

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ DÜZ TOPLAÇLARIN (PV) YAPI ÖĞESİ OLARAK MİMARİDE
KULLANIM OLANAKLARI-BİR ÖRNEK OLUŞTURMA VE DEĞERLENDİRME

BAHAR ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. MÜJGAN ŞEREFHANOĞLU SÖZEN

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ DÜZ TOPLAÇLARIN (PV) YAPI ÖĞESİ OLARAK MİMARİDE
KULLANIM OLANAKLARI-BİR ÖRNEK OLUŞTURMA VE DEĞERLENDİRME

Bahar ŞAHİN tarafından hazırlanan tez çalışması 20.10.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Seda TÖNÜK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Esra SAKINÇ

Maltepe Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezim süresince değerli bilgi, birikim ve deneyimleriyle çalışmalarima yön veren danışman hocam Sayın Prof. Müjgan Şerefhanoglu SÖZEN'e;

Yüksek Lisans eğitimim boyunca yardımlarını, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen Yapi Fiziği Bilim Dalı öğretim elemanlarına;

Tez çalışmam süresince desteklerini ve sevgilerini hep hissettiğim aileme, kardeşime, ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Ağustos, 2011

Bahar ŞAHİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı.....	2
1.3 Bulgular.....	2
BÖLÜM 2	
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	3
2.1 Güneş Enerjisi	5
2.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	5
BÖLÜM 3	
MİMARİDE GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA	8
3.1 Edilgen Sistemler	8
3.1.1 Doğrudan Kazanç Sistemi	8
3.1.2 Dolaylı Kazanç Sistemi	10
3.2 Güneş Enerjili Etken Sistemler	12
3.2.1 Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri	12

3.2.1.1	Düz Toplaçlar	13
3.2.1.2	Vakum Tüplü Toplaçlar	14
3.2.2	Fotovoltaik (Pv) Sistemler	15
3.2.2.1	Pv Toplaçlar (Güneş Modülü)	15
3.2.2.2	Güneş Hücreleri	18
3.2.2.3	Fotovoltaik Sistem Çeşitleri	23
3.2.2.4	Fotovoltaik Sistemlerin Olumlu-Olumsuz Yönleri	26
BÖLÜM 4		
YAPI BÜTÜNLEŞİK PV SİSTEMLER VE TASARIM ÖLÇÜTLERİ		28
4.1	Yapı Bütünleşik Pv Sistemler	28
4.1.1	Çatı Bütünleşik Pv Sistemler	31
4.1.2	Duvar Bütünleşik Pv Sistemler	33
4.2	Mimari Estetik Üzerinde Toplaç Alanlarının Etkileri	34
BÖLÜM 5		
PV SİSTEMLERİN YAPI ÖĞESİ OLARAK KULLANILDIĞI UYGULANMIŞ ÖRNEKLER		37
BÖLÜM 6		
YAPI BÜTÜNLEŞİK PV SİSTEM ÖRNEĞİ OLUŞTURMA-DEĞERLENDİRME		55
6.1	Örnek Yapının Özellikleri	56
6.2	Hesaplamalarda Belirlenen Öngörüler	57
6.3	Güneşlenme Analizi	58
6.4	Pv-güneşkırın Tasarımı	61
6.4.1	Pv Sistem	65
6.5	Yapının Yıllık Aydınlatma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi	66
6.5.1	Yapay Aydınlatma Analizi	66
6.5.2	Yapay Aydınlatma İhtiyacının Belirlenmesi	68
BÖLÜM 7		
SONUÇ VE ÖNERİLER		75
KAYNAKLAR		78
EK-A		
GÜNEŞ ENERJİSİ TEŞVİKLERİ		81
A.1	Yatırım Teşvikleri	82
A.2	Şebekeyi Besleme ve Net Ölçme Tarifeleri	83
A.3	Yenilenebilir Enerji Sertifikaları	83
EK-B		
OFİS ARAÇ-GEREÇLERİNİN YILLIK ENERJİ GEREKSİNİMİ		84

EK-C

DIALUX AYDINLIK DÜZEYİ DEĞER GRAFİKLERİ	86
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGE LİSTESİ

<i>CIS</i>	Bakır indiyum diselenid
<i>CdTe</i>	Kadmiyum tellür
<i>GaAs</i>	Galyum arsenit

KISALTMA LİSTESİ

Pv	Fotovoltaik
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
T	Thermal
PET	Polietilen Tereftalat

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1	Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli haritası	6
Şekil 3. 1	Kış bahçesinin işleyiş şeması, konut- Santa Fe	10
Şekil 3. 2	Trombe duvarı uygulaması, plan ve kesit, Princeton, ABD	11
Şekil 3. 3	Kesit, çatı havuzu ile gündüz iç mekanın ısıtılması	11
Şekil 3. 4	Kesit, çatı havuzu ile gece iç mekanın ısıtılması	12
Şekil 3. 5	Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması.....	13
Şekil 3. 6	Düz toplacın temel elemanları	14
Şekil 3. 7	Vakum tüplü toplacın temel elemanları	14
Şekil 3. 8	Fotovoltaik hücre, modül, panel ve solar dizisi	15
Şekil 3. 9	Pv toplacın yapısı	16
Şekil 3. 10	Farklı renk ve dokuya sahip güneş hücreleri ve modül oluşumu	16
Şekil 3. 11	Çerçevesiz Pv topaçların kesit ve görünüşü	17
Şekil 3. 12	Tek kristalli silisyum güneş hücreleri	19
Şekil 3. 13	Çok kristalli silisyum güneş hücreleri	20
Şekil 3. 14	Ribbon silisyum güneş hücreleri	20
Şekil 3. 15	Amorf silisyum güneş hücreleri	21
Şekil 3. 16	Bakır indiyum diselenid güneş hücreleri	22
Şekil 3. 17	Kadmiyum tellür güneş hücreleri	22
Şekil 3. 18	Şebekeden bağımsız sistem bileşenleri.....	24
Şekil 3. 19	Şebekeye bağlı sistem bileşenleri	25
Şekil 3. 20	Hibrid sistem bileşenleri.....	25
Şekil 4. 1	Çatı bütünleşik Pv sistem uygulamaları	32
Şekil 4. 2	Duvar bütünleşik Pv sistem uygulamaları	33
Şekil 5. 1	Nieuwland Enerji Evleri	39
Şekil 5. 2	Ferienhaus Bartholomä-Park.....	40
Şekil 5. 3	Saydam Pv topaçların kafenin içinden görünüşü	41
Şekil 5. 4	BMW Fabrikası.....	42
Şekil 5. 5	Meyer Çocuk Hastanesi ve sera kısmındaki Pv topaçlar	43
Şekil 5. 6	OPTIC Merkez	44
Şekil 5. 7	Güneş Kulesi, Freiburg Merkez İstasyonu	45
Şekil 5. 8	Solar Facade, "Schott Iberica"	46
Şekil 5. 9	Zara binası	47
Şekil 5. 10	Alzheimer Projesi Sıhhi Kompleksi-Reina Sofia Vakfı	48
Şekil 5. 11	Erlangen Üniversitesi Moleküler Biyoloji Araştırma Merkezi	49
Şekil 5. 12	SDED Ofis Binası.....	50

Şekil 5. 13	LFH Bonn Rhein-Sieg Üniversitesi	51
Şekil 5. 14	Galicia Enerji Enstitüsü-Pv saçak	52
Şekil 5. 15	IBIS Otel	53
Şekil 5. 16	Mecklenburg-Vorpommern Güneş Merkezi-Pv kepenk	54
Şekil 6. 1	Vaziyet planı	56
Şekil 6. 2	Tipik kat planı.....	56
Şekil 6. 3	Güney cephesi	57
Şekil 6. 4	Örnek alınan alan	57
Şekil 6. 5	Güneşlenme analizi-21 Haziran saat 12:00-plan	58
Şekil 6. 6	Güneşlenme analizi-21 Haziran saat 12:00-kesit	59
Şekil 6. 7	Güneşlenme analizi-21 Eylül saat 12:00-plan	59
Şekil 6. 8	Güneşlenme analizi-21 Eylül saat 12:00-kesit	59
Şekil 6. 9	Güneşlenme analizi-21 Aralık saat 12:00-plan	60
Şekil 6. 10	Güneşlenme analizi-21 Aralık saat 12:00-kesit	60
Şekil 6. 11	Model	61
Şekil 6. 12	Yıllık güneş yörüngesi.....	61
Şekil 6. 13	Pv-güneş kırının planda yerleşimi	63
Şekil 6. 14	Pv-güneş kırının kesiti	63
Şekil 6. 15	Ecotect modelinde güney cephesine yerleştirilmiş Pv-güneş kırınlar	64
Şekil 6. 16	21 Haziran, saat 09:00 ve 16:00 saatlerinde iç mekandaki güneş ışınımı..	64
Şekil 6. 17	21 Aralık, saat 09:00 ve 16:00 saatlerinde iç mekandaki güneş ışınımı.....	65
Şekil 6. 18	Güneş kırın üzerine yerleştirilen Pv paneller.....	65
Şekil 6. 19	Lambaların planda yerleşimi	66
Şekil 6. 20	Seçilen floresan lambanın özellikleri	67
Şekil 6. 21	Model	67
Şekil 6. 22	Yapay aydınlatma analizi.....	68
Şekil EKA. 1	Kurulu Pv sistemlerin ülkelere göre oranları (2008).....	82

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1	Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli	6
Çizelge 2. 2	Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre Dağılımı.....	7
Çizelge 4. 1	Yapı kabuğunda değerlendirilen toplaç alanlarının görevleri	29
Çizelge 4. 2	Yapı bütünleşik sistem uygulamalarının yararları	30
Çizelge 4. 3	Yapılarda bütünleşik Pv sistemlerin kullanılabilceği alanlar	31
Çizelge 5. 1	Nieuwland Enerji Evleri	39
Çizelge 5. 2	Ferienhaus Bartholomä-Park	40
Çizelge 5. 3	Solarcafe "Sonnenzeit"	41
Çizelge 5. 4	BMW Fabrikası.....	42
Çizelge 5. 5	Meyer Çocuk Hastanesi	43
Çizelge 5. 6	OPTIC Merkez	44
Çizelge 5. 7	Güneş Kulesi, Freiburg Merkez İstasyonu	45
Çizelge 5. 8	Solar Facade, "Schott Iberica"	46
Çizelge 5. 9	Zara	47
Çizelge 5. 10	Alzheimer Projesi Sıhhi Kompleksi-Reina Sofia Vakfı	48
Çizelge 5. 11	Erlangen Üniversitesi Moleküler Biyoloji Araştırma Merkezi	49
Çizelge 5. 12	SDED Ofis Binası.....	50
Çizelge 5. 13	LFH Bonn Rhein-Sieg Üniversitesi.....	51
Çizelge 5. 14	Galicia Enerji Enstitüsü.....	52
Çizelge 5. 15	IBIS Otel.....	53
Çizelge 5. 16	Mecklenburg-Vorpommern Güneş Merkezi	54
Çizelge 6. 1	İzmir güneşlenme süreleri.....	62
Çizelge 6. 2	Aydınlık düzeyi değerleri.....	69
Çizelge 6. 3	Açık gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı.....	70
Çizelge 6. 4	Kapalı gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı (21 Mart).....	71
Çizelge 6. 5	Kapalı gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı (21 Haziran).....	72
Çizelge 6. 6	Kapalı gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı (21 Aralık).....	73
Çizelge EKB. 1	Ofis araç gereçlerinin yıllık elektrik enerjisi gereksinimi.....	84
Çizelge EKB. 2	Elektrikli aletler için enerji tüketim tablosu.....	85

GÜNEŞ ENERJİLİ DÜZ TOPLAÇLARIN (PV) YAPI ÖĞESİ OLARAK MİMARİDE KULLANIM OLANAKLARI-BİR ÖRNEK OLUŞTURMA VE DEĞERLENDİRME

Bahar ŞAHİN

Mimarlık Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN

Dünyada küresel çevre sorunlarının yadsınamaz oranda artmasıyla birlikte sürdürülebilirlik yaklaşımı ön plana çıkmış, yapı sektöründe de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır.

Sürdürülebilir yapı tasarımında, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı konusunda, güneş enerjisinden etken yararlanma sistemleri önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, etken sistem tasarımında toplaç alanlarının yapıya sonradan eklenmesi mimaride estetik açıdan kötü görünümlere yol açmaktadır. Toplaç alanlarının tasarım sürecinde mimariyle bir arada ve bütünlük içinde ele alınmasıyla, bu kötü görünümler önlenerek estetik ve ekonomik açıdan daha iyi çözümlere ulaşmak mümkün olmaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber, mimariyle bütünleşen toplaç alanlarının, enerji üretiminin yanı sıra yapı öğesi görevini de üstlendiği örnekler yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışmada, güneş enerjili etken sistemlerden Pv sistemlerin yapı öğesi olarak mimaride kullanım olanakları incelenmiştir.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, yenilenebilir enerji kaynakları, bu kaynaklardan biri olan güneş enerjisi ve Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, mimaride güneş enerjisinden yararlanmada edilgen ve etken sistemler açıklanmış, çalışmanın temel konusu olan güneş enerjili etken sistemlerin üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde, yapı bütünleşik Pv sistemler ve tasarım kriterleri incelenmiştir.

Beşinci bölümde, Pv sistemlerin yapı öğesi olarak kullanıldığı uygulanmış örneklerle yer verilmiştir.

Altıncı bölümde, bir örnek üzerinde yapı bütünleşik Pv sistem oluşturularak incelenmiştir.

Son bölümde ise çalışmayla elde edilen sonuçlar ve öneriler sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir yapı tasarımı, güneş enerjili etken sistemler, Pv sistemler, yapı bütünleşik Pv sistemler

ABSTRACT

USE OF SOLAR COLLECTORS (PV) AS AN INTEGRATED PART OF BUILDING IN ARCHITECTURE- CREATION AND EVALUATION OF A SAMPLE

Bahar ŞAHİN

Department of Architecture
MSc. Thesis

Advisor: Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN

With the undeniable increase in global environmental problems on earth , sustainability approach arose and use of renewable energy resources gained importance also in construction sector.

In sustainable building design, solar active systems is an important way to use renewable energy resources. However, while designing solar active systems, attaching Pv areas to building subsequently causes visually unesthetic results. By integrating Pv areas with architecture during design process, it is possible to reach more esthetic and economic solutions. With developing technology, the samples became common where Pv areas integrated with architecture are also used as a construction element as well as energy production.

In this study, use of Pv systems which is a solar active system as an integrated part of architecture is examined.

In the first part of thesis study, the aim and content of the study is explained.

In the second part of the study, renewable energy resources, solar energy as one of these resources and solar energy potential of Turkey is represented.

In the third part of the study, passive and active systems is explained which is used to benefit solar energy in architecture, solar active systems is emphasized which is the basic issue of this study.

In the fourth part, building integrated Pv systems and design criteria of these systems is examined.

In the fifth part, there are applied samples where Pv systems are used as an integrated part of the building.

In the sixth part, an analysis is made by designing a building integrated Pv system on a sample.

Finally, results obtained from this study and suggestions are listed.

Key words: Sustainable building design, solar active systems, Pv systems, building integrated Pv systems

1.1 Literatür Özeti

Dünya genelinde, hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, doğal kaynakların kötü kullanımı ve enerji tüketimiyle artan çevre kirliliği ekolojik dengede geri dönüşü olmayan tahribatlara yol açmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı küresel çevre sorunlarının başlıca nedenlerinden birini oluşturmaktadır. Çoğu yenilenemeyen enerji kaynağından enerji elde edilmesi sırasında yanma sonucu ortaya çıkan gazlar dünya genelinde karbon salınımını arttırarak küresel ısınmaya neden olmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının çevreye olumsuz etkileri ve tükenmeye yüz tutmasıyla, günümüzde önemli bir kavram haline gelen sürdürülebilirlik yaklaşımı önem kazanmaya başlamış, bu da yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artmasına neden olmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, güçlü potansiyeli, yapılarda değişik biçimlerde kullanılabilmesi ve hemen her yere ulaşabilmesi nedeniyle en çok tercih edilen kaynaklardan biridir.

Yapılarda güneş enerjisinden yararlanmada etken ve edilgen sistemler kullanılmaktadır. Özellikle güneş enerjili etken sistemler, karbon salınımının azaltılmasında ve yapı enerji performansının arttırılmasında etkin rol oynamakta ayrıca getirdikleri sürdürülebilirlik imajı ile yapılara artı değer de kazandırmaktadırlar. Ancak söz konusu sistemlerin sayılan yararlarına karşın kötü nitelikli uygulamaları, birçok sorunu da beraberinde

getirmektedir. Bu sistemlerin çoğunun yapılara sonradan eklenmesi ya da tasarım sürecine dahil edilmemesiyle, estetik olarak yapı ile bütünleşmeyen uygulamalar ortaya çıkmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, güneş enerjili etken sistemlerden fotovoltaik (Pv) sistemler ele alınarak mimaride yapı ögesi olarak kullanım olanakları incelenmiş, çeşitli yapılarda uygulanan bütünleşik Pv sistem örneklerine yer verilmiş ve bir örnek inceleme üzerinde yapı bütünleşik Pv sistem tasarımı yapılarak, Pv sistemin bir mimari öge olarak tasarlanma sürecinin ve bunun yapı mimarisindeki estetik ve işlevsel yararlarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

1.3 Bulgular

Pv sistemlerin, tasarım sürecinde mimariyle bir arada ve bütünlük içinde ele alınmasıyla estetik açıdan daha iyi çözümlere ulaşmak mümkün olmaktadır. Yapı bütünleşik Pv sistem tasarımında, toplaç alanlarının enerji üretiminin yanı sıra yapı ögesi görevini de üstlendiği uygulamalar, estetik, ekonomik ve işlevsel olmaları bakımından tercih edilmektedir. Pv toplaçlar yapılarda, çatı veya duvar elemanı (pencere, kepenk, saçak vb.) olarak ya da çatı ve duvarın yerine kullanılabilir. Yapı ögesi olarak kullanılan Pv toplaçlar, enerji üretirken yapıda kullanıldığı bölümün işlevsel özelliklerini ve görevlerini de yerine getirmektedir. Bu sayede Pv sistemlerin ilk kurulum maliyeti azalmakta, aynı zamanda da mimariye estetik değer katmaktadır.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Çevreye etkileri ve tükenebilirlikleri göz önüne alınırsa enerji kaynakları, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ikiye ayrılabilir. Son yıllarda insanlar, yaşam standartlarını yükseltebilmek için teknolojiye çok büyük gelişmeler sağlamış ve bunun sonucunda artan enerji tüketimini de beraberinde getirmiştir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı, çevre kirliliği, ozon tabakasının delinmesi, sera etkisi ve iklim değişikliği, doğal kaynakların azalması, çölleşme gibi sorunları doğurmuştur. Bu da insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynağı türlerinin başlıcaları şunlardır:

- Biyokütle enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Hidrojen Enerjisi
- Hidroelektrik Enerjisi
- Rüzgar Enerjisi
- Güneş Enerjisi

Enerji korunumu konusunda son yıllarda yapılan araştırmaların büyük bir bölümü enerji kaynaklarının “tasarruflu tüketimi” ne yönelik önlemleri içerirken; önemli bir bölümü de “yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yolları ve ekolojik çevre” konusunda yoğunlaşmaktadır. Enerji, çevre ve toplum gibi ayrı alanların ayrıntılı tüm açılımlarını bir arada ele alan sürdürülebilir yapılarda; en az enerji tüketimini amaçlayan *enerji*

etkinliği konusu temel hedeflerin başında gelmektedir. Yapılarda enerji etkinliğinin sağlanması ise konunun; tasarımın ilk aşamalarından başlayarak temel veri olarak ele alınması, ayrı uzmanlık alanlarının bir arada çalışması ve yapının tüm sistemleri ile bir bütün olarak düşünülmesi ile olanaklıdır.

Bu sebeplerle önümüzdeki yıllarda binalarının tasarımı, onarımı ve üretimi alanlarında;

- Binalarda özellikle ısıtma, soğutma vb. donatıların çalışması için harcanan enerjinin korunumunu sağlamak,
- Binaya enerji sağlayan kaynağın çevreye zarar vermeden kendini yenileyebilen kaynaklardan olmasını sağlamak bina tasarımcılarının sorumlulukları arasına girmiştir.

Bu bağlamda;

- Yenilenebilir enerji kaynaklarını dönüştürerek binaya enerji sağlayan 2000’li yılların olası sistemlerini araştırmak ve uygun sistemi seçmek,
- Seçilen sistemin yapı sistemine entegrasyonunu sağlamak,
- Seçilen sistemin sağladığı teknik, konstrüktif ve biçimsel olanaklarını değerlendirerek binanın enerji performansını artırmaya yönelik önlemleri almak,
- Entegrasyonun başarısı için uygun konstrüksiyon çözümlerini ve detayları üretmek, bina tasarımcılarının temel uğraşısı durumuna gelmektedir.

Ocak 2003’de Avrupa’da yürürlüğe giren ve Türkiye’de de kabul edilen; *binalarda enerji performansı direktifi* ile yapıların enerji etkin ve yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok yararlanacak biçimde tasarlanması ve işletilmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu açıdan yaklaşıldığında yapının enerji etkinliği ile ilgili hedeflerin gerçekleşmesinde güneş enerjisi ve ondan yararlanma sistemleri, özellikle de güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda kullanımı sürdürülebilir yapılarda önemli bir alanı oluşturmaktadır [1],[2],[3].

2.1 Güneş Enerjisi

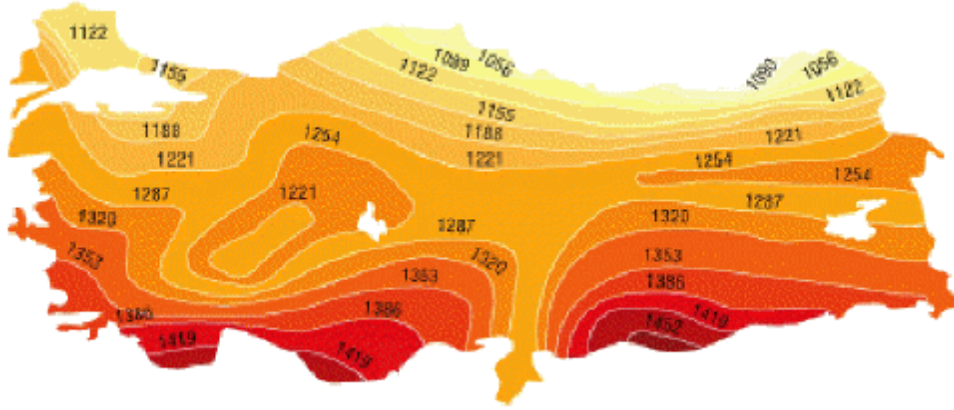
Güneş, yarıçapı dünyanın yarıçapının 109 katı ve kütlesi, dünyanın kütlesinin 330.000 katı olan, yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı bir yıldızdır. Güneşin yaydığı ve dünyamıza da ulaşan enerji, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir ve güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş ışınımının şiddeti 1370 W/m² değerindedir, ancak yeryüzünde 0-1100 W/m² değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [4].

2.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye dünya üzerinde 36°-42° kuzey enlemleri ve 26°-45° doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışınımı 1311 kWh/m²yıl, ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2640 saattir. Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi bu rakam günlük 3,6 kWh/m² güce, günde yaklaşık 7,2 saat, toplamda ise 110 günlük bir güneşlenme süresine denk gelmektedir [5].

Çizelge 2.1 Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli [5]

Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli(1966-1982)			
Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü			
Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
	(Kcal/cm2-ay)	(kWh/m2-ay)	
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/cm2-gün	3,6 kWh/m2-gün	7,2 saat/gün



Şekil 2.1 Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli haritası [6]

Türkiye'nin en fazla güneş alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, ikinci sırada Akdeniz Bölgesi gelmektedir (Şekil 2.1). Güneydoğu Anadolu Bölgesi ülkemizin enerji bakımından en zengin bölgesidir. Çizelge 2.2'de görüldüğü gibi bu bölgeye gelen yıllık toplam güneş enerjisi miktarı 1460 kWh/m^2 ve yıllık toplam güneşlenme süresi ise 2993

saattir. Bunun yanında Karadeniz Bölgesi Türkiye'nin en az güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgesidir.

Çizelge 2.2 Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı [5]

Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (1966-1982) Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü		
BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla yeni bir çalışma yürütmektedirler. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir [5].

MİMARİDE GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, güçlü potansiyeli, her yere ulaşabilmesi ve yapılarda değişik amaçlar için kullanılabilmesi nedeniyle mimaride de en çok tercih edilen kaynaklardan biri olmuştur.

Mimaride güneş enerjisinden değişik amaçlar yönünden yararlanma konusu temelde,

1. Edilgen (Pasif) Sistemler
2. Etken (Aktif) Sistemler

olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Bu çalışmanın temel konusu etken sistemler (Pv sistemler) olmasına karşın kısaca edilgen sistemlere de yer verilmiştir.

3.1 Edilgen Sistemler

Edilgen sistemler, yapının tasarım özelliklerinden faydalanılarak güneş enerjisinin yapıya alınması ve ısı elde edilmesi ilkesine dayanmaktadır.

Pasif sistemler, en genel anlamıyla iki ana başlık altında ele alınabilir:

1. Doğrudan Kazanç Sistemi
2. Dolaylı Kazanç Sistemi

3.1.1 Doğrudan Kazanç Sistemi

Doğrudan kazanç sistemleri, güneş enerjisinin toplanması ve depolanması için kullanılan en basit ve en eski yöntemdir. Yapılarda özellikle güney yönüne bakan cam

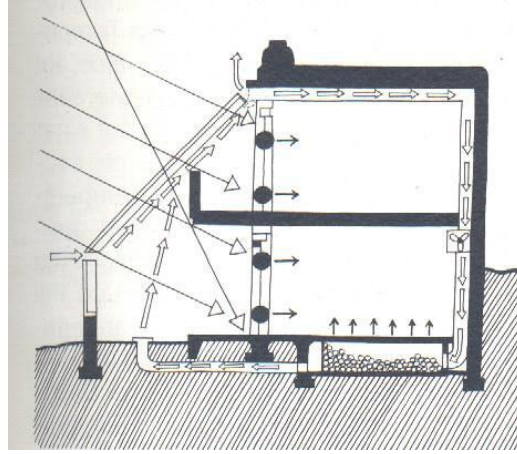
yüzeylerden, güneş enerjisinin içeri alınması, iç yüzeylerce soğurulup ısı enerjisi olarak mekana bırakılması prensibine dayanır [7].

- Güneş Pencereleri

Doğrudan kazanç sisteminin en basit ve etkin olan ögesi güneş pencereleridir. Pencerenin iyi yalıtılmış bir mekanda ve güneşe yönlendirilmiş olması önemlidir. Güneş pencerelerinde saydam yüzeyden içeri giren güneş ışınları, mekanın masif duvarları ve döşemeleri tarafından soğurularak ısı enerjisine dönüştürülür. Isıl kütle olarak işlev gören masif elemanlar aracılığı ile mekan içindeki aşırı sıcaklık farklılığı engellenir. Mekan sıcaklığının azalması durumunda, ısı masif elemanlardan taşınım ve ışıyım yolu ile geri verilir. Bu sistemin en önemli yararı basit ve kolay uygulanabilir olmasıdır [8].

