

T.C.
MALTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

**YEŞİL ÇATILAR VE DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLERİN ENERJİ
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Öğrenci Adı
Sanem KIRŞAN**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Demet IRKLI ERYILDIZ**

İSTANBUL – 2015

T.C.
MALTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

**YEŞİL ÇATILAR VE DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLERİN ENERJİ
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Öğrenci Adı
Sanem KIRŞAN**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Demet IRKLI ERYILDIZ**

İSTANBUL – 2015

Bu tez çalışması, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/06/2015 tarih ve 2015/14 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *Mimarlık Yüksek Lisans Tezi* olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ



Prof. Dr. Demet Irklı ERYILDIZ

Danışman



Prof. Dr. Tülin GÖRGÜLÜ

Üye



Yrd. Doç. Dr. Esra SAKINÇ

Üye

ÖZET

Çevre kirliliği ve küresel ısınmanın da neden olduğu sorunlar her geçen gün kentsel yaşamdaki etkisini arttırmaktadır. Çözüm arayışında, çevreye duyarlı ve enerji etkin tasarımlar geliştirmek üzere bazı sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerden önerilen seçeneklerden, yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler tez kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışmada amaçlanan, bu sistemlerin uygulandığı binadaki ısıtma ve soğutma yüklerine, enerji tüketimine olan etkisini araştırmak ve sağladığı fayda ve zararları analizler ile ortaya koyarak, tasarımcı, yüklenici ve kullanıcılar için bir rehber oluşturmaktır.

Bu amaçla tez kapsamında; yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler tanıtılmakta, sağladığı yararlar, sınıflandırmaları, katmanlaşma modelleri ve kullanılan malzemeler ile bileşenler detaylı olarak anlatılmakta, uygulanmış örnekler verilmekte, sistemlerin enerji etkin tasarımında etkili parametrelere değinilmekte ve referans bir mahal için oluşturulan seçeneklerin BIM sistemi yardımıyla enerji analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isıtma Yükleri, Soğutma Yükleri, Revit Enerji Analizi, BIM, Enerji Etkin Tasarım

ABSTRACT

Problems caused by environmental pollution and climate change are increasing their influence on urban life every day. In search for solutions, some systems have been developed in order to promote environmentally friendly and energy efficient design. These systems have been assessed and green roofs and vertical green systems have been chosen as a result. The aim of this study is to research heating and cooling loads these systems add to the building and their impact on energy consumption, as well as to analyse their advantages and disadvantages and present a guide to designers, contractors and users.

In this purpose green roofs and vertical green systems are introduced, their benefits, classifications, system detail and materials are described in detail. In addition to that, applied examples and the parameters which help the energy consumption to be effective are given. Chosen systems are applied to a reference space with the help of BIM process and results of energy analysis are evaluated.

Keywords: Heating Loads, Cooling Loads, Energy Analysis on Revit, BIM, Energy Efficient Design

ÖNSÖZ

Tez çalışmam ve yüksek lisans hayatım boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Demet IRKLI ERYILDIZ'a ve tez çalışmam boyunca her zaman yanımda olup desteklerini esirgemeyerek beni motive eden Sayın Seyit KAPLAN'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca tüm hayatım boyunca yanımda olup beni bugünlere getiren aileme ve her zaman yanımda olan değerli eşime teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz 2015

Sanem KIRŞAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
KISALTMA LİSTESİ.....	xvi
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	1
1.2. İçerik	2
1.3. Yöntem.....	3
1.4. Literatür Özeti	4
2. YEŞİL ÇATILAR VE DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLER	7
2.1. Yeşil Çatılar	7
2.1.1. Tanımlar	7
2.1.1.1. Eko-çatı ve yaşayan çatı.....	7
2.1.1.2. Çatı bahçesi	8
2.1.2. Yeşil çatı.....	8
2.1.3. Yeşil çatıların bitkilendirilme durumuna göre sınıflandırılması.....	10
2.1.3.1. Seyrek bitkilendirilmiş (ekstansif) yeşil çatı sistemleri	11
2.1.3.2. Yoğun bitkilendirilmiş (intansif) yeşil çatı sistemleri.....	13

2.1.3.3. Yarı yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatılar	16
2.1.4. Yeşil çatı sistemlerinin karşılaştırılması	17
2.2. Düşey Yeşil Sistemler	17
2.2.1. Tanımlar	17
2.2.2. Düşey yeşil sistemlerinin sınıflandırılması	18
2.2.2.1. Yeşil cepheler	18
2.2.2.2. Bitkilenmiş duvarlar	20
2.2.2.3. Yaşayan duvarlar	21
2.3. Yeşil Çatılar Ve Düşey Yeşil Sistemlerin Ekolojik Bağlamda Değerlendirilmesi	23
2.3.1. Habitat ve biyolojik çeşitliliğin korunması	23
2.3.2. Kent ısı adalarının etkilerinin azaltılması	24
2.3.3. Enerji verimliliği ve soğutma etkisi	25
2.3.4. Soğutan rüzgârı azaltma etkisi	25
2.3.5. Hava kalitesini iyileştirme etkisi; havadan savrulan partiküllerin filtre edilmesi	26
2.3.6. Karbondioksit ve oksijenin karşılıklı değişimi	26
2.3.7. Gürültü azaltıcı etkisi	26
2.3.8. Yağmur suyuna etkisi	27
2.3.9. Yeşil çatıların çatı membranının kullanım ömrüne etkisi	28
2.3.10. Enerji verimliliğini artırması	28
2.3.11. Diğer etkileri	29
2.4. Uygulanmış Yeşil Çatı Ve Yeşil Düşey Sistem Örnekleri	29
2.4.1. Dokuz ev, İsviçre	29
2.4.2. Otel Ushuaia, İspanya	30
2.4.3. Acros Fukuoka binası, Japonya	31

2.4.4. Casa Vallarta, Meksika	35
2.4.5. Kaiser İş Merkezi, California	36
2.4.6. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye	39
2.4.7. Turkcell Ar-Ge binası, Türkiye	41
2.4.8. California Müzesi, San Francisco	43
2.4.9. Pekin Havalimanı, Çin	46
2.4.10. Havacılık Kültür Merkezi, Barselona	48
2.5. Bölüm Sonucu	49
3. DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLER VE YEŞİL ÇATILARIN ENERJİ ETKİN TASARIMINDA ETKİLİ PARAMETRELER	50
3.1. İklima İlişkin Parametreler	50
3.2. Cepheye ve Çatıya İlişkin Parametreler	52
3.3 Bölüm Sonucu	57
4. DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLER VE YEŞİL ÇATILARIN ENERJİ PERFORMANSLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	58
4.1. Yapı Bilgi Sistemi (BIM) Ve Revit	58
4.2. Uygulama	63
4.2.1. Uygulanacak mahal modelinin belirlenmesi	64
4.2.2. Seçeneklerin oluşturulması ve parametrelerin Revit'e tanıtılması	69
4.2.2.1. Yeşil Çatı Etkinliği	71
4.2.2.2. Yeşil Duvar Etkinliği	71
4.2.2.3. Yeşil Çatı Ve Yeşil Duvar Etkinliği	72
4.2.3. Seçenekler için ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması	72
4.2.4. Seçeneklerin toplam enerji yüklerinin hesaplanması	75
4.3. Bölüm Sonucu	77
5. Değerlendirme ve Sonuç	79

KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	98
EKLER.....	99

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Yüksek lisans tezinin akış şeması	3
Şekil 2.1. Çatı bahçesi örneği	8
Şekil 2.2. Walter Reed Toplum Merkezi, Arlington	9
Şekil 2.3. Casa Bautrager, Linz, Avusturya	9
Şekil 2.4. Dubai’de bir yeşil çatı projesi	10
Şekil 2.5. Wellnes Center, Pensilvanya, Van Der Ryan	11
Şekil 2.6. Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı profili	12
Şekil 2.7. Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı örneği, New York	12
Şekil 2.8. Yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatı profili	14
Şekil 2.9. Yoğun bitkilendirilmiş bir yeşil çatı örneği, Almanya’da bir konut yapı kompleksi	15
Şekil 2.10. ASLA yeşil çatısı	16
Şekil 2.11. Yeşil çatı çeşitlerinin karşılaştırılması	17
Şekil 2.12. Duvara temas eden ve etmeyen toprakta yetişen yeşil cepheler	19
Şekil 2.13. Duvara temas eden ve etmeyen saksıda yetişen yeşil sistemler	20
Şekil 2.14. Doğal ve bitkilenmeye uygun ön üretimle paneller ile oluşturulan bitkilenmiş duvarlar	21
Şekil 2.15. Ön üretimli yaşayan duvarlar	22
Şekil 2.16. Yerinde yapım yaşayan duvarlar (keçe katmanlı)	23
Şekil 2.17. Ford Motor Company River Rouge Plant yeşil çatısı	24
Şekil 2.18. Kent ısı ada etkisi	25
Şekil 2.19. Geleneksel çatı ve yeşil çatı yağmur suyu akış kıyaslaması	27

Şekil 2.20. Ultra viyole ışınları absorbe edilmekte	28
Şekil 2.21. Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemlerin diğer etkileri	29
Şekil 2.22. Dokuz Ev perspektif	30
Şekil 2.23. Dokuz Ev görünüş	30
Şekil 2.24. Perspektif duvar görünümü	31
Şekil 2.25. Otel duvarları ve aydınlatma ilişkisi	31
Şekil 2.26. Acros binası parktan görünüşü	32
Şekil 2.27. Acros binası tepeden görünüm	33
Şekil 2.28. Acros binası, Japonya	34
Şekil 2.29. Casa Vallarta, Meksika	35
Şekil 2.30. Casa Vallarta yağmur suyu dağılımı	36
Şekil 2.31. Casa Vallarta, Meksika	36
Şekil 2.32. Kaiser İş Merkezi tepeden görünüm	37
Şekil 2.33. Kaiser İş Merkezi yeşil çatı	37
Şekil 2.34. Kaiser İş Merkezi cephe	38
Şekil 2.35. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye	39
Şekil 2.36. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye	39
Şekil 2.37. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye	40
Şekil 2.38. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye	40
Şekil 2.39. Turkcell Ar-Ge binası	41
Şekil 2.40. Turkcell Ar-Ge binası	42
Şekil 2.41. California Müzesi, San Francisco	43
Şekil 2.42. California Müzesi, San Francisco	43
Şekil 2.43. California Müzesi, San Francisco	44
Şekil 2.44. California Müzesi, San Francisco	45
Şekil 2.45. California Müzesi eskizleri	45

Şekil 2.46. California Müzesi eskizleri	45
Şekil 2.47. Pekin Havalimanı üstten görünüm	46
Şekil 2.48. Pekin Havalimanı, Çin	46
Şekil 2.49. Pekin Havalimanı, Çin	47
Şekil 2.50. Pekin Havalimanı vaziyet planı	47
Şekil 2.51. Havacılık Kültür Merkezi, Barselona	48
Şekil 4.1. Yapı Bilgi Sistemi şematik gösterimi	59
Şekil 4.2. Yapı bilgi sistemi	60
Şekil 4.3. BIM kullanmanın faydaları	61
Şekil 4.4. Tasarım ve gerçek görüntü	61
Şekil 4.5. Uygulanacak mahal planı (10x10m=100m ²) ve kesiti.....	64
Şekil 4.6. Türkiye'deki derece gün bölgelerine göre illerimiz	65
Şekil 4.7. Programa işlenen Ankara şehrinin iklim verileri.....	65
Şekil 4.8. Ankara ilinin yıllık nem dağılımı.....	66
Şekil 4.9. Ankara ilinin aylık sıcaklık tablosu	66
Şekil 4.10. Modele işlenmiş normal duvar bileşenleri.....	67
Şekil 4.11. Modele işlenmiş yeşil duvar bileşenleri.....	67
Şekil 4.12. Modele işlenmiş zemine oturan döşeme bileşenleri	67
Şekil 4.13. Modele işlenmiş normal çatı bileşenleri	68
Şekil 4.14. Modele işlenmiş yeşil çatı bileşenleri	68
Şekil 4.15. Revit programında kullanılan analiz seçenekleri.....	70
Şekil 4.16. Yeşil çatı analiz seçeneği.....	71
Şekil 4.17. Yeşil duvar analiz seçeneği.....	71
Şekil 4.18. Yeşil çatı – yeşil duvar analiz seçeneği	72
Şekil 5.1. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Normal Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık yakıt tüketimi oranları	86

Şekil 5.2. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Normal Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık elektrik tüketimi tepe noktaları	86
Şekil 5.3. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Normal Duvar seçeneğinin aylık yakıt tüketimi oranları	87
Şekil 5.4. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Normal Duvar seçeneğinin aylık elektrik tüketimi tepe noktaları	87
Şekil 5.5. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık yakıt tüketimi oranları	88
Şekil 5.6. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık elektrik tüketimi tepe noktaları	88
Şekil 5.7. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Normal Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetleri.....	89
Şekil 5.8 Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Normal Duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetleri.....	89
Şekil 5.9. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetleri.....	90
EK-A Normal Çatı – Normal Duvar seçeneğinin enerji analizleri	99
EK-B Normal Çatı – Normal Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri	107
EK-C Normal Çatı – Yeşil Duvar enerji analizleri	110
EK-D Normal Çatı – Yeşil Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri.....	118
EK-E Yeşil Çatı – Normal Duvar enerji analizleri	121
EK-F Yeşil Çatı – Normal Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri.....	129
EK-G Yeşil Çatı – Yeşil Duvar enerji analizleri.....	132
EK-H Yeşil Çatı – Yeşil Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri.....	140

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1. Enerji etkin tasarımında iklime ilişkin parametreler.....	51
Çizelge 3.2. Enerji etkin tasarımında cepheye ve çatıya ilişkin parametreler	56
Çizelge 4.1. Hesaplanan yalıtım malzemesi kalınlıkları	69
Çizelge 4.2. Ankara şehrinde hesaplanan ısıl geçirgenlik katsayıları	69
Çizelge 4.3. Oluşturulan seçenekler için ısıtma ve soğutma yüklerinin maksimum seviyede olduğu değerler.....	73
Çizelge 4.4.Oluşturulan seçenekler için incelenen soğutma bileşenleri	74
Çizelge 4.5. Oluşturulan seçenekler için incelenen ısıtma bileşenleri	74
Çizelge 4.6. Yeşil çatının normal çatıya ve yeşil duvarın normal duvara göre ısıtma ve soğutmaya etkileri	75
Çizelge 4.7. 30 sene için bulunan tüketim değerleri ve maliyetleri	75
Çizelge 4.8. Isıtma için harcanan yakıt ve soğutma için harcanan elektrik oranları..	76
Çizelge 4.9. Seçenekler için yıllık enerji kullanımı	77
Çizelge 4.10. Mahal modeline ilişkin genel bilgiler	78
Çizelge 5.1. Enerji etkin tasarımda etkili parametreler.....	80
Çizelge 5.2. Mahal modeline ilişkin genel bilgiler	81
Çizelge 5.3. Oluşturulan 4 seçenek için elde edilen analiz sonuçları	83
Çizelge 5.4. Soğutma ve ısıtma yüklerinin küçükten büyüğe doğru sıralaması	84
Çizelge 5.5. 30 yıl için hesaplanan elektrik tüketimi, yakıt tüketimi ve enerji maliyetlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanması	85
Çizelge 5.6. Oluşturulan 4 seçenek için belirlenen 30 yıllık enerji maliyetleri	91

KISALTMA LİSTESİ

U: Yapı bileşeninin ısı geçirgenlik katsayısı

Ud: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı

Uç: Çatının ısı geçirgenlik katsayısı

Udö: Zemine oturan döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı

NÇ: Normal çatı

ND: Normal duvar

YÇ: Yeşil çatı

YD: Yeşil duvar

TS: Türk standartları

DMİ: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

yy: Yüzyıl

XPS: Extrude polistren köpük

HDPE: Yüksek Yoğunluklu Polietilen (High Density Polyethylene)

HVAC: Isıtma Havalandırma İklimlendirme (Heating Ventilating Air Conditioning)

SEMBOL LİSTESİ

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat derece

kWh : Kilowatt saat

% : yüzde

$^{\circ}\text{K}$: Kelvin derece

m² : Metrekare

W/m²K : Watt metrekare kelvin

dB : Desibel

mm : Milimetre

cm : Santimetre

m : Metre

kg/m² : Kilogram bölü metrekare

kg : Kilogram

kWh/m² : Kilowatt saat bölü metrekare

kg/m³ : Kilogram bölü metreküp

J/kg-K : Joule bölü kilogram kelvin

1. GİRİŞ

Dünyada hızla gelişen ülkelerde kentli nüfusun giderek çoğalması ve kentlerin büyümesi arazilerin değerini daha da artırarak yüksek ve yoğunluklu yapıların inşa edilmesine sebep olmaktadır. Kentlerde yaşanan bu değişim yeşil alan kaybının ve birçok çevre sorununun temel nedeni olarak görülmektedir [1]. Tasarım yapılırken sürdürülebilir ve enerji etkin binalar tasarlamak, bunu yaparken de teknolojik değişim ve gelişimlerden faydalanmak mimarların başlıca görevlerindedir. Düşey yeşil sistemler ve yeşil çatılar Avrupa’da yıllardır uygulanan, çevresel, ekonomik ve sosyal faydaları kanıtlanmış sistemlerdir. Tezde bu sistemlerin ısıtma ve soğutma yüklerine etkisi ve enerji performansları değerlendirilmektedir.

1.1. Tezin Amacı

Çevre kirliliği ve küresel ısınmanın da neden olduğu sorunlar her geçen gün kentsel yaşamdaki etkisini arttırmakta ve büyük sorunlar doğurmaktadır. Bu sorunların çözüm arayışında mimarlara düşen görev büyüktür. Çözüm arayışında, çevreye duyarlı ve enerji etkin tasarımlar geliştirmek üzere bazı sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerden önerilen seçeneklerden, yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler tez kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışmada amaçlanan, bu sistemlerin uygulandığı binadaki ısıtma ve soğutma yüklerine, enerji tüketimine olan etkisini araştırmak ve çıkan sonuçları analizler ile nicel bir şekilde ortaya koyarak değerlendirmektir.

1.2. İçerik

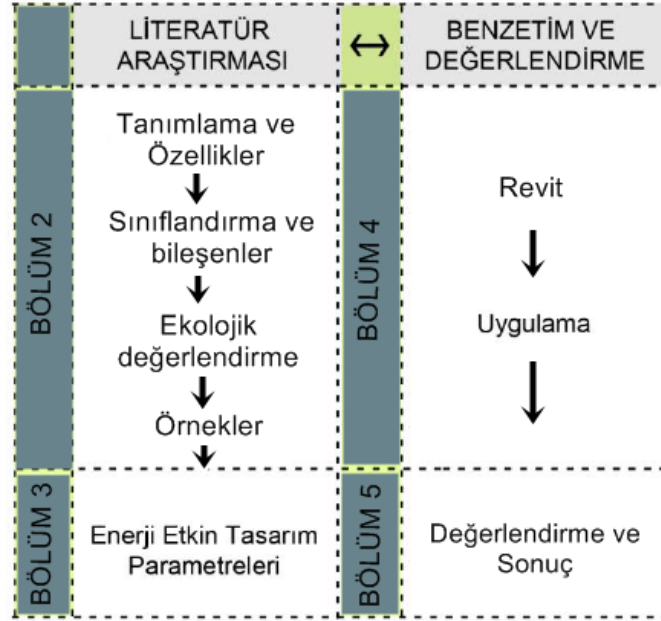
Amaçlandığı gibi bilgi eksikliğini gidermek ve analizlerle bunu kanıtlamak amaçlanan tez kapsamında: Çalışma beş bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde; yapılan çalışmanın amacı, araştırmanın kapsamı, yöntem ve yapılan literatür taraması sonucunda yararlanılan kaynakların zetleri yer almaktadır.

İkinci bölümde; öncelikle yeşil çatı ve düşey yeşil sistemlerin, tanımları ve eşitleri anlatılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu sistemler ekolojik bağlamda değerlendirilmiştir. Bu bölümde son olarak uygulanan düşey yeşil sistem ve yeşil çatı örnekleri incelenmiştir.

Tezin nc bölümünde; düşey yeşil sistemler ve yeşil çatıların enerji etkin tasarımında etkili olan parametreler hakkında genel bir bilgi verildikten sonra, enerji etkin tasarımında çatı ve cepheler değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölümde; ikinci bölümde tanıtılan yeşil çatı ve düşey yeşil sistem tipleri arasından seçilen sistemler benzetim programı kullanılarak, ısıtma soğutma yükleri ve enerji analizleri hesaplamaları yapılarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda kullanılan, günümüzde gün geçtikçe yaygınlaşan BIM platformunda Revit programı tanıtılmakta ve kullanılmaktadır.

Elde edilen sonuçların ortaya konulduğu değerlendirme ve yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler neticesinde sonuç bölümünde; yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemlerin ısıtma soğutma yüklerine etkisi ve enerji performansları ile maliyetleri değerlendirilerek sonuç ve öneriler şeklinde sınırlandırılmıştır. (şekil 1.1)



Şekil 1.1. Yüksek lisans tezinin akış şeması

1.3. Yöntem

Yeşil çatıların ve düşey yeşil sistemlerin ısıtma soğutma yükleri ve enerji etkinliklerinin değerlendirildiği bu çalışmada iki yöntemden yararlanılmıştır. Bunlar;

1. Sistemlerin özelliklerinin, katmanlaşma modellerinin ve malzemelerinin tanıtılması, ekolojik bağlamda değerlendirilmesi ve örneklerin incelenmesi amacıyla literatür çalışması yapılması,
2. Ankara iklim bölgesi için geliştirilen düşey yeşil sistem ve yeşil çatı seçeneklerinin ısıtma soğutma yükleri ve enerji tüketimlerini belirlemek üzere bilgisayar benzetim programı kullanılmasıdır. Bu bağlamda BIM platformunda Revit programı kullanılmış ve uygulama aşamaları aşağıda verilmiştir:
 - Uygulanacak mahal modelinin belirlenmesi
 - Seçeneklerin oluşturulması ve parametrelerin Revit'e tanıtılması
 - Seçenekler için ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması
 - Seçeneklerin toplam enerji yüklerinin hesaplanması

1.4. Literatür Özeti

Bu çalışmanın ilk aşamasında literatür taraması yapılmıştır. Yapılan tez çalışmaları ve araştırmalar incelenmiş, internet ortamından da yararlanılmıştır. Aynı zamanda ülkemizdeki bazı yeşil çatı ve düşey yeşil sistemi örneklerine sahip yapılarda yerinde incelenmiştir. Çalışma kapsamında ulaşılan bilgiler analiz edilerek belirli bir kurgu içerisinde sentezlenmiş ve örneklerle birlikte değerlendirme yapılmıştır. Literatür özetinde yararlanılan kaynakların bazıları aşağıdaki gibidir:

Gül Koçlar Oral tarafından 2007 yılında “Sağlıklı binalar için enerji verimliliği ve ısı yalıtımı, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildirileri” isimli kongrede yaptığı incelemede bir bina için duvar yalıtım kalınlık değerleri, cam tipleri ve ısı geçirgenlik katsayılarının maliyet açısından verdiği sonuçları değerlendirmiştir. Bunun yanı sıra enerji verimliliğini artırıcı önlemler ve iyileştirmelerden de söz etmiştir.

Nurdil Eskin ve Hamdi Türkmen tarafından, 2008 yılında yapılan “Analysis of annual heating and cooling energy requirements for Office buildings in different climates in Turkey, Energy and Buildings” isimli çalışmada, Türkiye’de farklı iklimlerdeki dört bölgeyi baz alarak, bir ofis binasının enerji yüklerini belli parametreler için Energy Plus programı vasıtası ile incelemişlerdir. İncelemenin başlıkları olan parametreler, yalıtım kalınlıkları, cam tipi ve boyutları, dış yüzey boya rengi, gölgelendirme ve havalandırma olarak belirlenmiştir. İnceleme sonucunda, yalıtım kalınlıklarının artmasının, pencere boyutlarının azaltılmasının, düşük yayınlı çift ya da üçlü cam kullanmanın, güneş emilimi düşük renkte boya seçiminin, gölgelendirme elemanının kullanılmasının ve havalandırma miktarının şartlar el verdiği miktarda düşük seçilmesinin enerji tüketiminde önemli miktarda tasarruf sağlayacağı görülmüştür.

Yiqun Pan, Rongxi Yin ve Zhizhong Huang tarafından 2008 yılında yapılan “Energy modeling of two Office buildings with data center for green building design, Energy and Building” isimli çalışmada, bir ofis binası için üç farklı enerji modelinin karşılaştırılması yapılmıştır. Energy Plus programı yardımı ile yapılarak elde edilebilecek tasarruf miktarı ve sonucunda LEED sertifikalandırma sisteminden kazanılabilecek puan miktarını incelemiştir.

Daniel Castro-Lacouture ve diğerleri tarafından 2009 yılında yapılan “Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia, Energy and Buildings” isimli çalışmada, enerji tüketimi düşük yeşil bina oluşumu için gerekli kriterler incelenmiştir. Yapının LEED yeşil bina sertifikalandırma sistemine uygunluğunu sağlayacak optimizasyonları değerlendirmişlerdir. Burada önemli olan detay enerji tüketimini azaltıcı standart verimlilik başlıklarının yanı sıra LEED’in önem verdiği yeşil çatı uygulaması, düşük emisyonlu malzeme kullanımı gibi çevreye zararsız uygulamaların da kullanılabilirliğinin irdelenmesidir.

Nihan Tohum, 2011 yılında tamamladığı “Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak Yeşil Çatılar” başlıklı yüksek lisans tezinde gelişen teknolojiyle ve değişen insan gereksinimleriyle birlikte ortaya çıkan ekolojik sorunlar sonucunda önemli hale gelen sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilir peyzaj tasarımında önemli yere sahip olan yeşil çatıların bağlantısı üzerinde durmuştur. Yeşil çatı tanımlamaları yapılmaya çalışılmış ve yeşil çatı uygulamalarının avantajları sürdürülebilirliğin üç önemli bileşeni olan ekoloji, ekonomi ve toplum çerçevesinde değerlendirilmiştir. Yeşil çatıların geçmişten bugüne çatı bahçelerinden, günümüz yeşil çatı teknolojisi noktasına gelinceye kadar nasıl evrildiği incelenip yeşil çatıların avantajları sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmiştir.

Mine Kınalı tarafından 2013 yılında yazılan “Farklı iklim bölgelerindeki ofis binalarında yeşil çatıların bina ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkilerinin analizi” isimli tez çalışmasında, ofis binalarında teras çatı bileşenlerinde bitkilendirmenin bina ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkisi incelenmiştir.

Bu analiz için Energy Plus simülasyon motoru ile çalışan Design Builder bina enerji simülasyon programı tarafından yapılmıştır. Çalışmanın sıcak ve soğuk olarak iki farklı iklim bölgesini tarifleyen illerde, farklı çatı yüzey alanlarına sahip örnekler üzerinde gerçekleştirilmesi; yeşil çatıların bina enerji performansına etkisini iklim ve çatı yüzey alanı bazında karşılaştırabilmeye olanak sağlamıştır. Tanımlanan yeşil çatı sisteminin verimliliğini değerlendirmek için sistem bileşenlerinden olan bitki taşıyıcı katman kalınlığı ve kullanılan bitki yaprak yüzey alanı gibi kriterleri farklılaştırarak da simülasyonlar yapılmıştır. Çalışma sonuçlarının yeşil çatıların bina enerji performansına etkisinin sıcak iklimlerde ortalama %4,64, soğuk iklimlerde ise %3.01 oranında olması; çatıların sıcak iklimlerde daha iyi performans sergilediğini göstermiştir. Ayrıca bu performansın çatı yüzey alanı ve yaprak yüzey alanı katsayı ile doğru orantılı olup bitki taşıyıcı katman kalınlığı ile ters orantılı olduğu da öne sürülmüştür.

15 - 16 Nisan 2010 tarihinde 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesinde Yrd. Doç. Dr. Füsün Seçer Kariptaş tarafından hazırlanan "Yeşil Çatıların Ekoloji Bağlamında Değerlendirilmesi Ve Turkcell Ar-ge Binası Örneği" yazısında; kentlerde bulunan yeşil alanların, estetik açıdan kente katkıda bulunmasının yanı sıra insan psikolojisinde de dinlendirici ve huzur verici bir etkiye yol açtığından bahsetmiştir. Günümüzde azalan yeşili mimari ölçekte arttırmanın mümkün olduğunu ve yeşil çatıların bu bağlamda kentsel mekânların buluşma noktaları olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra binanın performansını, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştirdiği savunulmuştur.

Çevre çözümlenmesi ve denetimi bilim dalı araştırma görevlisi Dr. Selda Kabuloğlu Karaosman tarafından yazılan "Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi" araştırmasında; bitkilerin ekosistem içindeki yerinin öneminden bahsedilmiştir. Bitkilerin toz gürültü gibi kent sorunlarını azaltmasının yanı sıra insan psikolojisinde de yeşil alanların olumlu etkiler gösterdiği belirtilmiştir. Yeşil çatılar ilave aracı olmaksızın binanın performansını, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştirir, yağmur suyunun yarattığı probleme çözümler üretir. Kent ölçeğinde azalan yeşili binada çözümlenin mümkün olacağı vurgulanmıştır.

2. YEŞİL ÇATILAR VE DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLER

Bu bölümde öncelikle yeşil çatı ve düşey yeşil sistemlerin; tanımları ve çeşitleri anlatılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu sistemler ekolojik bağlamda değerlendirilmiştir. Bu bölümde son olarak uygulanan düşey yeşil sistem ve yeşil çatı örnekleri tetkik edilmiştir.

2.1. Yeşil Çatılar

2.1.1. Tanımlar

Bitkilendirilmiş çatı terimi genel olarak çatıda yapılan yeşil uygulamaların tamamını kapsayan bir kavramdır. Yeşil çatılar yerine kullanılan terimler, eko-çatı (ecorooft), yaşayan çatı (livingroof), çatı bahçesi (rooftgarden) olarak sıralanabilir [4]. Bitkilendirilmiş çatı sistemlerini ayırıcı özellikleriyle tanımlayan ve sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılabilen terimlerdir.

2.1.1.1. Eko-çatı ve yaşayan çatı

Bu sistemler sıcak ya da soğuğa bağlı gibi görünen tam bir mevsim döngüsü ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, eko-çatı ve yaşayan çatı kavramları yaşayan ya da ekolojik bir durumun ifadesi olarak anlaşılmaktadır. Bu iki terim Batı ABD’de kullanılmaktadır [4].

2.1.1.2. Çatı bahçesi

Çatı bahçeleri bina sakinleri için ek bir rekreasyon, açık yaşam alanı olarak kullanılmaktadırlar. Çatı bahçesi tanımı yeşil çatı kavramından oldukça farklıdır. Çatı bahçesi; oturma alanları, bitkiler, pergola ve çardak gibi dış bahçe elemanları ile otomatik aydınlatma ve sulama sistemlerini içerir. Kent içinde azalan yeşil yaşam alanlarının sayısını arttırmak, doğa ve insan arasında bağ kurmak için oluşturulmuşlardır.



Şekil 2.1. Çatı bahçesi örneği [5]

2.1.2. Yeşil çatı

Yeşil çatılar; çatı bahçesinin öncelikli olarak estetik ve rekreasyon alanı olma özelliğinin aksine en ekonomik ve verimli şekilde çatının büyük bir bölümü kaplanacak şekilde oluşturulmasıdır.

Çoğunlukla yeşil çatı terimi; yerel, toplumsal ve çevresel faydaları optimize etmek adına tasarlanmış tüm yüzeyi su geçirmez bir membran ve üzerinde toprak ve bitki örtüsü tabakası kaplanmış çatıları çağrıştırmaktadır [6].



Şekil 2.2. Walter Reed Toplum Merkezi, Arlington [7]

“Yeşil çatılar, basit olarak normalin altındaki ağırlıktaki çevrede yetişen mikroorganizmaların ve bitkilerin yaşayan biyolojik topluluklarıdır.” [8]. Yeşil çatılar; doğal yollarla binanın performansını, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştirir, yağmur suyunun yarattığı problemlere iyileştirici çözümler üretir.



Şekil 2.3. Casa Baurager, Linz, Avusturya [9]

Yeşil çatılar; doğal çevre açısından habitat ve biyolojik çeşitliliğin korunması, kent ısı adalarının etkilerini azaltması, enerji verimliliği ve soğutma etkisi, soğutan rüzgar etkisini azaltması, çevre kalitesinde gürültü azaltıcı etkisi, yağmur suyuna etkisi, çatı membranının kullanım ömrüne katkısı ve rekreasyon ile sağlığa olumlu katkılar sağlamaktadırlar.



Şekil 2.4. Dubai’de bir yeşil çatı projesi [10]

2.1.3. Yeşil çatıların bitkilendirilme durumuna göre sınıflandırılması

Yeşil çatıların bitkilendirilme durumuna göre sınıflandırılması 3 ana başlık altında toplanabilir. Bunlar;

- Seyrek bitkilendirilmiş (ekstansif) yeşil çatı sistemleri
- Yoğun bitkilendirilmiş (intansif) yeşil çatı sistemleri
- Yarı yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatı sistemleridir.

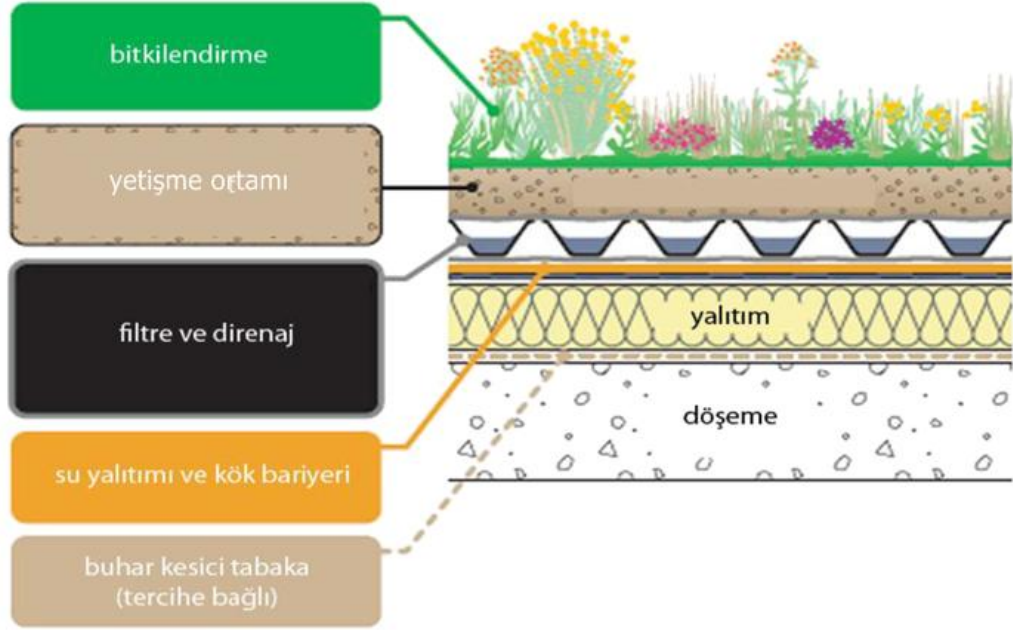
2.1.3.1. Seyrek bitkilendirilmiş (ekstansif) yeşil çatı sistemleri

Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı sistemleri, sulama gerektirmeyen çatı yüzeyinde kendi sürdürülebilirliğini sağlayan çatıdaki doğal bir örtüdür [11]. Genellikle çok sığ derinliğe sahip toprak veya büyüme ortamından oluşan bir sistemi tanımlamak için kullanılan kelimedir [12].



Şekil 2.5. Wellnes Center, Pensilvanya, Van Der Ryan [13]

Nadiren sulanmakta ve minimum bakım gerektirmektedir [12]. Bu tip bitki örtülerinde genelde sulamaya ihtiyaç duyulmasa da, yeni kurulan sistemlerde bitki örtüsüne destek için kurak dönemlerde sulama yapılmalıdır [14]. Fakat çok az bakım gerektirmesi bakım ihtiyacı olmadığı anlamına gelmez. Belli zamanlarda yabancı bitkilerin temizlenmesi ve gerektiği takdirde gübre ile bitki örtüsünün beslenmesi gerekmektedir. Genel bir profil aşağıdan yukarıya doğru, su yalıtım membranı, kök bariyeri, drenaj ve filtre tabakası, yetişme ortamı (substrat) ve bitkilendirme tabakalarını içermektedir.



Şekil 2.6. Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı profili [15]



Şekil 2.7. Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı örneği, New York [16]

Düz veya eğimli olarak tasarlanabilmektedir. Bakım çalışmaları dışında genellikle kullanıma açık değildir [17]. Yapım ve bakım açısından yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatıya göre daha ucuzdur. Genelde ek yapısal desteğin istenmediği durumlarda tercih edilir. İnsanların düzenli kullanımı açısından uygun bir çatı türü olduğu söylenemez [18]. Kuraklığa karşı oldukça toleranslı olduğu görülmektedir [19].

Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatının belli başlı avantajları;

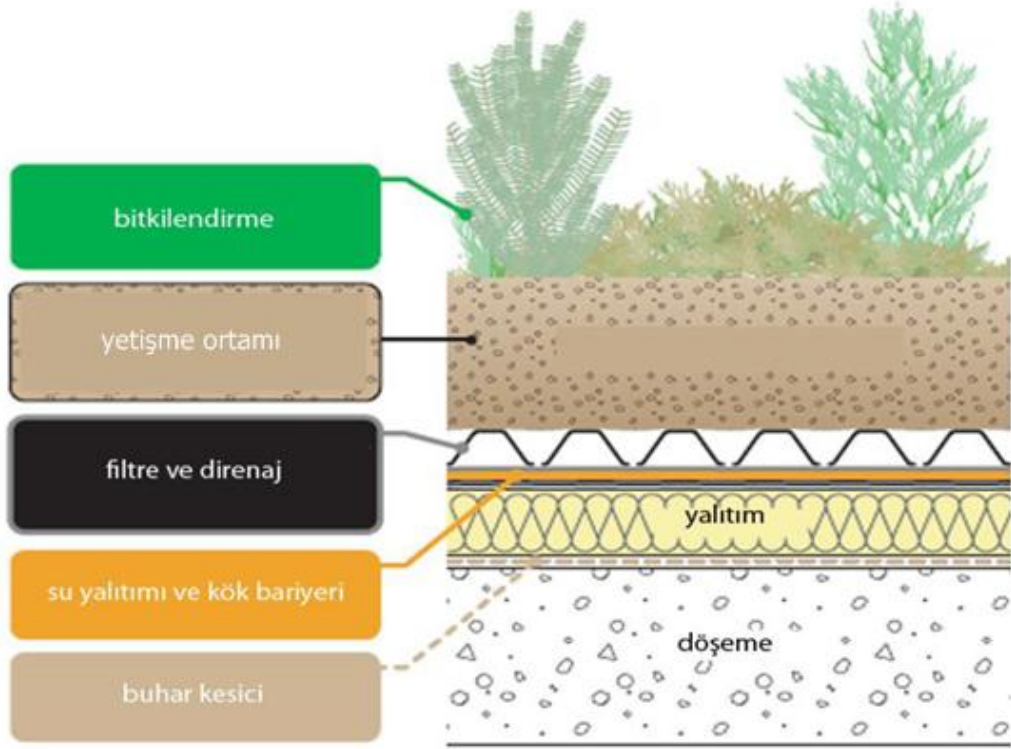
- ✓ Genellikle büyük alanlar için tercih edilen bir sistemdir.
- ✓ Yüğü hafif olduğundan dolayı çatının herhangi bir güçlendirmeye ihtiyacı yoktur.
- ✓ 0 ile 30 arasında eğime sahip çatılar için tercih edilir.
- ✓ Düşük bakım gerektirmektedir.
- ✓ Sık sık sulama ve drenaj sistemi gerektirmez.
- ✓ Yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatılara göre daha ucuzdur.
- ✓ Yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatılara göre nispeten düşük derecede teknik uzmanlık gerektiren bir sistemdir.
- ✓ Bitki kendiliğinden gelişip büyüebilmesi açısından kendi haline bırakılabilir.

Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatıların dezavantajları;

- ✓ Sistemdeki bitki çeşitleri sınırlıdır. Bu durumda bitki çeşitliliğinin azlığı habitat ve biyolojik çeşitliliğin az olmasına neden olmaktadır.
- ✓ Rekreasyon alanları pek tercih edilmez, erişime elverişli değildir.
- ✓ Yağmur suyunu tutma açısından pek yeterli değildir.
- ✓ Yalıtım seviyesi düşüktür.

2.1.3.2. Yoğun bitkilendirilmiş (intansif) yeşil çatı sistemleri

Daha fazla çeşitlilik ve bitki türleri için olanak sağlayan, büyük bir yetişme ortamı veya toprak derinliğine sahip sistemleri tanımlamakta kullanılmaktadır [12]. Yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatılar, yüksek ısı ve yağmur suyu depolamaya karşı tasarlanmış yüksek kesitli bir yeşil çatı sistemleridir.



Şekil 2.8. Yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatı profili [15]

Genellikle insanlar için rekreasyon alanları, açık yaşam alanları yaratmak için tercih edilir. Yapıya estetik ve mimari bir özellik katmak amaçlanmıştır. Ağırlıklı olarak yeni inşa edilen binalarda tercih edilmekte, binaya yüklemiş olduğu ek yükler tasarım aşamasında belirlenerek tasarım şekillendirilebilmektedir [19]. Bitki çeşitliliği açısından oldukça verimlidir. Yetiştirme ortamı derinliği en az 15cm civarındadır [18]. Derin toprak tabakası nedeniyle, seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatıların ağırlığı $244,1 \text{ kg/m}^2$ ila $1464,7 \text{ kg/m}^2$ arasında değişim göstermektedir [20]. Genellikle insanların erişimine açık oldukları için bakımı emek ve uğraş istemektedir. Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatılara göre daha pahalı olmasına rağmen, ona oranla ekolojik anlamda daha çok fayda sağlamaktadır.



