

Makale

İdil AYÇAM
Mine KINALI

Abstract:

In today's global conditions, due to decreasing fossil-based energy sources and population growth, increase in multi-storey buildings caused environmental problems. The %50 of energy sources of the world is being used by the buildings. This fact emphasizes the concept of " ecological-energy efficient building design" which is used by architects and engineers when searching the solutions using the passive systems to design the building that meets the expected energy saving platform provided by natural comfort zone by lowering the mechanical loads as much as possible. By the way the roof of a building is a component of the construction that effects the performance of the building and the green roof application is a part of this platform.

The aim of this study is to analyse the effect of the planting on heating and cooling variables at office buildings, roofs. For this analysis, Design Builder energy simulation program, which is a subprogram of the Energy Plus simulation engine was chosen. This study will be implemented on different size of office buildings in two different climate conditions as hot and cold regions. So this study allows to evaluate and benchmarking the pros and cons of the green roof applications in different climate conditions at different size of office buildings. The sparse green roof application has been defined and simulated according to those climate conditions on alternative office buildings which are eligible of TS 825 constructions components. According to the results, the effect of the energy performance and the potential of the green roofs on buildings in our country will be discussed.

Key Words:

High-Performance Office Buildings,
Green Roofs, Design Builder

Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Isıtma ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi

ÖZET

Fosil tabanlı enerji kaynaklarının giderek tükendiği günümüz koşullarında dünyada nüfus artışından kaynaklanan yapı gereksinimi ile oluşan çok katlı yapılaşmalar çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Enerji kaynaklarının yaklaşık %50'lik kısmının binalar tarafından kullanıldığı gerçeği ise, mimar ve mühendislerin tasarımlarında yapı bileşenlerinin iklimlendirme çözümlerinde pasif sistemler olarak kullanıldığı "enerji etkin-ekolojik bina tasarımı" kavramını ön plana çıkararak doğal yolla sağlanan konfor ortamı ile mekanik yüklerin en aza indirilip enerji tasarrufunun hedeflendiği bir platform oluşturmuştur. Bina performansını etkileyen yapı bileşenlerinden biri olan çatılarda yeşil çatı uygulamaları da bu platformun bileşenlerinden biridir.

Bu yüzden bu çalışmada, ofis binalarında teras çatı bileşenlerinde bitkilendirmenin bina ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkisini incelemek amaçlanmıştır. Bu analiz için Energy Plus simülasyon motoru altında bir arayüz olan Design Builder bina enerji simülasyon programı seçilmiştir. Çalışmanın sıcak ve soğuk olarak iki farklı iklim bölgesini tarifleyen iller için, çeşitli metrekairelerdeki örnekler üzerinde gerçekleştirilmesi; yeşil çatıların bina enerji performansına etkisini iklim bölgesi ve metrekaire bazında karşılaştırılabilmeye olanak sağlayabilecektir. TS 825'e uygun olarak seçilen yapı bileşenleri ile oluşturulan ofis binası örneklerine, seyrek yeşil çatı sistemi tanımlanmış ve bu bölgelerin iklim verilerine göre simülasyonlar yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yeşil çatıların ülkemizde bina enerji performansına etkisi ve potansiyeli tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Performanslı Ofis Binaları, Yeşil Çatılar, Design Builder

1. GİRİŞ

Kavram olarak çatı, barınağın temel unsuru olarak, doğa etkenlerinden korumayı sağlamanın yanında, mekanın tanımlanmasında da önemli bir rol alır. Bir diğer yandan, tipik uzakdoğu pagodaları, Eskimo igloları, Ronchamp Şapeli, Sidney Opera Binası gibi örneklerle çatının bina kimliği ve tasarım konseptindeki etkisi de görülür. Konsept olarak moderniteye kadar coğrafi ve iklimsel etkenler tara-

findan şekillendirilen çatı, yapım teknikleri ve malzemeye göre çeşitlilikler gösterirken, günümüzde yaygınlaşan enerji etkin binalarda, yapı kabuğunun enerji etkinliğine katkıda bulunan bir bileşeni olarak düşünülmektedir [1], [2].

Yeşil çatılar ise “çatı bahçeciliği” veya “bitkilendirilmiş çatı teknolojisi” diye bilinir. Bunun dışında, yaşayan çatılar veya eko çatılar olarak da tanımlanabilen yeşil çatılar, basit olarak normalin altındaki ağırlıktaki çevrede yetişen mikroorganizmaların ve bitkilerin yaşayan biyolojik topluluklarıdır [3].

Yeşil çatı uygulamaları görsel etkisinin yanında bina tasarımının yapıldığı yere özgü iklim faktörleri değerlendirilerek de yaygınlaşmıştır. Bu bağlamda yeşil çatıların bina performansına katkılarını inceleyelim;

1. Doğal Çevrenin ve Biyolojik Çeşitliliğin Korunması

Yeşil çatılar canlılar için yeni yaşam alanı oluşturarak biyolojik çeşitliliğe katkı sağlarlar. İsviçre'nin Basel kentinde yapılmış olan bir çalışma bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin kuş ve böcekler için yaşam ve gelişim alanı sağladığını kanıtlar niteliktedir. 17 adet bitkilendirilmiş çatı sistemi üzerinde 3 yıl boyunca yapılan incelemede; 78 örümcek ve 254 böcek türünün bitkilendirme sonrası bitkilendirilen ortamda yaşamaya başladığı görülmüştür. [4].

