

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE ODAKLI MİMARİ TASARIM YAKLAŞIMI KAPSAMINDA YEŞİL
ÇATILAR VE TÜRKİYE ÖLÇEĞİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

YANAR KAYMAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARİ TASARIM PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. İBRAHİM BAŞAK DAĞGÜLÜ**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEVRE ODAKLI MİMARİ TASARIM YAKLAŞIMI KAPSAMINDA YEŞİL
ÇATILAR VE TÜRKİYE ÖLÇEĞİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

Yanar KAYMAK tarafından hazırlanan tez çalışması 25.12.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. İbrahim Başak DAĞGÜLÜ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. İbrahim Başak DAĞGÜLÜ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Feride ÖNAL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Kamuran ÖZTEKİN
Doğuş Üniversitesi

Geride bıraktığımız 20. yüzyılda gerçekleşen politik, siyasi, kültürel ve teknolojik bağlamda olağanüstü hızlı dönüşümler 21. yüzyılda karşılaşacağımız tahmin edilemez gelişmelerin göstergesi olarak kabul edilebilir. Hayatın her alanında yaşanan bu dönüşümler ve yenilikler kuşkusuz ilk olarak kentsel yaşantıları etkilemektedir.

21. yüzyılın başlarını yaşadığımız bu yıllarda özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde hızlı bir kentleşme süreci yaşanmaktadır. Kentleşme süreci içinde azalan boş ve yeşil alanlar, hava dolaşımına engel olan sıkışık yapı adaları, yüksek ısı emme oranlarına sahip koyu renkli, asfalt esaslı çatı kaplama malzemeleri, yüksek enerji kullanımına paralel olarak ortaya çıkan ısı, kentsel ısı adası olarak adlandırılan ve küresel ısınmayı arttıran bir çevresel etki meydana getirmektedir.

Tasarım ve üretim sürecinde rol alan kişilerin yeşil çatı sistemleri hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak, ülke koşullarına uygun bitkilendirilmiş çatı sistemlerini tartışmak ve bu konudaki farkındalığı arttırmak gerekmektedir.

Bu doğrultuda bu çalışma ulusal ve uluslararası ölçekteki araştırmalar ve örnekler üzerinden yeşil çatı sistemlerini irdeleyerek, sürdürülebilirlik açısından avantajlarını değerlendirmek; ülkemizdeki uygulamalar için bir altyapı oluşturmayı ve bu konudaki çalışmalara katkı koymayı hedeflemektedir.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında emeği geçen başta tez danışmanım Doç. Dr. İbrahim Başak DAĞGÜLÜ olmak üzere tüm hocalarıma ve tüm dostlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık, 2014

Yanar KAYMAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	2
1.2 Tezin Amacı	8
1.3 Orijinal Katkı.....	9
BÖLÜM 2	
YEŞİL ÇATI NEDİR? YEŞİL ÇATILARIN AMAÇLARI VE YARARLARI	10
2.1 Genel Tanım	10
2.2 Yeşil Çatıların Tarihsel Kullanımı ve Örnekler.....	12
2.3 20.yy Mimarisi ve Yeşil Çatılar.....	15
2.4 Yeşil Çatı Kullanımının Sağladığı Avantajlar.....	17
2.4.1 Kentsel Isı Adası Etkisini Azaltması	18
2.4.2 Doğal Çevre ve Biyolojik çeşitliliği Koruması.....	19
2.4.3 Yağmur Suyu Yönetimi.....	19
2.4.4 Hava Kirliliğini Filtreleme.....	21
2.4.5 Oksijen Üretimi ve Buhar Geçirimi.....	22
2.4.6 Çatı Yalıtımı ve Binaya Ekonomik Katkısı.....	22
2.4.7 Ses İzolasyonu.....	23
2.4.8 Elektromanyetik Işınım.....	23
2.4.9 Sera Gazları ve Ağır Metaller.....	24
2.4.10 Geri Dönüşüm ve Düşük Enerji.....	24
2.4.11 Toprak Kazanımı.....	25

2.4.12	Estetik ve Rekreatif Değer.....	25
2.4.13	Yapıyı Koruma ve Kollama.....	26
2.4.14	Yangın Korunumu.....	26
BÖLÜM 3		
YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN ÇEŞİTLERİ VE UYGULAMALARI.		28
3.1	Yeşil Çatı Çeşitleri.....	28
3.1.1	Ekstensif (Seyrek/Pasif) Yeşil Çatılar (Çayır).....	28
3.1.2	İntensif (Yoğun/Aktif) Yeşil Çatılar (Bitkilendirilmiş Çatı Bahçesi)....	30
3.1.3	Yarı İntensif (Yarı Yoğun) Yeşil Çatı (Yaşam Alanı).....	33
3.1.4	Ekstensif ve İntensif Yeşil Çatıların Karşılaştırılması.....	34
3.2	Yeşil Çatı Malzemeleri ve Teknik Özellikleri.....	34
3.2.1	Yeşil Çatıda Kullanılan Katmanlar.....	34
3.2.2	Yeşil Çatı Uygulamalarında Kullanılan Sistemler.....	44
3.2.3	Yeşil Çatıların Uygulama Sonrası Bakımı.....	48
3.3	Yurtdışındaki Yeşil Çatı Uygulamalarından Örnekler.....	50
BÖLÜM 4		
TÜRKİYE'DE YEŞİL ÇATI KAVRAMI		66
4.1	Türkiye İklim Koşullarında Yeşil Çatı.....	66
4.2	Türkiye'de Uygulanmış Yeşil Çatı Örnekleri.....	70
4.3	Türkiye Koşullarında Yeşil Çatı Sistemlerine Dair Maliyet Oranları	75
4.4	Yurtdışında Yeşil Çatılara İlişkin Yasa ve Yönetmelikler.....	76
4.5	Türkiye'de Yeşil Çatı Kullanımına Yönelik Teşvik Edici Yaptırımlar	80
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		89
KAYNAKLAR.....		93
ÖZGEÇMİŞ.....		102

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Yeşil çatı sistemini oluşturan ana katmanlar	11
Şekil 2. 2 Ur Ziguratu	12
Şekil 2. 3 Babil'in Asma Bahçeleri	13
Şekil 2. 4 Guinigi Kulesi	13
Şekil 2. 5 Geleneksel Viking Kulübesi, Kuzey Norveç	14
Şekil 2. 6 Vidimyri Kilisesi	14
Şekil 2. 7 Villa Savoye	15
Şekil 2. 8 Earth Houses, İsviçre	16
Şekil 2. 9 Hundertwasser House	16
Şekil 2. 10 Yeşil çatı ile geleneksel çatı sistemlerinin güneş ışınlamalarına karşı davranışlarının karşılaştırılması	19
Şekil 2. 11 Geleneksel çatılar ile yeşil çatıların yağmur suyunu şebekeye aktarım miktarlarının karşılaştırılması	21
Şekil 2. 12 Bitkilendirilmiş ve geleneksel çatı sistemine sahip çatılarda malzeme sıcaklık dalgalanmalarının karşılaştırılması	23
Şekil 3. 1 Ekstensif (seyrek) yeşil çatı profili	30
Şekil 3. 2 İntansif Yeşil Çatılarda Gerekli Katmanlar	32
Şekil 3. 3 İntansif (yoğun) yeşil çatı profili	33
Şekil 3. 4 Yeşil çatıda kullanılan tabakalar	34
Şekil 3. 5 Sedum türlerine örnek	36
Şekil 3. 6 Fide tepsisi ve sedum halı Uygulamaları	37
Şekil 3. 7 Drenaj tabakasında kullanılan plastik esaslı modüler sistemlere bir örnek	39
Şekil 3.8 Tek kabuklu ters çatı, tek kabuklu havalandırmasız çatı ve çift kabuklu havalandırılan teras çatıda katmanların dizilimi	45
Şekil 3. 9 Eğimli çatılarda yeşil çatı detayı	46
Şekil 3. 10 Modüler yeşil çatı sistemi	46
Şekil 3. 11 Firmalar tarafından geliştirilen farklı yeşil çatı sistemleri	47
Şekil 3. 12 Serilebilir bitki paspasları	47
Şekil 3. 13 Yeşil çatı drenaj kanalları ve su boruları	49
Şekil 3. 14 Kaiser Canada Life yeşil çatı kesiti	51
Şekil 3. 15 Gateway House yeşil çatı kesiti ve strüktür	53
Şekil 3. 16 Arundel Great Court sistem kesiti	53
Şekil 3. 17 Yeryüzü evlerinin metal konstrüksiyonu	54

Şekil 3. 18	ACROS Binası yeşil çatı kesiti	55
Şekil 3. 19	GAP Genel Merkezi yeşil çatı kesiti	56
Şekil 3. 20	Namba Parks	57
Şekil 3. 21	Eğimli yüzeylerde kullanılan modüler yeşil çatı sistemi	59
Şekil 3. 22	Kaliforniya Bilim Akademisi yeşil Çatı kesiti	59
Şekil 3. 23	ASLA Binası yeşil çatı planı ve kesiti	61
Şekil 3. 24	Macallen Konutları çatı planı	63
Şekil 4. 1	Mesa Güneş Sitesi	68
Şekil 4. 2	Turkcell Ar-Ge Binasının arka cephesi ve yeşil çatı detayı	72
Şekil 4. 3	Yapılardaki yeşil çatılar	72
Şekil 4. 4	One Ortaköy yeşil çatı planı	73
Şekil 4. 5	Otizimli Çocuklar Eğitim Merkezi yeşil çatı görünümü ve planı	74



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Geleneksel Çatılar ile Yeşil Çatıların Karşılaştırılması..... 26
Çizelge 3. 1	Ekstensif ve İntensif Yeşil Çatıların Karşılaştırılması..... 32
Çizelge 3. 2	Yeşil çatılarda kullanılan yapı malzemelerinin ağırlıkları 40

ÇEVRE ODAKLI MİMARİ TASARIM YAKLAŞIMI KAPSAMINDA YEŞİL ÇATILAR VE TÜRKİYE ÖLÇEĞİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Yanar KAYMAK

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim Başak DAĞGÜLÜ

20.yüzyılın ikinci yarısında karşılaşılan ciddi çevre sorunları, enerji kullanımına, doğanın ve tüm kaynaklarının korunmasına dair yeni politikaların geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. İnsanoğlunun varoluşunun sebebi olan doğal çevrenin, yine insan tarafından yapılan müdahalelerle zarar gördüğü gerçeği hakkındaki farkındalık, temelde "sürdürülebilirlik" kavramı çerçevesinde gelişen ve çeşitlenen yaklaşımları ortaya çıkarmıştır. Bir yandan ekolojik tahribat giderek derinleşirken, diğer yandan çevrenin korunmasına ilişkin çözüm önerileri, her bilgi alanı için dikkati çeken bir araştırma konusu haline gelmiştir. Çevresel sorunların sorumlularından birinin yüksek oranda binalar ve inşaat sektörünün olduğunun anlaşılmasıyla mimarlık camiası da, "ekolojik yapı", "sürdürülebilir çevre", "yenilenebilir enerji", "yeşil mimari", "akıllı bina", "iklimsel kontrol", "enerji verimliliği" vb. gibi bir dizi yeni kavramla tanışmıştır. Bu doğrultuda sürdürülebilir mimarlığa dair araştırmalar ve gelişen teknoloji çerçevesinde çatı yüzeyleri, enerji korunumuna katkı veren bir bileşen olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu noktada "yeşil çatı"lar, hava kalitesini iyileştiren, kentsel ısınmayı azaltan, yağmur suyunun farklı kullanımlarına olanak tanıyan, bir aktivite ve yaşam alanı olarak da kullanım sağlayan önemli sistemlerdir.

Yeşil çatıların kullanımı oldukça eski devirlere kadar uzanmakla birlikte günümüzün metropol kentlerinde, özellikle Türkiye'de kullanımlarının azlığı dikkati çekmektedir. Çevredeki enerji dengesine olumlu katkılarının yanı sıra uygulama alanlarının henüz tam gelişmemiş olması, konuyu araştırmaya ve incelemeye değer kılmaktadır. Özellikle son yıllarda Türkiye'de de artan oranda önemsenmeye başlayan binalarda enerji korunumu ilkesi ve buna ilişkin çeşitli sertifikalandırma sistemlerinde (LEED, BREAM vb.) yeşil çatılar önemli bir avantaj taşımaktadırlar. Tasarım ve üretim sürecinde rol alan kişilerin yeşil çatı sistemleri hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak, ülke koşullarına uygun bitkilendirilmiş sistemlerini tartışmak ve bu konudaki farkındalığı arttırmak gerekmektedir.

Bu doğrultuda bu çalışma ulusal ve uluslararası ölçekteki araştırmalar ve örnekler üzerinden yeşil çatı sistemlerini irdeleyerek, sürdürülebilirlik açısından avantajlarını değerlendirmek; ülkemizdeki uygulamalar için bir altyapı oluşturmayı ve bu konudaki çalışmalara katkı koymayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Ekolojik Yapı, Yeşil Mimari, Enerji Verimliliği, Yeşil Çatı

ABSTRACT

GREEN ROOFS UNDER PERSPECTIVE OF ENVIRONMENT-ORIENTED ARCHITECTURE DESIGN AND A RESEARCH UPON APPLICABILITY ON TURKEY SCALE

Yanar KAYMAK

Department of Architecture
MSc. Thesis

Adviser: Assoc.Prof. Dr. İbrahim Başak DAĞGÜLÜ

Important environmental problems, perceived at the second half of the 20th century, required to develop new policies about conservation of energy, nature and all resources. Public awareness was heightened about natural environment, that is the main source of existence of humankind but damaged by humanitarian interventions. And this awareness helped to emerge new approachments about "sustainability" and different notions related with it. On one hand while ecological destructions gradually increasing, on the other hand solution suggestions for protecting the environment became the noticeable study area for science. After comprehending that the building sector is one of the main liable of the environmental problems, architectural media has met with a serious notions such as "ecological building", "sustainable environment", "renewable energy", "green architecture", "intelligent building", "climatic control", "energy efficiency". According to studies about the sustainable architecture and developing technologies, roof surfaces has been a important elements for energy efficiency. At that point, the green roofs are important systems that enhance the air quality, decrease the urban warming, support the different using of rain water, suggest new activity area.

Even though the using of green roofs dated back to the old ages, it is rarely used in the metropol cities of now especially in Turkey. The benefits of green roofs for energy balance and immaturity of the practicing area make the topic worth studying. Green roofs come into prominence especially in last years in Turkey too, in the context of certification systems (such as LEED, BREAM etc.). It is important to discuss green roof systems and to inform different actors of building sector.

In this context, this study aims to investigate green roof systems in different national and international examples, evaluate the benefits of it for sustainability, constitute a substructure for buildings of country and contribute the related literature.

Keywords: Sustainability, Ecological Building, Green Architecture, Energy Efficiency, Green Roof



BÖLÜM 1

GİRİŞ

20.yüzyılın ikinci yarısında karşılaşılan ciddi çevre sorunları, enerji kullanımına, doğanın ve tüm kaynaklarının korunmasına dair yeni politikaların geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. İnsanoğlunun varoluşunun sebebi olan doğal çevrenin, yine insan tarafından yapılan müdahalelerle zarar gördüğü gerçeği hakkındaki farkındalık, temelde "sürdürülebilirlik" kavramı çerçevesinde gelişen ve çeşitlenen yaklaşımları ortaya çıkarmıştır. Bir yandan ekolojik tahribat giderek derinleşirken, diğer yandan çevrenin korunmasına ilişkin çözüm önerileri, her bilgi alanı için dikkati çeken bir araştırma konusu haline gelmiştir. Çevresel sorunların sorumlularından birinin yüksek oranda binalar ve inşaat sektörünün olduğunun anlaşılmasıyla mimarlık camiası da, "ekolojik yapı", "sürdürülebilir çevre", "yenilenebilir enerji", "yeşil mimari", "akıllı bina", "iklimsel kontrol", "enerji verimliliği" vb. gibi bir dizi yeni kavramla tanışmıştır.

Özellikle metropol kentlerde, kentleşme süreci içinde azalan boş ve yeşil alanlar, hava dolaşımına engel olan sıkışık yapı adaları, yüksek ısı emme oranlarına sahip koyu renkli, asfalt esaslı çatı kaplama malzemeleri, yüksek enerji kullanımına paralel olarak ortaya çıkan ısı, kentsel ısı adası olarak adlandırılan ve küresel ısınmayı arttıran bir çevresel etki meydana getirmektedir. Bunun temel etkenlerinden biri de belirtildiği üzere çatılar ve bunların tasarımında kullanılan malzeme ve sistemlerdir.

Çatılar temelde, yapının iç mekanını atmosferik etkenlere karşı korumak üzere inşa edilmektedir. Bunun yanı sıra mekanın tanımlanmasında da önemli bir rol üstlenen çatılar, bina kimliği ve tasarımında da etkindirler. En yalın hali ile düz ya da eğimli bir yüzey olan çatı, üzerinde dolaşılan, teras olarak kullanılan, bazen yerleşim bölgesinin

niteliğine göre yaşama, yatma, gıda kurutma gibi çeşitli işlevler üstlenebilen bir mimari elemandır. Öte yandan konvansiyonel üretim biçimi ve kullanılan malzemeler doğrultusunda bakıldığında ısı emen, kentsel ısı adası oluşumuna yüksek oranda katkı veren ve enerji tüketen bir yapı unsuru oldukları görülmektedir. Ancak günümüzde, sürdürülebilir mimarlığa dair araştırmalar ve gelişen teknoloji çerçevesinde çatı yüzeyleri, enerji korunumuna katkı veren bir bileşen olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu noktada "yeşil çatı"lar, hava kalitesini iyileştiren, kentsel ısınmayı azaltan, yağmur suyunun farklı kullanımlarına olanak tanıyan, bir aktivite ve yaşam alanı olarak da kullanım sağlayan önemli sistemlerdir.

1.1. Literatür Özeti

1970'li yıllarda çevre sorunlarını dert edinen sivil toplum örgütü Green Peace'in kurulması ve bu konulara odaklanan Stockholm Konferansı (1972), dünya çapında sürdürülebilirlik konusunun ve alt açılımlarının gelişmesinin öncüleri olarak görülmektedir. Bu dönemden sonra Batı Avrupa'da yapılan çalışmalar çerçevesinde çeşitli stratejik raporlar hazırlanmış (Dünya Güvenlik Stratejisi-1980), uluslararası konferanslar düzenlenmiş (1983, Çevre ve Gelişim Dünya Komisyonu, 1992-Rio Konferansı, 1993-Viyana İnsan Hakları Konferansı, 1994- Kahire Dünya Nüfus Konferansı, 1995- Kopenhag Sosyal Kalkınma Konferansı, 1996- Habitat II İnsan Yerleşimleri Konferansı, 2003 Johannesburg Zirvesi) ve bunlar doğrultusunda önemli kararlar-eylem planları içeren belgeler (1972 Büyüme Limitleri Raporu, 1979 Bern Anlaşması, 1979 Genova Anlaşması, 1980 Uluslararası 2000 Raporu, 1983 Helsinki Protokolü, 1987 Montreal Protokolü, 1990 Green Paper, 1992 Rio Deklarasyonu, İklim Değişikliği Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Gündem 21, 1997 Kyoto Protokolü) üretilmiştir.

Tüm bu çalışmalar doğrultusunda, yerkürenin kaynaklarını korumak ve genel dengeyi bozmadan insanların hayat şartlarını iyileştirmek konusuna odaklanan çevre yaklaşımları geliştirilmeye çalışılmıştır. Sürdürülebilirlik ve buna ilişkin birçok kavram son otuz yılın en önemli kavramlarından biri olurken, teknolojik ve bilimsel meslek alanlarını yanı sıra ekonomik, sosyal ve politik bilim alanlarını da ilgilendirmektedir.

Çünkü sürdürülebilirlik, kalkınmaya ilişkin tüm politikaları kapsayan, çevresel, ekonomik, toplumsal bileşenlerden oluşan bir yaklaşımı işaret etmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma politikalarının mimarlık alanına getirdiği ilkesel yaklaşımlar ise 1992 Rio Zirvesi'nin ardından 1993 Chicago Uluslararası Mimarlık Kongresi ve 1996 Habitat II Konferansı'nın etkileriyle gelişmiştir. Mimari tasarımın insanla ve doğayla ayrılmaz bağlar taşıdığı, doğa ve insan arasındaki bütüncül ilişkinin yeniden kurulması, insanın refahına yönelik ancak çevre ve doğaya ilişkin sistemleri koruyarak tasarım kararları geliştirilmesi, evrendeki enerjiyi verimli kullanarak, bilim ve teknoloji desteğiyle sürekli gelişimi aramak gerektiği üzerine kurulu bu ilkeler, süreç içinde tasarım aşamasından uygulamaya, yapı sektörünün her alanında arayışlarla sonuçlanmıştır.

Sürdürülebilir bina sistemlerinin bileşenlerinden biri olan yeşil çatıların enerji korunumu açısından önemlerinin özellikle son yıllarda farkına varılmıştır. Çeşitli dernek ve kuruluşlar [Amerikan Test ve Malzemeleri Topluluğu (ASTM), AIA (Amerikan Mimarlar Enstitüsü), ASLA (Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu), USGBC (A.B.D Yeşil Bina Konseyi), GRHC (Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar), Ulusal Çatı Müteahhitleri Derneği (NRCA), IGRA (Uluslararası Yeşil Çatı Derneği), Tek Katlı Çatı Sanayi (SPRI)] yeşil çatılar üzerine çalışmalar yürütmektedir. Bu kurumlar örnek yeşil çatı uygulamaları gerçekleştirmekte, yeşil çatıyı teşvik edici çeşitli tasarım yarışmaları düzenlemekte, yeşil çatılar hakkında bilgi ve teknik rehberlik hizmeti sağlamaktadırlar.

Bunun dışında uluslararası literatürdeki çalışmalar, yeşil çatı uygulamasının çeşitli faydalarını, özellikle metropol kentlerdeki kentsel ısı adası etkisini önemli ölçüde azalttığını kanıtlar niteliktedir. Bu çalışmaların çoğu, mevcut yapılar üzerinden ölçümler almakta ve çeşitli simulasyon programları aracılığıyla yeşil çatı alternatiflerinin performansını saptayarak karşılaştırmalara gitmektedir.

Toronto'da yapılan bir çalışmanın sonuçları, kırsal alanlara göre 2-3°C daha sıcak olan entsel alanlarda; %50 oranında yapılacak yeşil çatı uygulamasının hava sıcaklığını 1-2°C azaltabileceğini ortaya koymuştur [1].

Hindistan Teknoloji Enstitüsü'nde yapılan bir araştırmada da bitki yapraklarının çatı yüzeyine gelen güneş ışınlarını engelleyerek yüzey sıcaklık artışını engellediği,

gölgeleme etkisiyle iç-dış ortam ısı akış miktarının 4W/m^2 kadar azaldığı görülmüştür [2].

Japonya Kobe Üniversitesi'nde, bitkilendirilmiş çatı, açık renkli geleneksel çatı ve asfalt kaplı bir çatının maruz kaldıkları direkt güneş ışığı miktarı sabit olacak şekilde yüzey sıcaklıkları ve iç ortama ilettikleri ısı miktarları açısından karşılaştırıldıkları bir çalışmada, koyu renkli ve ısı emme oranları fazla olan asfalt malzeme en kötü performansa sahipken, bitkilendirilmiş çatı diğer iki türdeki kaplamaya sahip çatılara göre daha düşük ısılara sahiptir [3].

Singapur'da beş katlı ticari bir bina için özel bir bilgisayar programı aracılığıyla hazırlanan yeşil çatı simülasyonu, binanın yıllık enerji tüketiminde %0,6-14,5 oranında azalma olabileceğini göstermiştir. Farklı bitki tiplerinin denenmesiyle, bina enerji tüketiminin azaltılmasında en çok çalılarının etkili olduğu kanıtlanmış ve toprağın nem içeriğinin de sonucu etkileyebileceği anlaşılmıştır [4].

Fransa'da La Rochelle kentinin iklimsel verileri doğrultusunda, sedum bitkisinin kullanıldığı, %40 organik %60 volkanik karışımdan oluşan toprak katmanına sahip seyrek bir yeşil çatı sistemi simüle edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre yeşil çatı, iç ortam sıcaklığını yazın ortalama 2°C , bina enerji gereksinimini %6 oranında azalttığı, yaprak yüzey alanı katsayısının artışının da pozitif yönde etkisi olduğu saptanmıştır [5].

Spalaa ve diğ. (2008) tarafından Atina'da bir ofis binasının çatısında gerçekleştirilen yeşil çatı uygulamasında yapılan ölçümler, çatının, üst katlara gidildikçe artan oranda performans artışı sağladığını ortaya koymuştur [6]. Yine Atina'daki bir baka çalışma, yalıtımlı çatılara yeşil çatı uygulamasının etkisinin çok olmadığı, yalıtımsız çatılarda ise yeşil çatı uygulamasının sıcaklık değerlerini düşürdüğünü göstermektedir [7].

Benzer şekilde Yunanistan'da yapılan bir çalışma bitkilendirilmiş çatı sisteminin, yüzeyine gelen toplam ışıınım şiddetinin %27'sinin yansıtıldığını %60'ının yapraklar tarafından soğurulduğunu ve %13'ünün de toprağa iletilildiğini hesaplamıştır [8].

Ottawa'da bir yıl boyunca, bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel teras çatı istemlerinde yapılan ölçümler, bitkilendirilmiş çatıdaki bitki taşıyıcı tabakanın, kışın ısı kayıplarını da diğerine oranlar %26 oranında, yazın ise ısı kazançlarını %95 oranında azalttığını

göstermiştir. Dolayısıyla yeşil çatılar sadece sıcak iklimlerde değil, soğuk iklimlerde de kışın ısı korunumu açısından artı değer taşımaktadır [9].

Lanham da yeşil çatıların soğuk iklim bölgesindeki davranışlarına ilişkin çalışmasında Doğu Ontario'da geleneksel çatı ile farklı kalınlıklardaki iki yeşil çatının performansını karşılaştırmış; yeşil çatının ısıtma yüklerinde %10-24 enerji kazancı (metrekare başına 0,09 dolar kar) sağladığını belirtmiştir [10].

Clark (2008) 'Yeşil Çatılar ile Enerji Emisyonunu Azaltma' başlıklı tez çalışmasında, yeşil çatıların konvansiyonel çatılara göre maliyet analizini yapmış; yeşil çatılar %39 daha fazla ön maliyet gerektirmesine karşın, 40 yıllık bir süreç sonunda, %20-23 oranında enerji performansına verdiği katkıyla ekonomik değeri telafi etmektedir. Ayrıca 2000 m²'lik bir yeşil çatı, azotdioksit gazlarının oluşturacağı negatif atmosferik etkiyi senede 640-2426 dolar azalttığını belirtmektedir [11].

Simmons (2006) da 'Kingston ve Halifax Şehirlerinde Yeşil Çatı Teknolojisinin Uygulamalarında Belediyelerin Rolünün Araştırılması' başlıklı tezinde, yeşil çatı uygulamalarının belediyelerin planlama stratejilerine alınması ve yaygın kullanımı adına belediyeler tarafından yapılması gerekenler konusunda öneriler getirmiştir [12].

Yapılan bu uluslararası çalışmalarda yeşil çatı sistemlerinin farklı iklimlerde ve farklı bina tiplerinde çatı yüzey sıcaklıklarını, soğutma ve ısıtma yüklerini azaltarak binanın enerji performansına katkıda bulunduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere yeşil çatılar, kentlerde eksikliği hissedilen bitki örtüsünün kısmen de olsa yerini tutarak ısıyı depolamakta, atmosfere su buharı vermekte (evapotranspirasyon) ve sıcaklık artmasının engellenmesine katkıda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra yeşil çatıların bir başka çevresel katkısı, su tutma özellikleridir.

Yeşil çatıların su tutma kapasitesine ilişkin çalışmalar incelendiğinde, taşıyıcı katman olan toprak karışımının kalınlığı ve içeriği, kullanılan bitki türü, çatı eğimi, çatı tipi, su tutma performansında etken faktörler olarak görülmektedir.

Yick Ting Au (2003) 'Kentsel Yeşil Çatılar İçin Planlama Aracı' konulu çalışmasında yeşil çatıların oluşumu, çeşitleri ve yararlarına değinmiş; yeşil çatıların yağmur sularına olan etkisini ve enerji faydalarını ortaya çıkarmak üzere Toronto'da oluşturulmuş 3 farklı bina senaryosu geliştirmiş; yeşil çatıların yağmur suyu tutma performansını iki farklı

toprak katmanına sahip alternatif üzerinden ölçmüştür. Çalışma sonucuna göre toprak katmanı derinliğinin yağmur suyuna katkısı konut binası için %1,7-2,5 iken, ticari ve endüstriyel bina senaryolarında %3,5'lere çıkmıştır [13].

Bliss (2004)'Pittsburgh'da Yeşil Çatı Kullanımı ile Yağmur Suyu Tahliyesi ve Su Kalitesinin Arttırılması' başlıklı tezinde, sedum ağırlıklı bir yeşil çatı ile geleneksel çatı sisteminin yağmur suyu, toprak nemi ve yüzeysel akış parametrelerini kıyaslamıştır. Yaptığı ölçümlerde bitkilerin kanalizasyona ulaşan suyun %5-70 oranında azaltacak bir emiş kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymuştur [14].

Michigan Üniversitesi'nde, 4 farklı eğimde (%2,%7,%15, %25) 12 tane seyrek yeşil çatı alanının yağmur suyu tutma kapasitesine göre analiz edildiği bir çalışmada, 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. Her ne kadar eğim arttıkça yağmur suyu tutma oranı azalıyor olsa da tüm eğimlerdeki sistemler suyu geleneksel sistemlere göre daha uzun süre muhafaza etmektedirler [15].

Kanada'da yapılan bir çalışmada, 140 mm kalınlığında alt katmana sahip, %10 eğimli bir yeşil çatı sisteminin, şehir şebekesine aktarılan su miktarını, toplam yağış miktarının %76'sı oranında azalttığı ortaya konmuştur. Yazın sıcaklıkların artması ve kuruluk ile toprağın su depolama kapasitesi artmaktadır [16].

Ulusal ölçekte yapılan çalışmalara bakıldığında ise son birkaç yılda konuya verilen önemin arttığı, ancak birkaç tez çalışması ve dar kapsamlı makale dışında henüz yeterince araştırma olmadığı görülmektedir.

Uçurum (2007) 'Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi' adlı tezinde sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde ekolojik çatı sistemlerinin(bahçe çatı, havuz çatı, fotovoltaik sistemler) ve çatıda kullanılan kaplamaların ekolojik niteliklerini araştırmakta ve uygulama örnekleri üzerinden tartışmaktadır [17].

Tokaç (2009) 'Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri İçin Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi' başlıklı tezinde ülkemizde yeşil çatı uygulamalarına dair yeterli bilimsel bilgiye sahip olunmadığını belirterek, yerli bitkilendirilmiş çatı sistem tasarım seçenekleri önermiş; bunları nitel performans kriterlerine bağlı olarak ön değerlendirmeden geçirmiştir. [18].

Ekşi (2006)'Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yeni Yaklaşımlar' adlı tezinde, ülkemizde yeni gelişmekte olan çatı bahçesi fikrini yurtdışı örnekler çerçevesinde irdeleyerek, bu uygulamalarda kullanılacak malzemeler ve olası sorunlara ilişkin önerilerde bulunmuştur [19].

Köylü (1997) 'Roof Gardening in Cities: Suggestions for Ankara' tezinde ise çatı bahçelerinin kentsel yerleşimlere katkısını vurgulayarak insanların çatı bahçeleri üzerine fikirlerini anket yoluyla almış, bu çerçevede Ankara kenti için öneriler sunmuştur [20].

