

## Kentsel Yeşil Altyapı Sistemlerinde Yağmur Bahçesi Tasarımı: Aydın Örneği

**İsmail Kuzey ÖZDOĞAN<sup>1</sup>**, **Abdullah AKPINAR<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın, Türkiye

**Öz:** Günümüzde karşı karşıya kaldığımız iklim değişikliği, dünyanın farklı bölgelerinde hem aşırı kuraklıklara hem de aşırı yağışlara sebep olmaktadır. Bu durum yağmur suyunun kontrolü ve depolanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada geçmişte yapılan örneklerden yola çıkılarak, yağmur bahçesi kavramının gelişim süreçleri, tasarım ve planlama kriterleri ve uygulama çalışmaları detaylı olarak incelenmiştir. Veriler analiz edilerek Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Merkez Kampüsü'nde belirlenen otopark ve yeşil alanlarda yağmur bahçesi tasarlanmıştır. Alanda 6 ayrı yağmur bahçesi olmak üzere toplam büyüklüğü yaklaşık 1500 m<sup>2</sup> olacak şekilde yağmur bahçesi tasarlanmış buna ek olarak 360 araçlık otopark düzenlenmiştir. Ayrıca yağmur bahçesi tasarımından maddi kaynak elde edilebilmesi üzerine, alana 1 adet araç yıkama istasyonu ve 1 adet sera tesisi tasarımı yapılmıştır. Kurulan bu sistemlerin su ihtiyacının, yağmur bahçelerinden temin edilmesine olanak sağlayan sistemler geliştirilmiştir. Sonuç olarak üniversite kampüsüne hem doğal bir görüntü sağlanması hem yağmur sularının yüzey akışına geçmesinin önlenmesi hem de yağmur suyunun depolanarak kullanılabilmesi için yağmur bahçesi tasarımı gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yağmur bahçesi, drenaj, yüzey akışı, geçirgen yüzey kaplamaları, yeşil alan

**Rain Garden Design in Urban Green Infrastructure Systems: The Case Study of Aydın**

**Abstract:** The climate change we are facing today causes both extreme droughts and excessive precipitation in different parts of the world. This situation has revealed the necessity of controlling and storing rainwater. In this study, the development processes of the concept of rain gardens, design and planning criteria, and implementation were examined in detail by examining the examples made in the past. By analyzing the data, rain gardens were designed in the determined parking lot and green areas in Aydın Adnan Menderes University Campus. In the area, a total size of approximately 1500 m<sup>2</sup> rain garden, including 6 separate rain gardens, has been designed, in addition to this, a parking lot for 360 vehicles has been arranged. In addition, upon obtaining financial resources from the rain garden design, 1 car wash station and 1 greenhouse facility were designed in the area. Systems have been developed that allow the water needs of these established systems to be supplied from rain gardens. As a result, rain garden designs were carried out to both provide a natural appearance to the university campus, to prevent rainwater from passing to impervious surfaces, and to store and use rainwater.

**Keywords:** Rain garden, drainage, runoff, pervious surfaces, green space

### GİRİŞ

Kentsel altyapının ekosistem hizmetlerinin kalitesi üzerinde önemli etkileri vardır. Kentsel yeşil alanların, toprak katmanlarını tamamen kapatan beton ve asfalt gibi geçirimsiz yüzeylerle yer değiştirmesi nedeniyle ekosistem hizmetlerinin kalitesi yıldan yıla kötüleşmektedir (Ishimatsu ve ark., 2017; Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Bu nedenle biyolojik çeşitlilik küresel olarak çoğu şehirde kaybolmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği nedeniyle yağış düzenleri önemli ölçüde değiştiğinden, yağmur sularının neden olduğu kentsel taşkınlar son zamanlarda kent sakinlerini tehdit etmektedir. Şehirlerle ilgili en dikkat çekici şey, kentsel yayılma ile, şehirlerin dünya kara yüzeyinin yalnızca %3'ünü kaplamalarına rağmen dünya nüfusunun yarısından fazlasına ev sahipliği yapmalarıdır (Wu, 2010). Geçirimsiz yüzeylerin artan yüzey alanının belki de en geniş kapsamlı etkisi, hidrolojik rejimlerin değişmesi ve özellikle yerel akarsu dışındaki değişikliklerdir (Gallagher ve ark., 2011). Son yıllardaki yağmur suyunun yoğunluğu, geleneksel kanalizasyon sistemlerinin kapasitesinin tamamen ötesindedir. Küresel ısınma nedeniyle yağmur suyunun yoğunluğu artmaya devam ederse, taşkın nedeniyle

insanlara ve özel varlıklara verilen zararın miktarı artacaktır (Ishimatsu ve ark., 2017).

Ek olarak, yeterli yağmur suyu tutma sistemleri olmadan, yüzey suları birikebilir ve sadece yakınlarındaki alanları sular altında bırakmakla kalmaz, aynı zamanda besinleri ve kimyasalları yakınındaki sulak alanlara ve su kütlelerine taşır (Fu ve ark., 2005). Yağış sırasında, ilk birkaç santimetrelik su akışı, antropojenik kirleticilerin çoğunu içerir. Yol yüzeylerinde biriken yağlar ve diğer kimyasallar yağmurla yıkanır ve bu ilk su akışı yakındaki akarsulara, göletlere ve sulak alanlara akar (Hostetler, 2009). Böylece, kentleşme ve inşaat alanlarının artması, sadece kirlilik kaynaklarının artmasına değil, aynı zamanda geçirimsiz yüzeyler üzerinden kirletici taşıma oranlarının da artmasına neden olabilir (Fu ve ark., 2005). Bu nedenle, doğal alanları veya taşkın özelliklerini kirlüten su hacimlerini önlemek için akışın

**\*Sorumlu yazar:** [aakpinar@adu.edu.tr](mailto:aakpinar@adu.edu.tr)

**Geliş tarihi:** 6 Haziran 2023

**Kabul tarihi:** 24 Ekim 2023

yaşatılması ve tutulması gerekir (Hostetler, 2009; Van-Meter ve ark., 2011).