- Kış Bahçeleri

Kış bahçeleri içinde yaşanabilen sıcak hava toplacıları şeklinde tanımlanabilen, güneşe yönlendirilmiş, camın yoğun olarak kullanıldığı mekanlardır. Kış bahçesi ve onunla ilişkili mekan arasında düzenlenen duvar genelde masif olup, ısı koruyucu ve depolayıcı işlevini görmektedir. Böylece kış bahçesindeki aşırı sıcaklık farklılıkları azaltılmış, konforu yüksek, dengeli bir iklim sağlanmış ve daha uzun süre kullanılabilen bir mekan yaratılmış olur. Duvarda açıklık düzenlenmesi ile kış bahçesinin sıcaklığı doğrudan bağlı olduğu mekana verilebilir. Bu açıklıkların büyük ya da duvarların saydam bir malzemeden olması durumunda, güneş ışınlarının doğrudan iç mekânlara alınması da olanaklıdır. Bunun dışında kış bahçeleri, çevre ile bağlantı sağlaması, aydınlık olması ve diğer mekânlara nazaran daha serin olması (14-16°C) gibi özellikleri nedeniyle konfor sunarak, yaşam kalitesini arttırmaya katkıda bulunmakta ve çok kat yüksekliğinde düzenlenerek, birden fazla mekâna hizmet verebilmektedir (Şekil 3.1) [8].



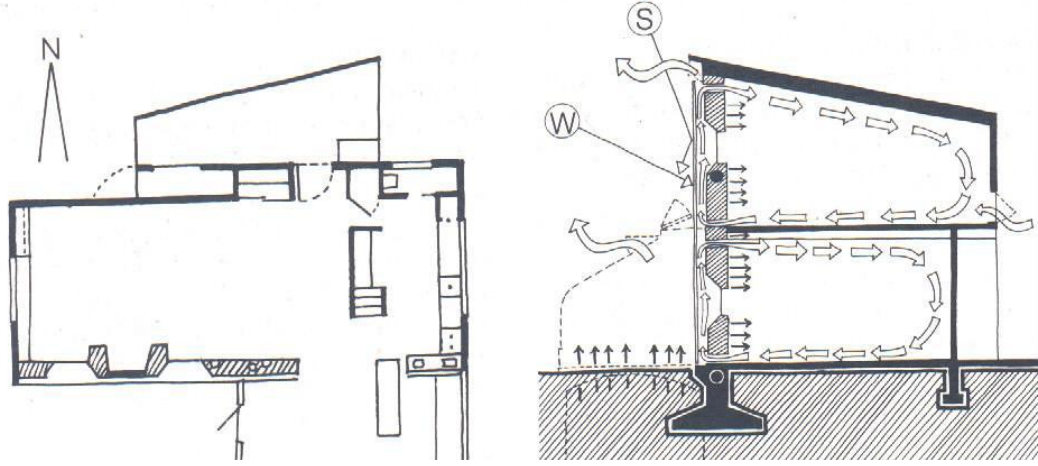
Şekil 3.1 Kış bahçesinin işleyiş şeması, konut- Santa Fe [8]

3.1.2 Dolaylı Kazanç Sistemi

Dolaylı kazanç sisteminde; yapıdaki yaşam hacimlerinin dışında toplanan ve depolanan güneş enerjisi; daha sonra doğal taşınım yollarıyla yaşam hacimlerine iletilir. Başka bir deyişle güneş ışınları doğrudan ısı kazanç olarak kullanılacak olan mekânlara girmez, yüksek ısı depolama kapasiteli ara yapı elemanları tarafından emilerek sonradan kullanılmak üzere depolanır.

- Trombe Duvar Sistemi

Trombe duvar sistemi, binanın güney cephesinde cam veya saydam bir yüzey ile bundan yaklaşık 10 cm daha içeride yüksek yoğunluklu malzemedeki kalın bir şekilde inşa edilen, koyu renkli (örneğin siyah, koyu kırmızı, kahverengi veya koyu yeşil) veya seçici yüzeye sahip (örneğin krom veya alüminyum folyo kaplı bakır) ısı depolayıcı duvardan oluşan bir sistemdir. Burada camdan geçen güneş ışınları söz konusu duvar tarafından emilir ve duvar içerisinde depolanır. Böylece cam ile duvar arasında kalan hava ısınır ve iç menfezler aracılığıyla diğer mekanlara dağıtılır (Şekil 3.2) [9].

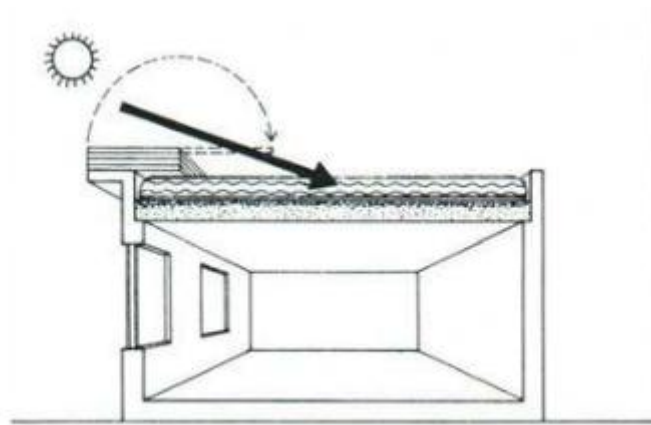


Şekil 3.2 Trombe duvarı uygulaması, plan ve kesit, Princeton, ABD [8]

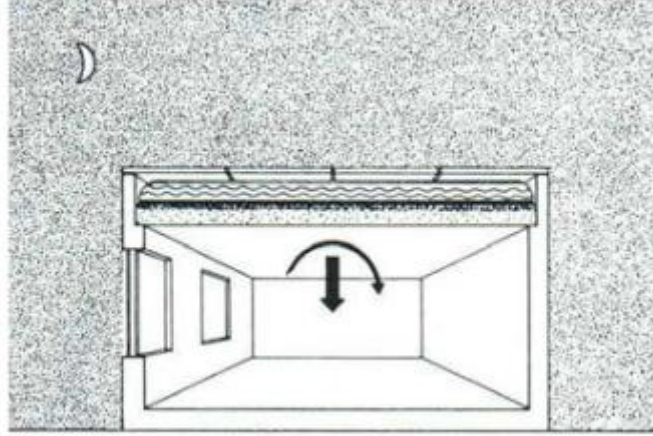
- Çatı Havuzu

Çatı havuzları, içi su dolu havuz ya da plastik torbalar tarafından depolanan güneş enerjisinin mekanın tavanlarından içeriye ısı olarak aktarılması ilkesine dayanmaktadır. Bu ısı kütellerin üzeri yalıtım elemanları yardımıyla, örneğin kepenklerle kış gündüzleri açılarak güneş enerjisi ile ısınma sağlanmakta (Şekil 3.3), geceleri ise kapatılarak ısı kayıpları engellenmeye çalışılmaktadır (Şekil 3.4). Yaz gündüzleri ise bunun tersi uygulanarak, üzerleri kapanarak fazla ısıdan korunulmakta, geceleri ise yalıtım elemanları açılarak yapının içinden dışına ısı geçişi ile mekanın serinlemesi sağlanmaktadır [7].

Aynı sistem düşey olarak dış duvarlarda da uygulanmaktadır.



Şekil 3.3 Kesit, çatı havuzu ile gündüz iç mekanın ısıtılması [10]



Şekil 3.4 Kesit, çatı havuzu ile gece iç mekanın ısıtılması [10]

3.2 Güneş Enerjili Etken Sistemler

Güneş enerjili etken sistemler, güneş ışınımını enerjiye dönüştürüp, bu enerjinin etkin kullanımına olanak sağlayan bileşenlerin tümü olarak tanımlanabilir. Daha geniş bir tanımla, güneş enerjisinden etken yararlanma sistemleri, amaca göre üretilmiş toplaçlar aracılığıyla yutulan güneş ışınımını, istenen biçimdeki enerjiye dönüştürüp bunun yapıda kullanımına olanak veren mekanik ve/ya elektronik elemanların bütününden oluşan sistemlerdir.

Bu sistemler ürettikleri enerjiye göre,

- Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri (Solar Thermal systems),
- Fotovoltaik Sistemler (Pv systems),
- Güneş Enerjili Isıtma / Pv Sistemler (T/Pv systems)

olarak sınıflandırılmaktadır. Güneş enerjili etken sistemler, ürettikleri enerjinin özelliklerine bağlı olarak ayrı öğelerden oluşmakta ve değişik biçimlerde yapılandırılmaktadır [3].

3.2.1 Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri

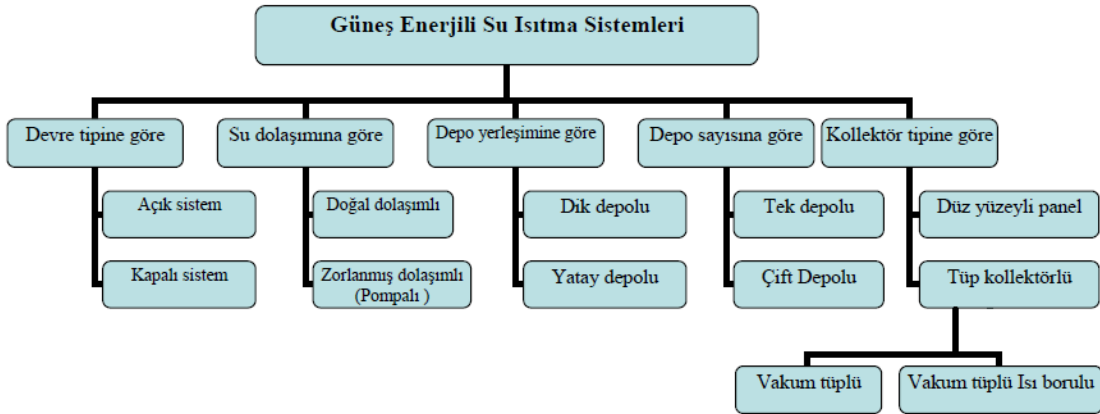
Güneş ışınımını toplaçlarla ısı enerjisine dönüştürüp; bu ısıyı su, hava, vb. bir akışkan ile doğrudan ya da bir depolama ünitesinde değerlendirerek kullanımını sağlayan

mekanik ve/veya elektronik sistemlerin bütününe, *güneş enerjili ısıtma sistemleri* denir.

Güneş enerjili ısıtma sistemleri yapılarda,

- Kullanım / havuz suyunun ısıtılması,
- İklimlendirme havasının ön ısıtılması,
- Mekan ısıtması için kullanılmaktadır.

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinin ülkemizde en yaygın kullanım alanı ise sıcak su üretimidir. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanılma yeri ve amacına göre değişiklikler gösterir. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, güneş enerjisini toplayan toplaçlar, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 3.5’de güneş enerjili su ısıtma sistemleri çeşitli yönlerden sınıflandırılmıştır [11].



Şekil 3.5 Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması [11]

3.2.1.1 Düz Toplaçlar

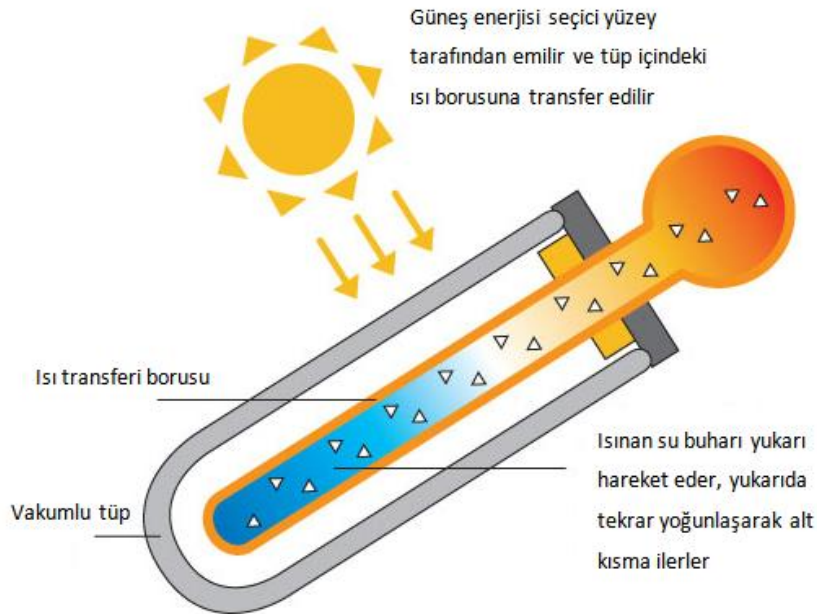
Düz toplaçlar, en yaygın olarak kullanılan toplaç türüdür. Bu toplaçlar doğrudan gelen güneş ışınlarının yanında, kırılma ve yansımalarla dağılmış güneş ışınlarını da değerlendirirler. Genel olarak saydam örtü, enerji toplayan yüzey, yutucu yüzeye bağlanmış ısı taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettirler (Şekil 3.6) [12].



Şekil 3.6 Düz toplacın temel elemanları [12]

3.2.1.2 Vakum Tüplü Toplaçlar

Özellikle dış ortam sıcaklığının, düşük ve doğrultulu güneş ışınımının az olduğu bölgelerde daha iyi verim alabilmek için geliştirilen vakum tüplü toplaçlar taşınım ve iletim yoluyla ısı kayıplarını en aza indirmek için aradaki havanın alındığı, iç içe iki ayrı tüpten oluşan sıraların paralel olarak bağlanmasıyla elde edilir (Şekil 3.7) [12].

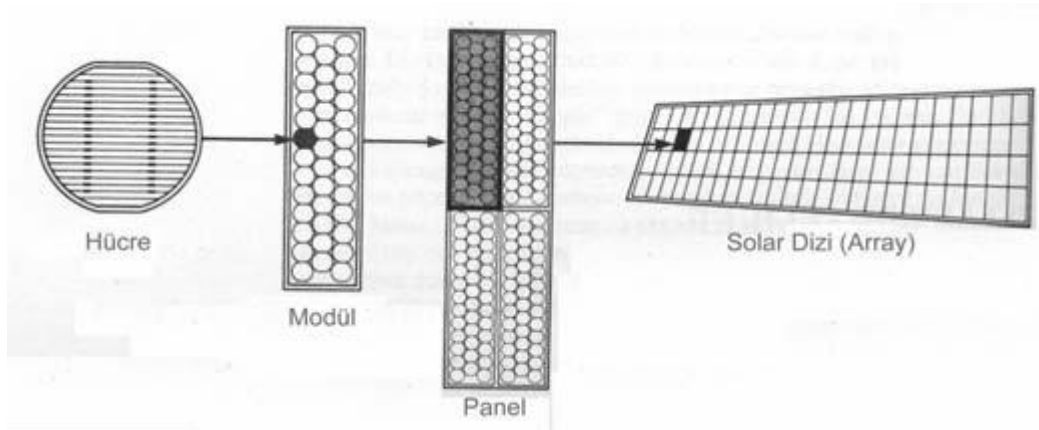


Şekil 3.7 Vakum tüplü toplacın temel elemanları [12]

Bu sistemlerin kapladıkları alan göz önünde bulundurularak, bina kabuğunda görünmemelerini sağlamak mümkün değildir, ancak tasarımla birleştirilerek binaya estetik değer katacak şekilde entegre edilmeleri sağlanabilir.

3.2.2 Fotovoltaik (Pv) Sistemler

Pv'ler güneş ışınımını doğrudan elektrik akımına dönüştüren yarı iletken devre elemanlarıdır. Fotovoltaik akım, üretimi özel işlenmiş yarı iletken malzemelerden yapılan kare, dikdörtgen veya daire şeklinde biçimlendirilebilen fotovoltaik hücrelerle sağlanır. Güç çıkışını arttırmak için çok sayıdaki hücre seri veya paralel bağlanarak "güneş modülü", modüller birleştirilerek "panel", ve paneller birleşerek "fotovoltaik dizi" elde edilir. Panellerin çok sayıda bağlanmasıyla daha büyük yüzeyli diziler elde edilebilir (Şekil 3.8). Modüller yalnız direkt güneş ışığından değil, yaygın ışınımında da (bulutlu havalarda) daha düşük güçte elektrik üretebilmektedir [2].



Şekil 3.8 Fotovoltaik hücre, modül, panel ve solar dizisi [2].

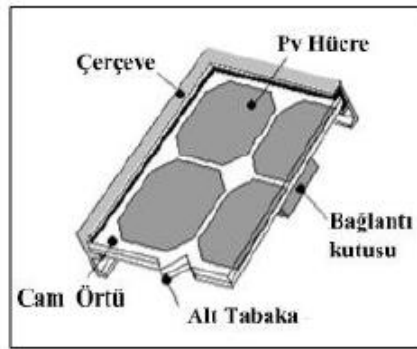
Pv sistemler tamamen elektronik olup, oynar parça bulunmadığı için 30–40 sene gibi oldukça uzun ömürlüdür. 1960 yıllarında uzaya gönderilen uydularda bulunan bu sistemler hala çalışmaya devam etmektedir. Pv sistemler bazen tek başlarına bazen de diğer konvansiyonel kaynaklarla beraber kullanılabilirler [13].

3.2.2.1 Pv Toplaçlar (Güneş modülü)

Bir Pv hücresi yaklaşık 1-2 watt elektrik enerjisi üretir. Güç çıkışını artırmak amacıyla, çok sayıda Pv hücresinin bir yüzey üzerinde birbirine paralel ya da seri bağlanmasıyla

oluşturulan Pv toplaç (Pv modül, güneş modülü) genellikle aşağıda sıralanan katmanlardan oluşur.

- Pv hücre,
- Koruyucu tabaka,
- Yansıtmasız yüzey,
- Tüm elemanları bir arada tutan çerçeve,
- Elektrik bağlantı kutusu (Şekil 3.9) [14].



Şekil 3.9 Pv toplacın yapısı [14]

Gelişen teknoloji ile toplaçlar bir kaç ayrı biçimde üretilmektedir. Pv toplaçlar biçimsel olarak;

- Çerçevesiz toplaçlar,
- Çerçevesiz toplaçlar,
- Metal tabanlı toplaçlar,
- Esnek toplaçlar,
- Çift yüzeyli (cam-cam) toplaçlar

şeklinde sınıflandırılabilir (Şekil 3.10) [15].



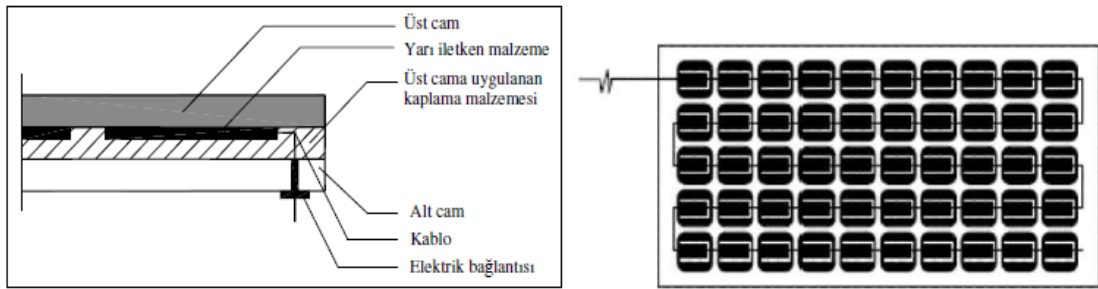
Şekil 3.10 Farklı renk ve dokuya sahip güneş hücreleri ve modül oluşumu

- **Çerçevesiz Pv Toplaçlar**

Çerçevesiz Pv toplaçlar, Pv hücreleri alüminyum vb. bir malzemeyle çerçeveleyerek bir arada tutan toplaç türüdür. Günümüzde birçok uygulamada değişik boyutlarda ve biçimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [14].

- **Çerçevesiz Pv Toplaçlar**

Çerçevesiz Pv toplaçlar, Pv hücrelerin iki cam ya da cam ve arka tutucu yüzey arasında alınarak, yan boşlukların yine cam bir mühürle kapatılması ile ayrı bir çerçeveye gereksinim olmadan üretilen toplaçlardır. Bu toplaçlar, kullanılan yarı iletken malzemenin özelliklerine, kaplama yöntemlerine, elektriksel donanımına bağlı olarak değişik biçimde üretilmektedir. Şekil 3.11’de plan ve kesiti görülen çerçevesiz cam Pv toplaçlar; yapılar, camın kullanıldığı her alanda değerlendirilebilmektedir [14].



Şekil 3.11 Çerçevesiz Pv toplaçların kesit ve görünüşü [14]

- **Metal Tabanlı Pv Toplaçlar**

Metal tabanlı Pv toplaçlar optik film tabakaları arasında ince tabakalara ayrılmış oldukça etkin tek kristalli silisyum güneş hücrelerinden üretilmektedir. Toplaçlar metal bir taban, PET (polietilen tereftalat) film, ortada fotovoltaik hücreler, ön kısımda PET film ya da camdan oluşmaktadır [10].

- **Esnek Pv Toplaçlar**

Gelişen Pv teknolojisinin sunduğu yeni üretim yöntemleri sayesinde oluşturulan esnek Pv toplaçlar, kolay taşınabilir ve monte edilebilir olması, hemen hemen istenilen her biçimde uygulanabilmesi sebebiyle Pv sistem tasarımlarında yeni alternatiflere olanak sağlamaktadır. Esnek Pv toplaçların tek dezavantajı verimlilik eksikliğidir, hücreleri çok ince olduğundan diğer toplaç çeşitlerinin yarısından daha az güç üretir [16].

- **Çift Yüzeyle Pv Toplaçlar**

Çift yüzeyle Pv toplaçlar hem ön hem arka yüzeyle ile enerji üreten toplaçlardır. Bu toplaçlar her çeşit Pv uygulamasında kullanılabilmeekte ve enerji maaliyetinde önemli bir azalma sağlamaktadır [10].

3.2.2.2 Güneş Hücreleri

Güneş hücreleri yarı iletken diyotlardan oluşur ve bu diyotların ara yüzeyine gelen ışık fotonlarının elektron sökmesi ve bu elektronların dış devrede toplanması esasına dayanır. Güneş hücreleri, imal edildikleri malzeme ve yapısına bağılı olarak, güneş enerjisini % 5-25 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevirebilir.

Yarı iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş hücresi yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddeler olup, bunlar tek kristalli, çok kristalli veya amorf yapıda olabilirler. Ayrıca, güneş hücreleri kristal yapı üzerinde oluşturulabildiği gibi cam veya başka malzeme üzerine ince film kaplama olarak da imal edilebilir [13].

Güneş hücresi (Pv hücre) çeşitleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

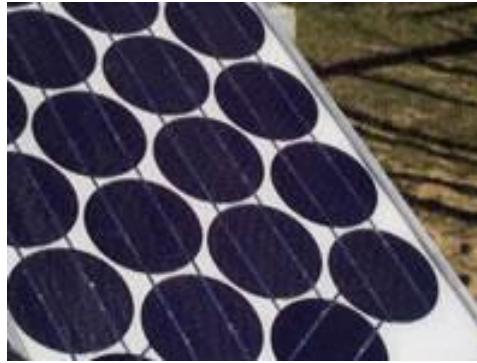
- Kristal Silisyum Güneş Hücreleri
 - Tek Kristalli Silisyum (Monokristal)
 - Çok Kristalli Silisyum (Polikristal)
 - Ribbon Silisyum
- İnce Film Güneş Hücreleri
 - Amorf Silisyum
 - Bakır İndiyum Diselenid (CIS)
 - Kadmiyum Tellür (CdTe)
- Grup III-V Bileşik Güneş Hücreleri
- Çok Eklemlili (Tandem) Güneş Hücreleri
- Organik ve Polimer Güneş Hücreleri [10].

- **Kristal Silisyum Güneş Hücreleri**

Yarı iletken silisyum maddesi kullanım aşamasında kararlılığını korumakta, yapısal, elektriksel ve soğurma özelliklerini uzun süre muhafaza etmektedir. Bu nedenden dolayı silisyum maddesi üzerine yapılan araştırmalar derinleştirilmiş ve üretim teknolojileri geliştirilmiştir. Değişik metotlarla üretilen silisyum hücreler en çok tercih edilen hücre tipleridir. Tek kristalli, çok kristalli ve ribbon silisyum kristal olmak üzere 3 çeşidi bulunmaktadır [10].

- **Tek Kristalli Silisyum Güneş Hücreleri**

Tek kristalli silisyum güneş hücreleri, en yüksek verime sahip hücrelerdir, koyu mavi renkte olup ağırlığı 10 gramdan azdır (Şekil 3.12). Laboratuvar koşullarında %24 verim sağlamasına rağmen ticari ürünlerde verim %15 civarındadır [17].



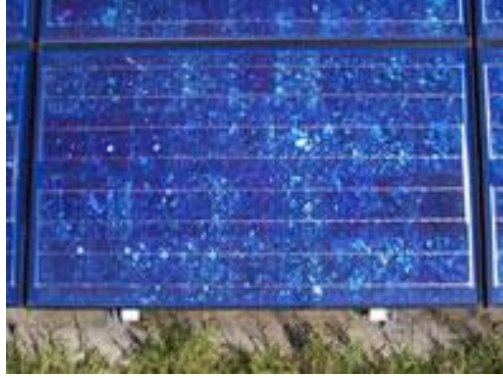
Şekil 3.12 Tek kristalli silisyum güneş hücreleri [17]

Tek-kristal silisyum malzeme, güneş hücresi üretiminde yüksek verim için kullanılan malzemelerden biri olmakla birlikte, üretim maliyetinin yüksek olması bu alanda değişik seçenek olarak çok kristalli malzemenin geniş ölçekte kullanılmasına neden olmuştur. Silisyum elektriksel, optiksel ve yapısal özelliklerinin uzun süre değişmemesi ve silisyum üretim teknolojisinde elde edilen büyük başarılar bu malzemenin en popüler malzeme olarak öne çıkmasını sağlamıştır [18].

- **Çok Kristalli Silisyum Güneş Hücreleri**

Çok kristalli malzemede damarların kristal yapılarının birbirlerine göre yönlenmeleri dışında elektriksel, optiksel ve yapısal özellikleri özdeştir. Gri-mavi tonlarındadır (Şekil 3.13). Damarların büyüklükleri kristalin kalitesiyle doğru orantılıdır. Çok kristalli malzemenin elektriksel özelliklerinin küçülen damar büyüklüğü ile orantılı olarak

bozulması, elde edilecek verimliliğin tek kristalle karşılaştırıldığında küçük olmasına neden olur. (%14) Çok kristalli silisyum güneş hücrelerinin tercih edilme nedeni, üretimlerinin tek kristalli silisyum güneş hücrelerinin üretimine göre kolay ve ucuz olmasıdır [1].



Şekil 3.13 Çok kristalli silisyum güneş hücreleri [17]

- **Ribbon Silisyum Güneş Hücreleri**

Tek kristalli hücre üretiminde ortaya çıkan malzeme kayıplarını önlemek için şekillendirilmiş-şerit yöntemiyle bu kayıpların azaltıldığı yeni hücreler üretilmiştir. Şekil 3.14'te gösterilen ribbon silisyum isimli bu hücrelerin farklı kalınlıkları mevcuttur. Laboratuvar şartlarında verimlilikleri %15 civarındadır [10].



