

## Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesinin İklim Değişikliğine Karşı Duyarlılığının Belirlenmesi ve Bazı Yeşil Altyapı Öneri Senaryoları

### Determination of the Sensitivity of Erzincan Binali Yıldırım University Yalnızbağ Campus to Climate Change and Some Green Infrastructure Proposal Scenarios

 Hasan YILMAZ<sup>1</sup>,  Gökhan ASKAN<sup>2,\*</sup>

#### Özet

Bu çalışmada, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesinin iklim değişikliğine karşı duyarlılığı incelenmiş ve çeşitli yeşil altyapı senaryoları önerilmiştir. Araştırmanın temel amacı, yerleşkenin mevcut yeşil altyapı sisteminin iklime dirençli olup olmadığını belirlemek ve bu sistemlerin iklime dirençli hale getirilip getirilemeyeceğini değerlendirmektir. Çalışmada, kentlerin iklim değişikliğine uyum sağlama çabalarının önemi vurgulanmış ve açık kentsel yeşil alanların bu çabaların başarısındaki kritik rolü ele alınmıştır. Daha yaşanabilir kentsel çevre ve kampüsler oluşturmaya yönelik bir çok yeni kavramlar (Eko-kent, yaşanabilir kent, sürdürülebilir kampüs, sürdürülebilir kent, dirençli kent, akıllı kent gibi) gündeme gelmekte olup, bazı ülkelerde iyi uygulama örnekleri hayata geçirilmiştir. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesinin iklim değişikliğine karşı duyarlılığını belirleyerek, değişik yeşil altyapı öneri senaryoları ile yerleşkenin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dirençli duruma getirilebilmesi amacı ile yeşil altyapı senaryoları üzerinde durulmuştur.

Yerleşkenin iklim değişikliğine duyarlı duruma getirilmesine yönelik öneri yeşil altyapı senaryoları;

- Kurağa dayanıklı bitki türü kullanımı
- Yapı yüzeyi bitkilendirmesinin artırılması
- Yağmur hasad bahçelerinin oluşturulması
- Biyohendeklerin oluşturulması
- Su tüketimini azaltıcı yöntemlerin geliştirilerek yerleşkenin iklim değişikliğine duyarlı duruma getirilmesine yönelik öneri yeşil altyapı senaryoları oluşturulmuştur.

Bu çalışma ile kentte ve kampüste yapılacak peyzaj tasarımlarında, suyun sürdürülebilirliğini sağlayacak uygulamaların nasıl yapılması gerektiği noktasında yol gösterici olması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dirençli Kampüs, Doğal Bitkiler, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, İklim Değişikliği, Yeşil Altyapı

#### Abstract

In this study, the sensitivity of Erzincan Binali Yıldırım University Yalnızbağ Campus to climate change was examined, and various green infrastructure scenarios were proposed. The main objective of the research is to determine whether the existing green infrastructure system of the campus is climate-resilient and to evaluate whether these systems can be made climate-resilient. The study emphasizes the importance of cities' efforts to adapt to climate change and discusses the critical role of open urban green spaces in the success of these efforts. Many new concepts aimed at creating more livable urban environments and campuses (such as Eco-city, livable city, sustainable campus, sustainable city, resilient city, smart city) are emerging, and good practice examples have been implemented in some countries. By determining the sensitivity of Erzincan Binali Yıldırım University Yalnızbağ Campus to climate change, the study focuses on green infrastructure scenarios to make the campus resilient to the adverse effects of climate change.

The proposed green infrastructure scenarios for making the campus sensitive to climate change include:

- Use of drought-resistant plant species
- Increasing the greening of building surfaces
- Creation of rainwater harvesting gardens
- Creation of bioswales
- Development of methods to reduce water consumption

This study aims to guide how to implement practices that ensure the sustainability of water in landscape designs to be carried out in the city and on the campus.

**Keywords:** Resilient Campus, Natural Plants, Erzincan Binali Yıldırım University, Climate Change, Green Infrastructure

Geliş Tarihi: 30.09.2024 , Düzeltme Tarihi: 21.11.2024, Kabul Tarihi: 21.11.2024

Adres: <sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

<sup>2,\*</sup>Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Üzümlü MYO, Tasarım Bölümü

E-mail: gaskan@erzincan.edu.tr

## 1. Giriş

Son yıllarda yaşanan kentleşme hareketleri kentsel ekosistemler üzerinde geri dönüşümü neredeyse imkansız çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bugün tüm dünyada en önemli çevre sorunlarından birisi hiç şüphesiz küresel iklim değişikliğidir. Tüm ekosistemler bu değişiklikten büyük ölçüde etkilenmekte, önlem alınmaz ise tüm canlıların yaşam tehditi altında olduğu yapılan bir çok çalışmada ortaya konmaktadır. İklim değişikliği ile başta kuraklık ve yetersiz beslenme/kıtlık sorunu, ekonomik bozulmalar, göçler, su kaynaklarını ele geçirmeye yönelik devletlerarası savaşlar, deniz ve kara ekosistemlerindeki fauna ve floradaki kayıplar, çevre sorunları gibi bir dizi felaket senaryoları yoğun olarak gündemdeki yerini korumaktadır. 2023 yılı Temmuz ve Ağustos ayının tüm dünyada son 50-60 yılda en yüksek sıcaklık değerlerine ulaştığı bildirilmektedir.

Aslında, BM Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre küresel sıcaklıklar 1,1 °C derece artmış ve 1,5 °C derecenin eşliğindedir. Birleşmiş Milletler, iklim değişikliğinin ve bunun hem doğal hem de kültürel çevre üzerindeki sonuçlarının etkilerini azaltmak için son zamanlarda önemli çabalar sarf etmiştir. Çevresel olarak sürdürülebilir kalkınma ve herkes için insan yerleşimleri fikri, 2016 yılında Ekvador'da Quito Deklarasyonu'nun kabul edilmesiyle öne çıkmıştır.

2021'de Glasgow'da gerçekleşen BM İklim Değişikliği Konferansı (COP26), 2022'de BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Taraflarının 27. Toplantısı ve 2015'te 194 ülkenin katıldığı Paris İklim Anlaşması (COP'21) bu konudaki diğer toplantılardır. 190 ülkenin yoğun katılımıyla 2022'de Mısır'da bir toplantı düzenlendi (Anonim, 2023a). Bu toplantının ardından yüzyılın sonuna kadar küresel ısınmanın 1,5 dereceyi aşmaması için eylem planları yapıldı. Aynı toplantıda ormanların tahribatının durdurulması, sera gazı emisyonlarının 2030 yılına kadar %43 oranında azaltılması ve gelişmekte olan ülkelere iklim değişikliğinin etkilerinden korunmaları için mali destek sağlanması kararlaştırıldı (Yılmaz, 2023).

Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar başlığı altında, BM 2015 yılında evrensel olarak kabul görmüş 17 hedef belirledi. Bu temel hedefler içindeki dikkat çekici alt başlıklar arasında iklim eylemi, sürdürülebilir kalkınma, sağlıklı ve kaliteli yaşam, erişilebilir ve temiz enerji, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar ile karada ve suda yaşam yer alıyor (Anonim, 2023b).

### 1.1. İklim değişikliğine karşı kentsel yeşil altyapı

Yeşil altyapı yaşam alanlarında gri altyapı dışında kalan (yol, kanalizasyon, otopark, bina, elektrik hatları vb), doğal, doğala yakın/yarı kültürel ve kültürel alanları kapsayan ekosistemi koruma, geliştirme ve yenileme alanlarıdır. Hepcan, (2019)'a göre yeşil altyapı hedefi göre doğal, yarı doğal ve kültürel alanların yeşil alan ağı ile birleştirilerek, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerini azaltma sürecidir. Bu alanlar bölge (akarsu koridoru, koruluklar), havza kent (kent parkları, bitkilendirilmiş yollar, mahalle (parklar, yollar), alan (yağmur bahçeleri, dikey bahçe, yağmur suyu bitki şeritleri) ölçeğini kapsamaktadır. Kentsel ölçekteki örnekler, bir evin önüne bir yağmur fıçısı, büyük bir şehir caddesi boyunca bir sıra ağaç veya bir ara sokağın yeşillendirilmesini içerebilir. Yağmur bahçeleri, apartman komplekslerinin yanında sulak alanlar veya şehir merkezinin dışında dönümlerce açık park alanı oluşturmak mahalle ölçeğinde yeşil altyapı örnekleridir. Manzara veya su havzası ölçeğindeki örnekler geniş açık alanların, sulak alanların, kıyı bölgelerinin korunması veya dik yamaçların yeşillendirilmesi olabilir (Anonim, 2024).

Ekosistemler ve manzaralar, merkezler, bağlantılar ve bölgeler ağı aracılığıyla yeşil bir altyapı ağıyla birbirine bağlanır. Hızlı fiziksel yapılaşmanın yol açtığı kentleşme kaynaklı topografya değişiklikleri sonucunda, doğal drenaj sistemlerinin bozulması nedeniyle yeşil altyapı sistemleri daha da önemli hale gelmiştir (Fuller ve ark.,2007).

Kentsel açık-yeşil alanlar artan kentleşme karşısında kentlerin direncini artıran en önemli yapı taşlarındadır. Bu anlar ekolojik, estetik, ekonomik, sosyo-psikolojik, rekreasyonel ve biyoçeşitliliğe katkı sağlama gibi bir çok hayati görev üstlenirler (Yılmaz, 2008; Kendal ve ark., 2014; Peschard ve ark., 2016; Yu ve ark., 2023).

İklimi düzenleme, sel ve taşkınları azaltma ve termal konfor açısından daha yaşanabilir kentsel ortamlar oluştururlar.

Özellikle iklim değişikliğe bağlı olarak artan kentsel ısı adası oluşumu engelleme konusunda kentsel yeşil alanların önemi giderek artmaktadır. Nitekim bu konuda ENVI-met senaryoları ile yeşil alanların iklim üzerine olan olumlu katkıları belirlenmiştir (Srivani ve ark., 2023; Middel ve ark., 2015; Lin ve Lin, 2016; Tsoka ve ark., 2018; Yılmaz ve ark., 2018; Li ve Slik, 2021; Yılmaz ve ark., 2021; Abd Elraouf ve ark.,2022; Alves ve ark., 2022; Balany ve ark., 2022; Quyang ve ark., 2022; Anonim, 2024b).

Yeşil altyapı, toplulukların gelecek nesiller için temiz hava ve su ile yaşanabilir bir çevreye sahip olmasını sağlayarak, akıllı bölgesel ve metropoliten planlamanın en önemli

parçası olabilir (Anonim, 2024c). İklim değişikliğine uyum sağlayabilen ve nüfus artışının bir sonucu olarak hızla büyüyen şehirleri daha sürdürülebilir hale getirebilen sürdürülebilir şehirler geliştirmek için kullanılan yapısal stratejilerden biri mavi-yeşil altyapı tasarımıdır. Toplumun tüm üyelerinin kullanımına açık, erişilebilir kentsel yeşil alanların varlığı ve bunların bağlantısı, esasen gri, mavi ve yeşil unsurları bir arada ele alarak sağlıklı, sürdürülebilir ve dayanıklı şehirler yaratmayı amaçlayan bu yaklaşımda önceliklendirilir Parlak ve Atik, 2020). Kentsel yeşil altyapılar (KYA), kentsel ısı azaltımı için verimli doğa temelli çözümlerdir (Ouyang ve ark., 2023).

Yeşil altyapı, giderek daha popüler hale gelen bir kentsel sürdürülebilirlik stratejisidir ve birden fazla fayda sağlama yeteneği nedeniyle geniş çapta teşvik edilmektedir (Morpurgo ve ark., 2020; Hoover ve ark., 2023). Yeşil Altyapı (GI), çok çeşitli ekosistem hizmetleri sunmak ve insan refahını artırmak için stratejik olarak tasarlanmış ve yönetilen doğal ve yarı doğal alanlardan oluşan bir ağ olarak tanımlanır.