ABD, Kanada, Avustralya ve İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde, bir tür 'düşük etkili geliştirme' olarak tanımlanan yağmur bahçeleri, yağmur suyu akışını düzenlemek ve kentsel alanlarda biyolojik çeşitliliği artırmak için en iyi yönetim uygulaması olarak önerilmektedir (Ishimatsu ve ark., 2017). Düşük etkili geliştirme, geleneksel yağmur suyu yöntemlerine bir alternatiftir ve geliştirme sonrası hidrolojik olarak işlevsel bir peyzajın sürdürülmesine odaklanan ekolojik olarak duyarlı bir geliştirme stratejisidir (Penniman ve ark., 2013). Yağmur bahçeleri, arazide ağaçlar ve/veya çalılar dikilmiş ve bir kabuk malç tabakası veya yer örtüsü ile kaplanmış sığ çöküntülerdir (Dietz ve Clausen, 2005; Demir, 2012). Yağmur bahçeleri esas olarak iyi drene edilmiş, gözenekli yataklardır ve yağmur suyunu sivrisinek üremesini engellemek için yağmurdan sonra birkaç saat boyunca ve maksimum 36 saate kadar genellikle 100 ila 300 mm derinlikte biriktirir. Bazen doğal çöküntüler korunarak yağmur bahçeleri olarak kullanılabilir. Yüksek mühendislik ürünü yağmur bahçeleri için, kazılan yatak genellikle jeotekstil ile astarlanır ve daha sonra derinlikle birlikte kabalığı artan ortamlarla kaplanır. Yağmur bahçeleri genellikle aşağıdan drene edilir ve her zaman büyük fırtınalardan kaynaklanan yüzey akışının çoğunun geçtiği bir taşma veya yangeçitlemeye sahiptir (Ishimatsu ve ark., 2017). Kuru dönemlerde toprak, bitkilerin büyümesini sağlayan yağmur suyunu emer ve depolar. Bir alan için uygun türlerin dikilmesi ile çok az sulama gerekir veya hiç sulama yapılmaz. Kurulduktan sonra kendi kendini sulayan, kendi kendini döleyen bahçelerdir ve özellikle kentsel ortamlarda yerel bitkileri desteklemek için uygundur (Hostetler, 2009). Merkezi olmayan yağmur suyu yönetim sistemleri olarak yağmur bahçeleri gibi yeşil altyapının uygulanması için boş araziler esnek bir şekilde yeniden kullanılabilir (Shuster ve ark. 2014). Sürdürülebilir arazi kullanımına ulaşmanın en iyi yollarından biri, geçirimsiz ve kahverengi alanların yağmur bahçeleri olarak tasarlanması olacaktır. Ülkemizde her yıl artan sel ve taşkınlar nedeniyle ilerleyen yıllarda Türkiye'de yağmur bahçelerine talebin artması muhtemeldir, ancak yağmur bahçeleri ile ilgili yeterince çalışma ve araştırma ülkemizde yapılmamıştır. Bu kapsamda bu çalışmanın amacı Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Merkez Kampüsü'nde yer alan ve büyüklüğü 11.455.205 m<sup>2</sup> olan otopark alanı ve mühendislik fakültesi girişinde yer alan yeşil alanlar içerisinde yağmur bahçesi kurgulaması ve buralardan elde edilecek sızma suyunun depolanıp kullanılabilceği bir sistemin oluşturulmasıdır. Bununla birlikte alan içerisinde yeni bitkisel bölgeler oluşturularak bölgenin görsel, estetik ve iklimik değerlerinin iyileştirilmesi planlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı materyalini Aydın Adnan Menderes Üniversitesi merkezi derslikler binası yanındaki büyük otopark alanı ve girişindeki yeşil alanlar oluşturmaktadır. Çalışma alanının toplam yüz ölçümü yaklaşık olarak 13.500 m<sup>2</sup>'dir. Bunun 11.455.205 m<sup>2</sup>'si otopark alanı geriye kalan kısmı ise yeşil alanlardan oluşmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanında genellikle % 2 - 4 arasında eğim olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerlere Google Earth programı eğim haritası özelliği kullanılarak ulaşılmıştır (Şekil 2). Yüzeyin eğim düzeyi çalışma alanının seçilmesinde önemli bir etken olmuştur.

Çalışma oluşturulması sürecinde yardımcı programlar olarak, Google Earth Pro, ArcMap 10.5, AutoCad 2017, Sketchup 2017, Adobe Photoshop CC 2017, Lumion 6 ve Microsoft Office araçları kullanılmıştır.

Şekil 1. Çalışma alanının konumu (Google Earth, 2021)



Şekil 2. Çalışma alanının eğim durumu (Google Earth, 2021)



Çalışmanın yöntem safhası oluşturulurken önemli kaynaklardan yararlanılarak fikir haritası çıkarılmıştır. Ancak çalışmanın projelendirilmesi aşamasında genellikle alan özelliklerine dayalı ve alana özgü tasarım ve planlama süreçleri uygulanmıştır.

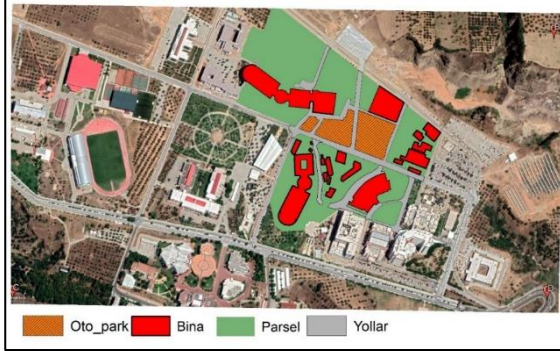
Çalışmanın yönetimi dört aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama çalışma alanın konumunun belirlenmesidir. İkinci aşama alana ait mevcut veya eski tüm fotoğraf, harita, uydu görüntüsü, yazılı literatür, not ve belgelerin araştırılmasıdır. Üçüncü aşama ise bu verilerin analiz edilmesini ve çalışmanın fikir haritasının oluşturulmasını içerir. Dördüncü ve son aşama ise alan için gerekli yağmur bahçesi miktarının hesaplanması ve buna bağlı olarak projelendirme çalışmalarının yapılmasıdır.