Erbaş (2011) 'Enerji Etkin Yapı Tasarımının Etkili Elemanlarından Olan Yeşil Çatıların Dünya ve Ülkemiz Örnekleri Üzerinden Bir İncelenmesi' başlıklı tez çalışmasında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde bulunan mimarlık, iç mimarlık ve peyzaj mimarlığı öğrencileri ve akademik personeline uyguladığı anket ile yeşil çatıların bilinirliğini ölçmeyi ve konu hakkındaki farkındalığı arttırmayı hedeflemiştir [21].

Kınalı (2013), 'Farklı İklim Bölgelerindeki Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Bina Isıtma Ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi' başlıklı tezinde, ofis binalarında çatıda bitkilendirmenin bina ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkisini incelemiştir. Bir bina enerji simülasyon programı ile sıcak ve soğuk iki farklı iklim bölgesindeki illerde, farklı çatı yüzey alanlarına sahip örnekler üzerinden simülasyonlar yapılmış; yeşil çatıların bina enerji performansına etkisinin sıcak iklimlerde ortalama %4,64, soğuk iklimlerde ise %3.01 oranında olduğu; bu performansın çatı yüzey alanı ve yaprak yüzey alanı katsayısı ile doğru orantılı; bitki taşıyıcı katman kalınlığı ile ters orantılı olduğu ölçümlenmiştir [22].

Erkul (2012), 'Yeşil Çatı Sistemlerinin Yapım Açısından İrdelenmesi' isimli tezinde ise, yeşil çatıların yapım sistemlerinde yer alan katmanlar ayrıntılı olarak ele alınarak, yapım sonrası işletme ve genel bakım konuları örnekler çerçevesinde irdelenmektedir [23].

Tohum (2011) 'Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak Yeşil Çatılar' başlıklı tez çalışmasında yeşil çatı sistemleri, sürdürülebilir peyzaj mimarlığına katkıda bulunabilecek noktalarıyla ele alınmış; dünya ve Türkiye örnekleri üzerinden, ekoloji, ekonomi ve toplum çerçevesinde değerlendirilmiştir [24].

Göçer, Altun ve Türkeri (2011) 'Bitkilendirilmiş Çatı Sistemi Performansının Deneysel Değerlendirilmesi' adlı bir TÜBİTAK Projesi kapsamında hazırladıkları çalışmalarında, İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü eski rektörlük binasının 739 m²'lik teras çatısının 60 m²'sine yeşil çatı uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Yapılan ilk ölçümlere göre gündüz ve öğle saatlerinde bitkilendirilmiş çatı yüzey sıcaklığını mevcut çatı yüzey sıcaklığından daha düşük olduğu görülmüştür [8].

Bu çalışmalardan görüldüğü üzere yeşil çatılar temel olarak, gölgelendirme ve evapotranspirasyon (bitkinin buharlaşma ve terleme yolu ile atmosfere su buharı vermesi) ile çatı yüzeyindeki sıcaklığı azaltmakta; yağmur suyunu tutarak depolamaya ve suyun geri dönüşümüne olanak tanımakta, sıcak iklimlerde soğutma amaçlı elektrik enerjisi tüketimini, dolayısıyla CO₂ emisyonunu, soğuk iklimlerde ise ısıtma masraflarını düşürmektedir. Yeşil çatıların bina enerji etkinliğindeki payı, hava sıcaklığındaki etkisi, enerji tasarrufuna etkisi, karbon salınımına etkisi, yağmur suyuna etkisi gibi farklı başlıklar üzerinedir. Türkiye'de yeşil çatılara ilişkin çalışmaların eksikliği ise ortadadır.

1.2. Tezin Amacı

Yeşil çatıların kullanımı oldukça eski devirlere kadar uzanmakla birlikte günümüzün metropol kentlerinde, özellikle Türkiye'de kullanımlarının azlığı dikkati çekmektedir. Çevredeki enerji dengesine olumlu katkılarının yanı sıra uygulama alanlarının henüz tam gelişmemiş olması, konuyu araştırmaya ve incelemeye değer kılmaktadır. Özellikle son yıllarda Türkiye'de de artan oranda önemsenmeye başlayan binalarda enerji korunumu ilkesi ve buna ilişkin çeşitli sertifikalandırma sistemlerinde (LEED, BREAM vb.) yeşil çatılar önemli bir avantaj taşımaktadırlar. Tasarım ve üretim sürecinde rol alan kişilerin yeşil çatı sistemleri hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak, ülke koşullarına uygun bitkilendirilmiş sistemleri tartışmak ve bu konudaki farkındalığı arttırmak gerekmektedir.

Bu doğrultuda bu çalışma ulusal ve uluslararası ölçekteki araştırmalar ve örnekler üzerinden yeşil çatı sistemlerini irdeleyerek, sürdürülebilirlik açısından avantajlarını değerlendirmek; ülkemizdeki uygulamalar için bir altyapı oluşturmayı ve bu konudaki çalışmalara katkı koymayı hedeflemektedir.

1.3. Orijinal Katkı

Çalışma kapsamında öncelikle yeşil çatı kavramının tanımı ve bu kavramın tarihsel süreçte nasıl ele alındığı ortaya konmuştur. Daha sonra yeşil çatıların çeşitleri ve farklı açılardan sağladığı faydalar, yeşil çatı bahçelerinin oluşturulması için kullanılan malzeme ve sistemler detaylı olarak araştırılmıştır. Yeşil çatıların dünya ölçeğindeki örnekleri irdelenerek Türkiye'deki uygulamalarla karşılaştırılmış, Türkiye'de yeşil çatı uygulamaları üzerinden maliyet değerleri ve yeşil çatı kullanımına yönelik teşvik edici yaptırımları tartışılmıştır.

Çalışmanın yöntemi literatür taraması ve durum değerlendirmesine dayanmaktadır. Konu ile ilgili olarak gerek yurt içinde gerekse yurt dışındaki literatür taranmış; çeşitli kişi ve kuruluşlarca düzenlenmiş olan seminer, sempozyum, bildiri, panel, konferans notları ve yeşil çatı sektöründeki firmaların uygulamaları incelenmiştir.

YEŞİL ÇATI NEDİR? YEŞİL ÇATILARIN AMAÇLARI VE YARARLARI

Bu bölümde yeşil çatı kavramı tanımlanacak, tarihsel süreçte yeşil çatıların gelişimi ve sürdürülebilir çevre ve mimarlık açısından sağladığı avantajlar ortaya konacaktır.

2.1. Genel Tanım

En basit tanımıyla yeşil çatı, üzerinde bitki örtüsü bulunan binaların çatı bölümlerine verilen addır. Yeşil çatı (green roof), ekolojik çatı (ecorooft), yaşayan çatı (living roof), kahverengi çatı (brown roof), bitkilendirilmiş çatı sistemleri (vegetated roof systems), çatı bahçesi (roof garden) gibi kavramlar sıklıkla birbirinin yerine kullanılmaktadır.

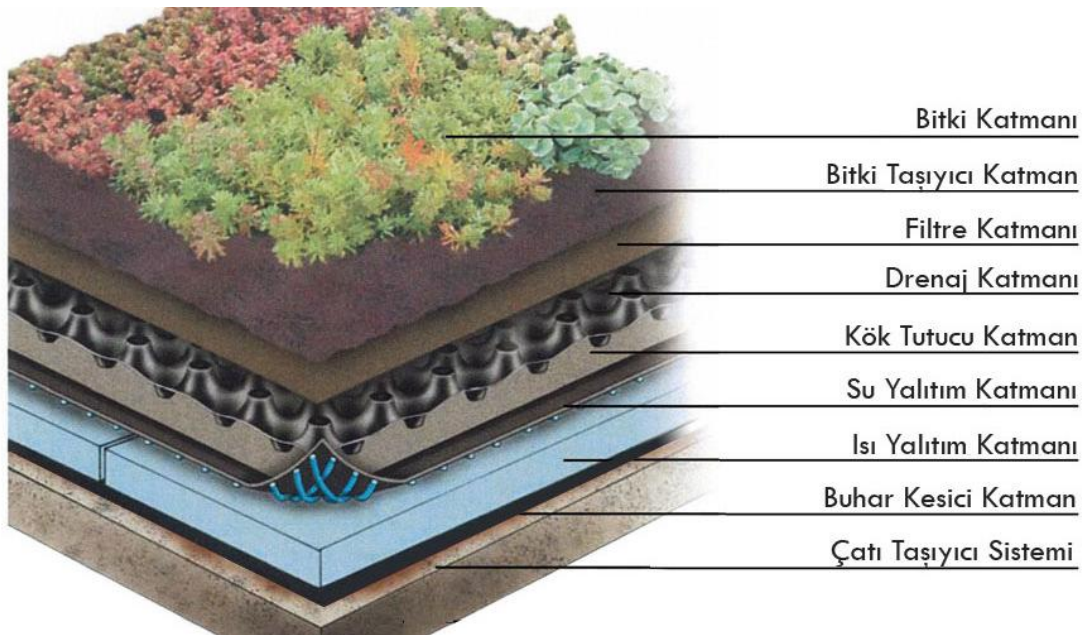
Osmundson (1999) çatı bahçelerini (yeşil çatılar) bir binayla yerden kopan, bitkisel öğelerin ve alt sistemlerinin kullanıldığı ekili açık alanlar olarak tanımlamıştır [25].

Forbes (2010) yeşil çatıyı, yapıda strüktürel döşeme kaplaması üzerinde inşa edilen ve şemsiye görevi üstlenen sürdürülebilir bir sistem [26]; Liu (2004) çatılarda bitki yetiştirmek üzere özelleştirilmiş sistemler olarak tanımlamıştır [16].

Pehlevan ve diğ. (2010)'ne göre ise yeşil çatı, "zeminde ya da çoğunlukla zemin seviyesinin üzerinde yer alan herhangi bir yapıya ait az eğimli ya da eğimli çatıda özel malzeme ve teknikler yardımıyla gerçekleştirilen az ya da çok bakım gerektiren birçok işleme sahip açık yeşil mekan düzenlemeleri"dir [28].

Miller (2004) ise bu konudaki tüm farklı kavramsal ifadelerin zaman içinde üretilmiş, birbirini yerine kullanılan terimler olduğunu ancak hiçbirinin çatının performans özelliklerini tanımlamadığını belirtmektedir [29].

Bu tanımlar doğrultusunda, **yeşil çatılar**, çatı alanlarında bitki ve bitkinin yetişebilmesini sağlayacak olan katman, malzemeler ve alt sistemlerin bütünü olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle, yeşil çatı, en ekonomik ve verimli şekilde binadaki izolasyon, ısıtma ve soğutma giderlerinde düşüş sağlayarak enerji verimliliğini arttırmayı hedefleyen, yüzeyi su geçirmez membranla kaplanmış, üzerinde toprak ve bitki örtüsü tabakası yer alan çatıları ifade etmek üzere kullanılan bir kavramdır. Yeşil çatıları oluşturan katmanlar genel olarak yukarıdan aşağıya, bitki, bitki taşıyıcı katman, drenaj katmanı, kök tutucu katman, su yalıtım katmanı, ısı yalıtım katmanı, buhar kesici katman ve çatı taşıyıcı sistemi şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 2.1). Yeşil çatılar insan kullanımına kapalı olabileceği gibi, 'çatı bahçesi' olarak da adlandırılan örneklerinde, bina kullanıcıları için ek bir açık hava yaşam alanı sunarak rekreatif ve estetik nitelikler de taşıyabilmektedirler. İlk durumda sadece bitkilendirme ve buna ait alt sistemleri kapsıyorken; ikinci durumda çeşitli saksı bitkileri, oturma-dinlenme elemanları, yarı açık üst örtüler ve dış mekan yapıları, otomatik sulama, aydınlatma gibi peyzaj elemanları da sisteme entegre olabilmektedir.



Şekil 2.1 Yeşil çatı sistemini oluşturan ana katmanlar [18]

2.2. Yeşil Çatıların Tarihsel Kullanımı ve Örnekler

Çatıları yeşillendirme fikrinin kökeninin M.Ö. 2500'lü yıllara, Mısır ve Mezopotamya uygarlıklarına dek uzandığı bilinmektedir [30]. Mezopotamya uygarlıklarında inşa edilen, büyük basamaklı piramitler olan '*zigurat*' isimli tapınaklar, bitkilendirilmiş bahçelerin ilk örnekleri olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.2). Genellikle yedi katlı inşa edilen bu yapılarda basamaklar üzerine katran sürülerek bitkilendirme yapıldığı ve özellikle palmiye ağaçları kullanıldığı İngiliz arkeolog Leonard Wooley tarafından 1920'lerde keşfedilmiştir [19]. Ziguratların hem Tanrı'nın gökten yere inmesinde, hem de insanın Tanrı'ya ulaşmasında aracı olduğuna inanılmakta, bir anlamda halka açık kamusal bir işlevi de olan yapılarda bölgenin sıcağından korunma amaçlı bitkilendirilme yapıldığı düşünülmektedir [25].



Şekil 2.2 Ur Ziguratu [31]

Bu dönemde inşa edildiği düşünülen ve dünyanın yedi harikasıdan biri olarak kabul edilen Babil'in Asma Bahçeleri de zigurat formundan gelişmiş; yarı mekanik sulama sistemiyle Fırat Nehri tarafından sulanan, üzeri tamamen dönemin nadide bitkileriyle kaplı, kemerlerden oluşan bir strüktürdür (Şekil 2.3). Finkel (1988), bahçeyi destekleyen tonozların çatı kirişlerinin katranlı kamışlarla kapatıldığını, üzerinin iki tabaka halinde çimento ile bağlanmış pişmiş toprak tuğla ve son olarak da nemi engellemek için kurşunla kaplandığını belirtmektedir [32]. Tuğla sütunların içi, büyük ağaçların köklerinin gelişebilmesi için oyulmuş olup, teras bahçelerinde, oturma-seyir köşeleri, hareketli suları ile fiskiyeli havuzlar, gölge veren ağaçlar ve dekoratif çiçekler bulunmaktadır [19].

Roma İmparatorluğu'nun özellikle son dönemlerinde, refah düzeyi artan ve zenginleşen uygarlığın, neredeyse günümüzdekine benzer bir kentleşme ve nüfus artışıyla karşı karşıya olduğu bilinmektedir. Bu dönemde zengin kesimin kırsal alanda yaptırmış olduğu büyük konutlarda olduğu kadar, kent içindeki apartmanların çatılarında (insula) da bitkilendirmelere rastlanmaktadır. Özellikle Pompei bölgesinde konutların çatı bahçeleri olduğu bilinmektedir [25]. Bu Roma geleneği daha sonra Rönesans döneminin modasını da oluşturmuş ve teras bahçelerin gelişimine neden olmuştur.



Şekil 2.3 Babil'in Asma Bahçeleri [33]

14.yüzyılda, zengin ailelerin kendilerini temsil eden yüksek bir kule inşa ettirme geleneği çerçevesinde yapılan Guinigi (Benettoni) Kulesi (Lucca, İtalya) üzerindeki meşe ağaçları, 61cm.lik bir derinlikte, tuğla yataklarında büyümüş ve bir yer altı sulama sistemi ile sulanmaktadır [25] (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Guinigi Kulesi [34]

Çim kaplı çatıları olan konutlar; Kuzey Avrupa ve İskandinav ülkelerinde 300 yıldan fazla süredir inşa edilmektedir [30]. İrlanda ve İskoçya'da, M.S. 800 -1000 yıllarında Vikinglere ait korunaklı kulübeler bulunmuştur (Şekil 2.5). Sert rüzgarlardan ve yağmurdan korunmak amacıyla çim veya deniz yosunu ile kaplanan duvar ve çatı örnekleri, ayrıca Kuzey Atlantik kıyıları boyunca Newfoundland ve Nova Scotia'da görülmektedir [35]. Norveçliler de çatıda toprağı, yalıtım aracı olarak tercih etmişler ve yerinde durması için de bitkileri kullanmışlardır [36]. Bu sistem çatının toprakla kaplanması, üzerinin otlar ve bitkilerle stabilize edilmesi ve böylece ısı yalıtımının sağlanmasına dayalıdır. İzlanda'daki 1834 yılında inşa edilen Vidimyri'deki kilise, bunlara örnek olarak gösterilebilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.5 Geleneksel Viking Kulübesi, Kuzey Norveç [37]



Şekil 2.6 Vidimyri Kilisesi [38]

17. yy'da inşa edilen Kremlin Sarayı'nın çatısında da iki kademeli bir yeşil çatı bulunmaktadır. Çarlık Rusya'sında çatı bahçeleri soyluluk ve zenginlik göstergesidir [25]. Beton malzemenin gelişimi ve teras çatıların artan kullanımı 20.yüzyıla ve modern

mimarlığa özgü olsa da, 1867 Paris Dünya Fuarı, bitkilendirilmiş beton teras çatı kullanımıyla önemli bir başlangıç noktası olmuştur [39].

2.3. 20.yy Mimarisi ve Yeşil Çatılar

20.yüzyılın başlarında yeni ve evrensel bir stil olarak yükselen modern mimarlık, farklı açılımlarıyla yeşil çatı kullanımını desteklemiştir. 1930 yılında, Alman peyzaj mimarı Harry Maasz insanların çatılardaki bahçelerde dolaşabildiği ve yeşil çatıların kentin üzerini örttüğü bir kent öngörüsünde bulunmuştur [24]. Bunu somutlaştırma yolundaki ilk adımlardan birini Modern mimarlığın beş ilkesini tanımlayan Le Corbusier atmış, yapının çatısını beşinci cephe olarak kabul ederek söz konusu ilkelerinden bir tanesini çatı bahçeleri olarak belirlemiştir. Çatı peyzajının gelişimine katkıda bulunan bu görüşün ilk örneği, 1922 yılında geliştirdiği yeşil kent tasarımıdır. Bunun uygulandığı en önemli örneklerden biri ise Poissy'deki Villa Savoye'dur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Villa Savoye [40]

Frank Lloyd Wright'ın ilkelerini kurduğu ve doğayla uyumlu bir mimarlığı savunan *organik mimarlık* da, yeşil çatı bahçelerini desteklemiş ve geliştirmiştir. Binanın sert hatlarının bitkilerle yumuşatılabileceğini düşünen ve şeffaflık, mekan esnekliği, iç-dış bütünlüğü ile doğayı yapılarının içine taşımaya çalışan Wright, özellikle Amerikan kırsalında yaptığı konutlarla yeşilin yapılarda kullanımının yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur.

Zamanla Avrupa ve Amerika örneklerinde yeşil çatı fikri sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Corbusier'in Stuttgart'daki Weissenhofsiedlung Konutları (1927), New York Rockefeller merkezi (1930-1939), Unité d'habitation Konut Bloğu (1952), Kaliforniya'daki Kaizer Center çatı bahçesi (1960) yeşil çatıların mimarlık tarihinde yer edinmiş örnekleri arasındadır. Bununla birlikte teknik yetersizlikler ve deneyim eksiklikleri sebebiyle yeşil çatıların 1960'lara kadar çok sık uygulandığı söylenemez.

İsviçreli mimar Peter Vetsch'in 1974'de inşa etmeye başladığı dünya evleri (earth house) dam çatı (sedum roof) olarak bilinen geniş çatı sistemlerinin gelişmesine yol açmıştır (Şekil 2.8). 1980'lerde Avusturyalı mimar ve sanatçı Friedensreich Hundertwasser'in konut bloğu da etkili bir yeşil çatı örneğidir (Şekil 2.9).



Şekil 2.8 Earth Houses, İsviçre [41]



Şekil 2.9 Hundertwasser House [43]

Yeşil çatı araştırmalarının sürdürülebilir politikalar çerçevesinde ekolojik bir harekete dönüşmesi ve bu çerçevede kullanımının yaygınlaşması 1950'lerde Almanya'da başlamıştır [39]. Çatılarda bitki yetiştirme konusunda araştırmalar yapan çeşitli kurumlar kurulmuş [Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) (Peyzaj Gelişimi ve Peyzaj İnşaatı Araştırma Kurumu), 1975]; sergiler düzenlenmiş [Grün Kaput (Yeşil Örtü), 1984] ve yeşil çatı uygulamaları hem betonlaşan kentlerde estetik bir öge olarak hem de ekolojik faydaları açısından irdelenmiştir [42]. Zaman içinde standartlara ve yerel yönetimlerin politikalarına da yansıyan bu farkındalık, federal kanunlar ve teşvik edici yönetmeliklerle desteklenmiştir. Bu doğrultuda Almanya %7 ile dünya genelinde en yüksek yeşil çatı uygulaması oranına sahip ülkedir [24]. Asya'da ise Japonya yeşil çatı teknolojisinde öncüdür. Tokyo'da tüm yeni inşaatların en az % 20 sinin çatılarının yeşil çatı olması zorunludur [21]. ABD'de de benzer bir gelişim son yıllarda yaşanmış, FLL kurallarına benzer şekilde ASTM standartları yayınlanmıştır.

Görüldüğü gibi kökeni antik döneme kadar dayanan yeşil çatı geleneği, özellikle Batı ve Kuzey Avrupa'da tarih boyunca kullanılmıştır. Modern mimarlığın geliştiği 20.yüzyılda da bir mimari konsept haline gelen yeşil çatıların önemi, günümüzde sürdürülebilir yapı teknolojileri çerçevesinde daha çok anlaşılmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır.

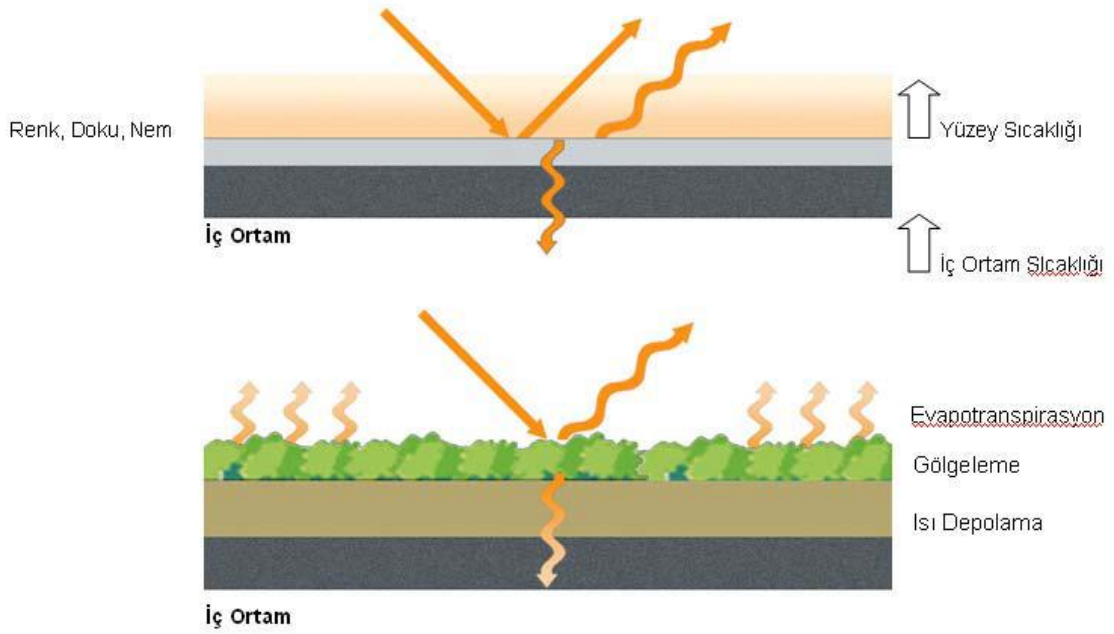
2.4. Yeşil Çatı Kullanımının Sağladığı Avantajlar

Yeşil çatılar diğer çatılara oranla ön yatırım maliyetlerinin, bakım ve onarım bedelleri yüksek olması; ek yapısal yükler getirmeleri; drenajları ve alt sistemleri iyi yapılmadığında bir takım sorunlara neden olmaları gibi dezavantajlar taşımakla birlikte çevre, ekosistem ve yapı için büyük oranda yarar sağlamaktadırlar. Mühendislik ve kurulum maliyetleri açısından geleneksel çatının yaklaşık olarak iki katına mal olsa da uzun vadede ısıtma veya serinletme maliyetlerinden sağladığı tasarrufla bunu telafi etmektedir [44]. Ayrıca çevresel felaketlere yol açan olayların çözümü için tek başına yeterli olmasalar da önemli faydalar sunmaktadırlar.

2.4.1. Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması

Metropolitan kentlerde giderek azalan doğal peyzaj, taş ve beton yüzeylerle yer değiştirmekte, bu da atmosferdeki ısı ve su döngüsünü etkileyerek iklim değişikliğinin en iyi bilinen formlarından olan kent ısı adası etkisini meydana getirmektedir [45]. İlk kez 1820’de Londra kenti için Luke Howard tarafından tanımlanan kent ısı adaları, gün boyunca güneşten gelen ısıнын beton, taş ve asfalt yüzeyler tarafından tutulup gece serbest bırakılması anlamına gelmektedir. Kanada’da yapılan ölçümlerde yaz aylarında kentsel alanlardaki yüzey ve hava sıcaklıklarının, kırsal alanlara göre 2-3 °C, Berlin’de ise 4-5 °C daha fazla olduğu belirlenmiştir [2]. Bir atmosferik model simülasyonu ile kentte %50 oranında yeşil çatı sisteminin uygulandığı durumda, kent sıcaklığında 1-2°C azalmaya neden olacağı belirlenmiştir. Singapur’daki bir çalışma da yeşil çatının, yüzey sıcaklığını 18°C azalttığını göstermiştir [105]. Atina’daki bir başka çalışma, yeşil çatının, yüzeyine gelen toplam güneş ışınımının %27’sini yansıttığını, %60’ının yapraklar tarafından soğurulduğunu ve %13’ünün de toprağa iletilildiğini ortaya koymuştur.

Yeşil çatıların en önemli faydası, kentsel alanlarda zarar gören bitki örtüsünün yerini alarak, hava ve yüzey sıcaklığının artmasını engellemeleridir. Bunu temelde üç özellikleriyle gerçekleştirirler: evapotranspirasyon, gölgeleme ve ısı depolama. Evapotranspirasyon, bitkinin buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere su buharı vermesidir. Bitki yapraklarında ve bitki taşıyıcı katman bünyesinde bulunan suyun buharlaşması için gerekli olan ısı miktarı, güneşten gelen ışınlardan karşılanır ve bu ışınların yüzey sıcaklığını arttırması engellenir [47]. Geleneksel bir çatı yüzeyine gelen güneş ışınları, yüzey tarafından yüksek oranda emilir ve iç yüzeye iletilerek iç ortam sıcaklıklarının artmasına neden olur. Bitkilendirilmiş çatı sisteminde ise, taşıyıcı katmanda depolanan ısı, hem iç ortama aktarılan ısı miktarının azalmasını sağlar hem de nemin evapotranspirasyon yöntemi ile buharlaşmasını sağlayarak yüzey sıcaklığının düşmesine katkı sağlar [17].



Şekil 2.10 Yeşil çatı ile geleneksel çatı sistemlerinin güneş ışınımına karşı davranışlarının karşılaştırılması [18]

2.4.2. Doğal Çevre ve Biyolojik Çeşitliliğin Korunması

Yeşil çatılar barındırdıkları bitki örtüsü, doğal yaşam habitatları, besin maddeleri ve toprak ile doğal bir çevre sunmaktadırlar. Çevreye duyarlı tasarımın temel amacı, yeşil dokuyu ve doğal ekosistemleri korumak ve arttırmaktır. Bu doğrultuda yeşil çatılar hem sahip oldukları bitki örtüsü ile doğal bir çevre parçası sunmakta hem de böcekler ve çeşitli hayvanlar için yaşam alanı oluşturarak ekosistemin döngüsüne katkı koymaktadırlar. Bunun yanı sıra insanlarda çevre ve doğa bilinci oluşmasını sağlarlar. İsviçre'nin Basel kentinde yapılmış olan bir çalışmada, 17 yeşil çatı sistemi üzerinde 3 yıl boyunca 78 farklı örümcek ve 254 farklı böcek türünün yaşamaya başladığı görülmüştür [50].

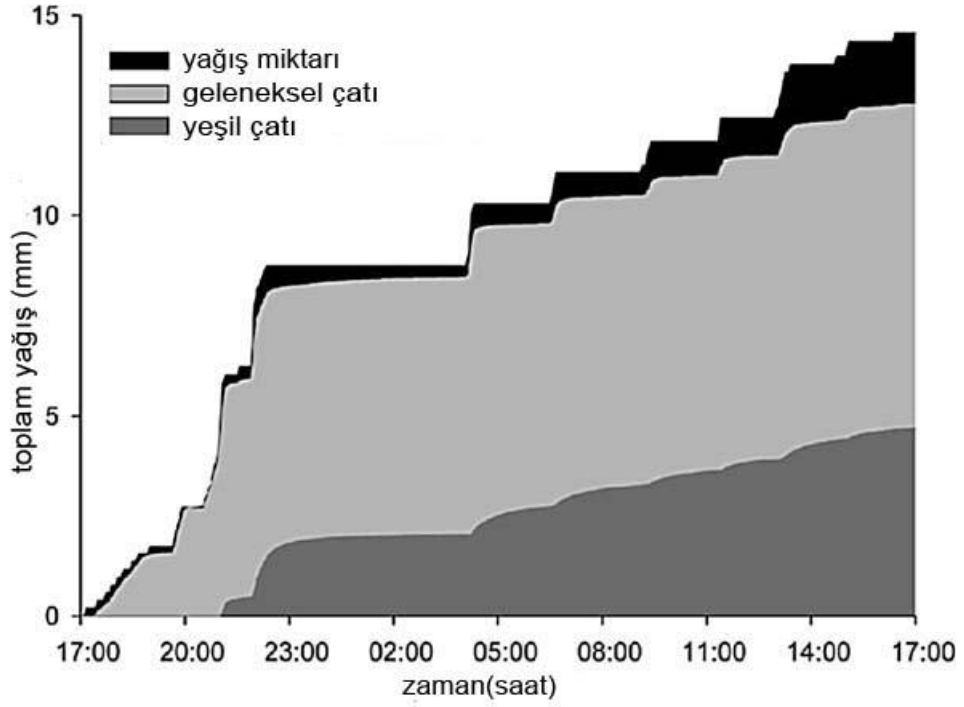
2.4.3. Yağmur Suyu Yönetimi

Yeşil çatıların en önemli faydalarından birisi, yağmur suyunu tutmalarıdır. Sert yüzeyler, yağmur suyunu ememediklerinden, yapılaşmış alanlarda, yüksek orandaki sert ve geçirimsiz alan nedeniyle toprağa geçebilen su oranı azalmaktadır. Bunun sonucunda hem yeraltı suları azalmakta ve doğal ekosistem zarar görmekte; hem de aşırı

yağmursuyu kanalizasyon ve tahliye sistemlerine daha fazla yük bindirmekte; taşkın ve maddi zarar olasılığı artmaktadır [51]. Geçirimsiz yüzeylerin % 40' ları aştığı kentsel alanlarda yeşil çatılar, geçirimsiz çatı yüzeylerini geçirimli hale getirdiklerinden söz konusu problemlere çözüm olmaktadır [52]. Yeşil çatı, suyu emerek yavaş yavaş bırakmakta, bitkiler tarafından bir kısmı kullanılmakta ve buharlaşma yoluyla atmosfere geri vermektedir. Böylece hem çatının üzerindeki yeşil doku gelişmekte, hem de şebekedeki atık su yükü hafiflemektedir. Hatta atık su miktarının azalmasıyla gerekli kanalizasyon boru çapı da azaltılarak maddi fayda sağlanması, borulardaki su debisinin azalmasıyla sel felaketlerinin engellenmesi, boru ve mazgalların bakım onarım maliyetlerinin düşürülmesiyle ülke ekonomisine katkı sağlanması da mümkündür. Ayrıca toprak ve bitki örtüsü; ağır metaller, organik maddeler ve pek çok su kirletici madde için de filtrasyon sağladığından, suyun geleneksel bir çatıdan direkt toprağa akmasından daha temiz bir şekilde suyu zemine iletmektedir [53].