Avrupa'da, YA kavramı, özellikle son on yılda çok işlevlilik, iklim değişikliği ve yeşil büyüme kavramlarıyla güçlü bir şekilde ilişkili olmuştur ve bu, farklı kitleleri ve konuları hedefleyen, büyük ölçüde değişen bir araştırma ve politika gündemine yol açmıştır (Chatzimentor ve ark., 2020). YA, doğal yaşamı destekleyen bir sistem olup, orman, sulak alan, yaban hayatı, su yolları ve diğer doğal alanlarla, yeşil yollar, parklar, tarım alanları, korunan alanlarla entegre olmuş, ekosisteme katkı sağlayan, sürdürülebilir bir yapıdır (Mell ve ark. 2017).

Kentleşmiş alanlarda, ağaçların soğutma etkileri, geçirimsiz malzemeler tarafından iletilen ısı nedeniyle önemli ölçüde zayıflar. Yeşil altyapı (GI), güneş radyasyonundan koruma sağlayarak, evapotranspirasyon yoluyla yüzeyleri soğutarak ve adveksiyon yoluyla ısı alışverişini değiştirerek kentsel aşırı ısınmanın önüne geçerek, yüzey kentsel ısı adalarını (SUHI'ler) hafifletmeye yardımcı olabilir. Sıralı ağaçlar veya iyi sulanan çimlere sahip küçük kümeler, gündüz ve gece (8°C'ye kadar) en iyi termal soğutmayı sağlayabilir (Bartesaghi ve ark. 2020).

**Yeşil altyapı kapsamında kurağa dayanıklı yerli ağaç türlerinin kullanılması iklim değişikliğine karşı etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Yapılan değişik çalışmalarda;**

- %20'lik bir ağaç gölgeliği, %8-18'lik bir soğutma tasarrufu ve %2-8'lik bir ısıtma tasarrufu sağladığı,

- Ağaçların yaprakları evaporatif soğutma sağlayarak, havadaki nemi artırır ve buharlaşma-terleme ile en yüksek yaz sıcaklıkları 2-9 derece azaltabildiği,
- Ağaçlık bir alanın ağaçsız bir alana göre hava sıcaklığı yaz aylarında 9 derece daha serin olduğu,
- %100 ağaç gölgelik örtüsüne sahip kentsel alanlarda, ağaçlar saatlik ozonu % 15'e, kükürt dioksiti % 14'e ve partikül maddeyi % 13'e kadar azaltabildiği belirtilmektedir (Anonim, 2024d).

Yılmaz ark. (2018) 'nın araştırma bulgularına göre ağaçlar yaz ve kış aylarında termal konforu iyileştirmektedir. Kışın yapılan testlere göre odunsu alanlar ortamın sıcaklığını mevcut koşullara göre 1,4 °C artırırken, yaz aylarında 1,2 °C düşürmektedir.

Çalışma ayrıca yeşil alanlardaki artışın dış mekan termal konforu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir; Yılmaz ark. (2018) da benzer sonuçlar bulmuştur. Kentsel dış mekanlarda yürütülen çalışmalar, yeşil alanların termal konforu ve kentsel mikro iklimi iyileştirmenin yanı sıra bir dizi avantaj sağladığını göstermiştir. Araştırmalar, doğal alanların kentsel olanlardan daha konforlu sıcaklıklar sağladığını göstermektedir (Shashua-Bar ve Hoffman, 2000). Güneşin kısa dalga radyasyonunun önemli bir miktarını emdikleri için yeşil alanlar (özellikle ormanlık olanlar) yazın atmosferin ısınmasını kısmen önlemeye yardımcı olur (Kayhan, 2017).

Yeşil alan uygulamalarından çatı suyunu toplama, yağmur bahçeleri, biowales/biyolojik kanallar/biyohendekler, yağmur suyu toplama, geçirgen kaplamalar ve açık yeşil alan sistemlerini artırma gibi uygulamalar ağırlık kazanmaktadır (Aslan ve Yazıcı, 2016).

Kentsel dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği politik, çevresel, ekonomik, sosyal, fiziksel ve kurumsal boyutlardan iyileştirmek için yerel koşullara uyum sağlanması öngörülmektedir (Ribeiro ve Gonçalves, 2019).

Daha sağlıklı bir yaşam ortamı yaratmanın temel bir bileşeni yeşil alanların ve bitkilerin mevcudiyeti olacaktır (Chan F.K.S ve Chan H.K, 2022).

Önemli ekolojik kaynak tanımlama ve sağlama, biyolojik çeşitlilik ve ekolojik sistemler, peyzaj ekolojisi, jeomorfoloji, hidroloji, iklim ve bitki örtüsünü içerir. Entegre bir doğal çevrenin, kendi kendine yeten bir metropolün geliştirilmesi ve yaban hayatının desteklenmesi ve oluşturulması ana hedefler olmalıdır. Sağlıklı, Yaşanabilir ve Dayanıklı Şehirler yaratmak için yaşam ortamlarımız ve şehirlerimiz, derin bir ekolojik sistem kaygısına dayalı olarak alt

ölçekli planlar arasındaki bağlantıları kuran üst ölçekli bir strateji kullanılarak tasarlanmalıdır (Sisson, 2020).

Sıcaklıktaki sürekli artış, iklim değişikliğinin önemli bir etkisidir. İklim değişikliğiyle yerel düzeyde mücadele etmek için, şehir plancılarının şehirlerin bu süreci daha dayanıklı, uyumlu ve hasarsız bir şekilde atlatmasına yardımcı olacak doğa ve tasarım temelli çözümler geliştirmesi zorunludur. Sıcaklıklar arttıkça ve daha fazla kentsel ısı adası büyüdükçe, insan sağlığı etkilerinin kötüleşeceği ve gelecekte daha fazla hasara yol açacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda, kentsel sürdürülebilirliği teşvik etmek ve kentsel alanları iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarına karşı daha dayanıklı hale getirmek için kentsel ısı adalarının etkilerini azaltmak gereklidir (IPCC, 2022).

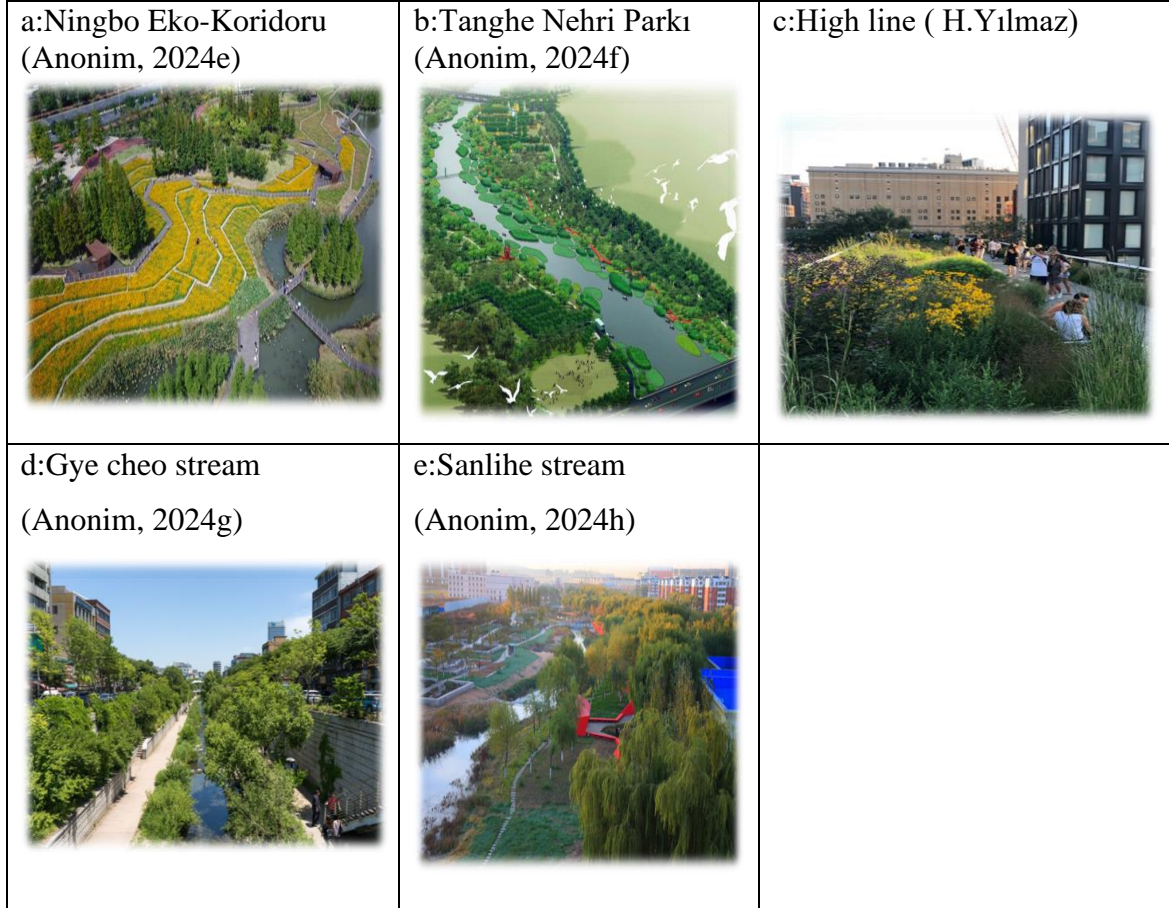
Yılmaz ve Öztürk'ün çalışmasına göre, iklim değişikliği sürecinde kentsel ısı adası etkisini azaltmak, sürdürülebilir bir planlama stratejisi kullanarak hassas ve dayanıklı kentsel alanlar tasarlayarak başarılabilir. Bu alanda uzun vadeli planların geliştirilmesi, şehirlerin gelecekteki iklim felaketlerine daha az zararla dayanma yeteneğini kolaylaştıracaktır. Ancak, bu politikaların ve girişimlerin uygulamaya konulması da aynı derecede önemlidir (Yılmaz ve Öztürk, 2023). Ekolojik bir sistemi riske karşı daha dayanıklı hale getirmek, ekosistem hizmetlerini düzenlemenin birincil amacıdır (Arneeth ve ark., 2005; Chapin ve ark., 2005; Menteşe ve ark., 2015).

Doğal su döngüsü, sürdürülebilir kampüs tasarım sürecinin su kaynaklarını veya suyla ilgili tasarım çözümlerini yönetmek için kapsamlı bir strateji üretmemesi nedeniyle bozulmaktadır. Küresel ısınma kaynaklı yağış artışları sonucunda yüzey akışına giren yağış miktarı artmaktadır. Çok fazla yağmur zaman zaman taşkınlara ve su baskınlarına neden olabilese de, zaman zaman sulak alanlarda drenaj sorunlarına da yol açabilmektedir. Tüm bu sorunlar su ayak izine zarar vermekte, sulak yaşam alanlarını kirletmekte ve yeraltı suyunun miktarını ve kalitesini düşürmektedir. Bu bağlamda, yeşil altyapı stratejilerinden biri olan yağmur suyunun yönetimi, özellikle yağışın yüzey akışını azaltma ve değerli bir kaynak olan suyu yönetme söz konusu olduğunda devreye girmektedir. Yağmur suyu yönetimi biyolojik çeşitliliği korur, su kalitesini artırır, yeraltı suyunu zenginleştirir ve doğal drenaj ve emilime olanak tanır (Saygın, 2015).