**BULGULAR****Mevcut Arazi Kullanımı**

Çalışma alanı yukarıda verilen kriterler doğrultusunda seçilmiştir. Çalışma alanının seçilmesinden sonra alanın uydu görüntüleri üzerinden mevcut arazi kullanımları haritalandırılmıştır (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. Alanın Mevcut Durumunun Uydu Görüntüsü (Google Earth, 2021)

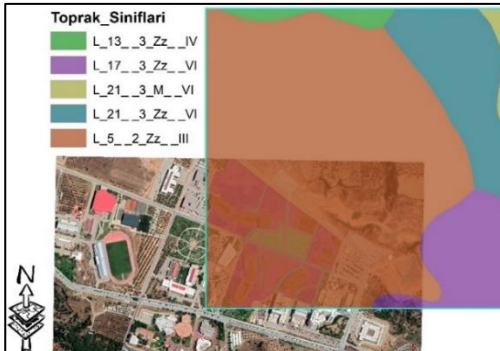


Şekil 4. Alan Kullanım Sınıfları

### Alan Fiziki Durumu ve Yağmur Bahçesi Büyüklüğünün Hesaplanması

Alanın fiziki durumunu belirlemek amacı ile toprak grupları çevre koşulları (Yıllık yağış miktarları, güneşlenme miktarı) incelenmiştir. Alanın toprak özelliklerinin (Şekil 5):

- Büyük Toprak Grubu, L= Regosoller,
- Şimdiki Arazi Kullanımı, Zz= Zeytin,
- Erozyon Derecesi, (ERZ –Su Erozyonu) 2 = Orta,
- Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı, (AKK) III = Toprak işlemeli tarıma elverişli araziler,
- Toprak Özellikleri Kombinasyonu, (TOK) 5= Orta olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Alanın Toprak Özellikleri

Çalışma alanına ait yağmur ve ortalama sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Alanın İklim Verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021)

AYDIN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yılı
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.1	9.3	11.7	15.9	20.8	25.5	28.1	27.6	23.6	18.5	13.4	9.4	17.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	13.0	14.7	17.8	22.6	28.1	33.3	36.1	35.7	32.0	26.2	19.8	14.4	24.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.2	5.0	6.6	10.0	14.2	18.1	20.4	20.2	16.6	12.7	8.8	5.67	11.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.5	3.9	5.0	6.0	7.2	8.7	9.1	8.7	7.6	5.7	4.0	3.3	72.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.9	10.5	9.7	8.2	6.2	2.5	0.7	0.6	2.0	5.6	8.2	12.8	79.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	119.3	93.4	70.6	48.4	35.4	15.7	7.9	6.0	17.6	44.2	83.1	123.3	664.
Ölçüm Periyodu ( 1941 - 2019)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.2	27.4	32.4	35.4	40.2	44.4	44.8	43.8	43.3	38.0	30.7	25.9	44.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-11.0	-5.4	-5.0	-0.8	4.6	8.4	13.4	11.8	7.6	1.6	-4.7	-5.3	-11.1

Çalışma alanının büyüklüğü tüm çevresi dâhil olmak üzere 20.941.252 m<sup>2</sup>'dir. Bunun 11.455.205 m<sup>2</sup>'si otopark alanını, 6.000m<sup>2</sup>'si fakülte girişindeki yeşil alanlar ve geri kalanını da yollar ve boş araziler oluşturmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çalışma Alanı Boyutları

Alan Kullanımı	Alan Büyüklüğü (ha)	Alan Büyüklüğü (m <sup>2</sup> )
Otopark	1,146	11.455.205
Yollar	0,949	9.486.047
<b>Genel Toplam</b>	<b>2,094</b>	<b>20.941.252</b>

Çalışma alanı boyutları üzerinden alana uygulanmak istenilen yağmur bahçesinin büyüklüğü bir dizi yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar otopark alanları için (Çizelge 3) ayrı, yeşil alanlar içinse ayrı olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Hesaplamalar sonucunda otopark için toplamda 1018,217 m<sup>2</sup> büyüklüğüne bir yağmur bahçesi alanı gerekli olduğu hesaplanmıştır. Ancak bu alanın tamamı bir bölgede toplanmamıştır. Otopark alanı aralarından yol geçmekte olan 3 ayrı parçadan oluştuğu için toplam yağmur bahçesi alanları diğer alanları da kapsayacak şekilde 3 ayrı parça halinde tasarlanmıştır.

Kampüs girişindeki yeşil alanlar için gerekli olan yağmur bahçesi miktarı ise 104.42 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu miktar kampüs girişinin beton zemininden kaynaklı olarak 2 farklı yeşil alan olmasından dolayı 2 ayrı yağmur bahçesi büyüklüğü olarak tasarlanmıştır.

