için harekete geçmiştir. **Türkiye'de ilk kez yerel yönetimler bünyesinde bir sünger şehir modeli esas alınarak organizasyona gidilmiş, bu amaçla uzman ekiplerden oluşan sünger kent birimi** "Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi" kurulmuştur. Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi," Eylül 2021 tarihi itibarıyla faaliyete geçmiş ve çalışmalarına başlamıştır.

"SüngerKent İzmir" ile Türkiye'de ilk defa bir kentin klasik drenaj borulu yağmur suyu ve kanalizasyon birleşik altyapı sistemi analiz edilerek bu sisteme entegre edilen doğa esaslı yeni bir yağmur suyu sistemi oluşturulmuştur.

İzmir sünger şehir modeli; yağmur suyu hasadı ile suyumuzun her damlasını değerlendirmeyi ve tasarruf etmeyi önemseyen su odaklı bir kent kültürü oluşturmak, doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerini kullanarak kenti su döngüsü ile yeşil bir dönüşüme tabi tutmak ve kent içinde betonla kaplanmış ve adeta kente küsmüş dereleri, ekolojik mavi-yeşil su koridorlarına dönüştürerek "yaşayan dereler" yapmak üzere temel olarak üç ana sistem üzerine kurulmuştur.

Bu çalışmalarla birlikte İzmir'in su odaklı planlanması, mevcut su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesine rehberlik edilmesi ve iklim krizinin zorlukları, kuraklık ve sel, taşkınlar gibi su kaynaklı tüm problemler için, kentsel ve kırsal alanlarda doğa esaslı çözümler üretmektedir.

Bu kılavuz, Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından yürütülmekte olan ve yaklaşık üç yıllık bir deneyimi kapsayan SüngerKent İzmir Projesi kapsamında yapılan çalışmalar, edinilen deneyimler ışığında yanda isimleri yer alan SüngerKent İzmir ekibi tarafından hazırlamıştır.

Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Koordinatörü

Alim MURATHAN
İzmir Büyükşehir Belediyesi
Başkan Danışmanı / Jeoloji Yüksek Mühendisi

Aybüke GÜMÜŞ AKYILDIZ
Şehir Plancısı

Aysun YILDIZ
Jeoloji Yüksek Mühendisi

Dr. Ayşegül KUZUCU
İnşaat Yüksek Mühendisi

Baki Ömer FURAT
Jeoloji Yüksek Mühendisi

Dr. Berna ŞENGÖÇMEN GEÇKİN
Jeoloji Yüksek Mühendisi

Damla GÜÇLÜ
Peyzaj Mimarı

Dilek KUZU
Jeoloji Mühendisi

Dilge VARLI
Jeoloji Yüksek Mühendisi

Doğan ASLAN
İnşaat Yüksek Mühendisi

Görkem TANIR
İnşaat Yüksek Mühendisi

Gözde AKGÜN
Çevre Yüksek Mühendisi / CBS Uzmanı

Hasan KELEŞ
İnşaat Mühendisi

İrfan Timur KARAMAN
Jeoloji Mühendisi

Kurtuluş ÇELİK
Jeoloji Mühendisi

Mehmet Ali GÖKTAŞ
Hidrojeoloji Mühendisi

Özge İYİİŞ
Jeoloji Mühendisi

Özlem ÖNDEROĞLU
Endüstri Mühendisi

Selçuk AKSOY
Peyzaj Mimarı / Kentsel Tasarım Uzmanı

Yasemin ÇAKTU ÖZEN
Çevre Yüksek Mühendisi

Zeki TAŞKIN
Hidrojeoloji Mühendisi

SÜNGER KENT İZMİR
İzmir
Yağmur Suyu Hasadı
ve
Yönetimi Projesi

SÜNGER KENT İZMİR

1. GİRİŞ

1.1 Yağmur Suyu

Doğanın Su Döngüsü ve Yüzeysel Akış

Yağmur Suyu: Doğanın Yaşamsal Dokusu

Su, yaşamın temel taşıdır ve doğadaki en önemli döngülerden biri olan su döngüsü içinde yağmur suyu, bu döngünün önemli bir unsuru olarak öne çıkar. Yağmur suyu, atmosferdeki su buharının yoğunlaşması sonucu oluşan damlacıklar halinde yeryüzüne düşen suya denir. Bu basit tanımın ötesinde, yağmur suyu doğanın karmaşık dengelerinde önemli bir rol oynar ve çeşitli süreçleri tetikler.

Su döngüsü, güneşin ısısı ve yeryüzünden buharlaşan sular arasında devam eden bir döngüdür. Denizler, göller, nehirler ve topraktaki su, güneşin etkisiyle buharlaşır ve atmosfere yükselir. Bu su buharı, soğuk hava ile karşılaştığında yoğunlaşarak su damlacıklarını oluşturur. Bu damlacıklar birleşir ve yeterli büyüklüğe ulaştığında yağmur damlalarını meydana getirir. Bu yağmur damlaları, yerçekimi etkisiyle yeryüzüne düşer, bu da yağışı oluşturur.

Yeryüzündeki çeşitli su ortamlarından farklı mekanizmalar ile buharlaşan su, atmosferde yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne döner. Suyun hal değiştirerek yaptığı bu devamlı dolaşıma **“su döngüsü”** veya **“hidrolojik döngü”** denir (1).

Su döngüsünde suyun hareket etmesini sağlayan beş farklı olay vardır:

- **Yoğunlaşma:** Su buharının yoğunlaşmasıyla oluşur.
- **Yağış:** Yoğunlaşan buharın yağmur, kar veya dolu olarak yeryüzüne düşmesi.
- **Toprağa Geçiş (Sızma / İnfiltrasyon) ve Yeraltı Sularının Oluşumu:** Yağışın toprak içine sızması ve yeraltı su kaynaklarının oluşumu.
- **Yüzeysel Akış ile Yüzey ve Yeraltı Sularının Oluşumu:** Yağışın yüzeyde akarak göletleri, nehirleri ve yeraltı akiferlerini beslemesi.
- **Buharlaşma:** Yüzey sularının, topraktan ve bitkilerden buharlaşarak atmosfere geri dönmesi.

Yeryüzüne düşen yağış doğal ortamlarda yavaşlar, süzülür, bitkiler tarafından emilir ve **“infiltrasyon”** adı verilen bir işlemle yeraltına sızar. Suyun bir kısmı buharlaşma yoluyla atmosfere geri döner, ardından hidrolojik döngüyü tamamlamak için tekrar yağış haline gelir.

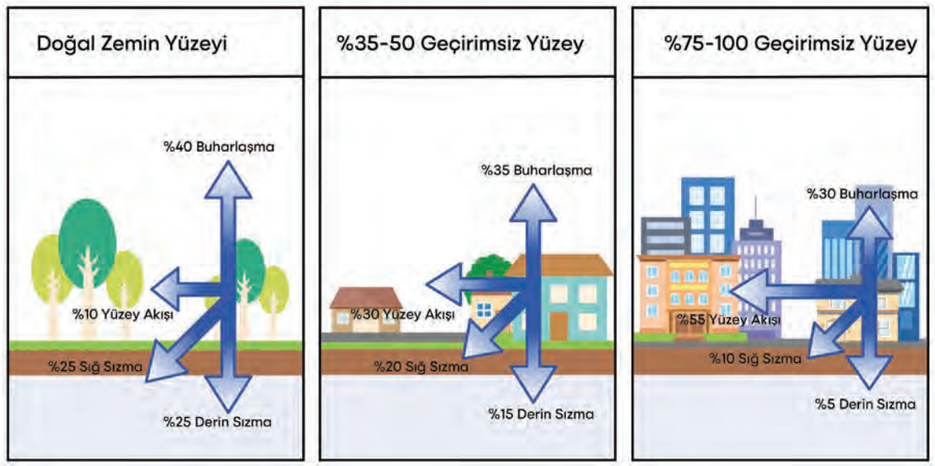
Yağmur, kar ve dolu olarak toprak yüzeyine düşen yağışın infiltrasyon ve buharlaşma ile kaybolan miktarından geriye kalan ve arazinin eğimine uyarak akan kısmına **“yüzeysel akış”** adı verilir.

Yüzeysel Akış = Yağış – (İnfiltrasyon + Buharlaşma)

Geçirimli alanlara (toprak türevleri veya bitki örtüsü gibi doğal yüzeyle kaplı olan, doğal niteliğini koruyan alanlar) düşen yağmur suyu, toprak doygunluğuna ulaşılana kadar infiltrasyon ile yeraltına sızar ve ardından yüzeysel akış meydana gelir. Ancak kentsel alanlarda yoğun şekilde bulunan geçirimsiz yüzeyler (asfalt, beton, parke, çelik vb. malzemeler ile kaplı olan, doğal niteliğini yitirmiş yüzeyler) suyun yeraltına sızmasını engelleyerek yağmur suyunun geçirimli alanlara göre çok daha hızlı bir şekilde yüzeysel akışa geçmesine ve yüzeysel akış miktarının artmasına sebep olurlar.

Yüzeysel akış miktarını ve hızını etkileyen başlıca faktörler;

- Yağışın miktarı, sıklığı, yoğunluğu ve süresi,
- Arazinin eğimi,
- Arazideki geçirimsiz yüzey alanları (çatılar, teraslar, yollar, sokaklar, otoparklar vb.) ve bu alanların yoğunluğu,
- Toprak türü ve sızma oranı (örn. su killi veya sıkıştırılmış topraklarda, kumlu topraklara göre daha yavaş sızar)
- Yağışın düştüğü alanda toprağın doygunluk seviyesi olarak sıralanabilir.



Görsel 1. Kentleşmenin Yüzeysel Akışına Etkisi

Yağmur suyu, doğanın dengesini korumakla kalmaz, aynı zamanda insan yaşamı üzerinde de büyük etkilere sahiptir. Yağmur, tarım alanlarını sulayarak bitki yetişimini destekler ve su kaynaklarına can verir.
Aynı zamanda yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının yenilenmesini sağlar.

Ancak, kentsel alanlardaki betonlaşma ve yüzey sularının doğal akışını engelleyen yapılar, yağmur suyunun doğru şekilde emilip kullanılmasını zorlaştırabilir. Bu durum, sel riskini artırabilir ve yerel su kaynaklarının dengesini bozabilir.

Yağmur suyu, doğanın kendine özgü döngülerinden biri olan su döngüsünün önemli bir unsuru olarak karşımıza çıkar. Hem doğal ekosistemlerde hem de insan yaşamında kritik bir rol oynar. Bu nedenle, yağmur suyunun sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, çevresel dengenin korunması ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşır.

1.2 Yağmur Suyu Hasadı Neden Önemlidir?

Canlıların temel yaşam kaynağı olan su, ekosistem içerisindeki döngüsüyle; iklim değişikliği, hızlı endüstrileşme, nüfus artışı, su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması ve kirletilmesi, yanlış tarımsal uygulamalar, su kaynaklarının ve su havzalarının korunmaması gibi etmenlerden dolayı tehdit altındadır. Bu durum, dünya üzerindeki su kaynaklarının sadece %1'inin tatlı su kaynağı olduğu düşünüldüğünde daha da önemli bir sorun haline dönüşmektedir. Bu nedenle, kaynakların korunması ve sürdürülebilirliği her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Yağmur suyu hasadı, bu soruna çözüm getiren bir yaklaşımdır.

Yağmur suyu hasadı, yeraltı suyu kullanımının sürdürülebilirliği açısından önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, yüzey akışıyla oluşan suyun toplanıp depolanması ve kullanılması esasına dayanmaktadır. Dolayısıyla, yağmur suyu hasadı uygulamaları, herhangi bir topluluk için sürdürülebilir su kaynaklarına erişimi artırmada kritik bir role sahiptir.

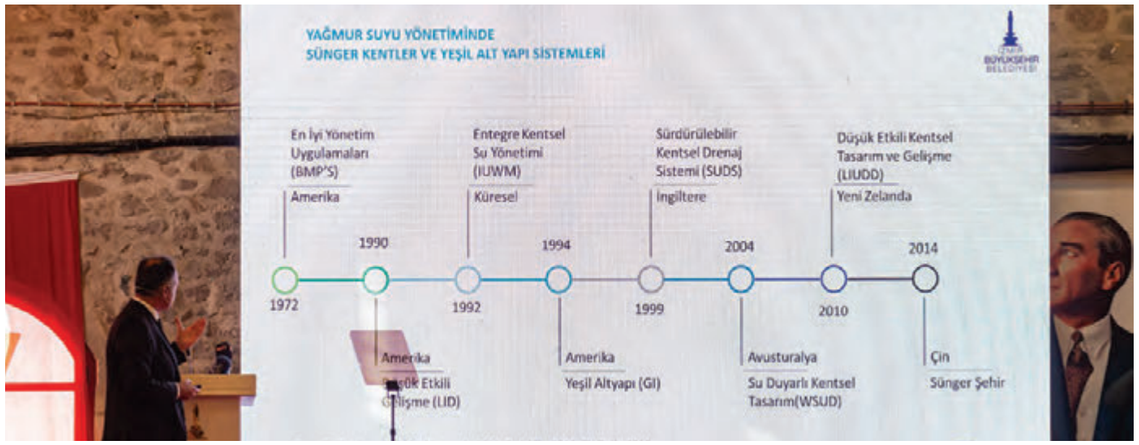
Yüzyıllar boyunca inşa edilen evler, binalar, yollar, alışveriş merkezleri, ticari binalar, altyapı tesisleri vb. şehirlerdeki geçirimsiz yüzey miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Yağmur suyu hasadı, geçirimsiz yüzeylerden gelen yağmur suyu akışını azaltarak, su sistemlerindeki yüksek akış hacminin ve hızının yıkıcı etkilerini önleyebilir. Böylece taşkın ve su baskınlarının azaltılmasına ve derelerin temizlenmesine katkı sağlanabilir. Yüzey akışının büyük ölçüde azaltılması, yüzey suyunun pestisitler, tortular, metaller ve gübrelerle kirlenmesinin önüne geçilmesine yardımcı olabilir. Ayrıca, hasat edilen yağmur suyuna, su kalitesini korumak için herhangi bir kimyasal takviye edilmediğinden, bitkiler ve peyzaj sulaması için mükemmel bir su kaynağıdır.

İklim değişikliği etkileri devam ettiği sürece, özellikle yağışlı dönemlerde yağmurdan yararlanmak giderek daha önemli hale gelmektedir. Şehirlerde, şebeke suyunun giderek değer kazandığı ve artan nüfusun ihtiyaçlarının kurak dönemlerde karşılanamadığı bir ortamda, yağmur suyunun toplanması ve depolanması büyük bir önem taşımaktadır.

Yaşadığımız yapıların ve binaların çatılarına düşen yağmur suyu, hem ücretsizdir hem de en temiz sulardan biridir. Bu değerli kaynağı değerlendirmek için yapılması gereken tek şey, bir depo veya sarnıç ile bu suyu hasat etmektir.

Yağmur suyu toplama sistemleri, yağmur suyu yönetim programlarını desteklemek amacıyla kullanılabilecek basit ve etkili araçlardır. Bu uygulama, toplumda geniş kabul gören ve çevresel sorumluluk anlayışını teşvik eden, aynı zamanda kendi kendine yeterliliği artıran bir yöntemdir. Hasat edilen yağmur suyunu kullanmak, karbon ayak izinizi azaltmanın ve daha çevre dostu bir yaşam tarzı benimsemenin yollarından biridir.

Belediyenin hizmet alanında yağmur suyu hasadının yaygın olarak uygulanması, bir şehrin uzun vadede su geliştirme ihtiyaçlarını azaltabilir ve şehrin su altyapı yatırımlarını daha verimli kullanmasını sağlayabilir.



1.3 Yağmur Suyu Yönetiminde Sünger Kentler ve Doğa Esaslı Çözümler

Dünyada birçok ülke tarafından, kentsel yağmur suyu yönetimi ile ilgili yeni stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejilerin temelinde doğal döngüyü taklit eden ve böylece doğal su akışının devamlılığını sağlayan yağmur suyu yönetimi sistemleri yer almaktadır. Bu sistemler, geçirimsiz yüzeylere alternatif olarak geçirimli alanlar oluşturarak suyun toprak altına sızma kapasitesini artırmayı amaçlamaktadır. Böylece yüzeysel akışa geçen yağmur suyu miktarı azalmakta ve taşkın riskleri en aza indirilmektedir. Ayrıca yeraltı sularının desteklenmesi ve su kalitesinin iyileşmesi sağlanmaktadır. Doğal su döngüsünü destekleyen tasarımlar kentsel çevreyi de iyileştirmektedir (2). Son yıllarda çeşitli ülkelerde benimsenen ve farklı kavramlarla ele alınan sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi yaklaşımlarına aşağıda kısaca değinilmiştir (3; 4; 5; 6; 7)

- Amerika'da başlayan ''En İyi Yönetim Uygulamaları'' yaklaşımı, zamanla ''Düşük Etkili Gelişim'' gibi farklı bir kavrama evrilmiştir. 1972'de ABD'nin Temiz Su Yasası ile sürdürülebilir yağmur suyu kavramları da gelişmeye başlamıştır. Daha sonra Amerika'da 'Yeşil Altyapı'' terimi kullanılmış ve yalnızca yağmur suyu değil genel kapsamlı bir altyapı düşünülmüştür.

- İngiltere, ''Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri'' terimini benimsenmiştir. Planlamacılar ve ülke yönetimi bir arada çalışarak su yönetimi ve havza yönetimi konuları üzerine çalışmışlardır.

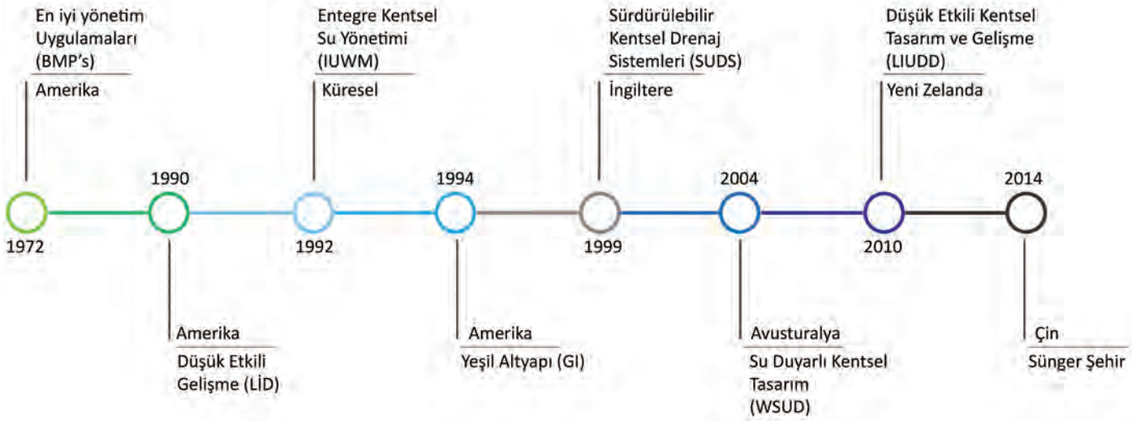
- Avustralya'da ''Suya Duyarlı Kentsel Tasarım'' benimsenmiştir. Ülkede planlar bölgelere göre değişiklik göstermektedir, her bölge kendi havzasına, altyapısına, iklim ve sıcaklığına, yerel su döngüsüne ve toplumun beklentilerine göre yağmur suyu yönetimi stratejisi oluşturmuştur.

- Yeni Zelanda'da ''Düşük Etkili Kentsel Tasarım ve Gelişme'' kavramı doğal döngüyü taklit eden ve biyoçeşitliliği destekleyen bir prensip olarak belirlemiştir. Küresel ölçekte ''Entegre kentsel su yönetimi'' yağmur suyunu tüm evrelerinde entegre bir şekilde ele alan sistemleri içermektedir.

- Avrupa Birliği tarafından 2013 yılında yayımlanan "Yeşil Altyapı – Avrupa'nın Doğal Sermayesini Geliştirmek" (8) başlıklı bildiride, yeşil altyapının bölgesel kalkınmanın ayrılmaz bir parçası olarak AB politikalarına bütünüyle entegre edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca yeşil altyapı kavramı, Yedinci Çevre Eylem Programı (7EAP), Bölgesel Politika 2014–2020, Su Çerçevesi Direktifi, Nitrat Direktifi, Taşkın Direktifi ve İklim Değişikliğine Adaptasyon Konulu AB Stratejisi olmak üzere AB politikalarının farklı alanlarında da yer bulmuştur.

- Çin'de son yıllarda hızla artan kentleşme, seller ve su baskınlarıyla birlikte yağmur suyunun doğal olarak korunmasını, sızmasını ve arıtılmasını sağlayacak ''Sünger Şehirler'' kavramı benimsenmiştir (4).

Dünyanın farklı ülkelerinde ortaya çıkan yaklaşımların kapsamları temelde aynı şeyi savunmaktadır. Bunlar; seller ve su baskınları ile mücadele edilmesi, yeraltı suyunun beslenmesi, hidrolojinin ve doğal su döngüsünün desteklenmesi ve su kalitesinin iyileştirilmesidir. Çevresel değişimlerin ve su baskınlarının getirdiği zorluklarla başa çıkabilmek için, şehrin daha elastik ve esnek bir "sünger"i taklit ettiği "Sünger Kent" kavramı ortaya çıkmıştır (Görsel 2).



Görsel 2. Dünyada Yağmur Suyu Yönetimi ile İlgili Gelişen Kavramlar (4; 5; 6; 9)

"Yeşil altyapı" kavramı; Avrupa Komisyonu Yeşil Altyapı Bildirisi'nde (8) doğaya dayalı çözümlerle ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sağlamak, doğanın insana sunduğu faydaları anlamaya yardımcı olmak ve bu faydaları sürdüren ve geliştiren yatırımları harekete geçirmek için bir araç olarak tanımlanmaktadır. Yeşil altyapı; parklar, yeşil koridorlar, doğal alanlar, su yolu ağları, sulak alanlar, ormanlık alanlar, yaban hayatı habitatları, yeşil yollar, işlenen araziler, çiftlikler ve ormanları içeren doğal ekolojik süreçleri devam ettiren bir bütün olarak da bilinir (10).

İzmir gibi kıyı kentlerinde, aşırı deniz seviyesi yükselmesi ve yoğun yağışlar, taşkın riskini artırmaktadır. Bu nedenle, bu küresel risklerle başa çıkmanın önceliklerinden biri, doğaya dayalı çözümlerle kıyı kentlerinin dayanıklılığını yenilikçi adaptasyon stratejileri ile güçlendirmektir.

1.4 SüngerKent İzmir Yağmur Suyu Yönetiminde Genel İlkeler

SüngerKent İzmir Teknik Uygulama Kılavuzu yağmur suyunun toplumsal, çevresel ve ekonomik değerine odaklanarak yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Kılavuz, hedeflere ulaşmak için kullanılan yöntemlerin tamamen kuralcı olmayan, sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminde doğa esaslı yağmur suyu altyapı çözümleri içeren yenilikçi bir yaklaşımı benimsemektedir.

SüngerKent İzmir uygulamaları; doğal su döngüsünü taklit eden yağmur suyu yönetimi tekniklerini, kentin her noktasına entegre edebilen yenilikçi bir yaklaşımı sunmaktadır. Bu uygulamalar, sokaklardan otoparklara, evlerden binalara, parklardan kamusal alanlara kadar geniş bir yelpazede kullanılan yağmur suyu yönetimi tekniklerini içerir. Bu sayede sürdürülebilirlik, taşkın kontrolü, halk sağlığı yanı sıra yaşanabilirlik, mülk değeri, toplum canlılığı ve estetik gibi "yaşam kalitesi" faydalarına katkıda bulunmaktadır.

SüngerKent İzmir 4 temel ilkeden oluşmaktadır:

- Yağmur suyu akışlarının yavaşlatılması
- Yağmur suyunun sarnıç, yeraltı ve yerüstü depolarıyla depolanması
- Yağmur suyunun daha geniş bir alana yayılması ve böylece bitkiler ve toprak ile kirleticileri filtrelenmesi
- Bitkilere su sağlamak ve yeraltı suyu kaynaklarını desteklemek için yağmur suyunun toprağa sızdırılması

YAVAŞLAT, DEPOLA, YAY, SIZDIR

Bu kılavuz, İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin sürdürülebilir yağmur suyu yönetimini yansıtmakta olup, aşağıdaki **genel hedefleri** içermektedir:

- Yer üstü ve yeraltı suyu kalitesini korumak veya iyileştirmek.
- Yağmur suyunun kullanımını en üst düzeye çıkarmak.
  Doğal drenaj sistemlerini ve ekosistem sağlığını korumak.
- Uzun vadede ekonomik olarak uygulanabilir yağmur suyu yönetim sistemlerini uygulamak.
- Topluma yönelik su yönetiminden kaynaklanan yaralanma, can ve mal kaybı riski dahil olmak üzere kamu riskini en aza indirmek.
- Yapılı çevreyi taşkın ve su baskınlarına karşı korumak.
- Yağmur suyu yönetiminde sosyal, estetik ve kültürel değerlerin tanınmasını ve sürdürülmesini sağlamak.
- Sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak kamusal alanların planlanması ve geliştirilmesi yoluyla yağmur suyu yönetimini sağlamak.

Kılavuzda sunulan teknik tasarımlarda; çevresel faktörler, insan güvenliği, sağlık, bakım ve mali yük gibi tüm etkilerin dikkate alınması gerekmektedir.

1.5 Ulusal ve Yerel
Mevzuat

SüngerKent İzmir Uygulama Kılavuzu, ulusal ve yerel yönetmeliklerde belirtilen yaklaşımın dışında drenaj sistemlerine ekolojik bir yaklaşım getiren ve şehrin taşkınlara ve su baskınlarına karşı direncini arttırmayı amaçlayan yeni nesil, doğa temelli kentsel yağmur suyu yönetimini amaçlamaktadır. Kılavuz, yağmur suyunun sünger gibi toplanması, temizlenmesi, sızdırılması ve yeniden kullanılmasını teşvik eder. Ayrıca, kentin mevcut altyapısıyla uyumlu bir şekilde planlanmıştır ve doğa esaslı yeşil dönüşümü desteklemektedir. Ana hedef, kentin yağmur suyu akışını sürdürülebilir bir şekilde yönetmektir.

SüngerKent İzmir Uygulama Kılavuzunda, ulusal ve yerel yönetmelik ve yönergelerde belirtilen maddeler dikkate alınmıştır. Yerel ve Ulusal yönetmelik ve yönergelerin içeriğini incelediğimizde yağmur suyunun toplanması, depolanması ve deşarjı ile ilgili usul ve esasları düzenlemek, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı, kuraklık riskinin azaltılması, taşkınların önlenmesi ve altyapı yükünün hafifletilmesi gibi amaçları vardır.

İlgili mevzuatlar ve yağmur suyu hasadına yönelik maddeler aşağıda listelenmiştir.

Ulusal Yönetmelikler

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 23/06/2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan **"Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik"**

Yağmur suyu yönetiminde Ulusal düzeyde Sünger kentlerin doğa esaslı çözümlerini içeren ilk yönetmenliktir.

Bu yönetmelik yağmur suyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemek amacıyla yürürlüğe konmuştur. Halk sağlığını ve güvenliğini, çevrenin korunmasını, sistemin sürdürülebilir olmasını, içme suyu kaynaklarının suyla taşınan kirliliklerden korunmasını esas alarak yağmur suyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır.

Bu yönetmelik ekinde sünger kentlerin doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerine-çözümlerine yer verilerek "yağmur suyunu depolama ve yeraltına besleme" başlığı adı altında altyapı teknikleri ve yağmur suyu hasat sistemlerine ilişkin uygulamalar yer almaktadır. 2017 yılında yayımlanan bu yönetmenlik önemli olup bu altyapı teknikleri İzmir'deki kapsamlı uygulama deneyimlerini içerecek şekilde güncellenmesi önem taşımaktadır.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 03/07/2017 tarihli ve 30113 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan (23/01/2021 tarihli ve 31373 sayılı R.G. ile değişiklik) **"Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği"**

Bu yönetmeliğin 57 nci maddesinin yedinci fıkrasında yer alan (a) bendi şu şekildedir:

"a) 2000 m²'den büyük parsellerde yapılacak yapılarda mekanik tesisat projesine; çatı yüzeyi yağmur sularının, tabii zemin altında tesis edilecek yağmur suyu toplama tankında toplanması, gerekmesi halinde filtre edilerek yeniden kullanılması amacıyla yağmur suyu toplama sistemi projesi de eklenir. İlgili idarelerce daha küçük parsellere ilişkin de zorunluluk getirilebilir. Yağmursuyu toplama tankı, parselin yan, arka veya parsel sınırına 3 m. den fazla yaklaşmamak kaydı ile ön bahçe zemini altında konumlandırılır. Toplama tankı tahliye hattı varsa yağmur suyu şebekesine bağlanır, atıksu şebekesine bağlanamaz."

Yerel Yönetmelikler

- 03/06/2021 tarihli ve 31500 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan
  "İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği"

Bu yönetmelikte sarnıçlar, yağmur suyu tankları, yağmur suyu hasat sistemleri ve yeşil çatılar ile ilgili madde ve bentler yer almaktadır.

Tanımlar

Madde 4 - (1) Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinin 4 üncü maddesinin birinci fıkrasında yer alan tanımların yanı sıra bu Yönetmelikte geçen;

ğ) Yeşil Çatı: Binanın enerji performansını, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştiren, yağmur suyunun yarattığı problemlere yenilikçi çözümler getiren, çim serilip çiçeklerle yeşillendirilebilen, küçük bitkilerle donatılabilen çatıları tanımlaması dikkate alınacaktır

Sarnıçlar-yağmur suyu tankları-yağmur suyu hasat sistemleri

Madde 39 – (1) 1000 m²'nin üzerindeki parsellerde; bahçe sulamak, oto yıkama ve benzeri işlerde kullanılmak üzere bir drenaj sistemi oluşturularak çatı ve zemin yüzeyi sularının tabii zemin altında tesis edilecek bir sarnıçta/yağmur suyu tankında toplanması ve gerekmesi halinde arıtılarak yeniden kullanımı sağlanır. Söz konusu drenaj sistemi ve sarnıç/yağmur suyu tankı, bina ön cephe hattı gerisinde yan ve arka bahçe mesafeleri içinde düzenlenebilir ve vaziyet planında gösterilir.

(2) Çatı sularını toplayan yağmur su boruları, birinci fıkrada belirtilen sarnıçlara veya yağmur suyu tanklarına ya da yoldaki yağmur suyu şebekesine bağlanır; ancak, atıksu şebekesine bağlanamaz. Bağlandığı tespit edildiği takdirde ilgili idare veya İZSU Genel Müdürlüğü tarafından gerekli müdahale yapılıp bedeli bina sahibinden tahsil edilir.

Çatılar

Madde 43 - (21) Kamu binaları da dahil olmak üzere yeni yapılacak toplam inşaat alanı 60.000 m² üzerinde olan binalarda kent ekolojisini iyileştirmek, iklimsel klima etkisini kırmak, yağmur suyunu tutarak ani su baskınlarını azaltmak, inşaatların yeşil alan tahribini önlemek, nefes alınabilecek doğal bir ortam oluşturmak ve çatılarda ısı ve gürültü yalıtımını sağlamak amacıyla yeşil çatı sistemleri uygulanması zorunludur. Ayrıca toplam inşaat alanı 30.000 m²'den fazla olan binalarda teras çatı yapılmak istenmesi durumunda yeşil çatı sistemleri uygulaması yapılması zorunludur.

(22) Binaya hizmet eden ortak alan olarak düzenlenecek yeşil çatı uygulamalarında; çim, bitki, çiçek ve küçük ağaç türlerinin yetiştirileceği en az 0,50 metre toprak dolgu oluşturulacaktır. Bina taşıyıcı sistemi toprak yükü de hesaplanarak çözülecek olup çatıda su ve ısı yalıtımı sağlanacaktır. Yapılacak olan toprak dolgu parapet yüksekliğine ilave edilemez.

- 18/09/2021 tarihli ve 31602 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren **"İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik"**

Mevcut yönetmelikteki değişiklikleri içeren bu yönetmelik kapsamında yağmur suyu hasadı ile ilgili aşağıdaki madde yer almaktadır:

Madde 2 – (3) Yağmur suyu toplama tankı hacim hesap yöntemine ve kullanım alanlarına ilişkin İZSU Genel Müdürlüğünün düzenlemelerine uyulur."

Bu maddeye istinaden İZSU Genel Müdürlüğü tarafından **"Yağmursuyu Tankları, Yağmursuyu Hasat Sistemlerine İlişkin Hususlar"** isimli uygulama esasları hazırlanmıştır. Bu esaslar, **"İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği"**ne tabi olan 1.000 m² 'nin üzerindeki parsellerde yağmur sularının hasadı ve depolanarak kullanılması halinde uyulması gereken maddeleri, proje hesaplamalarını ve standart bilgileri içermektedir.

- 16/09/2022 tarihli 1097 sayılı Meclis Kararı ile yürürlüğe giren İzmir Büyükşehir Belediyesi **"Sünger Kent Uygulamaları Yönetmeliği"**

Bu yönetmelik, kapsamı itibariyle Türkiye'de çıkarılan ilk Sünger Kent yönetmeliğidir:

Amaç ve Kapsam

Madde 1 – (1) Bu yönetmelik, sünger kent yaklaşımı ve yeşil altyapı yöntemleri ile yağmur suyu yönetiminin sağlanması ve taşkın riskinin azaltılması için yapılacak uygulamaların belirlenmesini amaçlar.

(2) Bu Yönetmelik, İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde sünger kent oluşturma ile ilgili çalışmaları ve süreçleri kapsar.

Sünger Kent Uygulamaları Yönetmeliği çalışmalarını, Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi ile İklim Değişikliği ve Sıfır Atık Dairesi Başkanlığı koordineli olarak yürütmüştür.

1.6 Bu Kılavuz Nasıl Yardımcı Olabilir?

Şehrimiz, iklim değişikliği nedeni ile su baskınları, kuraklık ve deniz seviyesinin yükselmesine kadar birçok riskle karşı karşıyadır. Ancak mevcut kentsel doku ve planlama paradigması, kentin ekolojik ihtiyaçlarına yeterince yanıt verememektedir. Bu kılavuzun yazılması ve üretilmesi sürecinde en önemli hedeflerden biri, yağmur suyunun daha iyi yönetilmesine yardımcı olacak kullanışlı bir kaynak oluşturmaktır.

SüngerKent İzmir Teknik Uygulama Kılavuzu, SüngerKent İzmir Projesi temel alınarak bölgesel planlama önceliklerini ve mahalli planlama süreçlerini, havzaların hidrolojik döngüsüyle uyumlu hale getirmek amacıyla tasarlanmış bir rehber belgedir. Kılavuz, özellikle kentsel ve kırsal alanlarındaki geçirimsiz yüzeylerden akışa geçen yağmur suyunun yönetimi, depolanması ve sızdırılması üzerine odaklanmaktadır. Bu kılavuz, şehri etkileyen yağmur suyu akışıyla ilişkili sorunları anlama ve doğa esaslı yağmur suyu altyapı uygulamalarını belirleme konusunda yol gösterici olacaktır.

Kılavuzun esnek ve kolayca güncellenebilir bir yapıda olması, İzmir'in sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi ihtiyaçlarına daha hızlı yanıtlar vermesine olanak tanıyacaktır.

Her yağmur suyu sorunu farklıdır, bu nedenle çözümlerin bu değişkenliği ele alacak şekilde özelleştirilmesi gerekmektedir. Bu kılavuz yağmur suyu yönetim araçları sağlamakla birlikte, kullanıcıların/kılavuz uygulayıcılarının yaratıcılığı da önemlidir.

İzmir'in değişen iklim rejimine karşı direnç gösterme kapasitesi, su sistemlerini koruma ve kentteki akışı kontrol altında tutma yeteneğiyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilen, yağmur suyunu etkili bir şekilde depolayabilen ve yüzey akışını yavaşlatabilen bir altyapı ağına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç, bölgesel düzeyde kapsamlı ancak çeşitli ölçeklerde peyzaj odaklı müdahaleleri gerektiren bir sünger kent çerçevesi ile karşılanabilir.

Bu kılavuz, yerel yönetimler, sivil toplum ve ilgili kamu kurumları tarafından kentlerde yağmur suyunu değerlendirmek ve altyapıda yeşil bir dönüşüm yaklaşımını benimsemek için bir kaynak olacaktır.

Sünger kent yaklaşımındaki doğa esaslı yağmur suyu altyapı yaklaşımı, daha yaşanabilir mahalleler, sokaklar ve daha dirençli ve daha dayanıklı bölgeler yaratacaktır. İzmir'in, Türkiye'deki diğer birçok şehir için bu vizyonları gerçeğe dönüştürmede örnek olmasını umut ediyoruz.

Türkiye'nin ilk doğa esaslı altyapı uygulama kılavuzu.

2. İZMİR YAĞMUR SUYU ARKA PLANI VE SÜNGERKENT İZMİR MODELİ

SüngerKent İzmir modeli kentin klasik borulu yağmur suyu altyapı sistemi, sıcaklık ve yağış analizleri, yer-zemin sistemi ve su ekosistemleri analizleri, kentin geçirimli ve geçirimsiz yüzey alanları ve yağmur suyu akış potansiyeli gibi kentin yağmur suyu arka plan analizlerinin ayrıntılı bir şekilde yapılarak mevcut altyapı sistemine entegre bir yaklaşımla oluşturulmaya çalışılmıştır

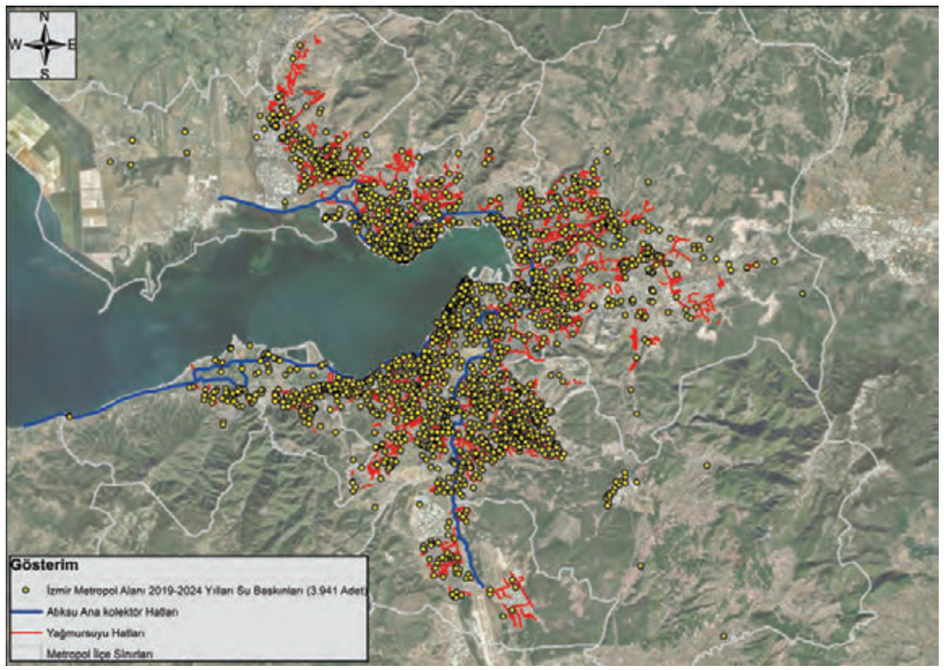
2.1 Kentsel Gri Altyapı Sistemi ve Yağmur Suyu Yönetiminin Zorlukları

İzmir ili genelinde, kentsel alana dönüşmüş bölgelere düşen yağmur suyu büyük oranda geçirimsiz yüzeyler üzerinden akışa geçmekte, yağmur suyu drenaj hattı olan alanlarda ızgaralardan toplanarak dere kollarına veya İzmir Körfezi'ne deşarj olmaktadır. Yağmur suyu altyapısı olmayan bölgelerde ise doğal su toplama havzaları, yoğun yapılaşmasının etkisiyle sokaklar, caddeler ve binalar ile yapay akış havzalarına dönüşmüş durumdadır. Çatılara düşen ve yağmur suyu iniş boruları ile sokağa ulaşan yağmur suları ya kanalizasyon sistemine bağlanmakta ya da birbirine bağlı dere kolları gibi çalışan cadde ve sokaklar boyunca hareket ederek her iki durumda da mansapta, eğimin azaldığı bölgelerde su baskınlarına neden olmaktadır. Söz konusu su baskınları, mevcut yağmur suyu altyapısının yetersiz kalabildiği şiddetli yağışlarda da sık sık yaşanmaktadır. Dolayısı ile kentsel alanda yağmur suyu yönetimi için gri altyapı sistemleri ile entegre olabilen yeni stratejiler belirlenmelidir.

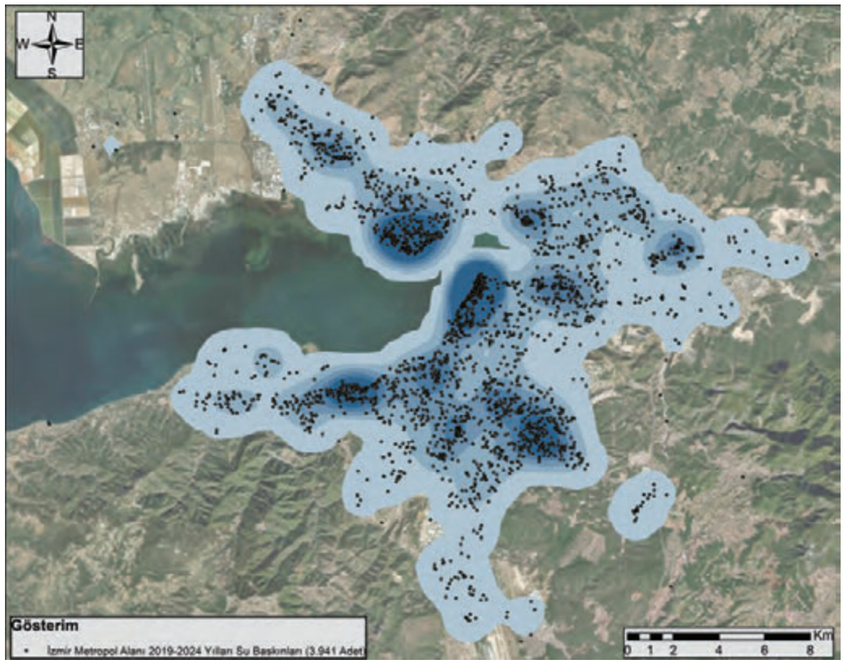
İzmir metropol alanında genel olarak mevcut altyapı sistemi yağmur suyu ve atıksu aynı boru sisteminde birleşik bir sistem olarak çalışmaktadır. Mevcut sistemde yağmursularını toplayacak hatların olmadığı bölgelerde yağmursularını atıksu sistemi toplamaktadır. Metropol alanı içerisinde Büyük Kanal Kuşaklama Sistemini oluşturan atıksu ana kolektör hatlarının tamamına yakını, hem atıksu hem de yağmur suyunu toplamaktadır. Büyük Kanal Kuşaklama Sistemini oluşturan dört adet ana terfi merkezi ve iki adet atıksu arıtma tesisi (Çiğli ve Güzelbahçe AAT), yağışlı günlerde sisteme giren yağmur suyu nedeniyle tasarım değerlerinin üzerinde faaliyet göstermek zorunda kalmaktadır. Kolektör hatları üzerine inşa edilen taşkın bacaları ile yağışlı dönemlerde gelen yüksek debinin bir kısmı körfeze tahliye edilmekte, bu durum yağmur suyu ve dere akışı ile beraber aşırı şiddetli yağışlarda kısmen atıksuların da denize karışmasına neden olmaktadır.

İzmir'in mevcut atıksu ve yağmur suyu sisteminin aynı borularla toplandığı birleşik bir kanalizasyon sistemine sahip olması, kenti büyük zorluklarla karşı karşıya bırakmakta, İzmir'in üzerine düşen yağışın normalin biraz üzerinde olması durumunda mevcut eski birleşik sistem bu yükü taşıyamamakta ve su baskınlarına, taşkınlara neden olmaktadır.

2019-2024 yılları arasında İzmir metropol alanında toplam 3.941 adet su baskını kayıtlara geçmiştir (Görsel 3). Merkezde en çok su baskını görülen ilçeler sırasıyla Konak, Buca, Karşıyaka, Bornova ve Karabağlar'dır. Merkezde en çok su baskını görülen mahalleler sırasıyla; Bostanlı (Karşıyaka), Alsancak (Konak), Güzelyalı (Konak), Doğanlar (Bornova), Kozağaç ve Yıldız (Buca)'dır (Görsel 4).

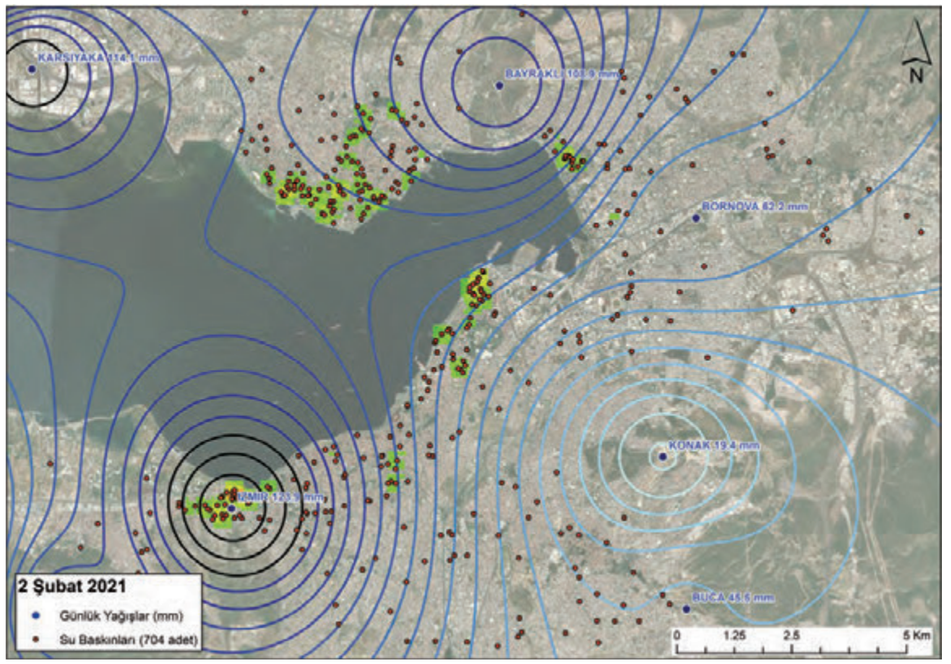


Görsel 3. İzmir Metropol Alanı 2019-2024 Yılları Arasında Yaşanan Su Baskınları



Görsel 4. 2019-2024 Yılları Arası İzmir'de Yaşanan Su Baskınlarının Yoğunluk Haritası

Son 5 yıl içerisinde 2019 ve 2021 yıllarında yağmur suyundan kaynaklı 2 büyük kentsel su baskınlarına neden olan afetler yaşanmıştır. Yalnızca 2021 yılı şubat ayında 700'ü aşkın noktada su baskını meydana gelmiştir (Görsel 5).

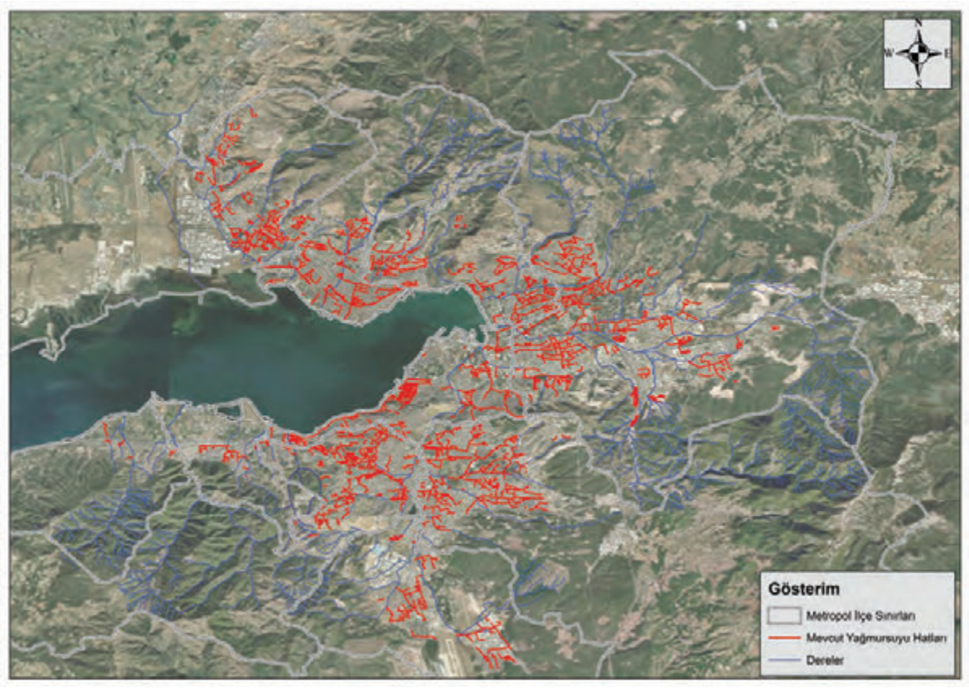


Görsel 5. 2 Şubat 2021 Tarihli Yağışta Yaşanan Su Baskınları

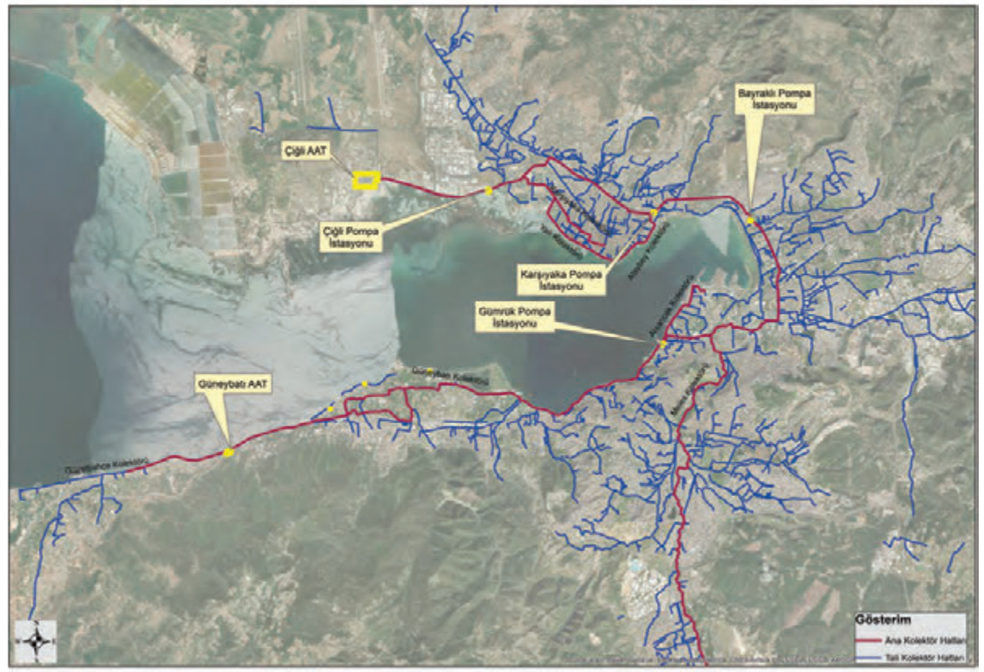
İzmir metropol alanında su baskınlarından kaynaklı yağmur suyu drenaj sorununu çözmek için uzun yıllardır çeşitli yöntemler denenmiştir. Bu çerçevede, geleneksel borulu şebeke sistemleri, U kesitli kapalı yağmur suyu hatları, tekli ve sıralı ızgaralı yağmur suyu hatları gibi çeşitli çözüm yöntemleri uygulanmıştır. Ancak, yağmur suyu ana toplayıcı hatlarının bulunmadığı bölgelerde imal edilen yağmur suyu şebekeleri istenmeden de olsa atıksu şebeke sistemine bağlanmıştır. Bu durum atıksu hatlarının tasarım değerlerinin aşılması, yağmursularının derelere, körfeze ulaşamaması gibi sorunlar ortaya çıkarmıştır.

Son yıllarda İZSU Genel Müdürlüğü tarafından ayrıştırma çalışmalarına büyük yatırımlar yapılmakta yağmursularının atıksu sisteminden ayrıştırılması çalışmaları devam etmektedir. Birleşik sistemin kente getirdiği zorluklar şu şekildedir:

- Atıksu arıtma tesisine atıksu ile birlikte yağmur suyunun da ulaşması,
- Şiddetli yağışlarda dolu kapasiteyle çalışan birleşik sistemin dereler ve körfezde bulunan taşkın savaklarıyla tahliyesi,
- Yağmur suyu ile taşınan sedimentin atıksu borularında biriktirmesi ve kapasite kaybına neden olması,
- Sistemin derelerde ve körfezde kirlilik oluşturması ve bir baskı unsuru olması.



Görsel 6. İzmir Metropol İlçe Sınırları Mevcut Yağmur Suyu Hatları



Görsel 7. İzmir Büyük Kanal Kuşaklama Sistemi Ana ve Tali Kolektör Hatları

Ayrık kanalizasyon sistemi de pek çok faydanın yanı sıra çeşitli yapım ve işletme zorluklarını da beraberinde getirmektedir:

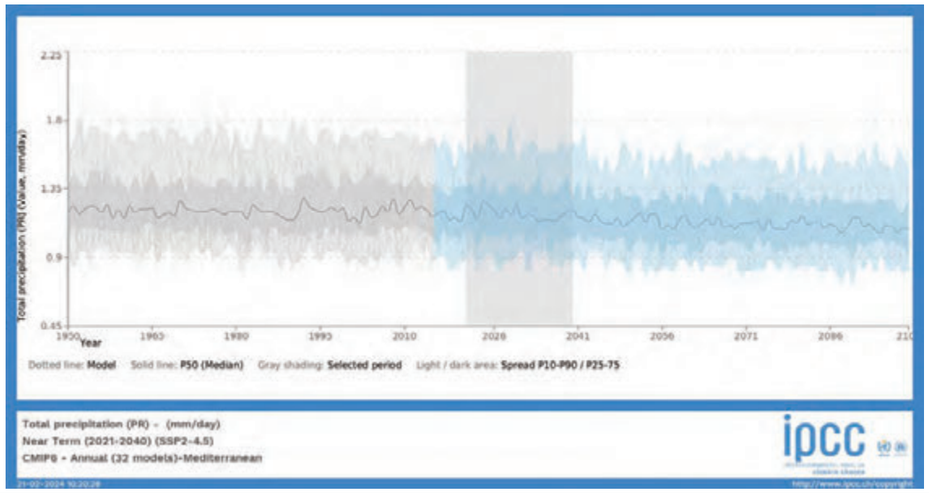
- Yağmur suyu ayrıştırma çalışmaları oldukça yüksek maliyetli çalışmalardır.
- Yağmur suyu ve atıksu kanallarının ayrık sistem işletilmesi, altyapı sistemlerinin işletme ağırlığını daha da arttırmaktadır.
- Mevcut durumda altyapının ve üstyapının yoğun olduğu kentsel alanlarda, yağmur suyu hatlarının döşenmesi için yapılan inşaat çalışmaları yapısal olarak oldukça zordur.
- Yağmur suyu kanallarının bakımı daha hızlı bir işletim ağı gerektirir. Her yağış esnasında ve sonrasında yağmur suyu kanallarının temizlenmesi gerektiği gibi, yağmur suyu ızgaralarının da temizlenmesi gerekir.
- Yağmur suyu kanalları yüzeye daha yakın olduğundan, bu hatlara dış müdahaleler içme suyu ve atıksu hatlarına olan müdahalelerden daha da yoğundur.

2.2 İklim Değişikliği, Sıcaklık ve Yağış

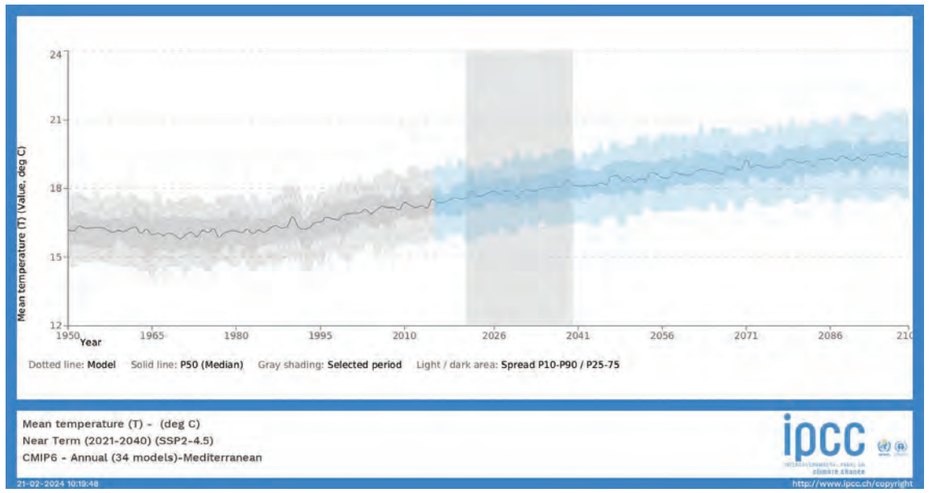
Dünyanın iklim sistemindeki uzun süreli değişimler iklim değişikliği olarak tanımlanır. Fosil yakıt kullanımı, ormancılık, tarım, endüstri gibi insan faaliyetlerinin artması iklim değişikliğinin hız kazanmasına yol açar.

Şehirleşme, arazi kullanım değişimi, kirlilik, biyoçeşitlilik kaybı, kara ve deniz ekosistemlerinin bozulması gibi unsurlar da göz önünde bulundurulduğunda İzmir'in de içerisinde bulunduğu Akdeniz havzası, iklim değişikliğinden etkilenmeye açık bir bölgedir. Akdeniz havzası için iklim değişikliği projeksiyonları, önümüzdeki yıllarda artan sıcaklıklar, azalan yağış ve artan deniz seviyesi yükselmesi yaşanacağını işaret etmektedir. Bölgedeki ısınmanın küresel ortalamanın yaklaşık %20 üzerinde olması tahmin edilmektedir (11).

Uluslararası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) hazırlamış olduğu İnteraktif Atlas'ında (2021) (12) verilen CMIP6 (Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi 6. Aşama) modellerinin SSP2 (Ortak sürdürülebilir yol) ve SSP5 (yüksek emisyon) senaryolarına göre tahmin edilen yağış ve sıcaklık değişimleri Akdeniz havzası için incelenmiştir. SSP2-4.5 senaryosunda 2100 yılına kadar ortalama yağış ve ortalama sıcaklık tahminleri yapılmış ve sırasıyla Görsel 8 ve Görsel 9 ile verilmiştir. Yakın dönem (2021-2040) incelendiğinde, yağışlarda anlamlı bir değişim beklenmemekte ancak sıcaklıklarda artış trendi tahmin edilmektedir.

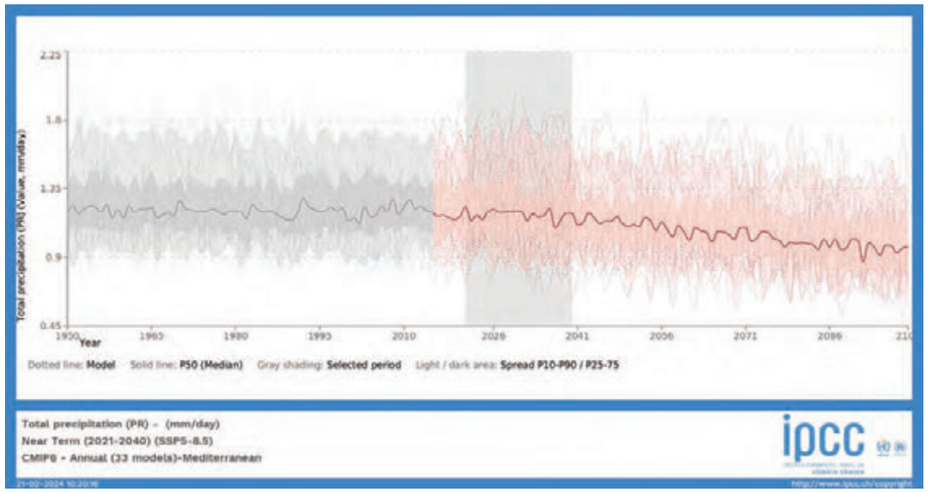


Görsel 8. Ortalama Yağış (mm/gün), Yakın Dönem (2021-2040) (SSP2-4.5) (12)

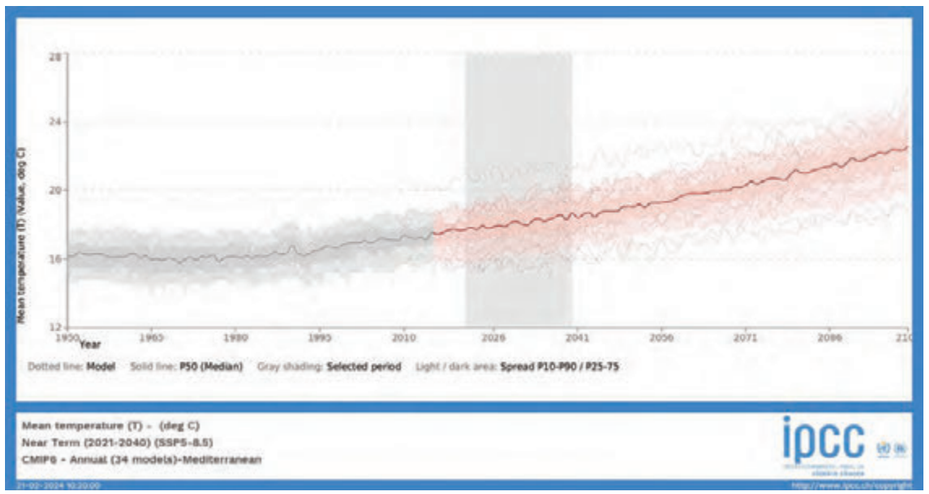


Görsel 9. Ortalama Sıcaklık (°C), Yakın Dönem (2021-2040) (SSP2-4.5) (12)

Akdeniz havzası için, CMIP6 kullanılarak modellenen SSP2-4.5 (orta durum) ve SSP5-8.5 (yüksek emisyon) senaryosuna göre 2100 yılına kadar ortalama yağış ve ortalama sıcaklık tahminleri yapılmış ve sırasıyla Görsel 10 ve Görsel 11'de verilmiştir. Özellikle yakın dönem (2021-2040) incelendiğinde yağışlarda azalma, sıcaklıklarda artış olacağı tahmin edilmektedir. Uzun dönem incelendiğinde de durumun benzer olduğu görülmektedir.



Görsel 10. Ortalama Yağış (mm/gün), Yakın Dönem (2021-2040) (SSP2-8.5) (12)

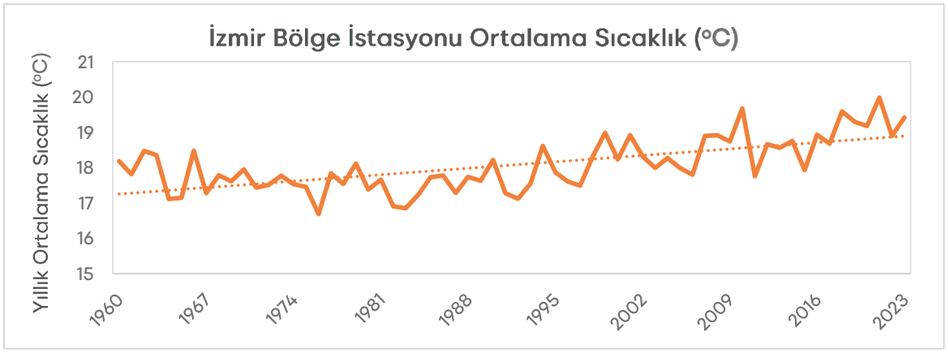


Görsel 11. Ortalama Sıcaklık (°C), Yakın Dönem (2021-2040) (SSP2-8.5) (12)

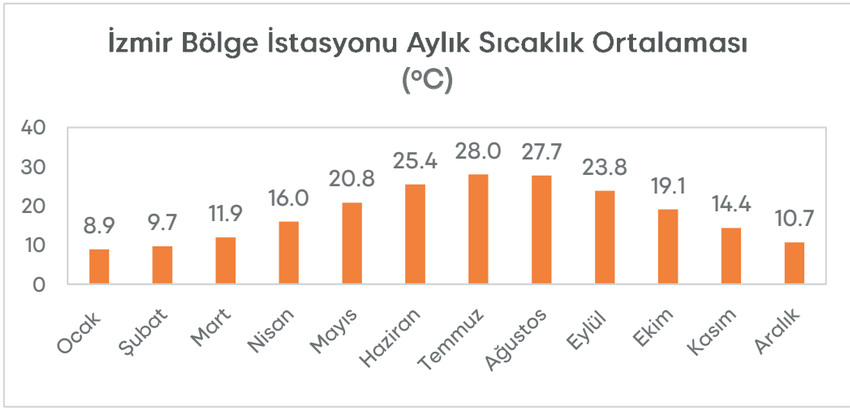
Günümüzden 2040 yılına kadar sıcaklık değişimleri incelendiğinde, SSP2-4.5 senaryosuna göre yaklaşık 1 °C (Görsel 9), SSP2- 8.5 senaryosuna göre yaklaşık 1,5 °C (Görsel 11) artış olacağı tahmin edilmektedir.

2.2.1 İzmir Sıcaklık Analizi

İzmir ilini temsil eden tüm meteoroloji istasyonlarında 1960-2023 döneminde ölçülen günlük ortalama sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden temin edilmiştir. 1960-2023 dönemi için İzmir Bölge İstasyonunun günlük gözlemlerden elde edilen yıllık ortalama sıcaklık grafiği Görsel 12 ile verilmiştir. Bu dönemde ölçülen ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde artan eğilim olduğu görülmektedir. Görsel 13'te verilen İzmir Bölge istasyonu için aylara göre sıcaklık ortalamaları incelendiğinde, en sıcak ayın Temmuz (28 °C), en soğuk ayın ise Ocak (8,9 °C) olduğu görülmektedir.

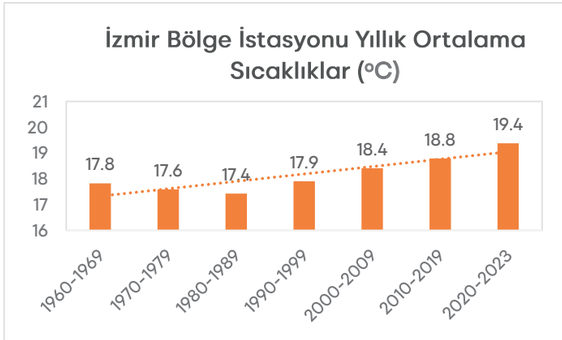


Görsel 12. İzmir Bölge istasyonunda ölçülen yıllık ortalama sıcaklıklar (°C) (1960-2023)



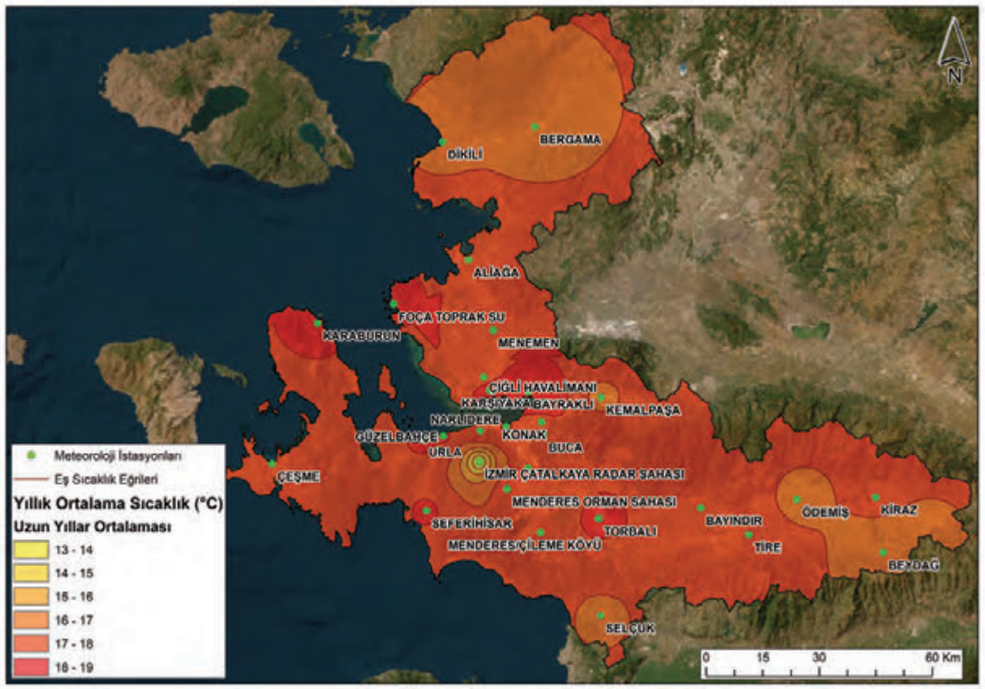
Görsel 13. İzmir Bölge istasyonunda ölçülen aylık sıcaklık ortalamaları (°C) (1960-2023)

1960-2023 dönemi onar yıllık periyotlara ayrılarak incelendiğinde (Görsel 14), sıcaklıkların artan bir eğilimle devam ettiği görülmektedir. Son dört yılın ortalaması (2020-2023) 19,4 °C olup, tüm dönem ortalaması (1960-2023) olan 18,1 °C'den 1,3 °C daha fazladır. 1960-1969 dönemine göre ise 2020-2023 dönemindeki sıcaklıklar 1,6 °C artmıştır. Sıcaklık değişimi (Görsel 12 ve Görsel 14) incelendiğinde özellikle son yıllardaki artışların Görsel 9 ve Görsel 11 ile sunulan verilen iklim modellerine göre tahmin edilen artışlarla uyumlu olduğu görülmektedir.



Görsel 14. İzmir Bölge istasyonunda ölçülen 10 yıllık periyottaki yıllık sıcaklık ortalamaları (°C)

İzmir ilinin 1960-2023 dönemi için ortalama sıcaklık dağılımı Görsel 15'te sunulmuştur. Buna göre, Dikili, Bergama, Ödemiş, Beydağ ve Selçuk sıcaklık ortalaması 15-17 °C civarındayken, merkez ilçeleri ile Foça, Seferihisar, Urla ve Torbalı ilçelerinde sıcaklık ortalamaları yüksektir (18-19 °C). Sıcaklık dağılımında deniz etkisi de görülmektedir. Karabağlar ilçesinde bulunan Çatalkaya Radar Sahası istasyonunda ölçülen sıcaklıklar istasyonun rakımının etkisiyle daha düşüktür (13-14 °C).

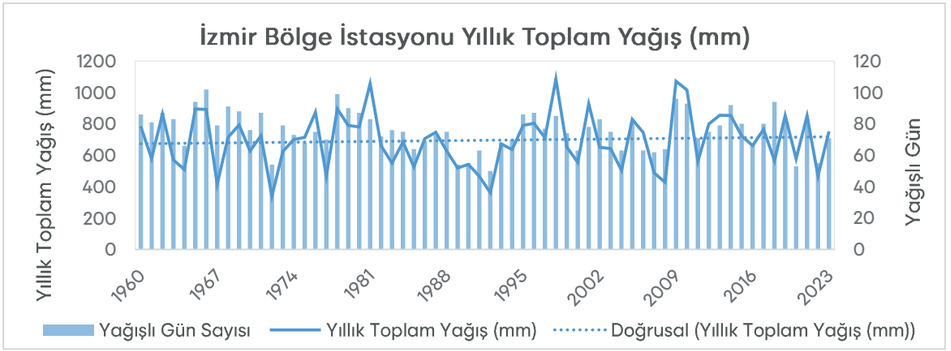


Görsel 15. İzmir İli Ortalama Sıcaklık Haritası (°C)

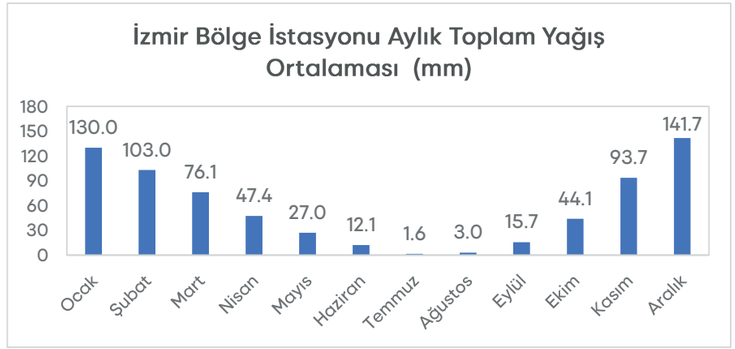
2.2.2 İzmir Yağış Analizi

İzmir ilini temsil eden tüm meteoroloji istasyonlarında 1960-2023 döneminde ölçülen günlük toplam yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden temin edilmiştir. İzmir Bölge İstasyonu verilerine göre, İzmir ili 1960-2023 dönemi yıllık toplam yağış değerleri ortalaması 695,3 mm'dir. 1960- 2023 dönemi yıllık toplam yağış değerlerine bakıldığında herhangi bir eğilim görülmemekle birlikte, yağışın az olduğu dönemler göze çarpmaktadır. 1982-1994 yılları arası yağışlar, ortalama değerin altında kalmıştır.

İzmir Bölge İstasyonunun 1960-2023 dönemi için günlük gözlemlerden elde edilen yıllık toplam yağışların ve yağışlı gün sayılarının grafiği Görsel 16 ile verilmiştir. Yağış ortalamalarında herhangi bir trend görülmemektedir. Görsel 17 ile verilen İzmir Bölge istasyonu için aylara göre yağış ortalamaları incelendiğinde, en yağışlı ayın Aralık (141,7 mm), en kurak ayın ise Temmuz (1,6 mm) olduğu görülmektedir.

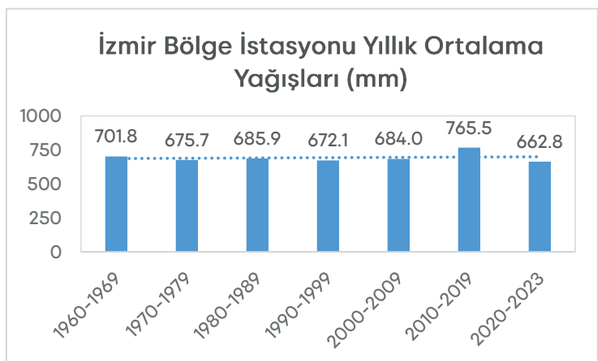


Görsel 16. İzmir Bölge istasyonu yıllık toplam yağışları (1960-2023)



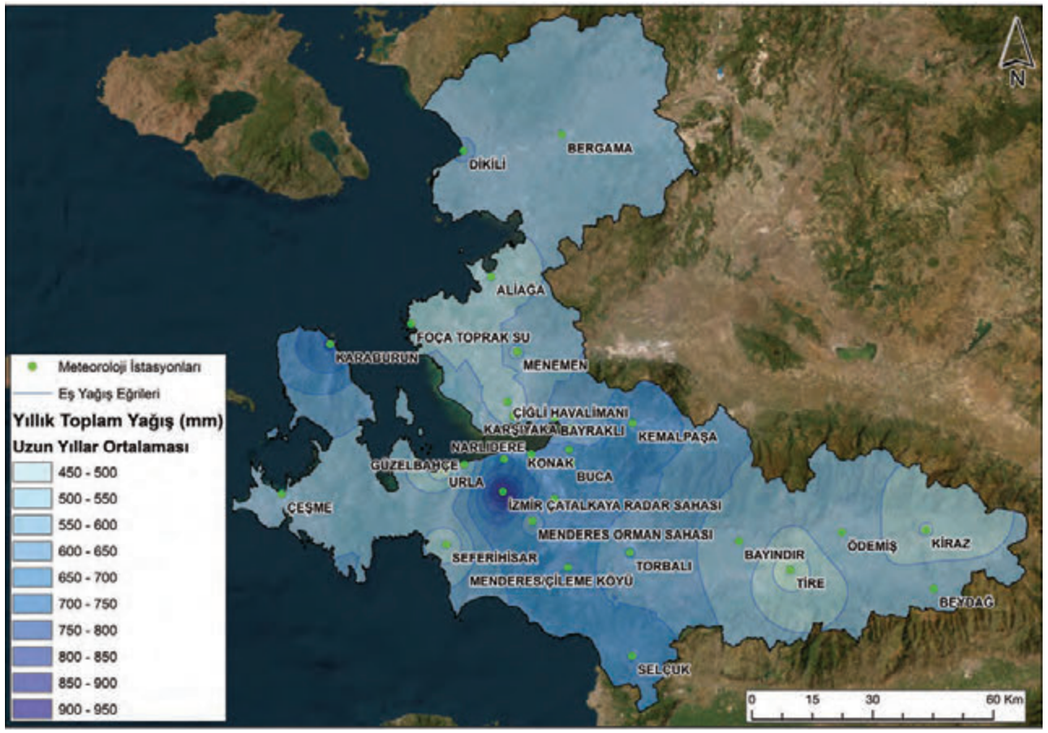
Görsel 17. İzmir Bölge istasyonunda ölçülen aylık ortalama yağışlar (mm) (1960-2023)

1960-2023 dönemi onar yıllık periyotlara ayrılarak incelendiğinde (Görsel 18), ortalama yağışlarda herhangi bir eğilim görülmemektedir. En yüksek yağış, dönemsel olarak 2010-2019 döneminde gerçekleşmiş olup, ortalaması 765,5 mm'dir (Görsel 18).



Görsel 18. İzmir Bölge istasyonunda ölçülen 10 yıllık periyottaki yıllık toplam yağış ortalamaları (mm)

İzmir ilinin 1960-2023 dönemi için ortalama yağış dağılımı Görsel 19 ile sunulmuştur. Buna göre, en az yağış Tire, Kiraz, Seferihisar, Foça, Aliağa, Urla istasyonları, en fazla yağış İzmir Çatalkaya Radar Sahası ve Karaburun istasyonlarında ölçülmüştür.

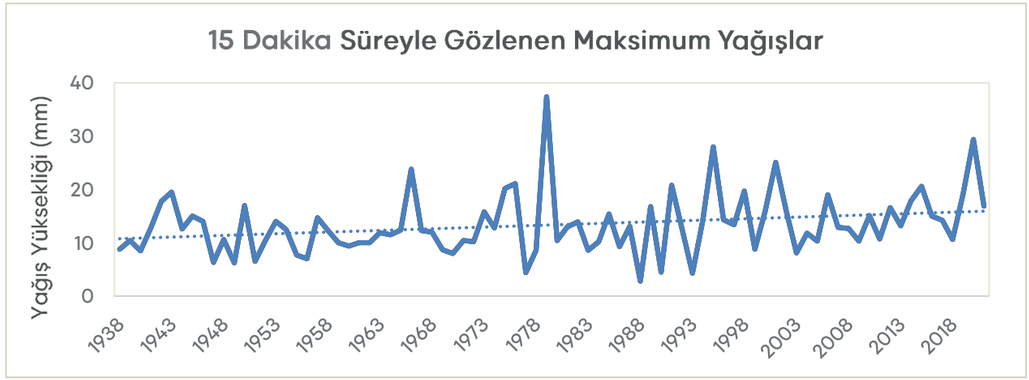


Görsel 19. İzmir İli Ortalama Yağış Haritası (mm)

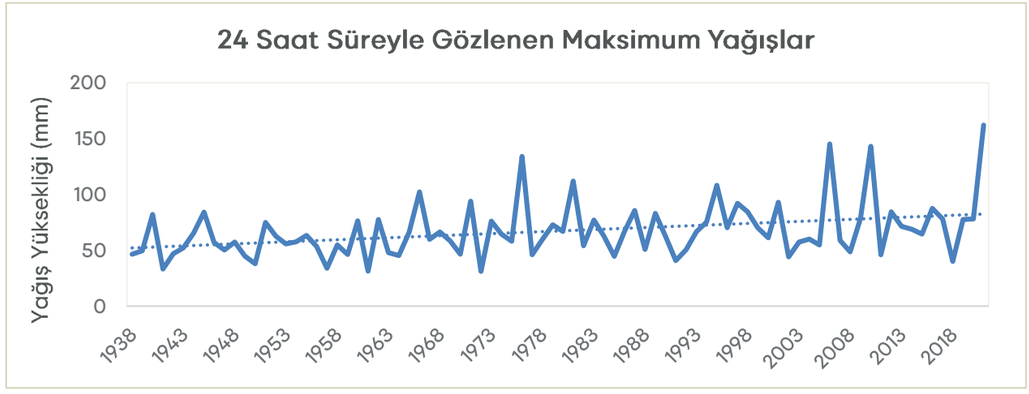
İzmir Bölge İstasyonu'nda 1938-2021 dönemi için standart sürelerde gözlenen en büyük yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Genel olarak maksimum yağışlarda artış eğilimi olduğu göze çarpmaktadır. İzmir Bölge istasyonu için 15 dakika ve 24 saatte ölçülen yıllık maksimum yağış miktarları sırasıyla Görsel 20 ve Görsel 21 ile verilmiştir. 2 Şubat 2021 tarihinde İzmir İline 24 saatte 162,1 mm yağış düşmüştür. Yapılan gözlemlere göre bu yağış, 1938'den beri gözlenen en yüksek yağış değeridir. Frekans analizine göre bu yağış miktarı; 100 yılda bir gelecek yağış miktarının üzerinde ve 200 yılda bir gelecek yağış miktarına yakındır. İzmir İli için yağış şiddeti-süre-tekerrür eğrileri Görsel 22 ile sunulmuştur.

İklim koşullarının değiştiği ve buna bağlı olarak yağış desenlerinin etkilendiği bilinmektedir. Gelecek yıllarda yağışların daha şiddetli olması beklenmektedir.

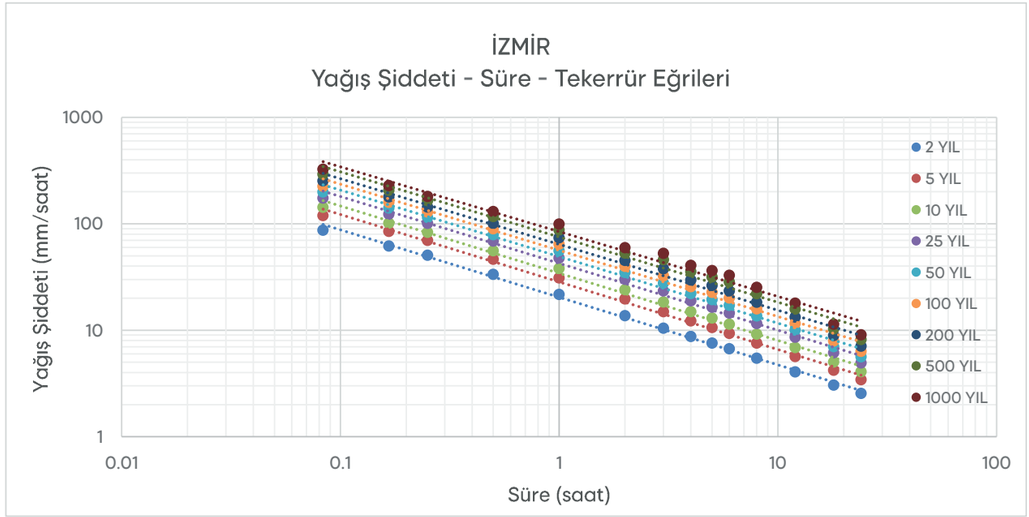
Yağış şiddetlerinde oluşacak bu artışlar, yerel altyapı sistemlerini zorlayabilir ve kentsel alanlarda ani taşkınlara ve su baskınlarına neden olabilir. Bu nedenle, ani taşkın ve su baskını risklerine maruz kalan bölgelerde, doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin benimsenmesi ve uygulanması daha da önem kazanmaktadır.



Görsel 20. İzmir Bölge İstasyonu'nda gözlenen 15 dakika süreli maksimum yağışlar (1938-2021)



Görsel 21. İzmir Bölge İstasyonu'nda gözlenen 24 saat süreli maksimum yağışlar (1938-2021)



Görsel 22. İzmir Bölge istasyonu yağış şiddeti-süre-tekerrür eğrileri (1938-2021)

2.3 Yer-Zemin Sistemi

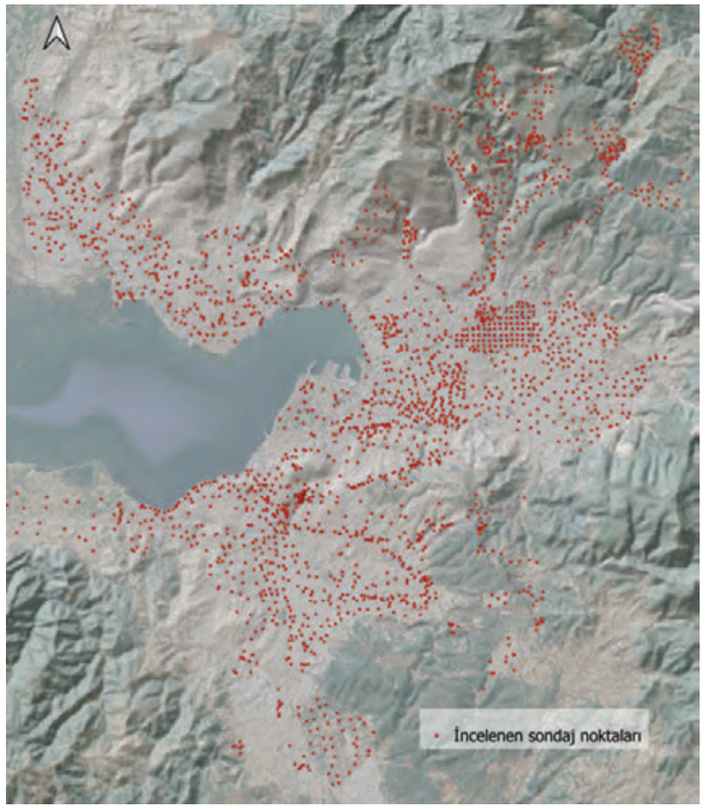
2.3.1 Geçirimlilik ve Sızma

Kent içinde yağmur sularının, bekletilmesi, yavaşlatılması ve depolanması gibi doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanabilirliği ve boyutlandırılabilmesi açısından geçirimlilik ve sızma büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden kentin yer-zemin sisteminin tanımlanması ve ayrıntılı olarak analiz edilmesi Sünger Kent modelinin oluşturulması, tasarım ve boyutlandırma süreçleri için büyük bir önem taşımaktadır.

Bu çerçevede yer sistemlerinin tanımlanması ve analiz edilmesinde “Hidrojeolojik Analiz ve Sınıflandırma” ile “Hidrolojik Toprak Analizi Sınıflandırması” olmak üzere iki ayrı analiz sistemi kullanılmıştır.

2.3.1.1 Hidrojeolojik Analiz ve Sınıflandırma

İzmir kentinde bulunan jeolojik birimlerin geçirimlilik, yeraltı suyunu taşıma ve iletme gibi hidrojeolojik özellikleri detaylı olarak incelenerek analiz edilmiştir. İzmir'in yeraltı yapısını anlamak ve jeolojik koşullarını belirlemek amacıyla, 2010-2022 tarihleri arasında İzmir kentinde gerçekleştirilen 2.500'den fazla sondaj kuyusunun (Görsel 23) logları, laboratuvar ve arazi deney sonuçları detaylı bir şekilde incelenmiş ve değerlendirilmiştir.



Görsel 23. Kentte incelemesi yapılan sondaj kuyuları noktaları

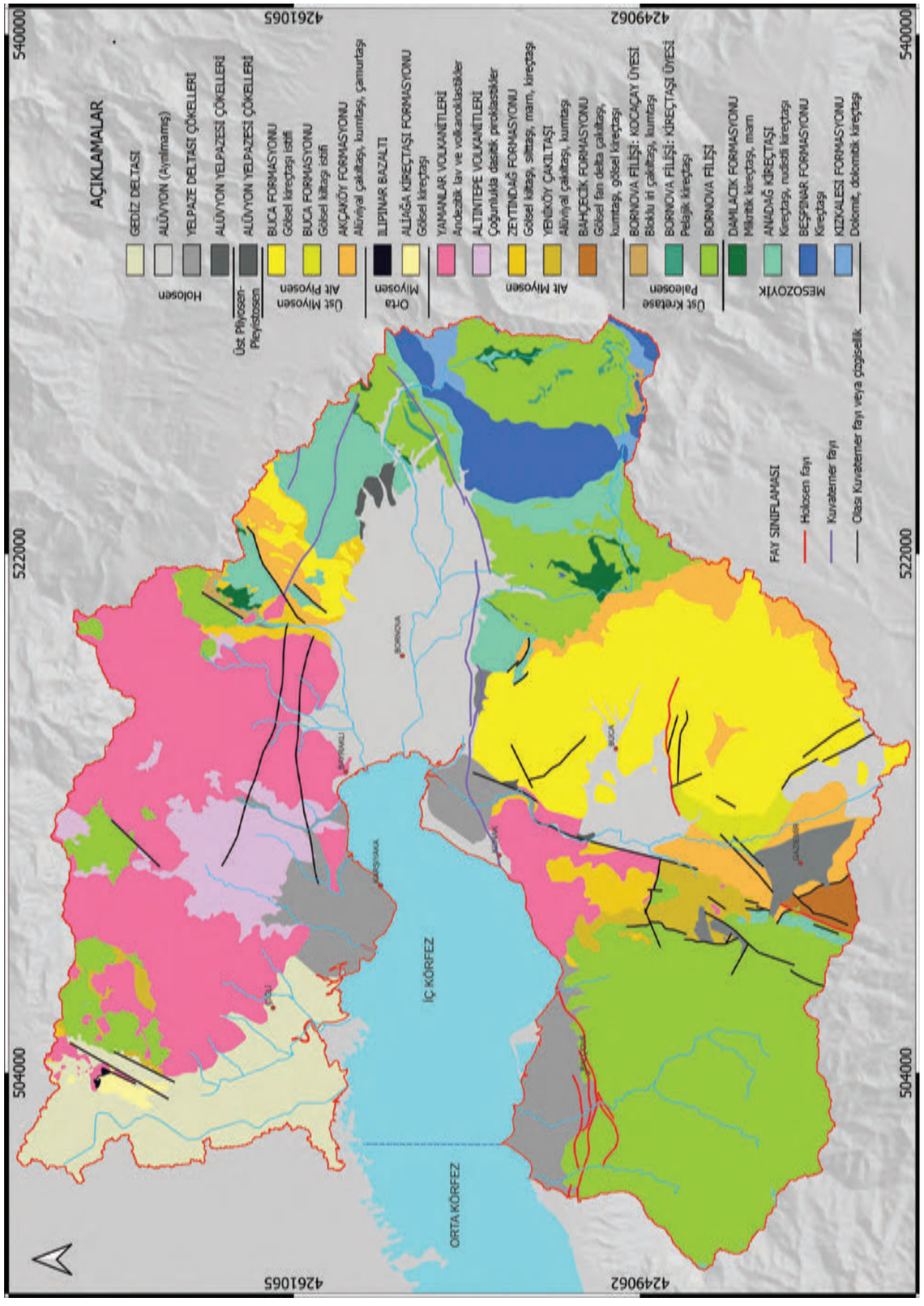
İzmir metropol alanının hidrojeolojik özelliklerini belirleyebilmek için, önceki çalışmalardan elde edilen genel jeoloji haritası ve bu kılavuz kapsamında değerlendirmeye alınan jeoteknik ve/veya su sondaj loglarından elde edilen bilgiler temel alınarak, İzmir metropol alanına ait jeoloji haritası oluşturulmuştur (Görsel 24).

İzmir Körfezi tektonik bir çöküntü sahasıdır. Bu çöküntü sahanın çevresinde yükselen tepeleri, genellikle volkanik kayaç, filiş toplulukları ve kireçtaşları oluşmuştur (13). Tepeler ile sahil arasındaki düzlükler ise genellikle deniz ve dere birikintilerinden oluşur. Şehrin yerleşim alanlarının düz kısımlarını genç Kuvaterner çökeller oluşturur.

İzmir Metropol alanının temel jeolojik yapısını, Neojen öncesi temel kayaları, Neojen çökelleri ve volkanitleri ve bunları uyumsuz bir biçimde üzerleyen Pliyo-Kuvaterner çökelleri oluşturmaktadır.

İzmir Metropol alanının temelinde yer alan ve özellikle doğu kısımlarında yüzlek veren Mesozoyik yaşlı birimler sırasıyla, dolomit ve dolomitize kireçtaşlarının oluşturduğu Kızkalesi Formasyonundan, karbonat kaya kütlelerinden oluşan Beşpınar formasyonundan, rudistli kireçtaşları ile temsil edilen Anadağ Kireçtaşından ve mikritik kireçtaşlarının yer aldığı Damlacık Formasyonundan oluşmaktadır.

Özellikle Balçova ilçesinin güneyinde ve Bornova ilçesinin doğusunda geniş yüzlekler veren ve Mesozoyik birimleri tektonik uyumsuzlukla üzerleyen Bornova Filiş zonu bulunmaktadır. Üst kretase-Paleoen yaşlı Bornova Flişi zonunu, kumtaşı ve şeylden yapılı aşırı makaslanmış bir matriks içinde yer alan, değişik yaş ve çökelme ortamlarına ait pelajik kireçtaşları ve Kocaçay formasyonuna ait bloklu iri çakıltaşı ve kumtaşı birimleri oluşturmaktadır.



Görsel 24. İzmir Metropol Jeoloji Haritası

Bornova Filiş zonunu açısal uyumsuzlukla Alt Miyosen-Holosen yaşlı birimler üzerler. Bu birimler sırasıyla, göle açılan yelpaze deltası tortullaşmasını yansıtan ve kızıl bordo renkli çakıltaşlarından oluşan Bahçecik formasyonu; alüviyal çakıltaşı ve kumtaşı içeren Yeniköy çakıltaşı; beyazımsı ve sarımsı gri renkli gölsel kiltaşı, silttaşı, marn, kireçtaşı içerikli Zeytindağ formasyonu; Karşıyaka ilçesinin güneybatısında yer alan ve dasitik piroklastiklerden oluşan Altıntepe Volkanitleri, ve yine Karşıyaka ile Bayraklı ilçelerinin kuzey kısımlarında yer alan andezitik lav ve volkanoklastik içerikli Yamanlar Volkanitleridir.

Bu Alt Miyosen-Holosen çökellerini açısal diskordanslı olarak Orta Miyosen yaşlı piroksen andezit lav ara katkılı Aliağa Piroklastikleri örtmektedirler. Çalışma alanının kuzeybatısında kırmızı-kahverengi alterasyon renkli bazaltik lavlardan oluşan ve ismini bulunduğu köyden alan Ilıpınar Bazaltı, Aliağa Piroklastikleri ile ardalanmalı bir şekilde yer alırlar.

Üst Miyosen tortullaşmasının başlangıcını simgeleyen Akçaköy formasyonu, adını metropol alanın Gaziemir ilçesinin Akçaköyü' nden almıştır. Miyosen yaşlı volkanitler üzerine transgresif aşmalı bir şekilde yer alan bu birim, alüvyal çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşından meydana gelmektedir. Gölsel kiltaşı istifini oluşturan Buca formasyonu bu birimi yanal girik-düşey geçiş ilişkisiyle üstlemektedir.

Üst Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Alüvyon yelpazesi çökelleri, Meles havzası batısında alt birim, doğusunda Bornova Flişi üzerinde açılı uyumsuz olup; Buca formasyonu, Yamanlar volkanitleri ya da Anadağ kireçtaşı üzerinde aşmalı çökelmektedir.

Tüm bu birimleri ise, toplam kalınlığı 300 metreden fazla olan istifin alt bölümlerinde 70-100 m kalınlığında kaba kumlu ve andezit kökenli çakıl ardalanmaları, deniz ilerlemesini yansıtan ince kırıntılı çökeller ile yeşilimsi gri renkli bataklık çamurları kapsayan kahverenkli karasal çamur ve kumların simgelediği Holosen çökelleri uyumsuzlukla yer almaktadır.

Genel olarak jeolojik birimler incelendiğinde, İzmir ilindeki metropol alanlarda bulunan Mezosoyik Kireçtaşı gibi karstik özelliklere sahip kayaçlar ile şehrin kuzeyinde yer alan Yamanlar Volkanitlerine ait tüf, andezit ve aglomeraların geçirgenlikleri farklılık gösterebilir. Bu nedenle, oluşturulan hidrojeolojik sınıflandırma haritasında, birimlerden farklı olarak, İzmir metropol alanında geniş yüzlekler veren Karstik Karbonatlı Kayaçlar ayrı bir grupta incelenmiştir. Mezosoyik Kireçtaşları gibi karstik özelliklere sahip kayaçlar, genellikle oldukça geçirimli olabilir. Hazırlanan genel jeoloji haritasına göre 120 km² den fazla bir alanda yer alan bu kireçtaşları, kırık çatlak sistemleri nedeniyle suyun kolayca geçmesine ve sızmasına izin veren bir yapı sunmaktadır. Karstik karbonatlı kayaçların çözünme ve erozyon süreçleri, zamanla oyuklar, çatlaklar ve mağaralar gibi doğal boşlukların oluşmasına yol açabilir. Bu boşluklar, yüzeydeki kayaç tabakalarının çökmesine neden olabilir ve buna bağlı olarak doğal çöküntüler meydana gelebilir. Bu nedenle, karstik karbonatlı kayaçların bulunduğu bölgelerde, yeraltı suyu kaynakları korunmalı ve doğal çöküntülerin oluşumunu engellemek için özel dikkat gösterilmelidir. Bu kayaçlar, yeraltı su kaynaklarının beslenmesine ve sürdürülebilir bir şekilde korunmasına önemli katkıda bulunabilir.

İzmir metropol alanındaki birimlerin detaylı olarak değerlendirilmesi sonucunda, hidrojeolojik özellikleri, hidrolik parametreleri, yeraltı suyu kütlesi ve arazi çalışmalarında elde edilen verilerin derlenmesiyle akifer tipleri sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada, EPA'nın 1986 tarihli raporu çerçevesinde, havzada yeraltı suyunu taşıyan jeolojik birimlerin litolojik özellikleri, su depolama ve iletme kapasiteleri ve EPA'nın uluslararası standartları dikkate alınarak havza akiferlerine yönelik verimlilik değerlendirmesi yapılmıştır. EPA'nın bu çalışmasında yer alan yeraltı sularını koruma stratejisi için hazırlamış olduğu ve DSİ tarafından da kullanılan "Yeraltı Suyu Sınıflandırma Metodolojisi" dikkate alınmıştır (Tablo 1).

	HİDROSTRATİGRAFİ	Yeraltı suyu Taşıma Özelliği	Yeraltı suyu İletme Özelliği
Akifer Birimler	Karstik Karbonatlı Kayaç Akiferleri	Var	Var
	Taneli Akiferler / Kırıklı Çatlaklı Akiferler	Var	Var
Akitard Birimler	Akitard (Yeraltı suyu taşıyan ve az ileten birimler)	Sınırlı	Sınırlı
Akifer Olmayan Birimler	Akiklüd (Su taşıyabilen ve su iletmeyen birimler)	Sınırlı	Yok
	Akifüj (Su taşımayan ve iletmeyen birimler)	Yok	Yok

Tablo 1. Hidrojeolojik Sınıflandırma Kriterleri

Bu harita;

- Karstik Karbonatlı Kayaç Akiferleri
- Taneli Akiferler / Kırıklı Çatlaklı Akiferler
- Akitard (Yeraltı suyu taşıyan ve az ileten birimler)
- Akiklüd (Su taşıyabilen ve su iletmeyen birimler)
- Akifüj (Su taşımayan ve iletmeyen birimler)

olarak 5 ayrı sınıfta incelenmiştir.

Taneli / Kırıklı ve Çatlaklı Akiferler

Taneli ve kırıklı litolojik birimler arasında alüvyon, yamaç molozlar, alüvyon yelpazeler, kumtaşları ve konglomeralar bulunmaktadır. Taneli birimler genellikle gözenekli olup, çakıl, kum, blok gibi yüksek geçirimliliğe sahip malzemelerden oluşurlar. Bu durum, yeraltı suyu dolaşımı açısından yaygın akiferlerin oluşmasına neden olur. Bu tür geçirimli malzemeler, dere yataklarında ve dere yataklarının ova ile birleşme noktalarında geniş bir dağılım gösterir. Diğer yandan, kil ve silt gibi ince taneli malzemeler, akış rejiminin yavaşladığı düzlük kesimlerde daha yaygın bir dağılım sergiler. Alüvyon malzemelerinin yanal ve dikey yayılması, akış rejimine ve sediman taşıma mekanizmasına bağlı olarak değişiklik gösterir. Yeraltı suyunu çıkarmak veya depolamak için önemli kaynaklar olarak kullanılabilir.

Özellikle Bornova, Karşıyaka, Çiğli gibi yoğun nüfusun yer aldığı bölgelerde ve Buca ilçesinde yer alan alüvyon ile neojen kireçtaşı birimleri taneli/kırıklı çatlaklı birimler olarak tanımlanmıştır. Birimler, hidrojeolojik sınıflandırma ve akifer durum haritasında gösterilmiştir (Görsel 25).

Karstik Karbonatlı Kayaç Akifer

Mermer, kireçtaşı, dolomit, killi kireçtaşı ve travertenlerin oluşturduğu karstik kaya kütlesine, beslenim ve boşalım mekanizmaları nedeniyle önemli yeraltı suyu sağlayan akifer kütlesi denir (14). Karbonatlı kayalar, kırık ve çatlak sistemleri içinde dolaşan yeraltı suyu sayesinde, kaya sistemlerinde erime boşluklarının oluşmasına ve karstik yapı kazanmasına olanak tanır, bu da yüksek debili kaynakların oluşumuna imkân sağlar.

Karstik akiferler, doğal suların etkisiyle eriyebilen karbonatlı kayaçlardan oluşur (örneğin kireçtaşı ve dolomit), akifer olma özellikleri (depolama, iletme, verme) ile diğer ortam akiferlerinden farklı özellikler gösterir. Ortamın heterojen ve anizotrop karakteri, bu ortamda oluşan çatlak ve erime boşluklarının boyutları, düzeni ve diğer özellikler nedeniyle yeraltı suyu akım tipinde farklılıklara sebep olur (15). Karstik bölgelerde yeraltı suyu genellikle kırık ve çatlaklar boyunca dolaşır ve kaynaklarla yeryüzüne çıkar.

İzmir metropol alanlarının özellikle doğusunda Mesozoyik yaşlı karstik karbonatlı kayaçlar yer almaktadır. Birimler, hidrojeolojik sınıflandırma ve akifer durum haritasında gösterilmiştir (Görsel 25).

Akitard Birimler

Akitardlar, suyu geçirme özelliği son derece düşük ve yeterli suyu vermeyen litolojik birimlerdir. Yalnızca bölgesel olarak geçirimli litoloji ve kırık sistemleri içerdiği durumlarda, akitardlar lokal ve sınırlı ölçüde yeraltı suyu sağlayabilirler.

