

Kentlerde Yapı Yüzeylerinin Bitkilendirilmesinin Kent Mikro İklimine Etkisi

Neslihan Demircan^{1*}, Gülbanu Sümeyye Çubukçu², Halime Bayburtlu³ and Süleyman TOY⁴

¹ Department of Architecture /Atatürk University, Erzurum, Turkey

² Department of Landscape Architecture/ Atatürk University, Erzurum, Turkey

³ Department of Landscape Architecture/ Atatürk University, Erzurum, Turkey

Department of Urban and Regional Planning

Corresponding author: demircan@atauni.edu.tr

Özet – Dünya nüfusunun yaklaşık olarak yarısı kentlerde yaşamaktadır ve bu oran geçmişten günümüze artış göstermektedir. Artan bu kent nüfusu, yoğun ve düzensiz yapılaşmayı beraberinde getirmiş ve yeşil alanların yok olmasına, dolayısıyla kentsel ısı adası etkisi, hava kirliliği, gürültü kirliliği gibi birçok soruna sebep olmuştur. Bu konuda artan yapay yüzeylerin yerini alabilecek birçok çalışma yapılmıştır. Yapı yüzeylerinde bitkilendirme yapmak bitkilerin, yapılarda mimari ve konstrüktif bir cephe elemanı olarak rol almasını ve sürdürülebilir bir malzeme olarak kullanılmasını sağlar. Yapı yüzeylerinde bitkilendirme yapmak kent iklimine sağladığı faydalar ile de öne çıkmaktadır. Kentsel ısı adası etkisini önleme, çevre ve bina içi hava kalitesini iyileştirme, enerji tasarrufu sağlama, gürültü kirliliğini azaltma gibi etkileri bu faydalardan yalnızca birkaçıdır. Bu çalışmada yapı yüzeylerinde bitkilendirmenin cephe ve çatı bahçeleri olarak tanımları ve kapsamı ile kent iklimine olan etkileri ve uygulama örnekleri literatür çalışmalarıyla ortaya konmuştur. Ulusal ve uluslararası 10 cephe ve çatı bahçesi uygulaması incelenerek tablolaştırılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Yapı yüzeylerinde bitkilendirme, cephe bahçeleri, çatı bahçeleri, kent iklimi, kentsel ısı adası

The Impact Of Vegetating Building Surfaces On Urban Microclimate

Abstract – Approximately half of the world's population lives in cities and this rate has been increasing from past to present. This increasing urban population has brought with it dense and irregular construction and has led to the disappearance of green areas, thus causing many problems such as urban heat island effect, air pollution, noise pollution. In this regard, many studies have been carried out to replace the increasing number of artificial surfaces. Planting on building surfaces allows plants to play a role as an architectural and constructive facade element in buildings and to be used as a sustainable material. Planting on building surfaces also stands out with the benefits it provides to the urban climate. Preventing the urban heat island effect, improving environmental and indoor air quality, saving energy, reducing noise pollution are just a few of these benefits. In this study, the definitions and scopes of planting on building surfaces as facade and roof gardens, their effects on urban climate and application examples are presented through literature studies. National and international 10 facade and roof garden applications are examined, tabulated and the results are evaluated.

Keywords – Planting on building surfaces, facade gardens, roof gardens, city climate, urban heat island

I. GİRİŞ

Dünya nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır. BM verilerine göre küresel insan nüfusu 2022 yılı Kasım ayı itibarıyla 8,0 milyara ulaşmıştır. Nüfusun 2050'de 9,7 milyara, 2080'lerin ortasında ise neredeyse 10,4 milyara ulaşması beklenmektedir [1]. Bu nüfusun %55'i kentsel alanlarda yaşamaktadır ve bu oranın 2050 yılına kadar %68'e çıkması beklenmektedir. İnsan nüfusunun kırsal alanlardan kentsel alanlara göç etmesi de genel nüfus artışıyla birleşmiştir ve 2050 yılına kadar kentsel alanlara 2,5 milyar insanın daha eklenmesi beklenmektedir [2]. Yaşanan bu hızlı kentleşme ve nüfus artışı birçok problemi de beraberinde getirmiştir. Kentsel alanların büyüdükçe yeşil alanların boyutları azalmış, orman ve kırsal alanlar [3], bina, asfalt ve betonla kaplı yapı alanlarına dönüşmüştür [4]. Kentler, kentsel ısı adası etkisinin ana nedenlerinden biri olan ve doğal alanlara kıyasla daha fazla ısı tutan yapı yüzeylere

sahiptir. Kentsel ısı adası etkisinin göstergeleri olarak birçok çalışma yapılmış ve kentsel ve kırsal alanlar arasındaki termal durum farklılıkları tespit edilmiştir [3]. Kentler yakın ve uzak çevrelerine göre daha sıcak, daha kuru, rüzgârsız, daha fazla yağış alan ve daha kirliliği bir atmosfere sahiptir [4],[5]. Doğal bitki örtüsünün zarar görmesi ve yerini beton ve asfalt gibi yüzeylere bırakması, şehirlerin ısıyı daha fazla tutan ve yansıtan yüzeylere dönüşmesine neden olur. Bu durum, kentsel alanların kırsal alanlara göre daha fazla ısınmasına ve kentsel ısı adası (KIA) etkisinin ortaya çıkmasına sebep olur. Ayrıca nüfus artışı ve fosil yakıtların kullanımının artması da bu etkiye katkıda bulunur. Bu durum, şehirlerde yaşayan insanlar için sağlık sorunları ve çevresel etkiler yaratabilir [5]. Yapılı yüzeylerin gündüzleri güneş ısını (radyasyonu) emmesi ve geceleri ortama geri bırakması (karasal radyasyon) olayı KIA etkisi olarak tanımlanır [4]. KIA etkisini gün

geçtiğçe daha da fazla hissettirmektedir. Sıcak hava dalgaları gittikçe artmakta ve kent nüfusunun sağlığını olumsuz etkilemekte, deniz seviyeleri yükselmekte ve çoğunluğu kıyılarda olan kentleri yutmakta, düzensizleşen yağışlarla birlikte sel ve taşkın gibi felaketler oluşmakta, su varlığı azalmakta ve gıda krizi meydana gelmektedir [4]. Kentsel ısı adası etkisini pekiştiren ve sağlıkla ilgili endişeleri artıran bir başka etmen de hava kirliliğidir [7].