Çizelge 3. Otopark İçin Gerekli Yağmur Bahçesi Miktarı (Akpınar, 2021)

ALAN	OTOPARK		
	DEĞER	FORMÜL	İŞLEM
BAHÇESİ İÇİN GEREKLİ ALAN	1) Decide design storm (P) =	P = 1	
	2) Determine runoff from each land use/soil type	S = (1000 /CN) –10 Paved parking loots (CN) = 98 S= Depolanacak alan miktarı Q= (P - 0.2 x S)2 / (P + 0,8 x S) Q= Yüzey Akış Miktarı Design storm (P) =1	(1000/98)-10 =0,2 inç S= 0,2 Q= (1 - 0,04)2 / (1 + 0,16) = 0,98 / 1,16 = 0,82
BAHÇESİ MİKTARININ HESAPLANMASI	3) Multiply by watershed area	VoITREAT = A x Q A= Alan VoITREAT = Alan için gerekli yağmur bahçesi hacmi (sf x inç) yani (m3)	A x Q = 123.300 x 0,82 =98.640 (f3)
	4) Divide VoITREAT by Average Depth (D)	S/A = VoITREAT / D S/A= Toplam Yağmur Bahçesi Büyüklüğü D= Derinlik Değeri (9 Alındı)	( VoITREAT / D ) = 98.640 / 9 =10.960 sf (1 ft2 = 0.0929m2) =1018,217 m2

Çizelge 4. Yeşil Alan İçin Gerekli Yağmur Bahçesi Miktarı (Akpınar, 2021)

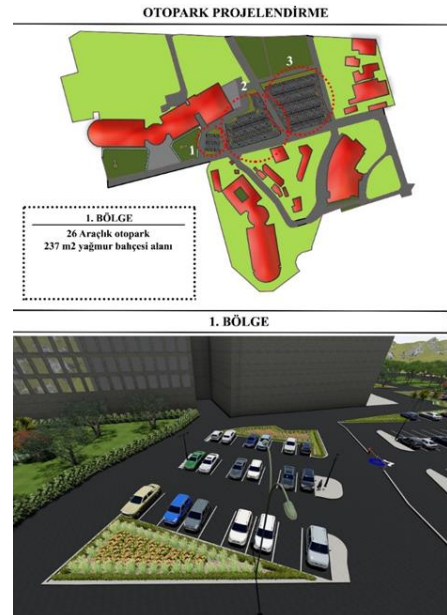
ALAN	OTOPARK		
	DEĞER	FORMÜL	İŞLEM
BAHÇESİ İÇİN GEREKLİ ALAN	1) Decide design storm (P) =	P = 1	
	2) Determine runoff from each land use/soil type	S = (1000 /CN) –10 Paved parking loots (CN) = 98 S= Depolanacak alan miktarı Q= (P - 0.2 x S)2 / (P + 0,8 x S) Q= Yüzey Akış Miktarı Design storm (P) =1	(1000/79)-10 =0,2 inç S= 2,658 Q= (1 - 0,53)2 / (1 + 2,13) = 0,47 / 3,13 = 0,15
BAHÇESİ MİKTARININ HESAPLANMASI	3) Multiply by watershed area	VoITREAT = A x Q A= Alan VoITREAT = Alan için gerekli yağmur bahçesi hacmi (sf x inç) yani (m3)	A x Q = 67.995,62 x 0,15 =10.119 (f3)
	4) Divide VoITREAT by Average Depth (D)	S/A = VoITREAT / D S/A= Toplam Yağmur Bahçesi Büyüklüğü D= Derinlik Değeri (9 Alındı)	(VoITREAT / D)= 10.119 / 9 =1.124 sf (1 ft2 = 0.929m2) =104.42 m2

### Yağmur Bahçesi Tasarımı

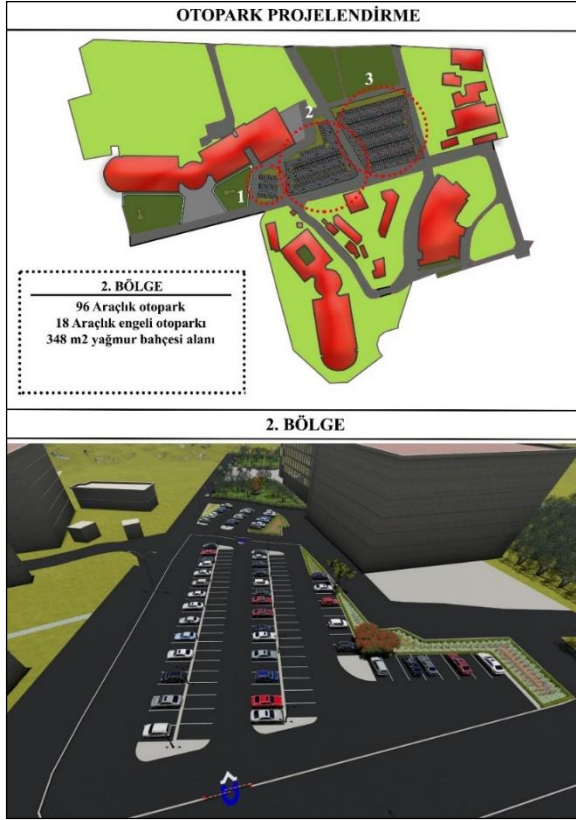
Yağmur bahçesi alanları birleşik bir yapı içermedikleri için alan üzerine inşa edilecek yağmur bahçeleri de alanın mevcut konumuna göre çeşitli büyüklükler ile alana en uygun şekilde uygulanmıştır. Bu uygulama sonucu alanda ikisi birbiri ile aynı olan toplamda 6 adet yağmur bahçesi alanı meydana getirilmiştir. Alanın mevcut durumunda otopark alanlarının oldukça düzensiz bir halde olması nedeni ile otopark alanı da yağmur bahçesine uygun biçimde yeniden tasarlanmıştır. Bu sonuçla 18'i engelli olmak üzere toplamda 360 araçlık bir otopark alanı da oluşturulmuştur (Şekil 6, 7 ve 8). Projeye dahil olarak Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Merkez Kampüsü'nde yapılacak olan sistemler ile yağmur suyunun drene edilmesi, drene edilen suyun depolanması ve yeniden kullanılabilirliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Bu sayede hem doğa hem de işletmede sürdürülebilir su yönetimi sağlamak amaçlanmaktadır.