İzmir metropol alanlarının özellikle Karşıyaka'nın kuzeyinde Dasit – Andezit, Andezit birimlerinde görülmektedir. Birimler, hidrojeolojik sınıflandırma ve akifer durum haritasında gösterilmiştir (Görsel 25).

Akifüj ve Akiklüd Birimler

Akiklüd, yeraltı suyunu taşıyabilen ama iletemeyen litolojik birimler iken, akifüj, yeraltı suyunu taşımayan ve iletmeyen litolojik birimlerdir. Kil, şeyl ve kumtaşı gibi formasyonlar, genellikle yeraltı suyu dolaşımına elverişli değildir. Özellikle metamorfik kayaçlar, kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan filiş birimleri ile çatlak ve soğuma çatlakları içermeyen volkanik birimler, bu kategoriye dahil edilmektedir.

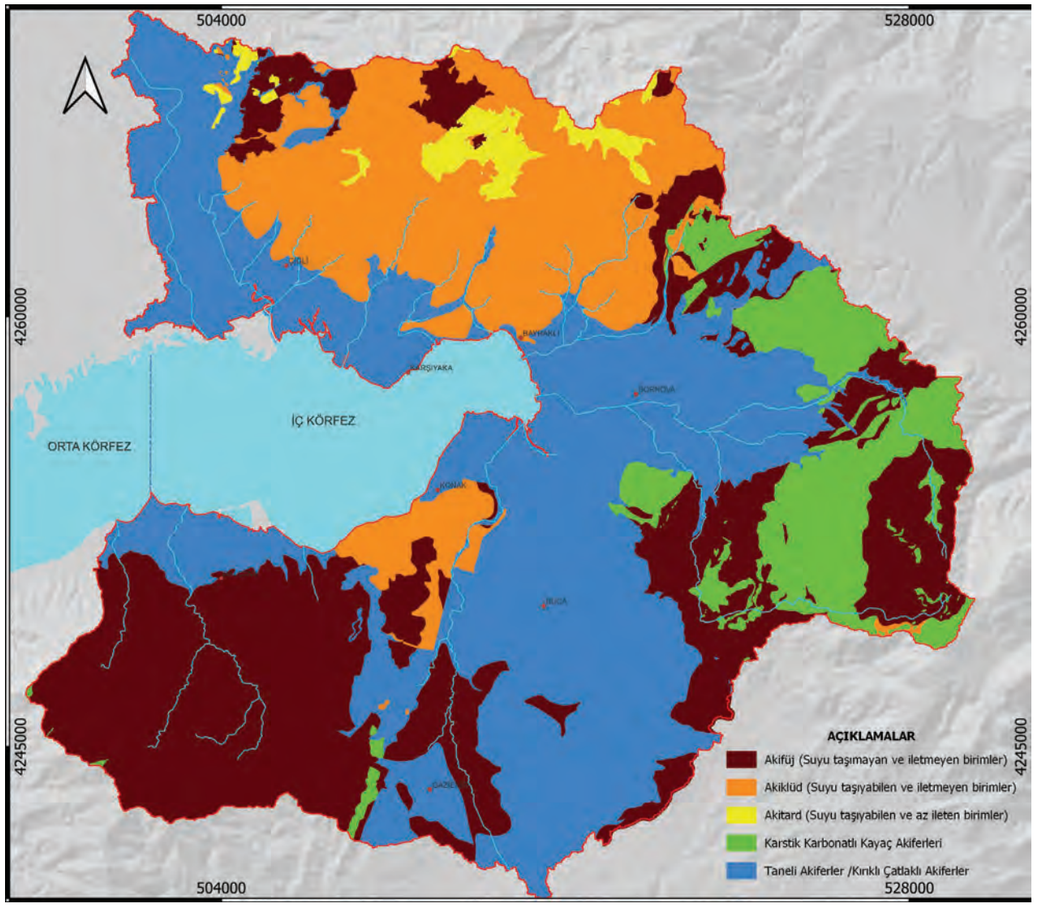
Akiklüd birimler, genel olarak İzmir kenti metropol sınırları içerisinde Karşıyaka, Bayraklı, Çiğli ilçelerinin kuzey kısımlarında yer alan aglomera biriminde görülmektedir. Akifüj birimler ise genel olarak İzmir kenti metropol sınırları içerisinde, özellikle Balçova'nın güneybatısı, Karşıyaka-Örnekköy'ün kuzeyindeki bölgeleri ile Bornova ilçesinin doğusunda yer alan Bornova filiş birimleri geçirimsiz olarak tanımlanmıştır. Birimler, hidrojeolojik sınıflandırma ve akifer durum haritasında gösterilmiştir (Görsel 25).

Yeraltı suyunu taşıma ve iletme özelliklerine göre jeoloji haritası incelenmiş, değerlendirilmiş ve birimler sınıflandırılarak (Tablo 2), hidrojeolojik sınıflandırma ve akifer durum haritası oluşturulmuştur (Görsel 25).

Tablo 2. İzmir Kenti Metropol Alanı Hidrojeolojik Sınıflandırma Kriterleri

Yaş	Sınıflandırma	Litoloji	Sınıf
Holosen	-	Gediz deltası	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Holosen	-	Alüvyon (Ayrılmamış)	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Holosen	-	Yelpaze deltası çökelleri	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Holosen	-	Alüvyon yelpazesi çökelleri	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Üst Piyosen - Pleyistosen	-	Alüvyon yelpazesi çökelleri	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Üst Miyosen - Alt Pliyosen	Buca Formasyonu	Gölsel kireçtaşı istifi	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Üst Miyosen - Alt Pliyosen	Buca Formasyonu	Gölsel kiltaşı istifi	Akifüj (Yeraltı suyu taşımayan ve iletmeyen birimler)
Üst Miyosen - Alt Pliyosen	Akçaköy Formasyonu	Alüviyal çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı	Akifüj (Yeraltı suyu taşımayan ve iletmeyen birimler)
Orta Miyosen	Ilıpınar	Bazalt	Akitard (Yeraltı suyu Taşıyabilen ve az ileten birimler)
Orta Miyosen	Aliağa Kireçtaşı Formasyonu	Gölsel kireçtaşı	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Alt Miyosen	Altıntepe Volkanitleri	Çoğunlukla dasit piroklastikler	Akiklüd (Yeraltı suyu taşıyabilen ve su iletmeyen birimler)
Alt Miyosen	Zeytintadğ Formasyonu	Gölsel Kiltaşı, silttaşı, marn, kireçtaşı	Akifüj (Yeraltı suyu taşımayan ve iletmeyen birimler)
Alt Miyosen	Yeniköy Çakıltaşı	Alüviyal çakıltaşı, kumtaşı	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Alt Miyosen	Bahçecik Formasyonu	Gölsel fan delta çakıltaşı, kumtaşı, gölsel kireçtaşı	Taneli Akiferler /Kırıklı Çatlaklı Akiferler
Üst Kretase - Paleosen	Bornova Filişi Kocaçay Üyesi	Bloklu iri çakıltaşı, kumtaşı	Akiklüd (Yeraltı suyu taşıyabilen ve su iletmeyen birimler)
Üst Kretase - Paleosen	Bornova Filişi Kireçtaşı Üyesi	Palejik Kireçtaşı	Karstik Karbonatlı Kayaç Akiferleri
Üst Kretase - Paleosen	Bornova Filişi	Filiş	Akifüj (Yeraltı suyu taşımayan ve iletmeyen birimler)

Mesozoyik	Damlacık Formasyonu	Mikritik kireçtaşı, marn	Karstik Karbonatlı Kayaç Akiferleri
Mesozoyik	Anadağ Kireçtaşı	Kireçtaşı, rudistli kireçtaşı	Karstik Karbonatlı Kayaç Akiferleri
Mesozoyik	Beşpınar Formasyonu	Kireçtaşı	Karstik Karbonatlı Kayaç Akiferleri
Mesozoyik	Kızkale Formasyonu	Dolomit, dolomitik kireçtaşı	Karstik Karbonatlı Kayaç Akiferleri



Görsel 25. İzmir Metropol Hidrojeolojik Sınıflandırma Akifer Durum Haritası

Sonuç olarak İzmir için hazırlanmış hidrojeolojik sınıflandırma ve akifer durum haritası incelendiğinde (Görsel 25) geçirimli olan veya olmayan bölgelerde, uygulanacak olan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin ön planlaması yapılabilir. Doğa esaslı uygulamalar öncesi, sızma özellikleri, mühendislik jeolojisi, jeoteknik, hidrojeolojik vb. çalışmalara veri sağlayabilir. Doğa esaslı yağmur suyu altyapı teknikleri bu kılavuzda yer alan Bölüm 4 altında daha detaylı incelenmiştir.

2.3.1.2 Hidrolojik Toprak Analizi Sınıflandırması

Yağışın, toprak üzerine düştüğünde bir kısmının akışa geçmesi, geri kalanının toprağa sızması veya doğrudan buharlaşma yoluyla atmosfere dönmesi sürecini denetleyen toprağın hidrolojik özellikleri, doğa esaslı uygulamalar için önemli bir yer tutmakta ve bu kapsamda değerlendirilmelidir. Topraklar azalan tane boyutuna göre genel olarak; çakıl, kum, silt ve kil olarak sınıflandırılır. Tanelerin boyutu, gözeneklerin boyutunu etkiler ve bu da yüzey gerilimini etkiler ve dolayısıyla doğa esaslı uygulamalar için çok önemli bir parametre olan sızmayı doğrudan etkiler. Sızma, suyun yüzeyinden toprağa girme hızı olarak tanımlanır ve bu nedenle yüzey koşulları tarafından kontrol edilir (16). Bu kapsamda sunulan Hidrolojik Toprak Grupları (Tablo 3), yağışın akışını tahmin etmek için kullanılan modellere giriş olarak hizmet eder.

Taneli zeminler içerdiği kum, silt ve kil yüzdesine göre daha detaylı şekilde belirlenebilir. İnce ve orta taneli zeminler suyu daha fazla tutabilme yetenekleri nedeniyle yağmur hasadı için uygun zeminlerdir (17). Kil içeriği yüksek olan zeminler sızmaya izin vermemesi sebebiyle nispeten daha yüksek, kumlu topraklar ise daha yüksek sızma olması nedeniyle daha düşük yüzey akışına sahiptir (Tablo 3).

Tablo 3. Hidrolojik Zemin Sınıfları ve Zemin Yapısı İlişkisi (18)

Zemin Grubu	Yüzey Akışı Tanımlaması	Zemin Yapısı
A	Yüksek sızma oranı nedeniyle düşük akış potansiyeli	Kum, tınlı kum ve kumlu tın
B	Yüksek/Orta derecede sızma oranı nedeniyle orta derecede akış potansiyeli	Kumlu killi tın
C	Orta derecede sızma oranı nedeniyle orta/yüksek derecede akış potansiyeli	Siltli tın
D	Düşük derecede sızma oranı nedeniyle yüksek derecede akış potansiyeli	Killi tın, siltli killi tın, kumlu kil, siltli kil ve kil

Grup A sınıfı zeminler, yağmur suyunu yüksek oranda sızdıran ve bu nedenle düşük yüzey akışına sahiptirler. Genel olarak bu zeminler, %10'dan az kil ve yüzde %90'dan fazla kum veya çakıl içeren yapıdadır (18).

Grup B sınıfı zeminler, yağmur suyunu yüksek ile orta derece arasında sızdırması nedeniyle orta derecede yüzey akışına sahiptir. Genel olarak %10-20 arasında kil ve %50 - %90 arasında kum içerir ve tınlı kum veya kumlu tın dokularına sahiptirler (18).

Grup C Sınıfı zeminler, yağmur suyunu orta derece sızdırması nedeniyle orta derecede yüzey akışına sahiptir. Genel olarak %20-40 arasında kil ve %50'den az kum içerir ve tın, silt tın, kumlu killi tın, killi tın ve siltli kil tın dokularına sahiptirler (18).

Grup D Sınıfı zeminler, yağmur suyunu az derece sızdırması nedeniyle yüksek derecede yüzey akışına sebep olan zeminlerdir. Genel olarak %40'tan fazla kil, %50'den az kum içerir ve killi dokulara sahiptirler. Bu gruptaki zeminler en az geçirgenlik özelliği gösteren gruptur (18).

2.4 Su Sistemleri

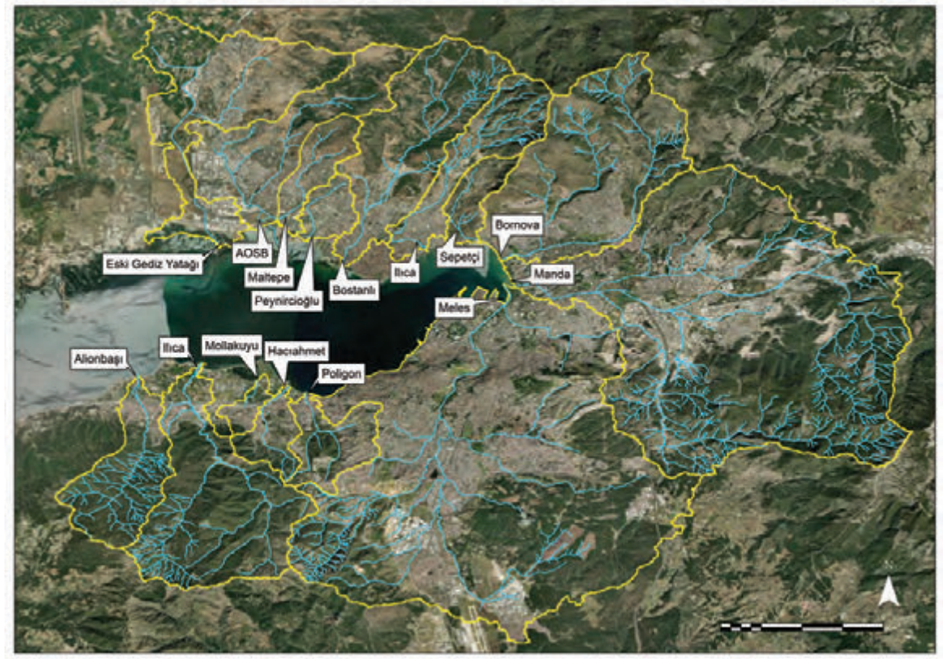
Proje kapsamında sünger kent yağmur suyu modelinin ana sistemleri, kent içi dereler ve yeraltı su seviyeleri olarak iki ayrı su sistemi üzerinde detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

2.4.1 Dereler

İzmir metropol alanında yer alan ve iç körfeze dökülen dereler; Alionbaşı Deresi, Ilıca Deresi (Balçova), Mollakuyu Deresi, Hacıahmet Deresi, Poligon Deresi, Meles Çayı, Manda Çayı, Eski Gediz Deresi, AOSB Deresi, Maltepe Deresi, Peynircioğlu Deresi, Bostanlı Deresi, Ilıca Deresi, Sepetçi Deresi ve Bornova Çayı'dır. SüngerKent İzmir Projesi kapsamında söz konusu derelere ait yağış havzalarından derelere ulaşan toplam yağmur suyu potansiyeli yaklaşık 165 hm^3/yıl olarak hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 5).

Kent içerisinde bulunan bu derelerin çoğunda, yağışlı dönemler dışında akış gözlenmemektedir. Bu havzaların akış yukarısında topoğrafya ve dere eğimleri yüksektir. Akış aşağısında ise bu eğim gittikçe düşmekte ve kotlar deniz seviyelerine inmektedir. Dolayısıyla akış yukarısında su hareketi hızlıyken, akış aşağısında yavaşlamaktadır. Kentleşmeye bağlı olarak, birçok alanda bu derelere ait yan kolların kaybolduğu belirlenmiştir. Yapılaşan, geçirimsiz yüzeylerin arttığı bu alanlarda su baskınları yaşanmaktadır.

Ayrıca kentsel alan içerisinde kalan dere kesitleri, beton kaplanarak, zeminleri geçirimsiz hale getirilmiştir. Birçok dereye sahip olan İzmir metropol alanı, ova alanları ve dere havzaları ile farklı doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin kullanımına olanak sağlamaktadır.



Görsel 26. İzmir Metropol Alanı Dereleri ve Dere Havzaları

İzmir metropol alanında bulunan dere havzalarının büyüklükleri şu şekildedir:

Tablo 4 İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarının Alanları

Dere Adı	Havza Alanı (km^2)
Meles	167.6
Manda	141.9
Bornova	50.2
Ilıca (Balçova)	41.1
Eski Gediz Yatağı	37.3
Bostanlı	33.5
Aosb	27.6
Alionbaşı	18.8

Dere Adı	Havza Alanı (km^2)
Ilıca	17.1
Poligon	10.9
Maltepe	7.8
Hacıahmet	6.5
Sepetçi	6.3
Peynircioğlu	5.2
Mollakuyu	2.7

Tablo 5 İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarına Ait Yağmur Suyu Akış Potansiyeli

İzmir Metropolü Dere Havzalarında Arazi Kullanımları		Alan Büyüklüğü (m^2)	Yağmur Suyu Akış Potansiyeli (hm^3/yıl)
Yerleşim Alanları	Mevcut Yerleşim Alanları	129.096.623,28	34,24
	Planlanan Yerleşim Alanları	11.476.868,31	4,01
	Binalar	54.415.998,95	34,18
Tarım Alanları	Özel ürün arazileri	2.130.319,99	0,59
	Dikili alan	8.667.576,53	1,81
	Marjinal tarım arazileri	88.742.151,90	24,78
	Mera arazileri	7.803.244,28	2,45
	Mutlak tarım arazileri	10.031.706,43	2,80
	Sulama arazileri	207.683,89	0,06
Orman Alanları	Orman alanları	197.291.696,07	34,43
Belediye Park, Bahçe, Mezarlık ve Yeşil alanlar	Ağaçlandırma alanı	5.579.410,51	34,24
	Karayolu kavşağı ve refüj	3.022.437,97	4,01
	Mezarlık	4.271.585,71	34,18
	Park, mesire alanı, meydan, rekreasyon alanı, yeşil alan	16.564.718,53	4,05
Yol Alanları	Asfalt	27.431.353,88	15,32
	Parke	4.097.687,72	2,15
	Beton	387.498,10	0,24
	Stabilize	685.667,89	0,34
	Toprak	307.457,42	0,11
	Diğer	2.407.687,98	1,23
Doğal Nitelikli Alanlar		524.606,73	0,07
TOPLAM		575.143.982,08	165,61

2.4.1.1 **Derelerde** Taşkın Riskleri

İzmir kent merkezinde yakın tarihte yaşanan büyük taşkınlar 1995, 2001 ve 2021 yıllarında gerçekleşmiştir. 3-4 Kasım 1995 tarihinde Ahırkuyu, Ilıcadere, Dallık, Tahtacı, Büyükçiğli, Küçükçiğli, Balatçık, Maltepe, Kudurgan, Yahya, Hacıahmet, Mollakuyu, Alionbaşı, Düzkaya, Yabanyemişi, Alibey, Kuduz, Çamlı, Yağçayı, İbrahimağa, Yengeç, Fahriye, Karakaya, Kebap, Ören, Akpınar ve Ayvacık dereleri taşkına neden olmuştur. Yaşanan taşkın olayında Güzelyalı'da yağış 108 mm, Çiğli'de 123.8 mm yağış oluşmuş olup, Gumbel dağılımına göre %99 olasılıkla (100 yılda bir) geldiği hesaplanmıştır. Düşen yağış değerleri kent genelinde dere taşkınlarına, can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. Yaşanan taşkın 61 can kaybına sebep olmuştur (19).

17 Aralık 2001 tarihinde Büyükçiğli Deresi'nin Anadolu Caddesi üzerine inşa edilen köprü, biriken rüsubat nedeniyle suyun taşmasına yol açmış, pek çok konut sular altında kalmıştır (19).

İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi 47. Dönem Su Yapıları Kurulu tarafından hazırlanan 2 Şubat 2021 Günü İzmir'de Meydana Gelen Sel Afeti Hakkında Rapor'a (20) göre;

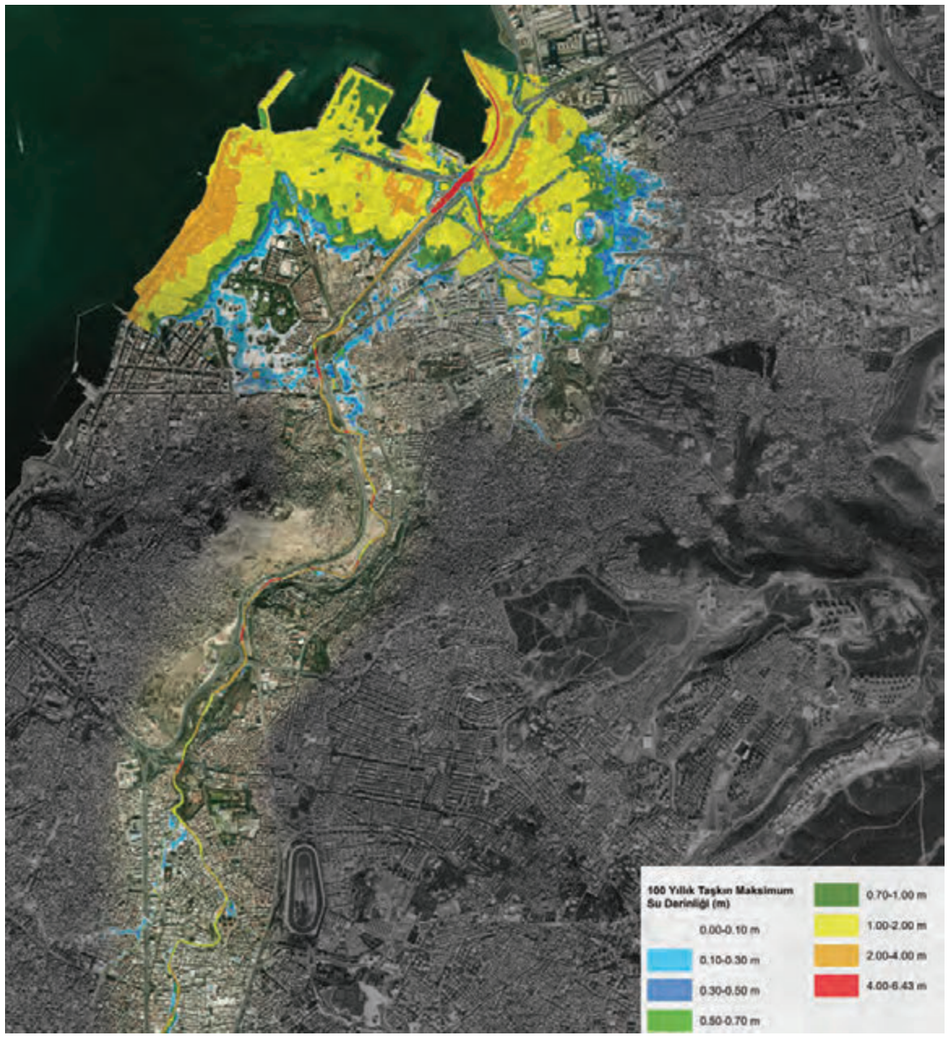
- Yağış kayıtları incelendiğinde, 24 saate yakın süren yağış olayının en şiddetli 1 saatlik kısmının tekerrür aralığı 15 yıl olmakla birlikte, en şiddetli 2 saatlik kısmının tekerrür aralığı 65 yıl, en şiddetli 3 saatlik kısmının tekerrürü 135 yıl, en şiddetli 4 saatlik kısmının ise tekerrür aralığı 200 yıl olarak belirlenmiştir. Yağışın 01 Şubat 2021 günü saat 20:00 sularında başlayan 24 saatlik kısmının tekerrür aralığı ise 200 yılın üzerinde hesaplanmıştır.

- Poligon Deresi'nde eklenti kanal duvarının yıkılması nedeniyle özellikle duvarın bulunduğu sol sahilde büyük hasar meydana gelmiştir. Duvarın, park kenarında bulunan kesiminden yıkılması ise taşkın sularının yayılmasına neden olmuştur.

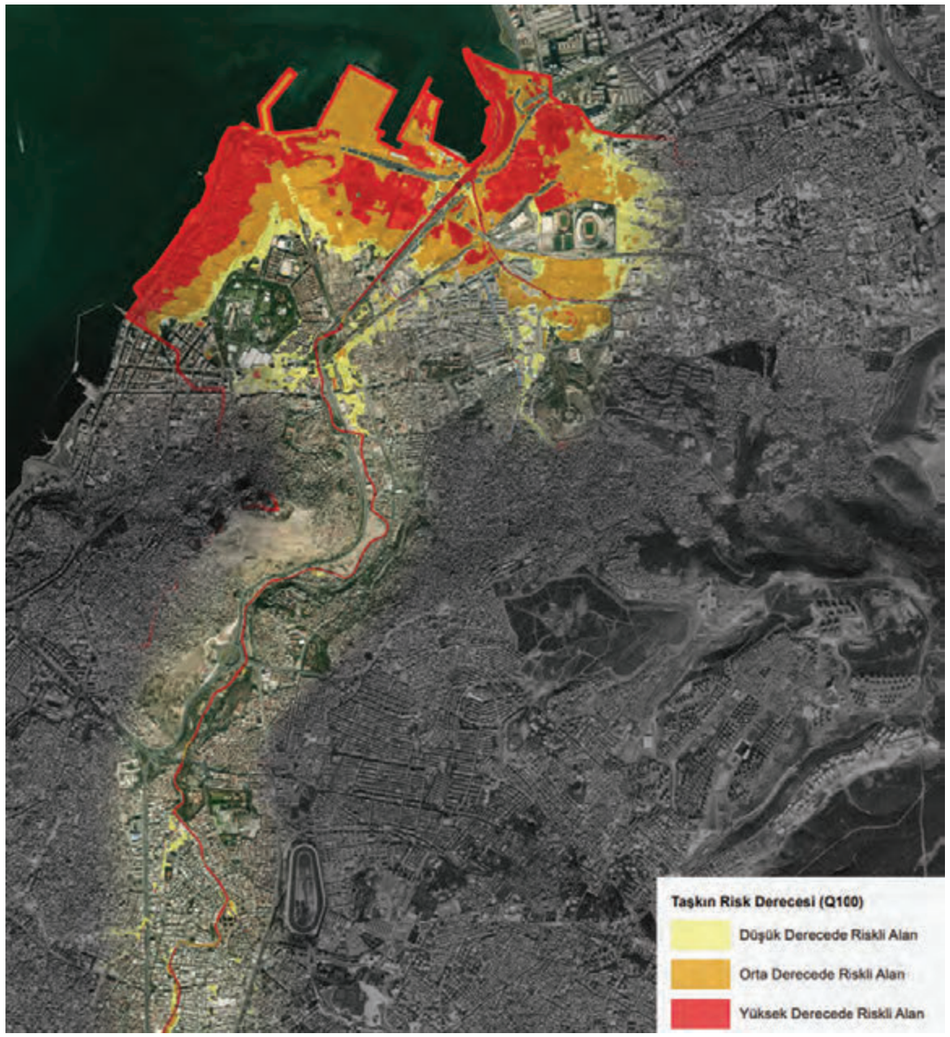
- Balçova Hacı Ahmet Deresi'nde ise dere yatağı üzerindeki yol geçiş menfezlerinin hem kapasite hem de geometri açısından çoğu yerde yetersiz kaldığı; taşkın sularının, menfezlerde şişerek yatak dışına taştığı ve bölgedeki pek çok sokaktaki zemin katın yerleşim yerlerinin ve işyerlerinin taşkın suları ve rüsubat nedeniyle hasar gördüğü belirlenmiştir.

- Karşıyaka Ilıca Deresi de Anadolu Caddesi, Soğukkuyu, Bahçelievler, Alaybey, Tersane ve Tuna Mahallelerinin sular altında kalmasına neden olmuştur. Ilıca Deresi'nde yaşanan sorunun nedeni ise, dere yan duvarı üstünden geçirilmesi gereken altyapı şebekesinin uygun şekilde inşa edilmemesi sonucu kesitin daralması olarak düşünülmektedir. Aynı noktada, ayrıca sağ sahil duvarında göçme olduğu ve bu durumun su baskınını hızlandırdığı görülmüştür.

İZSU tarafından hazırlanmış olan İzmir İli Metropol Alanı Dereler Master Planı'nda (2020) (21) ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Kuzey Ege, Gediz ve Küçük Menderes Havzaları Taşkın Yönetim Planının Hazırlanması Projesi'nde (2019) (22) dere sistemleri 100 ve 500 yılda bir gelecek taşkın debilerine göre analiz edilmiş, dere hatları boyunca belirli bölgelerde, özellikle derelerin körfezle birleştiği alanlarda 100 yılda bir gelecek taşkın debisinin dahi risk oluşturduğu görülmüştür.



Görsel 27. Meles Çayı Mansap Bölgesi İçin 100 Yıl Tekerrürlü Taşkın Su Derinliği Haritası (21)



Görsel 28. Meles Çayı Mansap Bölgesi İçin 100 Yıl Tekerrürlü Taşkın Risk Haritası (21)

İzmir metropol alanında yaşanan dere taşkınlarının nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Dereler topoğrafyadan dolayı hızlı bir şekilde akışa geçmektedir.
- Islah edilen dere kesitlerinin ve doğal yatak güzergahlarının değiştirilmesi akış hızını arttırmakta, ova alanlarında eğimin azalması ve denizin dere kesitleri içerisine girmesiyle kıyı bölgelerde taşkın riski artmaktadır.
- Akış yukarısında kentleşmeye bağlı olarak geçirimsiz yüzeylerin artması, suların hızla akışa geçmesine ve taşkın risklerine sebep olmaktadır.
- Derelerin betonla kaplanması ve neticesinde geçirimsiz hale gelmesi nedeniyle sular dere kesitleri içerisinde hızlı bir şekilde yükselmektedir. Bu durum, menfez köprü gibi sanat yapılarının bulunduğu alanlardan derelerin taşması ile sonuçlanmaktadır.
- Geçmiş dönemlerde meydana gelen ve modellenen taşkınlar incelendiğinde yetersiz yol geçişleri, uzun kapalı yetersiz kesitler, yüksek hidrolik eğimler, hidrolik sıçrama, yol geçişlerinde bulunan orta ayaklar taşkınlara sebebiyet vermektedir.

- Derelerin memba alanlarında molozların depolanması ve dere yataklarında, menfezlerde rüsubat miktarını arttırarak tıkanmalara ve su seviyesinin yükselmesine yol açabilmektedir.
- İzmir'de gözlenen en büyük yağışların trend analizleri incelendiğinde maksimum yağış değerlerinin geçmişten günümüze artış trendinde olduğu görülmektedir. Bunun sonucunda gelişen ani ve şiddetli yağışlar sebebiyle altyapı tesislerinin kapasitelerinin aşılmasıyla, akışa geçen yüksek miktarda yağışın dere yataklarında taşmalara yol açmasıyla taşkınlar meydana gelebilmektedir.

2.4.1.2 **Biriktirme** Depolama Yapıları

Metropol alanındaki dereler, yaşayan dereler konseptiyle yeniden ele alındığında çeşitli ölçeklerde projelerin uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Üst havzada hızla akan derelerde uygulanacak depolama yapıları; sadece su akışını yavaşlatmakla kalmayıp aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve ekosistem sağlığına odaklanarak, dere taşkınlarını önlemek, derelerde suyun sürdürülebilir bir şekilde tutulması ve kullanılması, yeraltı su kaynaklarını beslemek, sediment taşınımını kontrol etmek gibi konularda da fayda sağlayacaktır. Bu bütünlük, doğal yaşam alanlarını koruma, kent halkının doğayla etkileşimini arttırma ve çevresel dengeyi sürdürülebilir bir şekilde sağlama hedeflerine yönelik kapsamlı bir yaklaşım sunacaktır.

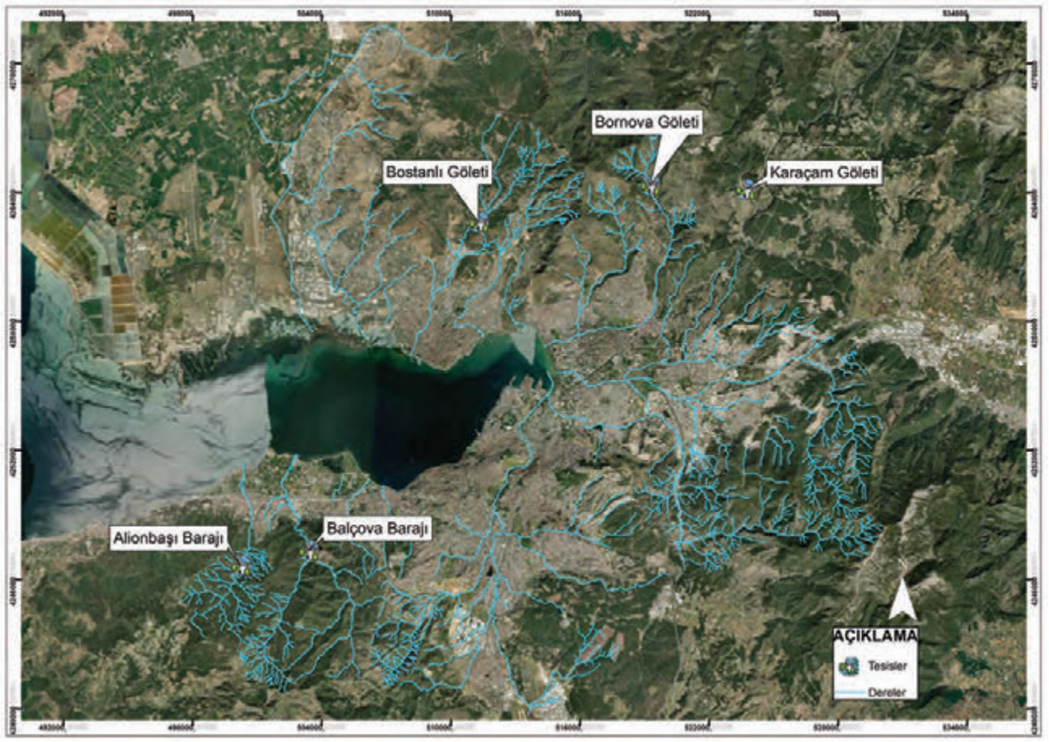
Dere havzalarının üst kotlarında yapılacak depolama yapıları sayesinde:

- Mansapta biyolojik çeşitliliği destekleyen rekreasyon alanları ve ekosistemler oluşturma fırsatı sunacaktır.
- Yoğun yağışlarda yüksek debili akışın yavaşlatılması sağlanacak, mansapta taşkınların ve su baskınların önlenmesine katkı sağlayacaktır.
- Rezervuarlarda tutulacak sediment, derelerin ve körfezin temizlenmesinde önemli bir rol oynayacaktır.
- Depolanan suların rezervuardan sızması, kent içerisinde doğallığını yitirmiş betonla kaplı dere tabanlarından sızamayan suların yeraltına ulaşmasını kolaylaştıracaktır.

İç körfeze dökülen 15 adet dere havzasında DSİ ve İZSU tarafından işletilen, planlanan, projelendirilen tesisler Tablo 6 ile sunulmuştur.

Tablo 6 İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarındaki Depolama Tesisleri

DSİ/İZSU	Aşama	Su potansiyeli (hm³/yıl)
Bostanlı Barajı	Proje	2,33
Kaynaklar Regülatörü	Master Plan	3,14
Balçova Barajı	İşletme	7,17
Alionbaşı Barajı	Planlama	1,27
Bornova Göleti	Master Plan	0,19
Karaçam Göleti	İşletme	0,87
Toplam		**14,97**



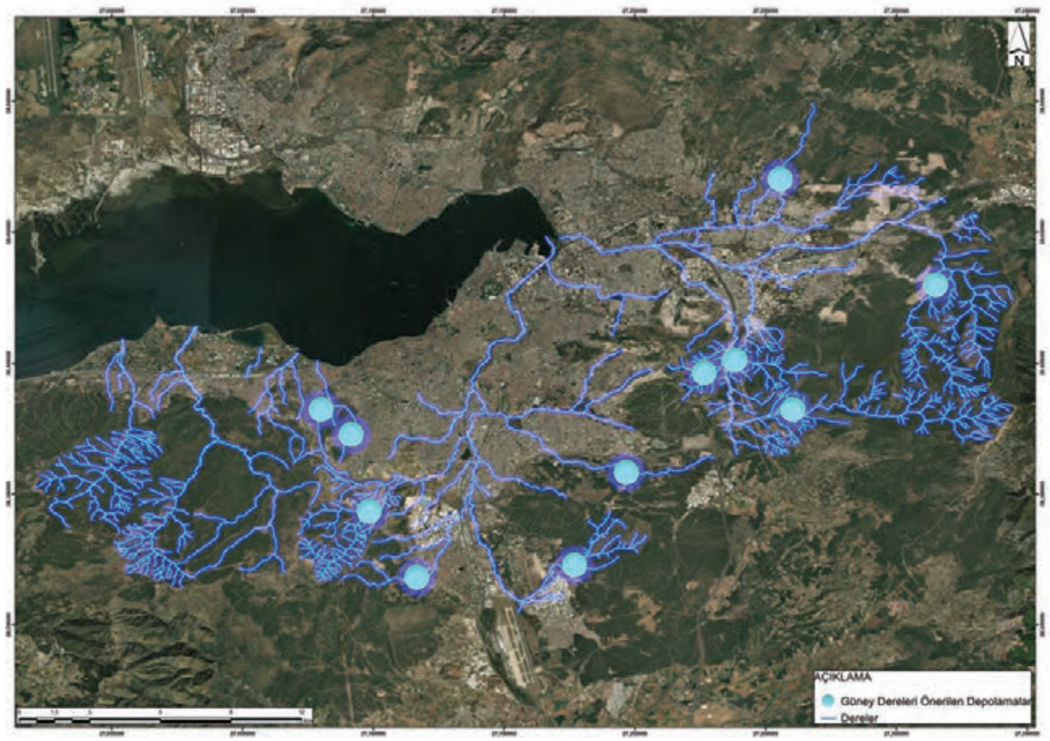
Görsel 29. DSİ ve İZSU tarafından işletilen, planlanan, projelendirilen depolama tesisleri

Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından çalışmaları yapılan depolama tesisleri uygun aks alanları belirlenerek yerleştirilmiş, dere havzalarında tutulabilecek su potansiyelleri hesaplanmıştır. Ön inceleme çalışmaları ile hesaplanan, dere havzalarında tutulabilecek su potansiyelleri Tablo 7 ile sunulmuştur. Tablolarda verilen depolamaların harita yerleşimleri Görsel 30 ve Görsel 31 ile verilmiştir.

Tablo 7 İzmir Metropolünde Yer Alan Dere Havzalarında Tutulabilecek Su Potansiyelleri

Aks Adı	Yağış Alanı (km^2)	Su Depolama Potansiyeli (hm^3/yıl)	Kret Uzunluğu (m)	Talvegten Yükseklik (m)	Toplam Gövde Hacmi (m^3)	Rüsubat Verimi (m^3/km^2)/yıl	Referans
Harmandalı Yan Kol 5	2.87	0.42	200	19	114100	150	Bostanlı Göleti
Harmandalı Ana Kol	3.2	0.0693	65	7	7100	150	Bostanlı Göleti
AOSB	9.87	1.2	170	36	296100	200	Bostanlı Göleti
Ilıca (2 Adet)	9	0.103	70-60	9-9.5	22800	150	Bostanlı Göleti
Laka	5.17	0.417	170	31	234700	300	Bornova göleti
Sarıkaya (6 Adet)	9.42	0.281	75-60-70-85-100-75	10	90700	300	Bornova göleti
Bornova Çayı	13.7	1.1	250	47	695500	300	Bornova göleti
Şeytan	3.35	0.22	120	18	72000	150	Karaçam Göleti
Kuru	8.54	2.04	160	50	540000	150	Karaçam Göleti
Gökdere Yan Kol	14.5	3.47	190	52	686200	150	Master Plan
Kapız	3.9	0.253	165	20	111200	150	Karaçam Göleti
Kocameşe	2.5	0.162	160	9	30500	150	Karaçam Göleti
Köy	5.2	1.12	100	29	130100	150	Alionbaşı Göleti
Yobaz	5	1.1	565	18	327200	150	Alionbaşı Göleti
Irmak	3.16	0.681	175	33	280700	150	Alionbaşı Göleti
Uzundere 3. Yan Kol	6.29	1.24	285	26	288400	150	Balçova barajı
İncirli	1.4	0.33	160	17	83400	150	Alionbaşı Göleti
Arap	1.1	0.26	125	24	110900	150	Alionbaşı Göleti
Toplam		14.47					

Görsel 30. İzmir Metropolü Kuzey Derelerinde Depolama Tesislerinin Yerleşimi



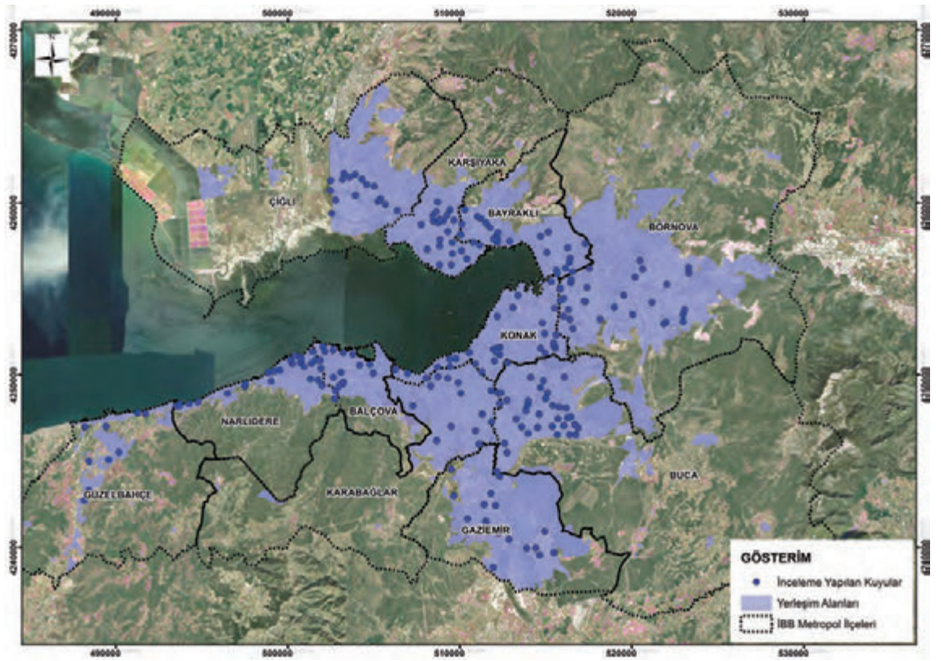
Görsel 31. İzmir Metropolü Güney Derelerinde Depolama Tesislerinin Yerleşimi

2.4.2 Yeraltı Suyu Seviyeleri

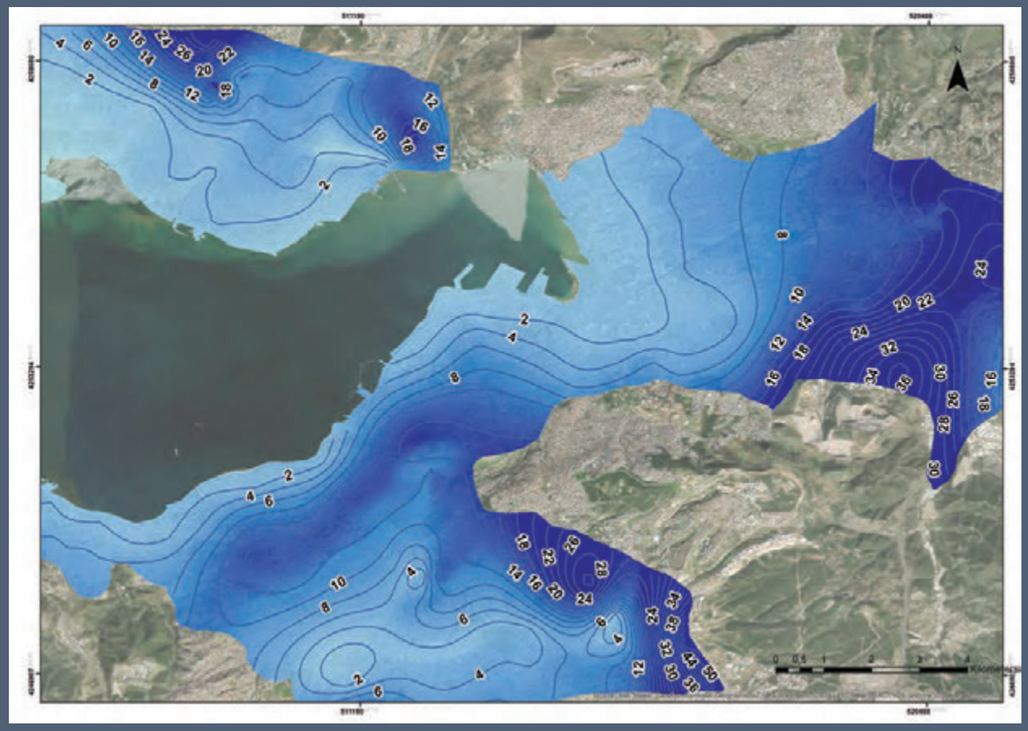
Kentsel alanlarda yeraltı suyu taşıyan akifelerin doygunluk durumu, bu akifelerdeki YAS seviyeleri uygulanacak doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin planlanması, seçimi tasarımı ve boyutlandırılmasında oldukça belirleyici bir nitelik taşımaktadır. Doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanacağı alanda, yağmur sularının yeraltına sızdırılması, depolanması, geciktirilmesi ve yeniden kullanılması için yeraltı suyu seviyelerinin akım yönü ve YAS seviyesinin bilinmesi önemlidir. Ancak, bu bilgiler sadece o bölgedeki seviyenin uygunluğunu değil, aynı zamanda planlanan projenin içeriğine göre bölgedeki YAS akım yönlerini daha geniş bir perspektifle değerlendirmeyi gerektirir. Yeraltı suyu akım hızının da bilinmesi önemlidir ve teknik olarak sorun teşkil etmeyecek düzeyde ve hızda olmalıdır.

Bu amaçla SüngerKent İzmir temel altyapı sistemini oluşturmak amacıyla İzmir metropol alanının YAS seviye haritası çıkarılması için ayrıntılı saha ve ofis çalışmaları yapılmıştır. İzmir metropolü kentsel alanında, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi, jeoteknik çalışmalar ile içme suları ve diğer amaçlarla açılmış kuyuların yeraltı suyu verileri detaylı şekilde analiz edilmiş ve arazide yerinde ölçümler yapılmıştır. Devlet Su İşleri tarafından açılmış araştırma-üretim kuyuları, bölgeyi en iyi şekilde temsil edecek şahıs kuyuları ve verilerin yetersiz olduğu alanlarda ek sondajlar Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından açılarak kurak ve yağışlı dönem YAS seviye ölçümleri yapılmıştır (Görsel 32). Yapılan çalışmalar sonucunda yeraltı suyu akım yönünün genelde körfeze doğru olduğu, yeraltı suyu seviyesinin ise alüvyon birimlerde açılmış kuyularda ve özellikle de kıyı deniz dolgu bölgelerinde yüzeye oldukça yakın olduğu (0-5m) ova kotlarının daha yüksek olduğu alanlarda olduğu 10-15 m arasında belirlenmiştir. Ayrıca, akifer tiplerine bağlı olarak, genellikle yüksek kotlarda yeraltı suyu seviyesinin daha derinlerde olduğu belirlenmiştir. Örneğin, Buca neojen kireçtaşlarının yüksek kotlarında, yeraltı suyu seviyesinin 50 metre derinliklere ulaştığı tespit edilmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda oluşturulan İzmir metropol alan yeraltı suyu seviye haritası Görsel 33'te verilmiştir.



Görsel 32. İzmir Metropolü Kentsel Alanda İnceleme Yapılan Kuyular



Görsel 33. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Yeraltı Suyu Seviye Haritası

2.5 Kentsel Geçirimli ve Geçirimsiz Yüzey Alanları ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli

SüngerKent İzmir Projesi'nin temelini, İzmir metropol alanına düşen yağmur suyu döngüsünün analizi oluşturur. Bu su döngüsünün belirlenmesinde en kritik faktörlerden biri de kentin geçirimli ve geçirimsiz alanlarının detaylı analizi ve tespitidir. Bu analiz, yağmur suyu akışlarının neden olduğu seller, su baskınları ve su kirliliğini engellemek amacıyla doğa temelli yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanması gereken sünger alanları belirleme sürecinde kritik bir öneme sahiptir.

Bu kapsamda öncelikle İzmir kentinin geçirimli ve geçirimsiz alanları hem konumsal hem de alansal olarak analiz edilmiştir. Analiz, kentsel yerleşim alanındaki arazi kullanımlarını; binalar, yapılar, konut, eğitim, sağlık ve sanayi gibi parsel alanları içerisinde yer alan geçirimsiz ve doğal nitelikli/geçirimli alanlar, yollar ve sokaklar, kamusal parklar, bahçeler, refüjler gibi yeşil alanlar ve doğal nitelikli boş alanlar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.
Geçirimli ve geçirimsiz alanların konumsal ve alansal detaylı olarak belirlenmesi sonrasında bu alanların yağmur suyu akış potansiyelleri, 3.2 Bölümünde detaylı olarak anlatılan hesaplamalar kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kentsel alandaki mevcut atıksu altyapısı ile mevcut, yapımı devam eden ve planlanan yağmur suyu altyapısı da detaylı olarak incelenmiş olup; kentsel alanlarda akışa geçen, atıksu ve yağmur suyu altyapısına katılan ve İzmir Körfezi'ne drene olan yağmur suyu miktarları hesaplanmıştır.

Geçirimli ve Geçirimsiz Alanların Konumsal ve Alansal Olarak Belirlenmesi

İzmir metropolü kentsel alanında geçirimli ve geçirimsiz alanları belirleyebilmek amacıyla İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne ait halihazır haritalardan ve imar paftalarından üretilen, güncel CBS veri tabanından yararlanılmıştır. Kentsel alanda yer alan çatı, yol, sokak, otopark, sanayi tesisi/bölgesi, alışveriş merkezi gibi geçirimsiz alanlar ile kamusal park ve yeşil alan (refüjler, kent ormanları, mezarlıklar, doğal nitelikli alanlar vb.) gibi geçirimli alanlar ve bu alanlara ait parseller, CBS veri tabanı kullanılarak belirlenmiştir. Söz konusu alanlara ait parsel alanları içerisinden yapılar/binalar (çatı alanları) çıkarılmış ve bina harici parsel alanları elde edilmiştir. Bina harici parsel alanları içerisinde hem geçirimli (parselde yer alan bahçeler, doğal niteliğini koruyan alanlar) hem de geçirimsiz alanlar (beton, parke, asfalt vb. ile kaplı olan alanlar) yer almakta olup, bu ayrımı yapabilmek amacıyla şu metodoloji izlenmiştir:

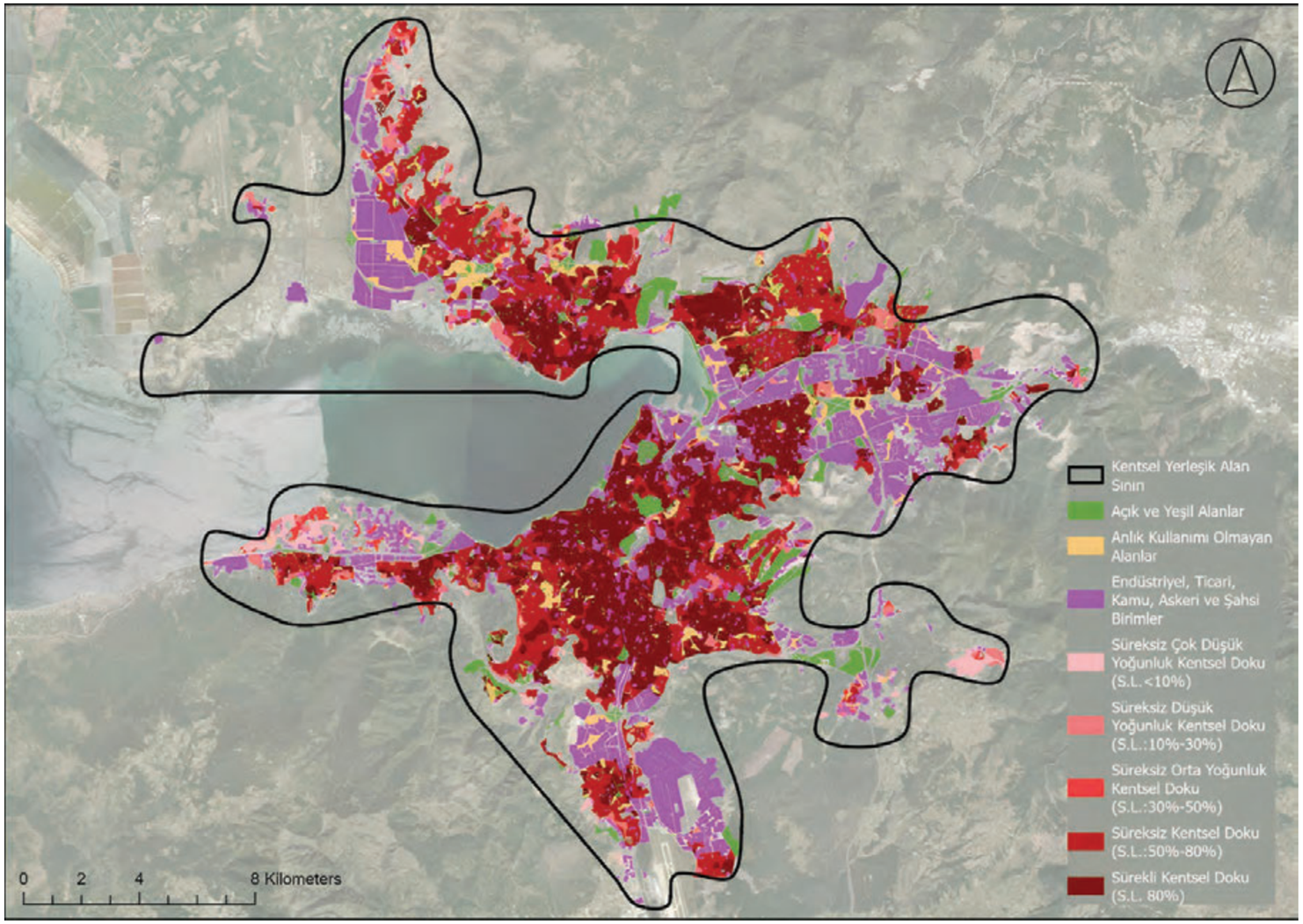
- Örneklem için ana başlıklar; konut, sanayi ve ticaret alanları, donatı alanları (eğitim tesisi, sağlık tesisi vb.), açık alanlı pazar yerleri, büyük ölçekli alışveriş merkezleri ve açık otoparklar olarak belirlenmiş ve parsel alanları bu başlıklara göre ayrılmıştır.

- Belirlenen tüm bu başlıklar için İzmir metropolü kentsel alanının tamamında geçirimli/geçirimsiz alan oranları tespiti yapılamayacağından; yapı dokusu, sosyo-ekonomik durum, mahalle sınırları gibi değişkenlere göre örneklem alanları seçilmiştir.

- Seçilen örneklem alanlarında, her bir başlık altında yer alan 30 adet parselde geçirimli ve geçirimsiz alan oranları tespit edilmiş ve bu oranlar kentsel alanın tümüne yansıtılmıştır.

- Çalışmanın ikinci kısmında, Avrupa Birliği Komisyonu'nun yönettiği Copernicus Programı kapsamında hazırlanan "Urban Atlas 2018" veri seti kullanılarak tespit çalışmalarının sağlaması yapılmıştır.

Urban Atlas 2018, nüfusu 100.000'den fazla olan kentleri içeren ve bu kentlerin detaylı bir şekilde arazi kullanım yapısını, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarını altlık olarak kullanarak irdeleyen bir sistemdir (23). Bu sistem, CORINE verilerinden farklı olarak arazi kullanım verilerinin yeterince detaylı olmaması üzerine ortaya çıkmıştır. Urban Atlas, genel olarak 5 ana sınıf altında (Yapay (yerleşim) alanlar, tarımsal, yarı doğal ve sulak alanlar, ormanlık alanlar, su alanları) 20 alt sınıf ile bir arazi kullanım haritası oluşturmaktadır. Oluşturulan sınıflar belirgin sınırlar ile gösterilmektedir. Urban Atlas 2018 sistemi, İzmir ili için son olarak 2020 yılında güncellenmiştir.

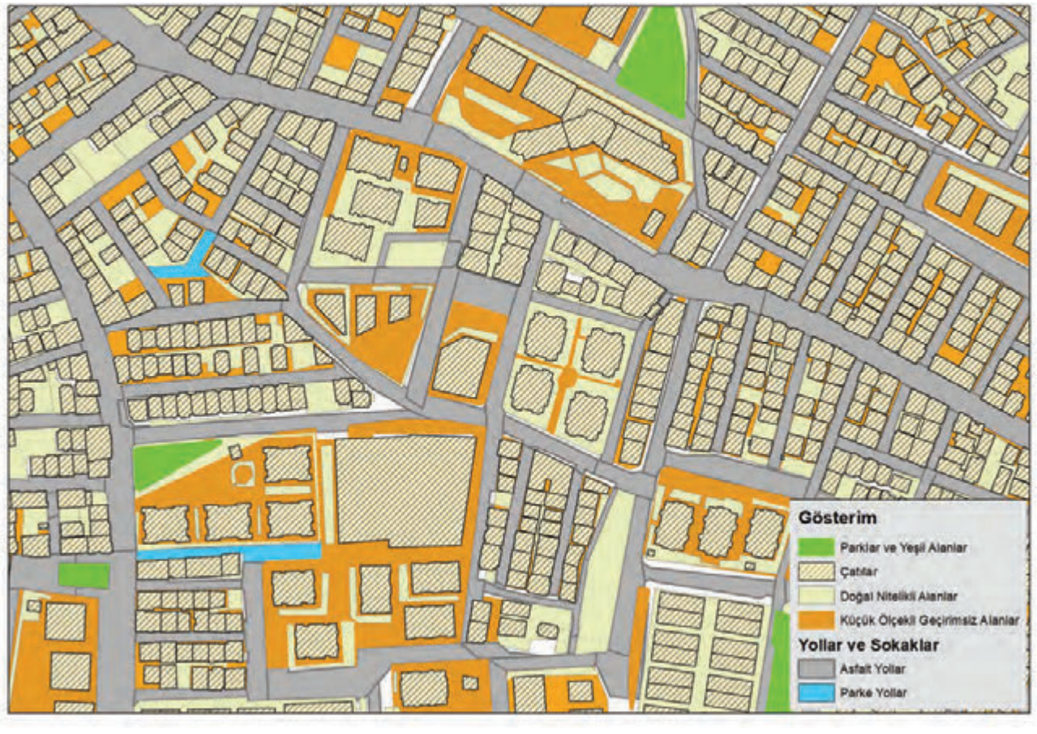


Görsel 34. Urban Atlas 2018 İzmir Metropolü Kentsel Alan Arazi Kullanımı

- İzmir metropolü yerleşim alanı sınırları içinde halihazır haritalar üzerinden CBS programları kullanılarak, çalışma kapsamında belirlenen başlıklar altında yer alan parsellerde geçirimli/geçirimsiz alan oranları bulunmuştur.

- Örneklem yöntemiyle elde edilen veriler, Urban Atlas 2018 kentsel alan arazi kullanımı ile karşılaştırılmış ve uyumlu oldukları görülmüştür.

- Kentin bütüncül analizi bu şekilde tamamlanmıştır.



Görsel 35. Konut Parsellerinde Geçirimli ve Geçirimsiz Alan Dağılımını Gösteren Bir Örnek

Çalışma sonucunda, bina harici alanların;

- Konut parsellerinde %27,5 oranında geçirimsiz olduğu,
- Sanayi tesisleri ve ticaret alanı parsellerinde %75,5 oranında geçirimsiz olduğu,
- Eğitim ve sağlık alanları parsellerinde toplam %55,7 oranında geçirimsiz olduğu

belirlenmiştir.

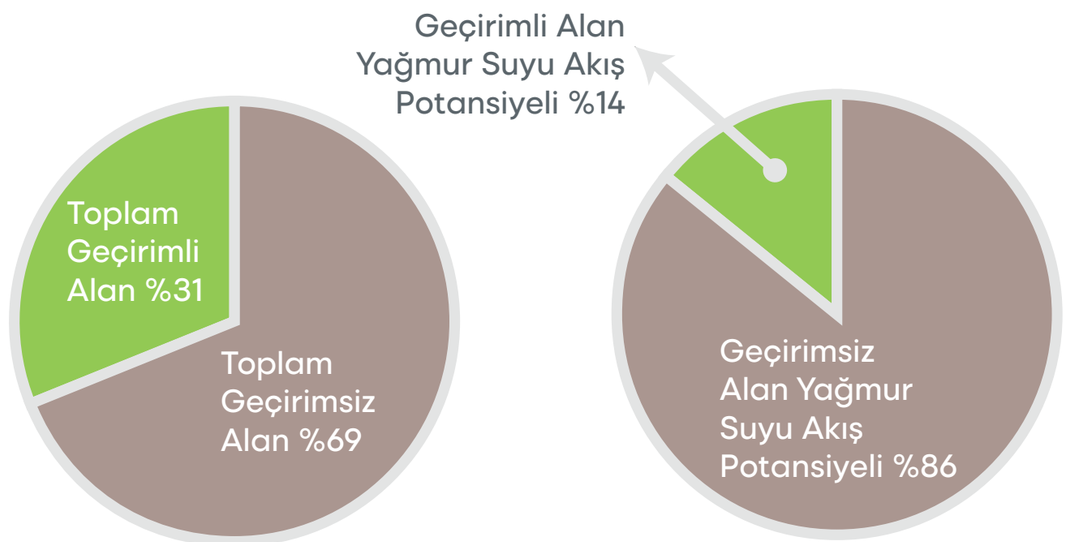
Sanayi, ticaret, eğitim ve sağlık parsellerinde bina harici alanların, konut parsellerinden farklı olarak çoğunlukla geçirimsiz olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın özetinde 11 ilçeden oluşan İzmir metropolü kentsel alanının tamamına bakıldığında alan %69 oranında geçirimsiz olup, bu oran 121,06 km²'ye karşılık gelmektedir (Bkz. Tablo 8 ve Görsel 36).

Tablo 8 İzmir Metropolü Kentsel Alanında Geçirimli ve Geçirimsiz Alanların Dağılımı

İzmir Metropolü Kentsel Yerleşim Alanı	Kentsel Geçirimsiz Alanlar		Kentsel Geçirimli Alanlar		Toplam Yağmur Suyu Akış Potansiyeli*
	Alan (km²)	Yağmur Suyu Akış Potansiyeli (hm³/yıl)	Alan (km²)	Yağmur Suyu Akış Potansiyeli (hm³/yıl)	
Çatılar	55,94	34,00			72
Yollar ve Sokaklar	40,74	21,82			
Büyük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar (Otoparklar, Sanayi Bölgeleri, Büyük Alışveriş Merkezleri)	10,85	2,98			
Küçük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar (Konut, İşyeri vb.)	13,33	3,69			
Parklar ve Yeşil Alanlar			21,09	5,15	
Doğal Nitelikli Alanlar			33,6	4,69	
Genel Toplam	120,86	62,49	54,69	9,84	

*: Yıllık ortalama yağış verisi, İzmir MGM 1960-2021 aylık yağış verileri kullanılarak 698 mm kabul edilmiştir.
*: Yağmursuyu akış potansiyeli hesaplarında, Tablo 14 ile verilen uluslararası literatürde kabul görmüş akış katsayıları kullanılmıştır.



Görsel 36. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Geçirimli ve Geçirimsiz Alan ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli Oranları

Sonuç olarak İzmir metropolü kentsel alanı %69 oranında çatı, asfalt, beton, parke gibi geçirimsiz alanlarla kaplıdır. Dolayısıyla doğal su döngüsü ile bağı kesilmiş durumdadır. Toplam yağmur suyu akış potansiyelinin % 86'sının geçirimsiz alanlardan kaynaklanıyor olması da bu tespiti doğrulamaktadır. Geçirimli alanların toplam yağmur suyu akış potansiyeline katkısı ise % 14 gibi oldukça düşük bir değerdir (Bkz. Görsel 36).

2.5.1 Geçirimsiz Yüzey Alanları

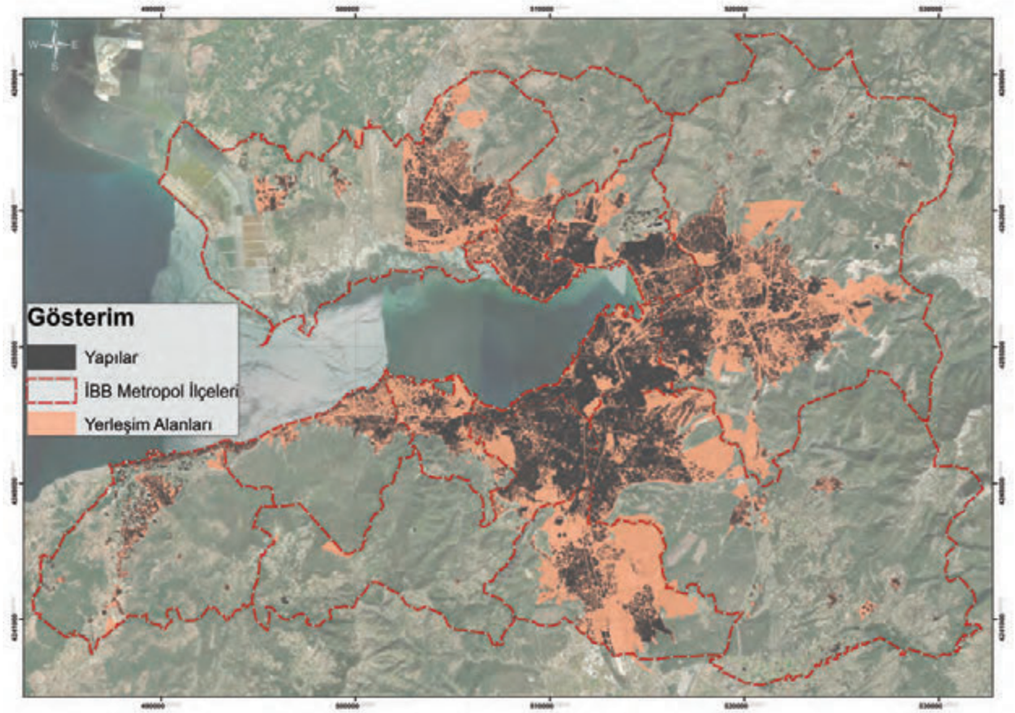
2.5.1.1 Çatılar

İzmir Büyükşehir Belediyesi CBS veritabanı kullanılarak, kent içerisindeki tüm yapılar ve çatı alanlarının alansal büyüklükleri belirlenmiş ve bu alanların yağmur suyu akış potansiyelleri hesaplanmıştır.

İzmir ili mücavir alanı içerisinde yaklaşık 1,1 milyon adet yapı bulunmaktadır. Bu yapıların çatılarına düşen toplam yağış hacmi yıllık 95 milyon m³'tür. Bu çatılardan yağmur suyu toplama ve depolama sistemleri ile toplanabilecek yağmur suyu potansiyeli ise yapılan analizlerde yaklaşık 76 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Bu miktar su kentin en büyük içme suyu Tahtalı Barajı'ndan sağlanan yıllık içme suyu miktarına (24) eşdeğerdir.
İzmir metropolü kentsel alanı içerisinde ise toplam 338.435 adet yapı bulunmakta olup, bu yapıların çatılarından yağmur suyu toplama ve depolama sistemleri ile toplanabilecek yıllık yağmur suyu potansiyeli ise yaklaşık 34 milyon m³ hesaplanmıştır. Metropol alanda çatı büyüklüklerine göre toplanabilecek yağmur suyu potansiyeli Tablo 9 ile sunulmuştur.

Tablo 9 İzmir Metropolü Kentsel Alanı Çatı Analizi

Çatı Alanı	Yapı Adedi / Toplam Çatı Alanı	Çatılardan Toplanabilecek Yağmur Suyu Potansiyeli (hm³/yıl)
< 1.000 m²	334.334 adet / 46.256.147 m²	27,91
1.000 m²-2.000 m² arası	2.713 adet / 3.657.372 m²	2,30
2.000 m²-3.000 m² arası	699 adet/ 1.677.428 m²	1,05
3.000 m²-4.000 m² arası	252 adet/ 869.179 m²	0,55
4.000 m²'den büyük	437 adet/ 3.479.874 m²	2,19
TOPLAM	**338.435 adet/ 55.940.000** m²	**34,00**



Görsel 37. İzmir Metropolü Kentsel Alanında Yer Alan Yapılar

2.5.1.2 Yollar

İzmir Büyükşehir Belediyesi CBS veritabanı kullanılarak, kent içindeki yollar, sokaklar ve caddeler, kaplama tipleri ve yol genişlikleri dikkate alınarak belirlenmiş ve ardından yağmur suyu akış potansiyelleri hesaplanmıştır.

İzmir metropol alanı içerisindeki yol, sokak ve cadde alanlarının toplamı 40,74 km² olup; yollar kaplama tiplerine göre farklılık göstermektedir. Geçirimlilik oranı oldukça düşük olan bu yollar; yüzey akışının yeraltına sızmasını engellemekte, birbirlerine bağlanan bir akış ağı oluşturarak yağmur sularını kentin düşük kotlu bölgelerine doğru taşımakta ve eğimin azaldığı bölgelerde su baskınlarına neden olmaktadır. Dolayısıyla su baskınlarının oluşmasında önemli bir etkendir.

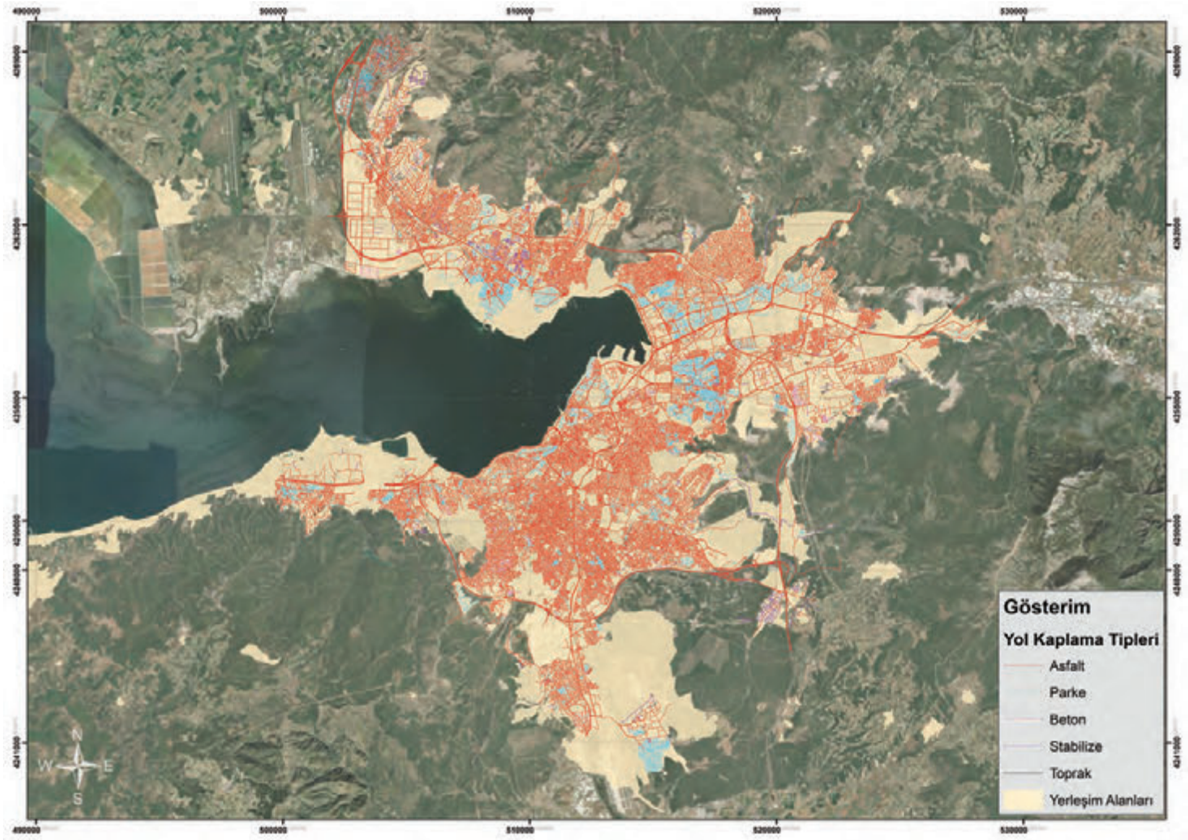
Ayrıca, insan, sanayi, motorlu taşıt vb. faaliyetler sonucu yüzeylerinde toplanan kirleticiler, geçirimsiz yollar vasıtasıyla önce derelere ve oradan körfeze karışmaktadır.

Görsel 38. Yollar Vasıtasıyla Akışa Geçen Yağmur Suyu

İzmir metropolü kentsel alanı içerisinde yer alan yolların kaplama tiplerine göre alanları ve akışa geçen yağmur suyu akış potansiyelleri Tablo 10 ile sunulmuştur.

Tablo 10 İzmir Metropolü Kentsel Alanı Kaplama Tiplerine Göre Yollar ve Yağmur Suyu Potansiyelleri

Yol Kaplama Tipi	Alanı (km²)	Yağmur Suyu Akış Potansiyeli (hm³/yıl)
Asfalt	31,09	17,00
Parke	5,73	2,94
Beton	1,03	0,56
Stabilize	1,59	0,78
Toprak	1,30	0,54
TOPLAM	**40,74**	**21,82**



Görsel 39. İzmir Metropolü Kentsel Alanında Yer Alan Kaplama Tiplerine Göre Yollar ve Sokaklar

2.5.1.3 Büyük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar

İzmir Büyükşehir Belediyesi CBS veritabanı kullanılarak, İzmir metropol alanı içerisinde yer alan ve çalışmamızda Büyük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar olarak sınıflandırılan sanayi alanları, büyük alışveriş merkezleri, açık pazar yerleri ile otopark alanları belirlenmiş ve bu alanların yağmur suyu akış potansiyelleri hesaplanmıştır.

- Otoparklar

İzmir metropol alanında kamu ve özel otoparklar ile büyük alışveriş merkezi otoparkları büyük geçirimsiz alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Otopark alanları incelendiğinde, kaplama yüzeylerinin genellikle asfalt ve kilitli beton parke taşı olduğu görülmektedir. Bu yüzeylerin geçirimlilik oranı oldukça düşüktür.

İzmir metropol alanında yer alan otopark alanları ve yağmur suyu potansiyelleri Tablo 11 ile sunulmuştur.

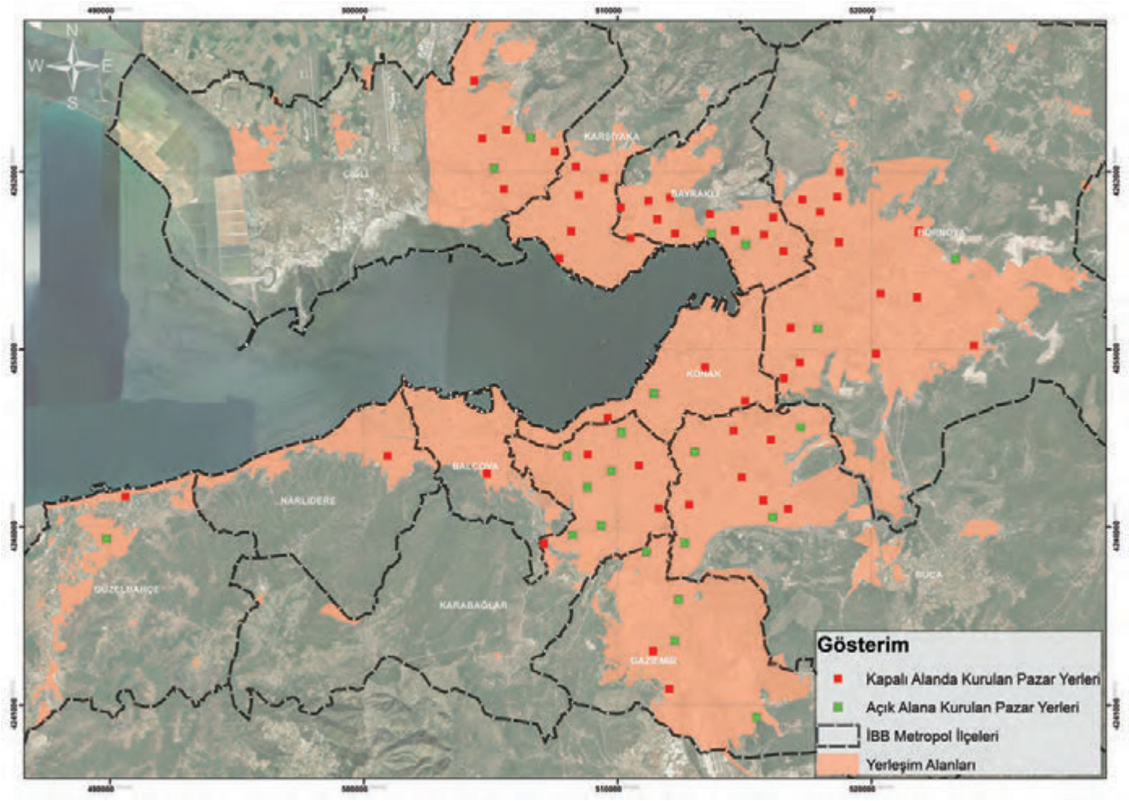
Tablo 11 İzmir Metropolü Kentsel Alanı Otopark Alanları ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli

Alan Tipi	Toplam Alanı (km²)	Yağmur Suyu Potansiyeli (hm³/yıl)
Kamu ve Özel Otoparklar	1,06	0,59
Büyük Alışveriş Merkezi Otoparkları	0,36	0,20
TOPLAM	**1,42 km²**	**0,79 hm³/yıl**

- Açık Pazar yerleri

İzmir metropolü kentsel alanında yer alan ve kapalı alanda kurulan pazar yerleri Bölüm 2.5.1.1 "Çatılar" başlığı altına dahil edilmiş olup, açık alanda kurulan pazar yerleri büyük geçirimsiz alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Pazar yerlerinde çatı ve kurulum alanları büyük ve geçirimsiz olduğundan, yağmur suyu akışı potansiyeli yüksek alanlardır. Bu nedenle doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanabileceği alanlar olarak ayrıca incelenmişlerdir.

Kentsel alanda bulunan pazar yerleri analizi Tablo 12 ile sunulmuştur.



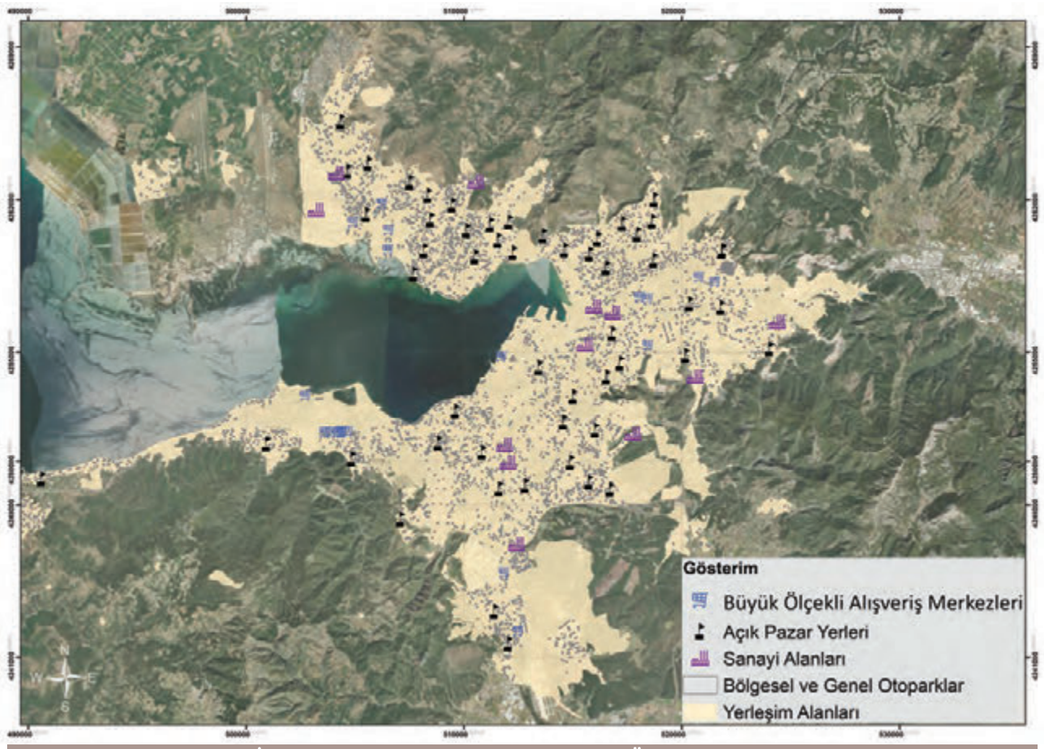
Görsel 40. İzmir Metropolü Kentsel Alanı İçerisinde Yer Alan Pazar Yerleri

Tablo 12 İzmir Metropolü Kentsel Alanı Pazar Yeri Alanları ve Yağmur Suyu Akış Potansiyeli

Pazar Yeri Tipi	Adedi / Toplam (Çatı) Alanı	Yağmur Suyu Akış Potansiyeli (hm^3)
Kapalı alanda kurulan	53 adet / 0,20 km^2	0,11
Açık alanda kurulan	22 adet/ 0,10 km^2	0,06
TOPLAM	**75 adet/ 0,30 km^2**	**0,17**

- Sanayi Tesisleri

Sanayi ve ticaret parsel alanları içerisindeki bina harici geçirimsiz alanlar (Parsel içerisindeki beton, parke vb. ile kaplı alanlar), büyük ölçekli geçirimsiz alanlar içerisinde sınıflandırılmıştır. İzmir metropolü kentsel alanı içerisinde toplam büyüklüğü 9,33 km^2 olan bu alanların yağmur suyu akış potansiyeli 2,13 hm^3/yıl'dır.

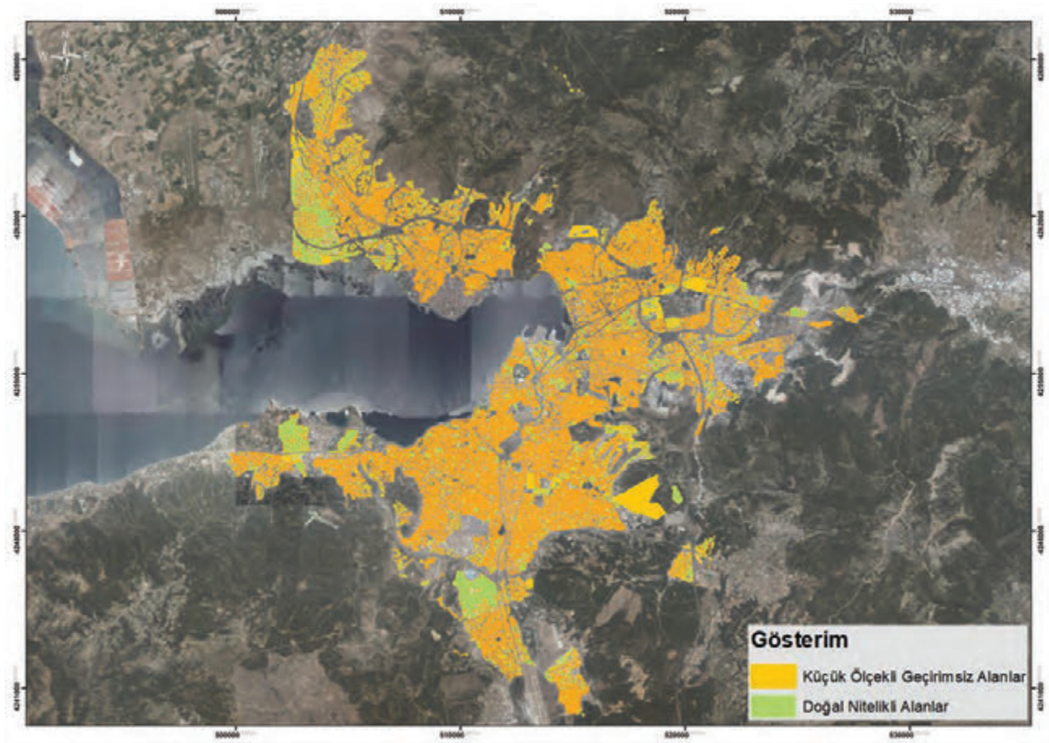


Görsel 41. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Büyük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar

2.5.1.4 Küçük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar

Konut, eğitim ve sağlık tesisleri parsel alanları içerisindeki bina harici geçirimsiz alanlar (parsel içerisindeki beton, parke vb. ile kaplı alanlar), küçük ölçekli geçirimsiz alanlar olarak sınıflandırılmıştır. İzmir Büyükşehir Belediyesi CBS veritabanı kullanılarak kent içerisindeki küçük ölçekli geçirimsiz alanlar belirlenmiştir ve yağmur suyu akış potansiyelleri hesaplanmıştır.

İzmir metropolü kentsel alanı içerisinde yer alan küçük ölçekli geçirimsiz alanların toplam büyüklüğü 13,33 km^2 olup, hesaplanan yağmur suyu akış potansiyeli 3,69 hm^3/yıl'dır.



Görsel 42. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Küçük Ölçekli Geçirimsiz Alanlar

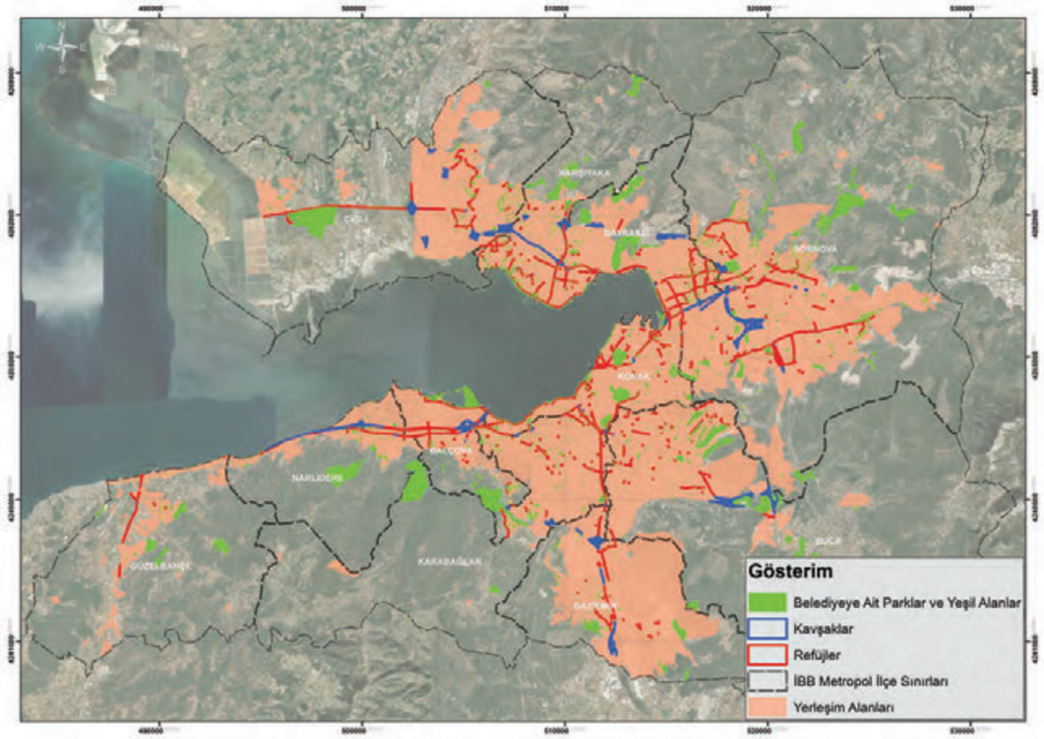
2.5.2 Geçirimli Yüzey Alanları

İzmir Büyükşehir Belediyesi CBS veritabanı kullanılarak İzmir metropol alanı içerisinde yer alan geçirimli yüzey alanları belirlenmiş ve bu alanların yağmur suyu akış potansiyelleri hesaplanmıştır.

2.5.2.1 Kent İçi Parklar ve Yeşil Alanlar (Kamusal)

İzmir metropolü kentsel alanında yer alan parklarda, bahçelerde ve refüjlerde bulunan yeşil alanların toplamı 21,09 km^2'dir. Yeşil alanların kent içerisindeki diğer alanlara kıyasla geçirimlilik oranı yüksek olup, üzerine düşen yağmur suyunu yüksek bir oranda yeraltına sızdırabilmektedir. Kent içi parklar ve yeşil alanlar için hesaplanan yağmur suyu akış potansiyeli 5,15 hm^3/yıl'dır.

Geçirimsiz yüzeylerde (yol, kaldırım, otopark vb.) oluşan yüzey akışı, yüzeylerin bitişiğinde yer alan yeşil alanlara doğrudan yönlendirilebileceğinden, bu alanlar yeşil altyapı tekniği uygulamaları için potansiyel alanlardır.



Görsel 43. İzmir Metropolü Kentsel Alanında Parklar, Bahçeler ve Refüjler/ Kavşaklarda Bulunan Yeşil Alanlar

2.5.2.2 Doğal Nitelikli Alanlar

Konut, sanayi ve ticaret, eğitim ve sağlık tesisleri parsel alanları içerisindeki bina harici geçirimli alanlar (parsel içerisindeki bahçeler ve doğal nitelikli alanlar) ve İzmir metropolü kentsel alanı içerisindeki doğal niteliği yüksek boş alanlar; doğal nitelikli alanlar olarak sınıflandırılmıştır. İzmir metropolü kentsel alanı içerisinde toplam büyüklüğü 33,60 km² olan bu alanların hesaplanan yağmur suyu akış potansiyeli 4,69 hm³/yıl'dır.

2.5.3 Yağmur Suyu Akış Potansiyeli

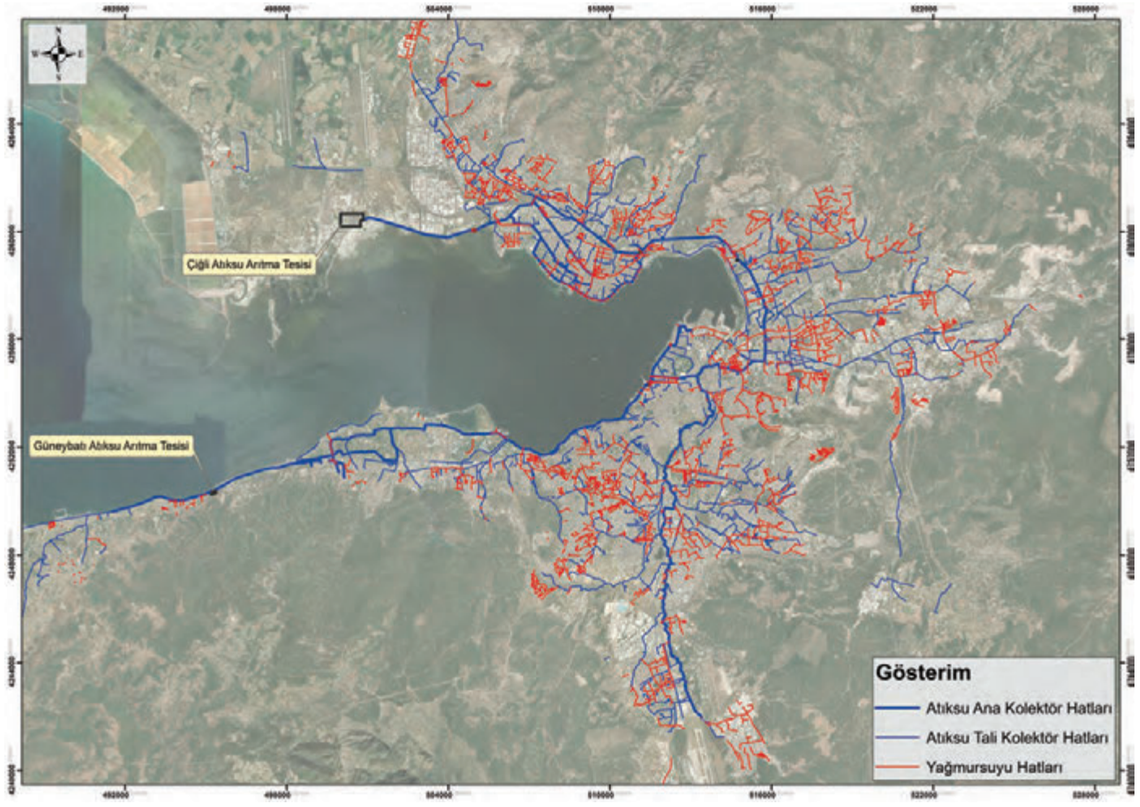
İzmir metropolü kentsel alanında geçirimli ve geçirimsiz alanlardan gelen ve akışa geçen yağmur suları kentin altyapı sistemine, dere yataklarına veya İzmir Körfezi'ne drene olmaktadır. Yağmur suyu akışlarının bu alanlara ne oranda ulaştığını belirlemek, kentsel altyapı ve dere sistemleri üzerindeki yağmur suyu yükünün tespiti için oldukça önemlidir. SüngerKent İzmir Projesi kapsamında yapılan çalışmalarda kentin atıksu ve yağmur suyu altyapısına ve dere yataklarına ulaşan yağmur suyu akış değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda mevcut atıksu altyapısı ile mevcut, yapım aşamasında olan ve planlanan yağmur suyu hatlarına ait drenaj alanları baz alınmıştır.

Bu çalışma ile İzmir metropolü kentsel alanından kanalizasyon sistemine giren yağmur suyu potansiyeli mevcut durumda yaklaşık 35 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, 72 hm³/yıl olan İzmir metropol alanı toplam yağmur suyu akış potansiyelinin yaklaşık yarısına karşılık gelmektedir.

İzmir metropolü kentsel alanı yağmur suyu hatları analizi Tablo 13 ile sunulmuştur.

Tablo 13 İzmir Metropol Alanı Yağmur Suyu Hatları Analizi

İzmir Metropol Alanı Yağmur Suyu Hatları	Uzunluk	Yağmur Suyu Hatlarının Drene Ettiği Toplam Yağmur Suyu
Mevcut	343 km	36,91 hm³/yıl
İnşaatı Devam Eden	99 km	6,39 hm³/yıl
Planlanan **Revize Edilecek**	**251 km** **92 km**	**14,85 hm³/yıl**
	TOPLAM	**58,18 hm³/yıl**



Görsel 44. İzmir Metropol Alanı Atıksu Ana ve Tali Kolektör Hatları ve Yağmur Suyu Hatları

İZSU tarafından planlanan ve revize edilecek olan tüm yağmur suyu hatlarının yapımı tamamlandığında ise kentsel alandan gelen;

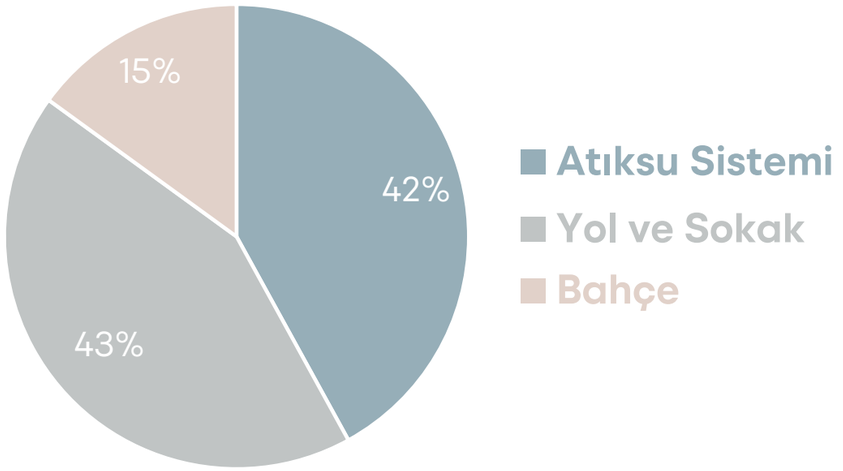
- 58,18 hm³/yıl yağmur suyu yağmur suyu altyapı sistemi vasıtasıyla İzmir Körfezi'ne drene olacak,
- Yapı/bina çatılarından gelecek potansiyel 14,45 hm³/yıl yağmur suyu ise, yağmur suyu hattı yapılmasına rağmen atıksu sistemine bağlı kalması durumunda, atıksu sistemine drene olmaya devam edecektir.

Bu durum, özellikle bina çatılarından yapılacak yağmur suyu hasadının önemini göz önüne sermektedir.

SüngerKent İzmir Projesi kapsamında çatıların toplam 55,94 km² büyüklüğünde bir alan kapladığı metropol kentsel alanında, çatılara düşen yağmur sularının drene olduğu alanlar (yol/sokak, yapının bahçesi veya atıksu sistemi) ayrıca analiz edilmiştir.

Bu kapsamda metropol kentsel alanda 14 adet pilot çalışma havzası belirlenerek bu havzalarda yer alan yapıların çatılarından inen yağmur suyu iniş borularının bağlantı yerleri, saha çalışmaları ile tespit edilmiştir. Toplam 7.700 adet yapı için yapılan inceleme sonucunda, yağmur suyu iniş borularının;

- 3.311 adet yapıda yol ve sokağa,
- 1.155 adet yapıda parsel içerisindeki bahçelere ve
- 3.234 adet yapıda doğrudan atıksu sistemine bağlanmış olduğu belirlenmiştir.



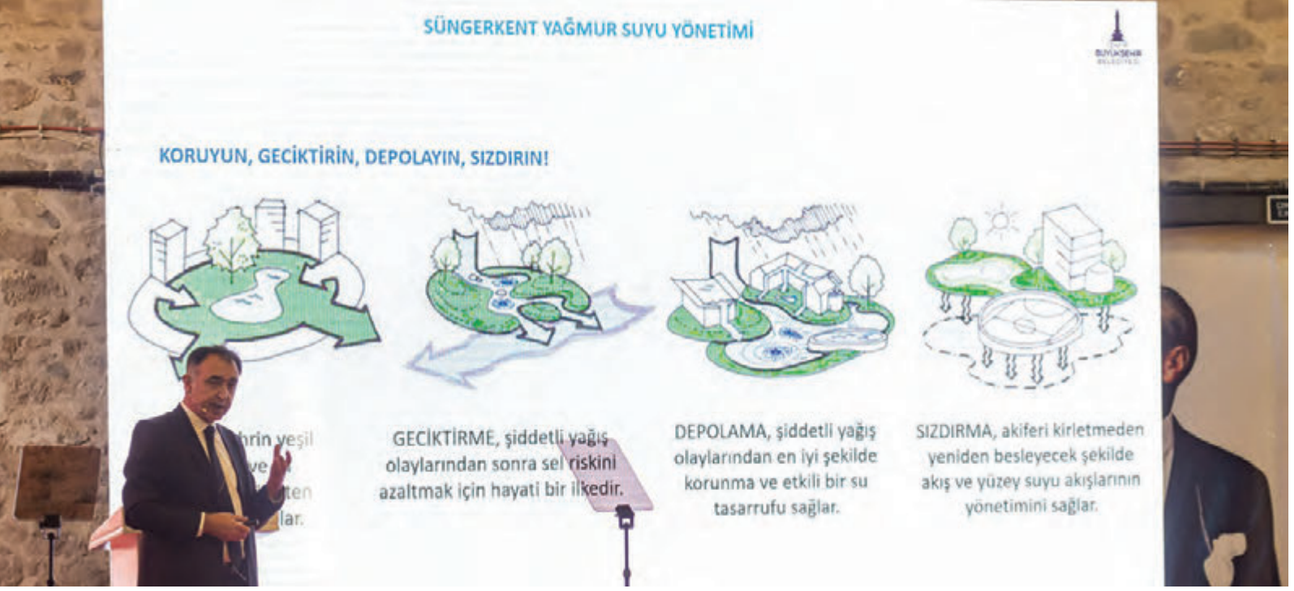
Görsel 45 İzmir Metropolü Kentsel Alanı Yağmur Suyu İniş Boruları Bağlantı Durumu

Görsel 46. Yağmur Suyu İniş Borusu Tespit Çalışmaları

İzmir metropol alanda örneklem çalışmaları belirlenen oranların İzmir metropol alanının tümünü temsil ettiği belirlenimi ile tüm çatı yüzeylerine düşen yağışın %42 gibi yüksek bir oranda atıksu altyapı sistemine girdiği tespit edilmiştir. Diğer yandan yaklaşık %43'lük bir oranla da yol ve sokaklara drene olan çatı sularının bir kısmının, yollardaki yağmur suyu ızgaraları ve bacaları vasıtası ile yine atıksu toplama sistemine karıştığı belirlenmiştir.

Dolayısıyla çatı yüzeylerine düşen ve atıksu sistemine drene olan yağmur suyu akışı %42'den daha yüksek bir oranda gerçekleşmekte olup mevcut bu sistemin getirdiği akış yükünü atıksu hatlarının taşıyamadığı ve bu durumun su baskınlarına neden olduğu ilk defa sayısal verilerle ortaya konmuştur.

2.6 SüngerKent
İzmir Modeli ve Stratejisi



Doğal bir ekosistemde, yağmur suyu toprak ve bitki örtüsü tarafından emilir, daha sonra suyun bir kısmı buharlaşır ve geri kalanı toprağın daha derinlerine süzülür. Buharlaşan su çevreyi soğutur. Ancak şehirlerde bu döngü bozulmaktadır. Yüzeylerdeki beton, asfalt gibi geçirimsiz kaplamalar sebebiyle su toprağa süzülememekte ve şehirden uzaklaştırılması için büyük maliyetlerle altyapı sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

İçinde bulunduğumuz yüzyılda kentlerde meydana gelen nüfus artışı, tüm Dünya'da olduğu gibi İzmir'de de yoğun kentleşmeyi beraberinde getirmiştir. Son 30 yıl içerisinde İzmir metropol alanının nüfusu 1,5 kat artmış (25) ve 21. yüzyılın ortalarında ise nüfusun iki katına çıkması beklenmektedir (26). Bunun yanı sıra son yıllarda yaşanan iklim değişikliği sebebiyle yağış rejimi hızla değişmekte, kısa süreli ve çok şiddetli yağışlar daha sık görülmektedir. Bu durum geleneksel altyapı tekniklerinin, değişen iklim koşulları karşısında yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Şiddetli yağışlar geçirimsiz yüzeyler üzerinden sokaklara, caddelere, dere yataklarına akmakta, kenti kirletmekte ve altyapı yetersiz kaldığında su baskınlarına neden olmaktadır.