2. Kent Isı Adalarının Etkilerinin Azaltılması

Kentleşme ve sanayileşme atmosferin sınır tabakasındaki ısı ve su döngüsünü etkilemekte ve kent iklimini kırsal alandan farklılaştırarak, yerel antropojenik iklim değişikliğinin en iyi bilinen formlarından olan kent ısı adası etkisini meydana getirmektedir [5]. Kanada'da da 2005 yılında yapılan bir ölçüm çalışması ile Toronto'daki kentsel alanlardaki yüzey ve hava sıcaklıklarının, kırsal alanlara göre yaz aylarında 2-3 °C daha fazla olduğu, Berlin'deki ölçümlerde ise Berlin'in onu çevreleyen kırsal alanlara göre yaz mevsiminde akşam saatlerinde 4-5 °C daha fazla hava sıcaklığına sahip olduğu gözlemlenmiştir [4].

Yeşil çatılar, kentsel alanlarda zarar gören bitki örtü-

sünün yerini alarak, hava ve yüzey sıcaklığının artmasını engeller. Bitkilerin; evapotranspirasyon, gölgeleme ve bitki taşıyıcı katmanın ise ısı depolama özellikleri sayesinde, sıcaklık artışının engellenmesine katkıda bulunurlar. Evapotranspirasyon; bitkinin buharlaşma ve terleme yolu ile atmosfere su buharı vermesi anlamına gelir. Bitki yapraklarında ve bitki taşıyıcı katman bünyesinde bulunan suyun buharlaşması için gerekli olan ısı miktarı; güneşten yüzeylere doğrudan ya da dolaylı olarak gelen kısırdalgı kızılötesi ışınlardan karşılanır. Bu sayede bu ışınların yüzey sıcaklığını arttırması engellenir [6].

3. Binanın Enerji Performansını Arttırması

Bu sistemler; bitki taşıyıcı katmanın gösterdiği ısı depolama özelliği ile yaz aylarında yüzeyde bitki katmanı sayesinde azalmış olan ısı yükü iç ortama daha az geçirerek; kış aylarında ise ısı miktarının iç ortamdaki dış ortama gerçekleşen ısı transferini azaltarak, binalarda tüketilen soğutma ve ısıtma enerjilerinden tasarruf edilmesini sağlamaktadır. Son yıllarda yeşil çatıların farklı işlevlere ve alanlar sahip olan binalar için ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisini analiz eden bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar arasında Kanada'da yapılan bir çalışmada 72 m²'lik bir çatı alanının eşit iki parçaya bölünerek, yarısı seyrek bitkilendirilmiş çatı sistemi, diğer yarısı da modifiye bitümlü su yalıtım malzemesi kullanılan geleneksel çatı sistemine dönüştürülmüştür. İklimsel veriler, oluşturulan sisteme 50 metre uzaklıktaki meteoroloji istasyonundan sağlanarak her iki çatı yüzeyindeki ve bünyesindeki sıcaklık miktarları, dış ortamdaki iç ortama ısı akış düzeyleri, yansıtıcılık özellikleri ve atık su uzaklaştırma miktarları 2 sene boyunca ölçülmüştür. Sonuçlara göre; bu çatı sistemlerinin altında yer alan iç ortamın iklimlendirilmesi için gerekli olan ortalama günlük enerji ihtiyacı; referans çatıda; 6,0/7,5 kWh/gün olarak belirlenmiştir. Bitkilendirilmiş çatıda ise bu ihtiyaç 1,5 kWh/gün olarak ölçüldüğünden dolayı %75 oranında bir enerji tasarrufu sağlandığı söylenebilir [7]. Louisiana Üniversitesi'nde A. Spala, v.d. tarafından yürütülen çalışmada Atina'da 210 m²'lik bir ofis binasının çatısına uygulanan yeşil çatının bina enerji simülasyon programı TRNYS'si kullanarak enerji verimliliğini dinamik matematiksel

Makale

bir model olarak ele alınmış, binanın çatısının yazın soğutma yükünü alt katlarda %15'den %39'a yaklaşan oranlarda, en üst katta ise yaklaşık %58 olarak totalde binada ortalama %40'a varan oranda azaltarak performansı arttırdığı, ısıtma yüküne etkisinin ise marjinal olduğu açıklanmıştır [8].

4. Hava Sıcaklığını Dengelemesi

Yeşil çatılar toprak tabakası veya bitki taşıyıcı katmanlar ile kışın binaya ek bir yalıtım sağlarken rüzgara bağlı ısı kayıplarını da azaltabilirler. Yunanistan'da bitkilendirilmiş çatı sisteminin ısı performansını matematiksel bir model ile ortaya koyan bir çalışmada, bitkilendirilmiş bir çatı sisteminin, yüzeyine gelen toplam ışınım şiddetinin % 27'sinin yansıttığını % 60'ının yapraklar tarafından soğurulduğunu ve %13'ünün de toprağa iletiildiği ve Singapur'daki bir yeşil çatının alanda ölçümüyle yüzey sıcaklığını 18 °C azalttığı görülmüştür de yeşil çatı sistemlerinin hava sıcaklığına olan etkilerini göstermektedir [9].