Alanda otoparklarda ve otoparkları bağlayan yollarda zemin döşeme malzemesi olarak inno – stone (yüzey sıvı geçirimli malzeme) kullanımı uygun görülmüştür. Bu sayede yağmur sularının yüzey akışa geçmesi engellenerek büyük bir kısmının yer altındaki toprağa ve böylece taban suyuna karışması planlanmıştır (Şekil 9). Bu malzeme alana hem

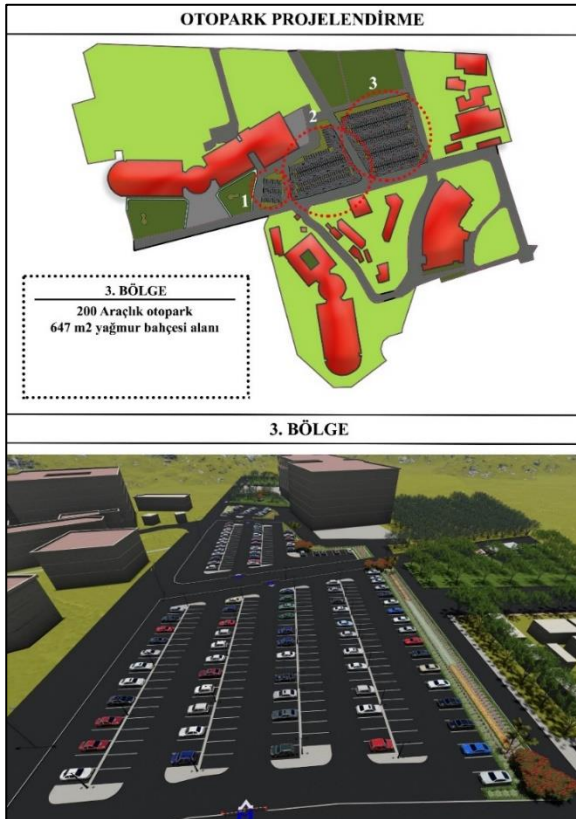
doğal bir görüntü kazandıracaktır hem de diğer kaplama malzemelerine oranla maliyeti daha düşük ve uygulanması hızlı olacaktır.



Şekil 6. Alan İçin Tasarlanan Otoparklar



Şekil 7. Alan İçin Tasarlanan Otoparklar

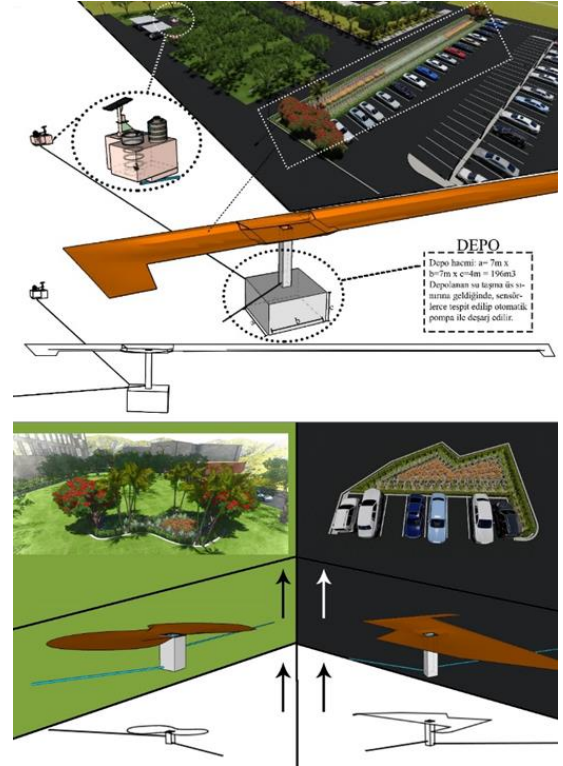


Şekil 8. Alan İçin Tasarlanan Otoparklar



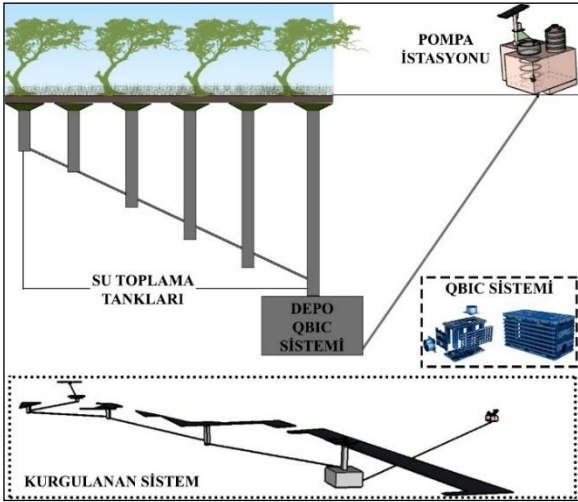
Şekil 9. Alan İçin Tasarlanan Otoparklar

Alanda kurulu olan 6 adet yağmur bahçesinden drene edilen suların, bir depo sistemi ile toplanıp alanda araç yıkama tesisinde ve sulama suyu olarak kampüste yeşil alanlarda kullanılması düşünülmektedir. Bu sayede alanda su tasarrufu sağlanıp aynı zamanda kampüs için fonksiyonel elemanların tesis edilmesi istenmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Alanda Kurgulanan Su Toplama ve Drenaj Sistemi

Alandan suyun toplanması, her yağmur bahçesinin altına bitki kök sınırı hizası derinliğinde o yağmur bahçesinin büyüklüğünde membran çadırların serilmesi ve bu çadırların merkezinde suyu filtre ederek toplayan depolar ile sağlanacaktır. Bu sistem her yağmur bahçesine ayrı ayrı uygulanarak soldan sağa doğru her toplama deposu bir öncekinin 2 katı uzunluğunda olacak şekilde, yerçekimi yönünde konumlandırılacaktır. Bu sayede doğal bir basınç oluşturularak 6. yani son toplama deposunun altında kurulacak su deposunda tüm suların herhangi bir pompa olmaksızın depolanması planlanmıştır (Şekil 11 ve 12). Alanda depolanacak su kapasitesi 196 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.