Genel olarak kente düşen yağmur suyunun %10-15'inin yeşil çatılarda tutulması mümkündür. Kuzey Carolina Üniversitesi'nde yapılan araştırmalara göre, 10 cm kalınlığında substrata (yetiştirme ortamı) sahip bir yeşil çatı, yağmur suyunun % 60'ını tutabilmektedir [44]. Bu oran 50 cm toprak kalınlığında % 90'a varmaktadır [48].

Bunun yanı sıra yeşil çatının su tutma kapasitesi toprak katmanının kalınlığı dışında yağmurun şiddetine, çatı tipi ve eğimine ve kullanılan bitki türlerine de bağlıdır. Belçika'nın Leuven kentinde yapılmış, geleneksel çatılar ve yeşil çatıların su tutma kapasitelerini araştıran bir çalışma, %20 eğimli yeşil çatıların aynı eğimdeki geleneksel çatılara oranla %70 daha fazla su tuttuğunu göstermektedir [49]. Ayrıca yeşil çatılar filtre yatakları, yağmur bahçeleri, bio-depolama sistemleri, sarnıçlar, yağmur varilleri ile birlikte kullanıldığında, yağmur suları toplanarak sulamada veya tuvaletlerde kullanılabilir.



Şekil 2.11 Geleneksel çatılar ile yeşil çatıların yağmur suyunu şebekeye aktarım miktarlarının karşılaştırılması [18]

2.4.4. Hava Kirliliğini Filtreleme

Yeşil çatılar, üzerinde yer alan bitkiler sayesinde havada uçan toz partiküllerini tutarak hava kirliliğinin azalmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca bitkiler, kirli gazları da dokularında iyon tutucu malzemeler sebebiyle absorbe edebilmektedirler [39]. Sanayi ve trafikten kaynaklanan nitrojen bileşikleri de bitkiler tarafından yakalanarak besin olarak kullanılmaktadır. Aksi takdirde yeraltı sularına, göl ve denizlere karışmaktadır [54]. Bunun yanı sıra motorlu araçlardan çıkan partiküllü maddelerin ve ozonun, artan solunum hastalıkları ve ölüm oranlarındaki faktörlerden biri olduğu bilinmektedir.

Yeşilin daha az olduğu bölgelerde, bir litre havada 3-7 kat daha fazla toz partikülü bulunmaktadır [16]. Bitkilerin oluşturduğu yaprak yüzeyleri, metrekaresine başına yılda - rüzgara da bağlı olarak- yaklaşık 200 gr ile 2 kg arasında toz tutabilmektedirler [56]. Almanya’da yapılan bir çalışma da, yeşil çatıların dizel motor hava kirliliğini önemli ölçüde azalttığını, ortamdaki kükürtdioksitte %37, nitrik asitte %21 düşüş sağladığını kanıtlamıştır [2].

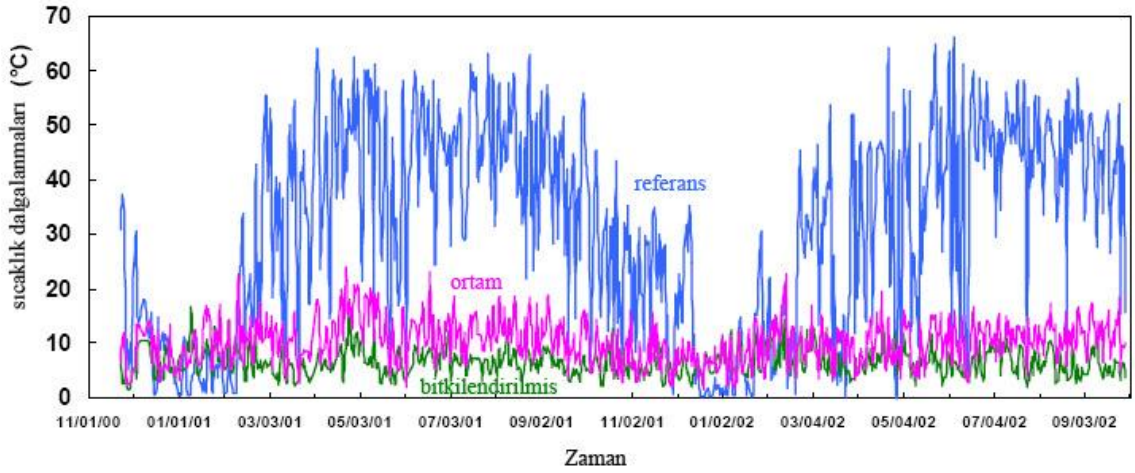
2.4.5. Oksijen Üretimi ve Buhar Geçirimi

Fotosentez yoluyla karbondioksit, su ve güneş radyasyonunu oksijen ve glikoza dönüştüren bitkiler, bilinen en iyi oksijen kaynağıdır [53]. Dolayısıyla yeşil çatılar, atmosfere verdikleri oksijenle kentlerin hava kalitesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca yeşil çatılar buhar geçirimi özellikleriyle, yapının nefes almasını ve yapı içi nemin atılmasını da sağlamaktadırlar. 25 m² yaprak yüzeyi, insanın bir saatte tükettiği kadar yani, 27 gr oksijen üretmektedir. 1,5 m² çim alanın yılda, bir insanın yıllık ihtiyacı kadar oksijen üretebileceğini söylemek mümkündür [48]. Fazla biogaz üreten yüksek verimli bitkiler kullanılması bu oranı arttıracaktır [54]. Sonuç olarak yeşil çatılar ne kadar büyük ölçekli olursa karbondioksit ve oksijen değişimi konusunda çevreye sağladığı faydalar o derecede yüksek olmaktadır.

2.4.6. Çatı Yalıtımı ve Bina Ekonomisine Katkısı

Çatılarda su geçirimsizliği için kullanılan bitümlü malzemeler, ultraviyole ışınlar nedeniyle büzülme ve genleşmeye uğrayarak zaman içinde elastikiteyi kaybolarak kırılmalara uğramaktadırlar. Günlük sıcaklık dalgalanmalarıyla membranda oluşan termal basınç, malzemenin uzun dönemli performansını, kabiliyetini ve yalıtım özelliklerini zayıflatmaktadır. Bu doğrultuda süreç içinde yenilenmeleri gerekir. Yeşil çatılar, yalıtım malzemelerini yüksek ısı ve güneş ışınlarından koruyarak değişim ömrünü iki kat uzatmakta; bina ekonomisine katkıda bulunmaktadır [48]. Bunun yanı sıra çatıda oluşturduğu katman ile ısı yalıtımı da sağladığından yeşil çatılar, enerji maliyetlerinde azalma sağlamaktadırlar. Yapılan hesaplamalara göre 100 m²'lik bir çatıda yılda 200 lt sıvı yakıt tasarrufu elde edilebilmektedir [1]. Bitki tabakası yüksek ve bitki çeşitliliği fazla olan bir yeşil çatının oldukça fazla izolasyon yapma kabiliyeti vardır [57].

Kanada da yapılmış bir çalışmada, yaz aylarında standart bir çatıda su yalıtım malzemesinin sıcaklığı 70°C'lere çıkarken; 150cm'lik taşıyıcı katmana sahip bir seyrek yeşil çatı sisteminde bu değer en fazla 30°C olarak ölçülmüştür. Malzemedeki sıcaklık değişimleri ise standart çatıda 45°C iken yeşil çatıda 6°C'dir [18].



Şekil 2.12 Bitkilendirilmiş ve geleneksel çatı sistemine sahip çatılarda malzeme sıcaklık dalgalanmalarının karşılaştırılması [27]

2.4.7. Ses İzolasyonu

Kentte sert yüzeylerden yansıyarak çoğalan gürültü, yumuşak yüzeyler olan yeşil çatılar tarafından emilebilmektedirler. Yeşil ve toprağın gözenekli tabakası ses dalgalarını yutarak çatıyı bir ses yalıtım tabakasına çevirebilmektedir [58]. Alçak frekanslar (3-30Hz) toprak tarafından, yüksek frekanslar ise (30-300Hz) bitki örtüsü tarafından absorbe edilir. Seyrek bitkilendirilmiş bir yeşil çatı iç mekandaki sesi 40 desibel, yoğun bitkilendirilmiş bir çatı ise 46-50 desibel civarında düşürebilmektedir [59]. Yeşil çatılar, gürültüden rahatsızlık eşiğimiz 60 desibel olduğu düşünüldüğünde akustik izolasyon ile birlikte gürültünün düşürülmesinde önemli bir etki sağlamaktadırlar [35].

Yeşil çatılar dışarıdaki gürültü seviyesine de azaltıcı etki yapmaktadırlar. Almanya Frankfurt Havaalanında 10cm derinliğe sahip bir yeşil çatı sisteminin dış mekan gürültü seviyesini 5 desibel düşürdüğü görülmüştür [60]. Bitki örtüsünün kalınlığı, bitki türleri, yeşillendirilmiş alanın büyüklüğü, taşıyıcı katmanın kalınlığı ve içeriği bu rakamları etkileyen faktörlerdir. Özellikle toprak yüksekliğinin ses yalıtımı ile doğru orantılı olduğu söylenebilir [23].

2.4.8. Elektromanyetik Işınım

Yapılan araştırmalar, yeşil çatıların binalardaki elektromanyetik radyasyonu büyük ölçüde azalttığını göstermiştir. 10 cm toprak katmanı olan yeşil çatı, elektromanyetik ışıınımı % 99'a kadar azaltabilmektedir [54].

2.4.9. Sera Gazları ve Ağır Metaller

Atmosferden yansıyan ışınlar, karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulmasıyla yeryüzündeki ısı artmakta ve sera etkisi oluşmaktadır. Gazların kimyasal zararlarının yanı sıra dünyadaki sıcaklık artışına neden olmalarının yaratabileceği büyük sorunlardan bahsedilmektedir. Yeşil çatılar, yağmur suyuna karışan ağır metalleri ve tuzu tutarak sera gazlarının yok olmasını sağlarlar. Yeşil çatıların; kadmiyum, bakır ve kurşunu % 98, çinkoyu % 16 oranında tutarak sudan arındırdığı görülmüştür [48]. Ayrıca Chicago’da yapılan bir çalışma sonuçlarına göre yeşil çatıların yoğun olduğu bölgelerde azotoksit ve kükürtoksit emisyonlarında önemli oranda azalma gözlemlenmiştir [2].

2.4.10. Geri Dönüşüm ve Düşük Enerji

Yeşil çatılar, yüzey sıcaklıklarının azalmasında, ısı depolama, evapotranspirasyon ve gölgeleme özellikleri ile katkı sağladıklarından; yaz aylarında yüzeydeki sıcaklığı azaltarak ve iç ortama daha az geçirerek, kış aylarında ise iç mekandaki ısının dış ortama akışını engelleyerek, soğutma ve ısıtma enerjilerinde tasarruf sağlarlar. Bitkiler ve toprak suyu buharlaştırıp soğutma etkisi yaratır ve havayı nemlendirir, daha rahat nefes aldırır ve binayı doğal olarak soğutur. Bu soğutma etkisi, geceleri çoğalır, böylece ertesi gün daha fazla ısı biriktirilebilir. Yeşil çatı tabakaları yalıtım görevi görerek binanın yazları serin, kışların ise ılık olmasında önemli rol oynamaktadır [30].

Kanada’da yapılan bir çalışmada, 72 m²’lik bir çatı alanının yarısı seyrek yeşil çatı, diğer yarısı bitümlü su yalıtım malzemesi kullanılarak örtülmüştür. Yapılan ölçümlere göre iç mekanın iklimlendirilmesi için gerekli olan ortalama günlük enerji ihtiyacı; bitümlü çatıda; 6,0-7,5 kWh/gün; yeşil çatıda ise 1,5 kWh/gün olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla %75 oranında bir enerji tasarrufundan bahsedilmektedir [18].

Hindistan Teknoloji Enstitüsü’nde yapılan bir araştırmaya göre, bitki yapraklarının oluşturduğu gölgeleme etkisiyle, çatı yüzeyine direkt gelen güneş ışınları engellenerek iç-dış ortam ısı akış miktarı 4W/m² kadar azaltıldığı belirlenmiştir [61]. Yeşil çatı sistemleri, klasik çatı sistemlerinden % 10 oranında daha fazla verimlilik sağlamaktadır [30].

2.4.11. Toprak Kazanımı

Kentsel tarım alanları, yoğun kentsel dokunun baskısı altındadır. Yeşil çatılar, sınırlı sayıdaki bahçe alanlarını arttırarak şehir sakinlerine bahçeleri sevmeye ve yiyecek üretme konusunda önemli fırsatlar sunmaktadır [57]. Özel olarak tasarlanan yeşil çatı türleri, çiftçilik için fırsat oluşturarak gıda üretimini desteklemekte ve kent ekonomisine de katkıda bulunmaktadır [46]. Böylece yapı inşasıyla kaybedilen topraklar, kısmen de olsa geri kazanılabilmektedir.

2.4.12. Estetik ve Rekreatif Değer

Yeşil çatılar, yeşil alanların daha az, asfalt ve betonun çok olduğu kentsel bölgelerde görsel olarak da dengeleyici ve rahatlatıcı bir çevre oluşturmaktadırlar. Bu durum, yapının ekonomik değerini ve tercih edilirliliğini arttırdığı gibi, bina kullanıcıları için de bir cazibe ve talep yaratmaktadır [57]. Böylece kentlerdeki en atıl alanlardan biri olan çatıların kullanılabilir hale de gelmektedir. Kentsel alanlarda, özellikle yoğun konut ve ticari merkezlerin yapılandırıldığı bölgelerde, insanların bir araya gelebileceği ortak kamusal alanların sayısı azdır. Özellikle yoğunluğun fazla olduğu ve yeşil alanların sınırlı olduğu bölgelerde şehir sakinlerine ihtiyaç duydukları dinlenme alanları, kuşlar ve böcekler için de yaşam alanı sağlamaktadırlar. Yeşil çatılar özellikle kamusal kullanıma yönelik turizm, ofis, eğitim ve sağlık yapılarında kullanıcılara farklı ve özel dinlenme mekanları yaratarak sosyal ilişkilerin gelişimi ve çevresel estetik değerlerin yükseltilmesine katkı koymaktadır. Yeşil çatılarda dinlenme-seyir alanları, hobi bahçeleri, yerel gıda üretim alanları, çocuk oyun alanları, spor alanları, su öğeleri, gölgeli alanlar yaratılmaktadır.

Bunların yanı sıra yeşil dokunun kan basıncını düşürdüğü, kas gerginliklerini azalttığı, pozitif duyguları arttırdığı dolayısıyla stresi azaltıcı etkisi bilimsel olarak kanıtlanmıştır [53]. Birçok farklı araştırma sonucunda, insanın fiziksel ve zihinsel sağlığı ile çevresinde doğal bir manzara olması arasında pozitif bağlantı olduğu görülmüştür. Yapılan bir araştırmaya göre, bir hastanede kalan hastalardan, yeşil alan manzaralı odalarda kalanlar, duvar ya da asfalt kaplı yüzeylere bakan odalarda kalan hastalara göre tedaviye daha kısa sürede cevap vermektedir [18]. Yüksek yoğunluklu alanlarda yaşayan insanların, yaşadıkları yerlerde balkon veya teras bahçe bulunmaktaysa

hastalıklara karşı daha az duyarlı olabilmektedirler. Gerek görsel doku gerekse bitkiler tarafından sağlanan oksijen ve yukarıda sayılan çevresel pozitif etkileri sayesinde yeşil çatılar insanın fiziksel ve psikolojik sağlığına önemli katkılar sağlayabilmektedir.

2.4.13. Yapıyı Koruma ve Kollama

Yeşil çatılar yapıyı ultraviyole ışınlarından, çatıyı ve taşıyıcı konstrüksiyonu mekanik hasarlardan korurlar. Geleneksel çatılardaki geniş genleşme aralığına karşılık yeşil çatılarda günlük mevsimsel ısı değişiklikleri azdır. Yüzey ısısının ve ısı değişimlerinin az olması, yapıdaki büzülme ve genleşme gibi termal basınç yaratmadığından malzeme yorgunluğu ve kırılmalık azalır; çatının ve yapının ömrünü uzatır, yenileme maliyetini ve işletim giderlerini düşürür [48]. Doğru ve iyi uygulandıklarında yeşil çatıların ömrü geleneksel çatılara oranla daha uzundur. Ön kurulumu maliyetleri fazla görünmesine rağmen, yaşam döngü maliyeti hesaplandığında klasik çatılardan daha az masraflıdır.

2.4.14. Yangın Korunumu

İyi tasarlanmış bir yeşil çatı yangın riskini önlemede başarılı olabilmektedir. Bazı bitkiler diğerlerine göre daha az yangın dayanıklı olmasına rağmen, organik madde katmanları ve nem, yangının yayılmasını önlemede etkili olabilmektedir. Tüm yeşil çatılar, yerel yangın yönetmelikleri ile uygun olmalıdır. Hatta bunların denetimi itfaiye birimleri tarafından yapılmalıdır [55]. Uzun otlar yangın tehlikesini arttırırken, kaktüs gibi dolgun yapraklı bitkiler yangına dirençlidir [54]. Almanya'daki yeşil çatı deneyimleri yangın riskinin küçük olduğunu göstermesine rağmen, düzenli aralıklarla yangın kırıcı entegrasyonu, yangın geciktirici sedum kullanımı önerilebilmektedir [56].

2.5. Geleneksel Çatılarla Yeşil Çatıların Karşılaştırılması

Görüldüğü gibi yeşil çatılar, geleneksel çatılara oranla birçok anlamda avantaj taşımaktadır. Yukarıda detaylı incelenen bu avantajlar ve geleneksel çatılarla arasındaki farklar Çizelge 2.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 2.1. Geleneksel Çatılar ile Yeşil Çatıların Karşılaştırılması

	Yeşil Çatılar	Geleneksel Çatılar
Kentsel ısı adası etkisi	Sıcaklık artışına engel olma	Sıcaklık artışına katkıda bulunma
Ekosisteme katkı	Yarattığı flora ve fauna ile canlılar için yaşam alanı oluşturma	-
Yağmur suyu tutma kapasitesi	Yüksek oranda yağmur suyu tutma ve drenaj maliyetlerinde tasarruf	-
Havayı temizleme ve hava kalitesini arttırma	Havadaki toz, zehirli gaz, CO2 gazlarını temizleme, O2 üretimi	-
İç mekan kalitesi	Yüksek ısı ve ses yalıtımı	Düşük oranda ısı yalıtımı (yalıtım malzemesi içeriyorsa)
Enerji tasarrufu	Isı yalıtımına yüksek oranda katkıda bulunarak enerji tasarrufu	-
Mekansal kalite	Kentte kaybolan yeşil alanın geri kazanımı; Kentsel mekana ve binaya estetik-görsel katkı; Bina kullanıcıları için kamusal aktivite alanı sunma	atıl alanlar
Bina maliyeti	metrekare maliyeti yeni uygulamalarda 5-12 \$; dönüştürmelerde 7-20 \$	metrekare maliyeti 2-10 \$
Yapı ömrü	Daha çok bakım istemesine rağmen, 36 yıldan çok dayanım	Az bakım istemesine rağmen, 20 yıldan az dayanım

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN ÇEŞİTLERİ VE UYGULAMALARI

3.1. Yeşil Çatı Çeşitleri

Mevcut bir çatı üzerine sonradan kurulabildiği gibi, yeni yapılara da uygulanabilen yeşil çatılar temel olarak yetiştirme ortamının derinliği ve bitkilendirme tiplerine göre 3 çeşit altında sınıflandırılabilirler:

- Ekstensif (seyrek) yeşil çatılar
- İntansif (yoğun) yeşil çatılar
- Yarı intensif () yeşil çatılar

Daha seyrek bitkilendirilmiş çatıların taşıyıcı katmanı da az olup üzerine çıkma olanağı sağlamadan, canlılar için yaşam ortamı oluştururlar ve estetik bir öğe olarak yapıya değer katarlar. Yoğun bitkilendirilmiş ve taşıyıcı katmanı kalın olan uygulamalar ise üzerinde yürünmesine olanak tanıyarak estetik işlevinin yanı sıra rekreatif kullanım olanakları da sunarlar.

3.1.1. Ekstensif (Seyrek/Pasif) Yeşil Çatılar (Çayır)

Ekstensif yeşil çatılar, toprak ve büyüme tabakası sığ bir derinliğe sahip yeşil çatı sistemlerini tanımlamak için kullanılır [62]. Bu çatılarda kullanılan bitki türlerinin bakım ve sulama gerektirmeyen, kendi kendine varlığını sürdürebilecek ve üreyebilecek bitkiler olması tercih edilmektedir [58]. Kuraklığa karşı oldukça toleranslı olan ekstensif

yeşil çatılar az sulama ve minimum bakım gerektirdiklerinden yapım, bakım ve onarım maliyetleri diğer yeşil çatı çeşitlerine oranla daha düşüktür [10,39].

Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı sistemleri genelde, ek bir yapısal destek istenmeyen durumlarda, bakım çalışmaları dışında erişime ve kamusal kullanıma açılmadan, ağırlıkla ekolojik hedeflerle gerçekleştirilmektedirler. Öte yandan, strüktürel sistemdeki malzemelerin kesit yüksekliği oldukça düşük seviyede tutularak kolayca ekolojik fayda sağlamaktadırlar (Şekil 3.1).

Ekstentif yeşil çatılarda kullanılan bitki türlerinin ihtiyacına bağlı olarak, bitki taşıyıcı katman kalınlığı da azdır. Genel olarak yoğun bitkilendirilmiş çatıların substrat kalınlığı 20 cm'den fazla, seyrek bitkilendirilmiş çatıların ise 20 cm'den daha az olarak kabul edilir. Metrekare başına düşen ağırlık miktarı 290 kilogramı geçmez; ortalama olarak suya doymuş ağırlığı 48,8 kg/m² ile 170,9kg/m² arasında değişim göstermektedir [11,63]. Bu doğrultuda sonradan yapılan yeşil çatı uygulamaları yapıya önemli ölçüde yük vermemektedirler.

Ekstensif (seyrek) yeşil çatılar, doğal drenaj özelliklerini sağlamak için en az % 1,5-2 en fazla 15 derece eğimli olmalı; daha fazla eğimli çatılarda; bir erozyon kontrol ağı ile (jüt veya diğer doğal biyolojik elyaf şeklinde) kurulum esnasında korunmalıdır [64]. Ekstensif (seyrek) yeşil çatıların substrat (büyüme ortamı) tabakası, mineral tabanlı toprak karışımı, ezilmiş tuğla kırıntısı, bataklık kömürü (turba), organik madde ve topraktan oluşmaktadır [30].

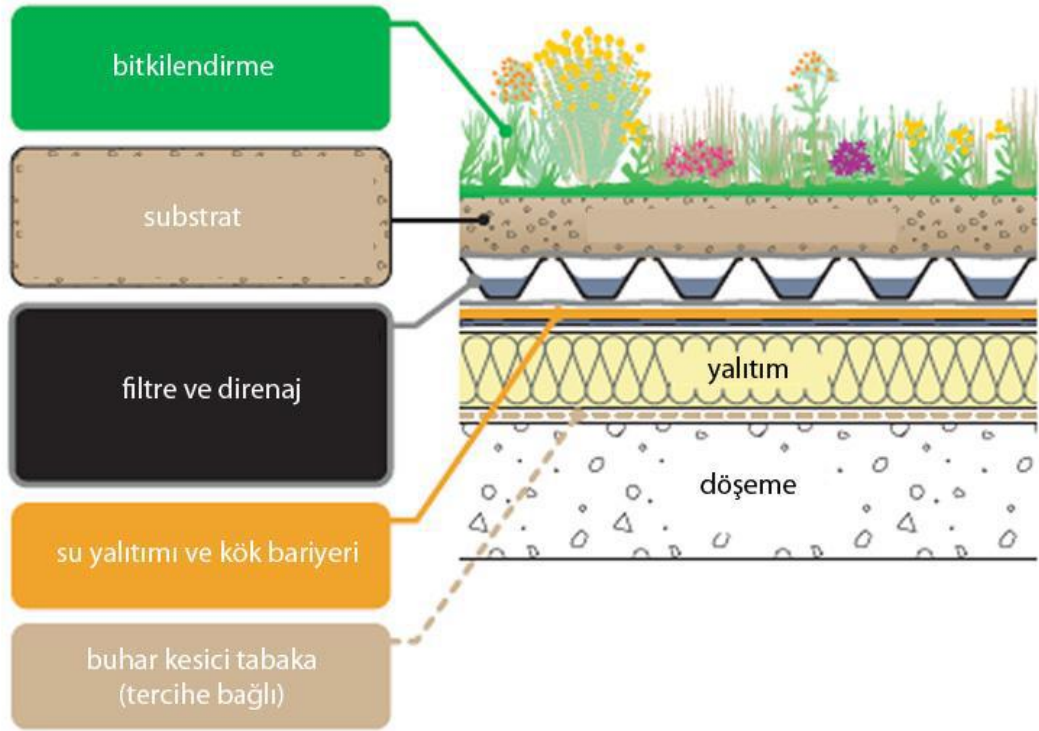
Ekstentif yeşil çatılarda kullanılan bitki türleri çim, bodur çalı, tek yıllık yada çok yıllık otsular, yosunlar ve çayır örtüleridir. Su tutma özelliğine sahip, kısa boylu ve yatayda gelişen sedumlar ve kır çiçekleri en sık kullanılan bitkilerdir [10,11].

Özetle ekstentif yeşil çatılar,

- Strüktürel sisteme az yük bindirmeleri ve ekstra güçlendirme gerektirmemeleri,
- Düşük yapım, bakım ve sulama giderleri,
- Drenaj sistemi gerektirmemeleri,

- Kendiliğinden gelişip yayılan bitki türleriyle büyük alanlar için kolay çözümler getirmeleri,

gibi avantajlara sahiptirler. Öte yandan sığ toprak katmanı nedeniyle sınırlı bitki türü barındırabilmesi, rekreasyona ve kamusal kullanıma yönelik açılabilmesi, yağmur suyu tutma kapasitesinin düşük olması, ısı yalıtımı seviyesinin diğer çatılara oranla daha düşük olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Ekstensif (seyrek) yeşil çatı profili [22]

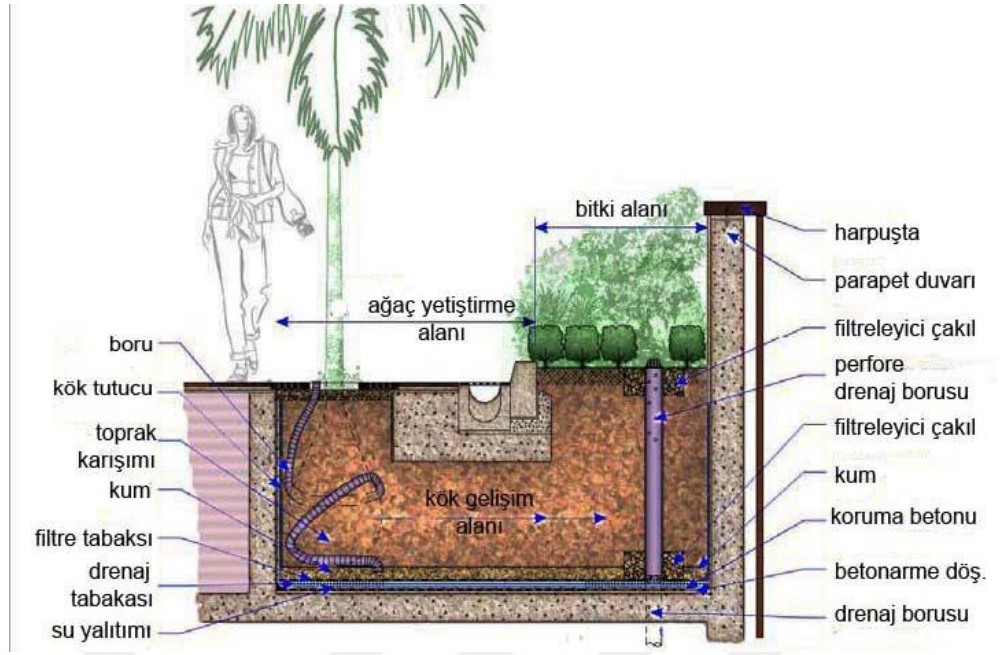
3.1.2. İntensif (Yoğun/Aktif) Yeşil Çatı (Bitkilendirilmiş Çatı Bahçesi)

İntansif yeşil çatılar, daha fazla çeşitlilikte bitki türleri ve yüksek ağaçlar için de olanak sağlayan, büyük bir yetişme ortamı veya toprak derinliğine sahip sistemlerdir (Şekil 3.2) [62]. Öte yandan sistemin çatıya verdiği yük fazla olduğundan strüktürel sistemin buna göre önceden tasarlanması gerekmektedir. İntansif yeşil çatılarda kullanılan bitkiler iyi bir su yalıtımına, drenaja ve sürekli bakıma ihtiyaç duymaktadırlar. Fonksiyonel açıdan kamusal kullanıma yönelik mekanlar yaratma olanağı sunan bu çatı sistemleri, aynı

zaman önemli bir estetik ve görsel potansiyel de taşımaktadırlar. Daha fazla yüksekliğe ve kök derinliğine sahip, yetişme ortamı derinliği en az 20 cm civarında olan instantif çatıların ağırlığı 244,1 kg/m² ila 1464,7 kg/m² arasında değişim göstermektedir [11,39] (Şekil 3.3). Yeterli yapısal destek sağlandığı takdirde ağaçlar, pergoleler, heykeller vb. çeşitli unsurla dar çatıya eklenebilmektedir. İntantif yeşil çatılar insanlar için erişilebilir olduklarından bakımlarının iyi yapılması gerekmektedir. Bitki dikmek için çatı katmanının altında yeterli derinliğin bulunmadığı yerlerde, yükseltilmiş bitki kutuları kullanılmakta ya da toprak tepecik haline getirilerek eğimlendirilmekte ve gerekli derinlik sağlanmaktadır.

İntensif yeşil çatılar için sulama sisteminin ayrıca düşünülmesi gerekmektedir [65]. Dikim çukurunun boyutları bitki türlerine göre belirlendikten sonra, drenajı kolaylaştırmak için, tabana 7-12 cm kalınlığında kaba çakıl, toprak ve çakılın birbirine karışarak drenaj kanalını tıkamasını önlemek için iki katman arasına bir fiberglass tabaka yerleştirilmesi gerekmektedir [67].

İntensif yeşil çatılarda bitki türleri oldukça çeşitlidir. Kullanılan bitkiler iklimin ve bölgenin özelliklerine göre değişim göstermekle birlikte genel olarak yüksek ve bodur ağaçlar, çalılar, sarmaşıklar ve çiçek türleridir. Böylece hayvanların da bulunduğu daha kompleks bir ekosistem oluşturulabilmekte; estetik ve peyzaj açısından yüksek değer elde edilebilmektedir. Bu çatılar aynı zamanda tarım için de kullanılabilir [66].