Dünyanın diğer şehirlerine olduğu gibi benzer sorunları çözmek amacıyla yağmur suyu drenaj sistemlerinin tasarımında, hatlardaki su yükünü azaltmak ve su baskınlarını önlemek amacıyla geleneksel yöntemlerden farklı bir yaklaşım benimseme gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu noktada kentin mevcut yağmur suyu altyapı sistemi analiz edilerek bu sisteme entegre bir yaklaşımla ile doğa esaslı yeni bir yağmur suyu sistemi modeli geliştirilmiştir.
SüngerKent İzmir, kentin klasik borulu gri yağmur suyu altyapı analizi, sıcaklık ve yağış rejimleri, yer-zemin ve su sistemleri, kentin geçirimli ve geçirimsiz yüzey alanları ile yağmur suyu akış potansiyeli gibi çok yönlü analizler üzerinden detaylı bir şekilde incelenmiş ve mevcut altyapı sistemine entegre bir yaklaşımla geliştirilmiştir. Yağmur suyu kaynaklı problemlerin yaşandığı tespit edilen bölgelerde söz konusu problemlere çözüm getiren, çeşitli doğa esaslı altyapı tekniklerinin kullanıldığı pilot projeler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu pilot projeler ve kent altyapısına yönelik yapılan analiz sonucunda İzmir'e özgü bir sünger kent modeli geliştirilmiştir.

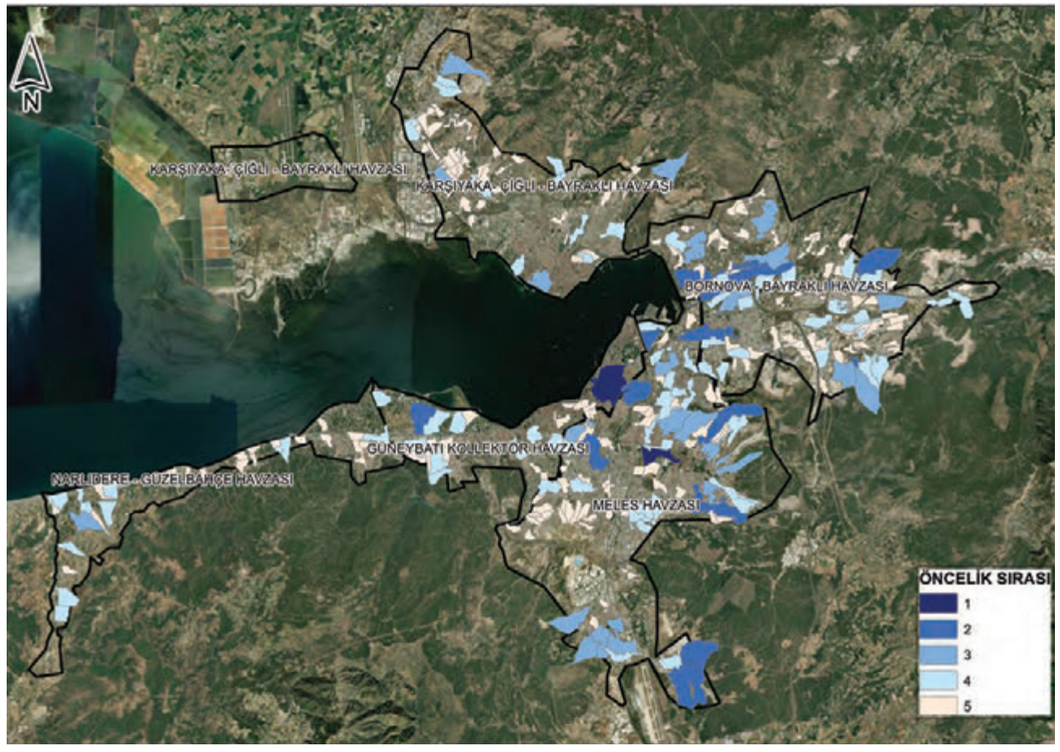
SüngerKent İzmir modeli; yağmur suyu hasadı ile suyumuzun her damlasını değerlendirmeyi ve tasarruf etmeyi, su kısıtlılığı ile mücadele etmeyi hedefleyen su odaklı bir kent kültürü oluşturmayı amaçlar. Aynı zamanda, doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerini kullanarak kenti su döngüsü ile yeşil bir dönüşüme tabi tutmayı ve kent içinde betonla kaplanmış, adeta kente küsmüş dereleri ekolojik mavi-yeşil su koridorlarına dönüştürerek "yaşayan dereler" oluşturmayı temel olarak benimser ve temel olarak üç ana sistem üzerine kurulur.

SüngerKent İzmir Projesi'nin temel stratejisi, geleneksel kentsel su yönetimlerinin aksine, yağmur suyunu borulu sistemlerle hızlı bir şekilde boşaltmak yerine, kentsel alanlara düşen yağmur suyunu sünger kent teknikleri ile geçici olarak depolamak, temizlemek ve sızdırmaktır. Bu yaklaşım, suyun sürdürülebilir ve verimli bir şekilde kullanılmasını ve çevresel etkilerin azaltılmasını amaçlamaktadır. Böylece lokal düzeyde su baskınlarına çözüm getirilecek, büyük ölçekte ise kent içerisindeki dere yataklarında zaman zaman taşkınlara sebep olan yağış sularının pik debi ve toplam hacimleri azaltılarak dere kanal kapasitesinde rahatlama sağlanacak ve atıksu sistemi üzerindeki yağmur suyu yükü hafifletilmiş olacaktır.

SüngerKent İzmir, su odaklı döngüsel bir yeşil dönüşüm projesidir. İzmir'in caddelerine, yollarına, sokaklarına, derelerine, çatılarına, bahçelerine ve geçirimsiz yüzeylerine düşen yağmur suyunu bir sünger gibi toplayarak biriktirmeyi, temizlemeyi, sızdırmayı ve yeniden kullanımını esas alarak peyzaja dayalı doğa tabanlı döngüsel bir yeşil dönüşümü hedeflemektedir. Kentin klasik-geleneksel yağmur suyu drenajı borulu sistemlerine bir alternatif değil, bu sistemlerle bütünleşik entegre bir sistem olarak planlanır ve

uygulanır. Kentin sürdürebilir yağmur suyu akışının yönetilmesi birincil amacıdır.

Bu amaçla yürütülen SüngerKent İzmir Projesi kapsamında Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Birimi tarafından İzmir'in bir sünger kent olarak inşa edilmesi ve döngüsel bir yeşil dönüşümünün gerçekleştirilmesi için pilot projeler hazırlanmış ve yeşil altyapı tekniklerinin uygulanmasına yönelik bir önceliklendirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Önceliklendirme çalışmasında; planlanan veya revize edilmesi düşünülen yağmur suyu hatlarının su toplama alanlarının büyüklükleri ve bu alanlarda gerçekleşen su baskınları göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre alanlar, "1" en öncelikli olmak üzere "1 ile 5" arasında sıralanmıştır (Görsel 47).



Görsel 47. Önceliklendirme Çalışması

Çalışma sonucunda, doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanması için en öncelikli bölgeler Bornova, Bayraklı, Konak ve İnciraltı bölgelerinin sahil kesimleri, Gaziemir ilçesinin Menderes ve Fatih mahalleleri olarak tespit edilmiştir. Planlama çalışmalarında öncelik sırası gözetilerek yağmur suyu çalışmalarının kademeli olarak 5 yıl içinde yapılması önerilmektedir.

SüngerKent İzmir Projesinin kısa, orta ve uzun vadeli hedefleri şöyledir:

Kısa Vadeli Hedef (1 Yıl): SüngerKent İzmir Projesinin, tasarım, inşaat ve geliştirme konseptlerinin tanıtılması ve küçük ölçekli kentsel pilot projelerin teşvik edilmesi ve hayata geçirilmesi,

Orta Vadeli Hedef (1-3 Yıl): SüngerKent İzmir Projesi standartlarının, yönetim sistemlerinin ve izleme sistemlerinin kurulması, orta vadede yapılması planlanan projelerin hayata geçirilmesi, sünger kent yaklaşımının kenti planlayan imar planlarına ve ilgili yönetmeliklere entegrasyonunun sağlanması,

Uzun Vadeli Hedef (3-5 Yıl): SüngerKent İzmir konseptinin kentsel gelişim, planlama ve inşaat yönetimine tam entegrasyonun sağlanması, büyük ölçekli projelerin hayata geçirilmesi, kentsel yüzey akışının %70 oranında azaltılması ve İzmir'in bir sünger kent olarak inşa edilmesi hedeflenmektedir.

3. DOĞA ESASLI YAĞMUR SUYU ALTYAPI TEKNİKLERİNİN PLANLAMA, SEÇİM VE BOYUTLANDIRMASI

Sünger kent gibi sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi planlama yaklaşımları, doğa esaslı çözümlerden yararlanarak kentlerde su kaynaklarının korunmasını, su döngüsünün iyileştirilmesini ve küresel iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasını amaçlamaktadır.

Doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin planlama, tasarım ve boyutlandırması genellikle yüzeysel akış, yer sistemi-sızma ve peyzaj olmak üzere üç ana eksenden oluşur. Çalışılan proje alanında; yağmur suyu miktarı, yüzeysel akış ve sızma hesapları yapıldıktan ve birbirleri ile ilişkisi belirlendikten sonra, su döngüsü ile yeşil dönüşüm hedeflenir ve bu aşamada peyzaj önemli bir rol oynar. Proje kapsamında edinilen deneyimler, bu üç ana eksenin doğa esaslı çözümlerin planlama, tasarım ve boyutlandırma süreçlerine rehberlik etmesini amaçlayarak detaylı bir şekilde incelenmiştir.

3.1 Planlama

Doğa esaslı yağmur suyu altyapı teknikleri ve çözümlerinin kent ölçeğinde planlanması için en temel kriterlerden biri, bu tür çözümlerin klasik yağmur suyu sistemlerine bir alternatif olarak değil, bu sistemlerle entegre olarak düşünülmesidir. Diğer yandan kentsel alanların planlanmasında ise doğa esaslı yağmur suyu yönetimi için dikkat edilmesi gerek bazı önemli kriterler bulunmaktadır:

- Yağmur suyu hatlarının doğa esaslı yağmur suyu altyapı teknikleri ile havza ölçeğinde bütüncül bir şekilde planlaması,
- Yağmur suyunun altyapı sistemlerindeki yükünü azaltmak için yerinde toplanması, depolanması ve akışı geciktirici stratejilerin geliştirilmesi,
- Hidrolojik ve çevresel etkenlerin dikkate alınması
- Açık kamusal yeşil alanlar planlanırken sünger alanlar olarak su tutma kapasiteleri göz önünde bulundurulmalı, bu alanların kotları yağmur suyunu toplayacak şekilde planlamalı,
- Kamusal açık alanların mevsimlere göre esnek planlanması,
- Geçirimsiz yüzeylerin en aza indirgenmesi,
- Yerel bitki örtüsünün korunması,
- Yapısal peyzaj uygulamalarında zemin sıkıştırma işlemlerinin en aza indirgenmesi,
- Harçla yapılan zemin uygulamaları yerine geçirgen zemin kaplamalarının önceliklendirilmesi,
- Mevcut akış güzergâhlarının korunması,
- Küçük ölçekli yağmur suyu yeşil altyapı tekniklerinin şehir ölçeğinde yaygınlaştırılması.

Kentsel alana düşen yağmur suları ortamdan hızlıca uzaklaştırılması gereken bir tehdit olarak görülmemeli, aksine kentsel su döngüsüne katılması ve halkın günlük yaşamında kullanabilmesi sağlanmalıdır. Bunun için yağmur suyu ilk olarak düştüğü noktada yakalanmalı, sızdırılmalı, depolanmalı ve/veya bekletilerek su sistemlerine ya da altyapıya (yağmur suyu kanallarına) kontrollü bırakılmalıdır. Bu hedefi gerçekleştirebilmek için doğa esaslı çözümler yerel yönetimlerin pratiklerinde yaygınlaştırmalı, halkın katılımını sağlayabilmek için bilgilendirme toplantıları yapılmalı, teşvik sistemleri geliştirilmeli ve kent halkı da yağmur suyu yönetiminin bir paydaşı haline getirilmelidir.

Planlama ve tasarım sürecinin her aşamasında bilimsel, güncel ve teknolojiyle uyumlu veri ve veri tabanlarını kullanılmalıdır. Bu veri tabanları aynı zamanda katılımcılık ilkesinin uygulanmasında ve yeşil altyapı sistemlerinin vatandaş-belediye iş birliğinde ve sürdürülebilir olmasında yarar sağlayacaktır.

İzmir'de yeni yapılacak uygulamalar, Yeşil Şehir Eylem Planı (YŞEP), Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP), İzmir'in Yeşil Şehir Eylem Planı ve Yeşil Altyapı Stratejileri gibi çok paydaşlı çalışmaların hedefleri ile uyumlu olmalıdır. Ayrıca, yeşil altyapı sistemlerinin planlanmasında, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 23/06/2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan "Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik"te yer alan kent planlaması ile teknik altyapı planlaması ilişkisine dair esaslar dikkate alınmalıdır.
Buna göre;

Genel Esaslar

Yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanması, çevresel, sosyal ve ekonomik faktörleri gözeterek yapılmalıdır. Bu süreçte sağlık ve güvenlik riskleri minimuma indirilmelidir. Malzeme seçimi, tasarım ömrü, tekrar kullanım ve geri dönüşüm gibi çevresel etkenler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Sistem, güvenli bakım ve onarım işlemlerini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Yer Seçimi

Yağmur suyu hasadı ve yeşil altyapı sistemleri öncelikle tescile tabi olmayan kamunun ortak kullanımına bırakılmış arazilerde planlanmalıdır. Ancak bu mümkün değilse, özel mülkiyet alanları da düşünülmelidir. İrtifak hakkı kullanımı da planlama aşamasında dikkate alınabilir.

Kent Planlaması ile Teknik Altyapı Planlaması İlişkisi

Kent planları ile teknik altyapı planları birbirini tamamlayacak şekilde hazırlanmalıdır. Bu süreçte nüfus, ekonomik ve sosyal yapı, sektörel dağılım gibi faktörler bütünsel bir bakış açısıyla ele alınmalıdır. Olası değişiklikler ve revizyonlar, kentsel altyapı sistemini etkileyecek biçimde düzenlenmeli ve süreçler birbirine entegre edilmelidir.

Etüt, Planlama ve Fizibilite Esasları

Projelerin mevcut ve gelecekteki koşulları dikkate alarak detaylı bir değerlendirmeye tabi tutulmalıdır. Hidrolik, çevresel, iş sağlığı ve güvenliği, halk sağlığı ve güvenliği gibi faktörler göz önünde bulundurularak planlama yapılmalıdır. Etüt çalışmaları, mevcut altyapı sistemini kapsamlı bir şekilde analiz ederken, planlama aşamasında ekonomik ve teknik karşılaştırmalarla alternatif sistemler önerilmelidir.

3.2 Yüzeysel Akış-
Yağmur Suyu Debisi

Doğa esaslı bir yağmur suyu altyapı tekniğinin uygulama ve boyutlandırmasına başlamak için ilk adım, uygulanacak alandaki yağmur suyu yüzeysel akışının ve debisinin hesaplanmasıdır. Yüzeysel akış miktarını etkileyen üç faktör şunlardır:

- Drenaj alanı
- Akış katsayısı
- Yağış şiddeti

3.2.1 Drenaj Alanı

Öncelikle yüzeysel akış suyunun geleceği drenaj alanı, yani havza sınırları belirlenir. Topografik yapının sonucu olarak, yeryüzüne ulaşan her bir yağmur damlası bir havzada (drenaj alanında) toplanır. Topografik olarak sırtlar havza sınırını belirlemektedir. Ancak kentsel alanda yapılan çalışmalarda havza ölçeğinde çalışılmadığından, mikro havza sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Drenaj alanı belirlenirken, kentsel alandaki çatıların ve geçirimsiz yüzeylerin yüksek akış katsayıları sebebiyle yüksek miktarda yüzeysel akış debisine sebep oldukları unutulmamalıdır.

Bir drenaj alanını (havzayı) ve sınırlarını tanımlamak için;

- Halihazır haritalar
- Topografik harita, uzaktan algılama verileri vb. üzerinde çalışma
- Arazi kullanımının belirlenmesi gereklidir.

Özellikle büyük ölçekli uygulamalarda yüzeysel akış suyunun hesabında drenaj alanı çok iyi tanımlanmalıdır.

3.2.2 Akış Katsayısı

Belirlenen drenaj alanından gelecek yüzeysel akış miktarını öngörebilmek için, drenaj havzasındaki alanların akış katsayıları belirlenmelidir.

Akış katsayısı (C), bir alana gelen yağışın bir miktarının sızma ve buharlaşma gibi kayıplara uğrayacağı öngörülerek akışa geçen kısımdaki azalmayı temsil etmektedir. Gelen yağışın akışa geçme oranı olarak kabul edilen bu yaklaşımla her yüzey için farklı akış katsayıları kullanılır. SüngerKent İzmir çalışmaları kapsamında kabul edilen akış katsayıları Tablo 14 ile sunulmuştur. Bu katsayılar yüzeyden akan yağış miktarının toplam yağış miktarına oranıdır.

Tablo 14 Akış Katsayıları

Alan Kaplama/Yüzey Tipi		Akış Katsayısı
Yol	Asfalt	0,80
	Parke	0,75
	Beton	0,90
	Stabilize	0,70
	Toprak	0,50
Çatılar		**0,90**
Parklar, Bahçeler ve Yeşil Alanlar		0,35
Boş Toprak Alanlar		0,20
Diğer Geçirimsiz Alanlar		0,80

Drenaj alanı içerisinde yer alan ve farklı akış katsayılarına sahip bina çatıları, yollar, beton, parke veya asfalt gibi malzemelerle kaplı geçirimsiz yüzeyler ile park, bahçe, doğal nitelikli alan gibi geçirimli yüzeyler detaylı olarak ayrılmalı ve yüzeysel akış hesabında her bir alan tipi için uygun olan akış katsayıları kullanılmalıdır.

3.2.3 Yağış Şiddeti

Belirlenen drenaj alanından gelecek yüzeysel akış miktarının hesabı için gereken bir diğer bileşen yağış şiddetidir. Yağış şiddeti (i), birim zamanda düşen yağış yüksekliği olarak tanımlanmaktadır. Yağış şiddeti;

$$i = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

formülü ile hesaplanmakta olup, birimi, mm/dk ya da mm/sa olmaktadır. Burada zaman aralığı (dk veya sa) Δt ile, bu aralıkta düşen ortalama yağış yüksekliği ise ΔP (mm) ile gösterilmektedir.

Eğer proje bölgesinde gözlenmiş bir yağış kaydı yoksa, yağış şiddeti şiddet-süre-tekerrür bağıntıları kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu bağıntılarda T tekerrürü, a, b, c, k ise değişken katsayıları göstermektedir. Tekerrürü ve yağış süresi bilinen yağışın şiddeti;

$$i = \frac{a}{T+b} \quad \text{veya} \quad i = \frac{c}{T^k}$$

denklemi ile hesaplanır.

Yağış verimi (r) (L/s.ha) ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. Burada yağış şiddeti (i) mm/dk birimindendir.

$$r = 166.7\ x\ i$$

3.2.4 Tasarım Yağışı Yaklaşımı

Temel olarak, tasarım yağışları iki farklı yaklaşıma dayanmaktadır.

- Standart süreler için gözlenmiş maksimum yağışların uzun dönem kayıtlarına en iyi uyan istatistiksel dağılım seçilir. Belirli tekerrür aralıklarına (T) karşılık gelen olasılık değerleri (p) elde edilir (p=1-1/T). Seçilen istatistiksel dağılımın ters olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak, seçilen tekerrür aralıklarına göre beklenen yağış değerleri bulunur. Elde edilen yağış değerleri kendi sürelerine bölünerek yağış şiddetleri hesaplanır. Yağış şiddetleri, tekerrür aralıkları ve sürelerine göre grafikte çizdirilerek şiddet-süre-tekerrür eğrileri oluşturulur ve bu eğriler kullanılarak yukarıda anlatıldığı şekilde şiddet-süre-tekerrür bağıntısı elde edilir. Buna göre herhangi bir sürede ve tekerrür aralığındaki yağış şiddeti hesaplanabilmektedir.

- Belirli sağanak olayları için yağış verilerinin analizinden hesaplanabilmektedir.

Tasarım yağışı seçiminde; proje amacı (biriktirme, pik debiyi uzaklaştırma vb.), havza türü (kentsel ya da kırsal olması), arazi kullanımı (geçirimsizlik durumu) ve havza boyutları gibi etkenler incelenmelidir (27).

Drenaj amaçlı yapılarda ve yağmur suyu hatları gibi maksimum akış kapasitesini geçirecek tesisleri tasarlamak amacıyla kısa süreli yağışlar, hacme dayalı depolama tesislerini boyutlandırmak için daha uzun bir süre (düşük yoğunluklarda ve daha büyük toplam yağış hacminde) kullanılır (28). Bu durumda pik debinin kontrollü bir şekilde uzaklaştırılması ile bekletme/depolama/sızma yapılarının tasarlanmasında farklı yağış süreleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Genellikle tasarım yağışı için farklı havza türleri kentsel veya kırsal olarak ve her durumda en kritik olacak yağış süresine göre sınıflandırılabilir. Kentsel havzalarda yağışa hızlı yanıt verip akışa geçme süresi az olurken (genellikle 1 saatten az); kırsal havzalarda ise sızmalar önemli olacağından akışa geçme süresinin yüksek olduğu bilinmektedir (27). Bu sürelerin belirlenmesinde havzanın geometrisi (en uzun akış yolunun uzunluğu, eğimi vb.) ve geçirimsizlik durumları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yağmur suyu yönetiminde, tasarım yağışı için sürenin haricinde yağışın periyodu da önemlidir. Tekerrür aralığı, yapılaşma sıklığı ve bölgedeki özel durumlar dikkate alınarak seçilmekte ve 2, 5 veya 10 yıl olan yağışlar yeterli olmaktadır (27). En uygun yağış tekerrürü optimizasyon yöntemiyle belirlenebilmektedir.

Genel olarak yağmur suyu yönetiminde seçilen tasarım yağışları ilgili şehirler için hazırlanan kılavuzlar incelenmiştir:

- New Jersey Yağmur Suyu En İyi Yönetim Uygulamaları Kılavuzu'nda (29) 1,25 inç/2 saatlik yağış ile 1 yıllık ve 2 yıllık 24 saatlik yağışlar seçilmiş olup, uygulayıcının takdirine bağlı olarak daha büyük yağış derinlikleri tercih edilebileceği belirtilmiştir.
- Pittsburgh Bölgesindeki Yeşil Altyapı Tasarım Zorluklarının Ele Alınması Raporu'nda (30), yeşil altyapı teknikleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirmiş ve bu uygulamalarda, 2 yıllık 24 saatlik ve daha az tüm yağışlar için akış hacmini koruyacak şekilde veya katkıda bulunan tüm geçirimsiz yüzeylerden ilk iki inçlik akışı yakalayacak şekilde boyutlandırılmasını önermiştir.
- Kentsel Taşkın Direnci için Yeşil Yağmursuyu Altyapısı Dallas için Durum Analizi (31) ve Taşkın Azaltımı için Yeşil Altyapı Maliyetlerini ve Faydalarını Değerlendirme Kılavuzu'nda (32), 24 saat süreli ve 2 yıllık tekerrürlü tasarım yağışı kullanılmıştır.
- Portland Şehri Yağmursuyu Yönetimi Kılavuzu'nda (33), 24 saat süreli 10 yıl tekerrürlü tasarım yağışı seçilmiştir.

3.2.5 İzmir İli Doğa Esaslı Altyapı Tekniği Uygulamaları İçin Tasarım Yağışı Yaklaşımı

MGM'den temin edilen bilgilere göre, İzmir Bölge İstasyonunda 1938-2021 döneminde, 5 dakikadan 24 saate kadar farklı süreler için ölçülen maksimum yağışların Log-Pearson III dağılımına uyduğu kabul edilmiş ve 2 yıldan 100 yıla kadar farklı tekerrür aralıkları için yağış yükseklikleri (mm) elde edilmiştir (Bkz. Tablo 15).

Tablo 15 İzmir İli İçin Farklı Süre ve Tekerrür Değerlerine Göre Yağış Yükseklikleri (mm)

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Dakika				Saat									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
2 Yıl	7,3	10,3	12,7	16,8	21,7	27,4	31,4	35,0	37,8	40,2	43,6	48,9	54,9	61,1
5 Yıl	10,0	14,2	17,5	23,3	31,0	39,4	44,8	49,0	53,1	56,0	60,6	68,0	75,9	82,6
10 Yıl	11,9	16,9	20,8	28,0	38,0	48,1	55,3	59,9	65,1	68,6	73,8	82,5	90,8	97,9
25 Yıl	14,5	20,6	25,2	34,4	47,8	60,1	70,5	75,5	82,4	87,1	92,9	103,1	110,8	118,6
50 Yıl	16,6	23,5	28,7	39,4	55,8	69,7	83,4	88,5	97,1	102,9	109,0	120,2	126,6	135,0
100 Yıl	18,8	26,6	32,2	44,8	64,5	79,9	97,7	102,9	113,4	120,7	126,9	138,9	143,1	152,2

Yeşil altyapı teknikleri, genellikle tutulan/biriktirilen yağmur suyunu depolama veya sızdırma amaçlı olduğundan; genelde uzun süreli (24 saatlik) yağışların kullanılması yapılan literatür çalışmalarına göre önerilmektedir. Ancak, suyun hızlı iletilmesi gereken drenaj amaçlı yapıların tasarımında seçilen yağış süresi, havzanın akış (toplanma) süresine bağlı değişmektedir. Tasarım yağışlarının seçiminde esas alınan faktörler; proje alanında gerçekleşen su baskınlarının yoğunluğu, arazi kullanımı ve zemin/toprak durumudur. Ayrıca toplanması hedeflenen yağmur suyu miktarı ve proje bütçesi de tasarım kriterlerini etkilemektedir. Projeyi tasarlayan uzman (İnşaat, Çevre, Jeoloji, Hidrojeoloji Mühendisi, Peyzaj Mimarı, Şehir Plancısı vb.) tüm bu faktörler ile bölgesel meteoroloji verilerini göz önüne alarak, en uygun tasarım yağışını standart süreli yağış tablolarından uygun tekerrür aralığı ve sürelerde seçebilir veya proje bazlı olarak bölgeye uygun farklı yağış yükseklikleri (yağış ortalaması veya anlık maksimum yağış yüksekliği gibi) de kullanabilir.

3.2.6 Yüzeysel Akış Hesabı

Belirlenen drenaj alanından gelecek yüzeysel akış miktarının hesabı için kullanılan bazı yöntemler akış katsayısının yağış süresince sabit kaldığını (rasyonel metot) kabul ederken, bazı yöntemler ise (SCS yöntemi) akış katsayısı yağış öncesi toprağın nem seviyesine göre belirlenen bir değerden, yağış boyunca artarak doygunluk değerine ulaşabilecek ve havzaya düşen tüm yağış akışa geçebildiğini kabul etmektedir.
Rasyonel metot kent havzaları için uygun bir yöntem olup, yeşil altyapı uygulamalarında yüzeysel akış hesabı için kullanılabilir. Seçilen yeşil altyapı tekniği, drenaj alanından gelen yüzeysel akış miktarına göre uygun boyutlarda tasarlanır.

Rasyonel metot ile yüzeysel akış debisi;

$$Q = C\,i\,A$$

Formülü ile hesaplanır. Burada;

Q: Yüzeysel akış miktarını/hacmi,

C: Akış katsayısını,

i: Yağış yüksekliğini,

A: Drenaj alanını,

temsil eder. Burada i, yağış yüksekliği (mm) ve A, drenaj alanı (m^2) biriminden alındığı takdirde, gerekli dönüşümler yapılarak Q, yüzeysel akış hacmi (m^3) cinsinden elde edilebilmektedir. Yağış yüksekliği yerine yağış verimi (l/s.ha) olarak alındığında drenaj alanı hektar cinsinden olmakta ve yüzeysel akış miktarı ise (l/s) biriminde elde edilmektedir. C akış katsayısı boyutsuzdur (bkz Bölüm 3.2.2).

Yüzeysel akış debisinin hesabı ile doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin uygulanacağı havzaya düşen ve yüzey akışı yoluyla ulaşan toplam yağmur suyu miktarı hesaplanmış olmaktadır.

3.3 Sızma, Sızma Testleri, Zemin Değerlendirmesi

Yağışın, yerçekimi kuvvetinin yanı sıra kapiler ve moleküler çekim etkilerinin zemin daneleri arasında etkileşim gösterdiği bir süreçle, aşağı yönlü ilerlemesi olayına “sızma” adı verilir.

Bir doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniği uygulaması öncesi belirlenmesi gereken bir diğer faktör, uygulama yapılacak alandaki zeminin sızma performansıdır. Doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin seçimi ve uygulanması öncesinde zeminde yapılacak sızma testleri ile zeminin sızma hızı hesaplanmalıdır.

3.3.1 Zeminin Sızma Hızının Hesaplanması

Sızma (infiltrasyon), suyun toprak katmanına girme sürecidir. Yağmur suyu depoları hariç, doğrudan zemine uygulanan hemen hemen tüm doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin önemli bir parçası olan sızma hızının hesaplanması için farklı yöntemler bulunmaktadır. Sızma hızı; tasarlanacak olan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin derinliğine ve kompleks yapı özelliğine göre, sızma testi yöntemleri ile belirlenmektedir. Sızma hızı hesabı için genel olarak kullanılan testler; basit veya araştırma çukuru testi, çift veya tek halkalı sızma testi ve muhafaza borulu sızma testidir.

Tüm testler uzman bir ekip tarafından yapılmalı ve değerlendirilmelidir. Basit çukur testi sadece, yağmur bahçesi uygulamaları için kullanılabilir.

Yapılan testlerin sonuçları sadece o bölgedeki şartları gösterir. Sızma testleri, mutlaka doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanacağı alanda veya bu alanın çok yakınında yapılmalıdır. Bu testler, tasarlanan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniği uygulamasının tabanında ve farklı katmanlarında ayrı ayrı yapılmalıdır.

Yapılacak olan testlerin sayısı; sahaya özgü koşullara, toprak değişkenliğine, saha hakkında bilgilere ve diğer etkenlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Büyük ölçekli uygulama alanları için ise farklı derinliklerde ve farklı bölgelerde sızma özelliklerini karakterize edecek minimum test sayısı belirlenmelidir.

Basit Çukur Testi

Basit ve yüzeysel doğa esaslı yağmur suyu altyapı uygulaması olan yağmur bahçesi uygulaması için uygun bir testtir (Görsel 48). Uygulama yapılacak alanda en az bir adet, sızmanın homojen olup olmadığını gözlemlemek için alanda birkaç adet yapılması uygun olabilir (34).

Görsel 48. 60 cm* 60 cm Basit Test Çukuru

Bu testin uygulanabilmesi için izlenmesi gereken adımlar aşağıda sıralanmıştır (34):

- İlk olarak 60 cm eninde, 60 cm boyunda ve 60 cm derinliğinde bir çukur açılır.
- Çukurun içini 30 cm su ile doldurulur.
- Suyun tamamı sızana kadar beklenir ve 1 saat boyunca düzenli aralıklar ile su derinliğini kontrol edilir.
- Toplamda su doldurma işlemini 3 kere tekrarlanır ve üçüncü testteki ölçümler dikkate alınır.
- Üçüncü test, toprak doygunken yapıldığından, sızma hızı daha doğru tespit edilebilir.
- Üçüncü test için çukura doldurulan su yüksekliği, toplam sızma süresine bölünerek sızma hızı hesaplanabilir.

Araştırma Çukurları

Bu test herhangi bir zeminde açılacak olan bir kazı çukurunda (Görsel 49) gerçekleştirilebilir. Hem dikey hem de yanal sızma hızını içerir. Bu test için uygulanabilecek farklı yöntemler bulunmaktadır.

Planlanan doğa esaslı yağmur suyu altyapı uygulamasının taban kotuna kadar, kazı ölçüsü en az 60 cm x 60 cm olacak şekilde araştırma çukuru kazılır. Geçirimsiz bir katman ile karşılaşılması durumunda kazı derinliği daha da derinleştirilebilir.

Görsel 49. Araştırma Çukuru

Sızma değerlerinin tespiti için farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Bu yaklaşımlarda, başlangıç zemin parametrelerinin bilinmesini ve uzman kişiler tarafından yapılmasını gerektirmektedir.

Doğrudan sızma değerini elde etme yaklaşımında (33), test çukuru içindeki zeminde en az 30 cm su ile ön ıslatma işlemi yapılır.

Zemin, test çukuru içerisine konulan suyu tutabiliyorsa, su yüksekliğini 1 saat boyunca muhafaza edecek şekilde su eklemesi yapılır. Eğer zemin test çukuru içerisine konulan suyu 10 dakika içinde sızdırıyorsa, en az 30 cm'lik su, çukur içerisine iki defa daha doldurulur (33). Eğer son konulan su 10 dakikadan daha az sürede tamamı sızıyorsa zeminin su tutmadığı düşünülebilir.

Genel olarak; zemin suyu tutuyorsa düşen seviyeli ya da sabit seviyeli test, eğer suyu tutamıyorsa (test için yeterli su kalmıyorsa) doğrudan infiltrasyon testi uygulanabilir.

- **Doğrudan infiltrasyon test**

Zemin suyu tutamıyorsa yani suyun tamamı zemine sızıyorsa, zeminde doğrudan infiltrasyon testi ile infiltrasyon değeri hesaplanır. En az 1.000 litre suyun zemine ne kadar sürede sızdığı kayıt edilerek infiltrasyon hızı;

$$\text{İnfiltrasyon Hızı } \left(\frac{mm}{saat}\right) = \frac{59844{,}1558 * \text{Eklenen su hacmi } (m^3)}{\text{Sızma süresi } (dk) * \text{Taban alanı } (m^2)}$$

Formülü ile hesaplanır.

- **Düşen Seviyeli Test**

Düşen seviyeli test yapılmadan önce, test için ne kadar yükseklikte su ekleneceği yapılacak olan tekniğin tasarım yağış altında göllenme yüksekliği göz önüne alınarak belirlenmelidir. Tasarım yağışı ile hesaplanan göllenme yüksekliğinin 60 cm ve üzerinde olması durumunda, göllenme yüksekliğinin yarısı ile ön ıslatmada kullanılan su yüksekliği karşılaştırılır. Düşük olan su seviyesi dikkate alınarak doldurulacak su seviyesi belirlenir. Düzenli aralıklarda düşen su seviyesi ölçülür ve infiltrasyon sabit bir hıza ulaştı ise ölçülen infiltrasyon hızı;

$$\text{İnfiltrasyon Hızı } \left(\frac{mm}{saat}\right) = \frac{60 * \text{Düşüm } (mm)}{\text{Geçen süre } (dk)}$$

formülü ile hesaplanır (33).

- **Sabit Seviyeli Test**

Sabit seviyeli test yapılmadan önce, test için ne kadar yükseklikte su ekleneceği yapılacak olan tekniğin tasarım yağış altında göllenme yüksekliği göz önüne alınarak belirlenmelidir. Tasarım yağışı ile hesaplanan göllenme yüksekliğinin 60 cm ve üzerinde olması durumunda, göllenme yüksekliğinin yarısı ile ön ıslatmada kullanılan su yüksekliği karşılaştırılır. Düşük olan su seviyesi dikkate alınarak doldurulacak su seviyesi belirlenir. Bu testte en az yarım saat süreyle belirlenen su seviyesi sabit tutulmalı ve eklenen su hacmi kayıt edilmelidir. Ölçülen İnfiltrasyon hızı;

$$\text{İnfiltrasyon Hızı } \left(\frac{mm}{saat}\right) = \frac{59844{,}1558 * \text{Eklenen su hacmi } (m^3)}{\text{Sızma süresi } (dk) * \text{Taban alanı } (m^2)}$$

formülü ile hesaplanır (33).

formülü ile hesaplanır (33).

Uygulanan testler sonrası tekrar kontrol yapılıp; zemin suyu tutuyorsa düşen seviyeli ya da sabit seviyeli, eğer suyu tutamıyorsa (Test için yeterli su kalmıyorsa) doğrudan infiltrasyon testi toplamda en az 3 kere tekrarlanmalı ve ölçülen iki değer arasındaki fark %10 dan az olana kadar teste devam edilmelidir. Eğer test sonucu bir önceki değerden büyükse, sonuç geçersiz sayılmalıdır. Son olarak ölçülen infiltrasyon hızı güvenlik faktörüne (Tablo 16) bölünerek tasarım infiltrasyon hızına ulaşılabilir (33). Güvenlik katsayıları gerekli görülmesi halinde arttırılmalıdır (33). Daha detaylı bir sızma analizi yapmak için açılan araştırma çukuru içine çift halkalı infiltrometre testi, Çift Halkalı İnfiltrometre Testi bölümünde anlatılan yöntem ile yapılabilir.

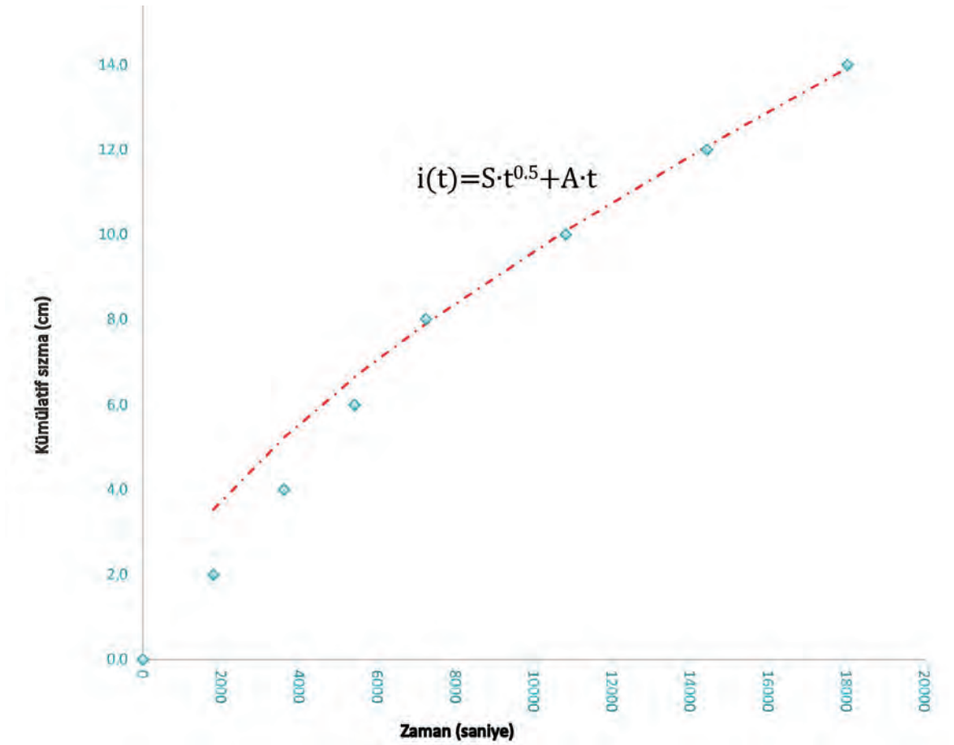
Tablo 16. Tasarım İnfiltrasyon Değerleri için İzin Verilen En Düşük Güvenlik Katsayıları (33)

Test metodu	İzin Verilen En Düşük Güvenlik Katsayısı
Araştırma Çukuru Testi	2
Muhafazalı Borulu Sızma Testi	2
Çift Halkalı İnfiltrometre Testi	1

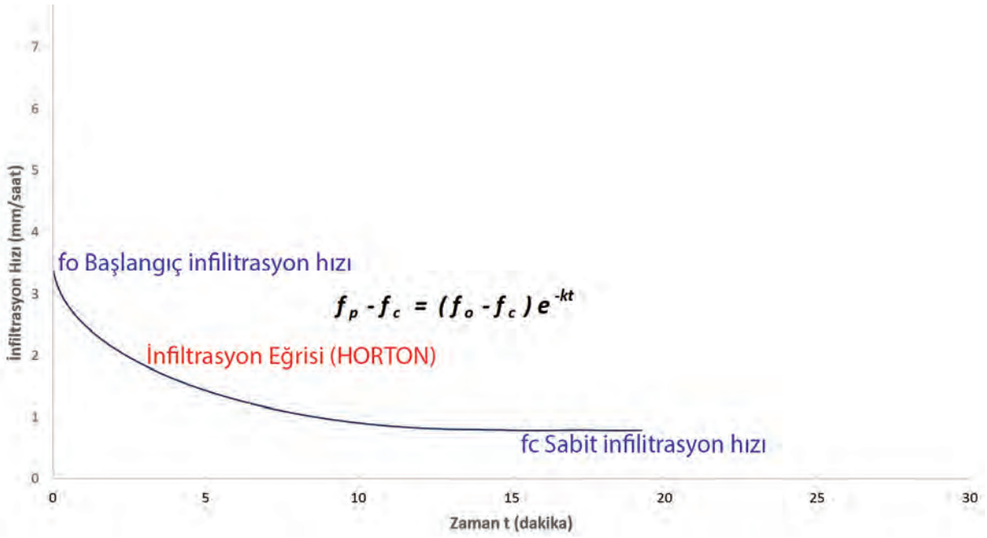
Çift Halkalı İnfiltrometre Testi

Zeminlerin sızma performansının ölçülmesinde kullanılan bir diğer yöntem, Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials-ASTM International)'nun D3385-18 koduyla yayınladığı Çift Halkalı İnfiltrometre ile Zeminlerin İnfiltrasyon Hızı için Standart Test Yöntemidir (Görsel 50). Bu test yöntemi, zeminlerin sızma hızını, çift halka kullanılarak belirlemek için tasarlanmıştır. Halkalar, uygulanmak istenilen doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin taban derinliğinde (gerekiyorsa kazı yapılarak), zemine zarar vermeden 15 cm kadar yerleştirilir. İnfiltrometre içerisine, zemininden itibaren su yüksekliği 15 cm'yi aşmayacak ve 2,5 cm'nin de altına düşmeyecek şekilde su eklenerek düzenli aralıklarla düşüm seviyeleri veya eklenen su seviyeleri not edilir, sızma hızı sabit bir değere ulaşıncaya kadar teste devam edilir. Elde edilen veriler uygunluk ve ihtiyaç durumuna göre Philip (Görsel 51), Horton (Görsel 52) vb. yöntemler ile çözülerek, sızma, süzülme hızı hesaplanabilir (35). Son olarak hesaplanan infiltrasyon hızı güvenlik faktörüne (Tablo 16) bölünerek tasarım infiltrasyon hızına ulaşılabilir (33).

Görsel 50. Çift Halkalı İnfiltrometre Test Düzeneği



Görsel 51. Philip Çözüm Yöntemi Örneği



Görsel 52. Horton Yaklaşımı Çözüm Yöntemi Örneği

Sığ Sondaj Kuyusu ile Sızma Testi

Sondaj kuyusu ile sızma testi tekniği, daha derin tasarlanan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinde kullanılabilir. Uygulanmak istenen doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin tabanına kadar sondaj delgisi vb. ile devam etmeli ve test bu seviyede uygulanmalıdır. Bu test sistemi yanal ve dikey sızma hızını içerir. Bu yüzden muhafaza vb. izolasyon malzemeleri kullanılarak yanal sızma hızı etkisi azaltılabilir. Böylece daha doğru bir dikey sızma hızı elde edilebilir.

Muhafazalı boru ile doğrudan sızma değerlerinin tespiti için farklı yaklaşım (33) önerilmiştir. Bu yaklaşımda, başlangıç zemin parametrelerinin bilinmesini ve uzman kişiler tarafından yapılmasını gerektirmektedir.

Bu yaklaşımda, kuyu içindeki zeminde en az 30 cm su ile ön ıslatma işlemi yapılır.

Zemin, kuyu içerisine konulan suyu tutabiliyorsa, su yüksekliğini 1 saat boyunca muhafaza edecek şekilde su eklemesi yapılır. Eğer zemin kuyu içerisine konulan suyu 10 dakika içinde sızdırıyorsa, en az 30 cm'lik su, çukur içerisine iki defa daha doldurulur (33). Eğer son konulan su 10 dakikadan daha az sürede tamamı sızıyorsa su tutmadığı düşünülebilir.

Genel olarak; zemin suyu tutuyorsa düşen seviyeli ya da sabit seviyeli test, eğer suyu tutamıyorsa (test için yeterli su kalmıyorsa) doğrudan infiltrasyon testi, araştırma çukurlarında anlatılan doğrudan infiltrasyon, düşen seviyeli ve sabit seviyeli test adımları uygulanabilir.

Uygulanan testler en az 2 kere daha tekrarlanmalı ve ölçülen iki değer arasındaki fark %10 dan az olana kadar teste devam edilmelidir. Eğer test sonucu bir önceki değerden büyükse, sonuç geçersiz sayılmalıdır. Son olarak ölçülen infiltrasyon hızı güvenlik faktörüne (Tablo 16) bölünerek tasarım infiltrasyon hızına ulaşılabilir (33). Güvenlik katsayıları gerekli görülmesi halinde arttırılmalıdır (33).

Geçirimli Beton ve Kaldırım Uygulamalarında Sızma Hızı Hesabı

Beton yüzeylerin geçirimlilik performansının ölçülmesinde (Görsel 53) Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials-ASTM International)'nun C1701/C1701M – 17a kodlarıyla yayınladığı, geçirimli beton infiltrasyon hızı için standart test yöntemi kullanılabilir.

Parke yüzeylerin geçirimlilik performansının ölçülmesinde Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials-ASTM International)'nun C1781/C1781M- 13 kodlarıyla yayınladığı, geçirimli parke infiltrasyon hızı için standart test yöntemi kullanılabilir.

Görsel 53. Geçirimli Kaplama için Örnek Bir Test Düzeneği

Öncellikle infiltrasyon halkasının kurulumu gerçekleştirilir. Test yapılacak alan temizlenerek halkanın zeminle temas ettiği alt kenarına tesisat macunu veya silikon yardımı ile su geçirmeyecek şekilde yayılması sağlanır ve ön ıslatma aşamasına geçilir.

Ön ıslatma aşaması, infiltrasyonun hızının hesaplanacağı testin şeklini belirler. Önceden hazırlanmış 3,6 kg (± 0,05 kg) su, halkanın tabanından 10 mm'den aşağı düşmeyecek ve 15 mm'yi geçmeyecek hızda, halkanın içine doldurur. Su yüzeye temas ettiği andan itibaren süre başlatılır ve suyun tamamının sızdığı ana kadar geçen süre kaydedilir. Bu süre, 30 sn'den az ise toplam 18 kg (± 0,05 kg), 30 sn'den fazla veya eşit ise 3,6 kg (± 0,05 kg) su, halkanın tabanından 10 mm'den aşağı düşmeyecek, 15 mm geçmeyecek hızda tamamı boşaltılmalıdır. Su geçirgen yüzeye temas ettiği andan, tamamının sızdığı ana kadar geçen süre kayıt edilir.

İnfiltrasyon hızını hesaplamak için;

$$I = K*M / D^2*t$$

Denkleminden yararlanılır. Burada;

I: İnfiltrasyon hızı (mm/sa)

K: 4,583,666,000 sabit değerini,

M: İnfiltre olan suyun kütlesini (kg)

D: İnfiltrasyon halkasının iç çeperinin çevresini (mm),

t: Su miktarının, geçirimli beton yüzeye infiltre olması için geçen süreyi (sn),

temsil eder.

2.500 m² den küçük alanlar için üç test noktası belirlenmelidir. 2.500 m² den büyük alanlar için ise her ilave 1.000 m² için bir test noktası daha belirlenmelidir (36).

Doğa esaslı yağmur suyu altyapı teknikleri için önemli bir yere sahip olan sızma hızının belirlenmesi kapsamında, hangi sızma testinin yapılacağı, uygulaması, hesaplamaları ve yeraltı suyu seviyesinin sığ (yüzeye yakın olması) olması durumunda tekniğin uygulanabilirliğinin analizi uzman kişilerce yapılmalıdır Uygulanması planlanan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin büyüklüğü ve kontrol edilecek akış hacmi göz önünde bulundurularak, daha detaylı bilgi elde etmek için araştırma çukuru testleri ve sondaj çalışmaları yapılabilir. Kazı ve araştırma çalışmaları ile ilgili izinler gerekli kurumlardan alınmalıdır. Planlanan doğa esaslı yağmur suyu altyapı uygulama bölgesinde, düşük hidrolik iletkenlik, yeraltı suyu seviyesinin çok sığ olduğu (vadoz zonu kalınlığının az olduğu), akifer kalınlığının az olduğu, büyük ve kare şeklinde olmayan doğa esaslı yağmur suyu altyapı uygulamaları, kirletici kaynağına yakın yerler, bir yapıya veya yeraltı tesisatına yakın olan durumlar ile diğer doğa esaslı yağmur suyu altyapı uygulamalarına yakın durumlar için yükselim konisi analizi (mounding) yapılmalıdır (37).

3.3.2 Akiferlerin sızma, geçirimlilik, depolama katsayısı vb. hidrolik değerlerinin hesaplanması

Doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanmasında birinci bölümde belirtilen sızma hızı hesapları yeterli olmakla birlikte, yeraltı sularının beslenmesi ve yeniden doldurulmasına yönelik birçok altyapı tekniğinde de ayrıntılı hidrojeolojik analizler gerekmektedir. Bu analizler, uzman mühendisler tarafından yapılması gerektiği için, birçok SüngerKent kılavuzunda izlenen yöntem olan, uygulamalara yönelik referans verilmesi yöntemi tercih edilmiş, uygulama ayrıntılarına girilmemiştir. Bu yöntemler genel uygulama adları ile su dolum testleri, serbest akiferlerde basınçlı ve basınçsız su testleri, akifer testleridir. Bu testlerin arazi deneyleri çerçevesinde birçok ulusal ve uluslararası standartları olup ülkemizde Türk standartları ve DSİ'nin uyguladığı standartlar önerilebilir.

İzmir'de **1 yılda** çatılara düşen yağmursuyu miktarı yaklaşık **75 milyon tondur**. Bu miktar İzmir'e içme suyu sağlayan **Tahtalı Barajı**'nın **1 yılda sağladığı sudan** daha fazladır.

3.4 Su Döngüsü ile
Yeşil Dönüşüm ve Peyzaj

Sünger kent gibi sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi planlama yaklaşımları, doğa esaslı çözümlerden yararlanarak kentlerde su kaynaklarının korunması, su döngüsünün iyileştirilmesi ve küresel iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasını amaçlar. SüngerKent İzmir Projesi; yüzeysel akış, sızma ve peyzaj olmak üzere üç ana eksenden oluşan bir planlama ve uygulama yaklaşımını benimser. Çalışılan bölgede yüzeysel akış ve sızma hesapları yapıldıktan ve birbirleri ile ilişkisi belirlendikten sonra, su döngüsü ile yeşil dönüşüm hedeflenir ve bu aşamada peyzaj önemli bir rol oynar. Bu yaklaşım kentlerin ekolojik performansını artırırken, kent peyzajının fonksiyonlarını ve estetiğini de iyileştirir. Aynı zamanda çevresel ve sosyal faydalar da sağlar.

Sünger kent, kentsel alanlarda geçirimsiz alan miktarını azaltmayı hedefler. Bu yaklaşım, su döngüsünü iyileştirirken aynı zamanda yeşil alan ve geçirimli alan miktarının artırılmasına da yardımcı olur. Yaratılan yeşil alanlar hava kirliliğini azaltır, iklim değişikliğine karşı koruma sağlar ve sosyal etkileşim için ortam yaratır.

Sünger kent uygulamaları, suyu emerek ve toprağı nemlendirerek toprağın su tutma kapasitesini artırır ve su kaynaklarını korur. Sünger kent yaklaşımı, suyun doğal döngüsünü taklit etmeyi amaçlar. Doğa esaslı uygulamalar, yağmur suyu yönetiminde su kalitesini öncelikli olarak artırmayı da amaçlar. Bu yüzden akışa geçen yağmur suyu içerisindeki kirleticilerin temizlenerek su kalitesinin artırılması, doğal su kaynakları ve ekosistemin korunması açısından son derece kritiktir.

Yağmur suyu yönetimi teknikleri arasında olan yeşil altyapı sistemleri bitkilerin kirleticileri uzaklaştırma süreciyle ilgilidir. Bu nedenle, doğa esaslı uygulamalarda kullanılan bitkilerin seçimi, uygulamanın başarısını doğrudan etkileyebilir. Sızdırma hendekleri ve yağmur bahçeleri gibi doğa esaslı uygulamalarda kullanılan bitkiler, toksik metalleri emebilir, suyu kirleten sedimentleri filtreleyebilir ve zararlı mikroorganizmaları etkisiz hale getirebilir (38).

Araç yollarından kaynaklanan yağmur suyundaki genel kirleticiler arasında; otomobillerden gelen ağır metaller (lastik, fren ve motor aşınmasından), hidrokarbonlar (yağlama sıvılarından), yol yüzeyinde biriken yağlar, sokaklara atılan çöpler ve çeşitli kaynaklardan gelen sedimentler bulunmaktadır (39). Bu kirleticilerin yüzey sularından arındırılması, İzmir'in temiz körfez hedefi ile de doğrudan ilişkilidir.

Yeşil altyapı uygulamalarında kullanılan bitkilerin kirleticileri uzaklaştırmadaki başarı oranını değerlendiren birçok akademik araştırma yapılmıştır. Örneğin, Singapur'da yapılan bir çalışmada; toplam azot, toplam fosfor ve toplam askıda katı madde için sırasıyla %25, %46 ve %53 kirlilik giderim başarısı tespit edilmiştir (40). Çin'de yapılan başka bir çalışmada ise, biyolojik hendek gibi uygulamalarda, bitkilerin kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), çinko (Zn) ve amonyum (NH_4^+–N) gibi kirletici konsantrasyonlarını azaltma yeteneklerinin %90'dan fazla olduğu bulunmuştur (41) . Bu araştırmalar, kirletici uzaklaştırma başarısının, kullanılan bitki türüne, seçilen yeşil altyapı sistemine ve sistemin özel koşullarına bağlı olarak da değişebileceğini göstermektedir.

Bitkilerin bu özelliklerinden yararlanılarak, kirletici ortama uygun seçilen yerel bitki türleri, İzmir'in sünger kent yapılmasında önemli bir rol oynayabilir. Bu bağlamda, yerel bitki türlerinin seçimi, İzmir'in sürdürülebilir su yönetimi ve kentsel planlama hedeflerine uygun olarak yapılmalıdır. Bitkilerin kirleticileri başarıyla uzaklaştırma potansiyeli, doğru tür ve uygulama koşullarıyla birleştiğinde, şehrin su kaynaklarını koruma ve kirliliği azaltma çabalarına önemli bir katkı sağlayabilir.

Sünger kent planlaması; geçirimsiz yüzeylerden gelen yüzey akış sularını toplama, filtreleme, depolama, depolanan suyu tekrar kullanma, sızdırma, yeraltı kaynaklarını besleme gibi çoklu hedeflere sahip olabilir. Hasat edilen suyun yerel su kaynaklarına geri verilmesi sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi planlama yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, suyu toplayan ve depolayan yeşil alanlar, geçirimli kaplamalar, sızdırma hazneleri ve göletler gibi sistemleri kullanarak yakalanan ya da hasat edilen suyun toprağa geri verilmesini hedefler.

Sünger Kent konsepti, biyolojik çeşitliliği artırmada da önemli bir rol oynar. Bu konsept sayesinde, suyu emen ve toprağı nemlendiren yeşil alanlar ve geçici su depolama alanları oluşur. Sünger Kent yaklaşımı ile farklı ekolojik istekleri olan bitkilerin aynı ortamda bulunması kentsel floradaki çeşitliliği de doğru orantılı artırır. Kent peyzajındaki bu zenginlik, polinatör türlerinin zenginliğinin artmasını da sağlar. Polinatör türlerini daha fazla çekebilmek ve etkileyebilmek tozlaşmayı artırır, bu da bitkilerin devamlılığını sağlar.

Sünger kent uygulamalarında bitkilerin fiziksel özellikleri, uygulamaların performansını kritik ölçüde etkileyebilir. Bitkilerin ekolojik istekleri ve fizyolojik özelliklerine göre seçim yapılmasında dikkate alınabilecek birkaç kritik kriter vardır:

- Yağmur bahçeleri ve benzeri uygulamalarda üç farklı bölge vardır. Islak, nemli ve kuru alan olmak üzere oluşturulan bu bölgelerde su ihtiyaçlarına uygun farklı bitki türleri tercih edilir.

- Suyu daha fazla emen ve toprağı daha fazla nemlendiren bitkiler, toprağın su tutma kapasitesini daha fazla artırır. Bu nedenle sünger şehir uygulamalarında su emme kapasitesi yüksek olan bitkiler tercih edilir.

- Sünger kent uygulamalarında bitkilerin fizyolojik yapısına, yaprak tipine, dokusuna ve yoğunluğuna bakılmalıdır. Örneğin, geniş formlu, taç çapı yüksek, yoğun dokulu bitkiler, daha fazla su tutulmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle sünger kent uygulamalarında geniş formlu bitkiler daha iyi performans sergileyebilir.

- Seçilen bitkilerin kök sistemlerinin derinliği de bitkilerin su emme ve toprağı nemlendirme kapasitesini doğrudan etkiler. Derin kök sistemlerine sahip bitkiler, toprakta suyun daha uzun süre tutulmasına yardımcı olur. Bu nedenle sünger kent uygulamalarında derin kök sistemlerine sahip bitkiler öncelikli olarak seçilebilir.

- Sünger kent uygulamalarında bitkilerin çevre koşullarına uyumu da önemlidir. Örneğin geçirimlilik sağlaması amacıyla tipik olarak yaratılan kumlu-geçirgen toprak karışımları, kumlu toprakta yaşamaya uyumlu bitki seçimlerini gerektirir. Işık ve nem isteği, su birikintilerine maruz kalabilme, kuraklık toleransı, deniz koşullarına dayanıklılık, çevre kirliliği toleransı gibi pek çok farklı kriter seçimleri doğrudan etkileyebilir.

Yerel bitki kullanımı, bakım gereksinimini minimuma indirerek sünger kent uygulamalarına önemli bir destek sağlar. Yerli bitki türlerinin peyzaj düzenlemelerinde tercih edilmesi, sürdürülebilir ve çeşitliliği destekleyen kent peyzajlarının geliştirilmesinde önemli bir stratejidir. Yerel bitki türleri iklim ve coğrafyaya ideal bir uyum yeteneğine sahiptir. Bu bitkiler, kuraklık direncine sahip olmalarıyla sulama ihtiyacını düşürerek su tasarrufu sağlar. Sünger kent uygulamalarında kullanılacak yerel bitkiler, özellikle kurak ve uzun yaz dönemlerine uygunluklarıyla, sulama ihtiyacını azaltır ve su kaynaklarının daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına katkı sağlar. Maliyet ve su tasarrufu avantajları, yerel bitki türlerinin peyzaj düzenlemelerinde tercih edilmesini destekler. Bu strateji, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir adım oluşturarak yerel ekonomik kaynakların daha etkili kullanılmasına yardımcı olur.

İzmir Büyükşehir Belediyesi, dünya genelinde yaşanan iklim krizine karşı önemli bir adım atarak, yerel bitki türlerinin kullanımını teşvik etmek için girişimde bulunmuştur. Belediye Başkanlığının hazırladığı "İzmir'in Doğayla Uyumlu Yaşam Stratejisi", şehir yaşamının doğal ve ekolojik katmanları arasında denge sağlama amacını taşımaktadır. Strateji, kır-kent ilişkisini göz önünde bulundurarak, şehrin çeperindeki doğal yaşamın kent içine entegre edilmesini hedeflemektedir.

Belediye, "Doğal Yeşil Projesi" adı altında 2021 yılı itibarıyla İzmir kent içi florasının iklim değişikliğine dirençli ve yerel türlerden oluşması için kapsamlı bir program başlatmıştır. Bu proje, egzotik bitki türleri yerine tamamen Akdeniz'in ve İzmir'in doğal florasının kullanılmasını amaçlamaktadır. Böylece, şehir parklarında ekosistem değeri artacak, su tasarrufu sağlanacak ve bakım maliyetleri düşecektir.

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin yerel bitki türlerinin peyzaj düzenlemelerinde yaygın olarak kullanılması için, ilgili belediye birimlerine, ilçe belediyelerine, bitki üreticilerine, peyzaj projeleri hazırlayan profesyonellere ve uygulayıcılara Mayıs 2021 tarihinde çağrıda bulunmuş ve bu konuda uzmanlarca hazırlanmış olan yerel bitki türlerinin listesi paylaşılmıştır (Tablo 17).

Doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin seçimi boyutlandırılması ve uygulanması süreçlerinde SüngerKent İzmir modeli, "Yüzeysel Akış", "Sızma" ve "Su Döngüsü ile Yeşil Dönüşüm - Peyzaj" olmak üzere üç temel eksene dayalı olarak kurgulanmıştır.

Yüzeysel akış; drenaj alanı, akış katsayısı ve yağış şiddeti gibi üç ana parametre ile doğrudan ilişkilidir. Yüzeysel akışı anlamak ve etkilemek, sünger kentin temel adımını oluşturur. Bu ilk eksende, yağış sularının kent içinde zeminden hızla akıp gitmesini engellemek, sünger kentin temel prensiplerinden biridir. Bu yaklaşım, yağış sularının emilerek su kaynaklarının korunmasını ve ani sel risklerinin azaltılmasını sağlar. Dolayısıyla yüzeysel akış, bu modelin önemli bir bileşenidir.

İkinci eksende, sızma (infiltrasyon) kavramı ön plandadır. Sızma, suyun toprağa geçme sürecini ifade eder. Pratikte hemen hemen tüm yeşil altyapı tekniklerinin planlanmasında sızma hızı önemli bir parametredir. Yüzeysel akışın sızma ile olan ilişkisi, doğru bir modelin oluşturulmasını sağlar ve bu sayede hangi yöntemin hangi bölge için uygun olduğuna karar verilmesini mümkün kılar.

Üçüncü eksende yer alan su döngüsü ile yeşil dönüşüm ilkesi, sürdürülebilir SüngerKent planlamasının temelini oluşturur. Bu yaklaşım, suyun doğal döngüsüne uygun bir şekilde yönetilmesini ve yeşil alanların su yönetiminde aktif bir rol oynamasını amaçlar. Oluşturulan yeşil alanlar, sadece park ve bahçe fonksiyonlarından öteye geçerek, yağmur suyundaki kirleticileri ortadan kaldırabilen, su içindeki kirleticilere tolerans gösterebilen, yerel bitki türlerini içeren, zaman zaman sulak alan ekosistemine uyumlu, zaman zaman kurakçıl peyzaj anlayışına sahip, doğadaki ekosistemleri taklit eden bir sistemden meydana gelir.

Bu yaklaşımın temel amacı, yeşil alanları sadece estetik bir unsurdan öteye taşıyarak, doğal su kaynaklarını etkili bir şekilde yönetmektir. Oluşturulan yeşil alanlar, suyun doğal filtrasyonuyla su kalitesini artırabilir ve ekosistem çeşitliliğine katkıda bulunabilir. Bu sayede, doğal dengeyi koruyan bir kentsel peyzaj modeli ortaya çıkar.

SüngerKent İzmir modeli, bu üç ilkeyi entegre bir şekilde kullanarak kenti sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmayı hedefler. Bu planlama ilkeleri, kentlerin iklim değişikliği, su kaynakları ve çevresel sürdürülebilirlik gibi küresel sorunlara karşı dirençli hale gelmelerini sağlar, aynı zamanda yerel ekonomiyi ve toplumsal refahı destekler. SüngerKent modeli, kentsel planlamada doğal kaynakların etkin kullanılmasını ve kentlerin daha yaşanabilir, sağlıklı ve dirençli hale gelmesini amaçlayan bir vizyon sunar.

Tablo 17 İzmir Büyükşehir Belediye Başkanlığı İklime Uygun Bitki Listesi

Her Dem Yeşil Ağaçlar		
No	**Bilimsel Adı**	**Türkçe Adı**
1	*Pinus brutia*	Kızılçam
2	*Pinus nigra*	Karaçam
3	*Pinus pinea*	Fıstık çamı
4	*Cupressus sempervirens*	Selvi
5	*Juniperus excelsa*	Boylu ardıç
6	*Quercus aucheri*	Boz pırnal meşesi
7	*Quercus ilex*	Pırnal meşesi
8	*Ceratonia siliqua*	Keçiboynuzu
Yaprak Döken Ağaçlar		
9	*Quercus ithaburensis*	Palamut meşesi
10	*Quercus pubescens*	Tüylü meşe
11	*Quercus infectoria*	Mazı meşesi
12	*Quercus cerris*	Saçlı Meşe, Türk Meşesi
13	*Liquidambar orientalis*	Sığla
14	*Ulmus canescens*	Boz karaağaç, karangiç
15	*Acer sempervirens*	Doğu akçaağacı
16	*Fraxinus ornus*	Çiçekli dişbudak
17	*Celtis australis*	Çitlembik, çıtlık ağacı
18	*Populus alba*	Akkavak
19	*Amygdalus communis*	Badem
20	*Prunus spinosa*	Çakal eriği
21	*Elaeagnus angustifolia*	İğde
22	*Ficus carica*	İncir
23	*Cercis siliquastrum*	Erguvan
24	*Platanus orientalis*	Doğu çınarı
25	*Alnus glutinosa*	Kızılağaç
26	*Pistacia terebinthus*	Menengiç, çitlembik
27	*Salix alba*	Aksöğüt
28	*Pyrus amygdaliformis*	Ahlat

Her Dem Yeşil Boylu Çalılar		
29	*Juniperus oxycedrus subsp. communis*	Katran ardıcı
30	*Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa*	Büyük kozalaklı katran ardıcı
31	*Juniperus phoenicea*	Finike ardıcı
32	*Crataegus monogyna*	Alıç
33	*Arbutus andrachne*	Sandal ağacı
34	*Arbutus unedo*	Kocayemiş
35	*Laurus nobilis*	Defne
36	*Olea europaea*	Delice zeytin
37	*Pistacia lentiscus*	Sakız ağacı
38	*Phillyrea latifolia*	Akçakesme
39	*Quercus coccifera*	Kermes meşesi
40	*Rhamnus alaternus*	Geyikdikeni
41	*Vitex agnus-castus*	Hayıt
42	*Tamarix smyrnensis*	İzmir ılgını
43	*Myrtus communis*	Yaban mersini
44	*Genista acanthoclada*	Kertikefen
45	*Nerium oleander*	Zakkum
Yaprak Döken Boylu Çalılar		
46	*Paliurus spina-christii*	Karaçalı
47	*Sambucus nigra*	Mürver
48	*Styrax officinalis*	Ayı fındığı
49	*Spartium junceum*	Katırtırnağı
50	*Anagyris foetida*	Kokarçalı
51	*Calicotome villosa*	Keçiboğan
52	*Rosa canina*	Kuşburnu
53	*Alcea pallida*	Hatmi
54	*Rhus coriaria*	Sumak
Bodur Çalılar		
55	*Ephedra campylopoda*	Deniz üzümü
56	*Ballota acetabulosa*	Bozçalı
57	*Jasminum fruticans*	Sarı çiçekli yasemin
58	*Lavandula stoechas*	Karabaşotu
59	*Cistus salviifolius*	Adaçayı yapraklı laden
60	*Cistus creticus*	Girit ladeni
61	*Rosmarinus officinalis*	Biberiye
62	*Ruscus aculeatus*	Tavşanmemesi
63	*Salvia fruticosa*	Adaçayı
64	*Capparis spinosa*	Kapari
65	*Sarcopoterium spinosum*	Abdestbozan
66	*Smyrnium rotundifolium*	Yabani kereviz
67	*Origanum onites*	İzmir kekiği
68	*Thymbra capitata*	Acıkekik
69	*Thymus zygioides*	Bodur kekiği
70	*Satureja thymbra*	Halilibrahim zahteri
71	*Erica manipuliflora*	Funda, püren
72	*Asparagus acutifolius*	Kuşkonmaz
73	*Campanula lyrata*	Çan çiçeği
74	*Ferula communis*	Atkasnağı
Sarılıcı Bitkileri		
75	*Hedera helix*	Orman sarmaşığı
76	*Vitis vinifera*	Yabani asma
77	*Clematis cirrhosa*	Bahar sarmaşığı, akasma
78	*Lonicera etrusca var. etrusca*	Hanımeli
79	*Smilax aspera*	Akdeniz saparnası
Tuzcul Bitkiler ve Kumul Bitkileri		
80	*Halimione portulacoides*	Kocabetne
81	*Matthiola tricuspidata*	Deniz şebboyu
82	*Cakile maritima*	Kum teresi
83	*Malcolmia flexuosa*	Kaya şebboyu
84	*Sarcocornia perennis*	Denizbörülcesi
85	*Arthrocnemum macrostachyum*	Acıgeren
86	*Salsola soda*	Denizfasülyesi
87	*Limonium sinuatum*	Deniz lavantası
88	*Limonium bellidifolium*	Hoş devekulağı
89	*Hordeum marinum*	Sahil arpası

Sucul ve Yarı Sucul Bitkiler		
90	*Alisma lanceolatum*	Kurbağakaşığı
91	*Mentha aquatica*	Su nanesi
92	*Mentha longifolia*	İt nanesi
93	*Nymphaea alba*	Beyaz çiçekli nilüfer
94	*Butomus umbellatus*	Su menekşesi
95	*Bolboschoenus maritimus*	Sandalye sazı
96	*Juncus acutus*	Karakofa
97	*Typha angustifolia*	Hasır sazı
98	*Phragmites australis*	Kamış
99	*Arundo donax*	Kargı
Soğanlı, Rizomlu, Yumrulu Bitkiler		
100	*Drimia maritima*	Ada soğanı
101	*Gynandriris sisyrinchium*	Keklik çiğdemi
102	*Galanthus elwessii*	İnce kardelen
103	*Anemone coronaria*	Anemon
104	*Lilium candidum*	Ak zambak
105	*Cyclamen hederifolium*	Sıklamen

106	*Sternbergia lutea*	Göçgöç çiğdemi
107	*Iris orientalis*	Ankara süseni
108	*Gladiolus illyricus*	Osman çiçeği
109	*Iris suaveolens*	Bodur süsen
110	*Colchicum variegatum*	Sonbahar çiğdemi
111	*Asphodelus aestivus*	Çirişotu
112	*Narcissus tazetta*	Nergis
113	*Tulipa clusiana*	Bornova lalesi, çelebi lalesi
Çim Bitkileri		
114	*Dactylis glomerata*	Domuz ayrığı
115	*Cynodon dactylon*	Ayrıkotu, köpekdişi
116	*Lolium rigidum*	Sert çim
117	*Lolium temulentum*	Delice çim
118	*Trifolium pratense*	Çayır üçgülü
119	*Bellis perennis*	Koyungözü

Subcatchment Oneri

Property	Value
Name	Oneri
X-Coordinate	517308.728
Y-Coordinate	4258300.816
Description	
Tag	
Rain Gage	1
Outlet	oneri_outlet
Area	41.3166
Width	298
% Slope	1.14
% Imperv	70.01
N-Imperv	0.012
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	3.2
Dstore-Perv	6.6
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	HORTON
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	4 ...
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
N-Perv Pattern	
Dstore Pattern	
Infil. Pattern	

LID controls (click to edit)

3.5 Yağmur Suyu Yönetimi
Yazılım Modeli (SWMM)

SüngerKent İzmir Projesi pilot uygulamaları için, belirlenen pilot havzalarda, A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilmiş olan SWMM (Yağmur Suyu Yönetim Modeli) adlı açık kaynak yazılım kullanılmıştır. Bu yazılım, doğa esaslı yağmur suyu altyapı teknikleri ile yağmur suyu akışı ve drenaj sistemleri ile ilgili planlama, analiz ve tasarım çalışmaları için birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Pilot proje alanlarında drenaj alanları belirlenmiş; drenaj alanlarının geometrisi (eğimi, topografik özellikleri, en uzun akış kolunun uzunluğu vb.), alanda görülen su baskını olayları, drenaj alanları içerisindeki mevcut/planlanan atıksu ve yağmur suyu altyapısı ve alanın akış katsayıları tespit edilmiştir. Drenaj alanlarında farklı akış katsayılarına sahip olan yüzeyler, arazi kullanımlarına göre aşağıda sunulan örnek görselde gösterildiği gibi elde edilmiştir (Bkz. Görsel 54). Drenaj alanlarında yollar, sokaklar, çatılar gibi geçirimsiz yüzey ile kaplı alanlar, parklar, bahçeler ve doğal nitelikli alanlar ayrı ayrı tespit edilmiş olup, her farklı alan tipi için uygun akış katsayıları kullanılarak yüzeysel akış değerleri hesaplanmıştır. Alanların tespiti çalışmasında; bina çatılarında bulunan yağmur suyu iniş borularının bağlı oldukları yol/bahçe/altyapı sistemi, parsel alanları içerisinde yer alan geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler ve parsel sınırlarının bahçe duvarı ile sınırlandırılmış olup olmadığı gibi detaylar da belirlenmiş ve her biri için uygun akış katsayıları seçilmiştir.

Görsel 54. Alt Havza Ölçeğinde Pilot Çalışmada Geçirimli ve Geçirimsiz Alanların Belirlenmesi Örneği

Belirlenen drenaj alanından gelecek yüzeysel akış miktarının hesabı için kullanılacak yağış değerleri (yağış şiddeti), uygulanması planlanan yeşil altyapı tekniklerine uygun olacak şekilde, Bölüm 3.2.5 kapsamında verilen İzmir için hesaplanan yağış yükseklikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca SWMM yağmur suyu modeline, 24 saatlik (2 yıl, 5 yıl ve 10 yıl tekerrürlü) yağış hiyetografları girilmiştir. Böylece her bir yağışa karşılık gelen akış hacimleri ve pik debiler elde edilmiştir.

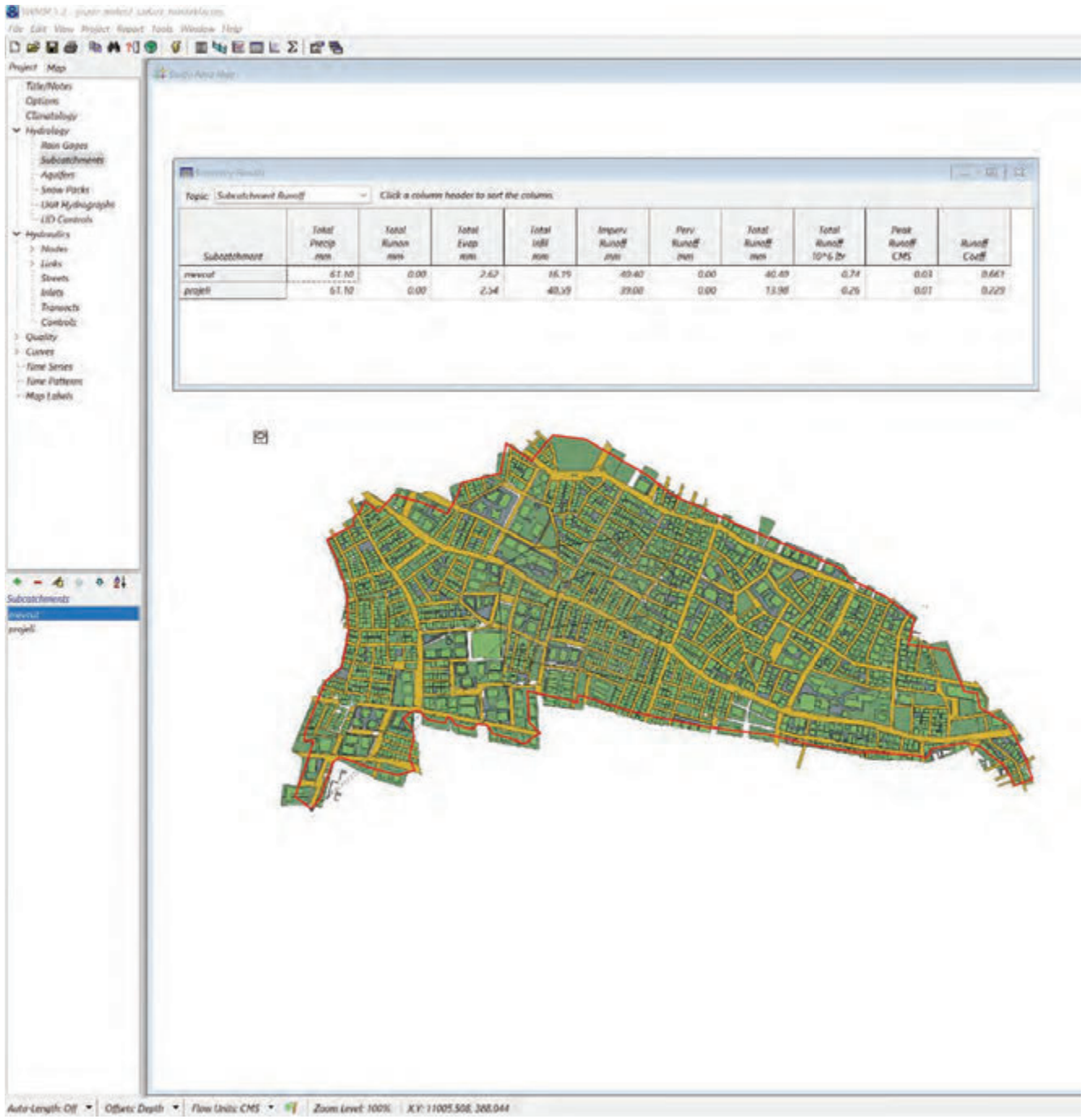
Proje alanlarında zemin sızma testleri yapılmış, suyun birim zamanda toprak katmanından yeraltına süzülme miktarı tespit edilmiştir. Yapılan sızma testleri, güvenilirliğin sağlanması amacıyla birden çok kez tekrarlanmıştır (Sızma testi ve detayları için Bkz. Bölüm 3.3). Test sonuçlarından elde edilen maksimum ve doygun haldeki sızma hızları, Horton Sızma Eğrisi modülü içerisine girilerek SWMM programında tanımlanmıştır.

Drenaj alanı yüzey sınıflandırması, akış katsayılarının ve sızma hızlarının belirlenmesi sonrasında doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanabileceği potansiyel alanları belirlemek için topoğrafik haritalar üzerinde CBS programı yardımı ile akış yönleri analizleri gerçekleştirilmiş ve alana düşen yağışın izleyeceği akış rotaları belirlenmiştir (Bkz. Görsel 55).

Görsel 55. Eğim Yönlerine Göre Akış Kolları Analizi ve Odak Alanların Belirlenmesi

Akış kolları analizi ile suyun doğal olarak toplandığı alanlar belirlenmiş ve bu kollar üzerinde veya yakınında bulunan, doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin uygulanması için uygun odak alanları tespit edilerek, müdahale noktaları ve uygulanacak doğa esaslı tekniklere karar verilmiştir. Uygulanması düşünülen teknikler, daha önce program içinde boyutları ve teknik özellikleri tanımlanmış LID uygulamaları olarak programa girilmiş ve model mevcut ve projeli durum için ayrı ayrı çalıştırılmıştır.

Program çıktısı olarak, drenaj alanındaki mevcut ve projeli (doğa esaslı çözümlerin uygulandığı) durumda, istenilen süre aralığında (saatlik veya dakikalık) havzadaki yüzeysel akış hacimleri, pik debiler, sızma ve buharlaşma değerleri görülebilmektedir. Aynı şekilde doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinin performansı da değerlendirilebilmektedir (Bkz. Görsel 56).

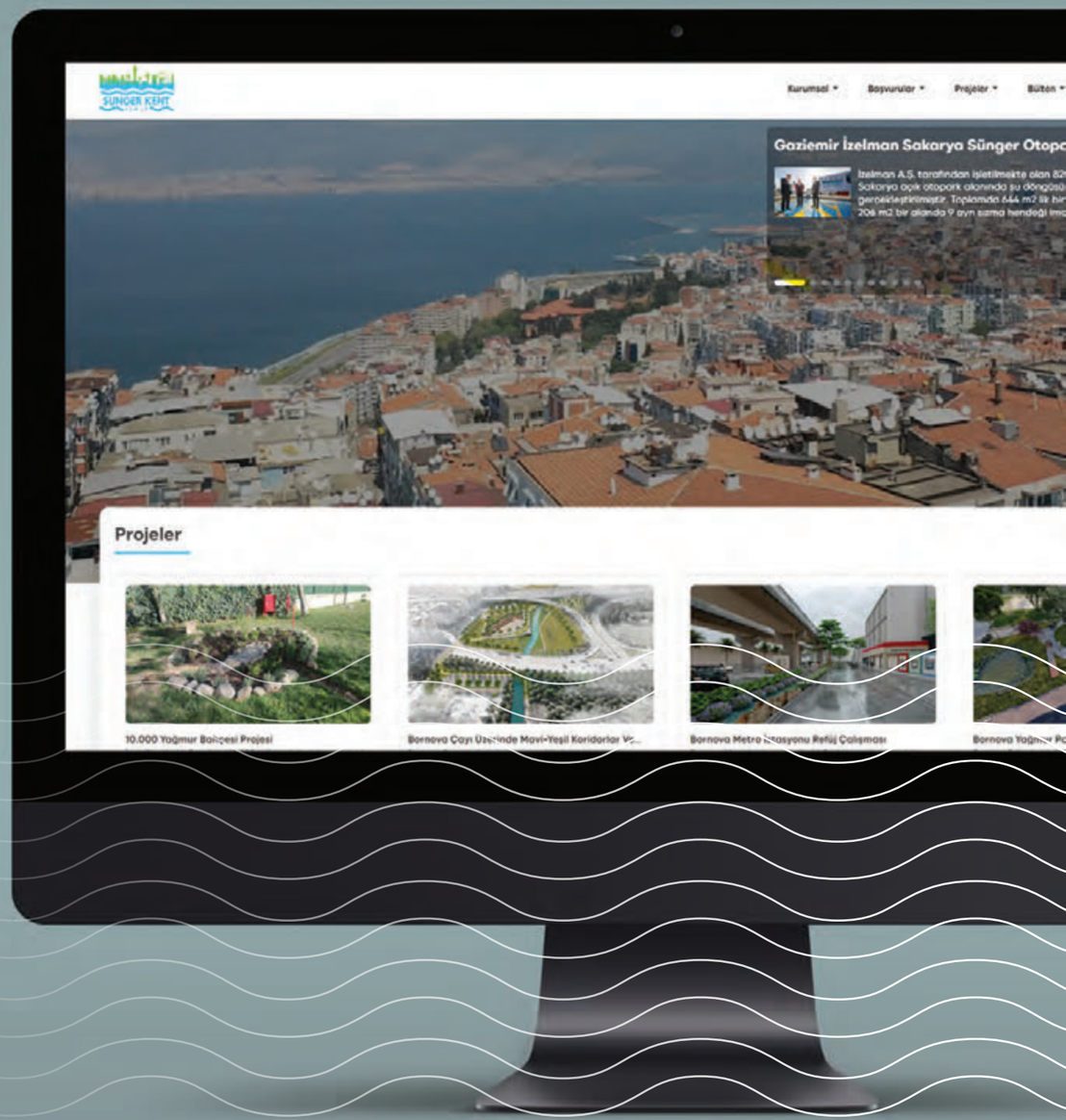


Görsel 56. SWMM Modelleme Programı ile Doğa Esaslı Yağmur Suyu Altyapı Tekniklerinin Performans Değerlendirmesi

3.6 Başvuru

Doğa esaslı uygulamaların etkin bir şekilde uygulanabilmesi için, kent düzeyinde yapılan projeler hakkında İzmir Büyükşehir Belediyesi- İZENERJİ Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin bilgilendirilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Bilgilendirme mekanizması, projenin uygulaması sonrasında ortaya çıkabilecek potansiyel hidrojeolojik-jeoteknik riskleri önlemek adına, sıvılaşma, şev, kayma gibi sorunlara karşı etkili bir güvence sağlar. Bu nedenle, mevcut zemin parametreleri ve yeraltı suyu hidroliği gibi faktörlerin detaylı bir analizi gerekmektedir.

Bu amaçla, proje ile ilgili söz konusu riskleri önleme amacıyla Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi ile iletişim kurularak başvurulması önemlidir. Bu şekilde, doğru analizler ve denetimler sonucunda, projenin çevresel etkileri minimize edilerek sürdürülebilir bir yağmur suyu yönetimi sistemi oluşturulabilir. Bu sistemlerin etkili bir şekilde planlanması ve uygulanması, kentsel altyapıda yaşanan su baskınları, seller ve diğer olumsuz etkilerin azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle, Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin, projelerin etkin bir şekilde yönlendirilmesi sürecinde önemli bir rolü bulunmaktadır.



4. YAĞMUR SUYU HASADI VE DOĞA ESASLI YAĞMUR SUYU ALTYAPI TEKNİKLERİ

4.1 Yağmur Suyu Hasadı

4.1.1 Yağmur Suyu Depoları

Yağmur suyu deposu, çatılardan ve diğer geçirimsiz zeminlerden toplanan yağmur suyunun depolanmasını ve çeşitli amaçlar ile kullanılmasını sağlayan bir sistemdir.

4.1.1.1 Genel Tanım

Yağmur suyu hasadı için uygulanabilecek en basit tekniklerden biri yağmur suyu depolarıdır.

Yağmur suyu depoları, yağmur suyunu daha sonra kullanmak ve ekonomik veya çevresel nedenlerle şebeke suyu kullanımını azaltmak amacı ile kurulur. Depolanan su; bahçe sulamasında, ısınmada, çeşitli evsel su tüketimlerinde (temizlik, tuvalet vb.) ve tarımsal amaçlı sulamada kullanılabilir.

Yağmur suyu depoları genel olarak yeraltı depoları ve yerüstü depoları olmak üzere iki çeşittir. Yerüstü yağmur suyu depoları beton, metal, polietilen, polyester gibi farklı malzemelerden üretilebilir. Nispeten dar alanlara kurulabilirler. Uygulama esnasında kazı gerekmediğinden, kurulumları oldukça hızlı ve kolaydır. Bu nedenle, yağmur suyunun depolanması için daha düşük maliyetli bir seçenektir. Ayrıca, yerüstü depolarında olası hasarları kontrol etmek de kolaydır.

Yeraltı yağmur suyu depoları, daha çok beton veya polietilenden (plastik) yapılır ve yerüstü depolarının aksine kazı ve pompa maliyetleri de bulunmaktadır. Ayrıca, dayanımı daha yüksek olan malzemelerden yapılmaları gerektiği için, yerüstü muadillerine göre daha maliyetlidirler. Diğer taraftan, yeraltı yağmur suyu depoları, yerden tasarruf etmek için etkili bir yöntemdir. Hırsızlığa, zarar görmeye karşı güvenli bir yöntem olmasının yanında, hava şartlarından da etkilenmez. Bu depolar hem kış hem de yaz aylarında mevcut sıcaklıklarını korurlar ve olağanüstü sıcak veya sert rüzgarlar nedeniyle zarar görmezler (42).

Yerüstü depoları daha ekonomik olduğundan kent genelinde yaygınlaşması daha mümkün görülmektedir. Bu yüzden bu bölümde ağırlıklı olarak yerüstü yağmur depolarında durulmuştur.

Görsel 57. Yağmur Suyu Deposu

Uygulama Ölçeği

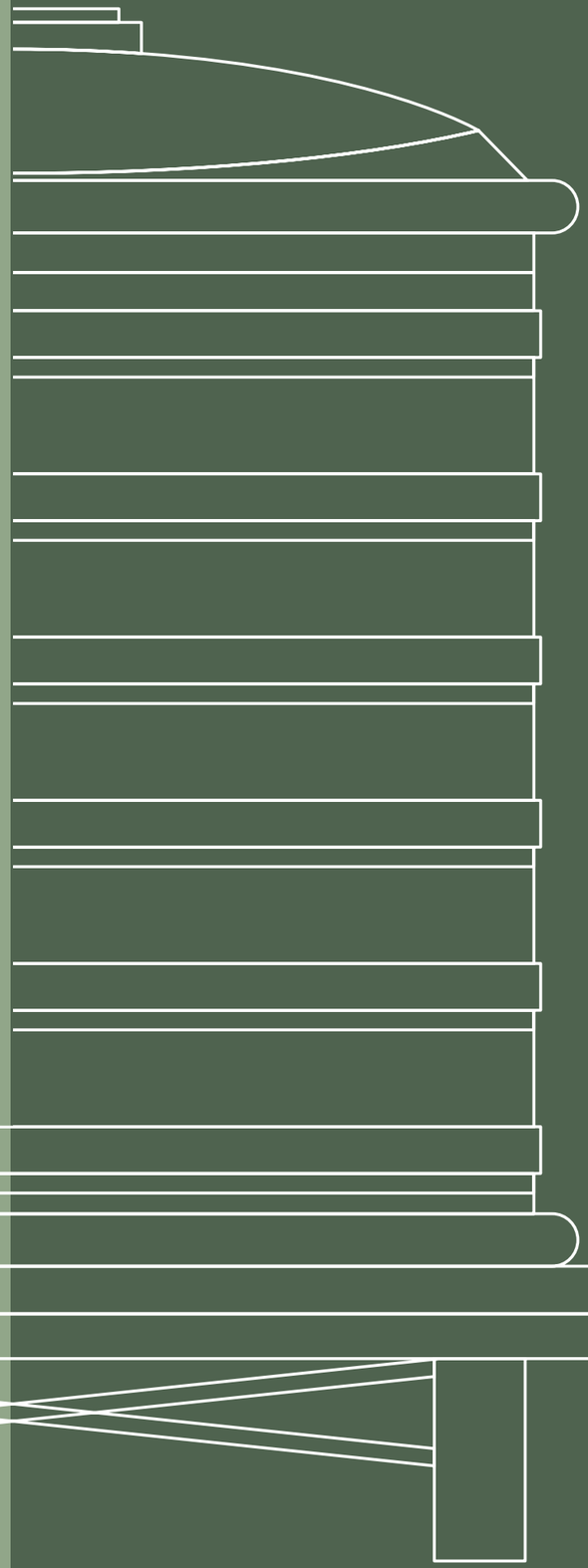
- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [x] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [ ] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [x] Toplanan Sudan Yararlanma
- [ ] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [ ] Nutrient / Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [ ] Ağır Metal Giderimi
- [ ] Patojen Giderimi



Planlama Kriterleri

- Sistemin kurulacağı alanda yağmur suyu iniş borularının bağlandığı sistem (kanalizasyon sistemi, yağmur suyu sistemi, sokak, bahçe) belirlenmelidir.
- Deponun kurulabileceği uygun alan belirlenmelidir.
- Deponun boyutlandırma hesabı yapılmalı ve sonuçların uygunluğu irdelenmelidir.

Kısıtlamalar

- Sistemin kurulacağı alanda doğrudan çatıdan inen yağmur suyu borularının olması ve balkon suları ile karışmaması gerekmektedir.
- Yağmur suyu depolarında toplanan su içme amacı ile kullanılmamalıdır.

Faydaları

- Yağmur suyunun çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılması için hasat edilmesini sağlar.
- Karmaşık ve maliyetli bir dağıtım sistemine gerek duymadan uygulanabilir.
- Sınırlı olan yeraltı suyu kaynaklarının aşırı kullanımının önüne geçerek yeraltı sularını korur.
- Yağmur suyu, florür ve klor gibi kimyasallar içermemesi sebebiyle bitkiler ve peyzaj sulamasına uygun bir su kaynağıdır.
- Tüketici faturalarının azalmasına yardımcı olur.
- Yağmur suyunun kanalizasyon ve sokaklara verilmesini engelleyerek, altyapı sistemindeki su yükünü azaltır.

4.1.1.3 Yer Seçimi

Kurulacak deponun yağmur suyu iniş borularına yakın olması kurulum maliyetini azaltacaktır. Ayrıca, yağmur suyu deposunun kurulacağı zeminin basınca ve ağırlığa dayanıklı olmasına dikkat edilmelidir. Zeminin basınca ve ağırlığa dayanıklı olması, depo güvenliği açısından kritiktir. Bu nedenle, depo kurulumu öncesinde zeminin uygunluğu incelenmeli ve gerekirse gerekli düzenlemeler yapılarak güvenli riski oluşturmaması sağlanmalıdır. Ayrıca, yağmur suyu deposu temizlik ve bakım için erişilebilir bir alana kurulmalıdır.

4.1.1.4 Boyutlandırma

Bir çatıdan gelen yağmur suyunu depolamak için en uygun yağmur suyu deposu boyutu belirlenirken, çeşitli faktörler göz önüne alınmalıdır. Özellikle, yağış miktarı ve çatı alanı, toplanacak yağmur suyu miktarının hesaplanmasında ve kullanılacak depo hacminin belirlenmesinde en önemli parametrelerdir. Bunlara ek olarak, çatı verimlilik katsayısı ve filtre etkinlik katsayısı da hesaplamalarda kullanılan diğer önemli parametrelerdir. Çatı verimlilik katsayısı, çatılara düşen yağmur suyundan faydalanabilme oranını temsil eder. Farklı çatı yüzeyleri, farklı çatı verimlilik katsayısına sahiptir.

Farklı çatı tipleri için çatı verimlilik katsayıları TS EN 16941-1 (2018)'e göre aşağıdaki gibidir (Tablo 18).

Tablo 18 Farklı Çatı Yüzeyleri için Çatı Verimlilik Katsayıları (43)

Toplama Yüzeyi	Çatı Verim Katsayısı (e)
Eğimli ve pürüzsüz yüzeyli çatı (metal, cam, güneş paneli vb.)	0,9
Eğimli ve pürüzlü yüzeyli çatı (beton, kiremit vb.)	0,8
Çakılsız düz çatı	0,8
Çakıllı düz çatı	0,7
Derin yeşil çatı	0,3
Sığ yeşil çatı	0,5

Filtre etkinlik katsayısı ise çatıdan elde edilen yağmur suyunun görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısını temsil eder ve DIN 1989 (43)'da 0,9 olarak belirlenmiştir.

Yağmur Suyu Deposunun Boyutlandırılması

Öncelikle yağmur suyunun toplanacağı çatı alanı tespit edilir. Bunun için çatı izdüşüm alanı dikkate alınır (Görsel 58).

İkinci aşama, yağmur suyu deposuna yönlendirilecek yağmur suyu iniş borularının tespit edilmesidir. Çatıdan gelen tüm yağmur suyu iniş borularının kullanılması zorunlu değildir.

Yağmur suyu deposu hacmi hesabında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 23/06/2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan "Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik"te belirtilen kriterler dikkate alınmakla birlikte, tercihen aylık yağış yükseklikleri de kullanılabilir.

Görsel 58 Çatı Alanı Hesabı için Çatı İz Düşüm Alanları

Yağmur Suyu Deposu Hacminin "Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik" Kriterlerine Göre Belirlenmesi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 23/06/2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan "Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik" ekinde 1.5.2. **Yağmursuyu Hasat Sistemlerinin Tasarımı** başlığı altında yağmur suyu depo kapasitesinin belirlenmesine yönelik 3 farklı yöntem, DIN 1989-1 standardından belirtilmiştir. Bu yöntemler;

1. Günlük ihtiyacın sürekli olduğu, hiçbir hesap yapılmasına gerek olmayan evsel ihtiyaçlar için basit yaklaşım

2. Basit formüllerle daha doğru depo hacimlerinin tahmin edildiği ara yaklaşım

3. Standart olmayan, ihtiyacın yıl içinde değişken olduğu sistemler için detaylı hesap yaklaşımı

olarak verilmiştir.

Yağmur deposu kurmak isteyen vatandaşlar kendi ihtiyaçlarına yönelik en uygun yaklaşımı tercih ederek, depoları için gerekli kapasiteyi hesaplayabilir ve uygun depoyu satın alabilirler.

Basit formül yaklaşımı ile yağmur deposu boyutlandırması yapmak isteyen vatandaşlar yıllık yağmur suyu verimi hesabından yararlanabilir. Bu denklem;

$$V = P * (A * k_{çatı}) * k_{filtre}$$

Burada

V: Yıllık yağmur suyu verimini (Bir çatıdan toplanabilecek yağış hacmi) (l),

P: Yağış yüksekliğini (mm),

A: Hasat edilecek boru/boruların bağlı olduğu çatı bölümünün alanı (m^2),

$k_{çatı}$: Çatı verimlilik katsayısını,

k_{filtre}: Filtre etkinlik katsayısını

temsil eder.

Yağış yüksekliği olarak yıllık yağış miktarı kullanılır (DIN 1989-1). İzmir için yıllık yağış yüksekliği (P) 695,3 mm'dir (Bkz. Bölüm 2.2.2).

Hasat edilecek çatı alanı (A), depoya bağlantı kurulacak iniş borusunun/borularının topladığı çatı alanının büyüklüğüne göre hesaplanır. Bu yüzden çatının eğim yönü ve eğimli yüzeye bağlı iniş boru sayısı dikkate alınarak uygun hesaplama yapılır.

$k_{çatı}$ değeri için Tablo 18 kapsamında verilen değerlerden yararlanılır. k_{filtre} değeri için ise 0,9 değeri kullanılır (DIN 1989-1).

Bu denklem ile çatı alanının büyüklüğüne göre yağmur suyu verimi (V) hesaplanır. Bu değer hesaplanacak kullanım suyu ihtiyacı ile karşılaştırılır. Kullanım suyu ihtiyacının hesabı ise kullanım amacına göre (bahçe sulama, tuvalet vb.) değişmektedir. Hesaplanan bu iki değer arasında düşük değerde olan, faydalı hacim hesabı için kullanılır.

Örneğin, DIN 1989-1 standardına göre 400 m² çatı alanından toplanacak yağmur suyu;

$$400\ m^2 * 0{,}6953\ m/yıl * 0{,}9 * 0{,}8 = 200{,}3\ m^3/yıl \text{ olmaktadır.}$$

Bu binadan toplanacak yağmur suyunun bahçe sulama amacıyla kullanılması durumunda, DIN 1989-1 standardına göre yıl boyunca 1 m² bahçenin sulama suyu ihtiyacı 60 l olarak kabul edilmiştir. Bu kritere göre 200 m² bahçe alanına sahip binanın sulama suyu ihtiyacı;

$$200\ m^2 * 60\ l/m^2 = 12\ m^3/yıl \text{ olmaktadır.}$$

DIN 1989-1 standardına göre hesaplanan bu değerlerden (çatı alanından toplanacak yağmur suyu ya da sulama suyu ihtiyacı) düşük olan kabul edilerek, faydalı depo hacmi hesaplanır. Bu hesap;

Faydalı depo hacmi = Yıllık sulama suyu ihtiyacı * 0,06

$$= 12\ m^3/yıl * 0{,}06 \approx 1\ m^3 \text{ olmaktadır.}$$

Faydalı hacmin bu şekilde boyutlandırılması ile yağmur suyu verimi optimum şekilde kullanılabilmektedir.

Yağmur Suyu Deposu Hacminin Aylık Yağış Yüksekliklerine Göre Belirlenmesi

Bu yaklaşımda yağmur suyu deposu hacmi hesabında 'Yıllık Yağmur Suyu Verimi Denklemi' kullanılmakta olup, denklemde yer alan yağış yüksekliği olarak MGM İzmir Bölge İstasyonunun aylık toplam yağışlarının uzun dönem ortalamaları kullanılır. Bu durumda çatıdan toplanabilecek yağış hacmi (V), her ay için ayrı ayrı ve m³/ay cinsinden hesaplanır. Yukarıda verilen örnekte yer alan 400 m² çatı alanına sahip bir binada 10 ton yağmur suyu deposu kullanılması durumunda, yağmur suyu deposundan kullanılabilecek aylık su miktarları Tablo 19 ile sunulmuştur.

Tablo 19 Yağmur Suyu Deposu Örnek Hesaplaması

Bina Çatı Alanı: 400 m²			
Yağmur suyu deposuna bağlanacak iniş borularının bağlı olduğu çatı alanı: 400 m²			
Çatı verimlilik katsayısı: 0,8 kabul edilmiştir.			
Filtre etkinlik katsayısı: 0,9			
Çatıdan toplanabilecek tahmini su miktarı (m³) (V): (Aylık yağış yüksekliği/1000) (m/ay) * 400 m² (Çatı alanı) * 0,8 (Çatı verimlilik katsayısı) * 0,9 (Filtre etkinlik katsayısı)			
Yağmur suyu deposu hacmi: 10 m³			
Aylar	Aylık Yağış Yüksekliği (mm) (MGM İzmir Bölge İstasyonu 1960-2023 aylık toplam yağışların uzun dönem ortalaması)	Çatıdan Toplanabilecek Maksimum Su Miktarı (m³) (V)	Yağmur Suyu Deposundan Kullanılabilecek Maksimum Su Miktarı (*) (m³/ay)
Ocak	130,0	37,4	10,0
Şubat	103,0	29,7	10,0
Mart	76,1	21,9	10,0
Nisan	47,4	13,7	10,0
Mayıs	27,0	7,8	7,8
Haziran	12,1	3,5	3,5
Temmuz	1,6	0,5	0,5
Ağustos	3,0	0,9	0,9
Eylül	15,7	4,5	4,5
Ekim	44,1	12,7	10,0
Kasım	93,7	27,0	10,0
Aralık	141,7	40,8	10,0
Yıllık Toplam	**695,3**	**200,3**	**87,1**

***: Yağmur suyu deposundan her ay en fazla depo hacmi kadar su kullanıldığı kabul edilmiştir. Ancak yağışın yüksek olduğu bazı aylarda (Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım, Aralık aylarında) yağmur suyu deposuna kapasitesinden daha fazla su gelebileceği görülmektedir. Bu durumda depodaki su birden fazla kez kullanılırsa, deponun tekrar dolması ve dolayısıyla tekrar kullanılması sağlanabilir.**

Tablo 19 ile 10 tonluk bir deponun 400 m² çatı alanı ile aylık ve yıllık ne kadar su depolayabileceği gösterilmiştir. Bu tablodaki hesap, çatı alanı ve çatı verimlilik katsayılarına göre revize edilebilir. Bunun sonucunda seçilecek deponun aylık ve yıllık ne kadar su depolayabileceği tespit edilebilir. Elde edilen değerler, kullanım ihtiyacını ya da beklentisini karşılıyorsa, seçilen depo hacmi uygundur. Eğer kullanım ihtiyacının altında ya da çok üstünde kalıyorsa, depo hacmi revize edilmelidir.

Bu hesaplamanın daha pratik yapılabilmesi için, MGM İzmir Bölge İstasyonunun aylık toplam yağışlarının uzun dönem ortalamaları kullanılarak, farklı çatı alanlarından farklı hacimdeki yağmur suyu deposu hacimleri ile yıllık olarak depolanabilecek yağmur suyu miktarları Tablo 20 ile sunulmuştur. Bu tablo aracılığıyla, çatı alanı ve yıllık olarak hasat edilmesi planlanan yağmur suyu miktarı değerlerine göre, yağmur suyu deposu hacmi seçilebilir. Bunun dışında, yıllık yağış yüksekliği yerine, gerçekleştirilecek olan projeye göre, Bölüm 3.2.5 kapsamında verilen tasarım yağışlarından uygun olanı seçilerek gerekli boyutlandırma yapılabilir.