Sorunun sebebi doğal yüzeylerin yapay yüzeylere dönüşmesi olduğuna göre çözüm de doğal yüzeyleri artırmak olacaktır. Asfalt, beton gibi yapay malzemelerin yerini toprak, çimen gibi doğal yüzeylerin alması, bu malzemelerin enerji tutma özelliklerinden dolayı termal değişikliklere neden olur. Bunlar yüzey sıcaklığını düşürebilir ve KIA etkisinin azaltılmasına yardımcı olabilir [3]. Kentlerin doğal serinlemesine katkı sağlayan ve hava kirleticileri azaltan çözümlerden biri de yeşil alanların artırılmasıdır [7]. Binaların etrafına ağaç dikildiğinde ve çatılarda veya cephelerde albedo düşürüldüğünde binaların ve kentin enerji dengesi değişir ve kentsel iklim değişiklikleri üretilir [8]. Bitkiler fotosentez, buharlaşma ve terleme sırasında güneş ışınlarının bir kısmını kullanır ve hava kirleticileri hapseder [7], bu nedenle kentlerde yeşil alanların artırılması ve ağaçlandırma yapılması çok önemlidir. Ancak bitkilendirme için yeterli boş alan bulunmamakta ve yıkım yapılarak boş alanlar oluşturulması hem maliyetli hem de çevreye daha zararlı bir yol olacaktır.

Costanzo ve ark. (2016) ve Djedjig (2015)'e göre bu sorunlara karşı geliştirilen en etkili çözüm önerisi de yapı yüzeylerinde yeşil alanlar oluşturulmasıdır. Doya (2012) ve Aleksandri (2008) tarafından yapılan çalışmalara göre yapı yüzeylerinde oluşturulan yeşil alanlar, soğuk malzeme kullanımına göre daha iyi sonuç vermiştir. Yapılan bir araştırmaya göre seçilen bir kentsel alanda soğuk malzeme kullanımı kent sıcaklığını 1,5 °C azaltmış, benzer bir kentsel alanda iki çatı bahçesi ve iki cephe bahçesinin ise sıcaklığı 10 °C'ye kadar azaltabildiği gözlemlenmiştir [7].

A. Cephe Bahçeleri

Cephe bahçeleri tanımlanırken birçok isimlendirme kullanılır. Bunlardan bazıları; dikey bahçe, dikey yeşillendirme sistemleri, yeşil dikey sistemler, dikey yeşillik sistemleri (VGS'ler)'dir. Newton (2007)'ye göre yeşil duvar kavramı, bir binanın cephesinde, üstünde veya içerisinde bitki yetiştirmek için yapılan tüm işlemler de dahil çeşitli bitki türleri ile duvarlar, kök duvarlar, cepheler ve bölme duvarlar gibi dikey yüzeylerin yeşillendirilmesini sağlayan tüm sistemlerdir [9]. Erdoğan (2014)'e göre ise dikey yeşil sistemler, bina cephelerinin duvarın kendi bünyesinde, bitki kutularında veya yeryüzündeki toprakta yetişip, büyüyen bitki materyalleri ile kaplanmasıdır [6].

Cephe bahçelerinin tarihçesi oldukça eskidir. Tarih boyunca gerek iç mekan havalandırması için gerek estetik için yapı cephelerinde ve balkonlarda bitkilendirme yapıldığına dair çeşitli kaynaklarda bilgiler mevcuttur [10]. Bilinen ilk örnek M.Ö. 6. yüzyılda yapılan Babilin Asma Bahçeleri'dir. Bunun dışında İtalya/Pompei örneğinde bina cephelerinde bitkilendirme amacıyla teraslar kullanılmıştır [6]. Pompei esnafları teraslarında yetiştirdikleri sarmaşık bitkilerle Roma mozolelerini süslemişlerdir, Vikingler ise çatı ve duvar yüzeylerinde çim kaplama yapmışlardır. Ayrıca 16. ve 17. yüzyılda Meksika'da, 18. yüzyılda Fransa'da, Hindistan ve

İspanyol evlerinde, Rusya ve eski Sovyet ülkelerinde dikey bahçe örneklerine rastlanmaktadır [10].

Cephe bahçeleri kullanılan bitki yetiştirme yöntemlerine göre [11]; yeşil cephe, yaşayan duvar, bitkilendirilmiş duvarlar şeklinde üç ana başlıkta değerlendirilebilir [6].

A.1. Yeşil Cephe

Yeşil cephelerde geleneksel mimaride kullanıldığı gibi doğrudan bina yüzeyine tutturulmuş ya da kablolar veya kafeslerle desteklenen tırmanıcı bitkiler kullanılır. Diğer yöntemlere göre daha ucuz bir cephe yeşillendirmesi sağlar ancak hasar durumlarında ekstra çalışma ve cephe bakımı gerektirir [11]. Mir (2011)'e göre yeşil cepheler, yapay alt katman kökenli bitkiler ve toprak köklü bitkiler ve sulama sistemi olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Başka bir sınıflandırmaya göre yeşil cepheler, saksıda köklenen doğrudan ve dolaylı bitkilendirme, toprakta köklenen doğrudan ve dolaylı bitkilendirme olmak üzere dört gruba ayrılabilir (Görsel 1) [6].

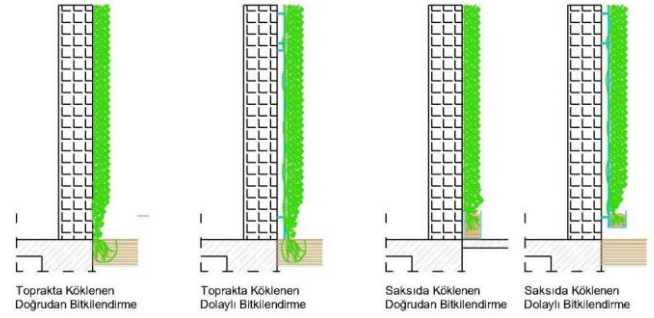


Fig. 1 Yeşil Cephe Tipleri [6]

Saksıda köklenen doğrudan ve dolaylı bitkilendirme sistemlerinde sarılıcı tırmanıcı bitkiler kullanılır. Bitki kökleri saksı toprağında bulunur ve zemine temas etmedikleri için sulamaya ihtiyaç duyarlar. Toprakta köklenen doğrudan bitkilendirme sistemlerinde bitkilerin kökleri toprakta ve bitkiler, besini ve suyu topraktan alır. Bu tip sistem kullanarak bir cephe elde etmek için sarılıcı tırmanıcı bitki türleri kullanılır. Bitkiler yapıya tırmanarak büyür ve yaşayan duvar sistemlerine göre yapı yüzeyini daha uzun sürede kaplamaktadır. Toprakta köklenen dolaylı bitkilendirme sistemlerinde ise Mir (2011)'e göre bitkilerin cepheyi örtmesine ve duvar üzerinde büyümesine olanak sağlamak için özel tasarlanmış destek sistemleri uygulanır. Mir bu destek sistemlerini

- Modüler kafes panel sistemleri
- Kablo ve halat ağ sistemleri olmak üzere ikiye ayırmıştır [6].

Tırmanma tesisleri için destek olarak plastik veya alüminyum türleri, çelik (galvanizli çelik, kaplamalı çelik, paslanmaz çelik), farklı ahşap, gibi birçok malzeme kullanılabilir. Bu malzemelerin her biri farklı estetik ve fonksiyonel özellikler göstermektedir [11].