5. Havadan Savrulan Partiküllerin Filtre Edilmesi (Toz Tutuculuğu)

Yeşil çatılar toz tutabilme özelliklerinin yanında çeşitli hava kirliliğine yol açan maddelerin bitki yaprakları tarafından emilerek toprağa iletilmelerini de sağlarlar. Almanya'da yapılan bir çalışmada; bitkilendirilmiş çatının bulunduğu alanlarda mazot kaynaklı atık maddelerin ve havadaki sülfürdioksit ve nitratların %20-37 oranında azaldığı kabul edilmiştir. Böylece yeşil çatıların hem iç hem de dış hava kalitesinin iyileşmesine de katkı sağladıkları gözlemlenmiştir [9].

6. Karbondioksit ve Oksijenin Karşılıklı Değişimini Sağlaması

Yeşil çatılar uygulandıkları çevredeki hava kalitesini yükseltmekte olup, ortamın oksijen miktarını arttırmaktadır. 25 m² yaprak yüzeyi insanın bir saatte tükettiği kadar yani, 27 gr oksijen üretir. Yaz aylarında, 1 m² çim çatı 4 kişinin oksijen ihtiyacını karşılar. Gece ve kış aylarının ortalamaya girmesi halinde 1.5 m² çim alanın bir yılda, bir insanın yıllık ihtiyacı kadar oksijen üretebileceği hesaplanabilir. Ayrıca bu örtü buhar geçirimi özelliği ile, yapının da nefes almasını, yapı içi nemin atılmasını sağlar [10].

7. Gürültü Etkisini Azaltması

Şehir içindeki sürekli trafik gürültüsü binalardan ve kaldırım yüzeylerinden yansır çimenlik benzeri yumuşak yüzey veya yeşil çatılar ise onları yansıtmak yerine sesleri emerek azaltır. Alçak frekansları (3-30 Hz) toprak, yüksek frekanslar (30-300 Hz) bitki örtüsü bloke eder [3]. Yapılan çalışmalarda Almanya Frankfurt havaalanında 10 cm'lik derinliğe sahip bir yeşil çatı sisteminin gürültü seviyesini 5db düşürdüğü görülmüştür [5].

8. Yağmur Suyuna Etkisi

Yeşil çatıların en önemli etkilerinden birisi, fırtınalarda yağmur suyunu tutup kanalizasyon sistemine ulaşmasını geciktirmesidir. Yapılan alanlarda, zemin giderek daha sert ve geçirimsiz hale geldiğinden, daha az su toprağa geçebilmektedir. Bu da kanalizasyon ve tahliye sistemlerine daha fazla yük anlamına gelir. Yeşil çatılar burada devreye girer, çünkü yağışların büyük bir bölümü çatılara düşer ve burada kalır, toprak tarafından emilir ve bitkiler tarafından kullanılır ve sonra buharlaşır. Yani böylece "atık su" şebeke yükü hafifler [3]. 20-40 cm arası yoğun bitkilendirilmiş bir çatı 10-15 cm yüksekliğinde su tutma kapasitesine sahiptir. Genel olarak kente düşen yağmur suyunun % 10-15'inin yeşil çatılarda tutulması mümkündür. Ayrıca Michigan Üniversitesi kampüsü içinde bulunan bir alanda %2, %7, %15 ve %25 olarak 4 farklı eğimdeki seyrek yeşil çatıların, 94 günlük süreçte 64 kere meydana gelen yağışlar; çatıların ortalama yağmur tutma kapasitesinin %80.8 olduğunu göstermiştir. En düşük su tutma kapasitesi %76.4 oranı ile %25 eğimli sistemken en iyi sonuç %85.6 ile en düşük eğim olan %2 eğimli çatının performansdır. Eğim arttıkça yağmur suyu tutma oranının azaldığını gösteren çalışma bunların yanında tüm eğimlerdeki sistemler suyu geleneksel sistemlere göre daha uzun bir süre muhafaza edip, sağlıklı bir akış meydana getirmişler. Sonuçların Amerika Birleşik Devletleri'nin batı ve orta kesimine benzer iklim özellikleri gösterdiği alanlar için gözlemlendiği bu çalışma eğer 1.1 km² çatı alanına sahip Michigan Üniversitesi Kampüsü %80.8'lik yağmur suyu tutma özelliğindeki çatı ile oluşturulmuş olsa idi 2005-2007 yıllarında 337,041 m³ (99,603,827 galon) su toplayabilecekti [11].