Daha yaşanabilir kentsel çevre oluşturmaya yönelik bir çok yeni kavramlar (Eko-kent, yaşanabilir kent, sürdürülebilir kentdirençli kent, akıllı kent gibi) gündeme gelmekte olup, bazı ülkelerde iyi uygulama örnekleri hayata geçirilmiştir.

## 1.2. Yeşil altyapı ile ilgili iyi uygulama örnekleri

Çin'in Zhejiang kentinde oluşturulan **Ningbo Eko-Koridoru** yeşil altyapının çalışmalarına örnek olarak gösterilmektedir (Şekil 1). 240 dönümlük bir alanda her bir gelişme alanı, yüzeyden akan suyu arıtarak ve geri dönüştürerek, güneş enerjisi toplayarak ve kentsel ısı adası etkisini azaltarak sürdürülebilir bir hidrolojik ve ekolojik yaklaşımı örneklemektedir.



**Şekil 1.** Dünyada yeşil altyapıya iyi uygulama örnekleri (a:Ningbo Eko-Koridoru, b: Tanghe Nehri Parkı, c: High line, d:Gye cheo stream, e: Sanlihe stream)

**Singapur Park Connector Network** 1885 yılında yapımına başlanmış, 300 km uzunluğunda bir ekolojik koridoru içeren, bölgesel, kentsel ve yerel parkları birbirine bağlayan bir yeşil alan ağıdır (Tanuwidjaja, 2011). Kentsel mekan yeşil altyapı ile ilgili iyi uygulama örnekleri vardır (Şekil 2).

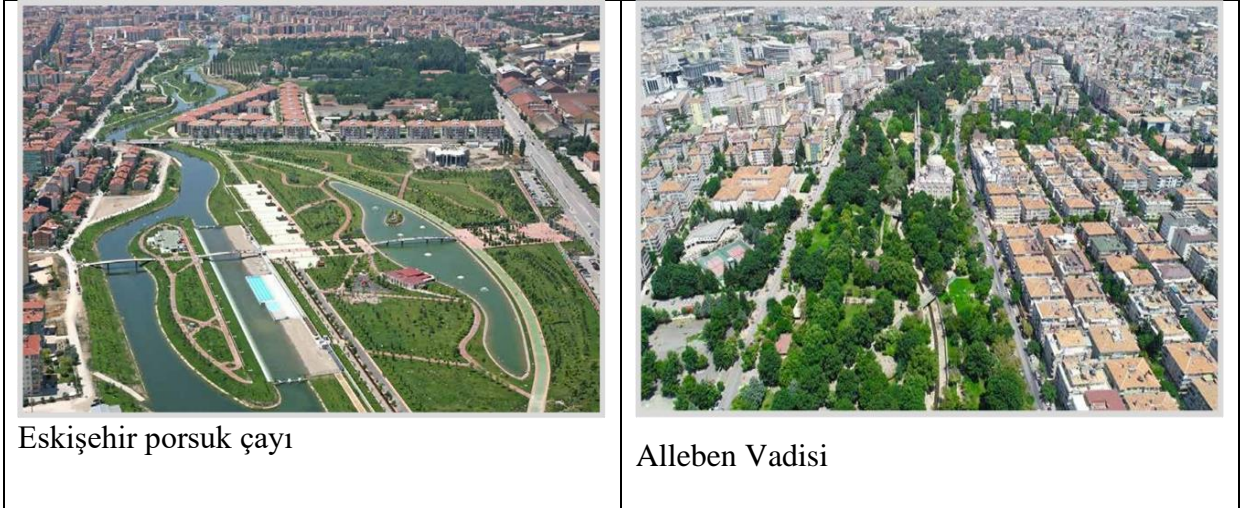


**Şekil 2.** Singapur kentsel yeşil altyapı örnekleri (H.Yılmaz)

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik yeşil altyapıyı öne çıkaran değişik ülkelerde uygulamaya geçirilmiş önemli projeler bulunmaktadır. Bunlar arasında; Stuttgart İklim Atlası, Boston Rose Kennedy Yeşil Yol, Londra Açık Yeşil alan Sistemi, Emerald Gümüş Zümrüt Kolye, Malmö Augustenborg EKO KENT, Melbourne Kent Ormanı, Seattle Yeşil alan sistemi, Vancouver İklim Eylem Planı sayılabilir.

Avrupa’da nüfusu 20-100 bin olan kentler için Avrupa Yeşil Yaprak, nüfusu 100 binden fazla kentler için ise Avrupa Yeşil Başkent Uygulamaları olup, ilk yeşil başkent 2010 yılında Stockholm, son başkent ise 2023 yılı Estonya’nın başkenti Tallinn olmuştur. Dünyada her yıl bazı kuruluşlar tarafından yaşanabilir kentler için belirli kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Global Liveability Index’ e göre güvenlik, kültür ve çevre, iklim, rekreasyon, toplu taşıma, enerji, su, konut kalitesi, eğitim, sağlık ve iletişim, ulaşım gibi göre en yaşanabilir şehirler sıralamasında Viyana (Avusturya), Melbourne (Avustralya) ve Osaka (Japonya) ve kuzey Avrupa ve Kanada’nın bazı kentleri ön sıralarda yer almaktadır. Ayrıca Yeşil yapı sertifikaları, Green Campus/Green Metrix, Biyoçeşitliliğe Dost kentler (yeni kavram) kavramları gün geçtikçe güncellik kazanmaktadır. Ülkemizde kentsel yeşil altyapıya yönelik olarak; İzmir Urban Green UP eylem planı, Eskişehir Porsuk Çayı, Ankara Çankaya Yağmur Hasadı Projesi, Gaziantep Alleben Vadisi projesi, Trabzon Zağnos vadisi, Erzurum Kültür Yolu Projesi, Swiss Hotel yeşil Cephe Uygulamaları iyi uygulamalara örnek olarak gösterilmektedir (Anonim, 2023a).





Eskişehir porsuk çayı

Alleben Vadisi

**Şekil 3.** Yeşil altyapı için ülkemizden iyi uygulama örnekleri (Anonim, 2023c)

### 1.3. 1.3 Üniversite yerleşkelerinin yeşil altyapı planlaması

Üniversite kampüsleri, fiziksel düzenleri ve açık-yeşil alan tasarımlarının yanı sıra buldukları şehirlere sosyoekonomik ve kültürel açıdan da katkıda bulunurlar. Ayrıca estetik, ekolojik, ekonomik ve rekreasyonel faydalar da sunarlar. Üniversite kampüsleri, küresel, ulusal ve bölgesel ölçekte arazi kullanımlarının, yapısal düzenlerinin ve bitki tasarımlarının modellerini geliştirme zorluğunu üstlenmiştir (Yılmaz, 2019).

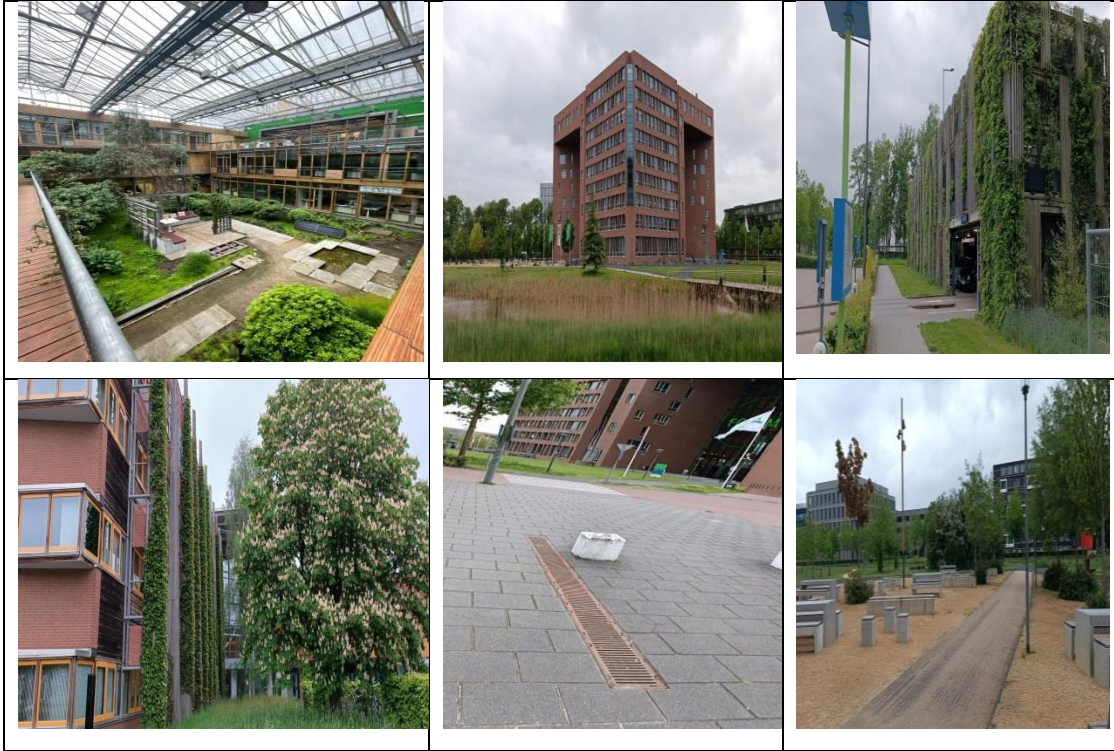
Yeşil alanların fazla olduğu üniversite kampüsleri öğrencilere çok sayıda fayda sağlamaktadır (Hipp vd., 2016). Özellikle üniversiteye yeni başlayan öğrenciler, sosyal çevrelerinden ve ailelerinden kopuk olmaları ve yabancı bir sosyal ve fiziksel ortama itilmeleri sonucu yalnızlık yaşamaktadırlar. Hajrasouliha (2017) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, yeşil bir kampüs öğrenciler arasında sosyal etkileşimi teşvik etmekte ve zihinsel yorgunluğu azaltmaktadır. Ayrıca kampüslerin fiziksel özelliklerinin öğrenci memnuniyeti ve akademik başarı üzerinde olumlu bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Hodson ve Sander'a (2017) göre okuma performansı ve ağaç örtüsünün pozitif korelasyona sahip olduğu bulunmuştur.

Hem kamu hem de ticari kurumlar tarafından tamamlanan son peyzaj projeleri, bitki materyalini belirgin bir özellik olarak dahil etmiştir. Altay'a (2012) göre, kentsel ekosistemler olan üniversite kampüslerinde bu amaçla yoğun bitki materyali kullanılmaktadır.

UI Greenmetric yaklaşımı 2010 yılında Endonezya Üniversitesi tarafından uygulamaya konuldu. Yeşil ölçüm kategorileri ve göstergeleri, yüksek öğrenim kurumlarının çevre bilincine sahip ve sürdürülebilir olmalarına yardımcı olmak için tasarlandı. Kampüs sürdürülebilirlik girişimlerini değerlendiren bu derecelendirme daha sonra UI GreenMetric

Dünya Üniversite Sıralamaları olarak adlandırıldı. Çevre, ekonomi ve eşitlik kavramsal çerçeveleri genellikle sıralamanın temelini oluşturur. "Çevresel ve ekolojik duyarlılık, ekonomi ve öğretim konularını içerecek şekilde yapılandırılmış" olan bu yaklaşım, altı temel kategoriden ve elli üç göstergeden oluşur. Kampüs altyapısı ve düzeni, enerji ve iklim değişikliği, atık ve su yönetimi, çevreye uygun ulaşım seçenekleri ve eğitim, hepsi gösterge olarak kullanıldı. Bu modelin amacı, üniversite yönetimi ve personel üyelerinin "küresel ısınma", "enerji", "su yönetimi ve tasarrufu", "atık geri dönüşümü" ve "yeşil ulaşım ve çevre" gibi konulardaki farkındalığını artırmaktır.