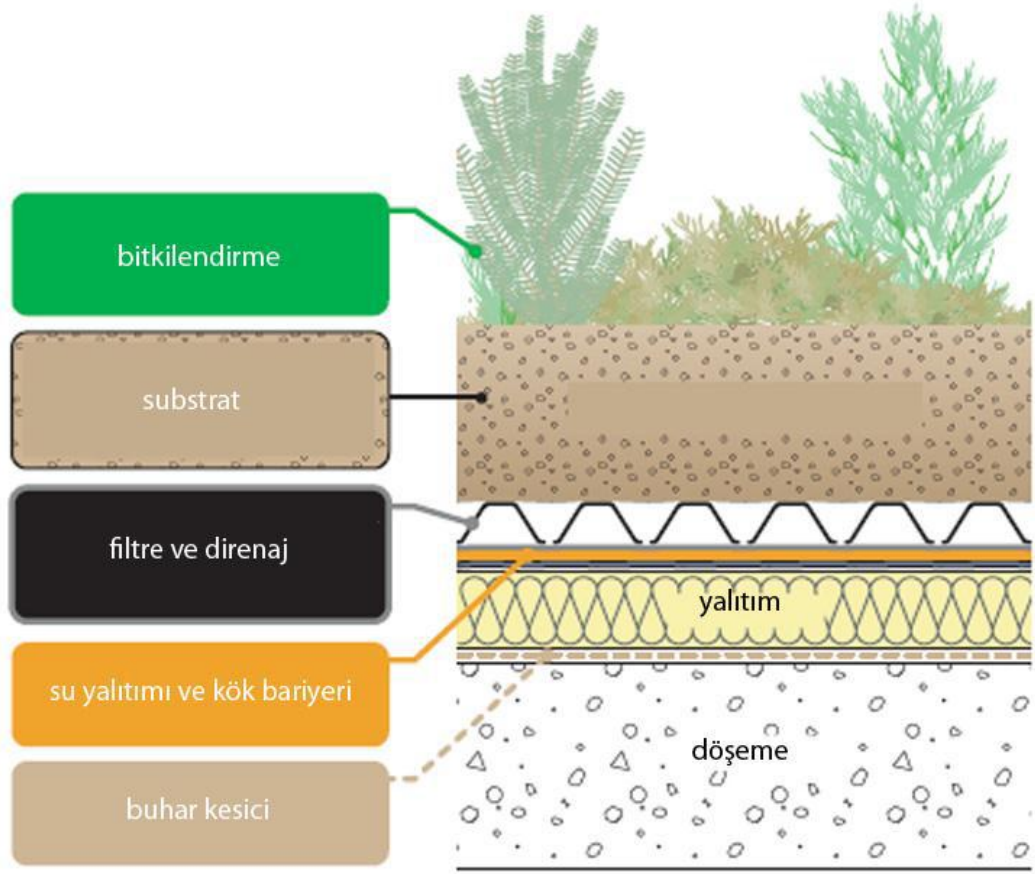


Şekil 3.2 İntansif Yeşil Çatılarda Gerekli Katmanlar [22]

İntensif (yoğun) yeşil çatıların avantajları;

- Zengin bir bitki çeşitliliği ve estetik-görsel değer sunmaları,
- Yalıtım özelliklerinin yüksel oluşu,
- Çeşitli kullanımlar sağlayarak kamusal alan ve sosyal etkileşim olanağı yaratmaları,
- Yüksek yağmur suyu tutma kapasitesine sahip olmaları,

olarak sıralanabilir. Öte yandan strüktürel sisteme ve çatıya ekstra yük bindirmeleri, detaylı sulama ve drenaj sistemleri gerektirmeleri, yüksek maliyetli olmaları, uzmanlık ve bakım gerektirmeleri dezavantajlarıdır.



Şekil 3.3 İntansif (yoğun) yeşil çatı profili [23]

3.1.3. Yarı İntensif (Yarı Yoğun) Yeşil Çatılar (Yaşam Alanı)

Yarı intensif (yarı-yoğun) yeşil çatılar; ekstensif ve intensif yeşil çatının karışımıyla oluşturulan karma sistemlerdir [10]. Ekstensif yeşil çatıya göre daha fazla bitki çeşitliliği içermelerine rağmen, substrat kalınlıkları ağaçları barındırmak için yeterli değildir. Sistem kalınlığı yaklaşık olarak 30cm. civarında olup doymuş ağırlığı 300-350 kg/m²'dir. Yarı intensif yeşil çatıların yatırım maliyetleri görece daha küçük olup ekstensif yeşil çatılara oranla daha iyi bir ısı yalıtımı ve daha yüksek su tutma kapasitesine sahiptirler. Bununla birlikte yarı yoğun çatılar üzerine çok araştırma ve uygulama bulunmamaktadır.

3.1.4. Yeşil Çatı Türlerinin Karşılaştırılması

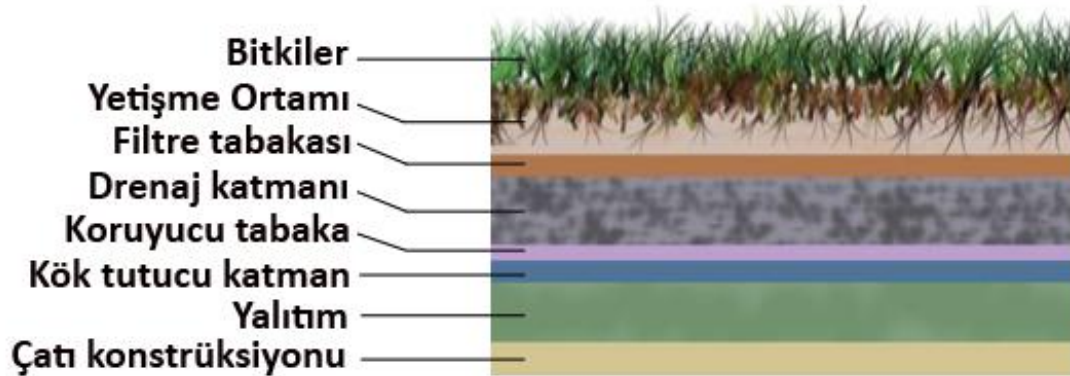
Çizelge 3.1 Ekstensif ve İntensif Yeşil Çatıların Karşılaştırılması

	Ekstensif (seyrek) Yeşil Çatı	İntensif (yoğun) Yeşil Çatı
Avantajları	• Hafiftir • Maliyet açısından daha ekonomiktir • Geniş alanlar için uygundur • Eğimli çatılar için uygundur • Az bakım, sulama ve teknik uzmanlık gerektirir • Substrat kalınlığı azdır	• Çatıya çeşitli fonksiyonel kullanımlar sağlar • Yağmur suyu tutma kapasitesi yüksektir • Enerji verimliliği ve ısı yalıtım özellikleri yüksektir • Zengin bir bitki çeşitliliği ve canlılar için habitat sağlar • Estetik değeri yüksektir
Dezavantajları	• Bitki seçenekleri kısıtlıdır • Üzerinde yürümeye, kamusal kullanıma uygun değildir • Daha az enerji verimliliği sağlar • Yağmur suyu tutma kapasitesi düşüktür • Görsel etkisi daha azdır	• Derin bir substrat kalınlığı gerektirir • Sulama ve bakım gerektirir • Etkin bir drenaj sistemine gereksinim duyar • Daha pahalıdır • Çatıya getirdiği yük daha fazladır

3.2. Yeşil Çatı Malzemeleri ve Teknik Özellikleri

3.2.1. Yeşil Çatıda Kullanılan Katmanlar

Yeşil çatılar, yukarıdan aşağıya doğru, bitkiler, bitki taşıyıcı katman, filtre ve drenaj tabakası, mekanik etkilere karşı koruyucu tabaka, kök tutucu tabaka, yalıtım ve çatı konstrüksiyonu olmak üzere 6 katmandan oluşmaktadırlar [22] (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Yeşil çatıda kullanılan tabakalar [68]

Bitki Katmanı: Farklı çatı türlerine göre değişiklik gösterebilir de yeşil çatılarda kullanılacak bitkilerin, köklerinin gelişebileceği sınırlı toprak tabakası olduğundan, az besin maddesiyle yetinebilecek, aşırı ısıya, kurağa ve dona dayanıklı olmaları gerekmektedir. Temel amaç, en az bakımla uzun yıllar yaşayabilen bitkilerdir. Genel anlamda en başarılı yeşil çatı bitkileri, iklim değişikliklerine, böcek ve hastalıklara dayanıklı olan kısa, sığ köklü, çok yıllık bitkilerdir [44]. Öte yandan bitkilerin gölgelendirme kabiliyetleri önemlidir. Bu doğrultuda büyük yapraklı veya yatayda gelişim gösteren bitkiler daha değerlidir.

Yeşil çatılarda kullanılan bitki türleri yosunlar, tek yıllık otsular, çok yıllık otsular, çimlen, soğanlı-yumrulu verizomlu bitkiler, sukulentler ve kısa boylu odunsular olarak 6 temel gruba ayrılır [18]. Ayrıca farklı türlerde bitki kullanıldığında, kök salınım hızları, üreme hızları, su ihtiyaçları birbirleriyle uyumlu türler seçilmelidir. Örneğin; az su gerektiren sedum türleri, daha çok su isteyen çimen ve çalı türleri ile uyumsuzlardır. Bunun yanı sıra bitki seçiminde yaprak cinsi, yaprak yüzey alanı, yaprak rengi binaya sağlanan enerji etkinliğinde etkili olduğu için önemlidir. Bitkilerin yaprak yüzey alanı katsayısı (LAI, Leaf Area Indeks), toprak yüzeyinde bitki birim alanı başına düşen yaprak alanıdır. 0,001 ile 5 arasında değişen bu değer; evapotranspirasyon ve gölgeleme oranları üzerinde etkilidir. Bitkiler gaz emisyonlarından etkilendiklerinden baca çıkışlarına yakın konumlandırılmamaları gerekir.

Yıllık yani bir mevsimlik bitkiler, yeşil çatıların çoğunluğu için tercih edilen bir tür değildir; çünkü uzun ömürlü değildirler ve düzenli yağış ya da ilave sulama gerektirirler. Yıllık bitkiler arasında yeşil çatılarda en çok kullanılanı Kaliforniya maviçamı (phacelia campanularia)'dır. Estetik nedenlerden dolayı yeşil çatılarda çok tercih edilen *çok yıllık otsu bitkiler*; renk, doku ve mevsimsel değişkenlik sunarlar. Bununla birlikte bu bitkiler hem daha derin yetiştirme ortamı (en az 10cm.) ve su isterler hem de birçoğunun kuraklık toleransı ve ortam koşullarına karşı koyabilme yeteneği sınırlıdır. Ancak dianthus, phlox, campanula, teucreum, allium, potentilla, achillea, prunella, viola, origanum gibi düşük büyüme özelliğine sahip sığ köklü türler yeşil çatılar için daha uygundur. *Dayanıklı dolgun (sulu) bitkiler*, yetiştirme ortamı derinliği 10 cm veya daha az olduğundan kuraklık, aşırı soğuk ve rüzgar koşullarına karşı dirençli, yapraklarında su depolayabilen türler olarak yeşil çatılarda oldukça uygundur. Sedum, sempervivum,

talinum, jovibarba ve delosperma gibi türler bu kategoridedir. Bunların içinden farklı renklerdeki çiçekleri ile yeri örterek yayılan sedum çeşitleri, uzun ömürlü oluşu, kendi kendine yayılması, kuraklığa uzun süre dayanım ve yüksek su tutma kapasitesiyle zor koşullar altında hayatta kalma özellikleriyle yeşil çatılarda en sık kullanılan bitkilerdir [51] (Şekil 3.5). Toplam ağırlıkları 50 ila 100 kg/m² civarındadır. Bir diğer tercih olan yosun-sedum karışımları da yaklaşık olarak 2 ila 8 cm kalınlığında bir yetiştirme ortamına ihtiyaç duymakta, suya doyduğunda 25 ila 75 kg/m²'lik bir ağırlık aktarmaktadır. Bunlar da uzun süreli kuraklığa dayanıklı olup naylon ve bağ teli kullanılarak prefabrike hasırın direk olarak çatı üstüne serilmesiyle kolayca uygulanmakta ve yayılmaktadır [30].



Şekil 3.5 Sedum türlerine örnek

İntensif yeşil çatı bitkileri ise büyük çoğunlukla ağaçlar, çalılar ve uzun ömürlü olan bitki türlerinden oluşmaktadır. Ağaçlar için *cedrus nigra* ve *acer palmatum*, çalılar için *forsythia suspensa* ve *spirea vanhouttei*, uzun ömürlü bitki türleri için ise *liriope muscari* ve *opuntia fragilis* başlıca intensif yeşil çatı bitkileridir [71]. İntensif yeşil çatıdaki bitki çeşitliliğinin aksine, ekstensif yeşil çatılarda bitki çeşitliliği çok daha kısıtlıdır. Yetiştirme ortamı çok sık olup neredeyse hiç sulama gerektirmemektedir. İlk büyüme mevsimi boyunca yapılan sulama genellikle ilk yıl sonunda kesilir. Ekstensif yeşil çatılar için en iyi bitkiler, beslenme gereksinimi nispeten düşük olan türlerdir. Ekstensif yeşil çatılar için ideal olan bitkilerin temel özellikleri düşük büyüme yüksekliği, hızlı büyüme ve yayılma, yüksek kuraklık toleransı, lifli kök sistemi, düşük bakım ve kendiliğinden çoğalmadır. Kınalı [22], Türkiye'de ekstensif yeşil çatılara uygun bitki türlerinin yosunlar, tek yıllık otsular, çok yıllık otsular, çimlen, soğanlı, yumrulu ve rizomlu bitkiler, sukkulentler ve kısa boylu odunsular olduğunu belirtmektedir.

Yeşil çatılarda bitkilendirme yöntemi olarak, tohum veya çelikler (aşı dalı) ile doğrudan uygulama, saksıda yetişen bitki veya fide ile uygulama, bitki paspası ile uygulama ve

doğal kolonizasyon uygulaması yapılmaktadır [39]. Doğrudan ekim, 20 m²'den büyük alanlar için faydalı ve ekonomik bir tekniktir. Ancak bitkilerin gelişimi uzun zaman almaktadır. Tohumlar ekimden önce kumla karıştırılarak, toprağın 3-5 mm altına bahar aylarında ekilmektedir. Bu yöntem bitki parçaları ve tohumların özel bir makine yardımıyla toprağa püskürtülmesiyle (hydroplanting/hydroseeding) de uygulanabilmektedir. Bu uygulama kısa sürede alanın büyük bir kısmının bitki örtüsüyle kaplanmasını sağlamaktadır [22]. Küçük ölçekli çatı yeşillendirme projelerinde ise fide ile uygulama tercih edilmektedir. Üretim çiftliklerinden hazır alınan hücresel birimlerin ve fide tepsilerinin kullanımı bu yöntemde pratik ve uygundur. Bitkilendirme bahar veya yaz başında yapılarak sulanır ve sonrasında mineral bazlı malç (bitki atıkları) ile beslenir. Bitki paspasları da önceden hazırlanmış, jeotekstil tabanlı ince bir tabaka üzerine yetiştirme ortamının üzerine ekilen tohum ya da çelikler ile yetiştirilen bitki örtüsüyle kaplı sistemlerdir. Büyük ölçekli dikimlerde paspaslar halı gibi rulo yapılarak uygulanacak alana taşınabilmekte, küçük ölçekli projelerde karo halı gibi birbirine monte edilebilmektedir. Fide tepsileri, sedum halıları ya da hazır modüler ürünler piyasada oldukça yaygındır (Şekil 3.6). Ancak en az ekonomik yöntemin bu olduğunu belirtmek gerekir. Yetiştirme ortamı yüzeyini bitkisiz bir şekilde bırakmak ise yerel koşullarla uyumlu bitki büyümesine neden olduğu için ekolojik olmasının yanı sıra en ekonomik yöntemdir.



Şekil 3.6 Fide tepsisi ve sedum halı Uygulamaları [22]

Bitki Taşıyıcı Katman (Yetiştirme Ortamı/Substrat): Bu ortamın birincil işlevi bitki örtüsünün gelişimi için besin, su ve oksijen sağlamaktır. Bitkilerin köklerinin içinde geliştiği bu katmanda aynı zamanda yağmur suyu ve sulama suyu birikmekte ve fazlası drenaj tabakasına iletilmektedir. Normal bahçe toprağı genelde yeşil çatı bahçeleri için uygun niteliklere sahip değildir. Organik ve inorganik madde oranlarının önem taşıdığı, bu nedenle de özel bilgi gerektiren yetiştirme ortamı karışımının bir uzman tarafından tasarlanması ya da endüstriyel olarak fabrikada gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bir yetiştirme ortamı yaklaşık olarak % 80 organik olmayan malzeme ve % 20 organik malzeme içermelidir ancak bu oranlar iklime ve üzerindeki bitki türüne göre değişim gösterebilir [72]. Ekstensif yeşil çatılarda, organik madde oranının daha düşük bir yüzdeye sahip olması, az sıkıştırılmış olması gereklidir ve genellikle içeriğinde kayrak, şist veya kil bulunmaktadır [73]. İntansif yeşil çatılar ise genellikle derin ve organik madde açısından zengin, verimli bir yetiştirme ortamı gerektirmektedir [63].

Bitki taşıyıcı tabakanın fiziksel ve kimyasal etkilere dayanıklı, su tutma kapasitesi yüksek, 5,5-7 arasında pH değerine sahip, besin maddelerini depolayabilen, bitki artıkları ve yabancı otlardan arınmış, ıslak ağırlığı düşük olması gerekmektedir [22]. Bu doğrultuda yeşil çatılarda volkan tüfü, torf, talaş, kum, mil, kömür cürufu, cam yünü, taş yünü, perlit, turbo, kiremit kırığı, kayaç kırıkları, gübre gibi malzeme karışımları kullanılmaktadır. Bitki türüne göre değişen substrat kalınlığı genel olarak çim ve bodur bitkiler için 5-7cm, çok yıllık bitkiler ve küçük çalılar için 15cm, 3 m'ye kadar boylanan çalılar için 35 cm, 10 m'ye kadar ağaçlar için 65 cm, 15 m'ye kadar ağaçlar için 100 cm'dir. Yetiştirme ortamının yüksekliği arttıkça sistemin yalıtım nitelikleri ve yağmur suyu tutma kapasitesi artmaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde en az 10 cm substrat yüksekliği önerilmektedir [72]. Bu katmanın yükünü azaltmak için sentetik keçeler ve taş yününden yapılmış plakalar da kullanılmaktadır [19].

Filtre ve Drenaj Tabakası: Bu tabaka bitkiler ve yetiştirme ortamı tarafından absorbe edilemeyen aşırı suları toplamakta, bitki köklerini havalandırmaktadır. Drenaj materyali katman ve şehrin kanalizasyon şebekesine bağlanan boru ve kanallardan oluşmaktadır. Bu tabakada kullanılacak malzemenin, fazla suyu uzaklaştıracağı için gözenekli, hafif, atmosfer koşullarına, suya ve çürümeye karşı dayanıklı, yüke karşı dayanımlı, uzun ömürlü, ayrışmaya uğramayan, bitkilerle zararlı reaksiyonlara girmeyen, yeterli oranda

su tutucu yapıya sahip olması gerekmektedir. Ayrıca sudan oluşabilecek kireçlenmelerin önlenmesi için drenaj malzemesinin 100gr'ında 120 mg'dan daha fazla kireç içermemeli, Ph değeri 5,5-7 arasında olmalıdır. Bu doğrultuda bu katmanda, polietilen, polistren levha, polistrol, polyamid gibi sentetik maddelerden oluşan köpük, jeotekstil keçe, ağ görünümlü maddeler, çakıl, ponza taşı, sert tuğla ve kiremit kırıkları, mıcır, cüruf gibi agrega esaslı malzemeler kullanılmaktadır. Rulo biçiminde hazırlanan polyester-keçeler çatı yüzeyine yayılarak uygulanmakta, filtre malzemesi olarak, cam yünü, sentetik örgü çuvallar, sentetik keçeler de kullanılmaktadır [26].



Şekil 3.7 Drenaj tabakasında kullanılan plastik esaslı modüler sistemlere bir örnek [70]

Çatıya hafif eğim vererek tanecikli malzemelerle suyun drenajı sağlanabildiği gibi, sert plastik prefabrike drenaj elemanları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Granüllü malzemelerin kullanımı, gerek basit ve ekonomik olması gerekse kök gelişimi için ekstra alan sağlaması nedeniyle iyi bir çözümdür. Ancak yük bakımından ağır olması nedeniyle çok sık tercih edilmemektedir. Gözenekli paspaslar, suyu emen yapılarıyla avantaj sağlamakla birlikte zaman zaman bitkinin büyümesini olumsuz yönde

etkileyebilmektedirler. Hafif plastik ya da polistren drenaj modülleri ise hafiflikleri, yük dayanımları, su depolama kapasiteleri ile en sık kullanılan ürünlerdir (Şekil 3.7). Drenaj katmanının altına serilen filtre tabakasında, kalınlığı 0,7-2,5mm'lik poliamid (PA), polikrolonitril (PAN), poliester (PET), polietilen (PET), ve propilen (PP) esaslı örgüsüz hasırlardan, cam lifleri veya taş yünü gibi malzemelerden elde edilen jeotekstiller kullanılmaktadır [28].

Mekanik etkilere karşı koruyucu tabaka: Bu tabaka, olumsuz dış etkilere (bahçe araç gereci, düşey konumlu sivri objeler, alttaki pürüzlü yüzey) dolayı oluşabilecek zararlara karşı kök koruma tabakasının mekanik olarak korunmasını sağlar. Düz çatılarda plastik, örgü hasır malzemeler; eğimli çatılarda keçe türü malzemeler kullanılmaktadır. Koruyucu katmanlar, yönetmeliklerin gerektirdiği basınç mukavemetine ve bu konuda yetkili kuruluşlarca verilen kalite belgelerine sahip olmalıdır.

Kök tutucu tabaka: Kök tutucu katmanın görevi başta su yalıtım malzemesi olmak üzere, bitki köklerinin zarar vereceği ve işlevini yitirmesine neden olacağı alt malzemelere ulaşmasını engellemektir. Bu doğrultuda, koruyucu bir malzeme kullanılır ya da çatı taşıyıcı döşemeye eklenen çeşitli kimyasallar yardımı ile kök tutuculuk özelliği kazandırılır. Ancak, bambu ve çin sazı gibi güçlü kök yapısına sahip olan bitkiler kullanıldığında, su yalıtım malzemesinin üzerine tekrar beton/şap uygulanması gerekir. Bu katmanda polimer, kauçuk, metal ve çimento esaslı malzemelerden, yumuşak PVC, polietil levhalar, kimyasal katkılı beton yüzeyler ve kauçuk sentezleri kullanılmakta, sağlam olması gereken bağlantı noktalarında yapıştırma, kaynak, termik bağlama ve üzerini kaplama yöntemi kullanılmaktadır. En sık, polivinil klorid (PVC) ve yüksek yoğunluklu polietilen levhalar (HPDE), etilen propilen rubber (EPDM), etilen kopolimer bitüm (ECB) ve özel metal folyo içeren bitümlü örtüler kullanılmaktadır [28]. Tabaka kalınlığı 0,8 mm ile 1 mm arasında değişmektedir [44].

Yalıtım tabakaları: Su yalıtım malzemesinin esnek, gerilme mukavemeti olan, kolay ve rasyonel bir şekilde birleşebilen, alt tabakalarla düşük seviyede yapışma özelliği olan bir yapıya sahip olması gerekmektedir [30]. Bunun için bitüm esaslı malzemeler, polimer ve kauçuk esaslı sentetik örtüler ya da çimento esaslı malzemeler kullanılabilir.

Su yalıtım tabakaları çok katlı, tek katlı ya da sıvı uygulanacak şekilde olabilmektedirler. 2 kat sıcak bitümün arasında, asfalt emdirilmiş keçe örtülerden oluşan çok katlı su yalıtımı, bitümün organik bir madde olması yüzünden suya, güneşe, sıcaklık değişikliklerine ve hava kirleticilerine karşı dayanıksız olup büzülme, çatlama ve sızıntılar görülebilmektedir. Her ne kadar üzerinde kırık çakıl tabakası uygulaması, bu tür çatıların ömrünü uzatda da yeşil çatılarda üzerine koyulacak bir beton koruyucu tabakayla birlikte kullanılmasında fayda vardır [25].

Tek katlı su yalıtım membranları, inorganik plastik veya sentetik rulo kauçuk malzemelerden oluşmakta, üst üste getirilerek ısıtıcı veya yapıştırıcılarla montajı yapılmaktadır [25]. Tek katlı su yalıtım membranları, düzgün uygulandıklarında, yeşil çatı uygulamalarında ekstra kök bariyeri gerektirmeden iyi performans göstermektedirler [44]. Ayrıca hızlı kurulabilmekte ve daha az işçilik gerektirmektedir. EPDM membranı; PVC'li su yalıtım membranı en sık kullanılan malzemelerdir [62]. Sıvı membranlar ise kubbe, kabuk gibi eğrisel ya da karmaşık şekillerde ve dikey kenarlarda, beton yüzey üzerine boyama veya püskürtme yöntemi ile uygulanmaktadır [75].

Yeşil çatılarda, bitki taşıyıcı katmanın ısı depolama kapasitesine bağlı olarak ısı yalıtım malzemesi kullanımı gerekli olmayabilir. Isı yalıtım malzemesinin seçiminde, ısı iletkenlik katsayısı, malzemenin mekanik dayanımı, boyutsal kararlılığı, sıcaklık dayanımı, yangın sınıfı, yoğunluğu, su emme katsayısı ve su buharı difüzyon direnç faktörü önemlidir. Genelde cam yünü, taş yünü, seramik yünü, melamin, EPS, XPS, PVC köpük, poliüretan, polistren gibi polimer ve kauçuk esaslı malzemeler, ahşap rende levha ya da mantar gibi bitkisel esaslı malzemeler ya da genleştirilmiş perlit gibi doğal taş malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır [18]. Bunların dışında yeşil çatı uygulamalarında buhar geçişini önleyecek bir buhar kesici katman kullanılması, buhar basınç farklarına bağlı olarak oluşacak yoğuşmalar için önlem olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla bitümlü örtü, polietilen örtü, PVC örtü, metal-alüminyum folyo gibi malzemeler kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra yalıtım katmanlarının üzerinde özel şerit malzemeler kullanılarak oluşturulan havalandırmalı sistemler de yoğuşmayı engellemek üzere kullanılmaktadır.

Çatı konstrüksiyonu: Çatının strüktürel gereksinimini ve yük kapasitesinin belirlenmesi herhangi bir yeşil çatı sistemi için en önemli unsurlar arasındadır. Yeni inşaat projeleri için strüktür, yeşil çatıyı destekleyebilecek şekilde öngörüleilmekte; ancak mevcut binalarda yapılan uygulamaların strüktür sınırlamalarına dayalı olarak tasarlanması gerekmektedir. Çatının yük kapasitesini etkileyen en önemli faktör nemli (ıslak) toprağın metre küp başına düşen ağırlığıdır. Bu ağırlık, yeşil çatıda kullanılan malzemelerin türüne göre değişim göstermektedir. Tablo 3.1'de yeşil çatılarda kullanılan malzemelerin ağırlıkları görülmektedir. Yeşil çatıların toplam yükü, intensif çatılarda 100-300 kg /m² arasında, ekstensif çatılarda ise 300-2000 kg/m² arasında değişimi göstermektedir.

Çizelge 3.2 Yeşil çatılarda kullanılan yapı malzemelerinin ağırlıkları [22]

Malzeme	Kg/m ³
Granit	2,757
Mermer	2,757
Arduvaz	2,595-2,919
Kireç taşı	2,514
Kum taşı	2,352
Şist	2,627
Genleştirilmiş şist	649-730
Çim blokları	96
Doğal taş	1,541
Çakıl	1,945
Ponza	649

Çizelge 3.2 Yeşil çatılarda kullanılan yapı malzemelerinin ağırlıkları [22] (devamı)

<i>Hafif Beton</i>	1,298-1,622
Prekast Beton	2,108
Güçlendirilmiş Beton	2,433
Beton blok	811-973
Tuğla kaplama	1,865
Dökme demir	7,297
Çelik	7,945
Bronz	8,318
Kereste	568
Kum	1,460 (kuru) -2,108 (ıslak)
Kum-çakıl	1,865
Killi toprak	1,216 (kuru) -2,027 (ıslak)
Bahçe toprağı	1,298 (kuru)- 1,946 (ıslak)
Torf	154,28 (kuru)- 165,53 (ıslak)
Humus	568 (kuru)- 1,330 (ıslak)
Parke taş ve döşeme yatağı	122 kg/ m ²
Kiremit	73-353 kg/m ²

Yeşil çatının strüktürel gereksinimi ayrıca, düz veya eğimli olup olmadığı, kar, yağmur ve rüzgar gibi yerel iklim şartları, yetiştirme ortamının derinliği ve yapısına da bağlı olmaktadır. İntentif çatılarda ise kullanıma açık oldukları için hareketli yükler de bir parametre olarak devreye girmektedir. Yeşil çatı projelerinde karşılaşılan strüktürlerin en yaygın türleri betonarme, ön yapım beton plakalar, çelik ve çelik-beton kompozit malzemelerdir [71].

3.2.2. Yeşil Çatı Uygulamalarında Kullanılan Sistemler

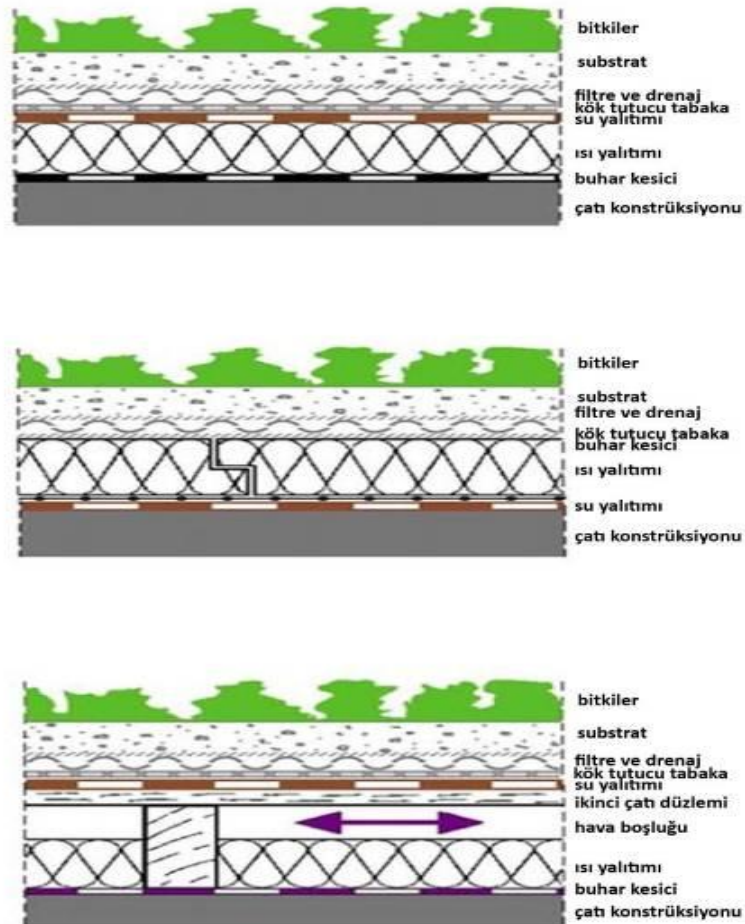
Yeşil çatılar, interdisipliner bir çalışmanın ürünüdürler. Çatının yük taşıma kapasitesini belirleme aşamasında inşaat mühendislerine; projeyi koordine etme, çatı tasarımını detaylandırma, kullanımı belirleme ve malzeme özelliklerinin belirlenmesinde mimarlara; bitki türlerinin belirlenmesinde peyzaj mimarına; çatının ısıtma ve serinletmeye yönelik hesaplamalarının yapılması, mekanik donanımın ve drenaj ihtiyacının belirlenmesinde makine mühendisine gereksinim duyulmaktadır. Uzman ekipte ayrıca bahçıvanlar, ekolojistler, biyologlar ve çatı bakımını yapan personel de bulunmalıdır [57].