A.2. Yaşayan Duvar

Lambertini (2007)'ye göre yaşayan duvar sistemlerinde yalnızca tırmanıcı bitkiler kullanılmaz, bunun yerine çok daha

yaratıcı ve estetik potansiyeli sunan çeşitli bitkiler kullanılır [11]. Yaşayan duvar sistemleri, toprak ya da köpük, mineral yün, perlit, keçe gibi yapay yetiştirme ortamlarını kapsayan modüler panellerden yapılır. Paneller bitkinin su ve gıda ihtiyaçlarının tamamını ya da bir kısmını karşılamak için dengeli besin çözeltileri kullanan hidroponik sistem gerektirir [11]. Hidroponik sistem besin çözeltilerinin aralıklı olarak bitki köklerine püskürtülmesi yoluyla ya da bitkilerin, torba, saksı, tekne vb. şekillerde kaplara konulan organik ya da inorganik yapılı katmanlara ekilerek ve besin çözeltilisinin düzenli aralıklarla damlama veya sulama ile ortama verilmesi yoluyla yetiştirilmesidir. Yaşayan duvar sistemleri genel olarak:

- Saksıda bitkilendirilmiş sistem
- Köpük katmanlı sistem
- Keçe katmanlı sistem
- Mineral katmanlı sistem olmak üzere dört gruba ayrılabilir.

Yaşayan duvar sistemlerinden saksıda bitkilendirme, köpük ve mineral katmanlı sistemlerde prefabrike modüler paneller, keçe katmanlı sistemlerde ise daha çok yerinde uygulanan panel sistemler kullanılır [6].

A.3. Bitkilendirilen Duvar

Duvarların kendi bünyesinde bitkilenebilir müsait katmanlar mevcutsa ya da duvar üzerinde oluşan açıklıklarda kendiliğinden köklenen bitkiler var ise bu tip duvarlar bitkilendirilen duvarlar olarak isimlendirilir. Bitkilendirilen duvarlar:

- Bitkilenebilir uygun duvar paneli
- Doğal bitkilenebilir olmak üzere ikiye ayrılabilir.

Bitkilenebilir uygun duvar panelleri, malzemenin kendi üzerinde bitkilenebilmesine izin veren sistemlerdir. Yeni geliştirilen beton sistemleri buna örnek olarak verilebilir. Doğal bitkilenebilir bitkiler yapı kabuğundaki boşluklarda veya çatlaklarda doğal yollarla oluşurlar. Bitkiler yapı yüzeylerinde doğal yollarla oluşurlar. Planlı bir dikey yeşil sistem değildir ve sulama sistemine gerek duymazlar [6].

B. Çatı Bahçeleri

Çatı bahçeleri, peyzaj ve mimari uygulama alanlarında birçok tanıma sahiptir. Kuhn ve Peck (2003) 'e göre çatı üzerinde yapılan tüm bitkilendirme amaçlı uygulamayı barındırmakta olup özel olarak yapısal, sosyal ve ekolojik işlevleri en üst düzeyde sağlayıp dengelemek amacıyla tasarlanan ve düzenlenen, yüzeyin su geçirmez katmanla kaplı olduğu ve bu katman üzerindeki toprak ve bitkisel öğelerle kaplanmış alanı ifade etmektedir [17], [32] [33].

Bir diğer tanımda ise zeminde veya genel olarak zemin seviyesinin üstünde bulunan herhangi bir yapıya ait düz ya da eğimli çatıda, özel malzeme ve farklı tekniklerin yardımıyla tasarlanıp uygulanan, az ya da çok bakım gerektiren, çeşitli işlevlere sahip açık yeşil alan düzenlemeleridir [12].

Çatı yüzeylerinin bitkilendirilmesi, geçmişten günümüze kadar devamlılık sağlamış ve farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmıştır. Günümüzde ekonomik, sosyal ve çevresel yönden kullanılan daha fazla ve gelişmiş olsa da, çatı bitkilendirmelerinin insan hayatına sağladığı olumlu etkiler, bu çatı alanlarının tarih süresince mevcut olmalarını sağlamıştır [13]. Eski Mısır'da Asurlular, Babiller ve Sümerler tarafından M.Ö. 4000 – M.Ö. 600 tarihleri arasında yapılmış

olan ve Ziggurat olarak isimlendirilen tapınaklar, bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin ilk örnekleri olarak bilinmektedir [14].

Çatı bahçeleri bu kavramlar doğrultusunda, bitkilendirme tipi ve çatı alanı için planlanan kullanıma bağlı olarak "ekstansif" ve "entansif" sistemler olarak 2'ye ayrılmaktadır [15], [32].

B.1. Entansif (Yoğun) Çatı Bahçeleri

Entansif çatı bahçeleri bitkilendirme açısından yoğun olarak değerlendirilmektedir. Bu yoğunluk, yalnızca bitkilendirmede değil bakım ihtiyacının ve bitkinin yetiştirme ortamından istediği etmenlerin de yoğun olmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak çim, çalı, ağaççık ve ağaçlar gibi farklı bitki türleri kullanılmaktadır [15]. Çoğu zaman derin bir toprak katmanına (>15,2 cm) ihtiyaç duyulan entansif bitkilendirmede yalıtım, drenaj ve sulama gibi sistemlerin uyumlu ve sorunsuz çalışması gerekmektedir. Aynı zamanda entansif çatı bahçeleri üstünde yürünmeye ve farklı rekreasyonel faaliyetlerde bulunmaya uygundur. Bu çatı düzenlemeleri devamlı olarak gübreleme, sulama, budama, ilaçlama, yabancı otlardan temizleme vb. bakım önlemlerine ihtiyaç duyar [12].



Fig. 2 Entansif (Yoğun) Çatı Bahçesi [16]

B.2. Ekstansif (Seyrek) Çatı Bahçeleri

Ekstansif çatı bahçeleri ise entansif çatı bahçelerinin aksine minimum seviyede bakım gerektirir. Toprak derinliklerinin daha yüzeysel olması (<15,2 cm) sebebiyle genellikle otlar, yosunlar, bodur çalılar ve sukulent yapıya sahip olan bitkiler kullanılmaktadır [15]. Seçilen bitkiler aşırı suya, kuraklığa, dona ve rejenerasyon yetenekleri de yüksek olan bitkilerdir [12]. Seyrek bitkilendirme ile yapılan bu sistemler daha az rekreasyon olanağı sunmanın yanı sıra daha az sosyal ve estetik yarar sağlar [17].