Şekil 2.9. Yoğun bitkilendirilmiş bir yeşil çatı örneği, Almanya'da bir konut yapı kompleksi [21]

Yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatıların bazı avantajları;

- ✓ Bitki çeşitliliği açısından oldukça elverişlidir.
- ✓ Bitki çeşitliliği fazla olduğu için habitat ve biyolojik çeşitlilik de artmaktadır.
- ✓ Yalıtım özellikleri açısından oldukça iyidir.
- ✓ Görsel açıdan bakıldığında estetik bir mimari yaratmaktadır.
- ✓ Sistemi toprak zeminmiş gibi gösterme özelliği bulunmaktadır.
- ✓ Çatının çeşitli amaçlarla kullanımına olanak sunmaktadır [22].
- ✓ Daha fazla yağmursuyu tutmaktadır [23].
- ✓ Çatı membranı ömrünün uzun olmasına olanak sağlamaktadır [24].

Yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatıların bazı dezavantajları;

- ✓ Çatıya yük açısından bakıldığında ağırlık getirmektedir. Bu durumda ek bir strüktür gerekebilir.
- ✓ Sulama ve drenaj sistemleri gerektirmektedir.
- ✓ Maliyet açısından düşünüldüğünde yüksek maliyetlidir.
- ✓ Karışık bir sistem olmakla birlikte uzmanlık gerektirmektedir [22].
- ✓ Oldukça fazla bakım gerektirmektedir [23].

2.1.3.3. Yarı yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatılar

Yarı yoğun yeşil çatılar; seyrek ve yoğun yeşil çatının karışımıyla oluşturulmuşlardır. Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatılara göre yüzey derinliği daha fazladır. Böylece bitki çeşitliliği seyrek yeşil çatıya göre daha fazladır. Fakat toprak derinliği ağaç ve büyük çalıları barındıracak kadar derin değildir. Yoğun bitkilendirilmiş çatılarda olduğu gibi yarı yoğun çatılarda da binaya ekstra yük oluşmaktadır. Bu düşünülerek gerek görülen yerlerde ekstra destek sağlanmalıdır. Çok yaygın olmayan bir sistem olduğu için tam anlamıyla tartışılmamıştır.



Şekil 2.10. ASLA yeşil çatısı [9]

2.1.4. Yeşil çatı sistemlerinin karşılaştırılması

ÖZELLİK	Ekstansif (seyrek) yeşil çatı	Yarı-intansif yeşil çatı	İntansif (yoğun) yeşil çatı
Kullanım Amacı	Fonksiyonel olarak; Ekolojik koruma tabakası	-	Fonksiyonel ve estetik olarak; artan yaşam alanı park, bahçe vs.
Erişilebilirlik	Erişilmez. (bakım için sağlanabilir.)	Kısmen olabilir.	Daima erişilebilir.
Bakım	Az bakım gerektirir.	Periyodik bakım gerektirir.	Yüksek seviyede bakım gerektirir.
Maliyet	Düşük seviyede	Orta seviyede	Yüksek seviyede
Yapı Strüktürel Gereksinimi	Varolan strüktür tarafından taşınabilir.	-	Destek gerekebilir.
Sulama	Az seviyede	-	Yüksek seviyede
Bitki çeşitliliği	Az seviyede (Zemin örtücü türler, alpin çeşitleri, çimenler, sulu özlü bitkiler, otlar)	Orta seviyede (Zemin örtücü türler, çimenler, çalılar)	Yüksek seviyede (Çim, çok yıllık bitkiler, çalılar, ağaçlar)

Şekil 2.11. Yeşil çatı çeşitlerinin karşılaştırılması

2.2. Düşey Yeşil Sistemler

2.2.1. Tanımlar

Düşey yeşil sistemler; cephelerin, toprakta, duvarın kendi bünyesinde ya da bitki kutularında yetişen bitki materyalleriyle kaplanmasıdır. Binaların dış yüzeylerinin canlı bitkilerle kaplanarak elde edilen bahçelerdir. Düşey yeşil sistemler, üzerinde bitki örtüsünün büyümesine izin veren dış duvar sistemleridir. Cephe temel olarak bitki, yetiştirme ortamı, taşıyıcı katman, filtre katmanı, kök tutucu katman, su yalıtım katmanı, ısı yalıtım katmanı, buhar kesici katman ve taşıyıcı sistemden oluşur. Kullanılan malzemelerin tercihine, malzemelerin sistem içinde bir araya gelişlerine ve uygulandıkları yere göre farklı katmanlar da ilave edilebilmektedir.

- ✓ Hermy tarafından yapılan tanımlamaya göre, yeşil cepheler toprağa dikili bitkilerin düşey yüzeylerde yeşil bir kabuk meydana getirmesidir. Bitkinin yetiştirme ortamı zemin toprağı olabileceğı gibi cepheye takılan saksılar şeklinde de olabilmektedir [25].
- ✓ Peck'e göre; düşey bahçeler ya da yeşil cephelerin oluşturduğu sistem, binanın cephesini saran yaşayan bir kabuktur [25].
- ✓ Köhler'e göre yeşil cepheler aşağıdaki gibi özetlenir; yeşil cephe = bina + tırmanıcı bitki [26].
- ✓ Dunnet ve Kingsburry'e göre; düşey yeşil sistemler, yaşayan, dolayısıyla kendi kendini yenileyebilen bir cephe kaplama malzemesidir [25].

2.2.2. Düşey yeşil sistemlerinin sınıflandırılması

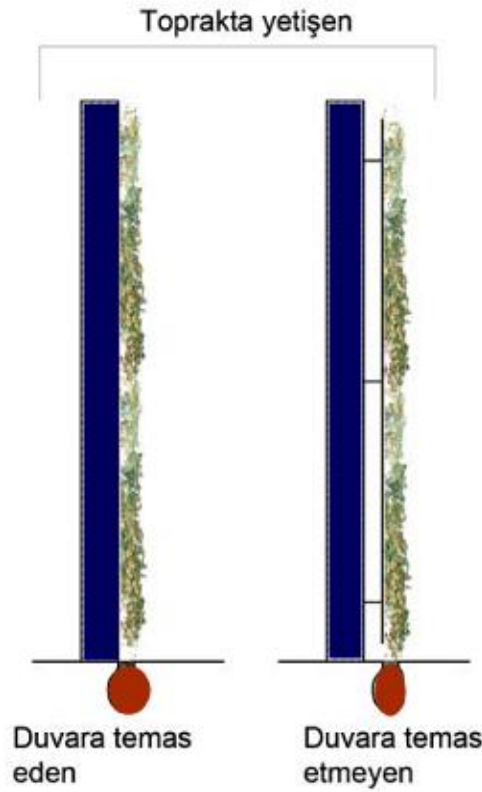
Literatür taramasında elde edilen bilgilere göre en yaygın ve genel yapılan sınıflandırma şekli, yapım tekniğine göre olan sınıflandırma şeklidir. Düşey yeşil sistemleri kendi içerisinde de bitki türlerine, taşıyıcı sistemlerine, büyüme ortamlarına ve sulama sistemlerine göre de sınıflandırmak mümkündür. Yapım tekniğine göre yapılan sınıflandırma şekli aşağıdaki gibidir:

- Yeşil cepheler
- Bitkilenmiş duvarlar
- Yaşayan duvar sistemleri

2.2.2.1. Yeşil cepheler

Yeşil cepheler kendi içerisinde duvara sarılıcı ve tırmanıcı olmak üzere iki türdür. Düşey yeşil sistemler arasında en kolay kullanılan tiptir. Kendi içerisinde toprakta ve duvarda yetişen türleri vardır.

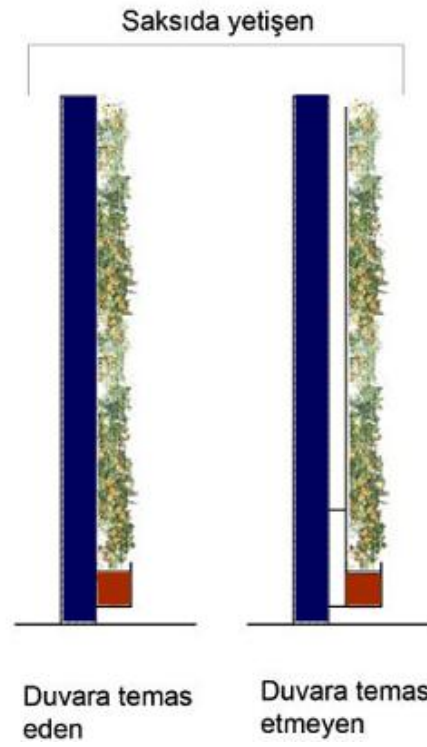
Duvara temas eden toprakta yetişen yeşil cephede; bitki kökleri ve dalları, cephenin ön yüzünden yukarıya doğru tırmanır. Destek sistemi kullanılmadan duvar yüzeyinden doğal yolla büyürler. Uzun zaman almasıyla oluşur. Sulama sistemi gerektirmeden, bitkiler suyunu yağmur suyu ve zemin suyu gibi doğal kaynaklardan sağlarlar.



Şekil 2.12. Duvara temas eden ve etmeyen toprakta yetişen yeşil cepheler

Duvara temas etmeyen toprakta yetişen yeşil cephede; cephenin yeşil ile kaplanmasını sağlamak için özel tasarlanmış destekleyici iskelete ihtiyaç vardır. Bitki türünün yapışkanlık özelliği olmadığı durumlar böyle bir ek sisteme gerek duyulur. Destekleyici iskeletler bitkilere daha fazla büyümelerini ve dikey yönde kendi dallarını geliştirmelerini sağlamaktadırlar. Günümüzde sıklıkla kullanılan taşıyıcı sistemleri ise; modüler kafes panel sistemi ve kablo tel-halat ağ sistemleridir.

Saksıda yetişen yeşil cepheler, bitkilerin içinde toprak olan ara saksılarda büyüdüğü sistemlerdir. Saksılar duvara sabitlenmektedirler. Bu tip sistemler, normal saksıda yetişen bitkilerin sulanmaya ihtiyaç duyduğu gibi, sürekli sulama sistemi ile oluşturulur. Saksıların çok büyük boyutlarda olmaması dolayısıyla bitkiler belli bir alana kök salabilmektedirler. Bu nedenle bitkiler belirli bir uzunluğa ve genişliğe kadar gelişebilmektedirler. Saksıda yetişen yeşil cepheler duvara temas eden ve duvara temas etmeyen olarak iki tiptir.

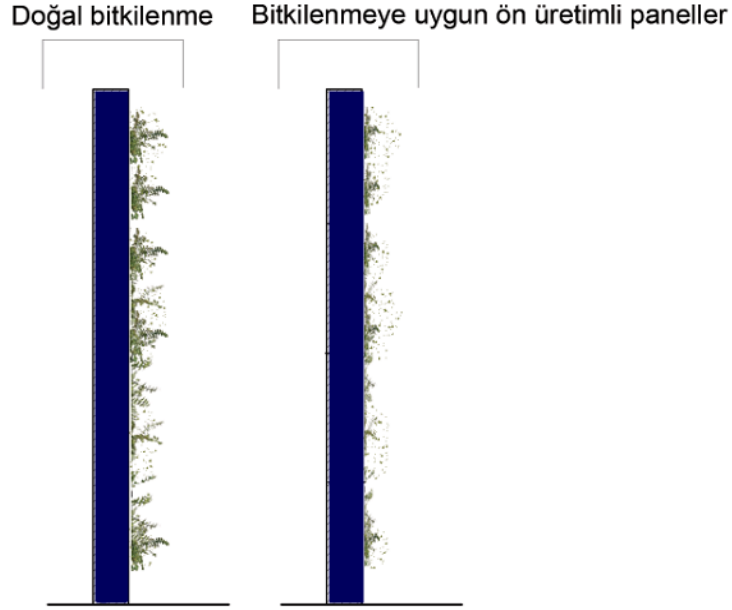


Şekil 2.13. Duvara temas eden ve etmeyen saksıda yetişen yeşil sistemler

2.2.2.2. Bitkilenmiş duvarlar

Bitkilenmiş duvarlar iki tipe gruplandırılabilir. İlk olarak doğal olarak kendiliğinden bitkilenen ve bitkinin duvar yüzeylerinin özellikle birleşim yerlerinde ya da çatlaklarında yetiştiği düşey yeşil sistemlerdir. Düzensiz gelişen kendiliğinden doğal olarak gelişen bir yapıya sahiptir.

Genellikle duvarlarda, anıtlarda, tarihi kent merkezlerinde, eski binalarda, kale surlarında ve bahçelerdeki gölgeli duvarlarda rastlanmaktadır. Çoğunlukla sıvanın, betonun ya da diğer bağlayıcı malzemelerin dağılma düzeyine bağlı olmaktadır. Herhangi bir insan müdahalesi olamadan gerçekleşirler.



Şekil 2.14. Doğal ve bitkilenmeye uygun ön üretimli paneller ile oluşturulan bitkilenmiş duvarlar

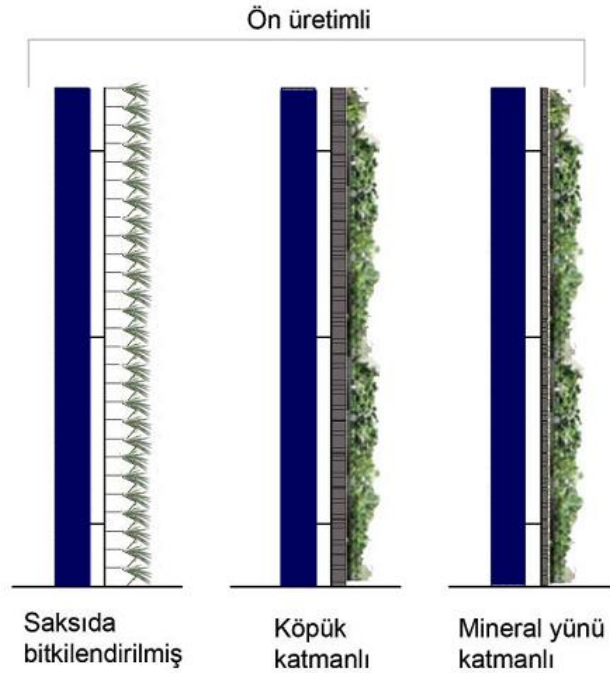
Duvarı oluşturan panellerin kendi bünyesinden bitkilenmenin sağlandığı sistemlerde vardır. Günümüzde bu sistemler üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Sistemde kullanılan yapı elemanları gözenekleri olan beton paneller olarak tasarlanmıştır. Bu gözenekler bitkilere büyüme imkânı sağlamak amacıyla toprakla doldurulmuştur. Belirli sayıdaki bitki türleri bu sistemde tercih edilmektedir.

2.2.2.3. Yaşayan duvarlar

Yaşayan yeşil duvar sistemleri; duvarın altında köklenmek yerine duvara takılmış bir yetiştirme ortamı içinde büyüyen bitkilerden oluşurlar. Farklı iklimlerde göre tasarlanabilmesi nedeniyle tercih edilen bir sistemleridir.

Sistemde damla sulama sistemleri kullanılır, böylece büyüme ortamı nemli tutulur ve su yalıtım membranıyla sistemin taşıyıcısından ayrılır. Bu sistemler mevcut duvar taşıyıcısını kullanabildiği gibi yapı sistemlerine temas etmeden de üretilebilmektedirler. Yaşayan duvarlar hem dış mekânlarda hem de iç mekânlarda uygulanmaktadır. Bunlar ön üretimli ve yerinde yapım olmak üzere iki çeşittir.

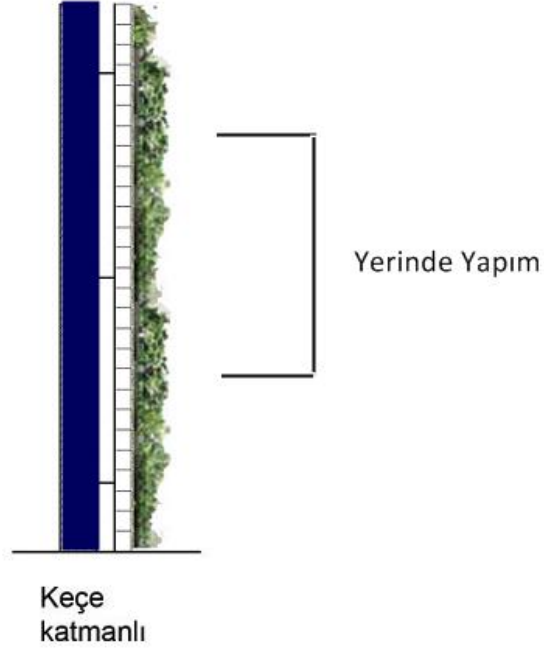
Ön üretimli duvarlar, duvara takılan ön bitkilendirilmiş panellerden ya da yapıyla bütünleşmiş bileşenlerden oluşturulmuştur. Modüler paneller; eğreti otları, çalılar, çok yıllık çiçekler ve yenilebilir bitkiler dâhil olmak üzere büyük bir bitki çeşitliliğine olanak tanır. Bu sistemler kullanılan yetiştirme ortamının özelliklerine göre; saksıda bitkilendirilmiş, köpük katmanlı, mineral yünü katmanlı olarak üç gruba ayrılırlar.



Şekil 2.15. Ön üretimli yaşayan duvarlar

Yerinde yapım sistemler ise; cephelere yapım sırasında monte edilen yarı hazır sistemlerdir. Keçe katmanı monte edildikten sonra, bitkiler bu katmanın üzerine yerleştirilerek oluşturulur. Cep şeklinde PVC plaka üzerinde keçe katmanları oluşturulduktan sonra bitkiler cepheye konuşmaktadır.

Cep alanlarının sınırlı bir alana sahip olması ile bitkiler fazla büyümemektedir. Bu nedenle uygulanan bitkilerin büyük köklü bitkiler olmaması gerekmektedir. Sistem otomatik işleyen ve nem sensörleriyle kontrol edilen bir sulama sistemi ile sulanmaktadır.



Şekil 2.16. Yerinde yapım yaşayan duvarlar (keçe katmanlı)

2.3. Yeşil Çatılar Ve Düşey Yeşil Sistemlerin Ekolojik Bağlamda Değerlendirilmesi

2.3.1. Habitat ve biyolojik çeşitliliğin korunması

Biyolojik çeşitliliğin oluşturduğu güzel görüntüler, insanların günlük streslerini azaltmaya yardımcı olmaktadır [27]. Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler, habitatı ve bio-çeşitliliği korumaya yardım ederler.

Yeşil çatılar, yağmur ormanları ya da sulak alan gibi doğal ortamların ekolojik değerini alamaz, fakat istatistik verilere göre yeşil çatıların biyo-çeşitliliği dünya çapında kabul görmektedir [28]. Düşey yeşil sistemler ve yeşil çatılar fazla bitki çeşidinin bulunduğu ortamlar olduğu için, hayvan çeşitliliğinin artmasına yol açabilmektedirler.



Şekil 2.17. Ford Motor Company River Rouge Plant yeşil çatısı [29]

2.3.2. Kent ısı adalarının etkilerinin azaltılması

Hava kalitesinin kötüleşmesi, suyun kalitesinin düşmesi, kent ısı adalarının oluşmasıyla yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Yeşil çatı ve düşey yeşil sistem bitkileri, yaprakları ile gölge etkisi sağlar, böylece seyrek dokulu bitkilendirilmiş alanlarda ısı adaları etkisini düzenlemeye yardımcı olur. Bu durum insan sağlığını ve ekonomiyi etkiler. Gün boyunca güneşten gelen ısıyı biriktirip, gecede serbest bırakan ve yansıtan taş, asfalt ve beton yüzeyler kentin bütünü oluşturumaktadırlar. Böylece kentte olumsuz etkiler gözlenir.

Ağaçların ve diğer bitkilerin yapılaşmış çevreye göre azlığı bunu tetikler. Yaşayan bitkiler gölge verir. Sert yüzeyleri, yutulmuş ısıdan korur ve ortama nem kazandırarak havanın soğumasını sağlarlar.



Şekil 2.18. Kent ısı ada etkisi [9]

2.3.3. Enerji verimliliği ve soğutma etkisi

Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler, ısı kazanç ve kayıplarını azaltarak binada enerji tasarrufu sağlarlar. Birçok yoldan binada enerji tasarrufu sağlar. Binanın ısı kazanç ve kayıplarını azaltırlar. Sıcak iklimlerde yazın hava sıcaklığı 35°C 'a ulaştığı zaman çatı yüzey ve duvarların sıcaklığı 65°C 'i bulur. Bu yüksek sıcaklıklar binanın hem iç çevresini hem de dış çevresini doğrudan etkiler. Toprak tabakası ile korunduğu ve bitkilerle gölgelendirildiği zaman yüzey sıcaklığı genellikle ortamdaki hava sıcaklığının üzerine çıkmaz yükselmez. Bunun yanında bitkiler ve toprak, suyu buharlaştırır, havayı nemlendirir ve binayı doğal yolla soğuturlar [2].

2.3.4. Soğutan rüzgârı azaltma etkisi

Kış aylarında, yeşil çatıda ve düşey yeşil sistemlerdeki toprak tabakası ek bir yalıtım sağlamaktadır. Böylece binanın ısınma gereksinimlerini azaltır. Toprak örtüsüyle, rüzgâra bağlı ısı kayıpları %50 oranında azaltılabilir [2].

2.3.5. Hava kalitesini iyileştirme etkisi; havadan savrulan partiküllerin filtre edilmesi

Yeşil çatılar özellikle, tehlikeye atılmış ekosistemleri ve habitatları andırarak da tasarlanabilir. Eğer yeşil çatılar, bitki ve hayvan türlerinin biyo-çeşitliliği için kullanılmak istenirse, kullanılan bitkinin türü, drenaj malzemesinin ve alt katmanların seçimi gibi unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır [2]. Bitkiler şehirlerdeki kirli ve zararlı birleşikleri yutarak dış mekân hava kalitesini artırır. Yeşil çatı ve düşey yeşil sistemler bitkilendirme yoluyla buharlaşma filtreleme sağlarlar.

2.3.6. Karbondioksit ve oksijenin karşılıklı değişimi

Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler günümüzün en büyük sorunlarından olan sera etkisini azaltmaktadırlar. Bitkiler solunumlarını karbondioksit ile sağladıkları için kirlilikteki negatif etkileri azaltırlar.

2.3.7. Gürültü azaltıcı etkisi

Şehrin gürültüsü binalardan ve kaldırımlardan yansır. Ancak çimenlik ve benzeri yumuşak yüzeyler, düşey yeşil sistemler ya da yeşil çatılar gürültüyü yansıtmak yerine sesleri azaltırlar. Aynı zamanda bitkilerle kaplı duvarlar ve ağaçlarda da aynı durum söz konusudur. Seyrek bitkilendirilmiş bir yeşil çatı, sesi 40 desibel civarında düşürebilirken, yoğun bitkilendirilmiş bir çatı ise sesi 46-50 desibel civarında düşürebilir [6].

Gürültü etkisini azaltan faktörler:

- ✓ Seçilen bitkiler
- ✓ Bitki örtüsünün kapladığı alan
- ✓ Bitki büyüme katmanının derinlik ve içeriği

2.3.8. Yağmur suyuna etkisi

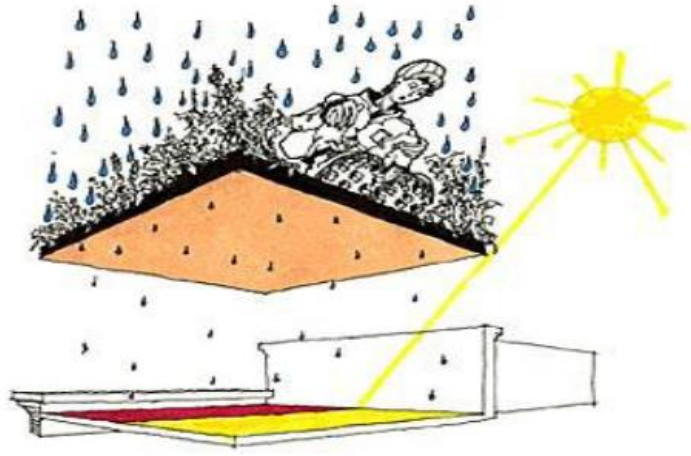
Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler yağmur suyunu tutup, suyun kanalizasyona ulaşmasını büyük oranda önler. Yapılaşmış alanlar, sert ve geçirimsiz olduğu için daha az su toprağa geçebilmektedir. Buda kanalizasyona daha fazla yük anlamına gelmektedir. Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemlere düşen yağmur suları toprak tarafından emilir ve bitkiler tarafından kullanılır, sonra buharlaşırlar. Böylece yağmur suyu zemine ulaşmaz ve fazla yağışta su drene edilir.



Şekil 2.19. Geleneksel çatı ve yeşil çatı yağmur suyu akış kıyaslaması [30]

2.3.9. Yeşil çatıların çatı membranının kullanım ömrüne etkisi

Güneşin UV ışınları normal bir çatı yüzeyini kırılganlaştırır ve yaşlandırır. Böylece çatı ömrü kısalır. Yeşil çatılar ise; membranı UV ışınlarından ve yüksek sıcaklık değişimlerinden koruyarak ömrünü 60 yıla kadar uzatır [2]. Böylece malzeme, enerji, para tasarrufu sağlanır ve daha az atık meydana gelir.



Şekil 2.20. Ultra viyole ışınları absorbe edilmekte [23]

2.3.10. Enerji verimliliğini artırması

Binalar, toplam enerji kullanımının %36'lık ve toplam elektrik tüketiminin %65'lik dilimini oluştururlar. Kula'ya göre büyük ölçeklerdeki yeşil çatı uygulamaları enerji korunumuna önemli ölçüde katkı sağlar. Binaların cephe yüzeylerinin, çatı yüzeyinden çok olduğu dikkate alındığında dikey yeşil sistemler ile bu korunumun da artacağı düşünülmektedir. İç ortamdaki her 0.5°C'lik düşüş yaz aylarındaki klima kullanımına bağlı elektrik tüketimini %8 oranında düşüreceği söylenmektedir [31].

2.3.11. Diğer etkileri

ELEKTROMANYETİK RADYASYONU AZALTICI ETKİSİ	OLUMLU
REKREASYON VE SAĞLIK	OLUMLU
 ÇATI BAHÇELERİNİN DİĞER YEŞİL ELEMANLAR VE GÜNEŞ PANELLERİ İLE BİRLİKTE UYGULANMASI	OLUMLU

Şekil 2.21. Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemlerin diğer etkileri

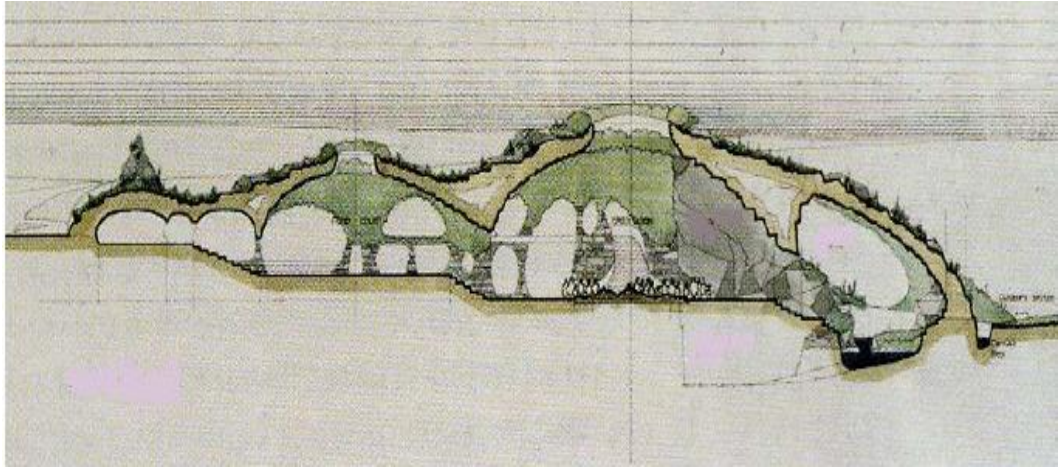
2.4. Uygulanmış Yeşil Çatı Ve Yeşil Düşey Sistem Örnekleri

2.4.1. Dokuz ev, İsviçre

Dokuz ev 1993 yılında Peter Vetsch tarafından, amorf bir şekilde doğal zemini çatı olarak kullanan sıra evler işleviyle yapılmıştır [3]. Seyrek bitkilendirilmiş (ekstensif) yeşil çatı sistemi kullanılmıştır. Doğayı içine alarak dış bahçenin devamı gibi tasarlanmıştır. Yapılan araştırmalara göre; ısı düzenleme etkisi, gürültü etkisini azaltması, hava kalitesini iyileştirmesi, çatı ömrünü uzatması ve insan sağlığı üzerindeki etkileri açısından verimli bir proje olduğu söylenmektedir.



Şekil 2.22. Dokuz Ev perspektif [32]



Şekil 2.23. Dokuz Ev görünüş [32]

2.4.2. Otel Ushüaia, İspanya

Urbanarbolisma tarafından Otel binası olarak 2011 yılında, İbiza İspanya’da yapılmıştır. Avlunun merkezindeki bar ile ona yakın olan otel odaları arasında ses bariyeri sağlamak amacıyla yapılmıştır. Yeşil cephe giriş cephesinde konumlandırılmıştır. Düşey yeşil sistemi olarak yaşayan duvar, saksıda bitkilendirilmiş sistem tipi kullanılmıştır. Saksı içine yerleştirilen toprak ile bitkilendirilmiştir.



Şekil 2.24. Perspektif duvar görünümü [33]



Şekil 2.25. Otel duvarları ve aydınlatma ilişkisi [33]

2.4.3. Acros Fukuoka binası, Japonya

Emilio Ambasz tarafından yapılan, tek cepheden bakıldığında cam cepheli bir ofis binasına benzemektedir. Fakat diğer tarafı ise kentin büyük yeşil parklarından birini oluşturmaktadır. Yerin 60 metre yukarisından başlayarak teraslarla zemin kotuna ulasan yeşil bahçede toplam 35bin çeşit bitki bulunmaktadır [32].



Şekil 2.26. Acros binası parktan görünüşü [32]

Çevresel ve estetik değerlerin dengelenmesini amaçlayan Ambasz, güney yönündeki teraslama ile şekilde görüldüğü gibi bu yönde (güney) var olan parkla bütünleşmeyi sağlamıştır. Çatı, aynı zamanda park olarak da kullanılabilir. Çatı bu anlamda hem kente ekolojik açıdan katkı sağlarken hem de kentin en büyük kamusal alanlarından biri olarak göze çarpmaktadır [32].



Şekil 2.27. Acros binası tepeden görünüm [32]

Yapılan araştırmalara göre proje ekolojik bağlamda değerlendirildiğinde; habitat ve biyolojik çeşitliliğinin arttırılması, ısı düzenleme etkisi, gürültü etkisini azaltması, hava kalitesini iyileştirmesi, enerji verimliliğine etkisi, çatı ömrünü uzatması, istihdam yaratılması, kamusal alan yaratılması, mekan kazanımı ve insan sağlığı üzerindeki etkileri gibi olumlu etkileri olduğu söylenmektedir.



Şekil 2.28. Acros binası, Japonya [32]

Tasarım yapılırken kentte tek kalan yeşil alanı korumaları istenmiş, tasarımcılar ise sadece yeşili korumakla kalmayıp parkla yeşil çatıyı basamaklı bir şekilde birleştirmişlerdir.

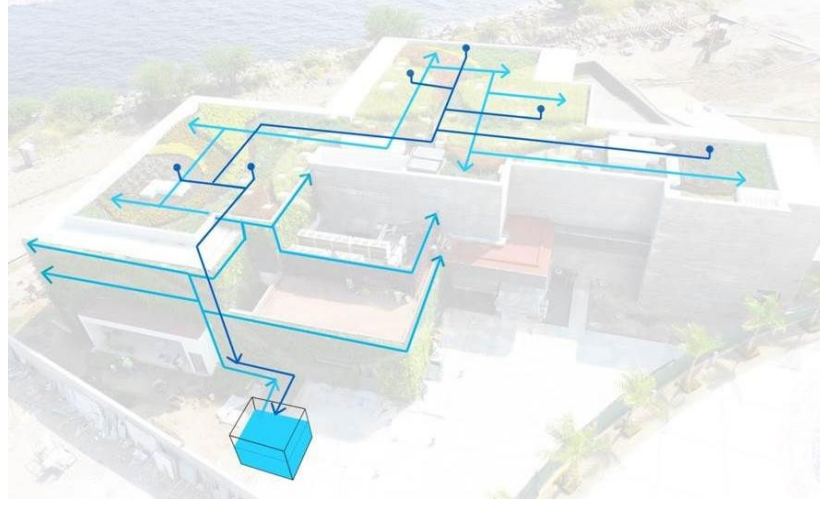
2.4.4. Casa Vallarta, Meksika

Konut olarak Alejandra Diazn de Leon ve Ezequiel Farca tarafından, 2012 yılında Meksika’da tasarlanmıştır. Yeşil düşey sistem olarak keçe katmanlı yaşayan duvar sistemi kullanılmıştır. Kuzeydoğu cephesinde uygulanmıştır. Yapılış amaçlarından biri de görsel etki yaratmaktır. Yeşil çatı ve keçe katmanlı yaşayan duvar sistemi birlikte uygulanmıştır.



Şekil 2.29. Casa Vallarta, Meksika [34]

Bitki seçiminde özellikle rüzgârda hareket edebilen boyutta ve renk çeşitliliği olan türler tercih edilmiştir. Görsellik de amaçlandığında değişik renk türlerinin olmasına önem verilmiştir. Sistemde yağmur ve sulama suyunun toplandığı tanklar vardır. Gerektiği durumlarda biriken su filtrelenerek sisteme geri verilir. Su yalıtımı pet şişelerin geri dönüştürülmesiyle üretilmiş geotekstil kullanılmıştır. Bitkilendirme yapılmadan önce su ile test edilmiştir. Bitkilerden kaynaklanan ilave yalıtım sayesinde klima sayısı ve kapasitesi düşürülmüştür.



Şekil 2.30. Casa Vallarta yağmur suyu dağılımı [34]



Şekil 2.31. Casa Vallarta, Meksika [34]

2.4.5. Kaiser İş Merkezi, California

Kaiser İş Merkezi Osmundson & Staley tarafından tasarlanmış, 1960 yılında bittiğinde dünyanın en büyük bahçe çatısına sahip yapısı olma özelliğini kazanmıştır.

Kaiser yapısında toplam alanın %90'ı yapı olarak kullanılırken yine bu alanın %60'ı yeşil çatı olarak değerlendirilmektedir. Çatıda bitkilendirmenin yanı sıra su ögesi de kullanılmıştır [35]. Yapı yoğun bitkilendirilmiş (intensif) yeşil çatı sistemine sahiptir. Çalışanlar için hem görsel hem de dinlenme amacıyla kullanılmak üzere tasarlanmıştır.



Şekil 2.32. Kaiser İş Merkezi tepeden görünüm [32]



Şekil 2.33. Kaiser İş Merkezi yeşil çatı [32]

Bu çatı bahçesindeki aydınlatma, fotosel kullanımı yoluyla otomatik olarak sağlanmaktadır. Burada aynı zamanda otomatik bir sulama sistemi de bulunmaktadır.

Havuz yüzeyi de, havuzun çevresine yerleştirilmiş fiskyelerle devamlı hareketli tutulmaktadır [36].



Şekil 2.34. Kaiser İş Merkezi cephe [32]

Yapılan araştırmalara göre proje ekolojik bağlamda değerlendirildiğinde; habitat ve biyolojik çeşitliliğinin artırılması, ısı düzenleme etkisi, gürültü etkisini azaltması, hava kalitesini iyileştirmesi, çatı ömrünü uzatması, kamusal alan yaratılması, mekan kazanımı ve insan sağlığı üzerindeki etkileri gibi olumlu etkileri olduğu söylenmektedir.

2.4.6. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye



Şekil 2.35. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye [37]

Alejandro Zaera - Polo tarafından tasarlanan ve 2007 yılında açılışı yapılan Meydan Alışveriş Merkezi'nin genel görünümünde, alan kot farklılıkları da kullanılarak, alışveriş merkezinin sanki yeşil bir tepenin altında olduğu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.36. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye [37]

“Büyük bir meydanın etrafında yer alan tematik mağazaları ile M1 Meydan, çevresi ile gelişen şehir meydanı konseptiyle bir açık hava aktivite merkezi olmayı hedeflemektedir” [38].



Şekil 2.37. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye [37]



Şekil 2.38. Meydan Alışveriş Merkezi, Türkiye [32]

128 bin metrekarelik bir alanda kurulmuş olan alışveriş merkezi modern yasama ve ekolojik ortama uygun olarak tasarlanmıştır. Çatı alanı yaklaşık 55 bin metrekare ve bunun 30 bin metrekaresi yeşil alandır. Çok değişik eğimlere sahip olan çatı alanında çatının eğimine bağlı olarak değişik tipte uygulamalar yapılmıştır. 0 eğimden yaklaşık %125'e kadar değişen bir eğim çeşitliliğine sahip bu çatı kompleksinde, seyrek bitkilendirilmiş (ekstensif) yeşillendirme sistemi uygulanmıştır [32]. Yapılan araştırmalara göre proje ekolojik bağlamda değerlendirildiğinde; habitat ve biyolojik çeşitliliğinin artırılması, ısı düzenleme etkisi, hava kalitesini iyileştirmesi, enerji verimliliğine etkisi, çatı ömrünü uzatması, istihdam yaratılması, kamusal alan yaratılması, mekan kazanımı ve insan sağlığı üzerindeki etkileri gibi olumlu etkileri olduğu söylenmektedir.

2.4.7. Turkcell Ar-Ge binası, Türkiye

Kerem Erginoğlu ve Hasan Çalışlar tarafından yapılan Turkcell AR-GE binası, ilginç şekli, en önemlisi de eğimli ve düz yeşil çatılarıyla Türkiye'de yapılan sürdürülebilir mimari örnekleri açısından dikkat çekici bir özelliğe sahiptir. Çatısında yürünebilecek ve hatta çim kayağı yapılabilecek şekilde tasarlanan binada, toplam 2500 metrekarelik teras çatı alanında seyrek bitkilendirilmiş (ekstensif) yeşillendirme kullanılmıştır.



Şekil 2.39. Turkcell Ar-Ge binası [32]

Yapının arsa üzerinde kapladığı alan, çatı yüzeyi tümüyle çim kaplanarak bir bakıma iade edilmiş; doğal bir rekreasyon alanı olarak kullanılmıştır. Binanın kollarından biri tribün olarak düşünülerek, toplanma, dinlenme, vb. sosyal etkinliklere olanak verecek şekilde tasarlanmıştır [32].



Şekil 2.40. Turkcell Ar-Ge binası [32]

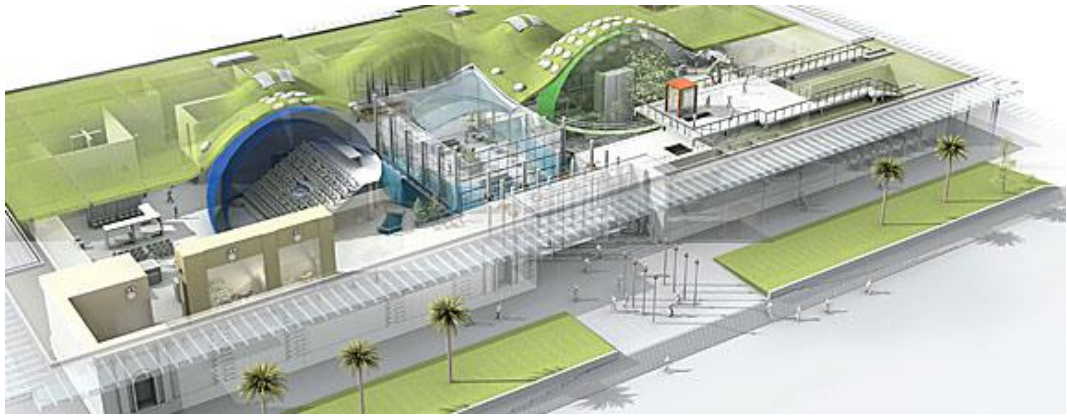
Yapılan araştırmalara göre proje ekolojik bağlamda değerlendirildiğinde; ısı düzenleme etkisi, gürültü etkisini azaltması, hava kalitesini iyileştirmesi, istihdam yaratılması, kamusal alan yaratılması, mekan kazanımı ve insan sağlığı üzerindeki etkileri gibi olumlu etkileri olduğu söylenmektedir.

2.4.8. California Müzesi, San Francisco

Renzo Piano'dan tarafından, San Francisco Golden Gate Park'ta konumlanan California Bilim Akademisi'ne ait müze, ev sahipliğini yaptığı planetaryum, akvaryum ve doğa tarihi müzesini, yaklaşık 10 bin metrekarelik bir yeşil çatının altında korumaktadır.