Yeşil çatılarda çatının eğimine göre kullanılan iki temel sistem vardır: **Teras çatılar** ve **Eğimli çatılar**. Eğimi %5'ten yüksek olan çatılar, eğimli çatı olarak adlandırılır. Her eğimdeki çatıya yeşil çatı uygulaması yapılabilmekle birlikte %36'dan fazla eğime sahip durumlarda özel önlemler alınması gerekmektedir. Yeşil çatıların ağırlıkla teras çatılarda uygulandığını söylemek mümkündür. Teras çatı uygulamalarında ise tek kabuklu ters çatılar, tek kabuklu havalandırmasız çatılar ve çift kabuklu havalandırılmalı çatılar olmak üzere üç tip bulunmaktadır [17, 22].

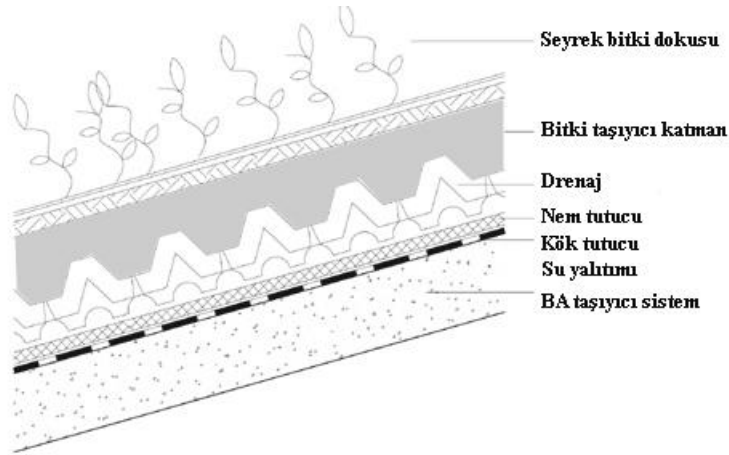
Tek kabuklu ters çatılarda ısı yalıtımı üstte su yalıtımı altta yer alır. Ancak devamlı ıslanan ısı yalıtım malzemesinin kolayca kuruması için kök tutucu bir katmanın bunu kapatmaması gerekmektedir. Sıcak çatı olarak da adlandırılan havalandırmasız çatılarda genellikle ısı yalıtımı ve altında buhar kesici bir katman serilmesi gerekmektedir. Soğuk çatı olarak da adlandırılan çift kabuklu havalandırılan çatılarda ise ısı yalıtım katmanının üzerinde bir hava boşluğu bulunur ve bunun üzerine gelen ikinci bir çatı düzleminden (şap, OSB ya da kontrplak vb.) sonra su yalıtımı uygulanır (Şekil 3.8).

Eğimlil çatılarda ise özellikle sıcak çatılar bitkilendirme için daha uygun olmaktadır. Ancak eğimli çatılarda çok yoğun bir bitkilendirme mümkün olmamaktadır. Sistemde kaymaya karşı önlem almak üzere polistiren levhalar ya da jüt kullanılmaktadır (Şekil 3.9).

Yeşil çatılar uygulama yöntemi açısından **yerinde uygulanan tam sistemler, modüler sistemler** ve **önceden ekili bitki battaniyeleri** olmak üzere üç başlık altında incelenebilir [23]. Avrupa ve ABD’de sık kullanılan tam sistemlerde, yukarıda anlatılan sözkonusu tüm yeşil çatı bileşenleri tabaka tabaka çatı sisteminin üzerine doğrudan monte edilmektedir. Bu yöntemin kurulum maliyeti ve süresi daha yüksektir; her bir bileşen için ayrı uzmanlık bilgisi ve iş organizasyonu gerektirmekle birlikte projeye özel tasarım olanakları sağlamaktadır.



Şekil 3.8 Tek kabuklu ters çatı, tek kabuklu havalandırmasız çatı ve çift kabuklu havalandırılan teras çatıda katmanların dizilimi [22]



Şekil 3.9 Eğimli çatılarda yeşil çatı detayı [17]

Modüler yeşil çatı sistemleri, yetiştirme ortamı, drenaj sistemi ve bitkileri hazır halde gelen ve çatı üzerinde düzenlenen hazır sistemlerdir [77]. Önceden bitki tepsilerinde yetiştirilen bitkiler, gerekli büyüme sağlandığında çatıya taşınmaktadır. Kendi kendine yeten, kare yada dikdörtgen, yaklaşık 0,4-1,5 m²'lik alanlarda, 7,5-30 cm toprak derinliğine sahip hazır modüller su yalıtım membranı üzerine doğrudan serbest bırakılarak, monte edilmeden uygulanabilmektedir [45] (Şekil 3.10). Kurulum kolaylığı ve kısa sürede uygulanması, sonradan kolayca değişiklik, bakım, onarım yapılabilmesi gibi avantajlarına rağmen maliyetli bir yöntemdir [39]. Ayrıca düzensiz şekilli çatı alanlarına uygulanması zordur.



Şekil 3.10 Modüler yeşil çatı sistemi [76]

Firmalar tarafından bu sistemin farklı nitelikler taşıyan çeşitleri geliştirilmiştir. Örneğin su geçirmezlik, ayak konumlandırıcıları ile çatıya monte edilebilen hazır modüller, özel drenaj ve havalandırma sağlayan sistemler gibi farklı olasılıklar bulunmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Firmalar tarafından geliştirilen farklı yeşil çatı sistemleri [23]

Önceden ekili bitki battaniyeleri (bitki paspasları) ise yine başka bir ortamda yetiştirilmekte ve çatıya drenaj paspası ve kök bariyerleri ile birlikte serilerek uygulanmaktadır (Şekil 3.12). Paspaslar kurulumdan önce minimumda bir yıl yetiştirilmelidirler. Sıcakta soğutmalı kamyonlarda taşınmak zorunda oluşları, ince olmaları, bitki seçiminde fazla esneklik sağlamamaları gibi dezavantajlara sahiptir [45]. Öte yandan rüzgarlı iklimler, dik yamaçlı yerler için iyi bir çözüm sunmaktadırlar; erozyona dayanımları yüksektir [44].



Şekil 3.12 Serilebilir bitki paspasları [74]

3.2.3. Yeşil Çatıların Uygulama Sonrası Bakımı

Yeşil çatı uygulamasının başlangıç periyodunda, bitkiler için düzenli sulama ve gübreleme yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra belirli aralıklara çöp ya da yaprakların temizlenmeli, çatı membranı kontrol edilmeli, yağmur ya da fırtına sonrası sızıntı, su göllenmeleri ve drenaj tıkanıklıklarına karşı kontrol yapılmalıdır. Besin ve su tüketen yabancı otların temizlenmesine, kuruluş aşamasında diğer zamanlara göre daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Süreç içinde de zamanında ve düzenli ot bakımı yapılması son derece önemlidir (Snodgrass, 2006)[]. İlk büyüme sezonunda, iyi bir yetiştirme ortamında bitkilerin büyümeye başlaması için yeterince organik madde bulunmalıdır. Sonrasında yavaş salımlı gübre uygulanmalıdır. Membran birleşim noktalarından olabilecek sızıntılar için de düzenli bakım ve kontrol gereklidir. Elektrik alan vektör haritalama yöntemi (EFVM) ile su kaçağının yeri rahatlıkla tespit edilebilmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010). İntansif sistemler, ekstansif sisteme göre daha yoğun bitkilendirme içerdiği için daha fazla bakım gerektirmektedir. Yeşil çatıda bitkilerin gelişmesi sağlandıktan sonra, yılda iki kere çatıyı denetlemek yeterli olmaktadır.

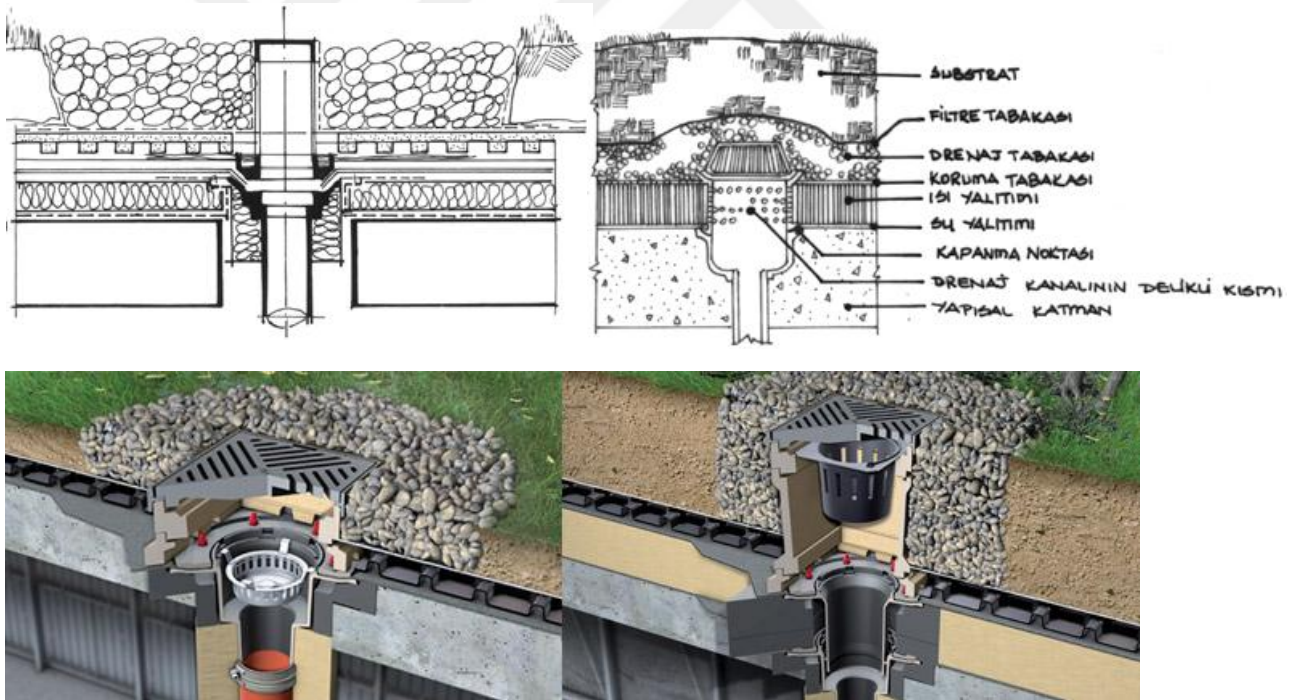
Bitkilerin büyüme sürecinde yağış alan bölgelerde yağmur suyu biriktirilerek bitkilere yavaş yavaş verilmekte, suyun fazlası ise drene edilmektedir. Yeterli yağış almayan bölgelerde ise sulama sistemi kurulması gerekmektedir.

Çatı üzerinde yer alan bitkiyi korumak için gerekli olan suyun miktarı, ağacın kök sistemi tipinin yanısıra, türü ve ölçüsü ile de değişiklik göstermektedir. Küçük yeşil çatılarda sulamalar basit çim sprinkleri ve bahçe hortumları kullanılarak yapılmaktadır. Büyük yeşil çatılarda ya da bitki çeşitliliği fazla olan instensif çatılarda ise endüstriyel sulama sistemleri gerektirmektedir. Bu sistemlerde su biriktirme katmanları, yağmurlama sulama ve damla sulama sistemi olmak üzere üç yöntem kullanılmaktadır []. Biriktirme yoluyla yapılan sulamada, suyu depolayıp yeniden bitkiye verebilecek özelliğe sahip maddelerden oluşan katmanlar kullanılır.

Yağmurlama sulama için ise, normal su başlıkları ya da basınçla toprak yüzeyinde yükselen başlıklar kullanılır. Bu sistem sprinkler benzeri araçlarla havaya suyu püskürterek bitkilere suyu sağlamaktadır (Luckett, 2009). Elektronik nemölçerlerle kontrol edilerek sulama otomatik olarak yapılabileceği gibi, belirli saatlerde ve belirli

miktarlarda da verilebilir. Ancak yağmurlama sulama sisteminde suyun rüzgarla savrulması, hızla buharlaşması gibi nedenlerle su kayıpları oldukça yüksektir. Ayrıca tüm bitkiler, bireysel gereksinimlerindeki farklılıklar dikkate alınmaksızın sulanırlar.

Damlama sulama sisteminde sulama boruları ya doğrudan toprak yüzeyine ya da drenaj tabakasının hemen üzerine yavaş yavaş yayılır. Damla sulama sisteminde bir dizi yayıcı ve hortum kullanılmaktadır. Hortumlar yetiştirme ortamının altına veya üstüne yerleştirilebilmektedir. Sistem kurulurken bitkilerin su gereksinimine göre farklı yerlere ayrı vanalar yerleştirilebilir. Eğer yeşil çatı büyükse ve karmaşık bir dikim varsa daha karmaşık bir damlama sulama sistemi; çeşitli valfler, basınç göstergeleri, filtreler ve pompa gibi ekipmanlara gerek duyulacaktır (Cantor, 2008). Bu yöntem kullanılan su miktarını ve buharlaşan suyu azaltmakta, su kullanımını ise daha etkin hale getirmektedir. Üzerine basılma ya da çapalama yoluyla zarar görme olasılıkları yüksek de olsa çatı bitkilendirmesi için en sık kullanılan yöntem budur [89].



Şekil 3.13 Yeşil çatı drenaj kanalları ve su boruları [69]

3.3. Yurtdışındaki Yeşil Çatı Uygulamalarından Örnekler

Modern mimarlığın geliştiği 20.yüzyılda yeşil çatıların günümüzde bir mimari konsept haline gelmesini sağlayan bir çok uygulama mevcuttur. Bu uygulamaların bazı önemli olanlarını kronolojik olarak incelemek, yeşil çatının tarihsel süreçte gerek estetik, gerekse teknolojik açıdan gelişimini göz önüne serecektir.

Pasifik Telefon ve Telgraf Şirketi

Mimarı: Parkins+Will

Yer: Kaliforniya

Yapım yılı: 1925 (yeşil çatı 1960'larda)

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 2000 m²



Pahalı cihazları barındıran mekanların üstünü örten ve bu doğrultuda herhangi bir su yalıtım hatasını kabul etmeyen çatıda oturma yerleri, toplantılar için geniş alanlar içeren bir park düzenlemesi yer almaktadır. Sonradan düzenlenen bu çatı alanında, strüktürel nedenlerle ağaçlar kolonların üzerine denk getirilerek çatı döşemesi üzerindeki kırma taş drenaj tabkası ile substrat arasına 0,5 cm. kalınlığında bir su yalıtım tabkası serilmiştir. Sulama ve elektrik tesisatı toprak altındadır [113].

Kaiser Canada Life Binası

Mimarı: Sproatt Rolph

Yer: Kanada

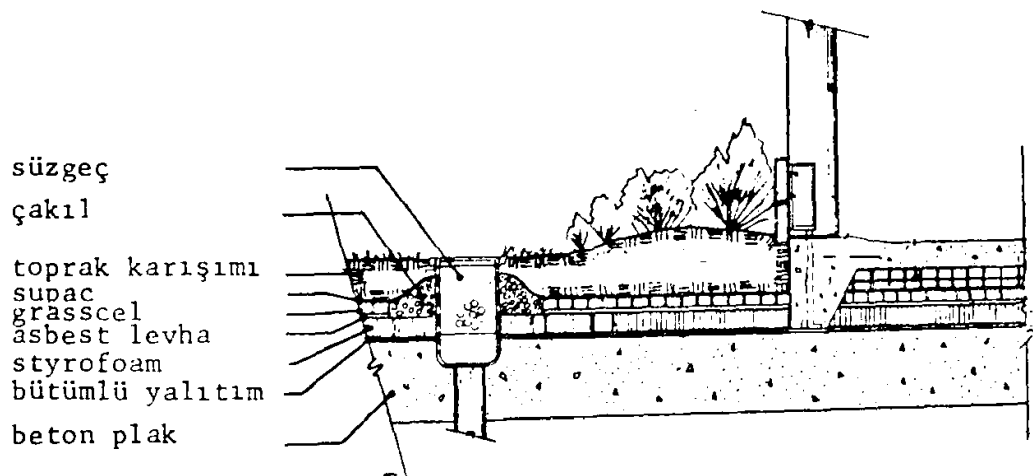
Yapım yılı: 1929 (yeşil çatı 1970'ler)

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı



9x45 m.lik, kolonsuz ve 28cm. kalınlığında ön gerilimli betonarme döşemeden oluşan yapıda yeşil çatının getireceği yükü hafifletmek için öncelikle su yalıtımını koruyan 5

cm.lik şap tabakası atılmıştır. Japon bahçesi, Kaliforniya terası ve Trevi çeşmesi karışımı olarak düzenlenen teras, partiler ve gündelik kullanım için gerekli bir peyzaj düzenlemesini içermektedir. Sert plastik bir malzemenin (grasscell) ter çevrilerek kullanılmasıyla geçirgen ve hafif bir dolgu maddesi yaratılarak üzerine çimento-fiberglass karışımı, lateks ile eskitilmiş yapay kayalar yerleştirilmiştir. Sulama tesisatı plastikten üretilmiş, alüminyum aydınlatma elemanları, 10cm.lik bir süs havuzu ve alüminyum bahçe mobilyaları gibi hafif tercihlere gidilmiştir. Ağaçların kök derinlikleri en fazla 50cm.likdir.



Şekil 3.14 Kaiser Canada Life yeşil çatı kesiti [113]

Kaiser Centre

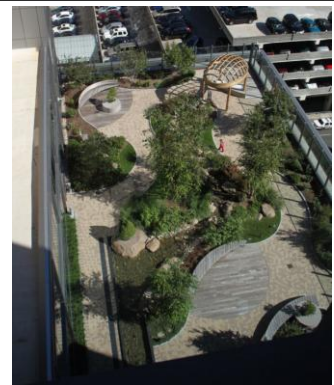
Mimarı: Theodore Osmundson (çatı peyzajı)

Yer: Kaliforniya

Yapım yılı: 1960

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 13900 m²



Sonradan düzenlenen bu çatı alanında, arsa alanının %30'unu işgal eden kule bloğuna karşılık %60 oranındaki otoparkın çatısı yeşil çatı olarak düzenlenmiştir. Dairesel ve kıvrımlı hatların hakim olduğu peyzajda, az substrat kalınlığı gerektiren zeytin ağaçları

seçilerek 5cm kalınlığındaki kasalarıyla birlikte yerleştirilerek, kasalar çürüyene kadar ağaçların yeterince kök salıp gelişmeleri sağlanmıştır. Aydınlatma fotoselli bir sistemle sağlanmakta, ayrıca bir sulama sistemi kullanılmaktadır [113].

Oakland Park Müzesi

Mimarı: Kevin Roche

Peyzaj: Dan Kiley

Yer: Kaliforniya

Yapım yılı: 1969

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 28 dönüm



Yandaki parkın müzenin üzerinde de devam ettiği yapıda, mevcuttaki 12 sedir ağacı ve kızılçam korunmuştur. Bunun dışında sürünücü, yayılıcı ve yer örtücü birkiler kullanılmıştır. Sabit bir yağmurlama sistemi ile belirli aralıklarla sıvı gübre verilmektedir.

Gateway House

Mimarı: Arup

Yer: Hampshire

Yapım yılı: 1975

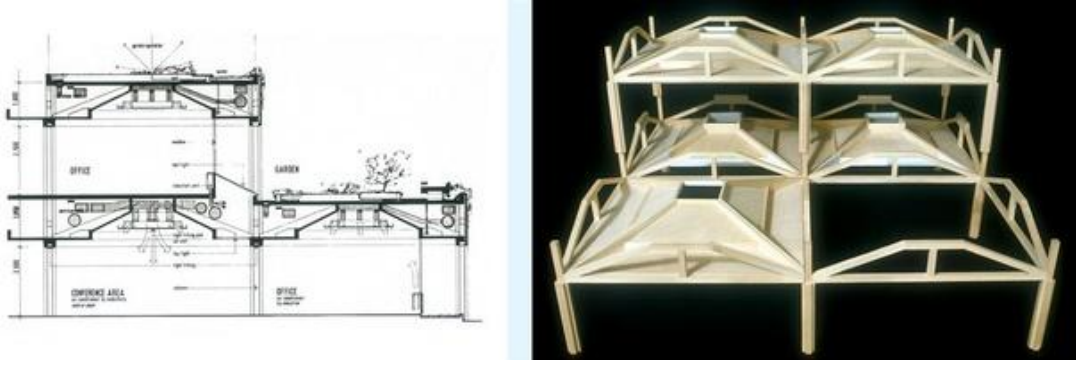
Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: ~6000 m²

Maliyet: 80 bin Sterlin



Basamaklı bir yapı olan Gateway House'da, bu basamakların üstü bürolardan direkt ulaşılabilen çatı bahçeleri şeklinde değerlendirilmiştir. Çim alanlarda 22,5 cm, ağaçlık yerlerde 90cm.lik substrat kalınlığına sahip çatıda çim, açelya, çalılar ve asmalardan oluşan sık ve yoğun bir bitkilendirme bulunmaktadır [113].



Şekil 3.15 Gateway House yeşil çatı kesiti ve strüktür [114]

Arundel Great Court

Mimarı: Wilkinson&Eyre

Yer: Londra

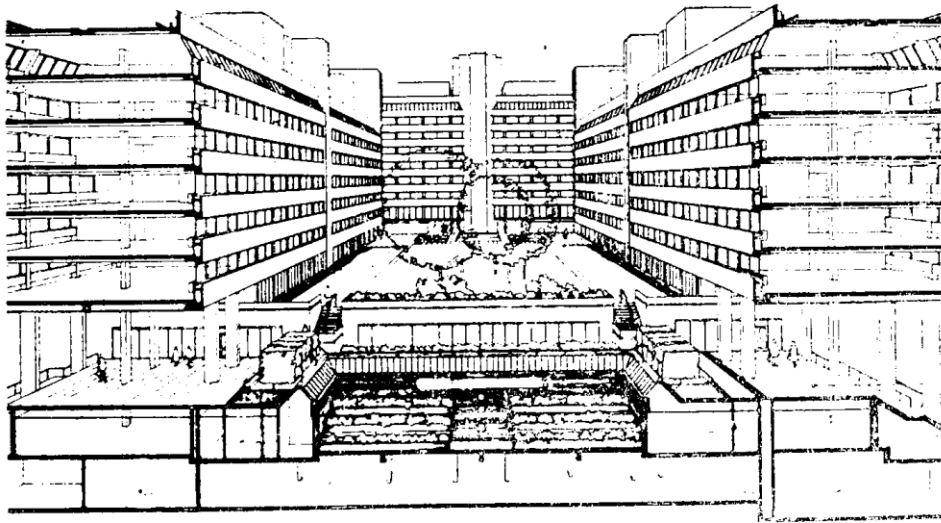
Yapım yılı: 1980

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 3000 m²



İki seviyeli avlunun üst seviyesinde çim alanlar üzerine 5 çınar ağacı dikilmiş; alt seviyeye ise sert zeminlerle şekil verilmiştir. Çim için 30cm.lik, çalılar için 45 cm.lik, ağaçlar için ise 140 cm.lik substrat kalınlığı tercih edilmiştir [113].



Şekil 3.16 Arundel Great Court sistem kesiti [113]

Yeryüzü Evleri (Earth Houses)

Mimarı: Peter Vetsch

Yer: İsviçre

Yapım yılı: 1993

Yeşil çatı tipi: Ekstensif yeşil çatı

Çatı alanı: 4000 m²



Yarımküre formunda, üzerleri toprakla örtülü ve bir havuzun etrafına dizilmiş dokuz adet evden oluşan yapı kompleksinde peyzaj, temel kazısında oluşan harfiyatla düzenlenmiştir. Yapıyı toprağın üzerine koymak yerine, onla entegre olmuş şekilde inşa edilmesinin doğal afetlerin üstesinden gelebileceğine ve insanlar üstünde pozitif psikolojik etkileri olduğuna inanan mimar, toprak zemini bir tür yalıtıcı battaniye gibi kullanarak evleri, yağmurdan, soğuktan, rüzgar ve doğal aşınmalardan korumayı hedeflemiştir. Her biri birbirinden farklı amorf formdaki yapılar metal bir iskelet üzerine beton püskürtme yöntemiyle inşa edilmiştir (Şekil 3.14). Yalıtımında 20 cm. kalınlığında poliüretan köpük üzerine keçe kaplanmış olup substrat tabakasının kalınlığı 80 cm. ile 3 m. arasında değişmektedir [81]. Isının azaldığı koşullarda, enerji koruması %50'lere varan konutlar, yazın da büyük ölçüde serin kaldığı gibi, yeşil çatı yapıları gürültüden, nemden, yangından ve diğer zararlardan korumaktadır.



Şekil 3.17 Yeryüzü evlerinin metal konstrüksiyonu [81]

ACROS Binası

Mimarı: Emilio Ambasz ve Ortakları

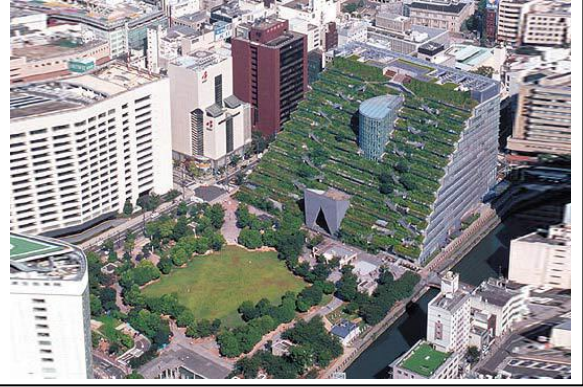
Yer: Fukuoka, Japonya

Yapım yılı: 1994

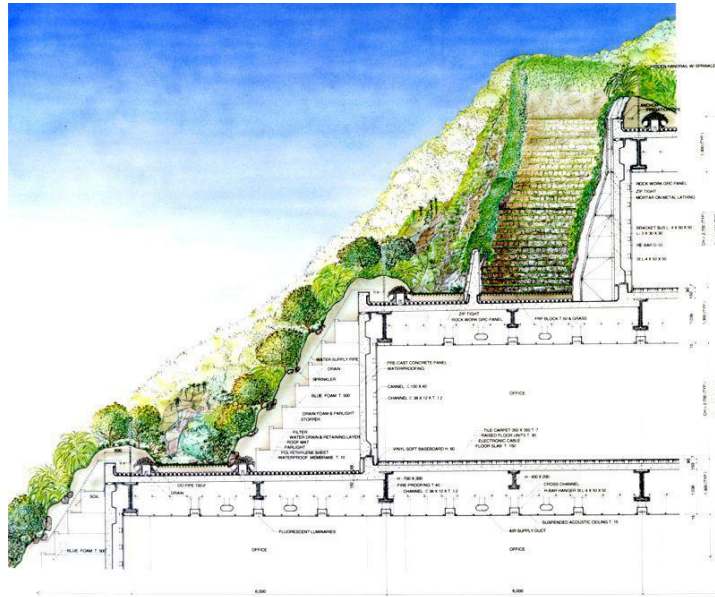
Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 9290 m²

Maliyet: 70 milyon\$



Japonya’da bulunan karma işlevli yapı, sergi salonu, müze, tiyatro, konferans salonları ve ofislerin dışında büyük bir yeraltı otoparkı içermektedir. Yapının inşa edildiği arsa, bölgedeki tek yeşil alan olduğundan mimar kent sakinlerine bu alanı geri vermek niyetiyle 15 katlı yapının tasarımına bir yeşil çatıyı dahil etmeye karar vermiştir [82]. Binanın kuzey yüzü caddeye açılan şeffaf bir ön cephe sunarken güney yüzü, arka taraftaki mevcut parka bağlanan yeşil bir tepe şeklindedir. 76 tür 35bin bitki içeren çatı, yapının bir dağ gibi görünmesi için intensif yeşil çatı olarak basamaklı bir formda yapılmıştır. Yetiştirme ortamı derinliği 30 ile 60 cm aralığında değişen çatıda su zemin seviyesine kadar akabilmektedir (Şekil 3.15). Yapılan araştırmalar bitkilerin, yakın çevresindeki alanların serinletilmesi için mikroklima oluşturduğunu, yaz aylarında bina üzerindeki sıcaklığın, güneşe maruz kalan beton bir çatıya göre 15°C daha düşük olduğunu göstermiştir.



Şekil 3.18 ACROS Binası yeşil çatı kesiti [80]

GAP Genel Merkezi

Mimarı: William McDonough ve Ortakları

Peyzaj Düzenlemesi: Paul Kephart

Yer: San Bruno, USA

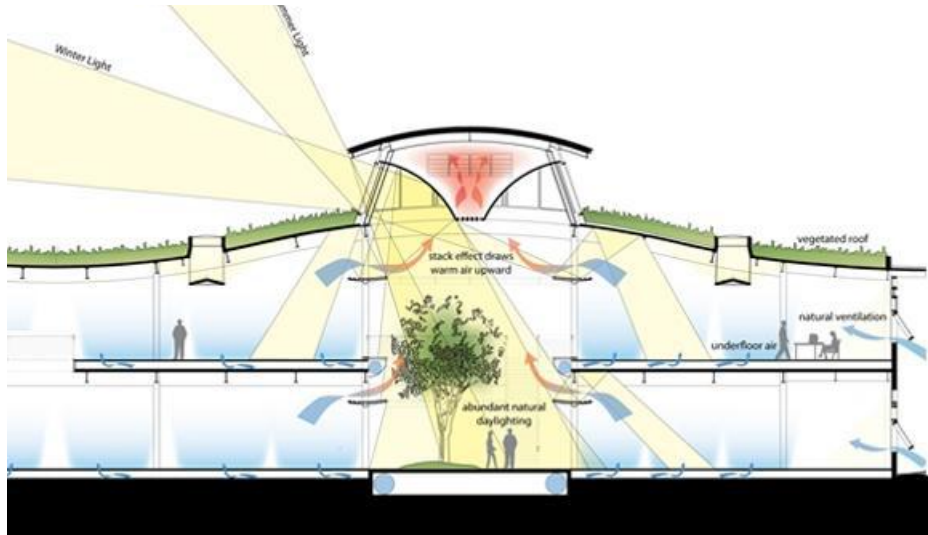
Yapım yılı: 1997

Yeşil çatı tipi: Ekstentif yeşil çatı

Çatı alanı: 6410 m²



Erken dönem yeşil çatı uygulamalarından biri olan GAP Genel Merkezi'nin eğimi yer yer %25'lere kadar ulaşabilen dalgalı çatısı Kaliforniya sahiline yakın tepelere atfen tasarlanmıştır [83]. Yeşil çatı sistemi; sıvı uygulamalı, esnek, gübre ve asitlere karşı dayanıklı bir monolitik su yalıtım membranı içermektedir. Bunun üzerine kök tutucu tabaka ve ekstrüde polistren yalıtım malzemesi yerleştirilmiştir. 15,20 cm kalınlığındaki yetiştirme ortamında çevre araziden toplanan ve sterilize edilen toprak ve saman ekosistemine uygun 12 tür çayır otu kullanılmıştır (Şekil 3.16). Aşırı kuru dönemlerde nem oranını korumak için tasarıma çatıdan toplanan yağmur suyunu kullanan bir sulama sistemi dahil edilmiştir. GAP Genel Merkezi, 2003 yılında Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar (Green Roofs for Healthy Cities) mükemmellik ödülünü ekstensif yeşil çatı kategorisinde kazanmıştır.