9. Sera Gazları ve Ağır Metaller Etkisi

Yeşil çatılar, yağmur suyuna havadan karışan ağır metaller ve tuzu toprak tarafından tutarak sera gazlarının yok olmasında yardımcı olur. Kadmiyum, bakır ve kurşunu %98, çinkoyu %16 oranında tutarak sudan arındırdığı görülmüştür [9]. Ayrıca Chicago'da tüm çatıların yeşillendirilmesini kaliteli hava modeli olarak baz alan bir çalışma sonuçlarına göre, bu sayede yılda 417,309.26 kg azot oksit ve 517,100.61 kg kükürt oksit emisyonlarında azalma gözlemlenmiştir [5].

10. Çatı Yalıtımının Ömrünü Uzatması

Yeşil çatının diğer bir tasarrufu da çatı yalıtım malzemesini korumasıdır. Yeşil çatılar, çatı yalıtım malzemesini, UV ışınlarından ve yüksek sıcaklık değişimlerinden koruyarak 25 yıllık standart membran ömrünü 60 yıla kadar uzatır [7].

Kanada'da yapılan bir diğer çalışmada; malzemelerin yüzey sıcaklıkları ile ilgili ölçümler sonucunda; özellikle yaz aylarında, 150mm bitki taşıyıcı katmana sahip bir seyrek yeşil çatı sistemi; su yalıtım malzemesinin sıcaklığını, istenilen düzeylerde tutabilmektedir. Referans çatıda yaz mevsiminde, su yalıtım malzemesinin sıcaklığının 70 °C'ye çıkarken, bitkilendirilmiş çatı sisteminde bu değer en fazla 30 °C olarak ölçülmüştür. Ayrıca yeşil çatı sistemlerinin, malzemelerin sıcaklık değişimlerini en aza indirdikleri de, referans çatıda bahar ve yaz aylarında su yalıtım malzemesinin sıcaklık değişimi en fazla 45 °C iken yeşil çatıda 6 °C gibi çok daha düşük miktarda kaldığı sonuçlarıyla ispatlanmıştır. Ayrıca sistemdeki toprak ısı yalıtımına katkıda bulunduğu için enerji maliyetlerinde azalma olmaktadır. Avrupa'da yapılan hesaplamalara göre fuel-oil harcamalarında yılda yaklaşık m² başına 2 lt azalma olduğu görülmüştür. Bu da, 100 m²'lik bir çatıda yılda 200 lt tasarruf anlamına gelmektedir [2].

11. Estetik ve Rekreasyon Açısından Önemi

Yeşil çatılar, asfalt ve beton görüntüsünün olduğu yerlerde yeşil alanlar sağlar. Bu durum doğayla dengeleyici ve stres dolu şehirde rahatlatıcı bir çevre sağlar. Teras çatılarda dinlenme, oyun, sigara içilmeyen binalarda sigara içilen alanlar gibi ilave kullanılabilir mekanlar da yaratılabilir [3].

12. Yarattığı Yeni Sektör İle İş İmkanları Sunması

Yeşil çatı sistemlerine ülkemizde talebin artması ile beraber, bu sistemlerin tasarımı, uygulanması, bakımı ve sistemi oluşturan malzemelerin üretilmesi ve pazarlanmasını yürütecek firmalar hizmet vermeye başlayacak ve sistemin yaygınlaşması ile beraber bu firmaların sağladığı istihdam oranları da artış gösterecektir. Mimarlardan mühendislere, pazarlama sorumlularından tekniker ve işçilere kadar geniş bir yelpazedeki sektörlerde çalışan kişiler, bitkilendirilmiş çatı sistemleri sayesinde mesleklerini kullanmada yeni alternatiflere sahip olacaklardır.

Almanya'da 2001 yılında inşa edilen binaların %14'ünde yeşil çatı sisteminin kullanıldığı görülmektedir. Bu oran yaklaşık 13.5 milyon metrekairelik çatı alanına denk gelmektedir. Aynı şekilde İsveç'te de her sene 100.000 metrekairelik bitkilendirilmiş çatı sisteminin kullanıldığı görülmektedir. Bu ülkelerde yeşil çatı sistemleri ile ilgili hizmet veren yaklaşık 1300 firma bulunmaktadır [12].

2. YEŞİL ÇATILARIN OLUŞUMU VE ÇEŞİTLERİ

Çatılar: bitkilere doğal ortamların aksine, sınırlı bakım ve gelişim olanaklarına uyum göstermeleri gereken özel bir mekan sunmaktadır. Gerek çatının yapısal özellikleri, gerekse bitkilendirme için hazırlanacak yetiştirme ortamının özellikleri nedeniyle çatı örtüsünde belirli nitelikler aranır. Bu niteliklerin tamamı tek bir tabakada bulunamayacağı için genellikle tabakalar halinde bir örtüleme yöntemi uygulanmaktadır. Bu tabakalar ise:

- Bitki
- Bitki taşıyıcı tabaka
- Filtre ve drenaj tabakası
- Mekanik etkilere karşı koruyucu tabaka,
- Kök tutucu tabaka,
- Su yalıtımı
- Çatı konstrüksiyonu olarak sıralanır [13].