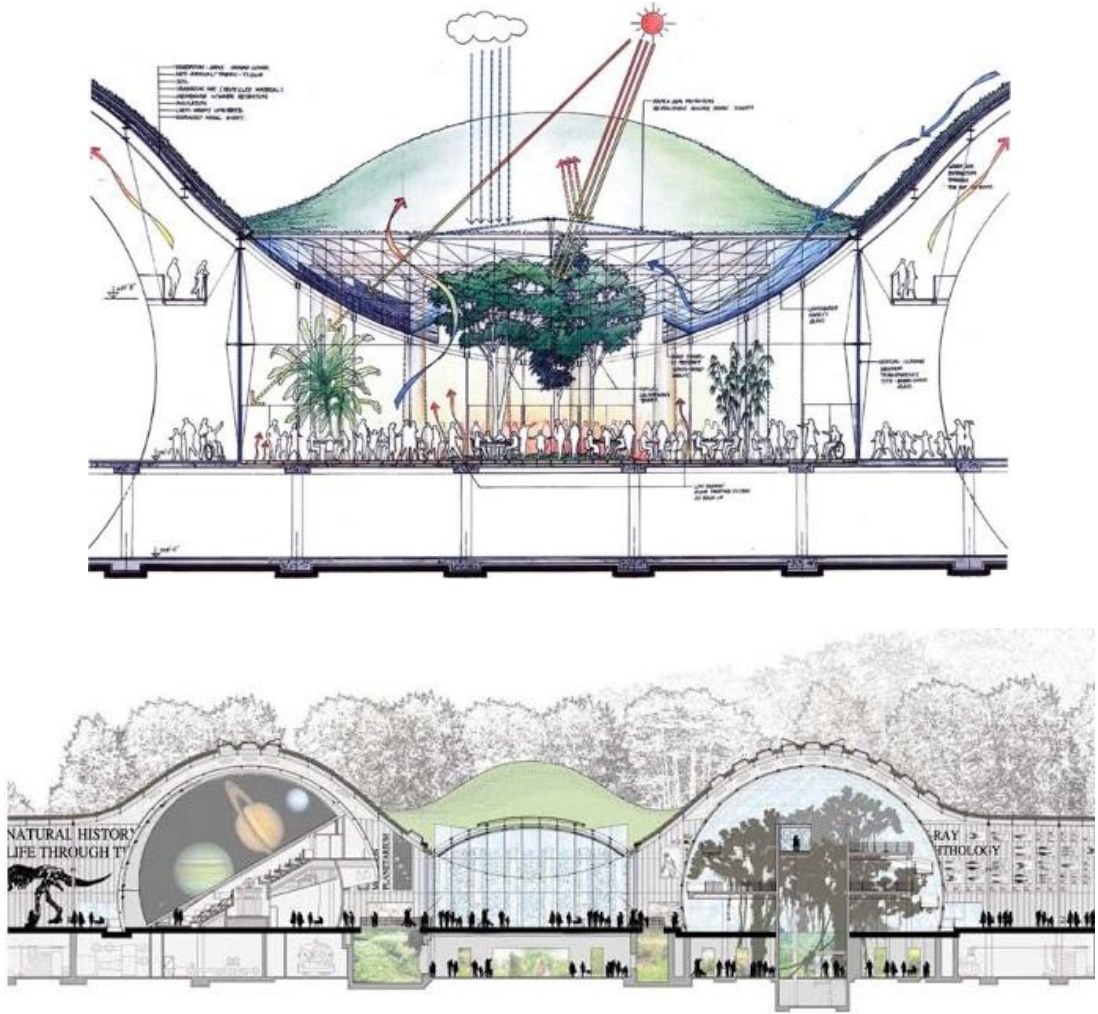


Şekil 2.41. California Müzesi, San Francisco [39]



Şekil 2.42. California Müzesi, San Francisco [39]

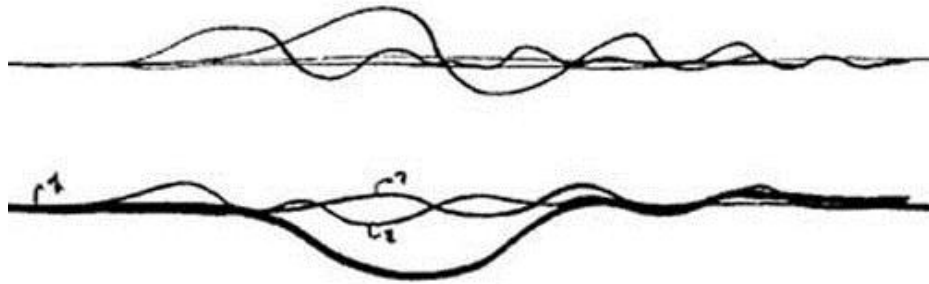
Akademinin tepesinde yaklaşık 30 bin metrekarelik bir yeşil çatının altında Steinhart Akvaryumu, Morrison Planetaryumu ve Kimball Doğa Tarihi Müzesini barındırmayı öneren Piano'nun yapısı, yalın fakat rasyonel çözümler sunuyor. Bu inanılmaz büyüklükteki yeşil çatının altında konumlanacak camdan bir küp, müzenin geleneksel sergilerine ev sahipliği yapıyor. Camdan imal edilen bir kubbenin kapsayacağı yağmur ormanı, evrenin simülasyonunun yapılacağı bir tiyatro, bir penguen habitatı ve dünyanın iklimsel değişimine ışık tutan bir sergi, müzenin bu hacminde yer alacak işlevler bulunuyor.



Şekil 2.43. California Müzesi, San Francisco [39]

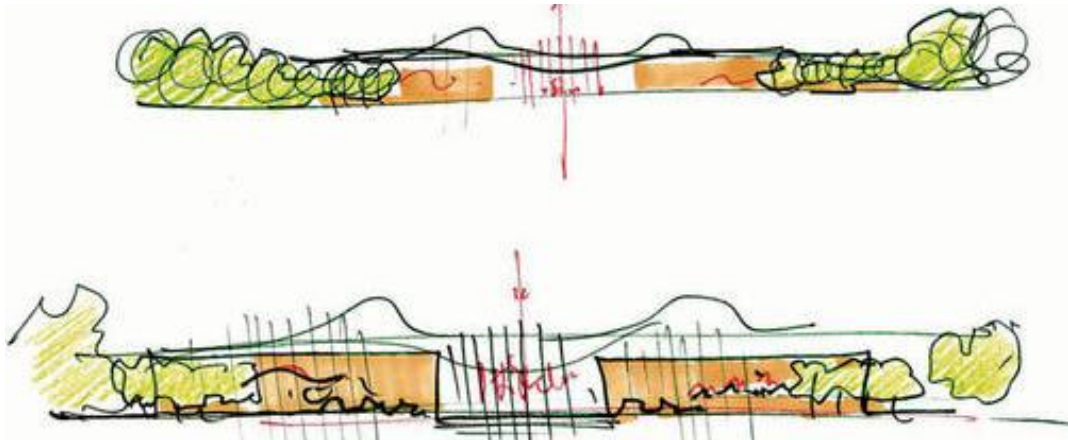


Şekil 2.44. California Müzesi, San Francisco [39]



Şekil 2.45. California Müzesi eskizleri [39]

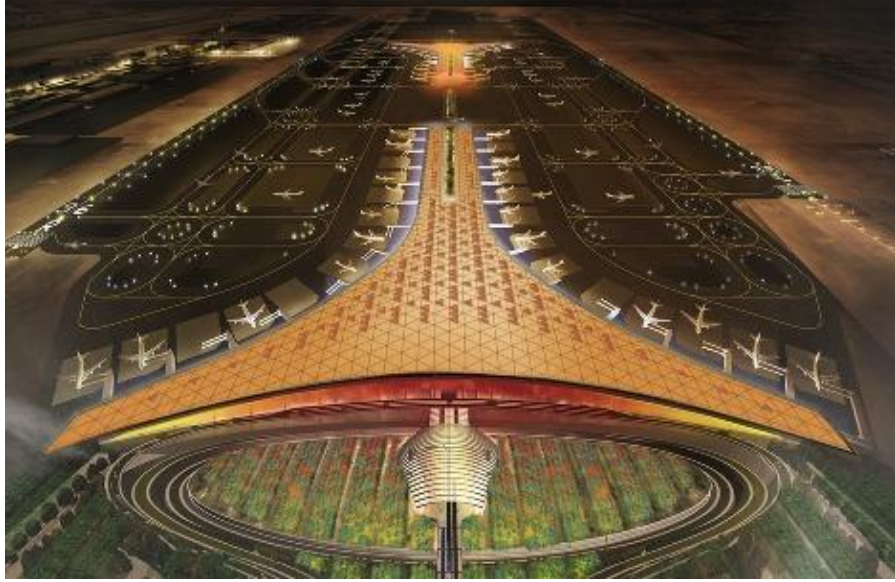
Parkta konumlanan ve 1989'da gerçekleşen büyük San Francisco depreminde büyük hasar alan bir çatının üzerine çıkan 70 yaşındaki Piano'nun kafasında çok yalın bir şema belirmişti: tepe gibi görünen ve düz bir çizginin üzerinde yükselen birkaç eğri yeşil çizgi, zemini temsil edecekti. Piano'nun tasarımı binadan daha ziyade binasız bir park gibi tasarlanmıştır.



Şekil 2.46. California Müzesi eskizleri [39]

2.4.9. Pekin Havalimanı, Çin

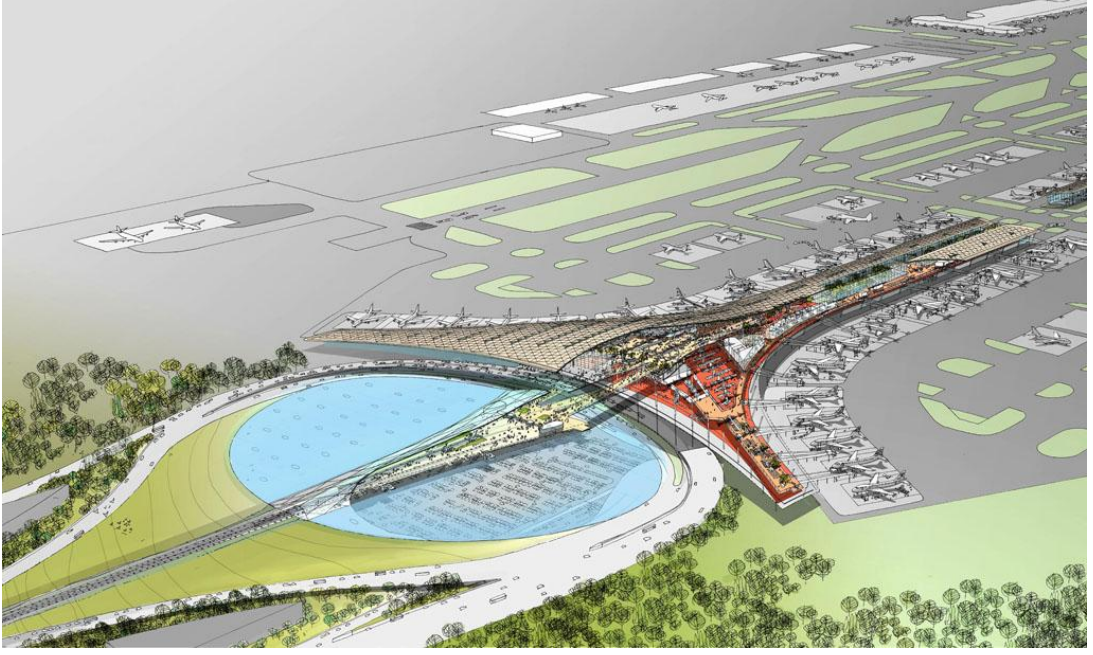
Foster & Partners tarafından tasarlanan ve dört yıl süren inşaat sürecinin sonunda, uluslararası havalimanının üçüncü terminali yerel mimarlık ile yüksek teknolojinin yetenekli bir bileşimini sunuyor. Yapının çatısı, Çin'in sembolü de olan ejderhanın renkleri ve biçiminden ilhamını alıyor. Toplamda 98 hektar alana yayılan düşük enerji performanslı ekolojik terminal binası, aynı zamanda dünyanın en büyük terminallerinden biri olarak yerini aldı.



Şekil 2.47. Pekin Havalimanı üstten görünüm [40]

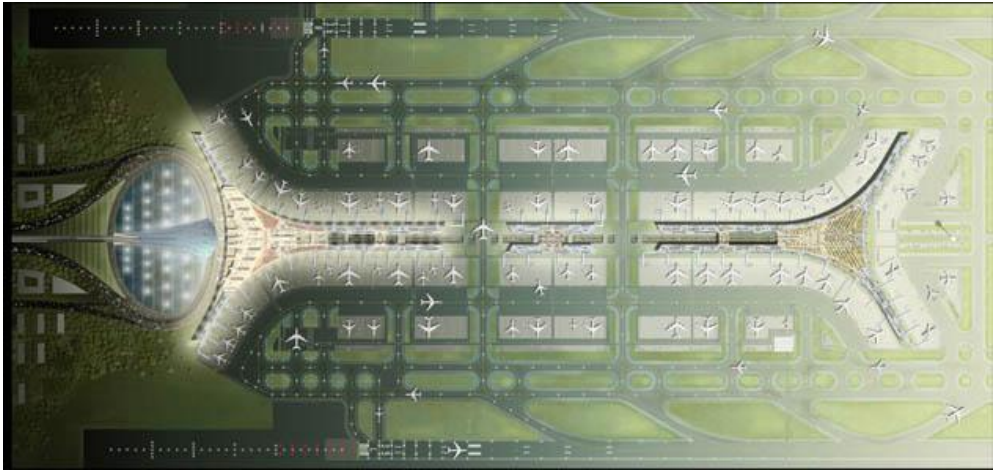


Şekil 2.48. Pekin Havalimanı, Çin [40]



Şekil 2.49. Pekin Havalimanı, Çin [40]

Foster'ın Terminal 3'ü, kapladığı 80 hektar çatı yüzeyi alanı ve bir ucundan diğerine 800 metre uzunluğuyla, dünyanın en işlek uluslararası havalimanlarından Heathrow'un beş terminalinin toplamından büyüktür [40]. Binanın üzeri seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı sistemiyle tasarlanmıştır. Ve en büyük yeşil çatı alanı Foster'ın projesinde oluşturulmuştur. Ekosistem içerisinde olumlu sonuçlar çıkararak kapladığı büyük alanı çevreye bir nevi iade etmiştir.



Şekil 2.50. Pekin Havalimanı vaziyet planı [40]

2.4.10. Havacılık Kültür Merkezi, Barcelona

Berta Barrio, Sergi Godia ve Eloi Juvilla tarafından Kültür merkezi olarak 2009 yılında Barcelona'da yapılmıştır. Düşey yeşil sistem olarak bitkilenmiş cephe kullanılmıştır. Yapım amacı; yeni yapı malzemesi olan beton bloklar ile yapının iskeletine zarar vermeden ve düşük teknoloji ile bitkilenmiş duvarlar yaratmak olarak amaçlanmıştır. Bitkilendirilmiş duvarlar tüm cephelere uygulanmıştır. Bitkilerin yetişebilmesi için gerekli olan su cepheden emilen yağmur suyu ile sağlanmaktadır. Bitki olarak liken ve karayosunları kullanılmıştır.



şekil 2.51. Havacılık Kültür Merkezi, Barcelona [41]

2.5. Bölüm Sonucu

Yapılan çalışmada yeşil çatı tiplerinden yoğun bitkilendirilmiş uygulamalarda ekolojik, ekonomik ve toplumsal açıdan daha fazla fayda sağlandığı, ancak Türkiye’de henüz yeşil çatı teknolojisi çok yaygın olmadığından yoğun bitkilendirilmiş uygulamalara göre daha az maliyetli ve daha az bakım ihtiyacı olan seyrek bitkilendirilmiş uygulamaların tercih edildiği tespit edilmiştir.

Uluslararası uygulamalarda genellikle kamusal kullanıma da açık olabilecek yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatılar kullanılmaktadır. Türkiye’deki yeşil çatı uygulamalarında ekolojik yararlılığın geri planda tutulduğu uygulamaların tercih edildiği, henüz ekolojik yararlarının bilinmediği ortaya çıkmıştır. Türkiye’deki uygulamalarda yeşil çatı teknolojisi ile elde edilecek enerji verimliğinin öncelikli olarak ele alınmadığı da ortaya çıkmıştır.

3. DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLER VE YEŞİL ÇATILARIN ENERJİ ETKİN TASARIMINDA ETKİLİ PARAMETRELER

Türkiye’de enerjinin önemli bir bölümü konfor gereksinimini sağlamak için binalarda harcandığından, binalarda ısıl konfor koşullarını sağlamak için kullanılan ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının azaltılması diğer bir deyişle konfor koşullarının ekonomik olarak sağlanması gerekmektedir. Bina veya bina grupları için yapılan enerji etkin tasarım veya yenileme çalışmaları, binaların pasif sistemler olarak performanslarının artmasını ve aktif sistemlerinin yükünün dolayısıyla enerji harcamalarının azaltılmasını olanaklı kılar. Diğer bir deyişle konfor koşullarını minimum enerji harcamasıyla sağlayan enerji etkin binalar, ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimini azaltacak ve ekonomik birer ürün olacaktır [42].

Enerji etkin tasarım ile hedeflenen, az maliyetli ve daha az enerji kullanımı ile aynı miktarda enerji ile daha çok iş yapılmasını sağlamaktır. Enerji etkin tasarım parametreleri yapı çevre oluşumunda kapsamlı düzeyde tasarım kararlarını içermektedir. Bu tasarım kararlarını incelerken düşey yeşil sistem ve yeşil çatıları etkileyen parametreler üzerinde durulacaktır. Bu parametreleri ise; iklime ilişkin parametreler ve cepheye ve çatıya ilişkin parametreler olarak iki ana başlıkta inceleyebiliriz.

3.1. İklim İlişkin Parametreler

İklime ilişkin parametreler; güneş ışınımı, hava sıcaklığı, yağış miktarı, nem ve rüzgâr olarak gruplandırılabilir.

Cephelerde düşey yeşil sistemlerden maksimum oranda yararlanmak için, güneş ışınımının en iyi olduğu cepheler tercih edilmelidir. Bu bağlamda düşey yeşil sistemler, pasif güneş ısıtması sağlamak için özellikle güney cephesinde güneş ışınımından faydalanacak şekilde tasarlanmalıdır.

Yeşil çatı ve düşey yeşil sistemlerin ortak bileşenlerinden toprak ve bitki katmanları üzerinde bir tasarım düşünülebilir. Hava sıcaklığının etkisiyle toprak tabakasında ve özellikle koyu renk bitki tercih etme yoluyla, yaprak yüzeyinde ısı depolama özelliğinden faydalanmak amaçlanmalıdır.

Yağış miktarını dengelemek açısından bakıldığında; düşey yeşil sistemler ve yeşil çatılarda kullanılan sistemlerin tasarımı yapılırken yağmur suyunun etkileri göz önünde tutulmalıdır. Düşey yeşil sistem tasarımında, yağmur suyunun duvar yüzeyinden doğrudan akışına engel olacak biçimde tasarlanması gerekmektedir. Aynı zamanda yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemler için, yağmur suyunu bünyede toplayacak şekilde ya da sistemde biriktirerek yeniden kullanmaya olanak sağlayacak şekilde etkin tasarım yapılmalıdır.

Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemlerde, hâkim rüzgâr yönü dikkate alınarak bitki seçimi yapmak ve yoğun yapraklanma gösteren bitki tercihi ile rüzgâr kontrolü sağlamak amaçlanmalıdır.

Çizelge 3.1. Enerji etkin tasarımında iklime ilişkin parametreler

Enerji Etkin Tasarımda Etkili Parametreler		
	Parametreler	Uygulama İlkeleri
İklime İlişkin Parametreler	Güneş Işınımı	Pasif güneş ısıtması sağlamak için özellikle güney cephesinde güneş ışınımından faydalanmak
	Hava Sıcaklığı	Toprak tabakasında ve özellikle koyu renk bitki tercih etme yoluyla yaprak yüzeyinde ısı depolama özelliğinden faydalanmak
	Yağış Miktarı ve Nem	Yağmur suyunu, duvar yüzeyinden doğrudan akışına engel olacak biçimde bünyede toplamak ya da sistemde biriktirerek yeniden kullanmak
	Rüzgâr	Hâkim rüzgâr yönü dikkate alınarak bitki seçimi yapmak ve yoğun yapraklanma gösteren bitki tercihi ile rüzgâr kontrolü sağlamak

3.2. Cepheye ve Çatıya İlişkin Parametreler

Cepheye ve çatıya ilişkin parametreler; binanın bulunduğu yer, bina aralıkları, binanın yönlendiriliş durumu, bina formu ve yapı kabuğu olarak gruplandırılabilir.

Binanın yeri; yerey parçasının eğimi, konumu, bitki örtüsü ve baktığı yonun ifade edildiği, iklim kontrolünde ve hava kirliliğini önlemede etkili olan bir tasarım parametresidir. Aynı zamanda yapma ısıtma ve iklimlendirme ihtiyacının ve buna bağlı olarak enerji harcamalarının minimize edilmesi ve dolayısıyla hava kirliliğinin önlenmesini olanaklı kılar [43].

Binanın diğer binalara göre konumu; güneş ışınımı ve rüzgâr gibi dış iklim elemanlarının tasarım üzerindeki etkilerini kontrol edebilen önemli tasarım parametrelerinden biridir. Binayı etkileyen dış iklim elemanlarından güneş ışınımı ve hava hareketi hızı çevre binaların veya diğer engellerin ele alınan binadan uzaklığına, yüksekliğine ve bu binaya göre konumlandırılış durumuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Binalar arasındaki uzaklıklar, cephelerin birbirlerinin güneş ışınımı kazançlarını ve yararlı rüzgâr etkilerini engellemeyecek şekilde belirlenmelidir [44]. Güneş ışınımından maksimum yararlanılmak istendiğinde, bina aralıkları komşu binaların ve diğer engellerin en uzun gölge boyuna eşit ya da bundan büyük olmalıdır [45]. Bina aralıkları azaldıkça dış tasarım rüzgâr hızı etkisi de azalmaktadır [46].

Binanın yönlendiriliş durumu; en önemli yapma çevre değişkenlerinden biridir. Binayı çevreleyen kabuk elemanlarından güneş ışınımı aracılığı ile kazanılması miktarı, iklimsel konforu etkileyen iç hava sıcaklığı ve ortalama ışınımsal sıcaklık gibi çevresel değişkenlerin değerlerinin değişiminde rol oynar. Buna göre farklı yönlere bakan yüzeyleri etkileyen güneş ışınım şiddeti de farklı olacaktır [47]. Bu nedenle bina içi hacimlerin güneş ışınımından kazandığı miktarı bina dış kabuğunun baktığı yönün bir fonksiyonudur.

Binanın rüzgâr alma durumunu dolayısıyla doğal havalandırma ve ısı kaybı miktarını etkilemektedir. Bu nedenle binanın içinde bulunduğu çevresel koşullara ve iklim bölgesine göre bina gerektiğinde güneş ışığı alacak ve rüzgârdan faydalanacak, gerektiğindeyse korunacak şekilde yönlendirilmelidir [48].

Enerji etkin tasarım başlığı altında yapı kabuğu ise; iç ve dış arasındaki ayrımı yapan yapı elemanı olmasının yanında hava, ısı ve nem gibi fiziksel çevre kontrolünü de sağlamaktadır. Tanım olarak yapı kabuğu; iç ve dış çevreyi birbirinden ayıran, yatay, düşey ve eğimli tüm bina bileşenlerinden oluşan bina ögesidir [49]. Yapı kabuğu iç ve dış ortam arasında ara yüz oluşturarak konfor koşullarının sağlanmasında tasarımsal ve iklimsel kurgu açısından etkin rol oynamaktadır.

Yapı kabuğunun alt bileşeni olan cephe ve çatılar, enerji etkin tasarım kriterlerini farklı işlevler ile karşılayabilmektedirler. Bu işlevler;

- ✓ Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı
- ✓ Isı yalıtımı
- ✓ Doğal aydınlatma
- ✓ Doğal havalandırma
- ✓ Güneş kontrolü şeklinde sınıflandırılabilir.

Yapı kabuğunun tasarımını etkileyen kriterler iklimsel verilere bağlı olarak değişmektedirler. Kış döneminde cephede kullanılan açıklık oranı, malzeme seçimi gibi kriterler yalıtım, doğal aydınlatma ve güneş ışığı kazanımına öncelik tanımaktadır. Yaz döneminde ise doğal havalandırma, aydınlatma ve gölgeleme önem kazanmaktadır. Yapı kabuğunda iç mekân konfor koşullarının sağlanması ve enerji tasarrufunun gerçekleştirilmesine yönelik geliştirilen sistemler aktif ve pasif yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Aktif tasarım kararlarıyla şekillenen çatı ve cephe sistemlerinde amaç; iç mekânda gerekli olan konfor şartlarının sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılara adaptasyonunu gerçekleştirebilmektir.

Bu amaca yönelik geliştirilen aktif sistemler; güneş ve rüzgâr enerjisini iç mekânda kullanılabilir kılan mekanik ve elektronik sistemler bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Yapı kabuğunda güneş enerjisinden yararlanabilmek için PV paneller, rüzgâr enerjisinden ise Rüzgâr Türbinleri vasıtasıyla aktif sistemler olarak yararlanılmaktadır.

Pasif tasarım ile şekillenen çatı ve cephe sistemlerinde amaç aktif sistemlerde de olduğu gibi, iç mekânda gerekli olan konfor şartlarının sağlanmasında yani başlıca ihtiyaçlar olan ısıtma, soğutma, aydınlatma enerjisinin tükenebilir, pahalı kaynaklardan sağlanmasını engellemek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılaraya adaptasyonunu gerçekleştirebilmektir. Bunun için öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının pasif yöntemlerle tasarıma entegrasyonu sağlanmalıdır.

Enerji tasarrufunun sağlanması ve iç mekân konfor koşullarının istenen seviyede tutulması açısından yapı cepheleri ve çatılar büyük önem taşımaktadır. Bunun en önemli nedeni ise çatı ve cephelerin yani yapı kabuğunun iç ve dış mekânla bağlantılı olmasıdır. Enerji etkin yapı organizasyonu için yapı kabuğunun değişen çevresel koşullara uyum sağlayacak biçimde şekillenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının pasif yöntemlerle tasarıma entegrasyonu sağlanmalıdır.

Yapı tasarımında uygulanabilecek pasif sistem parametreleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- ✓ Yapı formu, yer seçimi, yönlenme,
- ✓ Yapı kabuğunun fiziksel özellikleri,
- ✓ Güneş kontrol sistemleri,
- ✓ Doğal havalandırma tasarımı, atrium tasarımı
- ✓ Cephede kullanılan cam malzemenin fiziksel özellikleri.

Isıtma yükünün önemli olduğu kış döneminde yapı kabuğunun ısıl davranışı iç mekân konfor koşullarını ve ısıtma enerjisini etkilemektedir. Isıtma istenen dönemde, kabukta ısı iletimi yoluyla oluşan kayıpların azaltılması gerekmektedir.

Yapı kabuğunda ısı kayıplarının azaltılması için ısı izolasyonu uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra ısı depolama kabiliyeti olan malzeme kullanımı ile ısı kaçışları engellenerek, güneş ısısı pasif olarak kullanılmaktadır. Bu amaca bağlı cephe ve çatı sistemleri:

- ✓ Isı yalıtım malzemeleri
- ✓ Şeffaf yalıtım uygulamaları
- ✓ ETFE panel kullanımı
- ✓ Tromb duvarı
- ✓ Düşey yeşil sistem uygulamaları
- ✓ Yeşil çatı uygulamaları şeklinde sıralanabilmektedir.

Düşey yeşil sistemler açısından bakıldığında, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri önem kazanmaktadır:

Bina kabuğunun optik özellikleri:

- ✓ Kabuk iç ve dış yüzeyinin yutuculuğu
- ✓ Kabuk iç ve dış yüzeyinin geçirgenliği
- ✓ Kabuk iç ve dış yüzeyinin yansıtıcılığıdır.

Bina kabuğunun termofiziksel özellikleri ise:

- ✓ Toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U),
- ✓ Saydamlık oranı,
- ✓ Genlik küçültme faktörü ve
- ✓ Zaman geciktirmesidir [50].

Bitki ve toprak katmanının ilave edildiği cephe ve çatı sistemlerinde yutuculuk özelliği artmakta, yansıtıcılık özelliği azalmaktadır. Ayrıca bir sonraki bölümde yapılan hesaplamalarda, U değerlerinin yeşil çatı ve yeşil duvar kullanıldığında azaldığı görülmektedir.

Herhangi bir yaşama alanını örten ve dış çevreden ayıran bina kabuğunun formuna bağlı olarak:

- ✓ Binanın toplam dış yüzey alanı
- ✓ Farklı yönlere bakan ve farklı eğimlerdeki cephe ve çatı yüzeyleri alanları ve
- ✓ Cephe ve çatı yüzeyleri arasındaki oranlar değişim gösterir.

Bina kabuğu iç yüzey sıcaklığı diğer yüzeylerin sıcaklıklarından farklı olduğu için, kabuk alanını ve ortalama ışımsal sıcaklık değişimi, kabuk elemanlarından geçen ısı miktarının ve dolayısı ile iç hava sıcaklığının farklılaşmasına yol açar. Bu nedenle dış yüzey kabuk alanının belirleyicisi olan cephe formu, cepheye ilişkin parametrelerin en önemlilerinden biri olarak ele alınabilir [43].

Çizelge 3.2. Enerji etkin tasarımında cepheye ve çatıya ilişkin parametreler

Enerji Etkin Tasarımda Etkili Parametreler		
	Parametreler	Uygulama İlkeleri
Cepheye ve Çatıya İlişkin Parametreler	Binanın Bulunduğu Yer	Bitki tercihinde endemik türleri kullanmak, bitkinin büyüebilmesi için uygun ortamı sağlamak
	Bina Aralıkları	Çevredeki binaların gölgeleme alanlarını hesaba katarak gölgeye veya güneşe dayanıklı bitki tercih etmek
	Binanın Yönlendiriliş Durumu	Yönlere bağlı iklimsel özelliklere uygun bitkilendirme sağlayarak, enerji korunumu açısından en etkili cephelerde uygulamalar yapmak
	Bina Formu	Bitkilendirilmiş cephelerde yüzey açalarına bağlı olarak bina formunun güneş ışımsalından faydalanmadaki etkinliği arttırmak
	Kabuk Özellikleri	Seçilen bitki bileşeninin yaprak yoğunluğu ile dokusu, yaprak dökme ya da dökmeyen türlerden olması ve yaprak rengi konusunda dikkatli davranmak

3.3 Bölüm Sonucu

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri kabuğun opak ve saydam bileşenlerinden geçen ısı miktarının ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığı ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkili olurlar.

İç çevre iklimsel koşulları ve enerji tüketimi, bina kabuğundan kaybedilen ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak değişim gösterir [43].

Bölüm kapsamında öncelikle genel bilgiler verilmiş, daha sonra enerji etkin tasarımında çatı ve cepheler incelenmiştir. Çatıya ve cepheye doğrudan veya dolaylı olarak etki eden yapma ve doğal çevre etmenleri göz önünde bulundurulmuştur. İklimle ilişkin parametrelere dayalı olarak cephenin önemi; ısı depolama, pasif güneş ısıtması sağlama, yağmur suyundan faydalanma ve rüzgâr kontrolü sağlama şeklinde sıralanabilir. Çatıya ve cepheye ilişkin parametrelerde ise hem binanın içinde bulunduğu yapma çevre hem de kendi form ve kabuğuna dair tercihlerin öneminden bahsedilmiştir.

4. DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLER VE YEŞİL ÇATILARIN ENERJİ PERFORMANSLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

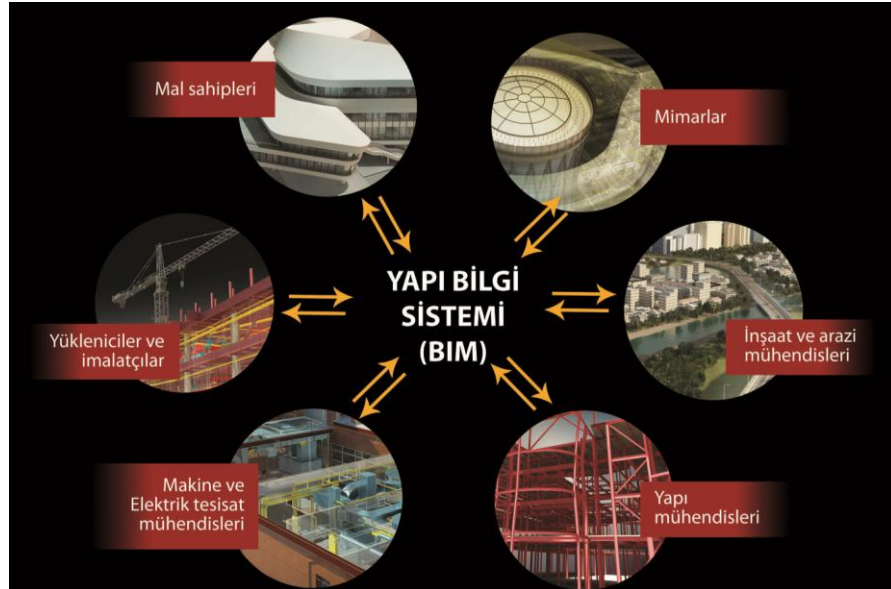
Uygulama çalışmasının yapılacağı dördüncü bölüm kapsamında; ikinci bölümde detaylı bir şekilde anlatılan düşey yeşil sistemler ve yeşil çatıların dünya çapında en sık uygulanan ve en gelişmiş sistemleri seçilmiştir. Ankara’da olduğu varsayılan kutu şeklinde bir mahal için analizler yapılacaktır. Analiz sonuçları karşılaştırılıp yeşil duvar ve yeşil çatının ısıtma soğutma yüklerine etkisi ve bina enerji tüketimine etkilerinin irdelenmesi amaçlanmaktadır. Bu analizler ülkemizde giderek yaygınlaşan BIM platformu programlarından Autodesk Revit kullanılarak yapılacaktır. Bu doğrultuda, neden Autodesk Revit programı kullanıldığı ile ilgili bilgi verildikten sonra uygulama çalışmasının adımları detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

4.1. Yapı Bilgi Sistemi (BIM) Ve Revit

Yapılan çalışmalar için öncelikle analizlerin hangi programda yapılacağına karar verilmiştir. Bu bağlamda günümüzde teknik hesapların daha doğru yapıldığı bilinen ve daha çok mekanik işlerde kullanılan Carrier HAP programına yakın bir mimari program seçilmesi amaçlanmıştır. HAP; mühendislere, inşaat işleri yüklenicilerine, mekanik işler yüklenicilerine ve diğer profesyonellere ticari binaların HVAC sistemlerinin tasarımı ve analizi için danışmanlık yapmak üzere tasarlanmış bir programdır. Ancak genellikle mimarların kullandığı bir program üzerinde analizler yapılmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda Carrier’a en yakın mimari platformlu programın seçilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan literatür taramasında genellikle Energy Plus'ın tercih edildiği görülmüştür. İlk aşamada Energy Plus'ta ve Revit'te analizler yapılarak, çıkan sonuçlar Carrier HAP programında çıkan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler neticesinde Revit'in Energy Plus'a göre, HAP'ta çıkan sonuçlara daha yakın sonuçlar çıkardığı analizler sonucunda nicel olarak ortaya konmuş ve uygulama aşamasında Revit'in kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceği öngörülmüştür. Kullanılan Autodesk Revit programı SN Mekanik Proje ve Mühendislik Ltd. Şti. şirketine ait olup, 383 – 45733658 seri numarasına sahiptir.

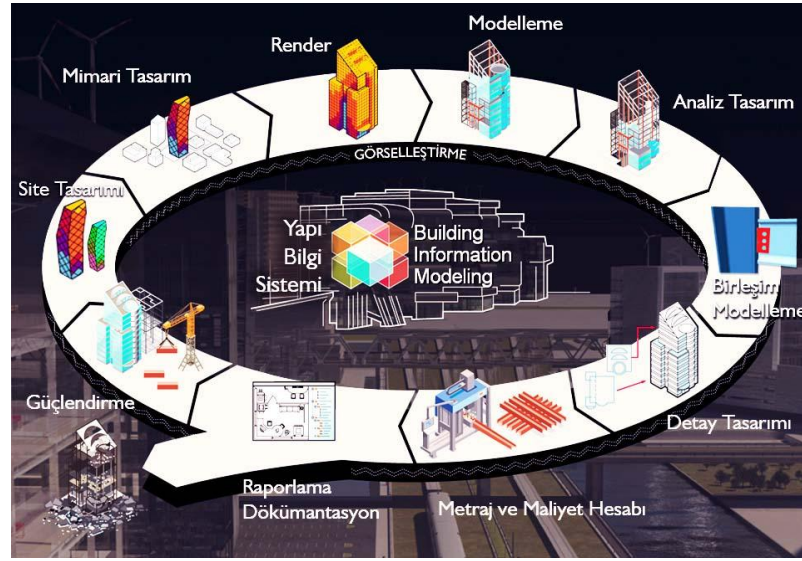
Yapı Bilgi Sistemi, bina ile ilgili grafik ve sayısal veriden oluşan üç boyutlu bir model meydana getirerek, bu modelin yapı sektörü çalışanları tarafından ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yaklaşımıdır. BIM ile 2 boyutlu çizim arasındaki en temel farklardan birisi, 2 boyutta çizilen her görünüşün birbirinden bağımsız olmasıdır. Plan, kesit ve dikey kesit gibi 2 boyutlu çizimlerin, her hangi birinde bir düzenleme yapıldıktan sonra, diğer tüm çizimlerin de kontrol edilmesi ve düzenlenmesi gerekmektedir, BIM ile bu düzenlemeler otomatik olarak yapılmakta ve model güncellenmektedir [53].



Şekil 4.1. Yapı Bilgi Sistemi şematik gösterimi [51]

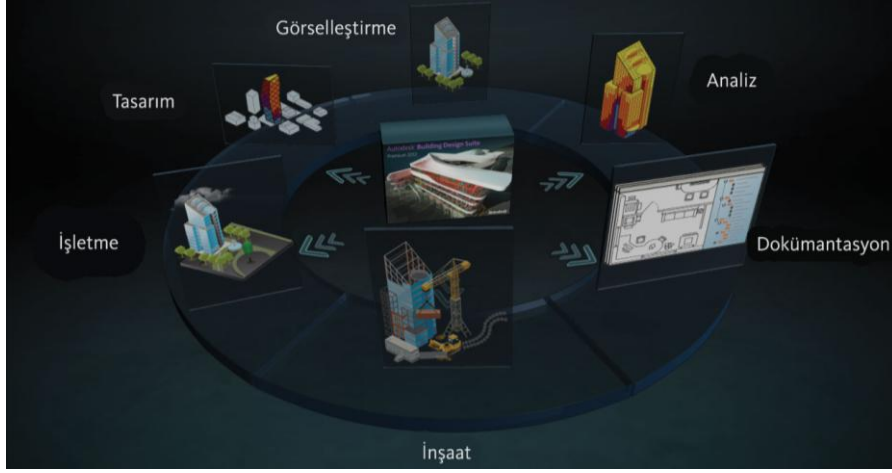
Bu üç boyutlu model, planlama, tasarım, projelendirilme, yapım ve işletim gibi projenin tüm yaşam döngüsünü içeren süreçlerinde kullanılabilir.

Farklı paydaşların aynı modeli kullanabilmesi temsilde tutarlılığı arttırmakta, revizyon kolaylığı sağlamakta; veri dönüştürme işlemlerini, verinin tekrarlı üretimini (replikasyon) ve proje belgeleri arasında ilave ilişkilendirme veya koordinasyon ihtiyaçlarını önemli ölçüde azaltmaktadır [54].



Şekil 4.2. Yapı bilgi sistemi [55]

BIM sadece ilerlemiş bir teknoloji değildir, BIM yaklaşımıyla proje tasarım süreci ve bina yapım süreci de değişiklik göstermektedir [52]. Bu şekilde yapı projelerinin oluşturması mimarlara, mühendislere ve yüklenicilere birçok fayda sağlamaktadır. Bu avantajların şematik gösterimi şekil 4.3.'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3. BIM kullanmanın faydaları [51]

Bu avantajlar sayesinde binanın dijital modeli gerekli olan tüm bilgiler ile birlikte oluşturulup, şantiye sürecinin daha etkin bir şekilde ilerlemesi sağlanabilmektedir. BIM, büyük bir görselleştirme aracı olarak kullanılabilir. Yapı Bilgi Sistemi ile yapının üç boyutlu sanal bir temsilini oluşturulabilir. İnşaat yöneticisi projenin ihale aşamasında görüntüsünü alabilir, sanal olarak yapıyı gezebilir ve modeli kısımlara ayırabilir [56].



Şekil 4.4. Tasarım ve gerçek görüntü [57]

Prefabrikasyon sahadaki işgücünü ve şantiye süresini azaltırken kaliteli inşaat hassasiyetini artırır. Prefabrikasyon için saha görseli ve tasarım gerekir. BIM yapıdaki bileşenlerin özelliklerini, kısımlarını ve üç boyutlu görüntüsünü sağlayabildiği için bahsedilen düzeyde hassas saha ortamı sanal olarak oluşturulur. Ön imalatı yapılacak bileşenler doğru ve zamanında sahadaki yerini alır, böylece zaman ve para tasarrufu sağlanmış olur [58].

BIM yazılımında bulunan 4D Phasing özellikleri ile iş ve saha planlamaları yapılabilir. İş kalemleri arasındaki çakışmalar önlenir ve verimli şantiye akışı sağlanabilir. Yükleniciler BIM platformu ile projenin sonunu beklemeden proje aşamasında iş planlamasına başlayabilirler [58].

Geleneksel yaklaşım ile proje hazırlama esnasında inşaa dokümantasyon esnasında yapılan karar değişikliklerinin, ciddi bir maliyet yükü ortaya çıkardığı görülmektedir. BIM yaklaşımında ise tüm ciddi kararlar şematik tasarım aşamasında netleşmekte ve bu sayede ilerde yapılması olası revizyonlardan kaynaklanabilecek maliyet yükü en aza indirilmiş olmaktadır.