WUR GreenMetric sürdürülebilirlik sıralamasında arka arkaya beşinci kez dünyanın en sürdürülebilir üniversitesi seçilen Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezinde su tüketimini azaltan bazı uygulamalar (Şekil 4);



**Şekil 4.** Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezinde su tüketimini azaltan bazı doğru uygulama örnekleri (G.Askan)

Ülkemizde yerleşke üniversiteleri sayısı oldukça fazla olup, bu alanlarda yapılan yeşillendirme çalışmaları ile neredeyse diğer büyük kamu kurumları ile beraber kentlerin en önemli açık-yeşil alanlarını oluşturmaktadırlar. Bununla beraber üniversite yerleşkelerinin iklime dirençli duruma getirilmesine yönelik çalışmalar yeterli sayıda olduğunu söylemek zordur.

Son yıllarda gündeme gelen iklim değişikliği senaryolarına karşı yerleşkeleri daha dirençli duruma getirmeye yönelik araştırma, toplantı, yönetimlerce bu kavrama yönelik alt birimler oluşturulmakta, çalıştaylar düzenlenmektedir. Bu kapsamda 31 Temmuz - 4 Ağustos (2023) tarihleri arasında Doç.Dr. Mustafa Artar tarafından TÜBİTAK destekli bir çalıştay ile değişik üniversitelerden akademisyenler ve öğrencilerin katılımı ile Atatürk Üniversitesi ev sahipliğinde 'İklim Değişikliği ve Dirençli Kentler için Yeşil Altyapı Tasarımı' konulu bir çalıştay düzenlenmiştir. Çalıştay sonunda yeşil cephe, çatı bahçesi, biyohendek ve yağmur hasadı bahçesi oluşturulmasına yönelik uygulamaya geçirilebilecek tasarımlar oluşturularak, sonuç ürünleri rektörlük makamı ile paylaşılmıştır.

İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Yeşil altyapı Uygulamaları kapsamında yerleşkede yağın yağmur sularının yüzey akışını engellemeye yönelik bitkilendirme yanısıra geçirimli sert yüzeyler uygulaması başarılı bir çalışma olarak örnek oluşturmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. İTÜ Ayazağa Yerleşkesi (Anonim, 2024j)

Atatürk Üniversitesi'nde Prof.Dr. Hasan Yılmaz ve çalışma ekibi tarafından değişik tarihlerde tasarım ve uygulaması gerçekleştirilen Atabotanik ve hobi bahçeleri ile merkez yerleşkede doğal bitkilerle (*Betula verrucosa*, *Pinus slyvestris*) oluşturulan rekreasyon alanları, yeşil koridor uygulaması ile ekolojik, ekonomik, estetik ve rekreasyonel yararlar yanında yerleşkenin iklim değişikliğe karşı direncinin artırılması hedeflenmiştir. Aynı araştırmacı tarafından Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi merkez yerleşkesinde ise 100 dönümlük bir alanın peyzaj tasarım ve uygulaması gerçekleştirilmiş, bu alan içinde oluşturulan 10 dönümlük gölet ile rekreasyonel fırsatlar yanısıra, yerleşkenin sulanması, yağmur suyunun toplanması, serinletme etkisi, faunaya katkı sağlama gibi işlevsel özelliklerinden yararlanılmaktadır (Şekil 6).



**Şekil 6.** Üniversite yerleşkelerinde yeşil altyapı örnekleri (Atabotanik, Ağrı İbrahim Çeçen Üniv., İTÜ)

Bu çalışmada Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesi'nin iklim değişikliğine karşı duyarlılığını belirleyerek, değişik yeşil altyapı öneri senaryoları ile yerleşkenin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dirençli duruma getirilebilmesi amacı ile yeşil altyapı senaryoları üzerinde durulmuştur. Çalışma kampüsleri iklim değişikliğiyle daha uyumlu hale getirecek planlama politikalarını etkileyebilecek bir analiz sunmak amacıyla, yeşil altyapı ve iklim dostu tasarım parametreleri doğrultusunda planlama stratejilerinin sistematik bir incelemesini sunarak, dirençli kampüs ve kentsel ısı adasının kentsel form ve peyzajla ilişkisine odaklanmaktadır. Araştırmada;

-Yerleşkenin mevcut yeşil altyapı sistemi iklime dirençli midir?

-Yerleşke yeşil altyapı sistemleri ile iklime dirençli duruma getirilebilir mi? hipotezlerine cevap aranmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırmanın materyalinin Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesi oluşturmaktadır.

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi; 11 fakülte, 4 enstitü, 4 yüksekokul, 12 meslek yüksekokulu, 12 araştırma merkezi ve 23.829 öğrencisi ile ülkemizin ve özellikle bölgemizin parlayan bilim merkezidir. Yalnızbağ Yerleşkesi'nin toplam alanı 1.965.959,0 m<sup>2</sup>, yapısal alanlar hariç peyzaj bakım alanı ise 198 bin m<sup>2</sup> 'dir. Kampüsten yararlananlar; akademisyenler, kampüste eğitim gören öğrenciler, idari personel, misafirler, kampüste açıköğretim sınavına ve ÖSYM tarafından yapılan sınavlara gelen kişiler faydalanmaktadır. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesi'nin dağılımı verilmiştir Şekil 7'da.



**Şekil 7.** Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ yerleşkesi

Tarım arazisi yerine, kampüsün bulunduğu yer bir taşkın yatağıdır. Erzincan İli, dört belirgin mevsimi, dağlarının yönelimi ve çok sayıda formasyon deseni sayesinde çok çeşitli bir bitki örtüsüne sahiptir. Özhatay (2006)'a göre, Anadolu Haçı (Anadolu Köşegeni olarak da bilinir) ile Avrupa-Sibiryaya ve İran-Turan fitocoğrafik alanlarının bulunduğu yerde yer almaktadır. 39 02'–40 05' kuzey enlemi ile 38 16'–40 45' doğu boylamı arasında yer alan Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nün bir parçasıdır. Bölgede en yüksek ortalama sıcaklık Ağustos ayında (32 °C) görülürken, en düşük ortalama sıcaklık Ocak ayındadır (-6,9 °C) (MGM, 2022).

Kampüs genelinde, sahanın toprak yapısına uygun bitki türlerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen analiz sonuçlarında ph hafif alkali, organik maddece çok az özellik gösteren bir toprağa sahiptir.

## 2.2. Yöntem

### Çalışma yöntemi;

İklim değişikliği, dirençli kentler ve yeşil altyapı uygulamaları hakkında gözlemler yapılmıştır (WUR GreenMetric sürdürülebilirlik sıralamasında arka arkaya beşinci kez dünyanın en sürdürülebilir üniversitesi seçilen Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezi, Van Hall Larenstein Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atatürk Üniversitesi, İTÜ Ayazağa Yerleşkesi ve diğer alanlar). Yerleşkenin mevcut fiziki dokusunun iklim değişikliğine karşı duyarlılık durumu değerlendirilmiştir. Yağan yağmur suyunun yerleşkedeki hareketleri gözlemlenmiştir (eğim durumu, toprağın yapısı, yol, teras, meydan, otopark, yapı yüzeyleri gibi sert zemin uygulamaları). Yağan yağmur suyunun toplanabileceği

veya yavaşça filtre olabileceği yeşil alan, yol ağaçlandırılmaları, koruluklar ve doğal bitki türü kullanımı gibi yeşil altyapı sistemleri analiz edilmiştir.

Yerleşkeyi iklim değişikliğine karşı duyarlı duruma getirilebilecek yeşil altyapı senaryoları üzerinde durulmuştur. Bu amaçla sorun giderici yeşil altyapı önerileri ve uygulamaya yönelik tasarım geliştirilerek değerlendirmeye gidilmiştir.

### 3. Araştırma Bulguları

#### 3.2. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesinin İklim değişikliğe karşı duyarlılığı/sorun tanımlama

Geçirgen, taşlı ve suyu tutmaya engel olan toprak yapısının olması, aşırı güneşleme ile buharlaşmanın fazlalığı/bakı, bina yüzeylerinden yansıyan sıcaklık, aşırı rüzgara maruz kalması ile buharlaşma ve bitki gelişiminin olumsuz etkilenmesi, eğim fazlalılığı nedeniyle yağın yağmur ve kar sularının alandan hızla uzaklaşması, zeminin dereyatağı olmasından dolayı kent geneli kıyasla otomatik sulama sisteminde süre olarak yaklaşık 3 kat daha fazla sulama yapılması, ulaşım, meydan, teras gibi sert yüzeylerden su kaybı, yapı çatı ve teraslarının bitkilendirmelerinin olmayışı, alanda kullanılan bitki örtüsünün henüz üst çatı oluşturmamış olması/bitkilerin küçük olması, yeşil alanların sulanmasına harcanan enerji ve işgücü, maliyet vb gibi sorunları mevcuttur



Şekil 8. Kampüsün toprak ve arazi yapısı

#### 3.3.Yerleşkenin iklim değişikliğine duyarlı duruma getirilmesine yönelik öneri yeşil altyapı senaryoları

### 3.2.1 Kurağa dayanıklı bitki türü kullanımı

Yerleşkede yeşil alanlar tasarlanırken 5-10 ağaç dışında tasarımda kullanılabilecek tek bir bitki bulunmamaktaydı. Prof. Dr. Hasan YILMAZ'ın projelerin hazırlanması ve Öğretim Görevlisi Gökhan ASKAN'ın yönetimi ile 2010- 2022 yılları arasında bitki dikimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 9).



**Şekil 9.** Kampüs alanı içerisinde 2010-2022 tarihleri arasında bitkilerin toprakla buluşturulması

Bitkilendirme çalışmalarında kullanılan bitki türleri farklı çalışmalardan yararlanılarak tespit edilmiş olup toplam 72 takson olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılacak çim ve bitki türlerinin tespiti, su isteklerinin belirlenmesi, doğallık durumu Güngör vd. (2002), Tunçay vd. (2013), Anonymous (2019) ve Yücel (2005)' in kaynaklarından faydalanılmıştır.

**Çizelge 1.** Kampüste tespit edilen bitki türleri ve su istekleri

Sıra no	Bitkinin Türü	Doğallık durumu	Familyası	Türkçe İsmi	Su isteği
1	<i>Acer platanoides</i> 'Crimson king'	-	Aceraceae	Kırmızı yapraklı Akçaağaç	Orta
2	<i>Acer platanoides</i> 'Globosum'	-	Aceraceae	Top Akçaağaç	Orta
3	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	+	Hippocastanaceae	Beyaz çiçekli at kestanesi	Orta
4	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle.	+	Simaroubaceae	Kokar ağaç	Az
5	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch	-	Vitaceae	Amerikan sarmaşığı	Çok
6	<i>Beddlea davidii</i> Franch.	-	Buddleiaceae	Kelebek çalısı	Orta
7	<i>Berberis thunbergia</i> 'Atropurpurea'	-	Berberidaceae	Kırmızı yapraklı kadın tuzluğu	Az
8	<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	+	Betulaceae	Huş	Orta
9	<i>Betula pendula</i> Ehrh.	+	Betulaceae	Huş	Orta
10	<i>Buxus sempervirens</i> L.	+	Buxaceae	Adi şimşir	Az
11	<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem..	-	Bignoniaceae	Acem borusu	Orta
12	<i>Cupressus x leylandii</i> A.B.Jacks. & Dallim..	-	Cupressaceae	Leylandi	Orta
13	<i>Cupressus ocyparis leylandii</i> 'gold rider'	-	Cupressaceae	Sarı leylandi	Orta
14	<i>Cupressus arizonica</i> 'Glauca'	-	Cupressaceae	Mavi servi	Az
15	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	-	Bignoniaceae	Katalpa	Orta
16	<i>Cedrus libani</i> A.Rich.	+	Pinaceae	Toros sediri	Az
17	<i>Cornus alba</i> L.	+	Cornaceae	Kızılcık	Orta
18	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	+	Anacardiaceae	Boyacı sumacı	Az
19	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	-	Rosaceae	Yatik kotenaster	Az
20	<i>Crataegus laevigata pauls</i> 'Scarlet'	-	Rosaceae	Pembe çiçekli süs Aliç	Az
21	<i>Crataegus lavalleyi carrierei</i>	+	Rosaceae	Beyaz çiçekli süs Aliç	Az
22	<i>Cydonia japonica</i> Mill.	-	Rosaceae	Japon ayvası	Orta