Fig.3 Ekstansif (Seyrek) Çatı Bahçesi [18]

İklim değişikliğinin kentlerde artan etkisi nedeniyle özellikle sıcak hava dalgalarının ve kentsel ısı adasının

etkilerini azaltmak amacıyla arazinin kıt olduğu kentlerde bir çözüm olarak kentsel dikey yeşil sistemler kullanılabilir. Bu çalışmanın amacı kentsel ısı adası etkisini azaltmakla birlikte birçok faydası olan yapı yüzeylerinde bitkilendirmenin (çatı ve cephe bahçeleri) kent mikro iklimine etkilerini incelemek ve dünya ve Türkiye’den uygulama örneklerini değerlendirmektir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında bina yüzeylerinde bitkilendirmenin (çatı ve cephe bahçeleri) tanımları kent iklimine etkileri ve son 20 yılda yapılmış dünya genelinden ve ülkemizden çatı ve cephe bahçesi örnekleri incelenmiştir. Toplam 19 makale ve tez incelenmiştir.

A. Yöntem

Bu çalışmalara Google scholar sitesinden ‘bina yüzeylerinde bitkilendirme, cephe bahçeleri, çatı bahçeleri, dikey yeşil sistemler, kentsel ısı adası etkisi’ anahtar kelimeleri girilerek ulaşılmıştır. Bulunan makalelere içerik analizi yapılarak çalışmaların yapıldığı alanlar, uygulamaların detayları incelenerek sonuçları gruplandırılmıştır.

III. SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonuçları yapı yüzeylerinde bitkilendirmenin kent iklimine etkileri ve çatı ve cephe bahçesi uygulama örnekleri olmak üzere 2 grupta incelenmiştir.

A. Yapı Yüzeylerinde Bitkilendirmenin Kent İklimine Etkileri

Bitkiler genel özellikleri itibarıyla çevreye birçok fayda sağlarlar. Yapı yüzeylerinde bulunan bitkilerse çok yönlü düşünülmesi gereken bir alandır. Yapıya ve kent iklimine doğrudan veya dolaylı olarak etki ederler.

A.1. Kentsel Isı Adası Etkisini Önleme

Isı adası etkisinin azaltılmasında çatı ve cephe bahçelerinin fayda sağladığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmalara göre çatı ve cephe bahçelerinin yansıtıcılık değeri 0,70-0,85 arasındadır. Mevcut çatı ve cephelerde kullanılan yapı malzemelerinde bu değer 0,10-0,20 arasındadır [7]. Yeang’a göre bu bitkilerin güneş ışınlarını engellemesi, emmesi ve yansıtmasının bir sonucudur ve bu sayede özellikle ılıman iklimlerde hava sıcaklığını 5 °C’ye kadar düşürebilir. Kış mevsiminde ise ısı kaybı %30 oranında azaltılabilir. Bitkiler ısıyı yapay ve sert yüzeylere oranla çok daha az yutar, buharlaşma ve terleme yoluyla su kaybederek ortamda bulunan nemi artırır ve hava kalitesini iyileştirir [6].

A.2. Kentin Su Ekonomisine Etkisi

Kentlerde yapay yüzeylerin artmasıyla yağmur sularını çekecek toprak yüzeyinin azalması ve su kullanımlarının artması, kentlerin atık su sistemlerine daha fazla yüklenmesine sebep olmaktadır. Bunun sonucunda alt yapının yetersiz hale gelmesinden birçok kentte su baskınları meydana gelmektedir. Çatı ve cephe bahçelerinin en önemli etkilerinden biri bitkilerin yağmur suyunu emmesi ve kullanmasıdır. Diğer bir etkisi de fazla yağış olduğunda yağmur suyunu tutup kanalizasyon sistemlerine ulaşımını geciktirmektir. Bu sistem sayesinde su baskınları engellenmektedir [32], [12]. Bitkilendirilmiş cephe sistemleri yağmur sularını kendi sulama sistemlerinde kullanabilmekte [6] ve bu sayede kentsel alanlardaki atık suyun yönetimi için

bir kontrol mekanizması olarak çalışabilmektedir. Yağış sularının bir kısmı bitkiler tarafından, bir kısmı da bitki taşıyıcı katman tarafından tutulur. Bu katmanları aşan sular ise tekrar kullanılmak üzere drenaj kısmında depolanabilir [12].

A.3. Kentin Hava Kalitesine Etkisi

Bitkiler hava kirletici partikülleri yapraklarında hapseder [7]. Çatı ve cephe bahçelerinin sıklıkla bahsedilen faydalarından biri de bitkilerin atmosferdeki partikül kirleticileri ve zararlı gazları emmek veya hapsedmek için kullanılarak kentsel alanlardaki hava kalitesini iyileştirmektir. Yapılan bir araştırmada çatı bahçesi uygulamasının hava kirleticileri üzerindeki etkisi incelenmiş ve sonuçta pek çok kirletici partikülün oranı azalmıştır. Sonuçlara göre kükürt dioksit seviyesi %37, nitrojen dioksit seviyesi %21 oranında azalmıştır [19].

A.4. Yapıda Isı ve Ses Yalıtımı Sağlaması

Çatı ve cephe bahçeleri, bitki ve diğer katmanları sayesinde yapılarda ısı ve ses yalıtımı sağlarlar. Rüzgâra bağlı ısı kayıplarını azaltarak rüzgârın soğutan etkisini kırarak yalıtım sağlar ve konveksiyonla yapılarda kaybolan sıcaklık miktarını azaltarak enerji tasarrufu sağlarlar [20]. Bitkilerin evapotranspirasyon ve gölgeleme yapması nem seviyesi ve sıcaklık üzerinde etki eder ve hem bina mikro iklimini hem de iç ve dış mekanlarını etkiler. Özellikle sıcak iklimlerde soğutma potansiyeli önemli enerji tasarrufu sağlar [21]. Soğutma potansiyelinin yanı sıra çatı ve cephe bahçeleri binalarda iyi bir yalıtım sağlar. Bitkilerin özellikleri, su içeriği, malzeme özellikleri ve katman özellikleri yalıtım özelliklerini etkiler [11].

Çatı ve cephe bahçeleri düşük frekanslı seslerde çok iyi bir ses yalıtımına sahiptirler. Çatı bahçelerinden ekstansif (seyrek) bitkilendirilmiş çatı bahçeleri sesi 40 desibel kadar düşürebilirken entansif (yoğun) bitkilendirilmiş çatı bahçeleri ise sesi 46-50 desibel kadar düşürebilir [12].

A.5. Kentte Gürültü Etkisini Azaltması

Kentsel alanlarda geçirimsiz yapay yüzeyler yüksek ses seviyesinin duyulma oranını artırmaktadır. S. Kabuloğlu (2005)’e göre çimenlik benzeri yumuşak yüzeyler ya da yeşil çatılar ses dalgalarını yansıtmak yerine azaltır. Bu sebeple kentsel alanlarda düzenlenen bitki yoğunluklu parklar veya yapı yüzeylerinde kullanılan yeşil sistemler ses seviyelerini azaltmada etkili olacaktır [6]. Yeşil çatılar bu konuda önemli bir yere sahiptir. 2004 tarihli bir rapora göre, gürültünün frekans değerine bağlı olarak 10-30 desibel kadar düştüğü belirtilmektedir [22]. Seçilen bitkiler, bitki örtüsünün kapladığı alan ve bitki büyüme katmanının içerik ve derinliği gürültü etkisinin azaltılmasına yardımcı olan faktörlerdir [22].

