



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI - YAPI TEKNOLOJİLERİ PROGRAMI

**ÇATI VE CEPHELERDE FOTOVOLTAİK PANEL
UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA: BURDUR
ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Setenay UÇAR

156101114

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ülger Bulut KARACA

İstanbul, 2018



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI - YAPI TEKNOLOJİLERİ PROGRAMI

**ÇATI VE CEPHELERDE FOTOVOLTAİK PANEL
UYGULAMALARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA:
BURDUR ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Setenay UÇAR

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Çatı ve Cephelerde Fotovoltaik Panel Uygulamaları Üzerine Bir Çalışma: Burdur Örneği” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterdiğimi ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

19/02/2018
Setenay UÇAR

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin.....yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

19/02/2018
Setenay UÇAR

ÖZET

Çatı ve Cephelerde Fotovoltaik Panel Uygulamaları Üzerine Bir Çalışma: Burdur Örneği

Setenay UÇAR

Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Yard. Doç. Dr. Ülger BULUT KARACA

Şubat, 2018 - 112 Sayfa

Bu tezde çatı ve cephelerde uygulanan fotovoltaik paneller üzerine bir araştırma yapılmaktadır. Burdur ilinde yapılan bu çalışmada bir evin ihtiyacını karşılayan elektrik ihtiyacının fotovoltaik panellerden karşılanması, maliyeti, ortaya çıkacak sorunlardan bahsedilmektedir.

İlk bölümde konu ile ilgili genel bilgiler verilmektedir. Genel enerji problemleri, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerjiyi kullanmanın gereklilikleri anlatılmaktadır.

İkinci bölümde binalarda kullanılacak yenilenebilir enerjiden güneşin kullanımına yönelik bilgiler verilmiştir. Binalarda aktif ve pasif sistemler olarak güneşin bina üzerine etkilerinden bahsedilmektedir. Dünyada ve Türkiye’de fotovoltaik panellerin kullanımına ilişkin değerlendirmeler ele alınmıştır. Mevcut bir bina ile yeni tasarlanan binalar için nelere dikkat edilmesi gerektiği hakkında bilgiler verilmektedir.

Üçüncü bölümde fotovoltaik panellerin (PV) tanımı, tarihi, panelleri oluşturan hücrelerin çeşitleri, fotovoltaik sistemi oluşturan ekipmanlardan bahsedilmiştir. Fotovoltaik panellerin kullanımından dolayı ortaya çıkan avantaj ve dezavantajları anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde fotovoltaik panellerin binalar üzerinde konumlandırılmasının çatı ve cephelerde uygun koşulların sağlanması hakkında bilgiler verilmektedir. Fotovoltaik panellerin kurulumunun maliyeti incelenmektedir.

Beşinci bölümde Burdur ilinde bir alan çalışmasıyla mevcut bina ile yeni tasarlanan bina arasında oluşan farklılıkların fotovoltaik panellerin çatı ve cephede uygulanmasıyla elde edilen veriler anlatılmaktadır. Çatılarda veya cephelerde kullanımlarıyla elde edilen enerjinin verimlerine etkilerinden bahsedilmektedir.

Altıncı bölüm olan sonuç bölümünde ise anlatılan tüm bilgilerin tamamı değerlendirilerek fotovoltaik panellerin kullanımına ülkemizin avantajlı konumunu göz önüne alınarak kullanımının artmasının önemi vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik Paneller (PV), Yenilenebilir Enerjiler, Güneş.

ABSTRACT
A Study on Photovoltaic Panel Applications on Roofs and Facades:
Burdur

Setenay UÇAR

Master Thesis, Department Of Architecture

Supervisor: Yard. Doç. Dr. Ülger BULUT KARACA

February, 2018 - 112 Pages

In this thesis, a research is done on the photovoltaic panels applied on the roofs and façades. In this study carried out in Burdur province, it is mentioned that the electricity demand that meets the need of a house is met from photovoltaic panels, cost, problems to be revealed.

The first chapter gives general information about the subject. General energy problems explain the necessity of using renewable energy instead of fossil fuels.

The second chapter provides information on the use of renewable energy sunshine in buildings. The buildings refer to the effects of the sun on the building as active and passive systems. Evaluations relating to the use of photovoltaic panels in the world and Turkey were discussed. Information is given on what should be considered for an existing building and newly designed buildings.

In the third chapter, description of PV, history, types of cells constituting panels, equipment forming photovoltaic system is mentioned. Advantages and disadvantages arising from the use of photovoltaic panels are explained.

In the fourth chapter, information about positioning of photovoltaic panels on buildings is provided about suitable conditions on roofs and façades. The cost of installation of photovoltaic panels is examined.

In the fifth chapter, the data obtained by applying photovoltaic panels on the roof and facade of the differences between the existing building and the newly designed building with an area study in the province of. It is mentioned that the effects on the energy yields obtained by using in the detachment or on the façades are mentioned.

In the conclusion chapter, which is the sixth chapter, it is emphasized that the utilization of photovoltaic panels will be improved by taking advantage of the advantageous position of our country by evaluating all the information described above.

Key Words: Photovoltaic Panels (PV), Renewable Energies, Solar Energy.

ÖNSÖZ

Bu çalışma ile fotovoltaik panellerin bir ev üzerinde çatı ve cephelerinde uygulamalar yapılarak elektrik üretim verimlerinin karşılaştırmaları yapılmıştır. Burdur'da yapılan bu çalışmada coğrafi konumun etkileri, pasif ve aktif sistemlerin gerektirdiği faktörler dikkate alınarak sürdürülebilir bir bina çalışması ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışmam boyunca yardım ve desteğini esirgemeyen, çalışmama yön verip her türlü bilgi ve deneyimini benimle paylaşan değerli hocam tez danışmanım Yrd.Doç. Dr. Ülger Bulut KARACA'ya ilgi ve desteğinden ötürü sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarımnda teknik bilgileri ile bana yardımcı olan gerekli dökümanları benimle paylaşan CW Enerji'ye ve ayrıca hayatım boyunca hep yanımda olan en büyük destekçilerim sevgili aileme bana bu süreçteki yardımları için sonsuz teşekkürler.

İSTANBUL, 2018

Setenay UÇAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Çalışmanın Kapsamı	2
1.4. Çalışmanın Yöntemi	2

2. BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

2.1. Pasif Sistemler	7
2.1.1. Doğal Çevre ile Oluşan Pasif Sistemler.....	8
2.1.2. Yapma Çevre ile Oluşan Pasif Sistemler.....	8
2.2. Aktif Sistemler	15
2.2.1. Kolektörler.....	15
2.2.2. Fotovoltaikler (PV).....	16
2.3. Dünyada Fotovoltaik Panel Kullanımı.....	17
2.4. Türkiye’de Güneş Enerjisi Uygulamalarının Teşviki	24
2.5. Mevcut Bir Yapıya Fotovoltaik Panel Uygulanması	25
2.6. Yeni Tasarlanan Bir Yapı için Fotovoltaik Panel Tasarımı.....	28
2.7. Bölüm Sonuçları	32

3. BÖLÜM

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE ÖZELLİKLERİ

3.1. Fotovoltaik Panellerin Tanımı ve Tarihi.....	36
3.1.1. Güneş Hücreleri ve Çeşitleri.....	37
3.1.1.1. Kristal Silisyum Güneş Hücreleri.....	37
3.1.1.2. İnce Film Güneş Hücreleri	39
3.1.1.3. Yeni nesil güneş hücreleri	42
3.1.2. Güneş Hücresi Etkinlik Karşılaştırılması	43
3.1.3. Fotovoltaik Ekipmanları	44
3.2. Fotovoltaik Bağlantı Tipleri.....	45
3.3. Fotovoltaik Kullanımı Sonuçları.....	47
3.3.1. Avantajları	47
3.3.2. Dezavantajları	48
3.4. Bölüm Sonuçları	49

4. BÖLÜM

BİNALARDA FOTOVOLTAİK PANEL UYGULAMALARI

4.1. Fotovoltaik Panellerin Binalarda Uygulanma Çeşitleri	51
4.1.1. Fotovoltaik Panellerin Binaların Cephelerinde Uygulanması	52
4.1.1.1. Fotovoltaik Panellerin Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanılması.....	52
4.1.1.2. Fotovoltaik Panellerin Giydirme Cephe Olarak Kullanılması	53
4.1.1.3. Fotovoltaik Panellerin Bina Cephelerinde Kullanımının Değerlendirilmesi	57
4.1.2. Fotovoltaik Panellerin Binaların Çatı Yüzeylerinde Uygulanması	58
4.1.2.1. Fotovoltaik Panellerin Çatı İle Bütünleşik Olarak Kullanılması.....	65
4.1.2.2. Fotovoltaik Panellerin Çatılardan Bağımsız Olarak Kullanılması.....	65
4.1.2.3. Fotovoltaik Panellerin Bina Çatı Yüzeylerinde Kullanımının Değerlendirilmesi	66
4.2. Fotovoltaik Panellerin Binaların Çatı ve Cephelerinde Kullanımının Kıyaslanması.....	66
4.3. Fotovoltaik Panellerin Kurulum Maliyeti	68
4.4. Bölüm Sonuçları	70

5. BÖLÜM

ALAN ÇALIŞMASI

5.1.	Burdur İli Güneş Enerjisi Potansiyeli	73
5.2.	Örnek Bina Plan Şemasının Oluşturulması.....	76
5.3.	Örnek Bina Cephe ve Çatı Yüzeylerinde Fotovoltaik Panel Uygulaması	81
5.3.1.	Cephede Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Uygulaması	81
5.3.2.	Cephede Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panel Uygulaması	83
5.3.3.	Çatı Yüzeylerinde Ek Strüktür İle Fotovoltaik Panel Uygulaması	85
5.3.4.	Çatı Yüzeyleri İle Bütünleşik Fotovoltaik Panel Uygulaması....	87
5.4.	Örnek Bina Cephe ve Çatı Yüzeylerinin Karşılaştırılması	90
5.4.1.	Avantajları	92
5.4.2.	Dezavantajları	93
5.5.	Bölüm Sonuçları	94

6. BÖLÜM

SONUÇ

KAYNAKÇA.....	99
ÖZGEÇMİŞ	112

KISALTMALAR LİSTESİ

PV	Fotovoltaik
kWh	Kilowatt Saat
kW	Kilowatt
W	Watt
TWh	Terawatt Saat
MWp	Megawatt Peak
GW	Gigawatt
Ah	Amper Saat
DC	Doğrusal Elektrik – Doğru Akım
m-Si	Monokristal Güneş Hücresi
p-Si	Polikristal Güneş Hücresi
CIS	Bakır İndiyum Diselenid Güneş Hücresi
CdTe	Kadmiyum Tellürid Güneş Hücresi
a-Si	Amorf Silisyum Güneş Hücresi
ZnO	Çinko Oksit
TiO ₂	Titanyum Dioksit
Ru	Rutenyum
AAMA	American Architectural Manufacturers Association – Amerikan Mimari Yapımcılar Kurumu Birliği
TKDK	Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu
IPARD	Instrument for Pre-Accession Assistance-IPA Kırsal Kalkınma İçin Katılım Öncesi Yardım Aracı

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1	Sektörler Tarafından Dünya’da Enerji Kullanımları Tablosu	3
Tablo 2.2	Konutlarda Enerji Tüketiminin Dağılımı.....	4
Tablo 2.3	Enerji Kaynakları Potansiyeli	5
Tablo 2.4	Dünya Genelinde Enerji Üretimi Grafiği	6
Tablo 2.5	Dünya Enerji Kullanımı.....	6
Tablo 2.6	Ülkelerin Fotovoltaik Panel Kullanımı Açısından Karşılaştırılması	18
Tablo 2.7	Türkiye Günlük Ortalama Güneşleme Değerleri.....	21
Tablo 2.8	Bölgelerin Yıllık Güneşlenme Saatleri.....	22
Tablo 3.1	Güneş Hücreleri Karşılaştırılması.....	44
Tablo 4.1	Fotovoltaik Panellerin Şebeke İle Bağlantılı Kurulum Maliyet Tablosu	69
Tablo 4.2	Fotovoltaik Panellerin Şebekesiz Bağlantılı Kurulum Maliyet Tablosu	70
Tablo 5.1	Burdur İli Güneşlenme ve Radyasyon Değerleri Grafiği	74
Tablo 5.2	Burdur İli Güneşlenme Süresi ve Güneşlenme Şiddeti Tablosu	75
Tablo 5.3	Burdur Örnek Ev İçin Elektrikli Eşya Tablosu.....	79
Tablo 5.4	Burdur Örnek Ev İçin Elektrik Üretimi Analiz Tablosu	80
Tablo 5.5	Burdur Örnek Ev İçin Kurulum Maliyeti Tablosu	80
Tablo 5.6	Burdur İli İçin Binaya Ek Strüktür Kullanılarak Fotovoltaik Panellerin Cephede Ürettiği Elektrik Verileri.....	82
Tablo 5.7	Burdur İli İçin Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panellerin Cephede Ürettiği Elektrik Verileri.....	84
Tablo 5.8	Burdur İli İçin Ek Bir Strüktür Kullanılarak Çatıda Fotovoltaik Panellerin Ürettiği Elektrik Verileri	86
Tablo 5.9	Burdur İli İçin Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panellerin Çatıda Ürettiği Elektrik Verileri.....	89
Tablo 5.10	Burdur İli İçin Fotovoltaik Panellerin Kullanımlarına Göre Karşılaştırma Tablosu	92

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.0.1 Georg Fred Keck'in İlk Modern Pasif Güneş Evi, Chicago	7
Şekil 2.2 İklimlere Göre Bina Konumu.....	9
Şekil 2.3 Binanın Güneşe Göre Gölge Durumu	10
Şekil 2.4 Soğuk Bölge İçin İdeal Kare Form	11
Şekil 2.5 Ilıman - Nemli Bölge İçin İdeal Geniş Dikdörtgen Form	11
Şekil 2.6 Ilıman - Kuru Bölge İçin İdeal Dikdörtgen Form	11
Şekil 2.7 Sıcak - Nemli Bölge İçin İdeal Dikdörtgen Form	11
Şekil 2.8 Sıcak - Kuru Bölge İçin İdeal Kare Form	11
Şekil 2.9 Gece Ve Gündüz Çatı Açıklıkları	12
Şekil 2.10 Gece Ve Gündüz Güneş Duvarları.....	13
Şekil 2.11 Gece Ve Gündüz Çatı Havuzları.....	13
Şekil 2.12 Işık Tüpleri	13
Şekil 2.13 Gece Ve Gündüz Seralar	14
Şekil 2.14 Gece Ve Gündüz Termosifon Sistemleri	14
Şekil 2.15 Kollektörü Oluşturan Elemanlar	16
Şekil 2.16 Yüzen Fotovoltaik Paneller, Çin	17
Şekil 2.17 Dünya Güneş Işınım Haritası	20
Şekil 2.18 Küresel Yatay Radyasyon	21
Şekil 2.19 Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli Haritası.....	23
Şekil 2.20 İnce film Fotovoltaik Panellerin Çatıya Uygulanması.....	25
Şekil 2.21 Çerçevesiz Fotovoltaik Panellerin Çatıya Uygulanması	26
Şekil 2.22 Çerçevesiz Fotovoltaik Panellerin Düz Çatıya Ek Strüktür İle Uygulanması	26
Şekil 2.23 Çerçevesiz Panellerin Ek Strüktür İle Çatıda Uygulanması.....	27
Şekil 2.24 Çerçevesiz Fotovoltaik Panellerin Cepheye Ek Strüktür İle Uygulanması.....	28
Şekil 2.25 Hollanda Tren İstasyonunda Çatıda Kullanılan Fotovoltaik Paneller	30
Şekil 2.26 Fotovoltaik Panellerin Cepheye Uygulanması.....	31
Şekil 2.27 Fotovoltaik Panellerin Cepheye Uygulanması.....	31
Şekil 3.1 Hücre-Modül-Panel Gösterimi.....	34
Şekil 3.2 Fotovoltaik Hücrenin Enine Kesiti.....	36
Şekil 3.3 Fotovoltaik Panel Kesiti	37
Şekil 3.4 Kristal Silisyum Saf Haline Dönüşüm Aşamaları.....	38
Şekil 3.5 CW Enerji Monokristal Güneş Hücresi	39
Şekil 3.6 CW Enerji Polikristal Silisyum Güneş Hücresi	39
Şekil 3.7 Bakır İndiyum Güneş Hücresi.....	40
Şekil 3.8 Kadmiyum Güneş Hücresi	41
Şekil 3.9 Amorf Silisyum Güneş Hücresi	41
Şekil 3.10 Fotovoltaik Panel Ekipmanları.....	45
Şekil 3.11 Şebekeden Bağımsız Sistemler	46
Şekil 3.12 Şebekeye Bağımlı Sistemler.....	46

Şekil 3.13 PV Panellerde Aşırı Isınma Sonucu Çatıda Çıkan Yangın	50
Şekil 4.1 Gölgeleme elemanı olarak kullanılan Fotovoltaik Panel	52
Şekil 4.2 Fotovoltaik Panellerin Giydirme Cephe Olarak Uygulanması	53
Şekil 4.3 Düzlemsel Giydirme Cephe Örneği	54
Şekil 4.4 Düşeyde Kırıklı Giydirme Cephe Örneği.....	54
Şekil 4.5 Akordeon Giydirme Cephe Örneği	55
Şekil 4.6 Yatayda Kırıklı Giydirme Cephe Örneği	56
Şekil 4.7 Eğimli Düzlemsel Giydirme Cephe Örneği	56
Şekil 4.8 Eğimli Kırıklı Giydirme Cephe Örneği.....	57
Şekil 4.9 Buzlu Solar Cam Kiremit.....	58
Şekil 4.10 Solar Halı Çatıda Uygulanması.....	59
Şekil 4.11 Solar Kiremit	59
Şekil 4.12 Düz Çatıda Ek Strüktür İle Fotovoltaik Panel Uygulaması	60
Şekil 4.13 Çatı Malzemesi Olarak Kullanılan Paneller.....	60
Şekil 4.14 CW Enerji Saydam Güneş Kiremiti	61
Şekil 4.15 CW Enerji Güneş Kiremiti Uygulaması.....	61
Şekil 4.16 CW Enerji Güneş Kiremiti Panel Üzerinde Birbirlerine Bağlantısı	62
Şekil 4.17 Ek Taşıyıcı İle Çatı İle Bütünleşik Olan Fotovoltaik Paneller.....	63
Şekil 4.18 Şet Çatı Örneği	63
Şekil 4.19 Eğrisel Çatı Örneği.....	64
Şekil 4.20 Atrium Çatı Örneği.....	64
Şekil 4.21 Çatı İle Bütünleşik Fotovoltaik Paneller	65
Şekil 4.22 Çatı İle Bağımsız Fotovoltaik Paneller	66
Şekil 5.1 Burdur İli Güneş Enerji Potansiyeli Haritası	73
Şekil 5.2 Burdur İli Fotovoltaik Panel Kurulamaz Alanlar	73
Şekil 5.3 Burdur ili Yerleşim Bölgesi	74
Şekil 5.4 Burdur ili Yerleşim Bölgesinde Çatıda Kullanılan Kollektörler.....	75
Şekil 5.5 Güneş Enerji Santrali, Burdur	76
Şekil 5.6 Burdur Alan Çalışmasında Kullanılacak Alan	77
Şekil 5.7 Burdur Örnek Konut Planı	78
Şekil 5.8 Burdur Örnek Bina Vaziyet Planı	78
Şekil 5.9 Cephede Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Kullanımının Örneği.....	81
Şekil 5.10 Cephede Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımının Örneği	83
Şekil 5.11 Çatıda Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Kullanım Örneği	85
Şekil 5.12 Çatı ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanım Örneği	87
Şekil 5.13 Çatı ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımının Saydam Örneği	88
Şekil 5.14 Çatı ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımının Opak Örneği .	88
Şekil 5.15 PVGIS Estimation Hesaplama Programı	91

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar enerji gereksiniminin karşılanması amacıyla, kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar kullanılmış ve halen kullanılmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin azalması, bu yakıtlar nedeniyle oluşan sera gazının artması gibi iklim değişikliklerine sebep olmak dışında küresel ısınmanın da artmasıyla birlikte doğal felaketlerinde arttığı görülmüştür. Tüm bunlarla birlikte çevreye yayılan zehirli gazlar ve çevreyi kirleten etkiler yeni arayışlara yönlendirmiştir.

Son üç yüz yılda bilimsel gelişmelere paralel olarak teknolojik gelişmeler de hızlanmıştır. Sanayileşme ve kentleşme ile birlikte teknoloji yaşamın bütün alanlarına yayılmıştır. Teknolojinin gelişmesinde birçok olumlu yön vardır ama bu olumlu yönler dışında birde olumsuz tarafları mevcuttur. Tüketimin gereksiz yere artması, çevre kirlenmelerine neden olması ve doğadaki kaynakları tüketmesi teknolojinin getirdiği sorunlardandır. Aynı zamanda asit yağmurları, ozon tabakasının delinmesi, kaybolan bitki ve hayvan türleri teknolojinin verdiği negatif sonuçlardır. Bu durumdan dolayı şu an kullanmaya devam ettiğimiz bu fosil kaynaklar kısa bir süre sonra kullanımı mümkün olmayacak kadar azalacaktır.

Kolayca tükettiğimiz fosil yakıtların yeniden birikebilmesi için gereken süre 10.000 yıldır. Sanayi devriminden bu yana tüketilen enerjinin yarısı son 20 yılda tüketilmiş olup bu hız artarak devam etmekte olduğu görülmüştür. Fosil enerji kaynaklarının bu hızla tüketiminin devam etmesiyle 100 yıla kadar tamamen tükeneceği öngörülmektedir. (Akşit, Ders Notları, 2016)

1.1.Problemin Tanımı

Dünyada en çok arz edilen enerji kaynağı %81 oranında fosil yakıtlardır. Bu enerjinin %70 i kentlerde kullanılmaktadır. (Göksu, 2013) Öte yandan, güneşin 1 saniyede ürettiği enerji miktarı insanlığın şimdiye kadar kullandığı enerji miktarından fazladır. Dünya güneşten gelen enerjinin sadece milyardan birini alır. Bu enerji 15 dakika depo edilirse toplam dünya nüfusunun yıllık enerji ihtiyacı karşılanmaktadır.(Güneşin Yapısı Hakkında Kısa Bilgi, Anonim, 2013)

Yapılı çevrenin yoğun olduğu kentlerde yol, kaldırım ve binaların güneş enerjisi ile ısıtım, mikro klimayı değiştirdiği ve kullanıcı konforunu düşürdüğü, başka bir söyleyişle, ısı adası oluşturduğu bilinmektedir. Yapılı çevrede bina yüzeylerinin çevre için olumsuz etki üretmeleri yerine, kentlerin temiz enerji gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik çözüm arayışı, bu çalışmanın temelini oluşturmuştur. Kaldırım ve otoyollarda güneş panelleri kullanımının gündeme

gelmesi ile birlikte, binalarda güneşten yararlanma olanaklarının mimari perspektiften değerlendirilmesi gereği duyulmuştur.