Şekil 3.14 Ribbon silisyum güneş hücreleri [19]

- **İnce Film Güneş Hücreleri**

Güneş hücrelerinde kullanılan malzemenin ve işçiliğin azaltılması, teknolojinin basitleştirilerek maliyetlerinin düşürülmesi yönünde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları, yarı iletken malzemenin geniş yüzeyler üzerine ince film şeklinde kaplanması yöntemi çekici bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları güneş hücreleri üretiminde kullanılacak birçok yarı-iletken malzemenin düşük maliyetlerde cam, metal ya da plastik folyo gibi

tabakalar üzerinde geniş yüzeylere kaplanabileceğini göstermiştir. İnce film fotovoltaik malzemeler genellikle çok kristalli malzemelerdir. Başka bir deyişle ince film yarı-iletken malzeme, büyüklükleri bir milimetrenin binde birinden milyonda birine değin değişen damarlardan oluşmaktadır. Yarı iletken malzemenin elektriksel optiksel ve yapısal özellikleri her damar içerisinde fotovoltaik uygulamalar için çok uygun olsa da, damarlar arası sınırlarda yer alan mikro düzeydeki yapısal kusurlar, çok kristalli malzemede karşılaşılan en önemli problemdir. Başlıca ince film malzemeleri, amorf silisyum, bakır indiyum-diselenid ve kadmiyum tellür'dür [18].

- Amorf Silisyum Güneş Hücreleri

Soğurma katsayısı çok büyük olan amorf silisyum, 250⁰ C dolayındaki sıcaklıklarda geniş yüzeylere düzgün bir şekilde kaplanabilmektedir. Amorf-silisyum malzemesini kristalli-silisyumdan ayıran özellik, silisyum atomlarının malzeme içindeki düzenlerinin, birinci derece komşu atomların ötesinde gelişigüzel olmasıdır. Malzeme içerisindeki yapı taşlarının bu gelişigüzel dizilişi amorf-silisyumun elektriksel iletim kalitesini düşürse de, uygun yaklaşımlarla yarı iletken içerisine %5-10 oranında hidrojen katılarak elektriksel özellikler fotovoltaik çevirime uygun olan düzeyde tutulabilirler [18].

Amorf silisyum güneş hücreleri koyu kahverengi rengindedir ve kristal yapıya değildir (Şekil 3.15). Bu silisyum piller ticari ürünlerde % 5-7 verimle çalışmaktadırlar [17].

Daha çok küçük elektronik aletlerde kullanılmaktadır. Gelecekte binaların dış cephesinde yapı-bütünleşik olarak kullanılabilmesi tahmin edilmektedir.



Şekil 3.15 Amorf silisyum güneş hücreleri [17]

- Bakır İndiyum Diselenid Güneş Hücreleri

Bakır indiyum diselenid güneş hücreleri periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı grubunda yer alan bakır, indiyum ve selenyum elementlerinden üretilmektedir. Laboratuar şartlarında %18 verim sağlanmasına rağmen standart şartlarda %10 verimde çalışmaktadır. Bakır indiyum diselenid güneş hücreleri Şekil 3.16'da gösterilmiştir [10].



Şekil 3.16 Bakır indiyum diselenid güneş hücreleri [17]

- Kadmiyum Tellür Güneş Hücreleri

Periyodik tablonun ikinci grubunda bulunan kadmiyum elementinin ve altıncı grubunda bulunan tellür elementinin bir araya gelmesi ile oluşan, II-IV bileşik yarı-iletkeni kadmiyum tellürün ($CdTe$), oda sıcaklığında enerji aralığı maksimum güneş-elektrik dönüşümü elde etmek için idealdir. Özellikle büyük paneller için uygun bir türdür. Deneysel çalışmalarda %16'lara ulaşan verimleri ticari ürünlerde %7 seviyelerindedir (Şekil 3.17) [17].



Şekil 3.17 Kadmiyum tellür güneş hücreleri [17]

- **Grup III-V Bileşik Güneş Hücreleri**

Periyodik tablonun üçüncü ve beşinci grubundan elementlerin biraraya gelmesiyle oluşan bileşik yarı iletkenin soğurma özelliği çok yüksektir. Bu hücelere en iyi örnek galyum arsenitten (GaAs) yapılan güneş hücreleridir. Çok yüksek verime (%24) sahip bu hücrelerin maliyeti yüksek olduğu için yalnızca uzay araştırmalarında kullanılmaktadır [10].

- **Çok Eklemlili (Tandem) Güneş Hücreleri**

Farklı malzeme türleri güneş ışığının farklı tayflarını soğurmaktadır. Bu nedenle ışıınımdan en yüksek düzeyde faydalanmak için değişik malzemeler üst üste kullanılarak çok eklemlili (tandem) hücreler üretilmiştir. Tandem hücrelerde en üstte bulunan malzeme güneş ışıınımdan en fazla enerjiyi soğuran malzemedir. Yakalayamadığı tayftaki ışıınımi ise bir alt tabakadaki malzeme soğurmaktadır. Bu tür hücre yapımında genellikle galyum arsenit, amorf silisyum, bakır indiyum diselenid ve galyum indiyum fosfat malzemeler kullanılmaktadır [10].

- **Organik ve Polimer Güneş Hücreleri**

İnorganik güneş hücrelerinin üretim teknolojileri her ne kadar gelişse de maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle inorganik hücelere alternatif olabilecek ince film organik ve polimer hücre üretimi için teknikler geliştirilmiştir. Fakat %2,5 gibi bir verimlilikleri olduğundan henüz inorganik hücelere alternatif olabilecek bir konuma ulaşamamıştır. Organik ve polimer güneş hücreleri, üretiminde daha az toksit madde açığa çıkarması, modüllerin hafif ve esnek olması, maliyetlerinin düşük olması gibi avantajlarından dolayı geleceğin güneş hücreleri olarak gözükmetedir [10].

3.2.2.3 Fotovoltaik Sistem Çeşitleri

Fotovoltaik etkinin keşfedildiği ve denenmeye başlandığı 1873 yılından günümüze kadar çeşitli malzemelerin fotovoltaik etkileri rapor edilmiş, farklı malzemelerle çeşitli fotovoltaik hücreler üretilmiş ve güneş enerjisinden yararlanma konusunda farklı sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemleri 3 grupta incelemek mümkündür.

- Şebekeden bağımsız sistemler (Mobil-Offgrid)

- Şebekeye bağlı sistemler (On grid)

- Hibrid sistemler (Karma)

- **Şebekeden Bağımsız Sistemler**

Şebekeden bağımsız sistemler, şebeke elektriğine bağlı olmadığından ihtiyaç duyulan elektriğin tamamı fotovoltaik sistemden sağlanır. Bu sistemlerin önemli bölümlerinden biri, düşük güneş ışınımının olduğu zamanlarda (ya da güneş ışınımının hiç olmadığı gece saatlerinde) ihtiyaç duyulan elektriği sağlayan batarya sistemidir. Batarya sisteminin elemanları akülerdir. Şekil 3.18’de şebekeden bağımsız sistem bileşenleri gösterilmektedir [20].

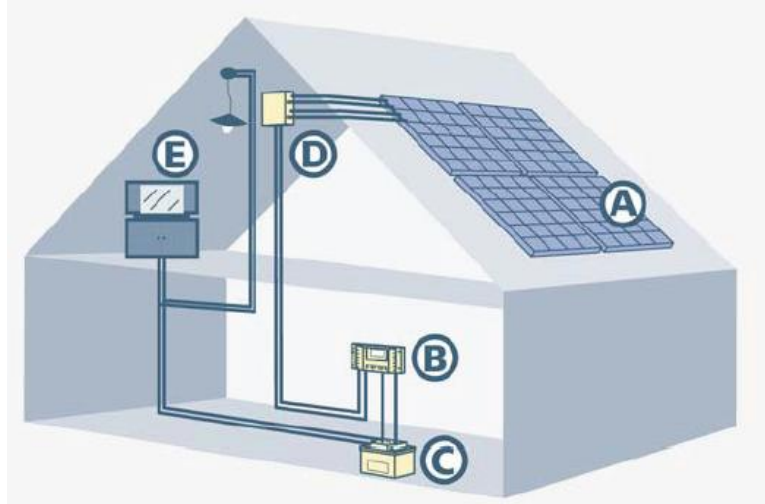
A. Panel

B. Solar kontrol

C. Akü

D. Bağlantı kutusu

E. Cihazlar



Şekil 3.18 Şebekeden bağımsız sistem bileşenleri [21]

- **Şebekeye Bağlı Sistemler**

Ortak üretim (cogeneration) sistemler olarak da adlandırılan şebekeye bağlı sistemlerde yükün gerektirdiği elektrik enerjisi, Pv sistemin ve genel şebekenin ortaklaşa çalışmasıyla karşılanır. Elektrik şebekesi sonsuz bir batarya düzeneği olarak değerlendirildiğinden bu sistemlerde ayrıca bir batarya düzeneği kurulmasına gerek yoktur. Pv sistem aracılığı ile üretilen elektriğin yeterli olmadığı durumlarda şebekeden elektrik alınır, gereksinimin üzerinde elektrik üretildiğinde ise fazla enerji şebekeye satılır. Herhangi bir saklama sistemi bulunmayan bu sistemlerde şebekeden alınan verilen elektriğin oranı bir sayaç sistemi yardımıyla belirlenir (Şekil 3.19) [20].

A. Panel

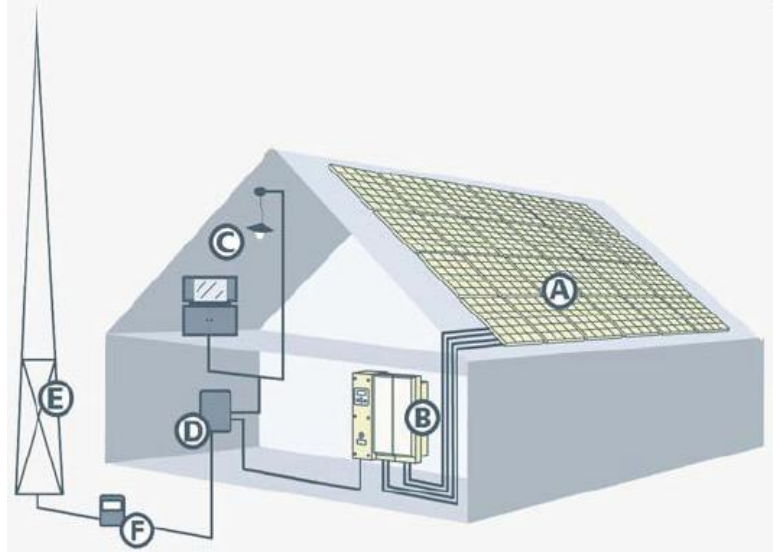
B. İntertör

C. Cihazlar

D. Ev panosu

E. Şebeke

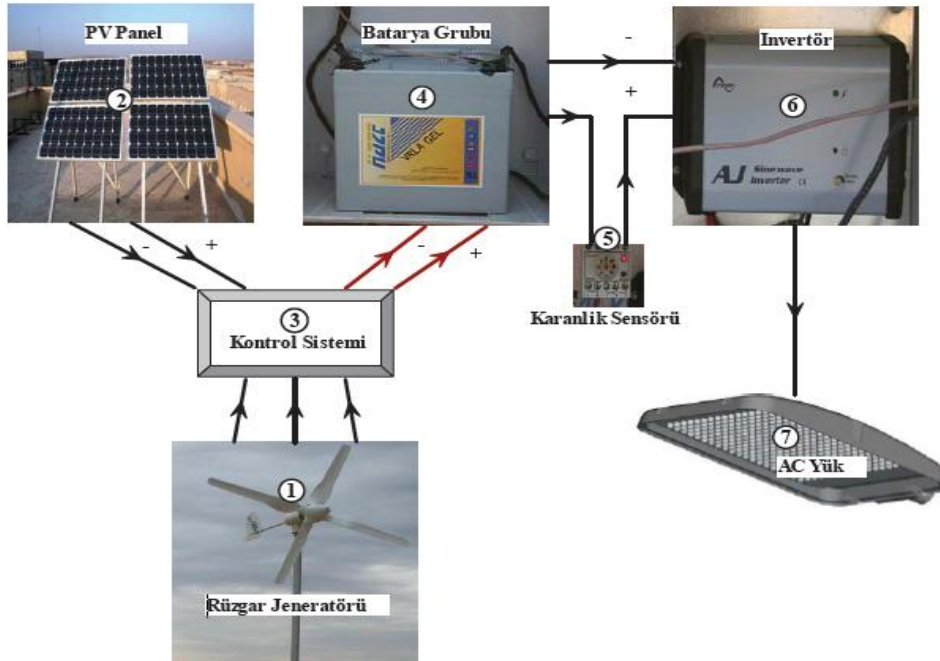
F. Şebekeden eve alınan elektrik sayacı



Şekil 3.19 Şebekeye bağlı sistem bileşenleri [21]

• Hibrid (Karma) Sistemler

Karma sistemlerde Pv sistemin yanı sıra, fazladan güç gereksinimi olması durumunda sisteme enerji sağlayacak ve saklama aygıtlarını (piller) dolduracak katı yakıt, doğal gaz ya da rüzgar enerjisiyle çalışan elektrik üretim sistemleri de bulunur (Şekil 3.20). Karma sistemlerin ortaya çıkmasının en büyük nedeni güneş ışınımı miktarının yıl içinde değişiklik göstermesidir. Bu sistemler daha karmaşık denetleme sistemlerine gereksinim duymasına karşın diğer sistemlere göre daha güvenilirdir [20].



Şekil 3.20 Hibrid sistem bileşenleri [21]

3.2.2.4 Fotovoltaik Sistemlerin Olumlu-Olumsuz Yönleri

Fotovoltaik sistemlerin yapılarda tercih edilmesini sağlayan olumlu yönleri aşağıda sıralanmıştır:

- Pv sistemlerin ömrü maliyetlerini karşılayacak kadar uzundur.
- Enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan fotovoltaik sistemler, hiçbir yakıt masrafı gerektirmeksizin elektrik üretebilmektedir. Ayrıca yakıt piyasasına bağımlılığı olmadığı için maliyet değişimlerinden etkilenmemektedir.
- Elektrik elde etme süreci esnasında hiçbir şekilde yanma olayı meydana gelmediğinden fosil yakıt kullanan elektrik üretim sistemleri gibi yanma sonucu meydana çıkan zararlı gazlar ve artık maddeler görülmez. Diğer tüm yenilenebilir enerji kaynakları gibi temiz bir enerjidir.
- Kurulu sistemler üzerinde oynama yapmak; mevcut bir sisteme yeni modüller eklemek suretiyle daha fazla güç elde etmek mümkündür. Bu sayede artan güç gereksinimi kolaylıkla karşılanabilir.
- Bu sistemlerde kullanılan hareketli parçalar diğer elektrik üretim sistemlerine göre daha azdır. Hidroelektrik santraller, rüzgar santralleri ve bu sistemlerde kullanılan türbinler, jeneratörler düzenli olarak bakıma gerek duyarken, fotovoltaik sistemlerde bakım ihtiyacının yok denecek kadar az olması işletme ve bakım masraflarını da düşürmektedir.
- Enerjinin üretildiği yerle tüketildiği yer arasında uzun mesafeler olmadığı için enerjinin taşınması sırasında oluşabilecek kayıp miktarı oldukça az olmaktadır.
- Üretilen elektrik bataryalarda depolandığı için istenildiği zamanda ve miktarda kullanılabilme serbestliği vardır.
- İhtiyaç duyulan her yerde kolaylıkla uygulanabilen sistemlerdir.
- Sistem, istenildiği takdirde sökülüp kaldırılabilme imkanı vermektedir [10],[20].

Çok sayıda olumlu özelliği olmasına karşın Pv sistemlerin aşağıda sıralanan bazı olumsuz yönleri de mevcuttur:

- Pv sistemlerin ilk yatırım maliyeti yüksektir.

- Kullanılabilir düzeyde elektrik enerjisi üretimi için geniş alıcı yüzeylere ihtiyaç duymaktadır.
- Sistemin üretim potansiyeli mevsimsel ve günlük hava değişikliklerinden etkilenmektedir.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması, sistemin gölgede kalmaması gerekmektedir.
- Şebeke bağlantısı olmadığı durumlarda depolama ihtiyacı olduğundan boş depo alanı gerektirmektedir.
- Şebeke elektriğine göre daha pahalıdır.
- Fotovoltaik malzemelerin geri dönüşümü olmadığı için, ömrünü tamamlayan malzemenin değiştirilmesi esnasında türlerine göre ayrıştırılması ve ayrı ayrı imha edilmesi gerekmektedir [1],[10].

YAPI BÜTÜNLEŞİK PV SİSTEMLER VE TASARIM ÖLÇÜTLERİ

Pv sistem uygulaması, yüksek maliyetine karşın gelişen çevre bilinci ve sürdürülebilir yapı yaklaşımının kabul görmesi ile özellikle zenginleşmiş ülkelerde hızla yaygınlaşmaktadır. Son yıllarda sağlanan gelişmelerle, Pv sistemlerin maliyetleri ve geri ödeme süreleri azalmakta, yapılarda uygulama örnekleri hızla artmaktadır.

Pv sistemler, yıllık enerji giderlerini azaltmak, yerleşimlere uzak bölgelerde enerji gereksinimini karşılamak, çevre konularına karşı duyarlı anlayışı sergilemek, yenilikçi bir yaklaşımı değerlendirmek gibi değişik nedenlerle yapılarda uygulanmaktadır [14].

Pv sistemlerin yapılarda kullanım alanları aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Pv sistemlerin yapıdan bağımsız kullanımı
- Pv sistemlerin yapı bütünleşik kullanımı

Pv sistemlerin yapıdan bağımsız kullanımı bina kabuğunda estetik olmayan görünüm oluşturmakta, ekonomik açıdan da yapı bütünleşik kullanımlarına göre fazla maliyet gerektirmektedir. Bu çalışmada yapı bütünleşik Pv sistemler ele alınmıştır.

4.1 Yapı Bütünleşik Pv Sistemler

Yapı bütünleşik Pv sistemler, toplaç alanlarının, enerji üretiminin yanında yapı elemanı olarak da değerlendirildiği, çok işlevli sistemlerdir. Bu tür sistemlerde toplaçlar, kullanıldıkları yapı ögesinde yapıya ait görevlerini de yerine getirmekle sorumludur.

Yapı kabuğu olarak yapıyı dış hava koşullarından korumak ve iç ortam konfor koşullarını sağlamakla yükümlü olan bütünleşik toplaçların yapı yüzü ögesi olarak estetik sorumlulukları da vardır. Bütünleşik kullanılan toplaçların, geleneksel bir yapı malzemesinden ve etken sistem ögesinden beklenen tüm görevleri yerine getirmesi, bunlarla beraber ekonomik ve estetik çözümler sunması beklenir. Toplaç alanlarının; yapı kabuğunda değerlendirilmesi durumunda etken sistem, yapı kabuğu, yapı görünüşü ve ekonomik açıdan yerine getirmesi gereken sorumluluklar Çizelge 4.1’de ayrıntılı olarak sıralanmıştır.

Çizelge 4.1 Yapı kabuğunda değerlendirilen toplaç alanlarının görevleri [14]

Etken sistem	▪Enerji üretimi	▪Verim ▪Güvenilirlik ▪Süreklilik ▪Yeterlilik
Yapı kabuğu bileşeni	▪Dış koşullardan korunma	▪Isı yalıtımı ▪Su yalıtımı ▪Neme dayanıklılık ▪Hava akımı yükleri ▪Rüzgar yükü ▪Yağmur kar yükü ▪Gürültü denetimi
	▪Bakım onarım niteliği	▪Ulaşılabilirlik ▪Kolaylık
	▪Dayanıklılık	▪İşlevsel özellikler ▪Estetik özellikler
Yapı görünüşü	▪Yapının bütünüyle uyum	▪Renk ▪Doku ▪Malzeme
	▪Estetik	▪Mimariyle uyum ▪Bütünlük ▪Bitmişlik
Ekonomi	▪Yapılabilirlik ▪Geri ödeme süresi	▪Toplaç maliyeti ▪Kaplama malzemesi maliyeti ▪Uygulama maliyeti ▪Bakım onarım maliyeti

Yapı bütünleşik sistem uygulamaları, sistem ve mimari niteliğinin artmasında etkin olduğu gibi, yapı çevre üzerindeki olumlu etkileri, yapı sahibine getirdiği saygınlık, toplum üzerindeki etki, çevresel tavrı da ölçülemeyen yararlar olarak sıralanmaktadır.

Günümüzde kullanıcılar ve tasarımcılar etken sistemleri yapılarda enerji üreten aygıtlar olmanın ötesinde, yapı ögesi olarak mimari çekiciliğe katkı sağlayan, belli bir mesajı olan, değişik çözümler sunan, yenilikçi tasarımlara olanak tanıyan uygulamalar olarak algılanmaktadır. Yapı bütünlüğü etken sistem uygulamalarının yararları ayrıntılı olarak Çizelge 4.2’de sıralanmıştır.

Çizelge 4.2 Yapı bütünlüğü sistem uygulamalarının yararları [14]

Verim	<ul style="list-style-type: none"> •Toplaç alanlarının etkin kullanımı •Enerji kayıplarının sınırlandırılması •Sistem uyumunun sağlanması •Enerji niteliğinin artması
Ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> •Yapı malzemesi giderlerinde azalma •İşletim maliyetinde azalma •İşçilik giderlerinde azalma •Ulaştırma maliyetinde azalma •Etkin alan kullanımı •Sistemin metrekare maliyetinde azalma
Estetik	<ul style="list-style-type: none"> •Yapıyla uyum •Mimari yaklaşımla uyum •Mimariye artı değer katma

Bütünlüğü Pv sistemlerin tasarım ve uygulamasında dikkat edilmesi gereken konular;

- Toplaç alanlarının uygulanacağı yüzeylerin optimum yön ve eğimde olması,
- Söz konusu yüzeylerin yeterli büyüklükte ve süreklilikte olması,
- Çevredeki yapılardan ya da yapının kendi mimari öğelerinden, toplaç yüzeyinde oluşan gölgelenme durumlarının analiz edilmesi ve yapının bu alanlar üzerine gölge atmayacak biçimde tasarlanması,
- Toplaçların uygulama detaylarının yapı kabuğu gereksinimlerine cevap vermesi,
- Bakım ve onarımı için toplaçlara kolay erişim ve temizlikleri için donanımların sağlanması,
- Yüzeylerin biçimlenişinin ve toplaç görünüşünün yapının mimarisiyle uyumlu olması, olarak sıralanmaktadır.

Pv toplaçlar, ince yapılanması, cam özelliği göstermesi, su yalıtımı sağlaması, güneş ışığının iç mekanlara erişimine izin verirken ısı ve ışık denetimine olanak sağlaması, temiz ve bitmiş bir görünüşü olması, değişik renklerde üretilebilmesi, eğrisel biçimlerde de kullanılmaya uygun olması, çekici ve hoş mekanlar oluşturabilmesi sebebiyle yapıların saydam ve dolu hemen her ögesinde yapı bütünleşik olarak değerlendirilmektedir [14], [22].

Bütünleşik Pv sistemlerin yapılarda kullanılabileceği alanlar Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Yapılarda bütünleşik Pv sistemlerin kullanılabileceği alanlar

Çatı bütünleşik Pv sistemler		Duvar bütünleşik Pv sistemler	
Çatı örtüsü	Çatı ögesi	Duvar	Duvar ögesi
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Düz çatı ▪ Eğimli çatı ▪ Eğrisel çatı 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Çatı pencereleri ▪ Çatı ışıklığı ▪ Kapı ve kapaklar ▪ Bacalar ▪ Merdiven ve asansör kovaları 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Düşey duvarlar ▪ Eğimli duvarlar ▪ Cam duvarlar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pencereler ▪ Kapılar ▪ Güneş kırınlar ▪ Saçaklar ▪ Kepenkler ▪ Balkon korkulukları vb.

4.1.1 Çatı Bütünleşik Pv Sistemler

Yapılı mekanların üstünü kapatan, yatayla en fazla 60° açı yapan, tüm saydam ve dolu alanları, kapı ve kapakları kapsayan yapı kabuğu parçası, çatı olarak tanımlanmaktadır (ASHRAE, 1995). Yapı kabuğu ögesi olarak yapıların biçimlenişinde ve korunmasında etkin rol oynayan, taşıyıcı ve örtü olmak üzere iki ana bölümden oluşan çatılar,

- Uygun yönelme ve eğim için esnek olasılıklar sunduğundan,
- Gölge alma olasılığı daha az olduğundan,
- Sürekli giden geniş yüzeyler oluşturduğundan,
- Bakım, onarım, ulaşım koşullarının kolaylığından,
- Ekonomik çözümlere olanak tanıdığından,

toplaçların konumlandırılmasında etkin biçimde kullanılmaktadır.

Çatıların biçimsel özellikleri, yapının görünüşü, mimarisi, estetiği ve sistem verimi üzerinde belirleyici olduğundan bütünleşik etken sistem uygulamalarında, çatı tasarımı, mimari anlatımın ötesinde sistem verimi, estetik, ulaşılabilirlik, gelişebilirlik gibi bir çok konuyu bir arada ele alan bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir [14].

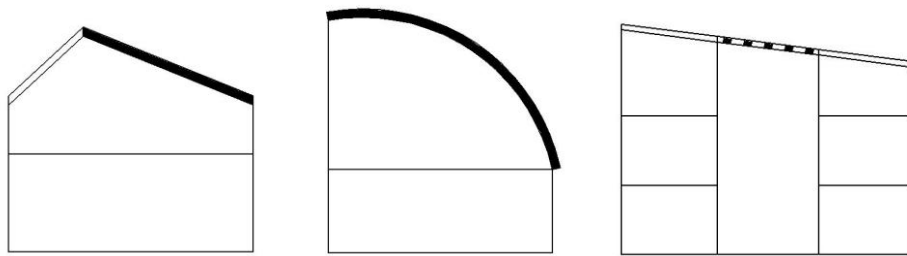
Çatı bütünleşik Pv sistemler çatıların; dolu alanlarında örtü malzemesi ya da saydam alanlarında cam yerine kullanılabilirler.

- Pv Toplaçların Çatılarda Örtü Malzemesi Olarak Kullanılması

Pv toplaçlar, çatılarda örtü malzemesi olarak değişik biçimlerde kullanılmaktadır. Özel üretilen Pv toplaçlarla tüm çatı alanı kaplanabildiği gibi, su yatımı sağlanan standart Pv toplaçlar çatılarda geleneksel malzemenin yerine kullanılmaktadır. Çerçevesiz Pv toplaçların küçük birimler biçiminde kiremit özelliğiyle birbirinin üzerine geçirilerek geleneksel çatı görünümüne çatı bütünleşik Pv sistem uygulamaları da yapının mimarisine, çevre uyumuna ve kullanıcı tercihinin bağlı olarak değerlendirilmektedir [14].