Hesaplama ve yoğun bilgiler için BIM kolaylık sağlayarak işi otomatik hale getirir. Katların net ve brüt alanları, hacimler, malzeme miktarları ve alan kullanımları hızlıca elde edilebilir. Tüm yapı maliyeti kolayca hesaplanabilir. BIM verileri analizler için kullanılabilir. İklim ve hava durumu analizi, strüktürel analizler, güneş ve gölge çalışmaları, güneş ışıınımı analizleri, gün ışığı analizleri, güneş ve akımı analizleri, akustik analizler, aydınlatma analizleri, termal analizler, yangın analizleri, ısıtma soğutma yükleri analizleri ve tüm bina enerji analizleri gibi daha birçok analiz BIM modeli kullanılarak yapılabilir. Tez kapsamında yapılan analizlerde; iklim ve hava durumu analizleri ile enerji yükleri analizleri kullanılmıştır.

İklim ve hava durumu analizleri sonucunda çıkan uygulama çıktılarının yararları:

- Sıcaklık, nem, rüzgârla ilgili iklimsel çizelgeleri okumak
- Psikometrik çizelgeleri okumak ve oluşturma yöntemlerini görmek
- Hava dosyaları ile çalışmak
- Vasari bağlantılı çalışma imkânı
- Güneş ve gölgeleme çalışmaları
- Güneş ışıınımı analizleri
- Rüzgâr ve hava akımı analizleri

- Gün ışığı analizleri olmuştur.

Bina enerji yükleri analizleri için, Revit'e işlenen ve etkili olan parametreler ise:

- Yapı içinde ısının hareketi, ısı geçişi ile temel bilgiler ve malzemelerin ısısal özellikleri (U ve R faktörü)
- Bina ısıtma / soğutma yükleri analizleri yapılırken enerji ihtiyacına etki eden faktörler olarak; dış yükler (güneş, hava akımı, aydınlatma) ve iç yükler (insanlar, ekipmanlar, aydınlatma)
- Mekan, bina tipi, ekipman ve kullanıcı sayısı, bina kullanım süresine göre enerji kullanım ihtiyaçları
- Kavramsal tasarım aşamasında, bina kütlesi, yönlmesi, boşluk doluluk oranları, bina tipi, kullanıcı sayısı, bina kullanım süresi vb. etmenler bina enerji yükünü etkilemektedir.

Ülkemizde Yapı Bilgi Sistemi ile ilgili yayınlanmış bir protokol bulunmamaktadır, fakat gün geçtikçe bu yaklaşımın önemi ülkemizde daha çok anlaşılakta ve bazı prestijli projelerde BIM yaklaşımı kullanılmaya başlanmıştır.

4.2. Uygulama

Uygulama aşamasında; küçük bir mahal üzerinden çalışılması öngörülmüş ve bu çalışmanın yapılması planlanmıştır. Bu aşamalar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

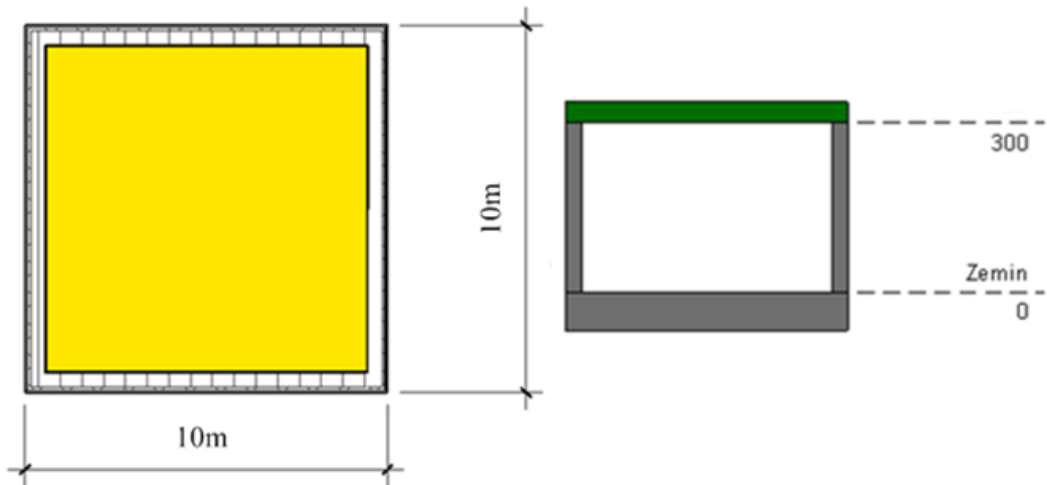
- Uygulanacak mahal modelinin belirlenmesi
- Seçeneklerin oluşturulması ve parametrelerin Revit'e tanıtılması
- Seçenekler için ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması
- Seçeneklerin toplam enerji yüklerinin hesaplanması

4.2.1. Uygulanacak mahal modelinin belirlenmesi

Uygulama çalışmasının ilk aşaması, uygulama yapılacak olan mahal modeline ilişkin genel kararların alınmasıdır. Bu bağlamda, mahalın kullanım işlevi, boyutsal özellikleri, bulunduğu bölge ve şehir, yönlendirilmiş durumu, formu, eleman katmanlaşma modelleri, kullanılacak parametreler, kullanıcı sayısı ve ekipmanlar gibi değişkenler belirlenmiştir.

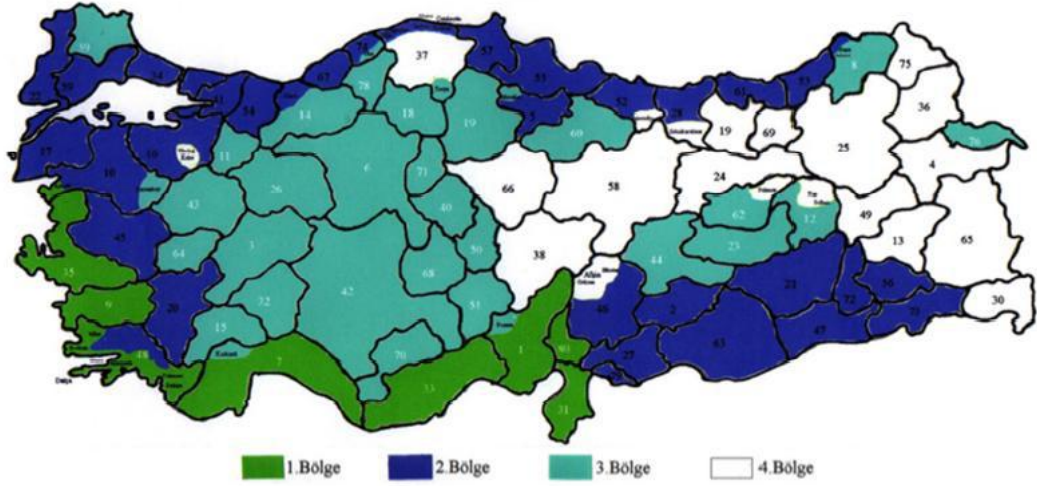
Mahaldeki kişi sayısı iki olarak öngörülmüştür. Mahaldeki maksimum ısıtma soğutma yüklerinin hesaplanması ve enerji yüklerinin hesaplanması ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Mahal modeli oluşturulurken, mahal modelinin kare şeklinde kutu bir formda olması tercih edilmiştir. Mahal modelinde belirlenen çatı tipi düz çatı olarak belirlenmiştir; böylece aynı koşullar altında değerlendirilen mahal enerji performansları bulunması sağlanacaktır. Düz çatı tipi olarak belirlenen çatı yüzeyine uygulanacak yeşil çatı sistemi ve normal düz çatıların karşılaştırılması bu açıdan bakıldığında daha verimli sonuçlar verecektir.

Aşağıda görüldüğü gibi referans alınan iki kişilik mahal için, 10x 10m boyutlarında 100m² alanında, tek katlı ve 300cm kat yüksekliği olan model oluşturulmuştur. Referans alınan kat kendi içinde değerlendirilecek şekilde düşünülmüştür. Mahalde iç mekân bölücü duvarlar ve pencereler hesaba katılmayarak analizler yapılmıştır.



Şekil 4.5. Uygulanacak mahal planı (10x10m=100m²) ve kesiti

Mahalin bulunduğu yerin aşağıdaki şekilde görülen TS 825'deki derece gün bölgeleri tablosu dikkate alınarak 3. bölgede olduğu düşünülmüştür. 3. bölgede bulunan Ankara ili soğuk iklimlerde karşılaştırma yapılması amaçlandığı için tercih edilmiştir. Tercih edilen Ankara şehrine ilişkin iklimsel veriler, Revit programında tanımlandığı gibi kabul edilmiştir.



Şekil 4.6. Türkiye'deki derece gün bölgelerine göre illerimiz [59]

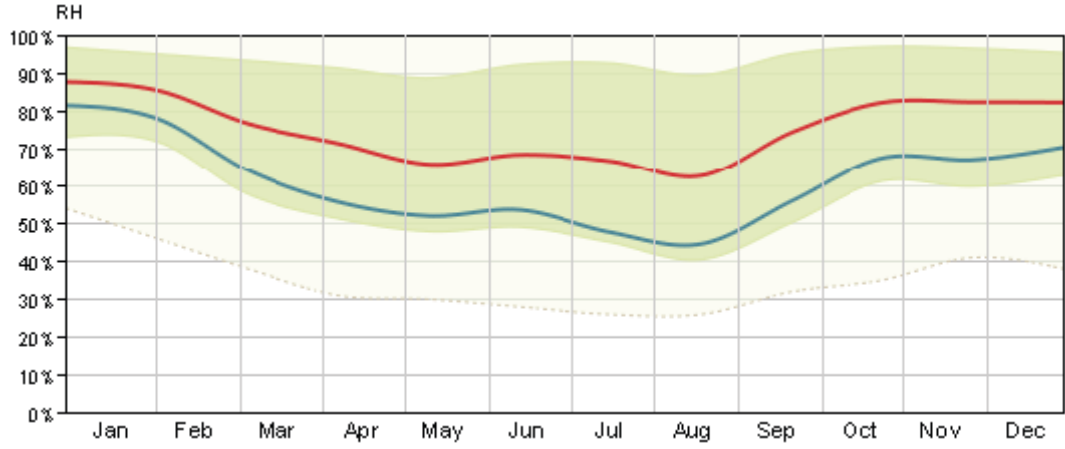
Ankara şehrinin iklim verileri Revit programı tarafından en yakın meteoroloji istasyonundan çekilmiştir.

Cooling Design Temperatures												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Dry Bulb	7 °C	9 °C	19 °C	22 °C	30 °C	33 °C	32 °C	37 °C	29 °C	27 °C	15 °C	10 °C
Wet Bulb	4 °C	6 °C	9 °C	11 °C	17 °C	16 °C	14 °C	18 °C	17 °C	13 °C	11 °C	5 °C
Mean Daily Range	8 °C	8 °C	13 °C	15 °C	15 °C	17 °C	17 °C	18 °C	15 °C	13 °C	13 °C	12 °C

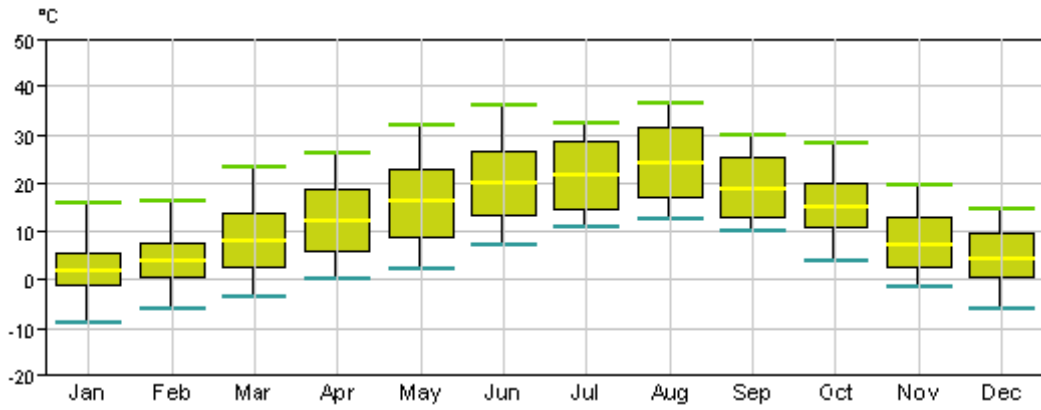
Heating Design Temperature: -11 °C

Clearness Number: 1.0

Şekil 4.7. Programa işlenen Ankara şehrinin iklim verileri



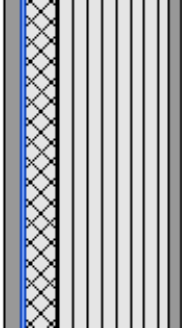
Şekil 4.8. Ankara ilinin yıllık nem dağılımı



Şekil 4.9. Ankara ilinin aylık sıcaklık tablosu

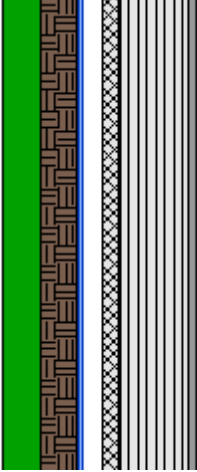
Aylara göre sıcaklık değerlerine bakıldığında en soğuk dönem olarak Aralık, Ocak ve Şubat göze çarpmaktadır. Bu aylarda sıcaklık -5°C ile -10°C arasında seyretmektedir. En sıcak olan Ağustos ayında ise bu değerler 25°C ile 30°C arasındadır. (Şekil 4.8.) Ankara şehrinde düşünülen mahal modelinde tanımlanan ısı yalıtım katmanlarının belirlenmesinde TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardında verilmiş, tavsiye edilen en fazla U değerleri esas alınmıştır. Ankara şehrine göre; dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı (U_d) $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, tavanın ısıl geçirgenlik kat sayısı (U_t) $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, zemine oturan döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı ($U_{dö}$) $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak TS 825'den alınmıştır [59]. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri çekilmiştir.

Her bir elemana ait yapı bileşenleri malzeme bilgileri aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.



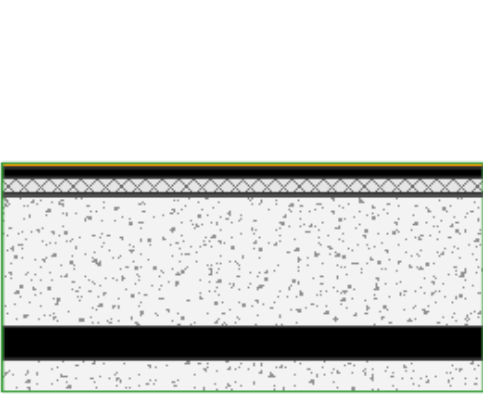
Layers			
EXTERIOR SIDE			
	Function	Material	Thickness
1	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.00
2	Finish 1 [4]	Dış sıva	3.00
3	Substrate [2]	Su Yalıtımı	0.40
4	Substrate [2]	XPS	5.50
5	Structure [1]	Tuğla duvar	19.00
6	Substrate [2]	İç sıva	2.00

Şekil 4.10. Modele işlenmiş normal duvar bileşenleri



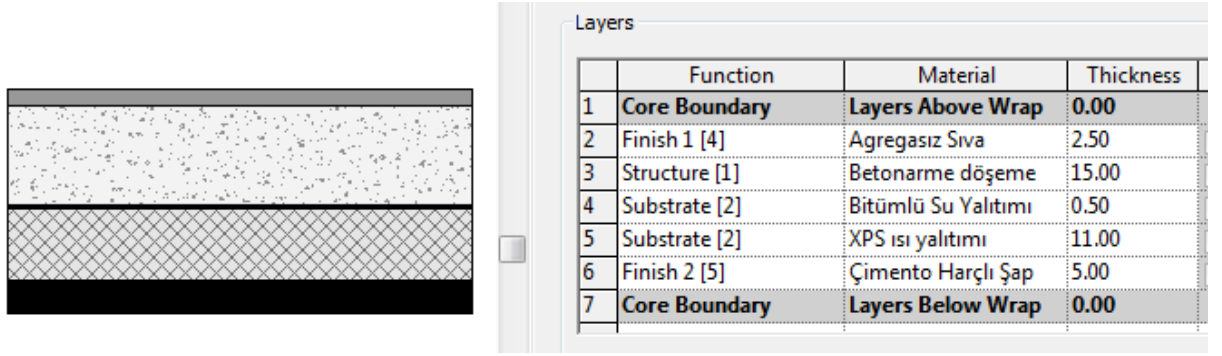
Layers			
EXTERIOR SIDE			
	Function	Material	Thickness
1	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.00
2	Finish 1 [4]	Bitki	10.00
3	Substrate [2]	Islak toprak	10.00
4	Substrate [2]	Yün keçe	0.50
5	Substrate [2]	PVC levha	1.00
6	Thermal/Air Layer [3]	Hava boşluğu	5.00
7	Substrate [2]	Su Yalıtımı	0.40
8	Substrate [2]	XPS	4.00
9	Structure [1]	Tuğla duvar	19.00
10	Finish 2 [5]	İç sıva	2.00

Şekil 4.11. Modele işlenmiş yeşil duvar bileşenleri

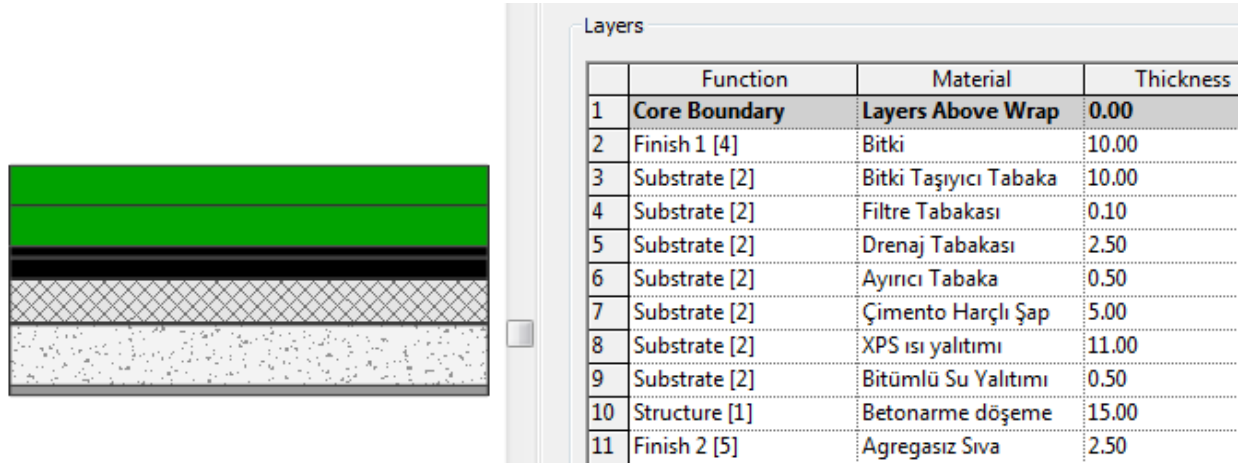


Layers			
	Function	Material	Thickness
1	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.00
2	Finish 1 [4]	Ahşap Parke	1.50
3	Substrate [2]	Şap	3.00
4	Substrate [2]	XPS	5.00
5	Substrate [2]	Su Yalıtımı	0.40
6	Substrate [2]	Su Yalıtımı	0.40
7	Structure [1]	B.A. Temel	40.00
8	Substrate [2]	Şap	10.00
9	Finish 2 [5]	Çakıl	10.00

Şekil 4.12. Modele işlenmiş zemine oturan döşeme bileşenleri



Şekil 4.13. Modele işlenmiş normal çatı bileşenleri



Şekil 4.14. Modele işlenmiş yeşil çatı bileşenleri

Mahalde pencere ve kapılardan ısı kaybı veya kazancı olmadığı varsayılmıştır. Her model için sabit alınan parametreler; kişi başına düşen duyulur ısı kazancı 67.40W ve kişi başına düşen gizli ısı kazancı 35.20W olarak tanıtılmıştır. Aydınlatmadan kaynaklanan ısı yükleri 10.00W/m², ekipmanlardan kaynaklanan ısı yükleri 5.00W/m²olarak işlenmiştir. Mahal kullanımı, 7/24 kullanılacak şekilde 2 kişilik bir mahal olarak programa tanıtılmıştır. Mahal işlevi olarak konut tipi olması seçilmiş ve mahalın split klimayla ısıtılıp soğutulacağı öngörülmüştür.

Yalıtım katmanı kalınlıkları dış kabuk yapı elemanı türüne göre belirlenmiştir. Isı yalıtım malzemesi olarak extrude polistren köpük (XPS) kullanılmıştır. Ankara için hesaplanan ısı yalıtım malzeme kalınlıkları çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Hesaplanan yalıtım malzemesi kalınlıkları

Ankara	Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (XPS, cm)				
	Normal Duvar	Yeşil Duvar	Zemine Oturan Döşeme	Normal Çatı	Yeşil Çatı
	5.5cm	4cm	5cm	11cm	11cm

Belirlenen yapı bileşenleri ve malzeme özellikleri ile ısı yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak hesaplanan, bina dış kabuk elemanlarına ait belirlenen U değerleri çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ankara şehrinde hesaplanan ısı geçirgenlik katsayıları

Hesaplanan Isıl Geçirgenlik Katsayıları (U, W/m ² K)				
Yeşil Çatı	Normal Duvar	Yeşil Duvar	Zemine oturan döşeme	Normal Çatı
0,19	0,48	0,19	0,40	0.30

4.2.2. Seçeneklerin oluşturulması ve parametrelerin Revit'e tanıtılması

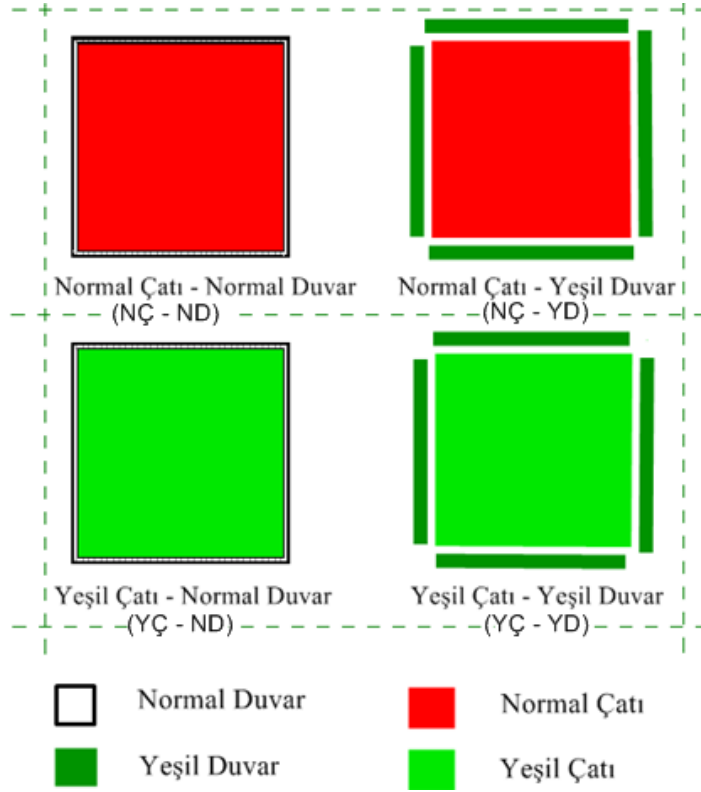
Modele ilişkin kararlar alınıp parametreler belirlendikten sonra, karşılaştırma yoluyla bir değerlendirme yapmak üzere sunulacak seçeneklerin oluşturulması gerekmektedir. Daha verimli ve doğru sonuçlar alabilmek için, öncelikle değişken ve sabit verilerin neler olması gerektiğine karar verilmiştir. Değişken veriler duvar ve çatılardır. Sabit veriler ise aydınlatma, kişi sayısı, pencere, kapı, boyutsal özellikler, mahal işlevinin konut olması ve ekipmanlar olarak belirlenmiştir.

Düşey yeşil sistemlerden, model cepesinde kullanılmak üzere “Yaşayan Duvar (yerinde yapım-keçe katmanlı)” tipi seçilmiştir. Bu yeşil sistem tipinin seçilmesinde yaygın olarak kullanılması, yapıya fiziksel zarar vermemesi, parametrelerde kullanılan malzemelerin ve bitki türlerinin kolaylıkla bulunabilmesi ve uzun dönemler boyunca yaşamını sürdürebilmesi olmasıdır.

Yeşil çatı tipi olarak; günümüzde de inşa edilmiş teras çatılı binaların üzerine uygulanarak yeşil çatıya dönüşebilmeye imkân verebilen, standart çatıya çok ağırlık getirmeyecek seyrek bir yeşil çatı sistemi uygulanmıştır.

Bu örneklere TS825 standartlarına uygun duvar ve çatı yapı bileşenlerin özellikleri tanımlanmış ve bileşenlerde TS825'e uygunluğunun zorunlu olması nedeni ile uygun kalınlıkta ısı yalıtımı uygulanmıştır.

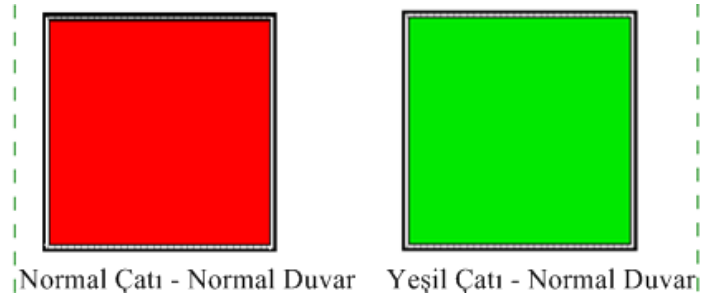
Karşılaştırma yapılırken oluşturulan seçenekler kendi içlerinde analiz edilip daha sonra karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma seçenekleri aşağıdaki gibidir:



Şekil 4.15. Revit programında kullanılan analiz seçenekleri

4.2.2.1. Yeşil Çatı Etkinliği

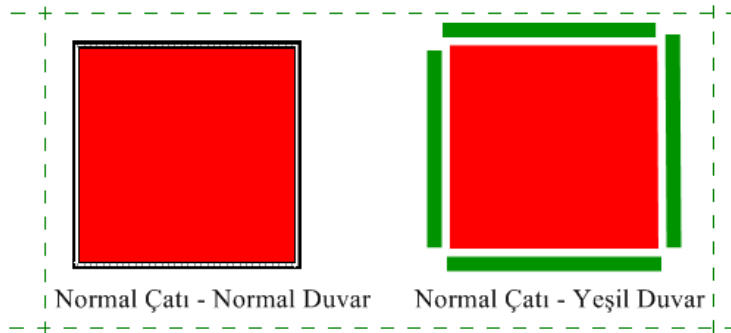
Yeşil çatı değerlendirilmesi yapılırken; normal çatı-normal duvar seçeneği ile yeşil çatı-normal duvar seçeneği karşılaştırılması yapılmıştır. Değişkenin sadece çatılar olması sağlanıp, yeşil çatının normal çatıya oranla sağladığı yarar ve zararlar analiz edilecektir.



Şekil 4.16. Yeşil çatı analiz seçeneği

4.2.2.2. Yeşil Duvar Etkinliği

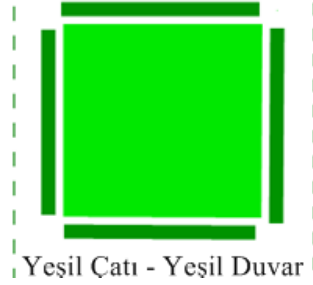
Yeşil duvar değerlendirilmesi yapılırken ise; normal duvar-normal çatı seçeneği ile yeşil duvar-normal çatı seçeneği karşılaştırılması yapılmıştır. Değişkenin sadece duvarlar olması sağlanıp, yeşil duvarın normal duvara oranla sağladığı yarar ve zararlar analiz edilecektir.



Şekil 4.17. Yeşil duvar analiz seçeneği

4.2.2.3. Yeşil Çatı Ve Yeşil Duvar Etkinliği

Yeşil çatı ve yeşil duvar analizleri yapıldıktan sonra yeşil çatı ve yeşil duvarın birlikte kullanılması durumundaki sonuçların değerlendirilmesi adına, yeşil duvar - yeşil çatı seçeneği oluşturulmuştur.



Şekil 4.18. Yeşil çatı – yeşil duvar analiz seçeneği

Elde edilen veriler sonucunda yeşil duvar ve yeşil çatının, diğer seçeneklere oranla ısıtma - soğutma yüklerine ve bina enerji performansına etkilerinin incelenmesi planlanmıştır.

4.2.3. Seçenekler için ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması

Bir önceki aşamada oluşturulan 4 seçenek için gerçekleştirilen ısıtma ve soğutma yükleri analizleri belirlenmiştir. Oluşturulan seçenekler için, Ankara ilinin en soğuk ve en sıcak olduğu zamanlar baz alınmıştır. Isıtma ve soğutma yüklerinin maksimum seviyeye ulaştıkları bu zamanlar hesaplanmış ve çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Oluşturulan seçenekler için ısıtma ve soğutma yüklerinin maksimum seviyede olduğu değerler

Seçenekler	Maksimum Soğutma Yüğü (W)	Maksimum Isıtma Yüğü (W)
NÇ - ND	1,908	4,671
YÇ - ND	2,255	4,239
NÇ - YD	1,684	3,285
YÇ-YD	2,086	2,852

Normal çatı - normal duvar seçeneğı ile normal çatı - yeşil duvar seçeneğı karşılaştırılarak değışkenin sadece duvar olması sağlanıp, yeşil duvarın ısıtma ve soğutma yüküne etkisi incelenmiştir. Bu analizler sonucunda yeşil duvarların ısıtma ve soğutma yüklerini azalttığı görülmektedir.

Aynı şekilde normal çatı - normal duvar seçeneğı ile yeşil çatı - normal duvar seçeneğı karşılaştırılarak değışkenin sadece çatı olması sağlanıp yeşil çatının ısıtma ve soğutma yüküne etkisi incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda; yeşil çatıların ısıtma yükünü azalttığı, soğutma yükünü ise bir miktar arttırdığı görülmektedir.

Yeşil çatı ve yeşil duvarın aynı anda kullanıldığı seçenekte ise, ısıtma yükünün diğer seçeneklere göre daha fazla düştüğü, soğutma yükünün ise bir miktar arttığı görülmektedir.

Analizler yapılırken incelenen ısıtma ve soğutma bileşenleri çatı ve duvar olarak belirlenmiştir. Çatı ve duvarların ısıtma ve soğutma verileri ve yüzdeleri, her seçenek için ayrı ayrı olmak üzere aşağıdaki çizelge 4.4. ve çizelge 4.5.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4.Oluşturulan seçenekler için incelenen soğutma bileşenleri

İncelenen Soğutma Bileşenleri				
Seçenekler	Duvar		Çatı	
	Toplam (W)	Yüzde(%)	Toplam (W)	Yüzde(%)
NÇ - ND	660	%34.58	472	%24.73
NÇ - YD	468	%27.78	472	%28.02
YÇ - ND	592	%26.23	898	%39.81
YÇ - YD	429	%20.59	898	%43.04

Çizelge 4.5. Oluşturulan seçenekler için incelenen ısıtma bileşenleri

İncelenen Isıtma Bileşenleri				
Seçenekler	Duvar		Çatı	
	Toplam (W)	Yüzde(%)	Toplam (W)	Yüzde(%)
NÇ - ND	2,331	%49.90	1,261	%27.00
NÇ - YD	945	%28.76	1,261	%38.40
YÇ - ND	2,331	%55.00	828	%19.55
YÇ - YD	945	%33.13	828	%29.05

Çizelge 4.6.'da yeşil çatı ve yeşil duvarların ısıtma yüzdelerine bakıldığında; yeşil çatıların ısıtmaya %0,95 fayda sağlaması ile yeşil duvarın %9,30 oranında fayda sağlaması karşılaştırıldığında, yeşil duvarların ısıtma yüklerine sağladıkları faydanın yeşil çatılara oranla %8,35 daha faydalı olduğu görülmektedir.

Yeşil çatı ve yeşil duvarların soğutma yüzdelerine bakıldığında ise; yeşil çatıların soğutmaya %0,7 oranında olumsuz etki yapması ile yeşil duvarın %0,90 oranında olumlu etki yapması karşılaştırıldığında, yeşil duvarların yeşil çatılara oranla %1,6 oranında daha olumlu etki yaptığı görülmektedir.

Çizelge 4.6. Yeşil çatının normal çatıya ve yeşil duvarın normal duvara göre ısıtma ve soğutmaya etkileri

Avantaj ve Dezavantajlar	Isıtma		Soğutma	
	Isıtma yüzdeleri	Fayda / Zarar	Soğutma yüzdeleri	Fayda / Zarar
YÇ'nin NÇ'ya oranla	+ %0,95	Fayda	- %0,7	Zarar
YD'in ND'a oranla	+ %9,30	Fayda	+ %0,90	Fayda

4.2.4. Seçeneklerin toplam enerji yüklerinin hesaplanması

Oluşturulan 4 seçenek için toplam enerji yükü analizleri yapılmıştır. Bu analizler yapılırken 30 sene için açıklanan elektrik tüketimi, yakıt tüketimi ve enerji maliyetleri bulunmuştur. Açıklanan tüketim değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.7. 30 sene için bulunan tüketim değerleri ve maliyetleri

Seçenekler	Elektrik Tüketimi (kWh)	Yakıt Tüketimi (MJ)	Enerji Maliyeti (\$)
NÇ - ND	332,950	2,818,891	50,184
NÇ - YD	331,435	2,593,943	48,056
YÇ - ND	334,140	2,795,839	50,066
YÇ - YD	333,390	2,575,476	48,037

Normal çatı - normal duvar seçeneği ile normal çatı - yeşil duvar seçeneği karşılaştırılarak değişkenin sadece duvar olması sağlanıp, yeşil duvarın elektrik tüketimine, yakıt tüketimine ve enerji maliyetine etkisi incelenmiştir. Bu analizler sonucunda yeşil duvarların elektrik tüketimlerini, yakıt tüketimlerini ve enerji maliyetlerini azalttığı görülmektedir.

Aynı şekilde normal çatı - normal duvar seçeneği ile yeşil çatı - normal duvar seçeneği karşılaştırılarak değişkenin sadece çatı olması sağlanıp yeşil çatının elektrik tüketimine, yakıt tüketimine ve enerji maliyetine etkisi incelenmiştir. Bu analizler sonucunda yeşil çatıların elektrik tüketimlerini arttırdığı, yakıt tüketimlerini azalttığı ve enerji maliyetlerini yakıt tüketimindeki fayda sayesinde azalttığı görülmektedir.

Yeşil çatı ve yeşil duvarın aynı anda kullanıldığı seçenekte ise, elektrik tüketimlerinin arttığı, yakıt tüketimlerinin azaldığı ve enerji maliyetlerinin yakıt tüketimindeki fayda sayesinde azalttığı görülmektedir.

30 sene için açıklanan tüketim değerlerinin ne kadarının ısıtma ve soğutma enerjileri olduğu aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.8. Isıtma için harcanan yakıt ve soğutma için harcanan elektrik oranları

Seçenekler	Isıtma için harcanan yakıt oranı (MJ)	Soğutma için harcanan elektrik oranı (kWh)
NÇ - ND	80,604	5,646
YD - NÇ	73,106	5,595
YÇ - ND	79,836	5,685
YÇ - YD	72,491	5,660

Yeşil çatılar için harcanan ısıtma yakıt oranlarına bakıldığında; yeşil çatıların normal çatıya oranla ısıtmaya 0,768MJ oranında daha fazla fayda sağladığı görülmektedir. Yeşil duvarlarda ise ısıtma için harcanan yakıt oranlarına bakıldığında; yeşil duvarların normal duvarlara oranla ısıtmaya 7,498MJ oranında fayda sağladığı görülmektedir.

Yeşil çatılar için harcanan soğutma elektrik oranlarına bakıldığında; yeşil çatıların normal çatıya oranla soğutmaya 0,039MJ oranında zarar sağladığı görülmektedir. Yeşil duvarlarda ise soğutma için harcanan yakıt oranlarına bakıldığında; yeşil duvarların normal duvarlara oranla soğutmaya 0,051MJ oranında fayda sağladığı görülmektedir.

Yeşil çatı ve yeşil duvarın birlikte kullanıldığı seçenekte ise; ısıtma için harcanan yakıt oranlarında 8,113MJ oranında fayda sağlandığı, soğutma için harcanan elektrik oranında 0,014MJ zarar olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Seçenekler için yıllık enerji kullanımı

Yıllık Enerji Kullanımı	Yakıt yüzdeleri	Elektrik yüzdeleri
NÇ - ND	%70	%30
YD - NÇ	%68	%32
YÇ - ND	%70	%30
YÇ - YD	%68	%32

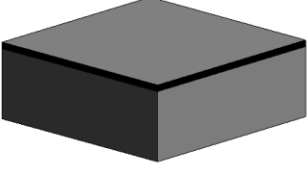
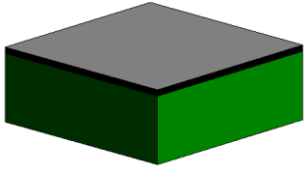
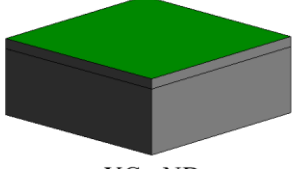
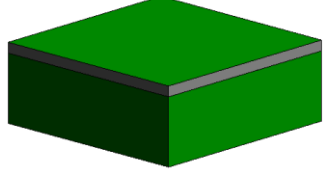
Yıllık harcanan enerji kullanımlarına bakıldığında; ısıtma için harcanan enerjinin soğutma için harcanan enerjiye oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Ankara ikliminin soğuk iklim olması buna etken olmaktadır.

4.3. Bölüm Sonucu

Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemlerin enerji performans değerlendirmesinin yapıldığı dördüncü ve son bölüm kapsamında, Ankara şehri için bir uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulama bölümünde detaylı bir biçimde anlatılan mahal modeline ilişkin bilgiler çizelge 4.10.'da yer almaktadır.

Revit programıyla yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen ısıtma soğutma yükleri ve enerji tüketimi değerleri karşılaştırılmış ve tablolarla anlatılmıştır. Bu analizler sonucunda; yeşil çatıların ısıtma yüklerini azalttığı soğutma yüklerini bir miktar arttırdığı ortaya çıkmıştır. Yeşil duvarların ise ısıtma ve soğutma yüklerini azaltıp olumlu etki yarattığı belirlenmiştir. Bulunan ısıtma ve soğutma yükleri değerleri, ısıtma ve soğutmanın maksimum değerlere ulaştığı zamanlar baz alınarak belirlenmiştir. Yeşil çatı ve yeşil duvarın birlikte kullanıldığı seçenekte ise ısıtma yükünü büyük oranda azalttığı, soğutma yükünü ise bir miktar arttırdığı ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.10. Mahal modeline ilişkin genel bilgiler

Mahalin bulunduğu şehir	Ankara	
Taban alanı	10x10m=100m ²	
Yükseklik	300cm kat yüksekliği	
Düsey yeşil sistem tipi	Yaşayan duvar – keçe katmanlı	
Yeşil çatı tipi	Teras çatılı binaların üzerine uygulanarak yeşil çatıya dönüşebilmeye imkân verebilen, standart çatıya çok ağırlık getirmeyecek seyrek bir yeşil çatı sistemi tipi	
Karşılaştırma yapılırken oluşturulan seçenekler	 <p>NÇ - ND</p>	 <p>NÇ - YD</p>
	 <p>YÇ - ND</p>	 <p>YÇ - YD</p>

Oluşturulan 4 seçenek ile karşılaştırılma yapıp elde edilen enerji tüketim değerlerine bakıldığında ise, yeşil çatıların ve yeşil duvarların enerji korunumu açısından fayda sağladığı nicel olarak görülmektedir.

5. Değerlendirme ve Sonuç

Günümüzde kentlerde yaşanan sorunların ana kaynaklarından birisi, çevre kirlenmesi ve bu kirlenmenin doğurduğu olumsuz etkilerdir. Nitekim kentlere yakından bakıldığında, hava, su, toprak gibi yaşam için birinci derecede önemli olan kaynakların aşırı ve yaygın biçimde kirlendiği görülmektedir. Diğer taraftan, CO2 artışı ile ortaya çıkan küresel iklim değişikliği modern kentlerin geleceğini tehlikeye sürüklemektedir. Sonuç olarak, “kentlerin kirli yaşam çevrelerine” dönüştüğü, yaşamın olumsuz etkilendiği, insanların kirli çevrelerde adeta zehir soluyarak yaşadığı, zehirli gıdalar ve içeceklerle, daha çok hastalandığı ve daha çabuk öldüğü görülmektedir. Kentlerdeki yaşamı “sürdürebilir” kılabilmek ve gelecek nesillere yaşanabilir kentler bırakmak için, yukarıda bahsedilen sorunlar birlikte ve eşzamanlı olarak çözülmek zorundadır [60].

Tez kapsamında; detaylı bir şekilde anlatılan sorunların çözümüne belli bir oranda katkıda bulunduğu düşünülen sistemlerden yeşil çatılar ve dişey yeşil sistemlere, tezin ikinci bölümünde genel bir bilgilendirme ve tanım yapılmıştır. Örnekler verilerek farklı iklim ve coğrafyalarda uygulanabilirliğinin mümkün olduğu ortaya konulmuştur. İklim, coğrafya ve bina modelinin durumuna göre geliştirilen yeşil çatı ve dişey yeşil sistemleri seçeneklerinin olduğu belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde enerji etkin tasarımında etkili parametrelerden bahsedilmiş, bu doğrultuda çatı ve cephelerin enerji etkin tasarım olarak nasıl tasarlanabilecekleri anlatılmaktadır. Böylece tasarımcıya bir yol göstermek amaçlanmıştır. (Çizelge 5.1.)