Tablo 20 Farklı Çatı Alanları ve Yağmur Suyu Deposu Hacimleri ile Yıllık Olarak Depolanabilecek Su Miktarları

Çatı Alanı (m^2)	Yağmur Suyu Deposu Hacmi (m^3)	Yağmur Suyu Deposundan Kullanılabilecek Yıllık Su Miktarı (m^3/yıl)
100	1	10,2
	3	25,3
200	1	10,7
	3	28,7
	5	43,6
400	3	31,3
	5	49,3
	10	87,1
600	3	32,0
	5	52,0
	10	94,0
800	5	52,7
	10	98,7
1000	5	53,3
	10	102,0

Tablo 20 ile verilmiş olan hesaplar, yukarıda belirtildiği üzere, deponun ayda bir defa kullanılması kabulü ile elde edilmiştir. Deponun sürekli olarak kullanılması ve doldukça boşaltılması ile yağmur suyu potansiyelinden maksimum şekilde faydalanılabilinir. Yağmur suyu deposunun sürekli olarak kullanılması ile yıllık olarak hasat edilebilecek yağmur suyu miktarları, Tablo 21 ile verilmiştir.

Tablo 21 Yağmur Suyu Depolarının Sürekli Kullanılmaları Durumunda Farklı Çatı Alanları ile Yıllık Olarak Hasat Edilebilecek Su Miktarları

Çatı Alanı (m^2)	Yağmur Suyu Deposundan Kullanılabilecek Yıllık Su Miktarı (m^3/yıl)
100	50,1
200	100,1
400	200,3
600	300,4
800	400,5
1000	500,6

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin 03/06/2021 tarihli ve 31500 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren (18/09/2021 tarihli ve 31602 sayılı RG ile değişiklik) "İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği"nin **"Sarnıçlar-yağmur suyu tankları-yağmur suyu hasat sistemleri"** bölümü Madde 39'da yeni yapılacak 1.000 m^2'nin üzerindeki parsellerde yağmur sularının toplanmasına yönelik yapılması gerekenler Bölüm 1.5 ile verilmiştir. Söz konusu yönetmelik maddesinin 3. bendinde, yağmur suyu toplama tankı hacminin boyutlandırılmasında, İZSU Genel Müdürlüğünün düzenlemelerine uyulması gerektiği belirtilmiştir. (3) no'lu bentte yer alan ibareye istinaden, İZSU Genel Müdürlüğü tarafından **Yağmur Suyu Tankları, Yağmur Suyu Hasat Sistemlerine İlişkin Hususlar konulu Uygulama Esasları hazırlanmıştır.** Bu esaslara göre asgari depo hacmi hesabı, hesap içinde kullanılan maksimum yağış miktarı ve kullanılan katsayı değerleri aşağıda verilmiştir:

"Meteoroloji'nin yayınlamış olduğu (1960 - 2023) Yağış Ölçüm Periyodu'na göre İzmir'de maksimum yağış Aralık ayında olup, m^2 başına 141,7 lt'dir (0,1417 m^3).

Yağmursuyu Asgari Depo Hacmi = Maksimum Aylık Yağış Miktarı Yağmursuyu Hasadı (m^3/ay) = Maksimum Aylık Yağış Miktarı x Çatı Alanı (m^2) x Çatı Verimlilik Katsayısı x Filtre Etkinlik Katsayısı

Çatı Verimlilik Katsayısı; DIN 1989'da sert zemin çatılar için 0,80 olarak belirtilen katsayı, çatıya düşen bütün yağmurun geri dönüştürülemeyeceğini ifade eder. Yeşil çatı alanlarında yüzeysel akış daha az olacağı için Çatı Verimlilik Katsayısı 0,20 olarak kabul edilmiştir.

Filtre Etkinlik Katsayısı; DIN 1989'da "0,9" olarak belirtilen katsayı çatıdan elde edilen yağmur suyunun görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır."

Dolayısıyla yeni yapılacak 1.000 m^2'nin üzerindeki parsellerde uygulanacak yağmur suyu deposu hacmi hesabı, bu uygulama esaslarında verilen yağmur suyu asgari depo hacmi kriterlerine göre yapılmalıdır.

4.1.1.5 Uygulama Aşamaları

Yerüstü yağmur suyu depoları için sistemin kurulacağı zeminin düz olması gerekmektedir (44). Bu zeminin belli bir seviyede (20- 50 cm) yükseltilmesi (grobeton vb. malzemeler ile), suyun yeniden kullanımı sırasında kolaylık sağlayacaktır. Aksi halde yeterli su basıncı sağlanamadığından, su depo çıkışından yalnızca hortumla alınabilir. Ya da suyun kullanımı için depo çıkışına bir pompa koyulması gerekebilir.

Yerüstü yağmur suyu depoları için kurulacak sistem; çatı oluğu filtresi, depo filtresi, yağmur suyu iniş borusu, musluk ve taşma savağı kısımlarından oluşur. Yeraltı yağmur suyu depoları için kurulacak sistemde ise, bu bileşenlere ek olarak kullanım suyu borusunu ve pompa sistemi bulunmaktadır. Depolara ait ayrıntılı kesitler ekte verilmiştir.

Yağmur suyu iniş borularının depoya bağlantısı sağlandıktan sonra, depo hacminden fazla olan suyun uzaklaştırılabilmesi için depoya tahliye borusu takılmalıdır. Yağmur suyu tahliye borusunun çapı, yağmur suyu iniş borusunun çapından küçük olmamalıdır.

Yağmur suyu deposuna sivrisineklerin, diğer haşerelerin ve çatıdan gelebilecek kirleticilerin girişini önlemek için filtre kullanılmalıdır. Filtre doğrudan yağmur suyu deposunun su giriş kapağının altına ya da yağmur suyu iniş borularına takılmalıdır. Kullanılan filtre kolayca temizlenebilen malzemeden olmalı ve depo giriş ağzını/iniş borusunu boşluk kalmayacak şekilde tam olarak kapatmalıdır.

Daha iyi filtreleme sağlanması için çatıya yaprak tutucu süzgeç ilave edebilir.

Yağmur suyu depoları opak olmalı veya güneş ışığı geçirmeyecek şekilde boyanarak yosun oluşumunu en aza indirgenmelidir.

4.1.1.6 Bakım

Yağmur suyu deposu kurulduktan sonra çatı ve oluk bakımı düzenli olarak mutlaka yapılmalıdır. Kurulum sonrası yapıların çatılarında kuş vb. canlılardan oluşabilecek kirletici maddelerin temizlenmesi gerekmektedir.

Çatı üzerinde kirlilik birikmesini engellemek için her kış öncesi rutin temizlik yapılmalı ve çatıların temiz olduğundan emin olunmalıdır. Yağmur suyu verimini en üst düzeye çıkarmak için çatı olukları belirli aralıklarla yaprak ve döküntülerden arındırılarak temizlenmelidir.

Yağmur suyu deposu içerisinde hasat edilen su, kullanılmaması durumunda boşaltılmalı ve içerisinde durağan suyun uzun süre saklanması engellenmelidir.

Yağmur suyu deposunun yılda 1 defa içi tamamen boşaltılarak basınçlı su ile temizliği yapılmalıdır.

Depo filtreleri yılda en az 1 defa yağışlı dönem öncesi kontrol edilerek, gerekli görülmesi durumunda temizlenmeli veya değiştirilmelidir.

Depolanan sudaki oksijen, toplanan yağmur suyunun yüksek kalitede kalmasını sağlar. Oksijenin tükenmesi anaerobik koşullara yol açabilir. Anaerobik koşullar, su kalitesini düşürür ve rahatsız edici bir koku oluşturur. Bu durumu önlemek için özel tasarlanmış filtreler kullanılabilir.

Gerekli görülmesi halinde yağmur suyu deposunda ozon, klor, ters ozmoz ve ultraviyole dezenfeksiyonu yapılabilir. Klor ile yapılan dezenfeksiyon işlemi diğer yöntemlere göre daha ekonomiktir, ancak bütün patojenleri yok edemez. Ozon dezenfeksiyonu kokusuz ve tatsız olmakla birlikte, bu yöntemde başka bir kimyasala ihtiyaç duyulmaz. Fakat uygulama maliyeti nispeten yüksektir. Ters ozmoz yöntemi çoğu kirleticiyi temizler, ancak ozon dezenfeksiyonu yönteminde olduğu gibi pahalıdır. Benzer şekilde, ultraviyole dezenfeksiyonu kimyasallara gerek kalmadan birçok patojeni yok edebilir ve oldukça pahalı bir yöntemdir (45).

4.1.1.7 Örnek Uygulamalar

Pilot proje olarak uygulanan Bornova Işıkkent Mezarlığında, hacimleri sırasıyla 10 ton ve 3 ton olmak üzere iki tane yağmur suyu deposu kullanılmıştır. Proje öncesinde mezarlıkta mevcut halde bulunan ve yüzeye düşen yağmur sularını atıksu hattına ileten drenaj kanallarının, 10 tonluk yağmur suyu deposuna bağlanması hedeflenmiştir. Bu depo aracılığıyla hasat edilen yağmur sularının, sulama hattına verilmesi amaçlanmıştır. Drenaj kanalları boyunca 1,5 km uzunluğuna sahip su iletim hattı döşenmiştir. Bu sayede, mezarlıkta önemli miktarda su tasarrufu sağlanmasının yanı sıra, atıksu hattına giden su yükünün de hafifletilmesi amaçlanmıştır. Kullanılan depo ile yıllık 4.200 tonluk potansiyel yağmur suyu hasadı planlanmıştır. Projede yer alan 10 tonluk depo aşağıda verilmiştir (Görsel 59).

Görsel 59. Işıkkent Mezarlığı 10 Ton Yağmur Suyu Deposu

Ayrıca proje kapsamında mezarlıkta yer alan camii çatısına düşen yağmur sularının hasat edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla 3 tonluk hacme sahip yağmur suyu deposu camii önüne yerleştirilmiş ve camii olukları ile bağlantısı gerçekleştirilmiştir (Görsel 60). Bu deponun yıllık yaklaşık 10 ton hasat etme potansiyeli mevcuttur.

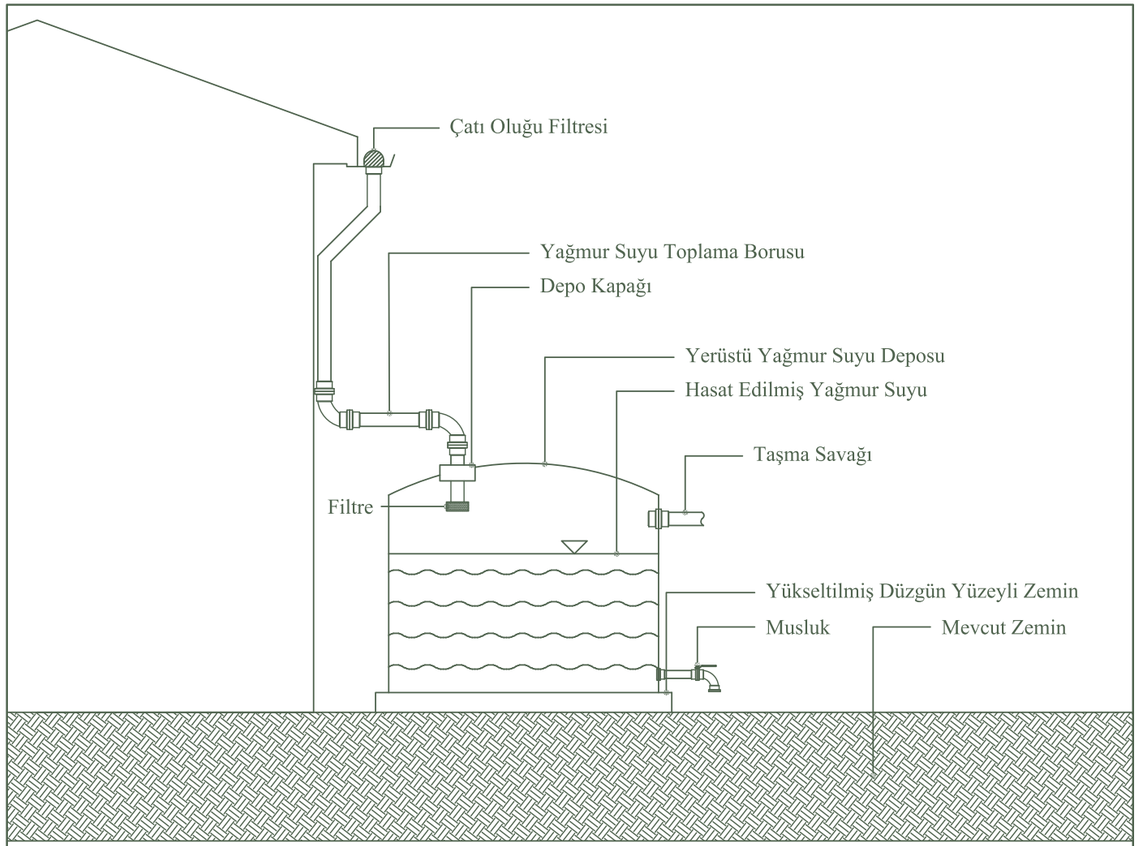
Yağmur suyu hasadı konusunda farkındalık oluşturulması amacıyla gerçekleştirilen Yağmur Durakları Projesi, Konak ve Halkapınar'da yer alan otobüs durakları ile Evka-3 Metro İstasyonu çıkışında uygulanmıştır. Konak'ta 5, Halkapınar'da 4, Evka-3'te ise 3 adet olmak üzere toplamda 12 adet 500 litrelik yağmur suyu deposu, proje kapsamında kullanılmıştır. Depolar, durakların çatısına düşen yağmur sularını hasat etmekte ve hasat edilen yağmur suları, durakların etrafında bulunan yeşil alanların sulanmasında kullanılmaktadır. Konak ve Halkapınar'da yer alan depolar, iklim ve su krizi ile ilgili önemli konularda farkındalık oluşturması amacıyla sanatçılar tarafından boyanmıştır. Evka-3'te ise depoların yanında yer alan duvarlara su tüketimi ile ilgili farkındalık oluşturması amacıyla çeşitli boyamalar yapılmıştır. Projede kullanılan 12 yağmur suyu deposu ile yılda yaklaşık 48 ton yağmur suyu hasat edilmesi beklenmektedir. Projede kullanılan yağmur suyu depoları Görsel 61-Görsel 63 ile verilmiştir.

Görsel 61. Konak Yağmur Durakları Deposu

Görsel 60. Işıkkent Mezarlığı 3 ton Yağmur Suyu Deposu

Görsel 62. Halkapınar Yağmur Durakları Depoları

Görsel 63. Evka-3 Metro Yağmur Durakları Deposu

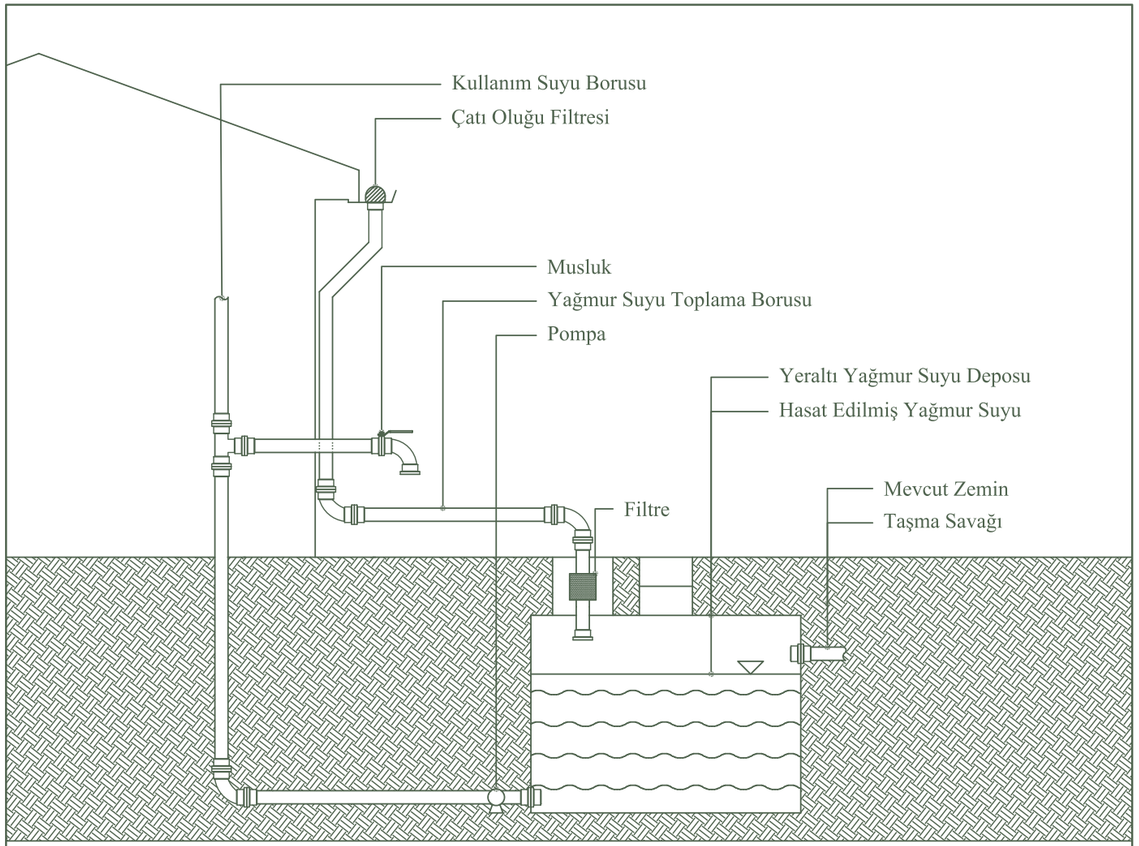


NOTLAR

1. SİSTEME YERLEŞTİRİLEN FİLTRELER DÜZENLİ ARALIKLARLA TEMİZLENMELİDİR.
2. ÇATI VE OLUK BAKIMI DÜZENLİ ARALIKLARLA YAPILMALIDIR.
3. YAĞMUR SUYU DEPOSUNDA HASAT EDİLEN SU, KULLANILMAMASI DURUMUNDA BOŞALTILMALIDIR.
4. YAĞMUR SUYU DEPOSU, YILDA BİR DEFA TAMAMEN BOŞALTILMALI VE BASINÇLI SU İLE TEMİZLENMELİDİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ	İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ **SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU**	**YAĞMUR SUYU DEPOLARI (YERÜSTÜ)** ***YD-01***



NOTLAR

1. SİSTEME YERLEŞTİRİLEN FİLTRELER DÜZENLİ ARALIKLARLA TEMİZLENMELİDİR.
2. ÇATI VE OLUK BAKIMI DÜZENLİ ARALIKLARLA YAPILMALIDIR.
3. YAĞMUR SUYU DEPOSUNDA HASAT EDİLEN SU, KULLANILMAMASI DURUMUNDA BOŞALTILMALIDIR.
4. YAĞMUR SUYU DEPOSU, YILDA BİR DEFA TAMAMEN BOŞALTILMALI VE BASINÇLI SU İLE TEMİZLENMELİDİR.
5. SİSTEME KURULMUŞ OLAN POMPA DÜZENEĞİNİN BAKIMI, DÜZENLİ ARALIKLARLA YAPILMALIDIR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ	İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ **SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU**	**YAĞMUR SUYU DEPOLARI (YERALTI)** ***YD-02***

“Yağmur kuyuları çatı yüzeylerine düşen yağmur sularını toplayarak yeraltına depolanmasını sağlayan hem kentsel hem de kırsal ölçekte uygulanabilen doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğidir.”

4.1.2 Yağmur Kuyuları

4.1.2.1 **Genel** Tanım

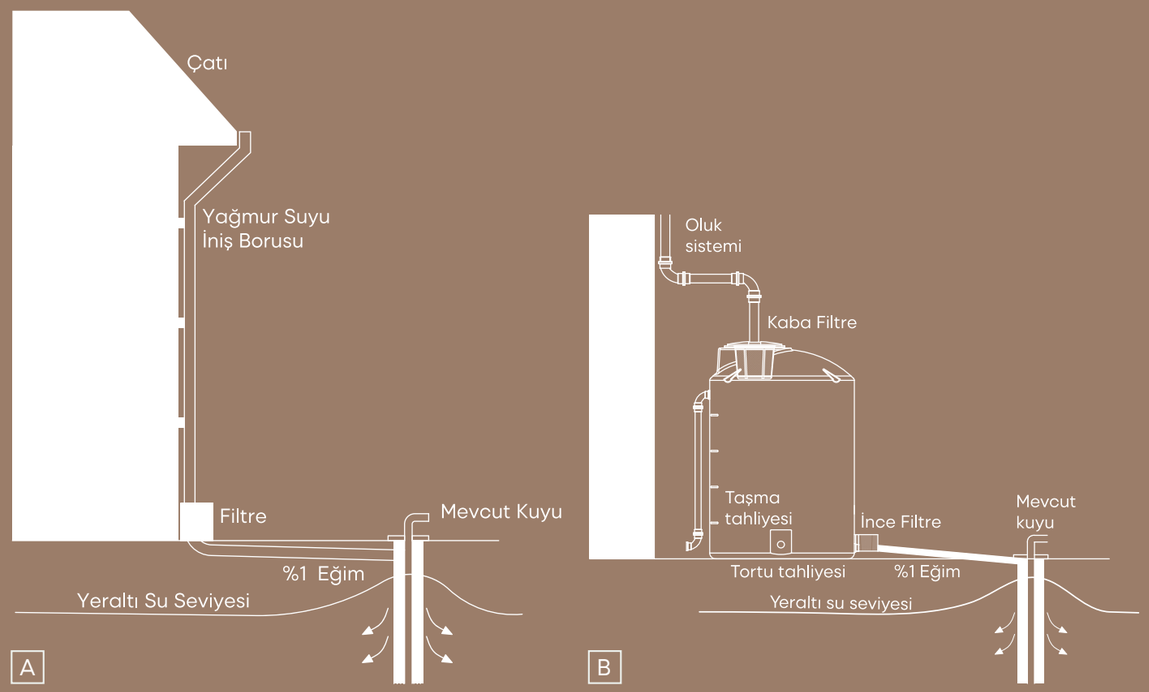
Yağmur kuyuları çatı yüzeylerine düşen yağmur sularını toplayarak yeraltı sularına verilmesini sağlayan sondajlı ve sızdırmalı yağmur kuyuları olmak üzere iki ayrı teknikte tanımlanan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğidir. Kentsel ve kırsal alanlarda çatı sularının toplanarak hasat edilmesi ve yeraltı sularının yeniden doldurulması ya da beslenmesinde uygulanırlar.

4.1.2.2 **Sondajlı** Yağmur Kuyusu

Çatı alanlarına düşen yağmur sularının sondaj yaparak açılmış bir kuyu ile toplanarak yeraltında akiferlerde depolanmasını sağlayan altyapı tekniğidir. Mevcut açılmış bir kuyuda da bu teknik uygulanabilir.Bu teknik ayrıca hem su üretimi hem de yeraltı suyu şarj kuyusu olarak kullanılabilmektedir.

Sondajlı yağmur kuyularının tasarımı; bölgenin hidrojeolojisi, kuyunun hidrolik özellikleri, iletkenliği ve çatıdan hasat edilecek yağmur suyu miktarı gibi faktörlerle ilişkilidir. Ayrıca, bu hasat tekniğinde yağmur sularının yaprak/sediman gibi kalıntılardan arındırılmış bir şekilde yeraltı su seviyesini besleyebilmesi için oluk içine yerleştirilecek filtreleme malzemelerinin kullanılması önerilir. Çatı alanının küçük olması durumunda olukların sondajlı yağmur kuyusuna bağlanmasından önce ince filtre tutucuların kullanılması kuyu ömrünü uzatması nedeniyle önem taşımaktadır (Görsel 64 A). Büyük çatı alanlarında ise olukların sondajlı yağmur kuyusuna bağlanmasından önce ince filtre tutucuların yanında filtreleme depolarının da kullanılması tavsiye edilir (Görsel 65 B).

4.1.2.2.1 **Temel** Bilgiler



Görsel 64. A- Küçük drenaj alanına sahip çatılara ait oluk sisteminin ince filtreleme sistemine bağlanması durumunda sondajlı yağmur kuyusu tip kesiti B- Büyük drenaj alanına sahip çatılara ait oluk sisteminin Filtreleme Deposuna bağlanması durumunda sondajlı yağmur kuyusu tip kesiti

Uygulama Ölçeği

- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [ ] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [x] Toplanan Sudan Yararlanma
- [ ] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [ ] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [ ] Ağır Metal Giderimi
- [ ] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Uygulama için geçirimli ve yarı geçirimli zeminlerde açılmış ya da açılacak kuyular tercih edilmelidir.
- Sondajlı yağmur kuyusu, kuyu dolum testleri sonuçlarına göre tasarlanmalıdır (Bkz. Bölüm 3.3).
- Yağmur suyu kuyuya verilmeden önce, pompaya zarar verebilecek ince taneli sedimanlardan ve kirleticilerden arındırmak için drenaj alanının büyüklüğüne göre mutlaka filtreme sistemi kullanılmalıdır (Görsel 66).

Faydaları

- Yeraltı suyu akiferlerinin suni beslenimi ile akiferde hasat edilen suyun tekrar kullanılması sağlar.
- Hem üretim kuyusu hem de yeraltı suyu şarj kuyusu olarak kullanılabilir.
- Üretim kuyusunda enerji tasarrufu sağlanır.
- Doğru tasarlanmış yeniden şarj sistemi sayesinde maksimum fayda sağlanır.
- Tatlı su kaynaklarını koruyarak su kıtlığını kısmen gidermek için pratik ve uygun bir tekniktir.
- Maliyeti en düşük doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinden biridir.

Kısıtlamalar

- Besleme ile oluşacak yeraltı suyu tümseğinin, yerleşim alanlarında bulunan herhangi bir yapı temeline zarar vermesi engellenmelidir.
- Yağmur oluklarının balkon giderlerinden ayrılmış olması gereklidir.

4.1.2.2.2 Yer Seçimi

Bu tekniğin yer seçiminde proje alanı ve yakın bölgenin hidrojeolojisi; yeraltı suyu seviyesi ve kuyuların açıldığı akiferin hidrolik parametreleri dikkate alınmalıdır. Geçirimli ya da yarı geçirimli tüm akiferlerde-zeminlerde bu teknik kullanılabilir.

4.1.2.2.3 Boyutlandırma

Boyutlandırma, çatı alanına düşen yağmursuyu miktarına, zeminin sızma, akiferin ve kuyunun hidrolik parametrelerine göre yapılmalıdır.

Sondajlı yağmur kuyularında toplanacak ve yeraltına verilecek su miktarı, bölgenin hidrojeolojisi dikkate alınarak planlanmalıdır. Aynı zamanda, sondajlı yağmur kuyusunun kapasitesinin belirlenmesi için hidrolik testler yapılmalıdır. Yağmur kuyularının boyutlandırılması ve sızma testleri uzman mühendisler tarafından yapılmalıdır. Çatı alanlardan toplanabilecek yağış hacmi (m^3), Bölüm 4.1.1.4 içinde verilen yağmur suyu verimi hesabı için belirlenen denklemle hesaplanır. Ancak yağış hacminin hesaplanmasında dikkate alınması gereken iki husus bulunmaktadır. İlki, çatıdan gelen yağmur suyu iniş borularında filtre bulunmuyor ise, formülde yer alan filtre etkinlik katsayısı "1" olarak kabul edilmelidir.

Sondajlı yağmur kuyuları için yağış hacmi hesabında gerekli olan tasarım yağış yüksekliği; Bölüm 3.2 kapsamında verilen kriterler baz alınarak belirlenmelidir.

Çatı alanlarından yağmur suyunu sondajlı yağmur kuyusuna taşıyan iletim hatları yaygın olarak kullanılan, polivinil klorür (PVC) veya galvanizli demir (GI) gibi herhangi bir malzemeden olabilir.

4.1.2.2.4 Uygulama

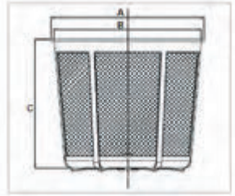
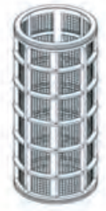
Sondajlı Yağmur kuyusu için öncelikle uygulama yapılacak alandaki jeolojik formasyonlar göz önüne alınarak sondaj yöntemi belirlenmelidir. Taneli zeminlerde rotary, kaya formasyonlarda ise havalı sistemler tercih edilebilir. Akifer özelliği taşıyan jeolojik birimler kuyu teçhizi esnasında mutlaka filtreli geçilmelidir.

Çatılardan toplanan yağmur suları, yağmur kuyusuna verilmeden önce bir filtreleme sisteminden geçirilmelidir. Sediment, kil veya tıkamaya sebep olabilecek diğer malzemelerin kuyuya girişini önlemek için konut gibi küçük çatı alanına sahip yapılarda Görsel 65A, daha büyük çatı alanlarına sahip yapılarda ise Görsel 65B gösterilen filtreleme depoları kullanılabilir. Filtreleme depolarındaki en önemli konu, çatıya düşen yağmur suyunun doğru hesaplanması ve kullanılacak filtreleme deposu sayısının ve filtrelerde kullanılacak elek açıklıklarının doğru olarak belirlenmesidir. Doğru tip filtreleme deposu kullanılmaması çok fazla yağmur suyunun filtrelenmeden yeraltına gönderilmesi demektir. Filtre kullanımı, kuyunun sediman, kalıntı ve diğer partiküllerle tıkanmasını engeller. Böylece toprağa sızan suyun kalitesini arttırarak kirlenme riski azaltılır ve yeraltı su kaynaklarının korunmasını sağlanır.

Filtreleme depolarında kullanım amaçlarına göre farklı elek açıklıklarında malzemeler kullanılabilir. Yağmur suyunun depoya ilk girdiği yerde depo kapağına yerleştirilen ve kaba malzeme tutan basket filtre ve yağmur kuyusuna ulaşmadan önce depodan çıkan suyu ince dane boyutuna sahip sedimanlardan ayıran ince filtre kullanılmalıdır (Görsel 67).

Sondajlı yağmur kuyularının en büyük sorunu kuyularda ince tortu birikmesidir. Bu durum kuyunun yeniden doldurulma hızını azaltmakta ve bazı durumlarda kuyunun yeniden doldurulmasını da engellemektedir. Bu nedenle; filtre depoları, sondajlı yağmur kuyusunun en önemli bileşenidir. Bir kuyunun ömrü esas olarak filtrenin ömrüne bağlıdır ve bu da dikkatli bir tasarım gerektirir. Sondajlı yağmur kuyusunun tasarımı, filtrenin çapının, uzunluğunun, filtre elek açıklığı alanının ve şeklinin hesaplanmasını gerektirmektedir.

Filtre sisteminden geçmiş yağmur suyunun verileceği su kuyusuna, yağmur suyu iniş borularının bağlanacağı bir giriş tertip edilmelidir. Giriş yapısı, dışarıdan herhangi bir malzemenin veya suyun girişini engelleyecek şekilde uygulanmalıdır. Şiddetli yağışlarda kuyu kapasitesinin aşıldığı durumlarda, herhangi bir taşma olasılığına karşı su tahliyesini sağlamak için bir tahliye sistemi kurulmalıdır.

Kaba filtre (Basket filtre- Kapak altı filtre)			Ø / A / B / C 250 / 203 / 188 / 235 355 / 300 / 288 / 250 455 / 400 / 358 / 330 **Elek açıklığı** 18 Mesh (mm)
İnce filtre (Çıkış filtresi)			**Elek açıklığı** 30 Mesh (1 mm) 50 Mesh (0,30 mm) 80 Mesh (0,177 mm)

Görsel 65. Kullanım amaçlarına (a) yaprak, çöp boyutu kalıntı tutucu b) ince dane boyutuna sahip sediman tutucu) göre farklı elek açıklıklara sahip filtre türleri (46)

4.1.2.2.5 Bakım

Sondajlı yağmur kuyularının besleme oranı zaman içerisinde düşebilir. Kuyu tabanında birikmiş ince kırıntılı dolgu malzemesi ve çakıl zarfında siltli zemine bağlı tıkanmaların yaşanabileceği durumlar olasıdır. Bu gibi durumlarda kuyu tabanına kadar indirilmiş yıkama hortumu veya başka tekniklerle ile kuyuya temiz su verilerek kuyuda birikmiş kuyuda birikmiş dolgu malzemesi temizlenir. Kuyu tabanında birikmiş dolgu malzemesinin tamamen dışarı atıldığının test etmek önemlidir.

Kullanılan filtreleme sistemi bakımlarının düzenli bir şekilde yapılması önemlidir.

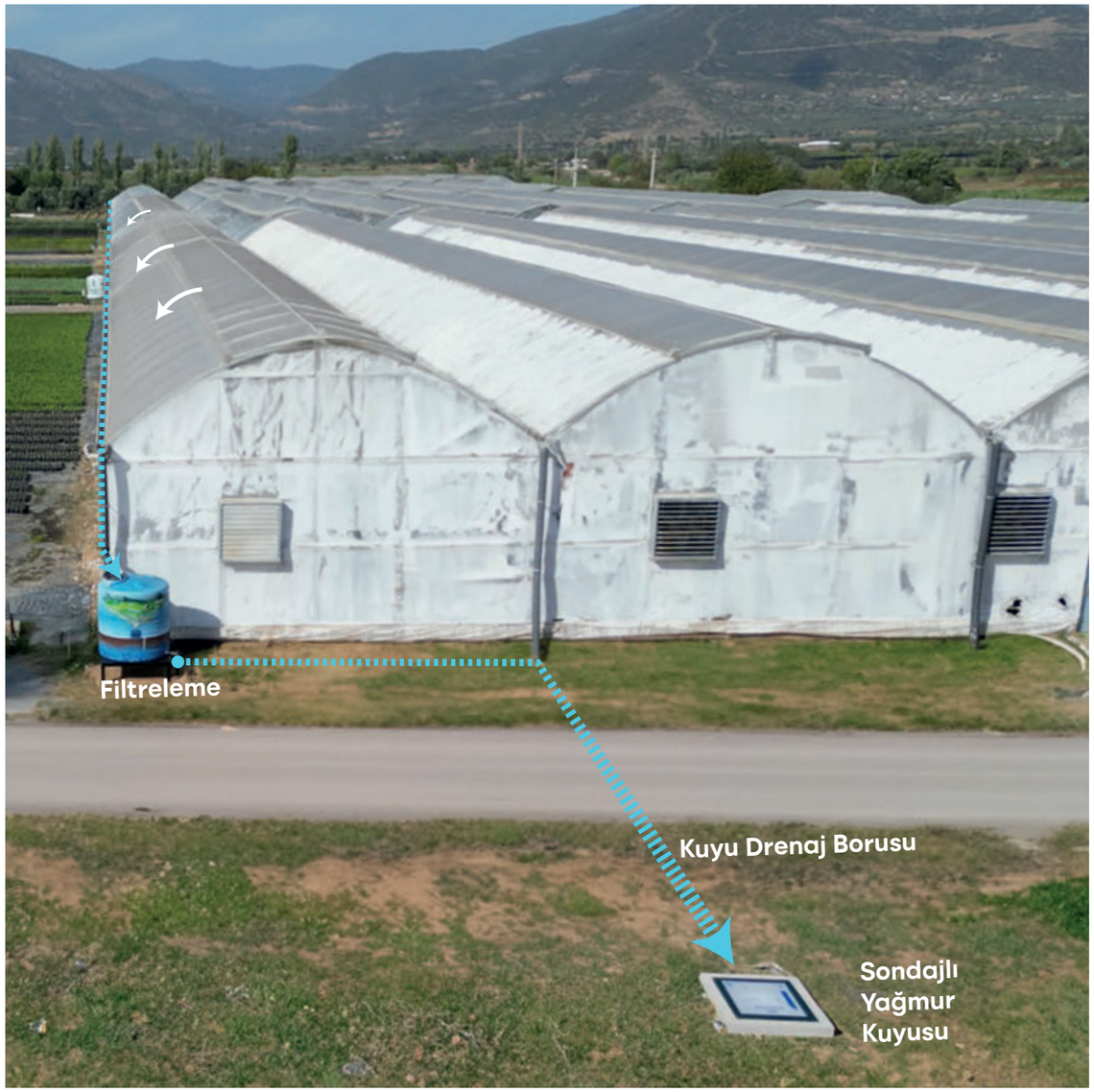
4.1.2.2.6 Örnek Uygulamalar

Sondajlı yağmur kuyularının besleme oranı zaman içerisinde düşebilir. Kuyu tabanında birikmiş ince kırıntılı dolgu malzemesi ve çakıl zarfında siltli zemine bağlı tıkanmaların yaşanabileceği durumlar olasıdır. Bu gibi durumlarda kuyu tabanına kadar indirilmiş yıkama hortumu veya başka tekniklerle ile kuyuya temiz su verilerek kuyuda birikmiş kuyuda birikmiş dolgu malzemesi temizlenir. Kuyu tabanında birikmiş dolgu malzemesinin tamamen dışarı atıldığının test etmek önemlidir.

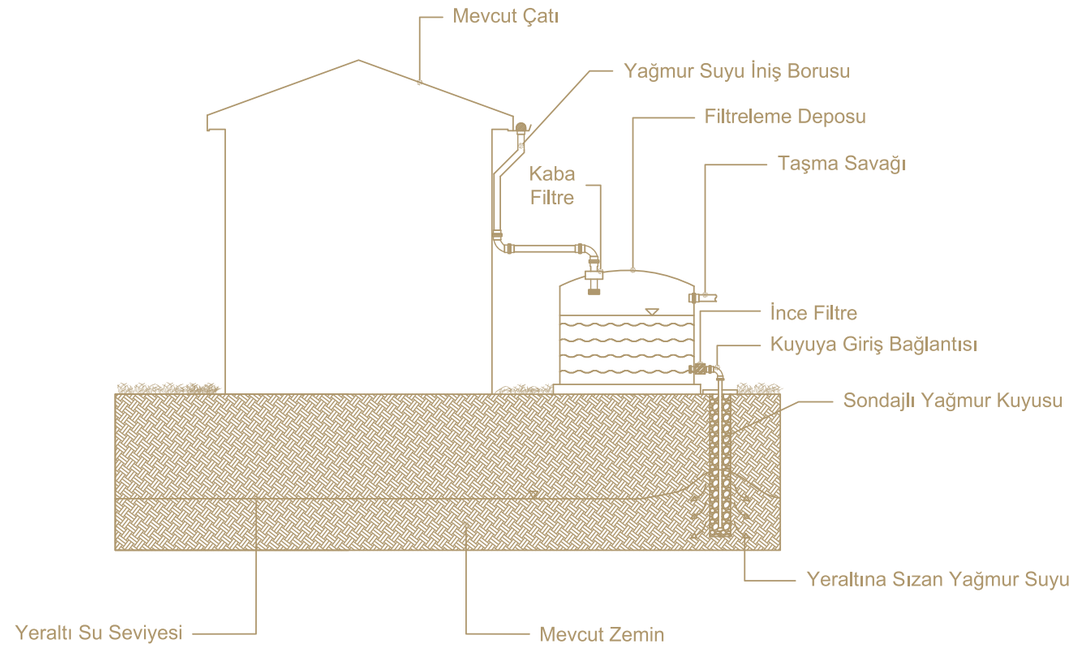
Kullanılan filtreleme sistemi bakımlarının düzenli bir şekilde yapılması önemlidir.

Bademli Fidancılık Kooperatifi Sondajlı Yağmur Kuyusu Projesi- Ödemiş / İzmir

Bu proje kapsamında, Bademli Fidancılık Kooperatifi sahasında yer alan seraların çatılarından toplanan yağmur sularının bir kısmı sondajlı yağmur kuyusuna yönlendirilmiştir. Yağmur suları kuyuya giriş öncesinde, kaba ve ince filtre sistemlerini içeren filtreleme depolarından geçirilmektedir.



Görsel 66. Bademli Fidancılık Kooperatifi Sondajlı Yağmur Kuyusu Projesi
(filtreleme deposu ve yağmur kuyusu)



NOTLAR
1. BÜYÜK ÇATI ALANLARINDA, ÇATIYA DÜŞEN YAPRAK VE SEDİMAN GİBİ KİRLETİCİLERİ ÖNLEMEK İÇİN, OLUK ÇIKIŞINA FİLTRELEME DEPOSU YERLEŞTİRİLMELİDİR.
2. FİLTRELERİN PERİYODİK OLARAK TEMİZLİĞİ YAPILMALIDIR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

SONDAJLI YAĞMUR KUYUSU

YK-02

4.1.2.3 **Sızdırmalı** Yağmur Kuyusu

Sızdırmalı yağmur kuyusu; yer altına yerleştirilen filtreli polietilen plastik veya delikli beton/ gibi su yapılarında yağmur suların toplanarak sızdırılabileceği su sistemleridir. Çatılardan gelen yağmur sularının toplayacak delikli plastik veya beton gibi büyük ölçekli depolama hacmi olan sızdırmalı su sistemlerinden sızdırma yöntemi ile yağmur sularının yeraltında depolanmasını sağlayan doğa esaslı altyapı yöntemlerinden biridir. Bu teknik ile yeraltı sularının beslenmesi ve yağmur suyu kaynaklı yüzey akışının azaltılması sağlanmaktadır.

4.1.2.3.1 **Temel** Bilgiler

Uygulama Ölçeği

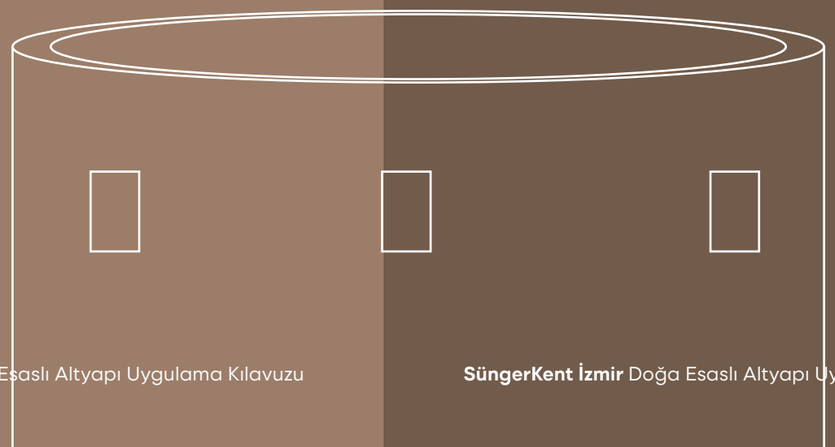
- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [ ] Patojen Giderimi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [ ] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [x] Toplanan Sudan Yararlanma
- [ ] Drenaj



Planlama Kriterleri

- Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olmadığı alanlarda etkin bir şekilde uygulanabilir.
- İnfiltrasyon deneyi, yapılarak zeminin geçirgenliği belirlenmelidir.
- Yukarıda belirtilen kriterler (zemin yapısı, infiltrasyon değerleri, yeraltı su seviyesi derinliği ve hidrolik koşullar vb.) doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğinin performansını etkileyebilecek kriterlerdir.
- Çatı oluklarının iniş borularına bağlandığı noktada kuyuların kullanım ömrünün uzaması açısından yaprak tutucunun yerleştirilmesi önerilir.
- Kuyu cidarı sediment birikimini ve muhtelif kirleticileri engellemek için filtrasyon malzemesi ile kaplanabilir. Kullanılacak filtre en az %90 oranında filtrasyon verimi sağlayacak özellikte olmalıdır.
- Sızdırmalı Yağmur kuyusunun üzeri en az 30 cm kalınlığında nebati toprak ile örtülmesi ve toprağın üzerinin düzlenerek çimlendirilmesi önerilir.
- Sarnıcın üst yüzeyi, geçirimlilik oranı çevresindeki zeminlerden daha yüksek olan jeotekstil malzeme ile kaplanabilir.
- Ani yağışlarda kuyudan olabilecek taşkınları önlemek için tahliye kanalı yapılmalıdır.

Faydaları

- Sızdırmalı yağmur kuyuları kullanılarak yüzey akışının yavaşlatılması, yeraltı suyunun beslenmesi ve kanalizasyon sistemine giden yağmur suyu miktarının azaltılmasını sağlanabilir. Yeraltı su seviyesinin yükselmesi ile, kuyu yakınında bulunan su kuyularından daha düşük maliyetlerle su çekimi yapılabilir.
- Sızdırmalı yağmur kuyuları yağmur suyunun akiferlere iletilmesini sağlayarak kuraklığın ve aşırı yeraltı suyu çekiminin etkilerini hafifletir ve yeraltı su kaynaklarının korunmasına yardımcı olur.
- Sızdırmalı yağmur kuyuları yağmur suyunun yüzey akışına geçmeden ve evaporasyona uğramadan yeraltı suyuna sızmasını sağlaması nedeniyle, diğer bazı doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerine göre daha ekonomiktir.

Kısıtlamalar

- Sızdırmalı yağmur kuyularında; çatı suyunu toplayan yağmur suyu iniş boruları, balkon suyunu toplayan iniş borularından ayrılmış olmalıdır.
- Sızdırmalı kuyuların yeraltı su seviyesine göre konumu, yağmur suyu iniş borusunu sarnıca ulaştıran perfore borunun eğimi gibi kriterler sarnıcın performansını etkilemekte olup; taşkına sebebiyet verebilir. Yanlış uygulama, komşu yapıları olumsuz etkileyebilir.
- Kuyu içerisinde sediment birikimini ve hasat edilen suyun çeşitli nedenlerle kirlenmesini (yaprak, sediment, taneli malzeme vb.) engellemek için filtre ve/veya ön filtreleme yapılması önemlidir.
- Aşırı derecede kirli çatılara sahip endüstriyel fabrikalar ve benzin istasyonları bu yöntem için uygun değildir.

4.1.2.3.2 Yer Seçimi

Sızdırmalı yağmur kuyularının yapılacağı yerin uygunluğunu araştırırken, çatı suyu hasat edilmesi planlanan yapının cinsi önemlidir. Aşırı derecede kirli çatılara sahip endüstriyel fabrikalar, benzin istasyonları gibi yapılar sızdırmalı yağmur kuyusu yöntemi ile yağmur hasadını yapmaya uygun değildir. Yağmur suyunun toplanıp sızdırılacağı bahçe zeminin geçirimliliği yüksek olmalıdır. Sızdırmalı yağmur kuyusunun uygulanacağı alanın topografik eğimi, komşu yapıları riske sokmayacak şekilde belirlenmelidir.

Sızdırmalı yağmur kuyuları ile diğer yapılar arasında olması gereken minimum mesafeler *Tablo 22* ile sunulmuştur.

Tablo 22 Sızdırmalı Yağmur Kuyusu ile Diğer Yapılar Arasında Olması Gereken Mesafeler (47)

Yapı Tipi	Sızdırmalı yağmur kuyuları ile Yapı Arasındaki Minimum Mesafe (m)
Apartman	5,0
Müstakil ev	3,0
İçme suyu şebeke hattı	3,0

Ayrıca, yeraltı su seviyesinin çok yüksek olduğu kısımlarda sızdırmalı yağmur kuyusu uygulamasının çok dikkatli yapılması tavsiye edilir. Özellikle, Bölüm 2.4.2 Yeraltı Suyu Seviyeleri başlığı altında yer alan ve Görsel 33. İzmir Metropolü Kentsel Alanı Yeraltı Suyu Seviye Haritası'nda İzmir Körfezi kıyısı ile "2 m" olarak gösterilen yeraltı su seviyesi eğrisi arasında kalan bölgelerde sızdırmalı yağmur kuyularının yapılması uygulanması önerilmez.

4.1.2.3.3 Boyutlandırma

Sızdırmalı yağmur kuyuları, çatı alanının büyüklüğüne, üzerine düşen yağış miktarına, zeminin sızma özelliklerine göre boyutlandırılmalıdır.

Yeraltı su seviyesinin en az 3 m olduğu alanlarda sızdırmalı yağmur kuyusu planlamasının yapılması önerilir. Ayrıca, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde sızdırmalı yağmur kuyusunun derinliğinin 1,20 m'den fazla olmaması tavsiye edilir.

Özellikle iklim değişikliğine bağlı kısa süreli yoğun yağışlar ani sel baskınlarına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle sızdırmalı yağmur kuyularının, yağmur suyunu 72 saat içerisinde sızdıracak şekilde boyutlandırılması önerilir.

Sızdırmalı yağmur kuyusunda kullanılan beton künk ve filtreli plastikten imal edilmiş örnekleri Görsel 67 ile sunulmuştur.

Sızdırmalı Yağmur Kuyusunun Hacminin Hesaplanması

Sızdırmalı yağmur kuysunu hacmini hesaplamak için öncelikle ilgili çatı alanlarından yıllık olarak toplanabilecek yağışın hacmi (yıllık yağmur suyu verimi) hesaplanmalıdır. Bir çatıdan toplana bilinecek yağış hacmi (m^3), Bölüm 4.1.1.4 içerisinde yıllık yağmur suyu verimi hesabında kullanılan formül ile belirlenir. Eğer çatıdan gelen yağmur suyu iniş borularında filtre bulunmuyor ise, formülde yer alan filtre etkinlik katsayısı "1" olarak kabul edilmelidir. Sızdırmalı yağmur kuyusunun hacminin hesabında gerekli olan tasarım yağış yüksekliği; Bölüm 3.2.4 kapsamında verilen kriterler baz alınarak belirlenmelidir.

Hesaplanan yağış hacmi (m^3), sızdırmalı yağmur kuyusunun hacmine karşılık gelmektedir.

Görsel 67. Beton Künk ve Filtreli Plastikten İmal Edilmiş Sızdırmalı Yağmur Kuyusu Örnekleri

Sızdırmalı Yağmur Kuyusunun Derinliğinin Hesaplanması

Özellikle, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde, sızdırmalı yağmur kuyusunun derinliğinin doğru olarak hesaplanması çok önemlidir. Bu nedenle, kuyu derinliği kesinlikle yeraltı suyunun derinliği dikkate alınarak belirlenmelidir. Sızdırmalı yağmur kuyusunun üzeri, yağışların yeraltı su seviyesini yükseltmesi durumunda olabilecek taşkın riskinin azaltılması amacıyla en az 30 cm nebati toprakla örtülmelidir. Ayrıca, sızdırmalı yağmur kuyusunun taban kotu, alanda ölçülen yeraltı su seviyesinin en az 50 cm üzerinde olmalıdır. Yeraltı su seviyesinin düşük olduğu alanlarda bile sızdırmalı yağmur kuyusunun maksimum derinliği 1,20 m'yi geçmemelidir.

$$H = YASS - 80$$

Burada,

H: Sızdırmalı yağmur kuyusu derinliğini (m),

YASS: Yeraltı su seviyesi derinliğini (m),

80 cm: Nebati toprak + yeraltı su seviyesinden olan yüksekliği (30 cm +50 cm)

temsil eder.

Sızdırmalı Yağmur Kuyusunun Yağmur Suyunu Drene Etme Süresinin Hesaplanması

Sızdırmalı yağmur kuyusunun yağmur sularını derene etmesi süresi projenin özelikleri, yağmur kuyusunun depolama hacmi, sızma kapasitesi vb. ve niteliklerine bağlı olmakla birlikte en fazla 72 saat içerisinde sızdırabilmelidir. Sızdırmalı yağmur kuyusunun suyu drene edebilmesi zeminin geçirimliliğine ve drenaj alanına bağlıdır. Sızdırmalı yağmur kuyu cidarının geçirimsiz bir katman ile örtülüp sızmanın sadece kuyunun tabanından gerçekleşmesi durumunda kuyunun sızdırma miktarını hesaplamak için;kuyusunun taban kotu, alanda ölçülen yeraltı su seviyesinin en az 50 cm üzerinde olmalıdır. Yeraltı su seviyesinin düşük olduğu alanlarda bile sızdırmalı yağmur kuyusunun maksimum derinliği 1,20 m'yi geçmemelidir.

$$D = \left(\frac{V}{PxA}\right)$$

Burada,

D: Sızdırma süresini (sa),

P: Zeminin sızma oranını (m/sa) (Hesaplama yöntemi için bkz. Bölüm 3.3),

A: Sızdırmalı yağmur kuyusu taban alanını (m^2),

V: Sızdırmalı yağmur kuyusu depolama hacmini (m^3)

temsil eder.

Yapılan bu hesaplara göre sızdırma miktarının 72 saatten daha fazla çıkması durumunda; sızdırmalı yağmur kuyusu taban alanı arttırılmalıdır.

4.1.2.3.4 Uygulama

- Uygulama yapılacak alanda öncelikle yağmur suyunun drene edileceği bahçe zemininin geçirimliliği, sahada yapılacak sızma testi ile belirlenmelidir (sızma testi detayları için bkz. Bölüm 3.3).
- Binanın yağmur suyu iniş borularının kanalizasyon sistemine bağlı olması durumunda, bu bağlantı iptal edilmelidir.
- Bina çatısından gelen yağmur suyu iniş boruları, balkon sularını toplayan iniş borularından ayrı olmalıdır.
- Yağmur suyu iniş borusu, %1'lik eğimle, bina temelinden en az 3 m mesafede kurulacak sızdırmalı sarnıca bağlanmalıdır. Bağlantıyı sağlamak amacıyla yeni eklenecek iletim borularının çapları ve sızdırmalı yağmur kuyusunun boyutları çatı alanına göre belirlenmelidir.
- Sızdırmalı yağmur kuyusunun temeli mutlaka düz olmalı, kuyu sıkıştırılmamış zemin üzerine oturtulmalıdır. Kuyu tabanı kaya üzerine oturmamalıdır.
- Sızdırmalı yağmur kuyusunun cidarında dere çakılı kullanımı ile çevre birimlerden gelebilecek sedimanlarla büzün tıkanması engellenebilir.
- Kuyu çeperleri (isteğe bağlı) sediment birikimini engellemek için geçirimliliği çevre zeminin geçirimliliğinden daha yüksek olan jeotekstil malzeme ile de kaplanabilir. Ancak, kuyunun üst yüzeyine jeotekstil malzeme serilmesi de önerilir.
- Kuyunun üzeri 30 cm nebati toprak ile örtülmesi tavsiye edilir. Düzlenen yüzey üzerine tohum ekilerek çimlendirilebilir.

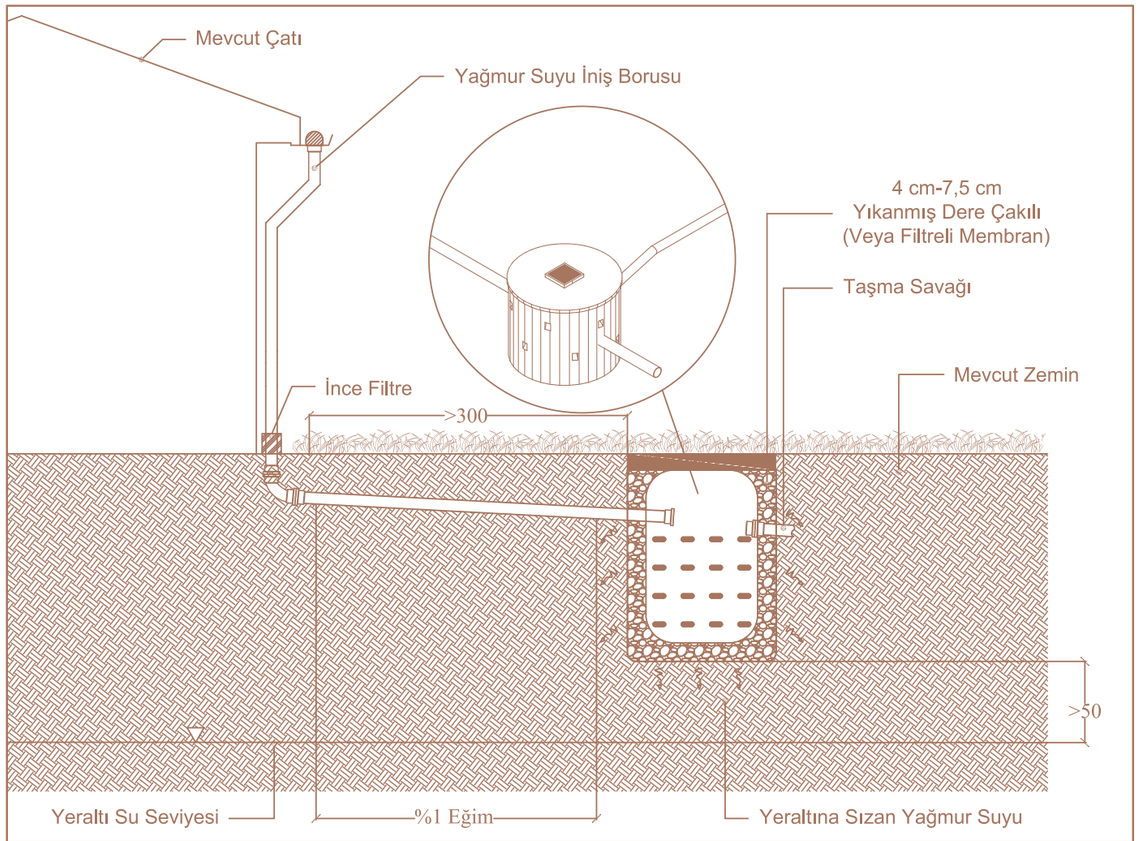
4.1.2.3.5 Bakım

Sızdırmalı yağmur kuyusunun içine çeşitli kirleticilerin girişini ve sediment birikimini önlemek için kullanılması tavsiye edilen filtrelerin su ve hava şartlarına uygun malzemeden üretilmiş ve bakım/onarım işleri açısından sökülebilir olmalıdır. Çatı oluğunun, yağmur suyu iniş borusunun, filtrenin ve kuyu içinin bakım ve temizliği her yıl düzenli olarak yapılmalıdır. Sızdırmalı yağmur kuyusu üzerine ağır yük yüklenmemeli, geçirimliliği azaltacak herhangi bir kaplama malzemesi uygulanmamalıdır.

4.1.2.3.6 Örnek Uygulamalar

Ödemiş Seyrekli Mahallesinde yer alan ve 100 m^2 lik bir çatı alanına sahip bir kırsal alan konutunun çatısına düşen yağmur suyu sızdırmalı yağmur kuyusu uygulaması ile toplanmıştır (Görsel 68).

Görsel 68. Ödemiş Seyrekli Mahallesinde 100 m2 çatı alanına sahip bir kırsal alan konutunda uygulanmış Sızdırmalı Yağmur Kuyusu Örneği (Delikli beton künk çapı: 70 cm)



NOTLAR

1. SIZDIRMALI YAĞMUR KUYUSU HERHANGİ BİR YAPIDAN EN AZ 3,00 m, FOSEPTİK VE DRENAJ YAPILARINDAN 10,00 m UZAKLIKTA OLMALIDIR.
2. ANİ YAĞIŞLARDA OLUŞABİLECEK TAŞKINLAR İÇİN MUTLAKA TAHLİYE KANALI YAPILMALIDIR.
3. ÖLÇÜLER cm'DİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR

SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

SIZDIRMALI YAĞMUR KUYULARI

YK-01

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGER KENT İZMİR

4.2 Doğa Esaslı
Altyapı Teknikleri

4.2.1 Yağmur
Bahçeleri

4.2.1.1 **Genel** Tanım

Yağmur bahçesi; çatılar, araç yolları, yürüyüş yolları, araç parkları gibi geçirimsiz yüzeylerden gelen yağmur sularını yakalayan, üzerinde bitkilerin yetiştirilebildiği sığ alanlardır. Bu uygulama, yağmur sularını toplayarak geçici olarak tutar, filtreler ve yeraltına sızdırır. Böylece kirlenen yüzey sularının doğrudan denizlere, derelere ve su kaynaklarına karışmasını engeller, gri altyapı üzerindeki yağmur suyu yükünü ve su baskınlarını azaltır. Yağmur bahçesinin temel işlevi, toplanan yüzeysel akışın iyileştirilmesini sağlayarak yakın çevresi için su kalitesini artırmaktır. Bu tür uygulamalar, yağmur sularının etkin bir şekilde kullanılmasını, akışla gelen yağmur sularının doğal bir filtreleme ile temizlemesini, yeraltı sularının beslemesini, ekonomik ve sürdürülebilir bir drenaj sistemi sunmayı, uygulandığı bölgeye özgü flora ve fauna için uygun bir ortam oluşturulmasını, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğinin artmasını hedefler (65).

Yağmur bahçeleri, kumlu topraklardan killi topraklara kadar farklı toprak türlerinde, çeşitli iklim koşullarında ve farklı ölçeklerde uygulanabilir.

Kentsel alanlarda yağmur suyunun kontrolü, yönetimi ve sürdürülebilir kullanımı için öncelikli hedef, geçirimsiz zeminlerin azaltılarak geçirimli yüzeylerin arttırılması ve bu sayede suyun yeraltına daha kolay sızmasını sağlamaktır (66). Yağmur bahçesi tekniği bu yönde çözüm yaratabilecek en iyi uygulamalardan biridir. Özellikle çatılara düşen yağmur sularının altyapı sistemlerine karışmasını engelleyerek altyapı üzerindeki yağmur suyu yükünü azaltmada etkili olur.

> “İzmir’de **10 metrekare** bir yağmur bahçesi yılda ortalama **47 ton** yağmur suyunu tutabilir.”

Görsel 69. Yağmur Bahçesi

Uygulama Ölçeği

- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [ ] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Nutrient / Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Çalışma alanının çevresindeki tüm unsurların analizi yapılmalıdır. Yağmur suyu akış yönü belirlendikten sonra, çatı ve diğer geçirimsiz zeminlerden gelen yağmur suyunun hareketi incelenmeli ve yağmur bahçesi için en uygun yer belirlenmelidir (67).
- Yağmur bahçesi, yağış hacmi dikkate alınarak boyutlandırılır.
- Uygun zemin koşulları sağlanmalıdır. Toprak sızma hızına göre derinlik belirlenmelidir.
- Şiddetli yağışlar esnasında yağmur bahçesi doygun hale geldiğinde, fazla suyun güvenli şekilde drene olabileceği bir alan belirlenmelidir.
- Yağmur bahçesinde kullanılacak bitkiler bölgenin florasına uygun çeşitlilikte seçilmelidir. Bitkilerin su ihtiyacı ve suya maruziyeti dikkate alınmalıdır.

Kısıtlamalar

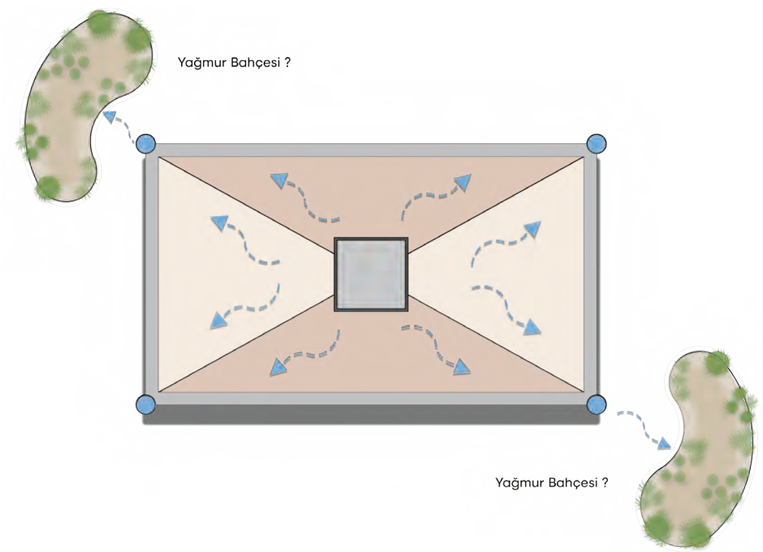
- Yağmur bahçesi, yakınında yer alan binaların saçak kenarlarından en az 180 cm uzakta olmalıdır (69).
- Kazı çalışması, çevrede yer alan ağaç kökleri nedeniyle engellenebilir.
- Sediment taşınımı nedeniyle tıkanabilir.
- Bakım gerektirir.
- Mevsimsel yeraltı suyu tablasının yüksek olduğu yerlerde tercih edilmemelidir.
- Eğimin %10'dan fazla olduğu alanlar için uygun değildir.

Faydaları

- Yüzey akış miktarını ve hızını düşürür, su baskınlarını kontrol altına alır.
- Altyapı sistemine giren yağmur suyu yükünü azaltır.
- Kentsel ısı ada etkisini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği destekler.
- Biyolojik aktiviteyi artırarak kuş, kelebek gibi birçok hayvana doğal yaşam ortamı sağlar ve kentsel ekolojiyi korur (68).
- Evapotranspirasyonu artırır.
- Yüzey akışını kirletici maddelerden (yağ, ağır metal vb.) temizler ve su kalitesini artırır.
- Yeraltı suyunu besler ve drenaj problemlerine çözüm üretir.
- Kentsel çevreyi estetik olarak iyileştirerek peyzajı zenginleştirir.

4.2.1.3 Yer Seçimi

Bir yağmur bahçesi için yer seçimi, etkin ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için kritiktir. Yer seçimi için ilk adım, uygulanacağı sahada yağmur suyunun akış yönlerini ve sahanın genel topografyası detaylı bir şekilde değerlendirmektir. Çatılar, geçirimsiz yollar, sokaklar, teraslar, sıkıştırılmış toprak alanlar yağmur suyunun doğal olarak akışa geçtiği yerler olup, yağmur suyunun akışına etki eden önemli faktörlerdir (Görsel 70).



Görsel 70. Yağmur Bahçesine Akış Üreten Alanlar

Çatıdan toplanan yağmur suyunun yağmur bahçesine yönlendirilmesi planlanıyorsa, suyun zemine inişini sağlayan yağmur suyu iniş borularının her binada farklı sayıda ve özellikte olabileceği bilinmelidir. Bazı iniş boruları sadece çatıdan gelen yağmur suyunu toplarken, bazıları hem çatıdan hem de balkonlardan gelen yağmur suyunu aynı boru ile iletmektedir. Bu durumda balkonlardan gelen ve deterjan gibi çeşitli kimyasal temizleyiciler içerebilecek bu suların yağmur bahçesine karışmaması için, yalnızca çatıdan gelen iniş boruları yağmur bahçesine yönlendirilecek şekilde iniş boruları ayrılmalıdır.

Yağmur bahçesi uygulanacak binalarda, çatı suyunun etkin bir şekilde toplanabilmesi için bina çatısında göllenme olmayacak şekilde uygun eğimlere sahip ve yağmur suyu oluklarının sağlam ve sızdırmaz durumda olması önemlidir. Bu önlemler, yağmur suyunun etkili bir şekilde toplanmasını ve yağmur bahçesine yönlendirilmesini sağlayarak sistemin verimli çalışmasına katkıda bulunacaktır.

4.2.1.4 Boyutlandırma

Bir yağmur bahçesi boyutlandırılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, yağış miktarı ve yağış sonrası ortaya çıkan yüzeysel akış miktarıdır. Yağmur bahçesinin boyutları; yapılacağı alanın eğimine, toprak özelliklerine ve çatıdan gelecek yağmur suyunun miktarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; uygulama alanında toprağın sızma hızı düşük ise, sızma hızı yüksek olan bir alana göre daha büyük boyutlarda bir yağmur bahçesi tesis edilmelidir. Bu kapsamda; yağmur bahçesinin uygulanacağı alanın toprağın sızma hızının tespit edilmesi ve geçirimlilik yönünden test edilmesi oldukça önemlidir (toprak sızma testleri için Bkz. Bölüm 3.3.1).

Toprağın dokusu, topraktaki kum, silt ve kil miktarına göre belirlenir. Bu bileşenlerin karışımı toprağın ne kadar iyi drenaj yaptığını ve bitkilerin kullanması için su ve besin maddelerini ne kadar iyi tuttuğunu etkiler. Bu nedenle yağmur bahçesi yapılacak zeminin özellikleri analiz edilmelidir.

Bir çatı alanından yağmur bahçesine gelecek yağış hacmi hesabı için;

$$V = \frac{P * A * k_{çatı} * k_{filtre}}{1000}$$

denkleminden yararlanılır. Burada;

V: Bir çatıdan toplanabilecek yağış hacmini (m^3),

P: Yağış yüksekliğini (mm),

A: Hasat edilecek boru/boruların bağlı olduğu çatı bölümünün alanını (m^2),

$k_{çatı}$**:** Çatı verimlilik katsayısını,

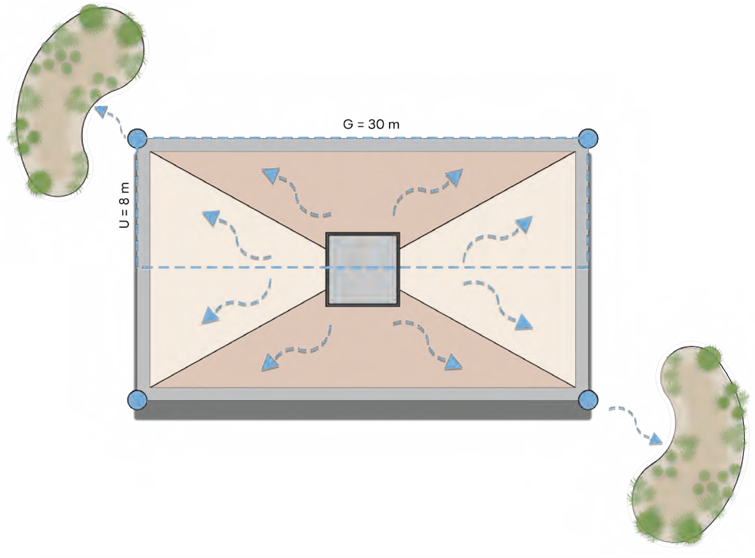
k_{filtre}**:** Filtre etkinlik katsayısını

ifade eder. Bu formülün daha net anlaşılabilmesi için aşağıda bir örnek sunulmuştur.

Örnek çatı yüzeyi m^2 hesabı

Yağmur bahçesi yer seçimi yapıldıktan sonra, yağmur hasadı yapılacak çatının ilk olarak eğimine dikkat edilir ve yağmur bahçesine bağlanacak iniş boruları belirlenir. Bir ya da birden fazla iniş borusunu yağmur bahçesine bağlamak mümkündür. Birden fazla iniş borusunun toplanması ve yağmur bahçesine yönlendirilmesi ekstra bir maliyet oluşturacağı için, tek iniş borusu kullanarak tesisat masrafları azaltılabilir. Yağmur bahçesinin büyüklüğüne ve amacına göre daha fazla iniş borusu da sisteme dahil edilebilir.

Bağlantı kurulacak iniş borusu veya boruları belirlendikten sonra yağmur bahçesinin ölçüleri geçirimsiz alanın büyüklüğüne göre belirlenir (Görsel 71).



Görsel 71. Yağmur bahçesi boyutlandırma örneği

240 m² çatı alanına sahip bu örnekte, her bir oluk eş miktarda suyu çatıdan zemine iletmektedir. Örnekteki yapı, 4 iniş borusuna sahip olduğundan, çatının tipi gereği her bir oluğun eş miktarda su ilettiği kabul edilebilir. Bu durumda, her bir iniş borusu 60 m² çatının akışını zemine iletmektedir. Bu değer (A), hasat edilecek çatı alanı olarak hesaplamalarda kullanılır.

Hesaplamalarda kullanılacak çatı verimlilik katsayısı ($k_{çatı}$) ise çatının tipine göre seçilir (Tablo 18). Bu örnekteki yapının çatısı eğimli ve pürüzlü kiremit çatı olduğu kabulü ile çatı verimlilik katsayısı "0,8" olarak kullanılacaktır. Eğer çatıdan gelen yağmur suyu iniş borularında filtre bulunmuyor ise, denklemde yer alan filtre etkinlik katsayısı (k_{filtre}) "1" olarak kabul edilmelidir. Bu örnekte filtre kullanıldığı kabulü yapılarak bu değer "0,9" olarak kabul edilmiştir.

Yağmur bahçeleri için yağış hacmi hesabında gerekli olan yağış yüksekliği (P) seçim kriterleri ve değerleri Bölüm 3.2.5 kapsamında sunulmuştur. İzmir için farklı süre ve tekerrür değerlerine göre yağış yükseklikleri, Tablo 15 ile sunulmuştur. Bu örnek özelinde, 2 yıl tekerrürlü 24 saatlik yağış verisinin "61,1 mm" kullanılması kabulü yapılmıştır. Tüm bu değerlere göre, bu örnekte bir iniş borusundan yağmur bahçesine gelebilecek yağış hacmi (V);

$$V = \frac{61{,}1 * 60 * 0{,}8 * 0{,}9}{1000}$$

denkleminden 2,6 m³ olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan yağış hacmi (m³), yağmur bahçesinin istatistiksel olarak 2 yıl içerisinde görülebilecek bir yağışta (seçilen yağış tipi nedeniyle) oluşabilecek akışı temsil eder. Bu suyun ne kadarlık bir alanda toplanabileceğine karar vermek için ise ilk olarak sahada toprak sızma (infiltrasyon) hızı hesaplanmalıdır. Sızmanın nasıl hesaplanacağına dair bilgiler Bölüm 3.3.1 ile paylaşılmıştır. Bir yağmur bahçesinin gelen yağmur suyunu sızdırılması ve bahçenin bir sonraki yağışa hazır olması için süre 24-48 saat arasında olmalıdır. Bu süre İzmir ve yakın çevresinde iklim değişikliğine bağlı kısa süreli ama yoğun yağışların görüldüğü göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Birim alanda maksimum sızma yüksekliğini hesaplamak için;

$$S_{maks} = t_{zaman} * \frac{T_i}{1000}$$

denkleminden yararlanılır. Burada;

S_{maks}: Birim alanda maksimum sızma yüksekliğini (m),

T_i: Toprak İnfiltrasyon hızını (mm/sa)

t_{zaman}: Gelen suyun sızma süresini (sa)

ifade eder.

Örnek çalışma için yağmur bahçesi kurulacağı alanın toprak infiltrasyon hızı (T_i) 15 mm/sa olarak hesaplanmış olup, gelen suyun sızma süresi (t_{zaman}) ise 36 saat olarak belirlenmiştir. Bu değerler sonucunda;

$$S_{maks} = 36 * \frac{15}{1000}$$

denkleminde 0,54 m olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan maksimum sızma yüksekliği birim alanda yeraltına sızan su miktarını ifade etmektedir. Gelen su miktarının (V) bu değere bölünmesi ile yağmur bahçesinin kurulacağı alana (A) ulaşılır.

Yağmur bahçesi kurulacak alanı hesaplamak için;

$$A = \frac{V}{S_{maks}}$$

denkleminden yararlanılır. Burada;

A: Yağmur Bahçesi Kurulması Gereken Alanı (m²),

V: Yağmur Bahçesine Gelen Yağış Hacmini (m³),

S_{maks}: Birim alanda maksimum sızma yüksekliğini (m),

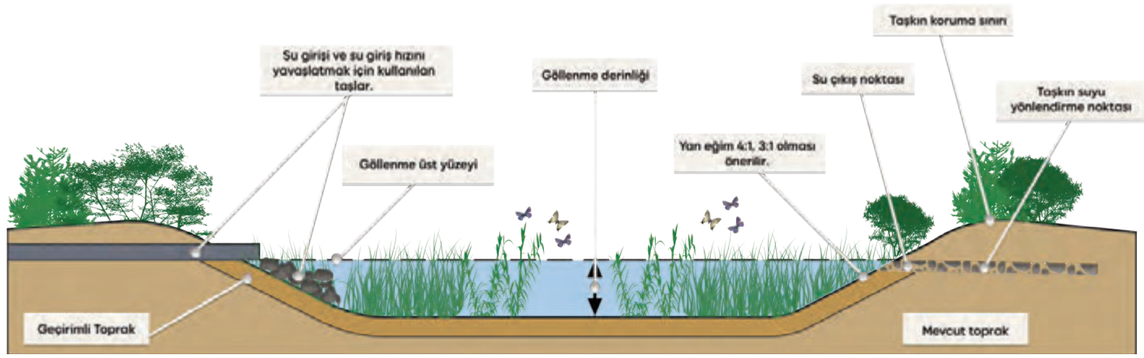
ifade eder.

Örnek çalışmada yağmur bahçesi kurulacak alana gelecek su miktarı (V) 2,6 m³ ve birim alanda maksimum sızma yüksekliği (S_{maks}) 0,54 m olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sonucunda yağmur bahçesi kurulması için gereken alan;

$$A = \frac{2{,}6}{0{,}54}$$

denkleminde 4,80 m² olarak hesaplanmıştır

Yağmur suyu tutma kapasitesine bağlı olarak, daha sığ veya daha derin bir yağmur bahçesi tercihi yapmak mümkündür. Genellikle tavsiye edilen göllenme derinliği 10-30 cm arasındadır. Bu bağlamda dikkate alınması gereken önemli bir faktör, daha derin bir bahçenin genellikle daha uzun bir drenaj süresine ihtiyaç duyabileceği ve dipte daha fazla suya dayanıklı bitkilerin tercih edilmesi gerekebileceğidir (Görsel 72).



Görsel 72. Yağmur Bahçesi Kesit Görünüşü

4.2.1.5 Uygulama Aşamaları

Yağmur bahçesi uygulamasında karar verilecek konulardan biri de tasarımdır. Yağmur bahçelerinin tasarımsal olarak genel formuna bakıldığında, yüzey akışı bünyesinde tutabilmesi için iç bükey yapıda olduğu görülmektedir.

Yağmur bahçesi doygun hale geldiğinde, akış fazlasını güvenli bir şekilde uzaklaştırabilmek ve aynı zamanda zararlı organizmaların çoğalmasını engellemek için tahliye (taşkın suyu yönlendirme) noktası belirlenmelidir. Yağmur suyu, kazılan alandan çakıl taşları ile basit bir kanal oluşturularak drene edilmelidir.

Yağmur bahçesi uygulamasında akış esnasında bahçeye gelen yağmur sularının bahçenin toprağını erozyona uğratmaması için yağmur bahçesine bağlı çatı oluklarının önüne doğal taş ve kayalar konularak gelen suyun hızı azaltılabilir. Bu sayede ekonomik bir çözüm estetik olarak uygulanmış olur.

Yağmur bahçesi kurulum adımları şu şekildedir:

- Uygulamaya başlamadan önce kazı ve bağlantı için gerekli aletler ve malzemeler temin edilmelidir.
- Yağmur bahçesi için önerilen konumun çevresindeki ve içindeki drenajı kontrol etmek için su giriş ve çıkış noktaları belirlenmelidir.
- Yağmur suyu giriş noktaları belirlenmelidir.
- Konumu belirlenen yağmur bahçesi planının bir işaretleme aracı (ip, zemin boyası ve/veya inşaatçı tebeşiri) ile zemine çizimi yapılabilir.
- Yağmur suyu giriş noktaları ve yağış fazlası suyun taşma alanları işaretlenmelidir.
- Eğer mevcut toprağın sızma hızı uygunsa, kazı işlemine başlanır. Ancak daha geçirgen bir toprağa ihtiyaç duyuluyorsa, kazı derinliği revize edilmelidir.

Kazı derinliği:

- Göllenme derinliğine, taşkın koruma sınırına ve toprak karışımının derinliğine göre yağmur bahçesi kazısı yapılmalıdır.

Su Yönlendirmek İçin Altyapı Kurulumu:

- Yağmur bahçesine su yönlendirilecek alanlardan boru, hendek veya çatı iniş borusu bağlantısı yapılmalıdır.

Taşma Kontrolü ve Set Oluşturma:

- Göllenme alanının dış tarafında taşma kontrolü sağlamak için set yapılmalıdır.

Toprak Karışımı Eklemek:

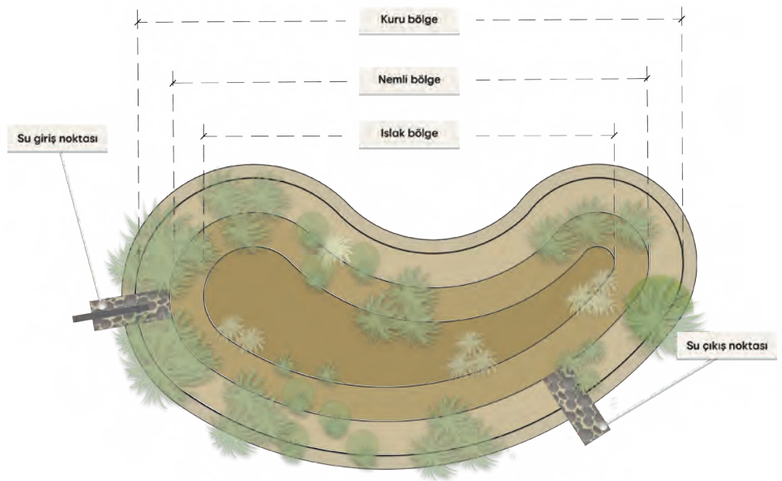
- Toprak değişimine karar verildiği durumda ona uygun kazı yapılıp, yeni toprağın serim işlemi yapılırken sıkıştırmamaya özen gösterilmelidir.

Döşeme ve İşaretlemeler:

- Su giriş ve çıkış noktalarının farklı boyutlardaki taşlarla döşenmesi, toprak kaybını önlediği gibi, su hızını yavaşlatmak için de önerilir.

Bitki dikimi:

- Yağmur bahçesi için seçilen su içi, nemli bölge ve kurakçıl bitki türleri, belirlenen konumlara dikilmelidir (Görsel 73).
- Yaz aylarında yağmur bahçesinin kuraklıktan korunması amacıyla, bitki dikimi sonrasında malç (örneğin cüruf, ağaç kabuğu veya dere çakılı) serimi yapılabilir. Malç tabakası, toprağın yüzeyinde bir bariyer oluşturarak suyun buharlaşmasını azaltır, toprağın nemini korur ve aynı zamanda yabani ot oluşumunu engeller. Bu uygulama, yağmur bahçesinin sürdürülebilirliğini artırarak bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümesine katkıda bulunabilir.



Görsel 73. Yağmur Bahçesi Plan Görünüşü

4.2.1.6 Bakım

Yağmur bahçesi uygulandıktan sonra, bitkilerin tam anlamıyla adapte olması genellikle ilk birkaç yıl sürebilir, bu dönemde ekstra bakım ve sulama gerekebilir. Ancak bu geçiş sürecini atlattıktan sonra, yağmur bahçelerinin bakımı oldukça kolaydır ve bitkiler sadece kurak dönemlerde sulanmalıdır.

Bitkisel Materyal Bakımı

Solma, canlılığını yitirme ve sarı/kahverengi yapraklar gibi durumlar yönünden bitkiler kontrol edilmelidir. Gerektiğinde bitki nakli ve/veya toprak değişikliği yapılmalıdır. Diğer yandan yabani otlar elle çıkarılmalıdır. Yeni büyüme dönemi gelmeden önce, erken ilkbaharda bitkilerden kurumuş çiçekleri ve ölü aksamları toplamak gerekmektedir. Yağmur bahçenizde sağlıklı bitkiler bulundurmak, yabani ot çimlenmesini en aza indirir, drenajı iyileştirir ve erozyonu azaltır. Yağmur bahçesinde minimum budama yapılmalıdır. Aynı bitkilerin çok sık budanması gerektiğini fark edilirse, daha az bakım gerektiren alternatiflerle değiştirme düşünülmelidir. Bazen yeni yağmur bahçelerinde bazı bitkiler gelişmez ve değiştirilmesi gerekebilir. İlkbahar ve sonbahar, yeni bitkiler koymak için en iyi zamanlarıdır. Ağaçlar ve çalılarda ölü, ölmekte olan, hastalıklı veya tehlikeli dallar ortaya çıktıkça budanmalı ve kaldırılmalıdır. Budama ağaçların tomurcuklanmasından önce (genellikle mart ayının ortasında) kış boyunca yapılmalıdır. Yağmur bahçesinde yabancı otlar ile mücadele amaçlı kimyasallar (herbisit veya böcek ilacı gibi) kullanılmamalıdır.

Göllenme Alanı Bakımı

Eğer göllenme alanında sızma görülmüyorsa, toprak gözenekleri tıkanmış veya toprak aşırı sıkışmış hale gelmiş demektir. Bu yüzden toprağın gevşetilmesi veya değiştirilmesi gerekebilmektedir. Aşırı birikmiş tortu ve birikintiler kaldırılmalıdır. Yağmur mevsimi başlamadan önce, suyun yağmur bahçesine serbestçe akmasını sağlamak için girişin yakınında yaprak birikmesi kontrol edilmeli ve her yağmur sonrası su giriş noktaları temizlenmelidir.

Malç Bakımı

Eğer yağmur bahçesinde malç kullanılmışsa, su ile sürüklenip sürüklenmediği düzenli olarak kontrol edilmelidir. İlkbaharda yağmur bahçesinde yapılacak temizlik sonrasında, yeni bir malç tabakasının yağmur bahçesine eklenmesi faydalı olacaktır (70).

4.2.1.7 Örnek Uygulamalar

Karşıyaka Kardelenler Anaokulu'nda pilot proje olarak yağmur bahçesi uygulanmıştır. Uygulanan bu çalışma 8 m^2 bir alanı kapsamaktadır. 250 m^2 büyüklüğünde geçirimsiz zemine düşen 2 yıl 24 saatlik yağış verisine göre planlanan yağmur bahçesi uygulaması ile 12 m^3 suyu depolayarak yeraltına sızdırmaktadır (Görsel 74).

Görsel 74. Kardelenler Anaokulu Yağmur Bahçesi Çalışması

Toprak sızma testinin yapılması: Derinliği 60 cm olan ve çapı 30-60 cm arasında değişen bir test kuyusu su ile doldurulur. Ardından, ölçülü bir çubuk kullanılarak toprağın sızma kapasitesi değerlendirilir.

Görsel 75. Toprak Sızma Testi

Toprağın kazılması: Uygulamanın yapılacağı alanın büyüklüğü hesaplanır ve bu alanda kazı işlemi gerçekleştirilir.

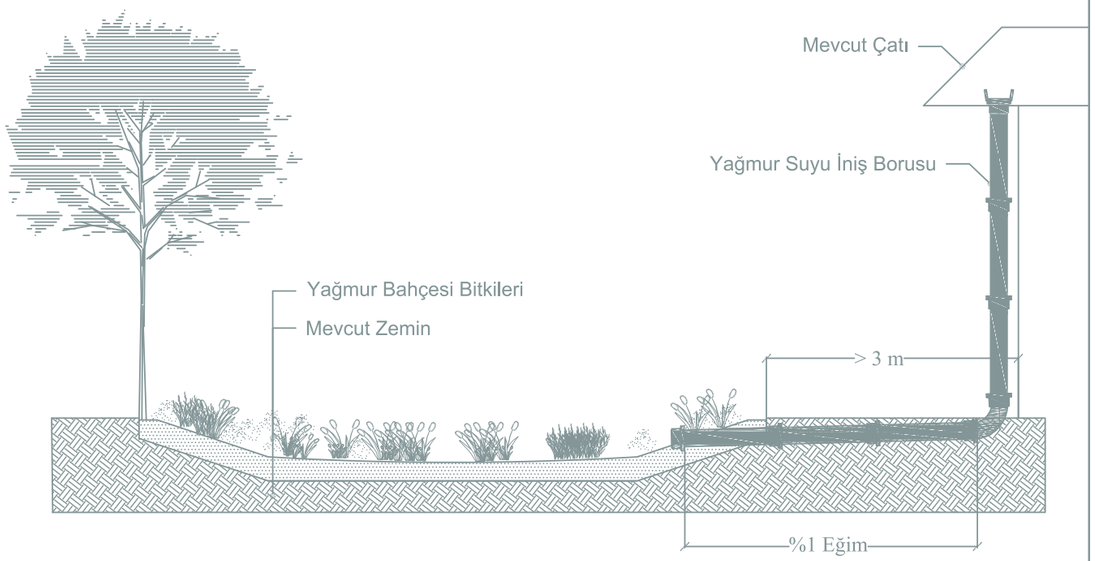
Görsel 76. Toprağın Kazılması

Çakıl katmanı eklenmesi ve toprak serilmesi: Yapılan hesaplamalar doğrultusunda, uygulama alanında ek depolama alanına ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle çakıl katmanı eklenerek üzerine toprak serilmiştir.

Görsel 77. Çakıl Katmanı Eklenmesi ve Toprak Serilmesi

Bitkilerin uygun bölgelere yerleştirilmesi ve dikimini yapılması.

Görsel 78. Bitki Dikimi Yapılması



NOTLAR

1. YAĞMUR BAHÇESİNİN YAN YÜZEYLERİ 4:1 İLE 3:1 (YATAY:DİKEY) ARALIĞINDA BİR DEĞER OLARAK BELİRLENMELİDİR.
2. YAĞIŞ ALMA POTANSİYELİ AÇISINDAN SU BASKINI OLUŞMA RİSKİNE KARŞI DRENAJ ÜNİTESİ YAPILABİLİR. (ZORUNLU DEĞİLDİR.)
3. YAĞMUR BAHÇESİNDE KULLANILACAK BİTKİLER BÖLGENİN FLORASINA UYGUN VE SU İSTEĞİ BAKIMINDAN BİTKİNİN EKOLOJİK İSTEKLERİ GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULARAK SEÇİLMELİDİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR

SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

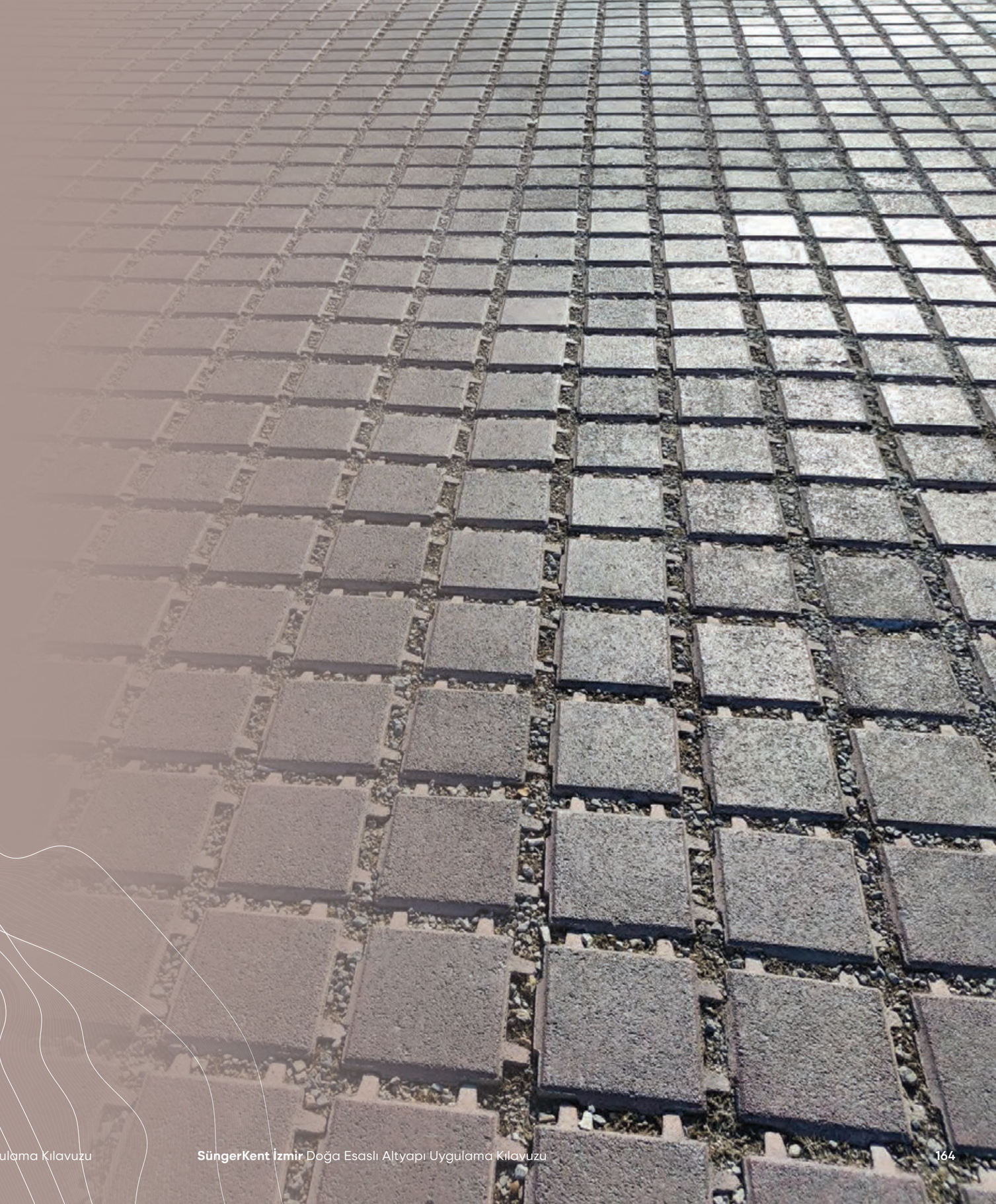
SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

YAĞMUR BAHÇESİ

YB-01

“Sünger kaplamalar taşıt, yaya yolları ve otopark alanlarında uygulanabilen yağmur suyunu depolayan, filtreleyen ve sızdıran yeşil altyapı tekniğidir.”

4.2.2 Sünger
Kaplamalar



4.2.2.1 **Genel** Tanım

Sünger kaplamalar; taşıt yolları, park cepleri, otopark alanları ve yaya yolları gibi az geçirimli-geçirimsiz kentsel alanlar için alternatif olarak tasarlanan, yüksek yüzey geçirimliliğine sahip kaplama türlerini ifade eder. Genel olarak yağmur suyunun yüzeyden yakalanarak alttaki depolama katmanına iletilmesi ve doğal zemine sızdırılması prensibiyle çalışırlar. Böylelikle yağmur suyu yüzey akışı azaltılır, birleşik altyapı sistemi üzerindeki yükler hafifletilir, sızma yoluyla yeraltı suyu beslenir ve filtrelenerek su kalitesi arttırılmış olur. Sünger kaplamalar, "Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, 2017" kapsamında 'Gözenekli Zemin-Modüler Kaplama' olarak sınıflandırılmaktadır.

Sünger kaplama uygulaması üç ana eksende incelenebilir:

- Geçirimli Kaplama
- Depolama Katmanı
- Sızdırma Yapılacak Doğal Zemin

Geçirimli Kaplama

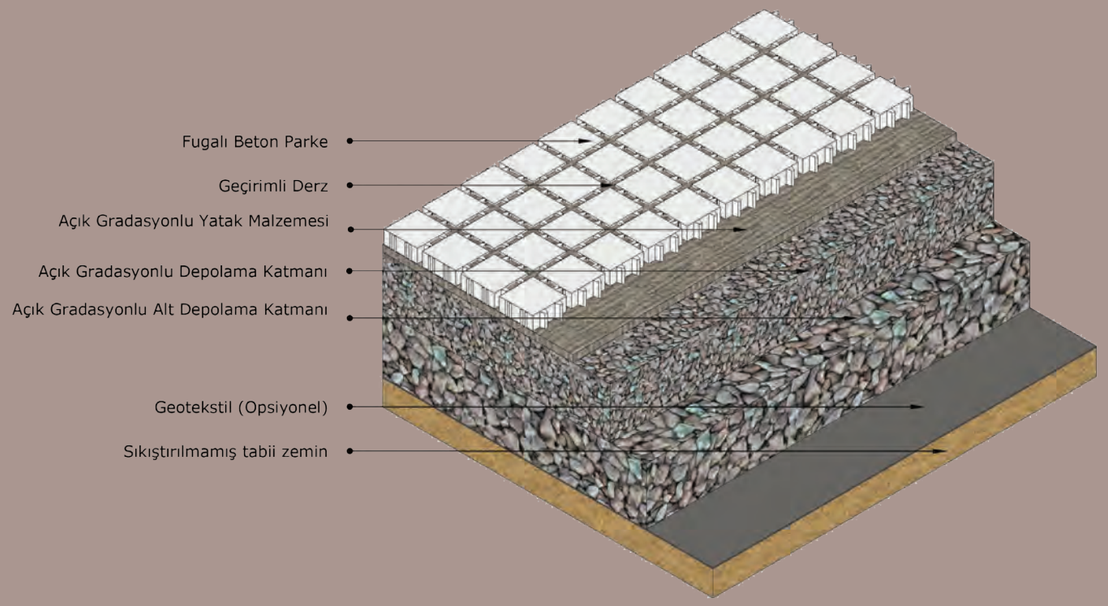
Katmanın görevi üstüne düşen veya iletilen akış sularını hızlı bir şekilde sızdırarak altında bulunan depolama katmanına iletmektir. Geçirimli asfalt, geçirimli beton veya kilit/fugalı parke taşı formlarında olabilir. Geçirimlilik, kilit/fugalı parke taşı uygulamalarında parkeler arasında oluşturulan derz boşlukları yardımıyla, geçirimli beton ve asfalt uygulamalarında ise artırılan kaba agrega oranı ile elde edilen yüksek boşluk oranı ile sağlanır. Gözenekli beton ve asfalt uygulamalarında yüzey geçirgenlik oranı 1000 mm/s kadar çıkabilmektedir (54).

Depolama Katmanı

Geçirimli kaplama katmanı altında, inceden iriye doğru sıralanmış değişik dane boyutlarında agregalardan oluşur. Daneler kaplama üzerine gelen mekanik yükleri (taşıt, insan, yük vb) dağıtır, suyu filtreler ve aralarında bulunan boşluk hacmi içinde yüzey akışını geçici olarak depolar. Ortalama boşluk hacmi oranı %35-40 arasındadır. Depolama katmanı derinliği sünger kaplama üzerine düşen/iletilen toplam akış suyu miktarına ve zemin geçirimliliğine bağlı olarak belirlenir. Doğal zeminin sızma hızının görece yüksek olduğu durumlarda daha düşük depolama katmanı derinliği yeterli olurken, düşük zemin geçirimliliği durumunda ise daha derin depolama katmanına ihtiyaç duyulur. Katman derinliği arttıkça sistemin taşkın öteleme performansı artar. Mevsimsel koşullara bağlı olarak depolama katmanı taban kotunun, yeraltı su seviyesinin en az 1,5 m üstünde olacak şekilde tasarlanması önerilir.

Sızdırma Yapılacak Tabii Zemin

Depolama katmanı içerisinde geçici olarak tutulan yağmur suyunun sızdırılacağı doğal zemindir. Sünger kaplama sistemlerinde uygulamanın bir sonraki yağışa hazır hale gelebilmesi için depolama katmanı içerisinde biriken yağmur sularının tabii zemin içerisine makul bir süre içinde sızabilmesi gerekir. Uluslararası uygulamalarda bu süre 48-72 saat aralığında önerilmektedir. (55) Uygulama yapılacak alanda tabii zeminin doygun durumda sızma kapasitesinin düşük olduğu durumlarda (<10 mm/sa) depolama katmanı daha fazla su tutabilecek şekilde derinleştirilmeli veya ek drenaj bileşenlerine(perfore drenaj borusu vb.) sahip olmalıdır.



Görsel 79. Sünger Yol Katmanları

Uygulama Ölçeği

- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [x] Kaldırımlar ve Yaya Yolları
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [ ] Patojen Giderimi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Planlama Kriterleri

- Uygulama yapılacak alanda bulunan doğal zeminin sızma kapasitesinin düşük olması durumunda depolama haznesi derinliği artırılmalı ve/veya ekstra drenaj sistemi (perfore boru vb.) entegre edilerek en yakın alıcı ortama bağlanmalıdır.
- Sünger kaplama uygulaması yapılacak alanda maksimum arazi eğimi %5'i geçmemelidir.
- Uygulama alanının her iki cephesinde yapı temel mesafesi 3 m 'den az ise, yapı tarafındaki yüzeylere su yalıtımı (jeomembran) uygulanmalıdır.
- Depo katmanı taban kotu, mevsimsel değişimler de dikkate alınarak yeraltı suyu seviyesinin en az 1,5 m üzerinde olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Geçirimli yüzey kaplaması uygulaması yapılacak alanın 15 m yarıçap mesafesi içerisinde herhangi bir su kaynağı (kuyu, kaynak vb.) bulunmamalıdır.

Faydaları

- Yüzey akışının geçici olarak depolanması ve sızdırılması ile yağış anında maksimum akış debilerinin düşmesi ve ötelenmesi sağlanır.
- Su baskınlarının hafifletilmesi ve önlenmesi sağlanır.
- Yeraltı suyu beslenir.
- Birleşik olarak çalışan altyapı sistemleri (atıksu hatları) üzerindeki yağmur suyu yükü azalır.
- Yağış durumunda AAT'lere gelen atıksu yükü azalır.
- Katı maddelerin, hidrokarbonların, toplam azot ve fosfor gibi kirleticilerin etkileri azalır.
- Kentsel yüzeylerde estetik iyileştirme sağlanır.
- Yaya ve araç trafiği kalitesi (su birikimlerinin önlenmesi) artar.

Kısıtlamalar

- Aşağıda belirtilen alanlarda sünger kaplama uygulamasından kaçınılmalıdır;

  - Akaryakıt İstasyonları
  - Filo Depoları
  - Tır ve Dağıtım Merkezleri
  - Araç Bakım & Onarım Alanları
  - Katı Atık Tesisleri
  - Yoğun Sanayi Bölgeleri
  - Havaalanı Bakım & Onarım Alanları
  - Arıtma Tesisleri
  - Yarış Pistleri
  - Demiryolları
  - Araç Yıkama İstasyonları
  - Hurda Alanları
  - Yapay Dolgu Alanlar
  - Yeraltı Otoparkları

Parke

Beton

Asfalt

4.2.2.3 Geçirimli/Poroz Beton

Poroz ve/veya geçirimli beton, yüksek geçirgenlik özelliklerine sahip özel bir beton türüdür. Bu beton, akış sularını hızlıca emen ve altındaki katmana ileten gözenekli bir yapıdadır. Kentler için etkili ve sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarından birisi olan geçirimli beton, yapısal özellikleri bakımından taşıt yolları, park, otopark ve yaya yolları gibi çeşitli kullanım alanları bulmaktadır (Görsel 80)(Görsel 81).

Görsel 80. Otopark Alanı (56)

Görsel 81. Yürüyüş Yolu (57)

Geleneksel beton gözenekliliği %5-10 arasında iken geçirimli betonda bu oran %15-35 arasında değişmektedir. Gözenekli bir yapıya sahip olması için standart beton karışım oranlarından farklı olarak daha yüksek oranda agrega ve çok az miktarda ince(bağlayıcı) malzeme içeren bir karışımdan elde edilir. Uluslararası uygulama örneklerinde özel ihtiyaçlara göre farklı karışım türleri geliştirilse de Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) tarafından yayınlanan ACI 522R-10' da geçirimli beton için tipik karışım oranları önerilmektedir (Tablo 23).