Diğer yandan, temiz enerji üretimi amacıyla güneşten yararlanma yöntemi olarak güneş tarlaları çözümü, toprağın kullanımını engellediği için yapılı çevreden güneş enerjinin kullanımı tercih edilmiştir.

1.2.Çalışmanın Amacı

Artan enerji kullanımlarıyla birlikte tükenen fosil yakıtlarında kullanımların artması kullanıcıların daha yeni enerji kaynaklarını aramaya teşvik etmiştir. Özellikle yenilenebilir sonsuz olan enerji kaynakları bu ihtiyacı karşılamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlar gibi çevreye zarar vermemesi ve temiz bir gelecek için kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir.

Türkiye, bu fosil kaynaklarını başka ülkelerden tedarik ettiği için alternatif enerji kaynakları önem taşımaktadır. Konumu itibariyle en fazla güneşlenme süresine sahip ülkelerden biri olması nedeniyle, Türkiye için güneş enerjisi, potansiyel bir enerji kaynağıdır. Aktif ve pasif güneş sistemlerinin Türkiye genelinde kullanımının yaygınlaşması, enerji alanındaki dışa bağımlılığı azaltarak çözüm olabilir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de güneş enerjisinden aktif olarak yararlanma yöntemlerinden fotovoltaik panellerin, binalarda kullanımının yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktır.

1.3.Çalışmanın Kapsamı

Dünyada en fazla fotovoltaik panel kullanımı olan ülkeler ile Türkiye’de Burdur bölgesinin genel incelemeleri yapılmıştır. Fotovoltaik panellere etkisi olan nem, rüzgar ve diğer etkenler değerlendirilmiştir. Burdur ilinde bir örnek binanın çatı ve cephelerinde fotovoltaik panel uygulaması hesapları yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir.

1.4.Çalışmanın Yöntemi

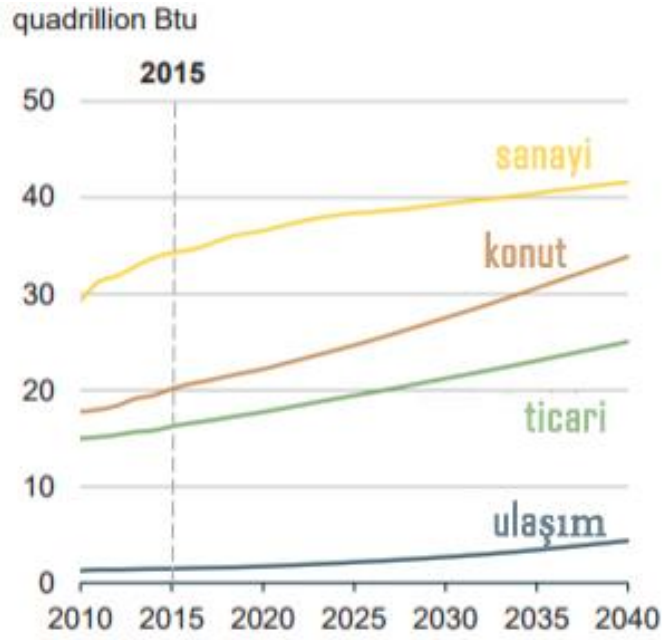
Bu tez çalışmasında veri toplama amacıyla güncel literatür taraması yapılarak; konunun gelişimi belirlenmiştir. Bütün toplanan bilgiler ile tez belli bölümlere göre ayrılmıştır. Grafikler ve tablolar yardımı ile veriler analiz edilerek değerlendirilmiştir. Fotovoltaik paneller ile ilgili firmalar ile görüşülüp bilgi alınmıştır. Burdur ili koşullarında örnek bir bina için fotovoltaik panel tasarımı ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

Günümüzde enerji tüketimi sanayi, konut, ticari ve ulaştırma gibi birçok sektörde artarak kendini göstermektedir (Tablo 2.1.).

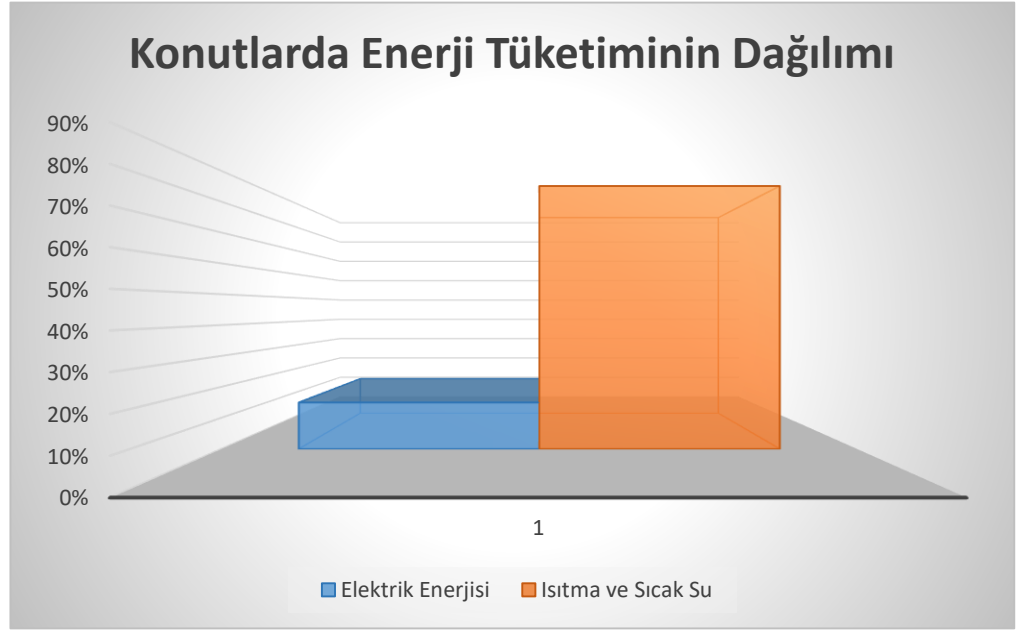
Tablo 2.1 Sektörler Tarafından Dünya’da Enerji Kullanımları Tablosu



Kaynak: International Energy Outlook, 2017

Özellikle inşaat sektöründe harcanan enerjinin fazlalığı ve çevreye verdiği kirliliği engellemek için sürdürülebilirlik ile enerjiyi korumanın önemi artmıştır. Konutlarda kullanılan enerji miktarları ise elektrik enerjisi %15 ısıtma ve sıcak su enerjisi %85 olduğu görülmüştür. (ETKB, 2010)

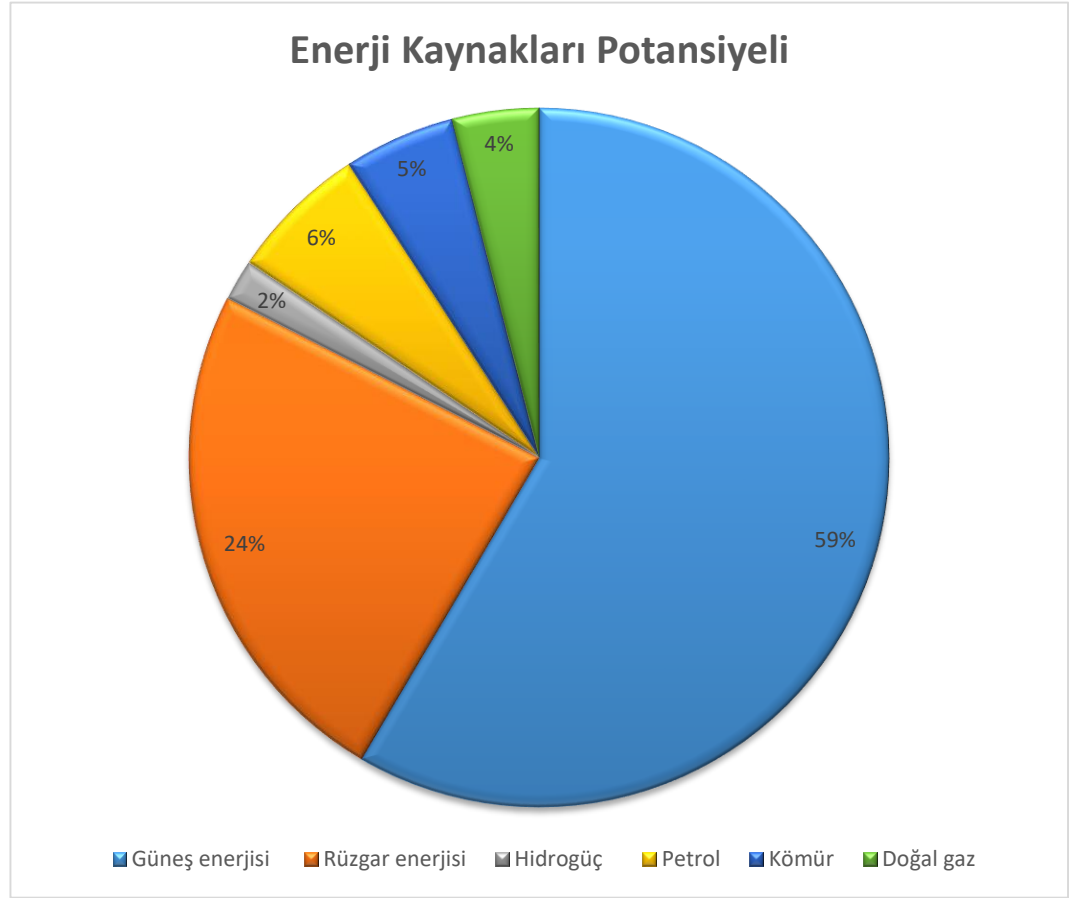
Tablo 2.2 Konutlarda Enerji Tüketiminin Dağılımı



Kaynak: ETKB

Günümüzde, güneş, jeotermal, rüzgâr, dalga, gelgit akıntı enerjileri gibi yenilenebilir ve doğal nitelikli enerji kaynaklarından yararlanılarak enerji ihtiyacının karşılanabilmektedir. Tablo 2.3'te, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve kullanımları devam eden fosil yakıtların enerji potansiyelleri görülmektedir. Bu grafiğe göre, güneş enerjisinin hem fosil yakıtlara hem de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre potansiyeli yüksektir.

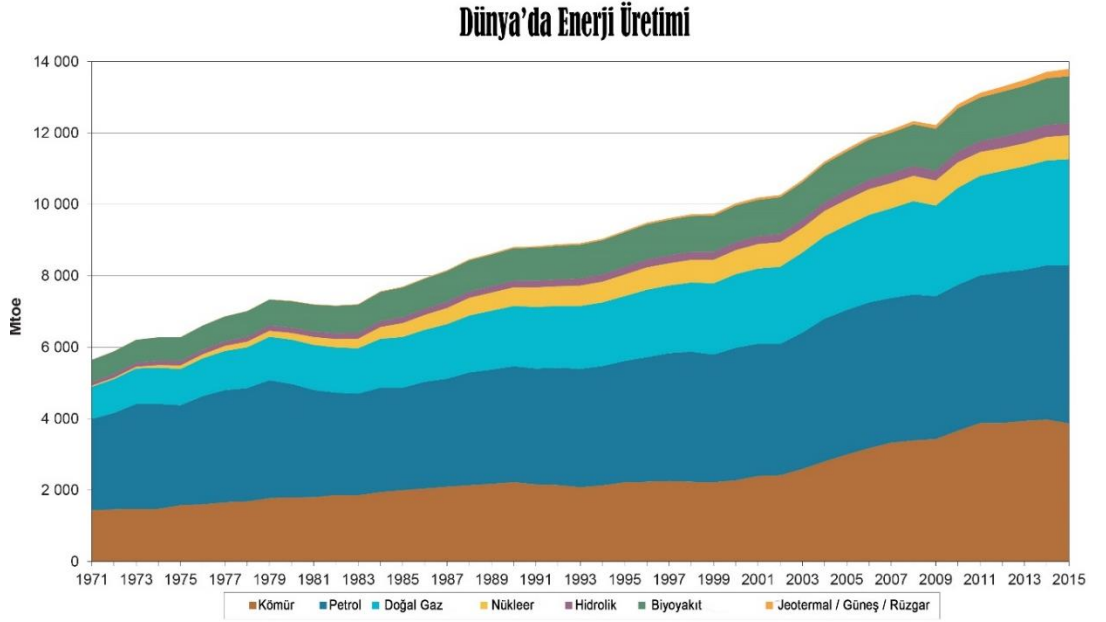
Tablo 2.3 Enerji Kaynakları Potansiyeli



Kaynak: ETKB

1990-2008 yılları arasında yapılan ölçümlere göre dünya nüfusunu %27 artarken, enerji kullanımının kişi başına ortalama %10 arttığı görülmüştür.(EIA, 2010) Wikipedia'ya göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının yıllık potansiyeli Güneş enerjisi 438,000 TWh, rüzgar gücü 180,000 TWh, hidrogüç 14,000 TWh buna karşılık petrol 48,204TWh, kömür 38,497TWh, gaz 30,134 TWh olarak verilmektedir. (Wikipedia, 2017) Bu veriler ışığında Tablo 2.4'te yer alan Dünya üzerinde üretimleri yapılan enerji kaynakları grafiği ortaya çıkmaktadır.

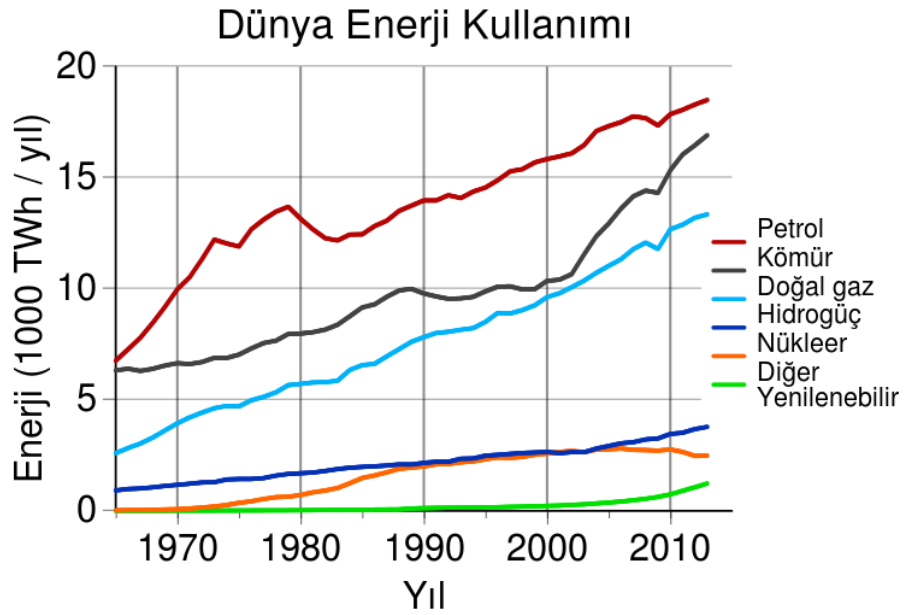
Tablo 2.4 Dünya Genelinde Enerji Üretimi Grafiği



Kaynak: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/>

Bu verilere göre güneşin en fazla potansiyele sahip enerji kaynağı olduğu söylenebilir. Ancak, Tablo 2.5'te yer alan, dünya enerji kaynakları kullanımı, bu potansiyelden yeterince yararlanılmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 2.5 Dünya Enerji Kullanımı



Kaynak: http://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_enerji_t%C3%BCketimi

Güneş enerjisinden yararlanmak için kolektörler, ısı pompaları gibi birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler, “Güneş enerjisi sistemleri” adı altında toplanır. Güneş enerjisi sistemleri içerisinde, dünya üzerinde en çok adı geçen sistemler aktif ve pasif sistem sınıflandırılmalarıdır. Aktif ve pasif sistemler mimaride güneşten yararlanma şekilleridir. Aktif veya pasif olarak isimlendirilmelerinin sebebi herhangi bir mekanik gereçlere ihtiyacı olup olmamasına göre sınıflandırılmıştır. Her iki sistemde beraber veya ayrı olarak kullanılabilirlerdir.

2.1.Pasif Sistemler

Pasif sistemlerin başlangıcı yeni değildir. MÖ 470-399 yılları arasında Sokrates’e ait olan Megaron evi pasif sistemlerin başlangıcını gösteren bir ev niteliğindedir. Bu ev güneşin yönüne göre yapılmış, araziye göre konumlandırılmış ve evin odaları güneşe göre yönlendirilmiştir. Tam olarak pasif ev diyebileceğimiz ilk evlerin 2500 yıl önce eski Yunanlılar tarafından uygulandığı görülmüştür. Planlı olarak şehirleşmiş, iklime göre elverişli oturma alanları için özenle yönlendirilmiş ve biçimlendirilmiş evler yapılmıştır.(Karıptaş ve Boduroğlu, 2009; Tokuş, 2003) Birkaç yıl sonra güneş enerjisi kullanımı Roma’da hamamların ısıtılmasında kullanılmıştır. Yakın tarihe gelecek olursak 1940 yılında ilk kez mimar Georg Fred Keck ilk modern pasif güneş evini tasarlamıştır (Şekil 2.1.). Örnek alınan bu bina aynı yüzyıl içerisinde başka binalarda uygulanmıştır.

Son yüzyılda kaynakların tükenmesi göz önüne alındığında alternatif güneş enerjisine yönelim tekrardan başlamıştır. Bu sebepten dolayı günümüze kadar gelişerek devam eden pasif sistemler özellikle güneş enerjisi bakımından tükenmeyen ve maliyeti olmayan bir enerji kaynağıdır.



Kaynak: <http://solarhousehistory.com/blog/2013/4/21/80-years>

Şekil 2.1 Georg Fred Keck’in İlk Modern Pasif Güneş Evi, Chicago

Pasif sistemler binaların tasarım halinde iken yapılması sonradan binaya eklenmesi durumu olmayan sistemlerdir. Bu nedenle mimari tasarım sürecinde pasif sistem unsurlarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Herhangi bir mekanik-teknik elemana gerek duyulmadan binanın yeri, diğer binalara göre konumu, formu, bina kabuğu gibi özelliklerle mimari olarak yapılan sistemlerdir. Pasif sistemler genel olarak bir binanın güneş ile temasında herhangi bir mekanik veya elektrik sistemine bağlı olmaksızın yapı elemanlarıyla birlikte oluşan düzene denir. Bu sayede ısıtma, soğutma ve havalandırma gibi ihtiyaçlar için gereken enerji, pasif sistemlerle %90'a kadar düşmektedir. Bu verimi sağlayabilmek için bazı önemli faktörler vardır. Bu faktörler doğal ve yapma çevre olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal çevre olarak bölgenin iklim ve coğrafi özellikleri göz önüne alınırken, yapma çevrede binanın yeri, çevredeki diğer binalara göre konumu ve yönlendirilişi, binanın formu ve bina kabuğu pasif sistemleri oluşturabilmek için önemli faktörlerdir.

2.1.1. Doğal Çevre ile Oluşan Pasif Sistemler

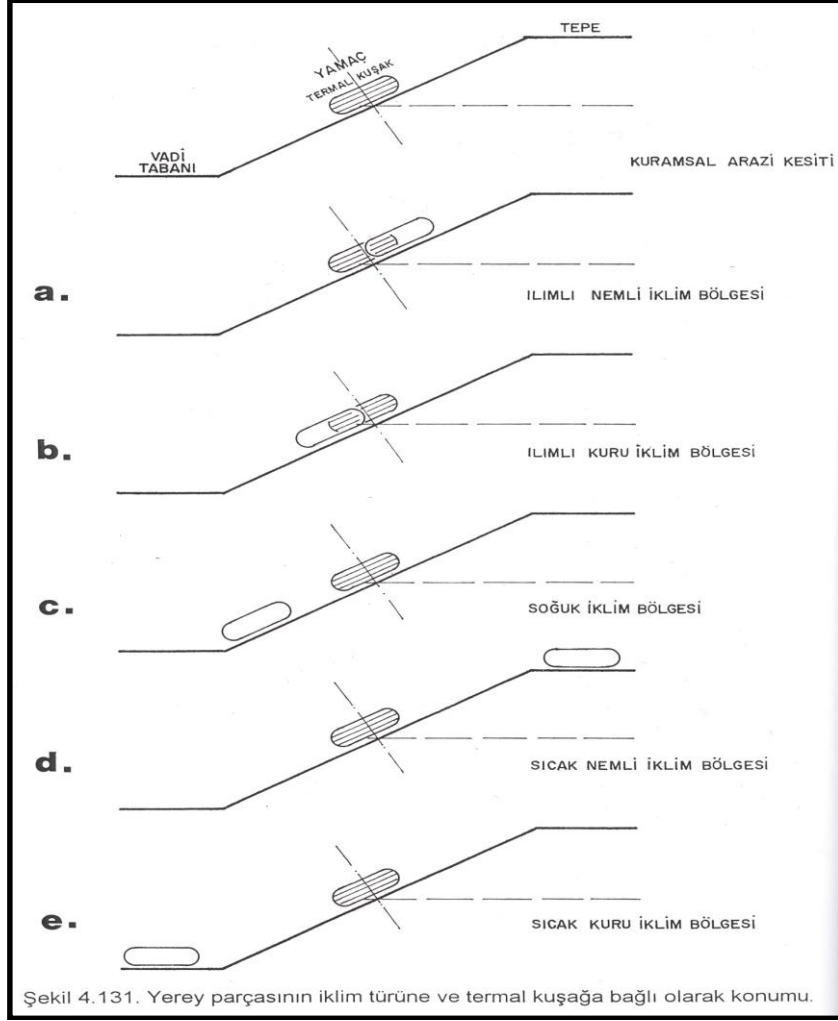
Pasif sistemleri belirleyen doğal faktörler, bölgenin bulunduğu enlem ve boylama, deniz seviyesine olan yükseklikleri, hava sıcaklığı, güneş ışınım şiddeti, fiziksel çevre, iklim, nem ve rüzgar olarak sayılabilir. Bu etkilere göre mekanın konforlu, iç hava kalitesi yüksek ve maliyeti düşük olabilmesi için en az enerjiyle mekanın pasif olarak işlemesi önemlidir.