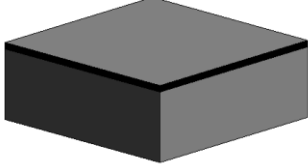
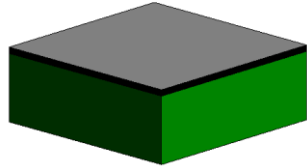
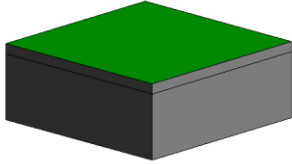
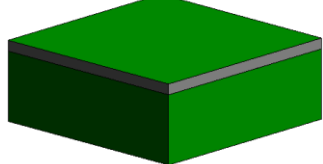
Çizelge 5.1. Enerji etkin tasarımda etkili parametreler

Enerji Etkin Tasarımda Etkili Parametreler		
	Parametreler	Uygulama İlkeleri
İklimle İlişkin Parametreler	Güneş Işınımı	Pasif güneş ısıtması sağlamak için özellikle güney cephesinde güneş ışınımından faydalanmak
	Hava Sıcaklığı	Toprak tabakasında ve özellikle koyu renk bitki tercih etme yoluyla yaprak yüzeyinde ısı depolama özelliğinden faydalanmak
	Yağış Miktarı ve Nem	Yağmur suyunu, duvar yüzeyinden doğrudan akışına engel olacak biçimde bünyede toplamak ya da sistemde biriktirerek yeniden kullanmak
	Rüzgâr	Hâkim rüzgâr yönü dikkate alınarak bitki seçimi yapmak ve yoğun yapraklanma gösteren bitki tercihi ile rüzgâr kontrolü sağlamak
Cepheye ve Çatıya İlişkin Parametreler	Binanın Bulunduğu Yer	Bitki tercihinde endemik türleri kullanmak, bitkinin büyüebilmesi için uygun ortamı sağlamak
	Bina Aralıkları	Çevredeki binaların gölgeleme alanlarını hesaba katarak gölgeye veya güneşe dayanıklı bitki tercih etmek
	Binanın Yönlendiriliş Durumu	Yönlere bağlı iklimsel özelliklere uygun bitkilendirme sağlayarak, enerji korunumu açısından en etkili cephelerde uygulamalar yapmak
	Bina Formu	Bitkilendirilmiş cephelerde yüzey açılarına bağlı olarak bina formunun güneş ışınımından faydalanmadaki etkini arttırmak
	Kabuk Özellikleri	Seçilen bitki bileşeninin yaprak yoğunluğu ile dokusu, yaprak dökken ya da dökmeyen türlerden olması ve yaprak rengi konusunda dikkatli davranmak

Alan çalışması ile günümüzde enerji etkinlikte yapı bileşeni olarak önemli bir yeri olan çatı ve duvarlar konu alınmıştır. Enerji etkin bina tasarımında etkili olduğu düşünülen yeşil çatı ve düşey yeşil sistemler incelenmiş, ısıtma ve soğutma yükleri analizleri ve enerji performans analizleri yapılarak sağladığı yararlar nicel olarak ortaya konmuştur.

Amaçlandığı gibi yeşil çatıların standart çatılara göre ve düşey yeşil sistemler standart duvarlara göre nasıl bir performans sergileyeceği incelenmiştir. Bu doğrultuda oluşturulan mahal bulduğu yerin TS 825'deki derece gün bölgeleri tablosu dikkate alınarak 3. bölgede olduğu varsayılmıştır. 3. bölgede bulunan Ankara ili soğuk iklimlerde karşılaştırma yapılması amaçlandığı için tercih edilmiştir. Ankara şehrinde düşünülen mahal modelinde tanımlanan ısı yalıtım katmanlarının belirlenmesinde TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardında verilmiş, tavsiye edilen en fazla U değerleri esas alınmıştır. Uygulanan mahal modeline ilişkin genel bilgiler çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Mahal modeline ilişkin genel bilgiler

Mahalin bulunduğu şehir	Ankara	
Taban alanı	10x10m=100m ²	
Yükseklik	300cm kat yüksekliği	
Düşey yeşil sistem tipi	Yaşayan duvar – keçe katmanlı	
Yeşil çatı tipi	Teras çatılı binaların üzerine uygulanarak yeşil çatıya dönüşebilmeye imkân verebilen, standart çatıya çok ağırlık getirmeyecek seyrek bir yeşil çatı sistemi tipi	
Karşılaştırma yapılırken oluşturulan seçenekler	 <p>NÇ - ND</p>	 <p>NÇ - YD</p>
	 <p>YÇ - ND</p>	 <p>YÇ - YD</p>

DüŖey yeŖil sistemlerden, model cephesinde kullanılmak üzere; yaygın olarak kullanılması, yapıya fiziksel zarar vermemesi, parametrelerde kullanılan malzemelerin ve bitki türlerinin kolaylıkla bulunabilmesi ve uzun dönemler boyunca yaşamını sürdürebilmesi adına Yaşayan Duvar (yerinde yapım - keçe katmanlı) tipi seçilmiştir. Yeşil çatı tipi olarak ise; günümüzde de inşa edilmiş teras çatılı binaların üzerine uygulanarak yeşil çatıya dönüşebilmeye imkân verebilen, standart çatıya çok ağırlık getirmeyecek seyrek bir yeşil çatı sistemi uygulanmıştır. Belirlenen yeşil çatı ve düŖey yeşil sistemlerinde bulunan 10cm bitki ve 10cm toprak katmanı, çatı ve duvar için yalıtım ve sızdırmazlık özelliğini arttırmıştır. Seçilen bu sistemler ile oluşturulan modelde, farklı yeşil çatı ve düŖey yeşil sistemi tipleri kullanılması ve farklı kalınlıklarda bitki ve toprak katmanı kullanılması durumunda farklı sonuçlar vereceği de ön görülmektedir.

Oluşturulan mahal alanı 100m² olarak tasarlandığından dolayı, çıkan analiz değerleri birbirlerinden küçük farklarla ortaya çıkmıştır. Mahal alanı daha büyük bir alan olarak tasarlandığında çıkan sonuçların birbirlerinden daha büyük farklar olacağı ön görülmektedir. Ancak 100m² için tasarlanan mahal modelinin ortaya çıkardığı sonuçlar da yeşil çatıların ve yeşil duvarların iyi oranda fayda sağladığını ortaya koymakta ve daha büyük yapılarda bu fayda oranının artacağı belirlenmektedir.

4 farklı karşılaştırma seçeneği oluşturularak, bu seçeneklerin kendileri içinde karşılaştırma yoluyla değerlendirilmesi sağlanmıştır. Karşılaştırma yapılırken ilk seçeneğin normal çatı – normal duvar seçeneği olması sağlanmış, böylece duvar ve çatı parametreleri yeşil çatı ve yeşil duvara dönüştürüldüğünde normal seçeneğe göre aradaki analiz sonuçlarının karşılaştırılması sağlanmıştır.

2 analiz seçeneğinde ise; ilk seçeneğin sadece duvarının yeşil duvara çevrilmesi ile oluşturulan model ve ilk seçeneğin sadece çatısının yeşil çatıya çevrilmesi ile oluşan model oluşturulmuştur. Kalan son karşılaştırma seçeneği ise yeşil çatı ve yeşil duvarın birlikte kullanılmasıyla oluşturulan seçenektir. Bu 4 seçeneğin BIM platformunda Revit programı kullanılarak elde edilen analiz sonuçları çizelge 5.3.'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Oluşturulan 4 seçenek için elde edilen analiz sonuçları

	NÇ - ND	NÇ - YD	YÇ - ND	YÇ - YD
Maksimum Soğutma Yüğü (W)	1,908	1,684	2,255	2,086
Maksimum Isıtma Yüğü (W)	4,671	3,285	4,239	2,852
Elektrik Tüketimi (kWh)	332,950	331,435	334,140	333,390
Yakıt Tüketimi (MJ)	2,818,891	2,593,943	2,795,839	2,575,476
Enerji Maliyeti (\$)	50,184	48,056	50,066	48,037
Isıtma için harcanan yakıt oranı (MJ)	80,604	73,106	79,836	72,491
Soğutma için harcanan elektrik oranı (kWh)	5,646	5,595	5,685	5,660
Yakıt yüzdeleri	%70	%68	%70	%68
Elektrik yüzdeleri	%30	%32	%30	%32

Analiz çalışması başlangıcında ilk olarak yeşil çatı ve düşey yeşil sistemlerin ısıtma ve soğutma yüklerine etkisine bakılmıştır. Bu doğrultuda diğer üç seçenekle karşılaştırma yapılacak seçenek normal çatı - normal duvar seçeneği belirlenmiştir. Normal çatı - normal duvar seçeneği ile normal çatı - yeşil duvar seçeneği karşılaştırılarak değişkenin sadece duvar olması sağlanıp, yeşil duvarın ısıtma ve soğutma yüküne etkisi incelenmiş ve bu analizler sonucunda yeşil duvarların ısıtma ve soğutma yüklerini azalttığı görülmüştür. Aynı şekilde normal çatı - normal duvar seçeneği ile yeşil çatı - normal duvar seçeneği karşılaştırılarak değişkenin sadece çatı olması sağlanıp yeşil çatının ısıtma ve soğutma yüküne etkisi incelenmiş ve yeşil çatıların ısıtma yükünü azalttığı, soğutma yükünü ise bir miktar arttırdığı görülmüştür.

Yeşil çatı ve yeşil duvarın aynı anda kullanıldığı seçenekte ise, ısıtma yükünü diğer seçeneklere göre daha fazla düştüğü, soğutma yükünü ise bir miktar arttırdığı görülmüştür.

Soğutma yükü açısından bakıldığında; soğutma yükünü en çok azaltan seçeneğin normal çatı - yeşil duvar seçeneği olduğu bulunmuştur. Diğer seçeneklerin ise bir miktar soğutma yüklerini arttırdığı görülmüştür. Isıtma yükü değerlendirildiğinde; ısıtma yükünü en çok azaltan seçeneğin yeşil çatı – yeşil duvar seçeneği olduğu bulunmuştur. Daha sonra bu sıralamayı sırasıyla yeşil çatı – yeşil duvar, normal çatı – yeşil duvar ve yeşil çatı – normal duvar seçeneği takip etmektedir. (Çizelge5.4.)

Çizelge 5.4. Soğutma ve ısıtma yüklerinin küçükten büyüğe doğru sıralaması

Soğutma yükü	Isıtma Yükü
NÇ – YD	YÇ – YD
NÇ – ND	NÇ – YD
YÇ – YD	YÇ – ND
YÇ – ND	NÇ - ND

Analiz çalışması devamında oluşturulan 4 seçenek için toplam enerji yükü analizleri yapılmıştır. Bu analizler yapılırken 30 sene için açıklanan elektrik tüketimi, yakıt tüketimi ve enerji maliyetleri bulunmuştur. Bu doğrultuda diğer üç seçenikle karşılaştırma yapılacak seçenek normal çatı - normal duvar seçeneği belirlenmiştir. Normal çatı - normal duvar seçeneği ile normal çatı - yeşil duvar seçeneği karşılaştırılarak değişkenin sadece duvar olması sağlanıp, yeşil duvarın elektrik tüketimine, yakıt tüketimine ve enerji maliyetine etkisi incelenmiştir. Bu analizler sonucunda yeşil duvarların elektrik tüketimlerini, yakıt tüketimlerini ve enerji maliyetlerini azalttığı görülmektedir. Aynı şekilde normal çatı - normal duvar seçeneği ile yeşil çatı - normal duvar seçeneği karşılaştırılarak değişkenin sadece çatı olması sağlanıp yeşil çatının elektrik tüketimine, yakıt tüketimine ve enerji maliyetine etkisi incelenmiştir. Bu analizler sonucunda yeşil çatıların elektrik tüketimlerini arttırdığı, yakıt tüketimlerini azalttığı ve enerji maliyetlerinin yakıt tüketimindeki fayda sayesinde azalttığı görülmektedir.

Yeşil çatı ve yeşil duvarın aynı anda kullanıldığı seçenekte ise, elektrik tüketimlerinin arttığı, yakıt tüketimlerinin azaldığı ve enerji maliyetlerinin yakıt tüketimindeki fayda sayesinde azalttığı görülmektedir.

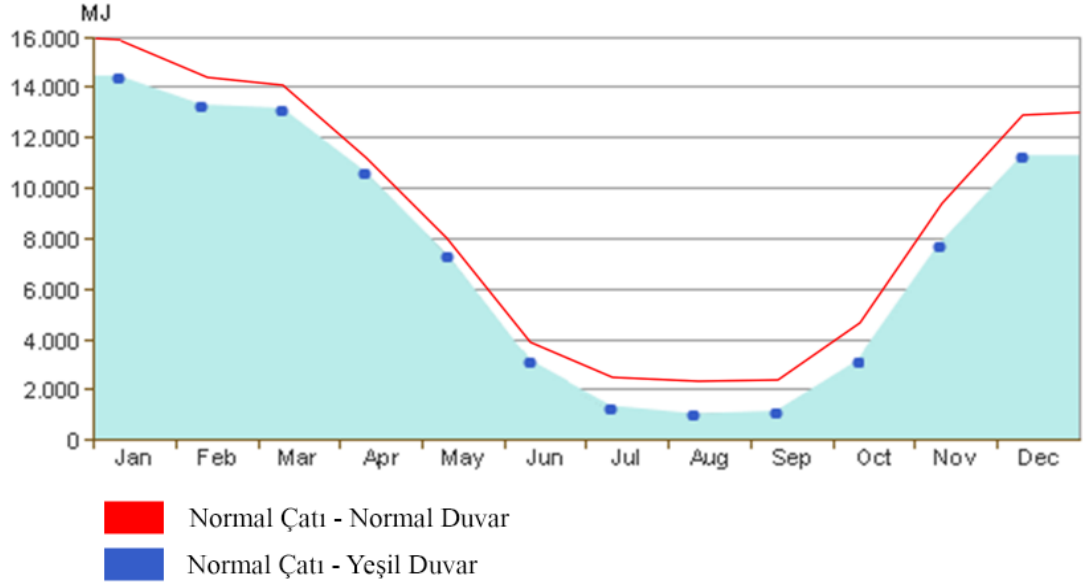
Çizelge 5.5. 30 yıl için hesaplanan elektrik tüketimi, yakıt tüketimi ve enerji maliyetlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanması

Elektrik tüketimi	Yakıt tüketimi	Enerji maliyeti
NÇ - YD	YÇ - YD	YÇ - YD
NÇ - ND	NÇ - YD	NÇ - YD
YÇ - YD	YÇ - ND	YÇ - ND
YÇ - ND	NÇ - ND	NÇ - ND

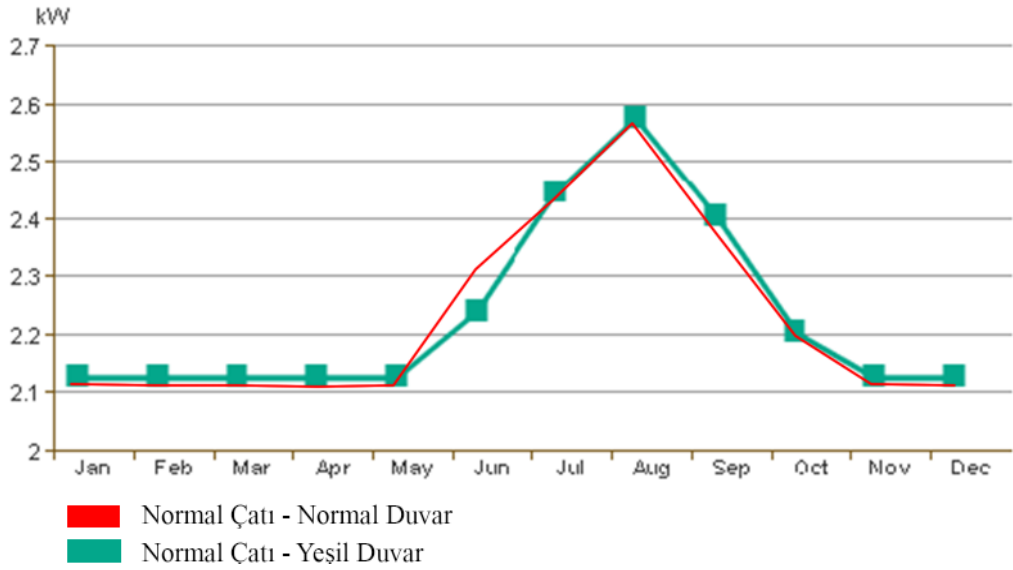
Yapılan enerji analizleri sonucunda elektrik tüketimi açısından bakıldığında en iyi seçeneğin normal çatı – yeşil duvar seçeneği olduğu belirlenmiş, diğer seçeneklerin ise elektrik tüketimlerinin bir miktar arttırdığı görülmüştür.

Yakıt tüketimleri miktarlarına bakıldığında ise yakıt tüketimini en aza indirerek en faydalı seçeneğin yeşil duvar ve yeşil çatının birlikte kullanıldığı yeşil çatı – yeşil duvar seçeneği olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla normal çatı – yeşil duvar ve yeşil çatı ve normal duvar seçeneği takip etmiştir. (Çizelge 5.5.) Bu durumda yeşil duvar ve yeşil çatıların kullanılmasıyla yakıt tüketimlerinin büyük oranda düşürülebileceği tespit edilmiştir.

Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi normal çatı – yeşil duvar seçeneğinin, aylara göre yakıt oranlarına bakıldığında tüm aylarda büyük oranda fayda sağlayarak yakıt tüketimlerini azalttığı, en fazla faydanın ise ağustos ayında olduğu görülmüştür. Elektrik tüketimlerinin tepe noktalarına bakıldığında ise en fazla faydanın haziran ayında olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 5.2.)



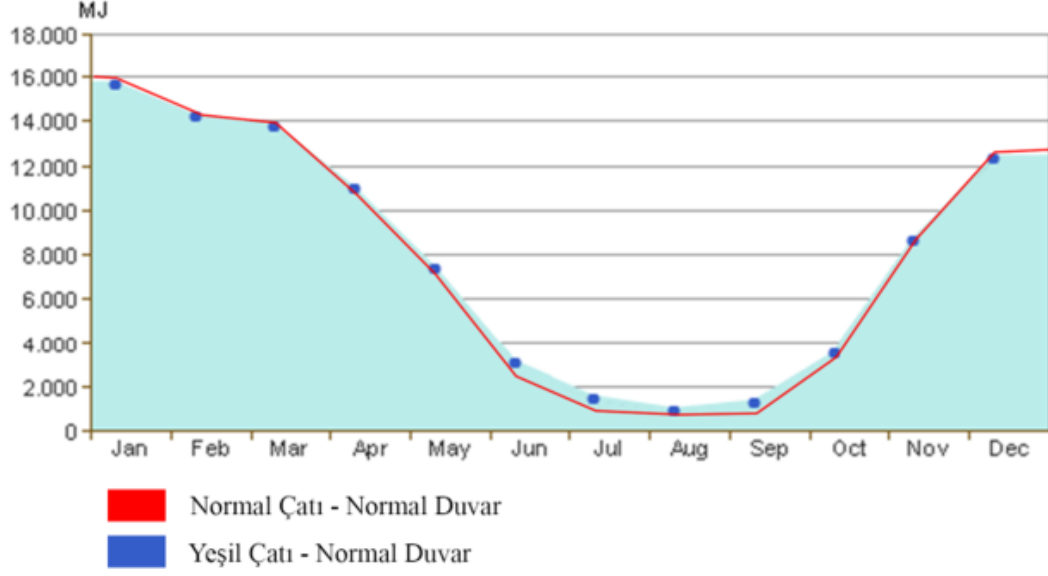
Şekil 5.1. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Normal Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık yakıt tüketimi oranları



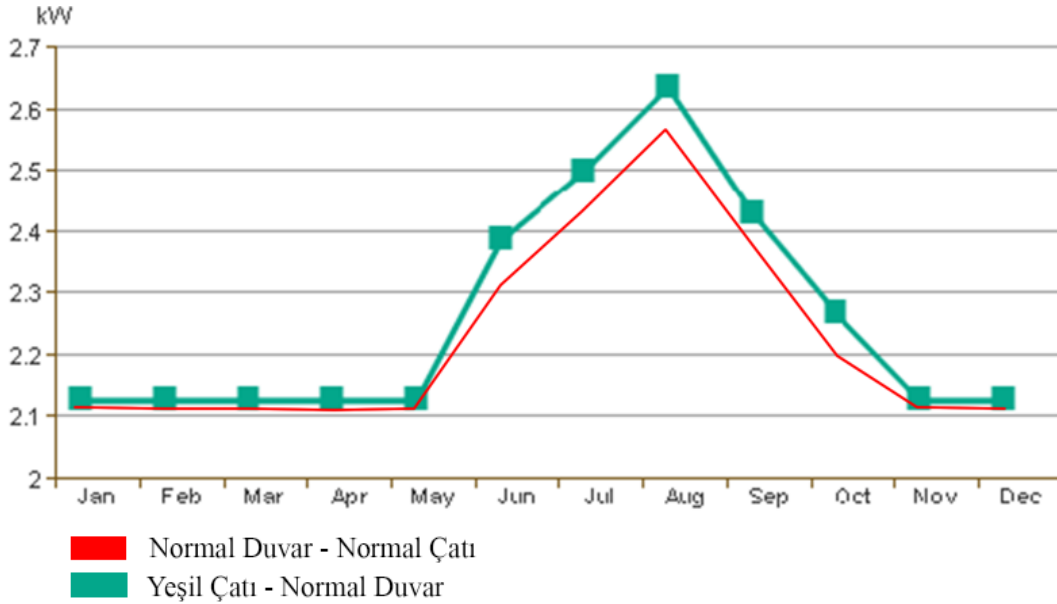
Şekil 5.2. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Normal Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık elektrik tüketimi tepe noktaları

Yeşil çatı – normal duvar seçeneğinin, aylara göre yakıt oranlarına bakıldığında yaz aylarında yakıt tüketimlerinin bir miktar arttığı kış aylarında yakıt tüketimini azaltarak fayda sağladığı görülmüştür. (Şekil 5.3.)

Elektrik tüketimlerinin tepe noktalarına bakıldığında ise; tüm aylarda belli oranlarda elektrik tüketimini arttırdığı, en fazla yakıt tüketiminin arttığı ayın ise ağustos olduğu bulunmuştur. (Şekil 5.4.)

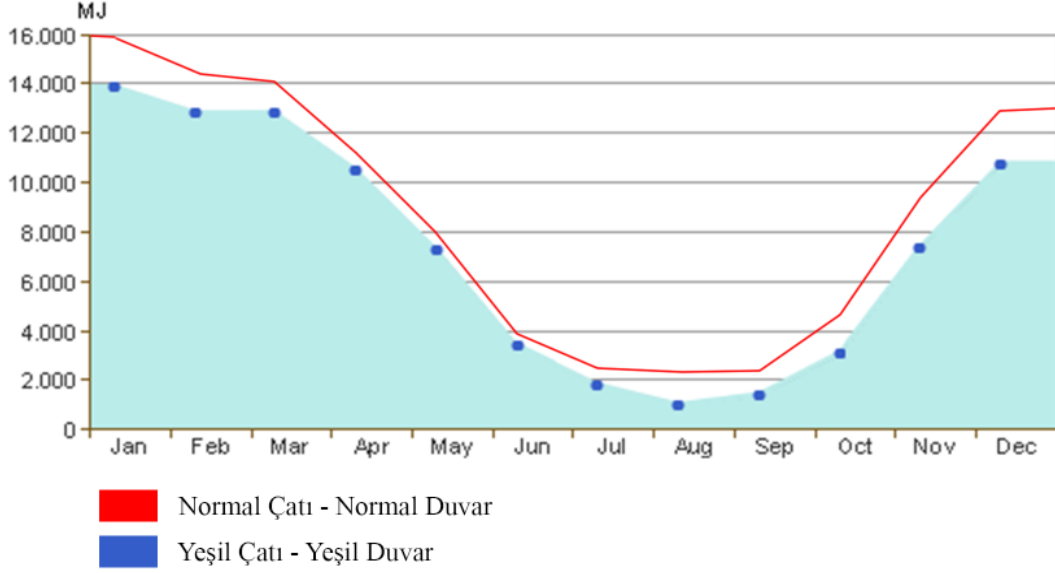


Şekil 5.3. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Normal Duvar seçeneğinin aylık yakıt tüketimi oranları

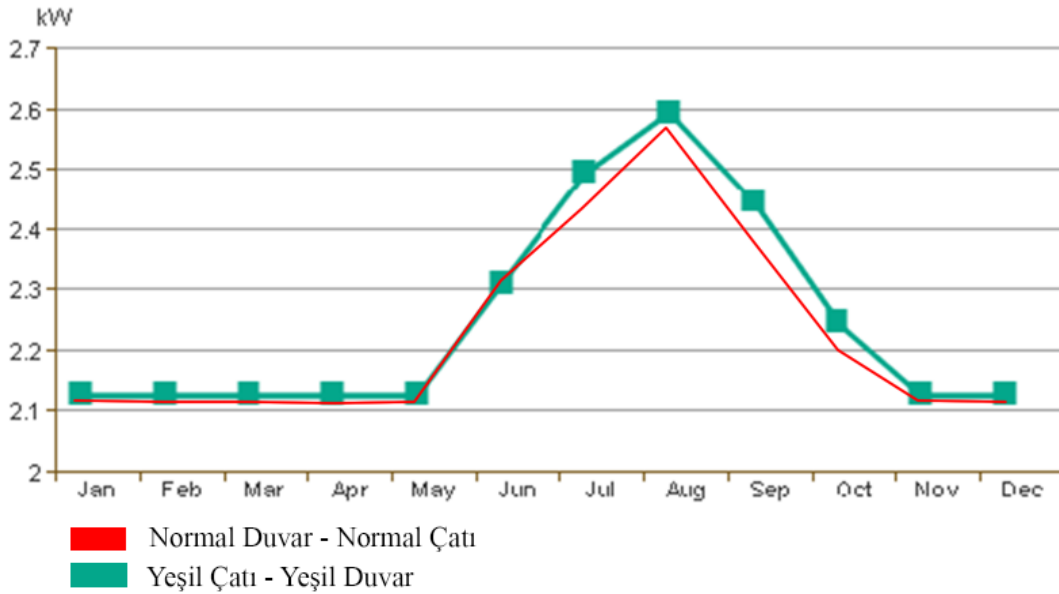


Şekil 5.4. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Normal Duvar seçeneğinin aylık elektrik tüketimi tepe noktaları

Yeşil duvar yeşil çatının birlikte kullanıldığı seçenekte ise; yakıt tüketimlerinin tüm aylarda büyük oranda azaldığı görülmüştür. (Şekil 5.5.) Elektrik tüketimlerinin tepe noktalarına bakıldığında ise tüketimin bir miktar arttığı görülmüştür. (Şekil 5.6.)

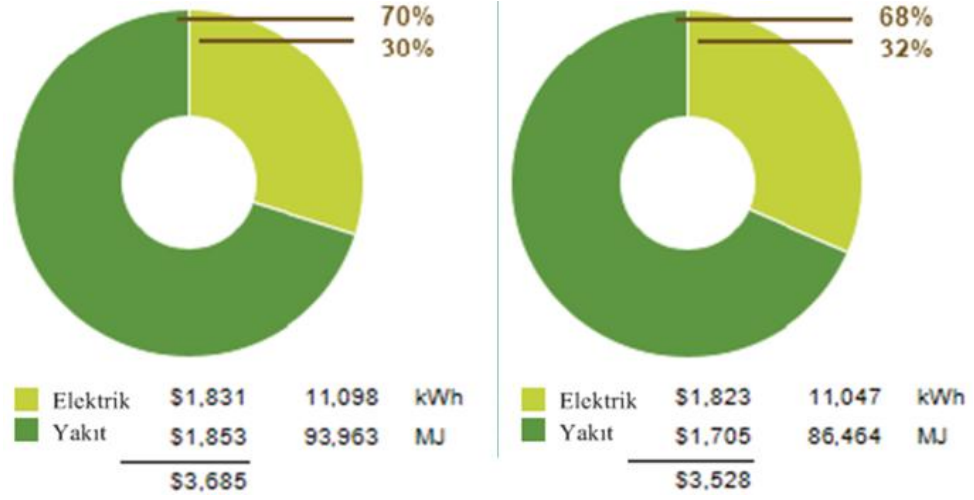


Şekil 5.5. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık yakıt tüketimi oranları



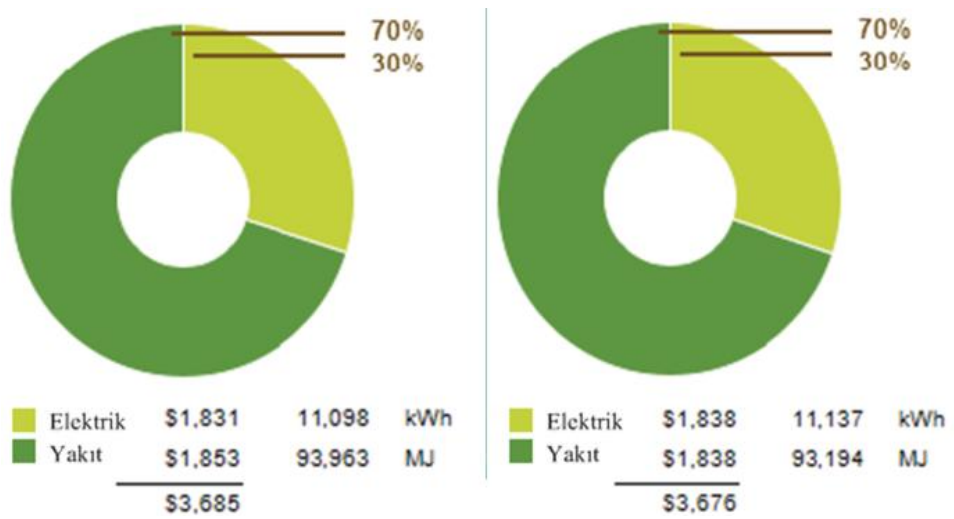
Şekil 5.6. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin aylık elektrik tüketimi tepe noktaları

Yapılan analizler sonucunda elektrik ve yakıt için harcanan yıllık maliyetler hesaplanmıştır. Normal çatı – normal duvar seçeneği ile parametrelerinden çatı ve duvar değişkenleri belirlenerek oluşturulan diğer seçenekler maliyet hesaplarına bakılarak karşılaştırma yoluyla analiz edilmiştir.



Şekil 5.7. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Normal Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetleri

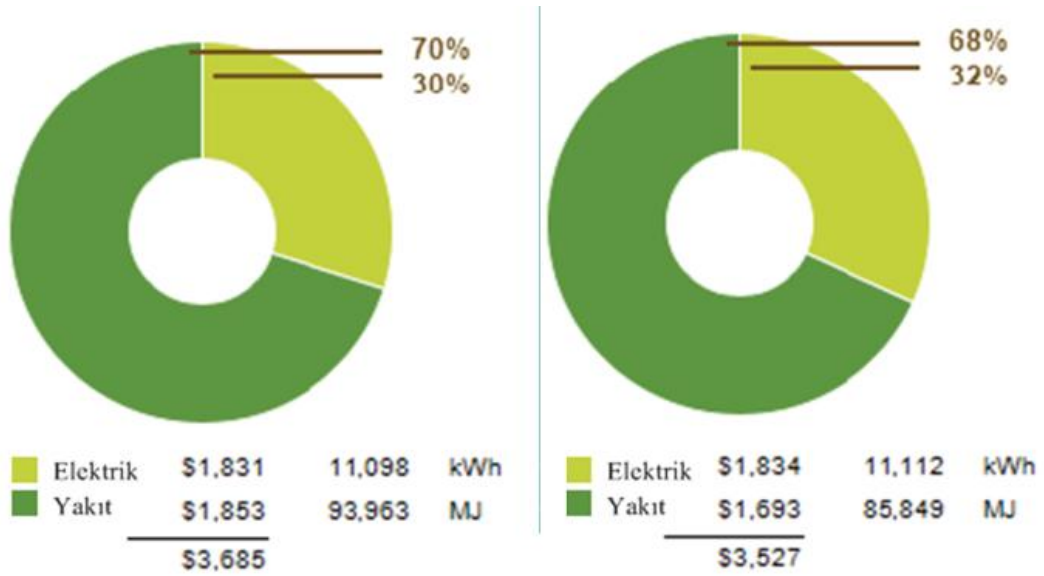
Normal çatı – yeşil duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetlerine bakıldığında; elektrik için harcanan maliyet miktarının ve yakıt maliyetinin düştüğü görülmektedir. Normal duvar yerine yeşil duvar kullanılması durumunda mahal modelinin elektrik ve yakıt maliyetlerini düşürdüğü ortaya konmuştur.



Şekil 5.8 Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Normal Duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetleri

Yeşil çatı – normal duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetlerine bakıldığında; elektrik için harcanan maliyet miktarının ve yakıt maliyetinin düştüğü görülmektedir. Normal çatı yerine yeşil çatı kullanılması mahal modelinin elektrik ve yakıt maliyetlerini düşürmüştür. Böylece yeşil çatıların da mahaldeki elektrik ve yakıt maliyetlerini düşürdüğü ortaya konmuştur.

Yeşil çatı ve yeşil duvarın aynı anda kullanılması durumunda ise; elektrik ve yakıt maliyetlerini diğer seçeneklere göre en fazla düşürdüğü görülmüş ve yeşil çatı ve yeşil duvarların birlikte kullanılmasının mahal modelinde en verimli sonuç olduğu belirlenmiştir. (Şekil 5.9.) Seçenekler arasındaki farkların küçük miktarlar olmasının nedeni mahalın küçük bir model olarak tasarlanmasından kaynaklanmaktadır. Ancak büyük alanlı tasarımlarda farkların büyük olacağı ön görülmüştür.



Şekil 5.9. Normal Çatı – Normal Duvar seçeneği ile Yeşil Çatı – Yeşil Duvar seçeneğinin yıllık enerji tüketimi ve maliyetleri

Yapılan analizler sonucunda yeşil çatıların ve yeşil duvarların toplam enerji maliyetine büyük oranda fayda sağladığı görülmektedir. Bu analizler sonucunda enerji maliyetine en fazla fayda sağlayan seçeneğin ise, yeşil çatı ve yeşil duvarların birlikte kullanıldığı seçenek olduğu belirlenmiştir. Bu sıralamayı normal çatı – yeşil duvar seçeneği ile yeşil çatı – normal duvar seçeneği takip etmektedir. (Çizelge 5.3.)

Çizelge 5.6. Oluşturulan 4 seçenek için belirlenen 30 yıllık enerji maliyetleri

Seçenekler	Enerji Maliyeti (\$)
NÇ - ND	50,184
YÇ - ND	50,006
NÇ - YD	48,056
YÇ - YD	48,037

Çalışma sonuçlarındaki bina enerji analizlerine bakılarak sistemin yükleniciye getireceği maliyetin ne kadar sürede geri dönüşü olacağını bilmek, yapım sürecindeki karar aşamasında da faydalı olacaktır.

Bu tez çalışmasında tasarlanan mahal için yapılan ısıtma – soğutma yükü analizleri ve enerji performansı analizlerinin de nicel olarak ortaya koyduğu gibi, yeşil çatı ve düşey yeşil sistemlerin normal çatı ve normal duvara göre hangi oranda fayda sağladıkları sayısal olarak ortaya konmuştur. Çalışma için oluşturulan katmanlaşma bileşenlerinin, günümüz koşullarında binalara enerji kimlik belgesi verilmesi zorunluluğu göz önüne alınarak iyi şekilde yalıtımı sağlanmış binalarda gerçekleştiği göz önüne alınmalıdır. İyi şekilde yalıtımı sağlanmış olarak tasarlanan normal çatı – normal duvar seçeneğine rağmen, yeşil çatıların ve düşey yeşil sistemlerin performanslarının bu seçeneğe göre daha iyi olduğu gerçeği sayısal değerlerle sonuçlandırılmıştır. Seçilen yeşil çatı ve düşey yeşil sistem tiplerinin çatıya ve duvara eklenebilir sistemler olması dolayısıyla, günümüzdeki eski ve yalıtımsız binaların enerji performansı açısından iyileştirilmesinde de bir çözüm yolu olabileceklerdir.

Yeşil çatılar ve düşey yeşil sistemlerin enerji performansı açısından sağladığı yararların yanında kent ısı ada etkisini azaltmaları, havayı temizlemeleri, zeminde yapılaştırılarak kaybedilen yeşil çatıda ve duvar tekrar oluşturması, yağmur suyunun şebekesine iletiminin gecikmesi, habitat ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına etkisi gibi faydaları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışma soğuk iklim bölgesinde bulunan Ankara şehrinde denenmiş olup, başka şehirlerde de tasarlanarak etkilerine bakılabilir. Ayrıca bina performanslarını iyileştirmek adına yalıtımsız ve kötü durumdaki eski binalara da uygulanarak daha iyi performans sonuçları elde edilebilir. Böylelikle var olan eski ve yalıtımsız binaya hem görsel hem de enerji tasarrufu sağlamasına yardımcı olabilir.