Bu katmanların işleyişine bakıldığında ise:

Sistem, teras çatılarda uygulandığı gibi çeşitli önlemler alınarak eğimli çatılarda da kullanılabilir. Yeşil çatı bitkilendirmelerinde, yararlanma ve işlev

Makale**Şekil 1. Yeşil Çatı İşleyiş Şeması [13]**

yönünden iki ana türlü bitkilendirme biçimi bulunup, bu bitkilendirme biçimleri “Ekstensif (seyrek) bitkilendirme” ve “intensif (yoğun) bitkilendirme” olarak isimlendirilir. Ayrıca alanın özelliklerine uyacak şekilde bu iki sistemin bir arada kullanıldığı semi-intensif (karma) bitkilendirme uygulamaları da mevcuttur.

Ekstensif yani seyrek bitkilendime sisteminde genelde az su isteyen (damlama yöntemi yeterli) ve sürekli bakım istemeyen yosunlar, sukulentler, çim ve örtü bitkileri, çalılar, ağaççıklar arasından seçilecek uygun bitkiler kullanılırken çatıya verdiği yük yaklaşık 100 kg/m^2 dir.

Yoğun bitkilendirmede ise bol toprak kullanılır, çatı da ağaçların yetiştirilmesi bile mümkündür. Ne var ki, sistemin çatıya verdiği yük $300-400 \text{ kg/m}^2$ civarında olduğundan, statik sistemin bu yüke dayanacak şekilde oluşturulması şarttır. Sistemde kullanılan bitkiler bakım gerektirir, malzeme seçiminde bakım sürecinde çatıya gelecek mekanik etkiler ve sulama ihtiyacı da dikkate alınmalıdır [14].

3. YEŞİL ÇATILARIN BİNA ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ ÜZERİNE ÖRNEK ÇALIŞMA

Son yıllarda ekolojik, enerji etkin bina tasarımlarında sıklıkla uygulanan yeşil bina enerji performansına katkılarıyla ilgili ülkemizde ve yurtdışında bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bildiri kapsamında yapılan çalışma da Türkiye’deki farklı iklim bölgelerinde yeşil çatıların ofis binalarının ısıtma ve

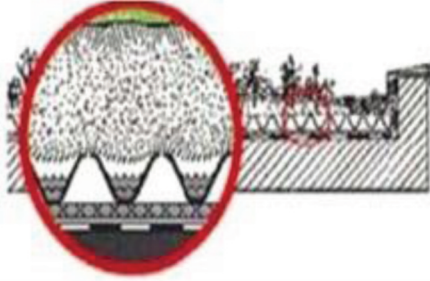
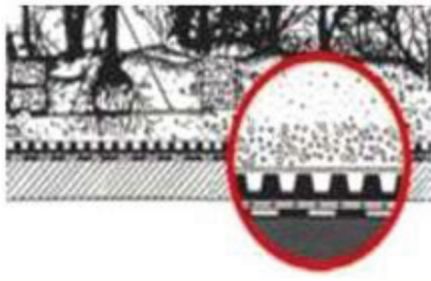
soğutma yüklerine olan etkilerinin analizine yöneliktir.

Çalışmada örnek binaya ait modeller dinamik koşullarda bina enerji performansını analiz eden Energy Plus simülasyon motoru altında kullanıcı arayüzü olan Design Builder programında incelenmiştir. Design Builder simülasyonu, kolay kullanılan kullanıcı arayüzü, iklim verileri ve malzeme kütüphanesinin genişliği ayrıca istenilen bileşenlerin kolaylıkla oluşturulabilmesi sebepleri ile seçilmiştir. Çalışma sürecinde, analizlerde üç boyutlu görselleştirme sayesinde algılama, çözüm önerisi geliştirme ve simülasyonları gerektiğinde hızlandırma kolaylığı sağlamıştır. Yapı modelinin Design Builder içerisinde oluşturulmasında, diğer çizim programları ile veri aktarmada uyumluluk sunmuştur. Sonuçları yapı, yapı elemanı, çevresel veriler, karbon salınımı, enerji tüketimleri gibi çeşitlendirebilmekte, raporlarını tablolar, grafikler ve resimler ile destekleyebilmektedir.

Bu çalışmaya konu olan ve programda test edilmesi istenilen yapılar oluşturulurken, “yeni bir proje” yaratılmış, örnek binaya ait bilgiler girilmiştir. Daha sonra www.meteonorm.com ‘dan elde edilen Ankara ve Adana illerine ait iklim verilerini içeren, “.epw” ve “.stat” uzantılı dosyalar, programda tanımlanmıştır.