23	<i>Deutzia scabra</i> Thunb.	-	Hydrangeaceae	Havlu püskülü	<b>Az</b>
24	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	+	Elaeagnaceae	İğde	<b>Az</b>
25	<i>Evonymus japonica</i> L.	-	Celastraceae	Japon taflanı	<b>Az</b>
26	<i>Euonymus alatus</i>	-	Celastraceae	Yanar çalı	<b>Az</b>
27	<i>Forsythia x intermedia</i>	-	Oleaceae	Altın çanı	<b>Az</b>
28	<i>Fraxinus exelsior</i> L.	+	Oleaceae	Boylu diş budak	<b>Orta</b>
29	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	-	Leguminosae	Glediçya	<b>Az</b>
30	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Sunburst'	-	Leguminosae	Sarı yapraklı glediçya	<b>Az</b>
31	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	-	Malvaceae	Ağaç hatmi	<b>Az</b>
32	<i>Juglans regia</i> L.	+	Juglandaceae	Ceviz	<b>Orta</b>
33	<i>Juniperus horizontalis</i> Moench.	+	Cupressaceae	Yaygın ardıç	<b>Az</b>
34	<i>Juniperus sabina</i> L.	+	Cupressaceae	Sabin ardıcı	<b>Az</b>
35	<i>Laburnum anagyroides</i> L.	-	Papilionaceae	Adi sarı salkım	<b>Orta</b>
36	<i>Lavandula angustifolia</i>	-	Lamiaceae	Mor çiçekli lavanta	<b>Orta</b>
37	<i>Juniperus virginiana</i> L.	-	Cupressaceae	Kurşun kalem ardıcı	<b>Az</b>
38	<i>Ligustrum japonicum</i> L.	-	Oleaceae	Japon kurtbağrı	<b>Az</b>
39	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	-	Caprifoliaceae	Hanimeli	<b>Orta</b>
40	<i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt.	-	Berberidaceae	Sarı boya çalısı	<b>Az</b>
41	<i>Malus x purpurea</i> 'Eleyi' L.	-	Rosaceae	Süs elması	<b>Orta</b>
42	<i>Morus alba</i> L.	+	Moraceae	Dut	<b>Orta</b>
43	<i>Morus alba</i> 'Pendula' L.	+	Moraceae	Ters dut	<b>Orta</b>
44	<i>Picea orientalis</i> L.	+	Pinaceae	Doğu ladini	<b>Orta</b>
45	<i>Picea pungens glauca</i> 'Globosa nana'	-	Pinaceae	Bodur mavi ladin	<b>Orta</b>
46	<i>Picea pungens</i> 'Hoopsi'	-	Pinaceae	Mavi ladin	<b>Orta</b>
47	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	+	Pinaceae	Halep çanı	<b>Az</b>
48	<i>Pinus sylvestris</i> L.	+	Pinaceae	Sarıçam	<b>Az</b>
49	<i>Pinus mugo</i>	-	Pinaceae	Dağ çanı	<b>Az</b>
50	<i>Populus alba</i> L.	+	Salicaceae	Ak kavak	<b>Çok</b>
51	<i>Platanus orientalis</i> L.	+	Platanaceae	Doğu çınarı	<b>Orta</b>
52	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	+	Rosaceae	Kırmızı yapraklı erik	<b>Orta</b>
53	<i>Prunus domestica</i> L.	-	Rosaceae	Erik	<b>Orta</b>

54	<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.	+	Rosaceae	Kırmızı meyveli ateş diken	<b>Az</b>
55	<i>Pyrus calleryana</i>	-	Rosaceae	Süs armut	<b>Orta</b>
56	<i>Robinia hispida</i> L.	-	Leguminosae	Pembe çiçekli akasya	<b>Az</b>
57	<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Acacia' L.	-	Leguminosae	Beyaz çiçekli akasya	<b>Az</b>
58	<i>Robibia pseudoacacia</i> 'Umbraculifera' L.	-	Leguminosae	Top akasya	<b>Az</b>
59	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	-	Leguminosae	Yalancı akasya	<b>Az</b>
60	<i>Rosa sp.</i>	+	Rosaceae	Gül	<b>Orta</b>
61	<i>Rosa canina</i> L.	+	Rosaceae	Kuşburnu	<b>Az</b>
62	<i>Rosa meilland</i>	-	Rosaceae	Meyland gül	<b>Orta</b>
63	<i>Rosa rampicanti</i>	-	Rosaceae	Çardak gülü	<b>Orta</b>
64	<i>Salix babylonica</i> L.	+	Salicaceae	Ak söğüt	<b>Çok</b>
65	<i>Salix matsudana</i> Koidz.	+	Salicaceae	Helezoni söğüt	<b>Çok</b>
66	<i>Spiraea x wanhouttei</i>	-	Rosaceae	Keçi sakalı	<b>Az</b>
67	<i>Syringa vulgaris</i> L.	+	Oleaceae	Adi leylak	<b>Orta</b>
68	<i>Thuja orientalis</i> 'Pyramidalis aurea' L.	-	Cupressaceae	Altuni mazi	<b>Orta</b>
69	<i>Thuja orientalis</i> 'Aurea nana' L.	-	Cupressaceae	Top mazi	<b>Orta</b>
70	<i>Thuja orientalis</i> L.	-	Cupressaceae	Doğu mazısı	Orta
71	<i>Tilia tomentosa</i> Moench.	+	Tiliaceae	Gümüşü ıhlamur	Orta
72	<i>Tilia cordata</i> Mill.	-	Tiliaceae	Kokulu ıhlamur	Orta

Kullanılan bitki taksonlarının su istekleri bakımından yapılan analizleri sonucunda %44 su isteği az, %50 orta ve %6 su isteğinin fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10). Kullanılan bitki türlerinin % 40 doğal, %60 doğal olmayan tür olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 10.** Tespit edilen bitkilerin su istekleri

Kampüs alanı içerisinde çim alanlarında kullanılan türler; % 20 Lolium perenne, %15 Festuca rubra rubra, %25 Festuca rubra commutata, %10 Festuca ovina, % 20 poa pratensis kullanıldığı tespit edilmiş ve çimlerin su isteği Şekil 11’de verilmiştir.



**Şekil 11.** Kullanılan çim karışımlarının su isteklerini

Su kullanımını azaltmak, dünyanın birçok bölgesinde su kıtlığını hafifletme şansı sunan kuru peyzaj stratejisinin bir faydasıdır. Sovocool ve Morgan (2005)’e göre, kuru peyzaj kriterini izleyen bir tasarımla 1 m<sup>2</sup>’lik yeşil alan dikmenin 2271 litre su tasarrufu sağlayacağı tahmin edilmektedir. Korkut ve ark., (2017) ve Kahveci ve ark., (2018)’e göre, dikim tasarımı çalışmaları, dikim yoluyla ekolojik sürdürülebilirliği sağlamak için geniş çim alanları ve mevsimlik çiçek tarhları yerine doğal yapı ve minimum bakım için ideal olan çok yıllık, doğal bitki türlerine öncelik vermelidir. Yabani türlerin biyolojik çeşitliliği korumada oynadığı ekolojik rolün bir sonucu olmaktadır (Chan ve ark., 2014).

Türkiye’de bitki çeşitliliği her tarafa homojen olarak dağılmayıp, bazı alanlarda yoğunlaşmıştır. Bu alanlardan birisi de Erzincan ve çevresidir. Erzincan aynı zamanda 7 Önemli Bitki Alanını da içinde bulundurmaktadır (Kandemir, 2019;Şenkul ve Kaya, 2017).

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde yer alan Erzincan, çeşitli jeolojik yapısı, dalgalı topografyası (850 ila 3550 metre arasında), farklı yerel iklimleri, İran-Turan Bölgesi'nin bir parçası olarak fitocoğrafik sınıflandırması, Avrupa-Sibirya Flora Bölgesi'ne yakınlığı ve hem tür izolasyonunu hem de dağılımını kolaylaştıran Anadolu Diyagonalı üzerindeki stratejik konumu nedeniyle çeşitli bir flora yelpazesine sahiptir. Kandemir ve ark., (2019)’a göre Erzincan'a özgü yaklaşık altmış tür vardır.

Bu da kampüsün mevcut hali ve yapılması planlanan alanlarda doğal tür kullanım potansiyelini artırmaktadır. Kampüs alanının yaklaşık 2/3 kısmı tamamlanmıştır. Yerleşkede 1/3 lük kısımda uygulanacak bitkisel tasarımlarda %50 olan su isteği az bitki türü kullanımını maksimum seviyeye çıkarılabilecek iklim ve tür çeşitliliğine sahiptir. Buda kampüsün etkin kullanımını açısından önem arz etmektedir.

Kampüste yürütülecek olan peyzaj çalışmalarında iklim değişikliği senaryolarına uygun doğal bitkilerin seçilmesi suyun kullanımını kampüste 3 kat azaltacaktır. Buda kampüste 200 dönüm bakımı yapılan alan içerisinde suyun etkin kullanılmasına fayda sağlayacaktır.

### 3.2.2. Yapı yüzeyi bitkilendirmesinin artırılması

Kentsel bölgeler, beton ve asfalt gibi geçirimsiz sert yüzeyler tarafından daha da kötüleştirilen ısı adası etkisiyle büyüyen bir sorun yaşıyor. Reflektörler olarak kuru duvarlar, çatılar ve sokaklar sert yüzeylerden gelen enerjinin bir kısmını alır ve bir kısmını geri verir. Kubbelere benzeyen ve şehri saran ısı adaları, güneş battıktan sonra oluşur ve gün boyunca sert yüzeyler tarafından toplanan ıyıyı serbest bırakır. Bu oluşumun sonucu olarak metropoldeki diğer soğuk kırsal bölgelerde sıcak noktalar gelişir (Barış ve ark., 2003).

Erdoğan ve Khabbazi (2012)’e göre, bina yüzeylerine bitkilendirme, binaları korumak, iklim etkilerini insanlara daha uygun hale getirmek, çevre koşullarını iyileştirmek, belirli çevresel sorunları hafifletmek ve hem kentsel hem de tek yapı ölçeklerinde estetik ve görsel değerler sunmak gibi bir dizi amaca hizmet ettiği için kentsel ekolojiye önemli ölçüde katkıda bulunur.

Şu an itibariyle, kentsel bir alana yeşil çatılar eklemek biyolojik çeşitliliği artırmaya yönelik daha büyük bir çabanın parçası olabilir. Yeşil çatıların biyolojik çeşitliliği, sulak alanlar veya yağmur ormanları gibi doğal yaşam alanlarının ekolojik öneminin yerini alamamalarına rağmen küresel olarak kabul edilmektedir (Erkul, 2012). Ayrıca, kuşlar, böcekler, yerel flora

ve nadir veya nesli tükenmekte olan türler yeşil çatılarda bir yuva bulabilir. Çatı bahçeleri kentlerde;

- Ekolojik,
- Ekonomik
- Sosyal faydaları bulunmaktadır.

Yapı yüzeyiyle alakalı UI GreenMetric Dünya Üniversite Sıralamasında 2023 yılı en iyi üniversitelerinden Wageningen Üniversitesinde yapı yüzey bitkilendirme örnekleri (Şekil 12).