Mimaride yeni ve çevreye duyarlı anlayışlar geliştirerek daha yaşanabilir kentler meydana getirmek için, yeşil çatı ve düşey yeşil sistemler önemi göz ardı edilemeyecek çözümlerdir. Tez kapsamında enerji ile ilgili sağladığı yararların kanıtlandığı bu sistemlerin ülkemizde daha çok tanımı yapılmalı, devlet tarafından desteklenmeli, kullanıcı ve mal sahipleri bilinçlendirilerek kullanımına teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. İpekçi C.A., Yüksel, E., “Bitkilendirilmiş yapı kabuğu sistemleri, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 12 – 13 Nisan 2012”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi, Görükle Kampüsü – Bursa, 2012
2. Kabuloğlu Karaosman, S., “Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi”, Çevre Çözümlemesi ve Denetimi Bilim Dalı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, 20 Temmuz 2012
3. Uçurum E., “Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi, Yüksek lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
4. Coffman, R.R., “Vegetated Roof Systems: Design, Productivity, Retention, Habitat, And Sustainability In Green Roof And Ecoroof Technology PhD Thesis”, The Ohio State University, Ohio, USA,2007
5. <http://www.binbirdekor.com/cok-guzel-cati-bahceleri.html>, (11.06.2015)
6. Peck, S. ve Kuhn, M., “Design Guide lines for Green Roofs”, 10 Temmuz 2011,
7. <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=429>,(11.06.2015)
8. DavidS. E., “How does your roof top grow?”, Temple University Ambler, The Philadelphia Inquirer, Edition: City-D, Features Magazine, PageE01.March8, 2002
9. Wheeler, T.,Osborne, J., O’Hearn, M., James, C., Kim, S. Ve Mentink, J., “Sydney City Council Green Roof Resource Manual”, 10 Haziran2011,
10. Green Roof Manual, (2009). 8 Haziran 2011
11. Alcazar, S. S.,“Greening The Dwelling: A Life Cycle Energy Analysis of Green Roofs in Residential Buildings”, University of Toronto, Graduate Departmentof Civil Engineering, The Degree of Master of Science, Toronto 2004
12. Weiler, S.K. Ve Scholz-Barth, K.,“Green Roof Systems–A Guide to the Planning, Design and Construction of Landscape Over Structure”, Hoboken, New Jersey,2009
13. <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=80>, (11.06.2015)
14. Bauder, (b.t.), “Teras Tipi Yeşil Çatı Sistemleri”,25 Mayıs 2012

15. Guide to Green Roofs, 2011
16. Beitz, M. K., "Stand Persistence of 'Prestige' Buffalograss (*Bouteloua Dactyloides*) [Synonym *Buchloe Dactyloides*] Grown Under Simulated Green Roof Conditions During Summer in Oklahoma " Bachelor of Science in Landscape Architecture Oklahoma State University, The Degree of Master of Science, 2011
17. Waldbaum, H., "Green Roofs for Urban Agriculture. Dagenham: University of East London, School of Computing and Technology", MSc Architecture: Advanced Environmental and Energy Studies, 2008.
18. Dunnett, N. Ve Kingsbury, N., "Planting Green Roofs and Living Walls (Second Printing), Portland, London: TimberPressInc, 2008
19. Lanham, J.K., "Thermal Performance of Green Roofs in Cold Climates", : Queen's University, Department of Civil Engineering, The Degree of Master of Science (Engineering), Kingston, Ontario, Canada, 2007
20. Clark, C. E., "Energy Emissions Mitigation Using Green Roofs: Probabilistic Analysis", 2008
21. Ni, J., "Green Roof Study: Stormwater Quantity, Quality and Thermal Performance", The Graduate Faculty of Engineering, University of Pittsburgh, The Degree of Master of Science, Pittsburgh, 2009
22. Cunningham, N.R., "Rethinking the Urban Epidermis: A Study of the Viability of Extense Green", 2001
23. Dinsdale, S., Pearen, B. Ve Wilson. C., "Feasibility Study For Green Roof Application on Queen's University Campus", 2006
24. TingAu, A.Y., "A Planning Tool of Urban Greenroofs", Toronto, Ontario, Canada: Ryerson University, The Degree of Master of Applied Science, Environmental Applied Science and Management, 2007
25. Ottele, M., "The Green Building Envelope Vertical Greening", Delft Teknik Üniversitesi, Hollanda, 2011
26. Köhler, M., "Urban Ecosystems, Green Facades-a view back and some visions", Vol.11, pp.423-436, 2008.
27. Köylü, P., "Roof Gardening in Cities: Suggestions for Ankara (Kentlerde Çatı Bahçeciliği: Ankara İçin Öneriler)", Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Ankara, 1997
28. Thomas, M & R., "Green Roofs for Sustainable Cities", Standing Committee on Environment and Heritage House of Representatives Parliament of Australia. Civil Engineering & Design, 2003

29. Yudelso, J., "Green Building A to Z, Understanding the Language of Green Building", New Society Publishers, Canada, 2007
30. Green Roof Manual - How to Replace your Dead Roof with a Living Landscape, 2005
31. Akabari, H., Pomerantz, M., Taha, H., "Cool Surfaces and Shade Treesto Reduce Energy Use and Improve", 2001
32. Tohum N., "Sürdürülebilir peyzaj tasarım aracı olarak «yeşil çatılar»", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011
33. <http://www.greenroofs.com/blog/2011/06/28/gpw-hotel-ushuaia-low-tech-vertical-garden/>, (11.06.2015)
34. <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=1584> ,(11.06.2015)
35. Kariptaş, S. F., "Yeşil Çatıların Ekoloji Bağlamında Değerlendirilmesi ve Turkcell AR-GE Binası Örneği, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu", Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi, İzmir, 15-16 Nisan 2010
36. Ekşi M., "Enerji Etkin Mimarlık Yaklaşımları Üzerine Bir Eleştiri Dosya: Bir Tasarım Konusu Olarak Enerji Etkin Mimarlık", Ege Mimarlık Dergisi, Sayı 68, Ocak, Sf. 18-24, TMMOB Mimarlar Odası İzmir Şubesi, İzmir, 2009
37. http://v3.arkitera.com/haber_19391_meydan-alisveris-merkezi-acildi.html, (11.06.2015)
38. Etüd mimarlık, 12 Aralık 2011
39. <http://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano/>,(11.06.2015)
40. <http://www.fosterandpartners.com/projects/beijing-airport/>, (11.06.2015)
41. <http://architizer.com/projects/aeronautical-cultural-center/>, (18.11.2013)
42. Manioğlu G., "Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi", Makale, Tesisat Mühendisliği - Sayı 126 - Kasım/Aralık, 2011
43. Berköz, E., Küçükdoğu, M., Yılmaz, Z. ve diğerleri, "Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı", Tübitak, İntag 201, İstanbul, 1995.
44. Koçlar Oral G., Manioğlu G., "Housing and Settlement Design by Ecological Approach", 2005, The XXIIInd World Congress of the International Union of Architect, İstanbul, 03.07.2005 - 07.07.2005

45. Bayazıt, N., Dülgeroğlu, Y., Yılmaz, Z., “Toplu Konut Standartları-Mekan, Fiziksel Çevre, Bina Ekonomisi”, Toplu Konut Yapımcıları Derneği, İ.T.U. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1992
46. Zeren L., Berköz, E. ve diğerleri, “Türkiye’de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma”, İ.T.U. Çevre ve Şehircilik Uygulama – Araştırma Merkezi, İstanbul, 1987.
47. Yılmaz, Z., “Yeni Toplu Konutların Kullanıcı Konforu Açısından Isısal Performanslarının Değerlendirilmesi”, Tübitak, mag-716,1988.
48. Yılmaz, Z., “Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi”, ss.387-398, İzmir, 2006
49. Benefits & Design, “Green Roofs for Healthy Cities: Introduction to Green Walls Technology”, 2008
50. Parlak, H. H., “Mobil Binaların Enerji Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2013
51. <http://sayisalgrafik.com.tr/Basin-Odasi/yapi-bilgi-sistemi-bim-ve-autodesk-building-design-suite-72.aspx>,(11.06.2015)
52. Yan, H., Damian, P., “Benefits and Barriers of Building Information Modelling, Department of Civil and Building Engineering”, Loughborough University, UK
53. Azhar, S., Hein, M., and Sketo, B., “Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risk and Challenges, Mc Whorter School of Building Science Auburn University”, Auburn, Alabama
54. Ofluoğlu, S., “Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik”, Mimarist, 2014.
55. <http://idestatik.com/portfolio-type/idecad-mimari-ozet/>, (11.06.2015)
56. Rodriguez, J., “Building Information Modeling (BIM) Benefits”, 2011
57. Realizing The Benefits of BIM, Autodesk, 2011
58. Hergunsel, M.F., “Benefits of Building Information Modeling For Construction Managers and BIM Based Scheduling”, 2011
59. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008
60. Kentleşme şurası, “İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği ve Kentleşme Komisyonu Raporu”, No:6, Ankara, 2009

61. Güneş, S. G., “Ankara kenti ekolojik koşullarında çatı bahçesi düzenleme ilkeleri” Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Ankara, 1996
62. Kınalı M., “Farklı İklim Bölgelerindeki Ofis Binalarında Yeşil Çatıların Bina Isıtma Ve Soğutma Yüklerine Olan Etkilerinin analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013
63. Öztürk S., ” Enerji Etkin Tasarımda Bir Ara Kesit: Toprak Örtülü Yapılar”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı, İstanbul, 2013
64. Oral G., “Sağlıklı binalar için enerji verimliliği ve ısı yalıtımı, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildirileri”, 253-264, 2007
65. Eskin N. ve Türkmen H., “Analysis of annual heating and cooling energy requirements for Office buildings in different climates in Turkey, Energy and Buildings, 915-921, 2008
66. Pan Y., Yin R. ve Huang Z., “Energy modeling of two Office buildings with data center for green building design, Energy and Building”, 1145-1152, 2008
67. Lacouture D., Sefair J., Florez L. And Medaglia A., “Optimization model for the selection of materials using a LEED- based green building rating system in Colombia, Energy and Buildings”, 1162-1170, 2009
68. Koçhan A., “Sürdürülebilir Gelecek İçin Ekolojik Tasarım”, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, Sayı 249, sf. 46, İstanbul, 2002

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı – Soyadı:	Sanem Kırşan
Doğum Yeri ve Tarihi:	Batman – 15.02.1990
Yaşadığı Şehir:	İstanbul
E-mail:	sanemkirsan@gmail.com

Eğitim Bilgileri

Lise:	Ataşehir Anadolu Lisesi
Lisans:	Doğuş Üniversitesi, Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans:	Maltepe Üniversitesi, Mimarlık Yüksek Lisans

İş Tecrübeleri

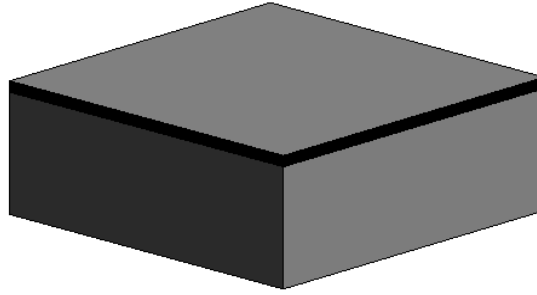
Ayhanlar Holding, Liman Avm Projesi (staj)
DPI Proje İnşaat (staj)
Team Design Office, Taş Yapı Mimarlık Ofisi

Kullandığı Programlar

Revit, Autocad, ArchiCad, Photoshop, SketchUp

EKLER

EK-A Normal Çatı – Normal Duvar seçeneğinin enerji analizleri



Bina Performans Faktörleri

Location:	Ankara, Turkey
Weather Station:	188208
Outdoor Temperature:	Max: 36°C/Min: -9°C
Floor Area:	100 m ²
Exterior Wall Area:	141 m ²
Average Lighting Power:	10.01 W / m ²
People:	2 people
Exterior Window Ratio:	0.00
Electrical Cost:	\$0.17 / kWh
Fuel Cost:	\$2.08 / Therm

Enerji Kullanımı Yoğunluğu

Electricity EUI:	100 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	849 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,210 MJ / sm / yr

Yaşam Döngüsü Enerji Kullanımı / Maliyeti

Life Cycle Electricity Use:	332,950 kWh
Life Cycle Fuel Use:	2,818,891 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$50,184

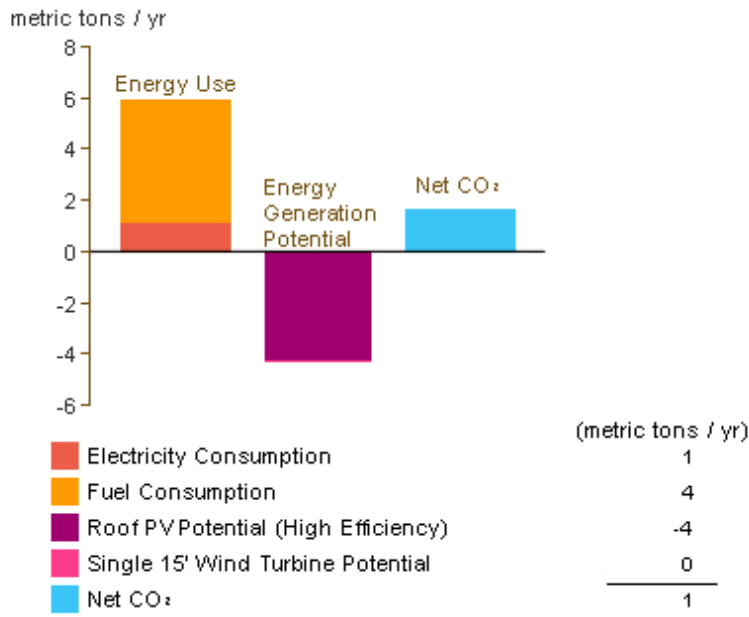
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

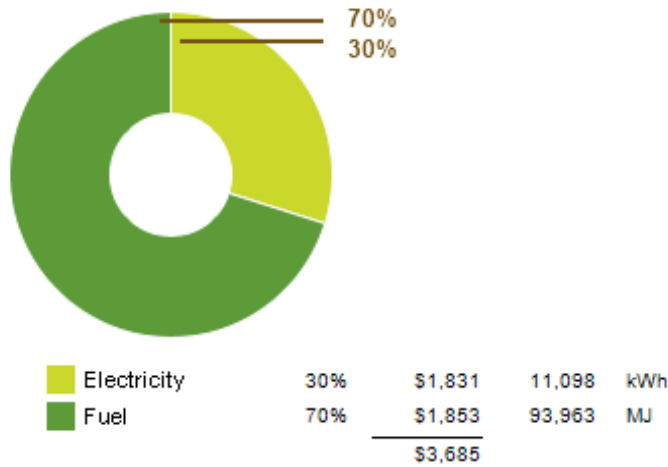
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	13,068 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	26,137 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	39,205 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	943 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

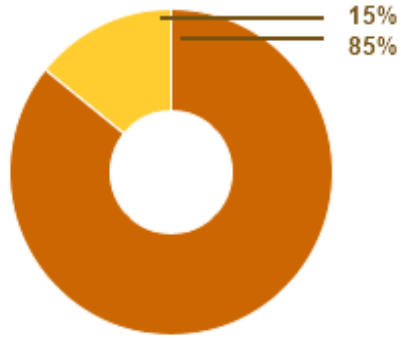
Yıllık Karbon Emisyonu



Yıllık Enerji Kullanımı / Maliyeti

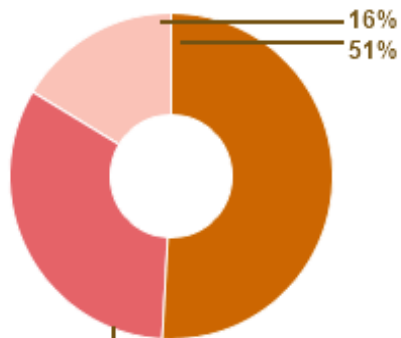


Enerji Kullanımı: Yakıt



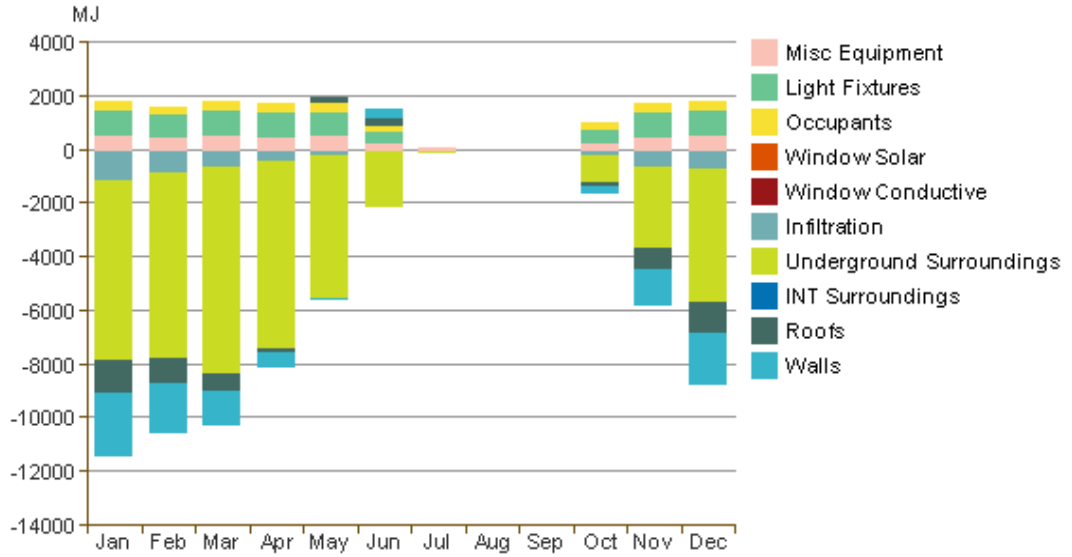
			(MJ)
HVAC	85%	\$1,589	80,604
Domestic Hot Water	15%	\$263	13,358
		<hr/>	<hr/>
		\$1,852	93,962

Enerji Kullanımı: Elektrik

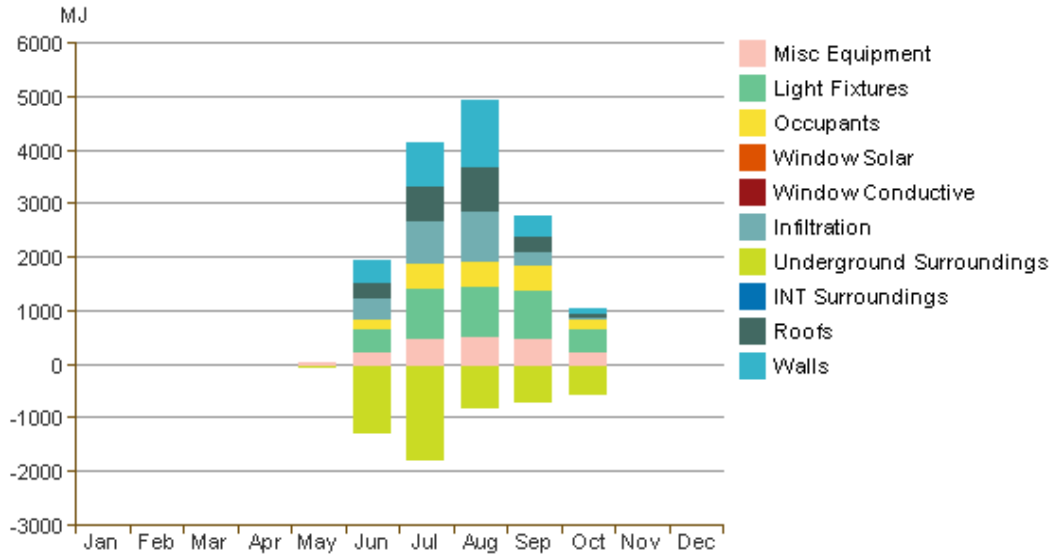


			(kWh)
HVAC	51%	\$931	5,646
Lighting	33%	\$599	3,634
Misc Equipment	16%	\$299	1,817
		<hr/>	<hr/>
		\$1,829	11,097

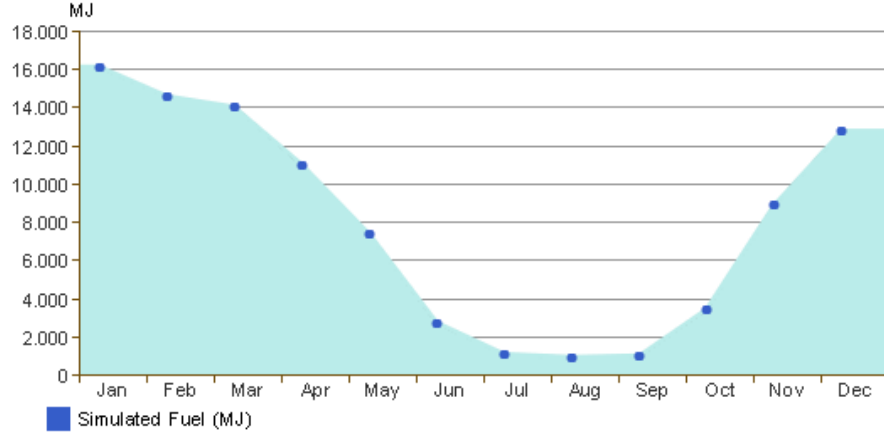
Aylık Isıtma Yüğü



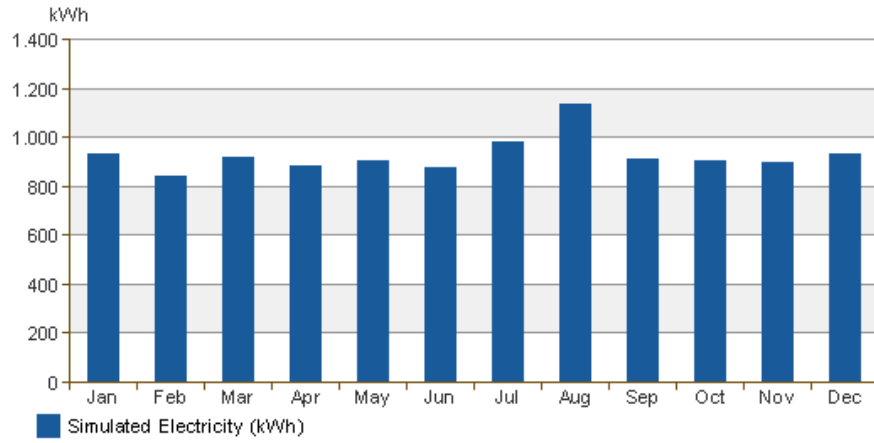
Aylık Soğutma Yüğü



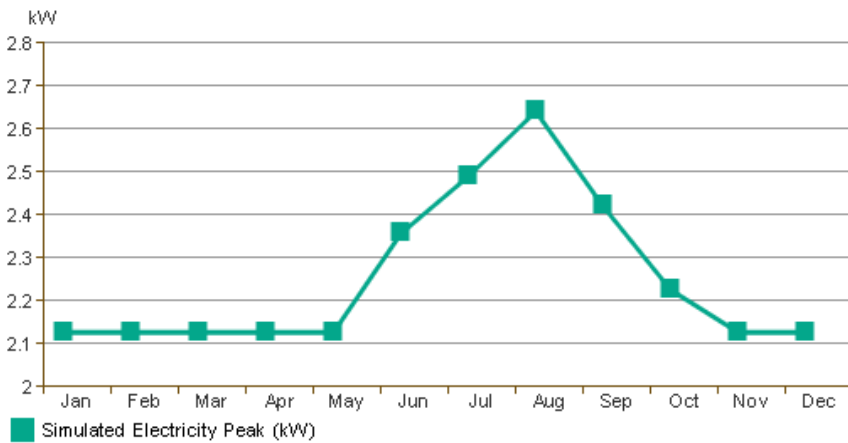
Aylık Yakıt Tüketimi



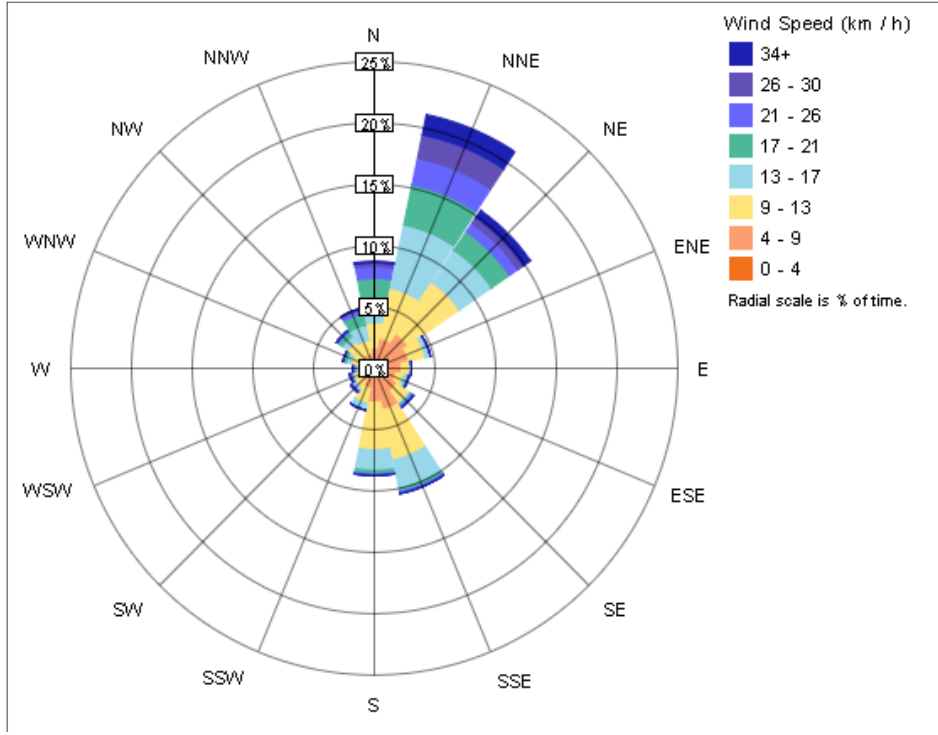
Aylık Elektrik Tüketimi



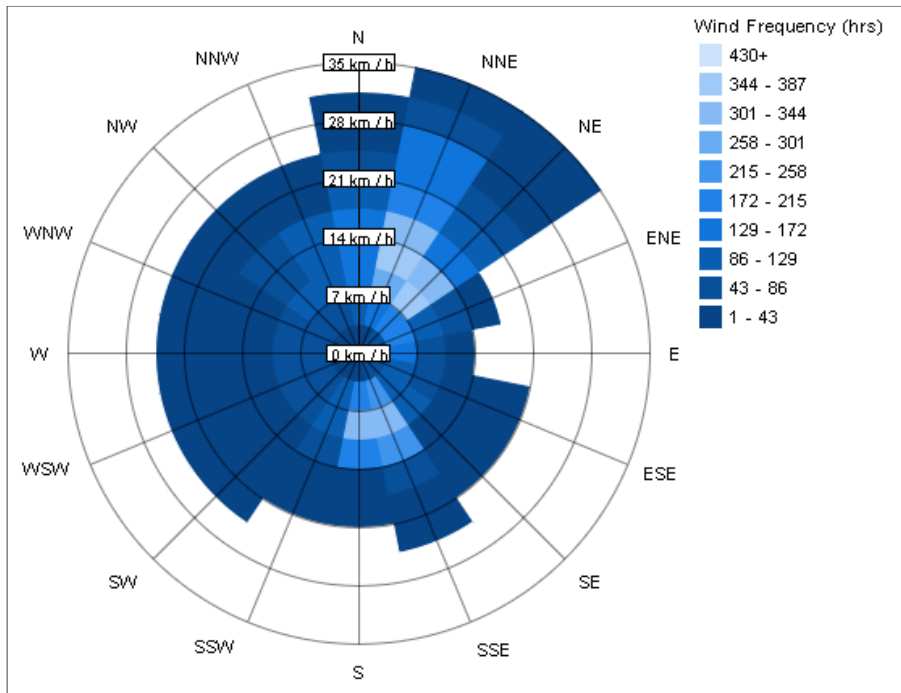
Aylık Tepe Talebi



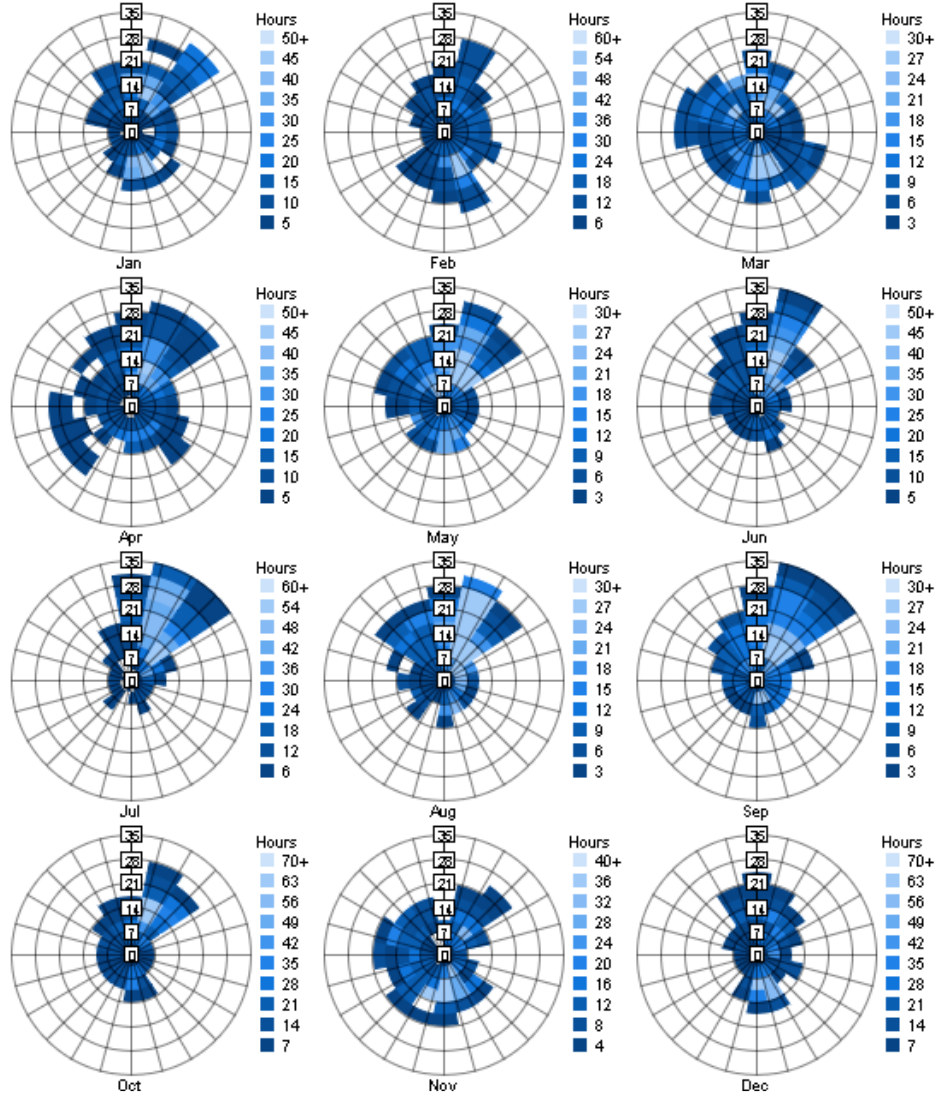
Yıllık Rüzgâr Gücü Hız Dağılımı



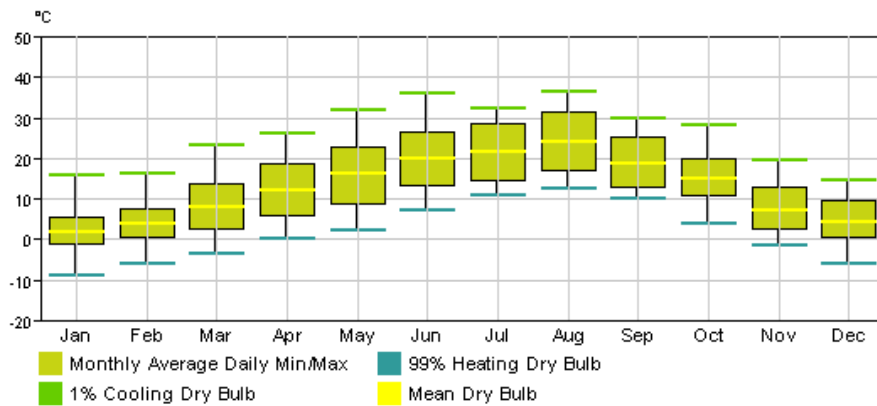
Yıllık Rüzgâr Gücü Frekans Dağılımı



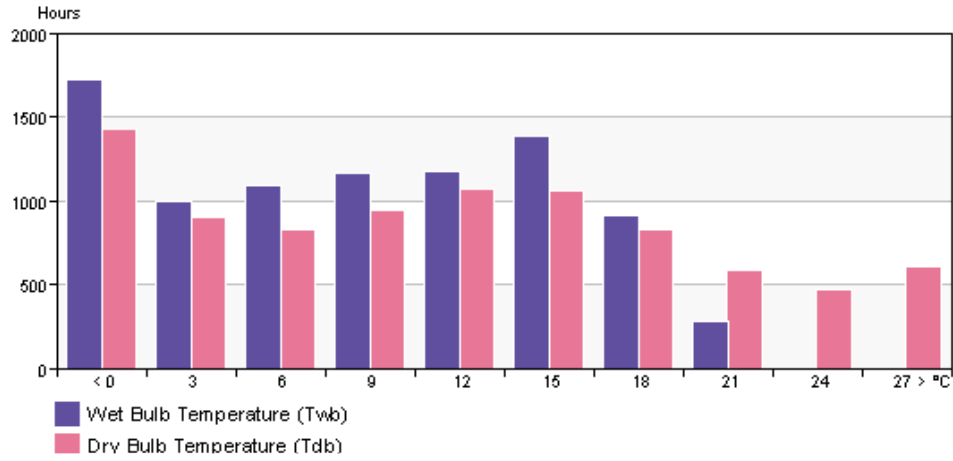
Aylık Rüzgâr Gülleri



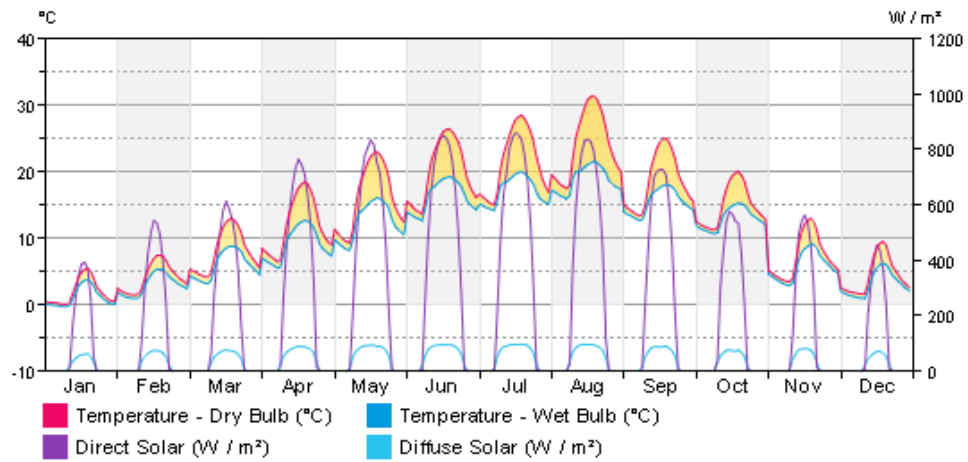
Aylık Tasarım Verileri



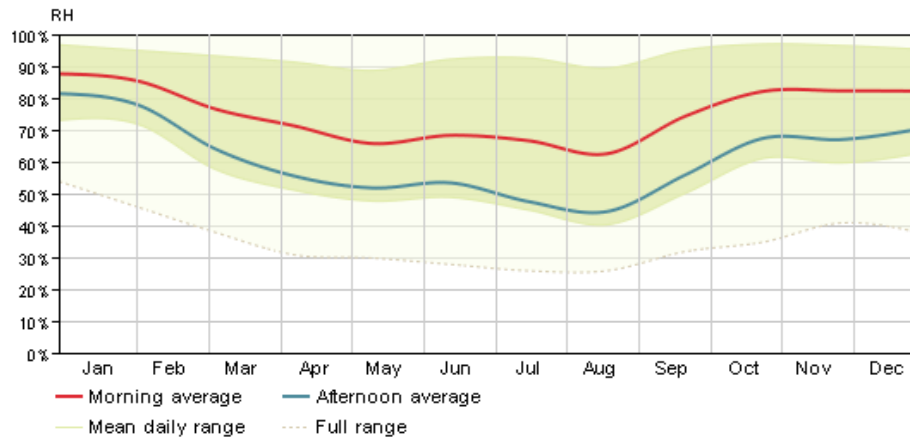
Yıllık Sıcaklık Kovaları



Hava Ortalamaları



Nem



EK-B Normal Çatı – Normal Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri

Proje Özeti

Location and Weather	
Project	
Address	Ankara / Turkey
Calculation Time	13 Mayıs 2015 Çarşamba 22:15
Report Type	Detailed
Latitude	39.94°
Longitude	32.86°
Summer Dry Bulb	35 °C
Summer Wet Bulb	21 °C
Winter Dry Bulb	-17 °C
Mean Daily Range	14 °C

Yapı Özeti

Inputs	
Building Type	Single Family
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	1,908
Peak Cooling Month and Hour	July 17:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	1,990
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Maximum Cooling Capacity (W)	1,908
Peak Cooling Airflow (L/s)	166.7
Peak Heating Load (W)	4,671
Peak Heating Airflow (L/s)	467.6
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	19.08
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.67
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	87.35
Cooling Area / Load (m ² /kW)	52.41
Heating Load Density (W/m ²)	46.71
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	4.68

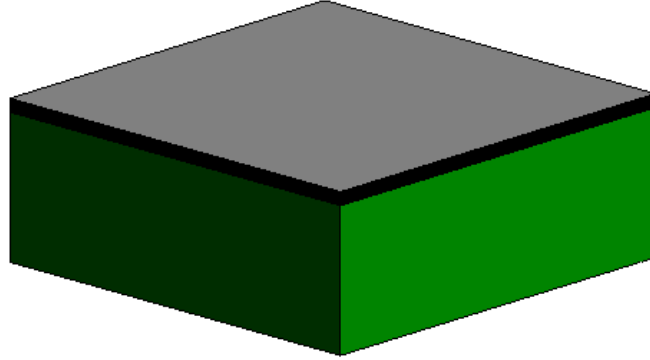
Bölge Özeti Standart

Inputs	
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Cooling Setpoint	24 °C
Heating Setpoint	21 °C
Supply Air Temperature	17 °C
Number of People	2
Infiltration (L/s)	24.4
Air Volume Calculation Type	Split System(s) with Natural Ventilation
Relative Humidity	46.00% (Calculated)
Psychrometrics	
Psychrometric Message	None
Cooling Coil Entering Dry-Bulb Temperature	28 °C
Cooling Coil Entering Wet-Bulb Temperature	19 °C
Cooling Coil Leaving Dry-Bulb Temperature	15 °C
Cooling Coil Leaving Wet-Bulb Temperature	15 °C
Mixed Air Dry-Bulb Temperature	28 °C
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	1,908
Peak Cooling Month and Hour	July 17:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	1,990
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Peak Cooling Airflow (L/s)	166.7
Peak Heating Load (W)	4,671
Peak Heating Airflow (L/s)	467.6
Peak Ventilation Airflow (L/s)	0.0
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	19.08
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.67
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	87.35
Cooling Area / Load (m ² /kW)	52.41
Heating Load Density (W/m ²)	46.71
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	4.68
Ventilation Density (L/(s·m ²))	0.00
Ventilation / Person (L/s)	0.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	660	34.58%	87	177	211	185
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	472	24.73%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	37	1.91%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Lighting	316	16.58%	-	-	-	-
Power	158	8.29%	-	-	-	-
People	205	10.75%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Fan Heat	60	3.15%	-	-	-	-
Reheat	0	0.00%	-	-	-	-
Total	1,908	100%	87	177	211	185
Heating Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	2,331	49.90%	583	583	583	583
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	1,261	27.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-

Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	1,079	23.09%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Total	4,671	100%	583	583	583	583

EK-C Normal Çatı – Yeşil Duvar enerji analizleri



Bina Performans Faktörleri

Location:	Ankara, Turkey
Weather Station:	188208
Outdoor Temperature:	Max: 36°C/Min: -9°C
Floor Area:	100 m ²
Exterior Wall Area:	141 m ²
Average Lighting Power:	10.01 W / m ²
People:	2 people
Exterior Window Ratio:	0.00
Electrical Cost:	\$0.17 / kWh
Fuel Cost:	\$2.08 / Therm

Enerji Kullanımı Yoğunluğu

Electricity EUI:	100 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	781 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,141 MJ / sm / yr

Yaşam Döngüsü Enerji Kullanımı / Maliyeti

Life Cycle Electricity Use:	331,435 kWh
Life Cycle Fuel Use:	2,593,943 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$48,056

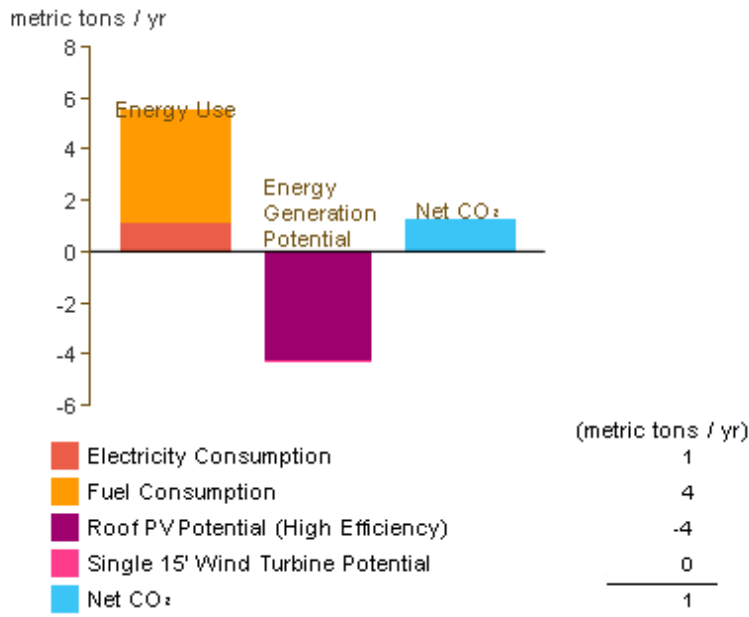
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

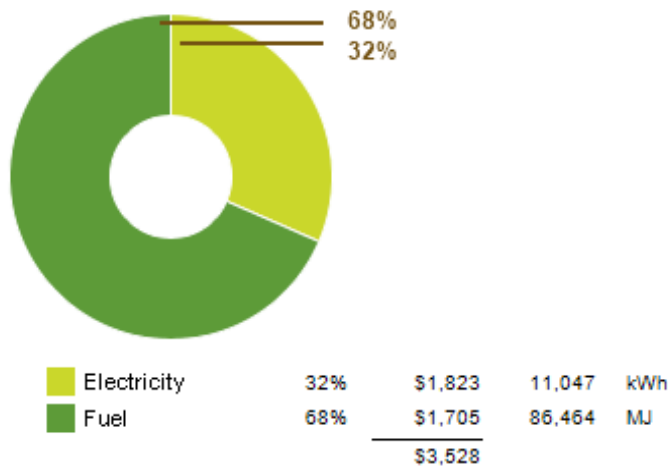
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	13,068 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	26,137 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	39,205 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	943 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