Şekil 11. Tasarlanan Su Toplama Sistemi



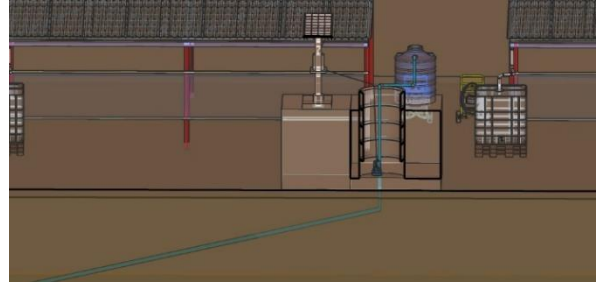
Şekil 12. Tasarlanan Su Toplama Sistemi 2

Alanda inşa edilecek depoların; altına döşenmeden önce 1 kat keçe ardından 1 kat membran serilecek ve böylelikle membran ile keçe su kaybını kesecektir. Depolar döşendikten sonra çevreleri membranlarla kaplanarak dışarı ile bağlantısı sadece borularla sağlanacak şekilde düzenlenecek ve üzeri toprak ile kaplanarak sıkıştırılacaktır. Drenaj kanallarından akan yüzey sularını depoya ileten su toplama hattı için gerekli taşıma boruları döşendikten sonra sistemin tamamlanması planlanmıştır. Depolara sular giriş deliklerinden girip çıkış deliklerinden çıkmak suretiyle depo içi basınç dengesi ve su sirkülasyonu sağlanacaktır.

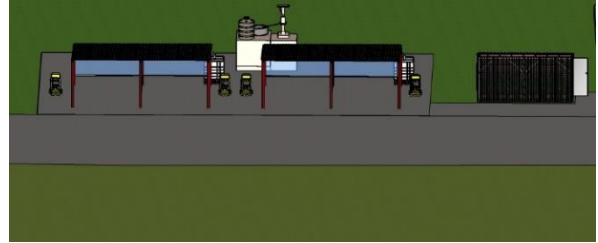
Alanda depo edilen sular yine alan içerisinde tesis edilecek bir dalgıç pompa sistemi ile depodan çekilerek, yeni yapılacak olan bir araba yıkama tesisine ve alandaki yağmur bahçelerine ve de ekolojik temelli tasarımlara dikkat çekilmesi amacıyla geri kazanılan sular ile beslenecek bir bitki yetiştirme serasına taşınacaktır (Şekil 13). Bu sayede sistemin bakım masraflarını hafifletmek için kendi kendini finanse eden bir sistem oluşturulmuş olacaktır (Şekil 14). Aynı zamanda bu tesislerin üzerini örten çatılardan gelecek yağmur suları da çatı saclarına entegre edilecek oluklar yardımıyla yağmur suyu hasadı yaparak sisteme katkı sağlayacaktır (Şekil 15).



Şekil 13. Pompa Sistemi



Şekil 14. Araç Yıkama ve Bitki Yetiştirme Serası



Şekil 15. Araç Yıkama ve Bitki Yetiştirme Serası 2

### Bitki Seçimi ve Bitkisel Tasarımı












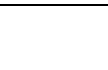
Yapılan literatür taraması kapsamında belirtilen tüm bitkilendirme detayları ışığında çalışma alanı için en uygun bitkiler belirlenmiştir. Bu bitkiler Aydın ilinin iklim koşullarına uygun olacak şekilde seçilmiştir (Çizelge 4).