2.1.2. Yapma Çevre ile Oluşan Pasif Sistemler

Doğal olarak oluşmayan insan yardımıyla değiştirilen çevreye “yapma çevre” denir. Mekanik gereçler yardımı olmadan binaların doğal olarak ısınması veya havalandırılması için tasarım aşamasında bilinçli bir şekilde rüzgar, güneş gibi faktörlere göre planlanması pasif sistemleri ortaya çıkarmaktadır.

İklimsel açıdan konforlu bir yapma çevre oluşturulmasında önemli unsurlar; binanın yeri, binanın diğer binalara göre konumu, binanın yönlendirilişi, bina formu ve bina kabuğu olarak sıralanmaktadır.

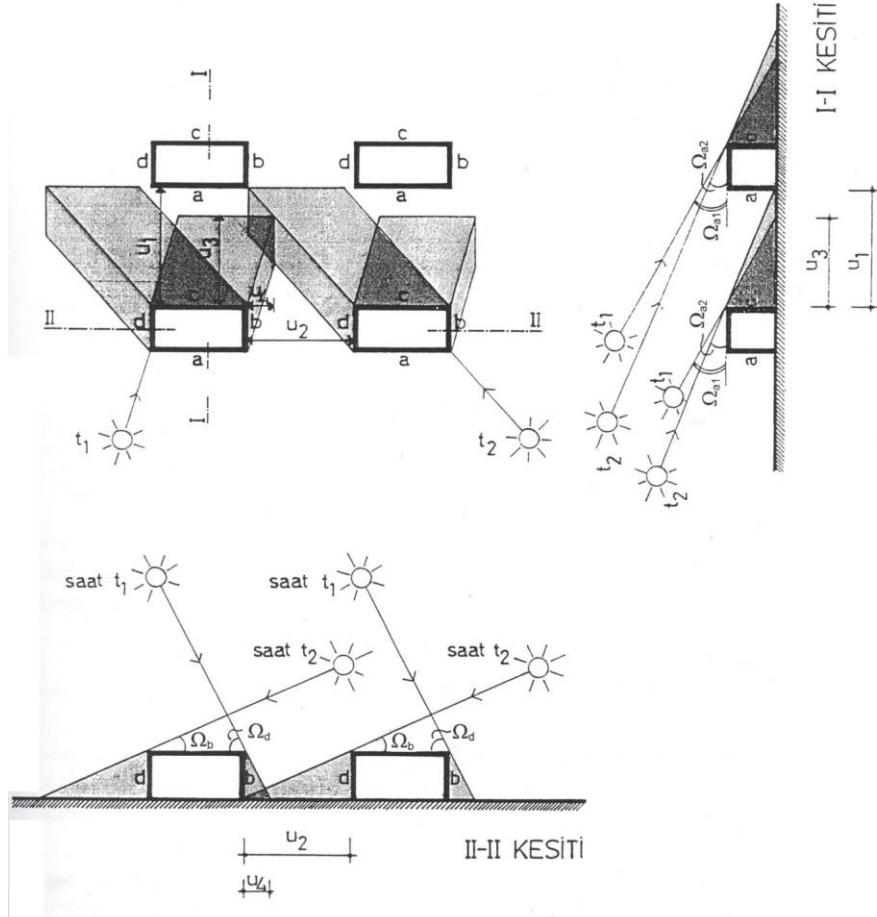
Binanın yeri; binanın performansını etkileyen binanın yeri, bulunduğu bölgenin iklimine, bulunduğu arazinin eğimine, konumuna, gelen güneş ışınlarının açısına ve yönüne bağlı olarak konumlandırılır. Bunu amacı bir bina sıcak iklimdeyse güneşin geliş açısını azaltmak istenirken soğuk iklimde tam tersi güneşi fazla almak için önemlidir.



Kaynak: F.Aksit Ders Notu

Şekil 2.2 İklimlere Göre Bina Konumu

Binanın diğer binalara göre konumu; bir binanın bulunduğu konum itibarıyla çevresindeki binaların gölgesi altında kalması güneş ışınları ve rüzgar engeline sebep olur. Bu durumda havalandırma sıkıntısı ve ısınma sorunları ortaya çıkmaktadır. Önceden planlanarak yapılması gereken çevredeki binaların yükseklikleri ve birbirleri arasındaki mesafeleri arasında gölge hesapları yapılması gerekir.



Şekil 4.130. Gölge alan derinliğinin ele alınan farklı saatlere göre değişimi.

Kaynak: .F.Akşit Ders Notu

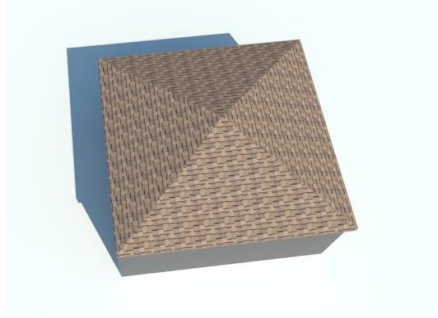
Şekil 2.3 Binanın Güneşe Göre Gölge Durumu

Binanın yönlendiriliş durumu; rüzgarı etkilemeyecek şekilde binaların konumlandırılması gerekmektedir. Bu sayede iç hava kalitesini olumsuz etkilemeyen doğru havalandırmalar yapılır.

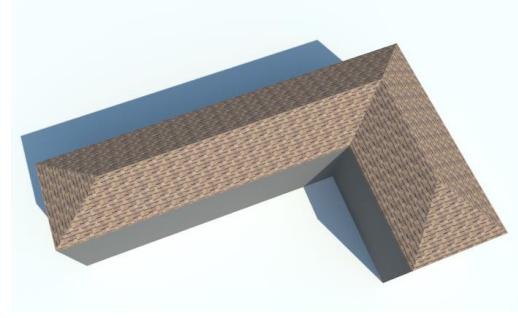
Bina formu; binanın bulunduğu iklime göre enerji kaybını önlemek için bina formu değişmektedir. İklim bölgelerine bakılacak olursa;

Soğuk bölgelerde rüzgâr cephesini en aza indirebilmek için Şekil 2.4'da görüldüğü üzere, dış yüzeylerin olabildiğince küçük alanlar olabilmesi için kare veya kareye yakın binalar yapılması gerekmektedir.

Ilıman-Nemli bölgelerde ısınmın dağılması ve rüzgârı alabilmek için Şekil 2.5'da görüldüğü üzere, geniş yüzeyli dikdörtgen binalar yapılması gerekmektedir.



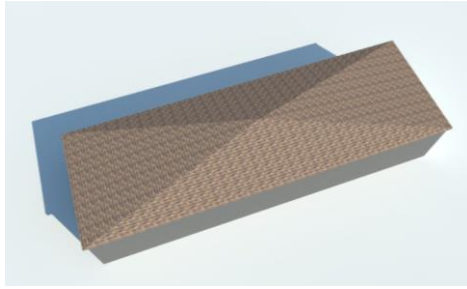
Şekil 2.4 Soğuk Bölge İçin İdeal Kare Form



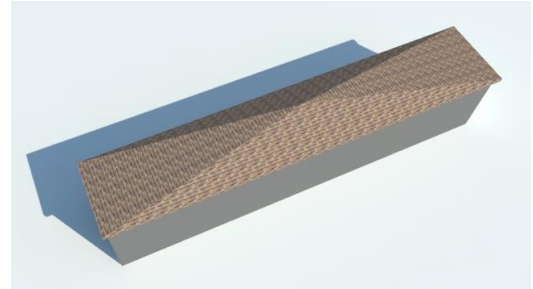
Şekil 2.5 Ilıman - Nemli Bölge İçin İdeal Geniş Dikdörtgen Form

Ilıman-Kuru bölgelerde rüzgârın istenmediği bir bölge olduğu için Şekil 2.6'de görüldüğü üzere, daha kareye yakın bina formları yapılması gerekmektedir.

Sıcak-Nemli bölgelerde rüzgarı alabilmek için Şekil 2.7de görüldüğü üzere açık yüzeyler ve dikdörtgen binalar kullanılması gerekmektedir.

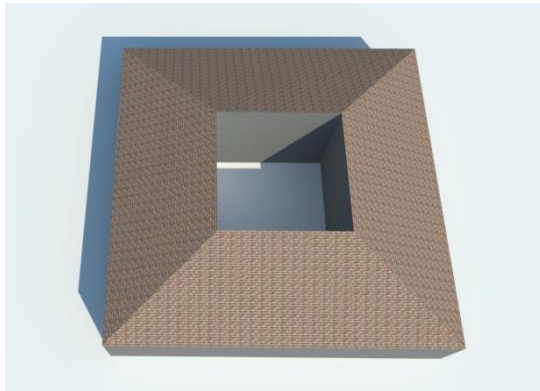


Şekil 2.6 Ilıman - Kuru Bölge İçin İdeal Dikdörtgen Form



Şekil 2.7 Sıcak - Nemli Bölge İçin İdeal Dikdörtgen Form

Sıcak-Kuru bölgelerde rüzgarı kapatmak için avlulu ve kare formlar tercih edilmesi gerekmektedir.

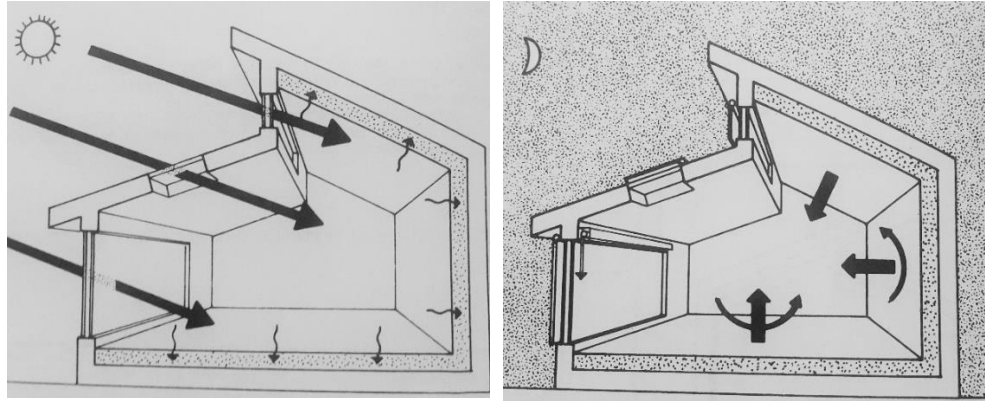


Şekil 2.8 Sıcak - Kuru Bölge İçin İdeal Kare Form

Bina kabuğu; bina kabuğu ısı kazancı ve kaybındaki iç ve dış havadaki dengeyi sağlayarak yıllık enerji giderlerinin en aza indirgenebilmesi için önemlidir. Bina formunda önemli olan iki etken vardır. Bunlar, Optik ve termofiziksel özelliklerdir. Optik özellikler malzemenin karakteristik özelliklerini gösterirken termofiziksel özellikler ısıyla birlikte malzemedeki değişiklikleri göstermektedir.

Yapma çevre ile oluşan pasif sistemler, enerji kazandırma yöntemlerindeki farklılıklara göre doğrudan kazanım, dolaylı kazanım, izole edilmiş kazanım ve termosifon sistemleri olarak 4 ayrı başlıkta ele alınabilir.

Doğrudan kazanım sistemleri, güneş ışınlarını direkt olarak yapı kabuğundan içeriye alan sistemlerdir. Bu sistemler gelen güneş ışınlarını, ısı kazancına dönüştürerek ısınmanın istendiği dönemde eşit ısı verir, ısınmanın istenmediği dönemde ise güneş kontrolü gerektirmektedir. Çatı açıklıkları bu duruma örnek verilebilir. Güney cepheye gelen güneş ışınlarının yetersiz olması ya da yerleşim bölgesine göre yeterli ışık girememesi sebebiyle tercih edilen bir doğal havalandırma sistemidir.

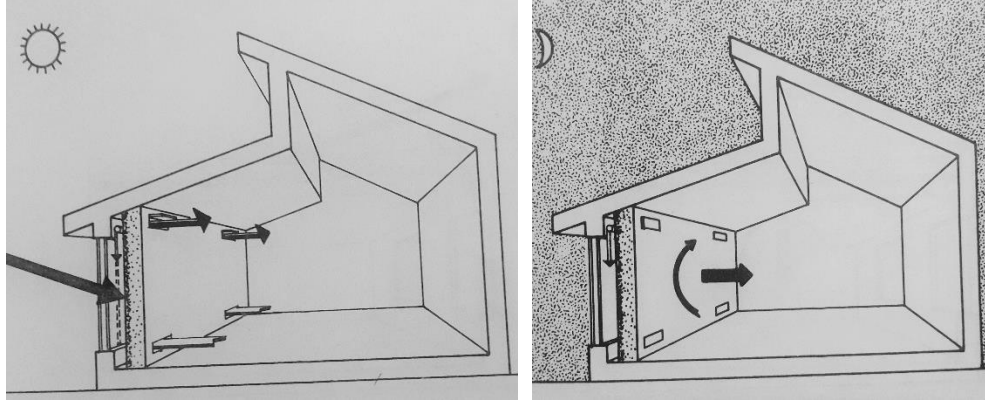


Kaynak: Wachberger, 1988:16

Şekil 2.9 Gece Ve Gündüz Çatı Açıklıkları

Dolaylı Kazanım Sistemleri; güneşi doğrudan ısı depolayan bir kütleden alarak yaşam alanlarına kütle vasıtasıyla dağıtımının veya depolanmasının yapılmasıdır. (Gemicioğlu, 2011) Trombe duvarı çatı havuzları ve ışık tüpleri dolaylı kazanım sistemlerine örnek gösterilebilir.

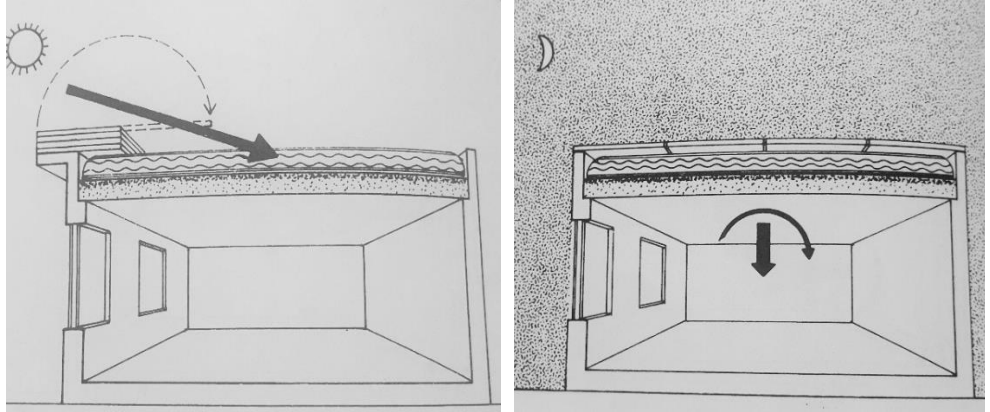
Trombe Duvarları (Güneş Duvarları), yapılarda güney tarafında bulunan duvarın boşluk bırakılarak cam ile örtülmesi ile oluşan bu sistemde duvar ile cam arasında oluşan ısı difüzyon ile veya duvarın üzerine açılmış olan kapakçıklar mevcut ise o kapakçıklar yardımıyla sıcak hava mevcut mekana doğru yayılmaktadır. Bu sistem yapılırken mevcut duvar kalınlığı, malzemesi, güneşin geliş açısı önem taşımaktadır. Maksimum fayda sağlayabilmek için bu faktörlerin ısı tutma potansiyeline sahip olmaları gerekmektedir.



Kaynak: Wachberger, 1988:17

Şekil 2.10 Gece Ve Gündüz Güneş Duvarları

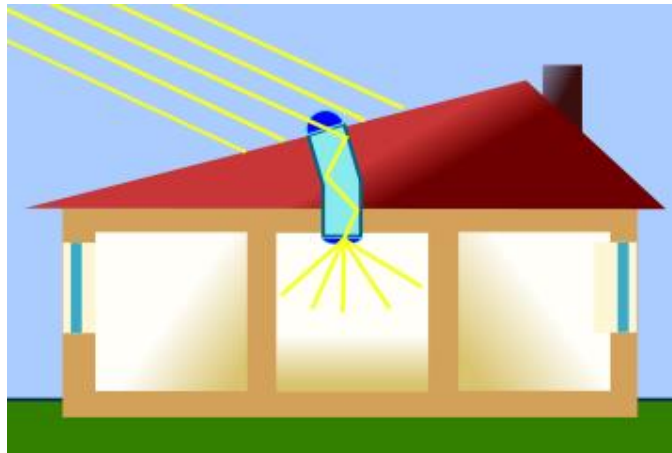
Çatı Havuzları: bu sistemler güneş ışınları ile birlikte içinde su bulunan cam, plastik veya fiberglass kaplarla depolanmış olan sistemin mekanı kış aylarında ısıtma yaz ayları ise soğutma etkisi sağlamaktadır.



Kaynak: Wachberger, 1988:18

Şekil 2.11 Gece Ve Gündüz Çatı Havuzları

Işık Tüpleri: gün ışığının olduğu saatlerde aynalar ile kaplı bir borunun çatıdan kapalı mekana doğru uzanarak ortamı güneş ışığıyla aydınlatmasıdır.

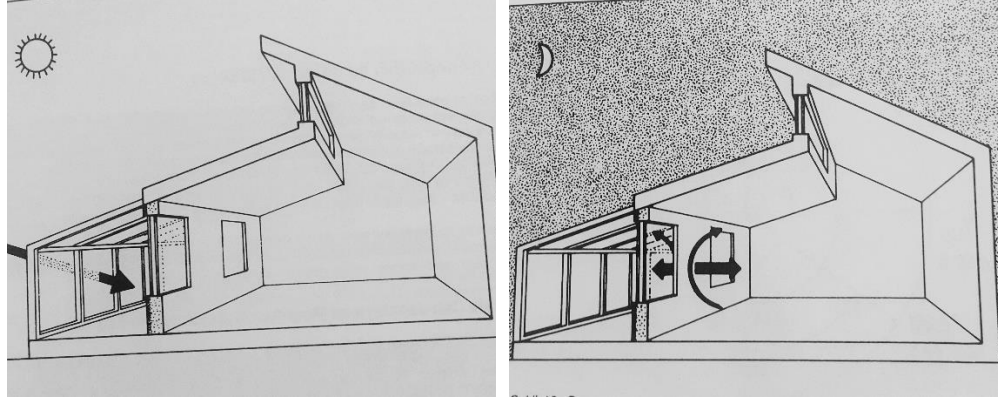


Kaynak: Ekoyapı, 2017

Şekil 2.12 Işık Tüpleri

İzole Edilmiş Kazanım Sistemleri; Yapı kabuğuna dışarıdan eklenen ikinci bir yapıyla oluşan sistemlerdir. Cam veya saydam bir kabukla örtülü hacimlerdir. Kış bahçeleri bu duruma örnek olarak verilebilir.

Seralar (Kış Bahçeleri): güneye yerleştirilen mekanların önlerine bağımsız bir hacim konularak ısının difüzyonla diğer hacme eşit olarak geçmesini sağlamaktadır. Kış bahçesi ile mekanın arasına hava akımı yolu ile ısı geçişi sağlanmaktadır.

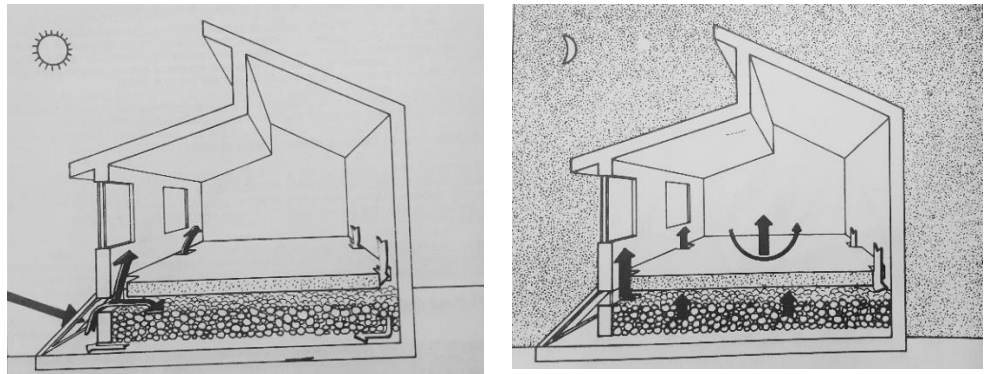


Kaynak: Wachberger, 1988:19

Şekil 2.13 Gece Ve Gündüz Seralar

Çift Kabuk Cephe Sistemleri: birbirine belli bir mesafeleri olan iki camın iç ile dış mekan arasındaki enerji harcamalarını kontrol etmektedir. Çift kabuk cephe olan sistemler fazla ısınma ve aydınlatma kontrolü için gölgeleme elemanları ile kullanılabilirler.

Termosifon Sistemleri; Isıtma için kullanılan bu sistemler güneşi toplayan bir sistemle alınarak ısıyı odaya eşit bir şekilde yaymaktadır. Termosifon toplayıcılar ya evin duvarı içine gömülü ya da evin aşağısında bir kotta arsa üzerine yerleştirilmiş olarak yapılmaktadır. Trombe duvarı ile aynı işlevi görmektedir. Amaç sürekli akım oluşturmaktadır.



Kaynak: Wachberger, 1988:19

Şekil 2.14 Gece Ve Gündüz Termosifon Sistemleri

Tüm bunlar dışında önemli olan bazı elemanlarda vardır; yalıtımın yapılması, cam, gölgeleme, yansıtıcılar da bina için önemini göstermektedir.

Yalıtım; ısı geçirmemesi için yapılan malzemelerdir. Özellikle soğuk bölgelerde ısı kaybını önlemek, sıcaklarda ise ısı kazanımını düşürmek için kullanılmaktadır.

Cam; güneş ışınlarını geçiren bir madde olan cam pencere boyutları olarak önem taşımaktadır. Bir pencerenin tasarımı ve yönlendirilmesi oldukça önemlidir.

Gölgeleme donatıları; sıcak havalarda istenmeyen fazla ışınları engellemek için binayı serin tutma görevi vardır. Rüzgarı keserek kışın soğuk etkisini azaltır. Çatı saçakları bu duruma örnektir.