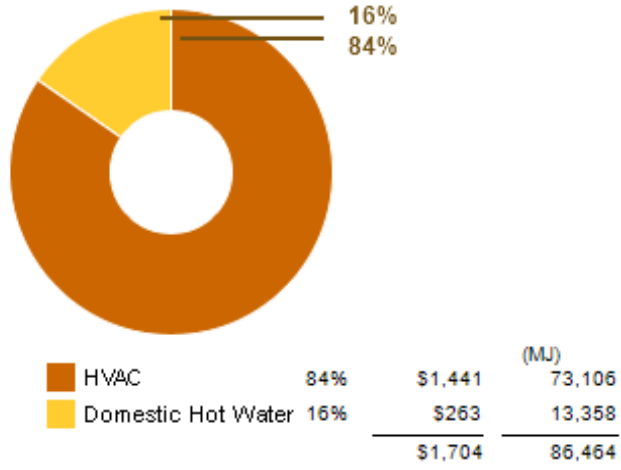
Yıllık Karbon Emisyonu



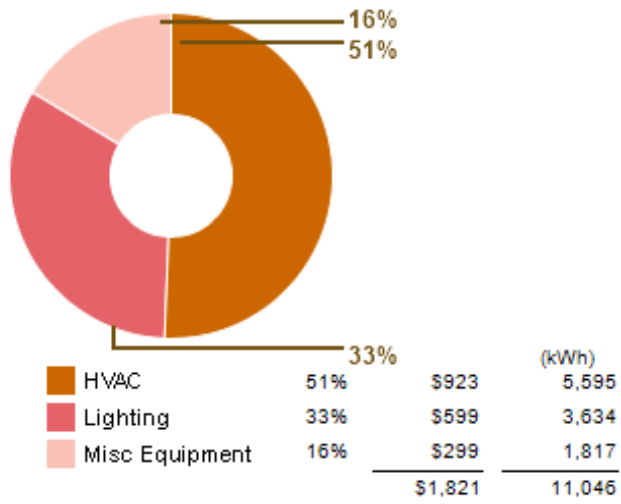
Yıllık Enerji Kullanımı / Maliyeti



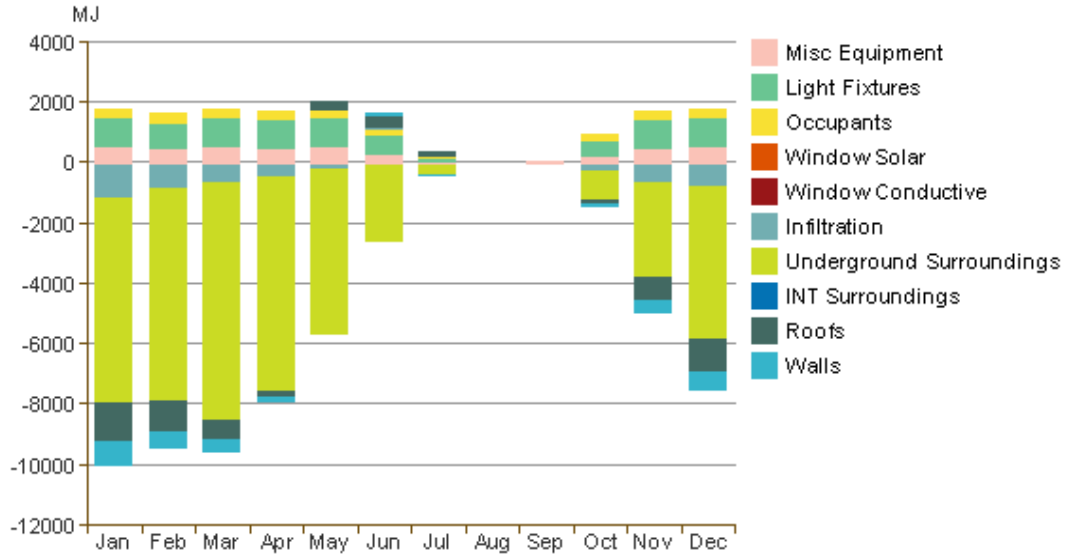
Enerji Kullanımı: Yakıt



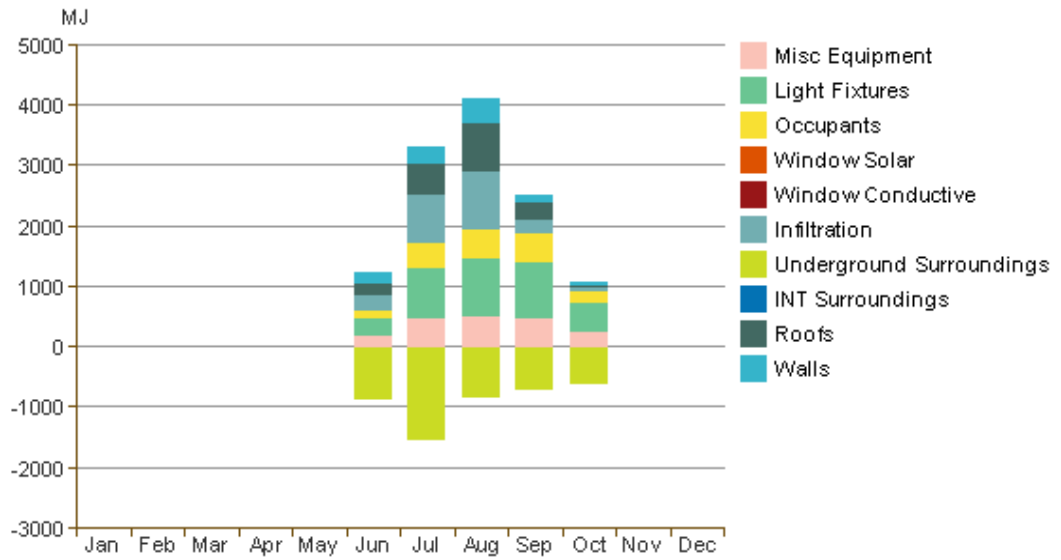
Enerji Kullanımı: Elektrik



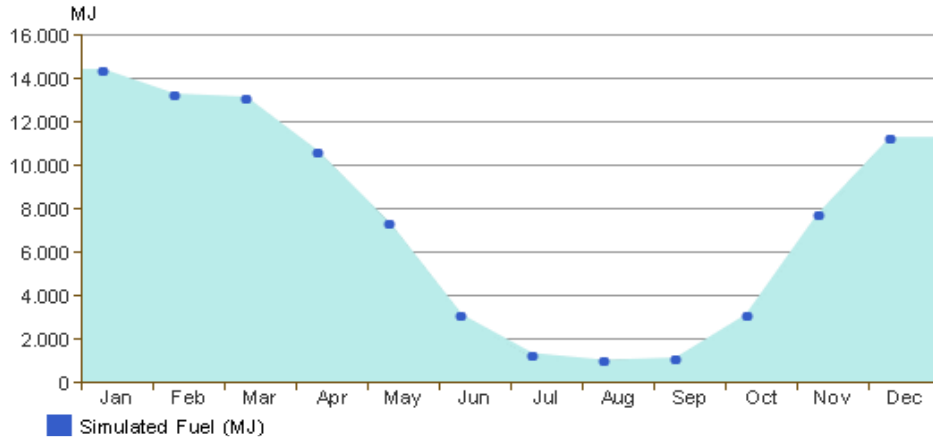
Aylık Isıtma Yüğü



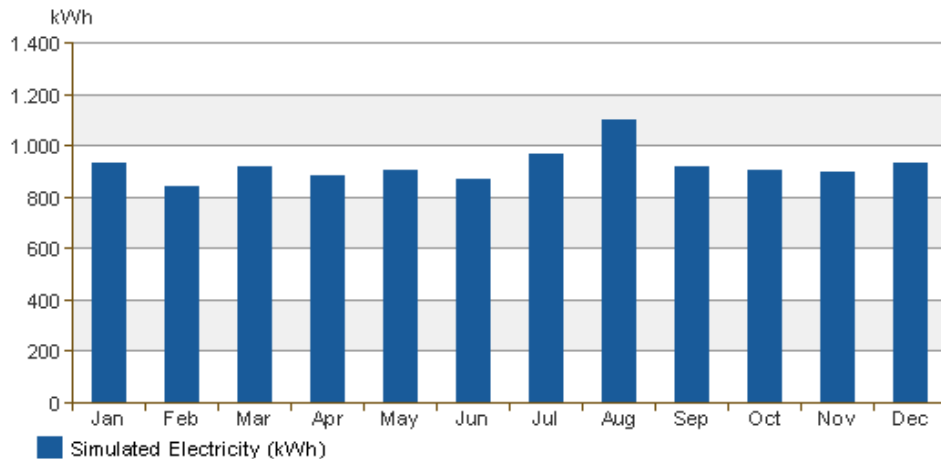
Aylık Soğutma Yüğü



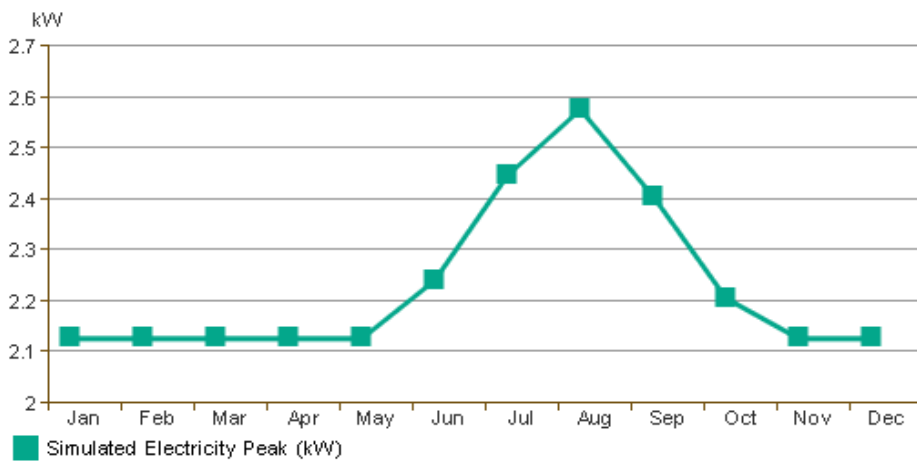
Aylık Yakıt Tüketimi



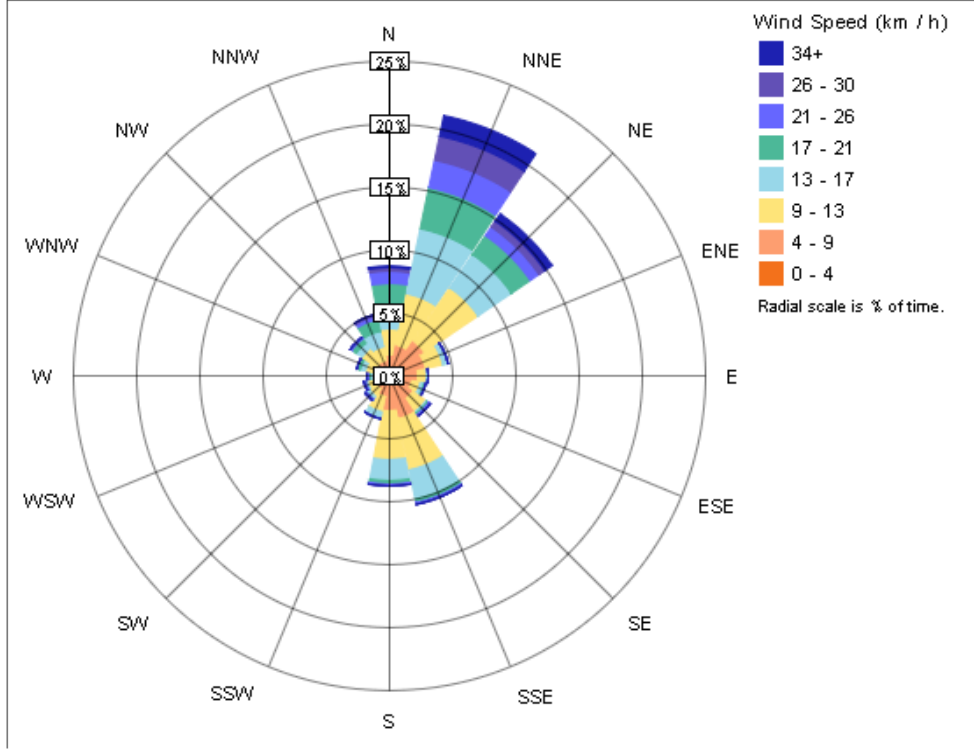
Aylık Elektrik Tüketimi



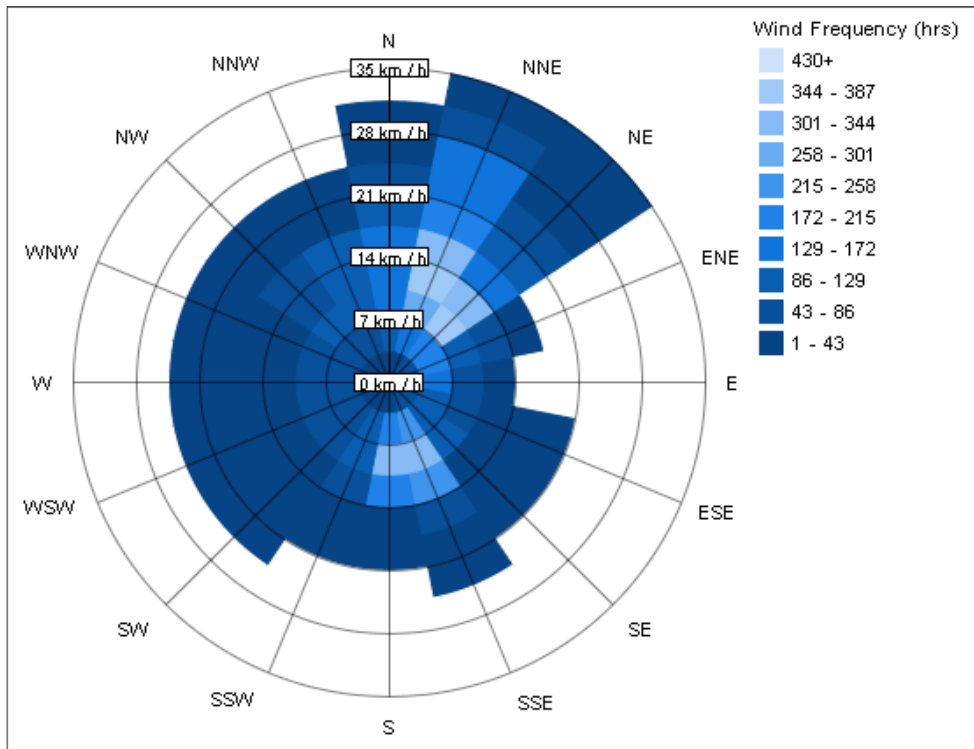
Aylık Tepe Talebi



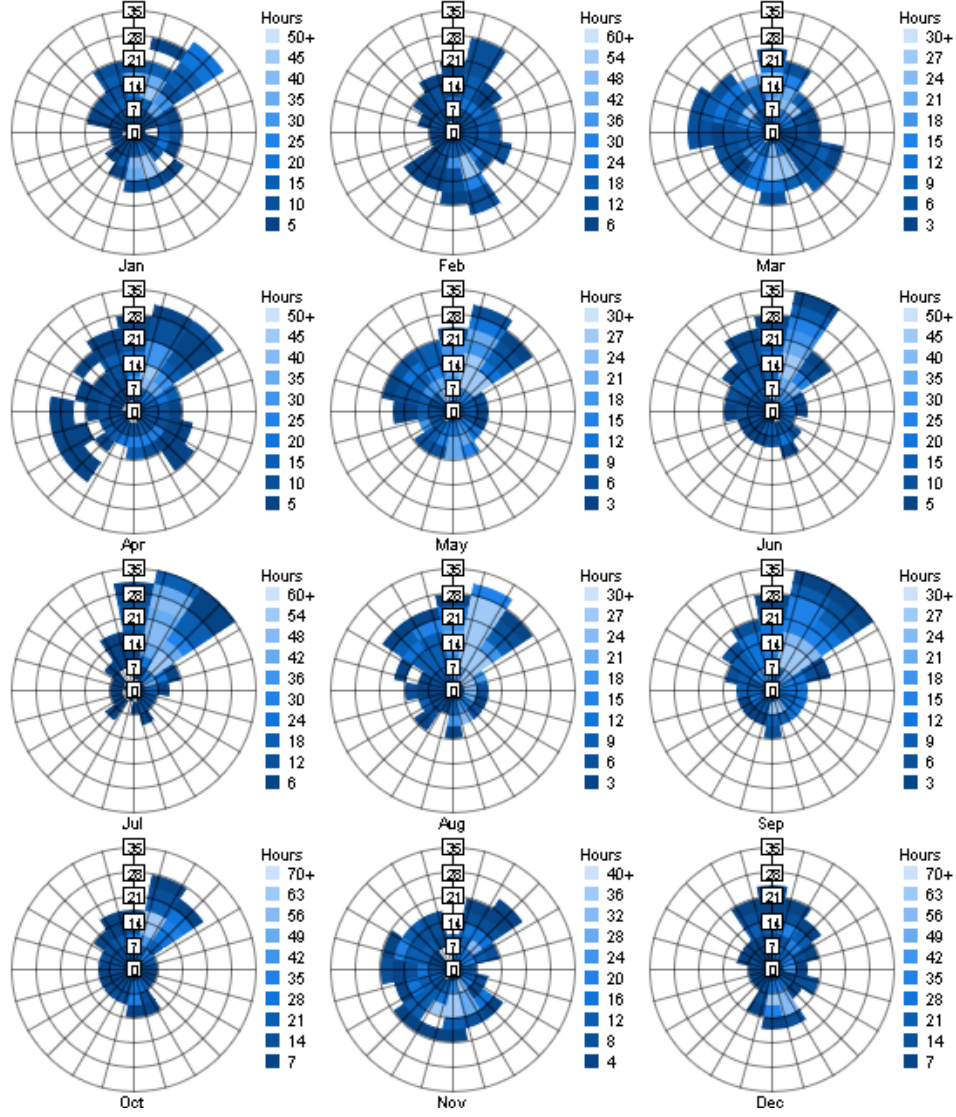
Yıllık Rüzgâr Gücü Hız Dağılımı



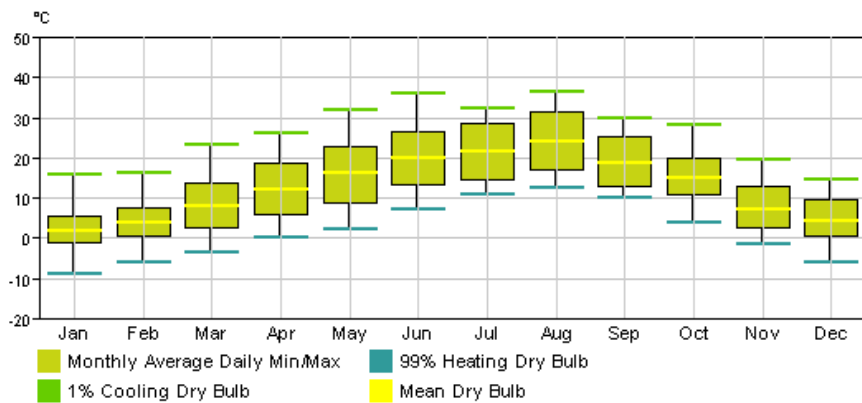
Yıllık Rüzgâr Gücü Frekans Dağılımı



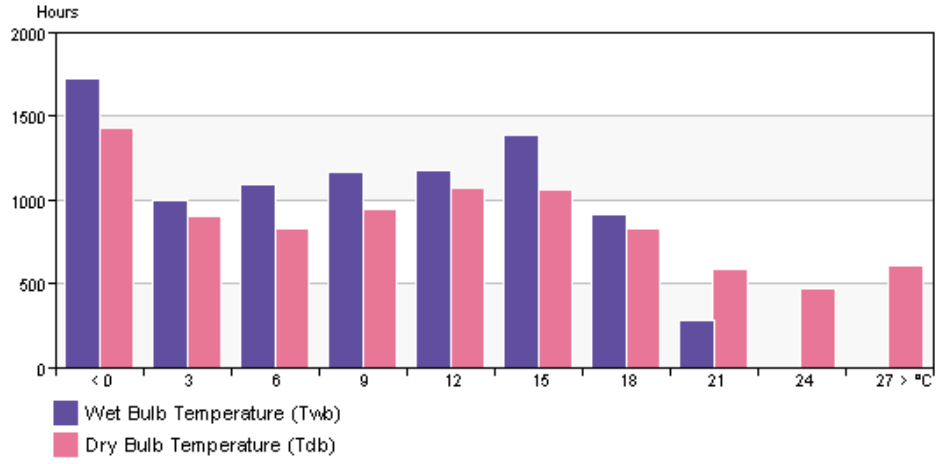
Aylık Rüzgâr Gülleri



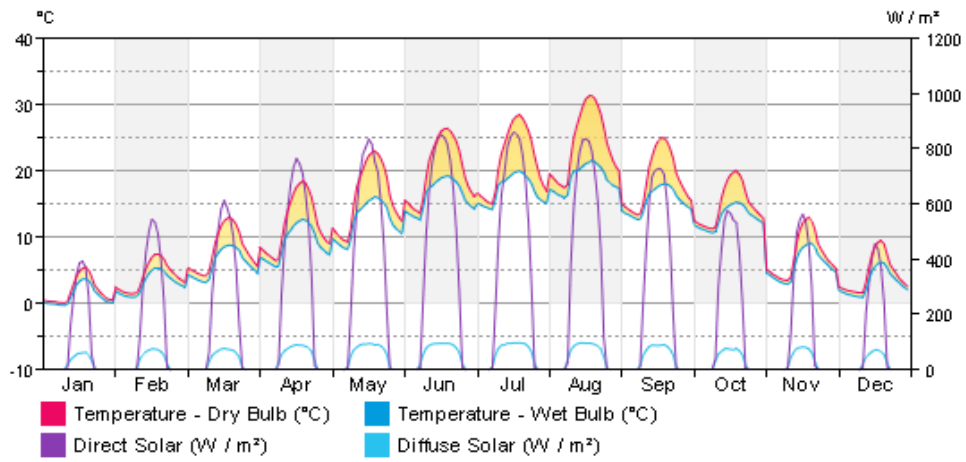
Aylık Tasarım Verileri



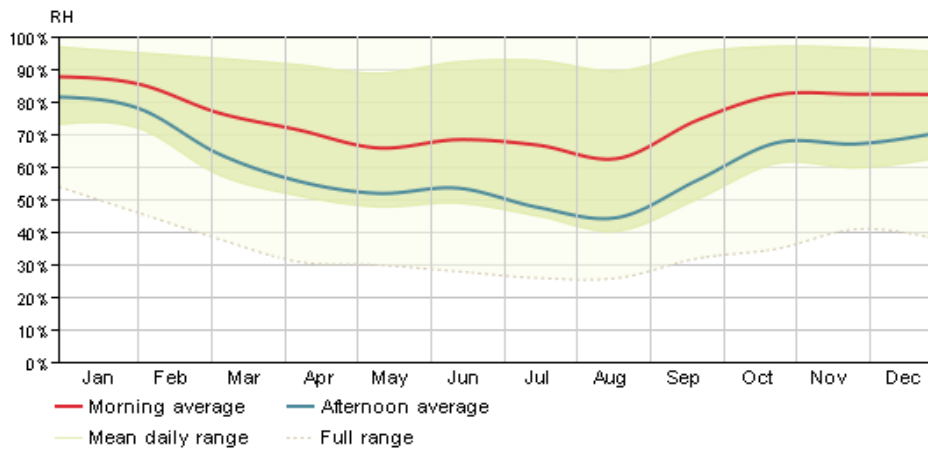
Yıllık Sıcaklık Kovaları



Hava Ortalamaları



Nem



EK-D Normal Çatı – Yeşil Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri

Proje Özeti

Location and Weather	
Project	
Address	Ankara / Turkey
Calculation Time	13 Mayıs 2015 Çarşamba 22:15
Report Type	Detailed
Latitude	39.94°
Longitude	32.86°
Summer Dry Bulb	35 °C
Summer Wet Bulb	21 °C
Winter Dry Bulb	-17 °C
Mean Daily Range	14 °C

Yapı Özeti

Inputs	
Building Type	Single Family
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	1,684
Peak Cooling Month and Hour	July 17:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	1,766
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Maximum Cooling Capacity (W)	1,684
Peak Cooling Airflow (L/s)	147.9
Peak Heating Load (W)	3,285
Peak Heating Airflow (L/s)	328.8
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	16.84
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.48
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	87.83
Cooling Area / Load (m ² /kW)	59.37
Heating Load Density (W/m ²)	32.85
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	3.29

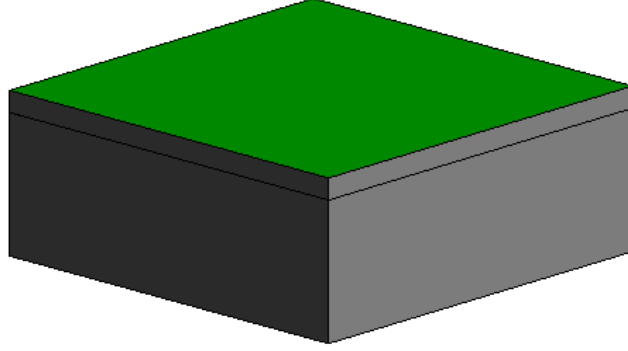
Bölge Özeti Standart

Inputs	
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Cooling Setpoint	24 °C
Heating Setpoint	21 °C
Supply Air Temperature	17 °C
Number of People	2
Infiltration (L/s)	24.4
Air Volume Calculation Type	Split System(s) with Natural Ventilation
Relative Humidity	46.00% (Calculated)
Psychrometrics	
Psychrometric Message	None
Cooling Coil Entering Dry-Bulb Temperature	28 °C
Cooling Coil Entering Wet-Bulb Temperature	19 °C
Cooling Coil Leaving Dry-Bulb Temperature	15 °C
Cooling Coil Leaving Wet-Bulb Temperature	15 °C
Mixed Air Dry-Bulb Temperature	28 °C
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	1,684
Peak Cooling Month and Hour	July 17:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	1,766
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Peak Cooling Airflow (L/s)	147.9
Peak Heating Load (W)	3,285
Peak Heating Airflow (L/s)	328.8
Peak Ventilation Airflow (L/s)	0.0
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	16.84
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.48
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	87.83
Cooling Area / Load (m ² /kW)	59.37
Heating Load Density (W/m ²)	32.85
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	3.29
Ventilation Density (L/(s·m ²))	0.00
Ventilation / Person (L/s)	0.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	468	27.78%	70	134	102	162
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	472	28.02%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	37	2.17%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Lighting	300	17.79%	-	-	-	-
Power	150	8.89%	-	-	-	-
People	205	12.18%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Fan Heat	53	3.17%	-	-	-	-
Reheat	0	0.00%	-	-	-	-
Total	1,684	100%	70	134	102	162
Heating Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	945	28.76%	236	236	236	236
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	1,261	38.40%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-

Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	1,079	32.84%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Total	3,285	100%	236	236	236	236

EK-E Yeşil Çatı – Normal Duvar enerji analizleri



Bina Performans Faktörleri

Location:	Ankara, Turkey
Weather Station:	188208
Outdoor Temperature:	Max: 36°C/Min: -9°C
Floor Area:	100 m ²
Exterior Wall Area:	141 m ²
Average Lighting Power:	10.01 W / m ²
People:	2 people
Exterior Window Ratio:	0.00
Electrical Cost:	\$0.17 / kWh
Fuel Cost:	\$2.08 / Therm

Enerji Kullanımı Yoğunluğu

Electricity EUI:	101 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	842 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,205 MJ / sm / yr

Yaşam Döngüsü Enerji Kullanımı / Maliyeti

Life Cycle Electricity Use:	334,140 kWh
Life Cycle Fuel Use:	2,795,839 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$50,066

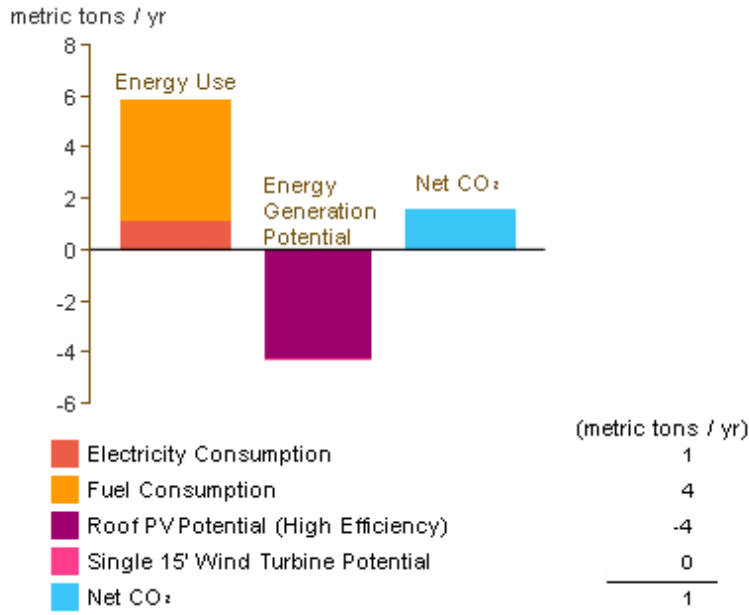
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

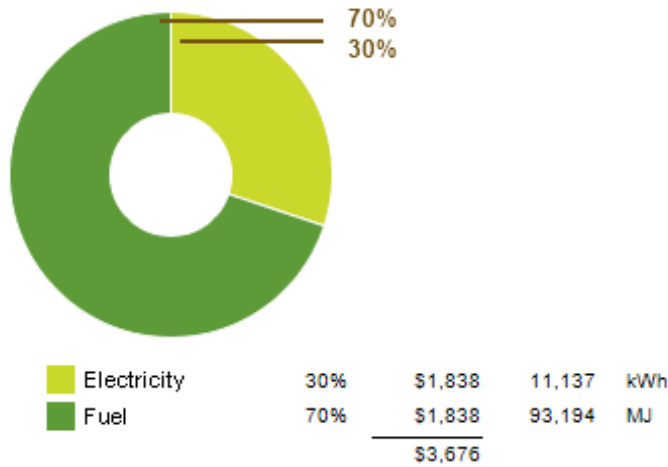
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	13,068 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	26,137 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	39,205 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	943 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