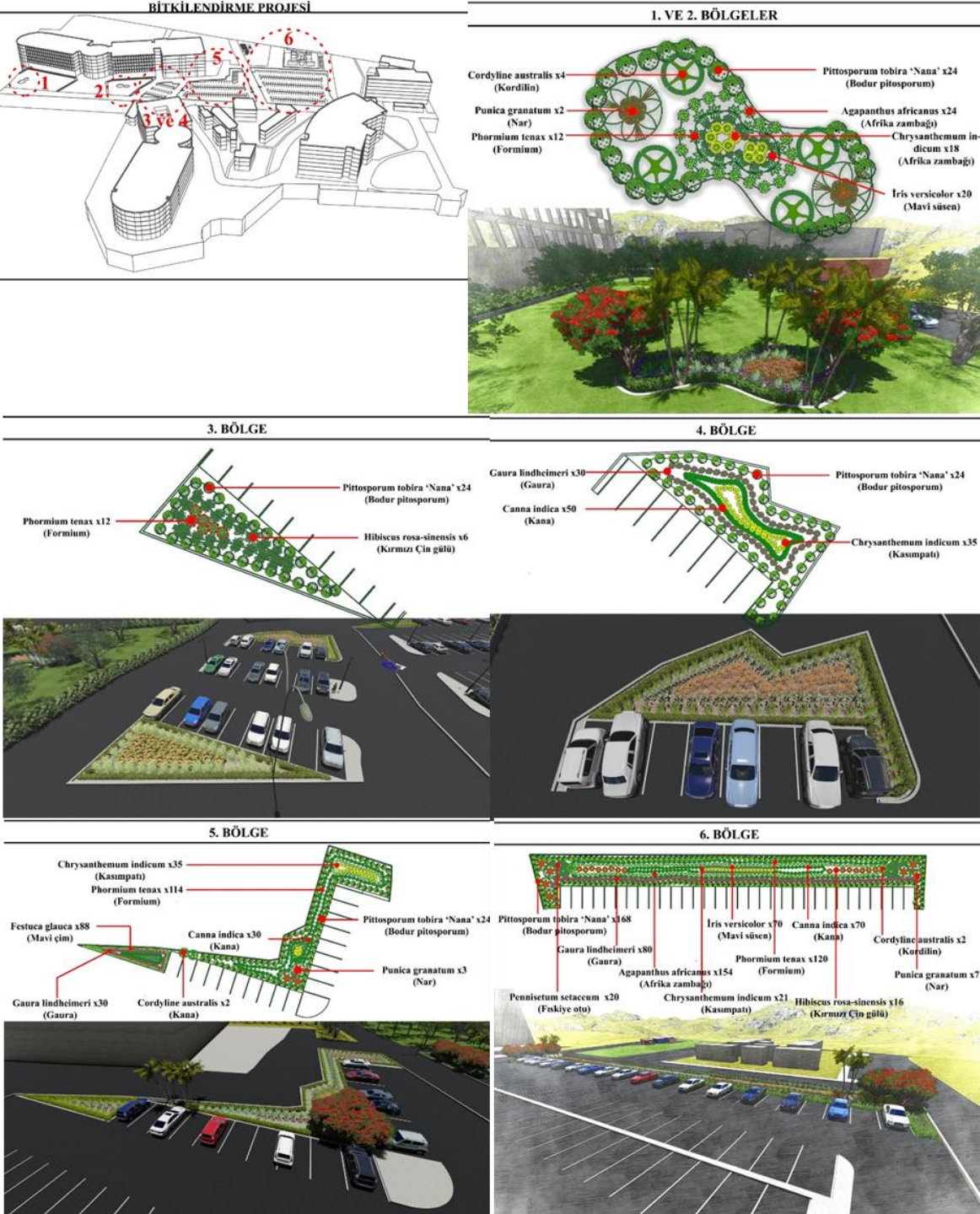
Bitkiler seçildikten sonra taç çaplarına göre Autocad programı kullanılarak bitkilendirme projesi hazırlanmıştır. Hazırlanan proje Photoshop programı yardımı ile görselleştirilmiştir. Alan, yapısı itibarı ile 6 ayrı yağmur bahçesinden oluşmaktadır. Bu alanlar için aynı bitkilerle farklı tip kombinasyonlar kullanılarak bitkilendirme projesi hazırlanmıştır. Bitkilendirme projesi hazırlanırken, bitkiler yağmur bahçesinin çeperinden su isteklerine göre ez düşükten en yükseğe doğru konumlandırılmıştır. Bu şekilde su isteği yüksek olan bitkiler alanın en çok su barındıracak kısmı olan merkeze, en az su isteği olanlar ise dış çepere doğru konumlandırılmıştır (Şekil 16).

### Yapılan Tasarımdan Görüntüler

Alanında yapılmış olan projenin 3 boyutlu araçlar yardımıyla görselleri hazırlanmıştır. Alandaki değişimin daha net anlaşılabilmesi için alanın mevcut durum görselleri de kullanılmıştır (Şekil 17).

Çizelge 4. Alan İçin Seçilmiş Olan Bitkiler ve Detayları

Latince İsim	Türkçe İsim	Boyu	Bitki Çapı	Su İsteği	Dikim Yeri	Adet	Fotoğraf
<i>Agapanthus africanus</i>	Afrika Zambağı	20cm	20-25cm	Yüksek	Alan Merkezi	206	
<i>Canna Indica</i>	Kana	30cm	25-30cm	Yüksek	Alan Merkezi	180	
<i>Cordyline australis</i>	Kordilin	130cm	60-80cm	Normal	Alan Dış Çeperi	6	
<i>Chrysanthemum indicum</i>	Kasımpatı	30-40cm	30-40cm	Yüksek	Alan Merkezi	132	
<i>Festuca glauca</i>	Mavi Çim	15-20cm	15-20cm	Az	Alan En Dışı	88	
<i>Gaura lindheimeri</i>	Gaura	25cm	30-40cm	Az	Alan En Dışı	160	
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Kırmızı Çin Güllü	25 cm	30-40cm	Normal	Alan Orta Bölgesi	22	
<i>İris versicolor</i>	Mavi Süsen	15-20cm	15-20cm	Yüksek	Alan Merkezi	137	
<i>Pennisetum setaceum</i>	Fıskiye Otu	25-30cm	30-40cm	Normal	Alan Orta Bölgesi	41	
<i>Phormium tenax</i>	Formium	25-30cm	20-30cm	Az	Alan Dış Çeperi	246	
<i>Pittosporum tobira 'nana'</i>	Bodur Pitosporum	30-40cm	25-40cm	Az	Alan Dış Çeperi	355	
<i>Punica granatum</i>	Nar	150-200cm	150-200cm	Az	Alan Dış Çeperi	12	



Şekil 16. Bölgelerin Bitkisel Projeleri



biyoçeşitliliği artırır ve peyzaj süreçlerini korur (Herzog, 2013).

Bu çalışmada, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi merkez kampüsünde bulunan geçirimsiz otopark alanı ve kahverengi alanlar; yağmur suyunun olumsuz etkilerini azaltmak ve estetik bir ortam oluşturarak yağmur suyunun sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Yağmur bahçeleri, karadan akışı geciktirebilir, taşkın zirvelerini etkili bir şekilde azaltabilir ve geciktirebilir ve su döngüsünü iyileştirmede önemli bir rol oynayabilir. Kentsel alanlarda geleneksel kanalizasyon sistemleri olmadan yağmur suları tamamen arılamazsa da, yağmur bahçeleri bunlara olan bağımlılığı azaltabilir. Yağmur suyunun sızması ve yağmur bahçeleri tarafından yeniden dağıtılması da potansiyel olarak önemli ekosistem hizmetleridir ve şu anda değeri çok az olan veya hiç olmayan boş araziye değer katar (Shuster ve ark., 2014).