A.6. Biyoçeşitliliği Artırması

Bina yüzeylerinde bitkilendirme sistemleri içerdikleri yeşil alanlar sayesinde biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sağlamaktadır [7]. Bu sistemler kentsel alanlarda doğal yaşam bakımından büyük öneme sahiptir. Doğal habitatlar büyük kentlerde yok denecek kadar azdır bu yüzden bina yüzeylerinde oluşturulan yeşil alanlar, kentsel yeşil alan miktarını artırarak hem kişi başına düşen yeşil alan miktarını artırır hem de kent içindeki doğal habitatı ve biyoçeşitliliği korurlar. Yeşil çatılar “steril kentsel çevre” içinde, bir vaha yaşamı meydana getirecek işleve sahiptirler. Çatı bahçeleri kelebekler, arılar, kuşlar ve diğer kanatlılar için yer

seviyesinden daha çekicidir [12]. Cephe bahçeleri ise farklı bitki türlerini aynı zamanda bünyesinde barındırdığı için böcek, kuş ve diğer organizmaları da barındıracaktır. Bu sistemler kentsel alanlarda bina yüzeylerinde bir habitat oluşturarak doğal yaşamı destekleyecektir [6].

A.7. Malzeme Ömrünü Uzatması

Bina yüzeylerine gelen ultraviyole ışınları (UV ışınları) yapı malzemelerinin bozulmalarına neden olabilmektedir. Özellikle cephe bahçeleri yapı duvarı önünde yer alarak yapı malzemelerine gölgeleme yapar ve UV ışınlarının vereceği zararı önler. Bu nedenle malzeme bakım maliyetlerinin azalmasını sağlar [6].

A.8. Estetik ve Sosyal Etkisi

Çatı ve cephe bahçeleri sayısız alternatif tasarım imkânı sunarak kentlere estetik katkı sağlarlar [20]. Cephe bahçeleri kente süreklilik arz eden bir doku oluşturur ve estetik bir değer katarlar. Bitkilerin rahatlatıcı etkisiyle birlikte temiz hava cepleri oluşturması hem hava sıcaklıklarına olumlu etki eder hem de sağlık açısından ve psikolojik açıdan fayda sağlar [6]. Çatı bahçeleri ise bu faydaların yanı sıra insanlara aktif ve pasif rekreasyon alanı imkânı sunar [12].

A.9. Yangın Güvenliği

Bina yüzeylerinde bitkilendirmenin yangın güvenliği bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle cephe bahçelerinde cephelerin tamamen bitkilerle kaplandığı binalarda yangının yayılmaması için önlem alınmalıdır. Özgünler ve Arpacioğlu (2016)'ya göre bu tip cephelerde bitkiler kurduğunda ek bir yangın riski oluşturacaktır. Bu yüzden bitki seçimlerine ve rüzgâr yönlerine dikkat edilmelidir [6].

B. Örnekler

Yapı yüzeylerinde bitkilendirme konusuyla ilgili uluslararası ve ulusal literatür ve proje örnekleri incelenerek Tablo 1 ve Tablo 2' de toplu olarak verilmiştir. Tabloda verilen örneklerden hareket edilerek çatı ve cephe bahçelerinin kente çevresel ve sosyal açıdan birçok fayda sağladığı görülmüştür.

B.1. Çevresel Faydalar

- İç mekân sıcaklığını koruyarak enerji tüketimini azaltma
- Bitki türlerinin havadaki kirletici partikülleri tutarak hava kalitesini arttırması
- Su ve ses kontrolü
- Ekolojiyi koruma
- Yüksek yansıtma özelliğine sahip malzemelerin tercih edilmesiyle ısı adasının etkisini azaltma [23].

B.2. Sosyal Faydalar


- Çeşitli rekreasyon imkanları sunması
- İnsanın ruhsal ve fiziksel sağlığını iyileştirici özellikte olması [24].

Tablo 1: Cephe Bahçesi Örneği 1 [6]


Proje	Swissotel Resort Bodrum Beach
Yapım Yılı	2015
Mimarı	Gokhan Avcioglu & GAD Mimarlık
Konumu	Antalya/Türkiye

Proje Görseli	
Cephe Bahçesi Türü	Yaşayan Duvar (Keçe katmanlı sistem)
Açıklaması	Proje, 60 odası bulunan bir otel binası, 46 apartman, 27 villa, spa, havuz kompleksi ve beach kulüplerden oluşmaktadır. Proje 1584 m ² dikey bahçe sistemi içermektedir. Projede 40.000 adet bitki kullanılmıştır ve otomatik sulama ve gübreleme sistemleri uygulanmıştır.
Yararları	Projenin sulama sistemi, havalandırma sistemi ile ilgili bilgi bulunmamaktadır. Proje KIA etkisini düşürmeye katkı sağlar.

Tablo 2: Cephe Bahçesi Örneği 2 [25]

Proje	Naman Retreat
Yapım Yılı	2015
Mimarı	VTN Architects
Konumu	Ngũ Hân Son, Da Nang, Vietnam
Proje Görseli	
Cephe Bahçesi Türü	Yeşil Cephe (toprakta köklenen dolaylı bitkilendirme)
Açıklaması	Proje, sahil villaları, bungalovlar ve Babylon isminde bir adet otel binasından oluşmaktadır. Projede bitki olarak ağaç, sarmaşıklar ve çiçekli sarmaşıklar kullanılmıştır. Sarmaşıklar prefabrik beton panjur sistemlerine tırmanarak cepheyi kaplamıştır.
Yararları	Dikey yeşil sistem panjur sistemiyle rüzgâr akışını engellemez ve güneş ışınlarının etkisini azalarak binanın ve çevresinin termal konforuna katkı sağlar.

Tablo 3: Cephe Bahçesi Örneği 3 [6]


Proje	One Central Park (Ocp)
Yapım Yılı	2014
Mimarı	Ateliers Jean Nouvel
Konumu	Avustralya / Sidney
Proje Görseli	
Cephe Bahçesi Türü	Yaşayan Duvar (Keçe katmanlı) ve Yeşil Cephe
Açıklaması	Proje konut ve ticaret amaçlı çoklu kullanım için tasarlanmıştır. Projede iki farklı dikey yeşil sistem türü uygulanmıştır. Yaşayan duvar sistemlerinde 250 endemik bitki türü kullanılırken yeşil cephe sistemlerinde sarılıcı tırmanıcı bitkiler kullanılmıştır. İki sistemde de hidroponik sulama sistemi kullanılmıştır.