- Pv Toplaçların Çatılarda Saydam Alanlarında Kullanılması

Pv toplaçlar çatılarda herhangi bir amaçla oluşturulan değişik biçim ve boyuttaki tüm boşlukların kapatılmasında değerlendirilmektedir. Çatı açıklarının örtülmesi, çatı pencerelerinde ve çatı ışıklıklarında uygun oranda güneş ışınımı alan tüm saydam alanlarda kullanılmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çatı bütünleşik Pv sistem uygulamaları

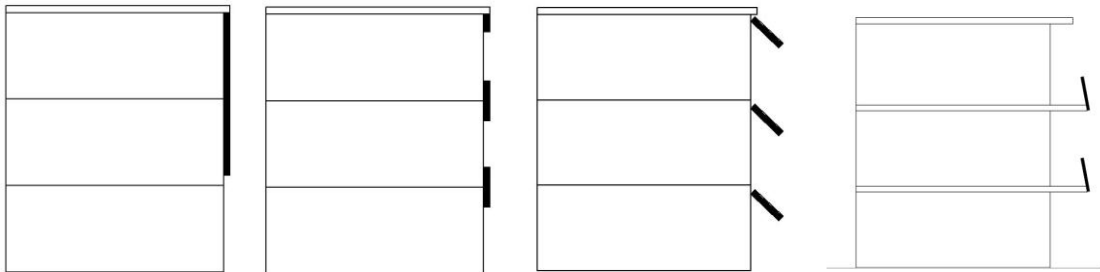
Cam Pv toplaçların üretiminde kullanılan yarıiletken malzemenin özelliklerine ve Pv hücrelerin cam toplaç üzerine yerleştirilme aralıklarına bağlı olarak Pv cam toplaç alanlardan içeri alınan güneş ışınımı niceliği denetlenebilmektedir. Çatı boşluklarında

veya örtüsünde cam Pv topaçların, cam alanlarla birlikte belli bir düzen içinde kullanımı ile değişik mimari çözümler ve iç ortamlar oluşturmak olasıdır [14].

4.1.2 Duvar Bütünleşik Pv Sistemler

Yapılı mekanları kapatan, dik ya da yatayla 60°'den fazla açı yapan, tüm saydam ve dolu alanları, kapıları kapsayan yapı kabuğu parçası, duvar olarak tanımlanmaktadır [23]. Duvarlar, taş duvar, ahşap duvar, beton duvar vb. gibi yapıldıkları malzemeye bağlı olarak ya da taşıyıcı duvar, cephe duvarı, sağır duvar, yangın duvarı, kalkan duvarı, temel duvarı vb. gibi buldukları yere ve işleve bağlı olarak sınıflandırılabilir. Saydam ve dolu bölümlerin bütününden oluşan ve yapı kabuğunun büyük kısmını oluşturan duvarlar, düzgün ve sürekli geniş alanlar olarak topaçların konumlandırılması için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak nitelikli güneş ışınımı erişimi için uygun eğim seçenekleri sunması kısıtlı olduğundan kabul edilebilir sistem verimlerinin elde edilmesi çatılara oranla daha zordur.

Yapıların duvarlarında kaplama malzemesi olarak ya da saydam alanlarında değerlendirilen Pv sistemlerin dolu alanların dışında duvarlarda sıklıkla kullanıldıkları alanlar, giydirme cepheler ve saydam yüzeylerdir. Duvar bütünleşik Pv sistemler, dik ya da eğimli cephelerde; gün ışığı gereksinimi, ısı denetimi, ışıklılık denetimi konuları doğrultusunda yarı saydam ya da saydamsız olarak değişik biçimlerde değerlendirilmektedir. Bu uygulamaların yanı sıra bütünleşik Pv sistemler güneş kırın, kepenk, balkon korkuluğu, saçak vb. yapı öğelerinde kullanılmaktadır (Şekil 4.2) [14].



Şekil 4.2 Duvar bütünleşik Pv sistem uygulamaları

4.2 Mimari Estetik Üzerinde Toplaç Alanlarının Etkileri

Yapı yüzeylerinin tanımladığı biçimin estetik boyutunun niteliği, biçimi oluşturan öğelere, bu öğelerin bir araya gelme (düzenleme) özelliklerine ve güzellik yaklaşımlarına bağlıdır. Biçimi oluşumuna etki eden temel öğelerin bazıları; işlevin, planlamanın, ve taşıyıcı sistemin oluşturduğu kütle, kütleinin tanımladığı dış yüzeyler, dış yüzeyleri oluşturan yapı öğeleri ve bu öğelerin özellikleri olarak sıralanabilir. Yüzeylerde kullanılan malzemelerin renk, doku gibi özellikleri ve yapı üzerindeki ışık, gölge gibi olgular; yapı biçimini tamamlayan, vurgulayan ya da yumuşatan ve yapı görünüşünü etkileyen diğer unsurlardır. Belli yaklaşım ve ilkeler doğrultusunda biçimlendirilen yapının, estetik olarak algılanması için, yapı görünüşünün “bütünlük” ve “bitmişlik” temel şartlarını da sağlaması gerekmektedir [24].

Toplaç alanları kullanıldıkları yapı yüzeylerini; verimsel gereksinimlerinden dolayı **biçimsel**, yüzeysel özelliklerinden dolayı **görsel** olarak etkiler. Toplaç alanlarının;

- yönü
- eğimi
- boyutu

sistem verimi üzerinde belirleyici olduğundan etken sistemler, bu özellikleri sağlayan yeterli yapı yüzeylerine gereksinim duyar. Yapının sistemin verimsel gereksinimleri sağlayacak şekilde biçimlendirilmesi yüksek verimli ve mimariyle uyumlu sonuçların sağlanması açısından önemlidir.

Toplacın genel görünüşünü, kullanılan yutucu yüzey ve kasa malzemelerinin renksel ve dokusal özellikleri belirlerken bu toplaçların bir dizi olacak şekilde bir araya getirilme (ızgara) özellikleri toplaç yüzeylerinin dokusal yapısını belirler. Toplaç alanlarının;

- Renksel
- Dokusal,
- Diziliş

gibi yüzeysel özellikleri yapının görünüşü üzerinde etkilidir.

Yapılarda kullanılan etken sistemlerin büyüklüğü arttıkça mimari üzerinde etkileri daha da belirgin olmaktadır. Uzun yıllar daha çok verimlilikleriyle değerlendirilen etken sistem uygulamaları günümüzde; sürdürülebilirliğin kabul görmesi, bütüncül tasarım yaklaşımının tasarımlarda değerlendirilmesi, estetik olgunun sistem kabulünü arttırdığı gerçeğiyle, özellikle gelişmiş ülkelerde yapılarda;

- Yapı mimarisini desteklemek,
- Yenilikçi bir tasarım anlayışını sergilemek,
- Yapının çevreye olan duyarlılığını göstermek,
- Yapının mimari anlatımına katkı sağlamak,
- Yapının mimari anlatımını belirlemek

gibi amaçlarla da değerlendirilmektedir.

Toplumsal ekonomik ve çevresel konuların bir arada ele alındığı sürdürülebilirlik kapsamında etken sistemlerin kullanıldığı yapıların belli estetik olguları sağlaması; kullanıcı kabulü, yapılı çevrenin niteliği, insanların kültürel değerlerinin devamı ve yaşam kalitelerinin artması bakımından yapı tasarımında önemle ele alınması gereken bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Etken sistemlerin etkin olarak kullanıldığı yapıların estetik yeterliliğinin sağlanmasında, sistemlerin uygulanma biçimleri büyük önem kazanmaktadır [14].

Etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesinde belli ölçülerdeki estetik yeterliliğin sağlanması için dikkat edilmesi gereken konular;

- Yapı yüzeyinde toplaç alanları dışındaki depolar, borular vb. diğer sistem öğelerinin gizlenmesi, bunun sağlanamaması durumunda sistem öğelerinin, mimariyle uyumunun sağlanması,

Toplaç alanlarının;

- Tüm bileşenleriyle bir bütün olarak değerlendirilmesi, bitmişliğin sağlanması,
- Düzenli, sürekli ve temiz görünüşlü olmasının sağlanması,
- Boyut ve biçiminin yapının genel bütünlüğü ile uyumunun sağlanması,

- Renksel ve dokusal özelliklerinin yapının diğere öğeleri ile uyumunun sağlanması,
- Yapı yüzeyinde dengeli dağılımının sağlanması,
- Mimari düzenlemesinin, yapının kavramsal yaklaşımına uyumlu olması,
- Yapının anlatım dili içinde uygun bir yeri olması,
- Yapı görünüşüne etkilerinin yapının içinde bulunduğu çevrenin dokusuna uyumlu olması olarak sıralanmaktadır [3].

PV SİSTEMLERİN YAPI ÖĞESİ OLARAK KULLANILDIĞI UYGULANMIŞ ÖRNEKLER

Binalarda Pv sistem kullanımı sürdürülebilir enerji bilincine ulaşmış toplumlarda gün geçtikçe artmaktadır. Çoğu ülkede yeni yapılacak ve yenilenecek mevcut binalarda, pahalı cephe kaplama malzemeleri yerine Pv panellerden oluşan akıllı cephe uygulamaları tercih edilmektedir. Günümüzde Pv panel üretiminde gelişen son teknolojiyle beraber yapılarda kullanılmaya başlanan saydam Pv topaçlarla, günışığından enerji üreten cephe tasarımında yeni ve daha estetik olanaklar sunmak mümkün olmaktadır.

Çeşitli yapı öğelerinde uygulanan Pv sistemlerin ilk kurulum maliyetleri yüksektir. Bu yüzden bazı devletler Pv endüstrisinin kalkınmasını ve ölçek ekonomisi sayesinde fiyatların gerilemesini sağlamak için finansal teşvikleri harekete geçirmektedirler. Güneş enerjisi teşviklerini uygulayan ülkelerin başında İspanya, Almanya ve ABD gelmektedir. (Bkz EK-A)

Uygulanan teşvikler sayesinde yaygınlaşan Pv sistemlerin yapı bütünleşik kullanımıyla birlikte bina cephelerinde daha estetik görünüm elde edilmekte ve yapı öğesi yerine kullanılan bütünleşik Pv sistemlerle ilk kurulum maliyeti açısından daha ekonomik çözümlere ulaşmak mümkün olmaktadır.

Bu bölümde, çatı, duvar, pencere, saçak gibi çeşitli yapı öğelerinde yapı bütünleşik Pv sistemlerin kullanıldığı örnek binalar yer almaktadır.

Örnek binaların listesi aşağıdadır:

- 1.Nieuwland Enerji Evleri
- 2.Ferienhaus Bartholomä-Park
- 3.Solarcafe "Sonnenzeit"
- 4.BMW Fabrikası
- 5.Meyer Çocuk Hastanesi
- 6.OPTIC Merkez
- 7.Güneş Kulesi, Freiburg Merkez İstasyonu
- 8.Solar Facade, "Schott Iberica"
- 9.Zara
- 10.Alzheimer Projesi Sıhhi Kompleksi-Reina Sofia Vakfı
- 11.Erlangen Üniversitesi Moleküler Biyoloji Araştırma Merkezi
- 12.SDED Ofis Binası
- 13.LFH Bonn Rhein-Sieg Üniversitesi
- 14.Galicia Enerji Enstitüsü
- 15.IBIS Otel
- 16.Mecklenburg-Vorpommern Güneş Merkezi

Çizelge 5.1 Nieuwland Enerji Evleri

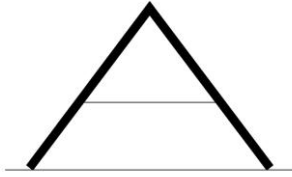
1. NIEUWLAND ENERJİ EVLERİ		
	YER	Amersfoort, Utrecht HOLLANDA
	İŞLEV	Konut
	MİMAR	BOOM-Duijvestein; Margret Drok and Van Straalen; Han van Zwieten
	YAPIM YILI	1997
	PV SİSTEM GÜCÜ	21.8 kWp
	<p>Bu proje, ilk modern “sıfır enerji” evlerinden biridir. Yıllık enerji tüketiminin hepsini yapı bütünleşik Pv sistemlerden karşılayan yeni konut bölgesi Nieuwland’ta inşa edilmiştir.</p> <p>Eğimli çatının tamamı Pv panellerden oluşturulmuş, çift daireden oluşan konutun her iki atriumunda transparan paneller kullanılmıştır. Kullanılan Pv toplam alanı her bir daire için 78m², atrium alanında 15m²’dir [25].</p>	
		
Şekil 5.1 Nieuwland Enerji Evleri [25]		

Çizelge 5.2 Ferienhaus Bartholomä-Park

2. FERİENHAUS BARTHOLOMÄ-PARK



YER	Bartholomä, Baden-Württemberg , ALMANYA
İŞLEV	Bungalov
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ (PV)	Dorfmüller Solaranlagen GmbH
YAPIM YILI	2004
PV SİSTEM GÜCÜ	24 kWp



Yapı Baden-Württemberg’te bulunan bir tatil evidir. Yapının tamamen Pv toplaçlardan oluşan çatısı doğu-batı yönüne bakmaktadır. Çatıyı oluşturan paneller 24 kWp gücündedir [25].



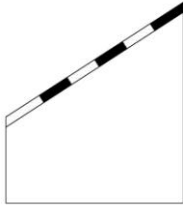
Şekil 5.2 Ferienhaus Bartholomä-Park [25]

Çizelge 5.3 Solarcafe "Sonnenzeit"

3. SOLARCAFE "SONNENZEIT"



YER	Kirchzarten, Baden-Württemberg, ALMANYA
İŞLEV	Kafe
MİMAR	Roland Rombach
YAPIM YILI	1999
PV SİSTEM GÜCÜ	1 kWp



Yapı bütünleşik saydam Pv toplaçlar, mimarlar ve tasarımcılara günışığından enerji üreten yüksek kaliteli cephe tasarımı konusunda yeni ve estetik olanaklar sunmaktadır.

Yapının çatısında yer yer kullanılan saydam modüller geleneksel gölgeleme elemanlarının yerine kullanılarak yaz aylarında kafede oturanlara gölge sağlarken aynı zamanda gün ışığından elektrik üretmekte ve ortamı soğutmak için gerekli enerji tüketimini azaltmaktadır [25].

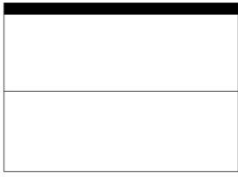


Şekil 5.3 Saydam Pv toplaçların kafenin içinden görünüşü [25]

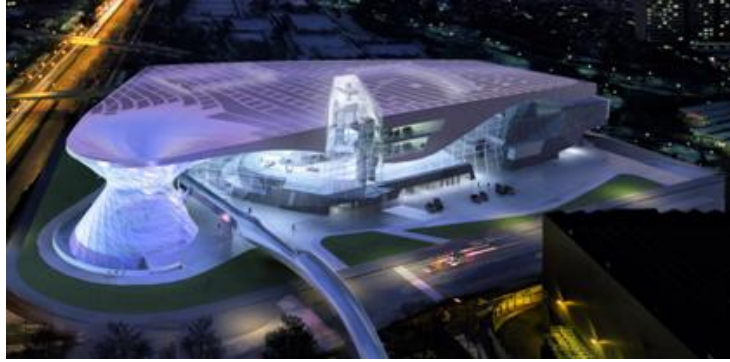
Çizelge 5.4 BMW Fabrikası

4. BMW FABRİKASI

	YER	München, Bayern, ALMANYA
	İŞLEV	Fabrika
	MİMAR	COOP Himmelb(l)au, Wien
	YAPIM YILI	2007
	PV SİSTEM GÜCÜ	824 kWp




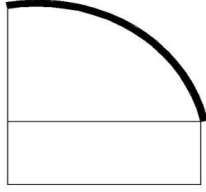
Fabrikanın büyük çatı kaplamasının üzerine (16.000m²), 3660 modülden oluşan, 824 kWp nominal güce sahip çatı bütünleşik Pv sistem yerleştirilmiştir. Çatı bütünleşik Pv sistemin özel işlevlerinden biri binanın 5. cephesi gibi çalışmasıdır [25].



Şekil 5.4 BMW Fabrikası [25]

Çizelge 5.5 Meyer Çocuk Hastanesi

5. MEYER ÇOCUK HASTANESİ		
	YER	Floransa, İTALYA
	İŞLEV	Hastane
	MİMAR	Studio Cspe-Anshen Dyer - Chiarugi Mühendislik, A6I Ingegneri Associati - CMZ -Lombardini Mühendislik
	YAPIM YILI	2006
	PV SİSTEM GÜCÜ	30 kWp



Floransa Meyer Çocuk Hastanesi, İtalya'nın iyileşme sürecine yardımcı olmak için sürdürülebilir mimari kullanan benzersiz bir tasarımdır. Bir 20. yüzyıl binası olan hastaneye eklenen seranın cephesine entegre edilmiş fotovoltaik paneller bina kabuğunun gölgeleme, ısı üretimi, hava kalkanı oluşturma gibi fonksiyonları ile enerji üretimi fonksiyonunu birleştirme olanağı vermiştir. Uygulanan Pv sistem çift yüzeyli (cam-cam) toplaçlardan oluşturulmuştur ve toplam 30 kWp gücündedir [26], [27].



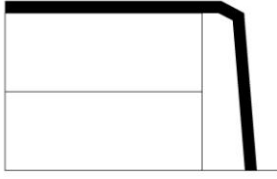
Şekil 5.5 Meyer Çocuk Hastanesi ve sera kısmındaki Pv toplaçlar [26], [27]

Çizelge 5.6 OPTIC Merkez

6. OPTIC MERKEZ



YER	St Asaph, North Wales, İNGİLTERE
İŞLEV	Araştırma merkezi
MİMAR	Capita Percy Thomas
YAPIM YILI	2004
PV SİSTEM GÜCÜ	85 kWp



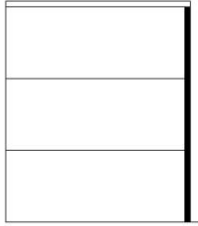
Pv sistem tasarımı yapının ilk eskiz aşamasından itibaren projeye beraber yürütülmüştür. Yapının güney cephesinin tamamı yatay ile 70 derece açı yapacak şekilde yerleştirilmiş Pv modüller ile kaplıdır. Pv modüller cepheden çatıya doğru bir kabuk şeklinde devam etmektedir. Bu kabuk, altında laboratuvar ve atölyelere erişim sağlayan bir revak oluşturmakta ve zemini sulamak için kullanılacak yağmur suyunu toplamaktadır. Pv sistem yaklaşık 1000m²'lik bir alanda kurulu 2368 modülden oluşmaktadır [25].



Şekil 5.6 OPTIC Merkez [25]

Çizelge 5.7 Güneş Kulesi, Freiburg Merkez İstasyonu

7. GÜNEŞ KULESİ, FREIBURG MERKEZ İSTASYONU		
	YER	Freiburg, Baden-Württemberg, ALMANYA
	İŞLEV	Merkez istasyon
	MİMAR	Harter + Kanzler, Waldkirch
	YAPIM YILI	1999
	PV SİSTEM GÜCÜ	34 kWp



60m yüksekliğindeki Freiburg Güneş Kulesi, Almanya'nın güney kısmındaki en yüksek fotovoltaik cephedir. Fotovoltaik cephe toplam 327m² alana sahiptir ve 246 modülden oluşmaktadır [25].



Şekil 5.7 Güneş Kulesi, Freiburg Merkez İstasyonu [25]

Çizelge 5.8 Solar Facade, "Schott Iberica"

8. SOLAR FACADE, "SCHOTT İBERİCA"



YER

Barselona,
İSPANYA

İŞLEV

Ofis

MİMAR

Torsten Masseck

YAPIM YILI

2006

PV SİSTEM GÜCÜ

1.35 kWp




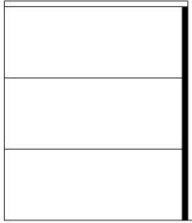
Merdiven kovasının önündeki çok fonksiyonlu, çift camlı giydirme cephe, renkli ve baskılı camlar ile saydam Pv panellerin yenilikçi kombinasyonu ile oluşturulmuştur. 27 modülden oluşan Pv sistem 1.35 kWp gücündedir [25].



Şekil 5.8 Solar Facade, "Schott Iberica" [25]

Çizelge 5.9 Zara

9. ZARA		
	YER	Köln, ALMANYA
	İŞLEV	Mağaza
	MİMAR	Angela und Georg Feinhals Mimarlık Ofisi
	YAPIM YILI	2003
	PV SİSTEM GÜCÜ	12 kWp



Hohe Sokağındaki Zara'nın cephesinde diğer şubelerdeki cilalı mermer yerine mavi ışıltılı silikon kristalleri kullanılmıştır. Bu estetik fotovoltaik cephe Köln merkezindeki yayalar için heyecan verici ve güneş enerjisi teknolojisini teşvik edici olmuştur [25].

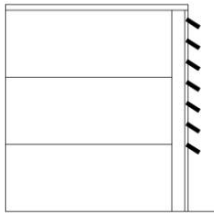


Şekil 5.9 Zara binası [25]

10. ALZHEIMER PROJESİ SİHHİ KOMPLEKSİ-REİNA SOfİA VAKFI



YER	Madrid, İSPANYA
İŞLEV	Sağlık merkezi
MİMAR	Estudio de Arquitectura Lamela
YAPIM YILI	2007
PV SİSTEM GÜCÜ	19.92 kWp




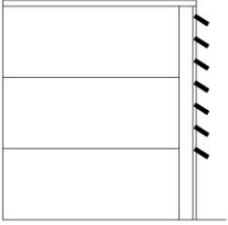

İspanyol Reina Sofia Vakfı tarafından desteklenen sağlık merkezi "Alzheimer Projesi", Alzheimer hastalığı için ayrılmış bir ulusal sağlık, eğitim ve araştırma merkezidir. Projenin en yüksek binası olan araştırma bölümünde 400 Pv panelden oluşan Pv cephe yapının duvarlarından 80 cm dışarıda, ikinci bir kabuk şeklinde inşa edilmiştir. Pv paneller güney-doğu ve güney-batı yönlerinde entegre edilmiştir.

Proje (enerji projesi) Madrid Bölge Hükümeti tarafından, 2007 yılında "en iyi uygulama" olarak ödüllendirilmiştir [25].



Şekil 5.10 Alzheimer Projesi Sıhhi Kompleksi-Reina Sofia Vakfı [25]

Çizelge 5.11 Erlangen Üniversitesi Moleküler Biyoloji Araştırma Merkezi

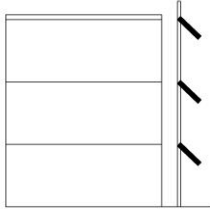
11. ERLANGEN ÜNİVERSİTESİ MOLEKÜLER BİYOLOJİ ARAŞTIRMA MERKEZİ		
	YER	Erlangen, ALMANYA
	İŞLEV	Araştırma Merkezi
	MİMAR	Christoph Präg
	PV TİPİ	Multi-Kristal Silikon
	PV SİSTEM GÜCÜ	29.8 kWp
	<p>Pv toplaçlar binanın cephesinde, yaz ve kış şartlarında güneş ışınımına göre açıları değiştirilebilen hareketli güneş kırınlar üzerine monte edilmiştir. Cephede multi-kristal silikondan oluşan 140 Pv panel bulunmaktadır [25].</p>	
		
<p>Şekil 5.11 Erlangen Üniversitesi Moleküler Biyoloji Araştırma Merkezi [25]</p>		

Çizelge 5.12 SDED Ofis Binası

12. SDED OFİS BİNASI



YER	Valence, FRANSA
İŞLEV	Ofis
MİMAR	Andre Salnais
YAPIM YILI	2005
PV SİSTEM GÜCÜ	14.5 kWp



Pv sistem yapı mimarisinin bir parçasıdır ve tasarımın ilk aşamasından itibaren yapıyla beraber düşünülmüştür. Yapının etrafını saran ayrı bir strüktür üzerine monte edilmiş Pv toplaçlar aynı zamanda bir güneş kiran görevi görmektedir [25].




Şekil 5.12 SDED Ofis Binası [25]

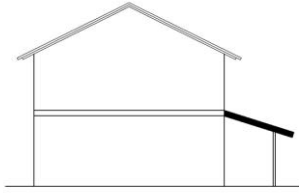
Çizelge 5.13 LFH Bonn Rhein-Sieg Üniversitesi

13. LFH BONN RHEIN-SIEG ÜNİVERSİTESİ		
	YER	St. Augustin, ALMANYA
	İŞLEV	Eğitim
	MİMAR	Werner + Neubert Mimarlık Bürosu
	YAPIM YILI	1999
	PV SİSTEM GÜCÜ	22 kWp
	<p>Binayla bütünleşik fotovoltaik sistem şebeke bağlantılı ve toplam 22 kWp gücündedir. Merkezi salonun üzerinde cam çatı ve binanın güney cephesi üzerinde gölgeleme elemanı olarak uygulanmıştır. Toplam Pv toplaç alanı 222m²'dir [26].</p>	
		

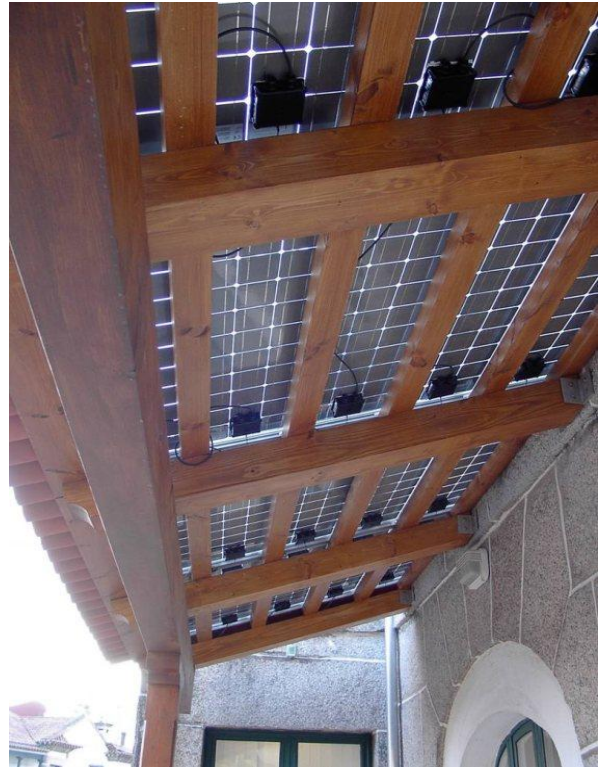
Şekil 5.13 LFH Bonn Rhein-Sieg Üniversitesi [26]

14. GALICIA ENERJİ ENSTİTÜSÜ

	YER	Santiago de Compostela, Pontevedra, Galicia, İSPANYA
	İŞLEV	Enstitü
	MİMAR	Ismael Eyra, Pablo Coles, Fernando Abelleyro, Fernando Arribas
	YAPIM YILI	2004
	PV SİSTEM GÜCÜ	1.3 kWp



Pv sistem Galicia Enerji Enstitüsü merkezinde eğitim amacıyla kurulmuştur. Yapının konumu ve karakteristik özellikleri (şehrin tarihi merkezine yakın bir eski eser olması) nedeniyle tasarımın estetiği özel bir önem kazanmıştır. Pv modüllerin yerleştirildiği saçak yerli ahşaptan (okalıptüs) yapılmış ve üzerine saydam Pv modüller eklenmiştir [25].