Tablo 23 ACI 522R-10 'a göre tipik geçirimli beton karışım oranları (58)

Malzeme	Karışım Oranı
Bağlayıcı Malzeme (Kg/M³)	270-415
Agrega (Kg/M³)	1190-1480
Agrega/Çimento Oranı (Ağırlıkça)	4:1~5.5:1
Su/Çimento Oranı (Ağırlıkça)	0.27~0.34

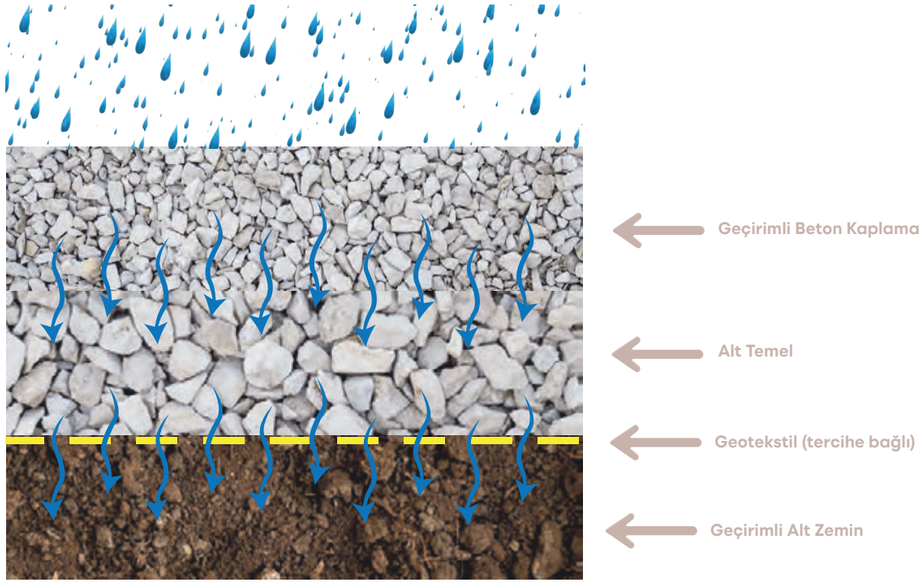
Geçirimli betonda geçirimlilik özelliğinin sağlanması için gereken yüksek boşluk oranı basınç dayanımının geleneksel betona kıyasla daha düşük olmasına yol açmaktadır. Yine de pek çok uygulama alanı için yeterli basınç dayanımına ulaşılabilmektedir (56).

Beton tabakası tasarım kalınlığı farklı kullanım amaçlarına göre 12,5-25 cm arasında değişmektedir (56). Depolama katmanı kalınlığı ise kaplama üzerine yönlendirilecek toplam akış hacmi ve tabii zeminin geçirimliliği dikkate alınarak belirlenmelidir. Uygulama alanlarına göre 'Türkiye Hazır Beton Birliği' tarafından önerilen geçirimli beton kalınlıkları Tablo 24 ile sunulmuştur;

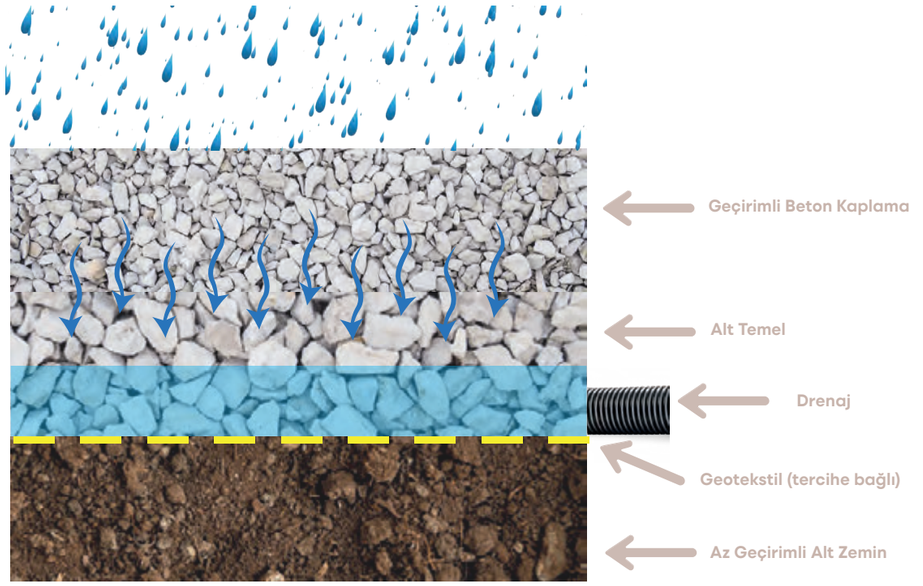
Tablo 24 Farklı kullanım yerlerine göre önerilen geçirimli beton kalınlıkları (56)

Malzeme	Önerilen Beton Kalınlığı (Cm)
Kaldırımlar Ve Bisiklet Yolları	12,5-15
Hafif Trafik Etkisi Olan Otopark Vb. Alanlar	15-20
Orta Trafik Etkisi Olan Otopark Vb. Alanlar	20-25
Ağır Trafik Yüküne Maruz Kalan Alanlar	Geçirimli beton önerilmemektedir.

Geçirimli beton uygulaması diğer sünger kaplama çeşitlerinde olduğu gibi bir alt temel (depolama katmanı) üzerine oturmalıdır. Doğal zemin sızma hızına bağlı olarak ek drenaj sistemi entegre edilebilir (Görsel 83).



Görsel 82. Geçirimliliği yüksek doğal zemin için tipik uygulama kesiti



Görsel 83. Ek drenaj sistemli uygulama kesiti

Genel olarak geçirimli beton uygulamasının sunduğu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

Su Birikimini Önler ve Taşkın Riskini Azaltır:

Geçirimli beton yollar, yağmur sularını emerek birikimini engeller. Bu özellik, suyun birikmesini ve taşkın riskini azaltır, böylece altyapının dayanıklılığını artırır.

Çevresel Duyarlılık:

Geçirimli beton, çevresel sürdürülebilirlik açısından avantajlıdır. Su akışını düzenler ve yeraltı sularını besler, bu da çevresel dengenin korunmasına yardımcı olur.

Isı Adası Etkisini Azaltır:

Daha yüksek boşluk oranı sayesinde kaplama içerisinde daha fazla hava ve su tutulduğundan ısı adası etkisini azaltır.

Yol Tutuşu:

Geçirimli betonun yüzeyi daha pürüzlü olduğundan daha yüksek sürtünmeye sahiptir, bu da güvenli bir sürüş sağlar.

Gürültü Azaltma:

Geçirimli beton, diğer geleneksel yol yüzeylerine göre daha trafik gürültüsüne sahiptir. Böylece çevresel konfor artar.

4.2.2.4 Geçirimli/Poroz Asfalt

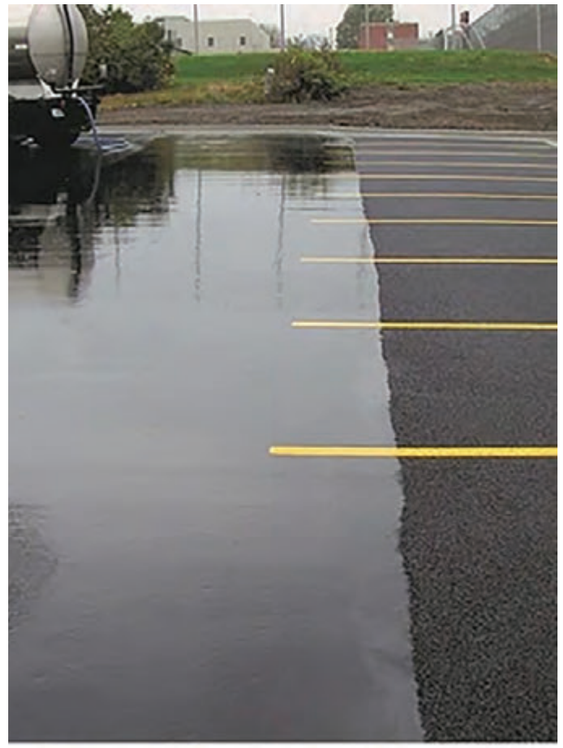
Temel olarak asfalt, bitüm ve kaba-ince-filler agregalardan oluşan bir karışımdır. Geçirimli/poroz asfaltta kaba agrega oranı yüksek, ince ve filler agrega oranı düşüktür. Bu sayede daha boşluklu bir yapıya sahip olmaktadır. Klasik asfalt hava boşluğu oranı %3-5 aralığında iken, poroz asfaltta bu değer %18-28 arasındadır. Bu nedenle su geçirgenliği oldukça yüksektir (59).

Boşluk oranı yüksek olduğundan normal asfalta göre don olayına, yüksek hava sıcaklıklarına, trafik yükleri altında deformasyona daha hassastır. Poroz asfaltın bu etkilere karşı direncini artırmak için karışımda kullanılan bitüm çeşitli katkılarla güçlendirilebilir. Bu karışımlar modifiye bitüm olarak anılmaktadır.

Bitüm, asfalt yol kaplamalarında agrega ile birlikte kullanılan önemli bir malzemedir. Termoplastik yapıda olduğundan dolayı iklimsel koşullara bağlı olarak farklı davranış özellikleri gösterir(sıcaklık). Asfalt içerisindeki optimum kullanım oranı genellikle %4-5 arasında değişmektedir. Çalışmalar, bitüm oranı arttıkça yük altında deformasyonun azaldığı, don kaybı, taşıma gücü ve aşınma direncinin ise arttığını göstermektedir.

Buna karşın karışımdaki bitüm oranı arttıkça boşluk oranı azalmakta ve dolayısı ile geçirimlilik düşmektedir. Sıcak iklim koşullarında yapılacak poroz asfalt uygulamalar için bitümün yumuşama sıcaklığını yükselten katkılar uygulanması önerilmektedir. Böylelikle özellikle yaz aylarında trafik yükü altında deformasyonlar azaltılabilir. Poroz asfalt uygulaması için KGM Karayolu Teknik Şartnamesi (61)'nde istenen boşluk oranı %18-22 arasındadır.

Poroz asfaltta kullanılması önerilen agrega gradasyonu KGM Karayolu Teknik Şartnamesi (61)'nde belirtilmiştir. Boşluk oranının yükseltilebilmesi için kaba agrega oranı görece yüksek, filler ve ince agrega oranı ise azdır (Tablo 25).



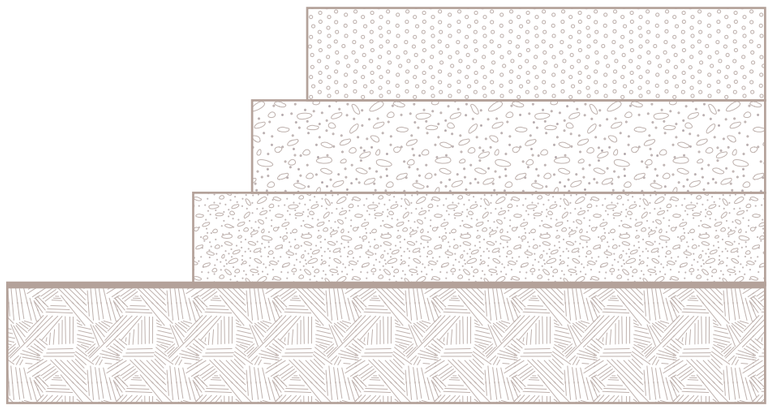
Görsel 84. Geçirimli asfalt uygulaması (60)

Tablo 25 Poroz asfalt için agrega gradasyon limitleri, KTŞ (61)

Elek Boyutu		Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tolerans Limitleri
in, No	mm	Geçen%	Geçen%	Geçen%	Geçen%	%
3/4”	19,0	100	100	100	-	-
1/2”	12,5	5-15	90-100	85-95	100	±4
3/8”	9,5	-	63-77	5-15	85-95	±4
No.4	4,75	5-12	11-35	5-15	5-12	±3
No.10	2	5-10	10-20	5-10	5-10	±3
No.80	0,180	-	5-10	-	-	±3
No.200	0,075	3-5	3-7	3-5	3-5	±2

Kullanılacak agreganın kesinlikle yıkanmış olması gerekmektedir. Bazalt-granit gibi yüksek kaliteli volkanik kayaçlardan elde edilen agregalarının kullanımı KGM tarafından önerilmiştir (61). Özel durumlarda kalkerli kayaç agregaları da kullanılabilir.

Diğer sünger kaplamalarda olduğu gibi poroz asfalt uygulamasında da asfalt katmanı altında ince agrega yatak katmanı ve depolama katmanı bulunur. Asfalt tabakası kalınlığı tipik olarak 6,5-10 cm arasında değişmektedir. Depolama katmanı derinliği kaplama üzerine gelen toplam akış suyu hacmine göre hesaplanmalıdır (Görsel 85).



Görsel 85. Poroz asfalt tipik uygulama kesiti

Geçirimli asfalt uygulamasının sahip olduğu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Klasik asfalt yüzeylere göre yüzey akışını yüksek oranda emerek taşkın koruma faydası sağlar.
- Yüksek geçirimlilik sayesinde yol üzerinde göllenmeler oluşmaz. Araç ve yaya trafiği kalitesi artar.
- Poroz asfalt yollarda araç içi ve araç dışı trafik gürültüsü normal asfalt ve parke yollara göre %10-15 oranında daha az olmaktadır.
- Poroz asfalt pürüzlülük oranı görece yüksek olduğundan taşıtların yola tutunması kolaylaşır.
- Normal asfalt üretim tesislerinde üretilebilir ve imalatı aynı ekipmanla yapılabilir. İşlenmesi kolaydır.

4.2.2.5 Sünger Yollar

Yollar kentsel hidrolojinin önemli bir unsurudur. Kendi üzerlerine düşen yağışa ek olarak çatı alanlarından iniş boruları ile yollara deşarj düşen yağmur sularını da iletirler. İzmir kentsel alanında mevcut taşıt yollarının ağırlıklı bölümünü asfalt (31,09 km²) ve kilit parke taşı (5,73 km²) yollar oluşturmaktadır. Benzer şekilde kent içi açık otopark alanlarının büyük bir kısmı asfalt ve kilit parke taşı yüzeylere sahiptir. İzmir uzun yıllar ortalama yağış yüksekliği dikkate alındığında yıllık yaklaşık 20,00 hm³ akış potansiyeline sahip oldukları hesaplanmıştır.

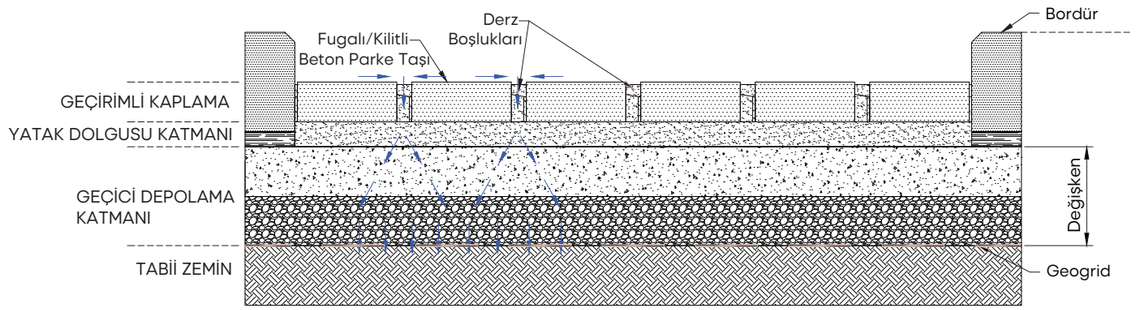
Genel olarak asfalt yüzeylerin düşük geçirimliliğe, kilit parke yüzeylerin ise daha yüksek geçirimliliğe sahip olması beklenir. Ancak kent içinde bulunan birçok kilit parke alanı üzerinde yapılan sızma testleri sonucunda bu yüzeylerin geçirimliliğinin de oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Görsel 53). Bu durum genellikle kilit parke uygulamasının mevcut geçirimsiz yüzeyler üzerine yapılması veya deformasyonları önlemek için parke altı katmanlarda aşırı sıkıştırma ve çok ince taneli yatak malzemesi kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Özetle, şehir içi yolların büyük bölümünün mevcut geçirimliliği yok denecek kadar az olup, üzerlerine düşen veya çatılardan iletilen yağışı doğrudan yüzey akışına çevirerek su baskınlarına ve trafik sorunlarına neden olmaktadırlar. Süngerkent İzmir yaklaşımı ile yolların kentsel su baskınlarının oluşmasındaki negatif etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak sünger yollar tasarlanmıştır.

Sünger yollar, kent içi taşıt yollarında, yüzey akışını yakalayarak azaltmak, geçici olarak depolamak ve yeraltına sızdırmak için tasarlanmış özel sünger kaplama uygulamasıdır. Geçirimli kaplama tipi olarak kilit/fugalı parke taşı veya poroz asfalt seçilebilir.

Yüzey katmanı altında yaklaşık 15 cm kalınlığında 2,5-24 mm dane boyutlu açık gradasyonlu yatak katmanı ve altında 24-63 mm dane boyutlu inceden iriye yıkanmış kırmataştan oluşan depolama katmanı bulunmaktadır. Orta taşıt trafiği etkisi altında deformasyonları minimize etmek için depolama katmanı tabanında trafik yüküne uygun şekilde geogrid uygulaması ile güçlendirme yapılmalıdır.

Basitleştirilmiş bir sünger yol tip kesiti Görsel 86 ile sunulmuştur:

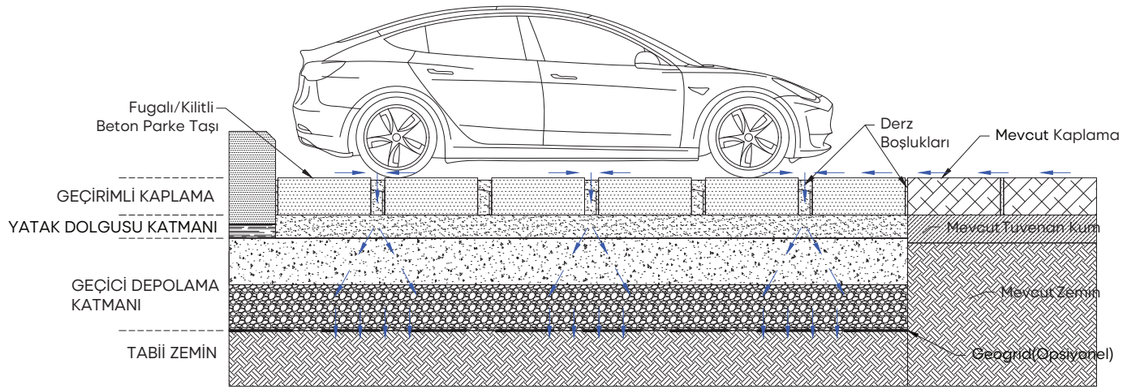


Görsel 86. Basitleştirilmiş Sünger Yol tip kesiti (kilit parke taşı ile)

Detaylı uygulama tip kesiti ekte sunulmuştur (SY-01).

4.2.2.6 Sünger Otoparklar

Sünger otoparklar, kent içi otoparklarda, yüzey akışını yakalayarak azaltmak, geçici olarak depolamak ve yeraltına sızdırmak için tasarlanmış sünger kaplama uygulaması türünü ifade eder. Kaplama tipi olarak kilit/fugalı parke taşı, poroz asfalt veya poroz beton seçilebilir. Geogrid uygulaması araç tonajına bağlı olarak opsiyoneldir. Basit bir sünger otopark tip kesiti aşağıdaki görselde sunulmuştur (Görsel 87).



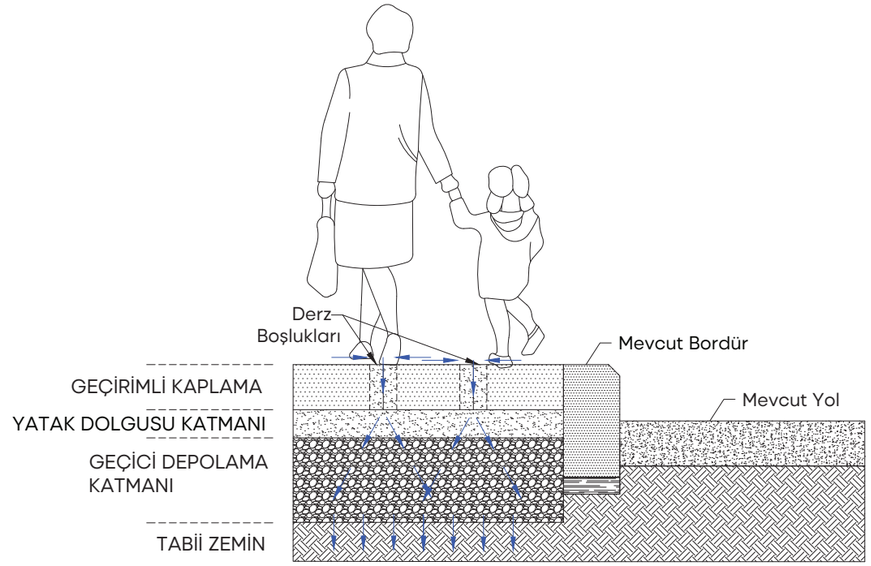
Görsel 87. Basitleştirilmiş Sünger Otopark tip kesiti

Detaylı uygulama tip kesiti ekte sunulmuştur (S0-01).

4.2.2.7 Sünger Kaldırımlar

Sünger kaldırımlar, kent içi yaya kaldırımları üzerine düşen yağmur suyunu yakalamak, depolamak ve sızdırmak amacı ile tasarlanan sünger kaplama uygulamasıdır. Bunun yanı sıra yağış sonrası kaldırım yüzeyinde su birikintileri oluşmasının da önüne geçerek yaya ulaşımı kalitesini artıran bir unsurdur. Sünger kaldırımlar, bitişiklerindeki diğer yeşil altyapı teknikleri ile bağlantı kurularak birleşik olarak da çalışabilirler.

Basitleştirilmiş bir sünger kaldırım kesiti aşağıdaki görselde sunulmuştur (Görsel 88).



Görsel 88. Basitleştirilmiş Sünger Kaldırım Tip Kesiti

Detaylı uygulama tip kesiti ekte sunulmuştur (SK-01).

4.2.2.8 Yer Seçimi

Uygulama yapılacak alanda bulunan tabii zeminin, depolama katmanı içerisindeki suyu 48-72 saat içinde drene edebilmesi gerekir. Bu şekilde bir sonraki yağış için sistem hazır hale gelir. Doğal zemin sızma kapasitesi görece düşük ise drenaj süresi kriterini sağlayabilmek için depolama katmanı derinliği artırılmalı veya ek drenaj sistemi uygulaması yapılmalıdır. Zemin sızma hızı, çift halka infiltrometre testi ile tespit edilebilir (Bölüm 3.3.1).

Uygulama yapılacak alanda maksimum eğimin %5'i geçmemesi önerilir. Bu değerin üzerine çıkılması durumunda yüzey akışının geçirimli derz boşluklarından emilimi azalır ve uygulama verimi düşer. Bunun yanı sıra depolama katmanı içerisinde suyun homojen yayılımı bozulacağından tabi zemin sızma alanı da azalır. Bu durumu önlemek için proje eğiminin %2'den fazla olması durumunda depolama katmanı tabanında dikey teraslama yapılması önerilmektedir (55).

Ağır tonajlı taşıt trafiğine açık ve hız sınırının 50 km/sa üzerinde olduğu yollarda sünger yol uygulaması oturma ve olası deformasyonlar nedeniyle önerilmemektedir.

Yoğun altyapı bulunan alanlarda uygulama sırasında yüksek hassasiyet gerekiyor ise elle kazı yapılabilir. İmalat öncesinde ilgili kurumlardan görüş alınarak ilgili prosedürlere uyulmalıdır.

Yapı temellerine sızma sorunu yaşanmaması için, uygulama yapılacak alan sınırı ile yapı temelleri arasındaki mesafenin minimum 3 m olması gerekmektedir. Bu koşulun sağlanamadığı alanlarda depolama katmanı yan yüzlerine su yalıtımı (jeomembran) uygulanmalıdır.

4.2.2.9 Boyutlandırma

Sünger kaplamalar üzerine doğrudan düşen yağışı yakalar, uygulandıkları alandaki mevcut kaplamanın yerini 1:1 oranında alırlar. Drenaj alanı içerisinde kalan bitişik geçirimsiz alanlardan kaplama üzerine su yönlendirilmesi durumunda yine 1:1 oranının aşılmaması önerilmektedir (55).

Yüzeyden taşma olması istenmiyor ise, dizayn yağış yüksekliğini depolayacak şekilde depolama katmanı kalınlığı belirlenir. Depolama katmanı kalınlığı aşağıda verilen formül yardımı ile hesaplanabilir (55);

$$D_{kk} = \frac{P(1+R)}{e}$$

Burada;

D_{kk}: Gerekli depolama katmanı kalınlığını (cm cinsinden),

P: Kullanılması öngörülen yağış yüksekliğini (cm cinsinden) (Proje ve alan gereksinimlerine göre farklı tasarım yağış yükseklikleri seçilebilir)

R: Ek drenaj alanının geçirimli kaplama alanına oranını (kaplama üzerine başka bir alanın suyu iletilecek ise hesaplanır, diğer durumlarda 0 alınır),

e: Depolama katmanı agregalar arası boşluk oranını (ortalama olarak 0,35 kabul edilebilir, birimsizdir)

temsil eder. Sistemin sağlıklı bir şekilde bir sonraki yağışa hazır hale gelebilmesi için maksimum 72 saat (3 gün) içerisinde tabii zemine drene olması istenir. Toplam drene olma süresi aşağıdaki şekilde hesaplanır (55);

$$T = \frac{P(1+R)}{24 * GF * i}$$

T: Sistemin drene olma süresini (gün),

P: Kullanılması öngörülen yağış yüksekliğini (cm cinsinden (proje ve alan gereksinimlerine göre farklı tasarım yağış yükseklikleri seçilebilir)

R: Ek drenaj alanının geçirimli kaplama alanına oranını (kaplama üzerine başka bir alanın suyu iletilecek ise hesaplanır, diğer durumlarda 0 alınır),

GF: Güvenlik faktörünü (0,2 kabul edilebilir),

i: Yerinde yapılan doğal zemin sızma kapasitesini (cm/sa) (Bölüm 3.3.1)

temsil eder. Hesaplama sonucunda sistemin drene olma süresi 3 günü geçiyor ise kaplama üzerine yönlendirilen su miktarının azaltılması veya depolama katmanı kalınlığının artırılması önerilir. Özellikle sünger yol uygulamasında, mevcut yollar birbirine bağlı drenaj ağları olarak çalıştıklarından, kaplama üstüne gelecek su hacmi çeşitli sebeplerle (teknik nedenler, drenaj alanının büyük olması, alan kısıtlaması, altyapı nedeni ile depolama katmanı derinliğinin kısıtlanması vb.) depolama kapasitesini aşacaksa fazla suyun yüzeyden akışına izin verilebilir.

4.2.2.10 Uygulama Aşamaları

Kullanılacak malzeme ve ekipmanlar ilgili TSE, TS-EN, CE belgelerine sahip olmalı ve standartlarında belirtilen koşullarda saklanmalıdır. Depolama katmanını oluşturan agrega malzemesi, uygulama tip kesitlerinde belirtilen nominal dane boyutu ve standartlarına sahip olmalıdır. Kullanılacak agrega malzemesi kırmataş tercih edilmeli ve kesinlikle yıkanmış olmalıdır.

Sünger kaplamaların uzun vadede performansını koruyabilmek için sediment ve askıda katı madde gibi tortuyu kontrol eden, yüzeysel akışı yönlendiren ve doğal zeminin sıkışmasını en aza indirgeyen doğru inşaat tekniklerini uygulamak önemlidir;

Aşama 1. Uygulama Alanının Hazırlanması ve Kazılması

- Alanda halihazırda bulunan bordür ve kaplama (parke taşı, asfalt, beton vb.) sökülmeli ve uygun yerde depolanmalıdır.

- Kazı işleri kuru dönemde yapılmalıdır. Yağıştan hemen sonra kazı işlemi yapılmamalıdır.

- Kazıya başlandıktan sonra, alt zeminin sıkışmasını önlemek için kazı yapılan alanda ağır ekipman kullanımı en aza indirilmelidir.

- Uygulama yapılacak alanda yoğun altyapı vb. nedenler ile hassas davranılması gerekiyorsa el ile kazı yapılabilir.

- Alt zemini gevşetmek için kazının son 20-30 cm lik kısmında ekskavatör kepçe dişleri kullanılmalıdır. Tesviye işlemi mümkünse el ile yapılmalıdır.

- Ekipmanlar olabildiğince kazı yüzeyi dışından veya kazılmamış bölge üzerinde çalıştırılmalıdır.

Aşama 2- Jeotekstil, Jeomembran ve Geogridin Yerleştirilmesi (Gerekiyor ise)

- Eğer jeomebran ve jeotekstil ürünleri kullanılacak ise, üretici teknik şartnamesine uygun olarak imalat yapılmalı, bindirme boyları belirtilen uzunluklarda uygulanmalıdır.

- Agrega serimi ve sıkıştırılması sırasında yalıtımın hareket etmemesi veya delinmemesi için jeomembran sabitlenmelidir.

Aşama 3- Agrega Katmanının Serilmesi ve Sıkıştırılması

- Bütün agregalar ince taneli malzeme ve yabancı madde içeriğine karşı incelenmelidir. İmalat süresince agrega sedimentten ve kirleticilerden uzak tutulmalıdır.

- Serimden önce kazı tabanında veya jeotekstil üzerinde yabancı madde veya sediment birikimi olmuşsa temizlenmelidir.

- Agrega, kazı alanı kenarından loder veya hafriyat kamyonu vasıtasıyla yayılmalıdır. 15 cm lik katmanlar halinde serilmeli, sulanmalı ve sıkıştırılmalıdır.

- Sıkıştırma titreşimli silindir vasıtası ile ve gözle görülebilecek agrega hareketi kalmayacak şekilde yapılmalıdır. Her katmanda 2 geçiş önerilir.

Aşama 4- Geçirimli Yüzeyin Oluşturulması

Kilit Parke/Fugalı Taş Yüzey İçin:

- Agrega serimi tamamlandıktan sonra ilgili projesine uygun olarak kenar bordürleri döşenir.

- Beton/fugalı parke taşları için açık gradasyonlu yatak malzemesi serilerek tesviyesi yapılmalıdır. Parke taşları projesine uygun olarak döşenmeli, aralarında bulunan derz boşlukları yatak malzemesi ile doldurulmalıdır. Bordür ve parke taşı birleşimi arasındaki derz boşlukları da bu uygulamaya dahildir.

- Parke taşları döşendikten sonra el kompaktörü vasıtası ile sıkıştırılmalıdır.

Geçirimli Beton Yüzey:

- Agrega serimi tamamlandıktan sonra beton hızlıca yerleştirilmeli ve etrafı sınırlandırılmalıdır. Yerleştirme işleminin 20 dk içerisinde tamamlanması önerilmektedir.

- Yüzey mala ile tesviye edildikten sonra gerekmesi durumunda ön sıkıştırma yapılır. Betonun sıkıştırılmasında vibrasyonlu yöntemler kullanılmamalı, silindir mastar tercih edilmelidir.

- Betonun anolar halinde derzlendirilmesi önerilir. Yerleştirme ve sıkıştırma işlemleri tamamlandıktan sonra sağlıklı kürlenme ve nem kaybını önlemek için beton yüzeyi koruyucu örtüyle (buhar geçirmeyen) kapatılmalıdır.

- 5°C altı hava sıcaklığında geçirimli beton dökümü yapılmaması önerilmektedir.

Geçirimli Asfalt Yüzey:

- Poroz asfalt normal asfalt üretme tesislerinde üretilebilir ve aynı ekipmanla serimi gerçekleştirilebilir.

- En önemli husus asfaltın boşluklu yapısını bozmamak için aşırı sıkıştırmadan kaçınılmasıdır. Poroz asfalt için silindirle 1 veya 2 geçiş yeterli olmaktadır.

4.2.2.11 Bakım

Geçirimli kaplamalar tıkanmaya karşı oldukça hassastır. Uzun süreli yağmur suyu sızma performansı sağlanması için düzenli bakım yapılması gerekmektedir. Geçirimli kaplama tipi ve sahanın konumu gerekli bakım seviyelerini ve sürelerini belirler. Yüksek hacimde tortu, sediment ve yoğun trafiğe maruz kalan alanlar daha sık bakım ve temizliğe ihtiyaç duyarlar.

Geçirimli kaplamalar için gerekli bakım faaliyetleri aşağıda özetlenmiştir;

- Yılda en az bir defa bakım işlemlerinin yapılması önerilmektedir.
- Özellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde taşınabilir el vantilatörleri vasıtası ile derz aralarında biriken polen, yaprak vb. cisimler temizlenmelidir.
- Kaplama üzerinde cüruf, toprak, kum gibi malzemeler dökülmemeli veya depolanmamalıdır.
- Derz boşlukları arasında çıkabilecek bitkiler düzenli olarak elle temizlenmelidir.
- İlgili idarenin olanaklarına göre düzenli olarak geçirimlilik testi yapılmalıdır. Test sonucunda performans kriterleri sağlanmıyorsa, vakumlu temizlik aracı yardımı ile yüzey ve derz temizliği yapılmalıdır. Yılda en az bir defa bu işlemin yapılması önerilmektedir.
- Genel temizlik sonrası derz arasında bulunan materyalin dağıldığı veya deforme olduğu gözlenirse, derz boşlukları yeniden uygun malzeme ile doldurulmalıdır.

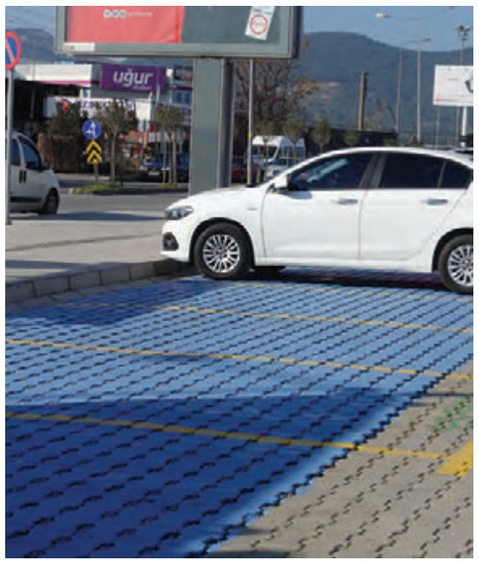
4.2.2.12 Örnek Uygulamalar

Gaziemir Sakarya Otoparkında mevcut kilit parke taşları kullanılarak toplamda 644 m² alanda '**Sünger Otopark**' uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama ile yaklaşık 90 m³ akış suyu geçici olarak depolanarak sızdırılabilmektedir.

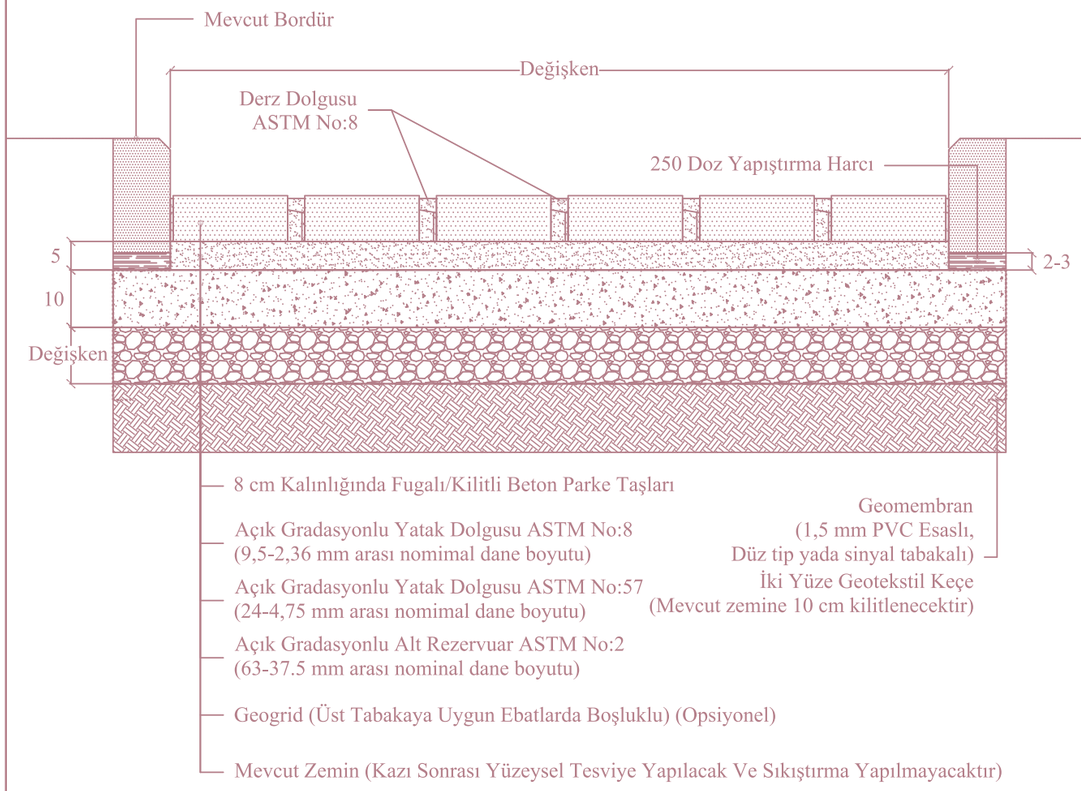
Görsel 89. Mevcut kilit parke dizilimlerinin değiştirilerek sızma derzleri oluşturacak şekilde yeniden döşenmesi

Görsel 90. Mevcut parkelerin sökümü ve depolama ve yatak katmanı serimi

Görsel 91. Derz boşluklarının agrega yatak malzemesi ile doldurulması



Görsel 92. İmalatın tamamlanması



NOTLAR

1. BU TİP KESİTLER FUGALI/KİLİTLİ BETON PARKE TAŞI UYGULAMASI İÇİN ÇİZİLMİŞTİR. GEÇİRİMLİ KAPLAMA, POROZ ASFALT VEYA BETON OLARAK SEÇİLMESİ DURUMUNDA KILAVUZDA BELİRTİLEN UYGULAMA KALINLIKLARI KULLANILMALIDIR.
2. JEOMEMBRAN, BİNA ÇEKME MESAFESİNİN 3 m ALTINDA OLMASI DURUMUNDA UYGULANMALIDIR. DİĞER DURUMDA OPSİYONEL OLARAK UYGULANABİLİR. ÇEKME MESAFESİ KRİTERİNİN ALTINDA OLAN TARAFA İKİ YÜZÜ GEOTEKSTİL KEÇEYE SARILI GEOMEMBRAN UYGULAMASI YAPILMALIDIR. MEMBRAN İMALAT SIRASINDA DELİNMEYE KARŞI KORUNMALI VE TABİİ ZEMİNE 10 CM KİLİTLENMELİDİR.
3. İMALAT SIRASINDA TABİİ ZEMİN OLABİLDİĞİNCE SIKIŞMAYA KARŞI KORUNMALI, İŞ İLERLEYİŞİ TABİİ ZEMİN ÜSTÜNDE TRAFİK OLUŞMASINI ENGELLEYECEK ŞEKİLDE PLANLANMALIDIR.
4. İMALATLARDA MEVCUT YOL KOT VE EĞİMLERİ, BORDÜR KOT VE EĞİMLERİ KORUNMALIDIR.
5. ALT REZERVUAR TABAKASI (ASTM NO:2) KALINLIĞI, YOL ÜZERİNE GELECEK TOPLAM SU MİKTARI VE MEVCUT ATIKSU ALTYAPI KOTLARI DİKKATE ALINARAK BELİRLENMELİDİR.
6. ÖLÇÜLER cm'DİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

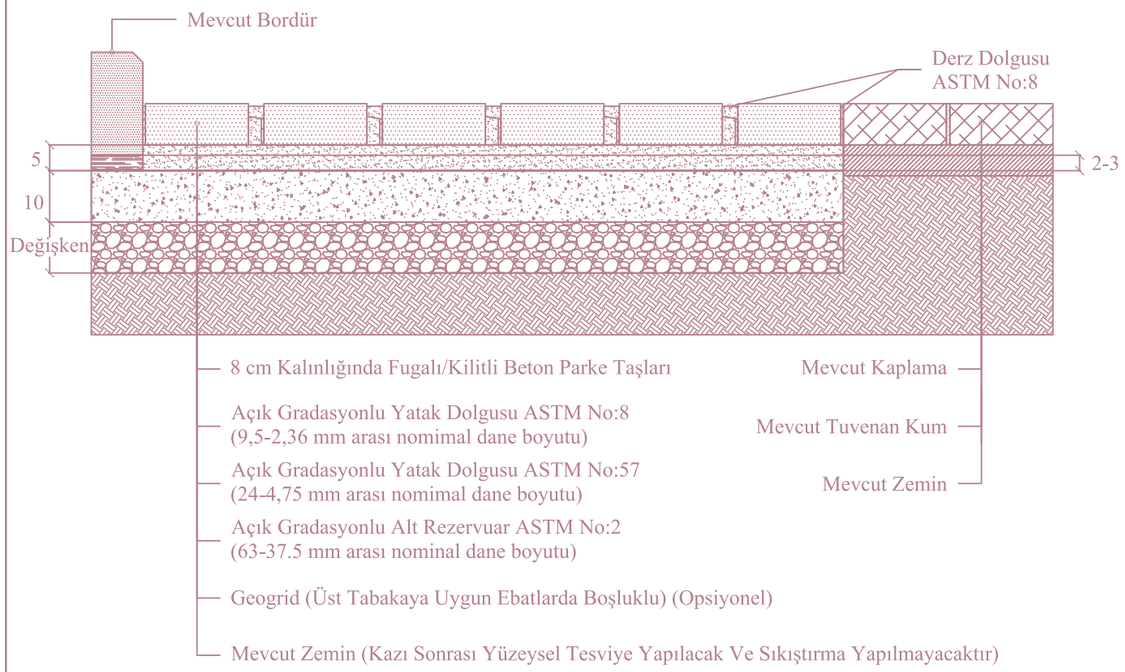
SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

SÜNGER YOL

SY-01



NOTLAR

1. BU TİP KESİTLER FUGALI/KİLİTLİ BETON PARKE TAŞI UYGULAMASI İÇİN ÇİZİLMİŞTİR. GEÇİRİMLİ KAPLAMA, POROZ ASFALT VEYA BETON OLARAK SEÇİLMESİ DURUMUNDA KILAVUZDA BELİRTİLEN UYGULAMA KALINLIKLARI KULLANILMALIDIR.
2. İMALAT SIRASINDA TABİİ ZEMİN OLABİLDİĞİNCE SIKIŞMAYA KARŞI KORUNMALI, İŞ İLERLEYİŞİ TABİİ ZEMİN ÜSTÜNDE TRAFİK OLUŞMASINI ENGELLEYECEK ŞEKİLDE PLANLANMALIDIR.
3. İMALATLARDA MEVCUT YOL KOT VE EĞİMLERİ, BORDÜR KOT VE EĞİMLERİ KORUNMALIDIR.
4. ALT REZERVUAR TABAKASI (ASTM NO:2) KALINLIĞI, YOL ÜZERİNE GELECEK TOPLAM SU MİKTARI VE MEVCUT ATIKSU ALTYAPI KOTLARI DİKKATE ALINARAK BELİRLENMELİDİR.
5. ÖLÇÜLER cm'DİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

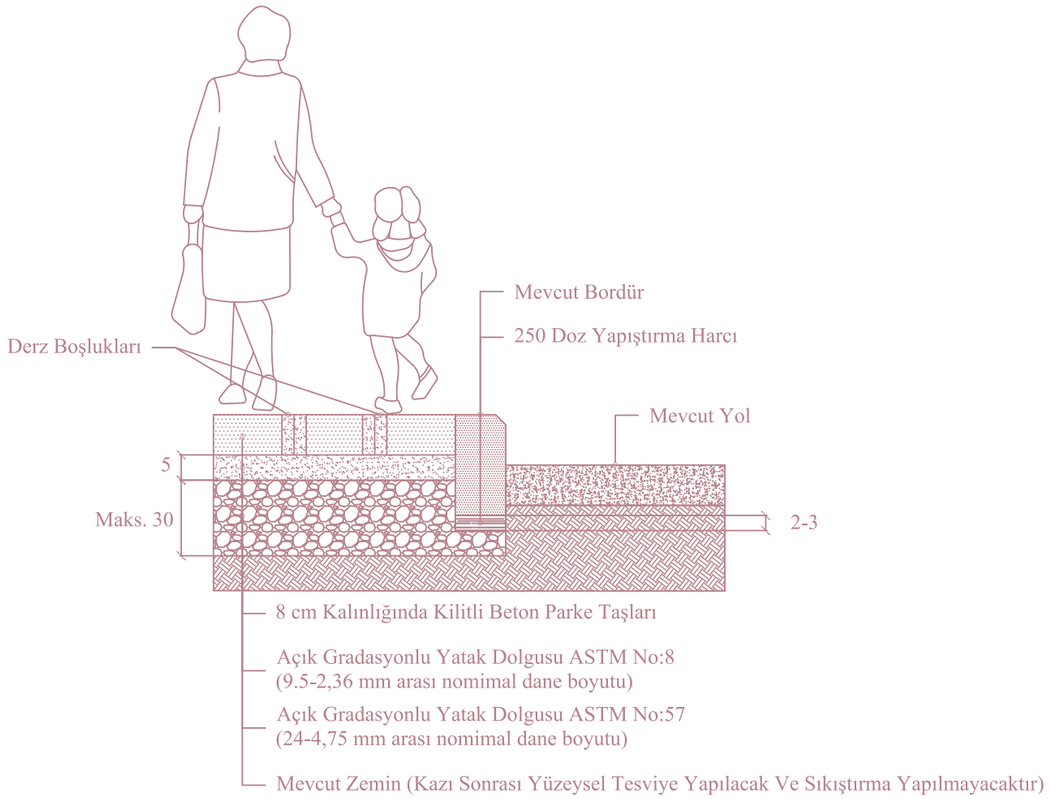
SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

SÜNGER OTOPARK

SO-01



NOTLAR

1. BU TİP KESİTLER FUGALI/KİLİTLİ BETON PARKE TAŞI UYGULAMASI İÇİN ÇİZİLMİŞTİR. GEÇİRİMLİ KAPLAMA, POROZ ASFALT VEYA BETON OLARAK SEÇİLMESİ DURUMUNDA KILAVUZDA BELİRTİLEN UYGULAMA KALINLIKLARI KULLANILMALIDIR.
2. ŞEHİR İÇİ YAYA YOLLARINDA, İKİ TARAFTA DA BİNA ÇEKME MESAFESİ EN AZ 3 m OLMASI DURUMUNDA UYGULANABİLİR. BU KOŞUL SAĞLANMIYORSA SU YALITIMI YAPILMADILIR.
3. İMALAT SIRASINDA TABİİ ZEMİN OLABİLDİĞİNCE SIKIŞMAYA KARŞI KORUNMALI, İŞ İLERLEYİŞİ TABİİ ZEMİN ÜSTÜNDE TRAFİK OLUŞMASINI ENGELLEYECEK ŞEKİLDE PLANLANMALIDIR.
4. İMALATLARDA MEVCUT YAYA YOLU KOT VE EĞİMLERİ, BORDÜR KOT VE EĞİMLERİ KORUNMALIDIR.
5. ÖLÇÜLER cm'DİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR *SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ*	İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ **SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU**	**SÜNGER KALDIRIM** ***SK-01***

> **75 cm depolama katmanı** ve **100 m² yüzey alanına** sahip bir süngер yol, yaklaşık **25 ton** yağmur suyunu depolayabilir.

> Yağmur hendekleri yüzeysel akış sularını yakalamayı hedefleyen, atıksu ve yağmur suyu altyapısı üzerindeki yağmur suyu yükünü hafifleten, geçirgen yapılı uygulamalardır.

4.2.3 Yağmur Hendekleri

4.2.3.1 Genel Tanım

Sızdırma hendekleri, çim hendekler, biyolojik hendekler gibi kentte yağmur suyunu yönetmek için yapılan tüm uygulamalar, SüngerKent İzmir Projesi kapsamında yağmur hendekleri olarak ele alınmıştır.

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarından biri olan yağmur hendekleri yüzeysel su akışını yavaşlatmak, azaltmak, iletmek, sızdırmak ve filtrelemek için tasarlanmış açık kanallardır. Yapılan çeşitli çalışmalarda (63), (64), (65), (66), (67), (68), geleneksel yağmur suyu yönetim sistemlerine göre daha ekonomik ve kolay uygulanabilir bir yeşil altyapı tekniği olduğu ortaya konmuştur. Kentsel peyzaja ve gri altyapı sistemlerine entegre edilebilirler.

Yağmur hendekleri temel olarak geçirimsiz yüzeyler üzerinde akışa geçen yağmur sularını toplamak, filtrelemek ve yeraltına sızdırmak için uygulanırlar. Uygun tasarlanan bir yağmur hendeği, geçirimsiz yüzeylerden gelen akış sularının hendek içerisine girmesine imkân verir, suyu yeraltına sızdırarak yağmur suyu miktarını azaltır ve akış hızını yavaşlatır. Ayrıca yüzeysel akış sularındaki askıda katı maddelerin ve diğer bazı kirleticilerin filtrelenmesini ve dolayısıyla su kalitesinin iyileşmesini sağlar. Yeraltı suyunun beslenmesinde etkilidir. Toprağı stabilize ederek erozyonu azaltır. Kenti sel ve su baskını risklerine karşı korur. Yollar üzerinde akışa geçen yağmur suyunu toplayarak sürüş güvenliğini sağlar. Bitkilendirilmiş veya üzeri çim ile kaplanmış (çim hendek) yağmur hendekleri aynı zamanda kentsel peyzaj niteliğini artırır ve yapılı çevreyi doğa tabanlı çözümler ile iyileştirir. Yağmur hendekleri, tasarım tipine bağlı olarak bir drenaj borusu ile altyapı sitemlerine de entegre edilebilirler. Diğer yeşil altyapı tekniklerine kıyasla oldukça fazla faydası olan yağmur hendekleri, alışveriş merkezleri, okul bahçeleri, otopark alanları, araç ve yaya yolları, refüjler, meydanlar, endüstriyel ve ticari alanlar, dereler gibi oldukça geniş bir uygulama alanına da sahiptirler. Bu özellikleri ile en etkin yeşil altyapı tekniği olarak değerlendirilebilirler.

> **Yağmur hendekleri geniş kurulum imkanı olan, en etkin yeşil altyapı tekniklerindendir. Çatılar, ulaşım ağları, otoparklar, meydanlar, park alanları gibi geçirimsiz yüzeylerden gelen ve akışa geçen suları yakalar ve filtrelerler. Yeraltı suyunu filtrelenmiş su ile beslerler.**

Görsel 93. Buca'da Yağmur Hendeği Uygulaması

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [x] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Su toplama havzasının su potansiyeli dikkate alarak boyutlandırılmalıdır.

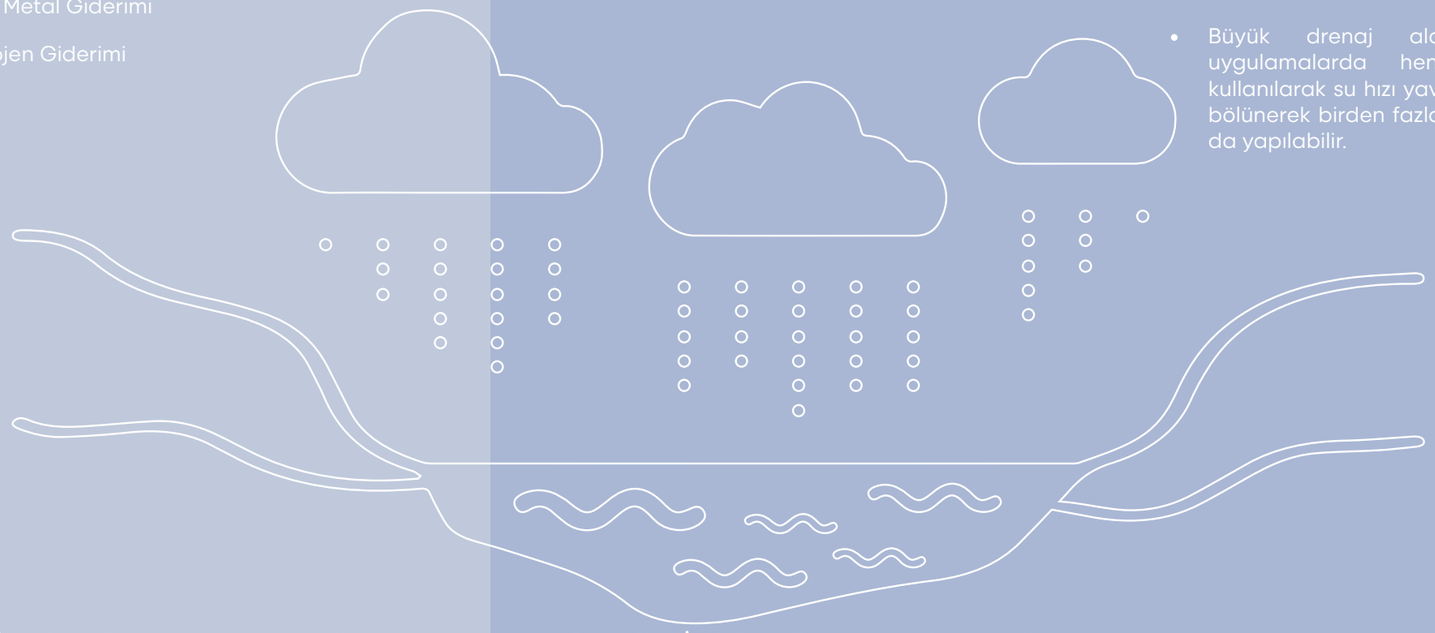
  Uygun zemin koşulları sağlanmalıdır.
- Yağmur suyu akış hızını düşürmek için trapez ya da parabolik kanallar şeklinde uygulanır (69).
- Proje alanında boyuna eğim yağmur hendeği uygulaması için %10'dan, çim hendek uygulaması için %4'ten az olmalıdır (70, (73).
- Yağmur hendeği içerisinde kullanılacak katmanlar, zeminin özelliklerine ve hendeğe gelen yağmur suyu miktarına göre belirlenmelidir.
- Zeminin sızma değerlerine göre drenajlı/ drenajsız sistem seçimi yapılmalıdır.
- Yağmur hendeği topladığı suları en fazla 72 saat içerisinde sızdırabilecek şekilde tasarlanmalıdır (71).
- Yağmur hendeği uzunluğu için herhangi bir kriter yoktur (70), (72).
- Hendek içerisinde belirli aralıklarla yapılacak setler ile sızdırma ve kirleticileri tutma performansı arttırılabilir.

Faydaları

- Su baskını riskini azaltır.
- Mevcut altyapı sistemine entegre edilmesi ile, yüzeysel akış miktarını ve pik debiyi düşürür, yatırım maliyetini azaltır.
- Habitatı zenginleştirir, biyolojik çeşitliliği arttırır.
- Kent peyzajını zenginleştirir.
- Kentsel ısı adası etkisini azaltır.
- Tipik bir beton kanal veya hendekten daha ekonomiktir.

Kısıtlamalar

- Sediment taşınımı nedeniyle tıkanabilir.
- Bakım gerektirir.
- Mevsimsel yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerde tercih edilmemelidir.
- Boyuna eğimin %10'dan fazla olduğu alanlar yağmur hendekleri için, %4'ten fazla olduğu alanlar ise çim hendekler için uygun değildir (70), (73).
- Büyük drenaj alanları için yapılacak uygulamalarda hendek içerisinde setler kullanılarak su hızı yavaşlatılır (70). Drenaj alanı bölünerek birden fazla çim hendek uygulaması da yapılabilir.



4.2.3.3 Yer Seçimi

Yağmur hendekleri alışveriş merkezleri, okul bahçeleri, otopark alanları, araç ve yaya yolları, konut çevreleri, refüjler, meydanlar, endüstri ve ticari alanlar gibi pek çok açık kamusal mekanda planlanabilirler. Kent içerisinde koridor yaratabilecek kentsel akarsular, caddeler gibi alanlarda genellikle doğrusal düzgün formuyla kentsel altyapıya kolayca entegre olabilirler.

Bir yağmur hendeğinin uygulanacağı alanda boyuna eğimin %10'dan düşük olması önemlidir (73). Bu sayede, hendeğin verimli bir şekilde çalışması sağlanır ve su akış hızı kontrol altına alınır. Topoğrafik eğimin fazla olduğu bölgelerde sızma miktarı da düşeceğinden, bu tür alanlarda yağmur hendeği uygulamalarından kaçınılmalı ya da yağmur hendeği tabanı akışa dik olacak şekilde prekast tersip bentleri, gabion duvarlar, taş-kaya blokları gibi yapısal bazı önlemler ile kademelendirilmelidir. Böylece hendek içerisindeki su akış hızı azalır ve sızdırma yüzey alanı artar.

Çim hendekler ise öncelikli olarak geçirimsiz alanlar üzerindeki yağmur suyu akış hızını kontrol almak amacıyla uygulandığından, boyuna eğimin %4'ten düşük olduğu alanlarda en büyük etkiyi sağlarlar. Yüksek su hızı ve yükü çim hendek içerisinde aşınma ve taban oyulmalarına sebep olabileceğinden, çim hendek drenaj alanının 20.000 m²'yi aşmaması önerilir. Daha büyük drenaj alanlarında, hendek içerisinde setler kullanılarak su hızı yavaşlatılabilir ya da drenaj alanı bölünerek birden fazla çim hendek uygulaması da yapılabilir. Setlerin birbirlerine olan mesafeleri ve boyları bu eğim şartlarını sağlayacak şekilde seçilmelidir (70).

Yağmur hendekleri gri altyapı sistemleri ile entegre bir şekilde planlanabileceği için, yer seçiminde atıksu ve yağmur suyu altyapı sistemleri kontrol edilmelidir. Yağmur hendekleri sızdırma performansı ve mevcut altyapının durumu değerlendirildiğinde drenajlı olarak da uygulanabilirler.

Yağmur hendeği uygulaması yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde, sanayi bölgelerinde veya yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde planlanıyor ise, yeraltı suyunun kalitesini koruyabilmek ve yapılar ile etkileşimi minimuma indirgemek için uygulama esnasında özel tedbirler (su yalıtımı, jeomembran uygulaması, gözlem kuyusu vb.) alınmalıdır. Hendek yakınında bir yapı bulunması halinde yapı temelinin zarar görmesini engellemek için hendek ile yapı arasında en az 3 metre mesafe bırakılmalıdır.

Yağmur hendeği uygulaması için belirlenen hendek kesiti derinliğinde kazı işlemi yapılacağından, şehrin mevcut altyapı sistemleri doğru analiz edilmelidir. İçmesuyu, atıksu ve yağmur suyu altyapısı, telefon, doğalgaz, elektrik, internet vb. altyapı sistemlerine ait bileşenler dikkate alınmalıdır.

4.2.3.4 Boyutlandırma

Yağmur hendeği tipinin belirlenmesi

- Yağmur hendeğinin en kesit tipi, hendekte sızan su miktarını ve hendeğin suyu filtreleme performansını etkilediği için önemlidir. Yağmur hendekleri kullanım amaçlarına göre; üçgen, parabolik veya trapez en kesitlerde inşa edilebilmektedirler. Trapez veya parabolik en kesitli yağmur hendekleri daha çok suyla temas eden yüzeye sahip olduklarından hendek içerisinde filtrelenen su miktarı da fazla olmakta ve dolayısıyla daha fazla tercih edilmektedirler.

- Yağmur hendeğine yüzeysel akış suyunun girişini ve hendek içerisindeki kapasite fazlası suların çıkışını sağlamak amacıyla kesik bordürler gibi çeşitli su yönlendirme teknikleri kullanılır. Uygun tekniklerin seçimi ve uygulanması hakkında detaylı bilgi Bölüm 4.2.5 kapsamında verilmiştir.

Yağmur hendeği şev eğimlerinin ve hendek boyutlarının belirlenmesi

- Yağmur hendeği şev eğimleri, özellikle yol kenarlarına yapılan yağmur hendeklerine, yol yüzeyinden ulaşan yağmur suyunun arıtılmasında etkilidir. Bu eğimli yüzey üzerinde bulunan bitki örtüsü aracılığıyla, yağmur suyundan kirletici maddelerin giderimi sağlanır. Genel olarak hendek şev eğimlerinin 4:1 ile 3:1 (yatay: dikey) aralığında olması uygundur. Daha derin hendekler alanın topoğrafyasına daha büyük müdahale anlamına gelmekle birlikte, doğa dostu bir yaklaşım olmadığı gibi ekonomik anlamda da bütçeye yük getirmektedir.

- Yağmur hendeğinin yüzey ve taban genişliği, hendeğin uygulanacağı alanda söz konusu şev eğimlerini sağlayacak şekilde belirlenir.

- Yağmur hendeği uzunluğu için herhangi bir sınırlama yoktur (70), (72).

Yağmur hendeği katmanlarının belirlenmesi

- Bir yağmur hendeğinin temel katmanları aşağıdan yukarıya doğru sırayla depolama katmanı (çakıl), geçirimli toprak ve (bitkilendirme yapıldı ise) malç olmakla birlikte; yağmur hendeği içerisinde bu katmanların mevcudiyeti, uygulamanın yapılacağı alanın özelliklerine ve hendeğe gelecek yağmur suyu akış miktarına göre belirlenir.

- Yağmur hendeği katmanlarının belirlenmesi için önce alanda toprak sızma testi yapılır ve mevcut zeminin sızma hızı hesaplanır (sızma hızı hesabı için bkz. Bölüm 3.3.1).

- Mevcut zeminde sızma hızının istenen değerleri sağlamadığı durumda sızma performansını arttırmak için yağmur hendeği zemininin altına geçirimli toprak katmanı uygulanır. Burada en önemli nokta, kullanılacak geçirimli toprağın özelliğidir. Hazırlanacak geçirimli toprak karışımı suyu gördüğünde killeşmemeli ve gerekli kum oranına sahip olmalıdır.

- Geçirimli toprak katmanının hendeğin tabanından 30 cm aşağısına kadar olan bölgeyi kaplaması tavsiye edilmekle birlikte, projesine bağlı olarak farklı derinliklerde de uygulanabilir.

- Hendek içerisinde daha fazla su depolamayı sağlamak amacıyla geçirimli toprak katmanının altında, farklı dane çaplarında yıkanmış kırmataşlardan oluşan çakıl tabakası da uygulanabilir.

- Mevcut zemindeki sızma hızının istenen değerleri sağladığı ve dolayısıyla geçirimli toprak katmanına ihtiyaç duyulmadığı bazı alanlarda hem depolama katmanı yaratmak hem de suyun yeraltına filtrelenerek sızmasını sağlamak amacıyla sadece yıkanmış kırmataşlardan oluşan bir çakıl tabakası uygulanabilir.

- Çakıl katmanında kullanılacak çakılların dane boyutu ve boşluk miktarı hendeğin su depolama kapasitesini belirlediğinden, depolanması istenen su miktarına uygun olacak özellikte çakıllar seçilmelidir.

- Çakıl katmanının uygulanması durumunda katman derinliği projesine göre belirlenmelidir. Çakıl katmanındaki olası tıkanmaların önlenmesi için katman derinliğinin en az 30 cm olması önerilir.

- Çakıl katmanını ayırıcı olarak jeotekstil keçe kullanılabilir.

- Yağmur hendeği en üst katmanında yani yüzeyinde bitki örtüsü kullanılması durumunda bitki örtüsü altına malç tabakası serilir. Malç tabakasının kalınlığını 5-10 cm olması tavsiye edilir.

- Geçirimli toprak ve depolama katmanlarının uygulanmadığı yağmur hendeklerinde, hendek yüzeyinin çim ile kaplandığı çim hendek uygulaması yapılabilir.

- Genel olarak yağış esnasında geçirimsiz alanlar üzerindeki yağmur suyu akışını yavaşlatmak için tercih edilen çim hendeklerde tabanda geçirimli toprak tabakası uygulanmadığından, yağmur suyunun sızması tabi zeminin özelliklerine bağlıdır. Çim hendek yöntemi kolay uygulanabilir olduğu için beton kanallar, büzler ve borulu sistemler gibi diğer seçenekler yerine tercih edilebilir (70), (72).

- Yağmur hendeğinde drenaj ünitesi ya da drenaj borusu kullanımı opsiyoneldir.

- Yapımı tamamlanan hendeğin derinliğinin yol kotunun 30 cm altında olması tavsiye edilmekle birlikte, alanın durumuna bağlı olarak farklı derinliklerde de uygulanabilir.

- Yağmur hendeğinde toplanan suların sızdırılması/yönlendirilmesi için maksimum süre, hendeğin uygulandığı bölgenin yağış özelliklerine göre belirlenmelidir. Burada önemli olan nokta, yağmur hendeğinin gelen suyu, bir sonraki yağıştan önce tamamen sızdırmış olmasıdır. İzmir ve yakın çevresinde iklim değişikliğine bağlı kısa süreli ama yoğun yağışların ani su baskınlarına sebep olması nedeniyle yağmur hendekleri, hendek içerisindeki suyu 72 saat içerisinde sızdıracak şekilde boyutlandırılmalıdır. Ayrıca hendekte biriken su sebebiyle yaşanabilecek olası bir sivrisinek problemini önlemek için, biriken yağmur suyunu en fazla 72 saat içerisinde sızdırabilecek şekilde tasarlanmalıdır (71).

Yağmur hendeğinin boyutlandırılması

- Öncelikle yağmur hendeği için bir ön boyutlandırma yapılır ve geçirimli toprak ve depolama katmanlarının derinliği ve hendek yüksekliği belirlenir. Sonrasında yağmur hendeğinin gelen su hacmini sızdırması için gerekli yüzey alanı, hendeğe giren ve çıkan su hacimlerinin eşitliği ilkesine dayanarak hesaplanır. Gelen su hacminin hesabı (yüzeysel akış miktarı), Bölüm 3.2.6 kapsamında verilen rasyonel metot ile hesaplanır. Yağmur hendeği tekniğinde gelen su hacmi (yüzeysel akış miktarı) hesabı için gerekli olan tasarım yağışı Bölüm 3.2.4 ile verilen kriterlere göre seçilir.

- Hendekten çıkan su hacmi, geçirimli yüzeylerde sıvıların akış miktarını tanımlayan Darcy Yasası ile belirlenir. Bu ilkeler doğrultusunda gerekli yüzey alanı, verilen denklem aracılığıyla hesaplanır:

$$A = \frac{V * d}{k * (h + d) * t}$$

Burada;

A: Sızdırma tabakasının yüzey alanını (m²),

V: Gelen su hacmini (m³),

d: Sızdırma tabakası derinliğini (m),

k: Zeminin hidrolik iletkenliğini (m/s),

h: Sızdırma tabakası üzerindeki ortalama su yüksekliğini (hendek yüksekliğinin yarısı) (m),

t: Su hacminin sızdırılması için gerekli olan süreyi (s)

temsil eder.

- Su hacminin sızdırılması için gereken süre bazı kaynaklarda 24-48 saat aralığı olarak önerilmekle birlikte (74), İzmir kentinde yapılacak uygulamalarda 72 saati aşmamalıdır (71).

- Denklemde yer alan zemin hidrolik iletkenliği değerinin, sızma hızı parametresine eşdeğer olduğu kabul edilir. Sızma testlerinin uygulanması ve sızma hızının hesaplanması Bölüm 3.3 kapsamında detaylı olarak verilmiştir.

Yağmur hendeği belirlenen boyutlara göre projelendirilir.

4.2.3.5 Uygulama

Boyutlandırma sonrası hendek tip kesitine uygun kazı yapılır. Yağmur hendeğinin katmanları; hendeğin projesinde bu katmanların varlığına bağlı olarak depolama katmanı, geçirimli toprak, bitki ve malç olmak üzere aşağıdan yukarı doğru sırayla uygulanır.

Drenaj sistemi

Yağmur hendeği sistemi, boyutlandırma aşamasında çıkan performans sonucuna göre drenajlı ya da drenajsız olarak tercih edilebilir. Drenajlı yağmur hendeğinde, en alt katmanda bir drenaj ünitesi kullanılır ve bu sayede yağmur suyu depolama performansı arttırılır. Drenaj ünitesi olarak perfore drenaj borusu kullanılabilir. Drenaj boruları geçirimli toprak katmanı altında bir çakıl zarfı içerisine alınır ve çakıl zarfı etrafına jeotekstil malzeme uygulanarak bohçalama işlemi yapılır.

Hendekten çıkan drenaj borusu ise yağmur suyu hattına bağlanır.

Depolama katmanı

Yağmur hendeklerinde depolama katmanı olarak pek çok farklı ve yenilikçi malzeme kullanılabilir. Modüler sızdırma ve geciktirme sistemleri genellikle bu amaca hizmet eder ve Bölüm 4.2.10 ile tanıtılmıştır. Depolama katmanında boşluk hacmi yaratabilecek yenilikçi ya da geri dönüşüm malzemelerinin kullanılması da mümkündür. Bu seçeneklerin yanı sıra, bu katmanda genellikle iri agrega (çakıl, kırmataş) tercih edilir. Çakıl katmanının oluşturulduğu yağmur hendeklerinde, bu katman hendeğe giren yağmur suyunun sızarak sistem içerisinde ulaştığı son katmandır. Çakıl katmanı su depolama alanı olarak uygulanır. Bu katmanda kullanılacak agregalar kesinlikle yıkanmış olmalıdır.

Geçirimli toprak katmanı

Yağmur hendeğinin uygulanacağı tabi zeminin gerekli sızma hızını sağlayamadığı durumunda geçirimli toprak katmanı uygulanır. Geçirimli toprak karışımı gelen suyu hızlıca sızdırmalı ve aynı zamanda üzerinde yetişecek bitkilere de yaşam ortamı sağlamalıdır. Hazırlanacak toprağın geçirgenliğini içerisindeki dere kumu, torf ve bitkisel toprak karışım oranları belirler. Toprağın geçirgen olması yağmur hendeğinin uygulama performansını doğrudan etkilediği için çok önemlidir. Karışımlar uygulama alanına özel olarak yapılır. Tipik olarak %40 dere kumu, %30 torf ve %30 bitkisel toprak karışım gibi geçirgen bir karışım tercih edilebilir.

Bitki örtüsü ve malç katmanı

Hendek yüzeyinde bitki örtüsü kullanılması durumunda bitki dikim aralığı ve tür çeşitliliği yağmur hendeğinin kendi içinde bir organizma gibi çalışmasında büyük rol oynar. Bitki seçimi kumlu toprakları tolere edebilmesi, suya maruz kalması, güneş-gölge durumu kriterleri dikkate alınarak yapılır. Bitkiler ıslak bölge ve nemli bölge bitkileri diye iki farklı kategoride seçilir. Seçilen bitkilerin formu, yüksekliği, genişliği, yaprak tipi ve kök yapıları suyun akışını ve filtrelenmesini doğrudan etkilemektedir.

Toprak üzerine minimum 5-10 cm yüksekliğinde serilecek malç tabakası (ağaç kabuğu, cüruf, çakıl vb.) su ile akışa geçen partiküllerin toprakla aralarında bir katman oluşmasını sağlarken, kurak mevsimlerde su kaybını yavaşlatır, bitki kök bölgesini hastalıktan korur. Malç tabakası kalınlığı her yıl düzenli en az 2 kere kontrol edilmelidir.

Planlanan yağmur hendeğinin istenilen sonuçları verebilmesi için çakıl, toprak, bitki türü/sayısı ve malç tabakası ölçülerine, planlama kriterlerine ve tipik en kesitlere uyulmalıdır.

Çim hendek uygulamalarında çim ekiminin/seriminin iyi yapılması olası bir toprak erozyonunu önlemek için önemlidir.

Yağmur hendeğine su girişi ve çıkışı

Suyun yağmur hendeğine girişini ve kapasite fazlası suların hendek içerisinden çıkışını sağlamak amacıyla kesik bordür gibi çeşitli su yönlendirme teknikleri kullanılır (bkz. Bölüm 4.2.5). Suyun yağmur hendeğine giriş ve çıkışında su hızını azaltmak, erozyonu, aşınmayı ve sediment taşınımını engellemek için ufak yapısal önlemler alınabilir. Bu bölgelerde erozyonu önlemek için kaya, taş, çakıl gibi malzemeler kullanılarak filtreleme ve yavaşlatma yapılır. Eğimin fazla olduğu bölgelerde planlama kriterlerine uyabilmek için yağmur hendeği içerisinde yapılacak tersip bentleri ile hendek farklı bölümlere ayrılabilir, sızma performansı artırılabilir, akış hızı düşürülebilir.

Yağmur hendeği içerisinde set uygulaması

Topoğrafik eğimin fazla olduğu bölgelerde veya büyük drenaj alanlarında yapılacak yağmur hendeği uygulamalarında, hendek içerisindeki su akış hızının azaltılması için hendek içerisinde setler kullanılabilir. Bu durumda su akışının devamı, setlerin tabanında yapılacak orifisler ile sağlanmalıdır. Orifis boyutlarını belirlemek için;

$$Q = C_d * A * (2gh)^{1/2}$$

denkleminden yararlanılır (72). Burada;

Q: Yüzeysel akış miktarını (m^3/s),

Cd: Debi katsayısını (0,6 alınabilir),

A: Orifis alanını (m^2),

h: Orifis ağırlık merkezinden serbest su yüzeyine olan kadar olan yükü (m),

g: Yer çekimi ivmesini (9,80665 m/s^2)

temsil eder.

Yağmur hendeği uygulaması tamamlanmadan, uygulama alanı içerisine su ve sediment girişi mutlaka önlenmelidir (70).

4.2.3.6 Bakım

Yağmur hendeğinin tıkanmasını önlemek için rutin olarak bakımı yapılmalıdır. Daha sağlıklı ve yoğun bir bitki örtüsünün sağlanabilmesi için hendek içerisindeki bitkilerin periyodik olarak bakımı ve budanması önemlidir. Yerel bitkiler tercih edilse dahi bitki dikiminin yapıldığı ilk yıllarda ve kuraklık zamanlarında sulama yapılmalıdır. Yağmur hendeklerinin içinde ve çevresinde gübre ve herbisitler kullanmaktan kaçınılmalıdır. Yağmur suyunun yapısı göz önüne alındığında, yağmur hendeği tipik olarak bitki büyümesini desteklemek için gereken besinleri alır ve ekim zamanı dışında ek gübreye ihtiyaç duymaz.

Yağmur hendeği bakımı genel olarak şunları içermelidir:

- Çöpler, kalıntılar ve yabani otlar düzenli olarak temizlenmeli,
- Bitkileri hastalık belirtileri açısından düzenli olarak kontrol edilmeli,
- Verimli çalıştığından emin olmak için belirli aralıklarla kapasitesi test edilmeli,
- Tortu ve sediment birikimi takip edilmeli, biriken tortu, sediment ve çamur temizlenmeli,
- Hendek tabanı, bozulması durumunda yeniden tesviye edilmelidir.

Genel bakımlara ek olarak yağmur hendeği altı ayda bir düzenli olarak ve özellikle yoğun yağışlar sonrası mutlaka kontrol edilmelidir. Çöp, moloz, tortu birikimi, tıkanmış girişler-çıkışlar ve erozyon belirtileri varsa belirlenmeli, temizlik ve onarım çalışmaları yapılmalıdır. Çim hendeklerde onarım yapılan çim yüzeyler tekrar çim ile kaplanmalıdır (70), (72).

Görsel 94. Sediment Birikimi Nedeniyle Tıkanmış bir Yağmur Hendeği (75)

4.2.3.7 Örnek Uygulamalar

Yağmur hendekleri hem tasarım olarak hem de hendek içerisinde uygulanan katmanlar olarak farklılık göstermektedir. Dünyada ve SüngerKent İzmir Projesi kapsamında, farklı yağmur hendeği uygulamaları mevcuttur. SüngerKent İzmir Projesi kapsamında yapılan çeşitli pilot uygulama projelerinde yağmur hendekleri uygulanmıştır. Bu projelerden biri Gaziemir Sakarya Sünger Otopark Projesidir. Proje kapsamında kentin geçirimsiz otopark alanlarından biri olan Gaziemir Sakarya otoparkının çeşitli yeşil altyapı teknikleri ile yeşil otoparka dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

Toplamda 8.200 m^2 büyüklüğe sahip Gaziemir Sakarya açık otopark alanında 206 m^2 alanda 9 ayrı yağmur hendeği imalatı yapılmıştır. Proje ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 5.5 kapsamında sunulmuştur.

Görsel 95. Gaziemir Sakarya Sünger Otoparkı Yağmur Hendekleri

SüngerKent İzmir Projesi kapsamında yağmur hendeği uygulamalarının yer aldığı bir diğer pilot uygulama projesi Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesidir. Projede 490 m² ve 102 m² büyüklüğünde iki adet yağmur hendeği yer almaktadır. 490 m²'lik alanda uygulanan yağmur hendeğinde geçirimli toprak katmanı uygulanmış ve bitkilendirme yapılmıştır.

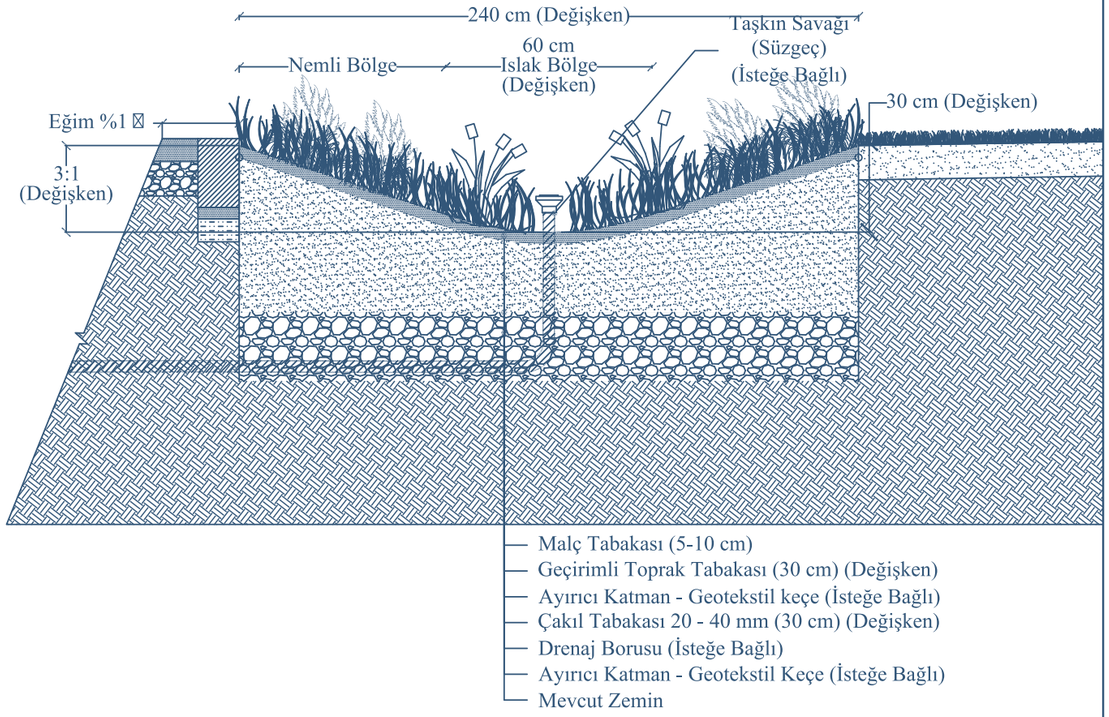
Görsel 96. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi Yağmur Hendeği

102 m²'lik alanda uygulanan yağmur hendeğinde ise mevcut zeminin sızdırma kapasitesi yeterli olduğu ve alanda hendek ile birlikte taşkın drenaj kuyusu uygulaması da bulunduğu için sadece depolama katmanı uygulanmıştır. Proje ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 5.6 kapsamında sunulmuştur.

Görsel 97. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi Yağmur Hendeği

Büyük drenaj alanına sahip, hendek içerisinde suyun akış hızının yavaşlatılması gereken veya sızma performansının artması istenen yağmur hendeği uygulamalarında, bazı yardımcı yapılara veya birden fazla sayıda hendek uygulamasına gereksinim duyulabilmektedir. Bu tür yaklaşımlarda çim hendek gibi farklı yağmur hendeği uygulamaları da tercih edilebilir. Çim hendekler, sızdırma özelliği ön planda olmayan, geçirimsiz yüzeylerden suyu yakalayan ve ileten çim ile kaplı yağmur hendeği uygulama türüdür.

Görsel 98. Yoldan gelen yüzeysel akışı toplayan, sızdıran ve ileten, bağlantısı kanallar ile sağlanmış çim hendek uygulaması (76)

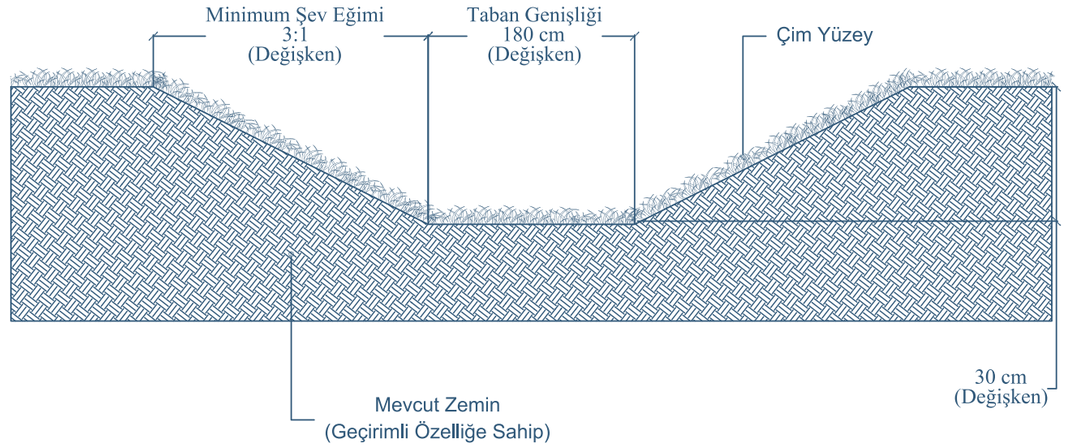


NOTLAR

1. BU TEKNİK ÇİZİMDEKİ ÖLÇÜLER KILAVUZ İÇİN ÖRNEK OLARAK VERİLMİŞTİR. HER BİR ÖLÇÜNÜN KENDİ PROJESİ ÖZELİNDE REVİZE EDİLMESİ GEREKİR.
2. BİR YAĞMUR HENDEĞİNİN TEMEL KATMANLARI AŞAĞIDAN YUKARIYA DOĞRU SIRAYLA DEPOLAMA KATMANI (ÇAKIL), GEÇİRİMLİ TOPRAK VE (BİTKİLENDİRME YAPILDI İSE) MALÇ OLMAKLA BİRLİKTE YAĞMUR HENDEĞİ İÇERİSİNDE BU KATMANLARIN GEREKLİLİĞİ VE KALINLIKLARI, UYGULAMANIN YAPILACAĞI ALANIN ÖZELLİKLERİNE VE HENDEĞE GELECEK YAĞMUR SUYU AKIŞ MİKTARINA GÖRE BELİRLENİR.
3. HENDEĞİN YAN YÜZEYLERİ 4:1 İLE 3:1 (YATAY:DİKEY) ARALIĞINDA BİR DEĞER OLARAK BELİRLENMELİDİR.
4. HENDEK DERİNLİĞİNİN YOL KOTUNUN 30 cm ALTINDA OLMASI TAVSİYE EDİLİR.
5. MALÇ TABAKASININ KALINLIĞI 5-10 cm OLMALIDIR.
6. DRENAJ BORUSU OPSİYONELDİR.
7. ÇAKIL KATMANINI AYIRICI OLARAK JEOTEKSTİL KEÇE KULLANILABİLİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ	İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ **SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU**	**YAĞMUR HENDEĞİ** ***YH-01***



NOTLAR

1. BU TEKNİK ÇİZİMDEKİ ÖLÇÜLER KILAVUZ İÇİN ÖRNEK OLARAK VERİLMİŞTİR. HER BİR ÖLÇÜNÜN KENDİ PROJESİ ÖZELİNDE REVİZE EDİLMESİ GEREKİR.
2. ÇİM EKİMİ/SERİMİ TAMAMLANDIKTAN SONRA DRENAJ ALANINDAN TOPLANACAK SULARIN HENDEK İÇERİSİNE ULAŞMASI SAĞLANMALIDIR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ	İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ **SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU**	**ÇİM HENDEK** ***YH-02***

> **Taşkın drenaj kuyuları, su yönetimi ve altyapı planlamasında önemli bir rol oynamaktadır, yağmur sularının kontrolsüz bir şekilde birikmesini ve çevresel sorunlara yol açmasını engellerler.**

4.2.4 Taşkın Drenaj Kuyuları

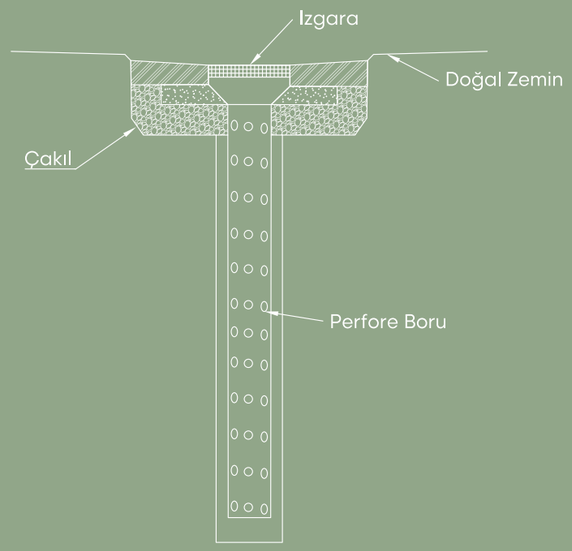
4.2.4.1 **Genel** Tanım

Kent içerisinde yer alan açık kamusal alanlar yağmur suyu yönetiminde önemli bir yere sahiptir. Yoğun yapılaşmanın etkisi altındaki kentlerde geçirimsiz yüzeylerden gelebilecek suyun yönlendirilebileceği ve sızdırılabileceği en uygun alanlar açık kamusal alanlar olarak öne çıkmaktadır.

Taşkın drenaj kuyuları, cadde, sokak, meydan ve bina çatılarına düşen yağmur sularının uygun toplama alanlarına yönlendirildikten sonra, biriktiği alanlarda drene edilmesini sağlayan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniklerinden biridir.

Taşkın drenaj kuyularının tasarımı, bölgenin hidrojeolojik özellikleri, yeraltı suyu seviyesi, akiferin geometrisi, akiferin hidrolik parametreleri ve drene edilecek yağmur suyu miktarı gibi faktörlerle ilişkilidir.
Bu teknik, uygun alanlara yönlendirilen ve toplanan taşkın sularının yerinde drene edilmesine ve su baskınlarının azaltılmasına yardımcı olur.

4.2.4.2 **Temel** Bilgiler



Görsel 99. Taşkın Drenaj Kuyuları

Uygulama Amacı

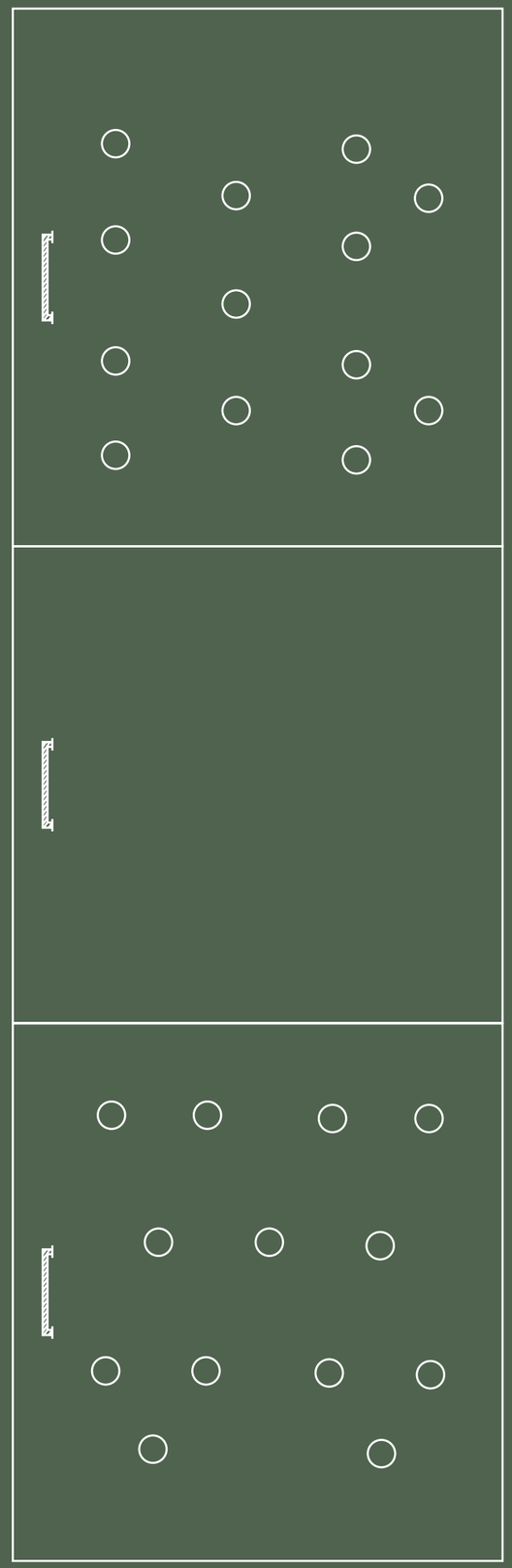
- [x] Sızma
- [ ] Tutma
- [ ] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [ ] Patojen Giderimi



Planlama Kriterleri

- Taşkın ve su baskınlarının olduğu bölgeler tercih edilmelidir.
- Geçirgenliği yüksek alüvyal birimler ile kırıklı çatlaklı birimler üzerinde olması gerekmektedir.
- Açılan sondajlarda loglama yapılmalı ve akifer özelliği taşıyan birimlerin metrajları belirlenmelidir.
- Akifer testleri yapılarak akiferin hidrolik parametreleri tayin edilmesi gerekmektedir.

Faydaları

- Cadde ve sokaklarda akışa geçen yüzey suları proje alanına yönlendirilerek geçici depolama görevi ile yüzey akışını azaltır.
- Yüzey akış miktarını ve pik debiyi düşürür.
- Proje alanından daha düşük kotlardaki su baskını oluşumunu engeller.
- Proje alanındaki taşkın sularının hızlı bir şekilde drene edilmesini sağlar.
- Sel riskini azaltır.
- Yağmur suyu hatlarındaki su yükünü hafifletir.

Kısıtlamalar

- Düşük iletimliliğe sahip jeolojik birimlerde uygulanmamalıdır.
- Yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerden kaçınılmalıdır.
- Besleme ile oluşacak yeraltı suyu tümseğinin, yerleşim alanlarında bulunan herhangi bir yapı temeline zarar vermesi önlenmelidir.

4.2.4.3 Yer Seçimi

Kentsel alanlarda sel, taşkın ve su baskınlarının olduğu alanlar tespit edilmelidir. Yapılan analiz neticesinde su yönlendirilmesine uygun ve geçici olarak su birikebilecek açık kamusal alanlar belirlenmelidir. Yer seçimi aşamasında bölgenin jeolojisi, yeraltı suyu seviyesi, kuyuların açıldığı akiferin hidrolik parametreleri dikkate alınmalıdır.

Yüzey akış suları geçici süreli depolanacağı için, uygulama alanı yakınında yoğun yapılaşma varsa ekstra önlem alınması veya bu tür alanların seçiminden kaçınılması gerekmektedir.

Taşkın drenaj kuyuları geçirimliliği yüksek alüvyal birimler ile kırıklı çatlaklı birimlerde uygulanmalıdır. Geçirimliliği düşük birimlerin olduğu alanlardan kaçınılmalıdır.

4.2.4.4 Boyutlandırma

Taşkın drenaj kuyuları, yağış rejiminin yanı sıra havza alanına bağlı gelecek yüzey akış suyu miktarına uygun olacak şekilde tasarlanmalıdır. Kuyuların açılacağı alanda ön inceleme yapılması gerekmektedir. Bu inceleme kapsamında bölgenin jeolojisi, yeraltı suyu seviye bilgilerine sahip olmak gerekmektedir. Açılacak kuyuda detaylı loglama çalışması yapılmalıdır. Akifer özelliği taşıyan birimlerin metrajları net bir şekilde ortaya koyulmalı ve buna göre kuyunun inşasında filtreli geçilecek birimler tespit edilmelidir. Akiferin hidrolik parametrelerinin belirlenebilmesi için akifer testleri yapılmalı diğer yandan açılacak gözlem kuyularında test anındaki yeraltı suyu seviye değişiminin takibi yapılmalıdır. Böylelikle kuyunun drene edebileceği optimum su miktarı belirlenmiş olacaktır (Bölüm 3.3.2). Havza alanından gelecek su miktarına göre bir veya birden fazla kuyu önerilebilecektir. Taşkın drenaj kuyularının tasarımı ve boyutlandırılması uzman mühendis tarafından yapılmalıdır.

4.2.4.5 Uygulama

Akifer özelliği taşıyabilecek jeolojik birimlerin metrajları ve kalınlıkları belirlenmelidir. Elde edilen zemin verilere göre sondaj yöntemi seçilebilir. Taneli zeminlerde rotary, görece daha sert zeminlerde ise havalı sistemler tercih edilebilir. Akifer özelliği taşıyan jeolojik birimler kuyu inşası esnasında mutlaka filtreli geçilmelidir. Kuyu inşası tamamlandıktan inkişaf yapılması gerekmektedir. Kuyuların içerisine yabancı maddelerin atılmasını/ girmesini önlemek amacıyla kuyu başlarının beton baks içerisine alınarak muhafaza altına alınması önerilmektedir (Görsel 99). Havza alanından gelen yüzey akışlarıyla birlikte gelebilecek yaprak, sediment gibi maddelerin filtrelenmesini sağlamak için kuyunun beton baks kapakları ince filtreli materyal ile kapatılabilir. Kullanılacak çakıl zarfı, kırmataş veya dere çakılı olarak tercih edilebilir, ancak mutlaka yıkanmış olması gerekmektedir. Çakıl zarfı geniş tutulmalıdır.

4.2.4.6 Bakım

Kuyu içinde olası tıkanmalar nedeniyle zaman içerisinde kuyuların beslenme oranı düşebilir. Besleme oranında bir değişim olup olmadığını tayin edebilmek için tekrar akifer dolum testi yapılarak gerek görüldüğünde kuyu yıkanabilir. Beton baks içerisindeki çakıl düzenli olarak kontrol edilmeli ve ince malzemeler ile tıkandığı tespit edilirse yenilenmeli veya yıkanarak yerine konmalıdır.

4.2.4.7 Örnek Uygulamalar

Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından projelendirilen Buca Bahçekapı Sünger Park Projesi kapsamında taşkın drenaj kuyuları uygulamaları (Görsel 101 ve Görsel 102), yapılmış olup proje detayları Bölüm 5.7 kapsamında verilmiştir.

Görsel 100. Buca Bahçekapı Sünger Park Projesi'nde park sonunda uygulanan taşkın drenaj kuyuları

Görsel 101. Taşkın drenaj kuyuları beton muhafaza baksı ve çakıl zarfı

Görsel 102. Muhafaza beton baks ve çakıl filtre havuzu

> **Kesik bordür uygulaması, yağmur suyunu yeşil altyapı uygulamasına yönlendirirken, suyun içerisindeki tortu ve sedimenti de azaltan doğal esaslı yağmur suyu altyapı tekniğidir.**

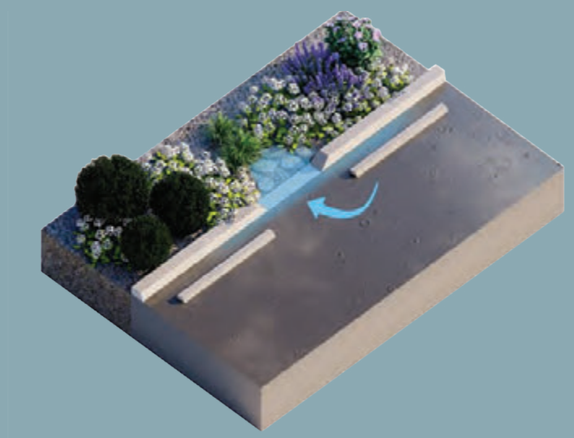
4.2.5 **Kesik** Bordürler

4.2.5.1 **Genel** Tanım

Kesik bordürler yağmur suyunun doğal yöntemlerle yeşil altyapı tekniği uygulama alanlarına (yağmur hendeği, yağmur bahçesi vb.) yönlendirilmesini sağlarlar. Bu esnada suyun içerisindeki tortu ve sedimentin azaltılmasında da etkili olurlar. Genellikle cadde, sokak ve yol kenarlarında bulunan yeşil altyapı uygulamalarına, yollar üzerinde akışan geçen yağmur suyunu yönlendirmede kullanılan bir uygulamadır.

Kesik bordür uygulaması otoparklarda ve sokaklarda, yağmur suyu akışının bitişik arazide yer alan biyolojik tutma alanına (yağmur bahçesi, yapay sulak alan, yağmur hendeği vb.) yönlenmesini sağlayan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğidir. Bu bağlamda kesik bordürler, biyolojik tutma alanlarının, geçirimli kaldırım ve yolların yapısal bileşenlerindendir. Giriş yapısı olarak ve biyolojik tutma alanındaki kapasite fazlası suların yağmur suyu hattına veya yollara tekrar verilmesini sağlamak amacıyla çıkış yapısı olarak kullanılırlar. Kesik bordür uygulaması ile suyun biyolojik tutma alanlarına yönlendirilmesi sonucu yağmur suyu ve kanalizasyon altyapı sistemleri üzerindeki baskı ve su baskınları azaltılırken, otoparklardan ve caddeler gibi geçirimsiz alanlardan su ile birlikte gelen kirleticiler de filtrelenir (77). Kesik bordür kullanımı, saha özelliklerine ve kısıtlamalarına, kirletici yüküne ve tasarım amaçlarına bağlı olarak belirlenir.

4.2.5.2 **Temel** Bilgiler



Görsel 103. Kesik Bordür

Uygulama Amacı

- [ ] Sızma
- [ ] Tutma
- [ ] Depolama
- [ ] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Uygulama Ölçeği

- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [x] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [ ] Askıda Katı Madde Giderimi
- [ ] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [ ] Ağır Metal Giderimi
- [ ] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

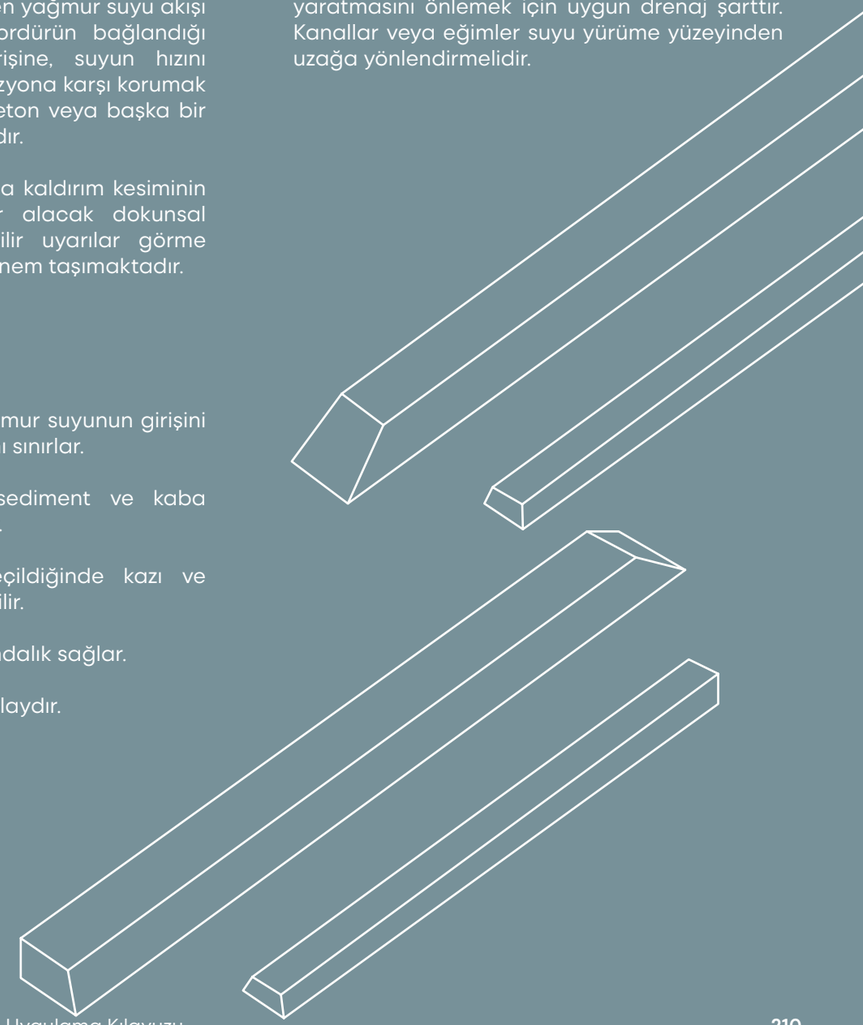
- Kesik bordür planlaması ve tasarımı, topografyaya, biyolojik tutma alanına yönlendirilecek su miktarına, suyun akış hızına, bitişik arazinin kullanım durumuna ve saha kısıtlamalarına bağlıdır.
- Kesik bordür genişliğinin 30-150 cm arasında uygulanması tavsiye edilir (79).
- Kesik bordür, yağmur suyu akışının geldiği yüzeyle aynı kotta ya da 1-2 cm aşağıda olmalıdır.
- Kesik bordür sayısı ve genişliği gelecek yağmur suyunun debisine göre belirlenmelidir.
- Geçirimsiz yüzeylerden gelen yağmur suyu akışı hızlı olacağı için kesik bordürün bağlandığı biyolojik tutma alanı girişine, suyun hızını yavaşlatmak ve sistemi erozyona karşı korumak amacıyla bir taş yatağı, beton veya başka bir koruma malzemesi konmalıdır.
- Kesik bordür uygulamasında kaldırım kesiminin başında ve sonunda yer alacak dokunsal tümsekler veya algılanabilir uyarılar görme engelli bireyler için hayati önem taşımaktadır.

Kısıtlamalar

- Kesik bordür girişinde kullanılacak taş malzemenin köşeli olmasından kaçınılmalıdır.
- Sediment yükünün fazla olduğu büyük geçirimsiz alanlarda kullanılan kesik bordür uygulamalarında, akış girişinde birikebilecek sediment ve kaba malzemeler nedeniyle suyun akışı engellenebilmekte ve buna bağlı olarak daha sık bakım gerektirmektedir.
- Tasarım, hem yayalar hem de kaldırım kenarına yaklaşan sürücüler için net bir görüş alanı sunmalı, park edilmiş araçlar veya tabelalar gibi engelleri en aza indirmelidir.
- Suyun rampada birikerek kayma tehlikesi yaratmasını önlemek için uygun drenaj şarttır. Kanallar veya eğimler suyu yürüme yüzeyinden uzağa yönlendirmelidir.

Faydaları

- Biyolojik tutma alanına yağmur suyunun girişini sağlar ve fazla suyun çıkışını sınırlar.
- Biyolojik tutma alanına sediment ve kaba malzemenin girişini engeller.
- Uygulama yeri doğru seçildiğinde kazı ve malzeme maliyetleri azalabilir.
- Tasarım olarak görsel farkındalık sağlar.
- Uygulaması ekonomik ve kolaydır.



4.2.5.3 Yer Seçimi

Kesik bordür uygulaması yapmak için uygulanacak alanda saha çalışması yapılmalıdır. Alanın eğimi, drenaj havzası ve kullanım amacı tespit edildikten sonra kısıtlamalar ve planlama kriterleri göz önüne alınarak uygulamaya karar verilmelidir.