**Şekil 12.** Wageningen Üniversitesinde yapı yüzey bitkilendirme (G.Askan)

Çalışma alanında bulunan tüm binalarda yapı yüzeylerinde bitkilendirme bulunmamaktadır. Kampüste uygulanabilecek yapı yüzey bitkilendirilmesi yapılacak binalar (Şekil 13).



**Şekil 13.** Kampüste uygulanabilecek yapı yüzey bitkilendirilmesi yapılacak binalar(G.Askan)

Bina ve duvar yüzeylerini bitki örtüsüyle kaplı canlı duvar sistemleriyle bitkilendirmek ve yeşil cepheleri vurgulamak yeni inşaat yöntemlerinin mükemmel örnekleridir. Canlı duvar sistemlerinin sayısız faydaları arasında biyolojik çeşitliliği ve ekolojik değeri artırmak, kentsel ısı adası etkisini azaltmak, hava kalitesini iyileştirmek, hem iç hem de dış mekanlarda konfor sunmak, yalıtım sağlamak ve şehir sakinlerinin psikolojik ve sosyal refahını artırmak yer alır (Yüksel, 2013).

Dikey bahçelerde kullanılan türler, duvarın yerleşimine, güneş ışığının bahçeye girdiği yöne ve yerel sıcaklık verilerine bağlı olarak değişir. Bitkileri seçerken akılda tutulması gereken önemli bir nokta, herdem yeşil bitkilerin genellikle güneşli, gölgeli veya yarı gölgeli yerleri sevmesidir; ayrıca sıcaklık arttığında daha fazla çiçek açarlar.

Mevsime uygun renk tonlarının kullanımıyla yeşil cepheler çeşitli kentsel görünümler sağlayabilir. Yaprakları, dalları ve çiçekleriyle oluşturulan renklerle dikey bahçeler bina cephelerine doğal bir şekil verir. Aygencel'e (2011) göre dikey bahçeler kentsel büyümenin getirdiği açık ve yeşil alan kaybını telafi etmeye yardımcı olabilir.

Kampüs yapı yüzeylerinde; Hedera helix, Campsis radicans, Lonicera caprifolium, Passiflora coerulea, Rosa rampicanti, Wisteria floribunda, Passiflora incarnata, Vitis sp., Parthenocissus quinquefolia iklim koşullarına uygun olan bu türler dikey bahçelerde kullanılabilir.

Doğal bitki örtüsünün, özellikle de yerli türlerin zenginliği söz konusu olduğunda, Erzincan Türkiye'nin en önemli bölgelerinden biridir. Kayıtlar, ilin doğal dağılıma sahip 2500'den fazla taksona ev sahipliği yaptığını göstermektedir. Bu bitkilerden, yüksek peyzaj değeri ve iklim değişikliğine duyarlı bitkiler tespit edilecek; bu bitkiler dikey bahçe dikimi ve çatı bahçeleri için bir kaynak görevi görecektir.

### 3.2.3. Yağmur hasad bahçelerinin oluşturulması

Kentsel binalardaki çatılar gibi toplama alanlarından su toplayarak, endüstrinin, tarımın ve evlerin ihtiyaçlarını karşılama ve mevcut su kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle suyu koruma sürecine yağmur suyu hasadı denir (Aladenola ve ark., 2010; Worm ve Hattum, 2006). Düşen yağmur suyunun yalnızca yüzde otuzu yeraltı suyuna karışırken, diğer yüzde yetmişi israf edilir.

Araba yolları, kaldırımlar, konut çatıları ve otoparklar gibi açık alanlardan borularla toplanan yağmur suyu, temizlik, araba yıkama, bahçe sulama sistemleri ve tuvalet sarnıçları gibi kullanımlar için depolanmadan önce filtrelenir (Eren ve ark., 2016; Rainwater, 2016).



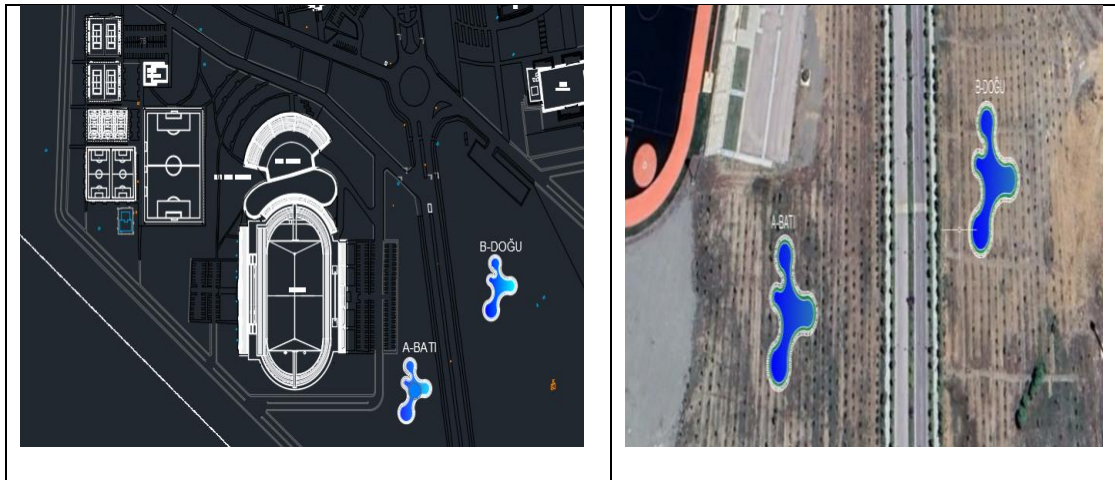
**Şekil 14.** Van Hall Larenstein Uygulamalı Bilimler Üniversitesi kampüsünde yer alan yağmur hasad bahçesi (G.Askan)

Üniversitemizin planlama sürecinde yağmur suyu hatları oluşturulmuştur. Ancak bu hatlar, yalnızca aşırı yağışların kampüsten uzaklaştırılması amacıyla tasarlanmış olup, kampüsteki tüm yağmur suları kampüsün dışındaki güney kısmındaki bir alana yönlendirilmektedir (Şekil 15). Kampüs alanı içerisinde bulunan yağmur suyu hatlarının yerleri belirlenmiş olup AutoCAD ortamında kampüs planı üzerine işlenmiştir (Şekil 16);

<b>EBYÜ YALNIZBAĞ YERLEŞKESİNDE BULUNAN YAĞMUR SUYU HATLARI</b>		
Yağmur suyu hatları 		
		

**Şekil 15.** Kampüs alanı içerisinde yer alan yağmur suyu hatlarının yeri ve alan içerisindeki yerleri

Kampüsün A-Batı ve B-Doğu ağaçlandırma sahalarına yönelik iki adet yağmur suyu hasadı bahçesi projesi AutoCADte hazırlanmıştır. Bu alanların toplam büyüklüğü 1250 m<sup>2</sup> olup, derinlikleri 1,5 metre olarak belirlenmiştir. Bu sayede toplamda 1875 m<sup>3</sup> su tutulumu sağlanacaktır. Kampüsün günlük su ihtiyacının yaklaşık 1/3 bu alanlardan sağlanarak bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. Bu durum, iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerinin azaltılmasına ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır. Yağmur hasad bahçeleri kampüsteki yerleri Şekil 16'de verilmiştir. Oluşturulacak bu hasad bahçesi kampüste bulunan yaklaşık 12.000 adet bitkinin sulanmasına olumlu katkı sağlayacaktır.



**Şekil 16.** Yağmur hasad bahçeleri, AutoCAD çizimleri ve planlanan alanlar (A-BATI VE B-DOĞU)







**Şekil 18.** Kampüs alanı içerisinde biyo-hendeklerin yapılabilecek alanlar(G.Askan)

Bu alanlara Bioswale/bio-hendek/yağmur bahçeleri uygulamalarıyla yağmur suyunu iyi drene etmek, toprağın neminin kaybedilmemesinin sağlanması, biyoçeşitliliğe katkı sağlaması, yollarda göllenmeler azaltılması ile suların etkin doğru kullanılması sağlanacaktır. Geçirgenliği yüksek olan kampüsün yüzey akışı engelleyerek bitkilerin kök bölgelerinin nemli kalması sağlanacaktır.

### 3.2.5. Bitkilerin su tüketimini azaltıcı yöntemlerin geliştirilmesi

Ekolojik sistemleri korumak ve gelecek nesillerin su kaynaklarını kayıplara uğramadan kullanabilmelerini sağlamak için sürdürülebilir kampüslerde su yönetimi, kurumun talepleri ile bu temel kaynağın korunması arasında denge sağlanmalıdır (Ongan, 2014). Kampüs içinde

kullanılan su kaynaklarının planlı ve programlı büyümesi, dağıtımı ve kullanımı, uygun su tasarrufu ve yönetiminin bir ifadesidir (Kayapınar ve ark., 2018).

Kampüs alanı içerisinde yer alan çim yüzeylerinin otomatik sulama sistemi ve selenoid sistemle sulanmaktadır. Ağaç korulukları ise damlama ve fiskiye sistemi kullanılmaktadır. Kampüs alanı içerisinde kullanılan sulama sistemleri (Şekil 19);



**Şekil 19.** Kampüste uygulanan sulama yöntemleri(G.Askan)

Kampüslerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, su verimliliği çözümleri geliştirme, kuru peyzajları tercih etme, yağış toplama ve sulama havuzları kullanma ve atık yönetimi gibi önemli kaygılar, su, atık ve enerji yönetimi parametreleri altında tanımlanmıştır. Aklanoğlu (2009)'a göre, azaltılmış çim yüzeyleri ve düşük su gereksinimi olan bitki türleri çöl peyzaj tasarımları için esastır. Dahası, enerji verimli peyzaj tasarımları, yağıştan, su yüzeylerinden, yüzey formlarından ve malzeme kalitelerinden türetilen unsurları kullanan sürdürülebilir peyzaj tasarımlarıdır. Su tasarrufu için, bitki peyzajları tasarlarken az bakım gerektiren ve kampüs ortamlarına uygun dayanıklı bitkileri kullanmak kritik öneme sahiptir (Ünal Çilek, 2023).

Yağmur suyu, bitkilerin altındaki çakıl, toprak ve kum kirleticileri filtrelediği için yeşil çatı uygulamalarında toplanır ve yeniden kullanılır. Çamaşırhane operasyonları toplanan yağmurdan faydalanabilir. Yağmur suyu kullanıldığında çamaşır odalarında su

yumuşatıcılarına gerek yoktur. Temizlik prosedüründe kullanılan kimyasalların miktarını azaltır veya ortadan kaldırır.

Yeşil çatı teknolojisi kullanılarak yağmur suyu toplanabilir ve çatılardan arıtılabilir. Bitkiler yapraklarının altında suyu kum, çakıl ve topraktan filtreleyerek yağmurdan mineralleri emer. Bu, yağmur suyunun daha etkili bir şekilde kullanılmasını mümkün kılar (Meade ve Morel, 1999).

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üniversiteler, günümüzün gelişmekte olan toplumlarında çevresel dengeyi korumak için araştırma ve uygulamalar yoluyla toplumun sürdürülebilir kalkınmasına katkıda bulunmalıdır (Ç.Y.Ü.R, 2009). Üniversiteler, sürdürülebilir kampüs yönetimini sağlamak için yağmur yönetimi, gri su sistemleri ve içme suyuyla ilgili gelişmeler gibi kampüs planlaması parametreleri dahilinde su kaynaklarını dikkate alan sürdürülebilir su yönetim planına sahip olmalıdır.