Yansıtıcılar; ısı kazanımını yükselten, yüksek yansıtıcılık özelliği olan bir sistemdir. Pencere önleri için şemsiye görevi görürler.

Termik maddeler; binada beton, taş, su gibi ağır malzemeler ısıtma ve soğutmada ısı enerjisinin depolanmasına yardımcı olurlar.

Bu faktörler dışında pencere boyutları, kullanılan cam çeşitleri, iç mekanda malzeme seçimi, ortamı nemlendirmek için su elemanlarının mekanda kullanımı pasif sistemlere yardımcı olurken ısı yalıtımının yapılmaması, farklı malzemelerin yan yana gelmesiyle oluşan ısı köprüleri, hava sızdırması yapma gibi sebeplerde enerji kaybına yol açabilecek faktörler arasında görülmektedir.

2.2.Aktif Sistemler

Güneşten gelen enerjiyi mekanik ve teknik elemanlar ile elektriğe veya ısıya dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemler güneşin enerjisini kullanarak çalışma ilkelerine göre 2'ye ayrılmaktadır. Kolektörler ve fotovoltaikler olarak ayrılan bu sistemlerden kolektörler güneşten gelen enerjiyi suyu ısıtmak, fotovoltaikler ise gelen enerjiyi elektriğe döndürmek için kullanılırlar.

Aktif sistemler herhangi bir elemana bağlı olduğu için tasarım aşamasında yapıya dahil edilmesi gerekmektedir. Eğer yapıya sonradan dahil edilecek olurlarsa (ek strüktürler ile) yapı olarak bütünleşmemiş ve estetik bakımdan yapı bütünlüğünü bozmaktadır.

2.2.1. Kolektörler

Güneş enerjisi ile ısıtma sistemi olan kolektörler (toplaçlar) güneşten aldıkları ışınımlardan elde ettiği ısıyı su veya akışkan maddelere iletip kullanmaya hazır hale getiren sistemlerdir.

Güneş kolektörleri çift cam bir üst yüzey, cam ile emici tabaka arasında bırakılan boşluk, metal ya da plastik emici tabaka, arka ve yan kısımlarda yalıtım tabakası ve bütün bu bölümleri içine alan kasadan oluşmaktadır.



Kaynak: <http://www.thesisat.org/duz-yuzeyli-gunes-enerjisi-kollektorleri.html>
Şekil 2.15 Kollektörü Oluşturan Elemanlar

Güneş ışınları kollektör üzerindeki emici yüzeyi ısıtır ve bu yüzeyle bağlantılı olan borular içindeki sıvının ısınmasını sağlar. Isınan bu sıvı bir pompa vasıtasıyla su deposuna aktarılır ve bu depoya bağlı kullanım suyunu ısıtır. (Yeşil Bina Dergisi, b.t.)

Kollektörler yapılarda güneş duvarı oluşturacak şekilde duvarlarda, çatılarda, yapıdan dışarda olacak şekilde yerleştirilebilir. Eğer kollektörler duvarlarda kullanılacaksa var olan mekana güneşin girmesini engellemek için pencere açılması gerekmektedir. Çatıda kullanımın daha kolay ve daha fazla kullanımı söz konusu olduğu için çatıda ise dikkat edilecek olan aşırı kar yükünün olması ihtimaline karşı dikkat edilmesi gerektirir.

2.2.2. Fotovoltaikler (PV)

Fotovoltaik sözcüğü, Yunanca'da ışık anlamına gelen "phos" ve ünlü İtalyan bilim adamı Allesandro Volta'nın soy isminin birleşiminden oluşmaktadır.

Fotovoltaik sistemler güneşten gelen ışınları alıp kendi hücrelerinde elektrik enerjisine çevirmesini sağlayan sistemlerdir. Fotovoltaik bu konuda yapılan çalışmalara verilmiş genel bir isimdir. Fotovoltaikler birçok alanda enerji kazancı sağlamaktadırlar. Günlük hayatta kullanılan eşyalardan binalara kadar geniş kullanma alanları bulunmaktadır.

Bu sistemlerin kullanımları oldukça basit ve kullanışlıdır. İlk yatırım maliyetlerinin fazla olmasından dolayı kullanımları çok az ve kısıtlı olan bu sistemlerin kullanımlarını çoğaltarak ve tasarım aşamasında yapıp daha bilinçli binalar yaparak güneş, su ve rüzgar gibi yenilenebilir enerjileri doğal olarak kullanımları yapılabilmektedir. Fotovoltaik paneller binalara tasarım halinde iken dahil edilebilirken sonradan eklenip çatı, cephe, gölgeleme elemanı olarak da kullanılabilir.

1992 yılından başlayarak fotovoltaik paneller üretimi ve kullanılmasında büyük bir patlama yaşanmaya başlanmıştır. Bunun en önemli nedeni 1992 yılında yapılan Rio çevre zirvesinde hava kirlenmesinin denetlenmesi gereğinin

birçok ülke tarafından kabul edilmesidir. Bu anlaşma ile birçok ülke havadaki CO2 gazının kontrol edilmesini kabul etmiştir. Özellikle Avrupa birliği ülkeleri 1993 yılında aldıkları kararlarla öncelikle fosil yakıt kullanımının sınırlandırılmasına ve alternatif enerjinin teşvik edilmesine karar vermişler ve uygulamaya başlamışlardır. Bu kararlar sonunda diğer alternatifler gibi güneş pili uygulamalarda hızlandı. Avrupa Birliği ülkeleri 1993 yılından başlayarak güneş pilleri üretimini özendirilmektedir. Bu teşvikler ülkeden ülkeye değişmekle birlikte %30 ila %60 gibi oldukça yüksek oranlardadır. Avrupa Birliğinin bu yola girmesindeki en önemli neden Rio zirvesine uyararak temiz enerjilere yönelme iradesini göstermesidir. (Göksu, 2010:84) Bir başka örnek de Çin’de 12 tane güneş pili fabrikası 3000 tane rüzgar santrali bulunmaktadır. (Göksu, 2000: 84) Geleceğine yatırım yapan bu ülkelerin yanında Türkiye’nin bu büyük avantajını kullanması gerekmektedir.

2.3.Dünyada Fotovoltaik Panel Kullanımı

Coğrafi konum, radyasyonun yıllık miktarı üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Bu nedenle, coğrafi konum fotovoltaik paneller için önemli bir etkiye sahiptir, ancak yapı ve böyle bir sistem için uygun olan toprak, uygun bir yönelim ve eğim açısı veya bir gölgelemenin engel olması fotovoltaik panellerin verimlerini ve bölge verimlerini etkilemektedir. Ayrıca bölgelere göre değişen nem, kışın bulutlu geçen saatler ve yıllık güneşlenme miktarı da her coğrafyada değişmektedir. Kurulacak fotovoltaik panellerin bulunduğu konumdaki hava şartlarına göre de elektrik üretim verimi değişmektedir.

Ülkelerde karşılaştırmalı yıllık radyasyon miktarı ile birlikte kurulan kapasiteler Tablo 2.6’da belirtilmiştir. Gelişmiş ülkelerde her yıl daha da artan kapasite fazla olan enerjinin de diğer güneş alamayan ülkelere satılmasına ve fosil yakıtların kullanımlarına en aza indirilmesine yardım etmektedir.



Kaynak:<http://www.weforum.org/agenda/2017/06/china-worlds-largest-floating-solar-power>

Şekil 2.16 Yüzen Fotovoltaik Paneller, Çin

Günümüzde güneş tarlaları, bina uygulamaları derken artık sadece kara üzerinde değil 2017 yılında deniz üzerinde yüzen fotovoltaik paneller de Çin’de uygulanmaya başlamıştır. Su üzerinde panellerin olması hem Çin’de artan nüfusu etkileyecek boş karasal alanların kullanımını engellemeyecek hem de panellerde oluşan aşırı sıcaklıkları su üzerinde olmasıyla düşürmek hedeflenmiştir. Suyun yüzeyinde kullanılan panellerin su kaynaklarının buharlaşmasını da engellediği ve uzun süreli performans sağladığı görülmüştür.

Tablo 2.6 Ülkelerin Fotovoltaik Panel Kullanımı Açısından Karşılaştırılması

	2015 Yılı Güneş Pili Üretme Kapasitesi (MW)	Toplam Güneş Üretim Kapasitesi (MW)	2015 Yılında Toplam Güneş Enerjisi Tüketimi (GWh)	2014 Yılında Toplam Güneş Enerjisi Üretimi (GWh)	2015 yılında toplam kurulu güç üreten kapasitede güneş enerjisi payı (%)	Teşvik
ALMANYA	39634	39636	38432	36056	17,2%	Sermaye yardımı
ÇİN	43050	43062	39200	25007	18,9%	Sermaye yardımı
JAPONYA	33300	33300	30915	26534	15,4%	Sermaye yardımı
İTALYA	18910	18916	25205	22319	8,2%	Sermaye yardımı
AMERİKA	25540	27317	39000	24603	11,1%	Arz Projeleri
İSPANYA	4832	7132	13874	13673	2,4%	Sermaye yardımı
YUNANİSTAN	2596	2596	3503	3792	1,1%	Sermaye yardımı
İSRAİL	766	772	1048	770	2,2%	Sermaye yardımı
MALTA	60	60	0	68	0	Sermaye yardımı
TÜRKİYE	249	249	250	17	0,1%	Sermaye yardımı

Kaynak: Renewable Energy Data Book, 2015

Tabloda verilen değerlere bakıldığında güneşten enerji üretim kapasitesi ve tüketim kapasitesi karşılaştırmaları yapılmıştır. Türkiye’nin durumu bu tabloya göre oldukça düşüktür. Üretim yapılacak kapasitenin az olması var olan potansiyeli kullanmayı engellemektedir. Türkiye kadar gelişmesi gereken bir ülkede Malta’dır. Güneş potansiyeli açısından verimli bir bölge olmasına rağmen yeteri kadar kurulu güç olmadığı görülmektedir. Diğer ülkeler

incelenecek olursa, Çin 43 bin MW güneş enerjisinde kurulu güce sahip olmasından dolayı dünyada lider konumdadır. Çin'den hemen sonra Almanya 40 bin MW ile dünya sıralamasında lider olmuştur. 33 bin MW ile Japonya'yı, 25 bin MW kurulu güce sahip olan Amerika takip etmektedir.

Avrupa'da güneş enerjisindeki toplam kurulu güç açısından Almanya'yı 19 bin megavatla İtalya ve 5 bin 400 megavatla İspanya izlemektedir. Avrupa'nın elektrik ihtiyacının yüzde 4'ü 2015 yılında güneş enerjisinden karşılanmış, İtalya, Almanya ve Yunanistan, enerjisinin yüzde 7'sini güneşten sağlamıştır. Güneş enerjisi potansiyeli yüksek olmasına rağmen beklenen kurulumun yapılamadığı Türkiye'de, kurulu güç sadece 209 megavat düzeyinde kaldı. (TRT Haber, 2016) Almanya'nın yıllık ortalama güneş ışımaya değeri 950 – 970 kWh/m², Türkiye'nin 1.527 kWh/m², hatta güney bölgelerinin 1.750 – 1.850 kWh/m², yani Almanya'nın neredeyse iki katıdır. Türkiye'nin toplam güneş enerji potansiyeli 500 TWh, yani 2008 yılındaki toplam enerji üretiminin 2,5 katı. Bu enerji, 350 GW'lık güneş enerji santrali veya 74 GW'lık kömür santrali gücüne eşdeğerdir. Yine bu enerji 42,5 Milyar ton petrole ve kömür yakılması durumunda açığa çıkacak olan 483 milyon ton karbondioksit eşdeğerdir.(Gülbahar, 2009)

Sadece güneş panelleri değil aktif sistemlerden olan kolektörler içinde incelenecek olursa, en fazla güneş kolektörü olan ülke 15 milyon m² ile ABD'dir. Bunu 9-10 milyon m² ile Japonya ve Türkiye izlemektedir. Yunanistan önemli güneş kolektörü kullanıcıları arasında yer almaktadır. Yunanistan'da kurulu miktar 2 milyon m², Almanya'da 1 milyon m², İsrail'de kurulu güç 2,8 milyon m²dir. Bu sıralama içerisinde Türkiye 10 milyonm² kurulu güneş kolektörleri ile son derece iyi bir yerde bulunmaktadır. Ancak kurulu alan miktarının nüfus ile orantılanmakta fayda vardır. Bu açıdan bakılacak olursa kişi başına düşen güneş kolektörü alanı olarak dünyada en çok kullanım 0,55 m²/kişi ile İsrail ve 0,2 m²/kişi ile Yunanistan izlemektedir. Ülkemizdeki durum ise 0,15 m²/kişi ile bu ülkelerin gerisindedir.(Yerebakan, 2010: 62)

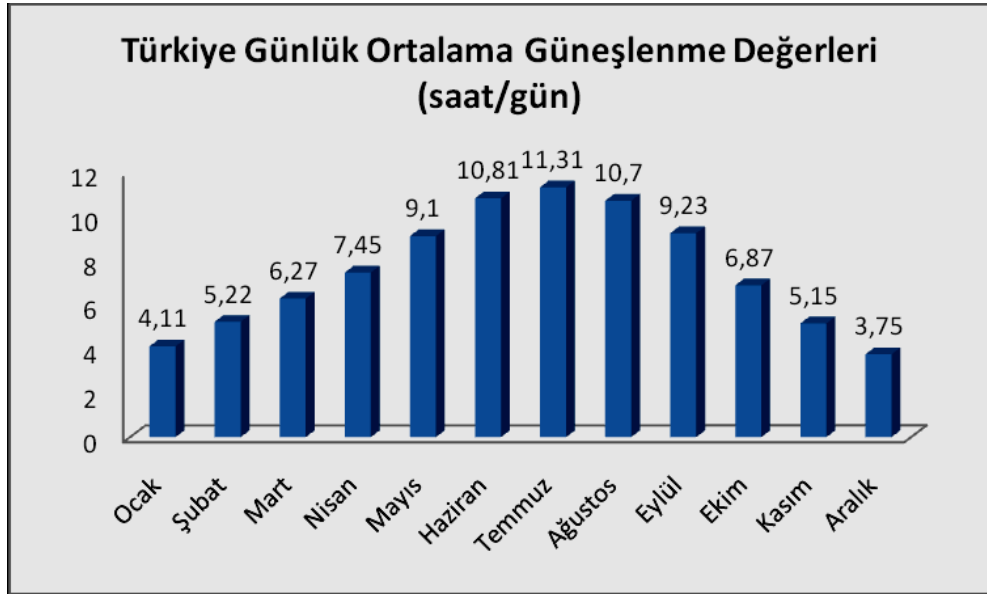
Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metrekaresinden ortalama olarak 1.100 kWh'lık güneş enerjisi üretebilir.(Wikipedia, 2017)



Kaynak: <http://www.busene.com/tag/enerji>
Şekil 2.17 Dünya Güneş Işınım Haritası

Yukarıdaki haritada gösterildiği üzere ülkelere göre güneş ışınım (radyasyon) alanları gösterilmiştir. Güneş ışınımı yani radyasyon güneşten yeryüzüne doğru yola çıkan enerji olarak dünyaya doğru hareket etmektedir. Dünya atmosferini kat ederek yeryüzüne 8 dakikada da ulaşmaktadır ancak dünya eksenine ve dünyanın dönüşüne bağlı olarak ışınım şiddetleri değişmektedir. Işınım şiddeti fazla olan alanlar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Sarı ve yeşil renkli alanlar ise az güneş ışınımı aldığını göstermektedir. Haritaya baktığımızda özellikle Akdeniz bölgesinde bulunan ülkelerin fazla güneş ışığı aldığı görülmektedir. Bu durumda Türkiye'nin diğer Avrupa ülkelerine göre daha avantajlı olduğu ve güneş enerjisini en fazla kullanabilecek ülke olması gerekmektedir. Fakat şu anki duruma bakılacak olursa Türkiye'deki durum Avrupa'daki kullanımlara göre oldukça geridir. Türkiye'deki en az güneşlenme süresine sahip Karadeniz bölgesi ile Avrupa bölgelerinin aynı renkte olduğu görülmüştür. Birçok Avrupa ülkesi ve başta Almanya olmak üzere güneşten elektrik üretimini son yıllarda bin katı arttığını göstermiştir. Bu artışın önümüzdeki senelerde de hızla artacağı görülmüştür. (Göksu, 2013) Bu sebepten dolayı Almanya gibi güneşlenme süresi az olan ülke için çoğu binada uygulanmasını örnek olarak Türkiye'nin her bölgesindeki binalar için uygulama yapılabileceği görülmektedir. Türkiye'nin bu avantajını kullanarak dışa bağımlılığın azaltılması, çevreyi koruyan ve ekonomik bir ülke olmanın önünü açacaktır. Güneşi binalarda kullanabilmek ve tasarım aşamasında düşünülmesi gereken pasif ve aktif sistemleri binalara uygulayabilmek daha ekonomik olmakla birlikte çevreye de zarar vermeyecektir.

Tablo 2.7 Türkiye Günlük Ortalama Güneşlenme Değerleri



Kaynak: https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_enerji_t%C3%BCketimi

Küresel yatay radyasyon

Türkiye

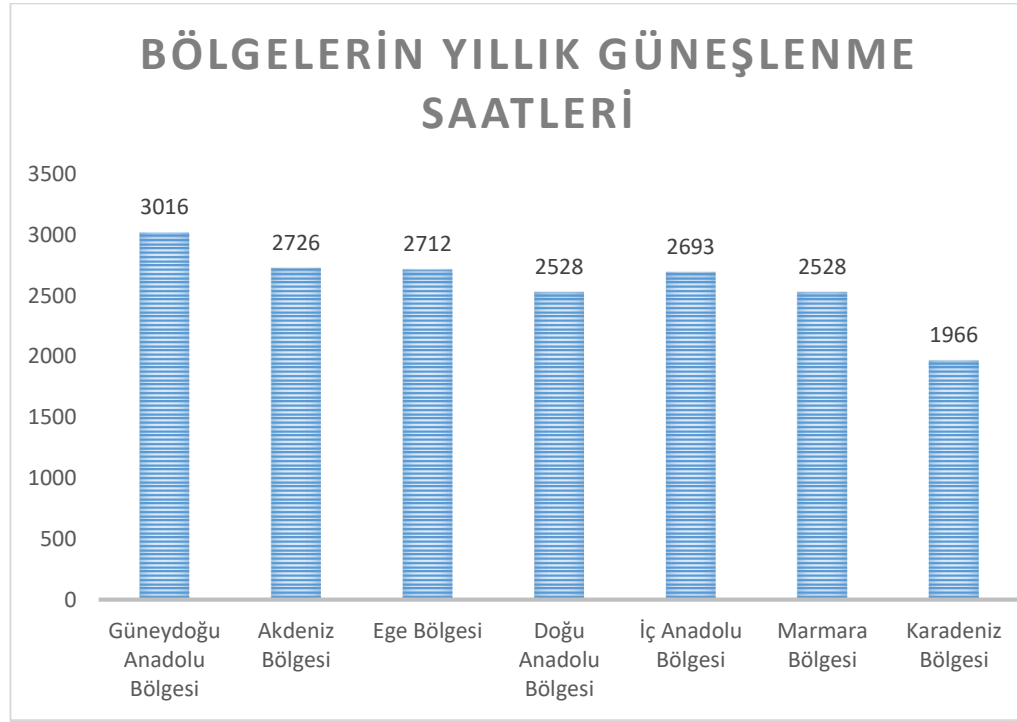


Kaynak: <http://www.sosyal-bilgiler.com/blog/turkiye-kuresel-yatay-radyasyon-haritasi>

Şekil 2.18 Küresel Yatay Radyasyon

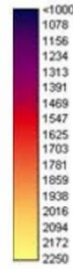
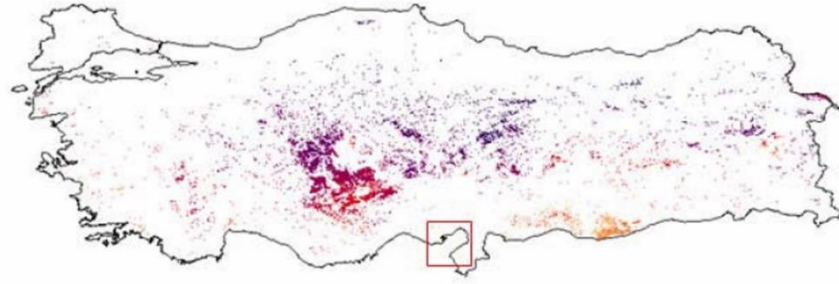
Bu haritaya göre toplam güneşlenme süresi yönünden en zengin bölge Güneydoğu Anadolu olup, bunu sırasıyla Akdeniz, Ege, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Marmara ve Karadeniz Bölgesi izlemektedir. Ortalama değerler verilen aşağıdaki tabloda halen devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin tablodaki değerlerden %20–25 daha fazla olacağı öngörülmektedir. (Kırbaş ve diğerleri, 2013; Nukte, 2013)

Tablo 2.8 Bölgelerin Yıllık Güneşlenme Saatleri



Kaynak: Güneş Enerjisi Sektör Raporu, 2011

Türkiye’de ortalama yıllık güneşlenme süresi 2640 saat yani günlük toplam 7,2 saat, ortalama toplam ışınım şiddeti ise 1900 kWh/m² günlük toplam 3,6kWh/m² dir. Güneş enerjisi konusunda büyük bir potansiyele sahip olan Türkiye’de yıllık güneş enerjisi potansiyeli 380 milyar KWh düzeyinde bulunmaktadır. Bu miktar 56 bin MW doğal gaz santralının ürettiği enerjiye denk gelmektedir. Coğrafi konum itibariyle 200 günü güneşli geçen Türkiye’nin güney bölgelerinde şu anda güneş enerjisi kapasitesinden ancak binde 1 oranında yararlanılabiliyor. (Yerebakan, 2010: 82)



Doğrudan Normal Işık Şiddeti (KWh/M2a)



Kaynak: MED, 2015

Şekil 2.19 Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli Haritası

Akdeniz bölgesinde uygulamaların Türkiye için önemi büyüktür. Güneydoğu Anadolu'dan sonra en fazla güneşlenme oranına sahip olan Akdeniz bölgesi aldığı ışınımlara göre illerin en fazla hangi bölgelerde fotovoltaik sistemler kullanılacağına dair bilgiler Şekil 2.19'daki haritada renklere göre güneş radyasyonuna (ışınım) ilişkin bilgiler verilmiştir.