Yararları	Proje KIA etkisini düşürür ve enerji tasarrufu sağlar. Ayrıca gri su ve yağmur suları kullanılarak sulama yapılır.
------------------	--

Tablo 4: Cephe Bahçesi Örneği [26]

Proje	KMC CORPORATE OFFİCE
Yapım Yılı	2012
Mimarı	RMA Architects – 2012
Konumu	Laxmi Cyber / Hyderabad / Telangana / Hindistan
Proje Görşeli	
Cephe Bahçesi Türü	Yeşil cephe (Saksıda köklenen doğrudan bitkilendirme)
Açıklaması	Bina ofis amaçlı kullanım için tasarlanmıştır. 4 cephesinde de dikey yeşil sistem bulunmakta ve sarılıcı tırmanıcı bitkileri içermektedir. Binada çift cephe sistemi mevcuttur. Dış cephe, bitki yetiştirme ve sulama sistemlerini içeren dökme alüminyum kafesten oluşur. Dikey yeşil sistem damla sulama, hidroponik sistem ve sisleme sistemine sahiptir.
Yararları	Bina KIA etkisini düşürmeye katkı sağlar ve sulama sistemi yağmur suyunun geri dönüşümünü sağlar. Sisleme sistemi sıcak yaz aylarında binayı soğutarak ve cepheyi tozdan arındırarak hava kalitesine katkı sağlar.

Tablo 5: Cephe Bahçesi Örneği 5 [27]


Proje	Green Cast
Yapım Yılı	2011
Mimarı	Kengo Kuma & Associates
Konumu	Odawara-shi, Kanagawa Eyaleti, Japonya
Proje Görşeli	
Cephe Bahçesi Türü	Yaşayan Duvar
Açıklaması	Bina otopark, eczane, klinik, ofis, meslek okulu ve rezidans birimlerinden oluşmaktadır. Dikey yeşil sistem binanın giriş cephesinde bulunmakta ve çeşitli bitkileri içermektedir. Bitkiler, otomatik sulama sistemi ile sulanmakta olup alüminyum döküm panellere taşıyıcı sistem aracılığıyla yerleştirilmiştir.
Yararları	Binada havalandırma sistemi bulunduğu için hava kalitesine katkı sağlar ve sulama sistemi ile yağmur suyunun dönüşümü sağlanarak yeşil cephede kullanılır.

Tablo 6: Çatı Bahçesi Örneği 1 [28]

Proje	Akasya Acıbadem Konutları
Yapım Yılı	2012
Mimarı	Evrenol Architects
Konumu	İstanbul/Türkiye

Proje Görşeli	
Cephe Bahçesi Türü	Ekstansif Çatı Bahçesi
Açıklaması	Proje, üç farklı konut-ofis ve bir alışveriş merkezinden oluşan farklı işlevlerin bulunduğu bir kompleks özelliği taşımaktadır. Aynı zamanda bu yapı 10 dönümlük bir Akasya Parkına sahip olup çatı ve teras bahçeleri, kat bahçeleri, göl ve çevre bitkilendirme uygulamalarına sahiptir.
Yararları	Projede kullanılan çatı bahçesi yağmur suyunun depolanmasına olanak sağlar.

Tablo 7: Çatı Bahçesi Örneği 2 [17]

Proje	Turkcell Ar-Ge Binası
Yapım Yılı	2008
Mimarı	Erginoğlu & Çalışlar Mimarlık
Konumu	Kocaeli/Türkiye
Proje Görşeli	
Cephe Bahçesi Türü	Ekstansif Çatı Bahçesi
Açıklaması	Turkcell Ar-Ge binası, 500 kişilik personel kapasitesine sahip olup gerektiğinde tüm gün yaşamaya uygun bir ortam sunacak şekilde tasarlanmıştır. Binanın kapladığı alana karşılık çatısı çim kaplanarak doğaya iade edilmiştir. Turkcell AR-GE binası yeşil çatısı ile öne çıkıp, çeşitli aktivitelere olanak sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Kullanıcılara çim kayağı, yürüyüş gibi aktiviteler için ideal bir alan sunmaktadır.
Yararları	Bu yapıda kullanılan çatı bahçesi, ısı yalıtım sistemi ile ısı düzenleme etkisine olumlu katkı sağlamaktadır. Bunun yanında hava kalitesini iyileştirdiği, gürültü etkisini de olumlu yönde azalttığı görülmektedir.

Tablo 8: Çatı Bahçesi Örneği 3 [29]

Proje	Vancouver Kongre Merkezi
Yapım Yılı	2009
Mimarı	DA Architects + Planners, Musson Cattell Mackey Ortaklığı
Konumu	Vancouver/Kanada
Proje Görşeli	
Cephe Bahçesi Türü	Ekstansif Çatı Bahçesi
Açıklaması	Dünyanın ilk LEED Platinum kongre merkezi olan Vancouver Kongre Merkezi, şehir merkezi ile Kuzey Amerika'daki doğal ekosistemlerden birinin kesiştiği noktada kentsel ekosistemi birleştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca 6 dönümlük bir yeşil çatıya sahiptir. Yaklaşık 400.000 yerli

	bitki ve otun yanı sıra 240.000 arıya da ev sahipliği yapan yeşil çatı, biyoçeşitliliğe katkı sağlamaktadır.
Yararları	Proje dış hava sıcaklığına aracılık eden bir yalıtkan görevi göerek hava kalitesini iyileştirir. Aynı zamanda biyoçeşitliliğe katkı sağlar. Deniz suyu ısı pompası sistemi kullanılarak enerji verimliliğini olumlu yönde etkiler.

Tablo 9: Çatı Bahçesi Örneği 4 [30]

Proje	Moynihan İstasyonu
Yapım Yılı	2021
Mimarı	Skidmore, Owings ve Merrill
Konumu	New York/ABD
Proje Görşeli	
Cephe Bahçesi Türü	Entansif Çatı Bahçesi
Açıklaması	Bir teknoloji şirketi için tasarlanmış 60.000 metrekarelik geniş bir çatı bahçesi, alan yaratmanın yanı sıra etkileşimi ve iş birliğini teşvik etme konseptine dayanmaktadır. Yapı, geniş bir toplantı ve etkinlik alanlarının yanında konaklama imkânı da sunmaktadır.
Yararları	Herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır.