Şekil 5.14 Galicia Enerji Enstitüsü-Pv saçak [25]

Çizelge 5.15 IBIS Otel

15. IBIS OTEL		
	YER	Clichy, FRANSA
	İŞLEV	Otel
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ (PV)	Groupe ACCOR
	YAPIM YILI	2004
	PV SİSTEM GÜCÜ	7.5 kWp
	<p>Pv modüller otelin balkon korkuluklarına yerleştirilmiştir. Polikristal hücrelerden oluşan Pv sistemin alanı 75m² dir ve toplam 7.5 kWp gücündedir [25].</p>	
		

Şekil 5.15 IBIS Otel [25]

Çizelge 5.16 Mecklenburg-Vorpommern Güneş Merkezi

16. MECKLENBURG-VORPOMMERN GÜNEŞ MERKEZİ		
	YER	Mecklenburg-Vorpommern, ALMANYA
	İŞLEV	Güneş merkezi
	MİMAR	A. Schneider
	<p>Pv kepenkler Mecklenburg-Vorpommern Güneş Merkezi'nde koruma altındaki bir binanın penceresine uygulanmıştır. Tasarımı A. Schneider tarafından gerçekleştirilen Pv kepenkler enerji üretimi, gölgeleme, ısı kayıplarının engellenmesi işlevlerini yerine getirmektedir [15].</p>	
		
<p>Şekil 5.16 Mecklenburg-Vorpommern Güneş Merkezi-Pv kepenk [15]</p>		

YAPI BÜTÜNLEŞİK PV SİSTEM ÖRNEĞİ OLUŞTURMA-DEĞERLENDİRME

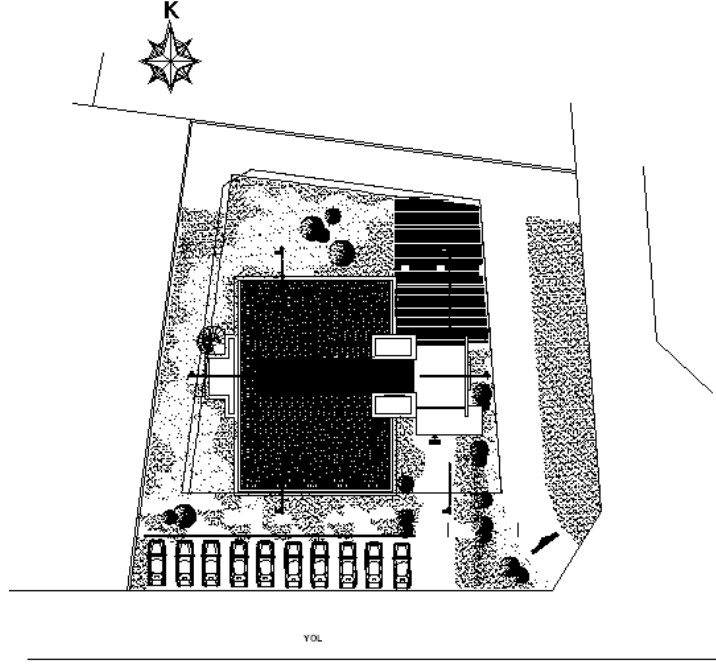
Çalışmanın bu bölümünde, güneş ışınımından korunma ve yararlanmanın birlikte çözüldüğü bir sistem; bir başka deyişle, güneş ışınımından korunma amacıyla bir mimari öge olarak oluşturulan güneşkırınların aynı zamanda güneş ışınımından yararlanarak elektrik enerjisi elde etmek üzere tasarlanması incelenmiştir. Örneklemeye amacıyla, İzmir’de bulunan bir ofis binası kullanılmıştır.

İncelemenin ilk aşamasında, yapının güneş ışınımına en çok maruz kalan güney cephesi için güneşlenme analizleri yapılmış ve örnek yapı Ecotect programında modellenerek cepheye yaz aylarında güneşten korunma ve yararlanma, kış aylarında ise doğrudan yararlanma sağlayacak Pv-güneş kırınlar yerleştirilmiştir.

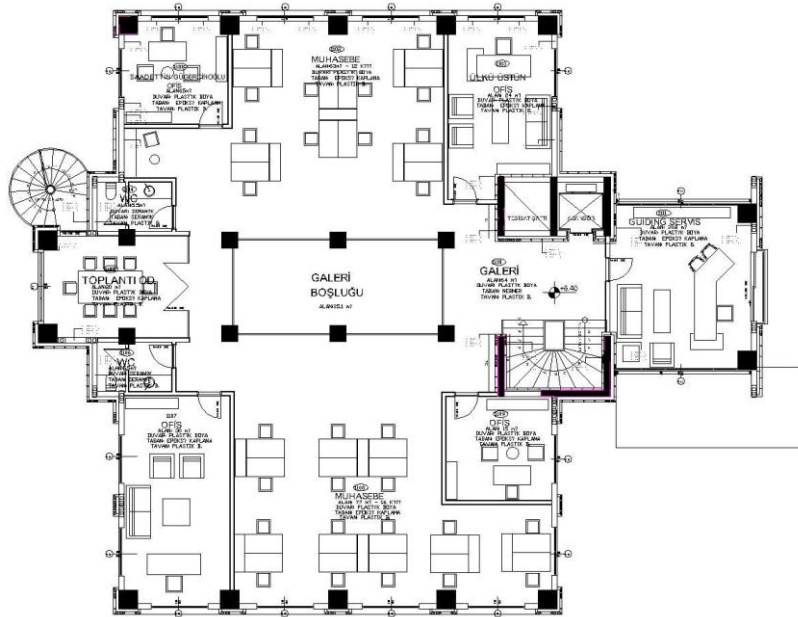
İkinci aşamada, Pv-güneş kırınlardan sağlanan elektrik enerjisinin örnek yapının elektrik enerjisi gereksiniminin ne kadarını karşıladığını ortaya koymak için ofis araç-gereçlerinin harcadığı elektrik enerjisi saptanmış, (Bkz EK-B) bunların içinde enerjinin kullanılan en önemli bölümü olan aydınlatma gereksinimi DIALux programı yardımıyla hesaplanmıştır.

6.1 Örnek Yapının Özellikleri

Örnek olarak seçilen yapı, Şekil 6.1’de görüldüğü gibi kuzeye dik bir biçimde yerleşmiştir. Binanın kuzey ve güney yönlerine bakan çalışma alanları, panolarla sınırlandırılmış açık ofis şeklindedir. Şekil 6.2’de tipik kat planı, Şekil 6.3’te ise Pv-güneş kırın önerilen güney cephesi gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Vaziyet planı



Şekil 6.2 Tipik kat planı

21 Aralık : Eylül, Ekim, Kasım, Aralık

▪ DIALux'te hesaplanan saatlerin aşağıda gösterildiği gibi 3'er saatlik zaman dilimlerine referans oluşturduğu kabul edilmiştir.

09:00 : 09:00 – 12:00 arası

12:00 : 12:00 – 15:00 arası

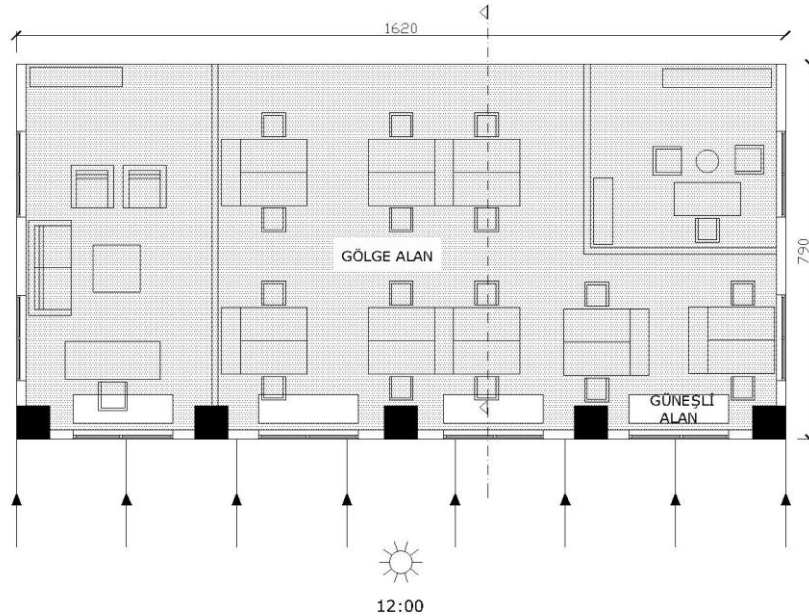
16:00 : 15:00 – 18:00 arası

▪ Ofis binasının haftada 5 gün, 09:00-18:00 saatleri arasında kullanıldığı kabul edilmiştir.

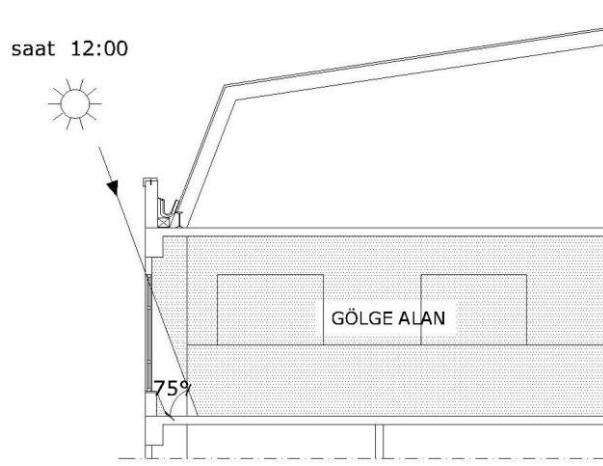
6.3 Güneşlenme Analizi

Bu bölümde; çalışma alanının 21 Haziran, 21 Eylül ve 21 Aralık tarihlerinde, güneşin olumsuz etkisine en çok maruz kaldığı saat olan 12:00 için güneşlenme durumu incelenmiştir.

21 Haziran tarihinde, saat 12:00'de oldukça büyük açıyla gelen (Şekil 6.6) güneş ışınları çalışma alanının güney bölümünde küçük bir alanı etkilemektedir (Şekil 6.5).

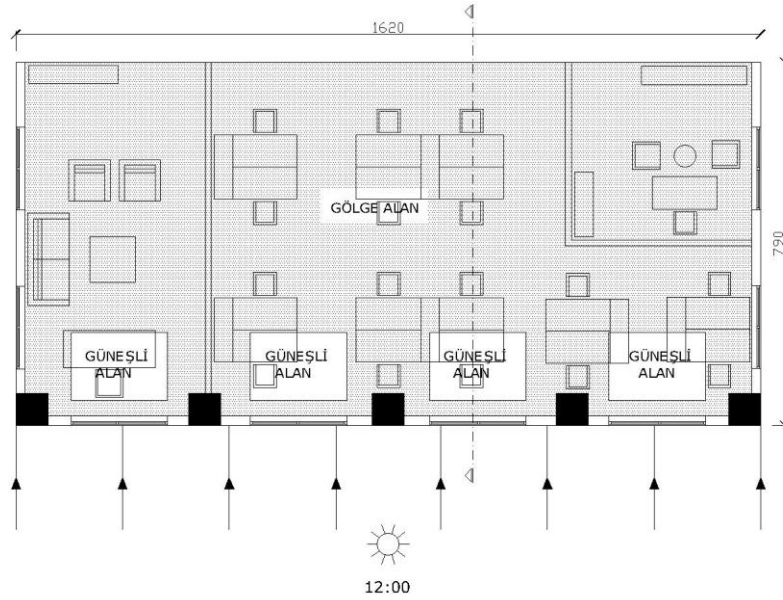


Şekil 6.5 Güneşlenme analizi-21 Haziran saat 12:00-plan [28]

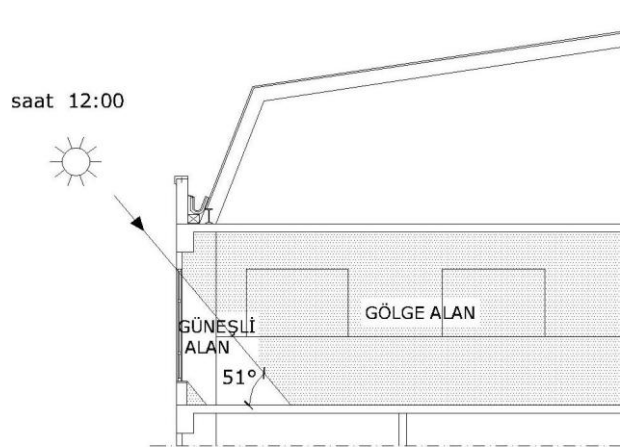


Şekil 6.6 Güneşlenme analizi-21 Haziran saat 12:00-kesit [28]

21 Eylül tarihinde, çalışma alanının saat 12:00'daki güneşlenme durumu Şekil 6.7 ve 6.8'de gösterilmiştir.

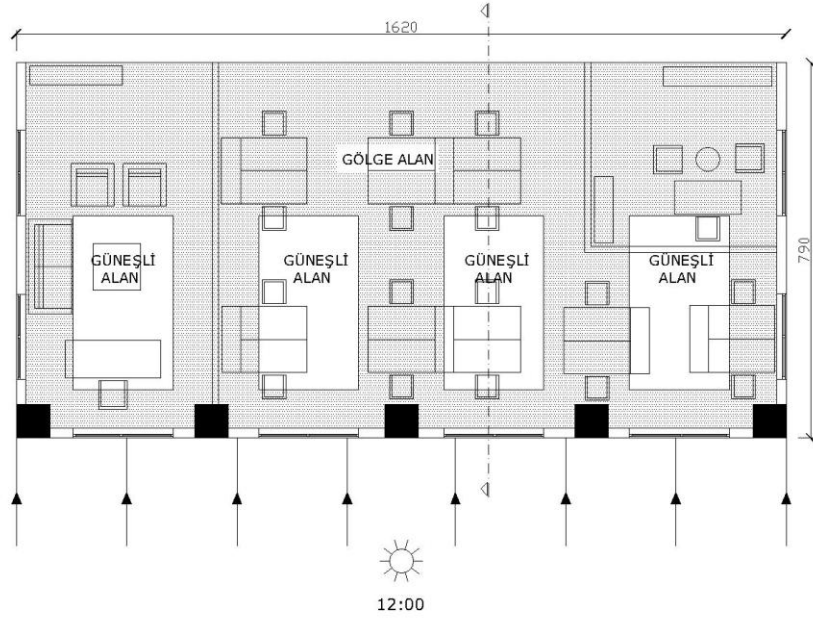


Şekil 6.7 Güneşlenme analizi-21 Eylül saat 12:00-plan [28]

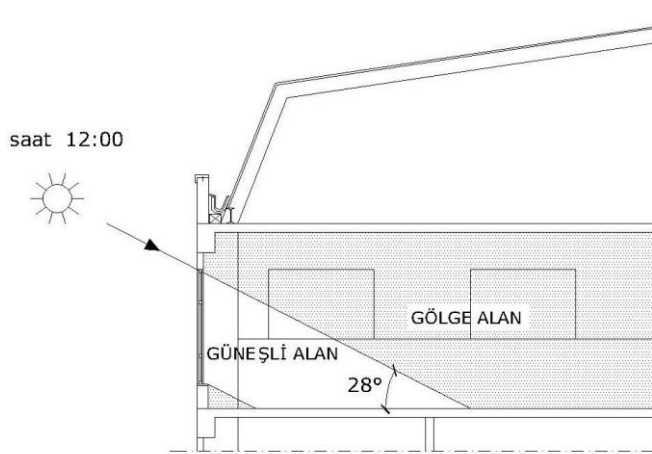


Şekil 6.8 Güneşlenme analizi-21 Eylül saat 12:00-kesit [28]

Şekil 6.9’da görüldüğü gibi 21 Aralık tarihinde, güneş ışınimleri, 21 Haziran ve 21 Eylül tarihlerine göre çalışma alanında daha büyük bir alana yayılmıştır. Şekil 6.10’da güneş ışınimlarının 21 Aralık, saat 12:00’deki geliş açısı gösterilmiştir.



Şekil 6.9 Güneşlenme analizi-21 Aralık saat 12:00-plan [28]

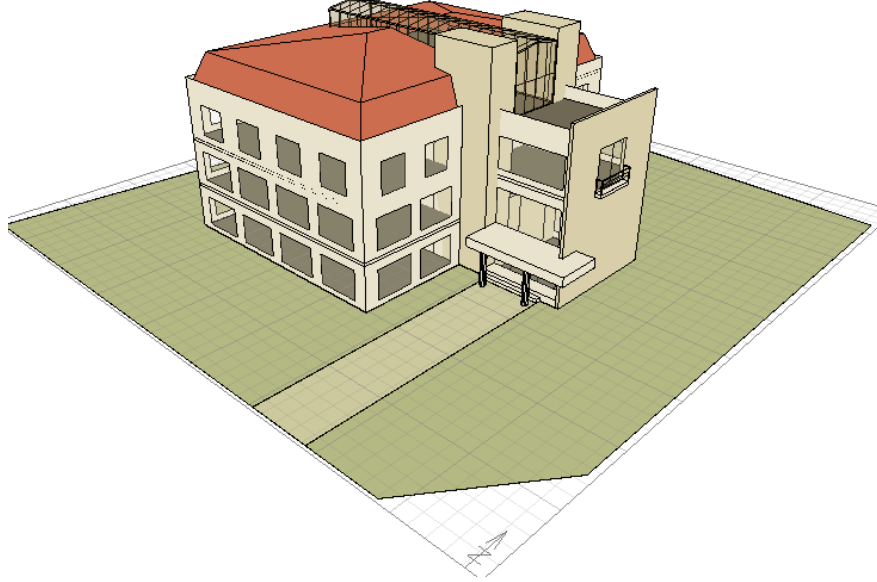


Şekil 6.10 Güneşlenme analizi-21 Aralık saat 12:00-kesit [28]

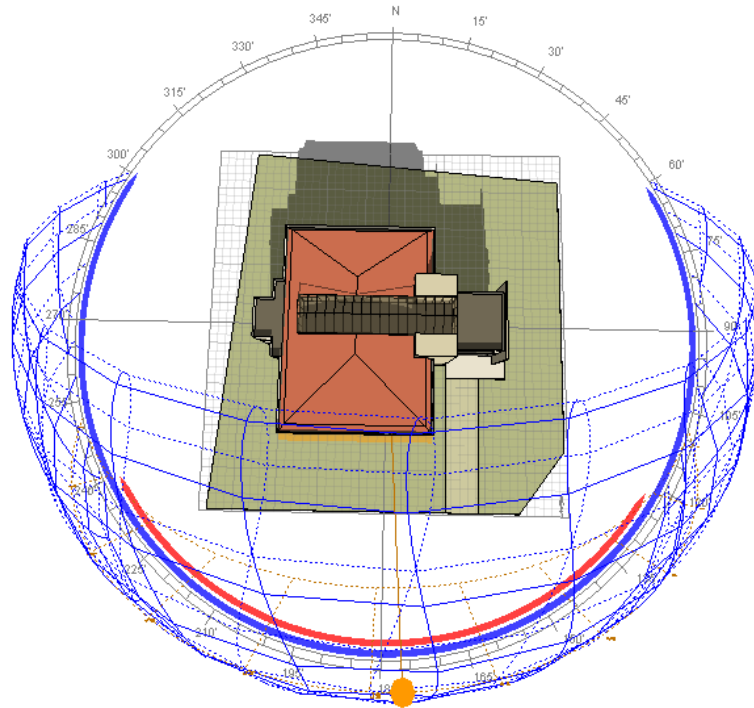
Örnek yapının bulunduğu İzmir’in iklim koşullarında yaz aylarında ser etkisinin oluşturduğu ısı artışı istenmemekte, kış aylarında ise ser etkisi iç mekanın ısıtılmasına katkı sağlamaktadır. Güneşlenme analizinde; yaz aylarında çalışma mekanının az oranda da olsa güneş ışınımından etkilendiği görülmektedir. Bu nedenle ser etkisinden kaynaklanan ısı artışını önlemek için güney cephede güneşten hem korunma hem yararlanmayı sağlayacak Pv-güneş kiranlar düşünülmüştür.

6.4 Pv-güneşkiran Tasarımı

Örnek bina Şekil 6.11’de görüldüğü gibi Ecotect programında modellenerek cephelerin güneşlenme durumları analiz edilmiştir. Şekil 6.12’de gösterilen yıllık güneş yörüngesinde en çok güneşlenen ve en az gölge alan cephenin güney cephesi olduğu görülmektedir.



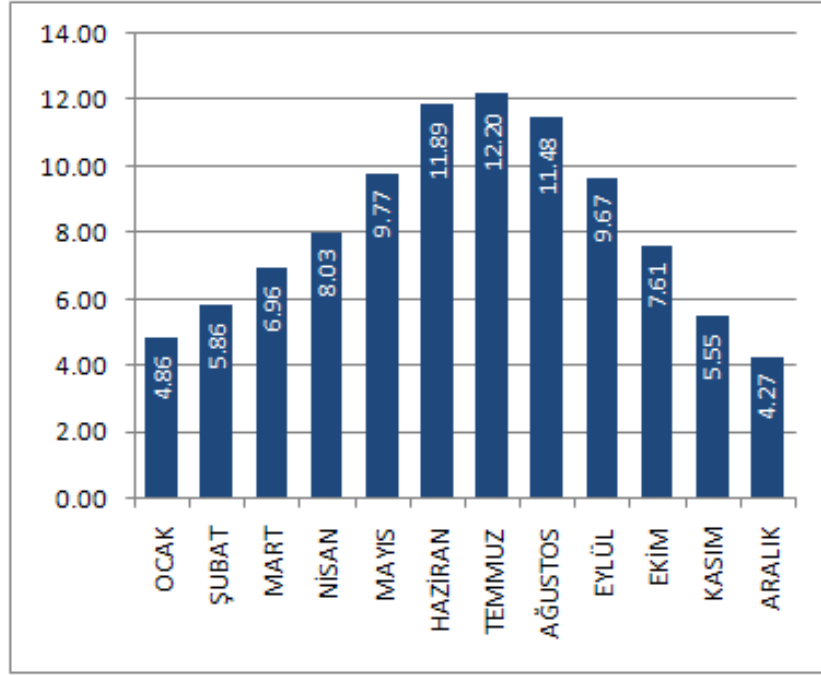
Şekil 6.11 Model



Şekil 6.12 Yıllık güneş yörüngesi

EİE ve DMİ istasyonlarında 1985 - 2006 yıllarına ait ölçümlerle oluşturulan, İzmir'e ait saatlik güneş ölçüm değerleri Çizelge 6.1'de yer almaktadır. Bu değerlere göre İzmir'de ortalama güneşlenme süresi en fazla olan aylar Haziran, Temmuz, Ağustos aylarıdır.

Çizelge 6.1 İzmir güneşlenme süreleri (saat) [29]

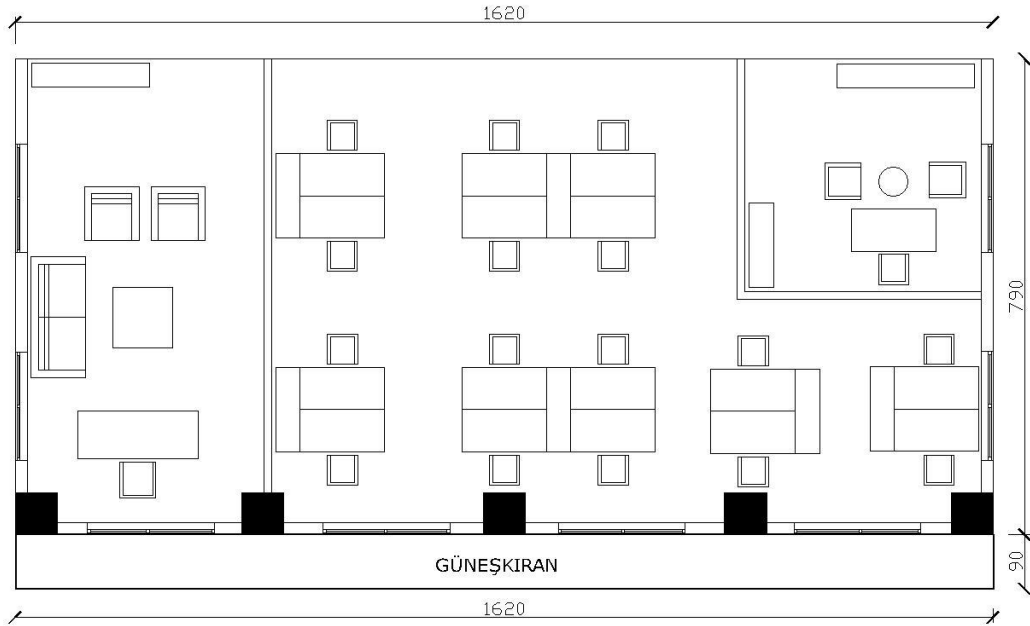


Bu değerlendirmelerden yola çıkılarak Ecotect programında oluşturulan Pv-güneş kiran tasarımında aşağıdaki parametreler kullanılmıştır:

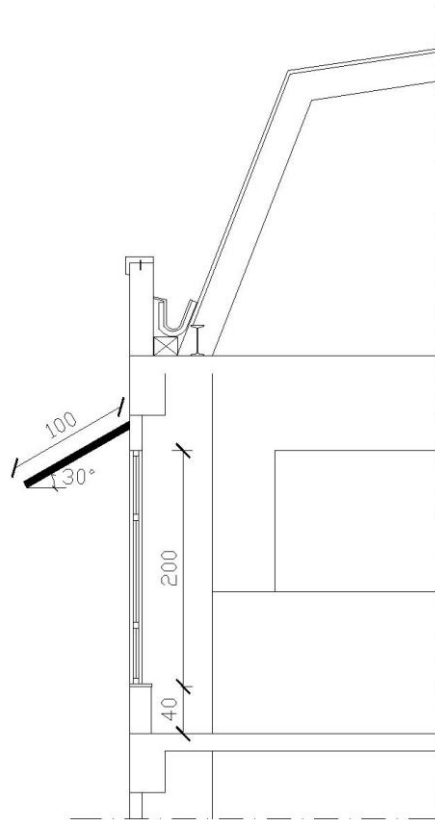
- Tasarımda ve analizlerde binanın güney kısmında bulunan, 16,20m'ye 7,90m ölçüsündeki çalışma alanı ve bu alana yerleştirilen güneş kiran dikkate alınmıştır.
- Pv-güneş kiran güney cepheye konumlandırılmıştır.
- Güneş ışınımından korunma sağlanacak aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ayları, saat aralığı ise konforlu ortama ihtiyaç duyulan iş saatleri dikkate alınarak 09:00-16:00 saat aralığı olarak belirlenmiştir.
- Pv-güneş kiranın cepheye yerleştirileceği açı, güneş ışınımından en fazla oranda fayda sağlanacak yaz ayları için en uygun açı değeri olan 30° olarak alınmıştır [30].

Sonraki aşamada, Ecotect programının bu parametreler doğrultusunda atadığı güneş kiran boyutları; azaltılmamak koşuluyla, üzerine yerleştirilecek Pv toplaç boyutlarına uyumlu hale getirilerek 16,20m'ye 1m boyutlarında bir Pv-güneş kiran elde edilmiştir.