Güneş radyasyonu; Işınım veya radyasyon, bir kaynaktan çevreye enerji taşınımıdır. Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji emisyonu (yayımı) ya da aktarımı şeklinde ifade edilir.

Toplam (Global) Radyasyon; Direkt, Difüz(geçirgenlik) ve Albedo(yansıtılabilirlik) bileşenlerinin toplamına toplam (global) radyasyon denilmektedir. (YEGM, b.t.)

Türkiye’de fotovoltaik sistemlerin kurulum yerlerine göre yasak olan kullanılamaz alanların olduğu Şekil 2.19’da beyaz renkler ile görülmüştür. Bu alanlar bölgedeki olumsuz koşullara göre ortaya çıkmış kullanılamaz alanlardır.

Bu alanlar;

- Arazi eğimi 3 dereceden büyük olan alanlar
- Yerleşim alanları ile 500 m emniyet şeridi içindeki alanlar
- Kara ve demir yolları ile 100 m emniyet şeridi içindeki alanlar
- Havaalanları ile 3 km emniyet şeridi içindeki alanlar
- Çevre Koruma, Milli Parklar ve Tabiat Alanları ile 500 m emniyet şeridi içindeki alanlar
- Göller, nehirler, baraj gölleri ile sulak alanlar
- Koru Ormanları, Ağaçlandırma Alanları, Özel Ormanlar, Fidanlıklar, Sazlık ve Bataklıklar, Muhafaza Ormanları ve Arboratum (YEGM, b.t.)

2.4.Türkiye’de Güneş Enerjisi Uygulamalarının Teşviki

Ülkemizde bu alanda yatırım yapmak isteyen girişimcilerin desteklenmesi amacıyla yatırım teşvik belgesi lisanslar izinler alındıktan sonra ilgili kanun hükümlerine göre teşvik belgesinde KDV muafiyeti ve gümrük vergisi muafiyeti verilmektedir. Ayrıca devletin güneş enerjisinden elde edilen enerji satın alma garantisi vermesi teşvikler arasındadır. Devlet üretilen elektriğin her KiloWatt değeri için 13.3 cent ödeme yapmaktadır. Yerli yatırım kalemlerine göre de bu teşvik rakamı 15.4 cent olarak verilmekte ve halen devam ettiği söylenebilir. Ayrıca TKDK (Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu) ve IPARD (Avrupa birliği tarafından üye ve aday ülkeler için hazırlanmış olan bir kalkınma programı) birliği ile ayrıca belirlenmiş yatırım dönemlerindeki ve belirlenmiş yatırım bölgelerindeki yatırımlar için de % 55 tutarında da hibe verilmektedir. (şu anda Burdur da 2018 yatırım dönemi için % 55 hibe verilmektedir.) Türkiye’nin doğu bölgelerindeki yatırım bölgelerine göre bu hibe %70’e kadar çıkmaktadır.

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile 31/12/2020 yılına kadar işletmeye girecek her Güneş Enerjisi Santralinde (Tüm gerçek ve tüzel kişiler için) üretilen 1kWh elektriğin fiyatı belirtildiği üzere 0,133\$ dir. Devlet teşvikleri sayesinde elektrik satış birim fiyatı maksimum 0,20\$ olabilir. Sistem kullanım anlaşması imzalandığı tarihten itibaren on yıl süreyle yenilenebilir kaynak bazındaki destek fiyatlarından faydalanılabilecektir. Yerli Katkı İlavelerinin süresi ise beş yıl ile sınırlıdır. (1 MVA Güneş Enerji Santral Yapım Maliyeti, Anonim, b.t.).

2.5.Mevcut Bir Yapıya Fotovoltaik Panel Uygulanması

Fotovoltaik panellerin çatılarda uygulaması çatı malzemesi olarak veya çatının üzerine konulan ek strüktürlerle olmak üzere iki şekilde mümkündür. Çatı şekline göre, uygulanacak fotovoltaik hücreler de değişmektedir. Düz ve eğik çatılarda kristal silisyum kullanılırken eğimli veya eğrisel yüzeyli çatılarda ince film hücreler tercih edilmektedir.

Fotovoltaik panellerin mevcut bir yapıya uygulamaları ile yeni tasarlanan bir binaya uygulanmaları arasında farklılıklar görülmektedir. Yeni tasarlanan binalarda bir bütün olarak tasarlanan panellerin mevcut binalarda bina bütünlüğünü bozmaması gerekmektedir. Mevcut binaya vereceği ek strüktürler ile bina yükünü arttırmak ve bina estetiğini bozmak gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu durumdan dolayı her bir fotovoltaik panelin hücre çeşidine göre bina ile bütünleştirilmesi gerekmektedir.



Kaynak: <http://www.solar-bazaar.com/gunes.asp?id=285>

Şekil 2.20 İnce film Fotovoltaik Panellerin Çatıya Uygulanması

Mevcut çatı uygulamalarında çatı, eğik, katlanmış veya eğri yüzeyli ise genellikle çatının mevcut eğimi korunarak üzerine ince film fotovoltaik panel yapıştırma olarak kullanılır ya da çerçeve sistem fotovoltaik paneller çatı eğimi ile aynı eğimde yerleştirilir.(AYGÜN - 2012)



Kaynak: <http://www.ucsusa.org/clean-energy/renewable-energy/rooftop-solar-panels-benefits-costs-policies#.WYGTXIjyjDc>

Şekil 2.21 Çerçevesiz Fotovoltaik Panellerin Çatıya Uygulanması

Şekil 2.22'deki fotoğrafta da düzlemsel eğimli metal panel kaplamaları bir çatı yüzeyine uygulanan çerçevesiz fotovoltaik panel montajı yer almaktadır.



Kaynak: <http://www.pacificwestroofing.com/blog/rooftop-solar-panel-installation-problems-avoid>

Şekil 2.22 Çerçevesiz Fotovoltaik Panellerin Düz Çatıya Ek Strüktür İle Uygulanması

Düz çatılarda güneş ışığından en uygun şekilde yararlanabilmek için çatı üzerine gün ışığını maksimum derecede alacak şekilde eğimi ayarlanmış çelik ayaklar üzerine, fotovoltaik paneller oturtulur. Düz çatılarda genellikle çerçeve sistem uygulanır. (Aygün, 2012)



Kaynak: <http://www.valsa.co.za/products/roof-mounting-flat-application>
Şekil 2.23 Çerçevesiz Panellerin Ek Strüktür İle Çatıda Uygulanması

Cephelerde fotovoltaik panel kullanımı beraberinde getirdiği bazı sorunlar nedeniyle yaygın kullanılamamaktadır. Cephenin önünde bina, ağaç gibi gölge yapacak elemanların olması fotovoltaik panellerdeki verimi düşürebilmektedir. Mevcut yapının cephesine yapılacak uygulamalarda, ince film hücreler kullanılan panellerin yapıştırılması yöntemi kullanılabilir. Eğer yapıştırma değil de çerçevesiz panellerin kullanımı istenilirse, bunun yapımı için bir ek strüktür gerekmektedir. Bu tür uygulama şekillerinin belirlenmesinin binanın tasarım aşamasında yapılması önerilmektedir.

Fotovoltaik panelin cam giydirme cephe işlevi görmesi durumunda bina kabuğunu oluşturan duvarların yıkılması gerekeceğinden maliyet artar. Bu sistem uygulandığı takdirde, aynı zamanda giydirme cephe elemanı gibi kullanılan fotovoltaik paneller ile bina arasındaki boşluktan kabloların geçişi ve hava dolaşımı sağlanmış olur.



Kaynak: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814009669>

Şekil 2.24 Çerçevesiz Fotovoltaik Panellerin Cepheye Ek Strüktür İle Uygulanması

2.6.Yeni Tasarlanan Bir Yapı için Fotovoltaik Panel Tasarımı

Yeni tasarlanan bir yapıda cephelere uygulanan fotovoltaik paneller yapı kabuğunun şekillenmesinde büyük öneme sahiptir. Bir yapıya fotovoltaik panellerin tasarım halinde iken konulması ile mevcut binaya eklenen fotovoltaik paneller arasında verim farklılığı olmaktadır. Tasarım halinde iken konulan fotovoltaik panellerin verimleri daha fazla olmaktadır.

Mevcut binalara sonradan dahil edilen ek strüktürlü fotovoltaik panellerle binanın estetik bütünlüğünün bozulduğu görülmektedir. Bunun üzerine mimarlar yeni tasarlanan binalar üzerine fotovoltaik panellerin kullanımlarını gerçekleştirerek bina üzerinde oluşabilecek ek bir yük veya estetik sorun taşımayacak binalar ortaya çıkarmışlardır. Günümüzde kullanımları devam eden çatı, cephe, balkonlar, kış bahçesi, atrium ve gölgeleme elemanları ile birlikte binanın her tarafında kullanılabilen fotovoltaik panellerin bina tasarımına bir sınırlandırma getirmediği söylenebilir..

Yeni tasarlanan bir yapı için fotovoltaik panel kullanımlarının bazı avantajları bulunmaktadır. Bir mevcut binaya fotovoltaik panel sistem maliyeti ile yeni tasarlanan binaya kullanılan fotovoltaik sistem maliyeti arasında fark vardır. Yapı malzemelerinin kullanımlarının az olması sebebiyle yeni tasarlanan binalarda daha ucuz ve daha avantajlı olmaktadır. Yapı malzemelerinin kullanımlarının azalmasından dolayı binadan çevreye CO₂ emisyonunun azaldığı görülmüştür. Yeni tasarlanan binada fotovoltaik panel kullanımında mevcut kabloların geçişinin daha kolay sağlanmasından dolayı daha tercih edilen bir sistem olduğunu göstermektedir. Tasarım aşamasında binaya dahil

edilirse çatı malzemesi olarak hava şartlarından korunmayı sağlayacak şekilde çatı malzemesi yerine de kullanılabilir. Aygün (2012)'e göre, fotovoltaik hücreler iki cam arasına lamine edilerek çatı ışıklığı olarak da kullanılabilirler.

Genel olarak bakılacak olursa yeni tasarlanan binalarda fotovoltaik panel kullanımlarının verimliliği arttırdığı, ekonomik olarak daha ucuz olduğu, estetik olarak binanın bütünlüğünü bozmadığı için sonradan binaya dahil edilen ek yapılar sistemlere göre daha avantajlı olduğu görülmüştür. Bu avantajları açıklamak gerekirse;

Verimlilik: İletim sıradaki enerji kayıplarının azaltılması, enerji niteliğinin artırılması, gerilim kontrolü sağlanması vb.

Bina Ekonomisi: Yapı malzeme giderlerinde azalma, bina işletim maliyeti ve işçilik giderlerinde azalma, fotovoltaik panel sistem kurulumu için gerekli alan ihtiyacının ortadan kalkması/azalması, vb.

Sosyo-ekonomi: Yeni bir pazar oluşturmak, yeni iş imkanı sağlamak, binalarda kullanılması ile yenilebilir kaynaklar hakkında toplum bilinci oluşturmak ve eğitim imkanı arttırmak, binaya prestij kazandırmak, vb.

Çevre: Çevre dostu yeşil bina tasarımına katkı sağlamak, karbon bağımsız enerji üretimini sağlamak, sera gazı miktarını düşürmek, vb.

Estetik: Mimari tasarım ile uyum, mimariye artı değer katma, yenilikçi tasarıma olanak sağlama ve tasarım seçeneklerinin artması, vb.

Mimari: Bir bina bileşeni olarak; ilave bir yapıya ihtiyaç duymaması, ısı, su ve ses yalıtımı sağlanması, güneş kontrolü sağlanması, vb. (Ayçam ve Kanan,2009)



Kaynak:<http://www.flickr.com/photos/nikmorris/13989904557/in/set-72157626700215959>

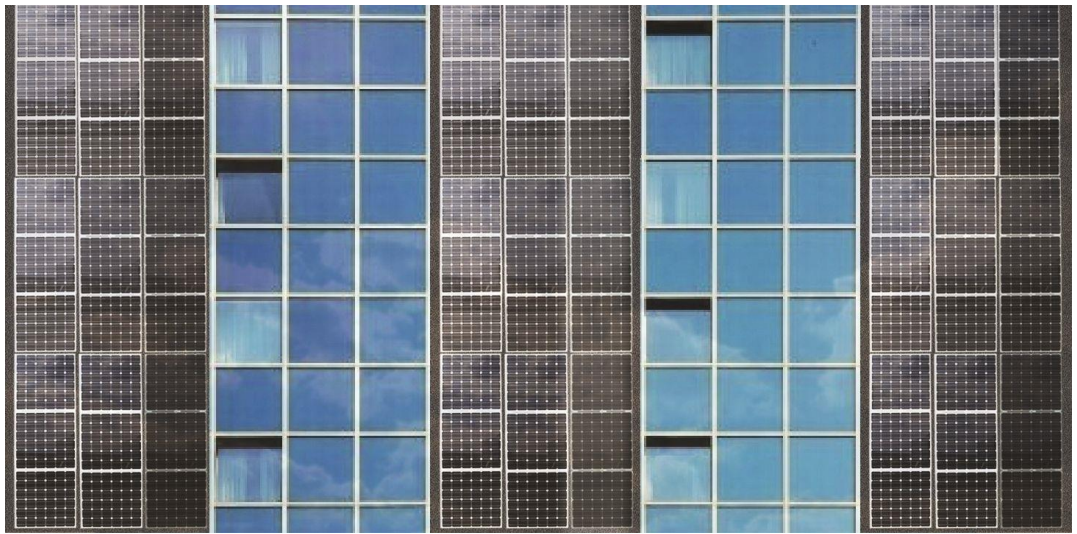
Şekil 2.25 Hollanda Tren İstasyonunda Çatıda Kullanılan Fotovoltaik Paneller

Yeni tasarlanan binalarda fotovoltaik paneller ile enerji üretiminin çatı ve cephe yüzeylerinde farklı verimlilikte olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bina üzerinde gölgeleme yapabilecek herhangi bir elemanın gölgesinin düşmemesi gerektiğidir. Işığın dik olarak gelebilmesi verimlilik için çok önemlidir. Işığın dolaylı olarak panellere gelmesi dik olarak gelmesine göre veriminin düştüğü görülmüştür. Çatılarda kullanılan fotovoltaik paneller, yüksekte olmaları ve cephelere nispeten gölgeye daha az maruz kalmalarından ötürü avantajlıdır. Cephelerde oluşan bina veya ağaç gölgelerinden dolayı fotovoltaik panellerin verimlerinin düşmemesi için yeni yapılan bir yapıya mimari olarak eğim verilmesi ya da mevcut olacak gölgelerin hesabı yapılarak panellerin yerleşimlerinin yapılması gerekmektedir.



Kaynak: <http://www.kranemfg.com/pv-glass-facades>
Şekil 2.26 Fotovoltaik Panellerin Cephede Uygulanması

Cephelerde kullanılan fotovoltaik paneller istenildiği takdirde pencere gibi güneş ışığı geçebilecek kısımlarda ya da güneşin geçilmesine gerek duyulmayan duvar önlerine yerleşimleri yapılmaktadır. Işığın geçilmesi istendiğinde giydirme camın en kullanışlı malzeme olduğu görülmüştür. Cam giydirme cephe uygulamalarında panel arkalarındaki boşluk, panel pillerinin kablolarının geçişine olanak sağlaması yanı sıra hava sirkülasyonuna da olanak vermektedir. Bina kabuğunun dış yüzeyine uygulanacak fotovoltaik paneller ise, yine giydirme cephe şeklinde uygulanabileceği gibi yapıştırma ince film olarak da uygulanabilir.



Kaynak: <http://www.archiexpo.com/prod/crane-ltd/product-89352-864710.html>

Şekil 2.27 Fotovoltaik Panellerin Cephede Uygulanması

2.7.Bölüm Sonuçları

Bu bölümde Dünyada Akdeniz'e kıyısı olan İsrail, Yunanistan, İspanya, İtalya, Malta ayrıca dünyada en fazla fotovoltaik kullanan ülkelerden olan Amerika, Almanya, Japonya ve Çin incelenmiştir. Ülkelerin kendi aralarında karşılaştırmalarına yer verilmiştir.

Dünyada bu konuda lider olan Çin enerji üretim kapasitesini her sene arttırmaktadır. Almanya ise güneşli gün sayısı az olmasına rağmen dünyada ikinci sıradadır. Türkiye ve Almanya karşılaştırılacak olursa, Türkiye'nin güneşli gün sayısı en az olan Karadeniz bölgesi Almanya'nın güneşlenme süresinden fazla olduğu görülmüştür. Bu durumda dünyada ikinci sırada olan Almanya'nın üretim hacmine Türkiye'nin de daha fazla güneş enerji sistemlerini kurmasıyla rahatlıkla yetişebileceği söylenebilir.

Yunanistan da önemli güneş pilleri kullanıcıları arasında yer almaktadır. Bu ülkede kurulu miktar 2 milyon m²'dir. İsrail'deki kurulu güç 2,8 milyon m² Türkiye'de ise 10 milyon m² kurulu güneş pilleri ile son derece iyi bir yerde bulunmaktadır. Ancak bu kurulu alan miktarının nüfus ile orantılamak gerekmektedir. Bu açıdan bakılacak olursa kişi başına düşen güneş pilleri alanı olarak dünyada en fazla kullanım 0,55m²/kişi ile İsrail, 0,2m²/kişi ile Yunanistan izlemektedir. Türkiye için bu durum 0,15m²/kişi olduğu görülmektedir. Dünya geneline bakılacak olursa ABD, Japonya ve Almanya da Türkiye ile aynı durumdadır.(Yerebakan, 2010:62)

Her bölgede verimli bir şekilde elektrik üretilmesi beklenemez. Bölgede hava koşulları önemlidir. Örneğin nemin fazla olduğu yerlerde verimin düşmesi sebebiyle fotovoltaik panellerin elektrik üretiminde veriminin düştüğü görülmektedir.

Binalar üzerinde panellerin kullanım şekillerine göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlar mevcut binaya eklenen fotovoltaik paneller ve yeni tasarlanan bir yapıya eklenen fotovoltaik panellerdir. Her uygulamanın sonucu olarak ortaya olumlu veya olumsuz sonuçlar çıkmıştır.

Mevcut binaya eklenen fotovoltaik paneller binada uygulanması daha önceden düşünülmediği için bazı sorunlara yol açtığı görülmüştür. Cephelerde kullanılan panellerde belirli eğimler verilebilmesi gerekmektedir. Bu eğimlerin sebebi güneşi en fazla şekilde alabilmesi içindir. Bu durumdan dolayı cephelerde binanın bütünlüğünü bozmaktadır. Eğer paneller çatılarda uygulanacaksa çatıda ek bir strüktür ile fazladan yük binmesine sebep olmaktadır. Çatının eğimine göre değişik şekillerde paneller bulunmaktadır. Çatıya sonradan yapıştırılıp dahil edilen fotovoltaik sistemlerde binaya uyumlu ve rüzgara göre yönlendirilmesi gerekmektedir. Her panelde ortaya çıkan fazla ısınma sorununu rüzgara göre yönlendirme ile çözmek gerekmektedir.

Yeni tasarlanan binalarda ise cephelerde fotovoltaik panellerin bina ile birlikte kullanılması elektrik üretim verimliliğini etkilemektedir. Eğimin önemli

olduğu cephelerde eğime göre bir tasarım yapılarak güneş açısı kontrol edilebilmektedir. Bu durumda verimlilik de artmaktadır. Bina yapımı sırasında kullanılan malzemelerin paneller yerine kullanılmaması durumunda daha ekonomik ve çevreye duyarlı oldukları görülmüştür. Binada kullanılacak olan yapı malzemeleri yerine fotovoltaik panel kullanımları maliyeti düşürmektedir. Ayrıca bu yapı malzemenin de kullanılmaması CO2 salınımını azaltmasından dolayı çevreye duyarlı olmaktadır. Ayrı olarak bir strüktüre ihtiyaç duymadıkları için binaya ek yük vermemektedir. Fazla ısınmasından dolayı verimin düşmemesi için panellerin arkasına soğutma sistemlerinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Pasif sistemlere göre tasarlanan bir binanın konumu, rüzgar yönü, bina şekline göre karar verilip tasarlanması hem havalandırma problemini çözmek hem de veriminin en fazla şekilde alınabilmesi için önemlidir. Havalandırmanın doğal olarak sağlanamadığı durumlarda fotovoltaik panellerin arkasına soğutma sistemi konulması gerekmektedir.

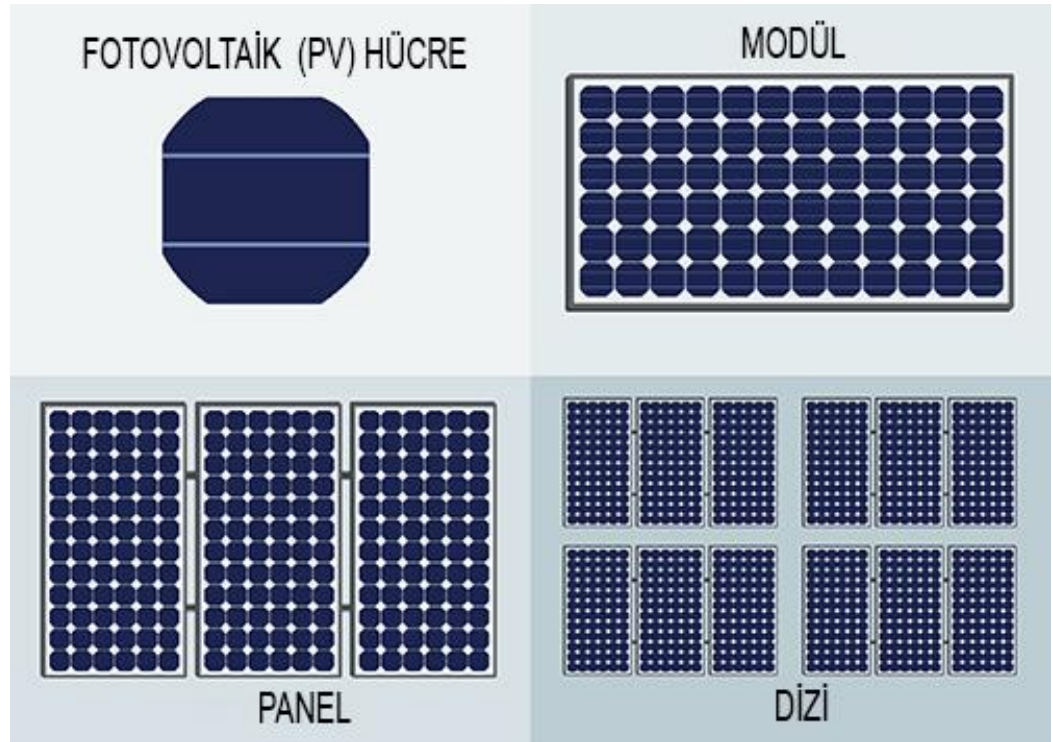
Hem mevcut binaya uygulamaların hem de yeni tasarlanacak olan binaya uygulamanın yapımında fotovoltaik panellerin üzerine gölge düşmemesi gerekmektedir. Çatıların yüksekte olup güneşi daha dik alabildikleri için çatılarda çok fazla problem olmadığı görülse de cephelerde bu durum farklıdır. Fotovoltaik panellere düşecek çevre bina gölgeleri, çevredeki ağaç gölgeleri yeni tasarlanan binalarda konumuna dikkat ederek tasarlanmalı, mevcut bina ise panellerin gölgeden etkilenmeyecek bir bölüme yerleştirilmeleri gerekmektedir.