Şekil 3.19 GAP Genel Merkezi yeşil çatı kesiti [79]

Namba Parks

Mimarı: Jerde ve Ortakları
Yer: Japonya
Yapım yılı: 2003-2008
Yeşil çatı tipi:İntensif yeşil çatı
Çatı alanı: 11500 m²
Maliyet: tümü 520 milyon\$



Alışveriş, konut ve ofis işlevlerini barındıran 30 katlı yapı kompleksinin çatısında park ve bahçeler yer almaktadır. Teraslamalarla yükselen bahçeler, kentin bir ucundaki sokaktan başlayarak yeşili bir başka noktaya taşımakta, halkı yeşil alanlarla ve çeşitli sosyal aktivitelerle buluşturmaktadır. Bu alanların içinde canlı gösterilerin yapıldığı bir amfiteyatronun yanı sıra, sebze meyve bahçeleri ve istenirse özel olarak kiralanabilen hobi bahçeleri yer almaktadır. Kente birçok farklı seviyede entegre olan bu yapı, birçok ödülü almasının yanı sıra kent insanının sevdiği ve vakit geçirdiği canlı bir merkezdir. Mimarlar, benzer bir konsepti Tabanlıoğlu Mimarlık ile birlikte İstanbul Kanyon'da da uygulamışlardır.



Şekil 3.20 Namba Parks [106]

Seattle Ballard Kütüphanesi

Mimarı: Bohlin Cywinski Jackson

Yer: Seattle

Peyzaj Düzenlemesi: Swift&Co.

Yapım yılı: 2005

Yeşil çatı tipi: Ekstentif yeşil çatı

Çatı alanı: 1672 m²

Maliyet: 10.9 milyon\$



İç bükey, parabolik bir eğime yeşil çatıda ayrıca fotovoltaik paneller, hareketli pencereler ve geri dönüşümlü malzemeler gibi bir dizi sürdürülebilir tasarım stratejisi izlenmiştir. Yeşil çatı sistemi damlama sulama sistemiyle sulanmaktadır [84]. Yerinde uygulanan tam sistemle üretilen çatıda su yalıtım malzemesi olarak sıcak kauçuk asfalt membran, kök tutucu tabaka olarak polietilen malzeme, drenaj tabakasında Floradrain FD 40, filtre tabakasında ise Systemfilter SF adlı polimerik jeotekstil bir kumaş kullanılmıştır. 10cm.lik substratın üstünde erozyonu önleyici olarak hindistan cevizi lifli örtü bulunmaktadır. Bitki olarak farklı türlerdeki otlar ve sedumlardan oluşmaktadır. Kütüphane yapısı, Amerikan Mimarlar Odası tarafından düzenlenen 'Yeşil Yapı' yarışmasında, 2006 yılında ilk ona girmiştir.

Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi

Mimarı: Renzo Piano

Yer: Kaliforniya

Peyzaj Düzenlemesi: SWA Group

Yapım yılı: 2006

Yeşil çatı tipi: Ekstentif yeşil çatı

Çatı alanı: 10bin m²

Maliyet: 484 milyon\$



Golden Gate Parkı yakınlarında, çevreyle uyumlu ve mümkün olduğunca şeffaf bir yapı tasarlama hedefinde olan mimar, yeşil çatının yanı sıra doğal aydınlatma ve gün ışığını içeri alan kubbeli bir sistem üzerinde çalışmıştır. Temiz hava merkezi meydana içeri girerek dalgalı bir forma sahip yeşil çatıdaki menfezlerden çıkarak iç mekanın pasif iklimlendirmesi de sağlanmaktadır. Yapıda bir yağmur ormanı, evrenin simülasyonunun

[illegible]

Çatı konstrüksiyonu çelik ve betondandır. Çatıdaki bitkilendirme tabakası, gabion (kafes) ızgara ile yapılan bir toprak tutma sistemi ile tasarlanmıştır [71]. Ekstentif yeşil

çatı uygulamasının substrat kalınlığı 15 cm olup suya doymun ağırlığı 151,3-175,8 kg/m² arasında değişmektedir (Şekil 3.17) . Yetiştirme ortamında %55 mineral bileşenli yerel bir volkanik malzeme kullanılmış; organik malzeme olarak ise bakterilerce kolayca ayrıştırılabilen hindistan cevizi lifi denenmiş; su yalıtım tabakasında monolitik sıcak kauçuk asfalt kullanılmıştır [71]. Ayrıca yeşil çatıda alt yüzey sulama sistemi kuruludur. Çatıdaki yağmur suyu, drenaj sistemiyle binaya bitişik yeraltı şarj odalarında toplanmakta ve sulamada kullanılmaktadır. Yapılan dikim testleri ve araştırmalar sonucunda, sulama, gübreleme ve bakım gerektirmeyen en uygun 4 bitki türü seçilerek uygulanmıştır. Eğimli yüzeylerin bitkilendirilmesinde yaşanan sıkıntı, 17inç'lik modüler kare ızgara sistem kullanılarak aşılmıştır (Şekil 3.18). Çatıyı çevreleyen ve gölge görevi de gören düz saçağın üstüne yerleştirilen fotovoltaik panellerle güneş enerjisi de üretilmektedir [85].

Nanyang Teknoloji Üniversitesi Sanat Tasarım ve Medya Okulu

Mimarı: CPG Mimarlık

Yer: Singapur

Yapım yılı: 2006

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 18000 m²

Maliyet: 36 milyon\$



Yeşil kampüsün doğal görüntüsüne uyum sağlamak üzere kıvrımlı çatısı yeşil ile kaplanan yapının iç avluya bakan yüzeyinde, koyu renk güneş kontrollü cam giydirme cephe kullanılmıştır. Yağmur suyu toplanan çatıda yağmur sensörleri, yağmur yağdığında sulamanın durdurulmasını sağlamaktadır. Çatının formu ve dik eğimlerden dolayı , genelde golf sahalarında kullanılan keçeleşmiş kök ağları ile yüzeye tutunabilen Zoysia Matrella adlı çim türü kullanılmıştır [22].

ASLA Peyzaj Mimarları Birlięi Binası

Mimarı: Michael Van Valkenburg

Yer: Washington

Yapım yılı: 2006

Yeşil çatı tipi: Ekstentif ve intensif çatı

Çatı alanı: 279 m²

Maliyet: 950 bin \$



Projede, çatının kuzey ve güney uçlarına yerleştirilen yapay tepeciklerden bir tanesi, az toprak derinliğinde yetişebilen, bodur bitki türleri ile, diğeri ise daha yüksek boylu ve derin köklenme yapan türlerle, 2m.'lik substrat kalınlığıyla bitkilendirilmiştir. Arada kalan bitkilendirilmiş zeminin üzerine ise ızgara bir konstrüksiyon yerleştirilerek insanlara daha geniş yer açılması sağlanmıştır. Sistemde çatı membranı, kök tutucu tabaka, yalıtım tabakası, drenaj/su toplama tabakası, filtre kumaşı ve hafif yetiştirme ortamı yer almaktadır. Çatıda en az % 25 oranında geri dönüştürülebilir içerikli sıcak sıvı uygulanan kauçuk asfalt kullanılmıştır [23]. Sulama sistemi ise, merdiven boşluğu ve asansör şaftı üzerinde ekstansif bitkilendirmelerin sulanmasını kolaylaştırmak amacıyla konumlandırılmıştır.



Şekil 3.23 ASLA Binası yeşil çatı planı ve kesiti [23]

Grosse Schanze Park

Yer: Bern

Yapım yılı: 2006

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 36000 m²

Maliyet: 1700000 Euro



Otopark, bürolar ve demiryolu istasyonu bulunan geniş bir yeraltı kompleksi üzerinde yer alan düzenlemede ağaçlar, strüktürel nedenlerle çatı plağının kenarlarına yerleştirilmiştir. Çim alanlar, çalılar, çiçekler, su elemanı, gezi yolları ve lokanta içeren park; geçmişte de bir parktır. Demiryolu tesislerine dönüştürülürken halktan gelen tepkiler sonucu, yeniden yeşil alan olarak kullanılmak üzere üretilmiş bir çözümdür.

Macallen Konut Bloğu

Mimarı: Office dA

Yer: Massachusetts, USA

Yapım yılı: 2007

Peyzaj tasarımı: Landworks Studio

Yeşil çatı tipi: Ekstentif yeşil çatı

Çatı alanı: 2000 m²



12 kat yüksekliğindeki yapının en üst katı, binada yaşayanlara ayrılmış bir ortak mekan olup çatı bahçeleri içermektedir. LEED sertifikasına sahip olan yapının yeşil çatısı yılda 600 bin galonluk su depolamakta ve %30 daha az enerji tüketimini sağlamaktadır. Üç katmanlı çatı, kamusal alan ve ticari koridor, sakinlerince kullanılan havuz ve uzak mesafeden de görülebilen eğimli bahçe peyzajı - yeşil çatı peyzajı içermektedir.



Şekil 3.24 Macallen Konutları çatı planı [107]

Pines Calyx Merkezi

Mimarı: Helionix Mimarlık

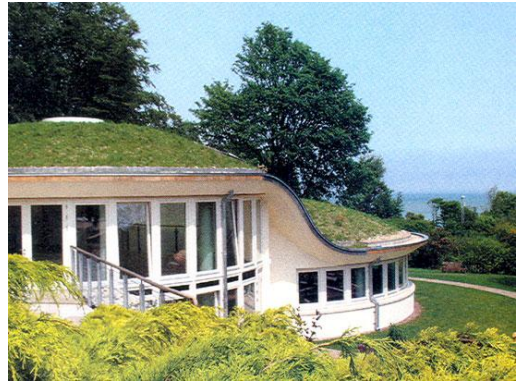
Yer: İngiltere/Doven

Yapım yılı: 2007

Yeşil çatı tipi: nsif yeşil çatı

Çatı alanı: 500 m²

Maliyet: 800 bin Sterlin



Organik bir formda tasarlanan konferans merkezinin inşaatında arazinin hafriyatından çıkan taşlar kullanılmıştır. Geleneksel yöntemlerden yararlanarak üretilen yapıda, doğal havalandırma koşulları sağlanmıştır. Yapı yıllık 35kWh/m² enerji tasarrufu sağlamakta olup karbondioksit emilimi 11.3kg/m²'dir.

Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi

Mimarı: LMN Mimarlık

Yer: Vancouver

Yapım yılı: 2008

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 6000 m²



Vancouver’da kıyıda yer alan yapının yeşil çatısı Kanada’da uygulanan en büyük yeşil çatıdır. LEED Platinum sertifikası sahip yapının çatısında 400.000 den fazla yerli bitki ve ot yer almaktadır. Yeşil çatı sisteminde aşağıdan yukarıya metal örtü, Densdeck cam mat yüzü çatı panoları, permequik membrandan kök tutucu tabaka, 10 cm kalınlığında ekstrude yalıtım, 30,48 cm.lik substrat ve çayır ağırlıklı bitki örtüsü bulunmaktadır. Substratında lav kaya, kum ve organik madde karışımı yer almaktadır. Sistemin metreküp başına düşen doymuş ağırlığı 1,29 tondur [86]. Eğimi % 3 ile % 54 arasında değişen çatıda dik eğimli alanlarda yüksek mukavemetli polimer paspas ve paslanmaz çelik kablolar yetiştirme ortamı ve bitki materyalini tutmak için kullanılmıştır. Çatı için damlama sulama sistemi öngörülmüştür. Ayrıca pis su arıtma tesisine sahiptir.

Sekiz Evi

Mimarı: BIG Mimarlık

Yer: Kopenhag

Yapım yılı: 2010

Yeşil çatı tipi: Ekstensif yeşil çatı

Çatı alanı: 1700 m²

Maliyet: 92 bin Euro



8 formunda tasarlanan yapının çatısında, yosun ve sedumlardan oluşan ekstensif çatı uygulanmıştır. Yapı, gün ışığına erişim ve manzara gibi özelliklere bağlı olarak aşağı ve yukarı yönelmekte ve ticaret ile konutu birleştiren 4 bölüme ayrılmaktadır. Çatıdaki ve avludaki yeşil alanlar kentsel ısı adası etkisini azaltmak ve sakinlerine görsel bir rahatlık

sağlayabilmek amacıyla tasarlanmıştır. Yapı, 2010 İskandinavya Yeşil Çatı Ödülü'nü kazanmıştır.

Jean Moullin Lisesi

Mimarı: Off Arch. Duncan Lewis

Scape Mimarlık

Yer: Fransa/Revin

Yapım yılı: 2012

Yeşil çatı tipi: Ekstensif yeşil çatı

Çatı alanı: 4000 m²



Yamaçlar üstüne inşa edilen okul binası, doğanın içinde kaybolmayı hedeflemektedir. Birbirine paralel lineer ve farklı kotlara oturan basamaklı çatıda kot farkları arasından gün ışığı ve temiz hava içeriye alınabilmektedir.

TÜRKİYE'DE YEŞİL ÇATI KAVRAMI**4.1. Türkiye İklim Koşullarında Yeşil Çatı**

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de iklim değişikliği ve olumsuz etkileri gündemdeki sorunlardan biridir. Türkiye, üç tarafının denizlerle çevrili olması, Doğu Akdeniz Havzasında yer alması ve Akdeniz iklim özelliklerinin geniş bir alanda görülmesi sebebi ile iklim değişikliğinin olumsuz etkileri yönünden yüksek risk grubu ülkeler arasında kabul edilmektedir [90]. Söz konusu iklim kuşağının özellikleri olan şiddetli yaz kuraklıkları, ani ve yoğun yağışlar, seller, sert rüzgârlar bu iklimin hüküm sürdüğü bölgeleri daha hassas hale getirmektedir. Yaz mevsiminde özellikle batı bölgelerde ortalama sıcaklıklardaki artışlar, minimum sıcaklıklarda ısınma eğilimleri, kış mevsimindeki yağışlarda önemli azalma eğilimleri, yağış yetersizliğine bağlı kuraklıklar; arazi kullanımındaki değişiklikler, hızlı nüfus artışı ve şehirleşme gibi etkenlerle beraber dikkate alındığında iklim değişikliğinin potansiyel etkilerinin Türkiye'de etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Devlet Meteoroloji İşleri'nin 1951-1990 yılları arasında yaptığı meteorolojik ölçümlerin incelendiği çalışma, Türkiye'nin batı ve güneybatı bölümlerinde daha çok yaz mevsiminde kent ısı adası nedeniyle sıcaklık artışının yaşandığını ortaya koymuştur. Geleceğe ilişkin olası senaryolarda kentsel ısı adası etkisinin özellikle büyük şehirlerde, yazın gece sıcaklıklarını belirgin bir biçimde arttıracığı öngörülmektedir [91]. Buna göre ülkemizin batı bölümünde ve özellikle yaz aylarında 6°C'ye kadar olmak üzere Türkiye genelinde sıcaklıklarının 2°C ila 3°C artacağı öngörülmektedir [8]. Kentleşme sonucu

doğal bitki örtüsünün yerini, bitki örtüsüne nispeten su geçirimsiz, ısı depolama kapasitesi yüksek, ısı enerjini soğuran koyu renkli çatı ve yol kaplama malzemeleri aldıkça yüzey sıcaklığı artmakta, emilen ısı özellikle geceleri atmosfere tekrar ısı enerjisi olarak yayılmaktadır. Buda kent genelinde soğutma giderleri ve soğutma amaçlı elektrik enerjisi kullanımında artışa neden olmaktadır.

İstanbul'da yağmurlardaki azalmanın ve kuraklık tehlikesinin sebeplerinden biri olarak gösterilen kentsel ısı adası etkisi, kuzey ormanlarının havasını kesen yüksek katlı yapılarla ilişkilendirilmektedir [92]. Okyanustan gelen hava sirkülasyonunun şiddetinin düşmesine sebep olan yapılar serinletici rüzgarın iç bölgelere girmesine engel olduğu gibi yağmur taşıyıcı bulutları da engellemektedir. Buna sanayinin ve araçların yol açtığı hava kirletici partikülleri de eklemek gerekir. Özellikle Levent-Maslak bölgesinde sık aralıklarla gerçekleştirilen gökdelenlerin, gerekli rüzgar hesaplamaları yapılmadan ve rüzgar kanalları oluşturulmadan inşa edilmiş olmaları kentsel ısı adasını arttırıcı etki göstermiştir.

Ülke genelindeki binalarda %85 oranında ısıtma amaçlı enerji tüketilmektedir. Gelecekte gereksinim duyulacak enerjinin artacağı açıktır [8]. Bu enerjinin fosil yakıtlardan sağlandığı, büyük oranda ithal edildiği ve gelecekte mevcut enerji kaynaklarının azalacağı düşünüldüğünde enerji verimliliğinin sağlanması zorunlu görünmektedir. Bu doğrultuda sürdürülebilir yapı teknolojileri ve iklim değişimine uyum sağlayacak teknikler önem kazanmaktadır. Uluslararası çalışmalar bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin kentsel ısı adası etkisini azaltmakta etkili olduğunu ortaya koymuştur. Gelen güneş ışınlarını bitki ve bitki taşıyıcı katmanı tarafından absorbe eden yeşil çatılar, yüzey sıcaklığını düşürerek binanın enerji giderlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Türkiye'de ise yeşil çatı teknolojisi az bilinmekte ve uygulanmakta ayrıca konu hakkında yeterince araştırma yapılmamaktadır.

Türkiye’de önemli boyuttaki ilk yeşil çatı uygulaması, 1978 yılında Ankara Me-Sa Güneş Sitesi’nde yapılan uygulamadır (Şekil 4.1). Eğimli bir arazide konumlanan Kaptan Paşa Sokak'taki konutlarda, bir evin çatısı diğer evin bahçesini oluşturmaktadır. Bahçelerde 30cm.lik bir toprak katmanı kullanılmıştır. Bazı bölgelerde ise garajların üstünde su elemanları, oturma alanları ve yüksek ağaçlar içeren intensif çatı bahçeleri

uygulanmıştır [93]. Şirket benzer bir uygulamayı İstanbul Bahçeşehir'de ürettiği villa otoparklarında da gerçekleştirmiştir.



Şekil 4.1 Mesa Güneş Sitesi [94]

Bunun dışında çeşitli kentlerde çatı bahçesi olarak adlandırılan ve ağırlıklı olarak geniş bitki kaplı çatıların içinde bitki yetiştirilen küçük uygulamalar mevcuttur. Yeşil çatı konusunun enerji tasarrufuyla ilişkili olduğu ve sağladığı faydalara dair farkındalık ise son yıllarda yeni yeni gelişmektedir. Yeşil çatılara dair ilk teknik uygulamalar, 2004 yılında Onduline Avrasya A.Ş.'nin, Alman kuruluş ZINCO Ingenieurwerkstatt + Gründach Systeme ile işbirliği yapmasıyla "Sistem Ondugreen" adı altında başlamıştır. Çoğunlukla alışveriş merkezleri ve karma işlevli projelerde gerçekleştirilen uygulamaların yoğun olduğu pazarda, şu anda etkinlik gösteren 7 firma bulunmaktadır.

Ülkemiz'de her yıl yaklaşık olarak 100 milyon m² çatı uygulaması gerçekleştirilmektedir. Bunların yarısında kiremit, geri kalanında ise mineral kaplı bitümlü örtü kullanılmaktadır [101]. Yeşil çatıların sınırlı sayıda uygulanmasının temel nedenlerinden biri, mevcut sistemlerin ya yurtdışından "ithal paket sistemler" olarak uygulamaya sunulmaları ve bu doğrultuda hem yüksek maliyetler gerektirmeleri hem de yerel şartlara uyumsuz olmalarıdır.

Türkiye'de yapılan yeşil çatı uygulamalarında genellikle yurtdışı firmalarının kendi iklimsel koşullarına göre ürettiği sistemler doğrudan aktararak ithal hazır paket

sistemler olarak sunulmaktadır [18]. Bunlar hem ekonomik açıdan fazla maliyetler getirmekte hem de yerel şartlara uyum sağlamadığından beklenen performansı gösterememektedir. Bu noktada, bölgesel ve yerel iklim koşullarına uygun yeşil çatılar üzerine yeterince araştırma yapılmamış olmasının ve üniversitelerin firmalarla işbirliği içinde çalışmamasının da rolü büyüktür. Firmaların kendi geliştirdikleri yeşil çatı sistemlerinde ise, genellikle firmalar yeşil çatıdaki tabakalardan bir ya da birkaçı hakkında gelişmiş uzmanlık ve teknik bilgiye sahip olduklarından diğer ürünlerde uygulama ve kullanım sorunları yaşanabilmektedir.

Yoğun yapılaşmanın olduğu sıkışık kent dokusunda yeni üretilen projelerde, kentlerin nefes almasını sağlayarak yaşam kalitesini arttıracak yeşil çatı uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Özellikle profesyonel ve önde gelen mimarlık büroları tarafından üretilen tasarımların ve yarışma projelerinin bu hassasiyeti gösterdiği gözlemlenmektedir. Öte yandan mevcut yapıların çatıları yeşillendirilerek kaybedilen yeşil alanların kısmen geri kazanımı da mümkündür. Ancak bu konuda yeterli farkındalığın ve uygulamanın olmadığı görülmektedir.

Uluslararası uygulamalarda kamusal kullanıma açık intensif uygulamaların daha yaygın olduğu görülmektedir. Türkiye’de gerçekleştirilen uygulamalarda daha çok, az maliyetli ve daha az bakım ihtiyacı olan ekstensif yeşil çatılar tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra özellikle alışveriş merkezi, ofis ve karma kullanımlı büyük yapılarda gerçekleştirilen birçok uygulamada yeşil çatının sadece görsel bir öge, tanıtıma yönelik bir araç olarak kaldığı, ekolojik yararlılığın geri planda tutulduğu, yanlış bitkilendirme seçimleriyle enerji performanslarının düşük olduğu ve sonrasında da yeterli bakım yapılmadığı için estetik görünümünün de ihmal edildiği görülmektedir.

4.2. Türkiye'de Uygulanmış Yeşil Çatı Örnekleri

Ümraniye Meydan AVM

Mimarı: FOA Mimarlık

Yer: İstanbul

Yapım yılı: 2007

Yeşil çatı tipi: İntensif ve Ekstensif çatı

Çatı alanı: 55000 m²

Maliyet: 32 milyon Euro



Kent meydanı fikri üzerine temellendirilen alışveriş merkezi, bir açık hava aktivite merkezi olmayı hedeflemektedir. Rampa ve merdivenlerden oluşan yaya yolları, gerekli yerlerde yeşil çatının üzerine çıkış vermektedir. Çatının eğimi yer yer %75 gibi oldukça dik yüzeylere varabildiğinden özel toprak tutucular kullanılmıştır. Zinco Firması tarafından üretilen yeşil çatı sisteminde 12 cm. EPS ısı yalıtımı, bitki köklerinin salgıladığı asitlere dayanıklı su yalıtım membranı, eğimli yüzeylerde Floraset FS 75, düz yüzeylerde Floradrain FD 25 drenaj tabakası ve Filter Sheet SF denilen filtre tabakası kullanılmıştır. Eğimin çok fazla olduğu bölümlerde toprak tutmaya yarayan içinde bitkilerin yaşayabileceği georastlar bulunmaktadır. Ayrıca yağmur suyunu toplayarak kullanan, jeotermal enerji ile ısıtılıp soğutulan yapı, yılda 1,3 milyon kw/h enerji tasarrufu sağlayıp yaklaşık 350 tonluk karbondioksit yayımını da önlemektedir [87].

Kanyon AVM

Mimarı: Tabanlıoğlu Mimarlık

Yer: İstanbul

Yapım yılı: 2006

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 16000 m²

Maliyet: 200 milyon\$



Bir vadinin doğal koruyuculuğu örnek alınarak tasarlanan projede, alışveriş alanında "sokak alışverişi" ve "şehir içi" etkisi yaratmak istenmiştir. Yüksek bir bina

olmasına karşın, konutların balkonları ve bahçeleri bulunmaktadır. Alışveriş merkezinin çatılarında da yeşil alanlar oluşturulmuş; yollarda ve diğer kotlarda bitkilendirme çalışmaları yapılmıştır.

Yalıkavak'ta Konut

Mimarı: Boran Ekinci
Yer: Bodrum
Yapım yılı: 2008
Yeşil çatı tipi: Ekstensif yeşil çatı
Çatı alanı: 200 m²
Maliyet: milyon\$



Çok eğimli bir alanda bulunan yapı mevcut araziye uyumlu ve manzaraya hakim olacak şekilde tasarlanmıştır. Alanda yapılan teraslamalarla yapının bir bölümü topografyaya gömülerek yeşil bir çatı örtüsü oluşturulmuş, manzaraya açılan yüzü şeffaf iken diğer cephelerde doğal taş ve ahşap kaplamalar kullanılmıştır [111].

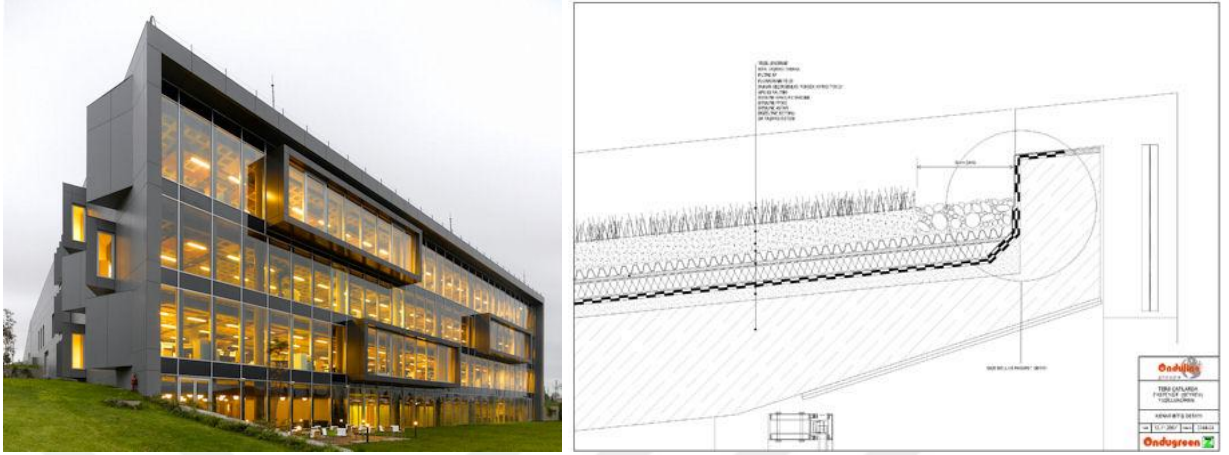
Turkcell Ar-Ge Binası

Mimarı: Erginoğlu-Çalışlar
Mimarlık
Yer: Gebze
Yapım yılı: 2008
Yeşil çatı tipi: Ekstensif yeşil çatı
Çatı alanı: 2500 m²
Maliyet: 10 milyon\$



Özel bir telekomünikasyon firmasının teknoloji merkezi binası olarak planlanan yapı, arazi konumu, manzara ve yönler doğrultusunda, girişte tek, ofis cephesinde dört katlı bir kurgu içerisinde planlanmıştır. Üst yol kotundan olabildiğince az algılanan yapı, bu kottan itibaren arka cephesinden manzaraya açılmaktadır (Şekil 4.2). Doğal ışığın en üst düzeyde kullanımı için düşey sirkulasyon binanın ortasına yerleştirilmiş; çatıda kontrollü ışıklıklar kullanılmıştır. Ondugreen marka yeşil çatı sisteminde su yalıtımı, Bituline PP 300, Bituline EP400 Antiracine, XPS ısı yalıtımı, buhar geçirgenliği yüksek

ayırıcı TGV 21, floradrain FD 25, sistem filtresi, bitki taşıyıcı tabaka üzerine çim uygulanmıştır.



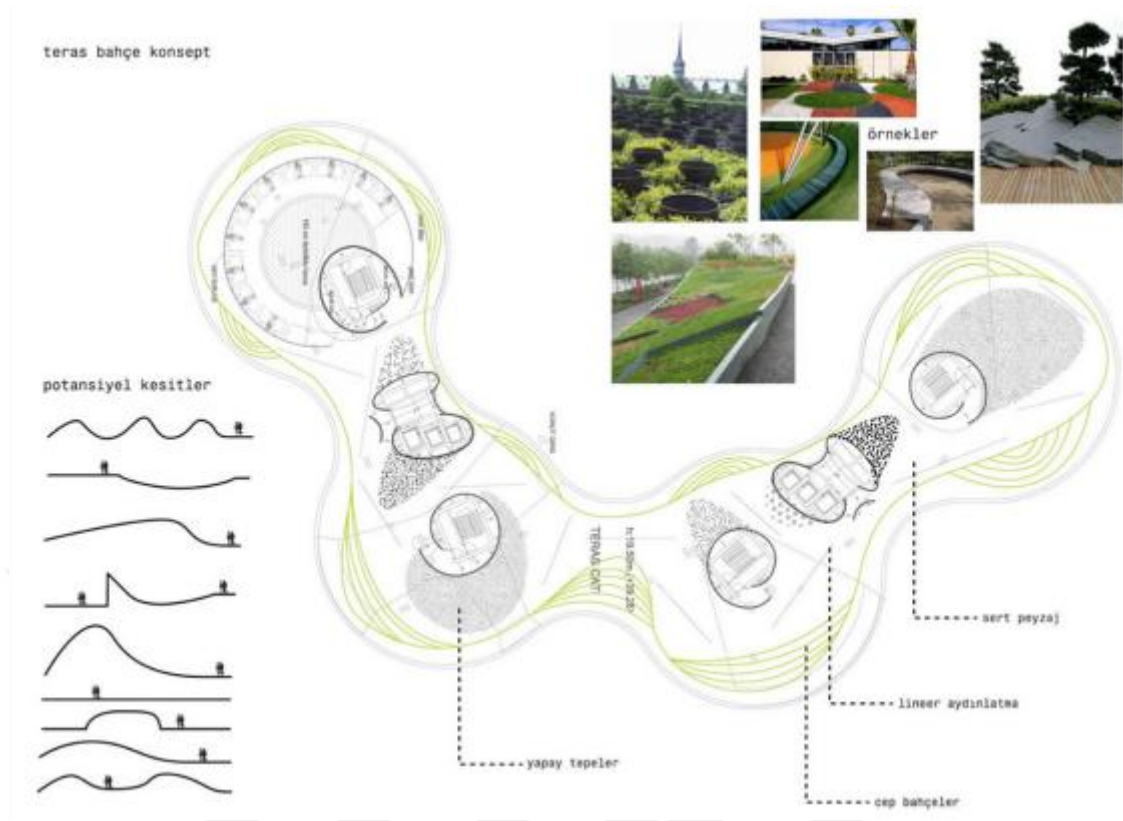
Şekil 4.2 Turkcell Ar-Ge Binasının arka cephesi ve yeşil çatı detayı

One&Ortaköy

Mimarı: GAD Mimarlık
Yer: İstanbul
Yapım yılı: 2011
Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı



Şekil 4.3 Yapılardaki yeşil çatılar [108]



Şekil 4.4 One Ortaköy yeşil çatı planı [108]

Konut ve yurt işlevindeki iki yapı bloğundan oluşan kompleksin çatısında geniş bir peyzaj alanı bulunmaktadır. Yapıları topografya ile bütünleştiren bu yeşil çatılar bir koşu pisti, yüzme havuzu ve geniş bahçeler içermektedir. Çatı tasarımı ara seviyelerdeki dikey bahçeler ile bodrum ve zemin seviyesindeki dubleks bahçe birimlerine entegre olmaktadır. Yapının cephesinde de yamaca uyumlu bir doku elde etmek için doğal taş kaplama kullanılmıştır.