Örnek çalışmada 100, 500, 1000, 3000 ve 5000 m^2 ’lik ofis binası fonksiyonlu örnekler hazırlanmıştır. Bu örneklerle TS 825 standartlarına uygun duvar,

Tablo 1. Seyrek ve Yeşil Çatı Karşılaştırması [15]

Karşılaştırma	Seyrek Yeşil Çatı	Yoğun Yeşil Çatı
Genel Detay		
Genel Tanım	<ul style="list-style-type: none"> • İnce toprak kalınlığı gerektirir(50-150mm) • Sulama gerektirmez veya az sulama gerektirir • Optimum fayda için geniş bir uygulama alanı gerektirir • Düşük bakım maliyeti(0.8-2.25 \$/m²/sene) 	<ul style="list-style-type: none"> • Derin toprak kalınlığı gerektirir(200-2000mm). • Sulama ve bakım gerektirir. • Optimum fayda için yoğun sermaye ve bakım gerektirir. • Orta seviye bakım maliyeti(6.5- 44 \$/m²/sene)
Avantajlar	<ul style="list-style-type: none"> • Hafiftir. • Tasarım sonrası kullanıma uygundur. • Nispeten ucuz(400-1000\$/m²) • Geniş alanlar için uygun • 0-30 derece eğimli çatılar için uygun • Kendi kendine gelişen bitkiler için uygun • Az bakım ve teknik uzmanlık gerektirir 	<ul style="list-style-type: none"> • Çatı için çeşitli kullanımlar sağlar(rekreasyon, gıda yetiştirme) • Daha fazla yağmur suyu tutma kapasitesi ve enerji verimliliği sağlar • Görsel olarak çok etkileyici düzenlemeler sunabilir • Yüksek bitki çeşitliliği ve habitat sağlar • İyi yalıtım özellikleri sağlar • Zeminde doğal bir yaşam alanı oluşturur
Dezavantajlar	<ul style="list-style-type: none"> • Bitki seçenekleri kısıtlıdır • Dinlenme ve diğer kullanım alanları için uygun değildir • Daha az enerji verimliliği ve yağmur suyu tutma kapasitesine sahiptir • Görsel olarak daha az etkilidir 	<ul style="list-style-type: none"> • Nispeten daha pahalıdır(1000-5000\$/m²) • Yüksek sermaye ve bakım gerektirir • Tasarım sonrası uygulanabilirliği çok düşüktür • Çatıya fazla yük getirir(300-1000 kg/m²) • Sulama ve drenaj sistemleri için enerji, su ve malzeme gerektirir

döşeme, çatı gibi yapı bileşenleri özellikleri girilmiştir. Çalışmada, performans kriterlerinin sonuca etkisini karşılaştırabilmek önce standart (referans) bir teras çatılı örnek oluşturulmuştur. Daha sonra aynı örnek üzerine, günümüzde de inşa edilmiş teras çatılı binaların üzerine uygulanarak yeşil çatıya dönüşebilmeye imkan verebilen, standart çatıya çok ağırlık getirmeyecek seyrek bir yeşil çatı sistemi uygulanmıştır. Küçük ve büyük ölçekli ofis binalarında kıyaslamaya elverişli olabilmesi için ise örnekler, belirlenen 5 farklı metrekareye göre düzenlenmiştir. Sonraki aşamada ise oluşturulan tüm tiplerin Ankara ve Adana gibi hem soğuk hem de sıcak farklı iki

iklim bölgesinde bir yıllık periyotta bina simülasyonu yapılmıştır. Böylece bu çalışma; öncelikle yeşil çatılar ve standart çatıların bina ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkilerini kendi içlerinde karşılaştırıp, bu etkinin soğuk veya sıcak iklim bölgesine göre değişimi ve bu değişimin de metrekare bazında sınıflandırılabilmesine imkan sağlamıştır.

3.1. Materyal ve Metod

3.1.1. Örnek Bina Özellikleri

Desing Builder programında standart çatı ve yeşil çatılı olmak üzere Ankara ve Adana ili için toplam 20 adet örnek bina alternatifi incelenmiştir. Örnekler

Makale

100, 500, 1000,3000 ve 5000m² lik çatı yüzeyine sahip olup, açık ofis şeklinde kullanıcı yoğunluğu 0,11 kişi/m² olarak oluşturulmuştur. Tablo 2'deki boyutlara göre oluşturulan örneklere TS825 Isı yalıtım Hesaplama programının çıktısı olan, Ankara ve Adana illerinde kullanılması gereken Tablo 3'deki duvar, döşeme ve çatı bileşenleri yüklenmiştir

SONUÇ

Meteorormdan alınan Ankara ve Adana illerinin iklim verileri dahilinde oluşturulan örneklerin 1 yıl-

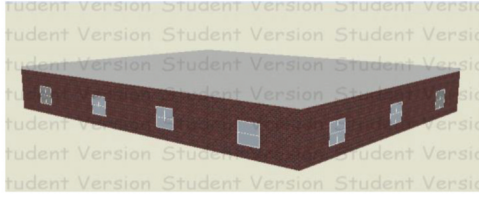
lık periyoda göre simülasyonları yapılmıştır.

Sonuç tablosundan da anlaşıldığı gibi yeşil çatılı örneklerin standart çatılı örneklere göre her iki bölge ve her metrekarede bina enerji performansına katkısı daha olumludur.

Yeşil çatı uygulamasının standart çatılara göre sıcak iklim bölgesinde ısıtma yüklerine olan etkisi ortalama %10 daha olumlu iken soğutma yüklerine olan etkisi %5 değerlerindedir. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı üzere sıcak bölgelerde yeşil çatıların bina performansına etkisi ısıtma yükleri bakımından daha olumludur.