Kentlerin iklim değişikliğine uyum sağlama çabaları, iklim sorununun onları ne kadar etkilediğinin bir sonucu olarak giderek daha da önemli hale geliyor. Açık kentsel yeşil alanlar, bu çabaların başarılı olması için sahip olması gereken kritik bir bileşendir. Kentsel yeşil alanlar, uygun ve doğru bir şekilde planlandıklarında kentin iklimini kontrol etmede etkilidir. Kentsel ısı adası etkisini azaltmada önemli bir etkiye sahiptirler. Ancak kentler büyüdükçe ve yoğunlaştıkça, inşaat ve betonlama nedeniyle daha az kentsel yeşil alan vardır.

Kampüsün yüzey kaplamaları ve yollarının arazi iyileştirmeleri ile ilişkisinin incelenmiştir. Geçirgen yüzey kaplamasının öncelikle otoparkların yüzeylerine ve kampüsü çevreleyen araç yollarının küp taş kaplamalı kaldırımlarına uygulanması önerilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, kampüs arazisinde uygulanacak en eksiksiz ve etkili uygulama geçirgen yüzey kaplamasıdır. Çünkü araştırma kapsamında çalışmanın geleceği için düşünülen gelecekteki iyileştirme planındaki uygulamaların yüzey akışı miktarında %0,2'lik bir azalmaya yol açması öngörülmektedir. Ayrıca, kampüs alanını çevreleyen ve çevreyle temas halinde olan araç yolu bölümleri için çimenli bir yağmur suyu hendeği uygulaması oluşturulabilir. Bu işlem, yüksek yağış zamanlarında yağmur suyunun içeri sızmasını önler ve aşırı yağışın zararlı etkilerini hafifletir (Wyoming Department of Environmental Quality, 2013).

Şehirler ve kampüsler, sıcak hava dalgaları, ani seller, kentsel ısı adaları, şiddetli fırtınalar, dolu, kuraklık ve hava kirliliği gibi felakete dönüşme potansiyeli olan çeşitli olaylara dayanabilmelidir. Dayanıklılık ayrıca şehir dönüşümünün temeli olarak hizmet etmelidir.

Karbon emici bölgelerin kurulması ve korunması, akıllı ulaşım ağlarının geliştirilmesi ve yeşil planlama tekniklerinin benimsenmesinin, yerel yönetimler tarafından kararlaştırılan veya yürürlüğe konulan iklim dostu politikalardan faydalanacağı vurgulanmaktadır. Kampüs alanı içerisinde yapılacak olan yüzey bitkilendirmeleri ve çatı bahçeleri iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerini hafifletmeye de katkı sağlayacaktır. Yeşil altyapı sistemleri, sürdürülebilir yeşil kampüs planlama ve tasarımının temel bir bileşenidir. Yeşil altyapı, "doğal yaşam alanlarını ve biyolojik çeşitliliği korumak, iklim değişikliği ve diğer biyosfer değişiklikleriyle mücadele etmek, daha sürdürülebilir ve sağlıklı bir yaşam sağlamak, kentsel canlılığı ve refahı iyileştirmek, önemli rekreasyon alanlarına ve yeşil varlıklara erişimi artırmak, kentsel ve kırsal ekonomileri desteklemek ve uzun vadeli planlamaya yardımcı olmak için yeşil alanların ve koridorların yönetimine katkıda bulunan, birbirine bağlı ve çok işlevli planlı yeşil alanlar ağı" olarak tanımlanmaktadır (Countryside agency, 2006).

Baykan ve Birişçi (2013) nin araştırmasına göre Kaliforniya Eyaleti'nde, su verimli kullanım prensipleri peyzaj bölgelerinde yıllık su tüketiminde %54'lük bir azalmaya ve bakım harcamalarında %50'lik bir düşüşe yol açmıştır. İklim değişikliğiyle mücadele etmek için kentsel dayanıklılığı artırmak, kentsel bir bakış açısından alınabilecek en önemli eylemdir. Kentler, değişen hava koşullarına dayanma yeteneklerini güçlendirerek, kamuoyunu bu konuda bilinçlendirerek, kentlerini değişen iklime uyarlayarak ve yeni projeler geliştirirken çevresel kaygılara öncelik vererek iklim değişikliğiyle mücadelede çok şey kazanabilirler. Kentsel dayanıklılık, kentlerin çevrelerine uyum sağlamasına, kentsel bir bakış açısından ekolojik olarak bilinçli çözümler üretmesine ve sürdürülebilirliklerini sağlayacak girişimler yaratmasına bağlıdır. Bu bağlamda, mevcut iklim mücadelesindeki kent temelli yanıtlar arasında kompakt, sürdürülebilir ve dayanıklı kentler yer almaktadır. Kentsel dayanıklılığın inşası her şeyden önce kentsel planlama gerektirir. Kentsel dayanıklılığa ulaşmanın tek yolu şehri araştırmak ve dirençliliğini ölçmektir.

Makalenin parametreleri dahilinde, dünya genelindeki sürdürülebilir kampüs örnekleri üzerine kapsamlı bir literatür incelemesi ve gözlemi yapıldı. Yağmur suyu yönetimine ilişkin üniversite politikaları tartışıldı. Yeşil çatılar, çimenli hendekler ve yağmur suyu toplama, üniversite yağmur yönetiminde kullanılan en yaygın stratejilerdi. Yağmur bahçeleri, geçirgen kaldırım teknikleri, su isteği az olan bitkilerin kullanılması ve yağmur suyu kuyusu kullanımı da vurgulandı. Makale yerleşik ve doğrulanmış sürdürülebilirlik araştırmalarına sahip kurumlarla karşılaştırılabilir ve sürdürülebilir standart sunmayı amaçlamaktadır.

Kampüsün iklim değişikliğine karşı duyarlılığının belirlenmesi ve dirençli hale gelmesi için dikkat edilecek bazı hususlar;

- Çim bölümleri, toprağın yüzeyinden ve bitkilerin yeraltı kısmından su kaybını durduracak organik ve inorganik malç malzemeleriyle değiştirilmelidir. Bunlar arasından ağaç kabuğu, çakıl, kurumuş yapraklar, çim artıkları vb. seçilebilir.
- Doğal ve su isteği az bitki ve çim türleri seçilmelidir.
- Binalara çatı bahçesi yapılarak sera gazı azaltılması sağlanmalıdır. Yağmur hatlarındaki suların boşa akması engellenerek kampüste Bioswale/bio-hendek/yağmur bahçeleri uygulamalarının yapılmalıdır.
- Sert yüzeylerde meydan gibi büyük kasa saksılarda taç yapan bitkilerin kullanılarak ısı adası oluşumunun engellenmesi sağlanmalıdır.
- Koruluklar ve rüzgar perdeleri artırılmalıdır.
- Yağmur sularının biyolojik göletlerle toplanılarak kampüsün su ihtiyacının azaltılması sağlanmalıdır.

Sert zeminlerde (teras, meydan, otopark gibi) su geçirimli zemin kaplamaları kullanılmalıdır. İklim değişikliğinin yıkıcı etkilerini minimum seviyeye indirmek amacıyla mevcut kent ve kampüslerin dirençlilik durumunun belirlenmesi için yeşil altyapı senaryoları öncü ve örnek oluşturmaktadır.

**Teşekkür:** Bu çalışma VIII. Ulusal Süs Bitkileri Kongresinde sunulmuştur.

### Kaynaklar

Aklanoğlu, F. (2009). ‘Geleneksel Yerleşmelerin Sürdürülebilirliği ve Ekolojik Tasarım: Konya Sille Örneği’, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Aladenola, O. O., & Adeboye, O. B. (2010). Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water resources management*, 24, 2129-2137.

Altay, V. (2012). Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Ata Sökmen Kampusu (Hatay)’nün Süs Bitkileri, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*. 2(6): 11-26.

Alves, F. M., Gonçaves, A., & del Caz-Enjuto, M. R. (2022). The Use of Envi-Met for the Assessment of Nature-Based Solutions’ Potential Benefits in Industrial Parks—A Case Study of Argales Industrial Park (Valladolid, Spain). *Infrastructures*, 7(6), 85.

Anonim, (2019). <http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=a646> Erişim Tarihi: 18.11.2019.

Anonim, (2023a). <https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27?> Erişim Tarihi: 29.05.2023

Anonim, (2023b). <https://www.kureselamaclar.org/>, Erişim Tarihi: 29.05.2023

Anonim, (2023c). <http://yesilkampus.mozaik-test.itu.edu.tr/yesil-kampus/surdurulebilir-peyzaj-anlayisi>. Erişim Tarihi: 21.07.2023.

Anonim, (2024a). <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure>

Anonim, (2024b). <https://www.asla.org/greeninfrastructure.aspx>, Erişim Tarihi: 20.09.2024.

Anonim, (2024c). <https://core.ac.uk/download/pdf/42953148.pdf>

Anonim, (2024d). <https://www.asla.org/contentdetail.aspx?id=43535>

Anonim, (2024e). <https://worldlandscapearchitect.com/ningbo-eastern-new-town-ecological-corridor-turenscape/?v=ebe021079e5a>

Anonim, (2024f). <https://www.chinese-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/the-red-ribbon-tanghe-river-park>

Anonim, (2024g). <https://www.theseoulguide.com/cheonggyecheon-stream/>

Anonim, (2024h). <https://www.world-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/a-mother-river-recovered-qianan-sanlihe-greenway> resim ve yazı

Anonim, (2024i). <https://www.indyturk.com/node/558636/t%C3%BCrki%CC%87yeden-sesler/sel-felaketine-kar%C5%9F%C4%B1-bioswale-ve-ya%C4%9Fmur-bah%C3%A7eleri-1>

Anonim, (2024j). <https://www.memurlar.net/haber/1005753/itu-ayazaga-yerleskesi-dunyanin-en-yesil-kampusleri-arasinda.html>

Arneeth, A., Barratt D., Cassman, K., Christensen, T., Cornell, S., Foley, J., Ganzeveld, L., Thomas, H., Houweling, S., Scholze, M., Joos, F., Kohfeld, K., Manizza, M., Ojima, D., Prentice, I.C., I Schaaf, C., Smith B., Tegen, I., Thonicke, K., Warwick, N. (2005). Climate and Air Quality in Hassan, R., Scholes, R. ve Ash, N., eds, *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, Island Press, Washington DC, London.

Askan, G., Yılmaz, H. (2022). *Sürdürülebilir Peyzaj Düzenleme Yaklaşımı: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesinin Kurakçıl Peyzaj Açısından Değerlendirilmesi*. Planlama Ve Tasarımlarda Sürdürülebilir Yaklaşımlar (201-222), Ankara, İksad Yayınevi.

Aslan, B.G & Yazıcı, K. (2016). Yeşil altyapı sistemlerinde mevcut uygulamalar. *Ziraat Mühendisliği*, (363), 31-37.

Aygencel, M. (2011). Dikey Yeşil Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Balany F, Muttill N, Muthukumaran S, Wong MS, Ng AWM. (2022). Studying the Effect of Blue-Green Infrastructure on Microclimate and Human Thermal Comfort in Melbourne's Central Business District. *Sustainability*, 14(15): 9057-9083.

Bariş, M.E. Yazgan, M.E, Erdoğan, E. (2003). *Çatı Bahçeleri*. Saksılı Süs Bitkileri Yayınları. Ankara.

Bartesaghi-Koc, C., Osmond, P., Peters, A. (2020). Quantifying the seasonal cooling capacity of 'green infrastructure types' (GITs): An approach to assess and mitigate surface urban heat island in Sydney, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 203, 103893

Baykan N.M. & Birişçi, T. (2013). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçesi Örneğinde Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımı Yaklaşımıyla Xeriscape*, V.Süs Bitkileri Kongresi, Yalova. pp 523-528

Chan, F.K.S. & Chan, H.K. (2022). Recent research and challenges in sustainable urbanisation, Resources, *Conservation and Recycling*, 184(2022) 106346.