Otizimli Çocuklar Eğitim Merkezi

Mimarı: Uz Mimarlık

Yer: Ankara

Peyzaj: 3M Peyzaj

Yapım yılı: 2013

Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı

Çatı alanı: 000 m²

Maliyet: milyon\$



Arsa ticaret birimlerin yakınında yer almakta olduğundan içe kapalı bir düzende şekillendirilen yapı, kapalı tören alanı, yemekhane, çok amaçlı salon, kış bahçesi, idari ofisler, uygulama bahçesi, oyun-spor alanları içermektedir. Otizmli çocukların özellikleri dikkate alınarak sirkulasyon alanlarında döşemede renkli yönlendiriciler, sesli uyarıcılar, sakinleşme-gözlem odası gibi özel önlemler alınmıştır. Çatı tamamen gezilebilir yeşil çatı şeklinde peyzajın bir parçası olarak tasarlanmıştır. Açık alan düzenlemelerinde spor sahaları ve oyun alanlarının dışında, bitkisel hobi bahçeleri, hayvan barınakları, oyun tepeleri, açık hava derslikleri, boyama duvarları ve seralar düzenlenmiştir. Açık alanlara arsa dışından gelebilecek dış etkileri azaltmak amacıyla arsa sınırı boyunca peyzaj elemanları ile önlemler alınmıştır. Zemin ve alt zemin katta her sınıfın önünde sınırları belirlenmiş oyun bahçeleri çocukların güvenli bir şekilde açık alan kullanımlarına yönelik planlanmıştır [109].



Şekil 4.5 Otizmli Çocuklar Eğitim Merkezi yeşil çatı görünümü ve planı [110]

Küçükçekmece Belediyesi Hizmet Binası

Mimarı: MİAR Mimarlık
Yer: İstanbul
Peyzaj tasarımı: Arzu Nuhoğlu
Yapım yılı: 2014
Yeşil çatı tipi: İntensif yeşil çatı
Çatı alanı: 000 m²
Maliyet: milyon\$



BREEM sertifikalı yapının temel özellikleri; yüksek oranda pasif iklimlendirme ve doğal aydınlatma imkânı sağlayan çift cidar ve galerileşme, ekonomik su kullanımı, geri-dönüşebilir malzeme seçimleri, yeşil çatı ve uyumlu ortam bitkileri tercihleridir. Bakım gerektirmeyen örtücü bitkiler ile kaplanmış yeşil çatının olumlu estetik katkısı yanında, binaya akustik ve ısı yalıtımı sağlaması, binadan atmosfere ısı yansımalarını engellemesi ve yağmur suyunu toplamaya katkısı da söz konusudur. Binanın çatısında biriken yağmur suları 250 m³ lük bir depoda biriktirilerek iç bahçe ve peyzaj alanlarının sulanmasında kullanılacaktır.

4.3. Türkiye Koşullarında Yeşil Çatı Sistemlerine Dair Maliyet Oranları

Son yıllarda yeşil bina maliyeti üzerine yapılan araştırmalara bakıldığında yeşil bina yapım maliyetleri ile geleneksel bina yapım maliyetleri arasında çok büyük farklar bulunmadığına dair ortak bir görüş bulunmaktadır [97]. Bu durum, pazardaki deneyimlerin artması, kullanımın yaygınlaşması, üretici firmaların çoğalmasıyla ve rekabetin artmasıyla da ilişkilidir. Birçok değişken devreye giriyor olmakla birlikte yeşil binalarda, ilk yatırım maliyetinin diğer binalara oranla ortalama %2 ile %8 arasında daha yüksek olduğu bilinmektedir [97].

Kaliforniya'da, LEED sertifika çeşitlerine göre inşaat maliyetleri birbirine yakın 40 binanın gelir ve giderlerini araştıran bir çalışmanın sonuçlarına göre, sertifika ve gümüş dereceli yeşil binalarda finansal kazanç 520\$/m² iken; Altın ve Platin dereceli yeşil binalarda 720\$/m²'dir. Ortalama yeşil bina inşaat maliyeti geleneksel binalardan %2 oranında (~43\$/m²) daha fazla olmasına rağmen, getirisi bunun yaklaşık 10 katıdır. Çalışmaya göre, yeşil binalar geleneksel binalara göre ortalama %25 ile %30 daha fazla enerji verimliliği sağlamaktadır [95,96]. Yeşil binalarda işletim masrafları %8-9 oranında artsa da toplam enerji gideri %42 oranında azalmakta, bina değeri %7.5 artmakta, kullanım ömrü %3.5 oranında uzamakta, kiralar %3 oranında artmaktadır [97]. Kuzey Amerika'da LEED sertifikası alan ticari binalarda yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre de, geleneksel binalar ile karşılaştırıldığında sertifikalı binalar m² bazında 112 \$ daha fazla kira geliri elde etmekte, doluluk oranları %3,8 ve birim satış fiyatları 1700 \$ daha fazla olmaktadır.

Yeşil binalar için genel olan maliyet oranları yeşil çatılar için de benzerdir. Almanya’da yeşil çatıların metrekare maliyeti, gelişmiş pazarı nedeniyle oldukça düşüktür (yaklaşık olarak 4-10\$). Ekonomik teşvikler de bu durumun oluşmasına önemli derecede katkı sağlamaktadır. Maliyet Kuzey Amerika’da ekstensif çatılar için 10-25\$; intensif yeşil çatılar için 25-10\$ arasındadır [64].

Clark'a göre yeşil çatılar, %39 fazla maliyetle yapılmasına karşın 40 yıl sonunda %20-23 oranında artı ekonomik değer getirmekte, 2000 m²'lik bir yeşil çatı alanı, NO₂ gazlarının oluşturacağı etkiyi senede 640-2426\$ azaltmaktadır [11].

Türkiyede'ki yeşil çatı uygulamalarında son dönemde uygulamacı firmanın artmasına ve rekabete paralel olarak metrekare fiyatları on yıl öncesine göre düşmüştür. Önceleri metrekare başına yaklaşık bitkiler hariç 20-30 euro olan fiyatların yarı yarıya azalarak 10 euro'ya indiği belirtilmektedir [98]. Uygulama maliyetleri dışında bakım, sulama ve gübreleme maliyetlerini de unutmamak gerekir. Ayçam ve Kınalı'ya göre ise ekstensif yeşil çatıların ilk maliyetleri 400-1000 \$/m², yıllık bakım giderleri 0.8-2.25 \$/m² iken; intensif çatıların ilk maliyetleri 1000-5000 \$/m², yıllık bakım giderleri ise 6.5-44 \$/m²'dir [99].

Yeşil çatıların maliyetleri projeden projeye, basit veya kompleks olmasına göre değişkenlik göstermektedir. Yeşil çatının maliyetini etkileyen kriterler:

- Çatı alanının büyüklüğü
- Çatının eğimi
- Talep edilen yeşil çatı türü
- Kullanılan su yalıtımı ve ısı yalıtım türü
- Yetiştirilecek bitki türleri

olarak sıralanabilir.

4.4. Yurtdışında Yeşil Çatılara İlişkin Kuruluş, Yasa ve Yönetmelikler

Dünya genelinde, Amerikan Test ve Malzemeleri Topluluğu (ASTM), Amerika’da bulunan Ulusal Çatı Mütahhitleri Derneği (NRCA), Tek Katlı Çatı Sanayi (SPRI), Sağlıklı

Kentler için Yeşil Çatılar (GRHC), ASLA (Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu), AIA (Amerikan Mimarlar Enstitüsü), USGBC (A.B.D Yeşil Bina Konseyi) ve IGRA (Uluslararası Yeşil Çatı Derneği) gibi kuruluşlar yeşil çatı bileşenlerinin yapım standartları ve yöntemleri üzerinde çalışmaktadır [23]. Toronto merkezli GRHC, yeşil çatı projeleri için bir ödül programı ve yıllık konferanslar düzenlemektedir. Ayrıca grup eğitim materyalleri satmakta olup son zamanlarda yazılı sınava dayalı bir akreditasyon programı da yürütmektedir (Snodgrass ve McIntyre, 2010). Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu, kendi binasında yeşil çatıları tanıtmak üzere kurguladığı düzenleme ile yıllık turlar ve konferanslar çerçevesinde yeşil çatılar hakkında ayrıntılı bilgilendirmeler yapmaktadır. Amerikan Mimarlar Enstitüsü'nün Çevre Komitesi uygulama grubu, 10 yıldan fazla süredir yıllık olarak en iyi 10 yeşil çatı projesi için ödül sunmaktadır. Ulusal Çatı Müteahhitleri Derneği konstrüksiyon detayları, bileşen tanımı, montaj için yararlı uygulama detayları ve en iyi uygulamaları içeren 'vejetatif çatı sistemleri kitapçığı' yayınlamıştır. A.B.D Yeşil Bina Konseyi yeşil binalar için ülkenin en sık kullanılan derecelendirme sistemi olan LEED kurallarını belirlemiştir (House, 2009). Uluslararası Yeşil Çatı Derneği yeşil çatı konuları ve teknolojileri hakkındaki bilgilerin geliştirilmesi, yeşil çatı konseptini dünya çapında tanıtmak ve uluslararası standartlara katkı sunmak için hizmet veren küresel bir ağıdır.

Yapıların çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde sertifika programlarının önemli bir rolü vardır. Bu amaçla geliştirilen Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) yöntemleri ve ölçütlere dayalı sertifikalandırma programları, yapıların tasarımı aşamasında etkilidir. YDD yöntemleri malzeme ve ürün seçimi, servisler için kullanılmakta olup ABD (BEES), Danimarka (Beat 2002), Fransa (Equer, Papoose, Team), Kanada (Athena), İngiltere (Envest 2), Almanya (Legap) gibi ülkelere göre farklılıklar göstermektedir. Sertifikalandırma programları ise yapıları daha kapsamlı bir değerlendirmeye tabi tutan, kolay uygulanabilir ve daha sıklıkla kullanılan sistemlerdir. Çoğu ülke, kendi standartları çerçevesinde kendi ölçme ve sertifikalandırma sistemini geliştirmiştir (ABD-Leed, İngiltere- Breeam, Almanya-DGNB, Japonya-Casbee, Brezilya- Aqua, Kanada-Green Globes, Çin GB, Finlandiya-Promise, Fransa-HQE, Hong Kong-HHBEAM, Hindistan-Griha, İsrail-SI5281, İtalya-ITACA Protokolü, Meksika-Leed Meksika, Yeni Zelanda-Green Star Yeni Zelanda,Hollanda-Breeam Hollanda, Portekiz-Lider A,

Singapur-CONOQUAS a, Güney Afrika-Green Star SA, İspanya-Verde, İsveç-Environmental Status, Norveç-Eco Profile, Avustralya-Green Star) [97]. Bunların içinde dünya genelinde en yaygın kabul görenleri LEED, BREEAM, Green Star, CASBEE ve SBTool'dur.

1993 yılında A.B.D’de bina sakinleri, devlet kurumları, mimarlar, mühendisler ve bina üretiminde yer alan grupların katılımıyla kurulan "Yeşil Bina Konseyi"nin amacı bina endüstrisinde sürdürülebilirliğe doğru bir değişimi teşvik etmektir. Bu doğrultuda geliştirdikleri yeşil bina değerlendirme sistemi olan **LEED sertifikalandırma sistemi** (Leadership in energy and environmental design/Enerji ve çevresel tasarımda liderlik sertifikası) , 2000 yılından itibaren yürürlükte olan ve en sık kullanılan sertifikalandırma yöntemlerinden biridir.

Bu sistemin Lisanslı (26 – 32 puan), Gümüş (33 – 38 puan), Altın (39 – 51 puan) ve Platin (52 – 69 puan) olmak üzere 4 derecesi bulunmaktadır. Bu derecelerin alınması için 6 kategoride puanlama yapılmaktadır. Bunlar; Sürdürülebilir Arazi/Konum (14 puan), Su Verimliliği (5 puan), Enerji ve Atmosfer (17 puan), Malzeme ve Kaynaklar (13 puan), Kapalı Alan Çevre Kalitesi (15 puan) ve Yenilikçi Tasarım (5 puan)'dır .

Sertifikalandırma, Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından yapılan sınav sonucu yetkili LEED uzmanı (LEED AP-Accredited Professional) olarak onaylanan kişiler tarafından yürütülmektedir. LEED sertifika sistemi sürekli gelişen ve yenilenen bir derecelendirme sistemidir. Sertifika alan binalar da sürekli kontrol altında tutulmakta ve yapının ömrü boyunca yeşil bina standartlarına uyması sağlanmaktadır.

LEED sertifikasyon sisteminin yeşil çatılara ilişkin hususlarında öne çıkan kriterler şu şekilde sıralanabilir:

- Erişebilirlik - inşaat ekibinin veya bakım personelinin çatı girişi için farklı yollara ihtiyaçlarının olduğunun göz önünde bulundurulması.
- sızdırma testleri - su yalıtımı tabakasının donanımı ve son durumdaki su geçirimi
- tür - yeşil çatının yoğun / seyrek olması, iklimsel kısıtlamalar, bitkilerin yetişmesi için gereken süre

- sulama - sulama ve drenaj sistemleri arasındaki koordinasyon
- uyum - yerel bölge gerekliliklerinin ve yönetmeliklerin dahil edilmesi

BREEAM, binalar için çevresel performans kriterlerini belirlemek amacı ile 1990 yılında İngiltere Bina Kurulu (BRE) tarafından geliştirilen derecelendirme sistemidir. BREEAM standartları tasarımcıları çevresel konulara karşı daha duyarlı hale getirmek, ürün geliştiricileri, tasarımcılar ve kullanıcıların çevreyle dost binaları tercih ve talep etmelerini ve bu yönde bir piyasa oluşmasını sağlamak, toplum genelinde, binaların, küresel ısınma, asit yağmurları ve ozon tabakasındaki incelme üzerindeki büyük etkisi konusunda farkındalığı yükseltmek, bağımsız olarak değerlendirilen hedefler ve standartlar belirlemek, binaların çevreye olan uzun vadeli etkilerini azaltmak, gün geçtikçe azalan su ve fosil yakıtlar gibi kaynakların kullanımını düşürmek, bina içi ortam kalitesini ve bu sayede kullanıcı konforunu artırmak amacıyla geliştirilmiştir. BREEAM değerlendirme modeli 8 temel kriteri dikkate almaktadır. Bunlar; yönetim, enerji, su, arazi kullanımı ve ekoloji, sağlık, ulaşım, malzeme, atık ve kirliliktir[97].

Ayrıca yeşil çatılara ilişkin geliştirilmiş standartlar bulunmaktadır. Yeşil çatılara ilişkin standartlardan ilki ve en yaygın olanı, 1998'de Alman Peyzaj Gelişimi ve Peyzaj İnşaatı Araştırma Kurumu (FLL) tarafından imar planlamasında, inşaat ruhsatı verilmesinde ve iskan alınmasında yeşil çatıların değerlendirilmesi için geliştirilen "Yeşil Çatıların Planlanması, Yürütülmesi ve Bakımı için Yönerge"'dir. **FLL Kılavuzu**, yeşil çatı sistemlerinin tasarımı, kurulumu ve bahçecilik parametreleri hakkında temel bilgiler sunmaktadır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Kılavuzda sırasıyla, diğer standartlarla olan ilişki, yeşil çatı türleri, yeşil çatıların yararları, çatı konstrüksiyonu ve bina, bitki köklerinin sistemin içine işlemesinden, mekanik zarardan, korozyondan ve emisyonlardan korunmayı sağlayan detaylar, yaşam ortamına uygun bitkiler, drenaj yönü, koruyucu tabaka, kök tutucu tabaka gibi bileşenler, yapımda kullanılan malzemeler ve uygulama detay bilgileri, yetiştirilecek bitkilere ait detaylar, bileşenlerin uygunluğundan emin olmak için yapılması gereken testler, strüktürel yüklere karar verilmesi için kullanılabilecek malzeme ağırlıklarına ilişkin referans veriler yer almaktadır []. 1898 yılında kurulan **ASTM** adlı kuruluşun yeşil çatı üzerine yayınlamış olduğu standartlar FLL kılavuzu ile benzerlik göstermektedir. ASTM standartlarında

yeşil çatı alanının her bir metrekaresindeki substrat kalınlığının bir santimetresi “10” puan olarak saptanmıştır. Yani 10 cm substrat kalınlığına sahip bir yeşil çatının her metrekaresi yapıya 100 puan kazandırmaktadır. Bunun dışında bitki yataklarının su tutma kapasitesi, drenaj tabakasındaki su tutma kapasitesi, seyrek yeşil çatılardaki bitki çeşitliliği, bitkilerin biyokütlesi veya hacmi önemlidir. **Karlsruhe Performans Değerlendirme Sistemi** ise yeşil çatıları 5 doğal fonksiyona göre değerlendirir: Toprağın tipi ve derinliği (Toprak) – %15, Buharlaştırma yoluyla iklime etkisi (İklim) – %15, Bitkilerin tipi ve çeşitliliği (Flora) – %30, Zoolojik çeşitliliğe etkisi (Fauna) – %30, Ortalama senelik yağmur suyu tutması (Su Dengesi) – %10

4.5. Türkiye'de Yeşil Çatı Kullanımına Yönelik Teşvik Edici Yaptırımlar

Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve enerji korunumunu teşvik etmek üzere farklı mekanizmalar geliştirilmiştir. Bunlar üç ana başlık altında toplanabilir:

- Fiyat belirleyici, miktar yükümlülüğü getiren teşvikler, maliyet düşürücü yatırım politikaları ve kamu yatırımları
- Pazarın gelişmesini sağlayacak teşvikler
- Sertifikalandırma programları

Fiyat belirleyici teşviklerde devlet üretilen elektriği önceden belirlenmiş bir fiyat üzerinden elektrik dağıtım şirketleri aracılığıyla almaktadır. Miktar yükümlülüğü getiren teşviklerde özel standartlar çerçevesinde belirli bir bölgede ya da yapıda üretilen elektriğin belli bir miktarının yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi zorunlu kılınmaktadır. Vergi indirimleri ve sübvansiyonlar, yatırım vergi kredileri, hızlandırılmış amortisman, üretim vergi kredileri, mülkiyet vergi kredileri, gelir vergisi teşvikleri, KDV muafiyetleri, çevre vergisi istisnaları, ithalat vergisi indirimleri, hibeler, ekipman kredileri ve benzer uygulamaları kapsamaktadır [104]. Söz konusu teşvikler büyük çaplı yatırımlar için olduğu kadar, küçük çaplı bireysel kurulumlar için de uygulanmaktadır.

Pazarın gelişmesini sağlayacak teşvikler, kamu yararına kurulan fonlar, inşaat ve tasarım, alan tespiti ve izinleri, ekipman standartları, müteahhit sertifikasyonu ve şebekeye bağlantı gibi konuları kapsayan altyapı politikalarından oluşmaktadır.

Bununla beraber bürokratik engellerin asgariye indirildiği mevzuatlar da bu teşvikler arasında sayılabilir [104]. Ayrıca her ne kadar kendileri birer pazar oluşturuyor olsa da farklı standartlara bağlı verilen sertifikalar (LEED, BREAM vb.) yapıya ve sahibine çeşitli imtiyazlar ve prestij sağlamaktadır.

Bir çok ülkede yeşil çatı uygulamaları için yaptırımların yanı sıra ciddi teşvikler söz konusudur. Almanya'da yeşil çatı sistemleri yerel yönetimler tarafından desteklenmekte; toplam çatı masrafının %50'si yerel yönetimlerce karşılanmaktadır. Bunun yanı sıra yeni yapılacak inşaatlara ruhsat verilirken de yeşil çatı sistemleri geliştirmesi şart koşulmaktadır. Almanya'nın birçok kentinde mevcut olan yeşil çatı politikaları sayesinde, yapılarında yeşil çatı bulunduran kent sakinleri belediyelerden finansal destek almakta ya da atık su vergilerinden muaf tutulmaktadır.

Stuttgart, oluşturduğu 'yeşil program' çerçevesinde malzeme maliyetleri, kurulum ve ücretsiz teknik danışmanlık hizmetleri vermektedir.

Tokyo'da hükümet 2001 yılında, 1000 m² den fazla kat alanı olan binaların çatılarının %20'si bitkilendirmeden oluşması zorunlu kılınmıştır.

İsviçre'de de yerel yönetimler, düz çatıların yeşil çatıya dönüştürülmesi konusunda yönerge yayınlamıştır. Zürih'te 1991 yılından beri düz çatıya sahip bütün yeni yapılarda yeşil çatı uygulanması zorunludur. Basel şehir yönetimi ise 1996 yılında yeşil çatı uygulamalarını teşvik etmeye başlamış 100 binanın yeşil çatı projeleri için yaklaşık 1 milyon İsviçre Frangı destek sağlamıştır. Ayrıca, 2002 yılından beri Basel'deki yapı yönetmeliklerinde yeni binalarda yeşil çatı talep edilmektedir.

Chicago'da da yaklaşık 200 yapının çatısında 232.000 m²'lik yeşil çatı alanı bulunmaktadır. Yeşil Çatı Programı (City of Chicago's Green Roof Grant Program) her yıl belli sayıda yeşil çatı projesini ödüllendirerek yeşil çatı kullanımını teşvik etmektedir. 2025 yılına kadar karbon nötr bir şehir olma stratejisini kendine hedef koyan Kopenhag ise, 30 derecenin altında eğime sahip çatıları olan bütün yeni yapılarda yeşil çatı uygulamasını zorunlu kılmıştır [100].

Türkiye'de yeşil çatıya ilişkin farkındalık ve pazar henüz yeni yeni oluşmaktadır. Yeni uygulamalarda yeşil çatıların kullanım oranı oldukça düşüktür. Bunun yanı sıra yeşil çatılara ilişkin herhangi bir yönetmelik ya da teşvik edici yaptırım da bulunmamaktadır.

Sadece yeşil çatı değil, ülkeye özgü geliştirilmiş bir yeşil bina değerlendirme kriteri de yoktur. Türkiye’de yeşil çatı sistemlerine dair bir ilgi olmakla birlikte çevre sorunlarına ayrılan bütçenin de henüz yetersiz olması sonucunda konu ile ilgili yeterli çalışma yapılamamaktadır. Ancak sivil toplum kuruluşları son dönemde konuyu desteklemekte ve farkındalığı arttırmaya çalışmaktadır. ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği) bunlardan biridir. Bunun dışında yapılmış akademik çalışmalardan söz edilebilir. Özdemir ve Altun [98], yeşil çatıların tasarım süreci için bir kontrol listesi hazırlamışlardır. Bunda yer alan kriterler, yeşil çatı uygulanmış binalarda değerlendirme ölçütlerine girdi oluşturabilecek düzeydedir:

- yeşille etkileşime olanak verme, rekreasyon alanları yaratma, kentsel yeşil alanlar ile birleştirilebilme,
- sosyal etkileşime olanak verme, toplanma ve aktivite alanları yaratma, psikolojik doyum sağlama
- kullanıcı sirkülasyonuna olanak verme
- iklimsel olumsuzlukları azaltma, kentsel ısı adalarını azaltma, yağış akış şiddetini azaltma
- kendi ağırlığını ve diğer sistem bileşenlerini taşıma
- deprem yüküne dayanımlı olma
- darbe etkisine dayanımlı olma
- rüzgar yüküne dayanımlı olma
- kar yüküne dayanımlı olma
- hareketli yüklere dayanımlı olma
- ısı genleşmeye dayanımlı olma
- nem/don ile ilgili genleşmeye dayanımlı olma
- su basıncına dayanımlı olma
- toprak basıncına dayanımlı olma
- yağmur suyu geçirimsizliği

- zemin suyu geçirimsizliği
- yağmur suyu uzaklaştırma özelliği
- su depolayabilme
- ısı geçişini azaltma
- ısı depolama
- yüksek ve düşük sıcaklığa dayanımlı olma
- güneş ısınlarını soğurma
- güneş ışınlarnı yansıtma
- yağuşma yapmama
- darbe sesini engelleme
- hava kaynaklı sesi engelleme
- zararlı emisyon içermeme
- geri dönüştürülebilir olma
- ilk üretim enerjisi düşük olma
- alev almama
- yangında taşıyıcılığını sürdürme
- duman geçirimsizliği
- uzun ömürlü olma
- kimyasallara karşı dayanımlı olma
- hayvan (zararlı böcek, kuslar vb.) ve bitki (kökler vb.) kaynaklı etkilere dayanımlı olma
- mekanik aşınmaya dayanımlı olma
- güneş ışınlarnı dayanımlı olma
- bakteri ve küf oluşumuna olanak vermeme

- temizlenebilir olma
- sistem bakımı ve onarımı kolay olma
- bitki bakımı kolay olma
- malzeme, alt sistemler ve ana sistem arasında uyumluluk ve bütünleşebilirlik
- bitkilerin iklimle uyumu
- kullanıcı güvenliği
- estetik nitelik
- yapılabirlik
- ekonomik maliyet
- ilgili yasalara, yönetmeliklere ve standartlara uygunluk [LEED; BREEAM, FLL, ASTM, imar yönetmelikleri, TSE, ISO (International Organization for Standardization) ASTM (American Society For Testing and Materials), DIN (Deutsches Institut Für Normung) gibi]

Ekşi [19], 2001 yılı verilerine dayanarak yaptığı hesaplamada, İstanbul'da kişi başına düşen yeşil alan miktarını 1,5-2 m² olarak hesaplamıştır. 15m² olan Avrupa standartlarıyla kıyaslandığında yeşil alanların yetersizliği ve yeşil çatıların önemi daha net ortaya çıkmaktadır.

Türkiye'de henüz yeşil çatıları destekleyici ve yol gösterici bir yasal düzenleme ya da teşvik bulunmamaktadır. Ancak enerji verimliliği ile ilgili düzenlemeler, yeşil bina geliştirme sürecinde olduğu gibi yeşil çatılar için de önemli bir gelişmedir [17].

Türkiye'de enerjiye ilişkin kanunlar;

- 6094 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (29/12/2010)
- 5784 Elektrik Piyasası Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (26/7/2008)
- 5627 Enerji Verimliliği Kanunu (18/4/2007)

- 5346 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (10/5/2005)
- 4628 Elektrik Piyasası Kanunu (20/2/2001)

Yönetmelikler ise ;

- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (5/12/2008)
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (25/10/2008)

Enerji Verimliliği Kanunu: Enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşım da enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usûl ve esasları kapsamaktadır [102]. Enerji verimliliği; *"binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması"* şeklinde tanımlanmıştır. Ayrıca;

"Toplam inşaat alanı yönetmelikte belirlenen mesken amaçlı kullanılan binalarda, ticarî binalarda ve hizmet binalarında uygulanmak üzere mimarî tasarım, ısıtma, soğutma, ısı yalıtımı, sıcak su, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki normları, standartları, asgarî performans kriterlerini, bilgi toplama ve kontrol prosedürlerini kapsayan binalarda enerji performansına ilişkin usûl ve esaslar, Türk Standartları Enstitüsü ve Genel Müdürlük ile müştereken hazırlanarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak bir yönetmelikle düzenlenir" ifadesi yer almaktadır.

Bu kanun aynı zamanda her bina için bir **Enerji Kimlik Belgesi**'ni zorunlu kılmaktadır:

"Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak yönetmeliğe göre hazırlanan yapı projeleri kapsamında enerji kimlik belgesi düzenlenir. Enerji kimlik belgesinde binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgiler asgarî olarak bulundurulur. Belgede bulundurulması gereken diğer bilgiler ile belgenin yenilenmesine ve mevcut binalar da dâhil olmak üzere uygulamaya ilişkin usûl ve

esaslar, Bakanlık ile müştereken hazırlanarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca yürürlüğe konulacak yönetmelikle belirlenir".

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği: Enerji Verimliliği Kanunu dikkate alınarak Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından hazırlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği", mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı ve elektrik tüketen binaların sabit ekipmanları konularındaki asgari performans kriterlerine, enerji performans hesaplama usullerine, enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına, binaların kontrolleri ve enerji kimlik belgesini hazırlayacak ve denetleyecek onaylanmış bağımsız yetkili kuruluşların yetkilendirilmesine ve yetkilerinin düzenlenmesine, ülke enerji politikasının oluşturulmasına yönelik gerekli araştırmalar, incelemeler yapılmasına ve bunun sonucunda elde edilen deneyimler ile ilgili bilgilerin toplanmasına ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır [103].

Yönetmelik, mimari proje tasarımı ve uygulama, ısı yalıtım esasları, mekanik tesisat yalıtım esasları, ısıtma sistemleri projelendirme ve uygulama esasları, soğutma sistemleri projelendirme ve uygulama esasları, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri projelendirme ve uygulama esasları, sıhhi sıcak su hazırlama ve dağıtım sistemleri, otomatik kontrol, elektrik tesisatı ve aydınlatma sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, kojenerasyon sistemleri ve enerji kimlik belgesi bölümlerinden oluşmaktadır. Mimari proje tasarımı ve uygulama bölümünde; doğal ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkânlarından azami derecede nasıl yararlanılacağı ile ekinde ısı yalıtımı uygulama detayları verilmiştir.

Buna göre;

"Binaların ve iç mekanların yönlendirilmesinde, o iklim bölgesindeki güneş, rüzgar, nem, yağmur, kar ve benzeri meteorolojik veriler dikkate alınarak oluşturulan mimari çözümler aracılığı ile istenmeyen ısı kazanç ve kayıpları engellenmeli; bina içerisinde sürekli kullanılacak yaşam alanları, güneş ısı ve ışığı ile doğal havalandırmadan optimum derecede faydalananacak şekilde yerleştirilmeli; mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detayları ile bütünlük sağlamalı, ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban-döşeme-duvar bileşim detaylarını ihtiva etmeli; binanın

yapılacağı yerin yenilenebilir enerji kaynak kullanım imkanlarının araştırılması ile oluşturulacak raporlar doğrultusunda alternatif mimari çözümler değerlendirilmelidir."

Yönetmelikte enerji kimlik belgesi vermeye yetkili kuruluşlar, yeni tasarlanan binalar için; binanın ısıtma ve/veya soğutma ve/veya ısı yalıtım projesini hazırlayan gerçek veya tüzel kişileri, mevcut binalar için enerji verimliliği danışmanlık şirketleri olarak tanımlanmış; yeni binalar için yapı kullanma izin belgesinin zorunlu hükmü olarak gösterilmiştir. Mevcut binaların ise 2015 yılına kadar Enerji Kimlik Belgesi alması zorunludur. Belgenin geçerlilik süresi 10 yıldır.

Diğer düzenlemeler: Bunların dışında 1998 yılında kabul edilen TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” ile binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanan ve 2000 yılında kabul edilen “Isı Yalıtım Yönetmeliği” diğer yasal uygulamalara örnektir [97].

2005 yılındaki ilk kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesini amaçlamaktadır ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğe devlet desteği ve alım garantisi vermiştir. Bu doğrultuda hidroelektrik, rüzgar ve jeotermal santrallerindeki yatırımlar artmakla birlikte sürdürülebilir enerji korunumlu mimari uygulamalar için bir çok olasılık hala mevzuat yetersizliği ve teşvik eksikliği sebebiyle gündeme yeterince gelmemektedir. Yeşil çatı uygulamaları da bunlardan biridir.