3. BÖLÜM

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE ÖZELLİKLERİ

Fotovoltaik; sistemin içerisinde bulunan hücreler sayesinde güneşten gelen ışınları alarak içerisindeki elektronların harekete geçmesini sağlayıp elektrik akımı oluşturmak suretiyle elektrik üretimi sağlayan sistemlerin genel adıdır. Bu hücreler seri veya paralel bağlanarak elektrik akımını arttırmaktadırlar. Hücrelerin güç çıkışını arttırmak amacıyla seri veya paralel bağlanması aralarında fark yaratmaktadır. Seri bağlanmalar sonucunda bir hücrede hasar olsa dahi verimliliği değişmemektedir. Paralel bağlandığında ise hücrelerden biri hasar gördüğünde verim düşmektedir ve alınacak enerji azalacaktır. Bu sonuçların da düşünülerek seri veya paralel bağlanması hücrenin akımını arttırmak istenildiği zaman düşünülmelidir çünkü paralel bağlanmalar bir hasar görmediği sürece seri bağlanmalardan daha fazla akım oluşturmaktadır.

Hücreler birleşerek modülleri, modüller birleşerek panelleri, paneller ise dizileri oluşturmaktadır. Kendi başlarına panellerin etkinliği yetmemekle birlikte bazı bileşenlere ihtiyaç duymaktadır. İntertörler, şarj denetim, aküler ve diğer sistem bileşenleri ile birlikte bir bütün olarak düşünülmesi gereken bu sistemin çalışabilmesi, fazla enerjiyi depolayabilmesi veya fazla enerjiyi şebekeye aktarabilmek için bu sistemler önemli bir yere sahip olmaktadır.



Kaynak: http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar_electricity/basics/cells_modules_arrays.htm

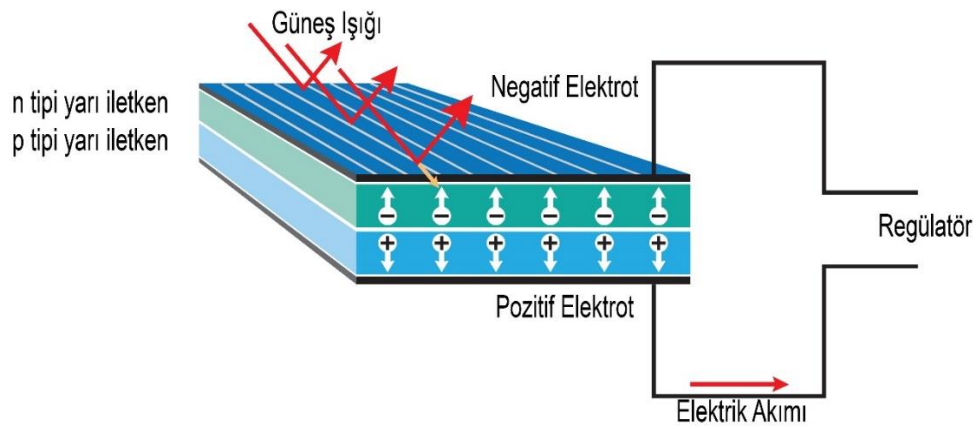
Şekil 3.1 Hücre-Modül-Panel Gösterimi

Fotovoltaik panellerin işleyişlerini engelleyen bazı özel durumlar zamanla meydana gelmektedir. Bu durumlar şöyledir;

- Panellerin tozlanması durumunda temizlenmesi gerekmektedir. Tozlanan paneller hücrelere gölgeler oluşturarak veriminin düştüğü görülmektedir. Paneller üzerine mevcut duruma göre yaprak düşmesi, tozların silinmemesi veya kar olduğu günlerde karın temizlenmemesi çalışmasını etkilemektedir. Bu durumda herhangi bir kirin panel üzerinde olmaması, olduğu takdirde de camın temizlenmesi gerekmektedir.
- Güneş ışınlarının panellere geliş açısı verim için önemli bir faktördür. Güneş ışınları panele dik gelmemesi verimin düşmesine sebep olmaktadır. En verimli hale gelebilmeleri için hareket sensörlü paneller kullanımı verimin düşmeyeceği ve hep dik açılarla ışınları alabileceği için verimin yüksek tutulabileceği aletler kullanmaktır. Böyle bir alet kullanımı olmasa bile öğle vakitlerinde en çok güneşi alınacağı zamanların açıları düşünülüp ona göre yerleşimlerinin çatı veya cephelere kullanımı yapılabilmektedir.
- Güneş ışığını aldığı konum panellerin üreteceği elektriği etkilemektedir. Panelin farklı ülkelerde farklı konumlandırılması gerekmektedir.
- Panellerin açısı verim için önemlidir. Çalışma performansı en fazla 10 derece ile 30 derece arasında olduğu görülmüştür.(Turhan ve Çetiner, 2012) Bu eğimin olma sebebi hem güneşten gelen ışınları dik alabilmek hem de yağmur sularının panelleri kendiliğinden temizleyebildiği uygun açı olduğu görülmüştür.
- Nemli bölgelerde panellerin veriminin düştüğü görülmektedir. Paneller üzerinde oluşan küçük su birikintileri gölgeleme yaparak panellerde verim düşüklüğüne sebep olmaktadır. Bu yüzden nemli bölgelerde bu durum göz önüne alınarak panel sayısı arttırılabilir.
- Paneller güneşi ne kadar çok görebilirse o kadar iyidir. Fakat havanın sıcak olduğu zamanlarda güneşin ısıyla birlikte havalandırılmayan bir panel kullanılırsa o panelin veriminin yüksek ısıdan düştüğü görülmektedir. Her 1 derece artış %0.4-%0.5 enerji düşüşüne neden olmaktadır. Bunun yerine yeni üretilen organik hücrelerden yapılmış panellerin kullanımı gerçekleşirse bu problem ortadan kalkacaktır, ancak en çok kullanımlara sahip olan kristal silisyum veya ince film hücrelerin kullanılması havalandırılmadıkları sürece verimi olumsuz etkilemektedir. Eğer rüzgar yönüne göre hesaplanır ve doğal olarak havalandırılma sağlanamazsa özel olarak havalandırma sistemi hazırlanması gerekmektedir.

3.1.Fotovoltaik Panellerin Tanımı ve Tarihi

Fotovoltaik paneller (PV, güneş pilleri) güneş hücrelerinden meydana gelmektedir. Bu hücreler alternatif akımı doğru akıma çevirerek kullanabileceğimiz enerjiyi ortaya çıkarmaktadır. Fotovoltaik hücreler en az iki katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlardan üstte olan n-tipi katman alttaki katman da p-tipi katmandır. N tipi katmanların atomlarının dış yörüngesinde 5 elektron bulunur p-tipi katmanların dış yörüngesinde ise 3 elektron bulunmaktadır. Güneş ışığının n-tipi katmana gelmesi ile bazı ışık fotonları emilerek n-tipi katmandaki elektronların dış devreden p-tipi katmana doğru akmasını sağlar. Böylelikle doğrusal elektrik (DC) akımı oluşmaktadır (YEGM, 2012).



Kaynak:<http://concerneduspatriots.com/the-science-of-solar-energy-how-solar-panels-work/>

Şekil 3.2 Fotovoltaik Hücresinin Enine Kesiti

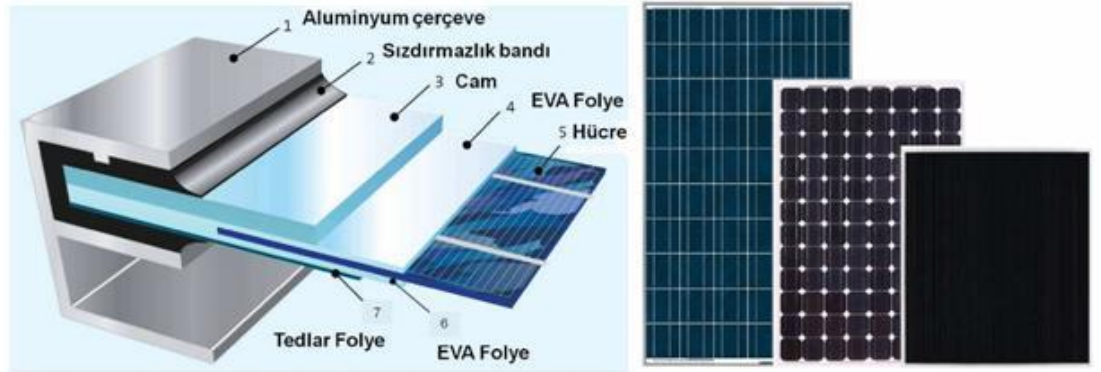
Bu enerjinin ortaya çıkması 1839 yılında Fransız bilim adamı Edmond Becquerel tarafından iki elektrot ışıkta beklediği süre boyunca elektrik üreterek fotovoltaik sisteminin çalışma prensibini ilk kez keşfetme tarihi olarak geçmektedir. (Öztürk, 2008: 203) Daha sonra selenyum, kadmiyum sülfür, germanyum ve silisyumun aynı etkilerle güneşten elektriğe çevrilebileceği görülmüştür. 1914 yılında ilk kez %1 verim sağlayan piller üretilmiştir. Bu verimin yetersiz olmasından dolayı elektrik üretimi sağlanamamıştır. 1956 yılında Chaplin ve Fuller tarafından %6 verim sağlanarak ilk elektrik üretimi olmuştur. (Sayın ve Koç, 2011; Oktik, 2001)

Bugüne kadarki buluşlardan yararlanılarak günümüzde birçok fotovoltaik sistem oluşturulmuştur. Bu konuda en basit sistem hesap makinelerine örnek verilebilir. Hesap makineleri güneş hücreleriyle birlikte çalışan bir sistemdir. Sokak, park, bahçe aydınlatmalarında sıklıkla kullanılan bu sistemler en çok karşımıza çıkan örneklerdir. Fotovoltaik sistemler önemli bir enerji ihtiyacını karşılayan sistemler olduğu için binalarda kullanılması hem kullanıcı açısından hem de ülke açısından ekonomik olacaktır. Türkiye enerji ihtiyacını farklı ülkelere karşıladığı için ülkenin kendi elektrik ihtiyacını karşılaması ve bu ihtiyaç doğrultusunda çevreye zarar vermemesi çok önemlidir.

Bir bina üzerinde fotovoltaik sistemler farklı bölümlerde kullanılarak binaya uygun bir şekilde tasarım aşamasında veya sonradan binaya bütünleşik (ekstrüktürlü) olarak kullanabilmektedir. Örneğin bina cephelerinde, gölgeleme elemanlarında ve çatılarda kullanılabileceği sistemler geliştirilmiştir. Günümüzde bu sistemlerin maliyetleri yaygınlaşmalarını kısıtlanmış olmakla birlikte; gün geçtikçe maliyetlerin düşmesi ve kullanımlarının artması söz konusudur. Son 50 yılda gelişmeye devam eden bu sistemlerin Türkiye’de de gelişmesi devam etmektedir. Dünya üzerinde güneşten yararlanmakta olan avantajlı birçok ülke bulunmaktadır. Türkiye’de bu avantajlı ülkelerin başında yer almaktadır. Kullanım alanlarımızın artması ve bilinçli olarak tasarım halinde iken bu sistemleri kullanmak gün geçtikçe tükenen enerji kaynaklarımızı korumak gerekmektedir.

3.1.1. Güneş Hücreleri ve Çeşitleri

Güneş hücreleri bir fotovoltaik paneli oluşturan en küçük yapı taşıdır. Tek bir hücreden alınan verimin düşük olması sebebiyle hücreler seri ya da paralel bağlanarak büyük modülleri oluşturmaktadırlar. Bu hücreler maliyetleri ve performans özelliklerine göre çeşitlendirilmiştir. Bu özelliklere göre 3’e ayrılmışlardır.

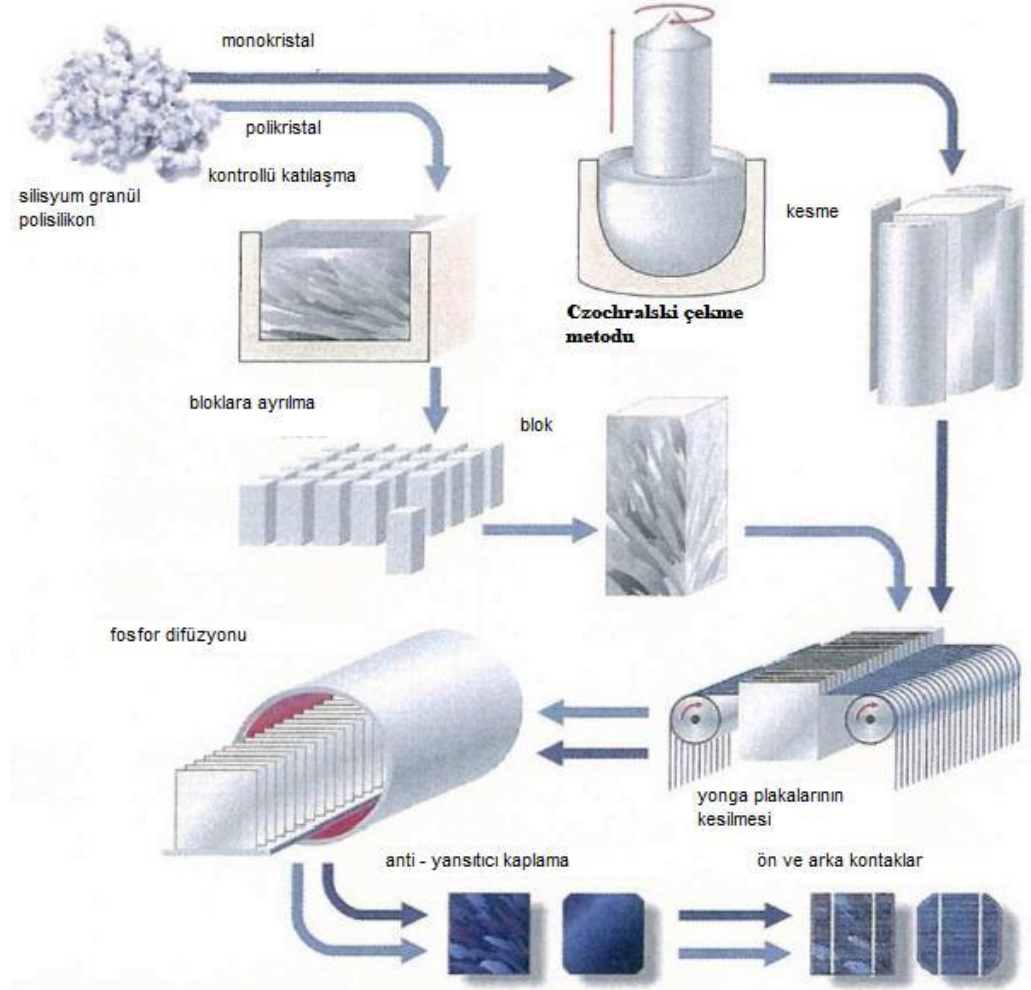


Kaynak: http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx

Şekil 3.3 Fotovoltaik Panel Kesiti

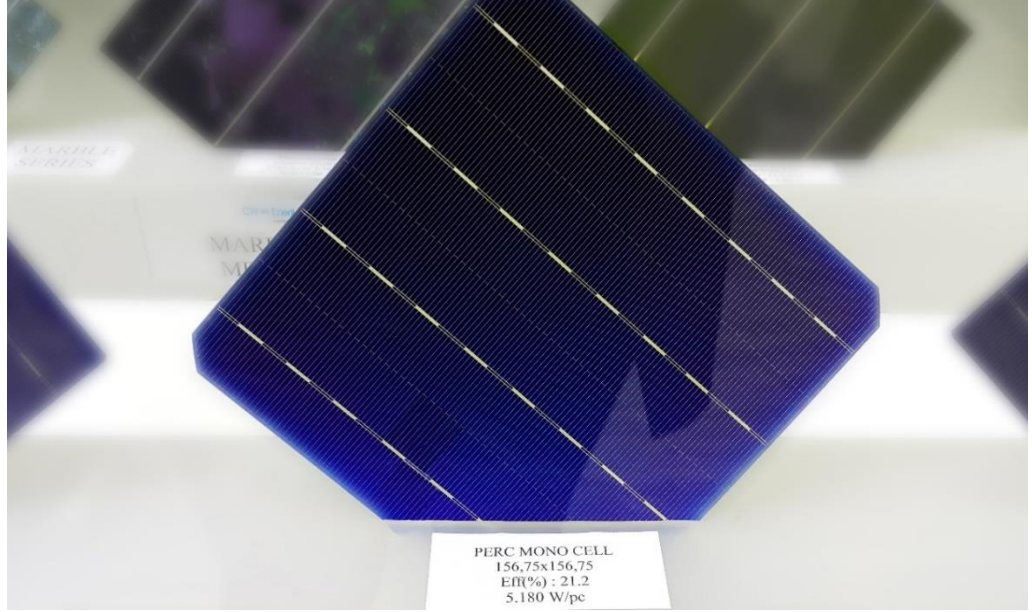
3.1.1.1. Kristal Silisyum Güneş Hücreleri

Silisyum 1839 yılında elektrik iletmesi özelliğinin keşfedilerek bulunması ve yarı iletkenliğiyle yapısının bozulmamakta olduğu görülmüştür. En fazla tercih edilen hücre özelliğini taşımaktadır ve doğada en fazla bulunan elementler arasında yer almaktadır. Doğada saf halde bulunamadıkları için özel bir teknolojiyle ayrılıp saf hale dönüştürülmektedir. Bu yüzden diğer hücrelerle kıyaslandığında maliyeti daha yüksek olduğu görülmektedir. Her ne kadar maliyetleri yüksek olsa da en yüksek verime sahip hücreler arasında yer almaktadırlar. Kristal Silisyum güneş hücreleri monokristal ve polikristal olarak ikiye ayrılmaktadırlar.



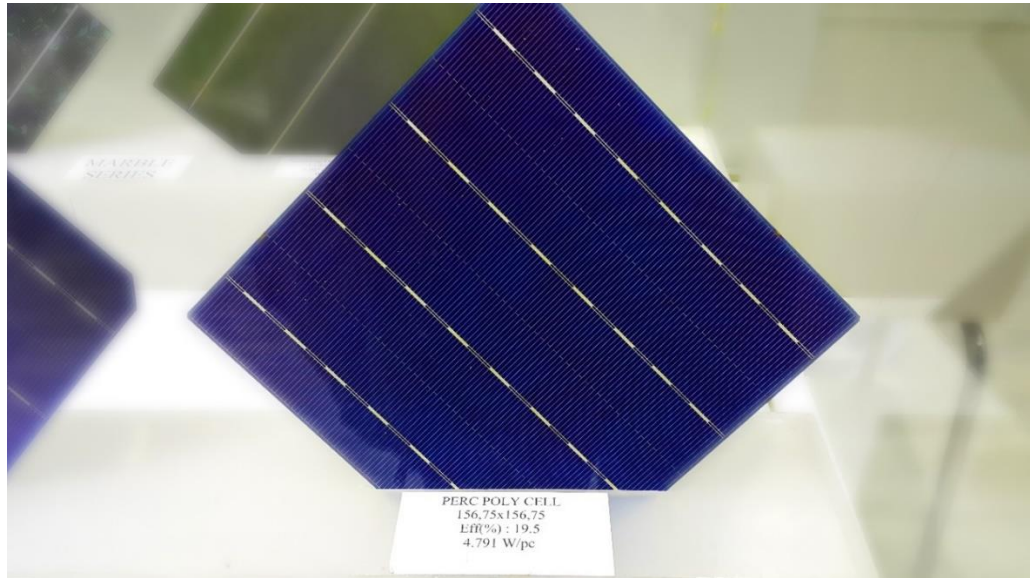
Kaynak: http://www.solar-academy.com/menu_detay.asp?id=494
Şekil 3.4 Kristal Silisyum Saf Haline Dönüşüm Aşamaları

Monokristal Silisyum Güneş Hücreleri (m-Si); Bu güneş hücreleri en fazla verime sahiptirler. Bu malzemenin özelliği yapısal ve elektriksel özelliği homojen olması ve özelliklerini uzun süre muhafaza etmesi olduğu görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı en verimli ancak maliyeti yüksek hücrelerdir. Renkleri koyu mavi-siyah arasındadır.



Şekil 3.5 CW Enerji Monokristal Güneş Hücresi

Polikristal Silisyum Güneş Hücreleri (p-Si); Monokristallere göre daha az etkinliğe sahip olmasından dolayı daha az verime sahiptirler. Monokristaller gibi homojen bir yapıya sahip olmadıkları için maliyeti az verimi düşük olmasıyla birlikte üretimi kolay olma özelliği taşımaktadır. Renkleri mavi-gri arasındadır.



Şekil 3.6 CW Enerji Polikristal Silisyum Güneş Hücresi

3.1.1.2.İnce Film Güneş Hücreleri

Bu hücrelerde farklı olarak malzemenin ve teknolojinin basitleşmesiyle birlikte özelliklerinin azaldığı görülmektedir. Maliyet daha düşük olmakla birlikte verim uzun süre kendini koruyamamaktadır. Kısa süreli verim sağlamasından dolayı üzerinde fazla yatırım yapılmayan bu hücrelerde amaç

daha büyük açıklıklı yüzeyleri bu hücrelerle daha ucuz maliyetli üretmek olduğu görülmüştür. Esnek bir yapıya sahip oldukları için buldukları farklı çatılarda istenilen şekil verilmektedir. İnce film güneş hücreleri kullanım alanları ve işlevlerine göre 3'e ayrılırlar: Bunlar bakır indiyum, kadmiyum tellürid ve amorf silisyum güneş hücreleridir.