Chan, L., Hillel, O., Elmqvist T, Werner P, Holman N, Mader A, Calcaterra E (2014). *User's manual on the singapore index on cities' biodiversity (also known as the city biodiversity index)*. Singapore: National Parks Board, Singapore.

Chapin III, F.S., Dirzo, R., Kitzberger, T., Gemmill, B., Zobel, M., Vila, M., Mitchell, C., Wilby, A., Daily, G.C., Galetti, M., Laurance, W.F., Pretty, J., Naylor, R., Power, A. ve Harvell, D. (2005). *Biodiversity Regulation of Ecosystem Services in Hassan, R., Scholes, R.*



ve Ash, N., eds, *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. Island Press, Washington DC, London.

Chatzimentor, A., Apostolopoulou, E., Mazaris, A.D. (2020). A review of green infrastructure research in Europe: Challenges and opportunities. *Landscape and Urban Planning*, 198: 103775

Countryside, Agency. (2006) . *Delivering a New Urban Fringe – Regeneration and Renewal Supplement* , London : Haymarket Publications .

Çevre Yönetiminde Üniversitelerin Rolü, (2009). *Polonya Çevre Çalışmaları Dergisi* , 18 (4), 527-531.

Elraouf, R. A., ELMokadem, A., Megahed, N., Eleinen, O. A., & Eltarabily, S. (2022). Evaluating urban outdoor thermal comfort: A validation of ENVI-met simulation through field measurement. *Journal of Building Performance Simulation*, 15(2), 268-286.

Erdoğan, E., Aliasghari Khabbazi, P. (2012). Yapı Yüzeylerinde Bitki Kullanımı, Dikey Bahçeler ve Kent Ekolojisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6 (1): 23-27, 2013.,

Eren, B., Aygün, A., Likos, S., & Damar, A. I. (2016, November). *Yağmur suyu hasadı: Sakarya üniversitesi esentepe kampüs örneği*. 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016) 3-5 Nov 2016 Alanya/Antalya-Turkey.

Erkul, E. (2012). ‘Yeşil çatı sistemlerinin yapım açısından irdelenmesi’. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Fuller, R.A., Irvine KN, Devine-Wright P., Warren, P.H. & Gaston, K.J. (2007). Psychological benefits of green spaces increase with biodiversity. *Biology Letters*, 3(4): 390-384.

Güngör, İ., Atatoprak, A., Özer, F., Akdağ, N., Kandemir, N. (2002). *Bitkilerin Dünyası*, NTV Yayınları, Ankara.

Hajrasouliha, A. (2017). Campus score:Measuring universty campus qualities. *Landscape and Urban Planning*, 158: 166-176.

Hepcan, Ç.C. (2019). <https://www.iklimin.org/moduller/kentmodulu-yesilaltyapi.pdf>

Hipp, J.A., Gulvadi, G.B., Alves, S., Sequeri, a S. (2016). The relationship between perceived greenness and perceived restorativeness of universty campus and student\_reported quality of life. *Environment and Behavior*, 48(10): 1292-1308.

Hodson, C.B, Sander, H.A. (2017). Green urban landscapes and school-level academiz performance. *Landscape and Urban Planning*, 160: 16-27.

Hoover, F.A., Meerow, S., Coleman, E., Grabowski, Z. & McPhearson, T. (2023). Why go green? Comparing rationales and planning criteria for green infrastructure in U.S. city plans. *Landscape and Urban Planning*. 237, 104781

IPCC (IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2022). Climate Change 2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Kahveci H, Acar C, Hergül Ö (2018) Doğu Karadeniz kıyı alanlarında yetişen perennial (çok yıllık otsu) bitkilerin peyzaj mimarlığı açısından değerlendirilmesi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 5 (31): 4568-4579.

Kandemir, A. (2019). *Flora ve vejetasyon, Erzincan 2019*. Erzincan Valiliği Yayını, Erzincan.

Kandemir, A., Türkoğlu, H. İ., & Yıldız, F. (2022). Erzincan (Türkiye) Florasına Dair Bazı Gözlemler ve Öneriler. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 9(1), 34-63.

Kayapınar Kaya, S., Dal, M., & Aşkın, A. (2018). Türkiye'deki devlet ve vakıf üniversite kampüslerinin sürdürülebilir-ekolojik parametreleri açısından karşılaştırılması. *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 106-125.

Kayhan, M. (2007). *Küresel iklim değişikliği ve Türkiye*. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitapçığı, 81-83.

Kendal, D, Dobbs, C, Lohr, VI. (2014). Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule? *Urban Forestry and Urban Greening*, 13(3) :411-417

Korkut, A., Kiper, T. & Topal T.Ü. (2017). Kentsel peyzaj tasarımda ekolojik yaklaşımlar. *Artium*, 5(1): 14-26.

Kuşçu Şimşek, Ç., Şengezer, B. (2012). "İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi", *MEGARON*, 7(2):116-128.

Lin, B.S, Lin, C.T. (2016). "Preliminary study of the influence of the spatial arrangement of urban parks on local temperature reduction", *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 348-357.

Liu, J. & Slik, F. (2021). Are Street trees friendly to biodiversity?. *Landscape and Urban Planning*, 218, 104304.

Meade, B. & Morel, P. G. (1999). Improving Water Use Efficiency In Jamaican Hotels And Resorts Through The Implementation Of Environmental Management Systems. *Journal of Contemporary Water Research and Education* pp : 39-45.

Mell, I., Allin, S., Reimer, M., & Wilker, J. (2017). Strategic green infrastructure planning in Germany and the UK: A transnational evaluation of the evolution of urban greening policy and practice. *International Planning Studies*, 22(4), 333-349.

Menteşe, E. Y., Tezer, A., & Demir, M. (2019). Mekânsal Planların Çevresel Sürdürülebilirlik Performansının Belirlenmesine Yönelik CBS Aracı Geliştirilmesi Development of a GIS Tool for the Identification of Environmental Sustainability Performance of Spatial Plans. *Planlama Dergisi*, 29(1), 33-49.

MGM, (2022). İllerimize ait genel istatistik verileri. <https://mgm.gov.tr/veri-degerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> adresinden 11.06.2022 tarihinde erişilmiştir.

Middel, A., Chhetri, N., & Quay, R. (2015). Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1), 178-186.

Morpurgo, J., Remme, R.P., Bodegom PV. (2020). CUGIC: The Consolidated Urban Green Infrastructure Classification for assessing ecosystem services and biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 234, 104726

Ongan, G. (2014). 'Campus sustainability in the European Union and Turkey: Developing a holistic approach in Turkey'. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Avrupa Birliği Enstitüsü, İstanbul.

Ouyang ,W.L., Sinsel, T. , Simon, H., Morakinyo, T.E. , Liu, H.M. & Ng E. (2022). Evaluating the thermal-radiative performance of ENVI-met model for green infrastructure typologies: Experience from a subtropical climate. *Building and Environment*, 207(B): 108427

Ouyang, WL., Morakinyo, T.E., Lee, Y., Tan, Z., Ren, C. & Ng, E. (2023). How to quantify the cooling effects of green infrastructure strategies from a spatio-temporal perspective: Experience from a parametric study. *Landscape and Urban Planning*, 237, 104808

Özhatay, N. (2006). Türkiye'nin BTC Boru Hattı Boyunca Önemli Bitki Alanları', *BTC şirketi, İstanbul*, 125-127.

Parlak, E. & Atik, M. (2020). Dünyadan ve Ülkemizden Mavi – Yeşil Altyapı Uygulamaları, *Pemder Derg*, 2 / 2, 86 - 100

Peschardt, K.K., Stigsdotter, U.K. & Schipperrijn, J. (2016). Identifying features of pocket parks that may be related to healthy promoting use. *Landscape Research*, 41(1): 79-94.

Rainwater Harvesting Australia. (2016).  
<https://rainwaterharvesting.org.au/#:~:text=Rainwater%20Harvesting%20is%20the%20third,houses%20have%20a%20rainwater%20tank>.

Ribeiro, P. J. G., & Gonçalves, L. A. P. J. (2019). Urban resilience: A conceptual framework. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101625.

Saygın, N. (2015). Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi ve Yeşil Altyapı Teknikleri ile Su Merkezli Bir Kentleşme. 3. *Uluslararası Su Kongresi: Sürdürülebilir Su Yönetimi*, İzmir, Türkiye.

Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. E. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and buildings*, 31(3), 221-235.

Sisson, P. (2020). <https://landscapearchitecturemagazine.org/2020/10/22/american-gothic-2-0>

Sovocool, K. A., & Morgan, M. (2005). Xeriscape conversion study. *Southern Nevada Water Authority*, 93.

Srivanit, M. & Hokao, K. (2013). Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer, *Building and Environment*, 66, 158-172.

Şenkul, Ç. ve Kaya, S. (2017). Türkiye endemik bitkilerinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi* (69): 109-120.

Tanuwidjaja, G. (2011). *Park connector network planning in Singapore: integrating the green in the garden city*. 5th International Conference of the International Forum on Urbanism, Singapore.

Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review. *Sustainable cities and society*, 43, 55-76.

Tunçay, H.E., Örnek, M.A, Akyol, M. (2013). Bitki VT Online Bitki Veritabanı. <http://www.bitkivt.itu.edu.tr/en/>. Erişim Tarihi: 18.11.2019

Ünal Çilek, M. (2023). Xeriscaping as a water-saving landscape design: Arizona State University Tempe Campus context. *GRID Architecture, Planning and Design Journal*, 6(2), 672-698.

Worm, J. (2006). AD43E Rainwater harvesting for domestic use (No. 43). *Agromisa Foundation*.

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

Yılmaz, D.– Öztürk, S. (2023). Kentsel Isı Adası Etkisinin Sistematik Bir İncelemesi: Kentsel Form, Peyzaj ve Planlama Stratejileri, *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*. Yıl: 2. Sayı: 4. ss. (302-323).

Yılmaz, H. (2019). Atatürk Üniversitesi Merkez Yerleşkesi açık-yeşil alan avlusu peyzaj tasarımı ve uygulama süreci. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(1): 127-134.

Yılmaz, H. (2023). *Yeşil Altyapı Tasarımı/İyi Uygulamalar*. İklim Değişikliği ve Dirençli Kentler için Yeşil Altyapı *Tasarımı*, 31 Temmuz-5 Ağustos, Erzurum

Yılmaz, H., Demircioğlu, N. & Yılmaz, S. (2008). Effects of snow reflected light levels on human visual comfort. *Environmental monitoring and Assessment*.144:367-375.

Yılmaz, S., Mutlu, B.E., Aksu, A., Mutlu, E. & Qaid, A. (2021). Street design scenarios using vegetation for sustainable thermal comfort in Erzurum, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (3): 3672-3693.

Yılmaz, S., Mutlu, E., Yılmaz, H. (2018). Alternative scenarios for ecological urbanizations using ENVI-met model. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26):26307-26321

Yiğit Avdan, Z., Yıldız, D. ve Çabuk, A. (2015).*Yağmur suyu yönetimi açısından yeşil altyapı sistemlerinin değerlendirilmesi*, 2nd international sustainable buildings symposium, Ankara, Türkiye.

Yu, H., Zhang, T., Fukuda H. & Ma, X. (2023). The effect of landscape configuration on outdoor thermal environment: A case of urban Plaza in Xi'an, China. *Building and Environment*, 110027.

Yücel, E. (2005). *Ağaçlar ve Çalılar I*, ETAM Matbaa Tesisleri, Eskişehir.

Yüksel, N. (2013). Dikey Bahçe Uygulamalarının Yurtdışı Ve İstanbul Örnekleri İle İrdelenmesi, Yüksek Lisan Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.