Tablo 2. Örnek Bina Boyutları

Örnek Bina Alternatiflerine Ait Boyutlar Alan(m ²)	Boyut(m)
100	10x10x3,5
500	20x25x3,5
1000	27x37x3,5
3000	47x64x3,5
5000	57x88x3,5



Tablo 3. Örnek Bina Alternatiflerinin Kabuk Bileşenleri ve Özellikleri

Bileşenler	Adana-Ankara					
	Yeşil çatılı örnek	Standart çatılı örnek	Kalınlık (m)	İletkenlik (W/m-K)	Öz Isı (j/kg-K)	Yoğunluk (kg/m ³)
Çatı	Bitki		0,1	0,300	1000	1000
	Substrat tabakası		0,1	0,069	880	260
	Filtre tabakası		0,001	0,220	1800	910
	Drenaj tabakası		0,025	0,500	1800	980
	Ayırıcı tabaka		0,005	0,250	1800	1200
	Çimento harçlı şap	Çimento harçlı şap	0,05	1,400	650	2100
	Xps ısı yalıtımı	Xps ısı yalıtımı	0,07 0,11	0,035	1400	35
	Bitümlü su yalıtımı	Bitümlü su yalıtımı	0,005	0,190	840	960
	Betonarme döşeme	Betonarme döşeme	0,15	2,500	1000	2400
Duvar	Agregasız siva	Agregasız siva	0,025	0,510	960	1120
	Tuğla duvar	Tuğla duvar	0,1	0,840	800	1700
	XPS ısı yalıtım	XPS ısı yalıtım	0,08	0,034	1400	35
	Beton blok	Beton blok	0,1	0,510	1000	1400
Döşeme	Alçı siva	Alçı siva	0,013	0,400	1000	1000
	Köpük yalıtım	Köpük yalıtım	0,133	0,040	1400	10
	Betonarme döşeme	Betonarme döşeme	0,1	1,130	1000	2000
	Zemin şapı	Zemin şapı	0,07	0,410	840	1200
Pencere	Ahşap zemin kapl.	Ahşap zemin kapl.	0,03	0,140	1200	650
	3mm cam+13mm hava+3mm cam	3mm cam+13mm hava+3mm cam				

NOT: Adana örneği için çatıda Xps kalınlığı 7 cm alınıp Ankara için 11 cm alınmıştır.

Soğuk iklimlerde ise yeşil çatılar standart çatılara göre ısıtma yüklerinde ortalama %2.5 daha iyi bir performans gösterirken soğutma yüklerinde bu performans değerinin %5'lere çıkması da soğuk bölgelerde sıcak bölgelerden aksine soğutma yüklerinde daha iyi bir performans sağladığını göstermektedir.

Sonuçlara iklim bölgeleri bazında göre bakıldığında ısıtma yüklerinin etkisinin sıcak bölgelerde %10 daha avantajlı iken soğuk bölgelerde %3 olup bunun yanında soğutma yüklerine olan etkinin iki bölgede de %5 daha avantajlı olduğu sonucu yeşil çatıların bina enerji performansına olan etkisinin sıcak iklim

Tablo 4. Simülasyon Sonuçları

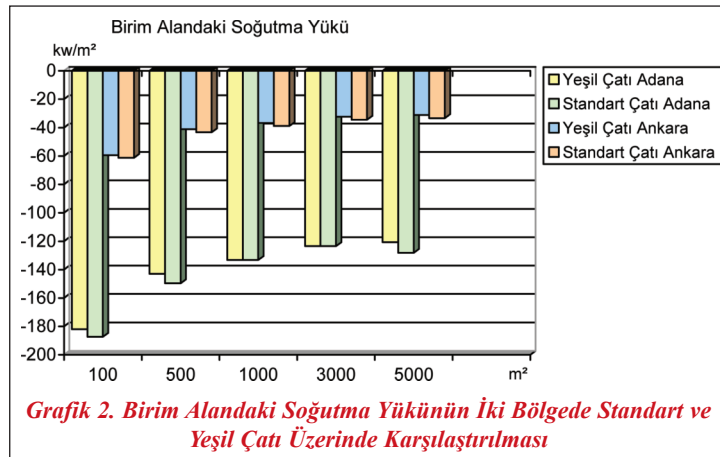
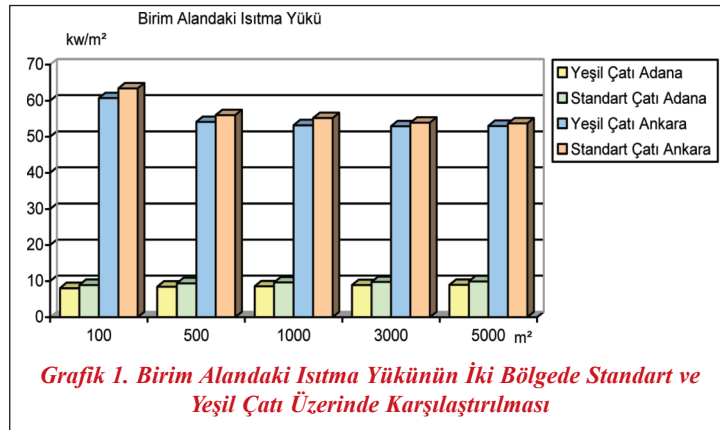
ADANA İLİ BİNA ÖRNEKLERİ	Birim alandaki ısıtma yükü(kw/m ²)				Birim alandaki soğutma yükü(kw/m ³)			
	Yeşil Çatı	Standart Çatı	Fark	%	Yeşil Çatı	Standart Çatı	Fark	%
100 m ²	8,07	8,92	0,85	9,5	-181,89	-187,33	-5,44	2,9
500 m ²	8,46	9,4	0,94	10	-142,94	-149,69	-6,75	4,5
1.000 m ²	8,58	9,63	1,05	10,9	-133,2	-133,2	-7,1	5,1
3.000 m ²	8,88	9,78	0,9	9,2	-123,46	-123,46	-7,52	5,7
5.000 m ²	8,96	9,93	0,97	9,8	-120,62	-128,2	-7,58	5,9