Kesik bordür uygulamaları;

- Yol, sokak, otopark gibi geçirimsiz yüzeylerden ve geçirimli kaplamaların olduğu yüzeylerden gelen yağmur suyunun bitişikteki biyolojik tutma alanına yönlendirilmesi ve
- Biyolojik tutma alanından gelen akış fazlası suyun yağmur suyu hattına, yollara ve sokaklara tekrar yönlendirilmesi için kullanılır.

Kesik bordür uygulaması için en uygun yer, suyun akış yönü ve arazinin eğimi göz önüne alınarak belirlenir (bkz. Bölüm 4.2.5.4).

4.2.5.4 Boyutlandırma

Öncelikle kesik bordür uygulaması ile biyolojik tutma alanına yönlendirilecek yüzeysel akış miktarı (debisi) (Q) hesaplanır. Yüzeysel akış miktarı, Bölüm 3.2 ile verilen yüzeysel akış miktarı hesabı kullanılarak bulunur. Kesik bordür tekniği için yüzeysel akış miktarı hesabında gerekli olan tasarım yağışının Bölüm 3.2.5 ile verilen kriterlere göre seçilmesi önerilmektedir.

Hesaplanan yüzeysel akış miktarının (Q) tamamını kesik bordür ile biyolojik tutma alanına ve/veya geçirimli yol/ geçirimli kaldırıma yönlendirmek için gerekli kesik bordür genişliği;

$$W_T = 0{,}817 Q^{0{,}42} S_0^{0{,}3} \left(\frac{1}{n S_x}\right)^{0{,}6}$$

Denklemi ile hesaplanabilir (78). Burada;

W_T: Toplam kesik bordür giriş genişliğini (m),

Q: Yüzeysel akış miktarını (m^3/s),

S_0: Boyuna eğim oranını (Bkz. BO-01 ve BO-02 tip çizimleri),

n: Manning katsayısını (Beton kaplama için 0,012 ve 0,016 arasında kabul edilir.),

S_x: Enine eğim oranını (Bkz. BO-01 ve BO-02 tip çizimleri) (0,015 ile 0,04 arasında kabul edilir.),

temsil eder.

Birden fazla kesik bordür yapılması durumunda her bir kesik bordür için gereken genişlik, toplam kesik bordür genişliğinin (W_T) kesik bordür sayısına bölünmesiyle hesaplanır. Her bir kesik bordür genişliğinin 30 cm ile 150 cm aralığında olması tavsiye edilir (79). Kesik bordür genişliklerini bu değer aralıklarında tutmak için uygulama sayısı azaltılıp arttırılabilir. Kesik bordür genişliği için mevcut alanın kısıtlı olduğu ve daha büyük yağmur suyu debilerinin yönlendirilmek istendiği durumlarda, enine eğim oranı (Sx), eğimli bir beton apron eklenerek artırılabilir.

Yüzeysel akış miktarının (Q), planlanan kesik bordürden girebilecek yağmur suyu miktarına oranı için;

$$R_c = 1 - \left(1 - \frac{W}{W_T}\right)^{1{,}8}$$

denkleminden yararlanılır. Burada;

R_c: Kesik bordürden biyolojik tutma alanına/ geçirimli yol/ geçirimli kaldırım bölgesine giren debinin oranını,

W_T: Hesaplanan kesik bordür giriş genişliğini (m),

W: Yapılması planlanan kesik bordür genişliğini (m),

temsil eder.

4.2.5.5 Uygulama Aşamaları

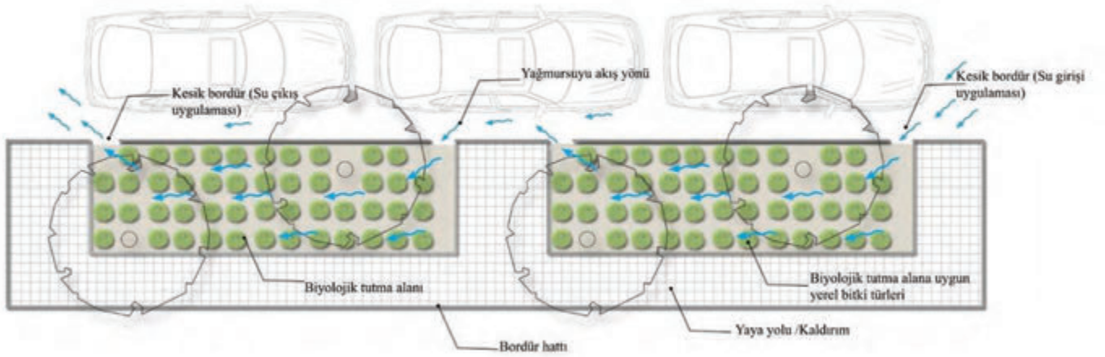
Su girişini sağlayacak kesik bordür uygulaması için öncelikle Bölüm 4.2.5.4 kapsamında verilen boyutlandırma kriterleri dikkate alınarak gerekli olan en uygun kesik bordür genişliği ve sayısı hesaplanır. Bordür kesimleri, suyu geldiği yöne göre yakalamak için açılı (verevli) olabilir.

Kesik bordür uygulaması ayrıca biyolojik tutma alanında meydana gelen fazla suları saha dışına yönlendirmek için, biyolojik tutma alanının aşağı eğimli ucunda uygulanabilir. Kesik bordür ile, yüzey taşmaları yağmur suyu hattına, yağmur suyu hattı mevcut değil ise sokağa geri yönlendirilebilir.

Kesik bordür uygulamasında su giriş noktaları yol ile hemzemin olmalıdır. Çıkış ünitesinin fazla suyu drene edebilmesi için çıkış kotu yol/sokak seviyesinden daha aşağıda olmamalıdır. Uygulama öncesinde kesik bordür yapılacak alan temizlenmelidir.

Kesik bordür uygulamasında; gelen yağmur suyunun giriş enerjisini dağıtmak, biyolojik tutma alanını erozyona karşı korumak ve alana sediment, çöp, moloz ve organik madde gibi kaba malzemenin girişini önlemek amacıyla kanal girişinde bir taş yatağı, beton veya başka bir erozyon koruma malzemesi kullanılmalıdır (79). Taş yatağında kullanılacak taş büyüklüğü 10-30 cm dane boyutunda ve yuvarlak kenarlı olmalıdır. Köşeli taşlardan sediment malzemeyi temizlemek zor olduğundan köşeli taş kullanımından kaçınılmalıdır. Eğimde önemli düşüşlerin olduğu durumlarda, erozyon koruması tesisin dibine kadar uzatılmalıdır (75).

Büyük geçirimsiz alanlardan ve yüksek miktarda sediment, kaba malzeme ve moloz yükü olan kullanım alanlarından gelen kirletici yükünü yakalamak için, akış girişinde toplama havuzları, açık yükleme havuzları (Sarnıç gibi) veya ön çökeltme havuzları gibi entegre sistemlerle kullanılabilir. Bazı uygulamalarda yağmur suyu, ızgaradan geçirildikten sonra toplama havuzuna alınabilir. Ön çökeltim havuzu veya toplama havuzunda su derinliği maksimum 30 cm olmalıdır. Havuz tabanında 5 ila 10 cm nehir yatağı veya yuvarlak kaldırım taşlarından bir yatak veya beton yastık tesis edilmelidir.
Kullanılan ızgaralar, toplama havuzları, ön çökeltim havuzu ve yükleme havuzları düzenli olarak temizlenmelidir.



Görsel 104. Kesik Bordür Uygulaması ile Biyolojik Tutma Ünitesine Su Giriş ve Çıkışı

Kesik bordür uygulamalarında biyolojik tutma alanında dikim, malçlama ve diğer uygulamalar tamamlanana kadar (alan stabilize olana kadar) kesik bordür giriş ve çıkışları bloke edilmelidir.

Kesik bordür doğrudan kaldırımların bitişiğinde ise yayaların düşmesini önlemek için gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır. Kesik bordür genişliğine bağlı olarak korkuluklar veya tekerlek dayanakları gibi kenar koruma ihtiyaçları değerlendirilmelidir (80).

Kesik bordür uygulamalarının olduğu kaldırım kesiminin başında ve sonunda yer alacak dokunsal tümsekler veya algılanabilir uyarılar, görme engelli bireyler için hayati önem taşımaktadır.

4.2.5.6 Bakım

Otopark, cadde ve sokak gibi geçirimsiz alanlardan biyolojik tutma alanına doğru yağmur suyunun kesintisiz akışını sağlamak amacıyla, kesik bordür girişinde biriken sediment ve kaba malzemeler temizlenmelidir. Sediment yükünün fazla olduğu büyük geçirimsiz alanlarda ve yüksek trafik yükünün olduğu alanlarda kullanılan kesik bordür uygulaması daha sık denetim ve bakımdan geçmelidir.

Biyolojik tutma alanlarına istenilen miktarda su akışını sağlamak için, kesik bordur girişinde bitki yoğunluğu oluşmuşsa budama, seyreltme yapılmalıdır.

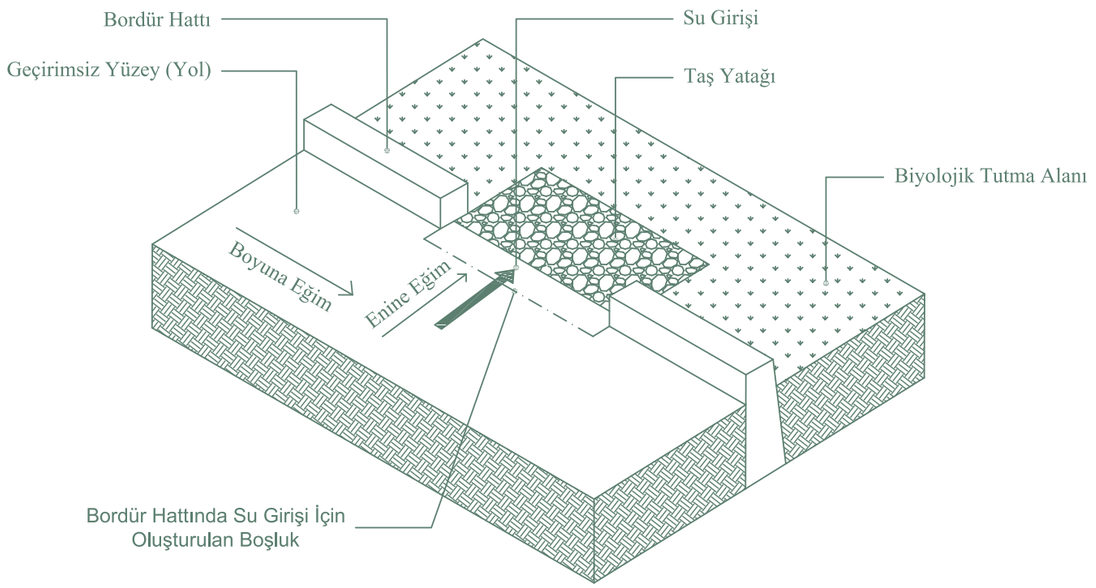
Temizlik yılda 2 defa, kasım ve ocak aylarında yapılmalıdır. Özellikle sonbahar yağmurları başladıktan ve yapraklar düştükten sonra yapılması önemlidir. Kesik bordür altındaki toprak ve malç seviyesinin tasarım değerlerine uygunluğu zaman zaman kontrol edilmelidir. Hasar görmüş kesik bordürler yenilenmelidir.

4.2.5.7 Örnek Uygulamalar

Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından projelendirilen Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi ve Gaziemir Sakarya Sünger Otopark Projesi kapsamında farklı kesik bordür uygulamaları yapılmış olup, proje detayları Bölüm 5.14 ve Bölüm 5.15 kapsamında sunulmuştur.

Görsel 105. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Park Projesi'nde kesik bordür uygulamaları a) standart uygulama ve çakıl yatağı, b) ızgaralı uygulama ve çakıl yatağı

Görsel 106. Gaziemir Sakarya Sünger Otopark Projesi Kesik Bordür Uygulaması



NOTLAR

1. BU TİP KESİT, BORDÜR HATTI OLAN ŞEHİRİÇİ YOLLARDAN BİYOLOJİK TUTMA ALANINA YAĞMURSUYU GİRİŞİNİN SAĞLANMASI AMACIYLA HAZIRLANMIŞTIR.
2. KESİK BORDÜR, YAĞMURSUYU AKIŞININ GELDİĞİ YÜZEYLE AYNI KOTTA YA DA 1-2 cm AŞAĞIDA OLMALIDIR.
3. YOLDAN GELEN YAĞMURSUYU AKIŞININ HIZINI YAVAŞLATMAK VE SİSTEMİ EROZYONDAN KORUMAK İÇİN KESİK BORDÜRÜN GİRİŞİNE BİR TAŞ YATAĞI, BETON VEYA BAŞKA BİR KORUMA MALZEMESİ KONMALIDIR.
4. İMALATLARDA MEVCUT YOL KOT VE EĞİMLERİ İLE KESİK BORDÜR HARİCİNDE DİĞER BORDÜR KOT VE EĞİMLERİ KORUNMALIDIR.
5. KESİK BORDÜR GENİŞLİĞİ, TOPLANMASI HEDEFLENEN SU MİKTARINA GÖRE DEĞİŞMEK ÜZERE, 30 cm ile 150 cm ARASINDADIR.

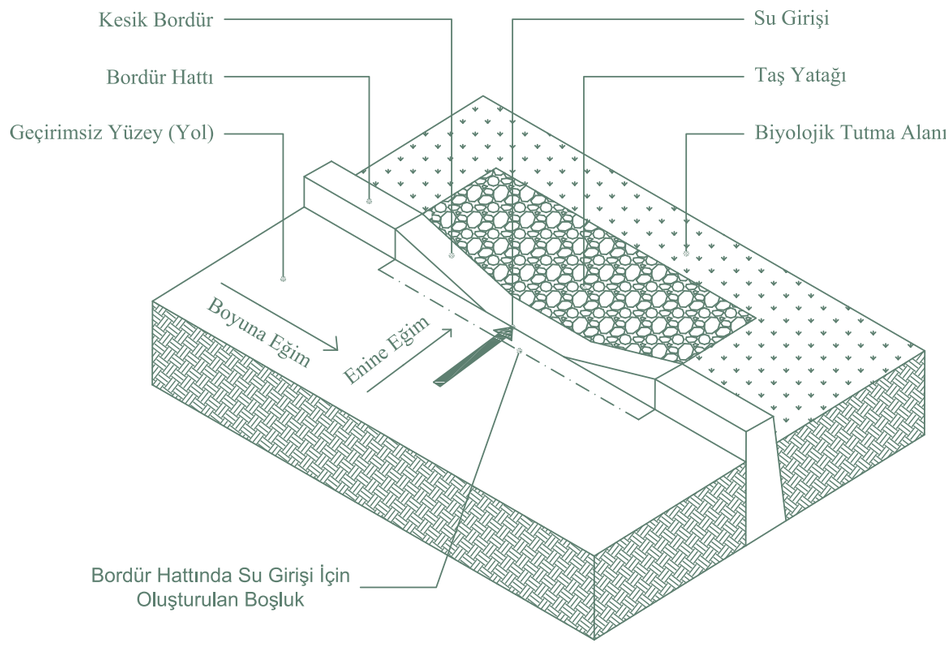
ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

KESİK BORDÜR

KB-01



NOTLAR

1. BU TİP KESİT, BORDÜR HATTI OLAN ŞEHİRİÇİ YOLLARDAN BİYOLOJİK TUTMA ALANINA YAĞMURSUYU GİRİŞİNİN SAĞLANMASI AMACIYLA HAZIRLANMIŞTIR.
2. KESİK BORDÜR, YAĞMURSUYU AKIŞININ GELDİĞİ YÜZEYLE AYNI KOTTA YA DA 1-2 cm AŞAĞIDA OLMALIDIR.
3. YOLDAN GELEN YAĞMURSUYU AKIŞININ HIZINI YAVAŞLATMAK VE SİSTEMİ EROZYONDAN KORUMAK İÇİN KESİK BORDÜRÜN GİRİŞİNE BİR TAŞ YATAĞI, BETON VEYA BAŞKA BİR KORUMA MALZEMESİ KONMALIDIR.
4. İMALATLARDA MEVCUT YOL KOT VE EĞİMLERİ İLE KESİK BORDÜR HARİCİNDE DİĞER BORDÜR KOT VE EĞİMLERİ KORUNMALIDIR.
5. KESİK BORDÜR GENİŞLİĞİ, TOPLANMASI HEDEFLENEN SU MİKTARINA GÖRE DEĞİŞMEK ÜZERE, 30 cm ile 150 cm ARASINDADIR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

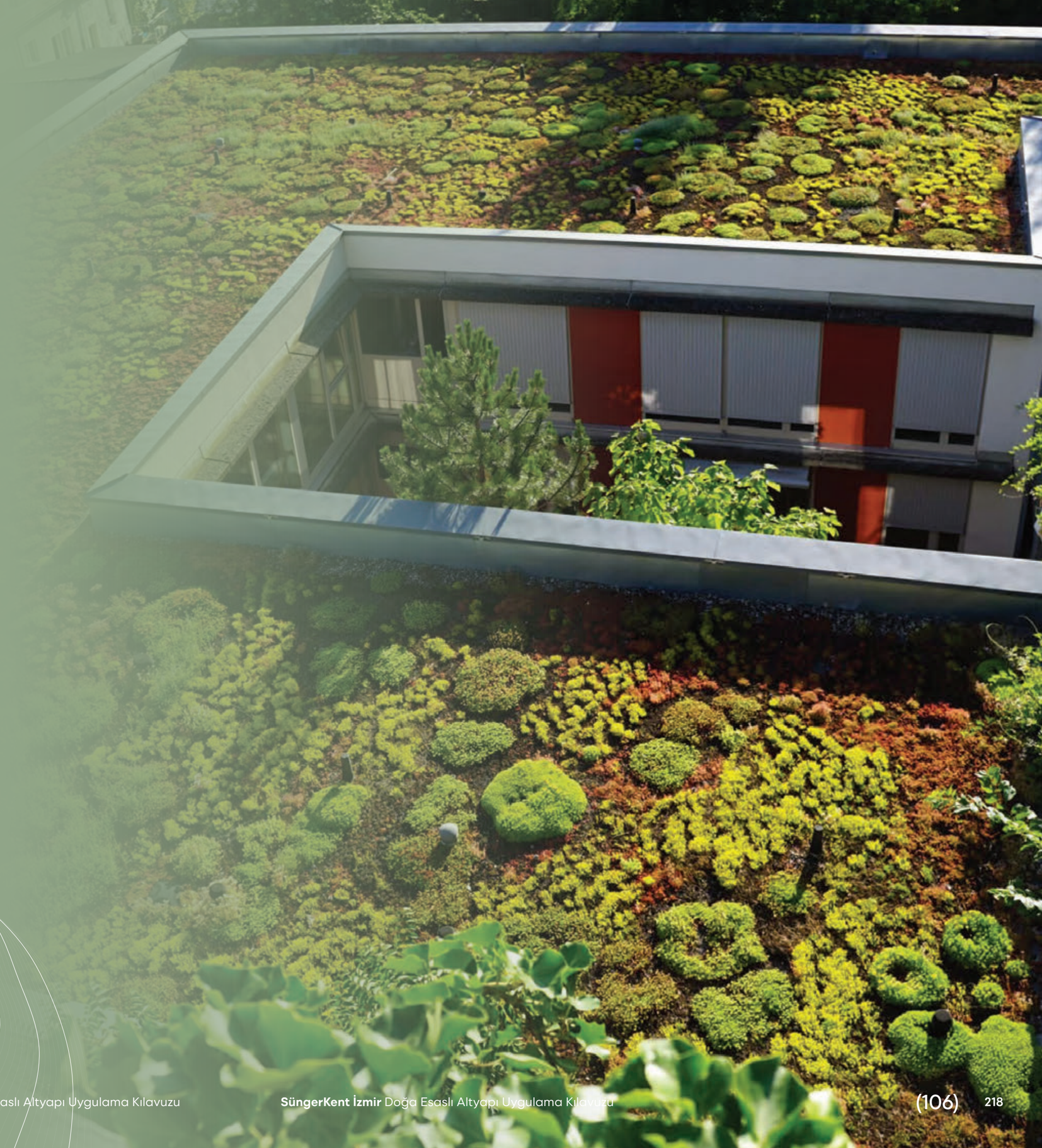
İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

KESİK BORDÜR

KB-02

4.2.6 **Yeşil** Çatılar

Yeşil çatılar, kısmen veya tamamen bitki ve bitki örtüsü ile kaplı çatılardır. Bunlar sukulen çatılar, bitkili çatılar veya canlı çatılar olarak da bilinir.



4.2.6.1 Genel Tanım

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin 03/06/2021 tarihli ve 31500 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan (18/09/2021 tarihli ve 31602 sayılı RG ile değişiklik) "İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği"nin "Tanımlar" bölümünün 4. maddesinin (ğ) bendinde;

"**Yeşil çatı:** *Binanın enerji performansını, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştiren, yağmur suyunun yarattığı problemlere yenilikçi çözümler getiren, çim serilip çiçeklerle yeşillendirilebilen, küçük bitkilerle donatılabilen çatıları*" **olarak tanımlanmıştır.**

Yeşil çatılar bitki örtüsü kullanılarak doğal soğutma, su arıtma ve hava filtreleme özellikleri ile kentleşmeden kaynaklanan çevre sorunlarını çözmeye yardımcı olmak için kullanılırlar.

Tipik bir yeşil çatı; binayı korumak amacıyla su geçirmez bir membrandan, akışı depolamak ve yönlendirmek için bir drenaj tabakasından, bitkilerin gelişimi için uygun bir ortamdan ve bitkilerden oluşmaktadır (97).

Yeşil çatılar, akışa geçen yağmur suyu hızını yavaşlatmaya, yağmur suyu içerisindeki kirleticileri filtrelemeye ve kentsel sıcaklığı kontrol etmeye yardımcı olurlar.

" Yeşil çatılar, şehirlere doğanın bir parçasını taşıyan, çevre dostu ve sürdürülebilir bir çözümdür. „

Görsel 107. Yeşil Çatı

Uygulama Ölçeği

- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [ ] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Uygulama Amacı

- [ ] Sızma
- [x] Tutma
- [ ] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Planlama Kriterleri

- Uygulanacağı bina çatı alanları ilgili mevzuat ile uyumlu olmalıdır.
- Tasarım hesaplamaları yeşil çatının ıslak ağırlığını dikkate almalıdır.
- Uygulanacağı binalardaki statik hesaplamaların yeşil çatı uygulaması yükleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

Kısıtlamalar

- Binalar yeşil çatıyı destekleyebilir nitelikte olmalıdır.
- Taşkın kontrolü gereksinimini karşılamak için diğer yeşil altyapı teknikleri ile birleştirilmesi gerekebilir.
- Çoğu geleneksel çatıdan daha pahalı kurulum maliyetine sahiptir.
- Kurulumun sızıntıyı önleyecek şekilde yapılması gerekmektedir.
- Bakım gereksinimleri çatıya bağlı olarak yüksek olabilmektedir (97) (99).

Faydaları

- Yağmur suyunun yönetiminde etkilidir.
- Kanalizasyon sistemleri üzerinde ek yük oluşturan yağmur suyu miktarını azaltır.
- Kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında etkilidir.
- Yeşil çatı sistemleri yapıları gereği gerek çevresel, gerek görsel, gerek de aktivite sağlaması bakımından kentsel yerleşimlere önemli faydalar oluşturmaktadır.
- Yeşil çatı üzerinde bulunan bitkiler havadaki partikülleri filtreleyerek hava kirliliğinin azalmasında etkilidir. Aynı zamanda bu partiküllerin yeşil çatı katmanları içerisinde tutulması ile yağmur suyu kalitesinde de artış sağlanır. (98) (97) (99).

4.2.6.3 Yer Seçimi

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin 03/06/2021 tarihli ve 31500 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan (18/09/2021 tarihli ve 31602 sayılı RG ile değişiklik) *"İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği"*nin Çatılar bölümü Madde 43.'ün altında; *"kamu binaları da dahil olmak üzere yeni yapılacak toplam inşaat alanı 60.000 m² üzerinde olan binalarda kent ekolojisini iyileştirmek, iklimsel klima etkisini kırmak, yağmur suyunu tutarak ani su baskınlarını azaltmak, inşaatların yeşil alan tahribini önlemek, nefes alınabilecek doğal bir ortam oluşturmak ve çatılarda ısı ve gürültü yalıtımını sağlamak amacıyla yeşil çatı sistemleri uygulanması zorunludur. Ayrıca toplam inşaat alanı 30.000 m²'den fazla olan binalarda teras çatı yapılmak istenmesi durumunda yeşil çatı sistemleri uygulaması yapılması zorunlu kılınmıştır."* ibaresi yer almakta olup, bu yönetmelik ile bahse konu alanlarda yeşil çatı yapılması zorunlu hale getirilmiştir.

İzmir'de mevcut yapılar yeşil çatı uygulamasına uygun olarak tasarlanmadığı için, yalnızca yeni yapılacak binalarda kullanımları önerilmektedir.

4.2.6.4 Boyutlandırma

Yeşil çatı uygulamalarını yapabilmek için minimum çatı genişliği yönetmeliklerle belirlenmiştir (Bkz. Bölüm 4.2.6.3). Boyutlandırma gelen yağış miktarı ve tipinden bağımsız olarak seçilen sistem kesitinin tipine göre yapılır. Yeşil çatı uygulaması sığ ve derin yeşil çatılar olmak üzere iki farklı tipte uygulanabilmektedir (Bkz. Görsel 108 ve Görsel 109).

Sığ yeşil çatılarda toprak katmanı tipik olarak 2 cm - 15 cm yüksekliktedir. Bu yapı, kurulacağı çatı alanı üzerinde 50-250 kg/m² yük oluşturacaktır. Bu nedenle bina statik hesaplamalarında çatı, bu yükü taşımaya uygun olarak tasarlanmış olmalıdır.

Derin yeşil çatılarda ise katmanlar benzer olup, bitki gelişimine olanak sağlayan toprak katmanı yüksekliği çok daha fazladır. Bu tip yeşil çatılarda bitki gelişim katmanı 15 cm veya daha derin olmalıdır. Bu sistem uygulanacağı bina için 150 kg/m²'ye üzerinde ek yük oluşturabilir, bu ek yük sistem tasarımına bağlı olarak 2.000 kg/m²'ye kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle binanın statik hesaplamalarının uygun olarak yapılmış olması gerekmektedir.

Yeşil çatı uygulamalarında bitki yaşamının sürdürülebilmesi için aşağıdaki bileşenlerin dengeli bir şekilde sağlanması gerekmektedir:

- Gün ışığı
- Nem
- Drenaj
- Bitki kök havalandırması
- Besinler
- Bakım (100)

Yeşil çatı depolama alanları, yağmur suyunu evapotranspirasyon yoluyla bitkiler tarafından kullanılmadan veya aşağı yönde serbest akışı gerçekleşmeden önce geçici olarak depolar. Yeşil çatılar için depolama alanları tipik olarak aşağıdaki bileşenlerden oluşur:

Toprak katmanı, bitki büyümesini destekler ve yağmur suyunun boşluklar içinde depolanmasını sağlar. Depolama kapasitesi, derinlik, yüzey alanı ve toplam boşluk alanının bir fonksiyonudur (101). Toprak katmanının özellikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

Tasarım yükünü azaltmak amacıyla hafif olmalıdır.

- Rüzgar ve su erozyonuna karşı dirençli olmalıdır.
- Yabani otlardan, hastalıklardan ve zararlılardan arınmış olmalıdır.
- Yanıcı organik madde içermemelidir.
- Bitki ihtiyacını karşılayacak şekilde yeterli su tutma ve bırakma kapasitesine sahip olmalıdır.
- Aşırı su tutmamalı, yeterli geçirgenliğe sahip olmalıdır.
- Suya doygun olduğu durumlarda kök hasarını önlemek amacıyla yeterli hava porozitesine sahip olmalıdır.
- Yeterli alt tabaka derinliğini ve uygun drenajı korumak için sıkışmaya karşı direnç göstermelidir.
- Bitki ihtiyaçlarına uygun olarak uzun vadeli gelişimlerini destekleyecek şekilde besin kaynaklarına sahip olmalıdır (Sığ yeşil çatılar düşük besin gereksinimine sahipken derin yeşil çatıların besin ihtiyacı daha yüksektir.)
- Su yalıtımına zarar verebilecek keskin ve köşeli malzemelerden oluşmamalıdır (100).

Filtre veya ayrım katmanı, toprağın yeşil çatının altta yatan drenaj tabakasına taşınımını önler. Bu tabakanın uygunluğunu değerlendirmek amacıyla aşağıda verilen minimum performans özellikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Ağırlık (minimum 90 g/m²)
- Çekme dayanımı (minimum 7/7 kN/m)
- 50mm'lik hidrolik başlık altındaki akış hızı (EN ISO 11058) (minimum 70 l/m²/s)
- Etkili gözenek boyutu (EN ISO 12956) minimum 90 µm
- Penetrasyon kuvveti (EN ISO 12236) minimum 1100N (100)

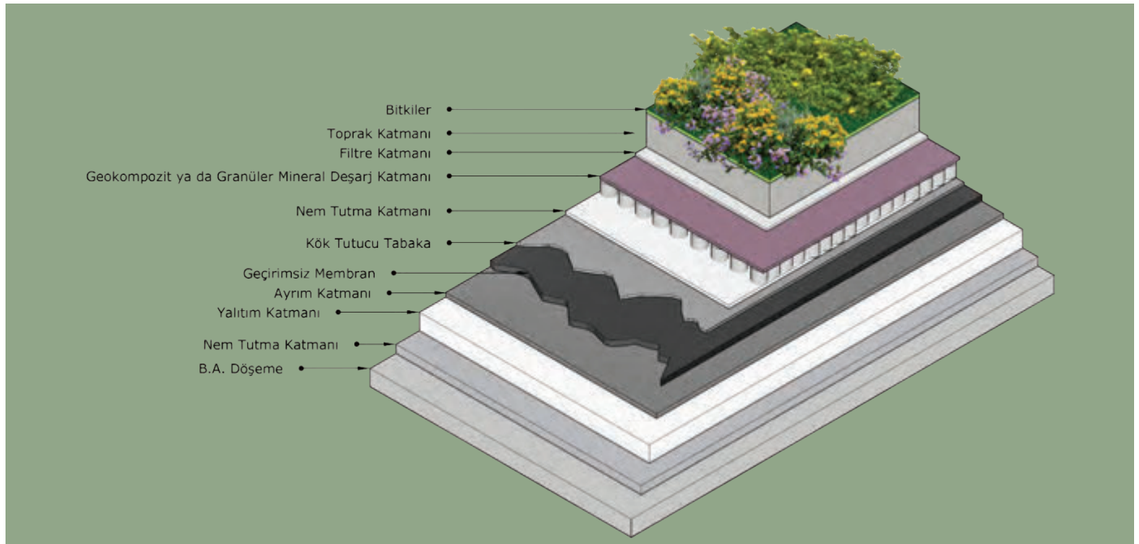
Drenaj katmanı, yağmur suyunun yeşil çatı depolama alanından geçerken sızan yağışları/fazla suyu engellemek ve yeşil çatı üzerindeki diğer katmanları korumak için eklenmektedir. Drenaj amacıyla kullanılan katmanlar arasında girintili membranlar ve yüksek kılcal indeksine sahip özel kumaşlar veya katmanlar bulunur (101). Drenaj katmanının uygunluğunu değerlendirmek için önemli minimum performans standartları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Su depolama kapasitesi (l/m²)
- Agregalar için dolgu hacmi (l/m²)
- Akış hızı (l/s/m²)
- Ağırlık (kuru ve doygun ağırlık) (kg/m²)
- Basınç dayanımı (kN/m²) (100)

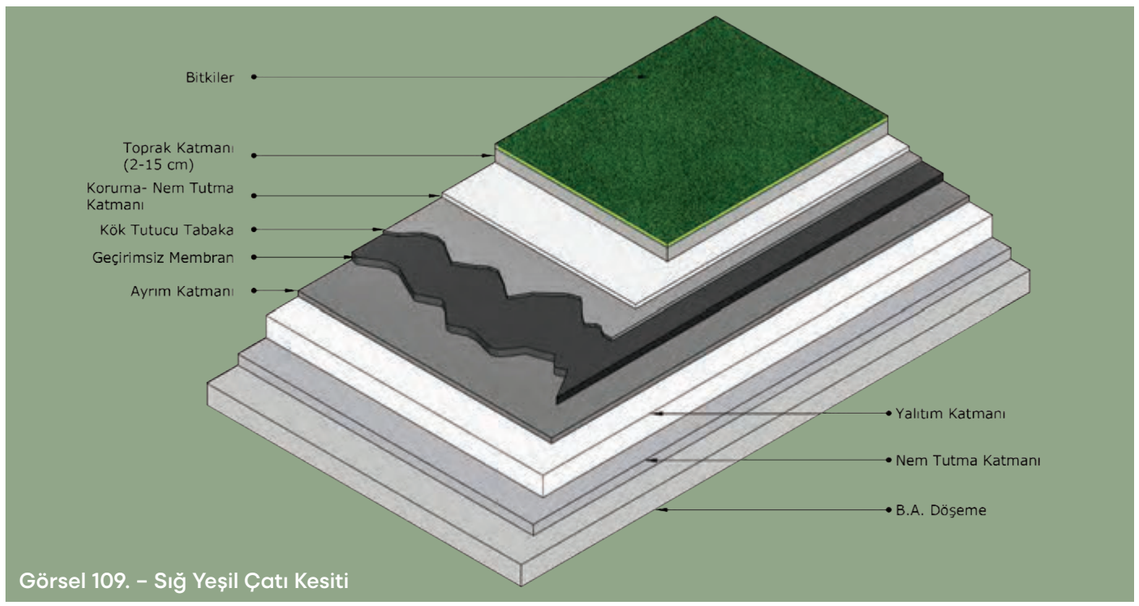
Yukarıda belirtilen parametre değerleri, yeşil çatı tasarımına bağlı olarak değişmektedir.

Nem tutma katmanları/kök tutucu tabakalar, altta yatan çatı döşemesini nemden ve bitki kökü girişinden koruyan geçirimsiz katmanlardır. Bazı su yalıtım malzemeleri doğal olarak köke dayanıklıdır, bazıları ise ek bir kök tutucu gerektirmektedir. Bu katman genellikle 2 mm -12 mm arasında bir kalınlığa sahip olan jeotekstilden oluşmaktadır. Aşağıdaki performans kriterleri bu katman için göz önünde bulundurulmalıdır:

- Su depolama kapasitesi (L/m^2)
- Kalınlık (mm)
- Ağırlık (kuru) (kg/m^2)
- Çekme dayanımı (kN/m^2)
- Kullanılan normlara göre dayanıklılık ölçüsü (100)



Görsel 108. – Derin Yeşil Çatı Kesiti



Görsel 109. – Sığ Yeşil Çatı Kesiti

4.2.6.5 Uygulama

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin 03/06/2021 tarihli ve 31500 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan (18/09/2021 tarihli ve 31602 sayılı RG ile değişiklik) *"İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği"*nin 43 üncü maddesinin;

"(22) Binaya hizmet eden ortak alan olarak düzenlenecek yeşil çatı uygulamalarında; çim, bitki, çiçek ve küçük ağaç türlerinin yetiştirileceği en az 0.50 metre toprak dolgu oluşturulacaktır. Bina taşıyıcı sistemi toprak yükü de hesaplanarak çözülecek olup çatıda su ve ısı yalıtımı sağlanacaktır. Yapılacak olan toprak dolgu parapet yüksekliğine ilave edilemez." ibaresi yer almakta olup, uygulamada bu kıstasların dikkate alınması gerekmektedir.

Yeşil çatı tekniği uygulanırken dikkate alınması gereken temel parametreler; kullanılacak bitki tipi, toprak derinliği ve bitkiler arasındaki boşluklar ile bitki yüksekliklerdir. Bölüm 4.2.6.4 kapsamında bahsedilen derin ve sığ yeşil çatı tipleri bu parametrelerin farklı şekilde düzenlemesiyle oluşturulmuştur. Yeşil çatılar temel olarak iki ana başlıkta tanımlanmış olsa da farklı tasarımlarla ara derinliklerde yeşil çatı planlaması yapılarak farklı binalara özgü farklı teknikler uygulanabilmektedir.

Yeşil çatının uygulanacağı çatı yüzeyinin drenajının doğru sağlanabilmesi için %1-2 arasında yumuşak bir eğime sahip olması gerekmektedir.

Sığ yeşil çatılarda ince bir toprak örtüsü kullanılır. Ağırlıklı olarak sukulent ya da otsu bitkilerden rüzgâra dayanıklı ve iklime uygun türler tercih edilir. Sığ yeşil çatılar kurulum sonrasında çok az bakım gerektirmeleri nedeniyle derin yeşil çatılara göre daha az maliyetlidir. Derin yeşil çatılarda ise daha kalın bir toprak tabakası bulunur ve daha çeşitli bitki kullanımına olanak sağlarlar. Toprak tabakasının daha kalın olması nedeniyle daha fazla yapısal destek gerektirir.

Yeşil çatılarda biyoçeşitliliği artıran en önemli faktör kullanılan bitki türleridir. Birden fazla bitki tipinin kullanılması, biyoçeşitliliği artırmada tek tip bitki kullanımına kıyasla daha etkilidir. Çatılar üzerinde yetişmesi uygun birçok bitki türü bulunmaktadır. Bunlar arasından kent ekosisteminde yaşamını sürdürebilecek yerel türler seçilmelidir. Aynı çatı üzerinde farklı toprak derinliklerinde alanlar oluşturarak daha çeşitli habitatlar üretmek mümkündür. Çatı üzerinde oluşturulan yeşil alanlar yalnızca bitkilere değil, bitkilerle oluşturulan habitatlarda yaşayan böcekler, kuşlar ve diğer canlılara da ev sahipliği yapmaktadır. Yeşil çatı uygulamasında yüksek oranda yerel bitki türlerinin kullanıldığı durumlarda yerel böcek türleri alanı daha hızlı benimseyecektir.

Yeşil çatılarda kullanılan bitki türlerinin yanı sıra bitki sıklığı da biyoçeşitliliğin geliştirilmesi bakımından büyük öneme sahiptir.

Kullanılan toprak tabakası ne kadar geniş olursa su ve besin tutma kapasitesi o kadar artacağından, daha derin köklü bitkilerin gelişimi de desteklenecektir. Farklı toprak derinlikleri ile aynı ortamda birden fazla mikro iklim oluşturulabilir (97) (99).

4.2.6.6 Bakım

Yeşil çatılarda bakım, her iki yeşil çatı tipine göre değişmektedir. Sığ yeşil çatıların bakım ihtiyacı derin çatılarda göre oldukça azdır. Her iki çatıda da düzenli olarak gözlem yapılmalı, aşağıda belirtilen faaliyetler yürütülmelidir:

- Yabani otların /istilacı bitkilerin temizlenmesi gerekmektedir. Tercihen, ayıklama manuel olarak yapılmalıdır. Herbisit kullanımından bitki örtüsü bütünlüğünü tehlikeye atan aşırı yabancı ot istilası durumu dışında kaçınılmalıdır. Yabancı otlar tamamen çıkarılmalıdır.
- Bitki örtüsünü hastalık belirtileri açısından kontrol edilmelidir.
- Toprak katmanı, bitki örtüsü, döküntü veya diğer malzemeler drenaj girişini tıkadığında çatı drenajları temizlenmelidir.
- Sıcak aylarda bitkilerin en az % 90 bitki örtüsü sağlayacak şekilde muhafaza edilmesi gerekmektedir.

- Sürekli sulama yapılan projeler denetlenmeli ve bitki performansını ve su kullanım verimliliğini optimize etmek için sulama süre ve miktarı ayarlanmalıdır.
- Drenaj giriş borusu ve muhafaza sistemi kontrol edilmelidir.
- Geçirimsiz katmanda kök penetrasyonunu önlemek için herbisitlerin kullanımından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır (97), (99), (100).

4.2.6.7 Örnek Uygulamalar

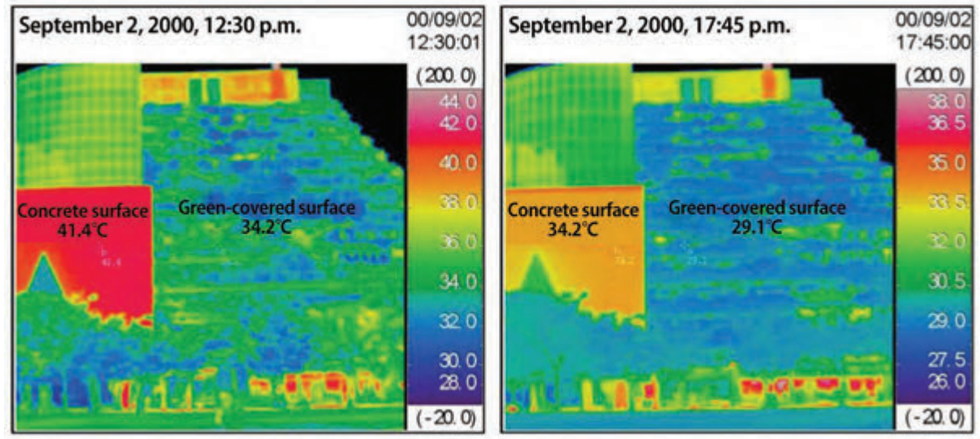
Sürdürülebilir kentsel gelişimi ve iklim dirençliliğini artırmak için kent genelinde uygulanan yeşil altyapı teknikleri stratejik bir öneme sahiptir. Bu yenilikçi teknikler arasında yer alan yeşil çatılar, ekolojik avantajları ve mimari işlevsellikleri optimum bir şekilde birleştirmeleri nedeniyle örnek uygulamalar olarak öne çıkmaktadır. Ülkemizde ve dünyada çeşitli kurumlar tarafından uygulanmış pek çok yeşil çatı örneği mevcuttur. Bu örnekler arasından seçilen iki örnek aşağıda anlatılmıştır.

ACROS Fukuoka İli Uluslararası Salonu (Japonya)

Bu binada kullanılan yeşil çatı tekniğinin özelliği, basamak şeklinde yapılmış olmasıdır. Aynı zamanda şehrin ortasında yeşil bir dağ olarak tasvir edilmiştir. Basamaklardan oluşan çatının toplam alanı 5.400 m²'dir. Toplam 40.000 bitki ve 120 farklı tür bulunduğu belirtilmiştir. Uluslararası alanda, ACROS, dikey yeşillendirmenin de iyi bilinen bir örneği olarak yer almaktadır. (102)

Görsel 110. – ACROS Fukuoka – Yeşil Çatı Uygulama Örneği (Fukuoka, Japonya)

Ayrıca, bu uygulama örneğinin kentsel ısı adası üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Kyushu Üniversitesi, Nippon Teknoloji Enstitüsü ve Takenaka Şirketi tarafından gerçekleştirilen termal çevre ölçüm çalışmasına göre, orta yazın gündüz saatlerinde yapılan kızılötesi termometre ölçümleri, beton yüzeylerde sıcaklıkların 50°C'nin üzerine çıktığını, yeşil bitki örtüsünün maksimum sıcaklığının ise 38°C olmak üzere yaklaşık 15°C daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu çalışma kapsamında hazırlanan, saat 12.30 ve 17.45'te yapılan ölçümleri yansıtan termal görüntü Görsel 111'da verilmiştir. (103)



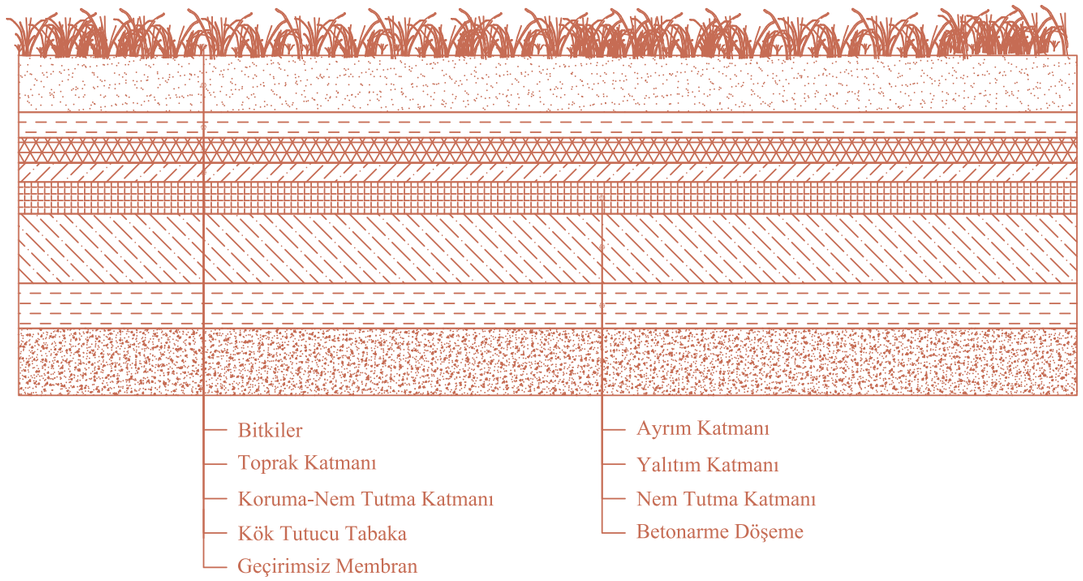
Görsel 111. – ACROS Fukuoka – Beton yüzey ve yeşil çatı alanı farkını gösteren termal görüntü

2009 yılında Berndtsson ve ark. tarafından yapılan çalışmada, ACROS binasının da içerisinde bulunduğu örnek yeşil çatılarda örnekleme yapılmış ve su kalitesinde iyileşme sağladığı belirlenmiştir (104).

Turkcell Ar-Ge Binası

Gebze TUBİTAK Araştırma Merkezi Teknoloji Serbest Bölgesi'nde yer alan ve 2008 yılında kullanıma açılan Türkcell Ar-Ge binası çatısında gerçekleştirilen yeşil çatı uygulaması ve detayları Görsel 110 ile gösterilmiştir. Tamamı çim ile kaplanan çatı alanı, aynı zamanda toplanma, dinlenme gibi sosyal etkinliklere olanak verecek şekilde tasarlanmıştır. Bu binada toplam 2.500 m² alanda sığ yeşil çatı uygulanmıştır (105).

Görsel 112. – Turkcell Ar-Ge Binası – Yeşil Çatı Uygulama Örneği (Gebze, Türkiye)



NOTLAR
1. İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ İMAR YÖNETMELİĞİNE GÖRE YENİ YAPILACAK TOPLAM İNŞAAT ALANI 60.000 m^2 ÜZERİNDE OLAN BİNALARDA YEŞİL ÇATI UYGULAMALARI ZORUNLUDUR. AYRICA TOPLAM İNŞAAT ALANI 30.000 m^2 ÜZERİNDE OLAN BİNALARDA TERAS ÇATI YAPILMAK İSTENMESİ DURUMUNDA YEŞİL ÇATI UYGULAMALARI ZORUNLUDUR. YAPILACAK YEŞİL ÇATILARIN İLGİLİ MEVZUATLA UYUMLU OLMASI GEREKMEKTEDİR.
2. SIĞ YEŞİL ÇATILAR UYGULAMA YAPILACAK BİNA ÜZERİNDE YAKLAŞIK 50-250 kg/m^2 YÜK OLUŞTURACAKTIR.
3. TOPRAK KATMANI 2-15 cm KALINLIKTA OLMALIDIR.
4. TASARIM HESAPLAMALARI YEŞİL ÇATININ ISLAK AĞIRLIĞI DİKKATE ALINARAK YAPILMALIDIR
5. BİNALARDAKİ STATİK HESAPLAMALARIN YEŞİL ÇATI UYGULAMASI YÜKLERİ DİKKATE ALINARAK GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ OLMASI GEREKMEKTEDİR. BU NEDENLE MEVCUT YAPILARDA DEĞİL YENİ YAPILACAK BİNALARDA UYGULANMASI ÖNERİLMEKTEDİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

YEŞİL ÇATI (SIĞ)

YC-01

NOTLAR
1. İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ İMAR YÖNETMELİĞİNE GÖRE YENİ YAPILACAK TOPLAM İNŞAAT ALANI 60.000 m^2 ÜZERİNDE OLAN BİNALARDA YEŞİL ÇATI UYGULAMALARI ZORUNLUDUR. AYRICA TOPLAM İNŞAAT ALANI 30.000 m^2 ÜZERİNDE OLAN BİNALARDA TERAS ÇATI YAPILMAK İSTENMESİ DURUMUNDA YEŞİL ÇATI UYGULAMALARI ZORUNLUDUR. YAPILACAK YEŞİL ÇATILARIN İLGİLİ MEVZUATLA UYUMLU OLMASI GEREKMEKTEDİR.
2. DERİN YEŞİL ÇATILAR UYGULAMA YAPILACAK BİNA ÜZERİNDE YAKLAŞIK 150-2000 kg/m^2 YÜK OLUŞTURACAKTIR.
3. TOPRAK KATMANI >15 cm KALINLIKTA OLMALIDIR.
4. TASARIM HESAPLAMALARI YEŞİL ÇATININ ISLAK AĞIRLIĞI DİKKATE ALINARAK YAPILMALIDIR
5. BİNALARDAKİ STATİK HESAPLAMALARIN YEŞİL ÇATI UYGULAMASI YÜKLERİ DİKKATE ALINARAK GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ OLMASI GEREKMEKTEDİR. BU NEDENLE MEVCUT YAPILARDA DEĞİL YENİ YAPILACAK BİNALARDA UYGULANMASI ÖNERİLMEKTEDİR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

YEŞİL ÇATI (DERİN)

YC-02

> **Ekolojik sünger göletler, doğal ekosistemi canlandırmak ve su yönetimini sağlamak için uygulanırlar.**

4.2.7 Ekolojik
Sünger Göletler

4.2.7.1 Genel Tanım

Ekolojik sünger göletler, yeraltı suyunu yönetmek, kentsel ve kırsal alanlardan gelen yağmur suyunu toplamak, arıtmak, depolamak ve sızdırmak amacıyla uygulanan yeşil altyapı tekniklerindendir. Bu yeşil altyapı tekniği doğal ekosistemin işleyişinden faydalanılarak uygulanır.

Ekolojik sünger göletler, doğal ekosistemi canlandırmak, yeraltı su kaynaklarının, yüzey akışının ve yağmur suyunun yönetimini sağlamak ve düzenlemek amacıyla uygulanabilirler. Bu göletler, özellikle su yönetiminde, yaban hayatın korunmasında ve çevre düzenlemesinde etkili olabilmektedir. SüngerKent İzmir Projesi kapsamında ekolojik sünger göletler; sünger yeraltı suyu göletleri ve biyolojik sızdırma göletleri olmak üzere 2 ana başlık altında incelenmiştir. Bu uygulamalar temelde aynı olmakla birlikte uygulama teknikleri ve ana amaçları açısından birbirlerinden ayrılırlar.

Sünger yeraltı suyu göletlerinde ana amaç, yeraltı suyundan yararlanmaktır. Yeraltı su seviyesinin uygun olduğu yerde yeraltı suyunun yüzeye çıkması sağlanarak oluşturulurlar. Biyolojik sızdırma göletlerinde ise çevredeki yüzeysel akış suları gölete yönlendirilerek filtrelendikten sonra yeraltı suyunun beslenmesi amaçlanır. Bu farklılıklar uygulama örnekleri ile birlikte ayrıntılı bir şekilde bu bölümde incelenmiştir.

> Ekolojik sünger göletler, **yeraltı suyundan**, **yüzey akışından** veya **yağmur suyundan** gelen sular kullanılarak oluşturulur.

4.2.7.2 Sünger Yeraltı Suyu Göleti

Sünger yeraltı suyu göletleri, doğal göl veya göletlerin taklit edilmesiyle oluşturulan yapay göletlerdir. Topoğrafyada yapılan basit müdahaleler ile oluşturulurlar ve yeraltı suyundan yararlanırlar. Bu tür göletler, doğal ekosistemlerin işlevlerini yeniden canlandırmak ve su kaynaklarının yönetimini düzenlemek amacıyla kullanılan yeşil altyapı tekniklerinden biridir. Sünger yeraltı suyu göletleri, özellikle su yönetiminde, biyolojik çeşitliliğin korunması ve çevre düzenlemesinde etkili olabilmektedirler.

Sünger yeraltı suyu göletleri, zemin koşullarına uygun olarak, farklı şekillerde ve boyutlarda uygulanabilir. Bu göletler yeraltı su seviyesinin uygun olduğu yerlerde kazı yapılıp yeraltı su seviyesine ulaşarak ve yeraltı suyunun yüzeye çıkmasını sağlayarak oluşturulur. Bu nedenle sünger yeraltı suyu göletleri, su kaynaklarının korunması, suya dayalı ekosistemlerin oluşması ve su kalitesinin iyileştirilmesi gibi faydalar sağlarlar.

Sünger yeraltı suyu göletleri, doğal bitki örtüsünün zenginleştirir ve ekolojik çeşitliliği arttırır. Bu göletler, suda yaşayan hayvanlar için bir barınak sağlarlar ve çevreyi daha dikkat çekici hale getirirler. Ayrıca, yağmur suyunun yeşil altyapı yaklaşımı ile yönetiminde oldukça etkilidirler.

Görsel 113. Sünger yeraltı suyu göleti çalışması

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [x] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [ ] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [ ] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

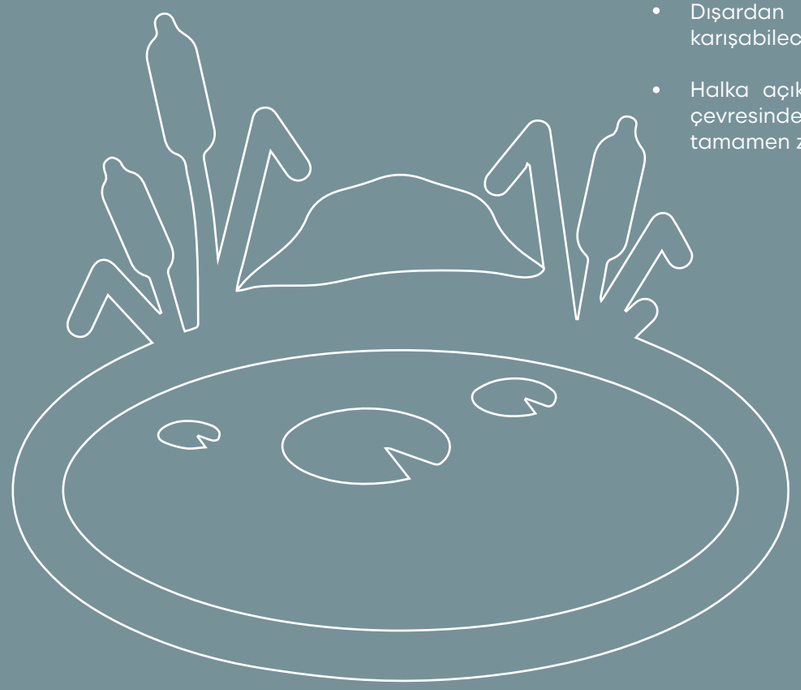
- Bölgenin sünger yeraltı suyu göletine uygunluğu ile ilgili ön çalışmalar yapılmalı, saha jeolojisi tanımlanmalı, zemin özelliklerinin tespiti için test çukurları açılmalı ve akifer özelliklerine sahip birimler tespit edilmelidir.
- Sünger yeraltı suyu göletleri kil, kum, çakıl ve kaya gibi hemen hemen her zeminde uygulanabilir. Ancak gölette yüzey sularının da toplanabilmesi için ağırlıklı olarak kil içeren bir zeminde uygulanması daha iyi olabilir.
- Bölge yakınlarında gölet, kaynak, çukur ve akarsu seviyeleri kontrol edilmeli ve yıl boyunca değişimleri gözlemlenmelidir.
- Sulak alanların yakınında sünger yeraltı suyu göleti yapmak, sulak alanlar ile bağlantı açısında uygun olacağı için bu göletlerin yer seçiminde öncelik verilebilir.
- Su birikintisi derinliği ile ilgili güvenlik sorunları, özellikle küçük çocukların tesisin yakınında olacağı alanlar için dikkatlice değerlendirilmelidir.

Faydaları

- Doğal yaşam alanı oluştururlar.
- Peyzaj çalışmaları ile entegre tatlı su yaşam alanları oluştururlar.
- Alandaki habitat çeşitliliğini artırır.
- Yeşil altyapı teknikleri ile entegre olarak uygulanabilirler.

Kısıtlamalar

- Yeraltı suyu seviyesinin en fazla 5 m olduğu alanlarda uygundur.
- Mevcut sulak alanların olduğu, alanda bulunan türlerin zarar görebileceği, balçık ve arkeolojik bölgelerde uygulanmamalıdır.
- Sünger yeraltı suyu göleti halka açık bir alanda yapılacaksa, karasal ve sucul canlıların, istilacı bitki türlerinin ve insanların gölet üzerindeki etkisi değerlendirilmelidir.
- Dışardan gelebilecek ve gölet suyuna karışabilecek kirleticiler yeraltı suyunu kirletebilir.
- Halka açık alanlarda, insan etkisi ile göletin çevresindeki mevcut bitki örtüsü ve düzeni tamamen zarar görebilir.



4.2.7.2.2 Yer Seçimi

Sünger yeraltı suyu göletleri; jeolojik, hidrojeolojik ve hidrolojik özelliklerin uygun olduğu ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınabileceği alanlarda uygulanabilir. Yer seçiminde en belirleyici kriter, bölgede yeraltı suyunun sığ ve YASS seviyesinin en fazla 5 m olması gerektiğidir. Bir sünger yeraltı suyu göletinin, sulak alan bitkilerinin ve canlıların içinde yaşamasına yetecek kadar su tutması yeterlidir.

Bölgede zemin özelliklerinin tespiti için, arazideki tüm farklılıkları yansıtabilecek şekilde test çukurları açılmalıdır. Test çukurları öncelikle eğimli alanlarda, tepe noktalarında, zemin kotunun düşük olduğu yerlerde, suyun biriktiği alanlarda ve ıslak alan kenarlarında açılmalıdır. İdeal olarak, planlanan sünger yeraltı suyu göletinin kazı derinliğinin 0,5 m daha altına kadar test çukuru kazılmalıdır. Kazı sırasında jeolojinin değiştiği veya su ile karşılaşılan derinlikler not edilmelidir. Test çukurlarında jeolojik olarak büyük değişiklikler varsa, yani farklı katmanlar mevcutsa, farklı derinliklerde kazılar yapılarak su tutma kapasiteleri gözlemlenir. Test çukurları açık bırakılıp su seviyesindeki dalgalanmalar olabildiğince uzun süre gözlemlenmelidir. İdeal olarak yağışlı ve kuru dönemler seçilmelidir. Bu sayede sünger yeraltı suyu göletlerinin su seviye değişimleri hakkında kesin veriler toplanabilir.

Sünger yeraltı suyu göletlerinin devamlılığı, uygulandığı alandaki sızma oranlarına ve mevsimsel koşullara bağlıdır. Sünger yeraltı suyu göletini besleyen akiferin yeterli oranda beslenebilme durumu da gölet su seviyelerini direkt olarak etkilemektedir.

Sünger yeraltı suyu göletleri; kil, kum, çakıl ve kaya gibi hemen hemen her zemine uygulanabilir. Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, kazılan yüzeylerde suyun doğal olarak tutulduğu yerleri belirleyebilmektir.
Sünger yeraltı suyu göleti yapılması planlanan bölgede başka bir göl, gölet vb. su bölgesinin varlığı mutlaka kontrol edilmelidir. Var olması durumunda alanda açılacak test çukurlarında yağışlı havalar sonrasında kaç gün boyunca su birikimi olduğu gözlemlenmelidir.

Eğer bölgede istilacı bitkiler varsa ve onlardan kurtulmak mümkün değilse, sünger yeraltı suyu göleti bu bitkilerden mümkün olduğunca uzakta olacak şekilde uygulanmalıdır.

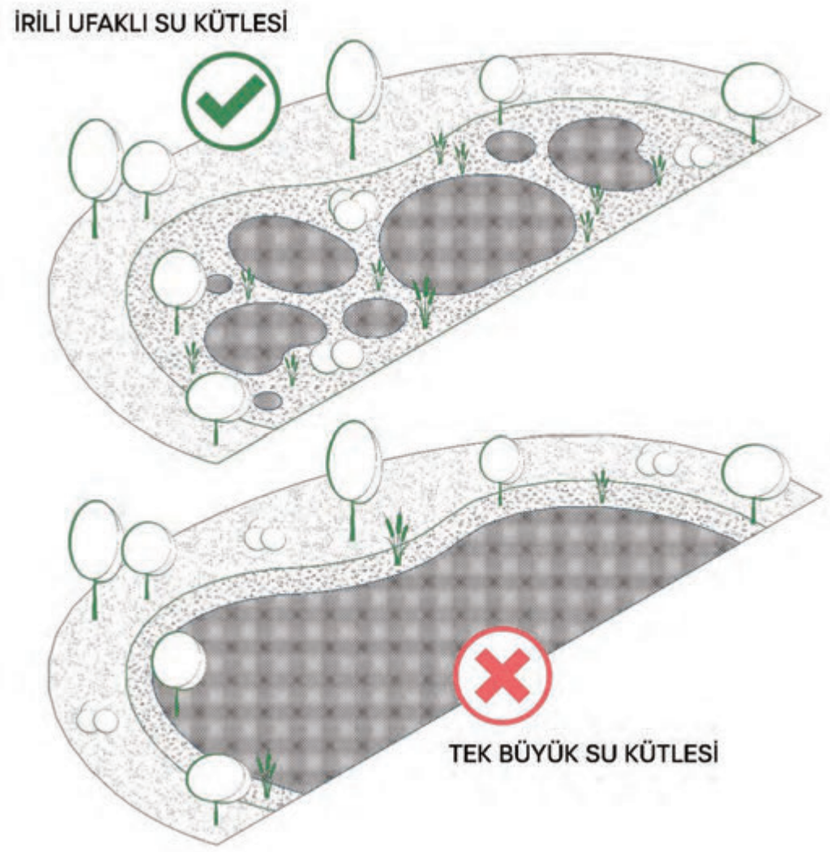
Şiddetli rüzgar ile oluşabilecek dalgalar nedeniyle sünger yeraltı suyu göleti içerisinde bulunan suyun dibindeki tortu çalkalanabilir. Bu tortunun fazla çalkalanması suyu bulanıklaştırırken, sucul bitkilerinin büyümesine engel olmaktadır. Bu durumda göletteki hayvan çeşitliliğinin azalacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Gölette oluşacak su birikintisi derinliği ile ilgili olası güvenlik sorunları, özellikle küçük çocukların tesisin yakınında olacağı alanlar için dikkatlice değerlendirilmelidir.

4.2.7.2.2 Boyutlandırma

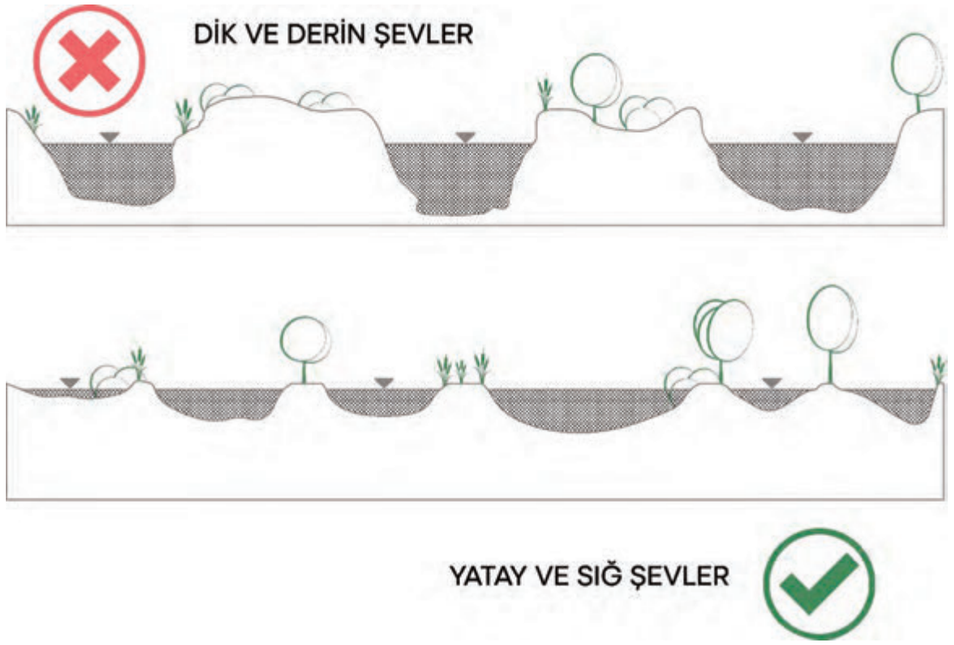
Tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken noktalar şöyledir:

- Doğal yaşam dengesini üst düzeye çıkarmak için tek bir gölet yerine birden fazla ve parçalı şekilde göletler yapılabilir.

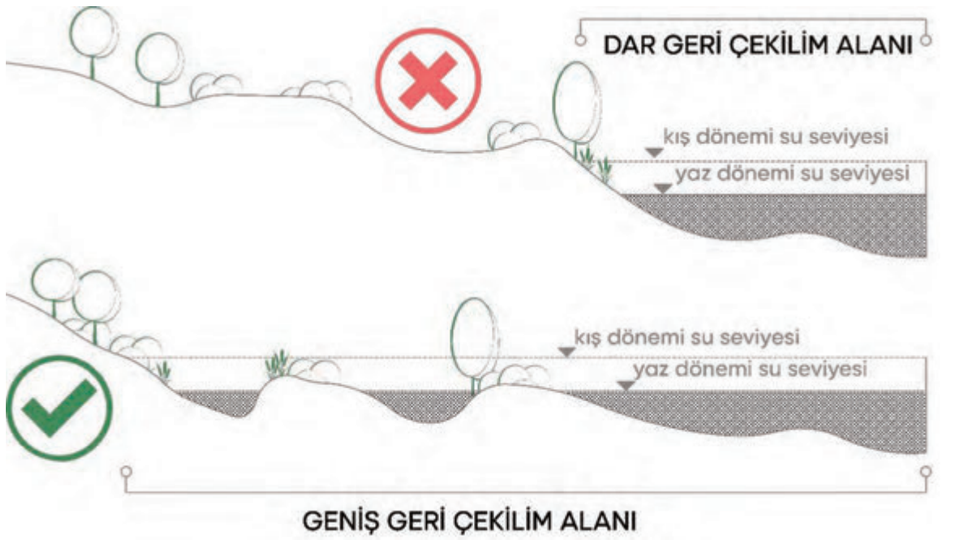


Görsel 114. Bir Sünger Yeraltı suyu Gölette Su Kütleleri

- Yer örtücü bitkiler kullanıp zamanla bakımlarını yapmak, küçük ölçekli sünger yeraltı suyu göletleri için uygun olabilirken, eğer bakım yapılamayacaksa daha büyük çapta (en az 20 m çapında) bir sünger yeraltı suyu göleti yapmak daha uygundur (90).
- Alan içerisinde farklı boyutlarda ve farklı yerlerde parçalı şekilde uygulanan sünger yeraltı suyu göletleri, mevsimsel su çekilmelerine karşı dayanıklılık sağlar. Daha derin göletler, suyun varlığını koruyabilirken, daha sığ göletlerde su hızla çekilip kaybolabilir. Bu nedenle, sünger yeraltı suyu göletlerinin çeşitli boyutlarda ve yerlerde yapılması, su yönetiminde daha etkili olabilir.
- Birden çok sünger yeraltı suyu göleti yapılması durumunda, göletler arası bağlantı sağlanmalıdır.
- Sünger yeraltı suyu göleti alanında şevlerinin 5:1 (12°) den daha az bir eğimde olması önerilir. Tercihen 20:1 (3°) lik bir eğim daha uygundur (90).

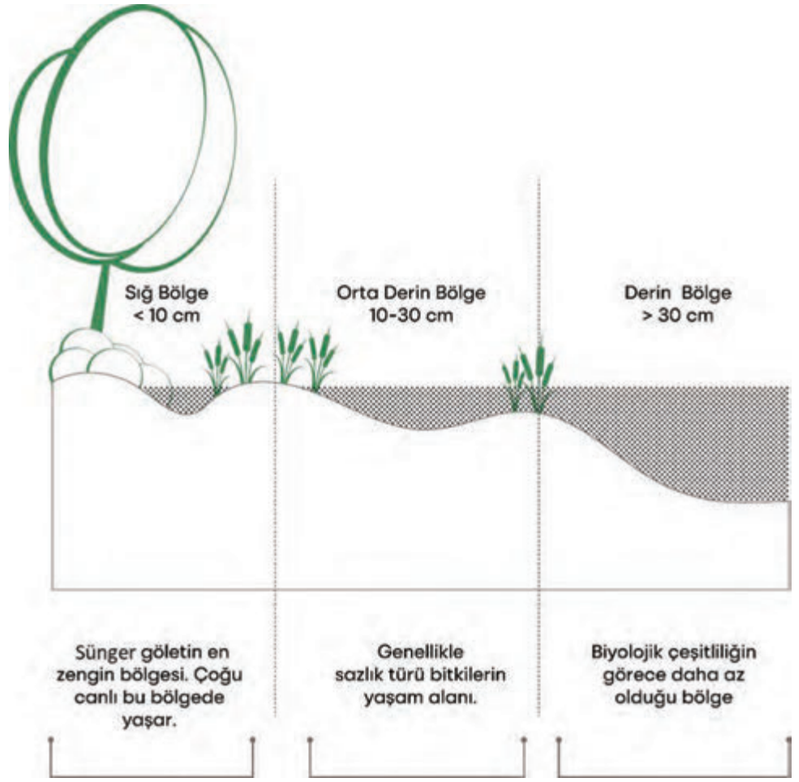


Görsel 115. Sünger Yeraltı Suyu Göletleri Arası Bağlantı



Görsel 116. Sünger Yeraltı Suyu Göletlerinde Mevsimsel Su Seviyesi Değişimi

- Sünger yeraltı suyu göletinin şev kenarlarının daha geniş ve daha az eğimli olacak şekilde yapılması su hareket alanını arttırmakta ve doğal yaşamı daha fazla desteklemektedir.



Görsel 117. Bir Sünger Yeraltı Suyu Göletinde Derinliğe Bağlı Yaşam Alanları

- Sünger yeraltı suyu göleti için kısıtlı bir alan mevcutsa veya daha derin gölet yapılmak isteniyorsa, asimetrik göletler tasarlanabilir.
- Büyük sünger yeraltı suyu göletlerinde rüzgâr etkisi ile oluşabilecek dalgalar uzak alandaki parçaları aşındırabilir ve aynı zamanda göletin dibinde bulunan tortuların çalkalanmasına da neden olabilir.
- Tortuların çalkalanmasından dolayı gölet içerisinde oluşabilecek bulanıklaşma bitkilerin büyümesine engel olmakla birlikte gölletteki hayvan çeşitliliğini de olumsuz etkiler. Bu yüzden dalgaların etkisini azaltmak için su altı tepeleri uygulanabilir. Dar boğaz girişine sahip durgun su alanları hem dalga enerjisini azalmakta hem de o bölgedeki canlı tohum ve yumurtalar için daha elverişli bir ortam oluşturmaktadır.

Sızma ve Su Bütçesi Hesaplamaları

Yeraltı suyu ile sünger yeraltı suyu göleti arasındaki etkileşimin yönü akifer ve sünger yeraltı suyu göleti arasındaki hidrolik gradyan tarafından kontrol edilir. Gölet alanında gerçekleşen toplam sızma miktarı, yeraltı suyunun giriş ve çıkışı arasındaki farka eşittir. Eğer bu değer pozitif ise yeraltı suyu ekolojik göleti beslerken, değerin negatif olması ekolojik göletten su çıkışı anlamına gelir. Göletten sızan su miktarını hesaplamak için Darcy'nin eşitliğinden yararlanılır. Darcy denklemi bir sıvının gözenekli bir ortamdan akışını tanımlayan bir denklemdir (91)

$$Q= K*I*A$$

Burada;

Q: Sızma debisini (m^3/sa),

K: Sızma hızını (m/sa) (sızma testleri için Bkz. Bölüm 3.3),

I: Hidrolik gradyanı,

A: Kesit alanını (m^2)

temsil eder.

Bu yeşil altyapı tekniği için sızma hızı zamansal olarak sabit olarak kabul edilebilse de, hidrolik gradyan ve kesit alanları yeraltı su seviyesine göre farklılık gösterir. Sünger yeraltı suyu göleti tasarımı için su bütçesi ile beraber kullanılmak üzere sızma değerlerinin hesaplanması gereklidir. Bunun için sahada çift halkalı infiltrometre, araştırma çukurları vb. ile sızma testleri yapılabilir (35) (sızma testleri için Bkz. Bölüm 3.3).

Sünger yeraltı suyu göleti tasarımı ve projesi mutlaka uzman mühendis yönetiminde yapılmalıdır.

4.2.7.2.4 Uygulama Aşamaları

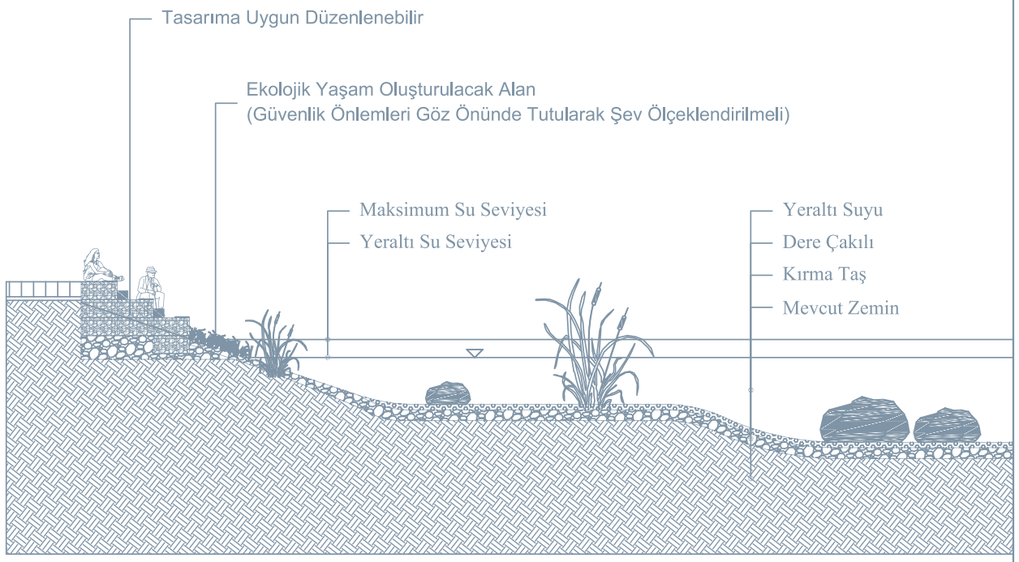
Bu göletlerin tasarımı ve yapımı, doğru bir şekilde planlanmalı ve uygulanmalıdır. Öncelikle, alanın tasarımına uygun bir şekilde hazırlanması gerekir. Bu nedenle, alanın el veya iş makinası kullanılarak kazılması ve peyzaj çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekir. Ayrıca, alanın mevcut altyapı donanımlarının bir uzman veya kurum tarafından tespit edilmesi ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınması önemlidir. Bu sayede, göletlerin tasarımı ve yapımı doğru bir şekilde gerçekleştirilebilir ve ekolojik faydaları elde edilebilir.

4.2.7.2.5 Bakım

Sünger yeraltı suyu göleti yapımından önce bölgedeki mevcut canlı yaşamı incelenir. İstilacı bitkiler varsa ve onlardan kurtulmak mümkün değilse, sünger yeraltı suyu göletleri bu türlerin yaşam alanlarından mümkün olduğunca uzakta uygulanır. Yeni gölet yapıldığında, diğer bitki örtüsü gelişip açık zemini kaplayana kadar istenmeyen türlerin belirtileri düzenli olarak kontrol edilir.

Sünger yeraltı suyu göletlerinin çevresel kirleticilerden etkilenip etkilenmediği düzenli olarak kontrol edilmeli ve su numuneleri ile de takibi yapılmalıdır.

- Dikim tamamlandıktan sonra sekiz hafta boyunca her gün bitki örtüsü sulanır.
- Kurulumdan sonraki 24 ay boyunca, haziran ayından ağustos ayına kadar, yağmursuz dört veya daha fazla gün boyunca her dört günde bir bitki örtüsü düzenli olarak sulanır.
- Bitki örtüsünü hastalık veya sıkıntı belirtileri açısından incelenir.
- Sünger yeraltı suyu göleti, çöp ve tortu birikimi açısından incelenir.
- Gölet üzerinde biriken çöp, sediment malzeme, çamur vb. temizlenir.
- İstilacı bitki örtüsünü kaldırılır.
- Çimlendirilmiş alanların periyodik olarak bakımı yapılır.
- Tahliye borusu kontrolünü yapılır.
- Haşere ve sivrisineğe karşı periyodik bakım yapılır.



NOTLAR
1. SÜNGER GÖLETLERİN KENARLARI, TERCİHEN 1:20 (3°) OLMAK ÜZERE 1:5 (12°)'DEN DAHA AZ BİR EĞİMLE YAPILMALIDIR.
2. SÜNGER GÖLET, YAPILACAK OLAN HİDROLOJİK VE HİDROJEOLOJİK ÇALIŞMALAR IŞIĞINDA , SIZMA HIZI VE SU BÜTÇESİ HESAPLAMALARINA İSTİNADEN BOYUTLANDIRILMALIDIR.

** ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR**

SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

SÜNGER GÖLET

SG-01

4.2.7.2.6 Örnek Uygulamalar

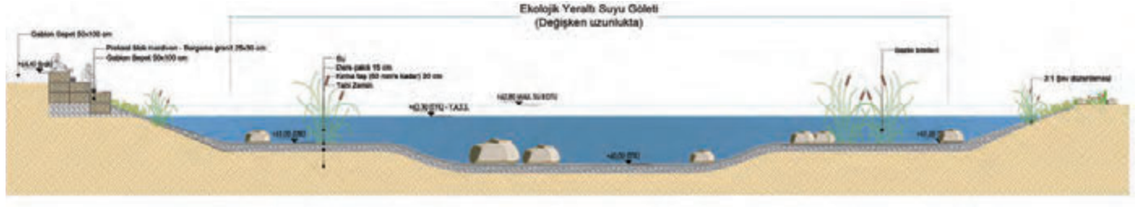
Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti

Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti Buca ilçesinde 30.000 m²'lik bir rekreatif alan olarak tasarlanan Fırat Fidanlığı Yaşayan Park'ının içerisinde yer almaktadır. Bu gölet, yeraltı suyu ile beslenen ve kent içerisindeki geçirimsiz yapay göletlere alternatif olarak tasarlanan, doğal yaşamı destekleyici, biyolojik çeşitliliği artıran doğal bir göldettir.

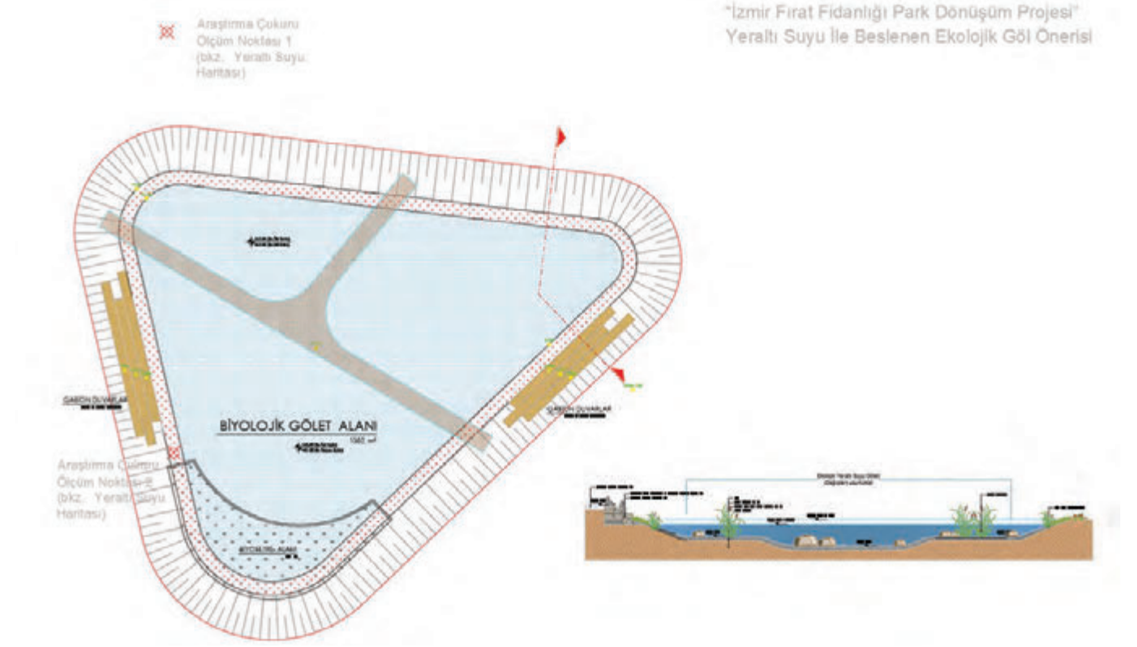
Bölgede yeraltı su seviyesi mevsimsel olarak değişebileceği için gölet tabanı düz zemin olarak tek kotta değil, kademeli olacak şekilde inşa edilmiştir. Bu farklılık hem gölete su ilave edilmesi durumunda bir avantaj hem de gölet içerisinde yaratılan yaşam alanlarında canlılara daha uygun koşullar sağlamaktadır.

Gölet zemininde jeotekstil malzeme kullanılmamış olup, gölet içerisinde sazlık gibi sucul bitkiler kolaylıkla yetişebilmekte ve su ekosistemi oluşturulabilmektedir.

3:1 oranında yaratılan şev alanlarında kullanılan gabion duvarlar sayesinde gölet etrafı çit gibi sınırlayıcılar ile doğrudan engellenmemekle birlikte ziyaretçilere farklı kotlarda seyir ve oturma imkanları sağlanmıştır.



Görsel 118. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti kesiti



Görsel 119. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti planı

Görsel 120. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti

Görsel 121. Fırat Fidanlığı Sünger Yeraltı Suyu Göleti

4.2.7.3 Biyolojik Sızdırma Göletleri

Biyolojik sızdırma göletleri yağmur suyunu yakalamak, arıtmak ve yönetmek üzerine tasarlanmış yeşil altyapı tekniklerinden biridir. Yağmur suyu yeryüzüne düştüğü andan itibaren akışı esnasında doğal ekosistemler ve yaban hayatı için zararlı olabilecek kirleticileri de bünyesine alarak su kaynaklarının kirlenmesine neden olur.

Biyolojik sızdırma göletleri, doğal ekosistemleri taklit edecek şekilde inşa edilir. Yağmur suyunu filtrelemek ve tutmak için bitkileri, toprağı ve mühendislikle geliştirilmiş bileşenleri kullanır. Böylece su baskınlarını, erozyonu ve su kaynaklarının kirlenmesini azaltmaya yardımcı olur ve yeraltı sularının beslenmesini sağlar.

4.2.5.2 Temel Bilgiler

Görsel 122. Biyolojik Sızdırma Göleti Çalışması

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [ ] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [x] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi
- [x] Pestisit Giderimi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [x] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Planlama Kriterleri

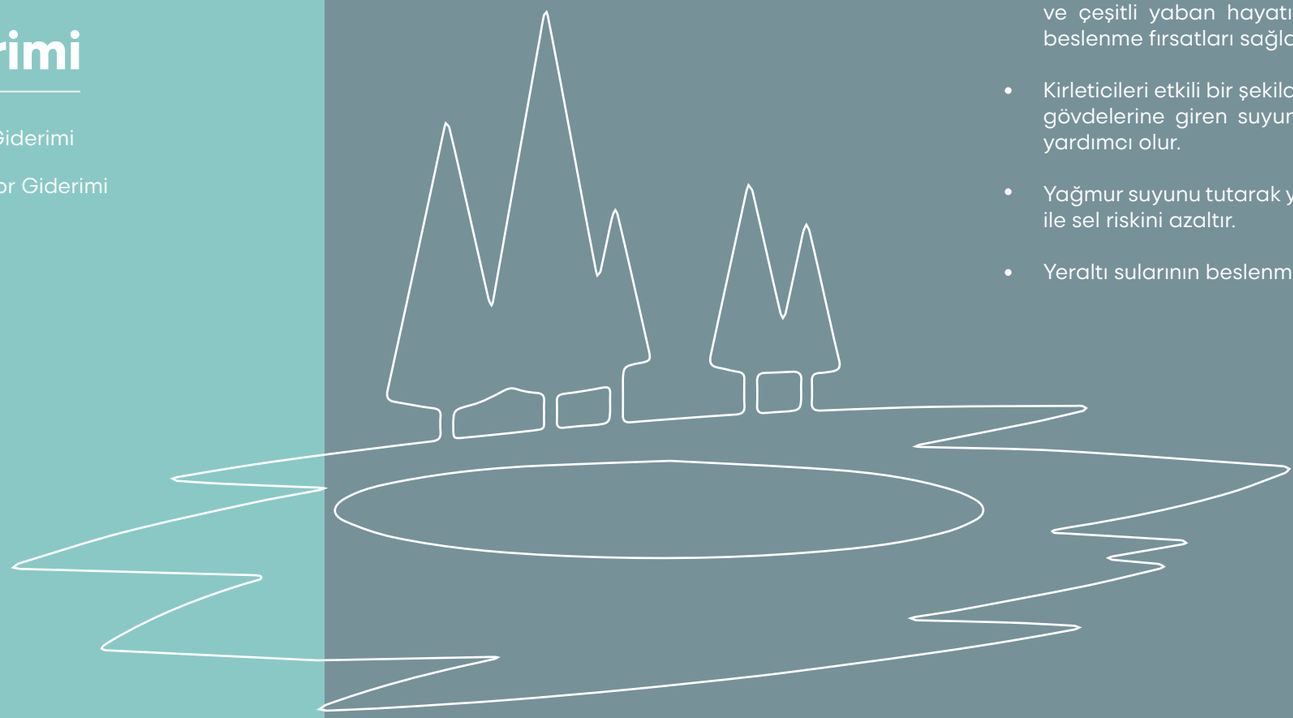
- Uygulama alanı sahip olunan açık alana ve toplanacak su potansiyeline bağlı olarak planlanmalıdır.
- Bölgenin saha jeolojisi tanımlanmalı, zemin özellikleri ve akifer özelliklerine sahip birimler tespit edilmelidir.
- Biyolojik sızdırma göletleri geçirgenliği iyi olan her zeminde uygulanabilir.
- Bölge yakınlarında gölet, kaynak, çukur ve akarsu seviyeleri yıl boyunca kontrol edilmelidir.
- Su birikintisi derinliği ile ilgili olası güvenlik sorunları değerlendirilmelidir.
- Alandaki mevcut ağaçlar mümkünse korumalı ve ağaç koruma planları geliştirmelidir.
- Uzun vadeli bakım gereksinimlerini azaltmak için yerli bitki kullanımı tercih edilebilir.

Kısıtlamalar

- Yeraltı suyu seviyesi planlanan gölet derinliğinin altında kalmalıdır.
- Mevcut sulak alanların olduğu, alanda bulunan türlerin zarar görebileceği, balçık, arkeolojik bölgelerde ve toprak kirliliği olan alanlarda uygulanmamalıdır.
- Taşkın kontrolünü sağlamak amacıyla tasarımda dolu savak, taşkın savağı benzeri yapılara yer verilebilir veya diğer yeşil altyapı teknikleri ile beraber uygulanabilir.

Faydaları

- Yeşil altyapı teknikleri ile entegre olarak uygulanabilir.
- Peyzaj çalışmaları ile entegre tatlı su yaşam alanları oluşturur ve alanlarının görsel çekiciliğini artırır.
- Yerel popülasyonlar için yaşam alanı yaratır ve çeşitli yaban hayatı türleri için habitat ve beslenme fırsatları sağlar.
- Kirleticileri etkili bir şekilde filtreleyerek, doğal su gövdelerine giren suyun kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur.
- Yağmur suyunu tutarak yüzeysel akışı ve dolayısı ile sel riskini azaltır.
- Yeraltı sularının beslenmesini sağlar.



4.2.7.3.2 Yer Seçimi

Biyolojik sızdırma göletleri; jeolojik, hidrojeolojik ve hidrolojik özelliklerin uygun olduğu ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınabileceği alanlarda uygulanabilir. Biyolojik sızdırma göleti için yer seçiminde topoğrafya, kirlilik kaynaklarına yakınlık ve alanın drenaj desenleri dikkate alınmalıdır. Göletin tesis edileceği alan, gelecek yağmur suyu hacmini karşılayacak büyüklükte olmalıdır. Aynı zamanda biyolojik sızdırma göletinin ana amacı yeraltı suyunu beslemek olduğu için, yüksek geçirgenlikte bir zeminde uygulanması oldukça önemlidir.

Bölgede zemin özelliklerinin tespiti için, arazideki tüm farklılıkları yansıtabilecek şekilde test çukurları açılmalıdır. Bu test çukurlarında infiltrasyon (sızdırma) deneyi yapılmalı ve zeminin geçirgenliği belirlenmelidir. Geçirgenliği yeterli olmayan yüzeylerde biyolojik sızdırma göletleri uygulanmamalıdır. Kazı sırasında jeolojinin değiştiği veya su ile karşılaşılan derinlikler not edilmelidir. Test çukurlarında jeolojik olarak büyük değişiklikler varsa, yani farklı katmanlar mevcutsa, farklı derinliklerde kazılar yapılarak su tutma kapasiteleri tespit edilmelidir. Test çukurları açık bırakılıp su seviyesindeki dalgalanmalar olabildiğince uzun süre gözlemlenmelidir. İdeal olarak yağışlı ve kuru dönemler seçilmelidir. Bu sayede su seviye değişimleri hakkında veri toplanabilir.

Biyolojik sızdırma göletleri geçirgenliği iyi olan, kil, kum, çakıl ve kaya gibi hemen hemen her zeminde uygulanabilir. Ancak gölette yüzey sularının daha efektif şekilde toplanabilmesi için ağırlıklı olarak kil içeren bir zeminde uygulanması daha uygundur. Bu durumda açılan test çukurlarının, yağışlı havalar sonrasında ne kadar süre ile su tuttuğu gözlemlenmelidir.

Biyolojik sızdırma göleti yapılması planlanan bölgede başka bir mevcut göl, gölet vb. su bölgesinin varlığı mutlaka kontrol edilmelidir.

Gölette oluşacak su birikintisi derinliği ile ilgili olası güvenlik sorunları, özellikle küçük çocukların tesisin yakınında olacağı alanlar için dikkatlice değerlendirilmelidir.

4.2.7.3.3 Boyutlandırma

Tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken noktalar şöyledir:

- Gölet şevleri zemin tipine ve stabilitesine göre belirlenmelidir. Şevlerde göçmenin önlenmesi, gölet içerisine girecek bir canlının çıkışının kolay olması, bitki örtüsünün şevlere tutunabilmesi amacıyla dik şevlerden kaçınılmalıdır. Bu sebeple 3:1; 4:1 gibi daha yatık şev oranlarının kullanması önerilmektedir. Yatık şev kullanımı, yanal sızma alanının ve gölet sızma hızının artmasına katkı sağlayacaktır. Ancak bu durumda göl yüzey alanının da artacağı bilinmelidir.

- Göletin en kesitleri proje alanının kullanım şekli ve uygunluğu gözetilerek tasarlanmalıdır. Gölet derinliği ise zeminin sızma hızı ile gölete ulaştırılacak ve depolanacak toplam su hacmine bağlı olarak belirlenmelidir.

- Yağmur suyunun biyolojik sızdırma göletine iletimi borular ile gerçekleştirilecekse; kullanılacak boru tipi, çapı ve imalatı, 23/06/2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik" içerisinde belirtilen standartlara uygun olacak şekilde seçilmelidir.

4.2.7.3.4 Uygulama Aşamaları

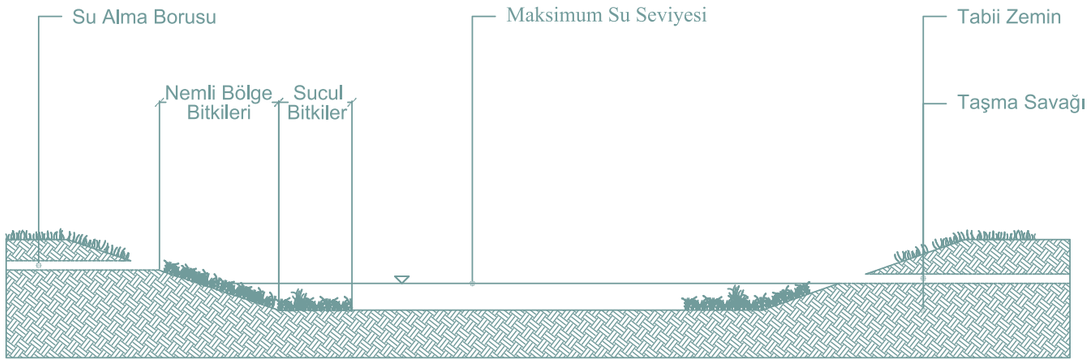
Biyolojik sızdırma göletlerinin yapımı tasarımına esas şekilde uygulanmalıdır. Öncelikle, alanın gölet tasarımına uygun olacak şekilde iş makinası ile kazılmalı, şevlendirmeler yapılmalı ve sonrasında peyzaj çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Çevredeki yüzeysel akış sularının toplanıp sızdırma göletine ulaştırılması için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler; drenaj kanalları, boru hatları veya iletim hendekleridir. Hangi yöntemin kullanılacağı çalışma alanının çevresine, göletin büyüklüğüne ve drene edilmek istenen yüzeysel akış suyunun miktarına göre belirlenebilir. Örneğin, çevredeki ulaşım ağını olumsuz etkileneceği durumlarda boru hatlarının kullanılması daha uygun olacaktır. Bir anayol, demiryolu veya yürüyüş yolu üzerinde, gömülü bir hat geçirmek daha kolaydır. İletim hendekleri ise kısa mesafelerden suyu gölete iletmek için daha uygun olabilir. Ayrıca, alanın mevcut altyapı donanımlarının bir uzman veya kurum tarafından tespit edilmesi ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınması önemlidir. Bu sayede, göletlerin tasarımı ve yapımı doğru bir şekilde gerçekleştirilebilir.

4.2.7.3.5 Bakım

Biyolojik sızdırma gölet yapımından önce bölgedeki mevcut canlı yaşamı incelenmelidir. Gölet yapılacak alan mümkün olduğunca istilacı bitkilerden uzakta tasarlanmalıdır. Yeni gölet yapıldığında, diğer bitki örtüsü gelişip açık zemini kaplayana kadar istenmeyen türlerin belirtileri düzenli olarak kontrol edilmelidir.

Anı zamanda, biyolojik sızdırma göletlerinin çevresel kirleticilerden etkilenip etkilenmediği düzenli olarak kontrol edilmeli ve su numuneleri ile de takibi yapılmalıdır.

- Biyolojik sızdırma göletinde kullanılan bitkiler her budanma mevsiminde (sonbahar) budanmalıdır.
- Bitkilerin çürümüş kısımları ayıklanmalıdır.
- Bitkilerde bölgesel olarak azalma var ise, o azalmalar giderilmeli ve yeni bitki eklenmelidir.
- Rüzgar ve ya diğer taşıyıcılar ile gelen organik ve inorganik kirleticiler düzenli olarak temizlenmelidir.
- Sediment verimine göre 6 ayda bir veya yılda bir sızma yüzeylerindeki sedimentler temizlenmelidir (sediment sıyrılması yapılmalıdır).
- Biyolojik sızdırma göletinde su giriş ve çıkışında tıkanma olup olmadığı düzenli olarak kontrol edilmeli, varsa temizlenerek açılmalıdır.



NOTLAR

1. BİYOLOJİK SIZDIRMA GÖLETİ YAPIMINDA DİK ŞEVLERDEN KAÇINILMALI; 1/3 ,1/4 GİBİ YATIK ŞEV ORANLARI KULLANILMALIDIR .
2. GÖLET DERİNLİĞİ, SIZMA HIZI VE GÖLETE ULAŞTIRILARAK DEPOLANACAK TOPLAM SU HACMİNE GÖRE BELİRLENMELİDİR.

** ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR**

SÜNGER KENT İZMİR

SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

BİYOLOJİK SIZDIRMA GÖLETİ

BG-01

4.2.7.3.6 Örnek Uygulamalar

Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti

Türkiye'nin ilk biyolojik sızdırma göleti olan Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti, Ödemiş-Bademli Kooperatifi Fide Üretim Tesisinde uygulanmıştır. Tesis içerisinde yer alan seraların çatı alanlarına, dış üretim alanına ve gölet çevresindeki tarım alanlarına düşen yağmur sularının yanı sıra yaz aylarında tarımsal sulamadan dönen tüm sular, drenaj kanalları ve boru hatları ile toplanarak sızdırma göletine ulaştırılmaktadır. 1.255 m² alana sahip olan biyolojik sızdırma göleti, yapılan akifer testler ile bir metrekaresinde günde 3 m³ sızma miktarı ve 769 m² 'lik sızdırma alanı tasarım kriterleri dikkate alınarak inşa edilmiştir. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti ile, yılda yaklaşık 60.000 m³ suyun filtrelenerek yeraltına sızdırılması ve bu suların yeraltında depolanması sağlanmaktadır. Yeraltında depolanacak bu sular ile 196.000 m² tarım arazisinin ve Bademli Kooperatifi'nin tüm su ihtiyacı karşılanmış olacaktır. Tarımsal alanlardan gölet alanına gelen sular, tarım ilaçlarındaki zararlı kimyasallardan ve çeşitli kirleticilerden biyofiltrelenme ile temizlenerek akifer sistemine verilmektedir. Bu yönüyle Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti, Türkiye'deki diğer sızdırma göletlerinden farklı olarak, *Türkiye'nin ilk biyolojik sızdırma göleti* olma özelliğindedir.

Gölet 27 m x 45 m ölçülere sahip olup, göl yüzey alanı 1.215 m² ve depolama hacmi 697 m³ ve toplam sızma alanı 769 m²'dir.

Gölet çevresinde yer alan dış üretim alanı toplam 17.500 m² alana sahiptir. Bu alana düşen yağmur suları doğal akış ile alanda bulunan mevcut kuyulara ulaşmakta ve kuyular ile çalışma kapsamında yapılan 500 m uzunluğundaki boru hattına pompalanmaktadır. Bu boru hattı vasıtası ile yağmur suları biyolojik gölete ulaşmaktadır. Aynı zamanda bölgede bulunan ve toplam 15.900 m² çatı alanına sahip seralara düşen yağmur suları da yine bu boru hattı ile gölete ulaştırılmaktadır.

Dış üretim hattına ve sera çatılarından toplanabilecek yağmur sularına ek olarak toplam 130.000 m² alana sahip tarım drenaj alanında oluşan yağmur suları sızdırma göletine iletilmektedir. Bu iletim, bölgede bulunan hendekler ve proje kapsamında yapılan boru hattı ile sağlanmaktadır. Göletin depolama ve sızdırma kapasitesinden daha fazla yağış gelmesi halinde taşkın savağı yardımı ile fazla su yandaki Aktaş Deresi'ne aktarılmaktadır.

Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti 2.307 m³/gün suyu yeraltına sızdırabilmekte ve böylece yeraltında yılda 58.800 m³ suyun depolanmasını sağlayabilmektedir.

Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti içerisinde kullanılan bitkiler, gölete ulaşan suyun içerisindeki kirleticiler ve biyofiltreleme özellikleri dikkate alınarak seçilmiştir.

Uygulama Sırasında Kullanılan Bitkiler:

Kırmızı Uçlu Saz:
Yapılan bir çalışmada bu bitkinin kurşun, çinko ve kadmiyum gibi ağır metallerin giderilmesinde etkili olduğu vurgulanmıştır (92).

Bataklık Süseni:
Yapay sulak alan deneylerinde bu bitkinin pestisiti %94 – 98 oranında önlediği belirtilmiştir.

Has Kofa Sazı:
Bu bitkinin kurşun, çinko ve kadmiyum gibi ağır metallerin giderilmesinde etkili olduğu vurgulanmıştır (92).

Hasır Otu:
Yapılan bir çalışmada sucul ortamlardaki pentaklorofenol (PCP) gideriminde %90 oranında başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Kısa Eğir Otu:
Bu bitki, organofosfor ve organoklorin gibi pestisitlerin giderimi üzerine yapılan çalışmalarda yüksek giderim oranları sergileyerek fitoremediasyon potansiyellerini ortaya koymuştur (93).

Japon Şemsiyesi:
Bu bitkinin metal giderim yetenekleri üzerine yapılan çalışmalarda özellikle alüminyum, kadmiyum, bakır, demir, kurşun, çinko ve manganez gideriminde etkili olduğu belirtilmiştir (94). Aynı zamanda bu türün chlorpyrifos ve endosulfan gibi pestisitlerin gideriminde de etkili olduğu anlaşılmıştır.

Alacalı Yapraklı Kısa Eğir Otu:
Bu bitki de tıpkı kısa eğir otu gibi, organofosfor ve organoklorin gibi pestisitlerin giderimi üzerine yapılan çalışmalarda yüksek giderim oranları sergilemiştir (93).

Sandalye Sazı:
Sandalye sazının, düşük tuzluluk içeren sucul ortamlarda kadmiyum gideriminde etkili olduğu belirtilmiştir (95). Aynı zamanda bu türün özellikle glifosat gibi herbisitlerin gideriminde de etkili olduğu gösterilmiştir (96).

Altuni Yapraklı Kısa Eğir Otu:
Altuni yapraklı kısa eğri otu da kısa eğir otunun diğer türleri gibi pestisitlerin giderimi üzerine yapılan çalışmalarda yüksek giderim oranları sergilemiştir (93).

Yeşil Püskül Saz:
Bu bitki topraktan kadmiyum çekebilme ve ardından dokularında biriktirebilme yeteneğine sahiptir. Bu da ağır metallerin fitoremediasyonunda potansiyelini ortaya koymaktadır (97).

Görsel 123. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti Projesi

Görsel 124. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti

> Yapay sulak alanlar, doğal ekosistemin işlevlerini taklit eden ve yağmur suyunu toplamak, arıtmak, depolamak ve sızdırmak amacıyla uygulanan yeşil altyapı teknikleridir.

4.2.8 Yapay Sulak Alanlar

4.2.8.1 **Genel** Tanım

Yapay sulak alanlar kentsel ve kırsal alanlardan gelen yağmur suyunu toplamak, arıtmak, depolamak ve sızdırmak amacıyla uygulanan yeşil altyapı tekniklerindendir.