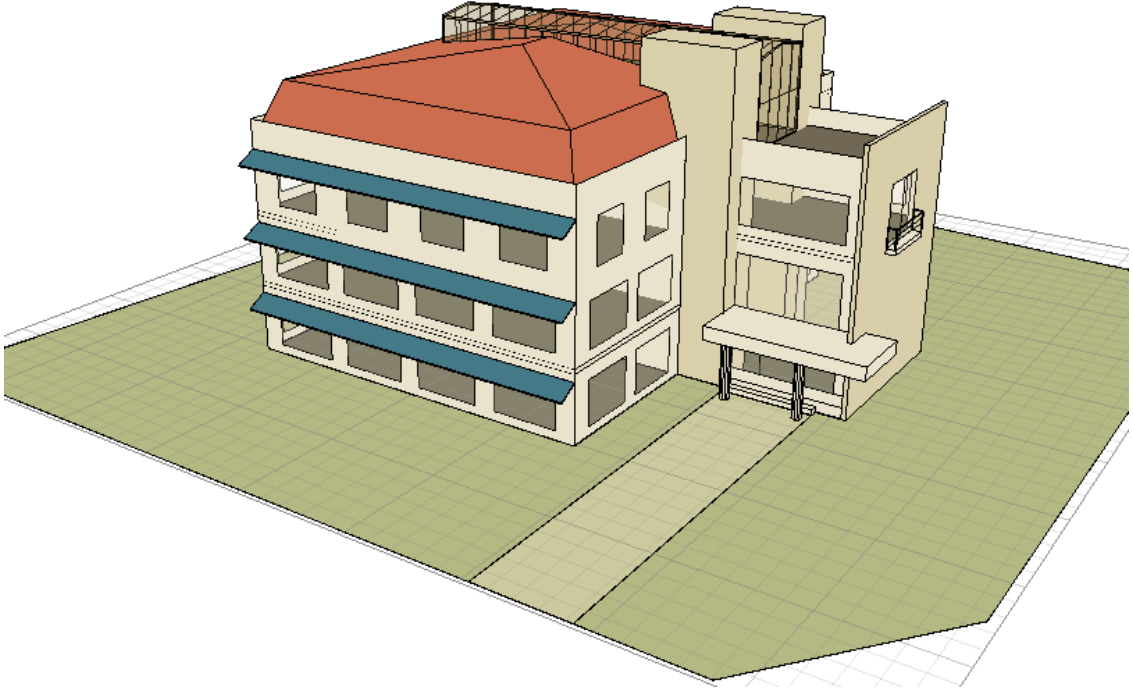
Tasarlanan güneş kırının plan ve kesit üzerindeki yerleşimi Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'te gösterilmiştir. Şekil 6.15'te ise güneş kırınların model üzerinde yerleşimi görülmektedir.



Şekil 6.13 Pv-güneş kırının planda yerleşimi

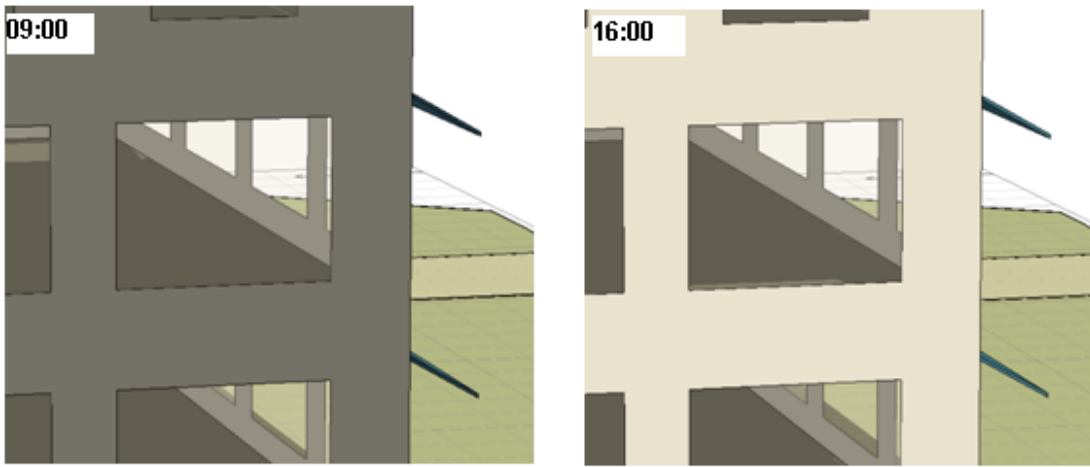


Şekil 6.14 Pv-güneş kırının kesiti

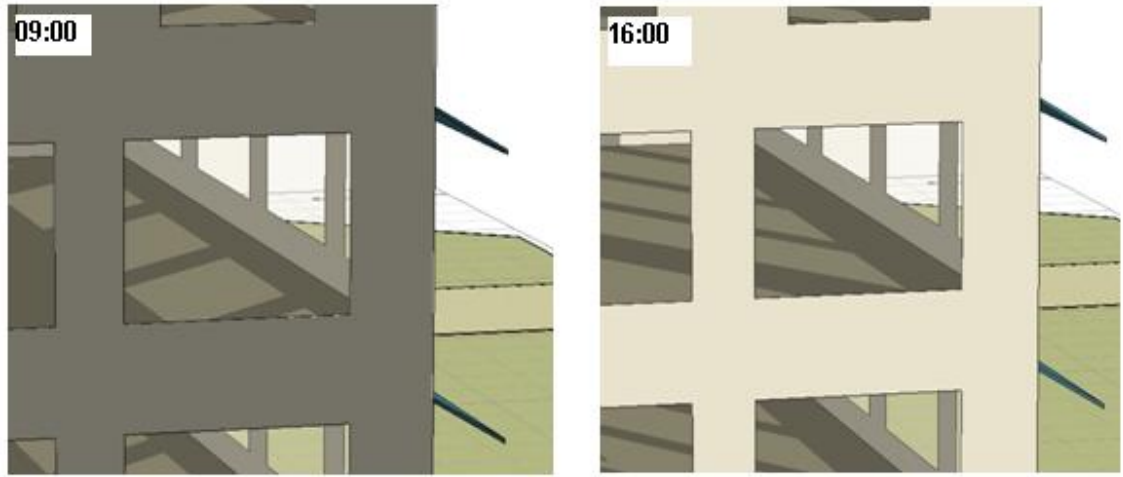


Şekil 6.15 Ecotect modelinde güney cephesine yerleştirilmiş Pv-güneş kiranlar

Güneş kiran tasarımı, yaz aylarında güneşten korunma sağlayacak şekilde yapıldığından kış aylarında güneş ışınımının iç mekana alınmasını engellenmemektedir. Örnek olarak Ecotect programında yapılan gölge analizinde, Haziran ayında, 09:00 ve 16:00 saatlerinde güneş kiranların iç mekanı güneş ışınımından koruduğu (Şekil 6.16) ve Aralık ayında aynı saat dilimlerinde güneş kiranların içeriye giren güneş ışınımını engellemediği görülmektedir (Şekil 6.17).



Şekil 6.16 21 Haziran, saat 09:00 ve 16:00 saatlerinde iç mekandaki güneş ışınımı

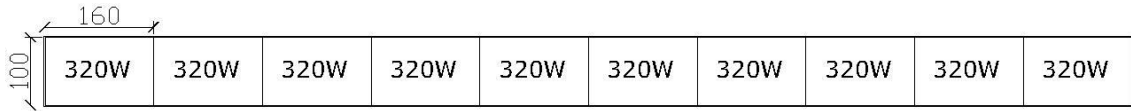


Şekil 6.17 21 Aralık, saat 09:00 ve 16:00 saatlerinde iç mekandaki güneş ışınımı

6.4.1 Pv Sistem

Pv sistem tasarımında; 320 W gücünde, % 19,6 verimle çalışan, 100-160cm ebatlarında Sunpower E19/320 Solar Paneller kullanılmıştır [31].

1620-100cm boyutundaki güneş kıranın üzerine 10 adet panel yerleştirilmiştir (Şekil 6.18).



Şekil 6.18 Güneş kıranı üzerine yerleştirilen Pv paneller

320 W gücündeki panellerden oluşan Pv sistemden saatte 3200 Wh elektrik enerjisi elde edilmektedir. Çalışma alanına ait Pv sistemin yıllık elektrik enerjisi üretimi, Ege Bölgesi için yıllık güneşlenme süresi 2738 saat olduğundan (Çizelge 2.2);

$3200 \text{ Wh} \times 2738 = 8761600 \text{ Wh}$, yani yaklaşık olarak 8762 kWh olarak bulunmuştur.

Sistem kaybı bu değer için yaklaşık % 10'una karşılık geldiğinden kalan net yıllık elektrik enerjisi üretimi;

$8762 \text{ kWh} - 876 \text{ kWh} = \underline{7886 \text{ kWh}}$ olarak hesaplanmıştır.

6.5 Yapının Yıllık Aydınlatma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi

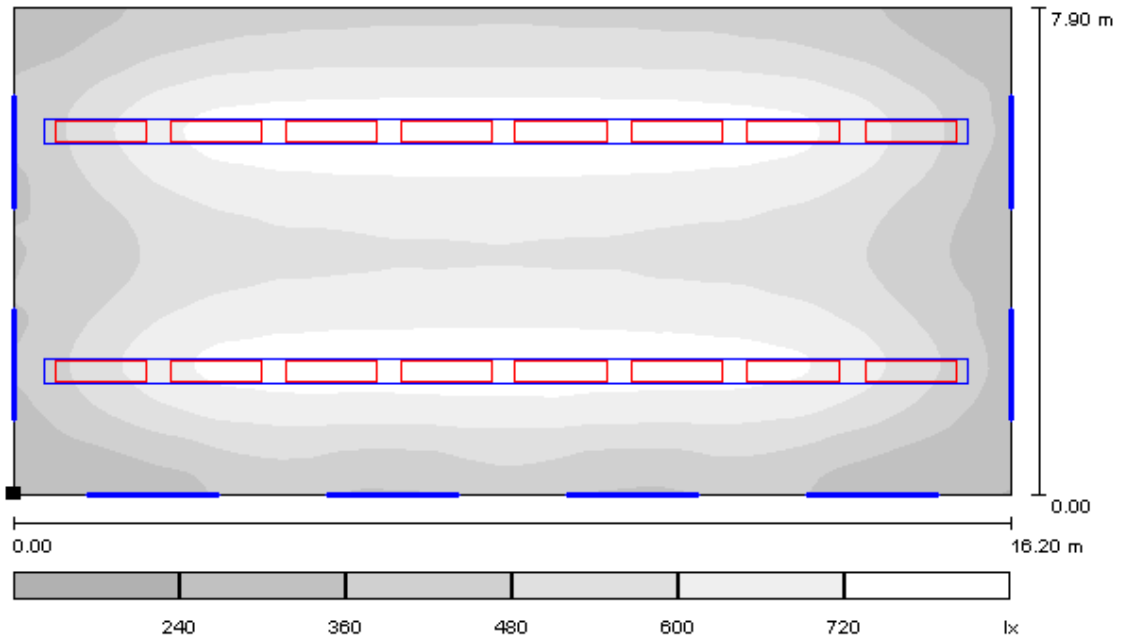
Bu bölümde; Pv-güneş kırının 16,20m'ye 7,90m ölçüsündeki çalışma alanı için ürettiği yıllık elektrik enerjisi miktarının, bu alanın aydınlatılması için gerekli elektrik enerjisi ihtiyacının ne kadarını karşıladığını ortaya koymak için DIALux programında yapay aydınlatma analizi yapılmış ve yıllık aydınlatma ihtiyacı belirlenmiştir.

6.5.1 Yapay Aydınlatma Analizi

Ofis yapıları için Uluslararası Aydınlatma Komitesinin önerdiği aydınlık düzeyi 500 lx'tür. Bu aydınlık düzeyini sağlamak için harcanacak elektrik enerjisi DIALux programında yapay aydınlatma analizi yapılarak bulunmuştur.

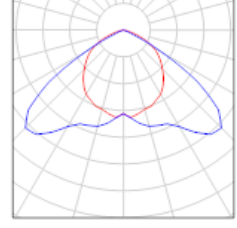
Modelde, örnekleme amacıyla ofis binasının güney kısmında bulunan 16,20m'ye 7,90m ölçüsündeki çalışma alanı kullanılmıştır.

Yeterli aydınlık düzeyini sağlamak için, bir aygıt içinde toplam 100W harcayan ikili floresan lambadan 16 adet kullanılmıştır. Lambalar 2 hat boyunca yerleştirilerek gerektiğinde yapay aydınlatma ve günışığının birlikte kullanımına olanak sağlamıştır (Şekil 6.19). Kullanılan floresan lambanın özellikleri Şekil 6.20'de verilmiştir.

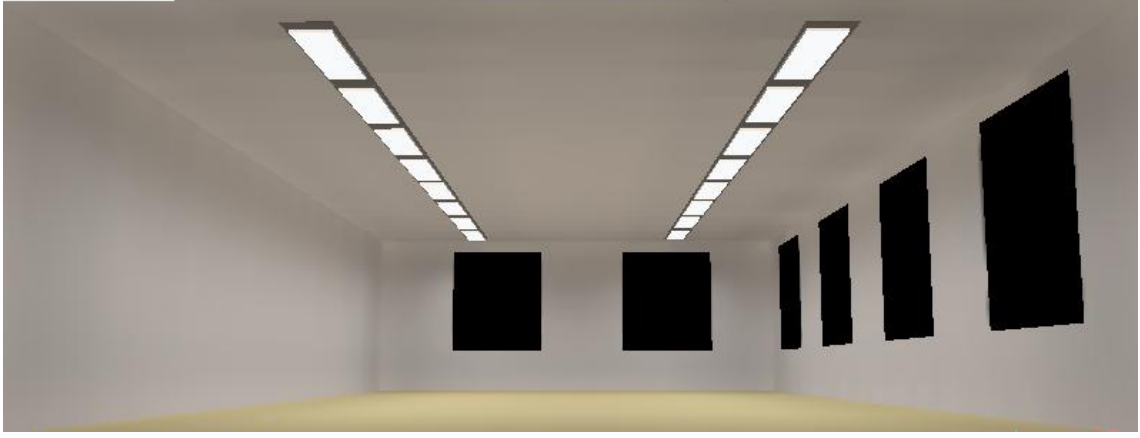


Şekil 6.19 Lambaların planda yerleşimi

16 Parça ORNALUX ELAD249B Etherea Continuous Lines of direct lighting, fixed to ceiling for two T5 fluorescent tubes and low luminance diffuser
Ürün No.: ELAD249B
Işıklık ışık akısı: 8600 lm
Işıklık gücü: 100.0 W
Işıklık sınıflandırma, CIE: 100
CIE Akı Kodu: 48 91 100 100 57
Birleştirme: 2 x T5 / G5 (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Şekil 6.20 Seçilen fluoressan lambanın özellikleri

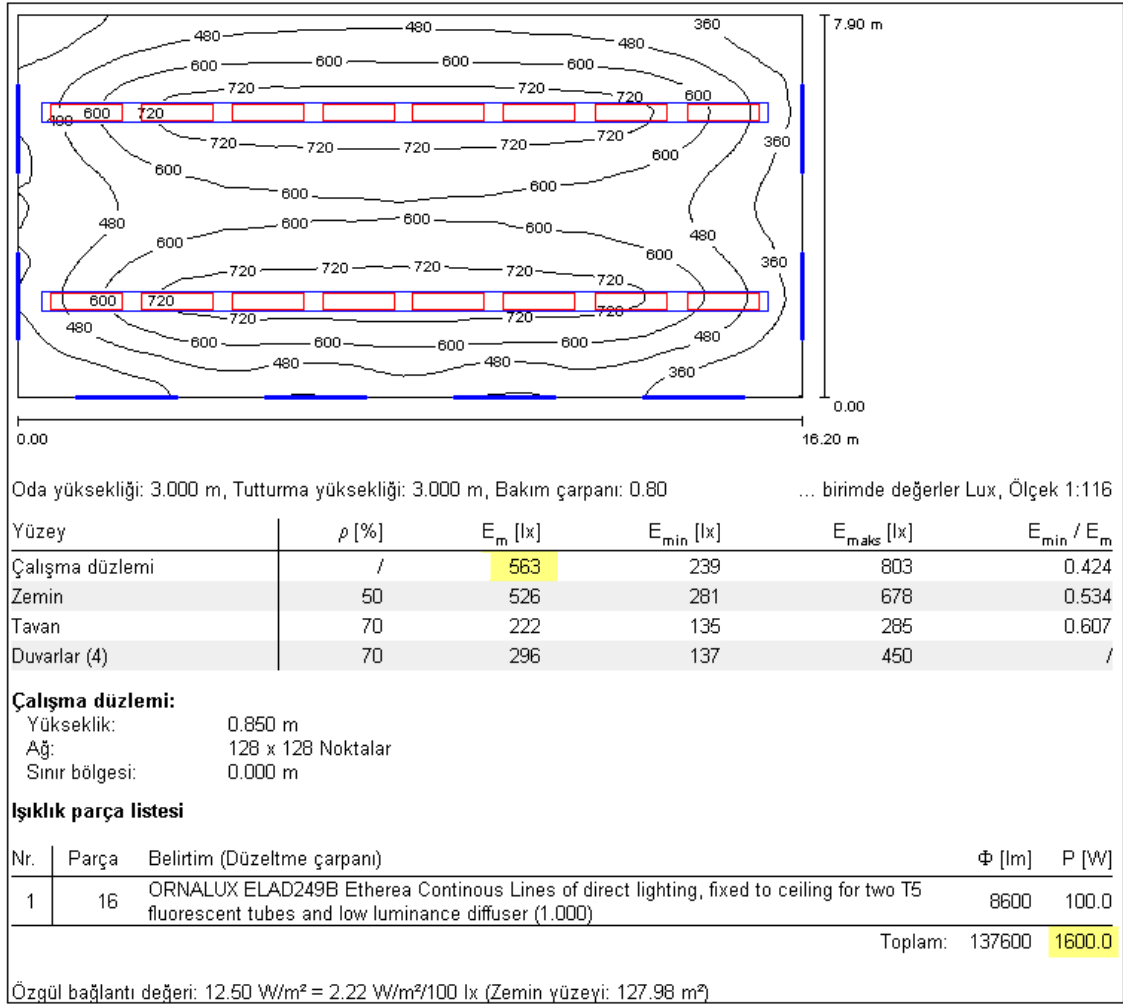


Şekil 6.21 Model

Şekil 6.21’de görülen model üzerinde yapılan aydınlatma analizleri sonucunda Şekil 6.22’deki değerlere ulaşılmıştır.

Bu değerlere göre, 85 cm yüksekliğinde olduğu kabul edilen çalışma düzleminde ortalama 563 lx aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Böylece ofis yapılarında kabul edilen 500 lx aydınlık düzeyi değeri sağlamıştır.

Modellenen alanın saatte harcadığı enerji miktarı 1600 Wh (1,6 kWh) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.22 Yapay aydınlatma analizi

6.5.2 Yapay Aydınlatma İhtiyacının Belirlenmesi

Örnek binanın yıllık aydınlatma enerjisi ihtiyacını bulmak için 1 yılda kaç saat yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu inceleme için belirlenen 21 Mart, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri, saat 09:00, 12:00 ve 16:00 saatleri referans alınarak DIALux programı yardımıyla yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulan süre hesaplanmıştır. Ofis alanının belirlenen tarih ve saatlerdeki aydınlık düzeyi değerleri açık gök ve kapalı gök koşullarında analiz edilmiştir. (Bkz EK-C)

Çizelge 6.2'de referans olarak belirlenen tarih ve saatlerde, açık gök ve kapalı gök koşullarında hesaplanan aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir.

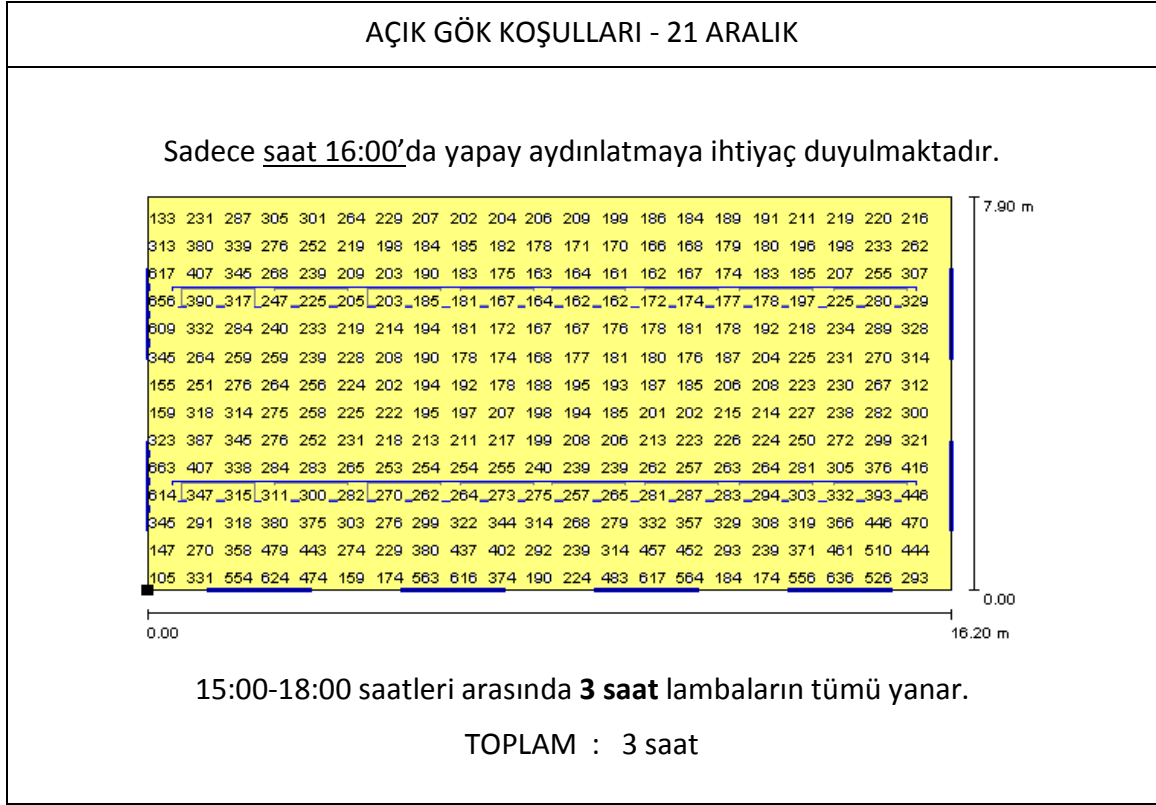
Çizelge 6.2 Aydınlik düzeyi değerleri

AYDINLIK DÜZEYİ					
		Açık Gök		Kapalı Gök	
		Em (lx)	Emin (lx)	Em (lx)	Emin (lx)
21 Mart	Saat 09:00	4822	1176	573	176
	Saat 12:00	5105	1101	875	268
	Saat 16:00	2917	713	410	126
21 Haziran	Saat 09:00	3352	908	642	197
	Saat 12:00	3148	683	1038	318
	Saat 16:00	2954	606	803	246
21 Aralık	Saat 09:00	2875	771	281	86
	Saat 12:00	5165	1216	536	164
	Saat 16:00	271	105	79	24

Çizelge 6.2’de görüldüğü gibi açık gök koşullarında 21 Aralık’ta, kapalı gök koşullarında ise tüm aylarda yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Belirlenen aylarda kaç saat yapay aydınlatma ihtiyacı olduğu aşağıdaki çizelgelerde analiz edilmiştir.

Çizelge 6.3 Açık gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı



Çizelge 6.3'te aydınlık düzeyi değerleri açık gök koşullarında incelenmiş, belirlenen saat dilimlerinde 500 lx aydınlık düzeyinin altında kalan kısımlar belirlenerek yapay aydınlatmanın ne kadar süre kullanılacağı hesaplanmıştır. Açık gök koşullarında sadece 21 aralık tarihinde yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulduğu görülmüştür.

21 Aralık tarihi, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları için referans kabul edildiğinden;

4 ay x 20 iş günü = 80 gün yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Çizelge 6.3'te lambaların günde 3 saat yandığı hesaplandığından, yıllık yapay aydınlatma ihtiyacı 3 saat x 80 gün = 240 saat olarak belirlenmiştir.

Ofisin saatte harcadığı elektrik enerjisi değeri 1,6 kWh olduğundan, açık gök koşullarında ofisin aydınlatılması için ihtiyaç duyulan yıllık elektrik enerjisi;

240 x 1,6 kWh = 384 kWh olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.4 Kapalı gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı (21 Mart)

KAPALI GÖK KOŞULLARI - 21 MART

Saat 09:00

229	318	280	241	212	196	190	184	182	186	193	211	229	260	305	292
727	540	343	253	216	195	184	181	178	183	194	211	237	292	413	698
1833	696	373	273	228	206	190	186	185	188	200	211	254	307	495	1085
2156	793	410	283	237	215	199	195	195	200	211	227	265	330	546	1281
2090	792	421	296	255	229	212	208	208	212	221	238	287	353	556	1239
1294	706	442	318	275	245	229	224	222	231	239	255	295	365	530	959
475	605	444	335	286	266	254	239	237	252	262	276	306	375	524	686
415	617	460	356	316	296	277	271	261	272	290	299	330	406	543	608
824	710	513	386	339	323	307	302	293	312	320	329	363	445	583	841
2259	987	651	510	437	455	465	425	395	436	481	448	466	563	776	1437
2205	1052	809	594	500	562	586	493	463	569	598	517	551	706	899	1431
1425	1122	1068	780	567	788	877	650	541	819	868	628	638	950	1098	1214
598	1241	1511	1008	576	1105	1375	822	545	1210	1371	743	644	1364	1484	928
852	1505	2333	1344	376	1705	2226	910	353	1997	2191	613	484	2193	2265	615

09:00-12:00 arası 3 saat lambaların yarısı yanar.

3/2=1,5 saat

Saat 12:00

349	485	427	368	323	300	291	281	277	284	295	323	350	396	465	446
1110	825	524	386	330	299	281	276	273	280	296	322	362	447	632	1066
2801	1063	570	417	348	314	289	284	282	287	305	323	388	469	757	1657
3294	1211	626	432	361	328	303	299	297	306	323	347	405	504	834	1957
3193	1210	643	452	390	349	324	317	318	324	337	364	438	539	849	1893
1977	1078	674	486	420	375	349	343	339	352	365	390	450	558	810	1465
726	924	679	511	436	407	388	366	362	384	400	421	468	572	800	1047
635	943	703	544	483	452	422	414	399	415	442	465	503	620	829	929
1259	1084	784	590	518	494	469	462	447	477	489	503	554	680	890	1285
3451	1508	995	779	668	694	710	650	603	666	734	681	712	859	1186	2195
3368	1607	1236	907	763	858	895	763	708	869	913	790	842	1078	1373	2186
2177	1713	1632	1192	866	1204	1339	992	826	1250	1326	960	975	1451	1678	1855
914	1896	2308	1540	880	1688	2101	1255	833	1849	2094	1135	984	2083	2267	1418
538	2300	3584	2053	574	2604	3401	1391	539	3051	3347	937	740	3350	3460	940

12:00-15:00 arası 3 saat lambaların yarısı yanar.

3/2=1,5 saat

Saat 16:00

164	228	200	172	152	141	136	132	130	133	139	151	164	186	218	209
521	387	246	181	155	140	132	129	128	131	139	151	170	209	296	500
1313	499	267	196	163	147	136	133	132	135	143	151	182	220	355	777
1545	568	293	203	169	154	142	140	139	143	151	163	190	236	391	918
1497	567	302	212	183	164	152	149	149	152	158	171	206	253	398	888
927	505	316	228	197	176	164	161	159	165	171	183	211	262	380	687
341	433	318	240	205	191	182	171	170	180	188	198	219	268	375	491
298	442	329	255	227	212	198	194	187	194	207	214	236	291	389	436
591	508	367	277	243	232	220	217	210	224	229	236	260	319	417	603
1619	707	466	365	313	326	333	305	283	313	344	320	334	403	556	1029
1579	754	580	425	358	403	420	353	332	407	428	371	395	506	644	1025
1021	804	765	559	406	565	628	485	387	586	622	450	457	680	787	870
429	889	1082	722	413	792	985	589	391	867	982	532	462	977	1063	665
252	1078	1671	963	269	1221	1595	652	253	1431	1570	439	347	1571	1622	441

15:00-18:00 arası 3 saat lambaların tümü yanar.