ANKARA İLİ BİNA ÖRNEKLERİ	Birim alandaki ısıtma yükü(kw/m ²)				Birim alandaki soğutma yükü(kw/m ³)			
	Yeşil Çatı	Standart Çatı	Fark	%	Yeşil Çatı	Standart Çatı	Fark	%
100 m ²	60,7	63,4	2,7	4,2	-59,4	-61,3	-1,9	3
500 m ²	54,1	56	1,9	3,4	-41,1	-43,3	-2,2	5
1.000 m ²	53,2	55,2	2	3,6	-36,7	-38,9	-2,2	5,6
3.000 m ²	52,9	53,9	1	1,8	-32,3	-34,5	-2,2	6,3
5.000 m ²	53	53,7	0,7	1,3	-31,1	-33,3	-2,2	6,6

bölgelerinde soğuk iklim bölgelerine oranla daha olumlu olduğunu göstermektedir.

Simülasyon çıktılarına göre grafikler yanda yer almaktadır.

Grafiklerde de görüldüğü gibi simülasyonlar metrekare bazında değerlendirildiğinde, iki bölgede de soğutma yüklerine olan etki metrekare ile paralel olarak artmışken ısıtma yüklerinde dalgalanma meydana gelmiştir. Tüm farklı metrekaredeki örneklerde standart çatıya kıyasla olumlu gerçekleştirmeler sağlansa da en olumlu sonuçların 1000 m²'lik örnekte görülmüş olması uygulamanın yaklaşık 1000 m²'lik alanlarda optimum fayda sağlayacağını göstermektedir. Ayrıca soğuk iklim bölgelerinde 1000 m²'den sonra artan metrekare ile iki tip çatı arasındaki soğutma yüklerine olan etki doğru orantılı olarak artarken, anı örneklerde ısıtma yüklerine olan etki oranının düştüğü de görülmektedir.



Makale**KAYNAKLAR**

- [1] Yüceer. N., “Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Bina Tasarımı”, Mimarlık, 355: 38-43 (2010)
- [2] Lanham. J., “Thermal Performance of Green Roofs in Cold Climates”, Licentiate Thesis, Queen University, Kingston. 3-6, 163-166 (2007).
- [3] Kabuloğlu. K. S., “Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi”, 2.Ulusal Çatı Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul, 1- (2005).
- [4] Dinsdale. S., Pearen. B., Wilson. C., “Feasibility Study for Green Roof Application on Queen’s University Campus”, Queen’s Physical Plant Services, 9-12 (2006).
- [5] Getter, K.L., Rowe, D.B., “The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development”, Hort Science, 41(5), 1276-1285 (2006).
- [6] Yüksel. Ü. D., “Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 18-31 (2005).
- [7] Liu, K., “Sustainable Building Envelope - Garden Roof Sistem Performance, NRC-CNRC”, RCI Building Envelope Symposium Nov 4-5: 1-14, New Orleans (2004).
- [8] Spalaa. A., Bagiorgasa. H. S., Assimakopoulos. M. N., Kalavrouziotisa. J., Matthopoulos. D., Mihalakakoua. G., “On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece”, Renewable Energy, 33, 173-177 (2008).
- [9] Ngan. G., “Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design”, 25 (2004).
- [10] Mentens, J., Taes, D., Hermy, M., “Green Roofs As A Tool For Solving The Rainwater Runoff Problem In The Urbanized 21st Century?”, Landscape and Urban Planning, 77, 217-226 (2006).
- [11] Getter. K. L., Rowe. D. B., Andresen. J. A., “Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention” Ecological Engineering, 31, 225-231 (2007).
- [12] Tokaç. T., “Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri İçin Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 1-15 (2009).
- [13] Ekşi. M., “Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yeni Yaklaşımlar”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. (2006)
- [14] Hui. S. C. M., “Green Roof Systems and Technology”, ASHRAE-HKC / CIBSE-HKB / HKIE-BSD Joint Function Talk, (2009).
- [15] Townshend. D., “Study on Green Roof Application in Hong Kong Final Report”, Urbis Limited, Architectural Services Department, (2007).