Doğal sulak alanların işlevlerini taklit ederek tasarlanmış, insan yapımı herhangi bir ekosistem yapay sulak alanlar çatısı altına girebilir. Bu uygulamalar yağmur suyu yönetimini sağlamak, kirleticileri filtrelemek ve yeraltı sularını beslemek, su kalitesini iyileştirmek, yaban hayata yaşam alanı sağlamak ve biyoçeşitliliğin arttırılması gibi çeşitli amaçlarla kullanılan, atıksu arıtımında kabul görmüş mühendislik sistemleridir. Suyun bekleme ve arıtma süresi ile suyun alan içerisindeki akış yolları ihtiyaca bağlı olarak tasarlanabildiği için, yapay sulak alanlar doğal sulak alanlardan daha iyi bir su kalitesi sağlayabilmektedir (73). Geleneksel yağmur suyu yönetiminde yapay sulak alanlar, akış yukarısında mümkün olan tüm yağmur suyu yönetim teknikleri uygulandıktan sonra hala su kalitesi ile ilgili problemler yaşanıyorsa kullanılabilirler (114).

Yapay sulak alanlar SüngerKent İzmir Projesi kapsamında, kentsel alanlardan toplanan yağmur suyunu arıtmak, depolamak ve sızdırmak amacıyla uygulanan yeşil altyapı teknikleri arasında değerlendirilmektedir.

> "Yapay sulak alanlarda, **su kalitesini** iyileştirmek için sulak alan **bitki** örtüsünden, **topraktan** ve doğal olarak bulunan **mikroorganizmalardan** faydalanılır. "

Görsel 125. Yapay Sulak Alan

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [x] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [x] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Planlama Kriterleri

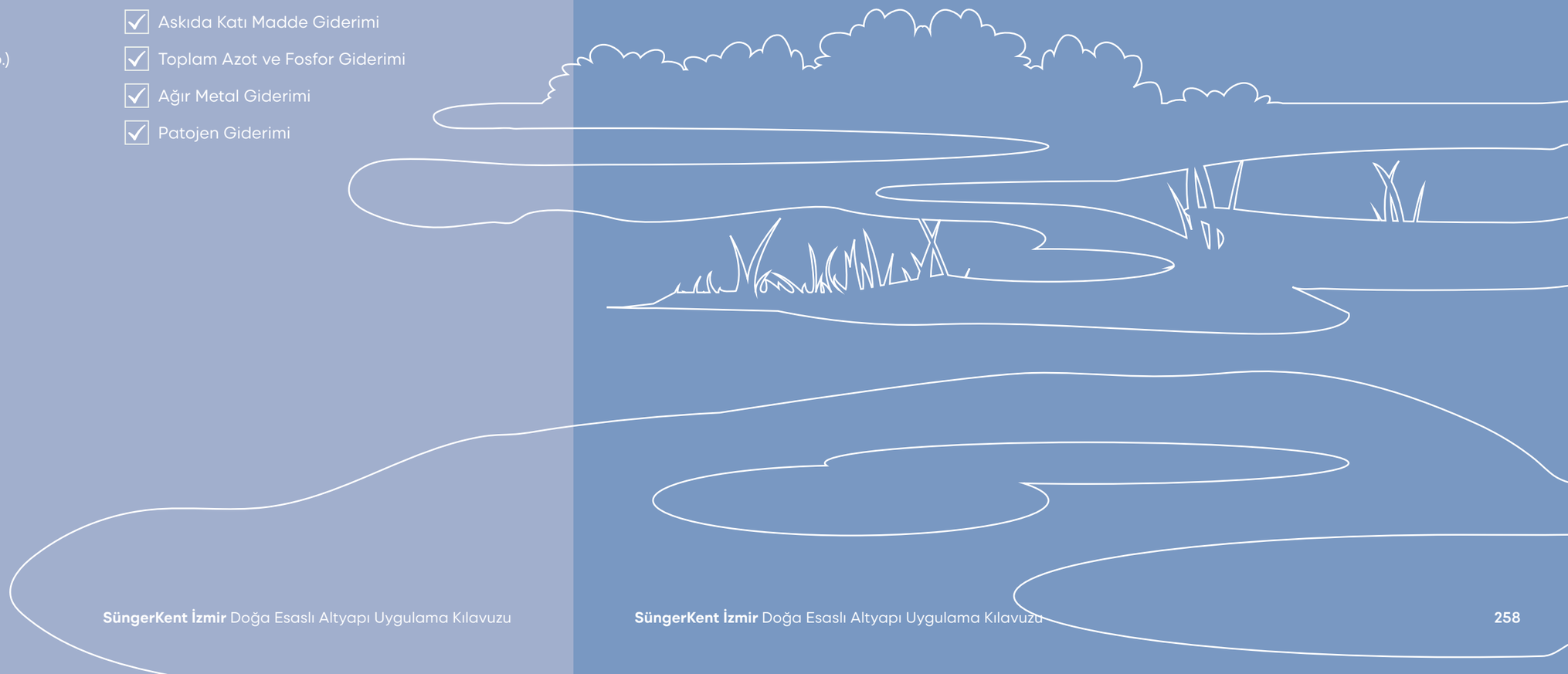
- Yapay sulak alan oluşturmak için sulak alan bölgesi, drenaj alanının yaklaşık %2-4 arasında olmalıdır.
- Alanda suyun giriş ve çıkışı arasında tavsiye edilen kot farkı olmalıdır.
- Proje alanında hassas bir akifer bulunuyorsa kaynak koruma önlemleri alınmalıdır (75).

Faydaları

- Yüzey akışı kontrolü sağlar.
- Yüksek miktarlarda suyu depolar.
- Doğal bir arıtma yaparak su kalitesinde iyileşme sağlar.
- İşletme ve bakım maliyeti oldukça düşüktür (75).

Kısıtlamalar

- Bu yapay sulak alanlar tam olarak bir sızdırma işlevi görmez, bu nedenle sızdırma amaçlanıyor ise yapay sulak alanlara entegre şekilde başka yeşil altyapı teknikleri de uygulanmalıdır.
- Büyük bir alana ihtiyaç vardır.
- Sivri sinekler ve diğer hastalık riski taşıyan canlılar için yaşam alanı oluşturabilir.
- Trafiğin az olduğu ve yapılaşmanın düşük olduğu bölgelerde uygulanabilir.
- Kullanılacak bitki örtüsünün zemine tutunması için belirli bir süre gerektiğinden, en yüksek verime bitki örtüsü tamamen geliştikten sonra ulaşır.



4.2.8.3 Yer Seçimi

Bir yapay sulak alan inşa edilmeden önce bölgenin daha geniş bir ekosistem içerisinde olduğu ve bulunduğu havzadaki rolü göz önünde bulundurulmalıdır. Uygulanacak yapay sulak alanın havzadaki yerüstü suları ve yeraltı suları üzerindeki potansiyel su kalitesi etkileri, çevresindeki ve membasındaki arazi kullanımları, yerel olmayan bitki ve hayvan türleri bakımından oluşabilecek potansiyel riskleri ve bölgede yaşayan halkın yapımı planlanan yapay sulak alan ile etkileşimleri dikkatle değerlendirilmelidir (98).

Yapay sulak alan uygulamasının temel amacı yağmur suyunun arıtma ise, eğer alanda sızma hızı çok yüksekse, kalıcı toprak doygunluğunun sağlanabilmesi için geçirimsiz membran kullanılabilir. Yeraltı suyu kirliliği potansiyelinin yüksek olduğu yerlerde de geçirimsizliğin sağlanması tavsiye edilmektedir. Ana kayanın yüzeye yakın olduğu yerlerde yapay sulak alan uygulanması yüksek kazı maliyetleri nedeniyle uygun olmayabilir (75), (29). Bu konular proje yapımına başlamadan önce jeoteknik uzmanlar tarafından doğrulanmalıdır (75).

Yapay sulak alanlar mümkün olduğunca eğimin az olduğu bölgelerde yapılmalıdır. Eğimin yüksek olduğu arazilerde yapay sulak alan uygulaması teraslama yapılarak uygulanmalıdır.

Yapay sulak alanlar, konut parsel sınırlarına en az 3 m, köprü ayakları gibi yapı temellerine en az 8 m, atıksu hatlarına en az 15 m ve kuyulara en az 30 m mesafede inşa edilmelidir. Yeraltı suyu seviyesi ile ilgili bir sınırlama yoktur.

4.2.8.4 Boyutlandırma

Yapay sulak alanların boyutları, yapım amacına, yerine ve su potansiyeline göre değişmektedir. Su potansiyeli, drenaj alanından yapay sulak alan uygulama sahasına ulaşacak yüzeysel akış miktarının hesaplanması ile belirlenmekte olup, hesaplamaya yönelik detaylı bilgiler Bölüm 3 kapsamında verilmiştir. Yapay sulak alan, yüzeysel akış miktarının yanı sıra aşağıda verilen kriterler sağlanacak şekilde tasarlanır ve boyutlandırılır:

- Yapay sulak alan olarak planlanacak bölge drenaj alanının yaklaşık %2-%4'ü arasında olmalıdır (75).
- Yapay sulak alanda suyun giriş ve çıkış noktaları arasındaki kot farkının minimum 60 cm olması tavsiye edilir (75).
- Sulak alan şev eğimleri 4:1 ve 5:1 olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bunun gibi hafif eğimler, sulak alan bitki örtüsünün daha iyi yerleşmesi ve büyümesi için tercih edilmelidir.
- Proje alanında yapılacak sızma testleri ile zemin sızma hızı belirlenmelidir (Sızma testleri ve sızma hızı hesabı için Bkz. Bölüm 3.3). İdeal olarak zemin sızma hızının düşük olduğu (<5 mm/sa) alanlarda tercih edilmelidir (99).
- Eğer proje alanında zemin profili yüksek derecede geçirimli ise çeşitli uygulamalarla (Membran uygulaması vb.) zemin geçirimsizliği sağlanmalıdır.
- Yüzeylerden toplanan yağmur suyu ile beslenen yapay sulak alanlarda, tasarım geometrisinin ve sulak alan içerisindeki çukurlaştırılmış alanların kirletici giderim performansı ve bitki çeşitliliği üzerinde kritik bir etkisi vardır. Bu sebeple uygulama alanına giren suyun yüzey alanının, toplam su hacmine oranı maksimum olmalıdır. Su mendereslendirilmeli, sulak alan geometrisinin olabildiğince doğal yapıda olması sağlanmalıdır (100).

4.2.8.5 Uygulama

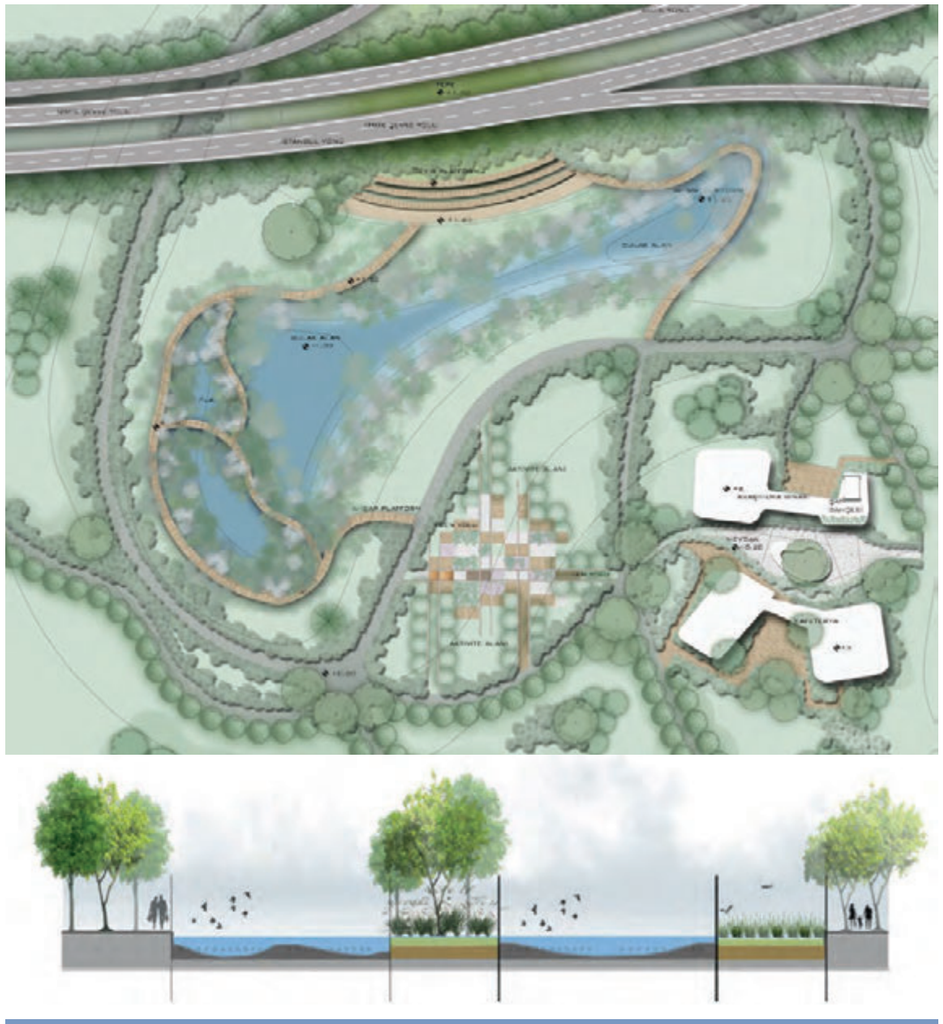
Yapay sulak alanın çevresi sulak alan ekosistemine uygun ve bölgeye özgü bitkilerle kaplı bir tampon bölge şeklinde olmalıdır. Her metrekarede 4-8 adet bitki olacak şekilde yoğun bitkilendirme yapılmalıdır. Şev eğimleri belirlendikten sonra değişken su seviyesine toleranslı sucul bitkiler seçilmelidir. Biyolojik çeşitliliği artırmak için farklı türde sucul bitkiler kullanılmalıdır.

Su girişinin ve çıkışının olduğu bölgelerde, büyük çaplı taş malzeme serilerek aşınma önlenmelidir. Yağmur suyunun sulak alana iletimi borular ile gerçekleştirilecekse; kullanılacak boru tipi, çapı ve imalatı, 23/06/2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik" içerisinde belirtilen standartlara uygun seçilmelidir.

Proje alanında yoğun sediment birikimi öngörülüyorsa, yapay sulak alanın su girişlerinden hemen sonra mutlaka sulak alanın diğer haznelerine göre daha küçük hacimli bir sediment biriktirme havuzu yapılmalıdır.

Yapay sulak alanlarda su yönetimini optimize etmek için dolu savak veya doğal set uygulanmalıdır. İki yapı da sulak alanın işlevselliğini arttırır. Dolu savaklar, yapay sulak alanlarda aşırı suyun kontrollü bir şekilde tahliye edilmesini sağlayan yapısal öğelerdir. Başlıca fonksiyonları taşkın kontrolü, su seviyesi düzenlemesi ve sediment kontrolü olarak sıralanabilir. Doğal setler de yapay sulak alanların çevresinde bulunan yükseltilmiş toprak veya bitki örtüsü barajlarıdır. Bu setlerin temel fonksiyonları habitat oluşturma, erozyon kontrolü ve kirlilik filtreleme olarak düşünülebilir. Dolu savaklar ve doğal setler, yapay sulak alanların tasarımında stratejik konumlara yerleştirilmelidir. Bu lokasyonlar, özellikle sulak alanın çıkış noktası yakını ve sel riski yüksek alanlar olabilir.

Uygulaması yapılan bir yapay sulak alanın çevresine, uygulamayı tanıtan, koruma ve uyarı ile ilgili bilgileri içeren bilgilendirme tabelaları tesis edilmelidir.



Görsel 126. Yapay Sulak Alan Görünümü ve Detayları

4.2.8.6 Bakım

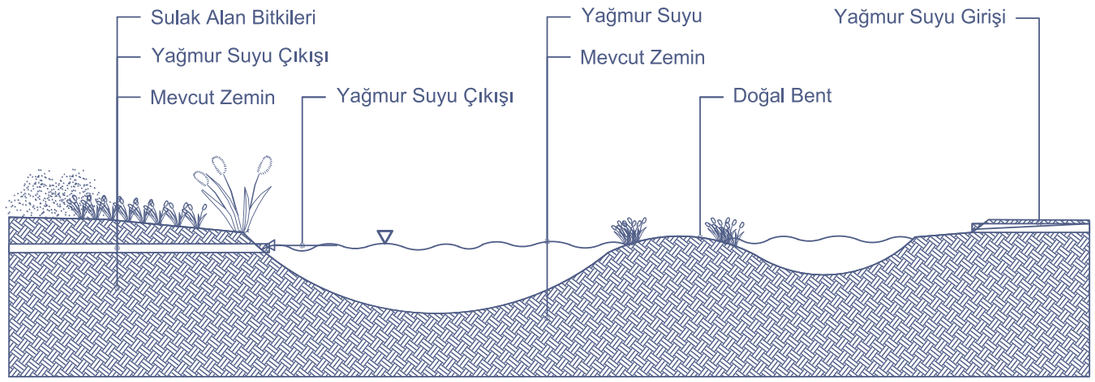
Yapay sulak alanlar inşa aşamasından sonra belirli bir olgunlaşma süresine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle yapay sulak alanların sağlıklı bir şekilde çalışması için yapım esnasında gerekli denetimler yapılmalı, yapım sonrasında ise düzenli olarak bakımları gerçekleştirilmelidir. Yapay sulak alan içerisinde taşınan sediment miktarı düzenli olarak kontrol edilmeli, gerektiğinde tahliye edilmelidir.

Yapay sulak alan inşası bittikten sonra ilk bir yıl içerisinde ortalamanın üstünde gerçekleşen yağışlardan sonra proje alanı denetlenmelidir. Sulak alan bölgesi etrafındaki oyulmalar tespit edilerek bitkilendirilmeli ve toprak stabilize hale getirilmelidir.

Dolu savak ve doğal setler sızıntı, oyulma ve malzeme birikimine karşı düzenli olarak incelenmelidir.

Yapay sulak alanın iç ve dış yamaçlarında yer alan bitki örtüsü seyrelme, erozyon ve çökme riskine karşı düzenli olarak kontrol edilmelidir.

Yapay sulak alan içerisinde biriken çöpler ve atıklar yılda en az bir kez temizlenmelidir.



NOTLAR

1. TAM ANLAMIYLA BİR SIZDIRMA İŞLEVİ GÖRMEDİĞİNDEN SIZDIRMA AMACIYLA EK YEŞİL ALTYAPI TEKNİKLERİ KULLANILABİLİR.
2. YAPAY SULAK ALANLARIN İNŞA EDİLEBİLMESİ İÇİN BÜYÜK BİR ALANA İHTİYAÇ VARDIR.
3. TRAFİĞİN AZ OLDUĞU VE YAPILAŞMANIN DÜŞÜK OLDUĞU BÖLGELERDE UYGULANABİLİR.
4. KULLANILACAK BİTKİ ÖRTÜSÜNÜN ZEMİNE TUTUNMASI İÇİN BELİRLİ BİR SÜRE GEREKLİDİR. BU NEDENLE EN YÜKSEK VERİME BİTKİ ÖRTÜSÜ TAMAMEN GELİŞTİKTEN SONRA ULAŞIR.

ÇİZİMLER ÖLÇEKLİ DEĞİLDİR

SÜNGER KENT İZMİR
SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
SÜNGERKENT İZMİR UYGULAMA KILAVUZU

YAPAY SULAK ALANLAR

YS-01

“Yağmur tarlaları tarım arazilerinde yağmur suyunu tutmaya yarayan, etkili bir yağmur suyu hasadı tekniğidir.”

4.2.9 Yağmur Tarlaları

4.2.9.1 Genel Tanım

Yağmur tarlaları, tarımsal arazilerde yağmur sularının toplandığı ve üzerinde yenilebilir ya da yerel bitkilerin yetiştirilebildiği küçük ölçekli su toplama yapılarıdır.

Topoğrafik olarak düz morfolojiye sahip tarım arazilerinde yağmur suları akışa geçememekte ve doğrudan buharlaşmaya maruz kalmaktadır. Tarım arazilerinde yapılacak yağmur tarlası uygulaması ile arazi üzerine düşen yağış sularının toplaması ve yeraltına sızdırılması sağlanmaktadır. Bu uygulamadaki öncelikli hedef, yeraltı suyunun beslenmesidir.

Aynı zamanda, yağmur tarlaları biyo-filtreleme sağlayarak, tarım alanlarında kullanılan kimyasal ilaçlar ve pestisitlerin neden olduğu çevresel etkileri en aza indirebilir. Bu sayede, söz konusu kimyasalların yeraltı suyuna karışması önlenerek tarımın ekolojik ayak izi azaltılabilir.

Yağmur tarlaları, dereler üzerindeki su yükünü azaltır ve su baskınlarını önler. Ayrıca yerel bitki ve hayvan türleri için bir yaşam alanı sağlayarak türlerin çeşitliliğini artırır. Bu yöntem, geleneksel drenaj sistemlerine göre daha ekonomik ve çevre dostudur.

Tarım alanlarındaki mevcut drenaj hendekleri, planlanan yeni hendeklere yönlendirilerek, yağmur tarlalarının ekolojik performansı artırılabilir. Bu strateji, yağmur suyunun daha etkili bir şekilde topraklara yönlendirilmesini sağlayarak erozyonu azaltabilir ve tarım ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini güçlendirebilir.

“ Yağmur tarlaları, tarlaya düşen yağışı yakalayarak yeraltına sızdırır. Uygulama hem su baskınlarını hem de toprak erozyonunu önlemede son derecede etkilidir. ”

4.2.9.2 Temel Bilgiler

Görsel 127. Yağmur Tarlası

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [ ] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [ ] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Alanda yapılacak akış yönü analizi ile, tarlaya düşen yağmur suyunun akış hareketine bakılarak yağmur tarlaları için en uygun yer belirlenmelidir.
- Şiddetli yağışlarda yağmur tarlası doygun hale geldiğinde, suyun güvenli bir şekilde tahliye edileceği alan belirlenmelidir.
- Yağmur tarlasında kullanılacak bitkiler su ihtiyacı bakımından alana uygun ve tarımı yapılabilecek çeşitlikte seçilmelidir.

Faydaları

- Yeraltı suyu akiferlerinin beslenmesini sağlar ve drenaj problemlerine çözüm üretir.
- Yüzeysel akış miktarının ve hızının düşmesini sağlayarak su baskını ve taşkınları kontrol eder.
- Ani yağışlarda suyun hızlıca yüzeyden akmasıyla meydana gelen verimli toprak katmanının kaybını önler.
- Yüzey akışını kirleticilerden temizler ve su kalitesini artırır.
- Biyolojik aktiviteyi arttırarak her türlü canlı için doğal yaşam ortamı sağlar.

Kısıtlamalar

- Topoğrafyanın uygun olmadığı yerler seçilmemelidir.
- Sızma hızı düşük olan alanlar uygun değildir.
- Sulak alanlar uygun değildir.

4.2.9.3 Yer Seçimi

Yağmur tarlaları, tarım alanı içerisinde düşük eğimli bölgelerde uygulanabilir. Tarım alanı içerisinde uygulamanın yapılacağı bölge belirlenirken, alana düşen yağmur suyunun hareketi fiziksel olarak gözlemlenir ve zemin kotları kullanılarak akış yönü analizi yapılabilir. Yağmur tarlaları, üzerinde sürekli su bulunan ve sızma hızı düşük olan alanlarda uygulanmamalıdır.

Görsel 128. Yağmur Tarlası Örneği

4.2.9.4 Boyutlandırma

Yağmur tarlasının kurulacağı alanda, toprak özellikleri, yağış miktarı, eğim gibi faktörler göz önünde bulundurularak analizler yapılır. Bu analizlerin sonucunda yağmur tarlasının boyutları belirlenir. Tarla, yağış miktarına ve arazinin özelliklerine bağlı olarak uygun şekilde boyutlandırılır.

Bir yağmur tarlası boyutlandırılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, arazinin eğimi, toprağın sızma kapasitesi, yağış miktarı ve yağış sonrası ortaya çıkan yüzeysel akış miktarıdır.

Yağmur tarlalarının karakteristik bir derinliği yoktur. Yağmur tarlası boyutları; kazı derinliğine, alandaki toprağın özelliklerine ve sızma hızına, kullanılacak bitkilere ve yüzeysel akış miktarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin uygulama alanındaki toprağın sızma hızı düşük ise, sızma hızı yüksek olan toprağa sahip bir alana göre daha büyük boyutlarda bir yağmur tarlası tesis edilmelidir. Bu bağlamda; Yağmur tarlasının uygulanacağı alanın sızma hızının tespit edilmesi ve geçirimlilik yönünden test edilmesi oldukça önemlidir. Toprak sızma testleri ve sızma hızı tespiti, Bölüm 3.3 kapsamında detaylı olarak sunulmuştur.

Yağmur tarlalarının uygulanacağı arazinin drenaj alanı ve bu alandan yağmur tarlasına ulaşabilecek yüzeysel akış miktarı belirlenmelidir. Yüzeysel akış miktarı, Bölüm 3 ile verilen yüzeysel akış miktarı hesabı kullanılarak bulunur. Yüzeysel akış miktarı hesabında gerekli olan tasarım yağışı Bölüm 3.2.4 ile verilen kriterlere göre seçilir.

4.2.9.5 Uygulama

Yağmur tarlaları yüzey akışını bünyesinde tutabilecek iç bükey bir formda olmalıdır. Yağmur tarlalarının uygulanacağı alanda düşük bir eğim aranmalı ve kazı işlemleri kolaylaştırılmalıdır. Bu uygulamada, tarlada uygun eğimi oluşturmak için kazı işlemi ile çıkarılacak toprak kullanılabilir. Yağmur tarlası uygulama aşamaları şu şekildedir:

1. Kazı ve Şevlendirme:

- Yağmur tarlasının uygulanacağı alan, uygun şekilde kazılarak ve şevlendirilerek hazırlanır.
- Kazı çalışmaları sırasında çıkan toprak, eğim oluşturmak ve şevlendirme yapmak için kullanılabilir.

2. Giriş ve Çıkış Noktalarının Belirlenmesi:

- Yağmur tarlasına giriş ve çıkış noktaları belirlenir. Bu noktalar, suyun tarlaya girişini ve çıkışını düzenler.
- Yağmur tarlası, şiddetli yağışlarda fazla suyu güvenli bir şekilde drene edebilmek için çıkış noktasında bir kanal oluşturulur. Bu kanal, PVC boruları veya çakıl taşları gibi malzemelerle basit bir drenaj kanalı olarak uygulanabilir.

3. Bitki Dikimi:

- Kazı çalışması sonrasında tarlanın tabanına tasarıma uygun bitkilerin dikimi yapılır.
- Bu bitkiler, su isteği bakımından tarım yapılabilecek ve suyu filtreleyebilecek özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca, yerel bitki türlerinin tercih edilmesi çevresel uyum açısından önemlidir.

Şiddetli yağışlardan kaynaklanan fazla suyun yağmur tarlalarından güvenli bir şekilde uzaklaştırılması önemlidir. Bu durumda, tarla içinde etkili bir drenaj sistemi oluşturulması gerekmektedir. PVC borular veya çakıl taşları gibi malzemelerle bir drenaj kanalı oluşturmak, yağmur tarlasının suyunu etkili bir şekilde yönetmesine yardımcı olur.

Drenaj sistemi oluşturulurken aşağıdaki adımlar takip edilebilir:

1. Drenaj Kanalının Belirlenmesi: Yağmur tarlasının en düşük ve en fazla su birikimi olan bölgeleri belirlenir. Bu noktalara suyun akabileceği bir drenaj kanalı oluşturulmalıdır.

2. Kanalın Kazılması: Belirlenen alanlarda drenaj kanalı kazılmalıdır. Kanalın genişliği ve derinliği, tahliye olabilecek su miktarına ve toprağın özelliklerine bağlı olarak belirlenmelidir.

3. Malzeme Seçimi: PVC borular veya çakıl taşları gibi malzemelerle drenaj kanalı oluşturulabilir. PVC borular, suyun daha kontrollü bir şekilde akmasını sağlar, ancak çakıl taşları doğal bir drenaj sağlayabilir. Malzeme seçimi, tarlanın yapısı ve iklim şartlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

4. Kanalın Döşenmesi: Seçilen malzeme kanala döşenir. PVC borular kanalın içine yerleştirilirken, çakıl taşları kanalın tabanına serilebilir. Boruların eğimi, suyun serbestçe akmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

4.2.9.6 Bakım

Yağmur tarlalarında sızmanın azalması, genellikle zemindeki toprağın gözeneklerinin tıkanması veya toprağın aşırı sıkışmış hale gelmesi sonucunda olabilir. Bu durumlar, yağmur tarlasının etkinliğini azaltabilir ve suyun doğru şekilde toprağa sızmasını engelleyebilir. İşte bu durumları düzeltmek için yapılabilecek adımlar:

1. Birikintilerin Temizlenmesi: Tarlanın tabanında biriken tortu ve birikintilerin düzenli olarak temizlenmesi önemlidir. Bu birikintiler, suyun serbestçe akmasını engelleyebilir ve sızma kapasitesini azaltabilir.

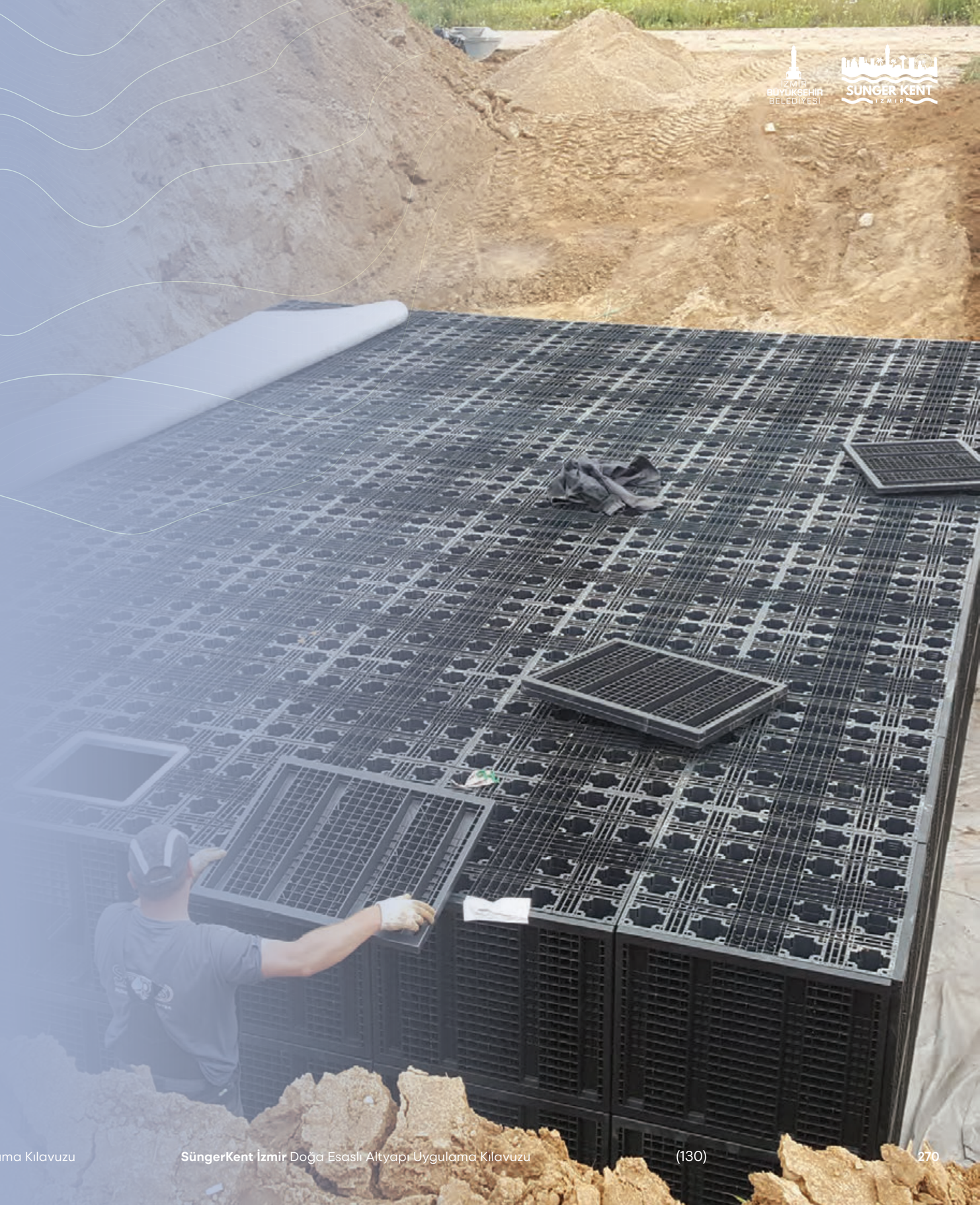
2. Toprağın Havalandırılması ve Gevşetilmesi: Tabandaki tabii toprağın havalandırılması ve gevşetilmesi, suyun toprağa daha kolay sızmasını sağlar. Bu da yağmur tarlasının suyu sızdırma kapasitesini artırır.

3. Hendeğin Temizlenmesi: Yağmur mevsimi başlamadan önce, yağmur tarlasındaki hendeğin su giriş ve çıkış noktalarında birikmiş yapraklar, dallar, çalılar, kurumuş otlar gibi malzemelerin kontrol edilmesi ve temizlenmesi önemlidir. Bu birikintiler suyun serbest akışını engelleyebilir ve drenajın etkinliğini azaltabilir.

4. Periyodik Bakım: Her yağmur sonrası, su giriş ve çıkış noktalarının düzenli olarak kontrol edilmesi ve temizlenmesi gerekir. Bu, yağmur tarlasının sürekli olarak etkin bir şekilde çalışmasını sağlar.

Bu adımların uygulanmasıyla, yağmur tarlasının sızma kapasitesi artırılabilir ve suyun etkili bir şekilde toprağa sızması sağlanabilir. Bu da tarım arazisinin verimliliğini artırır ve erozyon gibi çevresel sorunların önlenmesine yardımcı olur.

4.2.10 Modüler Sızdırma ve Geciktirme Sistemleri



4.2.10.1 Genel Tanım

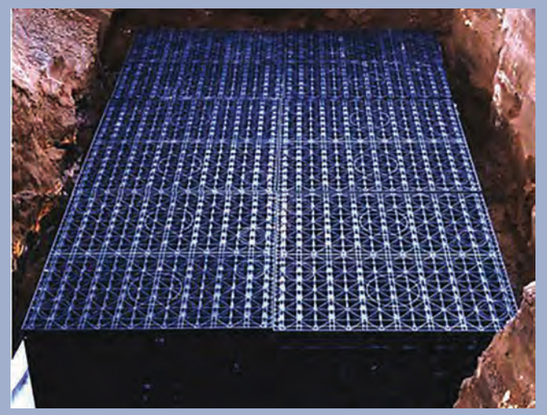
Modüler sızdırma ve geciktirme sistemleri, yağmur suyu hasadı ve doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniği uygulamalarında kullanılan prefabrik modüllerden oluşan yenilikçi çözümlerden biridir. Yeraltında uygulanan bu sistemler, birbirlerine eklenebilir yapıda olup farklı ihtiyaçlara ve koşullara göre esnek ve genişletilebilir bir yapı sunarlar.

Bu sistemler tek başına doğa esaslı bir yağmur suyu altyapı tekniği olarak kullanılabilmekle birlikte, başka bir yeşil altyapı sistemine ek depolama hacmi yaratılması için de entegre edilebilirler.

Sızdırma tünelleri, sızdırmalı yağmur kuyuları, keçeli drenaj boruları ve polipropilen kasalar yeraltı suyu beslenmesi kapsamında sızma yüzeyinin artırılması ve homojenliğinin sağlanması için uygulanabilirler.

Modüler depolama birimleri ise görece yüksek miktarlardaki akış suyunun yeraltında geçici olarak depolanması ve buradan alıcı ortama bırakılması(geciktirme) veya tabi zemine sızdırılması için kullanılabilmektedir.

4.2.10.2 Temel Bilgiler



Görsel 129. Modüler Üniteler

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Uygulama Ölçeği

- [x] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [x] Cadde ve Sokak
- [x] Tarım Alanı
- [x] Su Sistemi

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [ ] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

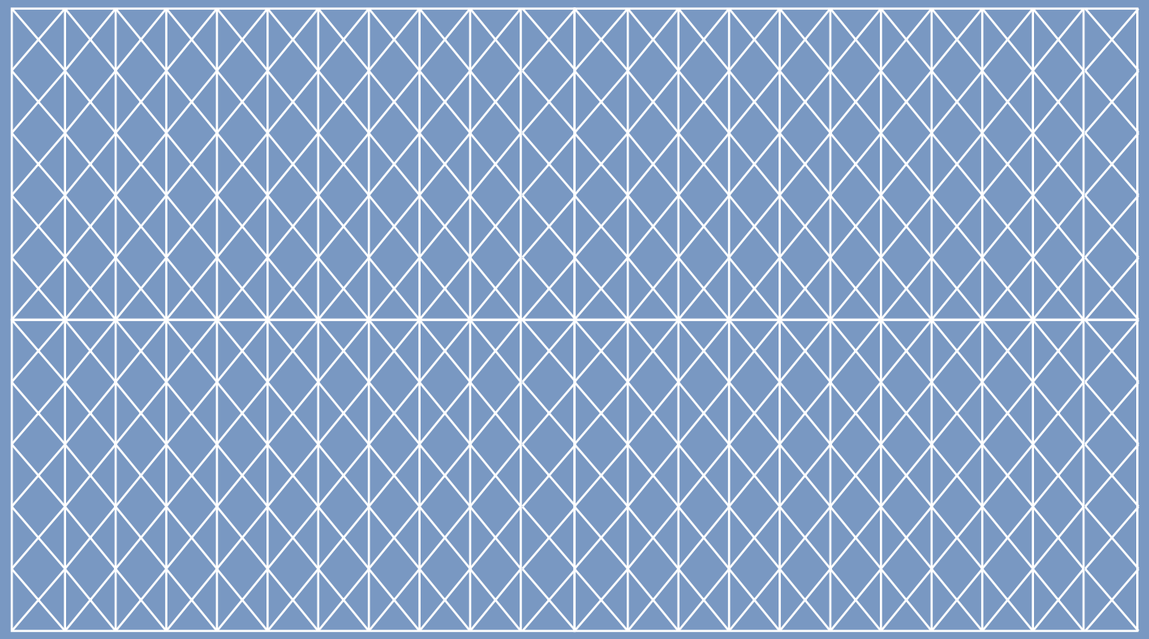
- Modüler sızdırma ve geciktirme sistemleri su toplama havzasının su potansiyeli dikkate alarak boyutlandırılmalıdır.
- Uygun zemin koşulları sağlanmalıdır.
- Bu sistemler diğer yeşil altyapı tekniklerine (taşkın parkı, yağmur hendeği vb) entegre edilebilir.

Faydaları

- Yüzey akışının geçici olarak depolanması ve sızdırılması ile yağış anında akış debilerinin düşmesini ve ötelenmesini sağlar.
- Su baskınlarının önlenmesinde etkilidir.
- Sızmanın etkinliğini arttırarak yeraltı suyunun beslenmesini sağlar.
- Altyapı sistemleri üzerindeki yağmur suyu yükünü azaltır.

Kısıtlamalar

- Düşük geçirimliliğe sahip alanlarda uygulanması durumunda ek drenaj sistemi planlanmalıdır.
- Yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerden kaçınılmalıdır.
- Olası kimyasal atık olabilecek alanlarda uygulanmamalıdır.
- Besleme ile oluşacak yeraltı suyu tümseğinin, yerleşim alanlarında bulunan herhangi bir yapı temeline zarar vermesi önlenmelidir.

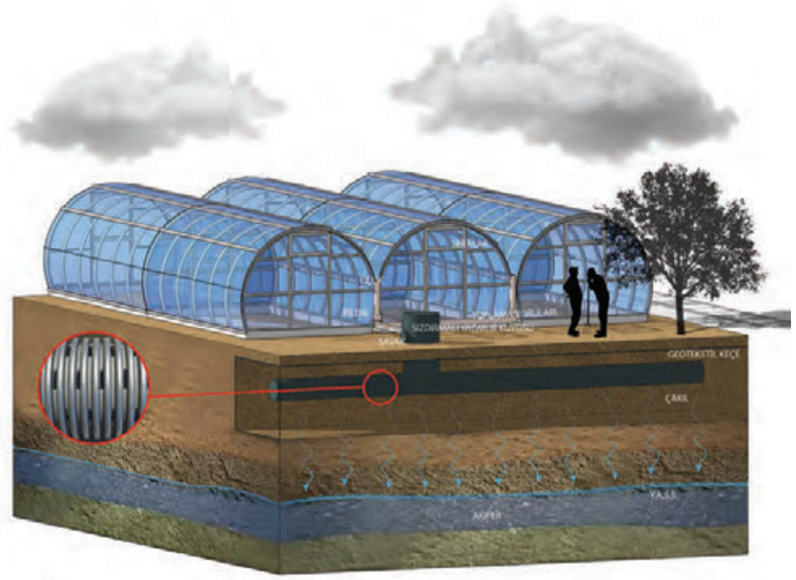


4.2.10.3 Modüler Sızdırma Sistemleri

Sızdırma Tünelleri:

Sızdırma tünelleri, yapıların çatılarına düşen yağmur sularının buharlaşmasına ve serbest akışa geçmesine izin vermeden, doğrudan sızdırma tünellerine ileterek yeraltına sızmasını sağlayan doğa esaslı yağmur suyu altyapı tekniğidir. Hem büyük hem de küçük çatı alanlarında yağmur suyunu yönetmekte kullanılır.

Sızdırma tüneli, zemin altına yatay düzlemde uygulanan, sızmayı gerçekleştirecek filtreli veya delikli borulardan oluşur. Çatı alanına düşen yağmur suyu, yağmur suyu iniş borularına yapılan bir tesisat bağlantısı ile sızdırma tünellerine ulaştırılır. Tünel içerisinde su homojen olarak dağılır ve düşey yönde yavaş yavaş sızması gerçekleşir. Böylece yağmur suyunu etkili bir biçimde toplayarak yeraltına beslenmesine olanak sağlanır. Toplanan yağmur suyu yeraltına sızar ve yeraltı suyu akiferlerinin beslenmesine katkıda bulunur. Akiferde depolanan yeraltı suyu kurak dönemlerde tekrar geri kullanılabilir. Bu sayede su stresi azalır ve mevcut su kaynakları korunur.



Görsel 130. Sızdırma tüneline ait teknik çizim

Sızdırmalı Yağmur Kuyuları:

Genellikle yüzey suyu drenaj sorunu olan veya geleneksel drenaj sistemlerinin yetersiz olduğu alanlarda kullanılan delikli yeraltı tanklarıdır. Beton, plastik veya prefabrik beton gibi malzemelerden üretilirler. Prefabrik olarak belirli boyutlarda hazır halde satın alınabilir veya delikli künklerin birbiri üzerine eklenmesi yöntemiyle de oluşturulabilirler.

Yapı çatılarından veya geçirimsiz yüzeylerden yağmur suyu boruları ile modüllere iletilen yağmur suyu, buradan gözenekler vasıtası ile yavaşça toprağa sızar. Bu sistemler çoğunlukla yüzey suyu drenajının yetersiz kaldığı ancak alanın sınırlı olduğu bahçelerin, yolların veya kaplamalı yüzeylerin altlarında kullanılırlar. Kendi bünyesinde mazgala sahip olabildikleri gibi (Görsel 131), mevcut altyapı sistemlerine drenaj boruları vasıtası ile bağlanarak entegre edilebilirler. Regüle edilmesi gereken yağmur suyu miktarına göre tek başlarına veya birbirlerine borular yardımı ile bağlanarak kolektif olarak kullanılmaları da mümkündür.

Görsel 131. Birleştirilmiş modüller ile yapılmış sistem (101).

Keçeli Drenaj Boruları:

PVC malzemeden imal edilen ve üzeri geçirimli jeotekstil keçe ile kaplanmış olan dairesel kesitli drenaj borularıdır. Bu malzemeler sızdırma hendekleri altında depolama katmanı içine gömülerek su tutma hacmini arttırmak amacıyla kullanılabildiği gibi, zemin sızma hızının düşük olduğu alanlarda depolama katmanı içindeki kapasite fazlası suyun filtrelenerek başka bir alıcı ortama drene edilmesi için de kullanılabilirler (ek drenaj sistemi). İstenen çapta ve uzunlukta kesilebilmeleri ve esnek yapıları imalat kolaylığı sunar. Keçe ile kaplı olmaları ise yeşil altyapı uygulamalarında önemli bir sorun olan tıkanma problemine karşı dayanıklı olmalarını sağlar.

Görsel 132. Keçeli Drenaj Borusu

Polipropilen Kasalar:

Sızdırma hendekleri altında ek depolama hacmi yaratmak için kullanılabilen toprak yüküne dayanıklı polipropilen delikli kasalardır. Hendeğin yüksek geçirimli toprak katmanı altında, ters şekilde ve yan yana dizilerek ve geçirimli jeotekstil keçeye sarılarak kullanılabilirler. Toprak katmanından aşağıya doğru sızan sular keçede filtrelenerek kasa içerisindeki boşluklara dolar. Bu şekilde hendeğin su tutma kapasitesini yüksek oranda artırır ve gerekli hendek derinliğini azaltır. Çeşitli yükseklik ve ebatlarda üretildiklerinden yaratılmak istenen ek depolama hacmini kolaylıkla sağlayabilirler. Keçeli drenaj borularına benzer şekilde taşıt veya ağır yüklere maruz kalabilecek uygulamaların altında (sünger yol, otopark vb.) deformasyona neden olacağından kullanılmamalıdır.

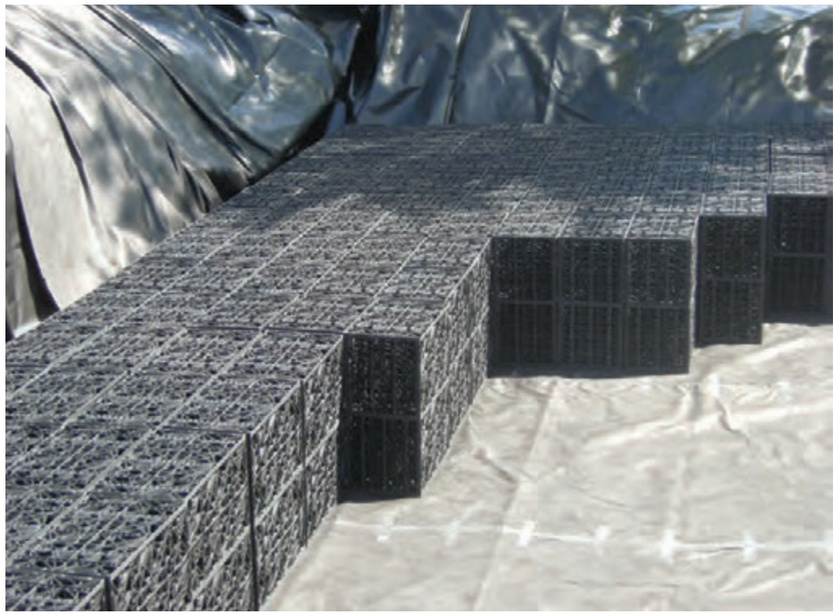
Sünger Kent İzmir Projesi kapsamında uygulanan Gaziemir Sakarya Sünger Otoparkı Projesinde yer alan sızdırmalı hendeklerde, depolama ve sızma kapasitesini arttırmak amacıyla polipropilen modüller ve keçeli drenaj boruları kullanılmıştır.

Görsel 133. Sızdırma hendeği altında polipropilen kasa uygulaması

4.2.10.4 Modüler Geciktirme Sistemleri

Yüzeysel su akışını yönetmek için yeraltında geniş ölçekli depolama alanları yaratmak amacıyla kullanılan, yüksek boşluk hacmine sahip geo-hücresel plastik ünitelerden oluşan sistemlerdir. Üniteler birbirine geçen yapıda olup yan yana ve üst üste konularak akış suyunun geçici olarak depolanabileceği yeraltı rezervuarları oluştururlar. Böylece ani yağışlarda altyapı sistemine girecek büyük miktarda akış suyu, bu yeraltı rezervuarlarına yönlendirilerek geçici olarak depolanır ve taşkın öteleme/geciktirme faydası sağlanır. Bu uygulamalarla geleneksel altyapı sistemlerinde oluşacak maksimum debiler büyük oranda azaltılabilir ve zamansal olarak ötelenebilir.

Kullanılan üniteler matris yapısına sahip olup araç ve trafik yükü taşıyabilecek şekilde üretilmektedir. Dolayısıyla bu tip sistemlerin araç yolları, otopark alanları vb. alanların altında kullanımı mümkündür. Genellikle geçirimsiz membran ile sarılarak akış suyu bekletme amaçlı kullanılmakla birlikte geçirimli jeotekstil ile sarılarak sızdırma sistemi olarak da kullanılabilirler. İlk yatırım maliyetleri görece yüksek olmasına rağmen modüler yapıda olmaları ve bakım elemanlarının sisteme entegre olması (bakım şaftı, kuyusu vb.) kurulum ve işletme kolaylığı sunmaktadır.



Görsel 134. Modüler depolama üniteleri (102)

4.2.10.5 Yer Seçimi

Modüler sızdırma ve geciktirme sistemleri uygulamalarında belirli bir kesit derinliğinde kazı işlemi yapılacağından, şehrin mevcut altyapı sistemleri analiz edilmelidir. Atıksu, yağmur suyu ve içme suyu altyapısı, telekomünikasyon, doğalgaz, elektrik, internet vb. sistemlere ait bileşenler dikkate alınmalıdır.

4.2.10.5.1 Sızdırma Sistemleri

Sızdırma Tünelleri

Sızdırma tünelleri yeraltı suyunun beslenmesi amacıyla kentsel ve kırsal alanda bir çatı alanına sahip sera, hayvan damı, tarım deposu ve konut bahçelerinde uygulanabilir.

Sızdırma tüneli uygulamasının yapılacağı alanda öncelikle sistemin kurulacağı zemininin geçirimliliği, sahada yapılacak sızma testi ile belirlenmelidir (sızma testi detayları için bkz. Bölüm 3.3). Tabi zemin geçirimliliğinin düşük olduğu bölgelerde sisteme ek drenaj sistemi entegre edilmelidir.

Sızdırma tüneli kazı çalışması ile yeraltına yerleştirileceğinden, uygulamanın yapılacağı sahada kazı çalışması için yeterli bir alan olmalıdır. Kazı çalışması, herhangi bir yapının temelinden en az 3 m uzakta olacak şekilde gerçekleştirilmelidir.

Modüler Yağmur Kuyuları

Sızdırma tünellerine benzer şekilde kentsel ve kırsal alanlarda bulunan yapıların kazı çalışması için uygun bahçe alanlarında uygulanabilirler. Uygulamanın çevrede bulunan yapılara temel çekme mesafesi en az 3 m altında olmalıdır. Sistem yüzey suyu drenajı için kullanılacaksa mevcut altyapı sistemlerine boru ile bağlanarak yolların ve kaplamalı yüzeylerin altlarında uygulanmaları da mümkündür. Araç ve trafik yüküne maruz kalacak alanların altında plastik yerine betonarme künk sistemleri tercih edilmelidir. Tabi zemin geçirimliliğinin düşük olduğu bölgelerde sisteme ek drenaj uygulaması entegre edilmelidir.

Modüler Yağmur Kuyuları

Bu yapı elemanları yüzey akışı sularını drene etmek için uygulanan sızdırma hendekleri altında ek su depolama hacmi oluşturmak için kullanılabilirler. Alanın sınırlı olduğu veya zemin geçirimliliğinin düşük olduğu bölgelerde gerekli sızdırma hendeği boyutunu ve derinliğini azaltmak için uygulanırlar. Taşıt veya ağır yüklere maruz kalabilecek uygulamalar dahilinde (sünger yol, otopark vb.) deformasyona neden olabileceklerinden kullanılmamalıdır.

4.2.10.5.2 Geciktirme Sistemleri

Modüler geciktirme sistemleri öteleme/tutma hedeflerini önceleğinden, genellikle büyük ölçekli depolama oluşturulabilecek parklar, kullanılmayan boş yeşil alanlar, açık otopark ve pazar alanları ve yollar gibi noktalarda uygulanabilirler. Bu alanlar altyapı hatlarının geçtiği bölgelere yakın/bitişik konumlarda seçilmelidir. Böylece ani yağışlarda hatlardan sisteme su yönlendirmesi yapılabilir. Sistem geçirimli jeotekstil ile sızdırma amaçlı kullanılacak ise düşük zemin geçirimliliği olan, yoğun yapılaşmış ve yeraltı su seviyesinin görece yüksek olduğu bölgelerden kaçınılmalıdır.

4.2.10.6 Boyutlandırma

Bir çatı veya drenaj alanından gelen yağmur suyunu sızdırma ve geciktirme sistemleri ile yönetmek için çeşitli faktörler göz önüne alınmalıdır. Özellikle, yağış miktarı ve drenaj alanı, toplanacak yağmur suyu miktarının hesaplanmasında ve kullanılacak sistem hacminin belirlenmesinde en önemli parametrelerdir.

Sisteme gelen su hacminin hesabı (yüzeysel akış miktarı), Bölüm 3.2.6 ile verilen rasyonel metot ile hesaplanır. Tasarım yağışı Bölüm 3.2.4 ile verilen kriterler göz önünde bulundurularak seçilir. Elde edilen sonuçlara göre modüllere gelecek su miktarı ve sistemin hacmi hesaplanır.

Tasarlanan sistem topladığı yağmur suyunu 72 saat içerisinde sızdırabilmelidir (71). Sistemin suyu sızdırabilmesi zeminin geçirimliliğine bağlıdır. Yağmur suyunun sistemden sızma süresi Bölüm 4.1.2.3.3 ile verilen yöntem ile hesaplanır. Yapılan bu hesaplara göre sızma süresinin 72 saatten daha fazla çıkması durumunda; kullanılan modüler sızdırma ve geciktirme sistemi taban alanının arttırılması gerekir. Diğer seçenek ise sisteme gelen fazla suyun ek bir drenaj sistemi ile uzaklaştırılmasıdır.

Uygulama Aşamaları

- Uygulama yapılacak alanda öncelikle sistemin kurulacağı zemininin geçirimliliği, sahada yapılacak sızma testi ile belirlenmelidir (sızma testi detayları için bkz. Bölüm 3.3).
- Kullanılacak modüllerin belirlenmesi ve sistemin boyutlandırılması sonrasında, modüllerin yerleştirilebilmesi için gerekli kazı çalışması yapılmalıdır.
- Modülerlerin yerleştirileceği temel mutlaka düz olmalı, sistem sıkıştırılmamış zemin üzerine oturtulmalıdır. Sistem tabanı kaya üzerine oturmamalıdır.
- Sızdırma tüneli uygulamasında kullanılan malzemenin yerleştirilmesi için açılan kazı çukurunun tabanı kum, mıcır, çakıl vb. geçirimli malzeme ile doldurulmalıdır. Sızdırma tüneline gelen yağmur suları, çukur içerisine doldurulmuş bu geçirgen malzemenin boşluklarından geçerek yeraltına ulaştırılır.
- Sızdırma tüneli kazı çukurunun üst yüzeyinden yaklaşık 50-60 cm altına yerleştirilmeli, tünelin her iki ucu kör tapa ile kapatılmalı ve üzerine tekrar geçirimli malzeme konmalıdır. Şiddetli yağışların ve rüzgârın yağışa eşlik ettiği zamanlarda yaprak, küçük dallar ile silt gibi ince malzemelerin sızdırma tüneli içerisine girmemesi için, üst yüzeyi jeomembran, keçe vb. örtü malzemesi ile kaplanmalı ve üzeri tekrar toprak ile örtülmelidir.
- Ani şiddetli yağışlarda herhangi bir taşmaya meyil vermemek için, mutlaka tahliye çıkışı yapılmalıdır.
- Eğer bina çatısından hasat yapılması planlanıyorsa çatıdan gelen yağmur suyu iniş boruları, balkon sularını toplayan iniş borularından ayrı olmalıdır. Ayrıca çatıdan gelen yağmur suları bir filtreleme sisteminden geçirilmelidir. Böylece sistemde tıkanmaya sebep olabilecek çöp, yaprak, sediment ve diğer malzemelerin sisteme girişi önlenebilir. Söz konusu filtreleme sistemi ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 4.1.2 kapsamında verilmiştir.
- Yağmur suyu iniş borusu, %1 lik eğimle, bina temelinden en az 3 m mesafede kurulacak sisteme bağlanmalıdır.
- Binanın veya drenaj alanın yağmur suyu toplama sisteminin kanalizasyon sistemine bağlı olması durumunda, bu bağlantı iptal edilmelidir.
- Sistemde kullanılan modüller ve malzemeler, sediment birikimini engellemek için geçirimliliği çevre zeminin geçirimliliğinden daha yüksek olan jeotekstil malzeme ile kaplanabilir.
- Sistemde önerilen sızdırma süresinden fazla kalabilecek veya sistemden taşmalara sebep olabilecek suyu tahliye etmek için drenaj borusu uygulanabilir. Drenaj borusu yağmur suyu hattına bağlanabilir.
- Sistem içerisinde birikecek sediment ve atıkların temizlenebilmesi için yapım aşamasında muayene bacası kurulmalıdır.

4.2.10.7 Bakım

Çatı hasadı kapsamında yapılan uygulamalarda kullanılan kaba filtreler ve filtreleme sistemleri yılda en az 1 defa yağışlı dönem öncesi kontrol edilerek, gerekli görülmesi durumunda temizlenmeli veya değiştirilmelidir.

Modüler geciktirme sistemleri kendilerine ait gözlem ve servis bacaları içermektedirler. Bu sayede bakım ve onarımları gerçekleştirilebilir. Jeomembran yüzeyinde ince taneli sediment birikmiş olabileceğinden, yağışlı dönem sonunda temizlenmesi ya da değiştirilmesi gerekebilir.

Sistem içerisinde birikecek sediment ve atıkların temizlenebilmesi için belirli aralıklarla basınçlı su ve vidanjör yardımıyla temizlenmesi gerekmektedir. Depolanan sudaki oksijen, toplanan yağmur suyunun yüksek kalitede kalmasını sağlar. Oksijenin tükenmesi anaerobik koşullara yol açabilir. Anaerobik koşullar, su kalitesini düşürür ve rahatsız edici bir koku oluşturur. Bu durumu önlemek için özel tasarlanmış filtreler kullanılabilir.

"**Küresel iklim değişikliğinin** etkisi olan taşkın ve kuraklığa **doğa esaslı altyapı teknikleriyle** çözümler üretiyoruz."

“Sünger yeşil alanlar, sünger şehir tekniklerinin bir arada uygulanması ile su ve doğa odaklı geliştirilen tasarımlardır.”

4.2.11 Sünger
Yeşil Alanlar

4.2.11.1 **Genel** Tanım

Her türlü yeşil alandan oluşabilecek geniş bir yelpazede, mahalle ve kent parklarından ağaçlandırılmış alanlara, piknik alanlarından mezarlıklara kadar, şehirlerin önemli dokusunu oluşturan yeşil alanlar, kent planlamasında kilit bir rol oynar.

Yeşil altyapı sisteminin temel taşlarından biri olan parklar, sadece rekreasyon alanları olarak değil, aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadelede etkin bir rol oynar. Ağaçlandırılmış parklar, çeşitli afet durumlarına karşı şehirleri dirençli hale getirir. Bu yeşil altyapı sistemi, kent içindeki çeşitli bölgeleri, yeşil rezerv alanları birbirine bağlayarak ekolojik bağlantılar sağlamayı hedefler.

Parklar, şehir yaşamının getirdiği psikolojik baskıları hafifleten ve rekreasyonel imkanlar sunan önemli mekanlardır. Farklı kültürlerden ve sosyo-ekonomik sınıflardan insanları bir araya getirerek doğayla bütünleşmelerini sağlarlar. Ekolojik bakımdan parklar, çeşitli önemli işlevlere sahiptir. Bu işlevler arasında biyolojik çeşitliliğin korunması, doğal ekosistemlerin dengesinin sürdürülmesi ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi bulunmaktadır. Doğru tasarlandığında parklar, aynı zamanda yaban hayatı için uygun barınaklar oluşturabilirler. Günümüzde giderek geçirimsizleşen kent ortamında, parklar tüm canlılar için nefes alınabilir mekanlar olarak öne çıkar.

Bu bölümde taşkın parkları, sünger parklar, sünger refüjler ve sünger kavşaklar başlıkları altında suya duyarlı yeşil alan anlayışı ile bu yeşil alanların nasıl ele alınabileceği anlatılmaktadır.

"Sünger yeşil alanlar, yağmur suyunun akışını dikkate alarak mekânsal planlamayı gerektirir. Sünger yeşil alan konsepti ile bir park fonksiyonlarını devam ettirirken, aynı zamanda kullanım oranının düştüğü yağışlı günlerde yağmur suyu yönetimine katkı sağlar."

4.2.11.2 **Temel** Bilgiler

Görsel 135. Yağış Anında Taşkın Parkı

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [x] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Zemin koşullarının uygunluğu dikkate alınmalıdır.
- Yakın çevredeki yapılaşma yoğunluğu değerlendirilmelidir.
- Arazi plastiği yakın çevredeki yüzey akış sularını toplayabilir yapıda olmalı veya minimum müdahale ile bu şartı sağlayabilmelidir.
- Toplanan suların belli bir süre içerisinde sızdırılması / yönlendirilmesi gerekir.

Faydaları

- Sel riskini azaltır.
- Yeni planlanan yerleşimlerde altyapıya entegre edilmesi ile, yüzey akış miktarını ve pik debiyi düşürür, yatırım maliyetini azaltır.
- Habitatı zenginleştirir, biyolojik çeşitliliği arttırır.
- Esnek tasarım fırsatları sunar. Meydan, oyun alanı, yeşil alan vb. pek çok farklı tasarım öğesi için uygulanabilir.

Kısıtlamalar

- Geniş alanlara ihtiyaç duyulur.
- Topoğrafya her yerde uygun olmayabilir.
- Yapılı çevrede uygun kamusal açık alan bulunamayabilir.
- Yoğun yapılaşmanın olduğu alanlarda geçirimli zemin koşullarına dikkat edilmesi gerekir.

Taşkın parkları, kentsel alanlarda meydana gelen ani su baskınlarını kontrol altına alarak hem su yönetimini hem de rekreasyonel ihtiyaçları bir araya getirir. Bu alanlar, yağmur sularını emebilen, depolayabilen ve kontrol edebilen özel tasarlanmış yüzeylerle donatılarak taşkın riskini minimize eder. Aynı zamanda, kentliye etkileşimli ve doğayla uyumlu açık alanlar sunar.

Taşkın parklarının sünger parklardan en belirgin farkı, doğal topoğrafyası ile ya da yapılacak kazı dolgu müdahaleleri ile çevredeki yüzey akış sularını toplayabilecek nitelikte planlanmalarıdır. Bu parklar, çevredeki geçirimsiz yüzeylerden (yollar, çatılar vb.) gelen suları kendi içerisine hapsederek yoğun yağış anlarında baskınları kontrol altına almaya yardımcı olur.

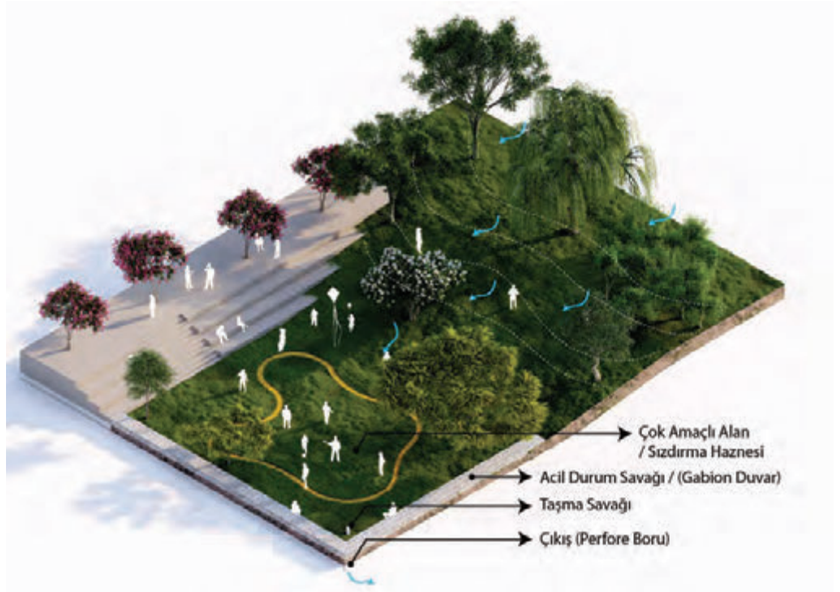
Bu alanlar dere kaynaklı taşkın yaşayabileceği gibi, topoğrafik nedenlerle yüzey akış suları ile de su baskınlarına maruz kalabilir. Bunu belirlemek için kentsel adaların ve su yollarının taşkın yayılım analizi yapılarak (Q25, Q50, Q100, Q500) su derinlikleri ve su yayılım alanları tespit edilebilir (Görsel 136). Yapılan analiz neticesinde su basabilir açık kamusal alanlar belirlenebilir.

Görsel 136. Bayraklı Q500 Su Derinliği Haritası (103)

Taşkın parkı alanı seçerken depolanacak alanının yeraltı suyundan etkilenmemesi ve depolama kapasitesini azaltmamak için, yeraltı suyunun yüksek olduğu bölgelerden kaçınılmalıdır. Bu nedenle yer seçimi aşamasında jeoteknik saha çalışmaları yapılmalıdır. Zemin yapısı, hidrolik eğim, toprak yapısı, toprak geçirgenliği tespit edilip proje türüne göre değerlendirilmelidir.

Taşkın parkının vejetasyon yapısı yer seçimini doğrudan etkilemektedir. Önerilen proje alanında mevcut bitki envanteri çıkarıldıktan sonra, tespit edilen türlerin su birikimine maruz kalmaya esnek olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Taşkın yayılım analizi ve boyutlandırma aşamasından sonra, seçilen açık kamusal alanın farklı su yüksekliklerinde hizmet verebileceği bir tasarım senaryosu düşünülmelidir (Görsel 137). Taşkın parkları sonsuz varyasyon ile tasarlanabileceğinden, tipik tasarım detayını tarifleyebilmek mümkün değildir.



Görsel 137. Çok Amaçlı Bir Taşkın Parkı

Taşkın parkı oluştururken göz önünde bulundurulabilecek kriterler şu şekilde sıralanabilir:

- Taşkın parkında toplanan suların sızdırılması/yönlendirilmesi için maksimum süre, projenin uygulandığı bölgenin yağış tekerrürüne göre belirlenmelidir. Sızma süresi, çevresel sağlık açısından sıkıntı olmaması için 72 saati aşmamalıdır.

- Taşkın parklarının tasarımı, bir su baskını olayından sonra depolanan suyun nispeten hızlı bir şekilde kentsel su yoluna ya da altyapıya geri aktarmasına izin verebilir. Depolama kapasitesinin aşılma durumu senaryoları oluşturulmalı, güvenli taşma için acil durum savağı tasarlanmalıdır (Görsel 137).

- Bir taşkın parkı tamamen bitkisel zeminden oluşabileceği gibi, geçirimsiz/sert zemin (kaplama) uygulamaları ile de oluşturulabilir. Genellikle çok işlevli alanlar olarak tasarlanırlar. Rekreatif amaçlı spor alanları, meydan tasarımları ve parklar bir taşkın parkının bileşenleri olabilir.

- Bir taşkın parkında su girişi mümkünse şev ya da kademeli arazi üzerinden sızdırma haznesine girmeli ve bir perfore deşarj kanalı/borusu ile deşarj edilmelidir. Perfore borunun tıkanmasını önlemek için jeotekstil ürünleri kullanılarak filtreleme yapılabilir. Su seviyesini sabit tutabilmek ve güvenlik önemi alabilmek için bir taşma savağı yapılmalıdır. Çıkış alanının tasarımına ve akış kontrolüne özel önlem verilmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda çıkış bölümüne ilave hazne yaratılarak su bu ilave kademe alanına deşarj edilebilir.

- Giriş kontrol yapısının önüne aşınmayı ve erozyonu engelleyici yapısal çözüm önerileri geliştirilmelidir. Doğal materyaller (taş, kaya, ağaç kütükleri vb.) kullanılarak perfore deşarj borusunun önüne set oluşturulmalıdır.

- Peyzaj tasarımı ve bitkilendirme sırasında, yerel bitki türleri dikkate alınarak seçilmelidir. Mümkün olduğunca mevcut bitkiler korunmalı ve tasarıma dahil edilmelidir. İstilacı egzotik bitki türlerinden kaçınılmalıdır.

- Taşkın parkları geçici süreli suya maruz kalacağından, su birikintisinden zarar görmeyecek bitki türleri seçilmelidir.

- Mevcut zeminin sızma hızı tespit edildikten ve planlama kriterlerinde verilen koşulları sağladıktan sonra, gerekmedikçe ilave başka bir bölgeden toprak ihracı yapılmamalıdır.

- Biyolojik çeşitliliği artırıcı, polinatör çekici bitki türlerine öncelik verilmelidir.

Taşkın parkları sızdırmayı artırıcı ve destekleyici farklı doğa esaslı çözümler ile uygulanabilir. Taşkın parklarına, yağmur hendekleri, taşkın kuyuları, modüler sızdırma ve geciktirme sistemleri entegre edilerek performansı artırılabilir.

SüngerKent İzmir Projesi kapsamında Buca Bahçekapı Parkı'nda hayata geçirilen ve Türkiye'de bir ilk olan Taşkın Parkı Projesi, pilot uygulamalar bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır (Görsel 138).

Görsel 138. Buca Bahçekapı Taşkın Parkı

4.2.11.3 **Sünger** Parklar

Görsel 139. Buca Sünger Park

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [x] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Arazi koşullarının uygun olduğu durumlarda çevresindeki yollardan düşük kotta tasarlanmalıdır.
- Kaldırımlar yüzey akışlarını engelleyici değil, parklara yönlendirici şekilde planlanmalıdır.
- Toplama havzasının su potansiyeli dikkate alınarak boyutlandırılmalıdır.
- Seçilen sünger kent uygulama tekniklerine uygun zemin koşulları olmalıdır.
- Zemin sızma testlerine göre drenajlı/drenajsız sistem seçilmelidir.
- Toplanan sular belli bir süre içerisinde sızdırılmalı / yönlendirilmelidir.

Faydaları

- Sel riskini azaltır.
- Yeni planlanan yerleşimlerde altyapıya entegre edilmesi ile, yüzey akış miktarını ve pik debiyi düşürür, yatırım maliyetini azaltır.
- Habitatı zenginleştirir, biyolojik çeşitliliği artırır.
- Kent peyzajını zenginleştirir.
- Kentsel ısı ada etkisini azaltır.

Kısıtlamalar

- Sediment taşınımı nedeniyle tıkanabilmektedir.
- Bakım gerektirmektedir.
- Mevsimsel yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerde tercih edilmemelidir.
- Eğimin fazla olduğu yerler için uygun değildir.

Parklar; insanların doğa ile ilişki kurabildiği, sosyalleşebildiği, rekreatif faaliyetlerini gerçekleştirebildiği, dinlendiği ve nefes alabildiği özel alanlardır. İzmir metropolünde tıpkı insanlar gibi yağmur sularının da buluşabileceği alanlar parklardır.

İzmir kentinin morfolojik analizi, kentsel açık alanların genellikle düzensiz yapılaşma sonucunda ortaya çıkan organik formda mekanlar olduğunu göstermektedir. Özellikle yoğun yapılaşmanın hakim olduğu bölgelerde, küçük bir park alanı benzersiz fırsatlar sunabilmektedir.

İzmir Büyükşehir Belediyesi halihazırda kent çeperinde bulunun kırsal ve doğal alanların korunmasını sağlayabilme ve doğal özelliklerinin ön plana çıkarmak için "Yaşayan Parklar" projesini yürütmektedir. İnsanların bu alanları sahiplenmesi ile koruma-kullanma dengesi oluşturulmakta ve yeşil alanları ön plana çıkarmaktadır.

Sünger parklar, kentsel alanlarda doğal yeşil dokunun korunması ve genişletilmesi amacıyla tasarlanmış benzersiz mekanlardır. Bu parklar, yağmur suyunun toprakla etkileşime girmesine ve yeraltı su kaynaklarına doğrudan katkı sağlamasına olanak tanıyan su geçirgen yüzeylerle donatılmıştır. Aynı zamanda, çeşitli bitki örtüsü ve ekosistemler, şehir sakinlerine dinlendirici ve huzurlu bir çevre sunmaktadır.

'Sünger Park' konsepti kent içerisinde yer alan tüm parklarda geçirimli zemin kaplamaları, yağmur hendekleri, yağmur bahçesi, yağmur suyu hasadı sistemleri, sızdırmalı sarnıç sistemi, yapay sulak alan gibi pek çok farklı tekniği bir arada uygulamayı gerektirmektedir. Suya duyarlı park anlayışı ile her bir parkın su potansiyeli tespit edilebilir, çevresindeki akış sularını toplayabilen ve yöneten mavi-yeşil altyapının en önemli bileşeni haline gelebilir.

SüngerKent İzmir Projesi kapsamında Buca ilçesi Atatürk Mahallesi'nde hayata geçirilen ve Türkiye'de bir ilk olan Sünger Park Projesi, pilot uygulamalar bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır (Görsel 140).

Görsel 140. Buca Sünger Park

4.2.11.4 **Sünger** Refüj ve Kavşaklar

Görsel 141. Sünger Refüj Uygulaması

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [x] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [x] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [ ] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [x] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Yol kotunun altında planlanır.
- Çevresindeki geçirimsiz yüzeylerden suyu toplayabilen sistemler geliştirilir.
- Su toplama havzası belirlenir, tasarım yağışı kullanılarak yüzeysel akış debisi hesaplanır.
- Yağmur suyunun alana gireceği ve fazla suyun drene edileceği bölgeler belirlenir. Gerekirse yağış esnasında suyun davranışını görmek amacıyla gözlem yapılmalıdır.

Faydaları

- Yollar üzerinden ekolojik koridor oluşturur.
- Kentsel açık alan sınıflandırmasında pasif alan olarak nitelendirilen alanların, yeşil altyapı sisteminin birer parçasına dönüştürme imkânı sağlar.
- Kent peyzajını destekler.

Kısıtlamalar

- Yaya aksları sünger refüjleri parçalayabilir. Bu nedenle geçişlerin tasarıma dahil edilmesi gerekir.
- Topoğrafya ya da yapılı çevre bir sünger refüj için her zaman uygun olmayabilir.
- Yaya güvenliği öncelikli olduğundan, sünger refüj her zaman uygulanamayabilir.

Sünger Kent konsepti, şehir altyapısını su odaklı iyileştirmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Şehrimizde refüjler ve kavşaklar, genellikle geçirimsiz yüzeyler ile çevrili olan ve içerisine yüzeysel akış sularını alamayan yeşil alanlardır. Bu alanların yağmur sularını yakalamasına, depolamasına ve toprağa nüfuz etmesine olanak tanıyan yaklaşımlar, sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi için oldukça önemlidir.

Kent içindeki kamusal alanlar, özellikle refüj ve kavşak gibi noktalar, yeşil altyapı tekniklerinin uygulanması için bir fırsat sunar. Bu alanlarda sızdırma hendekleri, çim hendekler, yağmur bahçeleri gibi farklı teknikler uygulanabilir. Bu teknikler ise geçirimsiz yüzeylerden gelen yağmur sularını toplama, depolama, geciktirme, sızdırma ve filtreleme gibi farklı amaçlarla kullanılabilir.

Sünger kent yaklaşımı, doğal yaşam alanlarını birbirine bağlar, yeşil ağ sistemi oluşturur ve ekosistem hizmetlerini destekler. Yol koridorları, bu yeşil ağ sistemlerinin bir parçası olarak düşünülebilir. Bu geçirimsiz alanlarda su düştüğü yerde toplanarak yağmur suyu yönetilebilir. Bu yaklaşım, şehir içinde biyoçeşitliliği artırabilir, habitatı zenginleştirebilir ve karbon emilimini artırarak şehir ekosistemini güçlendirebilir.

Yol kotunun altında inşa edilecek refüjler ve kavşaklar, sünger kent konseptini desteklemek adına yapılabilecek ilk adımdır. Ancak pratikte bu öneri her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda, yeşil alanların yol kotunun altında olamadığı durumlarda kesik bordür gibi tekniklerden yararlanılabilir. Bu teknikler, yağmur suyunun emilmesini ve sızmasını kolaylaştırarak suyun doğal olarak toprak altına nüfuz etmesine olanak tanır.

Sünger kent konseptinde, geçirimsiz yolların doğaya zarar veren etkileri minimize edilmeye çalışılır. Yol koridorları oluşturarak suların toplandığı, temizlendiği ve tutulduğu alanlar planlanabilir. Bu yöntem, sellere ve su baskınlarına karşı etkili bir çözüm sunarken, aynı zamanda yeşil ağ sistemlerinin oluşturulmasına olanak tanır. Sünger yeşil alanlar, şehir planlamasında doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir bir yaşam ortamının oluşturulmasına yardımcı olur. Bu yaklaşım, estetik değeri yüksek, çevresel etkileri azaltmış ve toplumun yaşam kalitesini arttırmış yeşil alanlar yaratmayı hedefler. Bu alt hedefler, sünger yeşil alanların farklı yönlerini vurgular ve bu benzersiz yaklaşımın şehirlerde nasıl bir dönüşüm yaratabileceğini anlamamıza yardımcı olur.

SU DÖNGÜSÜ İLE YEŞİL DÖNÜŞÜM

YAĞMUR TOPLAYAN ŞEHİR

YAĞMUR SUYU HASADI yaparak taşkın ve kuraklıkla mücadele ediyoruz.

“Kentimizi **su döngüsü** ile büyük bir **yeşil dönüşüme hazırlıyor**, yağmur suyu yönetim uygulamalarına **yeni bir bakış açısı** getiriyoruz.”

"Yaşayan dereler, doğal özelliklerini geri kazanmış derelerin oluşturduğu mavi-yeşil koridorlardır."

4.3 **Yaşayan** Dereler

4.3.1 **Genel** Tanım

Şehirleşme, doğal kaynakların tahrip edilmesi ve insan-doğa ilişkisinin kopması gibi birçok soruna yol açmaktadır. Bu sorunlardan biri de dereler üzerindeki olumsuz etkileridir. Şehirleşmeyle birlikte dereler, doğal kıvrımlarını kaybederek beton kanallara dönüşmüştür. Bu değişim, derelerin doğal ekosistemlerini tahrip etmekte ve insan-su ilişkisini koparmaktadır.

İzmir'de derelerin beton kanallara dönüştürülmesi, kentin doğal mirasına büyük zarar vermiştir. İzmir'in Akdeniz yağış rejimi altındaki dereleri, yaz aylarında kuruyan dere yataklarına dönüşmektedir. Betonla kaplı kanallar, suyun kaybolmasıyla birlikte kentin âtıl alanları haline gelmektedir.

Dünya genelinde birçok şehir, su sistemlerini doğallaştırarak ekolojik restorasyonu sağlamak amacıyla çalışmalar yürütmektedir. SüngerKent İzmir Projesi kapsamında "Yaşayan Dereler Projesi" başlatılmıştır.

Yaşayan Dereler Projesi, derelerin kaynağından denize döküldüğü yere kadar tüm dere sistemini bütüncül ele alması ile bir özgünlük taşımaktadır. Aynı zamanda Yaşayan Dereler Projesi, yeşil altyapı tekniklerini klasik drenaj sistemlerine entegre etmeyi hedefleyerek, İzmir'in mevcut altyapısına uygun özgün çözümler sunmaktadır.
Proje kapsamında; dereler yeniden doğal özelliklerine kavuşturulacak, üzerinde yeşil bir koridor oluşturulacak, suyun doğal akışı sağlanacak ve dere kenarlarında rekreasyon alanları oluşturulacaktır. Yaşayan dereler İzmir'in temiz körfez hedefine yaklaşmasını da sağlayacaktır.

Proje, dereleri membasından mansabına kadar bütüncül olarak ele alması ile özgünleşmektedir.

"**Yaşayan dereler**, doğal su sistemlerini koruyarak **çevresel sürdürülebilirliği** artırmayı hedefler."

4.3.2 **Temel** Bilgiler

Görsel 142. Yaşayan Dere: Bornova Çayı

Uygulama Ölçeği

- [ ] Yapı (Konut, işyeri vb.)
- [ ] Kamusal Açık Alan (Park, Meydan vb.)
- [ ] Cadde ve Sokak
- [ ] Tarım Alanı
- [x] Su Sistemi

Uygulama Amacı

- [x] Sızma
- [x] Tutma
- [ ] Depolama
- [x] Filtreleme
- [ ] Toplanan Sudan Yararlanma
- [x] Drenaj

Kirlilik Giderimi

- [x] Askıda Katı Madde Giderimi
- [x] Toplam Azot ve Fosfor Giderimi
- [x] Ağır Metal Giderimi
- [x] Patojen Giderimi

Planlama Kriterleri

- Beton kanallar yerine doğal çözümler üretilmelidir.
- 3 boyutlu (boyuna, enine ve dikey) akış bağlantısı sağlanmalıdır.
- Bitkisel arıtmayı sağlayabilecek peyzaj alanları ile bağlantısı kurulmalı ve bu sayede suyun geçici süreli ön arıtmaya maruz bırakılmasını sağlanmalıdır.

Faydaları

- Kentsel su yollarını yeniden çekim merkezine getirir.
- Yaşayan derelerin sağladığı koridorlar, ekolojik ağın temelini oluşturarak çeşitli canlıların yaşam alanlarını birbirine bağlar.
- Habitatı zenginleştirir, biyolojik çeşitliliği artırır.
- Kent peyzajını zenginleştirir.
- Kentsel ısı ada etkisini azaltır.
- Dere kesitlerinde geçirimlilik sağlayarak, akışa geçen suların yeraltına sızmalarına izin verir.

Kısıtlamalar

- Doğallaştırmak için dere kesitinin genişletilmesine ihtiyaç duyulabilmektedir.
- Dere kıyılarına dek uzanan yapılaşmalar uygulamayı zorlaştırmakta ve kamulaştırma maliyetini arttırmaktadır.
- Islahı betonarme ile tamamlanmış mevcut derelerde uygulanması zordur.

İzmir metropol alanı içerisinde körfeze boşalan toplamda 15 dere bulunmaktadır. Mevcutta bu dere yatakları beton kanallar ile ıslah edilmiş, şehir ve kentliden izole bir durumdadır. Bunun yanı sıra bu dereler yoluyla taşınan sediment ve çeşitli kirleticiler hem körfezde kirliliğe sebep olmakta hem de dere yatakları ve etrafındaki alanlarda görüntü kirliliğine neden olmaktadır.

Metropol alanda yer alan ve iç körfeze dökülen dereler; Alionbaşı Deresi, Ilıca Deresi (Balçova), Mollakuyu Deresi, Hacıahmet Deresi, Poligon Deresi, Meles Çayı, Manda Çayı, Eski Gediz Deresi, AOSB Deresi, Maltepe Deresi, Peynircioğlu Deresi, Bostanlı Deresi, Ilıca Deresi, Sepetçi Deresi ve Bornova Çayı'dır (Görsel 143).

Görsel 143. İzmir İli ve Dereler Sistemi

İzmir'in metropol alanındaki bu 15 dere sistemi, şehir ekosistemi için önemli bir rol oynamaktadır. Bu dereler, çeşitli ekosistemleri besleyen ve sulayan doğal su kaynaklarıdır. Bu nedenle, bu derelerin ekolojik sağlığını korumak ve sürdürülebilir bir şekilde yönetmek, İzmir'in genel yaşam kalitesini ve çevresel sürdürülebilirliğini artırmaya katkı sağlayacak ve İzmir'in yaşayan dereler stratejilerini destekleyecektir.

SüngerKent İzmir Projesi kapsamında, "Yaşayan Dereler" yaklaşımıyla geliştirilen "Bornova Çayı Dere Ekspres Projesi" pilot uygulamalar bölümünde detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

5. İZMİR'DE UYGULANAN VE PLANLANAN PİLOT PROJELER

5.1 5.000 Depo ve 10.000 Yağmur Bahçesi Kampanyası

5.1.1 5.000 Binaya
5.000 Yağmur Suyu Deposu Kampanyası

Değişen iklim koşulları, nüfus artışı, kuraklık ve kirlilik kentleri daha hassas hale getirmekte ve temiz su varlığına erişim önem kazanmaktadır. Yağmur suyu hasadı, kentlerin geleceğinde hayati bir rol oynayacaktır.

İzmir kenti Türkiye'de su stresi, su kıtlığı açısından son derece riskli kentlerin başında gelmektedir. Ayrıca yağmur suyu sisteminin birleşik olması nedeni ile de su baskınları, seller gibi iklim değişikliğinin olumsuz yönlerinden en fazla etkilenen kentler arasındadır.

Şehrimizde yağmur suyu iniş boruları genellikle doğrudan kanalizasyon sistemine bağlanmakta ve yoğun taşkın anlarında kanalizasyon sistemi üzerinde ekstra bir yük oluşturmaktadır. Bu temiz suyun depolanarak ihtiyaç halinde kullanılması, kentin su kaynaklarına olan bağımlılığını azaltacak ve iklim değişikliğine karşı daha dirençli bir yapı oluşturacaktır. Bu doğrultuda, İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından başlatılan teşvik programı kapsamında 5000 binaya 5000 yağmur suyu hasadı deposu hibe edilmektedir. Bu depoların bahçe sulama, oto yıkama veya bina temizliği gibi amaçlarla kullanılması hedeflenmektedir. Bu uygulama, kentte yağmur suyu hasadının yaygınlaşması ve sürdürülebilir bir kültürün oluşturulması için önemli bir adımdır.

26 Aralık 2022 tarihinde Tarihi Havagazı Fabrikası'nda, İzmir Büyükşehir Belediye Başkanı Tunç Soyer tarafından Sünger Kent projesinin lansmanı gerçekleştirilmiştir. Lansmanda, 5.000 binaya 5.000 yağmur suyu deposu ve 10.000 yağmur bahçesi teşvik sistemi ile birlikte başvuruların başladığı, bu bilgilerin Sünger Kent web adresi üzerinden kamuoyu ile paylaşıldığı duyurulmuştur.

SüngerKent İzmir Projesi lansmanından sonra, Sünger Kent web adresimiz ve başvuru linkleri üzerinden 5000 binaya 5000 yağmur suyu projesi kapsamında başvuru yapan vatandaşlarımızın teknik incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Teknik incelemeler sonucunda uygun bulunan vatandaşlarımıza ilçe bazlı aramalar yapılmış ve durumları hakkında bilgilendirmeler yapılmıştır. Bilgilendirme sürecinin ardından vatandaşlarımız, İklim Değişikliği ve Temizlik Şube Müdürlüğü'ne giderek taahhütname imzalamak ve ücret ödemektedir. İmza ve ödeme işlemleri tamamlanan vatandaşlarımız, depo dağıtım sırasına alınıp, İklim Değişikliği ve Temiz Şube Müdürlüğü tarafından depo dağıtımları gerçekleştirilmektedir.

5.1.2 10.000 Yağmur Bahçesi Kampanyası

10.000 Yağmur Bahçesi Projesi, SüngerKent İzmir Projesi'nin bir parçası olarak hayata geçirilmiştir. Bu proje, konutların, işyerlerinin, okulların yanı sıra İzmir'de faaliyet gösteren çeşitli kurum ve kuruluşların da başvurabileceği bir hibe programını içermektedir. Yağmur bahçesi, özellikle binaların çatılarından gelen yağmur sularını toplayan, filtreleyen ve yeraltına sızdıran bir yağmur suyu yönetim uygulamasıdır.

Yağmur bahçeleri, kirlenmiş yüzey akış sularını toplayabilir, filtreleyebilir ve depolayabilir. Toplu olarak uygulanan yağmur bahçeleri, su sistemlerine ve körfeze akan kirli su miktarını azaltarak su sistemlerinin su kalitesini artırabilirler. Ayrıca, yollar üzerindeki suların kirlenip boşa akmasını engelleyerek, doğa esaslı yöntemlerle akış sularını temizleyip yeraltına kazandırabilirler. İzmir'de bu kültürün geliştirilmesine katkıda bulunmak amacıyla, İzmir Büyükşehir Belediyesi 10.000 Yağmur Bahçesi Projesi'ni başlatmış ve bu kapsamda yağmur bahçesi bitkileri hibe etmektedir. 10.000 Yağmur Bahçesi Projesi'nin birinci hedefi, yağmur suyu kalitesini artırmanın önemine vurgu yapmak ve yağmur bahçelerinin nerede ve nasıl entegre edilebileceği konularına odaklanmaktadır.

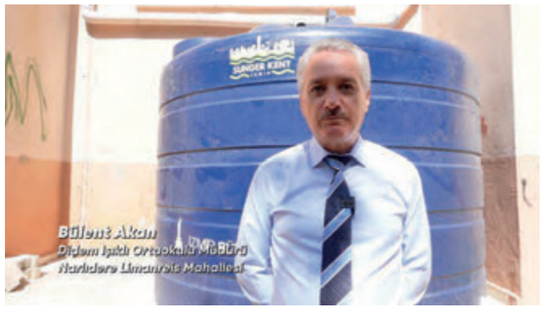
Yağmur bahçeleri için başvurular, başvuru sistemi üzerinden alınmış ve uygunluğu onaylanan başvuruların teknik incelemeleri tamamlanmıştır. Bu incelemelerin ardından, uygun bulunan başvurulara ait yağmur bahçelerinin hayata geçirilmesine başlanacaktır.

Yağmur bahçeleri için başvurular aynı şekilde alınmaya devam etmekte ve teknik incelemeler sonrası uygun bulunan başvuruların yağmur bahçeleri oluşturulmaya başlanacaktır.

Görsel 144. 26 Aralık 2022 SüngerKent İzmir Lansmanı

Görsel 145. İzmir Yağmur Suyu Hasadı

Görsel 146. 5000 Binaya 5000 Depo Projesi Kapsamında Dağıtıma Hazır Yağmur Depoları



5.1.3 Yağmur Deposu ve Bahçesi Uygulamaları

5000 yağmur deposu ve 10.000 yağmur bahçesini teşvik etmek amacıyla İzmir metropolünde yağmur depoları ve yağmur bahçelerine ilişkin bazı pilot projeler uygulanmıştır.

Çamkıran Sitesi Yağmur Suyu Hasadı

Çamkıran Sitesi Yağmur Suyu Hasadı projesi kapsamında, Bayraklı ilçesi Manavkuyu Mahallesinde yer alan Çamkıran Sitesi'nde 300 m²'lik bina çatısına düşen yağmur sularının hasat edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda iki adet 3 tonluk depo kullanılmış olup, yıllık 150 tonluk yağmur suyunun hasat edilmesi beklenmektedir (Görsel 147).

Görsel 147. Çamkıran Sitesi Yağmur Suyu Depoları

Gaziemir İtfaiye Yağmur Suyu Hasadı

SüngerKent İzmir Projesi kapsamında Gaziemir İtfaiye grubuna ait alanda bulunan 240 m² çatı alanı olan araç parkında ve 200 m² çatı alanı olan idari binada yağmur suyu hasadı yağmur suyu hasadı projesi gerçekleştirilmiştir. Araç park alanı çatısında hasat edilen yağmur suyu, proje alanındaki mevcut havuzda depolanmaktadır. İdari binanın çatısına düşen yağmur suları ise, 5 tonluk polietilen yağmur suyu deposu aracılığıyla toplanmakta, ardından filtreleme sistemine aktarılmaktadır (Görsel 148). Gaziemir İtfaiye Yağmur Suyu Deposu filtrasyon yapabilen 2 adet filtreleme ünitesinden ve 1 adet paket hidrofordan oluşmaktadır. Filtreleme sisteminden geçen su, idari binada el yüz yıkama, duş, temizlik gibi amaçlarla kullanma suyu olarak kullanılmak üzere şebeke sistemine iletilmektedir. Projede yıllık olarak yaklaşık 250 ton yağmur suyu hasat edilmesi hedeflenmiştir.

Görsel 148. Gaziemir İtfaiye Yağmur Suyu Deposu

İYTE Yağmur Suyu Hasadı

Urla'da bulunan İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde yağmur suyu hasadı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Birbirine entegre olarak yerleştirilen 2 adet 3 tonluk polietilen depo, 235 m²'lik çatıya düşen yağmur sularını hasat etmektedir (Görsel 149). Projede yıllık potansiyel yağmur suyu miktarı yaklaşık 118 m³'tür. Aşırı şiddetli yağışlarda depolardan taşan sular, uygulaması gerçekleştirilen yağmur bahçesine yönlendirilmiştir. Hasat edilen yağmur suları, depolara bağlanmış olan hidroforun da yardımıyla, bahçe sulamada kullanılmaktadır.

Görsel 149. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Yağmur Suyu Depoları

Fakülte bahçesinde aynı zamanda 12 m^2 bir alanda yağmur bahçesi uygulaması yapılmıştır. Toplam çatı alanın 73 m^2'lik kısmına düşen 2 yıl 24 saat yağış verisine göre planlanan yağmur bahçesi ve sızdırma hendeği uygulaması ile 4,45 m^3 suyu depolayarak yeraltına sızdırmaktadır (Görsel 150).

Görsel 150. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sızdırma Hendeği Çalışması

İzmir Türk Koleji Yağmur Suyu Hasadı

Proje kapsamında Bornova ilçesinde yer alan İzmir Türk Koleji'ne ait spor tesisi binasının çatısına düşen yağmur sularının hasat edilmesi amaçlanmıştır. 220 m^2'lik çatı alanından gelen yağmur suları 3 tonluk polietilen depo ile toplanmaktadır. Depo kapasitesinden fazla gelen yağışlar, yağmur bahçesine yönlendirilmiştir. Projede yıllık 110 tonluk yağmur suyu potansiyeli mevcuttur.

Görsel 151. İzmir Türk Koleji Yağmur Suyu Deposu

Okul bahçesinde aynı zamanda 12 m^2 bir alanda yağmur bahçesi uygulaması yapılmıştır. Toplam çatı alanın 225 m^2'lik kısmına düşen, 2 yıl 24 saatlik yağış verisine göre planlanan yağmur bahçesi uygulaması ile 12,35 m^3 suyu depolayarak yeraltına sızdırmaktadır.

Görsel 152. İzmir Türk Koleji Yağmur Bahçesi Çalışması 2

Ödemiş Belediyesi Nikah Salonu Yağmur Bahçesi Projesi

Nikah salonu bahçesinde uygulanan bu çalışma 36 m^2 bir alanı kapsamaktadır. Toplam çatı alanın 215 m^2'lik kısmına düşen 2 yıl 24 saatlik yağış verisine göre iki parça şeklinde planlanan yağmur bahçesi uygulaması ile 11,8 m^3 suyu depolayarak yeraltına sızdırmaktadır (Görsel 153).

Görsel 153. Ödemiş Belediyesi Nikah Salonu Yağmur Bahçesi Çalışması

Sünger Köy Projesi

Sarpıncık Köyü sakinleri yağmur suyu hasadı yapmak amacıyla SüngerKent İzmir projesine başvurmuşlardır. Sahada yapılan tespitler sonucu, köydeki evlerin bahçeli olması yağmur suyu depolarının kullanımına olanak sağlamıştır. Bu nedenler, çatıları yeterli büyüklüğe sahip olan 35 adet eve yağmur depoları (34 adet 1 ton ve 1 adet 3 ton) verilmiştir.

Aynı zamanda, yağmur suyu hasadına yönelik, köydeki hanelerin duvarlarına işlenen su ile insan ilişkilerinin yansıtıldığı sanatsal figürler su kaynaklarının korunması farkındalığı çalışması yapılmıştır.

Bu proje; doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve insanların çevreleriyle daha uyumlu bir şekilde yaşamalarını teşvik etmektedir. Yapılan çalışmalar sonrası, kurak yaz aylarında su sıkıntısı çeken Sarpıncık Köyü'nde yağmur depolarının su tüketimine etkisi izlenerek değerlendirilecektir.

Görsel 154. Sünger Köy Sarpıncık

Buca Elegantpark Sitesi Yağmur Bahçesi Projesi

Buca'da yer alan bir apartmanda uygulanan bu çalışma 9 m^2 bir alanı kapsamaktadır. Toplam çatı alanın 65 m^2'lik kısmına düşen 2 yıl 24 saat yağış verisine göre planlanan yağmur bahçesi uygulaması ile 3,56 m^3 suyu depolayarak yeraltına sızdırmaktadır (Görsel 155).

Görsel 155. Elegantpark Sitesi Yağmur Bahçesi Çalışması

Işıkkent Mezarlığı Yeşil Dönüşüm Projesi

Işıkkent Mezarlığı'nda, parke kaplı yürüyüş yolları üzerinde biriken yağmur sularının, geleneksel ızgaralar aracılığıyla kanalizasyon sistemine aktarılması ve hayrat çeşmelerinden akan temiz suyun da aynı sistemle tahliye edilmesi, çevrede taşkın sorunlarına yol açmaktaydı. Bu durum, su kaynaklarının verimsiz kullanımına ve çevresel sorunlara neden olmaktaydı.

Geliştirilen proje ile, boşa harcanan yüzey akış suları ve çeşme suları artık bir depoda toplanmakta, arıtılmakta ve sulama sisteminde kullanılmaktadır. Bu yaklaşım ile Işıkkent Mezarlığı'nda yılda 9,579 m^3 su tasarruf edilmesini hedeflemektedir.

Işıkkent Mezarlığı'ndaki sürdürülebilir tasarım yaklaşımı, sadece enerji odaklı bir perspektifi değil, aynı zamanda su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi konusundaki çaba ile de önem kazanmaktadır. Bu proje, su kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesini sağlayarak, sadece çevresel sürdürülebilirliği değil, aynı zamanda suyun ekonomik ve ekolojik açıdan daha etkili bir şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır.

Görsel 156. Işıkkent Mezarlığı Yeşil Dönüşüm Projesi

5.2 Yağmur Durakları
Farkındalık Projesi

Giderek artan iklim krizi ile süre gelen kuraklık, sel gibi doğal afetlere dikkat çekmek ve yağmur suyu hasadı üzerine toplumsal bilinci yükseltmek için ülkemizde ilk kez Otobüs ve Metro duraklarını kullanarak bir farkındalık projesi hayata geçirilmiştir.

Bu amaçla; İzmir'in yolcu hareketliliğinin yoğun olduğu, Konak YKM önündeki duraklarda 5 adet; Halkapınar otobüs duraklarında 4 adet ve Evka-3 metro çıkışındaki asansör binalarında 3 adet olmak üzere, toplamda 12 adet yağmur durağı yapılmıştır. Bu durakların çatılarından toplanan yağmur suları depolarda biriktirilerek, durak çevresinde oluşturulan yeşil alanların sulamasında kullanılmaktadır.

Görsel 157. Konak YKM önü Otobüs Durakları

Görsel 158. Halkapınar Yağmur Durakları

Görsel 159. Evka-3 Metro Çıkışı Otobüs Durakları

5.3 Spor Kulüpleri
Farkındalık Projesi

Farkındalık projelerden biri olan İzmir Spor kulüplerinin (Göztepe, Karşıyaka, Altay, Altınordu, Bucaspor ve İzmirspor) yağmur suyu hasadı yapması, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yaklaşımı teşvik etmek amacıyla geliştirilmiştir. Spor kulüpleri, geniş bir takipçi kitlesine ve toplum üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu nedenle yağmur suyu hasadı projelerine katılım sağlamaları İzmir genelinde farkındalık geliştirmek açısından etkili bit yöntemdir.

Bu proje, spor kulüplerinin mali tasarruf sağlamasına, yağmur suyu hasadı farkındalığı oluşturulmasına, iklim krizi ile mücadele edilmesine ve çevresel etkilerini azaltmasına yardımcı olacaktır.

Görsel 160. Altay Spor Kulübü Yağmur Suyu Deposu

Görsel 161. Altınordu Kulübü Yağmur Suyu Deposu

Görsel 162. Göztepe Spor Kulübü Yağmur Suyu Deposu

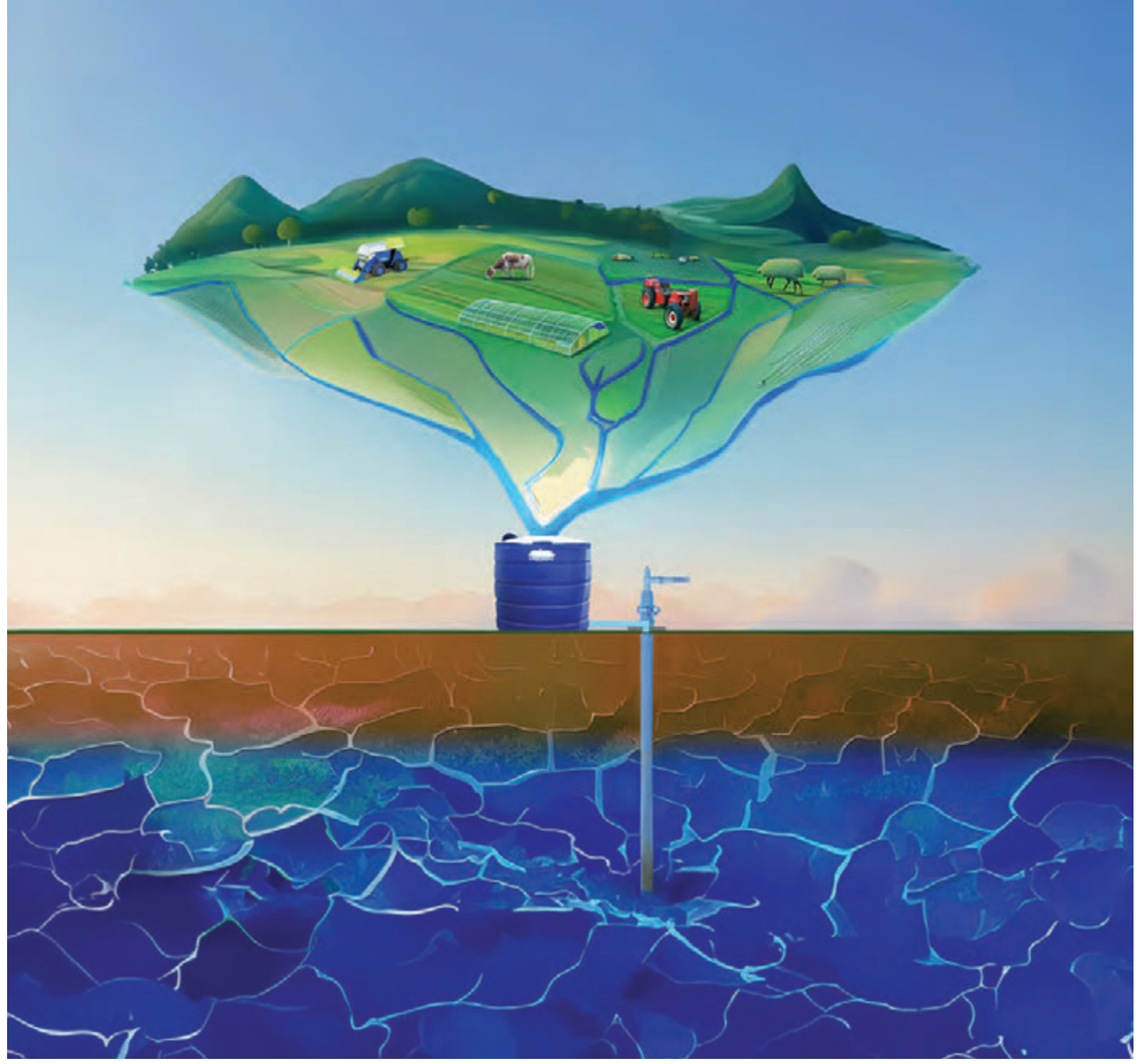
Görsel 163. Karşıyaka Spor Kulübü Yağmur Suyu Deposu

5.4 Küçük Menderes Ovası
Yağmur Suyu Hasadı Projesi

Görsel 164. Küçük Menderes Ovası Yağmur Suyu Hasadı Bilgilendirme Toplantısı

Küçük Menderes Havzası; Türkiye'nin en verimli topraklarına sahip olmasına rağmen, yaklaşık 100.000 adet derin su sondajındaki kontrolsüz çekimler nedeniyle ovada yeraltı suyu seviyelerinde ciddi düşümler yaşanmaktadır. 1970'li yıllarda yeraltı suları 4-5 metre seviyelerindeyken, günümüzde bu seviyeler 150-250 metreye kadar düşmüştür. Bununla beraber, ovada yılda yaklaşık 18 cm'lik bir çökmenin gözlemlendiği akademisyenler tarafından belirlenmiştir. Bu bağlamda; sera, hayvan damları, tarımsal depolar, konutlar gibi yapıların çatı alanları yağmur suyu hasadı açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Birimi'nin yaptığı çalışmalarla, bu çatılardan toplam 18 milyon metreküp suyun hasat edilerek yeraltında depolanabileceği ortaya konmuştur. Bu potansiyel göz önüne alınarak Küçük Menderes Ovası, SüngerKent İzmir Projesi kapsamında kırsal alan yağmur suyu hasadına dahil edilmiştir.