3 saat

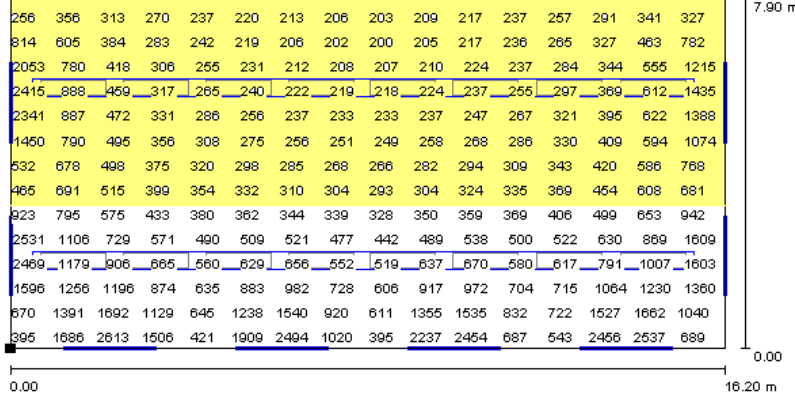
+

TOPLAM : 6 saat

Çizelge 6.5 Kapalı gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı (21 Haziran)

KAPALI GÖK KOŞULLARI - 21 HAZİRAN

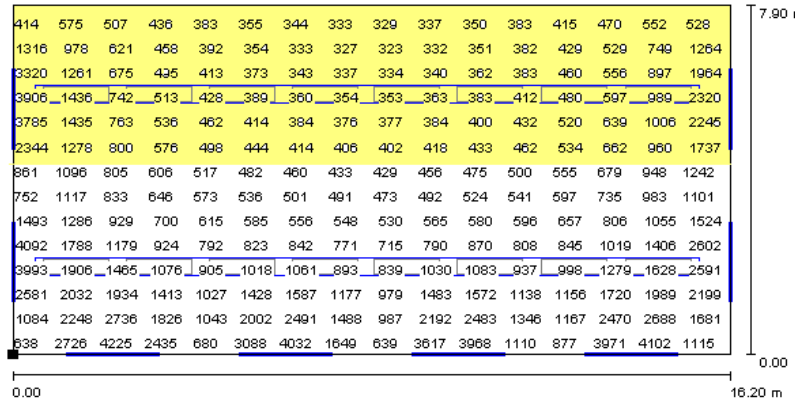
Saat 09:00



09:00-12:00 arası 3 saat lambaların yarısı yanar.

3/2=1,5 saat

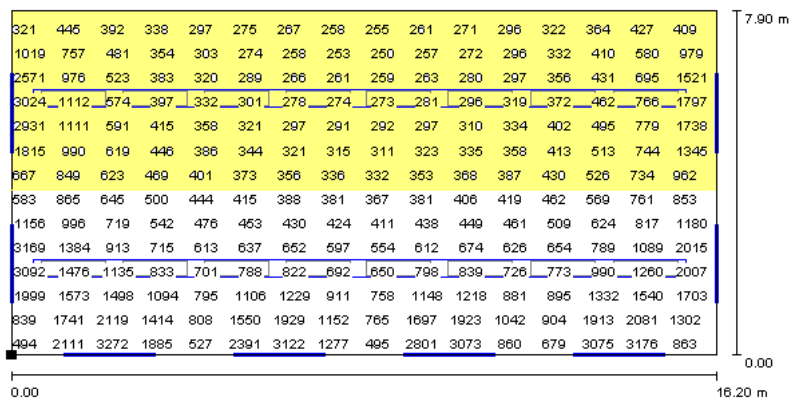
Saat 12:00



12:00-15:00 arası 3 saat lambaların yarısı yanar.

3/2=1,5 saat

Saat 16:00



15:00-18:00 arası 3 saat lambaların yarısı yanar.

3/2=1,5 saat

TOPLAM : 4,5 saat

Çizelge 6.6 Kapalı gök koşullarında yapay aydınlatma ihtiyacı (21 Aralık)

KAPALI GÖK KOŞULLARI - 21 ARALIK

Saat 09:00

112	156	137	118	104	96	93	90	89	91	95	104	113	127	150	143
357	265	168	124	106	96	90	89	88	90	95	103	116	143	203	343
900	342	183	134	112	101	93	91	91	92	98	104	125	151	243	532
1068	389	201	139	116	105	97	96	96	98	104	112	130	162	268	629
1026	389	207	145	125	112	104	102	102	104	108	117	141	173	273	608
635	346	217	156	135	120	112	110	109	113	117	125	145	179	260	471
233	297	218	164	140	131	125	117	116	124	129	135	150	184	257	337
204	303	226	175	155	145	136	133	128	133	142	147	162	199	266	299
405	348	252	190	167	159	151	148	144	153	157	161	178	219	286	413
1109	484	320	250	215	223	228	209	194	214	236	219	229	276	381	705
1062	516	387	291	245	276	288	242	227	279	293	254	270	347	441	702
699	551	524	383	278	387	430	319	265	402	426	308	313	466	539	596
294	609	742	495	283	543	675	403	268	594	673	365	316	669	728	456
173	739	1145	660	184	837	1093	447	173	980	1075	301	238	1076	1112	302

09:00-12:00 arası 3 saat
lambaların tümü yanar.
3 saat

Saat 12:00

214	297	262	225	198	184	178	172	170	174	181	198	215	243	285	273
680	505	321	237	202	183	172	169	167	172	181	197	222	274	387	653
1716	652	349	256	213	193	177	174	173	176	187	198	238	298	464	1015
2019	742	383	265	221	201	186	183	182	188	198	213	248	309	511	1199
1957	742	394	277	239	214	198	194	195	198	207	223	269	331	520	1160
1212	661	413	298	258	230	214	210	208	216	224	239	276	342	496	898
445	566	416	313	268	249	238	224	222	236	245	258	287	351	490	642
389	578	431	334	296	277	259	254	245	254	271	280	308	380	508	569
772	665	480	362	318	303	287	283	274	292	300	308	340	417	546	788
2115	924	610	478	409	426	435	398	370	408	450	418	437	527	727	1346
2064	985	757	556	468	526	548	482	434	532	560	484	516	661	841	1339
1334	1050	1000	730	531	738	821	608	506	766	813	588	597	889	1028	1137
560	1162	1414	944	539	1035	1288	769	510	1133	1283	696	603	1277	1399	869
830	1409	2184	1259	362	1596	2084	852	330	1870	2051	574	463	2053	2120	576

12:00-15:00 arası 3 saat
lambaların yarısı yanar.
3/2=1,5 saat

Saat 16:00

31	44	42	36	33	29	28	27	26	25	25	26	27	27	30	32	36	38	43	40	
100	74	57	39	35	30	28	26	25	25	24	25	25	27	28	30	33	40	47	75	96
252	96	69	45	38	31	30	28	26	26	25	25	26	28	28	31	35	42	55	97	149
297	109	76	47	39	33	31	29	27	27	26	27	28	29	30	32	36	45	59	114	176
288	109	78	48	41	35	34	31	29	29	28	28	29	30	31	35	39	49	60	112	171
178	97	75	52	44	38	35	33	31	31	30	31	32	33	34	37	41	50	60	98	132
65	83	70	53	46	39	38	35	35	33	32	34	35	36	36	40	42	52	60	83	94
57	85	72	55	49	44	43	39	38	37	36	38	37	40	39	43	45	56	62	83	84
113	98	81	59	53	47	46	44	42	42	40	41	43	44	46	47	50	61	71	97	116
311	136	107	80	70	60	60	65	64	59	53	57	60	66	62	60	64	77	93	142	198
303	145	125	96	82	69	73	81	81	68	64	70	78	82	76	67	76	97	112	148	197
196	154	152	133	107	78	88	121	121	89	74	90	113	120	107	79	88	131	147	155	167
82	171	202	190	139	79	100	189	189	113	72	113	167	189	154	76	89	188	210	171	128
49	212	310	301	185	53	86	299	306	124	52	123	275	302	238	53	67	302	319	208	85

15:00-18:00 arası 3
saat lambaların tümü
yanar.
3 saat

+
TOPLAM : 7,5 saat

Çizelge 6.4, 6.5 ve 6.6'da aydınlık düzeyi değerleri kapalı gök koşullarında incelenmiş, belirlenen saat dilimlerinde 500 lx aydınlık düzeyinin altında kalan kısımlar belirlenerek yapay aydınlatmanın ne kadar süre kullanılacağı hesaplanmıştır.

21 Mart tarihindeki değerler, Ocak, Şubat, Mart, Nisan ayları için de kabul edildiğinden;
4 ay x 20 iş günü = 80 gün yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Çizelge 6.4'te, 21 Mart tarihinde lambaların günde 6 saat yandığı hesaplanmıştır. Buna göre; yapay aydınlatma ihtiyacı 6 saat x 80 gün = 480 saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6.5'te lambaların günde 4,5 saat yandığı görüldüğünden; 21 Haziran tarihinin referans kabul edildiği Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ayları için yapay aydınlatma ihtiyacı 4,5 saat x 80 gün = 360 saat olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.6'da lambalar günde 7,5 saat yandığından; 21 Aralık tarihinin referans kabul edildiği Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları için yapay aydınlatma ihtiyacı;

7,5 saat x 80 gün = 600 saattir.

Bu değerlere göre binanın yıllık yapay aydınlatma ihtiyacı;

480 + 360 + 600 = 1440 saat olarak belirlenmiştir.

Ofisin saatte harcadığı elektrik enerjisi değeri 1,6 kWh olduğundan, kapalı gök koşullarında ofisin aydınlatılması için ihtiyaç duyulan yıllık elektrik enerjisi;

1440 x 1,6 kWh = 2304 kWh olarak bulunmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişmiş toplumlarda, başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi kullanımının gün geçtikçe artması ve gelişmesiyle güneş enerjili etken sistem tasarımları önem kazanmaya başlamıştır. Ancak bu sistemlerin yapılara sonradan eklenmesi ya da tasarım sürecine dahil edilmemesiyle, estetik olarak yapı ile bütünleşmeyen uygulamalar ortaya çıkmaktadır. Toplaç alanlarının tasarım sürecinde mimariyle bir arada ve bütünlük içinde ele alınmasıyla, bu kötü görünümün önlenerek estetik ve ekonomik açıdan daha iyi çözümlere ulaşmak mümkün olmaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber, mimariyle bütünleşen toplaç alanlarının, enerji üretiminin yanı sıra yapı ögesi görevini de üstlendiği örnekler yaygınlaşmaktadır.

Yapılarda iyi nitelikli etken sistem uygulamalarının gerçekleştirilebilmesinde dikkate alınması gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- Güneş enerjili etken sistemlerin kötü nitelikli uygulamalarını önlemek, yapıyla bütünleşmesini sağlamak mimarların ve tasarımcıların temel uğraşısı durumuna gelmelidir.
- Güneş enerjili etken sistemlerin mimari tasarımın ilk aşamasından itibaren yapıyla birlikte düşünülmesi gerekmektedir.
- Sistemin teknik, konstrüktif ve biçimsel olarak yapıyla bütünleşmesini sağlamak için değişik uzmanlık alanlarının birlikte ve işbirliği içinde çalışmaları gereklidir.
- Gelişmiş ülkelerde uygulanan güneş enerjisi teşvikleri sayesinde Pv sistem uygulamaları yaygınlaşmış ve yapı bütünleşik Pv sistemler estetik ve ekonomik

yönden daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Ülkemizde de güneş enerjisi teşvik oranları artırılarak Pv sistemlerin kullanımının yaygınlaşması sağlanmalıdır.

- Ülkemizde güneş enerjili etken sistem uygulamaları herhangi bir yönetmeliğe göre değil, kullanıcı isteklerine göre gerçekleştirilmektedir. Bunun sonucunda oluşan kötü nitelikli etken sistem uygulamalarının yarattığı görsel kirliliği önlemek için bu konuda gerekli kanun ve yönetmelikler hazırlanmalıdır.

Bu değerlendirmeler doğrultusunda yapılan örnek incelemede, bir mimari öge olarak tasarlanan Pv sistem ele alınmış ve aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır :

- Örnek yapının bulunduğu yerin iklim koşullarına göre güneşlenme analizleri yapılarak yapıda yaz aylarında oluşacak ser etkisinin önlenmesi için güneş kıran gerekliliği ortaya konulmuştur.
- Yapının en çok güneş alan güney cephesine Pv-güneş kıran yerleştirilmiş, ürettiği yıllık elektrik enerjisi miktarı, 7886 kWh olarak bulunmuştur.
- DIALux programında yapılan analizlerde, örnek alınan ofis alanının aydınlatılması için gerekli yıllık elektrik enerjisi ihtiyacı;
 - Açık gök koşullarında : 384 kWh
 - Kapalı gök koşullarında : 2304 kWh olarak belirlenmiştir.

Bu değerler doğrultusunda, daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulan kapalı gök koşulu dikkate alındığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Elde edilen değerlere baktığımızda, yapının cephesinde güneş kıran olarak tasarlanan Pv sistemin ürettiği elektrik enerjisi miktarının (7886 kWh); örnek alınan ofis alanının aydınlatılması için gerekli elektrik enerjisi ihtiyacının (2304 kWh) tamamını karşıladığı, artan kısmının da binanın diğer bölümlerinde kullanılabilmesine olanak sağladığı görülmektedir.
- Yapının bir parçası olarak tasarlanan Pv sistem, güneşin ısıtıcı etkisinin istenmediği gün ve saatlerde içeriye güneş ışınımı girmesini engelleyerek güneşten korunmayı sağlamakta, yaz aylarında binanın aşırı ısınmasını önleyerek soğutma sistemleri için gerekli elektrik tüketimini azaltmakta, aynı zamanda elektrik enerjisi üreterek güneşten yararlanmayı sağlamaktadır.

- Pv toplaç alanları yapı ögesi olarak tasarlandığından mimari estetik açısından binayla bütünleşmekte ve yapının bir parçasını oluşturduğundan maliyeti azaltarak ekonomik açıdan da yarar sağlamaktadır.

Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda gerçekleştirilmesinin yararlı olacağı düşünülen öneriler şöyle sıralanabilir:

1. Yaz aylarında güneş kıranlar tarafından doğrultulu gelen gün ışığının engellenmesiyle hacim içinde ser etkisinden kaynaklanan ısı artışı önlendiği için kazanılan soğutma yükü enerjisinin bulunacağı bir çalışma yapılabilir.
2. Güneş kıran gibi küçük bir alan yerine tüm çatının Pv sistemle kaplandığı durumda ne kadar enerji elde edileceği, bunun binanın tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayıp karşılamayacağı araştırılabilir.
3. Güneş ışınımını ve gök ışığını engelleyen güneş kıranların iç mekandaki gün ışığı değerlerini nasıl etkilediği yönünde bir çalışma yapılabilir.
4. Güneş ışınımının aylara ve saatlere göre değişen geliş aşısına göre en iyi konumu alabilecek hareketli Pv-güneş kıranlar tasarlanarak sabit Pv-güneş kıranlara kıyasla ne kadar enerji kazanımı sağladığı incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Özdoğan, H. P., (2005). Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Çelebi, G. (2002). “Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(3):17-33, Ankara.
- [3] Sakınç, E. ve Şerefhanoglu Sözen, M., (2008). “Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Yapılarda Tasarım Ölçütü Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım ”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1):21-31, İstanbul.
- [4] Küresel Isınma, Güneş Enerjisi, <http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/gunes-enerjisi.html>, 26 Mart 2011.
- [5] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Türkiye’de Güneş Enerjisi, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>, 30 Nisan 2011.
- [6] Güneş Sistemleri, Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli, <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php>, 2 Mart 2011.
- [7] Bozdoğan, B., (2003). Mimari Tasarım ve Ekoloji, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Göksal Özbalta, T., (2005). “Mimari, Güneş ve Teknoloji İlişkisi”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mersin.
- [9] İç Mimarlık.org, Güneş Enerjili Evler(Pasif Ev), <http://www.icmimarlik.org/viewtopic.php?p=5435>, 20 Nisan 2011.
- [10] Sayın, S., (2006). Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [11] Bulut, H., Şahin, H. ve Karadağ, R., (2007). “Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analizi”, Şanlıurfa.
- [12] Güneş Sistemleri, Düzlemsel Toplayıcıların Temel Elemanları, <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php>, 2 Mart 2011.

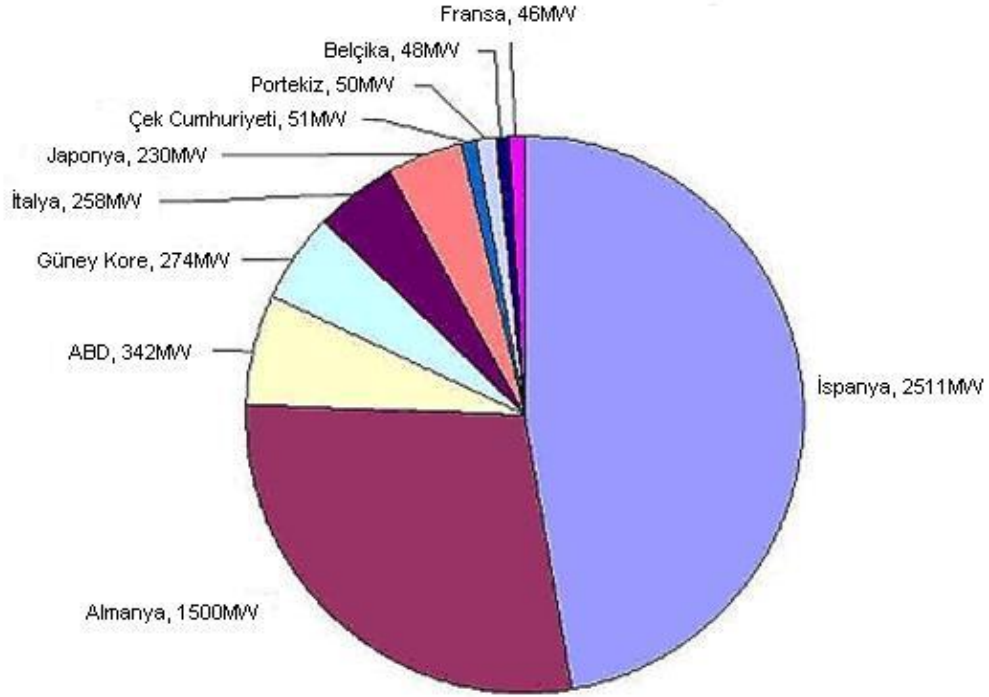
- [13] Engin Türe, İ., (2008). “Çatı Malzemesi Olarak Güneş Enerji Sistemleri”, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkılla, 13-14 Ekim, İstanbul.
- [14] Sakınç E. (2006). Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Göksal Özbalta, T., (2005). “Fotovoltaik Teknolojisi ile Bina Kabuğunun Değişen İşlevleri ve Yüzeyleri”, Çatı Cephe Fuarı, CNR.
- [16] Pvpower.com, Solar Power Simplified, Flexible Photovoltaic, <http://www.pvpower.com/flexiblephotovoltaic.html>, 23 Mayıs 2011.
- [17] Alternatürk, Güneş Pili Yapım Malzemeleri, http://www.alternaturk.org/gunes_pili_malzeme.php, 23 Aralık 2010.
- [18] Uni Enerji, Fotovoltaik Güneş Pilleri İçin Malzemeler, <http://www.unienerji.com/?p=186>, 12 Haziran 2011.
- [19] Hidronerji, Güneş Pili Türleri, <http://www.hidronerji.com.tr/detay.aspx?face=e&do=25>, 2 Haziran 2011.
- [20] Koryürek, E., (2008). Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] Aktacir, M. A., (2009). “Güneş Enerjisi ile Elektrik Enerjisi Üretimi”, Mardin.
- [22] Sakınç, E. ve Şerefhanoglu Sözen, M., (2006). “Turizm Yapılarında Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Mimari Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesi”, Antalya.
- [23] ASHRAE, (1995), Code Compliance Manuel, 90.1, www.energycodes.gov/comcheck/pdfs/appendd.pdf, 4 Aralık 2010.
- [24] Şentürer, A., (1995). Mimaride Estetik Olgusu, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 1557, İstanbul.
- [25] Pv Database, Urban Pv Projects, <http://www.pvdatabase.org/projects.php>, 23 Mayıs 2011.
- [26] Euleb, Projects, <http://www.ufficius.com/euleb/en/projects/text.html>, 24 Mayıs 2011.
- [27] Architecture View, Great Green Hospital, <http://www.architecture-view.com/2010/07/02/great-green-hospital-is-covered-with-a-continuous-healing/>, 24 Mayıs 2011.
- [28] Şerefhanoglu Sözen, M., (2010). Yapı Yüzlerinin Güneşlenme Durumları, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, 829, İstanbul.
- [29] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, EİE Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/35.aspx>, 30 Nisan 2011.
- [30] Güneş Sistemleri, Güneş Enerji Sistemleri, <http://www.gunessistemleri.com/>, 12 Aralık 2010.

- [31] Sunpower, Residential Solar Panels, <http://us.sunpowercorp.com/homes/products-services/solar-panels/>, 7 Temmuz 2011.
- [32] Akademi Mühendislik, Güneş Enerjisi Teşvikleri, <http://www.akademimuhendislik.net/gunes-enerjisi-tesvikleri.html>, 22 Ocak 2011.
- [33] Limitsiz Enerji, Solar Enerji Pazarı, <http://www.limitsizenerji.com/makaleler/103-solar-enerji-pazarı-2009-ve-sonrası>, 18 Ocak 2011.
- [34] Bilgiustam, Güneş Enerjisinden Elektrik Nasıl Elde Edilir, <http://www.bilgiustam.com/gunes-enerjisinden-nasil-elektrik-elde-edilir/#ixzz0wZGtDXDw>, 12 Temmuz 2011.

GÜNEŞ ENERJİSİ TEŞVİKLERİ

Güneş enerjisi solar Pv teşvikleri elektrik enerjisi tüketicilerine solar elektrik üretim sistemleri kurması ve işletmesi için devlet veya elektrik dağıtım kuruluşları tarafından verilen desteklerdir. Solar Pv sistemlerin ilk kurulum maliyetleri yüksektir. Dolayısıyla fotovoltaik sistemler tarafından üretilen elektriğin birim fiyatı da diğer kaynaklar tarafından üretilen elektrik birim fiyatının üzerindedir. Bu yüzden devletler Pv endüstrisinin kalkınmasını ve ölçek ekonomisi sayesinde fiyatların gerilemesini sağlamak için finansal teşvikleri harekete geçirmektedirler [32].

Avrupa Fotovoltaik Endüstri Birliği (EPIA: The European Photovoltaic Industry Association) tarafından açıklanan, başta İspanya, Almanya ve Amerika gibi ülkelerin uyguladıkları teşviklerle değişen, 2008 yılına ait Pv sistem oranları Şekil A.1'de görülmektedir.



Şekil EKA.1 Kurulu Pv sistemlerin ülkelere göre oranları (2008) [33]

2008 yılı oranlarına göre, 2.5GW'lık kurulum gerçekleştiren İspanya fotovoltaik pazarının büyük bir kısmını tek başına oluşturmaktadır. Almanya 1.5GW'lık hacmi ile en güvenilir 2. büyük pazar durumundadır. EPIA'nın 2009-2013 yılları hakkında yayınlanan raporuna göre, 2009 ve sonraki yıllarda güçlü bir pazar büyümesi beklenmektedir. Pazar büyümesine en önemli etken olarak da doğru kanun ve düzenlemelerin yapılması ve yatırımların teşvik edilmesi gösterilmektedir [33].

Son yıllarda yurt dışında uygulanan başlıca güneş enerjisi teşvikleri şöyle sıralanabilir:

- Yatırım Teşvikleri
- Şebekeyi Besleme ve Net Ölçme Tarifeleri
- Yenilenebilir Enerji Sertifikaları (Renewable Energy Certificates – REC)

A.1 Yatırım Teşvikleri

Otoriteler kurulan sistemin maliyetlerinin bir kısmını direkt olarak karşılar. Yatırım teşviklerinden kaynaklanan mali yük o ülke ya da bölgedeki bütün vergi mükelleflerinin sırtındadır. Şebekeyi besleme ve net ölçümleme tarifelerinde ise ortaya çıkan fazladan

maliyet o bölgenin elektrik dağıtım şebekesi müşterilerinin üzerindedir. Yani elektrik dağıtım şebekesi güneş elektriğine ödediği parayı abonelerine yansıtır. Yatırım teşviklerini uygulamak diğer mekanizmalara göre daha kolay olsa da, şebekeyi besleme tarifesinin avantajı kalitenin teşvik edilmesidir. Yatırım teşvikleri, kurulan sistemin nominal kapasitesine yani nominal çıkış gücüne göre verilir. O sistemin zaman içinde ürettiği elektrik enerjisi miktarı teşvik kapsamında değildir. Bu yüzden sistemlerin gereğinden büyük kurulması dolaylı yoldan ödüllendirilir, zayıf işletme yöntemleri ve bakımdan kaçınma tolere edilir [32].

A.2 Şebekeyi Besleme ve Net Ölçme Tarifeleri

Sisteminin ilk yatırım maliyetinin tamamını kullanıcı karşılar. Şebekeyi besleme tarifesinde solar Pv sistem tarafından üretilen KWH elektrik enerjisi miktarı uzun yıllar boyunca şebeke operatörü tarafından yüksek bir fiyatla satın alınır. Net ölçümleme metodunda dağıtım şebekesi tarafından satın alınan elektriğin tarifi kullanıcının satın aldığı tarifeyle eşittir. Şebekeyi besleme şeklinde uygulanmış devlet teşvik mekanizmasıyla kurulan solar Pv sistemlerde iki adet sayaç bulunur. Sayaçlardan birisi abonenin şebekeye sattığı elektrik miktarını ölçerken, diğer sayaç da şebekeden alınan elektrik miktarını ölçer. Net ölçüm metodunda ise bir adet sayaç bulunur. Şebekeye elektrik enerjisi verildiğinde sayaç normalin tersi yönde döner. Tüketici Pv sisteminin ürettiği elektriğin fazlasını (binada kullanılan miktardan arda kalan kısım) şebekeye aldığı fiyattan satar [32].

A.3 Yenilenebilir Enerji Sertifikaları (Renewable Energy Certificates – REC)

Yenilenebilir Enerji Sertifikası – REC mekanizmasında ise dağıtım şebekesi sınırları dahilinde bir yenilenebilir enerji üretim ve tüketim hedefi belirlenir, tüketici ya da üretici bulunduğu en uygun fiyattan yenilenebilir enerji satın almak zorundadır. Üreticiye bir Yenilenebilir Enerji Sertifikası üzerinden ödeme bulunur. Akıllı sayaçlar sayesinde elektrik enerjisinin birim KWH fiyatı gün içinde farklı saat dilimleri arasında farklı oranlarda fiyatlandırılır. Talebin arttığı saatlerde elektrik birim fiyatı da artar, talep azaldığı zaman fiyat da azalır. Gelecekte bu tarife mekanizmasının yaygınlaşması beklenmektedir [32].

OFİS ARAÇ-GEREÇLERİNİN YILLIK ENERJİ GEREKSİNİMİ

Hesaplamalar için örnek alınan alandaki ofis araç-gereçlerinin harcadığı yıllık elektrik enerjisi miktarı Çizelge B.1’de gösterilmiştir. Ofis araç-gereçlerinin güçleri Çizelge B.2’deki değerler esas alınarak bulunmuştur.

Ofiste; 09:00-18:00 saatleri arasında çalışıldığı kabul edildiğinden, günlük çalışma süresi 9 saat, haftada 5 iş günü çalışıldığından yıllık çalışma süresi 240 gün olarak hesaplanmıştır.