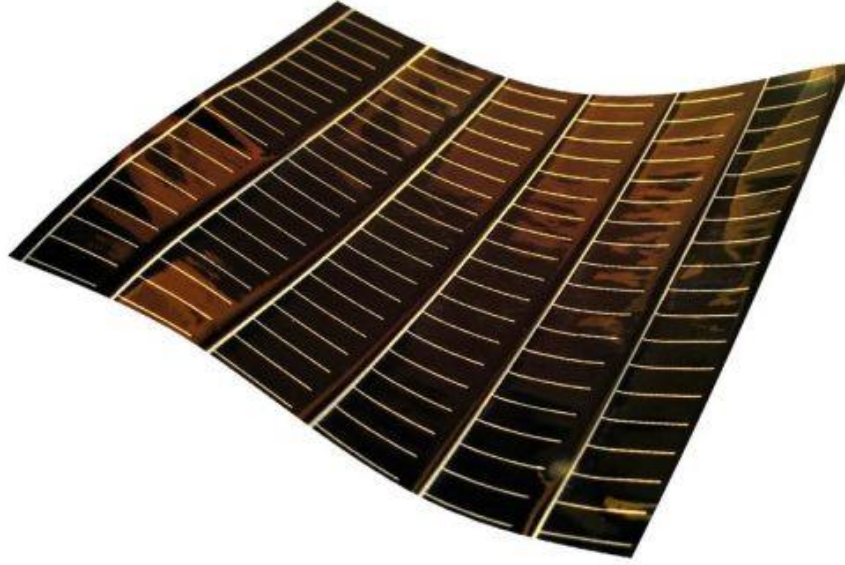
Bakır İndiyum Diselenid Güneş Hücreleri (CIS); Bu hücreler ışıkla birlikte verim kaybına uğramazlar. Sıcak ve nemli hava koşullarında verim kaybı meydana gelir. Bu sebepten dolayı nemli ortamlarda yalıtım yapılması gerekmektedir. Nem güneş hücreleri için istenmeyen bir durumdur. Bu hücreler gerekli ortamlar oluşturulduğunda ince filmler içerisinde en verimli hücrelerdir. Bu hücrelerin kullanımlarının artması ile birlikte maliyetlerinin de düşmesi beklenmektedir. Siyah renktedirler. Esnek yapılara sahip olduklarından dolayı eğrisel çatılarda istenilen şekillerde kullanımları görülmektedir.



Kaynak: http://www.electricaltechnology.org/2014/10/pv-types-of-solar-panel-best-pv-panel.html#copper_indium_gallium_selenide_cigs_cis_solar_cells

Şekil 3.7 Bakır İndiyum Güneş Hücresi

Kadmiyum Tellürid Güneş Hücreleri (CdTe); Bu hücrelerin verimlilikleri az olup, üretim süreçleri az maliyetlidir. Homojen yapıdadırlar. Oda sıcaklığında güneşten gelen ışınları elektriğe döndürmek için idealdirler. Renkleri koyu yeşil- siyah arasındadır. Bu hücreler özellikle büyük paneller için uygundur.



Kaynak: <http://phys.org/news/2011-06-efficiency-flexible-cdte-solar-cell.html>

Şekil 3.8 Kadmiyum Güneş Hücresi

Amorf Silisyum Güneş Hücreleri (a-Si); Bu hücrelerin verimleri yüksek olup kullanımları çok kısa olmaktadır. Güneş altında fazla kaldığı durumlarda kullanılamamaktadır. Bu hücrelerin kullanım alanları bu özelliklerinden dolayı küçük enerjiler için kullanılmaktadır. Çok ince bir yapıya sahiptirler. Geniş bir tabakanın üzerinde esnek, bükülebilmeye özelliğine sahiptirler. Az malzeme kullanımı olmasından dolayı maliyetleri de azdır. Renkleri kırmızı- kahverengi arasındadır. Kullanım alanları genelde küçük elektronik aletlerdir. İlerleyen zamanlarda çatılarda kullanımları olması içinde çalışmalar devam etmektedir.



Kaynak: <http://www.tradeindia.com/fp882650/144W-Thin-Film-Amorphous-Silicon-Flexible-Solar-Panels.html>

Şekil 3.9 Amorf Silisyum Güneş Hücresi

3.1.1.3.Yeni nesil güneş hücreleri

Yeni nesil güneş hücreleri içerisinde çok eklemli, boya duyarlı hücreler ve nano kristal güneş hücrelerini kapsamaktadır. Bu hücreler teknolojinin de gelişmesiyle birlikte yeni üretilmiş olup çalışma şekli bitkilerde olduğu gibi fotosentez ilkesine dayanmaktadır. Bu yapay fotosentezin verimi, havanın kapalı olduğu sisli ya da bulutlu zamanlarda bile yüksektir.

Nano hücreler ince film güneş hücrelerindeki verimsizliğe bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Daha az maliyetli, esnek olmaları, hafif ve yüksek verimli olmaları bu hücrelerin daha fazla kullanılmasına sebep olmaktadır. Gölgede bile diğer silisyum hücrelerine göre verimli olsa bile özellikle yüksek sıcaklarda elektrik üretim verimleri daha da artmaktadır. Fotovoltaik panel üretiminde çinko oksit (ZnO) ve titanyum dioksit (TiO₂) nanotelleri iletken olarak kullanılmaktadır. Bu nanotellerin her birisi saç telinden 1000 kat daha ince olabilmektedir.(Uyar, 2016) Bu nano hücreler esnek yapılarından dolayı ince film güneş hücreleri gibi farklı tasarımlara uyum sağlayabilecektir. İnce film güneş hücrelerinden %10 daha fazla elektrik üreteceği için hem kristal hem de ince filmlere göre avantajlı bir hücre olarak görülmektedir. Bir diğer avantajı ise nano hücrelerle yapılan fotovoltaik panellerin çok hafif olmasıdır. Bu panellerde ek ağırlığın statik yüke bir etkisi olmayacak hafiflikte olması şu anda kullanılan bir panelin ağırlığı 20 kg olduğu düşünülürse mimariye etkisinin büyük olduğu görülmektedir. Nano hücrelerin bu kadar olumlu özelliklerine rağmen bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Özel olarak üretilen nano hücrelerin üretim yöntemi olarak çalışabilecek teknik elemanların eksikliği ve bu elemanların yetiştirilme süresi bakımından nano hücrelerin gelişebilmesi için uzun yıllar gerekmektedir. Bu türde bir boyutu incelemek ve gözlemlemenin zor olmasından dolayı farklı denetim yöntemlerine hakim olmak gerekmektedir. Yeni olan bu hücrelerin ileriki zamanlarda kullanım alanlarının artmasıyla yüksek olan maliyetlerin düşmesi beklenmektedir.

Çok eklemli güneş pillerinde normal güneş hücrelerinden farklı olarak tek kat olan n ve p katmanlarının iki veya daha fazla katmanlardan oluşmasıyla yapılmaktadır. Bu katmanlardan en üstteki katman dalga boylarından mavi ışığı alırken diğer katmanda kırmızı ışığı daha iyi içine alabilmektedir. Bu durumda dalga boylarını ayarlayarak ikiden fazla katman yapıldığı durumda verimin çok daha üst seviyelere kadar çıkabileceği görülmektedir. Uygulama üzerinde 1cm² üzerinde %35,4 verim gösteren güneş hücreleri daha fazla katman yapıldığında elektrik üretiminin %70'e kadar çıkabileceğini söylemiştir. Ancak bu ideal güneş pili uygulama açısından yapılamaz. Bundan dolayı, bilim adamları birkaç katmanlı olan güneş pillerine yoğunlaşmış durumdadır. Günümüzde çok eklemli güneş pili verimliliği %35-40 gibi düzeylere çıkarılabilmektedir. (Uyar, 2016)

Boya duyarlı güneş pilleri (DSSC) içinde iletken cam, yarı iletken katman (TiO₂), duyarlılaştırıcı (boya), elektrolit çözeltisi ve katalizör olmak üzere beş temel kısımdan oluşur. Boya duyarlı hücrelerin güneş pili uygulamalarında ki kullanımı, fotosentez sistemi ile aynı çalışma prensibine sahiptir. Boya duyarlı güneş pillerin, kristal silisyum (Si) güneş hücrelerine göre maliyet ve üretim

aşamalarındaki avantajları gittikçe artan ilginin temel nedenlerindedir.(Kocaman, 2014)

3.1.2. Güneş Hücresi Etkinlik Karşılaştırılması

Bütün güneş hücrelerinin verimlerine göre karşılaştırma yapılacak olursa mono kristal güneş hücreleri verimlilikleri diğer hücelere göre en yüksektir. Bu durumda farklı bir teknolojiyle monokristal yapısı haline getirebilmek için maliyetler artmaktadır. Verimlilikleri %12-15 arasındadır. Verimliliklerini yerine getirebilmeleri için gerekli alan 7-9 m² civarındadır. Polikristaller monokristallerin bir araya gelmesi ama bir araya gelirken yapıları bozulduğu için verimlilikleri düştüğü görülmüştür. Bu yüzden fiyatları düşmektedir. Fiyatları düşen polikristallerin verimle kıyaslandığında mono kristaller ile dengelendiği görülmektedir. Verimleri %11-14 civarında olmaktadır. Verimlilikleri yerine getirebilmek için gerekli alan 8-11 m² civarındadır. İnce film güneş hücrelerine geçilecek olursa içlerinde en verimli bakır indiyum diselenid güneş hücreleridir. Bu hücrelerin verimlilikleri %8-12 arasında değişmektedir. Verimliliklerini yerine getirebilmeleri için gerekli alan 11-13 m² civarındadır. Kadmiyum tellürid güneş hücreleri verimlilikleri %7-10 civarındadır. Amorf silisyum güneş hücreleri %6-8 arasında verimlilik göstermektedir. (Gemicioğlu, 2011) Yeni nesil olarak görülen nano hücreler, çok eklemlili ve boya duyarlı hücreler arasında en verimli olan çok eklemlili güneş hücreleridir. Elektrik üretimleri için henüz yaygınlaşmamış olan bu hücreler %35 civarlarında elektrik üretiminde verimlilik sağlamaktadır. Bu hücrelerin verimlilik ve gerekli alanların tablosu aşağıda gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Güneş Hücreleri Karşılaştırılması

GÜNEŞ HÜCRELERİ	VERİM	ALAN	RENK	SICAKLIK	GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ	FİYAT
Mono Kristal Güneş Hücreleri	%12-20	7-9 m ²	koyu mavi - siyah	25 derece	4-5 Yıl	15,75 TL
Poli Kristal Güneş Hücreleri	%11-19	8-11 m ²	mavi - gri	25 derece	2-4 Yıl	12,25 TL
Bakır İndiyum Güneş Hücreleri	%8-12	11-13 m ²	siyah	25 derece	2-3,5 Yıl	3,50 TL
Kadmiyum Tellürid Güneş Hücreleri	%7-10	14-18 m ²	koyu yeşil - siyah	25 derece	2-4 Yıl	3,50 TL
Amorf Silisyum Güneş Hücreleri	%6-8	16-20 m ²	Kızıl - Kahverengi	25 derece	1,5-3 Yıl	3,50 TL
Nanokristal Güneş Hücreleri	20%	1cm ²	-	25 derece ve üstü	-	1,40 TL
Çok Eklemlı Güneş Hücreleri	35,4 %	1cm ²	-	25 derece ve üstü	-	1,40 TL
Boya Duyarlı Güneş Hücreleri	13%	1cm ²	Şeffaf-Beyaz-Mavi	25 derece ve üstü	-	-

Kaynak: [1], [2], [3].

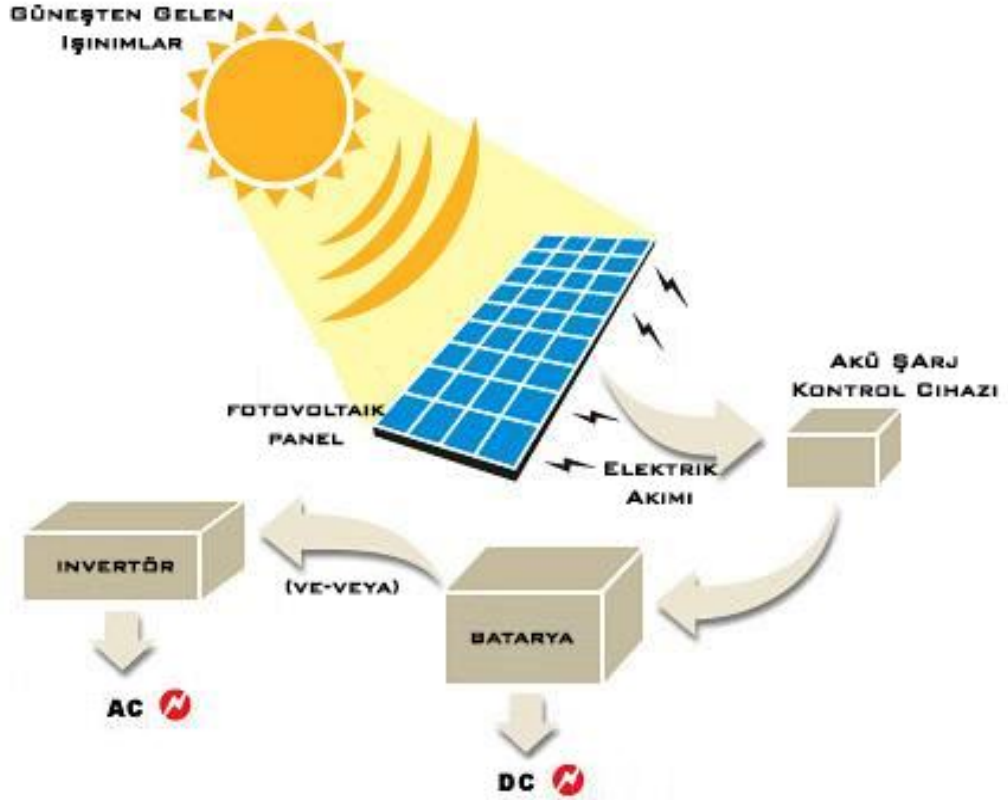
3.1.3. Fotovoltaik Ekipmanları

Fotovoltaikler kendi başlarına bir faaliyet gösteremezler. Bu yüzden belli başlı ekipmanlara ihtiyaç duyarlar. Bu ekipmanların hepsinin kullanılması gerekmemektedir. Bazıları isteğe göre kullanılmayabilirler.

Bu ekipmanlardan başlıcaları şöyledir;

- Bataryalar, fotovoltaik sistemlerde güneşin olmadığı zamanlarda güç sağlayabilmek için gereklidir. Bataryanın boyutu kullanacağı elektrik yüküne göre değişmektedir. Bataryalar aşırı sıcaklığa ve havalandırmaya maruz kalmayan bir alana yerleştirilmelidir. Daha fazla kapasite için bataryalar paralel olarak ayarlanabilir.

- İnvörtörler, doğru akımın alternatif akıma çevirilip elektriğe dönüştürülmesi için kullanılmaktadır.
- Blok diyotları(blocking diodes), geriye doğru akımı engeller.
- Sigortalar, kabloları aşırı akımdan korumaktadır. Bu koruma paralel bağlanan 4 dizinden fazla olursa kullanılmaktadır.
- Kablolar, 2 kat izolasyonlu ve UV ışınlarına dayanıklıdır. Aşırı gerilim ve yıldırımdan korunma cihazları, voltajı geçici olarak sistem dışında tutmaktadır.
- Devre kesiciler, invertör ile şarj arasında, jeneratörün voltajını doğru akım hattından çıkarmak için gerekli olmaktadır.



Kaynak: http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=9135
Şekil 3.10 Fotovoltaik Panel Ekipmanları

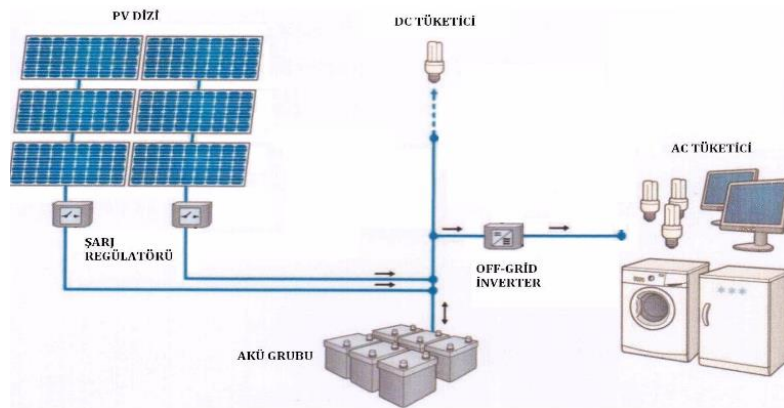
3.2.Fotovoltaik Bağlantı Tipleri

Fotovoltaikler uygulama halinde üç yöntemle kurulurlar. Bu yöntemlerden biri şebekeden bağımsız sistemler, ikinci yöntem şebekeye bağlı sistemler, son olarak üçüncü sistem ise karma sistemlerdir. Bu sistemler

fotovoltaik ekipmanlar ile birlikte depolama görevi veya fazla elektriği şebekeye verme işlemlerini gerçekleştirmektedirler.

- **Şebekeden Bağımsız Sistemler**

Fotovoltaik dizilerin depolama sistemi ile ilgili herhangi bir ek ekipman sistemleri olmadığı zamanlarda sistemin ürettiği elektrik boşa gitmiş olacaktır. Güneşin olmadığı bir zamanda ise tüketilen elektrik ile birlikte depo olmayan sistemlerde elektriksiz kaldığı görülmüştür. Güneşin sınırlı veya kesintili olduğu günlerin de olabileceği için bu durumlarda sürekliliğin sağlanabilmesi için bir depolama sisteminin olması gerekmektedir. Bu sistem kullanımı şebeke elektriğın ulaşmadığı yerlerde yaygındır.



Kaynak: Kutlu Enerji, b.t.

Şekil 3.11 Şebekeden Bağımsız Sistemler

- **Şebekeye Bağlı Sistemler**

Bu sistemlerde fotovoltaiklerin ürettiği elektriği depolama ekipmanları olmadan fazla olan elektriği şebekeye satmak veya bir bedel karşılığında sıfırlanarak ücrette indirilmektedir. Bu sistemlerde önemli olan uygulanmadan önce invertörlerin gücü ve gerilim hesabının doğru olarak hesap işleminin yapılması gerekmektedir.



Kaynak: Kutlu Enerji, b.t.

Şekil 3.12 Şebekeye Bağlı Sistemler

- **Karma (Hibrit) Sistemler**

Karma sistemler depolama ekipmanları ve şebekenin bir arada bulunduğu durumlardır. Sistemdeki fazla enerjiyi karma kullanma durumudur. İstenildiği durumda şebekeye bağımlı veya bağımsız olabilmektedirler.

3.3.Fotovoltaik Kullanımı Sonuçları

Fotovoltaik kullanımı çevreye vereceği herhangi bir zararı olmadığı gibi fosil yakıtlarını kullanmamızı engellediği için var olan yakıtlarımızı tüketmemizi engellemektedir. Bu durumdan dolayı avantajları çok büyük olmasına rağmen bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlar aslında fosil yakıtların verdiği dezavantajlar kadar büyük sorunlar olmamakla birlikte yapılan araştırmalara göre çıkan sonuçlarda bu dezavantajların verimle ilgili bağlantılı olduğu görülmüştür.

3.3.1. Avantajları

- Fotovoltaikler güneş enerjisi kullanmakta ve başka bir ek yakıtı gerektirmamaktadır.
- Güneş ışınlarını elektrik enerjisine çevirip enerji dönüştürücüleri içerisinde en yüksek verime sahip olmaktadır.
- Havayı kirletecek zehirli gazların salınımına ve sera etkisine yol açmazlar ve çevreye zarar vermezler.
- Modüler ve çok yönlü kullanılmaktadır. İstenildiğinde güç ve gerilim seviyesi kolaylıkla artırılmakta ve azaltılmaktadır. Modüllerden bir grup devre dışı kalsa bile güç üretimi devam etmektedir.
- Voltaj üretimi sınırsızdır. İstenildiği kadar üretilebilmektedirler.
- Bina tasarımını sınırlandırmazlar.
- Yeni tasarlanan bir binaya fotovoltaik panellerin eklenmesi söz konusuysa ekstra bir altyapıya gerek duyulmamaktadır. Çatı örtüsü, cephe elemanı vb. olarak kullanılmaktadır.
- Üretilen enerjiden kullanılmayan fazla enerjiler şebekesiz sistemlerde akümülatörlerde depolanabilmektedir.
- Üretilen enerjiden kullanılmayan fazla enerjiler şebeke ile bağlantılı sistemlerde elektrik şebekesine satılarak ilk yatırım maliyetleri düşürülmektedir.
- Güneşin olduğu her yerde kullanılabilirler ve sessizdirler.

3.3.2. Dezavantajları

- İlk yatırım maliyeti yüksektir. Panellerin hücrelerinin maliyetleri uygun olsa dahi invertör ve aküler yurtdışından ithal edileceği için maliyeti arttırmaktadır.
- Üretilen akım doğru akım olduğundan, ya doğru akımla çalışan cihazlar kullanmak ya da invertör (çevirici) kullanmak gerekir.
- Enerjinin sürekli olmadığını göz önüne alırsak güneş battıktan sonra kullanılabilmesi için depolama işlemi uygulanması gerekir.
- Güneşin bol olduğu yerlerde panellerde elektrik üretimi verimli güneşin az olduğu bulutlu günlerde bölgede var olan panellerin verimi düşmektedir.
- Isının artması verimi düşürmektedir. Çok fazla ısınan panellerin rüzgârla veya soğutucularla ısısının düşürülmesi gerekmektedir.
- Gölgenin oluşması gölge yapabilecek elemanların varlığı paneldeki verimi düşürmektedir. Bu yüzden panellerin temizliğine dikkat edilmeli üzerleri temiz tutulmalı ve gölge yapacak elemanlardan kaçınılmalıdır. Ayrıca kullanılan bölgenin de nemli olması panellere gölge yaparak sis etkisi vereceğinden nemli bölgelerde kullanımlarının verimi olumsuz etkileyecektir.
- Güneş enerjisinden en fazla şekilde yararlanmak için fotovoltaikler eğimli yüzeylerde kullanılmalıdır. Maksimum enerji verimi için kuzey yarımkürede güneşe doğru yönlendirilmelidir.
- Fotovoltaikleri rüzgâra göre yönlendirmek ve eğim açısı güneşe göre en verimli şekilde ayarlamak tasarım esnasında bazı zorluklara sebebiyet verebilir.