Ova içinde hemen hemen tüm parsellerde en az bir su kuyusu bulunmaktadır. Filtreleme deposu sistemi ile kırsal konutlar, hayvan damları, tarımsal depolar, sera gibi yapıların, çatılarına düşen yağmur suları filtrelenerek yeraltı suyunu doğrudan besleyecek olan mevcut kuyulara yönlendirilecektir. Pilot uygulama olarak, ova içerisinde farklı ilçelerde belirlenen kırsal konutlarda, yağmursuları filtreleme deposu uygulaması ile mevcut kuyulara yönlendirilmiştir. Bu uygulama, yağmur suyu hasadı projeleri içinde ekonomik ve uygulanabilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.



Görsel 165. Küçük Menderes Ovası Yağmur Suyu Hasadı Görseli

Sünger kent yağmursuyu hasadı tekniklerinden biri olan yağmur kuyuları uygulamasının ilk örneği, Küçük Menderes Ovası'nda bulunan Ödemiş Bademli Fide Üretim Tesisinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, sera çatısı üzerine düşen yağmur suları filtreleme deposunda geçerek yağmur kuyusuna yönlendirilmesini içermektedir.

Görsel 166. Bademli Fide Üretim Tesisi Filtreleme Deposu Uygulaması

Görsel 167. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti

Küçük Menderes Ovası'nda yağmur suyu hasadı kapsamında etkin yöntemlerden biri de biyolojik sızdırma göletleridir. Ödemiş Bademli Fide Üretim Tesisinde uygulanan bu yöntemle, tesis içerisindeki seralar ile çevredeki tarım alanlarından gelen yağmur suları drenaj kanalları ve boru hatlarıyla toplanarak, boyutlandırılmış çakıl filtrasyonu ile sızdırma göletine taşınmaktadır. Bu uygulama sayesinde, tarımsal alanlardan gölete akan sular, tarım ilaçlarındaki zararlı kimyasallardan ve çeşitli kirleticilerden arındırılarak akifer sistemine zarar vermeden verilmektedir. Ödemiş Biyolojik Sızdırma Göleti, Türkiye'deki diğer sızdırma göletlerinden farklı olarak, Türkiye'nin ilk biyolojik sızdırma göleti olma özelliği taşımaktadır.

Bademli Tarımsal Kalkınma Kooperatifi'nin Ödemiş'te bulunan açık ve kapalı bitki üretim sahaları, sera çatı alanı ile civar tarım alanlarına düşen yağmur sularının sızdırma göletinde toplanarak sızdırılması ve yeraltı suyu su seviyesinin yükseltilmesi hedeflenmiştir. 1.255 m^2 olan gölet alanında 769 m^2 sızdırma alanı mevcuttur. Günlük olarak 2.307 m^3/gün yağmur suyunun sızdırılması ve yıllık yeraltında depolanacak su miktarının 58.800 m^3/yıl olması hesaplanmıştır. Pilot uygulama Küçük Menderes Ovasına örnek bir model sunacak ve su krizi ile mücadelede etkili olacaktır.

Sünger kent yağmur suyu hasadı uygulamalarından bir diğeri ise tarım bahçeleri gibi tarımsal alanlarda yağmur sularının toplanabildiği ve üzerinde bitkilerin yetiştirilebildiği su toplama yapılarıdır. Tarım arazilerinde gerçekleştirilen yağmur tarlası uygulaması ile araziye düşen yağış suları toplanmakta ve yeraltına sızdırılmaktadır. Bu uygulama aynı zamanda, yağmur tarlaları aracılığıyla biyolojik filtrasyon sağlanarak, tarım alanlarında kullanılan kimyasal ilaçlar ve pestisitlerin neden olduğu çevresel etkiler en aza indirgenmektedir.

Ovadaki su krizinin çözümüne katkı sunacak kapsamlı bir projeyi hayata geçirmek için yağmur suyu hasadına teşvik sistemi uygulayarak yağmur suyu hasadı yapacak ilk 2000 vatandaşa yağmur suyu filtreleme depolarını destek amacıyla ücretsiz olarak verilmesi planlanmıştır. Çatılara düşen yağmur suyu, dağıtılacak yağmur suyu filtreleme depolarıyla kirletici unsurlardan temizlenmiş şekilde kuyular aracılığıyla yeraltında depolanacaktır.

Yağmur suyu hasadı ile ovadaki yeraltı suyu seviyelerinde önemli yükselimler gerçekleşecek, tarım ve gıda üretiminin sürdürülebilirliği güvence altına alınacaktır. Yeraltı suyu seviyelerinin yükselmesiyle çiftçilerimizin enerji maliyetleri düşecek ve ovadaki su krizinin çözümüne ciddi katkılar sağlanacaktır.

Bu teşvik sistemi çerçevesinde, Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi birimi çalışanları ile İzmir Büyükşehir Belediyesi Yerel Hizmetler Şube Müdürlüğü ekipleri, havzanın ova kesimlerinde bulunan muhtarlıkları ve kıraathaneleri ziyaret ederek vatandaşlarla toplantılar düzenlemiş ve teşvik projesini anlatmıştır. 9 Aralık 2023 tarihinde Ödemiş'te gerçekleştirilen lansmanla, İzmir Büyükşehir Belediye Başkanı Tunç Soyer tarafından "2000 Çiftçiye 2000 Filtreleme Deposu" hibe edileceği kamuoyuna duyurulmuştur.

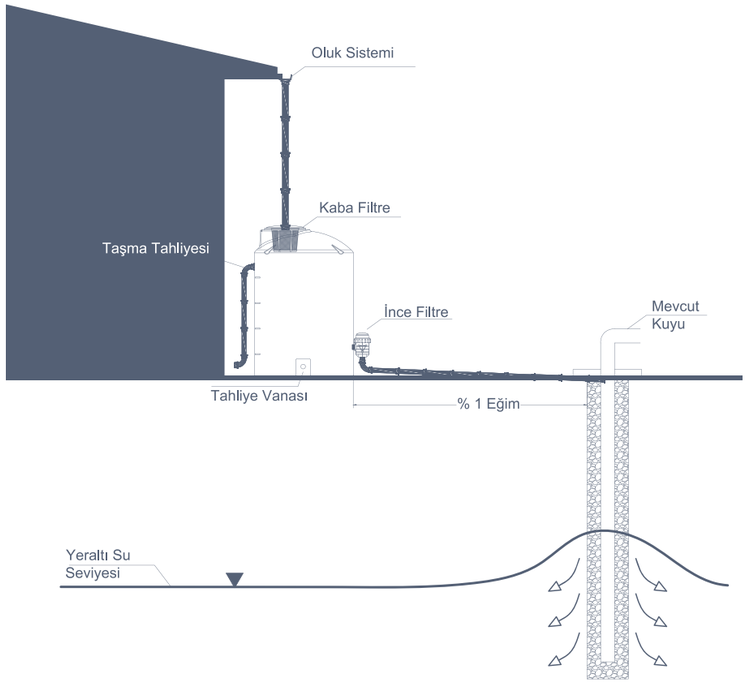
Görsel 168. 2-5 Kasım 2023 Tarihinde Ödemiş Süs Bitkileri ve Fidancılık Fuarı'nda Sergilenen Filtreleme Depoları. Farkındalık Yaratma Adına Depolar Boyanarak Sergilenmiştir.

Başvuru için, vatandaşların kendi ilçelerinde bulunan İzmir Büyükşehir Belediyesi Yerel Hizmetler Şube Müdürlüğü'ne gitmeleri ve başvuru formlarını doldurmaları gerekmektedir. Sonrasında, Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Birimi personelleri, bu başvuruları yerinde inceleyerek değerlendirme yapacaktır.

Sistemin kurulacağı konut, sera, hayvan damı, tarımsal depo vb. yapıların çatılarında yağmur suyu olukları ile iniş borularının bulunması, çatısı kullanılacak yapıların yakın çevresinde kuyu bulunması; konut başvurularında ise binada bulunan balkon sularının çatı suları ile ayrışmış olması, başvuru şartı olarak aranmaktadır.

Teşvik sistemine dahil edilecek yağmur suyu filtreleme depoları 1 ton kapasiteli olacak ve çatı büyüklüklerine göre bir veya birkaç tane yağmur suyu filtreleme deposu verilebilecektir.

Çatılardan inen yağmur suyu borularıyla filtreleme deposu arasındaki bağlantı ve filtreleme deposu ile mevcut kuyu arasındaki bağlantıyı vatandaşlar kendileri gerçekleştirecektir.



Görsel 169. Filtreleme Deposu Şematik Gösterimi

Görsel 170. Filtreleme Deposu Filtreleri

Görsel 171. Filtreleme Deposu Görseli

Görsel 172. 09.12.2023 Tarihinde Gerçekleştirilen Lansman

Görsel 173. Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi birimi çalışanları ile İzmir Büyükşehir Belediyesi Yerel Hizmetler Şube Müdürlüğü ekiplerinin vatandaşlarla yapmış olduğu bilgilendirme toplantıları.

5.5 Sünger Otoparklar

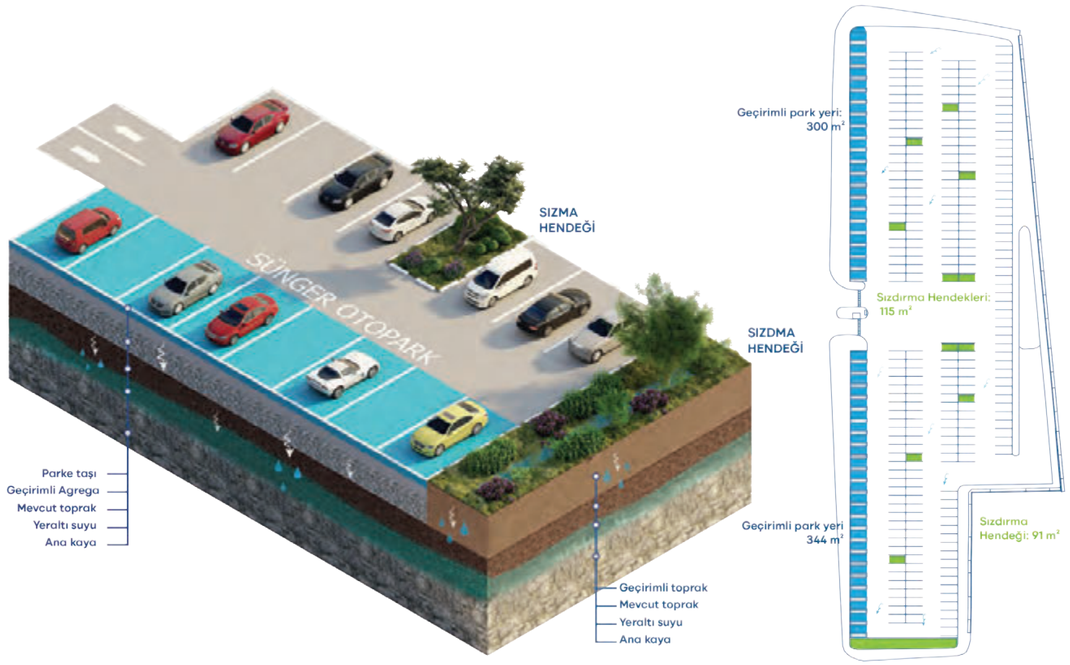
Gaziemir Sakarya İzelman Otoparkı önceki halinde geçirimsiz bir otopark iken yeşil altyapı tekniklerinden sünger kaplamalar, kesik bordür, modüler sızdırma ve geciktirme sistemleri ile sızdırma hendeklerin birlikte uygulanmasıyla Türkiye'nin ilk Sünger Otoparkı olmuştur (Görsel 174).

Görsel 174. Gaziemir Sakarya Sünger Otoparkı (Uygulama Sonrası)

Sünger otopark projesinin amacı, kentin alansal olarak büyük ve geçirimsiz alanlarında yağmur hasadını yaygınlaştırmak ve kentin yeraltı su kaynaklarını beslemektir.

Proje alanın seçiminde alansal büyüklük ve yağmur suyu hattı olmaması kriterleri gözetilmiştir. Proje alanı olarak seçilen otopark 8200 m²'dir. Bu uygulama sayesinde otopark üzerine düşen yağış sularının birleşik kanalizasyon sistemindeki yükü azaltılmış ve yeraltı sularının beslenmesi sağlanmıştır. Böylece alanın pilot proje alanı olarak seçilmesi uygun bulunmuştur.

Sünger otopark inşası için geçirimli parke ve sızdırma hendekleri kullanılmıştır (Görsel 175). Aynı zamanda akışa geçen suların sızdırma hendeklerinin içine girmesi için kesik bordür tekniği kullanılmıştır. Sızma hendeklerinden iki tanesinde modüler sızdırma ve bekletme yapıları inşa edilmiş ve performansları ölçülmüştür.



Görsel 175. Sünger Otoparkta kullanılan yeşil altyapı teknikleri

Kullanılan tekniklerden ilki olan geçirimli parkelerde mevcut kilit parkeler sökülmüş ve kilit parkelerin dolgu malzemeleri 30 cm kazı ile alandan çıkarılmıştır. Kazı sonrası 18 cm yüksekliğinde 3-5 mm ince yatak dolgusu serilmiştir. Bir sonraki aşamada ise yeniden dizilecek kilit parkelerin kullanımla beraber deforme olmaması için 5 cm kum serilmiştir. Son malzemenin serilmesinin ardından alandan sökülen kilit parkeler klasik döşeme stilinden farklı olarak Görsel 176 ile gösterildiği gibi dizilerek 1 m² alanda derz boşlukları %14 arttırılmış ve otoparkın 644 m²'sinde parkelerde sünger çalışma prensibi uygulanmıştır.

Görsel 176. Geçirimli parke deseni uygulaması

Kullanılan tekniklerden bir diğeri olan sızdırma hendeği inşası için akışın yönüne göre 10 adet alan belirlenmiştir. Hendeklerin formunda araç park çizgileri baz alınmış ve otoparkın mevcut planlaması da korunmuştur. Oluşturulan hendeklerde modüler sistem kullanılanlar hariç 50 cm kazı yapılmıştır. Kazının üzerine 35 cm geçirimli toprak eklenerek çanak formu verilmiştir. Sonrasında ise hem otoparkta gölge yaratacak ağaçlar hem de yağmur sularına doğal filtreleme görevi yapacak olan bitkilerle hendek tamamlanmıştır. Otoparktaki akış sularının hendeklere rahat girmesi için Görsel 177 ile gösterilen kesik bordür tekniği uygulanmıştır. Bu teknikte 70x35x15 cm ölçülerindeki karayolu bordürleri döşenmiştir. Toplamda 228,5 m² sızdırma hendeği inşa edilmiştir.

Görsel 177. Etrafında kesik bordür olan sızma hendeği

2,5 metreye 10 metre boyutlarında inşa edilen 2 sızdırma hendeğinde modüler sızdırma yapıları uygulanmıştır. Hendeklerden birinde jeotekstil sarılı koruge drenaj boruları yan yana dizilerek ekstra hacim yaratılmıştır. Diğer büyük hendekte de Görsel 179 ile gösterildiği gibi 40 adet plastik kasa en alta dizilerek yine hacim kazanılmıştır. (Bkz. Görsel 178) İki uygulamada da ekstra keçe serimi ile modüler sistemlerin toprakla dolması engellenmiştir. Yine iki uygulamada da serilen keçe üzerine geçirimli toprak eklenerek bitkilendirme yapılmış ve sızdırma hendeği uygulaması tamamlanmıştır.

Görsel 178. Modüler sızdırma sistemlerinden keçe sarılı drenaj boruları uygulaması

Görsel 179. Modüler sızdırma sistemlerinden kasa uygulaması

5.6 Buca Atatürk Mahallesi
Sünger Park Projesi

Buca ilçesi, Atatürk Mahallesi 202/60 ve 202/49 sokakların kesişiminde bulunan yeşil alanlarda, Bölüm 4 kapsamında teknik detayları paylaşılan yeşil altyapı teknikleri kullanılarak, 102 m^2 ve 490 m^2 yüzey alanına sahip iki yeşil alanda sünger park uygulaması hayata geçirilmiştir (Görsel 180-Görsel 183).

Görsel 180. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Yağmur Hendeği Yapımı Öncesi

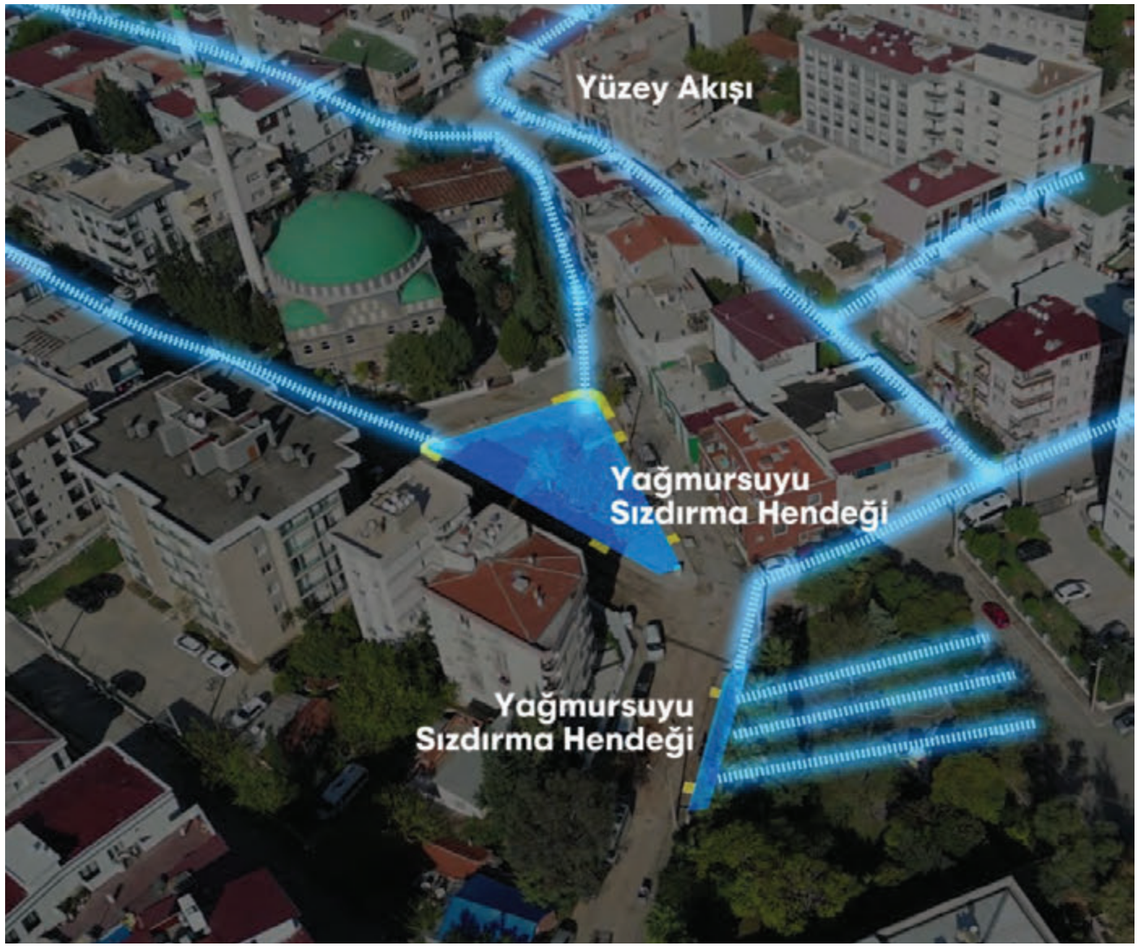
Görsel 181. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Yağmur Hendeği Yapımı Sonrası

Görsel 182. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Sızdırma Hendeği Yapımı Öncesi

Görsel 183. Buca Atatürk Mahallesi Sünger Parkı Sızdırma Hendeği Yapımı Sonrası

Buca İlçesi Atatürk Mahallesi 202/60 ve 202/49 sokakları ve civarında yoğun yağışlarla birlikte akışa geçen yağmur suları, özellikle havzanın aşağı kotlarında su baskınlarına sebep olmaktadır. İZSU tarafından hazırlatılan İzmir Atıksu, Yağmursuyu ve Dereler Master Planı kapsamında, söz konusu alanda yer alan mevcut yağmur suyu hattının 63 metrelik kısmı için revizyon yapılması planlanmıştır.

Proje kapsamında yoğun yağışlar esnasında cadde ve sokaklarda akışa geçen yağmur suyunu tutmak ve su baskınlarını önlemek amacıyla, mevcut altyapı ile entegre çalışan yeşil altyapı tekniklerinin uygulanması amaçlanmıştır. Bu uygulamalar ile su baskınları önlenecek ve yağmur suyu hattında yapılması planlanan revizyona gerek duyulmayacaktır.



Görsel 184. Proje Alanına Toplanacak Yüzeysel Akış

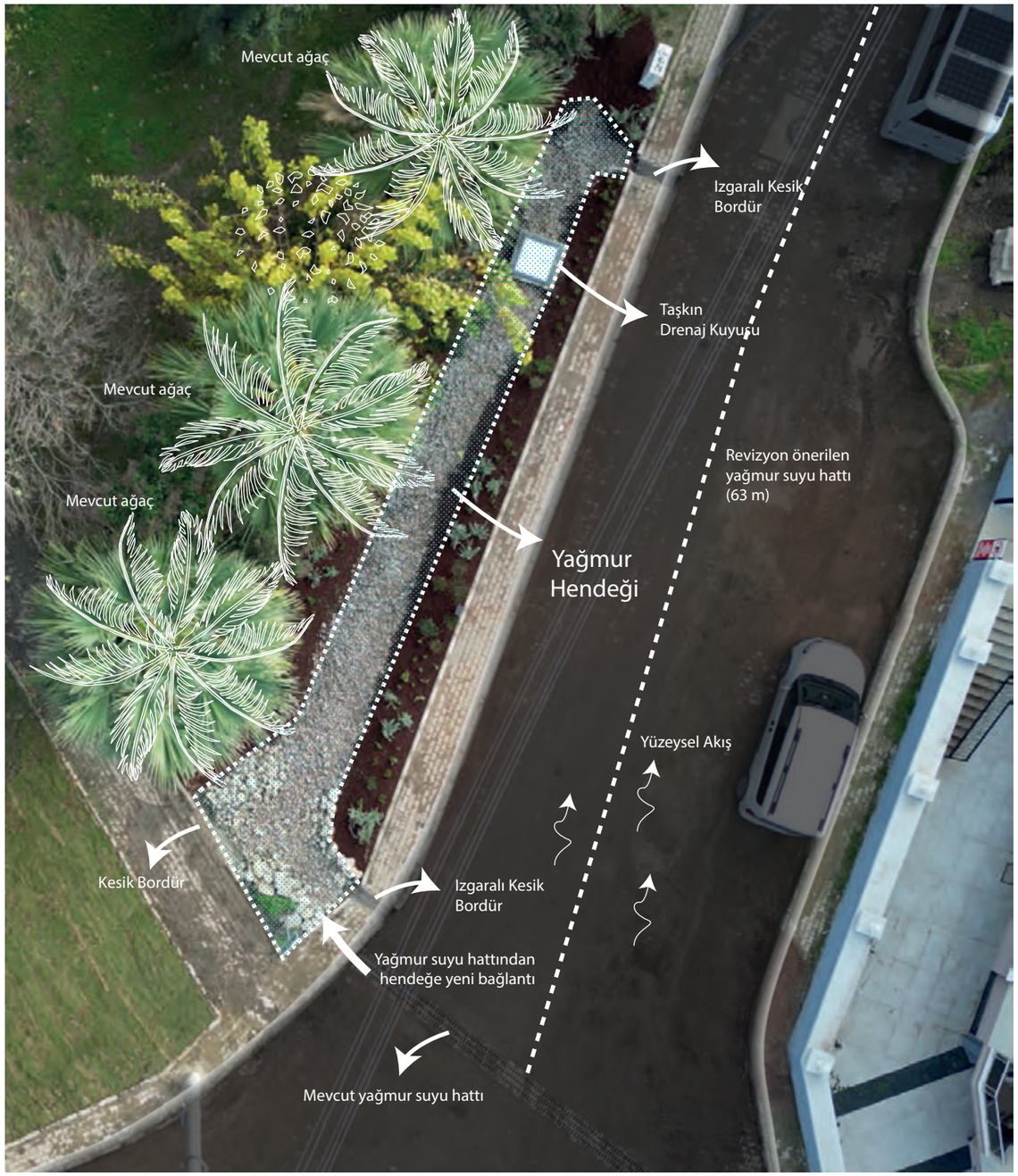
Çalışma alanında gerçekleştirilen kesik bordür, ızgaralı kesik bordür, yağmur hendeği ve taşkın drenaj kuyusu teknikleri ile günde 470 ton yağmur suyunun hendek alanlarında toplanması, biyo-filtrelenmesi ve yeraltına sızdırılması sağlanacaktır. Taşkın drenaj kuyusu ile ise fazla yağmur suyu yeraltı akiferine doğrudan iletilecektir. Hendek içerisine açılmış olan drenaj kuyusu 40 metre derinliğinde olup saatte yaklaşık 6.5 ton suyu yeraltına sızdırmaktadır.

Uygulama sahasında akışa geçen suyun proje alanlarına girişini sağlamak amacıyla kaldırım alanlarında ızgaralı kesik bordür uygulaması yapılmıştır. Üst kaplaması ızgara olan beton kanalet yapıya sahip bu teknik ile yürümeye engel olmadan suların sünger park alanlarına ulaştırılması sağlanmıştır. Proje alanlarına su girişi sağlanan kısımlarda tabii zemin üzeri taş kaplama yapılarak oyulma ve aşınmaların önlenmesi amaçlanmıştır.

Görsel 185. Proje Alanında Izgaralı Kesik Bordür Uygulama Örnekleri

Görsel 186. Proje Alanında Izgaralı Kesik Bordür Uygulama Örnekleri

Görsel 187. Yağmur hendeği ve kullanılan doğa esaslı altyapı teknikle



Görsel 188. Sızdırma Hendeği ve Kullanılan Yeşil Altyapı Teknikleri

5.7 Buca Bahçekapı
Sünger Park Projesi

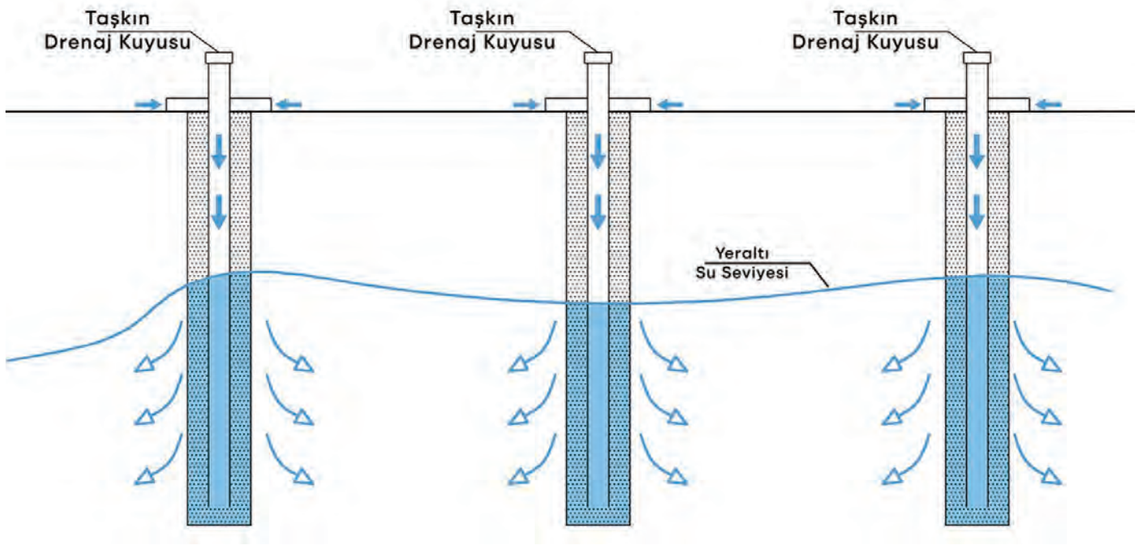
Buca ilçesindeki Yaylacık Mahallesi 1025. Sokak'ta yer alan Buca Bahçekapı Parkı, çevresine göre alçak bir konumda bulunmaktadır. Proje, çevre sokaklardan gelen yağmur sularını mevcut kanalizasyon sisteminden kesip park alanına yönlendirerek Türkiye'nin ilk sünger parkı olma özelliğini kazanmıştır (Görsel 189 ve Görsel 190).

Görsel 189. Buca Bahçekapı Sünger Parkı Önceki Durumu

Görsel 190. Buca Bahçekapı Sünger Parkı Son Hali

Yapılan çalışma kapsamında Buca ilçesinde bulunan Bahçekapı Parkı, akışa geçen yağmur sularını etkili bir şekilde yönetebilen, su baskınlarını önleyen ve yeraltı su kaynaklarını besleyen bir "sünger park" haline dönüştürülmüştür. Sünger park kavramı, yağmur sularının doğal süreçlerle toprak tarafından sızdırılarak depolanmasını ve yeraltı su seviyesini besleyerek suyun daha sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini amaçlamaktadır.

Projenin detaylarına bakıldığında, parkın çevresinde bulunan yollar ve yapılara kıyasla daha düşük kotta olması nedeniyle, yağmur sularının park alanına doğru akışı sağlanmıştır. Mevcut altyapı sistemine olan bağlantılar kesilerek yağmur sularının parka yönlendirilmesiyle suyun toprak tarafından yeraltına sızdırılması sağlanmıştır. Proje kapsamında 3 adet “Taşkın Drenaj Kuyusu” açılmıştır. Bu drenaj kuyuları, yağmur sularının park alanında birikerek göllenmesini önleyip yeraltına sızdırılmasını sağlamaktadır. Bu sayede, suyun kontrolsüz akışı engellenerek yeraltı su kaynakları beslenirken, su baskınlarının önüne geçilmiştir.



Görsel 191. Buca Bahçekapı Sünger Parkı’nın Drenaj Kuyuları

Buca Bahçekapı Sünger Parkı'nda kullanılan ilk yeşil altyapı tekniği olan "Taşkın Drenaj Kuyuları", uygun jeolojik yapının bulunduğu park alanındaki yağmur sularının etkin bir şekilde yönetilmesine katkı sağlamaktadır. Park içerisinde açılmış ve her biri 60 metre olan üç adet taşkın drenaj kuyusu, saatte yaklaşık olarak 54 ton suyun yeraltına sızdırılmasını sağlayarak park içerisinde biriken yağmur sularını kontrol altına almakta ve çevrede oluşabilecek su baskınlarını önlemektedir.

Ayrıca yeşil altyapı tekniklerine ek olarak proje gereği çevresel unsurlara, arazi koşullarına ve çeşitli ihtiyaçlara gerek duyularak Buca Bahçekapı Sünger Parkı’nda beton bakslar ve tümsekler imal edilmiştir. Bu yapılmış olan beton bakslar, taşkın drenaj kuyularının etrafında kullanılan yapısal unsurlardır. Bakslar, 3,00m x 1,00m x 1,00m ölçülerinde betondan imal edilmiş ve içerisine 7-15 mm boyutlarında çakıl ile doldurularak çakıl zarfı oluşturulmuştur. Bu yapılar, parkın içerisine yönlendirilen yağmur sularının çeşitli katı madde ve sedimentlerden arındırılmasına yardımcı olurken, çevresel etkilere karşı dayanıklı bir yapı sunmaktadır.

Tümsekler ise park içerisindeki yağmur sularının taşkın drenaj kuyularına ulaşabilmesini sağlayan önemli unsurlardır. Park içerisinde belirlenen akış yönlerini göstermek ve suyun doğal bir şekilde yönlendirilmesini sağlamak amacıyla oluşturulan tümsekler, suyun akışını kontrol eder ve suyun istenilen bölgelere yönlendirilmesini sağlar.

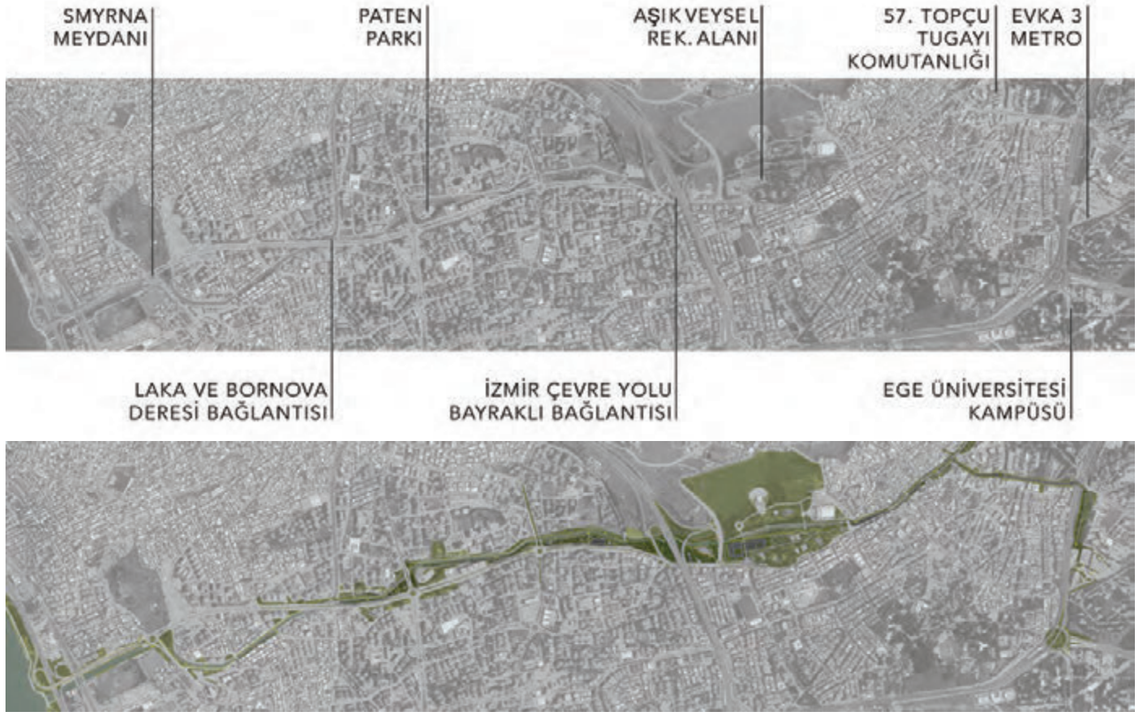
Buca Bahçekapı Parkı'nda kullanılan bu yeşil altyapı teknikleri, yağmur suyunun etkin bir şekilde yönetilmesini sağlarken, çevresel etkilere karşı dayanıklı ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır.

Görsel 192. Buca Bahçekapı Sünger Parkı’nda Kullanılan Yeşil Altyapı ve Diğer Teknikler

5.8 Bornova Çayı
Dere Ekspres Projesi

Sünger Kent İzmir'in "Yaşayan Dereler" perspektifi altında belirlenen pilot alan, Bornova Çayı olarak seçilmiştir. Mevcut durumda, Bornova Çayı, Homeros Vadisi'nden başlayarak, Bornova ve Bayraklı ilçeleri boyunca beton U ve trapez kanal kesitleri ile körfeze ulaşmaktadır. Bu güzergâh, Aşık Veysel Rekreasyon Alanı, Paten Parkı ve Smyrna Meydanı gibi şehrin önemli yaşam alanları ve noktalarıyla kesişmektedir.

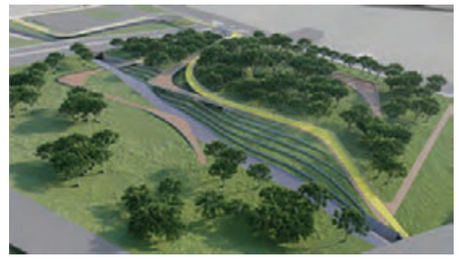
Projenin temel amacı, Bornova Çayı üzerinde kent-dere etkileşimini artırmak için mavi-yeşil ekolojik koridorlar oluşturmaktır. Aynı zamanda bu koridora entegre olacak şekilde, Ege Üniversitesi-Evka-3 Metro İstasyonu-Aşık Veysel Rekreasyon Alanı-Körfez hattını birleştiren bir transit ulaşım yolu oluşturulacaktır. Bu proje, kentin önemli ulaşım aksları ve doğal yaşam alanlarını birbirine bağlayarak sürdürülebilir ve çevre dostu bir kentsel gelişimi desteklemeyi hedeflemektedir.



Proje güzergahı boyunca, birçok yeşil alanla bağlantı kurularak uygun bölgelerde yeşil altyapı teknikleri uygulamaları önerilmektedir. Aynı zamanda, kentlinin su ve yeşil alanlar ile daha yakından etkileşim içine girebileceği şekilde dere kesitinde revizyonlar da gerçekleştirilecektir. Bu yaklaşım, projenin çevresel sürdürülebilirliği artırmayı, doğal öğelerle kentsel alanları birleştirmeyi ve yerel halkın su ve yeşil alanlarla daha aktif bir etkileşimde bulunmasını amaçlamaktadır.

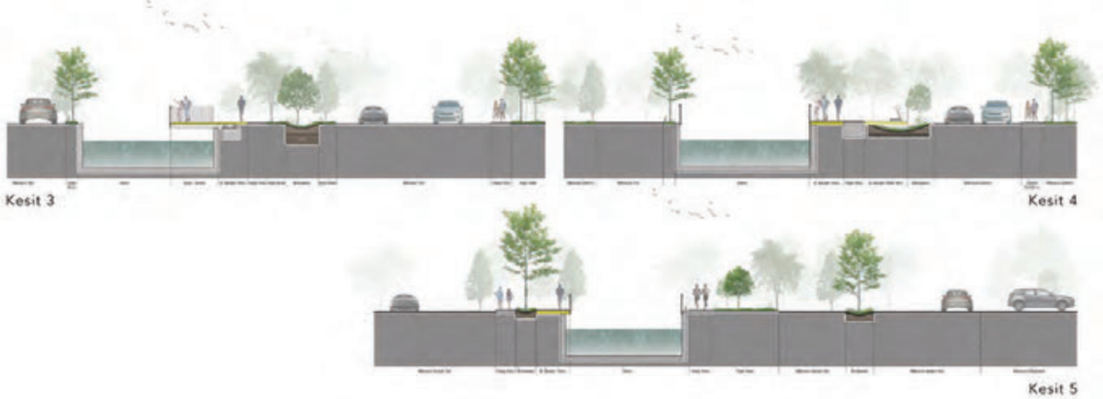
Bornova Çayı Güzergahında Ekolojik Koridor Oluşturulması

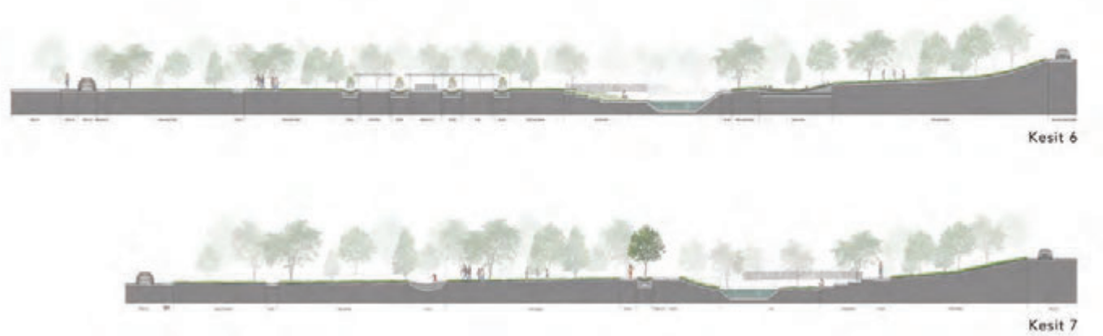
Dere kesit revizyonları



Mahalle bostanları

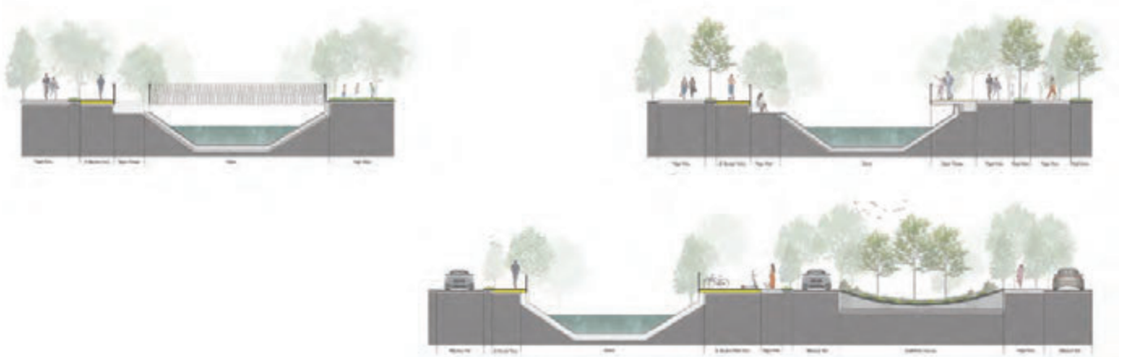
Polinatör Duvarları





Görsel 193. Dere çeperinde su odaklı yeni yeşil yaşam alanları oluşturulması

Görsel 194. Dere kesitinin doğallaştırılarak kent-dere etkileşiminin artırılması



Görsel 195. Güzergâh boyunca uygun alanlarda yeşil altyapı tekniklerinin uygulanması

5.9 Körfez – Halkapınar Gölü – Nif Dağı
Ekolojik Koridor Projesi

Antik çağlardan bugüne, İzmir'in 8500 yıllık tarihi boyunca en önemli yaşamsal su kaynağı Halkapınar Su Kaynakları olmuştur. Halkapınar kaynakları bulunduğu semte adını vermiş ve tarih boyunca Diana Hamamları olarak anılmıştır. 1970'li yıllara kadar kentlilerin rekreatif amaçlarla kullanabildiği, yüzebildiği ve balık tutabildiği bir alan olan göl; çevresindeki ağaçlar, sazlar ve gölü saran yoğun bitkisel dokusuyla mevcudiyetini sürdürmüştür.

19. yüzyılın sonlarına doğru, İzmir'in yaşadığı su kıtlığını engellemek için bir Belçika firması görevlendirilmiştir (104). Yapılan araştırmalar sonucunda, Halkapınar kaynaklarının geliştirilmesi ve İzmir şehir suyunun buradan temin edilmesi önerisi ortaya çıkmış ve bu noktada bir sistem kurulması ve işletilmesine izin verilmiştir (104). Tahtalı Barajı inşa edilinceye kadar İzmir'in su ihtiyacını büyük oranda karşılamıştır. 1970'li yıllarda artan su ihtiyacını karşılayabilmek için kaynak civarında yeni içme suyu kuyuları açılmış ve sonrasında göl kurumaya başlamıştır.

Görsel 196. Halkapınar Su Kaynaklarının Mevcut Durumu

Görsel 197. Halkapınar Çayı ve Çevresinin Mevcut Durumu

Kentlinin toplum hafızasını bu mekân üzerinde diri kalmasını sağlayabilmek için; bugün mevcutta olmayan eski Halkapınar Gölü'nün yeniden oluşturulması projenin ana hedefidir. Proje 3 etap olarak planlanmıştır:

- **Etap 1. Gölün yeniden oluşturulması (24.7 ha):**

  Günümüzde İZSU hizmet alanı olarak kullanılan eski göl alanı ve Halkapınar Çayı düzenlenerek kente ve kentliye yeniden kazandırılacaktır. Alandan çıkarılan arkeolojik kalıntılar ile göl çevresinde Açık Hava Müzesi oluşturulacaktır.

- **Etap 2. Halkapınar Çayı – Körfez Ekolojik Koridoru (2.8 ha):**

  Halkapınar Çayı'nın bağlandığı Arap Deresi güzergahı yeniden düzenlenerek ekolojik bir koridor olarak körfeze bağlantısı sağlanacaktır.

- **Etap 3. Nif Dağı Ekolojik Bağlantısı (30.7 ha):**

  Halkapınar gölünün yukarısında Belediye hizmet alanı olarak kullanılmakta olan alan; seyir terasları ve sosyal donatı alanları oluşturularak yeniden düzenlenecektir. İçme suyu koruma alanında yer alan 110.000 metrekarelik askeri alan da gerekli izinler alındıktan sonra parka dahil edilecektir.

Görsel 198. Körfez- Halkapınar Gölü - Nif Dağı Bağlantısı

Proje ilk etapta İZSU mülkiyetinde bulunan 'Belediye Hizmet Alanı' içerisinde planlanmıştır. 110.000 m²'lik askeri bölgenin zaman içerisinde terk edilmesiyle, proje bu alana doğru genişleyecek ve kentin en önemli çekim merkezlerinden biri haline gelecektir.

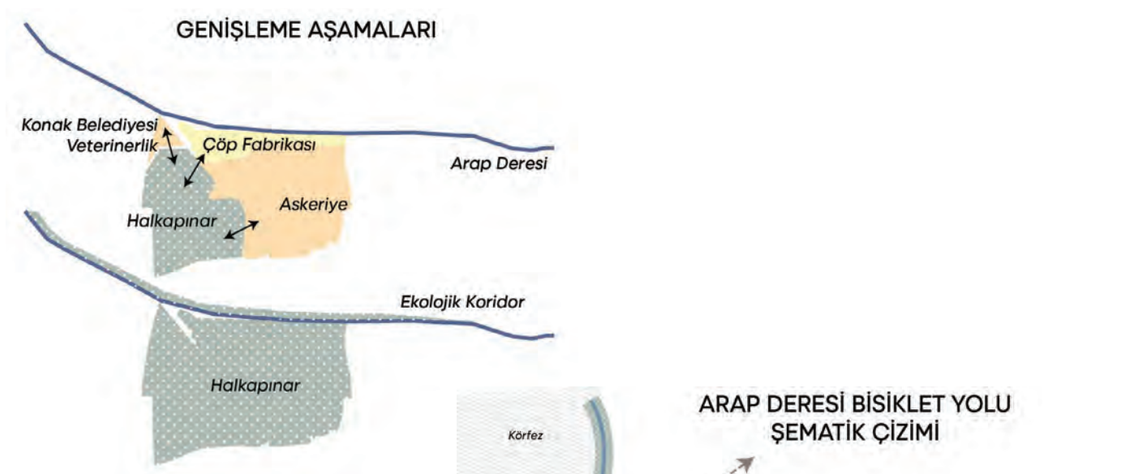
Arap Deresi güzergâhını kullanarak, körfez ile sanayi arasında doğrudan bir koridor oluşturulacaktır. Bu ekolojik koridor içerisinde yürüyüş rotaları, bisiklet ve e-skuter yolları, ve geniş park alanları yer alacaktır.

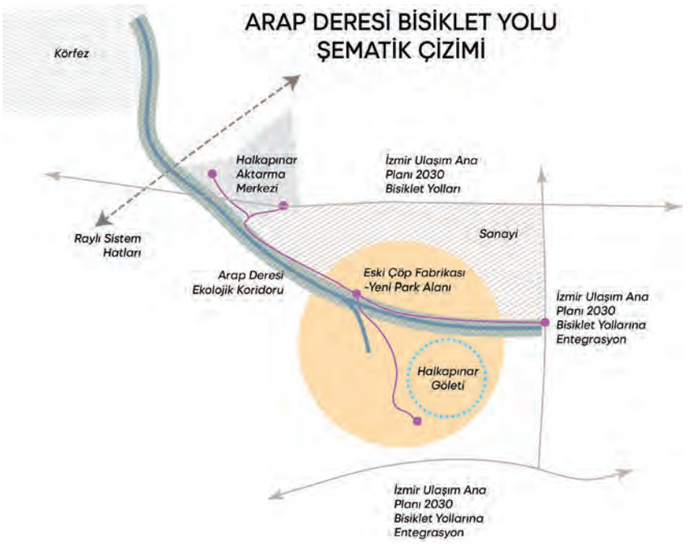
Yaklaşık 26.000 m²'lik Çöp Transfer Merkezi proje alanına dahil edilerek sanayi içerisinde ferah ve doğal bir ortam oluşturulması hedeflenmiştir. Proje alanının hemen girişinde yer alan ve Arap Deresi üzerinde kirlilik oluşturan bu alanın doğallaştırılması amaçlanmıştır.

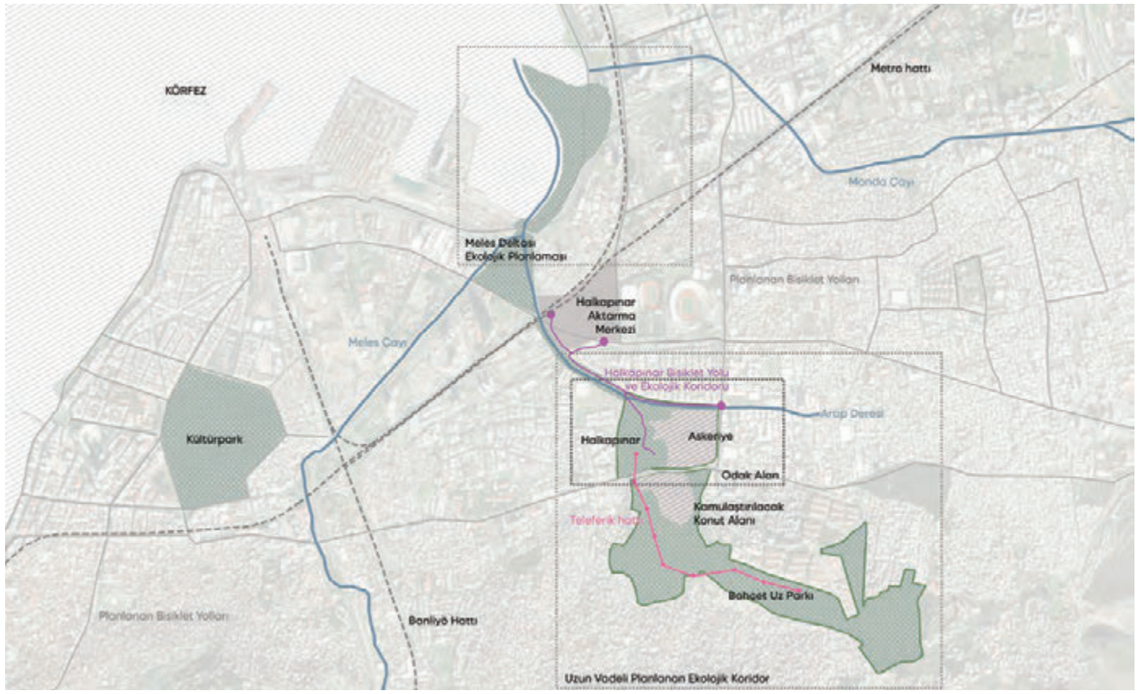
Görsel 199. Halkapınar Gölü ve Çevresine Üst Noktadan Bakış

Görsel 199. Halkapınar Gölü ve Çevresine Üst Noktadan Bakış

Görsel 200. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 1







Görsel 201. Halkapınar Plan Kararları

Proje, körfezden Nif Dağı'na uzanan bir ekolojik koridor ile doğal alanların korunmasını, geliştirilmesini ve ulaşım sistemleri ile birbirine bağlanmasını hedefler. Bu kapsamda bölgesel ölçekte büyük yeşil alanlar oluşturarak kente önemli bir katkı sunar.

Kentlileri körfezden Halkapınar kaynaklarına mikro-mobilite yolları, yani e-skuter ve bisiklet yolları, ile ulaştırma hedeflenmektedir. Bu, sürdürülebilir ulaşımı teşvik etmeyi ve kentlilere daha fazla ulaşım seçeneği sunmayı amaçlar.

Halkapınar Projesi, İzmir'in tarihi içme suyu tesislerini koruma ve tasarım kurgusuna dahil etme amacını taşır. Bu tesislerin potansiyelini ön plana çıkararak bölgenin tarihi ve kültürel zenginliklerini vurgular. Proje, eski göl alanının bulunduğu bölgede yer alan askeriye, katı atık alanı, sanayi ve İZSU hizmet alanı gibi farklı arazi kullanımlarının gözden geçirilmesini ve bölgenin doğal potansiyellerinin ön plana çıkarılmasını hedefler. Projenin diğer hedefleri şu şekilde listelenebilir:

- Proje, doğal alanların korunmasını teşvik eder, böylece biyoçeşitliliği sürdürür ve kentteki yeşil alanları artırır.
- Mikro-mobilite yolları ile sürdürülebilir ulaşım seçeneklerini teşvik ederek trafik sıkışıklığını azaltır ve çevresel etkileri azaltır.
- İzmir'in tarihi içmesuyu tesislerini koruyarak, bu yapıların tarihi ve kültürel önemini vurgular ve kente katkı sağlar.
- Proje, yerel toplumun katılımını teşvik ederek kolektif hafızanın korunmasına yardımcı olur ve projeye toplumun sahiplenmesini sağlar.
- Proje, yeşil alanların artırılması ve ekolojik koridorların oluşturulmasıyla doğal dengeyi korur ve ekosistemin sürdürülebilirliğini destekler.

Görsel 202. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 2

Görsel 202. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 2

Görsel 203. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 3

Görsel 203. Halkapınar Gölü'nün Yeniden Canlandırılması Görseli 3

Görsel 204. Arap Deresi Mikro-Mobilite Yolu

Görsel 204. Arap Deresi Mikro-Mobilite Yolu

Görsel 205 Halkapınar Çayı ve Arkeolojik Kalıntılar

Görsel 205 Halkapınar Çayı ve Arkeolojik Kalıntılar

6. Kaynakça

1. *Dünya Su Yönetimi ve Su Eğitimi.* Ilgar, Rüştü. Çanakkale : 1. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongresi, 2009. s. 1-22.

2. *Sustainable Urban Drainage Systems.* Poleto, C. ve Tassi, R. Brezilya : www.intechopen.com, 2012.

3. İzmir Büyükşehir Belediyesi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü. Izmir Sponge City. 2022, s. 123-125.

4. *History of water sensitive urban design/low impact development adoption in Australia and internationally. In Approaches to Water Sensitive Urban Design.* Radcliffe, J.C. 2019, Elsevier, s. 1-24.

5. *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage.* Fletcher, T.D., ve diğerleri. 2015, Urban Water Journal, Cilt 12(7), s. 525-542.

6. Water sensitive urban design: principles and inspiration for sustainable stormwater management in the city of the future: Jovis Berlin. Hoyer, J., ve diğerleri. 2011.

7. TU Delft. *ErQi Sponge City Final Report. Multidisciplinary Project.* Delft : TU Delft with the collaboration of Arcadis, 2018.

8. European Commission (EC). Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital. [Çevrimiçi] 2013.

9. Mesut, Ulku, ve diğerleri. ErQİ Sponge City Multidisciplinary Project. 2018.

10. Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği. *Türkiye'deki Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Yeşil Altyapı Sistemlerinin Geliştirilmesi Temelinde Değerlendirilmesi.* 2021.

11. IPCC. Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 21 02 2024.] https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/ccp4/.

12. I*n Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* Gutiérrez, J M, Jones, R G ve Narisma, G T. : Cambridge University Press Cambridge, 2021.

13. İzmir Büyükşehir Belediyesi 1/25000 Ölçekli Çevre Koruma Plan Raporu. *https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/NazimImarPlani/3118480_13233.pdf.* [Çevrimiçi]

14. Hiscock, Kevin. *Hydrogeology*: Principles and Practice. Malden : Blackwell Publishing, 2005. 0 632 05763 7.

15. Enduran, Barbaros, Gökmenoğlu, Osman ve Keskin, Erkan. *Beşparmak Dağları (KITÇC) Karst Akiferlerinin Hidrojeolojisi.* Ankara : Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 2004.

16. Özben, Onur Mehmethan. H*avza Bazlı Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Belirlenmesi: Denizli Serinhisar İlçesi Örneği.* Denizli : Pamukkale Üniversitesi, 2022.

17. *Development of methodology for existing rainwater harvesting assessment in (semi-)arid regions.* Adham, A., ve diğerleri. 2183-2186, Switzerland : Springerr International, 2017.

18. U.S. Natural Resources Conservation Service. https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17757.wba. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 01 05 2023.]

19. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Kuzey Ege, Gediz ve Küçük Menderes Havzaları Taşkın Yönetim Planları. 2019.

20. İnşaat Mühendisleri Odası. *2 Şubat 2021 Günü İzmir'de Meydana Gelen Sel Afeti Hakkında Rapor.* İzmir : İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi 47. Dönem Su Yapıları Kurulu , 2021.

21. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü. İzmir İli Metropol Alanı Dereler Master Planı. 2020.

22. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. *Kuzey Ege, Gediz ve Küçük Menderes Havzaları Taşkın Yönetim Planlarının Hazırlanması Projesi.* Ankara : DSİ, 2019.

23. Copernicus Programme. Copernicus Land Monitoring Service. *Copernicus Europe's Eyes on Earth.* [Çevrimiçi] Aralık 2022. https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018.

24. İZSU. İZSU Genel Müdürlüğü Resmi Web Sitesi. *https://www.izsu.gov.tr/.* [Çevrimiçi] 2022.

25. TÜİK. Türkiye İstatistik Kurumu. *https://www.tuik.gov.tr/.* [Çevrimiçi]

26. İZSU. *İzmir İçmesuyu Projesi Sonuç Master Plan Raporu.* İzmir : İZSU Genel Müdürlüğü, 2017.

27. Rivard, G. Design Storm Events for Urban Drainage Based on Historical Rainfall Data: a Conceptual Framework for a Logical Approach. 1996.

28. Mitchell, R. ve Anderson, M. City of McMinnville Design Storm Review and Recommendation for Stormwater Master Plan. 2007.

29. New Jersey Department of Environmental Protection Division of Watershed Management. *New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual.* 2004.

30. EPA United States Environmental Protection Agency. Addressing Green Infrastructure Design Challenges in the Pittsburgh Region, Abundant and Frequent Rainfall. 2014.

31. The Nature Conservancy and Texas A&M Agrilife Extension. Green Stormwater Infrastructure for Urban Flood Resilience Opportunity Analysis for Dallas. 2022.

32. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Office for Coastal Management. *A Guide to Assessing Green Infrastructure Costs and Benefits for Flood Reduction.* 2015.

33. Bureau of Environmental Services Portland, Oregon. *City of Portland Stormwater Management Manual.* 2020.

34. *How to Manage Stormwater with Rain Gardens.* City of Portland Environmental Services. Portland, 2021.

35. *Standard Test Method for Infiltration Rate of Soils in Field Using Double-Ring Infiltrometer.* ASTM INTERNATIONAL.

36. Özeren Alkan, Merve, ve diğerleri. *Geçirimli Betonun İnfiltrasyon Performansının Ölçülmesi: Peynircioğlu Deresi Parkı.*

37. Minnesota Pollution Control Agency. Stormwater infiltration and groundwater mounding - Minnesota. [Çevrimiçi] MediaWiki, 6 12 2022. [Alıntı Tarihi: 19 02 2024.] https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Stormwater_infiltration_and_groundwater_mounding.

38. Plants Really Do Clean Pollution From Stormwater. *KQED.* [Çevrimiçi] Temmuz 2015. https://www.kqed.org/science/135190/plants-really-do-clean-pollution-from-stormwater.

39. U.S. Environmental Protection Agency. Stormwater Discharges from Transportation Sources. *National Pollutant Discharge Elimination System.* [Çevrimiçi] 29 01 2024. https://www.epa.gov/npdes/stormwater-discharges-transportation-sources.

40. *Evaluation of pollutant removal efficiency of a bioretention basin and implications for stormwater management in tropical cities.* Wang, Jia, Chua, Lloyd H. C. ve Shanahan, Peter. 3, Waurn Ponds, VIC : Environmental Science: Water Research & Technology, 2016, s. 78-91.

41. *Comprehensive assessment for removing multiple pollutants by plants in bioretention systems.* Yang, Xiaohua, ve diğerleri. : Springer Science and Business Media LLC, March 2014, Chinese Science Bulletin, Cilt 59, s. 1446–1453. ISSN: 1861-9541.

42. Kraai, R, ve diğerleri. *San Francisco's Rainwater Harvesting Manual.* San Francisco : San Francisco Public Utilities Comission, 2016.

43. DIN 1989-1:2002-04. *Rainwater Harvesting Systems - Part 1: Planning, Installation, Operation and Maintenance.* Almanya : German Institude for Standardisation, Nisan 2002.

44. UK-RMA member companies. *Rainwater Harvesting Workshop Manual.* Nottinghamshire : UK Rainwater Management Association, 2015.

45. LaBranche, A, ve diğerleri. *Virginia Rainwater Harvesting Manual.* Salem, VA : The Cabell Brand Center, 2007.

46. Toyman. *Toyman Filtreler ve Plastik Küresel Vanalar.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 20 01 2024.] https://toyman.com.tr/filtreler-ve-plastik-kuresel-vanalar/.

47. Tamalen, P.G., Kapa, M., Harijano, H. Rainwater harvest using well infiltration technology in the dry land rural areas with semi arid climate. 2020, Cilt 14, s. 6577-6587.

48. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Yağmur Bahçesi Uygulama Kılavuzu. 2018.

49. Tunçay, Hayriye Eşbah. *SUYA DUYARLI ŞEHİRLER.* İstanbul : Türkiye Su Enstitüsü (SUEN), 2021. 978-605-7599-59-9.

50. Metro Water Services Stormwater NPDES Department. Rain Gardens for Nashville. *Ashworth Environmental Design.*[Çevrimiçi][Alıntı Tarihi:7122022.]https://static1.squarespace.com/static/5284323de4b02ae6e2aee65d/t/528b7eeae4b0d32bd54a730f/1384873706101/Rain+Garden+12_20_11.pdf.

51. Jaber, F, ve diğerleri. Stormwater Management:. *Rain Gardens, The Department of Soil and Crop Sciences and Texas A&M AgriLife Communications.* USA, 2012.

52. Müftüoğlu, V ve Perçin, H. Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi.* 2015, Cilt 5, 11.

53. Demir, D. Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri ile Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği. İstanbul, 2012.

54. *Studies on Infiltration Rate of Pervious Concrete. Nune,* Srikanth. 2021.

55. Quality, *NC Environmental. NCDEQ Stormwater Design Manual.* 2017. s. 198-200.

56. Türkiye Hazır Beton Birliği. *Geçirimli Beton Uygulama Kılavuzu.* 2018.

57. Custom Concrete. How pervious concrete can aid city drainage. *Custom Concrete.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 11 01 2024.] https://www.customconcrete.biz/2022/05/30/how-pervious-concrete-can-aid-city-drainage/.

58. Tokgöz, Gülay, Karaahmetli, Sedat ve Tokgöz, Serkan. Kentsel Peyzajlarda Geçirimli Beton Kullanımı ve Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi.* 2022.

59. Özay, Onur ve Öztürk, Ebru Arıkan. *Modifiye Edilmiş Poroz Asfalt Karışımların Performansı.* 2013.

60. Porous Asphalt vs Segmental Permeable Pavement. *Techno Bloc.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 25 01 2024.] https://pros.techo-bloc.com/porous-asphalt-vs-segmental-permeable-pavement.

61. KGM. Karayolu Teknik Şartnamesi. 2023.

62. NC Environmental Quality. *NCDEQ Stormwater Design Manual.* 2017. s. 198-200.

63. Auckland Regional Council (ARC). *Stormwater Treatment Devices Design Guideline Manual. Technical Publication.* 1992.

64. Metropolitan Council & Barr Engineering Company. Minnesota Urban Small Sites Best Management Practice (BMP) Manual: Stormwater Best Management Practices for Cold Climates. 2001.

65. California Stormwater Quality Association. Stormwater Best Management Practice (BMP) Handbook: New Development and Redevelopment. 2003.

66. Healty Waterways Partnership. Water Sensitive Urban Design (WSUD) Technical Design Guidelines for South East Queensland. 2006.

67. Department of Planning and Local Government. Water Sensitive Urban Design (WSUD) Technical Manual for the Greater Adelaide Region. 2010.

68. Ünal, U. ve Akyüz, D.E. Yağmur Hendeklerinin Kapasite ve Maliyet Hesapları. 2017, 7(2), s. 19-46.

69. SUEN Türkiye Su Enstitüsü. *Suya Duyarlı Şehirler.* İzmir : Türkiye Su Enstitüsü Kurumu, 2021. s. 93. 978-605-7599-59-9.

70. Tennessee Department of Environment and Conservation Division of Water Resources. *Tennessee Permanent Stormwater Management and Design Guidance Manual.* 2014. s. 103-115.

71. Design and Construction of Dry Wells in Pennsylvania. *Pennsylvania Housing Research Center.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 5 Temmuz 2022.] https://www.phrc.psu.edu/assets/docs/Publications/Dry-Well-Design.pdf.

72. Charlotte-Mecklenburg Storm Water Services. Charlotte-Mecklenburg Storm Water Design Manual-Enhanced Grassed Swale BMP Summary Fact Sheets. 2014.

73. Washington State Departmant of ecology. *Low Impact Development Guidance Manuel.* Washington : Ecology Publication, 2013. s. 60. 13-10-036.

74. CIRIA. The SuDS Manual. *Construction Industry Research and Information Association.* [Çevrimiçi] 2015. [Alıntı Tarihi: 8 12 2022.] https://www.ciria.org/Memberships/The_SuDs_Manual_C753_Chapters.aspx. 978-0-86017-760-9.

75. Minnesota Stormwater Steering Committee. *Minnesota Stormwater Manual.*

76. SusDrain. Component:Swales. *Susdrain.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 16 02 2024.] https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/swales-and-conveyance-channels/swales.html.

77. City of Phonenix. Green Infrastructure (GI) - Curb Cuts. *https://www.phoenix.gov/waterservices/envservices/stormwater-program/green-infrastructure/curb-cuts.* [Çevrimiçi]

78. Sustainable Technologies Evaluation Program. Curb Cuts. *https://wiki.sustainabletechnologies.ca/wiki/Curb_cuts#cite_note-OPSD-1.* [Çevrimiçi] 3 5 2022.

79. *LID Best Management Practices.* Eastern Washington : Department of Ecology, State of Washington, 2013.

80. Philadelphia Water Department. *The Philadelphia Stormwater Management Guidance Manual.* 2023. s. Bölüm 4.11.3.

81. United States General Services Administration (USGSA). *The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings.* 2011.

82. *Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?* Mentens, Jeroen, Raes, Dirk ve Hermy, Martin. (3), Leuven : Landscape and urban planning, 2006, Cilt 77. 217-226.

83. Omaha Regional Stormwater Design Manual Stormwater Best Management Practices. Stormwater Best. 2014.

84. The Grreen Roof Organisation (GRO). The GRO Green Roof Code of Best Practice. 2021.

85. Types of Green Roofs. *European Federation Green Roofs & Walls.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 16 12 2022.] https://efb-greenroof.eu/green-roof-basics/.

86. Mabon, Leslie, ve diğerleri. Fukuoka: Adapting to climate change through urban green space and the built environment? *Cities.* 2019, Cilt 93.

87. *The Greening of ACROS Fukuoka, an "Urban Mountain".* 2022.

88. Berndtsson, Justyna Czemiel, Bengtsson, Lars ve Jinno, Kenji. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecological Engineering.* 2009, 35(3).

89. *Yeşil Çatıların Ekoloji Bağlamında Değerlendirilmesi ve Turkcell Ar-Ge Binası Örneği.* Seçer Karpitaş, Füsun. İzmir : Dokuz Eylül Üniversitesi, 2010.

90. Freshwater Habitats Trust Org. *Clean water ponds for wildlife.*

91. *Pond-Aquifer Flow and Water Availability in the Vicinity of Two Coastal Area Seepage Ponds, Glynn and Bulloch Counties, Georgia.* Clarke, John S ve Rumman, Malek Abu. Georgia : USGS, 2005.

92. *Phytoremediation of heavy metal from leachate using imperata cylindrica.* Khairul Anam Moktar, Ramlah Mohd Tajuddin2. 258, Malaysia : EDP Sciences, 2019.

93. *Phytoremediation of Organophosphorus and Organochlorine Pesticides by Acorus gramineus.* Buyan Chuluun, Janjit Iamchaturapatr, Jae Seong Rhee. 4, Korea : The Korean Society of Environmental Engineers, 2009, Environmental Engineering Research, Cilt 14, s. 226-236.

94. *Root Exudates of Cyperus alternifolius in Partial Hydroponic Condition under Heavy Metal Stress.* Boopathy Usharani, Namasivayam Vasudevan. 9, India : Pharmacognosy Research, 2017, s. 294-300.

95. *Phytoremediation of cadmium by the facultative halophyte plant Bolboschoenus maritimus (L.) Palla, at different salinities.* Márcia S. S. Santos, Carmen A. Pedro, Sílvia C. Gonçalves, Susana M. F. Ferreira. Berlin : Springer, 2015.

96. *The potential use of plant species within a Renosterveld landscape for the phytoremediation of glyphosate and fertiliser.* DM Jacklin, IC Brink, J de Waal. 1, South Africa : ISSN, 2020, Water SA, Cilt 46, s. 94-103.

97. Hend M. Swaefy, Rasha A. El-Ziat, Hassan A. Khater. The Ability of Red Fountain Grass to Grow in Cadmium-Contaminated Soil. 2020, Cilt 11, 1, s. 17-23.

98. United States Environmental Protection Agency (EPA). Constructed Treatment Wetlands. 2004.

99. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü. *Yapay Sulak Alanlar El Kitabı.* Kocaeli : TUBİTAK, 2011.

100. Tennessee Department of Environment and Conservation Division of Water Resources. *Tennessee Permanent Stormwater Management and Design Guidance Manual.* 2014.

101. Soakwell Installation and Maintenance Services of Perth. *All About Soakwells.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 15 11 2023.]

102. Underground Modular Cistern. *Innovative Water Solutions.* [Çevrimiçi] https://www.watercache.com/portfolio/underground-modular-cisterns.

103. SYGM. Su Derinliği Haritası. *SYGM Taşkın Web Uygulaması.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 12 Aralık 2022.] https://taskinyonetimiportal.tarimorman.gov.tr/.

104. İZSU. https://www.izsu.gov.tr/tr/halkapinarkaynaklari/17/124. *Halkapınar Kaynakları.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi:] 2024.

105. Infiltracine Sistema Laidojimo Namuose. *Intelektualios Sistemos.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 16 02 2024.] https://www.intelektualiossistemos.lt/projects/fraenkische/laidojimo-namai/.

106. Research highlights growing trends of green roofs and green concrete. *Smart Cities World.* [Çevrimiçi] 18 01 2021. [Alıntı Tarihi: 15 03 2022.] https://www.smartcitiesworld.net/news/news/research-highlights-growing-trends-of-green-roofs-and-green-concrete-6016.

7. Ekler

SüngerKent Yönetmeliği

Evrak Tarih ve Sayısı: 10.10.2022-984749

T.C. İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

SÜNGERKENT UYGULAMALARI YÖNETMELİĞİ

BİRİNCİ BÖLÜM
Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

Amaç ve Kapsam

MADDE 1 - (1) Bu yönetmelik, sünger kent yaklaşımı ve yeşil altyapı yöntemleri ile yağmur suyu yönetimin sağlanması ve taşkın riskinin azaltılması için yapılacak uygulamaların belirlenmesini amaçlar.

(2) Bu Yönetmelik, İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde sünger kent oluşturma ile ilgili çalışmaları ve süreçleri kapsar.

Dayanak

MADDE 2- (1) Bu Yönetmelik, 5393 sayılı Belediye Kanunu'nun 14. maddesi (a) bendi, 15. Maddesi (e) bendi ve 77. Maddesi ile 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu'nun, 7. Maddesi (i) ve (r) bendleri, 16/12/2020 tarihli 1136 ve 1137 sayılı İzmir Büyükşehir Belediyesi Meclis kararlarınca onaylanan İzmir Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP) ve İzmir Yeşil Şehir Eylem Planı'na (YŞEP) dayanılarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 3 – (1) Bu Yönetmelikte geçen;

a) Bağlı Kuruluşlar: İZSU, ESHOT
b) Başkan: İzmir Büyükşehir Belediye Başkanını,
c) Başkanlık: İzmir Büyükşehir Belediyesi Başkanlığını,
d) Belediye: İzmir Büyükşehir Belediyesini
e) Bekletme havzaları: Yüzey depolama havzaları veya yağmur suyu akışının azaltılması yoluyla akış kontrolü sağlayan tesisleri,
f) Birim: Belediye bünyesinde bulunan daire başkanlıklarını, bağlı kuruluşları ve iştirakleri,
g) Biyolojik Hendekler: Kent içerisinde yol, otopark vb. geçirimsiz zeminlerden gelebilecek yağmur suyunu toplayan, depolayan ve sızdıran, genellikle doğrusal formlu, düşük eğimli, bitki hendeği,
h) Biyolojik tutma alanları: Tipik olarak altında drenaj sistemi bulunan, kirleticileri filtreleme ve akışı azaltma için planlanan, üzerinde bitkileri olan çukur peyzaj alanları,
i) Deniz çayırları: Deniz ortamında yaşamak için zamanla gelişen batık su peyzajını,
j) Dış paydaşlar: İdare harici kamu, kurum ve kuruluşları, şirketleri, işletmeleri, üniversiteleri, sivil toplum kuruluşları ve meslek odalarını,
k) Doğayla uyumlu yaşam stratejisi: İklim krizi ile mücadelede; doğa ile uyumlu, dirençli, refahı yüksek ve aynı zamanda biyolojik çeşitliliğini koruyan döngüsel bir kent inşa etme yolunda hazırlanan raporu,
l) Fitoremediasyon: Bitki ve bitkisel ürünleri kullanarak kirletilmiş alanların temizlenmesini, rehabilite edilmesini ve su kalitesinin artırılmasını,
m) Geciktirme tankları: Uzun bir süre boyunca serbest bırakılmak üzere yüzey akışını depoladıkları yer üstü tutma ve sızma havuzları gibi görevleri gören yapıları,
n) Geçirgen yüzey: Altında bir taş rezervuar bulunan kentsel yüzeyi,
o) Gönüllü: Bilgi, beceri ve yeteneğini, her türlü ortak çalışma, imkan ve zamanını ortaya koyarak, belediyenin proje ve çalışma alanı konusunda maddi bir kazanç beklemeksizin belediye hizmetlerine katılan gerçek ve tüzel kişileri,

p) Hendekler: Kirleticileri uzaklaştırırken akışı depolamak ve iletmek için tasarlanmış sığ, geniş ve bitki içeren kanalları,
r) Hiperakümülatör bitki: Toprak üstü organlarında topraktaki metal konsantrasyonundan 50-500 kat daha fazla metal biriktirebilen bitkileri,
s) İştirakler: Belediyenin hissedarı olduğu tüm şirketleri,
t) İzmir SECAP: İzmir Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planını,
u) İzmir YŞEP: İzmir Yeşil Şehir Eylem Planını,
v) Kent ormanı: Ağaçların kentsel bir ortamda, parklar ve diğer kamu arazileri içinde planlı kurulumunu ve yönetimini,
y) Nehir kıyısı: Nehir akışını takip eden hem doğal hem de yapay araziyi,
z) Personel: Memur, Sözleşmeli Personel, İşçi ve Diğer Destek Hizmet çalışanlarını,
aa) Sert drenaj kaplamaları: Geçirimli kaplamalar/kaldırımlar olarak da bilinen sert drenaj kaplamaları; döşeme yüzeyinden yağmur ve yüzey akış suyunun daha fazla süzülebilmesini sağlayan doğa esaslı uygulamayı,
bb) Su ayak izi: Birim işlemde tüketilen suyun miktarını ve türünü,
cc) Su kıyısı parkları: Fırtına veya aşırı yağışlarda taşkın riskini en aza indirmek için dere kenarında ve deniz kıyısında tasarlanmış rekreasyon alanlarını,
dd) Sünger kent: Yağmur suyunun sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri aracılığıyla yağmur sularını toplayacak, geciktirecek, drene edecek ve temizleyecek şekilde tasarlanacak kentleri,
ee) Sünger kent strateji kurulu: İdarenin belirleyeceği ilgili disiplinlerde uzmanlar ve belediye üst yönetiminden oluşan kurulu,
ff) Tampon şeritler: Tarlaların, ekilebilir arazilerin, ulaşım altyapılarının ve su yollarının kenarındaki doğal bitki örtüsü (çimen, çalı veya ağaç) alanlarını,
gg) Taşkın parkları: Yağış anında yüzey akış sularını depolayan ve taşkın riski geçtikten sonra, toplanan suyu yavaşça salarak akış hızını ve pik debiyi kontrol etmeyi hedefleyen park alanlarını,
hh) Taşkın yönlendirme (bypass) yolları: Belirli bir alanda taşkın riskini azaltmak için nehirden yönlendirilen ve taşkın suyu fazlasını alabilmesi için bilinçli olarak gelişmemiş haliyle korunan nehir yatağı içindeki bir alanı,
ii) Yağmur bahçesi: Yağmur bahçeleri, yüzey akışının zemine sızmasını artırmak, akıştan kirleticileri çıkararak su kalitesini iyileştirmek ve nihayetinde yağmur suyu yönetim sistemine giren yağmur suyu akışının hacmini azaltmayı amaçlayan bitkili havzaları,
jj) Yağmur suyu hasadı: Su depoları veya daha büyük depolama tankları kullanarak, daha sonra kullanılmak üzere yağmur suyunu kaynağında toplamayı ve depolamayı,
kk) Yapay sulak alanlar: Doğal sulak alanlarda gerçekleşen kirletici giderim süreçlerini yapay olarak kurulan alanlarda taklit etmeyi hedefleyen doğal su arıtma sistemlerini,
ll) Yaşayan dalgakıranlar: Deniz ile kıyı şeridi arasında genellikle su altında bir bariyer oluşturarak dalga enerjisini sınırlamak için tasarlanmış deniz yapılarını,
mm) Yeşil altyapı sistemleri: Yüzey suyu akışını geleneksel drenaj uygulamalarının oluşturduğu problemlerden koruyarak doğayla uyumlu yöntemler bütününü,
nn) Yeşil çatılar: Bitki örtüsü ile donatılmış binanın enerji performansını, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştiren, yağmur suyunun yarattığı problemlere yenilikçi çözümler getiren çatıları,
oo) Yeşil otoparklar: Yağmur suyu akışını azaltmak için geçirgen veya yarı geçirgen döşeme ve gözenekli tasarım tekniklerini içeren otoparkları,
pp) Yeşil sokaklar: Yol ve kaldırım arasında daha düşük kotta yer alan yeşil alanlar ve yol ağaçları ile yaratılan sokağın genel tasarımını,

tanımlar.

İKİNCİ BÖLÜM
Sünger Kent Prensiplerine Dair Genel Esaslar

14.09.2022

Genel esaslar

MADDE 4 - (1) Sünger kent oluşturma sürecinde uyulması gereken genel esaslar şunlardır:

a) Su döngüsü ve kaynakları bir kentin birincil düzeyde korumakla yükümlü olduğu değerlerdir. Dere kenarlarında ve taşkın yataklarında yapılaşma sınırlandırılarak, bu alanlarda doğa esaslı iyileştirme çalışmaları yapılır.

b) Yenilikçi, doğa esaslı ve yeşil altyapı teknikleri planlanarak bütüncül bir yaklaşım ile yağmursuyu yönetimi sağlanır.

c) Geçirgen yüzeyler ve açık alanların korunması ve geliştirilmesi sağlanır.

d) Taşkın önleme çalışmalarına ilişkin uygulamalar, ilgili bölgeye özgü tasarlanır.

e) Taşkın riski bulunan alanlar tespit edilerek, yapılacak çalışmalara öncelik verilir.

f) Birleşik kanalizasyon altyapısı yerine ayrık yağmursuyu ve kanalizasyon altyapı sistemleri anlayışına uygun olarak çalışmalar planlanır.

g) Yağmursuyu akışının yavaşlatılması, doğal zeminlerden en yüksek sızmanın sağlanması ve doğal drenaj çözümlerinin üretilmesi sağlanır.

h) Yağmur bahçeleri, kalıcı veya geçici su tutma alanları oluşturularak yeşil altyapı sistemleri desteklenir.

i) Dere yatakları ve sulak alanlar gibi su kütlelerinin rehabilitasyonu sünger kent oluşumuna uygun yapılır.

j) Mevcut yapılaşmış alanlarda, taşkın riskinin ve potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde kamunun mülk edinim yöntemleri kullanılır.

k) Yeşil alanlarda iklim değişikliğine dirençli az su isteyen bitki türlerinin kullanılmasıyla doğayla uyumlu yeşil altyapı sisteminin kurulması ve uygulanması sağlanır.

l) Yeşil altyapı sistemleri ile bütüncül yöntemler çerçevesinde su döngüsü yönetilerek atıksu miktarının azaltılması sağlanır.

m) İdare ve dış paydaşların sünger kent uygulamaları için geliştirecekleri proje ve çalışmalarda belediyenin belirleyeceği kriterlere uyan gönüllü katılımları ile çalışmaların verimli hale gelmesi sağlanır.

n) İdare ve iştiraklerinin kontrolünde bulunan başta yeşil alanlar olmak üzere tüm kamusal alanlarda kullanılacak malzemenin doğa ile uyumlu, su döngüsüne olumlu katkı sunabilecek ve döngüsel ekonomi üretimi olmasına yüksek derecede önem verilir.

o) Kıyı taşkınlarını önleme çalışmalarında su kıyı parkları, kıyı bataklıkları, deniz çayırları ve yaşayan dalgakıranlara öncelik verilir.

p) Nehir taşkınlarını önleme çalışmalarında taşkın yönlendirme yollarına, taşkın kırıcı çitlere ve doğal sulak alan kenarlarına yapılan stabilizasyon ile nehir kıyısı tamponu yapılarına öncelik verilir.

r) Kentsel ve kırsal yağmursuyu akışı yönetimi çalışmalarında sürdürülebilir altyapı yöntemleri kullanılır.

s) Sünger İzmir modeli kapsamında uygulanacak yeşil altyapı tekniklerinin tasarımı ve teknik standartlarının belirlenmesi için bu yönetmelik kapsamında hazırlanacak kılavuzlar esas alınır.

14.09.2022

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
Görev, Yetki ve Sorumluluklar

Birimlerin görev, yetki ve sorumlulukları

MADDE 5- (1) Sünger kent ilkelerinin uygulanmasına yönelik görevler, yetki ve sorumluluklar şunlardır:

a) Tüm altyapı yatırımlarında belediye sorumluluğundaki alanlarda doğa dostu ürünler kullanılmasını yaygınlaştırır. Kullanılan tüm malzemelerin döngüsel ekonomi ve döngüsel kent temellerinde bir kent inşasına olanak sağlayacak şekilde seçilmesine özen gösterilir.

b) Biriktirme ve yeraltına deşarj etme yöntemlerini içeren uygulamaların esas alındığı projeler önceliklendirilir ve mühendislik çözümleri geliştirilir.

c) Sünger kent çalışmaları kapsamında, yerel ve doğal dokuya uygun malzemelerin seçilmesi, kullanılacak malzemelerin İzmir ili ve çevresinden temini önceliklendirilir.

d) Su abonelerinin verimli su kullanımı ile su kaynaklarının korunması ve daha az karbon salımına yönelik teşvik edici unsurlar yaratılır.

e) Aşırı su tüketimi karşısında tarife belirleme yetkisini kullanarak verimli su kullanımını teşvik edici ücretlendirme sistemi oluşturulur.

f) Kayıp, kaçak seviyesini düşürmek için yıllara sari program oluşturulur ve bu programa bağlı olarak yatırım kararları alınır.

g) Yağmur suyunun atık su hattına karışmasını önleyici tedbirler alınır.

h) Yeraltı su kaynaklarının korunması ve kontrolsüz kullanımının önlenmesi için her türlü çalışmayı ilgili kurum, kuruluş, paydaşlar ve sivil toplum kuruluşlarıyla organize edilir.

i) Hizmet binalarının ve tesislerinin yağmur suyunu hasat etmesi ile başta hizmetlerinde kullanmak üzere depolanmasına yönelik girişimlerde ve yatırımlarda bulunulur. Bu anlamda vatandaşa örnek teşkil edecek uygulamalarda öncülük edilir.

j) Yüzey akışlarında, yağış emilimini esas alan malzeme seçimine özen gösterilir.

k) Doğal alanlarda ve kent peyzajında kuraklık ile mücadelede, yerel bitki deseni tercih edilir. Bitki desenini kategorize ederek park ve bahçe tasarımlarında kullanılmak üzere doğa envanteri oluşturulur.

l) Doğal su döngüsünün korunmasına dair tedbirleri öneren çalışmalar yapılır.

m) Kent peyzajında yağmur bahçelerinin kullanımını yaygınlaştırarak kente ekolojik ve estetik değer katılır. Mevcut ve yeni tasarımlarda yağmur bahçelerinin kurulması teşvik edilir.

n) Taşkın ve heyelan alanlarında hızla kentsel dönüşüm çözümleri yaratılır ve çalışmalar önceliklendirilir. Taşkın bölgelerinin kamulaştırılması, kamuya açık alan haline getirilmesi şeklinde rehabilitasyon sağlanır.

o) Taşkın riski yüksek olan bölgelerde yağmur suyu yönetimi amacıyla teknik analizlere dayalı çalışmalar yapılır.

p) Yağmur suyu hasadı ile ilgili yapılacak olan çalışmalar teşvik edilir.

r) Taşkınların doğa esaslı ve yeşil altyapı yöntemleriyle önlenmesi konusunda vatandaş teşvik edilerek uygun koşullarda iş birliği yapılır.

s) Mevcut yaya yollarında ve yayalaştırma yapılması planlanan alanlarda yeşil altyapı teknikleri uygulanır.

Sünger kent çalışmalarına gönüllü katılım ilke ve esasları

MADDE 6 - (1) Gönüllü sorumlulukları aşağıdaki gibidir:

a) Gönüllü, bu Yönetmelikte belirtilen iş ve işlemleri mevzuat çerçevesinde, gönüllülük esasına dayalı yapar.

b) Yapılacak çalışmayla ilgili teknik bilgiyi, İdare'nin ilgili biriminden sağlar ve çalışmalara dahil olur.

c) Su tüketimini asgari seviyede tutmak için su verimli tesisat ve teçhizatın yenilenmesi konusunda duyarlılık gösterir.
d) Yeraltı su kaynaklarının korunması ve kontrolsüz kullanımının önlenmesi için ilgili kurum, kuruluş ve diğer paydaşlar tarafından organize edilen farkındalık çalışmalarına katılmaya özen gösterir.
e) İdare ile iş birliği yapan gönüllü yapılacak çalışmalarla ilgili bilgilendirme faaliyetleri yapar.
f) Su ayak izi azaltılması konusunda eğitim ve uygulama faaliyetlerine katılır.
g) Gri suyun yeniden kullanılması için gerekli arıtma sistemlerinin kurulması ve teşvik mekanizması hakkında ilgili birimlerden destek alır.
h) Tüzel kişilerin ve işletmelerin kendi faaliyetlerinde döngüsel ekonomi kavramını, ekolojik çözümlerini, su tasarruflarını önceliklendirmek üzere danışmanlık veya iş birliği fırsatı yaratır.
ı) Muhtarlar, mahallelerindeki katılım ağı ve iyi uygulama örnekleri çerçevesinde belediye ile iş birliği fırsatları oluşturur.
j) Gönüllülük esası ile katılım sağlayanlara belediye tarafından belirlenecek kriterler neticesinde bir kent künyesi olarak tasarlanan "Mavi Çember" belgesini alır ve ''Mavi Çember Ağına'' dahil olur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
Kıyı Taşkınları

Su kıyı parkları

MADDE 7 - (1) Taşkınlardan kaynaklı zamanla hasara uğrayan ve mevcut durumda işlevini yerine getiremeyen alanların rehabilitasyonu için su kıyı parkları tasarlanır.

Kıyı bataklıkları

MADDE 8 - (1) Kıyı bataklıkları büyük ölçüde, normal bir gelgit döngüsü boyunca, düzenli su baskını ve ayrıca tuza dayanıklı bitkilerin mevcudiyeti ile karakterize edilerek tasarlanır.

Deniz çayırları

MADDE 9 - (1) Deniz çayırları, su akımlarını yavaşlatarak dalga hareketinin etkisini azaltmak ve ekosistemi zenginleştirmek için yetiştirilir. Deniz ekosistemi bütüncül olarak korunmalı ve deniz çayırları özellikle mercan resifleri, istiridye resifleri veya kıyı bataklıkları ile uyum içinde bir arada olmalıdır.

Yaşayan dalgakıranlar

MADDE 10 - (1) Fırtına olayları sırasında dalga enerjisini azaltmak için, doğal habitat bileşenleri dahil edilerek kıyı şeridinde korunma sağlanmalıdır.

BEŞİNCİ BÖLÜM
Nehir Taşkınları

Taşkın yönlendirme yolları

MADDE 11 - (1) Kanallar, taşkın yatağında risk altındaki alanın konumuna bağlı olarak yaklaşık 500-1500 metre uzunlukta olmalıdır.

Taşkın kırıcı çitler

MADDE 12 – (1) Taşkın çitleri:

a) Yer örtücü, çalı, ağaççık ve ağaç gibi farklı tiplerde bitki konfigürasyonuna sahip olmalıdır.
b) Kalıcı bitki örtüsü nedeniyle tampon şeritler tasarlanarak etkili su sızması ve yüzey akışının yavaşlaması sağlanmalıdır.
c) Tampon şeritler, nehir kıyısı bölgelerinde veya su kütlelerinden uzakta olan tarla kenarları, sürülmemiş araziler veya tarlalar içine yerleştirilmelidir.

d) Taşkın çitleri uzun ve dik eğimler boyunca, özellikle tampon şeridin olduğu yerlerde yüzey suyunun şiddetli akıntıya dönüşmeden önce, toprak erozyonunu azaltmak amacıyla yüzeyden akan suyu yavaşlatmalı ve durdurmalıdır.
e) Özel mülke isabet eden kısımlar için çevre sakinlerinin farkındalığının artırılması ile iş birlikleri geliştirilir.

Doğal sulak alan kenarlarında stabilizasyon ve nehir kıyısı tamponu

MADDE 13 - (1) Doğal sulak alan kenarlarının stabilizasyonu ve nehir kıyısı tamponu, nehirlerin doğal hareketini sağladığından mevcut dere kıyıları yeniden doğallaştırılmalıdır. Ekolojik bileşenlerinin geri kazanılması, verilen zararların onarılması, kıyının stabilizasyonu ve nehirlerin bağımsız olarak hareket etmesi sağlanmalıdır.

ALTINCI BÖLÜM
Kentsel ve Kırsal Yağmursuyu Akışı

Sürdürülebilir altyapı yöntemleri

MADDE 14 – (1) Yağmur suyu akışını yağışın düştüğü alanda yöneterek, yüzey akışını azaltacak ve taşkın oluşumunu önleyecek doğa ile uyumlu yeşil altyapı yöntemleri uygulanmalıdır.

a) Kent içerisinde parklar, yeşil alanlar, refüjler gibi kamusal açık alanlar, geçirimsiz yüzeylerden gelen yağmur sularını toplayacak, geciktirecek, drene edecek ve temizleyecek şekilde planlanır.
b) Biyolojik-Hendekler
1) Bir karayolundan veya park yerinden gelen yağmur suyunu yağmursuyu sistemine veya sızdırma hendeklerine iletilecek şekilde tasarım yapılmalıdır.
c) Yağmur suyu hasadı
1) Yüzey akış hasadı; müdahale görmüş havzalarda yerel ve serbest yüzey akışın toplanması ve depolanması sağlanır. Toplanan yüzey akışının, sulama ve temizlik için kullanılacak şekilde filtrelenmesi ve depolanması sağlanmalıdır.
2) Çatı hasadı; toplanan yağmursuyunun genellikle bir oluk sistemi ile toplanarak temizlik ve sulama amaçlı kullanılacak şekilde filtrelenmesi ve depolanması sağlanmalıdır.
3) Kurum, gönüllülük esası ve/veya talep üzerine özel ve kamusal alanlarda yağmursuyu hasadına yönelik belediyenin belirleyeceği gönüllülük esaslarına uygun kurum ve kişilerle ortaklıklar kurabilir, insan kaynağı yönlendirebilir, amacına uygun kullanılmak şartıyla yağmursuyu deposu ve yağmur bahçesi kurulumu için bitki, malç, toprak sağlayabilir, teşvik ve teknik destek verebilir.
4) Tarım arazileri ve sera alanlarında yağmursuyu hasadına yönelik olarak biriktirme ve sızma havuzları, yağmursuyu hendekleri vb. teknikler uygulanır ve teşvik edilir.
5) Kent içi tüm sokak ve bağlantı yollarının su baskını ve taşkın risklerinin önlenmesinde sünger kent prensipleri esas alınır. Bu alanların belirlenmesi ve dönüştürülmesine yönelik planlama çalışmaları belediye tarafından yürütülür.
6) Kent içerisindeki bütün dereler, su yolları ve sulak alanların yeşil ekolojik koridorlara dönüştürülmesi esas alınarak sünger kent prensibiyle planlanır ve tasarlanır.
7) Bu amaçları yerine getirmek adına belediye ile gönüllülük esasında iş birliği kuran paydaşları kayıt altında bulundurabilmek, ortak çalışmayı ve yağmur hasadını denetlemek için mavi çember belgelendirmesi yapılır.
d) Su tutma yönetimi
1) Orman toprakları genellikle diğer arazi örtüsü türlerinden daha iyi sızma kapasitesine sahiptir. Yüksek rölyefli alanlarda, heyelan riskini azaltmak için kaynak suyu toplama havzalarının ağaçlandırılması, şev stabilizasyonu sağlanmasına yönelik olarak ilgili kurumlarla ortak çalışma zemini yaratılır.
e) Yağmur bahçesi

1) Geçirgen bir toprak karışımı, doğal bitki örtüsü ve fitoremediasyon yapabilen bitkiler içermelidir.
f) Taşkın parkı
1) Atıksu ve yağmursuyu hattına giren yağmur suyu yükünü azaltır.
2) Taşkın park planlanırken ve tasarlanırken, aşağıdaki hususlar yerine getirilir:
a) Taşkın parklarının seçimi ve yerleşiminde çukur alanın yeraltı suyu seviyeleri dikkate alınır.
b) Yüzen bahçenin su tutma kapasitesi ve genişliği, salın yapısına ve üzerine yerleştirilen/yetiştirilen malzemenin ağırlığına bağlı olarak belirlenir.
c) Tutma havuzu
g) Taşkın parkında bulunan tutma havuzunun depolama kapasitesi, toplama havzasına ve yağış özelliklerine uygun olacak şekilde planlanmalıdır.
h) Sert drenaj kaplamaları
1) Sert drenaj kaplamaları yağmur suyunu kontrol etmek, yüzey akışını ve yüzey suyu durgunluğunu azaltmak ve ilave filtreleme yoluyla alt tabaka katmanlarındaki su kalitesini iyileştirmek üzere tasarlanmalıdır.
i) Bekletme havuzu
1) Mevcut topoğrafyada alçak kotta kalan görece çöküntü alanların yeşil altyapı tekniklerinin uygulamasında kullanılması, yeni düşük kotlu alanların kazılması veya bentler inşa edilmesi ile birkaç farklı şekilde tasarlanarak sorunlu bölgenin risk potansiyelinin düşürülmesi hedeflenir.
j) Bekletme havzası
1) Oyun alanı, dinlenme alanı veya kamusal açık alan kullanımında değerlendirilebilir.
2) Bekletme havzasının derinliği genellikle su kalitesi hacimleri dikkate alınarak tasarlanır. Sulak bekletme havzaları da su arıtma potansiyelleri kullanılarak temiz su döngüsü işleyişine etki sağlaması hedeflenir.
3) Geçici depolama için kalıcı havuzun üzerinde ek depolama kapasitesi oluşturacak yapıların planlanması ile kapasite genişletmesi yoluna gidilebilir.
k) Yeşil çatılar
1) Yeşil çatı, bir yapının üzerine inşa edilmiş, bitki örtüsüyle kaplı, tipik olarak su geçirmez bir zar, drenaj ve filtreleme katmanları ile yetiştirme ortamı (zemin), sulama ve bitki materyallerini içerecek şekilde tasarlanmalıdır.
r) Kent ormanı,
1) Ağaçların kentsel bir ortamda, parklar ve diğer kamu arazileri içinde planlı kurulumu ve yönetimi olarak ele alınmalıdır.
2) Ağaçları kentin bir nesnesi değil sakini olarak görerek, kent ormanlarının oluşumunda, yeşil koridor planlaması ile yeşil alanların birbirinden kopuk ve parçalı olması yerine aynı ağın birer bileşenleri olması, yeşil koridorların varlığı ile kentin rekreatif ve ekolojik değerlerinin artırılması ve su akışının kent merkezinde yavaşlatılması sağlanacak şekilde planlanarak uygulanmalıdır.
s) Yeşil Sokaklar
1) Yeşil sokaklar yeni yol inşaatı ve iyileştirme uygulamalarına dahil edilerek doğa ile kent geçişine uyumlu hale gelecek şekilde görünümlerini tamamlamak üzere tasarlanır.
2) Yeşil sokaklar; ağaçlar, bitki yağmur hendeği ve yağmur bahçeleri gibi tamamlayıcı doğal altyapı çözümlerini içerebilir.
t) Yeşil otoparklar, geçirimli yüzeyler oluşturularak yağmur suyu yönetimini sağlar. Sınırlı yeşil alanlar yeşil otoparklarla genişletilerek peyzajı taşkın risklerini azaltacak ürünlerle desteklenir ve kentsel ısı adası etkilerini azaltacak şekilde tasarlanır.

YEDİNCİ BÖLÜM
Yapılarda Yağmursuyu Toplama ve Deşarj Sistemleri

Deşarj sistemleri uyguiamaları

MADDE 15- (1) Yağmursuyu toplama ve deşarj sistemlerinin uygulamasında:

a) Yapılarda çatı suyu iniş borularının ve balkon suyu iniş borularının ayrı olması esastır.

b) Yapı balkon suyu iniş boruları bina atıksu parsel bacasına bağlanır.

c) Yapılarda atıksular ve yağmur suları (çatı ve bahçe/zemin yüzeyi drenaj suları) için ayrı bina tesisatı yapılıp ayrı parsel bacalarında toplanır.

MADDE 16 – (1) Yapılarda atıksular ve yağmur suları toplanırken aşağıdaki hususlar dikkate alınır:

a) Atıksular ve balkon yağmursuyu iniş boruları atıksu şebekesine bağlanır.

b) Yağmursuyu şebekesinin bulunduğu alanlarda yağmur suları (çatı ve bahçe/zemin yüzeyi drenaj suları);

1) Yağmursuyu şebekesine bağlanabilir.
2) Bahçede tesis edilecek yağmursuyu bahçesine bağlanabilir.
3) Yağmursuyu deposunda toplanabilir.

c) Yağmursuyu şebekesinin bulunmadığı alanlarda yağmur suları;

1) Bahçede tesis edilecek yağmursuyu bahçesine bağlanabilir.
2) Yağmursuyu toplama tankında toplanabilir.

MADDE 17 – (1) Yağmur suyuna kirletici baskı ve etkiler oluşturan tesislerde(sanayi tesisleri, sanayi siteleri vb.); bahçe/zemin yüzeyi drenaj sularını toplayan yağmursuyu çıkışlarının yağmursuyu şebekesine, dere yatağına veya drenaj hattına bağlanması öncesinde dinlendirme havuzları ve yağ tutuculardan geçirilebilir.

SEKİZİNCİ BÖLÜM
Belgelendirme

Mavi Çember

MADDE 18 – (1) Belgelendirme için başvuru yapan gönüllü, işletme ve kuruluşların belediye tarafından belirlenecek kriterlere uygun olmaları gerekmektedir. Kriterleri sağlayan başvurular belediye tarafından hazırlanan mavi çember belgesini almaya hak kazanır.

(2) Su yönetimi ile ilgili çalışmaları belirtilen kriterlere uygun gönüllü, işletme ve kuruluşlar mavi çember etiketine sahip olur.

(3) Kriterleri sağlayarak mavi çember belgesi almaya hak kazanan gönüllü belediye tarafından oluşturulacak ''Mavi Çember Ağı''na katılır.

Belge Kriterleri

MADDE 19 – (1) Belgelendirme için başvuru yapan gönüllü, işletme ve kuruluşların belediye tarafından belirlenen kriterleri yerine getirmeleri ve kriterleri sağlama devamlılığı göstermeleri gerekmektedir.

(2)Kriterlerin sağlanmasının sürekliliği belediye tarafından yıllık olarak denetlenir.

DOKUZUNCU BÖLÜM
Çeşitli ve Son Hükümler

Yürürlük

MADDE 20 - (1) Bu Yönetmelik, İzmir Büyükşehir Belediye Meclisi tarafından onaylandığı tarihten itibaren yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 21 - (1) Bu Yönetmeliğin hükümlerini Büyükşehir Belediye Başkanı yürütür.

SÜNGER KENT
İZMİR

Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi, İZENERJİ A.Ş.
İsmet Kaptan Mah. Şevket Özçelik Sok.
No: 57/B Kat: 4 Konak / İzmir

sungerkent@izmir.bel.tr
sungerkent.izmir.bel.tr

İZENERJİ
İZMİR **BÜYÜKŞEHİR** BELEDİYESİ