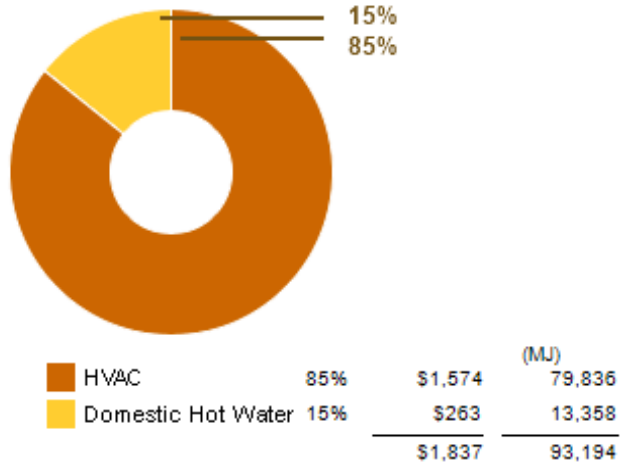
Yıllık Karbon Emisyonu



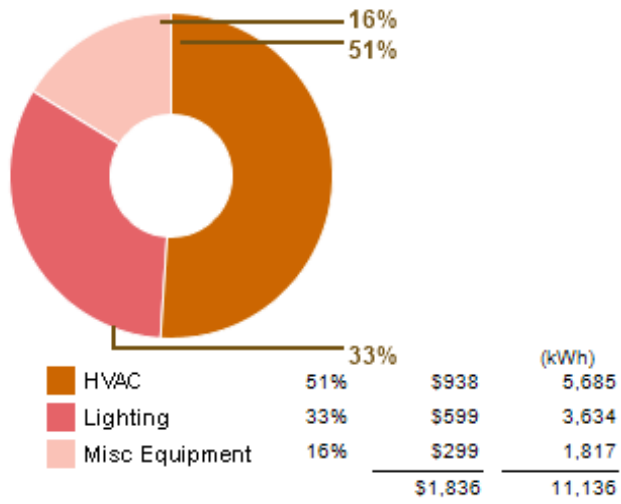
Yıllık Enerji Kullanımı / Maliyeti



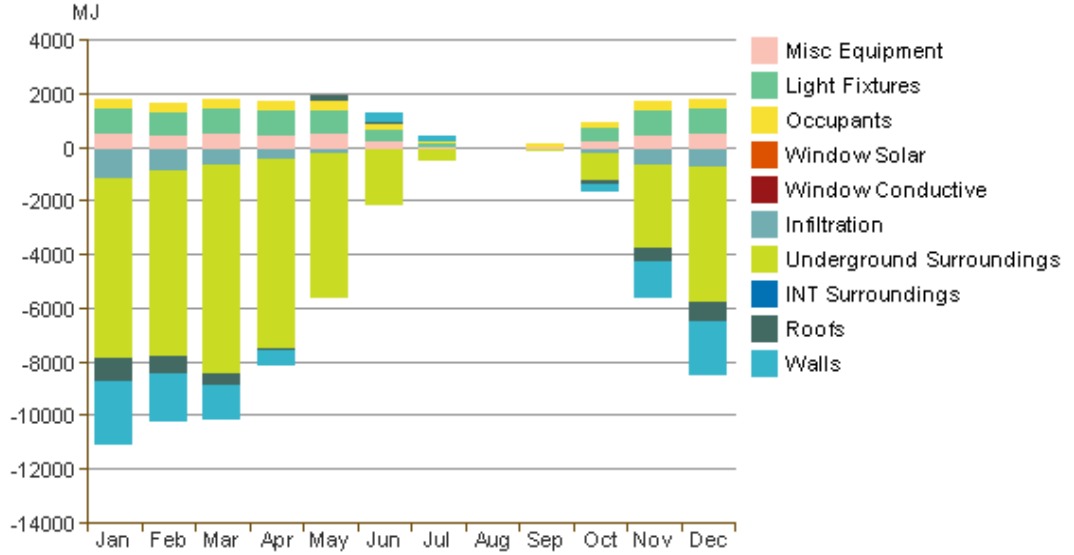
Enerji Kullanımı: Yakıt



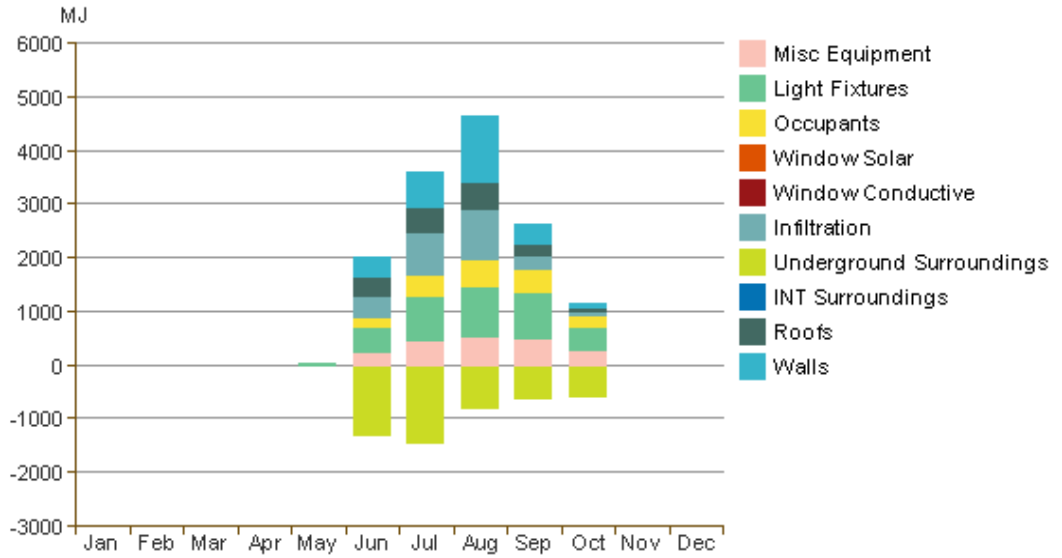
Enerji Kullanımı: Elektrik



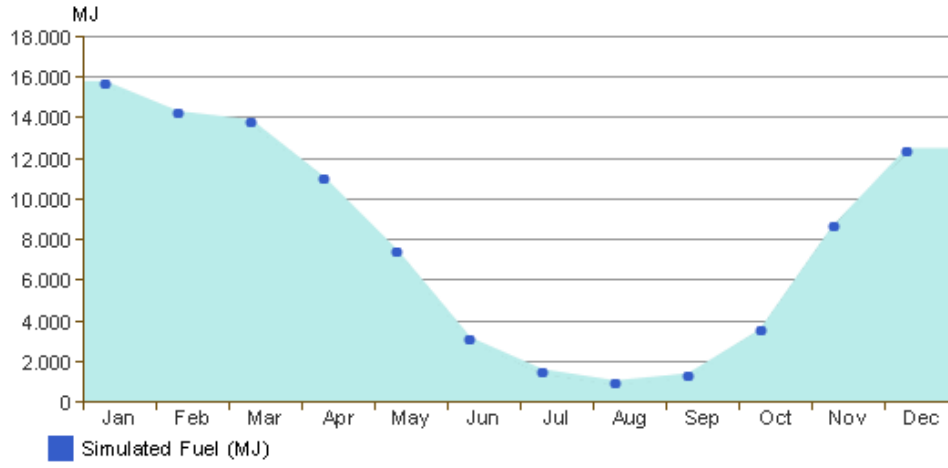
Aylık Isıtma Yüğü



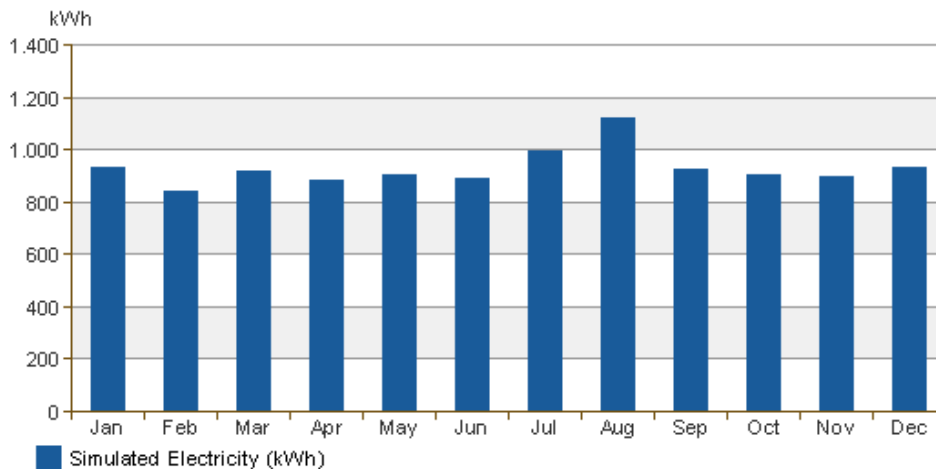
Aylık Soğutma Yüğü



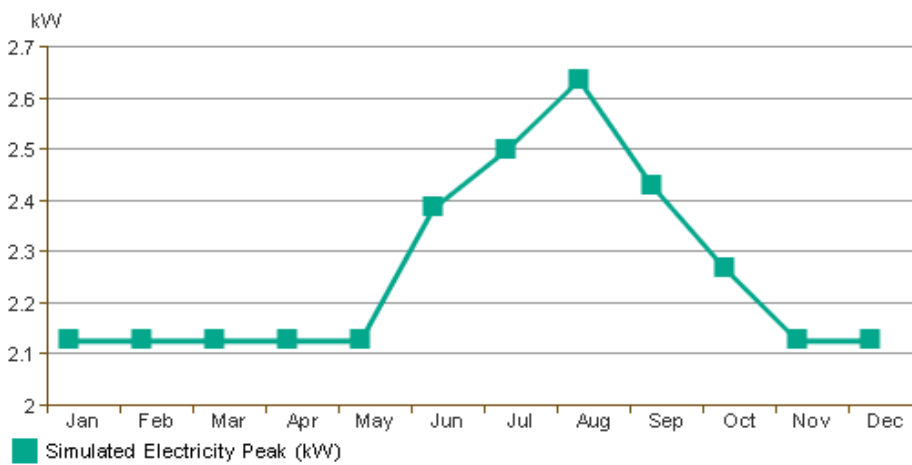
Aylık Yakıt Tüketimi



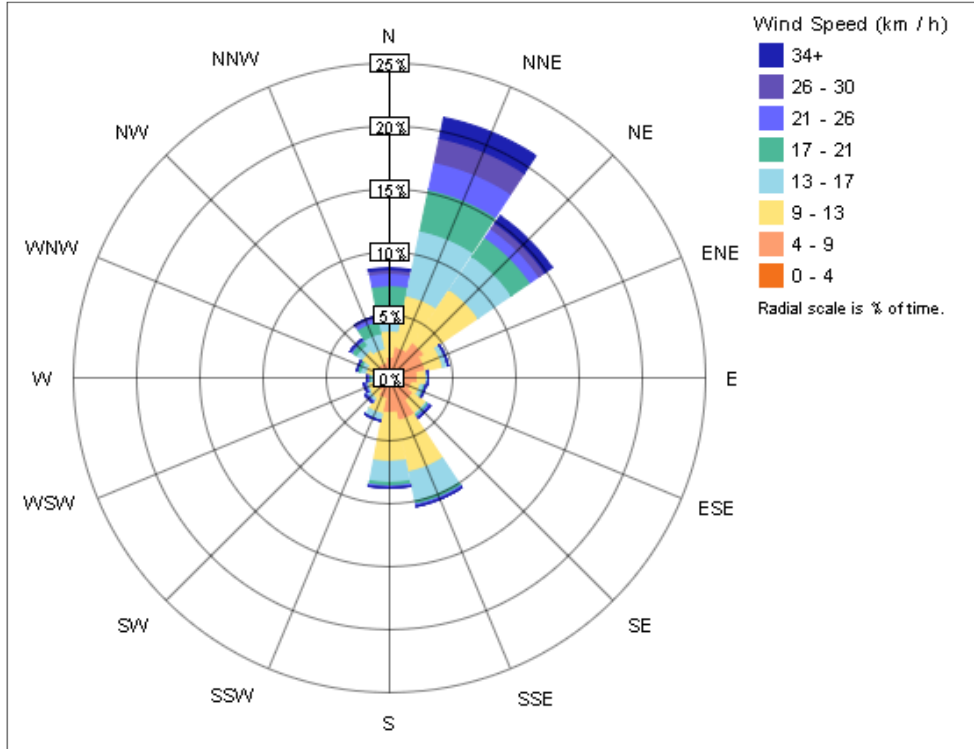
Aylık Elektrik Tüketimi



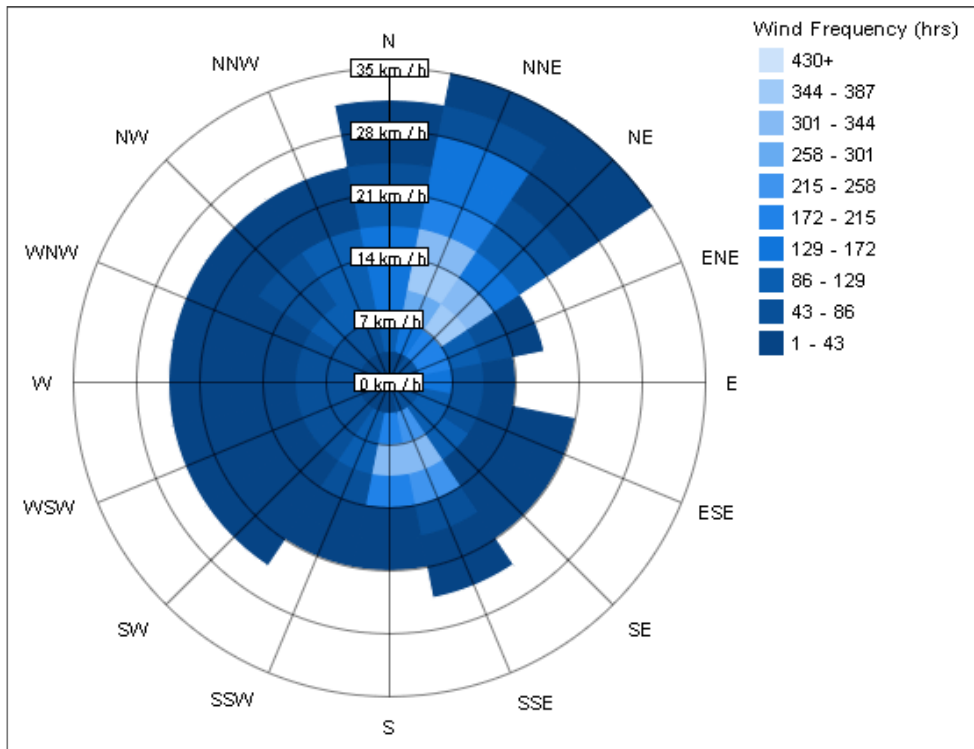
Aylık Tepe Talebi



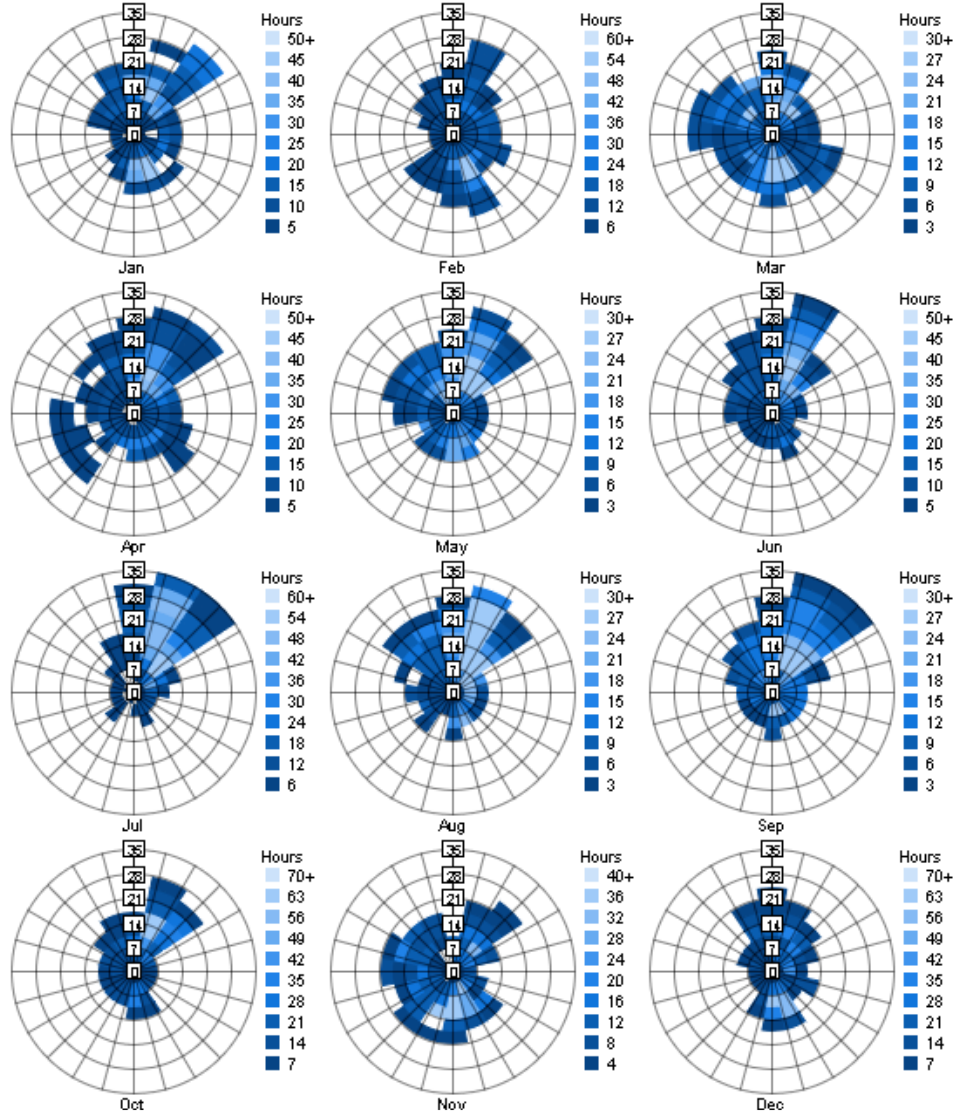
Yıllık Rüzgâr Gücü Hız Dağılımı



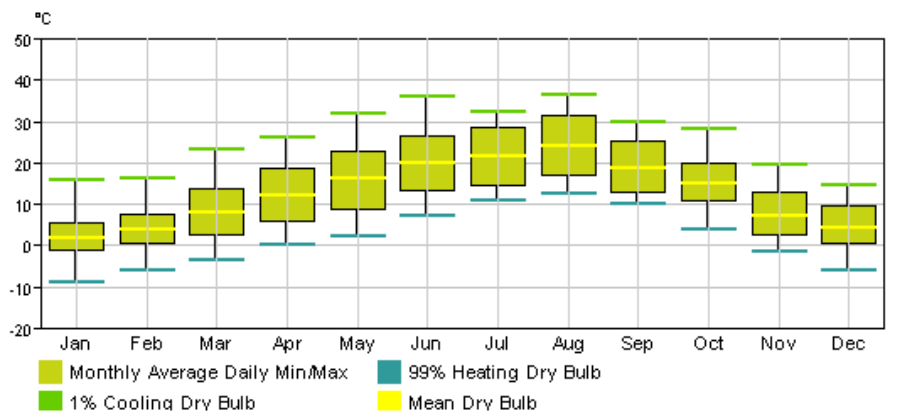
Yıllık Rüzgâr Gücü Frekans Dağılımı



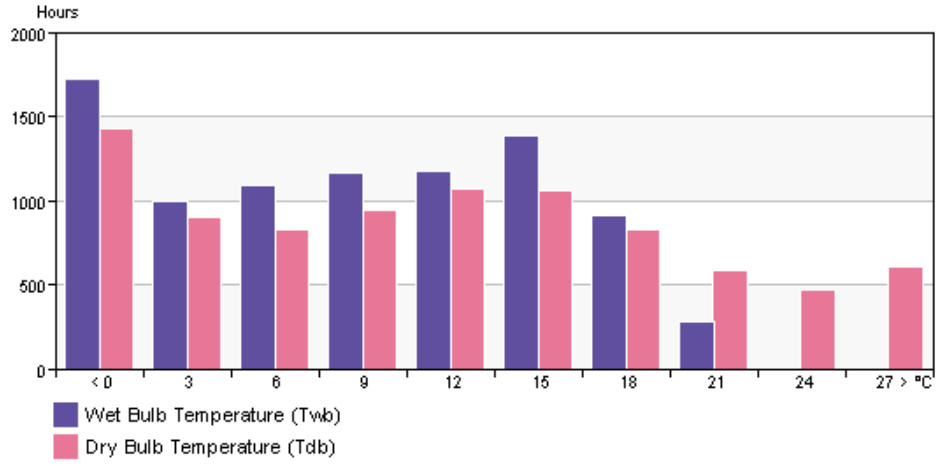
Aylık Rüzgâr Gülleri



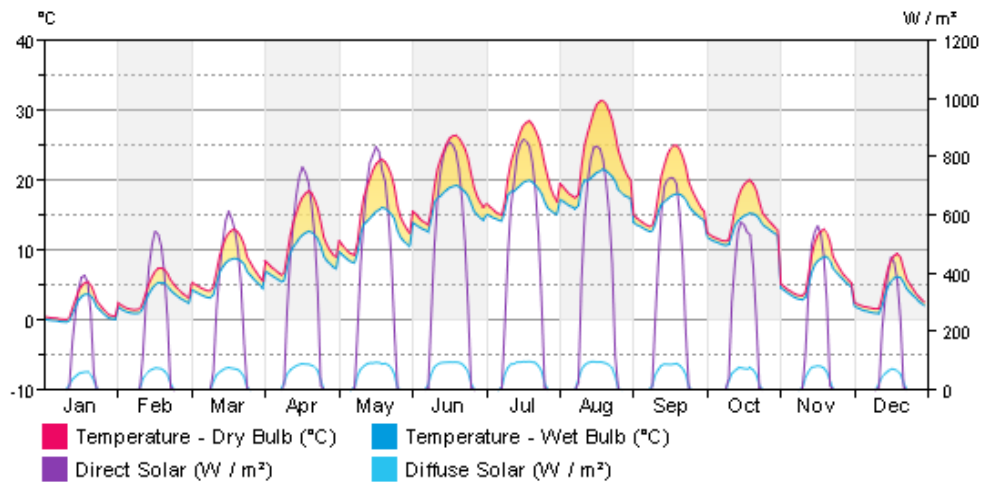
Aylık Tasarım Verileri



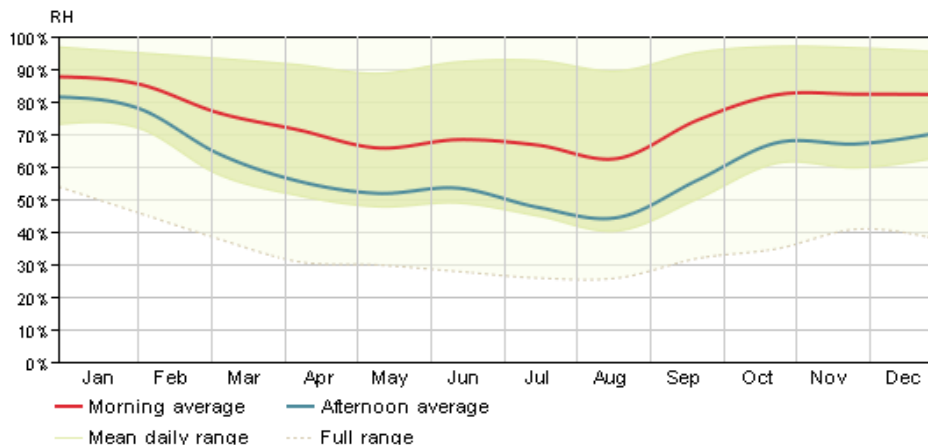
Yıllık Sıcaklık Kovaları



Hava Ortalamaları



Nem



EK-F Yeşil Çatı – Normal Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri

Proje Özeti

Location and Weather	
Project	
Address	Ankara / Turkey
Calculation Time	13 Mayıs 2015 Çarşamba 22:15
Report Type	Detailed
Latitude	39.94°
Longitude	32.86°
Summer Dry Bulb	35 °C
Summer Wet Bulb	21 °C
Winter Dry Bulb	-17 °C
Mean Daily Range	14 °C

Yapı Özeti

Inputs	
Building Type	Single Family
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	2,255
Peak Cooling Month and Hour	July 16:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	2,337
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Maximum Cooling Capacity (W)	2,255
Peak Cooling Airflow (L/s)	195.7
Peak Heating Load (W)	4,239
Peak Heating Airflow (L/s)	424.3
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	22.55
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.96
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	86.79
Cooling Area / Load (m ² /kW)	44.35
Heating Load Density (W/m ²)	42.39
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	4.24

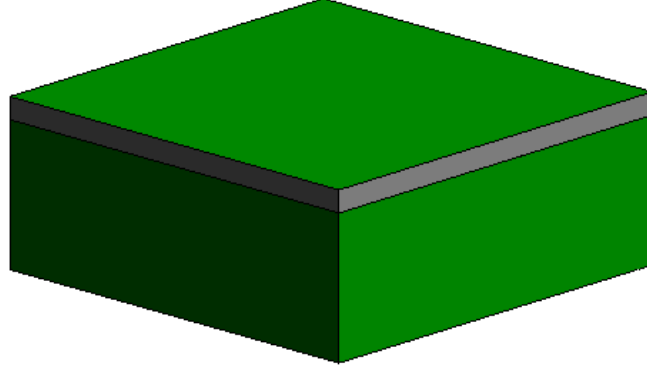
Bölge Özeti Standart

Inputs	
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Cooling Setpoint	24 °C
Heating Setpoint	21 °C
Supply Air Temperature	17 °C
Number of People	2
Infiltration (L/s)	24.4
Air Volume Calculation Type	Split System(s) with Natural Ventilation
Relative Humidity	46.00% (Calculated)
Psychrometrics	
Psychrometric Message	None
Cooling Coil Entering Dry-Bulb Temperature	28 °C
Cooling Coil Entering Wet-Bulb Temperature	19 °C
Cooling Coil Leaving Dry-Bulb Temperature	15 °C
Cooling Coil Leaving Wet-Bulb Temperature	15 °C
Mixed Air Dry-Bulb Temperature	28 °C
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	2,255
Peak Cooling Month and Hour	July 16:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	2,337
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Peak Cooling Airflow (L/s)	196.7
Peak Heating Load (W)	4,239
Peak Heating Airflow (L/s)	424.3
Peak Ventilation Airflow (L/s)	0.0
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	22.55
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.96
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	86.79
Cooling Area / Load (m ² /kW)	44.36
Heating Load Density (W/m ²)	42.39
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	4.24
Ventilation Density (L/(s·m ²))	0.00
Ventilation / Person (L/s)	0.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	592	26.23%	75	160	212	144
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	898	39.81%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	37	1.62%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Lighting	302	13.40%	-	-	-	-
Power	151	6.70%	-	-	-	-
People	205	9.10%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Fan Heat	71	3.13%	-	-	-	-
Reheat	0	0.00%	-	-	-	-
Total	2,255	100%	75	160	212	144
Heating Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	2,331	55.00%	583	583	583	583
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	828	19.55%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-

Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	1,079	25.45%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Total	4,239	100%	583	583	583	583

EK-G Yeşil Çatı – Yeşil Duvar enerji analizleri



Bina Performans Faktörleri

Location:	Ankara, Turkey
Weather Station:	188208
Outdoor Temperature:	Max: 36°C/Min: -9°C
Floor Area:	100 m ²
Exterior Wall Area:	141 m ²
Average Lighting Power:	10.01 W / m ²
People:	2 people
Exterior Window Ratio:	0.00
Electrical Cost:	\$0.17 / kWh
Fuel Cost:	\$2.08 / Therm

Enerji Kullanımı Yoğunluğu

Electricity EUI:	100 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	776 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,137 MJ / sm / yr

Yaşam Döngüsü Enerji Kullanımı / Maliyeti

Life Cycle Electricity Use:	333,390 kWh
Life Cycle Fuel Use:	2,575,476 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$48,037

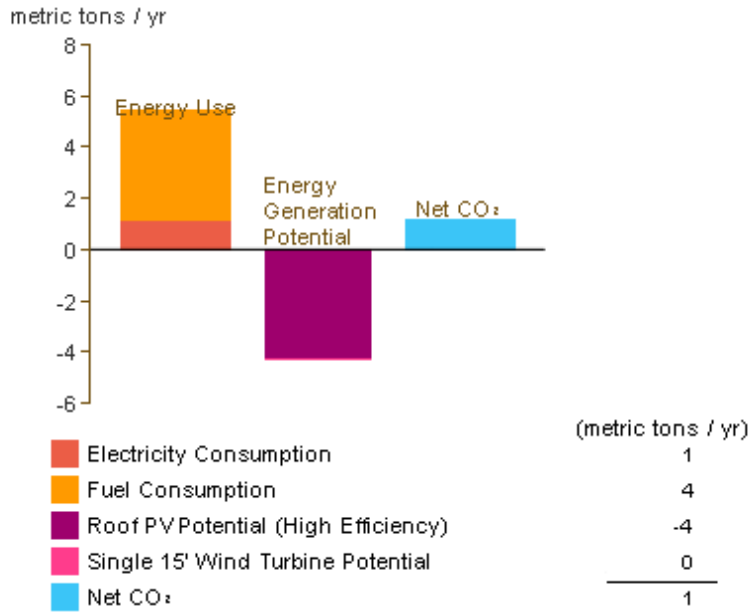
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

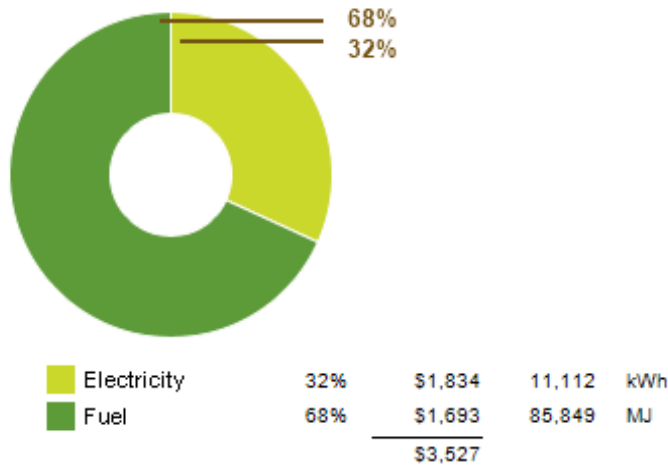
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	13,068 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	26,137 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	39,205 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	943 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

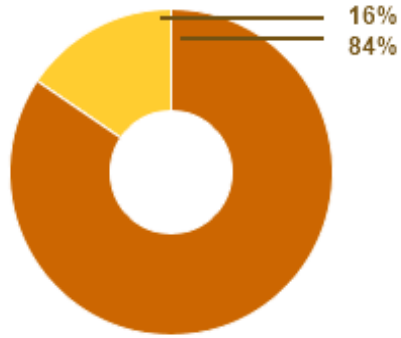
Yıllık Karbon Emisyonu



Yıllık Enerji Kullanımı / Maliyeti

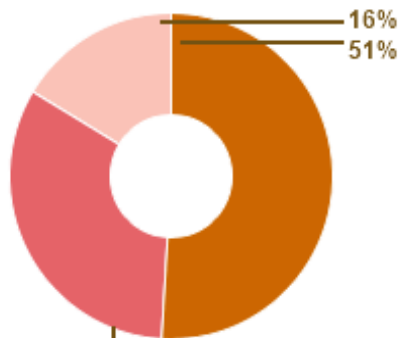


Enerji Kullanımı: Yakıt



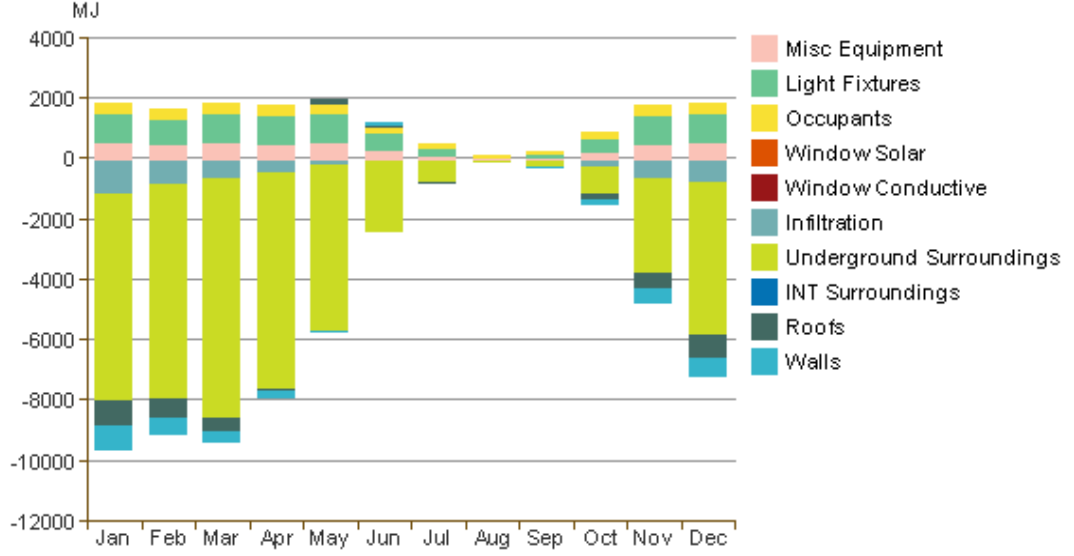
			(MJ)
HVAC	84%	\$1,429	72,491
Domestic Hot Water	16%	\$263	13,358
		<u>\$1,692</u>	<u>85,849</u>

Enerji Kullanımı: Elektrik

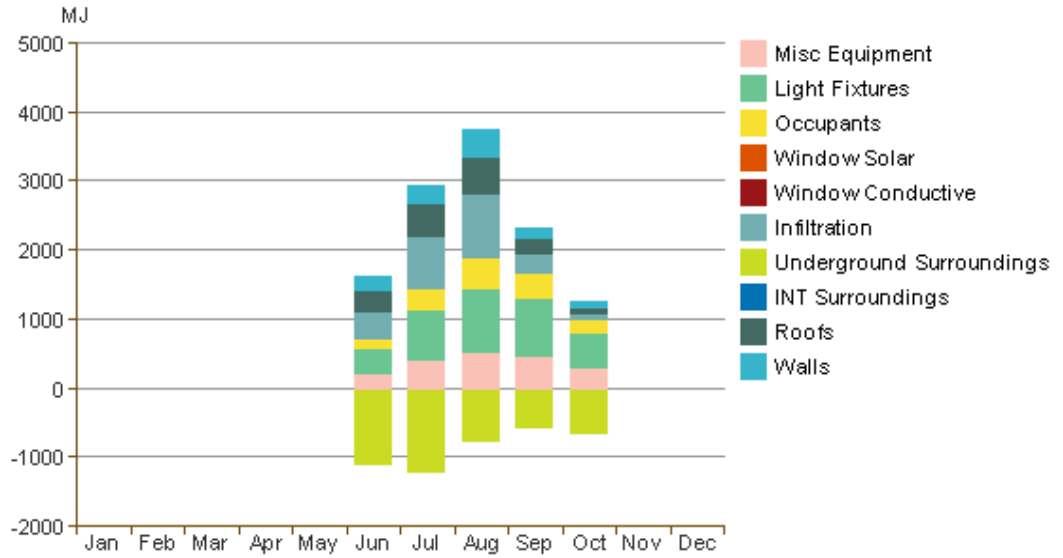


			(kWh)
HVAC	51%	\$934	5,660
Lighting	33%	\$599	3,634
Misc Equipment	16%	\$299	1,817
		<u>\$1,832</u>	<u>11,111</u>

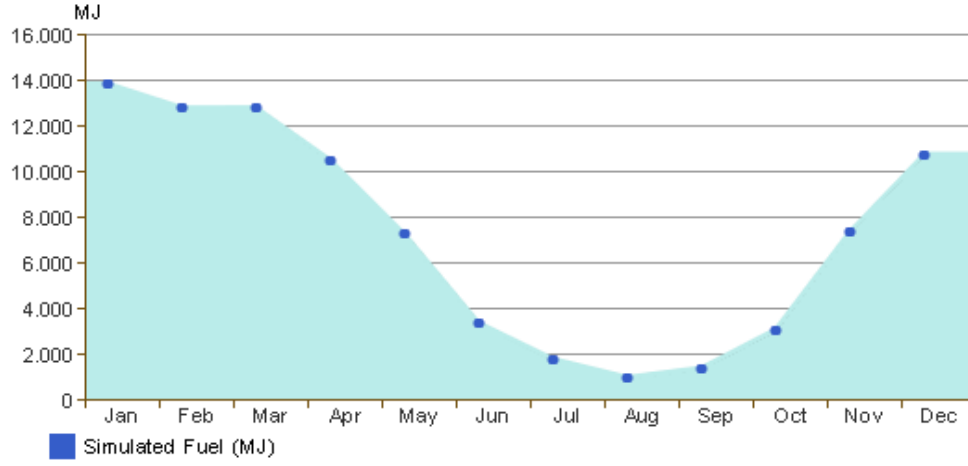
Aylık Isıtma Yüğü



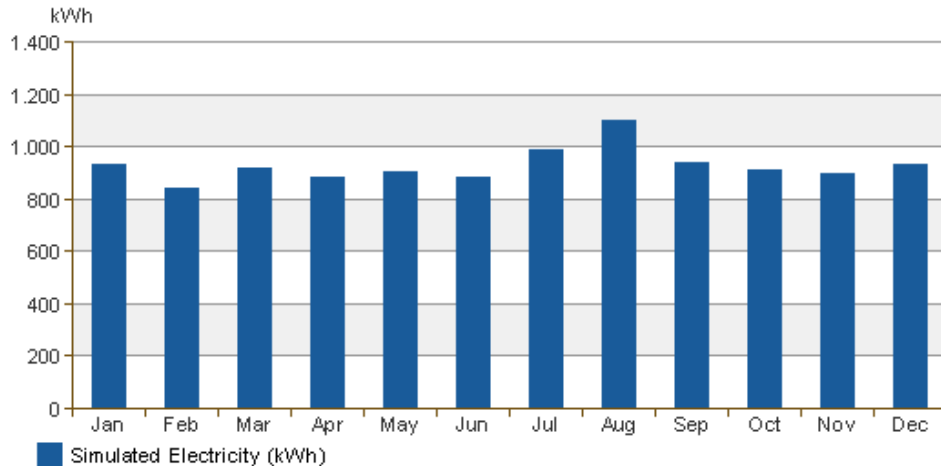
Aylık Soğutma Yüğü



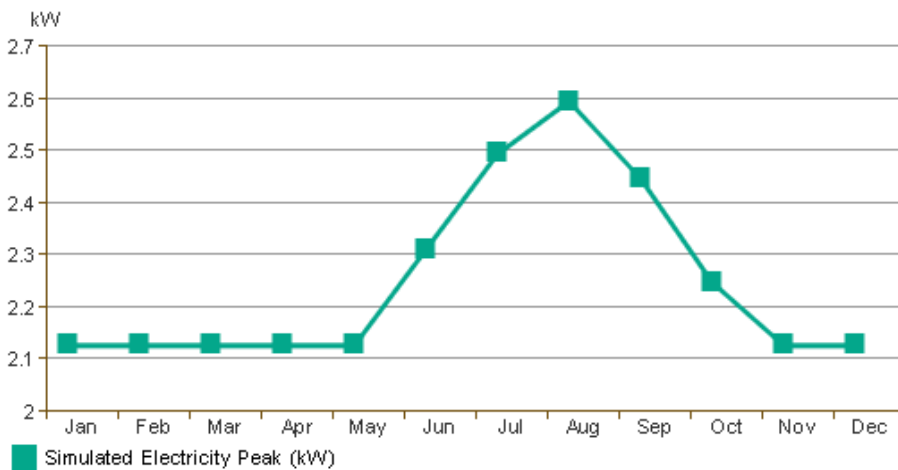
Aylık Yakıt Tüketimi



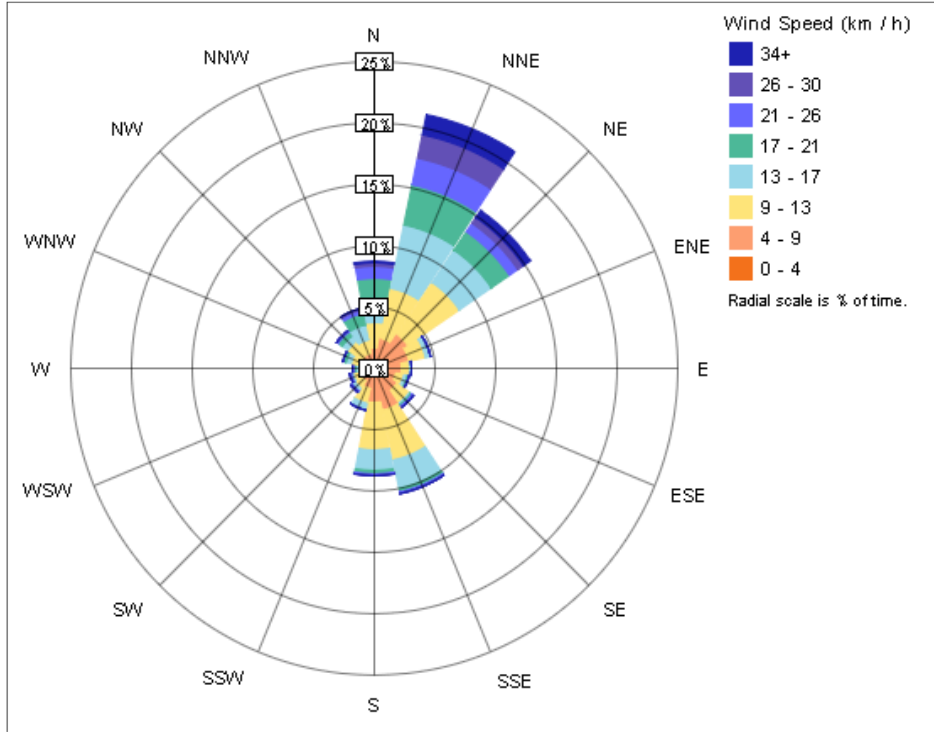
Aylık Elektrik Tüketimi



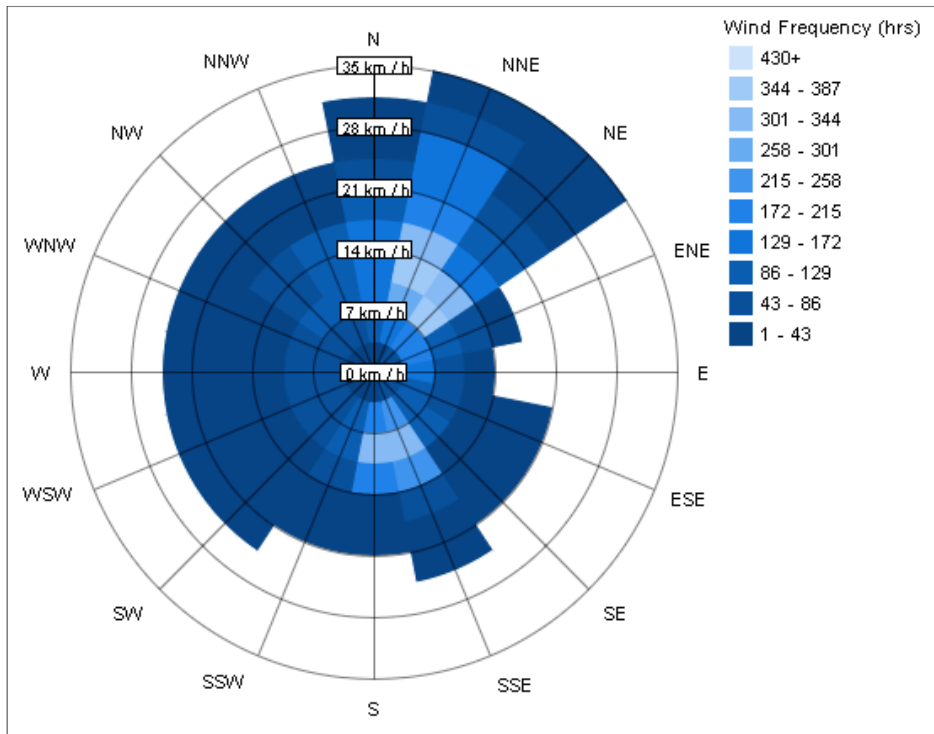
Aylık Tepe Talebi



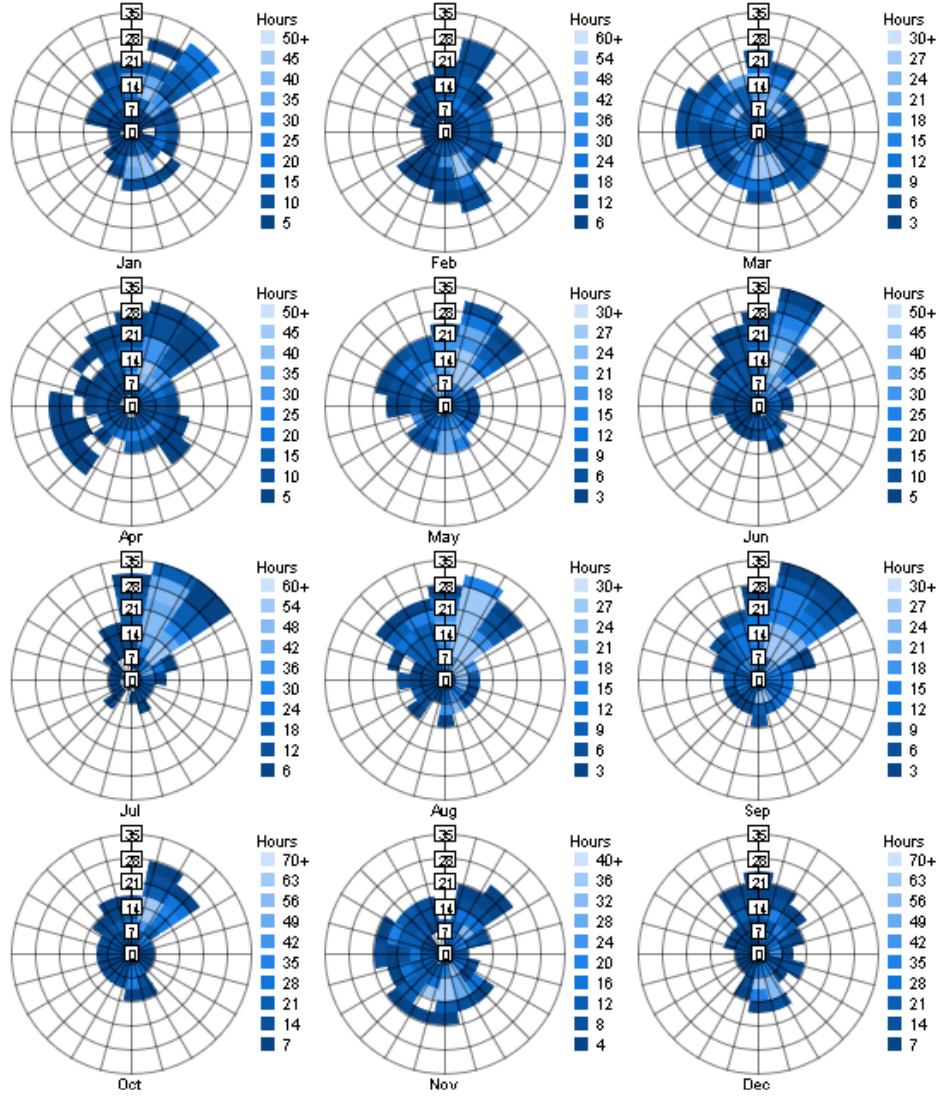
Yıllık Rüzgâr Gücü Hız Dağılımı



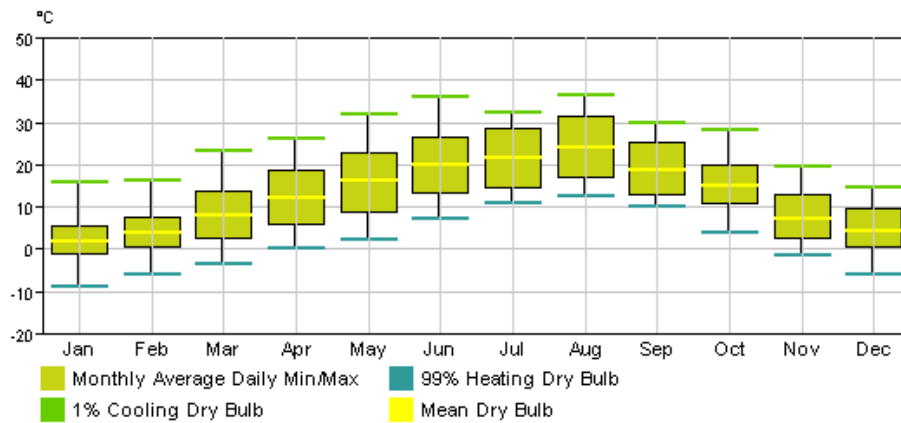
Yıllık Rüzgâr Gücü Frekans Dağılımı



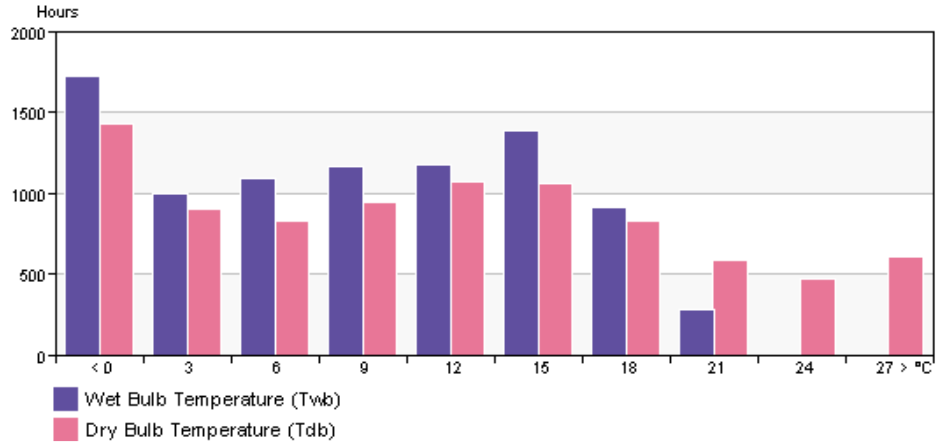
Aylık Rüzgâr Gülleri



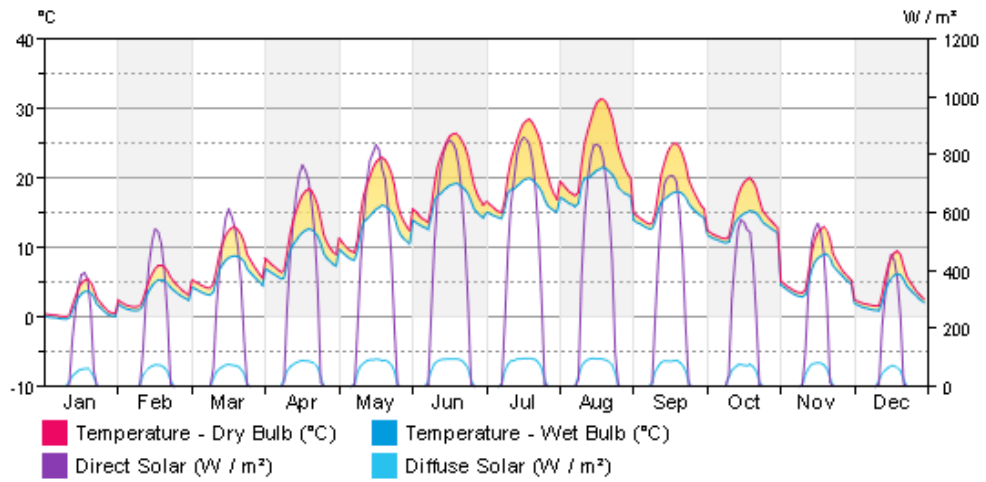
Aylık Tasarım Verileri



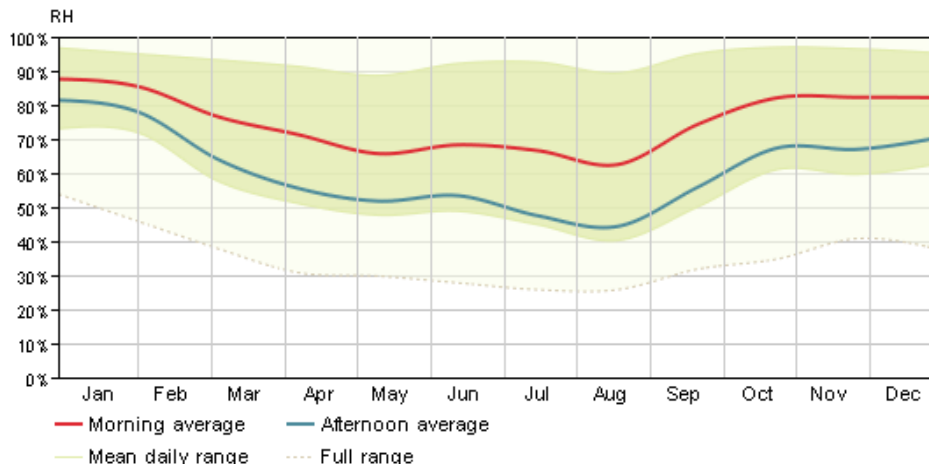
Yıllık Sıcaklık Kovaları



Hava Ortalamaları



Nem



EK-H Yeşil Çatı – Yeşil Duvar ısıtma ve soğutma yükü analizleri

Proje Özeti

Location and Weather	
Project	
Address	Ankara / Turkey
Calculation Time	13 Mayıs 2015 Çarşamba 22:15
Report Type	Detailed
Latitude	39.94°
Longitude	32.86°
Summer Dry Bulb	35 °C
Summer Wet Bulb	21 °C
Winter Dry Bulb	-17 °C
Mean Daily Range	14 °C

Yapı Özeti

Inputs	
Building Type	Single Family
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	2,086
Peak Cooling Month and Hour	July 16:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	2,168
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Maximum Cooling Capacity (W)	2,086
Peak Cooling Airflow (L/s)	181.5
Peak Heating Load (W)	2,852
Peak Heating Airflow (L/s)	285.5
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	20.86
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.82
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	87.04
Cooling Area / Load (m ² /kW)	47.95
Heating Load Density (W/m ²)	28.52
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	2.85

Bölge Özeti Standart

Inputs	
Area (m ²)	100.00
Volume (m ³)	300.00
Cooling Setpoint	24 °C
Heating Setpoint	21 °C
Supply Air Temperature	17 °C
Number of People	2
Infiltration (L/s)	24.4
Air Volume Calculation Type	Split System(s) with Natural Ventilation
Relative Humidity	46.00% (Calculated)
Psychrometrics	
Psychrometric Message	None
Cooling Coil Entering Dry-Bulb Temperature	28 °C
Cooling Coil Entering Wet-Bulb Temperature	19 °C
Cooling Coil Leaving Dry-Bulb Temperature	15 °C
Cooling Coil Leaving Wet-Bulb Temperature	15 °C
Mixed Air Dry-Bulb Temperature	28 °C
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	2,086
Peak Cooling Month and Hour	July 16:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	2,168
Peak Cooling Latent Load (W)	-82
Peak Cooling Airflow (L/s)	181.5
Peak Heating Load (W)	2,852
Peak Heating Airflow (L/s)	285.5
Peak Ventilation Airflow (L/s)	0.0
Checksums	
Cooling Load Density (W/m ²)	20.86
Cooling Flow Density (L/(s·m ²))	1.82
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	87.04
Cooling Area / Load (m ² /kW)	47.95
Heating Load Density (W/m ²)	28.52
Heating Flow Density (L/(s·m ²))	2.85
Ventilation Density (L/(s·m ²))	0.00
Ventilation / Person (L/s)	0.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	429	20.59%	64	135	110	121
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	898	43.04%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	37	1.75%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Lighting	301	14.42%	-	-	-	-
Power	150	7.21%	-	-	-	-
People	205	9.84%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Fan Heat	66	3.14%	-	-	-	-
Reheat	0	0.00%	-	-	-	-
Total	2,086	100%	64	135	110	121
Heating Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	945	33.13%	236	236	236	236
Window	0	0.00%	0	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	828	29.05%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-

Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	1,079	37.82%	-	-	-	-
Ventilation	0	0.00%	-	-	-	-
Total	2,852	100%	236	236	236	236