2010 yılında geçen Yenilenebilir Enerji Kanunu'na göre yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğe 13,3 \$/kw teşvik verilmiştir. Ancak söz konusu rakam üretim sistemlerinin ön kurulum maliyetleriyle kıyaslandığında, özellikle halkın da kendi elektriğini üretmek üzere teşvik edilmesi için oldukça düşüktür.

Öte yandan halkın farkındalığının artırılması ve konuyla ilgili bilinçlendirme çalışmaları da konunun önemli bir ayağını oluşturmaktadır. 2007 yılında kurulan Çevre Dostu Binalar Derneği, ÇATIDER, Yeşil Çatı Platformu gibi kuruluşlar yeşil binalar ve enerji korunumu hakkındaki uygulamalar konusunda bilgi sunmaktadırlar. Ancak bu konuda

hem araştırmaların hem de ilgili kurumların oldukça yetersiz olduğunu söylemek mümkündür.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan literatür taraması ve örnek incelemeleri doğrultusunda yeşil çatıların bir çok önemli avantajı olduğu görülmüştür. Yapılarda genelde kullanılmayan çatı alanlarını, gerek işlevsel gerekse estetik olarak kullanılabilir kılan, enerji verimliliği, yağmur suyu yönetimi, ses yalıtımı gibi fırsatlar sunan yeşil çatılar, yapıya önemli bir değer katmaktadırlar. Çok eski çağlardan beri çeşitli uygarlıklarda kullanımı bilinen ve basitçe çatı bahçesi olarak adlandırılan bitkilendirme uygulamaları, zaman içinde çeşitli yapı malzemeleri ve uygulamalarının gelişmesiyle daha kapsamlı yeşil çatı sistemlerine dönüşmüştür.

Görüldüğü gibi yeşil çatı sistemlerinin birçok avantajları bulunmaktadır. Üzerindeki bitki florası ve faunası ile yarattığı biyoçeşitlilik, doğal bir ekosistem oluşturması, yağmur suyu yönetiminde etkili bir araç olması, hava kirliliğini absorbe etmesi, yapının ısı, ses yalıtımına ve enerji korunumuna katkı koyması ve en önemlisi kentsel ısı adası etkisinin azaltması ile yeşil çatılar sürdürülebilirliğin giderek artan önemi paralelinde değer kazanmaktadır. Yeterince değerlendirilmeyen ve atıl bir alan olarak kalan bina çatılarının yeşil çatı haline dönüştürülmesi toprak kazanımı da sağlamaktadır. Bunlara ek olarak çatı ömrünü uzattıkları için yapının bakım ve onarım giderlerinde de önemli düzeyde düşüş sağlanmaktadır. Öte yandan sosyal ve rekreatif faydaları da oldukça fazladır. Kentlerde eksikliği hissedilen yeşil alan ve kamusal mekan ihtiyacını karşılayan yeşil çatılar, giderek doğadan kopan bireylerin yeniden doğayla buluşmasına imkan tanımakta; bireyin ve toplumun psikolojik sağlığı üzerinde olumlu etkiler

taşılmaktadırlar. istendiği durumlarda kentsel tarım olanakları sunarak ekonomik katkılar da sağlamaktadırlar.

Ekstensif çatı sistemleri alçak bitkiler, çim ve çalılar için uygun teknik özellikleri nedeniyle daha çok görsel etkinin arandığı uygulamalarda tercih edilebilmektedirler. Ancak daha düşük substrat kalınlıkları ve çatıya verdikleri yükün 100kg/m²'nin altında olması sayesinde özellikle mevcut binaların yeşil çatı dönüşümleri için oldukça uygundurlar. Önceden çakıl, beton ya da karo kaplanmış bir düz çatı veya kiremit kaplı bir eğik çatı, bu malzemeler kaldırılarak yeşillendirilirse, yapıya verilen yük artmaz. Bunun yanı sıra gerektirdikleri yıllık bakım azdır.

İntensif çatı sistemleri ise yüksek substrat kalınlıkları ile çatı üzerinde bodur ağaçların yetiştirilmesi izin verdiklerinden zengin bir bitkisel doku oluşturabilmektedirler. Ancak sistemin çatıya verdiği yük genellikle 300 kg/m² civarında olduğundan uygulanabilme alanı kısıtlıdır ve genellikle yeni yapılarda, önceden bu amaçla tasarlanarak uygulanabilmektedirler.

Yerinde uygulama gerektiren, tüm malzemelerin teker teker seçildiği tam yeşil çatı sistemlerinin, özellikle büyük ölçekli uygulamalarda daha sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Modüler yeşil çatı sistemleri ise çoğunlukla küçük ölçekli projelerde kullanılmaktadır.

Yeşil çatı sistemleri çeşitli disiplinlerden uzmanların yer aldığı, yapı ve çevre koşullarının dikkate alınarak koordineli olarak yürütüldüğü bir ekip çalışmasını gerektirmektedir. Mevcut bir çatının yeşil çatıya dönüştürülme süreci öncelikle yeşil çatı tasarımı konusunda çalışacak ekibin oluşturulmasıyla başlamalıdır. Bunun ardından, fizibilite çalışmaları ile yapılabilirliği tespit edilmeli, süreç programlaması ve ön tasarım şekillendirilmelidir. Yeşil çatının araziyle, iklimle ve yapıyla olan bağıını iyi analiz etmek gerekir. Yeşil çatının hangi fonksiyona hizmet edeceği, iç erişilebilirlik, çevre yapılar tarafından gölgeleme ve yansımaya maruz kalıp kalmayacağı, binaya malzeme erişimi ve bakım olanakları, çatı strüktürü ve yapısal yük dayanımı, çatının uygun eğime sahip olup olmadığı, yangın riskleri gibi kriterler değerlendirilmelidir. Sonrasında su yalıtım tabakası, koruyucu tabaka, ısı yalıtım tabakası, kök tutucu tabaka, drenaj tabakası, filtre tabakası, yetiştirme ortamı ve bitkilendirme tabakasından oluşan yeşil çatı strüktüründe,

her bir malzemenin doğru seçilmesi ve uygulanması gerekir. Herhangi birindeki yanlışlık bütün yeşil çatının başarısızlığına yol açacaktır. Bu katmanlar içinde en önemlisi suyun çatı döşeme strüktürü ile temas etmemesini sağlayan su yalıtım membranıdır. Ayrıca suyun gerekli noktalara ulaştıktan sonra tahliyesinin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için drenaj tabakası, bitki ve toprak kaynaklı hasarlara karşı dirençli olması gereken filtre tabakası da doğru ve dikkatlice seçilmelidir. Susbtratin içerdği maddelerin bitkilerin gelişim evreleriyle uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Bitki seçiminde ise iklimsel sıcaklık değerleri doğrultusunda tercihte bulunulmalıdır. Uygulama tamamlandıktan sonra bakım, sulama ve gübreleme işlemleri de en az uygulama kadar önemlidir.

Uluslararası ölçekte yapılan uygulamaların zenginliği karşısında, Türkiye'de yeşil çatı örneklerinin henüz sayıca fazla olmadığı görülmektedir. Bunun sebepleri arasında sektörünün tam olarak gelişmemiş olması ve yeşil çatıların yararlarının yeterince bilinmiyor olması yer almaktadır. Özellikle bol güneşli gün sayısına sahip, ılıman iklim kuşağındaki kent sayısı bol olan Türkiye'de, yeşil çatı sistemleri ekolojik faydaları çerçevesinde isteğe bağlı olmaktan çıkıp bir zorunluluk haline getirilmelidir. Böylece hem enerji ve su tasarrufu sağlanması mümkün olacak hem de yoğun yapılaşma sonucu kaybedilen açık ve yeşil alanlar kısmen geri kazanılabilecektir. Sürdürülebilir kentsel yaklaşım çerçevesinde intensif ve ekstensif çatı bahçesi düzenlemelerinin çevresel politikalar içine mutlaka dahil edilmeleri gerekmektedir.

Devletin ve yerel yönetimlerin, büyük kentlerin karşı karşıya olduğu bir çok problemi çözebilecek yeşil çatı sistemlerini desteklemek ve yapımını teşvil etmek üzere yapabilecekleri şu şekilde sıralanabilir:

- Bazı ülkelerde olduğu gibi, yeşil çatı bahçelerinin oluşturulmasını kanuni bir zorunluluk haline dönüştürmek;
- Çeşitli yeşil çatı değerlendirme sistemlerini baz alan sertifika programlarını uygulamaya sokmak
- Çatı bahçelerini yaygınlaştırmak için kurulmuş kurum ve kuruluşlar tarafından düzenlenen konferansların, bilgilendirme toplantılarının, kılavuz ve kaynakların

ülke koşullarına uygun çevirilerini yapmak, benzerlerinin Türkiye'de de yapılmasına ön ayak olmak

- Toplumsal farkındalığı ve bilgi düzeyini ilgili sektörün yanı sıra halk düzeyinde de arttırmak

Ancak bunun dışında; yasa ve yönetmeliklerde yeni yapılarda belirli oranda da olsa yeşil çatı uygulamasının zorunlu olması, uygulama ve ürün konusunun da firmaların inisiyatifine bırakılmadan belirli standartlar ve yükümlülükler getirilmesi, yerel bir derecelendirme sisteminin oluşturulması ve bunun içinde yeşil çatıların da kategorize edilmesi gereklidir. Özellikle enerjinin %40'ının tüketildiği konutlarda enerji tasarrufu yapılabilmesi için yeşil çatılar daha da önem kazanmaktadır.

Ayrıca yerel yönetimler tarafından teşvik edici olarak;

- KDV indirimi,
- tüketicilere çatı-cephe kaplamalarını yenilemeleri ve binalarını enerji verimli hale getirebilmeleri için devlet tarafından teşvik verilmesi
- tüketicilere sağlanan kredilere vergi indirimi

gibi yollar faydalı olacaktır.

Sonuç olarak yeşil çatılar ile ilgili mevcut ya da yeni yapılar üzerinde pek çok uygulama gerçekleştirilmiştir. Günümüz koşullarında gelişen teknoloji ve ekolojik yaklaşımın artan önemine paralel olarak yeşil çatı sistemi uygulamalarının çeşitleneceği beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bass, B., Krayenhoff, E.F., Martilli, A., Stull, R.B. ve Auld, H. (2002). "Modelling The Impact of Green Roof Infrastructure on The Urban Heat Island in Toronto" Green Roofs Infrastructure Monitor, 4 (1)
- [2] Getter, K.L. ve Rowe, D.B. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development, Hort Science, 41(5): 1276-1285
- [3] Takebayashi, H. ve Moriyama, M. (2007). Surface Heat Budget on Green Roof and High Reflection Roof For Mitigation of Urban Heat Island, Science Direct, 42: 2971-2979
- [4] Wong, N.H., Cheong, DKW., Yan, H., Soh, J., Ong, CL. ve Sia, A. (2003). "The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore", Energyand Buildings, 35: 353-364
- [5] Jaffal, I., Ouldboukhite, S. ve Belarbi, R. (2012). "A comprehensive study of the impact of green roofs on buildingenergy performance", Renewable Energy, 33: 157-164
- [6] Spalaa, A., Bagiorgasa, H. S., Assimakopoulosb, M. N., Kalavrouziotisa,J., Matthopoulousa, D. ve Mihalakakoua, G. (2008). "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
- [7] Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A. ve Mihalakakou, G. (2001). "Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance", Energy and Building, 33: 719-729.
- [8] Türkeri, N., Altun, M. C. ve Göçer, C., (2001). "İstanbul'da Mevcut Çatı Sistemi ile Bitkilendirilmiş Çatı Sistemi Isıl Performanslarının Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi", Megaron, 6 (1): 21-29.
- [9] Türkeri, N., Göçer, C. ve Altun, M. C. (2010). "Bitkilendirilmiş Çatı Sistemi Performansının Deneysel Değerlendirilmesi", 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, İzmir, 2-7.
- [10] Lanham, J. (2007). Thermal Performance of Green Roofs in Cold Climates, Licentiate Thesis, Queen University, Kingston

- [11] Clark, C. E. (2008). Energy Emissions Mitigation Using Green Roofs, Phd Thesis, Michigan University, Michigan
- [12] Simmons, M. J. (2006). An investigation of the role of Municipalities in Implementing Green Roof Technology in Kingston and Halifax, Licentiate Thesis, Queen University, Kingston, 100-102.
- [13] Yick Ting Au, A. (2003). A Planning Tool of Urban Green Roofs, Licentiate Thesis, Ryerson University, Toronto, 113-117.
- [14] Bliss, J. D. (2004). Stormwater Runoff Mitigation and Water Quality Improvements Through The Use Of a Green Roof in Pittsburgh, Licentiate Thesis, Pittsburgh University, 188-207
- [15] Getter, K. L., Rowe, D. B. ve Andresen, J. A. (2007). "Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention" Ecological Engineering, 31: 225-231
- [16] Liu, K. (2004). Sustainable Building Envelope -Garden Roof Sistem Performance, NRC-CNRC, RCI Building Envelope Symposium, 4-5 November 2004, 1-14, New Orleans
- [17] Uçurum, E. (2007). Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Tokaç, T. (2009). Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri İçin Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [19] Ekşi, M. (2006). Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yeni Yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [20] Köylü, P. (1997). Roof Gardening in Cities: Suggestions for Ankara, Licentiate Thesis, The Institute of Fine Arts of Bilkent University, Ankara
- [21] Erbaş, M. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarımının Etkili Elemanlarından Olan Yeşil Çatıların Dünya ve Ülkemiz Örnekleri Üzerinden Bir İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [22] Kınalı, M. (2013). Farklı İklim Bölgelerindeki Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Bina Isıtma ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara
- [23] Erkul, E. (2012). Yeşil Çatı Sistemlerinin Yapım Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, İzmir.
- [24] Tohum, N. (2011). Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak "Yeşil Çatılar", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul
- [25] Osmundson, T.F., (1999), Roof Gardens: History, Design and Construction, Norton Company, New York

- [26] Forbes, D. J. (2010). An Analysis of Municipal Tools For Promoting Green Roof Technology into Dense Urban Development, The Degree of Master of Arts, Tufts University, Urban and Environmental Policy and Planning.
- [27] Mentens, J., Taes, D. ve Hermy, M. (2006). " Green Roofs As A Tool For SolvingThe Rainwater Runoff Problem In The Urbanized 21st Century?", Landscape and Urban Planning, 77: 217-226 .
- [28] Pehlevan, A., Yaşar, Y. ve Maçka, S. (2010). Bitkilendirilmiş Çatılar: Yeşil Çatılar, Çatı Bahçeleri. Arredamento Mimarlık, 2010/06: 114-124
- [29] Miller, J. L. (2008). Green Roof Policy: A Sustainable Space to Grow?, Master Thesis, Master of Arts, Urban and Environmental Policy and Planning, Boston, Massachusetts, USA.
- [30] Cunningham, N.R. (2001). Rethinking the Urban Epidermis: A Study of the Viability of Extense Green Roof Systems in the Manitoba Capital with An Emphasis on Regional Case Studies and Stormwater Management, Master of Landscape Architecture, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- [31] Historia Del Arte: Seleccion de Obras de Arte, http://almez.pntic.mec.es/~jmac0005/Bach_Arte/diapositivas_pdf/fotos_egipto/zigurat.html, 25 Mayıs 2014
- [32] Finkel, Irving (1988). The Hanging Gardens of Babylon, In The Seven Wonders of the Ancient World, Edited by Peter Clayton and Martin Price, Routledge, New York
- [33] Dünyanın Yedi Harikası, <http://dunyaninyediharikasi.net/tag/babilin-asma-bahcelerinin-yapilis-nedeni/>, 15 Mayıs 2014
- [34] Kuriositas, Torre Guinigi: The Tower With Oak Trees On The Top, <http://www.kuriositas.com/2013/01/torre-guinigi-tower-with-oak-trees-on.html>, 2 Haziran 2014
- [35] Green Roofs for Healthy Cities, 2006: Green Roof Design 101: Introductory Course, 2nd Edition – Participant’s Manual, San Fransisco, CA.
- [36] Magill, J. (2011). A "History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research". Master of Science Degree, Department of Plant, Soil and Agricultural Systems in The Graduate School, Southern Illinois University Carbondale
- [37] 123rf, Stock Photo: Traditional Viking House in the North Of Norway, http://www.123rf.com/photo_3269650_traditional-viking-house-in-the-north-of-norway.html, 23 Haziran 2014
- [38] Dreamstime, Stock Photo: Iceland Vidimyri Turf Church, <http://www.dreamstime.com/stock-photo-iceland-vidimyri-turf-church-image16524170>, 1 Haziran 2014
- [39] Dunnett, N. ve Kingsbury, N. (2008). Planting Green Roofs and Living Walls (Second Printing), Portland, London: Timber Press Inc.

- [40] Mary Ann Sullivan, Bluffton University: Poissy, France, <http://www.bluffton.edu/~sullivanm/france/poissy/savoye/corbu8.html>, 18 Nisan 2014
- [41] Başka Tasarım, <http://baskatasarim.blogspot.com.tr/2011/10/peter-vetschintoprak-evleri.html>, 17 Mayıs 2014
- [42] Werthmann, C (2007). Green Roof – A Case Study: Michael Van Valkenburgh Associates' Design For The Headquarters of The American Society of Landscape Architects, Princeton Architectural Press, New York.
- [43] Rumble Pie: A Deep Ecology Blog, <http://www.davidsheen.com/rumblepie/7.htm>, 8 Mayıs 2014
- [44] Snodgrass, E.C. ve Snodgrass, L.L. (2006). Green Roof Plants – A Resource and Planting Guide, Portland, Oregon: Timber Press Inc.
- [45] Dinsdale, S., Pearen, B. ve Wilson, C. (2006). "Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus", Queen's Physical Plant Services
- [46] Wheeler, T., Osborne, J., O'Hearn, M., James, C., Kim, S. ve Mentink, J. (2010). Sydney City Council Green Roof Resource Manual, <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/environment/documents/greenroofresourcesmanualfullversion.pdf>, 18 Haziran 2014
- [47] Yüksel, Ü. D. (2005). "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
- [48] Koç, Y. ve Gültekin, A. B. (2010). "Yeşil Çatılar ve Türkiye'deki Uygulamaları", 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, İzmir
- [49] Mentens, J., Taes, D. ve Hermy, M. (2006). "Green Roofs As A Tool For Solving The Rainwater Runoff Problem In The Urbanized 21st Century?", Landscape and Urban Planning, 77: 217-226.
- [50] Hui, S. C. M. (2009). "Green Roof Systems and Technology", ASHRAE-HKC / CIBSE-HKB / HKIE-BSD Joint Function Talk
- [51] Getter, K.L. (2006). "Extensive Green Roofs: Plant Evaluations and The Effect of Slope on Stormwater Retention", The Degree of Master of Science, Michigan State University, Department of Horticulture
- [52] Torres, S.L.S. (2010). "Investigating Crumb Rubber Amendments for Extensive Green Roof Substrates", The Degree of Masters in Science, Collegepark: The Faculty of the Graduate School of The University of Maryland
- [53] Thomas, M & R. (2003). Green Roofs for Sustainable Cities. Standing Committee on Environment and Heritage House of Representatives Parliament of Australia. Civil Engineering & Design, [http://urbanworkbench.com/files/Green Roofs for Sustainable Cities 31-10-03.pdf](http://urbanworkbench.com/files/Green%20Roofs%20for%20Sustainable%20Cities%2031-10-03.pdf), 15 Temmuz 2014

- [54] Kabuloğlu Karaosman, S. (b.t). Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi. Çevre Çözümlemesi ve Denetimi Bilim Dalı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_9.pdf, 25 Temmuz 2014
- [55] Tolderlund, L. (2010). Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West. City and County of Denver, Environmental Protection Agency Region 8 Urban Drainage and Flood Control District, Colorado State University.
- [56] Peck, S. ve Kuhn, M. (b.t.) Design Guidelines for Green Roofs, <http://www.cmhc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/loader.cfm?url=/commonspot/security/getfile.cfm&PageID=70146>, 06 Temmuz 2014
- [57] Learned, K. (2008). Green Roofs: Policies, Incentives and Recommendations for Calgary, Master's Degree Project, Master of Environmental Design, Planning, The University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.
- [58] Alcazar, S. S. (2004). Greening The Dwelling: A Life Cycle Energy Analysis of Green Roofs in Residential Buildings. The Degree of Master of Science, University of Toronto, Graduate Department of Civil Engineering, Toronto.
- [59] Green Roofs-Benefits and Cost Implications (2004).In Association with ecologyconsultancy., Groundwork Birmingham & Solihull, <http://www.sustainableeastside.net/Green%20Roofs%20Report%202.07.05.pdf>, 1 Ağustos 2014
- [60] Dinsdale, S., Pearen, B. ve Wilson, C.(2006). "Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus", Queen's Physical Plant Services, 9-12
- [61] Yüceer, N. (2010). "Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Bina Tasarımı", Mimarlık, 355: 38-43
- [62] Weiler, S.K. ve Scholz-Barth, K. (2009). Green Roof Systems – A Guide to the Planning, Design and Construction of Landscape Over Structure, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [63] Lennep, E.V. ve Finn, S. (2008). Green Roofs Over Dublin; A Green Roof Policy Guidance Paper for Dublin.,<http://www.dublincity.ie/WaterWasteEnvironment/WasteWater/Documents/DCC%20Green%20Roof%20Draft%20Guidelines%20%28Sept%202008%29.pdf>, 6 Haziran 2014
- [64] Velazquez, S. L. (2005). Organic Greenroof Architecture: Design Considerations and System Components; Growing a new Roof- Sustainably. Wiley Periodicals, Inc.,http://www.greenroofs.com/pdfs/news-EQM_VelazquezPart2.pdf, 14 Mayıs 2014
- [65] Ting Au, A.Y. (2007). A Planning Tool of Urban Greenroofs. The Degree of Master of Applied Science, Environmental Applied Science and Management. Ryerson University, Toronto, Ontario, Canada

- [66] Waldbaum, H. (2008). Green Roofs for Urban Agriculture. Dagenham: University of East London, School of Computing and Technology, MSc Architecture: Advanced Environmental and Energy Studies.
- [67] Zion, R. L. (1968). Rooftop Planning Espalier and Other Special Effects. Trees for Architecture and the Landscape, Van Nostrand Reinhold Company, New York
- [68] Cooperative Extension, University of Delaware: Green Roofs,<http://extension.udel.edu/factsheet/green-roofs/>, 03 Temmuz 2014
- [69] Aco, Product: Green Roof Drainage,<http://www.aco.in/green-roof-drainage.html>, 06 Mayıs 2014
- [70] Archiexpo, The Online Architecture and Design Exhibition: studded drainage membrane/green roof drainage,<http://www.archiexpo.com/prod/geoplast/studded-drainage-membranes-green-roof-drainage-55873-873000.html>, 13 Mayıs 2014
- [71] Cantor, S.L. (2008). Green Roofs in Sustainable Landscape Design, Newyork: W.W. Norton & Company, Inc.
- [72] Martin, B.K. (2008). The Dynamic Stormwater Response of a Green Roof. Canada: Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph, The Degree of Master of Landscape Architecture.
- [73] Bousselot, J. M. (2010). Extensive Green Roofs in Colorado: Plant Species Performance, Growing Media Modifications, and Species Response to Growing Media Dry Down, The Degree of Doctor of Philosophy, Department of Horticulture and Landscape Architecture, Colorado State University, USA
- [74] Globegazette, Central Park Dentistry gets 'green' roof,http://globegazette.com/news/central-park-dentistry-gets-green-roof/article_3da31982-e3e0-11e0-9253-001cc4c03286.html, 12 Mayıs 2014
- [75] Fisher, D. (2007). Productive Rooftop. The Degree of Master of Landscape Architecture, University of Manitoba, Department of Landscape Architecture, Winnipeg, Manitoba
- [76] Vegetal I.D.,Bringing Nature Back to the City,<http://www.vegetalid.us/green-roof-systems/hydropack-green-roof-system>, 9 Mayıs 2014
- [77] Luckett, K. (2009). Green Roof Construction and Maintenance – A Green Source Book, The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [78] Archdaily, California Academy of Sciences/Renzo Piano,<http://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano/>, 12 Mayıs 2014
- [79] GAB, Green Architecture and Building Report,<http://www.gabreport.com/2011/02/cradle-to-cradle-and-beyond>, 19 Mayıs 2014

- [80] Greenroofs, The Green roof and Greenwall Projects Database: ACROS Fukuoka Prefectural International Hall, <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=476>., 20 Mayıs 2014
- [81] Yapı Güncesi, <http://yapiguncesi.blogspot.com.tr/2011/04/dort-duvar-mimarisine-kars-durus-vetsch.html>, 12 Mayıs 2014
- [82] Gault, M. (2009). Acros Fukuoka's Step Garden., http://www.greendesignetc.net/Nature_09/Nature_Gault_Meili_pres.pdf., 15 Ağustos 2014
- [83] Hake, A. (2007). Promoting Sustainable Green Roofs Through Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Manhattan, Kansas: Kansas State University, Department of Landscape Architecture, Regional and Community Planning, College of Architecture, Planning and Design, The Degree of Master of Landscape Architecture.
- [84] Paladino ve Company, Inc. (2006). King County Green Roof Case Study Report, http://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/@sustainableblding/documents/web_informational/dpdp_020117.pdf., 10 Haziran 2014
- [85] Garrison, N., Horowitz, C. (2012). "Looking Up: How Green Roofs and Cool Roofs Can Reduce Energy Use, Address Climate Change and Protect Water Resources in Southern California", NRDC Report R:12-06-B: 19- 20
- [86] Hemstuck, B. (2010). Living Roof Case Study; Vancouver Convention Centre. SAB Mag (Sustainable Architecture & Building Magazine), <http://www.sabmagazine.com/blog/2010/03/11/21-living-roof-case-study/>., 15 Ağustos 2014
- [87] Sev, A. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 196-197.
- [88] Koç, N. ve Güneş, G. (1998). "Çatı Bahçeleri Düzenlemesine İlişkin Teknik Özellikler ve Donanımlar", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt:4, sayı:1-2: 501-512.
- [89] Aslanboğa, İ. (1988). Ege Bölgesi İklim Koşullarında Çatı Bahçesi Yapımında Kullanılabilecek Yapısal ve Bitkisel Materyalin Seçimi Üzerine Araştırmalar. Bilgehan Basımevi, İzmir.
- [90] Türkiye'nin İklim Değişikliğinin Etkilerine Maruz Kalma Potansiyeli ve Uyum İhtiyacı, http://topraksuenerji.org/Turkey_needs_to_adapt_to_the_Climate_change.pdf, 14 Ağustos 2014
- [91] Karaca, M., Tayanç, M. ve Toros, M. (1995). Effects of urbanization on climate of Istanbul and Ankara, Atmospheric Environment 29, 23: 3411-3421; Karaca, M., Anteplioğlu, Ü., Karsan, H. (1995). Detection of urban heat island in Istanbul, Turkey, Il Nuovo Cimento 18, 1: 49-55; Karaca, M., Tayanç, M. (1998). Urbanization effects on the regional climate in Turkey, Proceedings of Second European Climate Conference, 18-23 October 1998, Vienna; Tayanç, M., Karaca, M., Yenigün, O. (1997). Annual and seasonal air temperature trend patterns of climate change and urbanization effects in relation with air

- pollutants in Turkey, Journal of Geophysical Research 102 D2: 1909-1919;
Tayanç, M., Toros, H. (1997). Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey, Climatic Change 35: 501-524.
- [92] Şen, O. (2013). "Bunaltan havaların nedeni gökdelenler", röportaj, erişim,<http://www.iha.com.tr/haber-prof-dr-orhan-sen-bunaltan-havalarin-nedeni-gokdelenler-gundem-294015/>, 3 Ağustos 2014
- [93] Güneş, G. (1996). Ankara Kenti Ekolojik Koşullarında Çatı Bahçesi Düzenleme İlkeleri, yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ankara
- [94] Mesa Mesken,<http://www.mesagrup.com/tr/proje/gunes-sitesi-apartman-ve-villalar>, 18 Ağustos 2014
- [95] Frej, A.B., 2005: Green Office Buildings, A Practical Guide to Development, Urban Land Institute, Washington, D.C.
- [96] Kats, G. ve Capital E., 2003: The Cost And Financial Benefits Of Green Building, A Building to California's Sustainable Building Task Force,<http://www.cap-e.com/ewebeditpro/items/O59F3259.pdf>, 3 Haziran 2014
- [97] Şenol, S. (2009). Gayrimenkul Geliştirme Sürecinde Yeşil Binaların Sürdürülebilirlik Kriterleri Açısından İncelenmesi, yüksek lisans tezi, İTÜ, Gayrimenkul Geliştirme Abd., İstanbul
- [98] Özdemir ve Altun. (2010). Bitkilendirilmiş Çatı Sistemi Tasarımı İçin Bir Kontrol Listesi Önerisi", 5.Ulusal Çatı&Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca, İzmir
- [99] Ayçam İ. ve Kınalı M. (2013). Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Isıtma Ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin Analizi, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, İzmir
- [100] Raf Ürün Dergisi,http://v1.raf.com.tr/urun_1786_delta%C2%AE-floraxx-yesil-cati-sistemi-.html, 14 Temmuz 2014
- [101] Baştanoğlu, A., Çolakoğlu, K., Selçuk, CT. ve Bonfil, J., (2006). Eğimli Çatılarda Nihai Çatı Kaplama Malzemeleri 2005 Yılı Sektör Büyüklüğü Araştırması, 3. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Doğa Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 39-44.
- [102] Enerji Verimliliği Kanunu, <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502.htm>, 04 Ekim 2014
- [103] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205.htm>, 20 Temmuz 2014
- [104] Uluatam, E. (2010). Yenilenebilir Enerji Teşvikleri, Ekonomik Forum, Ekim 2010,

- <http://www.tobb.org.tr/AvrupaBirligiDairesi/Dokumanlar/Raporlar/YenilenebilirEnerjiTevsikleri.pdf>, 12 Ekim 2014
- [105] Hien, W.N., Yok, T.P. ve Yu, C., (2007), "Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate", Building and Environment, 42: 25-54.
- [2] Mimari Medya, <http://www.mimarimedya.com/japonya-osakadaki-cati-bahceleri/>, 15 Ekim 2014
- [107] Peyzaj Adresim, <http://www.peyzajadresim.com/blog/posts/peyzaj-projeleri-konut-peyzaji-macallen-binasi/>, 15 Ekim 2014
- [108] Arkiv, <http://www.arkiv.com.tr/proje/one--ortakoy/631>, 08 Ekim 2014
- [109] Arkiv, <http://www.arkiv.com.tr/proje/otizmli-cocuklar-egitim-merkezi/2872>, 08 Ekim 2014
- [110] 3M+ Tasarım, <http://www.3mtasarim.com/projeler/otizm.html>, 08 Ekim 2014
- [111] Çakıroğlu, T. (2008). "Bir Keyiftir Ev Yapmak", Ege Mimarlık, 67: 42-47.
- [112] Arkiv, <http://www.arkiv.com.tr/proje/kucukcekmece-belediyesi-yeni-hizmet-binasi/2351>, 08 Ekim 2014
- [113] Tunbiş, M. (1987). "Çatı Bahçeleri", Journal of the Faculty of Forestry, 103-116
- [114] Arup Associates, <http://www.arupassociates.com/en/projects/gateway-house-1/>, 12 Ekim 2014

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yanar KAYMAK
Doğum Tarihi ve Yeri : 20.08.1986 KUMLUCA
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yanarkaymak@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	Kocaeli Üniversitesi	2009
Lise	-	Antalya Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012	Yanar Mimarlık	Mimar
2009	AE Mimarlık Atölyesi	Mimar