Tablo 10: Çatı Bahçesi Örneği 5 [31]

Proje	Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi
Yapım Yılı	2008
Mimarı	Renzo Piano Building Workshop (RPBW) + Stantec Architecture
Konumu	San Francisco/ABD
Proje Görşeli	
Cephe Bahçesi Türü	Ekstansif Çatı Bahçesi
Açıklaması	Yapı, bilim ve araştırma merkezi olarak tasarlanmış olup farklı işlevlere de olanak sağlamaktadır. Müze binasının yanı sıra sergi alanı, akvaryum ve geniş yeşil çatısı ile öne çıkmaktadır. Yapıda bulunan yeşil çatı üzerinde 1.7 milyon doğal bitki bulunmakta olup bu çatı, doğal bir topografya gibi hareket etmektedir. Yapının köşelerine doğru düz ilerleyen çatı, kompleksin ortalarına yaklaştıkça yükselip müzenin kubbelerini oluşturmaktadır.
Yararları	Yapı formunda kullanılan eğimli yamaçlar sayesinde doğal havalandırma yapılmaktadır. Ayrıca yağmur suyunun dönüşümü sağlanarak çatı bahçesinde kullanılır.

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde artan kent nüfusuyla birlikte doğal yüzeylerin yerini yapay yüzeyler almıştır. Bu da birçok soruna yol açmıştır. KIA etkisi, hava kalitesinin bozulması, gürültü ve görüntü kirliliği, kentlerin ekolojik dengesinin bozulması, yağmur sularının kullanılamaması ve yer yer bu suların sellere dönüşüp yıkıcı etki oluşturması, yeşil alanların ve doğal yüzeylerin yok edilmesinin sebep olduğu sorunlardan bazılarıdır. Kent insanının rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılayabileceği alanların yok olması ve sosyal yapının olumsuz etkilenmesi bir başka sorundur. Bu sorunlarla başa çıkabilmek için bitki örtüsünün artırılması gerekmektedir. Çünkü kent ekosisteminin en önemli etmenlerinden biri bitki örtüsüdür. Ancak kentler plansız geliştiği için yeterli ağaçlandırma yapacak boş alan kalmamıştır. Bina yıkarak boş alan oluşturmak hem daha maliyetli hem de oluşacak atıklarla çevreye daha zararlı bir yöntem olacaktır. Bunun yerine yapı yüzeylerinde bitkilendirme yaparak tasarım olanaklarını genişletmek, biyoklimatik konforu artırmak, çatı bahçeleriyle rekreasyon alanı imkânı sunmak ve ürün yetiştiriciliği imkanıyla tarım olanaklarını geliştirmek daha iyi bir yöntemdir. Yapılan araştırmada yapı yüzeylerinde bitkilendirmenin kent iklimine doğrudan veya dolaylı olarak birçok fayda sağladığı görülmüştür. KIA etkisini azaltma, kentin su ekonomisine katkı sağlama, kentin hava kalitesini iyileştirerek termal konfora katkı sağlama, yapıda ısı ve ses yalıtımı sağlama, kentte gürültü etkisini azaltma, biyoçeşitliliği artırma, cephelerdeki malzeme bozulmalarını önleme, kente estetik ve sosyal yönden katkı sağlama özellikleri yapı yüzeylerinde bitkilendirmenin kentsel faydalarındandır. Bitki ölümleriyle malzeme bozulması ve olası bir yangının bitkiler üzerinden yayılması gibi sorunlar yapı yüzeylerinde bitkilendirme için dikkat edilmesi gereken hususlardır. Yapı yüzeylerinde bitkilendirme sistemlerinin, ısı yalıtımı ve havalandırma sistemleri ile bina termal konforu ve enerji tasarrufu sağlama, güneş kontrolü sağlayarak cephe malzemesini koruması ve gölgeleme sağlama, rüzgârı yönlendirerek temiz hava sağlama, gri su ve yağmur sularının dönüşümüyle elde edilen suların sulama sistemlerinde kullanılmasıyla su tasarrufu sağlama bina bazında faydalarıdır.

İncelenen cephe bahçesi uygulamalarından ikisi yaşayan duvar sistemiyle, ikisi yeşil cephe sistemiyle biri de hem yaşayan duvar hem yeşil cephe karma sistemiyle yapılmıştır. Yaşayan duvar sistemleri keçe katmanlı sistemlerden oluşur. Yeşil duvar sistemlerinden Naman Retreat projesinde toprakta köklenen dolaylı bitkilendirme sistemi uygulanmış, KMC Corporate Office projesinde saksıda köklenen doğrudan bitkilendirme sistemi uygulanmıştır. Bu sistemlerden yeşil cephe sistemleri daha uygun fiyatlı ve uygulanabilir sistemlerdir. Bu örneklerden biri Türkiye’de diğerleri yurt dışında farklı ülkelerde yer almaktadır. Her biri farklı iklim tiplerine göre tasarlanmıştır. Örneklerden One Central Park (OCP), KMC Corporate Office ve Green Cast projeleri kent merkezlerinde buldukları için KIA etkisini azaltmaya katkı sağlarlar. Ayrıca bu projelerde suyun geri dönüşümü sağlanarak sulama sistemlerinde kullanılır ve su tasarrufu sağlar. Diğer örnekler kent merkezinde olmadığı için KIA etkisine olan katkısından söz edilememektedir. Seçilen tüm örnekler hava kalitesini iyileştirmekte ve termal konfora katkı sağlamaktadır. Örneklerde ürün yetiştiriciliği yapılmamaktadır ancak gelişen sistemlerle ilerleyen

zamanlarda yapılabilecek alanlar mevcuttur. Örneklerin her biri farklı uygulama teknikleri ve malzemelerle inşa edilmiş ve sonuçta hem estetik değer hem de çevresel fayda sağlamışlardır.

İncelenen çatı bahçesi uygulamalarının ise dördü ekstansif biri entansif çatı bahçesi sistemiyle yapılmıştır. Çatı bahçelerindeki bu çeşitliliğe bitkilendirme yoğunluğu, erişilebilirlik ve bakım şartları gibi özellikler sebep olmaktadır. Örneklerden ikisi Türkiye’de, ikisi ABD’de, diğeri ise Kanada da yer almaktadır. İstanbul’daki Akasya Acıbadem Konutları kompleksi, kent iklimine olumlu etki sağlamak amacıyla yapılan çatı bahçeleriyle dikkat çekmektedir. Yürümeye uygun olmayan yapısı nedeniyle ekstansif çatı bahçesi olarak değerlendirilen bu proje, çevre dostu bir yaklaşımı benimsemektedir. Turkcell Ar-ge Binası ve Vancouver Kongre Merkezi’nde kullanılan çatı bahçeleri ise çevreye, benzer yararlar sağlamaktadır. Hava kalitesini iyileştirme ve gürültü kirliliğini azaltma gibi etkileriyle çevreye katkıda bulunan bu projeler, biyoçeşitliliğin korunmasına da önemli derecede destek vermektedir. Diğer yandan, Moynihan İstasyonu projesinde kullanılan entansif çatı bahçesi ise farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Tren istasyonunun çatısında yer alan bu rekreasyonel alan, ziyaretçilere yürüyüş imkânı sunarken aynı zamanda çevreye estetik bir katkı sağlamaktadır. Tüm bu örnekler, çatı bahçelerinin çevresel etkilerini ve kullanım alanlarını çeşitlendirerek, sürdürülebilir şehirleşme, hava kalitesini iyileştirme, çevre koruma ve termal konfora katkı sağlamada önemli bir rol oynamaktadır.