Çizelge EKB.1 Ofis araç-gereçlerinin yıllık elektrik enerjisi gereksinimi

Ofis Araç Gereçleri	Adet	Güç (W)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (gün)	Gerekli Enerji Miktarı (Wh)
Bilgisayar	18	400	9	240	15.552.000
Yazıcı	2	300	9	240	1.296.000
Fax	1	35	9	240	75.600
Toplam:	-	-	-	-	16.923.600

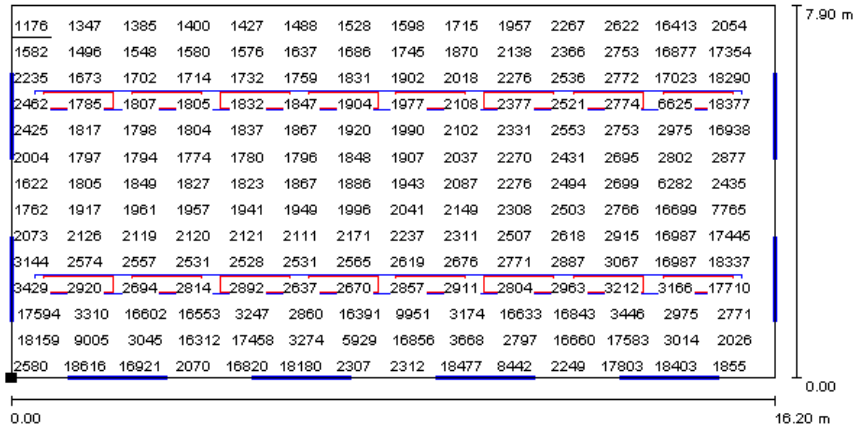
Çizelge B.1’de görüldüğü gibi ofis araç-gereçlerinin yıllık elektrik enerjisi gereksinimi 16.923 kWh olarak bulunmuştur.

Çizelge EKB.2 Elektrikli aletler için enerji tüketim tablosu [34]

Cihaz	Watt	Cihaz	Watt	Cihaz	Watt
Su ısıtıcı	200	Elektrikli Battaniye	2000	Sarfiyatsız ampüllerin denklığı	
Kahve makinası	800	Saç kurutma mak.	1500	40w dengi	11
Ekmek kızartma m.	800-1500	Traş makinesi	15	60w dengi	16
Patlamış mısır mak.	250	Sebil	100	75w	20
Blender	300	Bilgisayar		100w dengi	30
Mikrodalga fırın	600-1700	Dizüstü	50-75w	Tavan pervanesi	10-50
Tost makinesi	1200	PC	200-600	Masa pervanesi	10-25
Elektrikli ocak	1200	Yazıcı	100-500	Elektrikli çim biçme mak.	1500
Fritöz	1200	Sistem ekran. Yazıcı	1500'e	Elektrikli budama maki.	450
Bulaşık makinesi	1200-1500	Faks	35	Misinalı çim biçme mak.	450
Çöp öğütücü	450	DVD oynatıcı	25	1/4" matkap	250
Çamaşır makinesi		Televizyon		1/2" matkap	750
Otomatik	500	25"	150+	1" matkap	1000
manuel	300	19"	70	9" dairesel zımpara	1200
Elektrikli süpürge		12" S/B	20	3" zımpara makinesi	1000
Normal	200-700	Video oynatıcı	40-100	12"elektrikli testere	1100
El süpürgesi	100	CD çalar	35-100		
Dikiş makinesi	100	Streo	10-100		
Ütü	1000	Radyolu saat	1		
Çamaşır kurutucu		Am/fm araba radyosu	8	Buzdolabı/ dondurucu energy star	
Elektrikli*	4000	Uydu çanağı/internet	30-65	368 m3	540kwh/yıl
Gazlı	300-400	CB radyo	5	320 m3	390kwh/yıl
Isıtıcı		Elektrikli saat	3	256 m3	370kwh/yıl
Motor bloklı*	150-1000	Uydu telefonu		buzdolabı	
Taşınabilir*	1500	Alım	5	256 m3 DC (7)	112
Su yatağı*	400	Yayın	40-150	192 m3 DC (7)	70
Su deposu*	100	işık		Dondurucu normal	
Brülör fanı	300-1000	100w ampül	100	224 m3 (15)	440
Klima*		25 w sarfiyatsız ampül	28	224 m3 (15)	350
Oda	1500	50 w DC ampül	50	dondurucu	
Merkezi sistem	2000-5000	40w DC halojen	40	304 m3 (10)	112
Garaj kapısı kumandası	350	20w DC sarfiyatsız ampül	22	Daktilo	80-200

DIALUX AYDINLIK DÜZEYİ DEĞER GRAFİKLERİ

Ofis / 21 mart - saat 09:00 açık gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

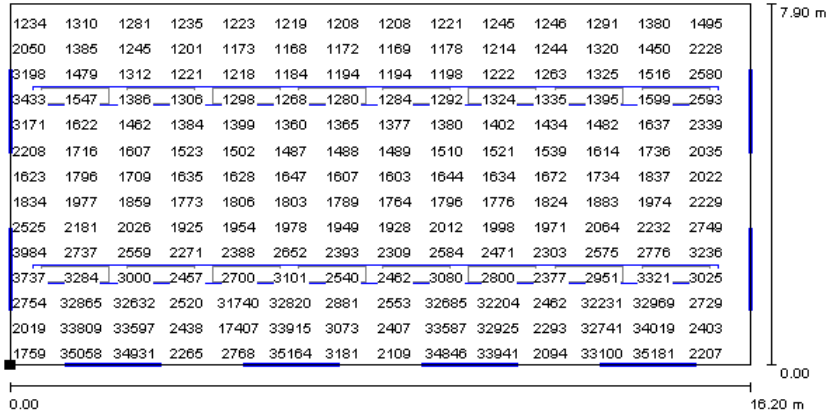
Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)

Ağ: 128 x 128 Noktalar

 E_m [lx]
4822 E_{min} [lx]
1176 E_{maks} [lx]
21780 E_{min} / E_m
0.244 E_{min} / E_{maks}
0.054

Ofis / 21 mart - saat 12:00 açık gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

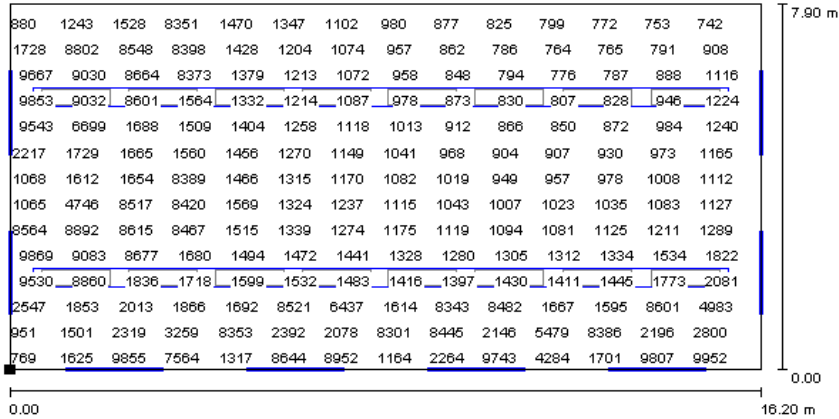
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
5105	1101	35181	0.216	0.031

Ofis / 21 mart - saat 16:00 açık gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

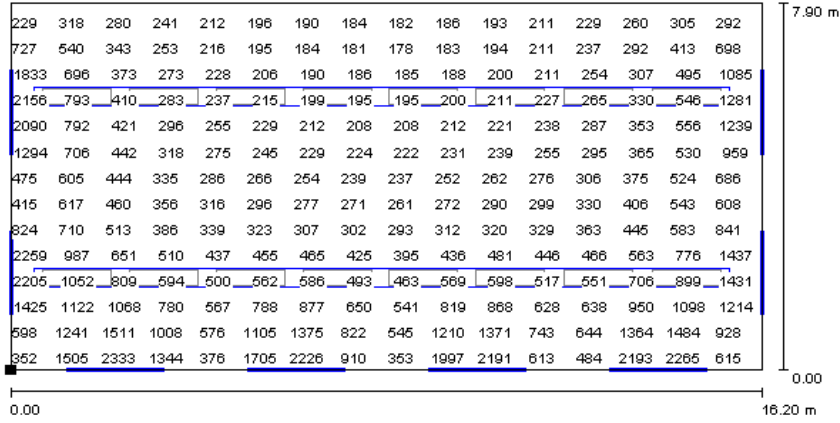
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
2917	713	12706	0.244	0.056

Ofis / 21 mart - saat 09:00 kapalı gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

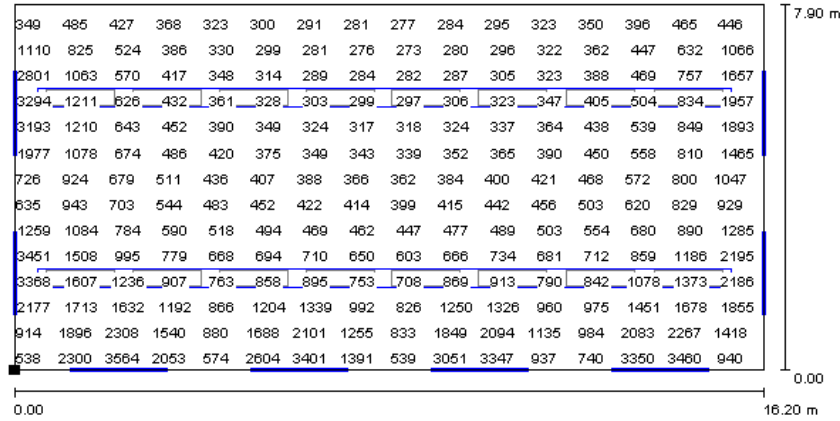
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
573	176	2333	0.307	0.075

Ofis / 21 mart - saat 12:00 kapalı gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

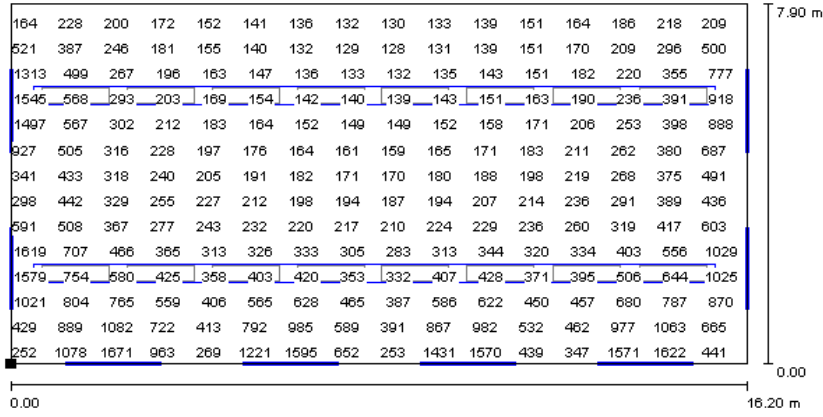
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
875	268	3564	0.307	0.075

Ofis / 21 mart - saat 16:00 kapalı gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

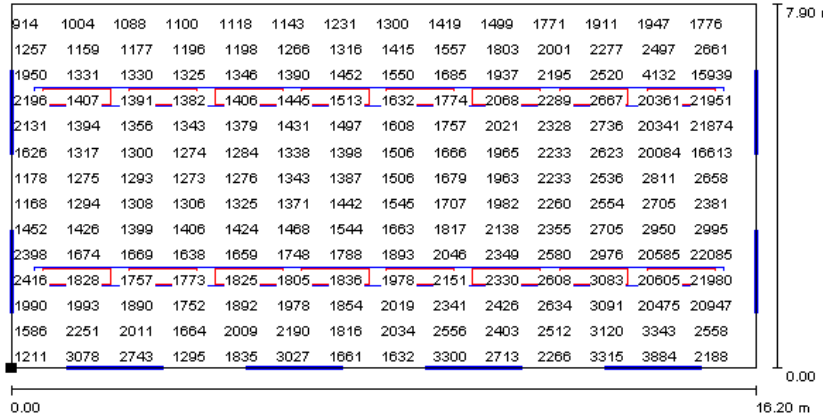
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
410	126	1671	0.307	0.075

Ofis / 21 haziran - saat 09:00 açık gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

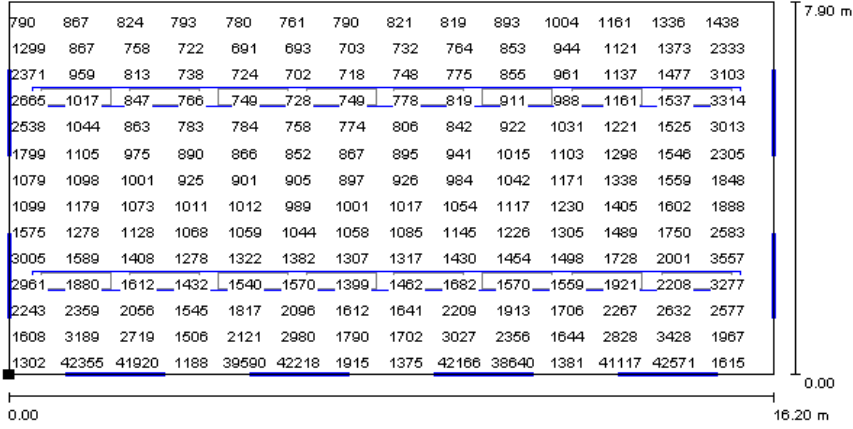
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
3352	908	22913	0.271	0.040

Ofis / 21 Haziran - Saat 12:00 Açık Gök / Çalışma Düzlemi / Değer Grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

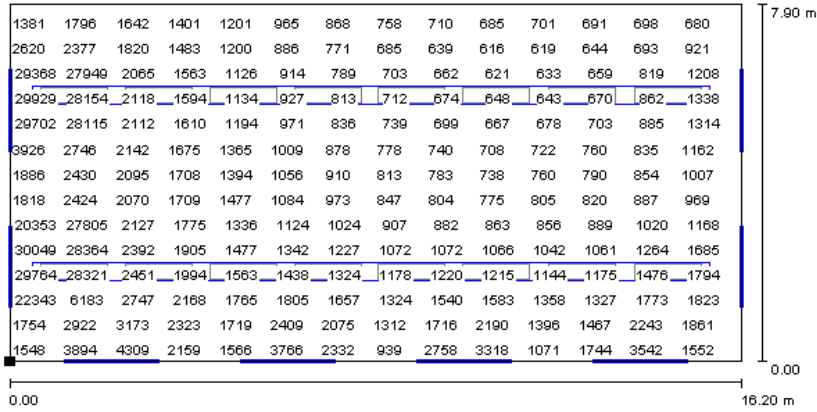
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
3148	683	42764	0.217	0.016

Ofis / 21 Haziran - Saat 16:00 Açık Gök / Çalışma Düzlemi / Değer Grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

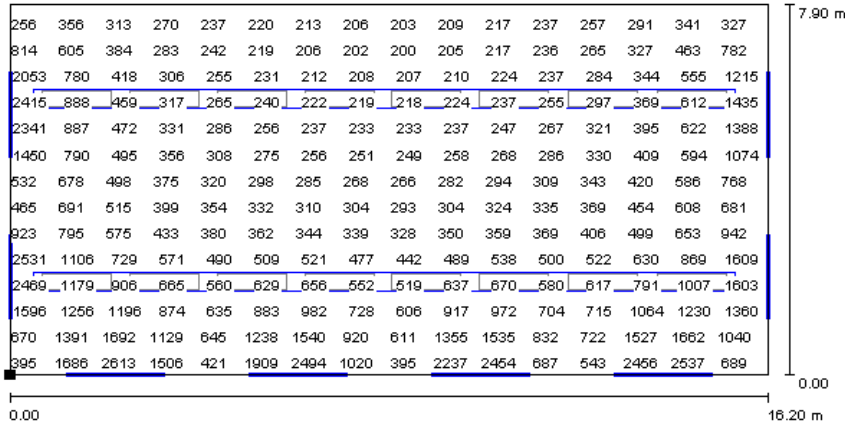
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
2954	606	31210	0.205	0.019

Ofis / 21 Haziran - Saat 09:00 Kapalı Gök / Çalışma Düzlemi / Değer Grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Yüzeyin odadaki konumu:

İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]
642

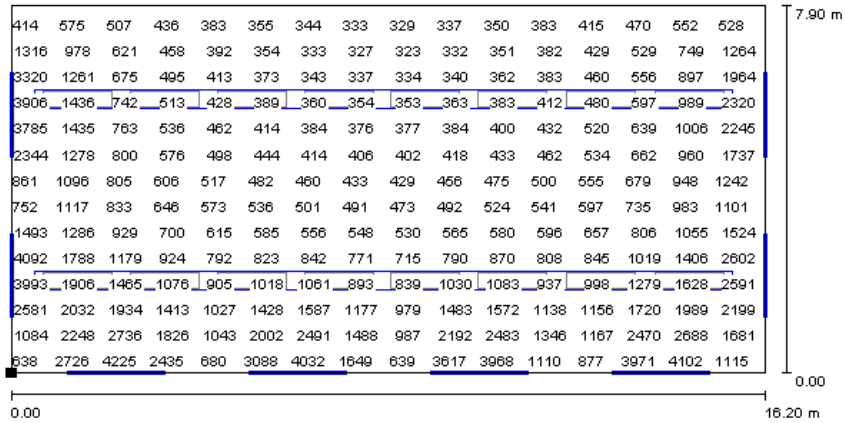
E_{min} [lx]
197

E_{maks} [lx]
2613

E_{min} / E_m
0.307

E_{min} / E_{maks}
0.075

Ofis / 21 Haziran - Saat 12:00 Kapalı Gök / Çalışma Düzlemi / Değer Grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Yüzeyin odadaki konumu:

İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]
1038

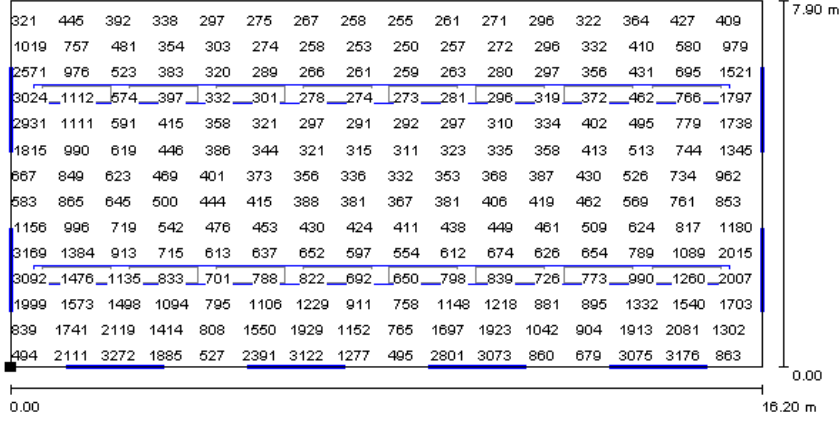
E_{min} [lx]
318

E_{maks} [lx]
4225

E_{min} / E_m
0.307

E_{min} / E_{maks}
0.075

Ofis / 21 haziran - saat 16:00 kapalı gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

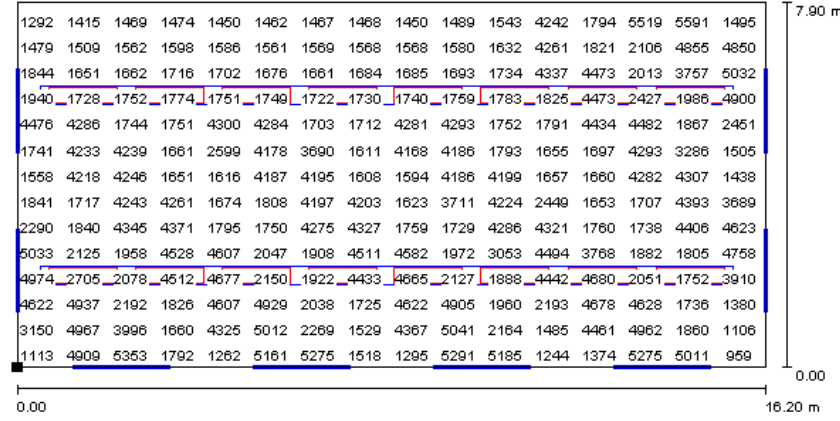
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx] 803 E_{min} [lx] 246 E_{maks} [lx] 3272 E_{min} / E_m 0.307 E_{min} / E_{maks} 0.075

Ofis / 21 aralık - saat 09:00 açık gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

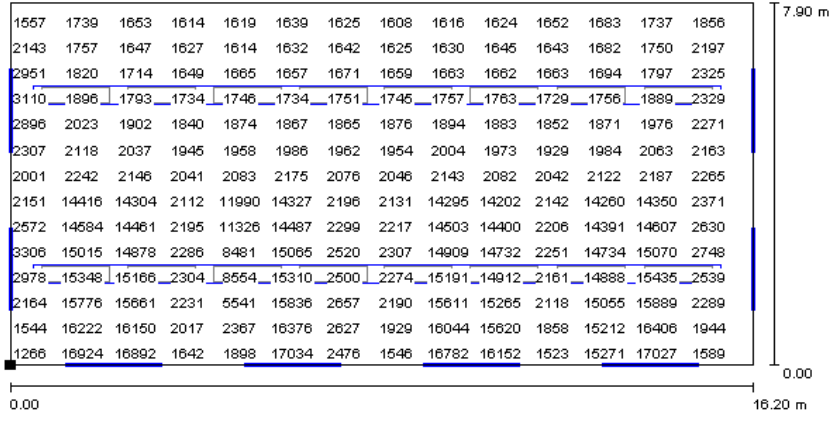
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx] 2875 E_{min} [lx] 771 E_{maks} [lx] 7831 E_{min} / E_m 0.268 E_{min} / E_{maks} 0.098

Ofis / 21 aralık - saat 12:00 açık gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

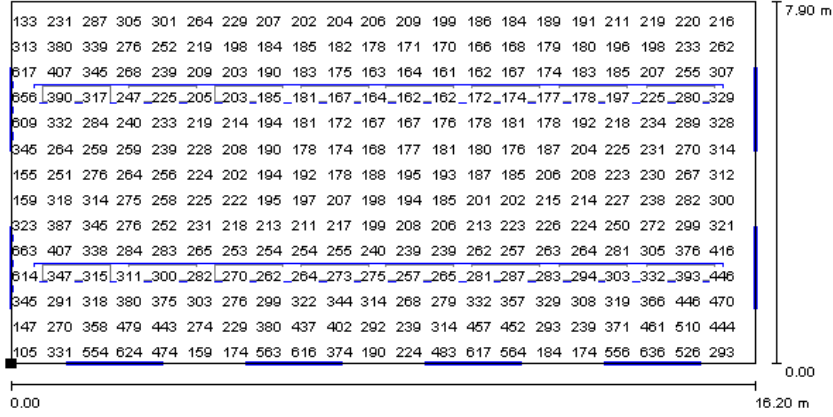
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
5165	1216	17042	0.235	0.071

Ofis / 21 aralık - saat 16:00 açık gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

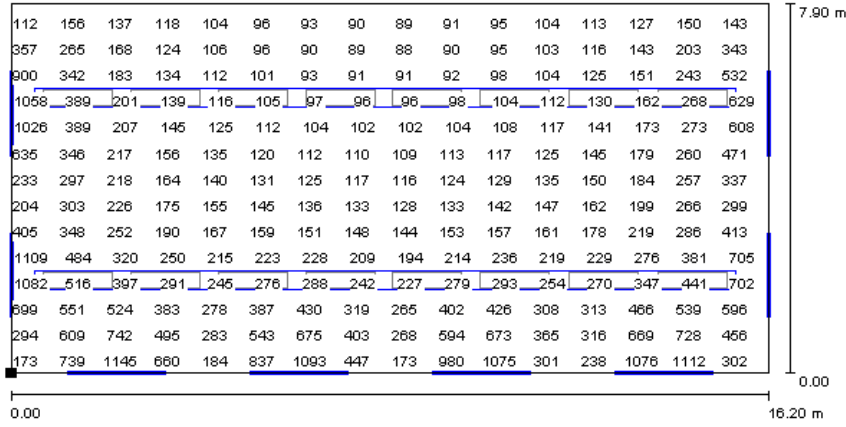
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
271	105	667	0.389	0.158

Ofis / 21 aralık - saat 09:00 kapalı gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

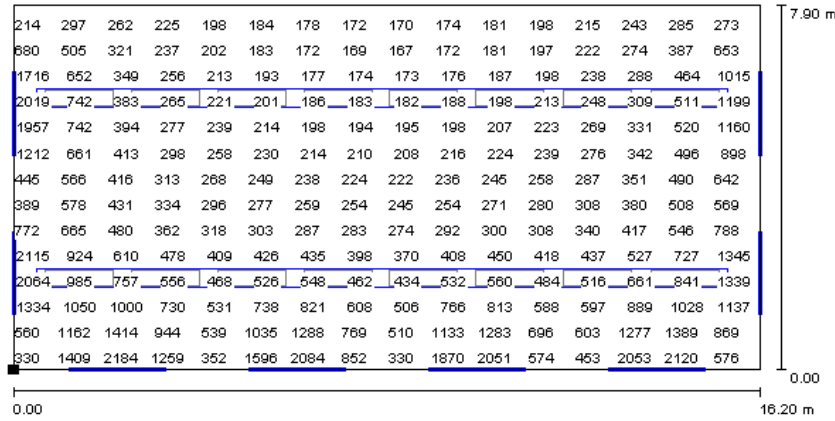
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
281	86	1145	0.307	0.075

Ofis / 21 aralık - saat 12:00 kapalı gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

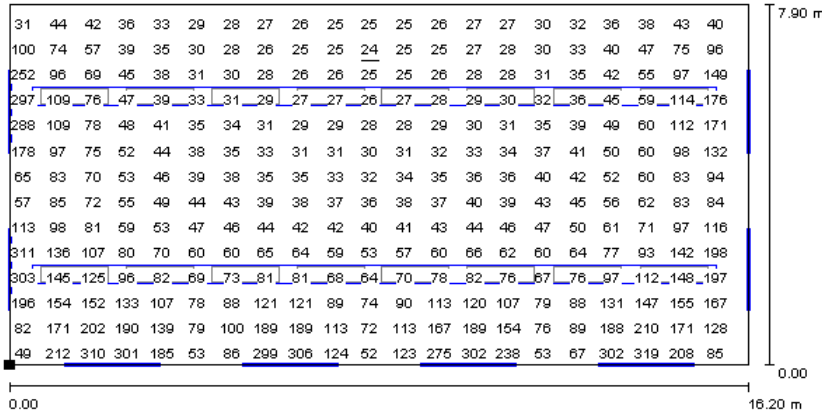
Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
536	164	2184	0.307	0.075

Ofis / 21 aralık - saat 16:00 kapalı gök / Çalışma düzlemi / Değer grafiği (E)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 116

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]
79

E_{min} [lx]
24

E_{maks} [lx]
321

E_{min} / E_m
0.307

E_{min} / E_{maks}
0.075

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Bahar ŞAHİN
Doğum Tarihi ve Yeri :04.03.1983/EDİRNE
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :baharshn@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	KTÜ	2005
Lise	Fen	Uzunköprü/YDAL	2001

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011	İBB	Mimar
2008	Artemel Mimarlık	Mimar
2006	Akçağ İnşaat	Mimar