Penniman ve ark., (2013), tipik olarak geleneksel yağmur suyu yönetim maliyetlerinin büyük bir yüzdesini temsil ettikleri için; saha sınıflandırması ve yağmur suyu borulama maliyetlerine odaklandıkları çalışmalarında; yağmur bahçelerinin kullanılmasının, geleneksel uygulamalara kıyasla kazı ve yağmur suyu boru tesisatı gereksinimlerini sürekli olarak azalttığını göstermişleridir. Aynı zamanda, yağmur bahçesi tasarımıyla ilişkili yağmur suyu taşıma maliyetlerinde devamlı azalma olduğunu da bulmuşlardır. Özetlemek gerekirse, yağmur bahçelerinin kullanılması nedeniyle geleneksel kanalizasyon sistemlerinin azaltılması, yerel yönetim bütçelerini de azaltmanın en akıllı yollarından biri olacaktır.

Artan kentleşme, hizmet üreten ekosistemlerin yönetimini özellikle karmaşık hale getiren, kalan yeşil alanlar ile diğer arazi kullanım türleri arasındaki rekabeti ifade eder (Enqvist ve ark., 2014). Bu rekabet, ekosistem hizmetlerinin kalitesini ve insan toplumunun geleceğini açıkça etkilemektedir. Türkiye gibi ülkelerde ekosistem hizmetlerinde mevcut bir sorunun çözümünde yağmur bahçesinin en etkili araçlardan biri olduğunu belirtmek gerekir. Bu çalışma içerisinde, çalışma alanı olarak bir üniversite kampüsünün seçilmiş olması, hem gençlerin hem de akademisyenlerin bu sistemler ile iç içe yaşayarak yağmur bahçelerinin yaşamın önemli bir parçası olduğunu göstermiş olmak ve örnek bir prototip alan için en uygun alan olması önem arz etmiştir. Yurt dışında yapılan çalışmalarda olduğu gibi (Martin-Mikle ve ark., 2015) ülkemizde bölgesel ölçekte yağmur bahçeleri kurma potansiyelinin araştırılması gerekmektedir. Yağmur suyunun sızma ve yağmur bahçeleri tarafından yeniden dağıtılma hacimlerinin de gelecekteki çalışmalarda araştırılması gerekmektedir. Yerel yönetimlere yağmur bahçelerinin niceliksel faydalarını, Türkiye'deki yeni nesil şehir sakinleri için sürdürülebilir şehirlerin gelişimine entegre etmeleri için gerekliliğinin anlatılması ve bu konuda yerel yönetimlerin cesaretlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 17. Alan için Tasarlanan Araç Yıkama İstasyonu ve Serası

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Kentleşme, toprak sızdırmazlığı nedeniyle ekosistem hizmetlerinin azalmasına neden olurken, aynı zamanda artan kentsel nüfus nedeniyle ekosistem hizmetlerine olan talep artmaktadır (Maes ve ark., 2015). Yağmur bahçeleri de dahil olmak üzere yeşil altyapı, sık yağmur suları gibi iklim değişikliği etkilerine karşı dayanıklılığı artırmak için kentsel ortamlar için kilit faktörler olabilir; aynı zamanda

## KAYNAKLAR

- Akpınar A (2021) Kentsel Yeşil Altyapı Sistemlerinde Yağmur Bahçeleri dersi ders notları, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Aydın.
- Demir D (2012) Konvansiyonel Yağmur-suyu Yönetim Sistemleri ile Sürdürülebilir Yağmur-Suyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul, 191 s.
- Dietz ME, Clausen JC (2005) A field evaluation of rain garden flow and pollutant treatment. *Water Air Soil Pollut* 167:123–138
- Enqvist J, Tengo M, Bodin O (2014) Citizen networks in the garden city: protecting urban ecosystem in rapid urbanization. *Landsc Urban Plan* 130:24–35
- Fu B, Zhao W, Chen L, Liu Z, Lu Y (2005) Eco-hydrological effects of landscape pattern change. *Landsc Ecol Eng* 1:25–32
- Gallagher MT, Snodgrass JW, Ownby DR, Brand AB, Casey RE, Lev S (2011) Watershed-scale analysis of pollutant distributions in stormwater management ponds. *Urban Ecosyst* 14:469–484
- Hostetler M (2009) Conserving biodiversity in subdivision development. University of Florida, Gainesville, pp 71–80
- Herzog CP (2013) A multifunctional green infrastructure design to protect and improve native biodiversity in Rio de Janeiro. *Landsc Ecol Eng*. doi:10.1007/s11355-013-0233-8
- Ishimatsu K, Ito K, Mitani Y, Tanaka Y, Sugahara T, Naka Y (2017) Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning. *Landscape and Ecological Engineering*, 13: 205–212.
- Maes J, Barbosa A, Baranzelli C, Zulian G, Batista-Silva F, Vandecasteele I, Hiederer R, Liquete C, Paracchini ML, Mubareka S, Jacobs-Crisioni C, Castillo CP, Lavalle C (2015) More green infrastructure is required to maintain ecosystem services under current trends in land-use change in Europe. *Landsc Ecol* 30:517–534
- Martin-Mikle CJ, de Beurs KM, Julian JP, Mayer PM (2015) Identifying priority sites for low impact development (LID) in a mixed-use watershed. *Landsc Urban Plan* 140:29–41
- Müftüoğlu V, Perçin H (2015) Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi, İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 5(11): 27–37.
- Penniman DC, Hostetler M, Borisova T, Acomb G (2013) Capital cost comparisons between low impact development (LID) and conventional stormwater management systems in Florida. *Suburban Sustainability* 1(2), Article 1. <http://scholarcommons.usf.edu/subsust/vol1/iss2/1>. Erişim Tarihi 15 Şubat 2015
- Shuster WD, Dadio S, Drohan P, Losco R, Shaffer J (2014) Residential demolition and its impact on vacant lot hydrology: implication for the management of stormwater and sewer system overflows. *Landsc Urban Plan* 125:48–56
- Van-Meter RJ, Swan CM, Snodgrass JW (2011) Salinisation alters ecosystem structure in urban stormwater detention ponds. *Urban Ecosyst* 14:723–736.