Tüm tasarımlarda olduğu gibi yapı yüzeylerinde bitkilendirme projelerinde de iklime ve çevre şartlarına uygun parametreler dikkate alınarak yöreye özgü tasarımlar yapılmalıdır. Güneş ışınımı, gölge miktarı, yağış miktarı, rüzgâr yönü ve hızı, sıcaklık gibi iklim parametreleri çok iyi analiz edilerek bölgenin endemik bitkileri ve diğer özellikleriyle sentezlenerek tasarım yapılmalıdır. Bu sayede binada çatı bahçesi ya da cephe bahçesi kullanımlarından hangisinin uygun olacağı, hangi cephede nasıl bir tasarım, cephe ya da çatı bahçesi sistemi kullanılacağına karar verilip ve uygun tasarım yapılmalıdır.

Şu konu unutulmamalıdır ki cephe ve çatı bahçeleriyle oluşturulan yapay bitki örtüsü doğal bitki örtüsünün yerini tutmaz. Bu yüzden kentlerde öncelikle doğal yüzeyler korunmalı ve planlı bir şehir gelişimi tasarlanmalıdır. Yeşil alan miktarını artırmak için yapı yüzeylerinin kullanılması zorunlu hale gelmiş alanlarla ilgili kentsel bağlamda politikalar izlenmeli uygun tasarım ve planlama yapılarak bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Yeni yapılacak veya mevcut binalarda yeşil yüzeyler oluşturulması için çalışmalar yapılmalı ve yerel yönetimlerin bunu dikkatli bir şekilde takip etmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <https://www.un.org/en/global-issues/population>
- [2] <https://www.un.org/en/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un>
- [3] Irmak, M. A., Yılmaz, S., & Dursun, D. (2017). Effect of different pavements on human thermal comfort conditions. *Atmósfera*, 30(4), 355-366.
- [4] Esringü, A. ve Toy, S. (2021). Kent İklimine Çatı ve Cephe Bahçelerinin Etkisi. *İklim ve Sağlık Dergisi*, 1 (2), 97-103.
- [5] Toy, S., Çağlak, S., & Esringü, A. (2022). Assessment of bioclimatic sensitive spatial planning in a Turkish city, *Eskisehir. Atmosfera*, 35(4), 719-735.

- [6] Develi Uyar, G. (2018). Dikey yeşil sistemler ve uygulama örnekleri (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [7] <https://yapidergisi.com/cati-ve-cephe-bahcelerinin-yapiya-ve-cevreye-etkileri/>
- [8] Duarte, DH, Shinzato, P., dos Santos Gusson, C. ve Alves, CA (2015). Subtropikal değişen iklimde yapı yoğunluğunu dengelemek için bitki örtüsünün kentsel mikro iklim üzerindeki etkisi. *Kentsel İklim*, 14, 224-239.
- [9] Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and sustainable energy reviews*, 41, 863-871.
- [10] <https://www.cativecephe.com/yayin/665/bitkilendirilmis-yapikabugu-sistemleri-19746.html>
- [11] Perini, K., Ottel , M., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2013). Vertical greening systems, a process tree for green faades and living walls. *Urban Ecosystems*, 16, 265-277.
- [12] Bolatođlu, H. G. (2018). *İzmir kenti örneğinde çatı bahçeleri uygulamaları üzerine bir araştırma* (Master's thesis, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [13] Ođun, Y. (2014). *Yeşil çatı: Tasarım ve uygulama  rnekleri* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye. Osmundson T.,(1999), Roof gardens: history, design and construction, WW Norton & Company, New York, NY, 320ss).
- [14] Tokaç, T. (2009). Bitkilendirilmiş çatı sistemleri için tasarım seçeneklerinin geliştirilmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [15] Getter, KL ve Rowe, DB (2006). Sürdürülebilir kalkınmada kapsamlı yeşil  atların rolü. *HortScience*, 41 (5), 1276-1285.
- [16] <https://www.ekoyapidergisi.org/yasanabilir-mimarinin-azami-esigi-yesil-catilar>
- [17] ARAS, B. B. (2019). Kentsel sürdürülebilirlik kapsamında yeşil çatı uygulamaları. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 469-504.
- [18] <https://zincogreenroof.com/systems/urban-climate-roof>
- [19] Tan, P. Y., & Sia, A. (2005, May). A pilot green roof research project in Singapore. In Proceedings of third annual greening rooftops for sustainable communities conference, Awards and Trade Show, Washington, DC.
- [20] elik, A., Ender, E., & Zencirkıran, M. (2015). Dikey Bahe ve Türkiye’deki Uygulamaları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1), 67-70.
- [21] Perini, K., Ottel , M., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2011). Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. *Open Journal of Ecology*, 1(1), 1-8.
- [22] Tohum, N. (2011). Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak Yeşil  atılar.
- [23] Koca, Gülru. (2018).  atı ve Cephe Bahçelerinin Yapıya ve  evreye Etkileri. 436
- [24] Aytin, B. K., & Ovalı, P. K. (2016).  atı Bahçelerinin Kent Yaşamına Katkıları–Edirne’deki Yeni Dönem Konaklama Yapıları  atıları İçin Bitkilendirme  nerileri. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 6(14), 1-17.
- [25] <https://www.archdaily.com/771271/naman-retreat-the-babylon-votrong-nghia-architects>
- [26] <https://rmaarchitects.com/architecture/kmc-corporate-office/>
- [27] <https://www.archdaily.com/245156/green-cast-kengo-kuma-associates>
- [28]  ubuku, E. (2021). İstanbul’daki Yüksek Binalarda  atı Ve Teras Bahçelerinin Tasarım Yaklaşımları Ve Kullanıcı Açısından Değerlendirilmesi. *Anadolu University Journal of Art & Design/Sanat & Tasarım*, 11(2).
- [29] <https://lmnarchitects.com/project/vancouver-convention-centre-west>
- [30] <https://futuregreenstudio.com/design/moynihan-station2/>
- [31] Erbař, M. (2011). *Enerji etkin yapı tasarımınnun etkili elemanlarından olan yeşil  atların dünya ve ülkemiz örnekleri üzerinden bir inceleme* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [32] N. Demircan, (2015). "The Environmental and Climatic Functions of Green Roofs," International Conference on Environmental Science and Technology, vol.1, Saraybosan, Bosnia And Herzegovina, pp.9-15,
- [33] Akpınar Külekçi, E. (2017). Geçmişten Günümüze Yeşil  atı Sistemleri Ve Yeşil  atılarda Kalite Standartlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma. *Ata Planlama Ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 35-53.