3.4.Bölüm Sonuçları

Bu bölümde fotovoltaiklerin kullanım alanları ve fotovoltaiklerin işlevlerinden bahsedilmiştir. Fotovoltaikler güneşten gelen ışınları kullandığı için sonsuz bir enerji kaynağından faydalanılması söz konusudur. Bu durumda kullanılan enerji kaynağının temiz, çevreyi kirletmeyen ve ücretsiz olması fotovoltaiklerin kullanılması için bir avantaja dönüşmektedir. Fotovoltaikler güneş ışınlarını aldığı gibi içindeki hücrelerde elektrik akımı başlatmaktadır. Bu hücrelerin elektrik akımını sağlayabilmeleri için yarı iletken hücreler seçilmektedir. Bu hücrelerin keşfedilmeleri 1839 yılına dayanmaktadır. Bazı hücrelerin bu etkileri verdiği görülmesiyle fotovoltaik kavramının çıkması ve hücrelere göre değişik verimlerin ortaya çıktığı görülmüştür. Her hücrenin bir oluşma aşaması ve verdiği verimlilik derecesi vardır. Bu durumda fiyatının artması veya azalması hücrelerin verimliliklerine göre değişmekte olduğu görülmüştür. Her hücre birbirine bağlanarak modülleri, modüller panelleri oluşturmaktadır. Bu durumda panellerin etkinliği en küçük hücrenin verimlilik derecesine göre değişmektedir.

Fotovoltaikler tek başlarına bir işlevde bulunamazlar. Bu durumda belli ekipmanlara sahip olmaları gerekmektedir. Bu ekipmanlar fotovoltaiklerin depolama, doğru akımı alternatif akıma çevirme görevlerini ve birçok olumsuz etkilere karşı koruma görevi yapmaktadırlar. Depolama görevi, güneşin kısıtlı olduğu zamanlarda kullanıma ihtiyaç duyulduğunda fazla üretilen elektriğin depolanması görevini yapmaktadır. Bu durumda depolama yapılmaz ise güneşin var olduğu zamanlarda kullanılan enerjinin kalan kısmı boşa gittiği görülmektedir. Bu durumda yapılacak iki uygulama yöntemi görülmektedir. Birinci yöntem şebekeye bağımsız olması yani üretilen elektriğin depolanması veya boşa gitmesine sebep olmaktır. İkinci yöntem şebekeye bağlı sistem olması, bu sisteminde fazla enerjiyi şebekeye verip ücretinin faturadan düşülmesi görülmektedir. Bu durumda şebekeye erişimin olduğu yerlerde şebekeye bağlı sistem yaparak alınan enerjinin fazlası ücrete çevrilebilmektedir.

Fotovoltaiklerin kullanımlarının birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajların içerisinde sessiz olmaları, temiz ve çevreyi kirletmiyor olmaları, güneşin olduğu her yerde kullanılıyor olmaları, yapılan tasarımları sınırlandırmamaları yer almaktadır. Tüm bunların yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Bu durumda güneşin olmadığı zamanlarda kullanım yapılabilmesi için bir depolama sistemine ihtiyaç vardır. Sistemlerin verimli kullanılabilmesi için güneşe göre doğru eğimlendirilmesi gerekmektedir. Bazı ekipmanların yurtdışından getirilmesi maliyetleri arttırmaktadır. Aşırı ısınmalar fotovoltaikleri olumsuz etkiledikleri için rüzgara göre eğim yapılarak doğal olarak havalandırılmaları sağlanmaktadır.



Kaynak:<http://www.thenbs.com/knowledge/fire-safety-and-solar-electric-and-photovoltaic-systems>

Şekil 3.13 PV Panellerde Aşırı Isınma Sonucu Çatıda Çıkan Yangın

4. BÖLÜM

BİNALARDA FOTOVOLTAİK PANEL UYGULAMALARI

Mevcut ya da tasarım aşamasındaki binalara fotovoltaik panel uygulamalarında en fazla verimin sağlanması için panellerin pasif sistem ilkelerine göre yerleştirilmesi önemlidir. Yapının konumunun, rüzgar yönü, yapının çevresindeki binalara göre konumu ve yönlendirilişine dikkat edilmelidir. İklimi de göz önünde bulundurularak yapımı tamamlanan binaların fotovoltaik panellerde elektrik üretiminde daha verim göstereceği ve enerji akışının boşa gitmeyeceği görülmektedir.

Binalarda yapılan fotovoltaik panel uygulamaları sadece tasarım aşamasında değil sonradan binaya ek strüktürler ile bütünleştirilebilir şekilde de uygulanabilirler. Bu durumda binalarda kullanacağımız fotovoltaik panelleri en verimli şekilde kullanabilmek ve en verimli şekilde uygulayabilmek için belli başlı sistemlerin uygulanması gerekmektedir. Bu uygulamalardan bazıları eğimlerini uygun ayarlayabilmek, rüzgar yönüne göre panelleri koyabilmek veya fotovoltaik sistemleri binanın şekline göre farklı yöntemlerle yerleştirmektir. Panel uygulamaları binalarda çatılarda, cephelerde, rüzgarlık veya güneş kırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu durumda genel olarak bakılacak olursa en verimli uygulama çatılarda olmaktadır. Eğime ve rüzgara göre rahatça yönlendirebildiğimiz bu sistemleri çatılarda gerektiği şekilde eğim dereceleri ile en fazla şekilde verim sağlanabilmektedir. Cephelerde kullanımları ise bina veya ağaç gölgelerinden dolayı verimi etkilemekte olduğu görülmüştür. Bu durumda yapılması gereken ilk önce verimi etkileyecek elemanların olup olmadığının kontrollerinin yapılmasıdır. Panellerin bina çatı veya cepheye yerleşimi, bina üzerinde olumlu ve olumsuz etkiler yarattığı görülmüştür. Mevcut binaya eklenen fotovoltaik panellerde havalandırmanın sağlanması ve istenilen eğimin verilebilmesi avantaj iken binaya fazla yük bindirmesi ve bina estetiğini bozması dezavantajı olarak görülmektedir. Bina ile birlikte tasarlanan panellerin daha uygun maliyetli olmasına karşın havalandırma konusunda dezavantajı olduğu da ortaya çıkmıştır.

4.1.Fotovoltaik Panellerin Binalarda Uygulanma Çeşitleri

Binalarda fotovoltaik panel uygulamaları bina cephe yüzeylerinde, çatılarda, gölgelik ve rüzgarlık elemanları olarak uygulanmaktadır ve uygun eğimlerle birlikte yapılar bu eğimlere göre yön verilmektedir. Fosil yakıtların önemli ölçüde binalar tarafından tüketiliyor olması binalara ve tasarımcılarına ciddi bir sorumluluk getirmektedir. En çok gelecek vaat eden yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanan fotovoltaik sistemler temiz bir gelecek için birçok fırsat sunmaktadır. Fotovoltaik sistemler çok büyük potansiyel taşımaktadır. Fotovoltaik sistemler tasarımın başında bina fonksiyonu ve bina enerji konseptinin ayrılmaz bir parçası olarak ele alınmalıdır. (Keleş, 2008)

Panellerin binalarda en çok çatılarda uygulandığı görülmüştür. Bunun sebebi ise yapıların en fazla güneş ışığını alabildiği ve verimlerinin etkilenmesinin az görüldüğü alanlar olduğu için çatılar fotovoltaik paneller için en ideal uygulama alanlarıdır. Bu durumda düşey cephelere pek önem verilmediği ve çok az uygulandığı görülmüştür. Aslında gerekli ortam koşulları sağlanabilirse cephelerde de uygulamaların veriminin artırılması ve kullanımlarının artması mümkün olacaktır.

4.1.1. Fotovoltaik Panellerin Binaların Cephelerinde Uygulanması

Cephelerde uygulanabilmesi için gerekli koşulların sağlanabilmesi gerekmektedir. Örneğin bir cepheye uygulamanın yapıldığı zaman güneş ışınları ile fotovoltaik panel arasına bina, ağaç gibi herhangi bir gölgeleyecek eleman düşmemesi gerekmektedir. Gölge fotovoltaik panel üzerine düştüğü anda verimi olumsuz olarak etkilemektedir. Eğer tasarım halinde iken cephelere uygulama yapılıyorsa bunun hesabı kolay olmaktadır. Binayı çevredeki binaların gölgesine düşmeyecek şekilde veya gölge gelmeyecek alanlara fotovoltaik panellerin konumlandırılması gerekmektedir. Bina yapımından sonra uygulanan sistemler sonradan binaya ek sistemlerle dahil edildiklerinden dolayı sistemde aksamalar olabilmektedir.

4.1.1.1. Fotovoltaik Panellerin Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanılması

Güneş ışınlarının cephe dışında kontrol edilmesi için konulan gölgeleme elemanları yapıdaki cephenin bir parçası olarak tasarım halinde iken yapıyla birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Aksi takdirde binanın bütünlüğünü bozabilmektedirler.

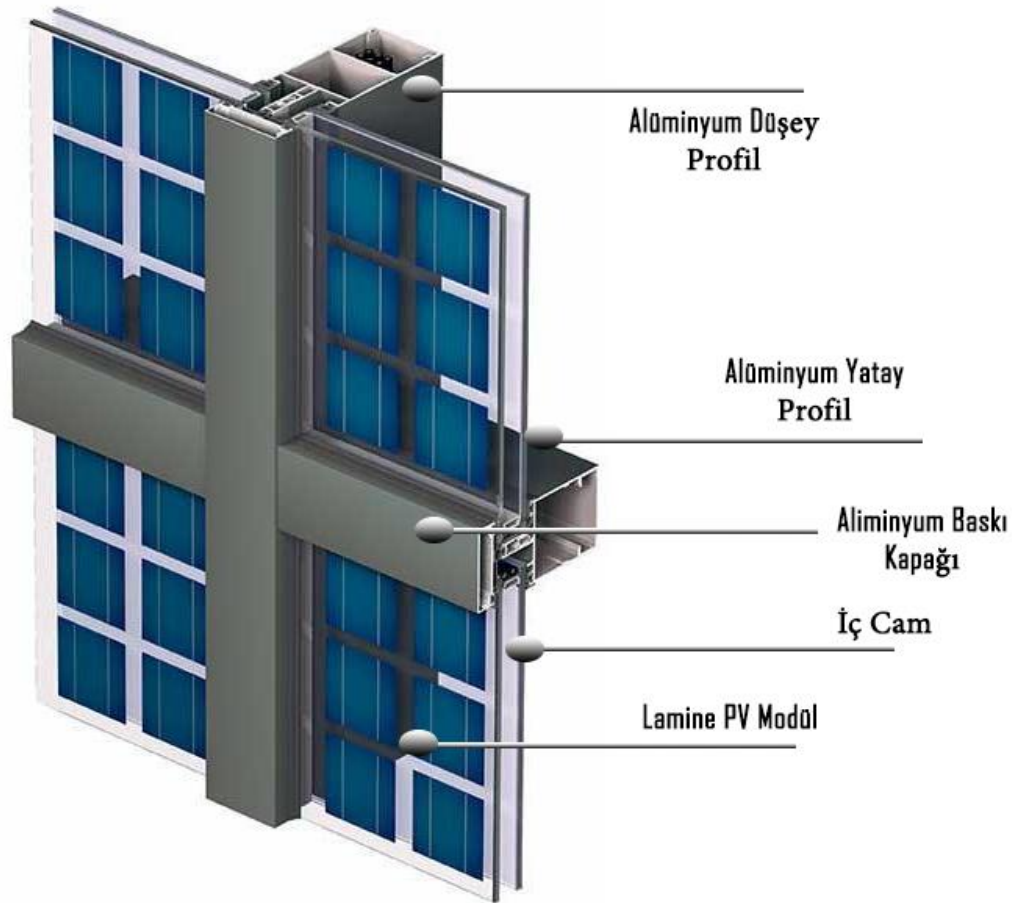


Kaynak: <http://www.solarpv.co.uk/solar-pv-arrays.html>

Şekil 4.1 Gölgeleme elemanı olarak kullanılan Fotovoltaik Panel

4.1.1.2.Fotovoltaik Panellerin Giydirme Cephe Olarak Kullanılması

AAMA (American Architectural Manufacturers Association – Amerikan Mimari Yapımcılar Kurumu Birliği) giydirme cepheyi şöyle tanımlar; herhangi bina duvarının, herhangi bir malzemesi, üst üste binen dikey yükleri taşımaz. Metal çerçeveler, cam panelleri, metali, taşı ve diğer giydirme malzemeleri destekler. Metal çerçeveler yerinde tekil parçalarla (yapıştırma sistem) veya ünitelerin prefabrike olarak fabrikada üretilmesiyle oluşur. Cam giydirme cepheler ise iki kat arasında yahut tabandan çatıya kadar giydirme cepheler genellikle var olan yapıları iyileştirmede kullanılır. (Keleş,2008;Brock ve Linda,2005)

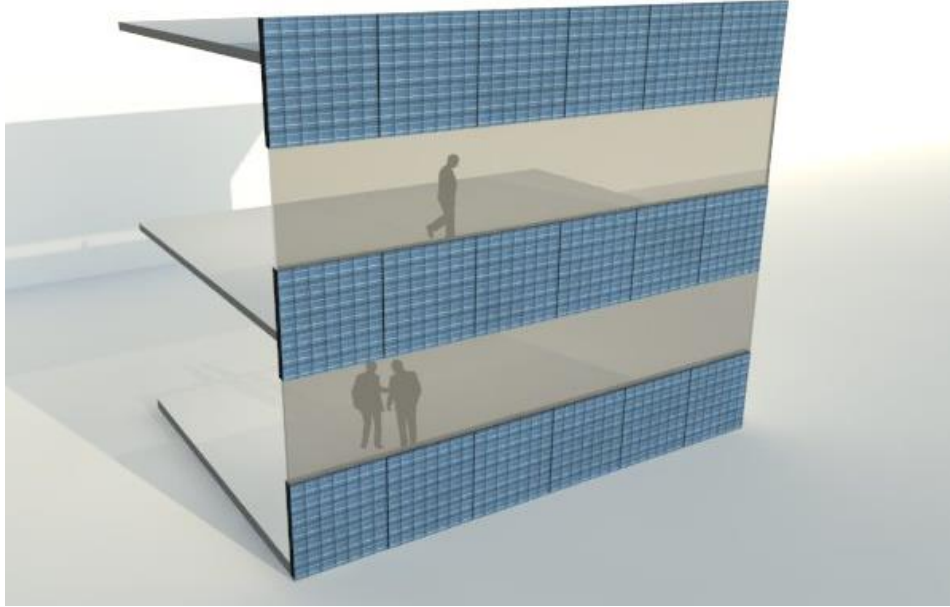


Kaynak: http://www.tectonica-online.com/products/2061/wall_curtain_photovoltaic
Şekil 4.2 Fotovoltaik Panellerin Giydirme Cephe Olarak Uygulanması

Cam giydirme cephenin fotovoltaik panel için en verimli malzeme olduğu gözlenmiştir. Bina ile fotovoltaik panel arasındaki boşluktan hem havalandırma sağlanır hem de kabloların geçişleri sağlanmaktadır. Cam cephe konumlandırılması 6 şekilde yapılabilmektedir.

- **Düzlemsel Giydirme Cepheler**

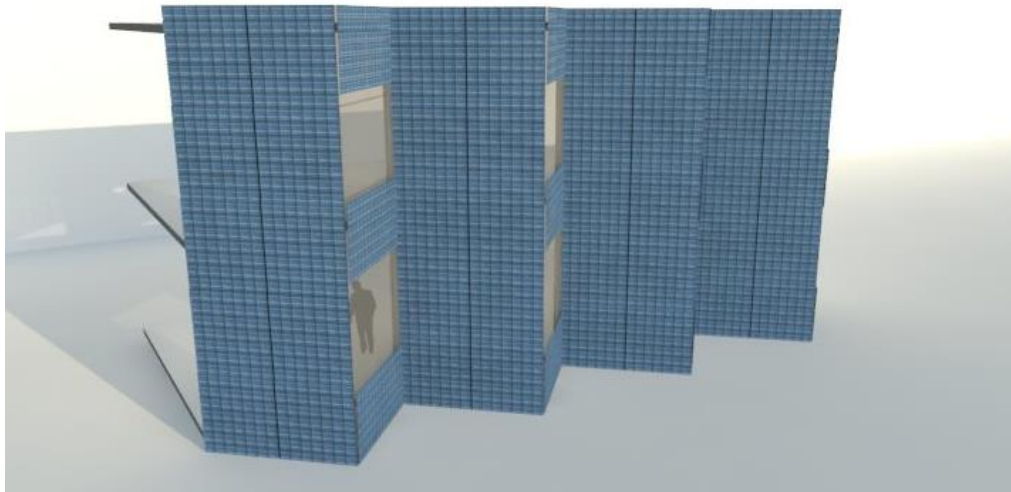
Standart cam, giydirmeye taşıyıcı olarak kullanılabilir. Bu şekilde kullanılan fotovoltaik panellerde elektrik üretiminde düzlemsel cephelerde güneşten gelen ışınların panellere dik gelmemesinden dolayı üretilen enerjinin verimi eğimli cephelere oranla azdır.



Şekil 4.3 Düzlemsel Giydirmeye Cepheler Örneği

- **Düşeyde Kırıklı Giydirmeye Cepheler**

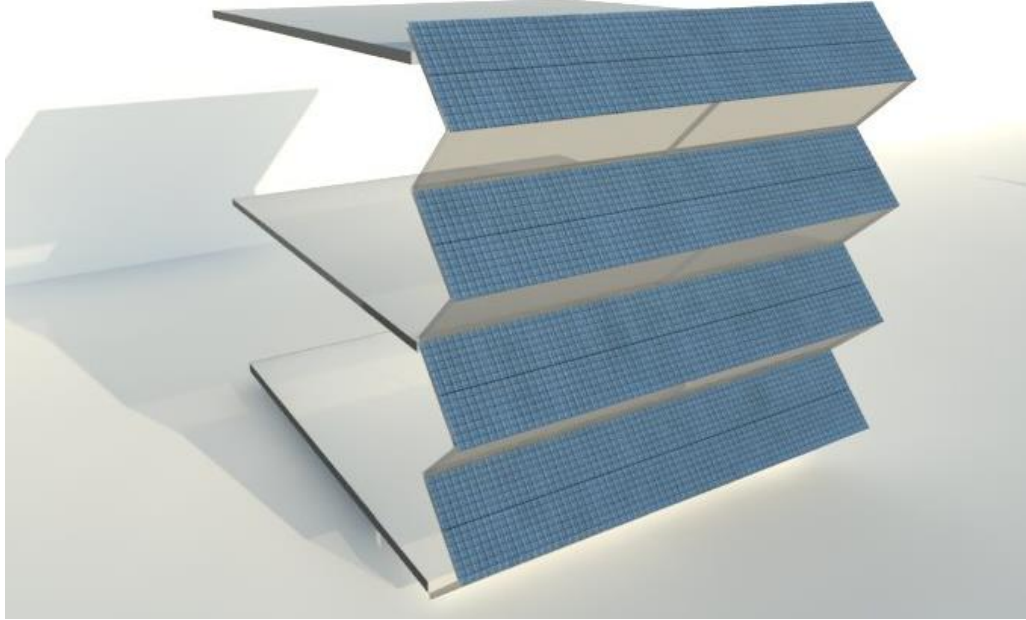
Düşeyde kırıklı cephelerde yüzeyin alanını artırarak daha fazla fotovoltaik panel konulması açısından olumlu bir çözüm olsa da ek yapısal sistemlerde maliyeti arttıracak için olumsuz etkilemektedir. Güneşe göre panellerin yerleşimleri sağlandığında düzlemsel giydirmeye cephelere göre daha fazla elektrik üretimi sağlamaktadır.



Şekil 4.4 Düşeyde Kırıklı Giydirmeye Cepheler Örneği

- **Akordeon Giydirme Cepheler**

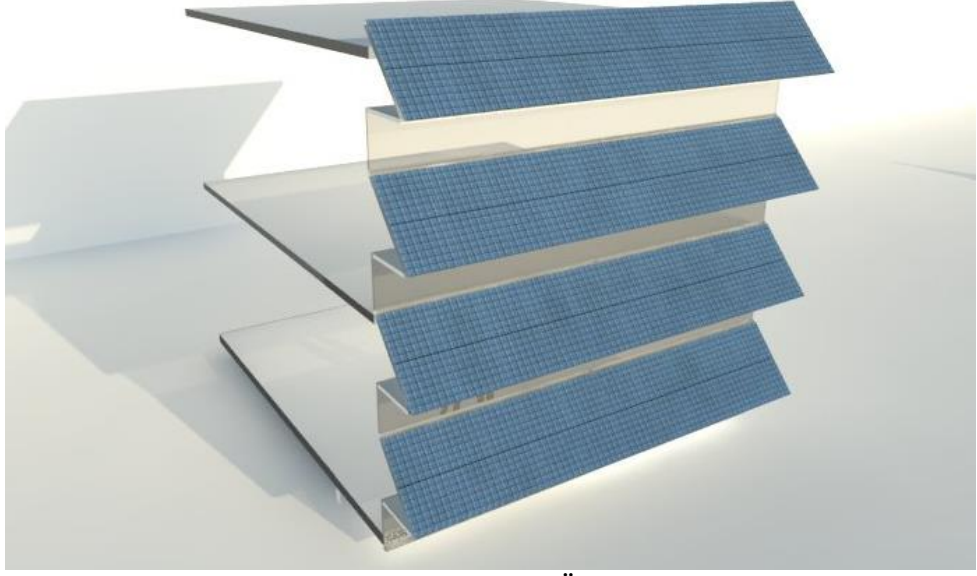
Bu tür giydirme cephelerin hareketli cephe olması sebebiyle ek strüktür yerleşimleri karmaşık olmaktadır ve bu durumda maliyetlerin artmasına sebep olmaktadır. Fotovoltaik panellerin açısının güneşe dik ayarlanması durumunda ürettiği elektrik performansı yüksek olacaktır.



Şekil 4.5 Akordeon Giydirme Cephe Örneği

- **Yatayda Kırıklı Giydirme Cephe**

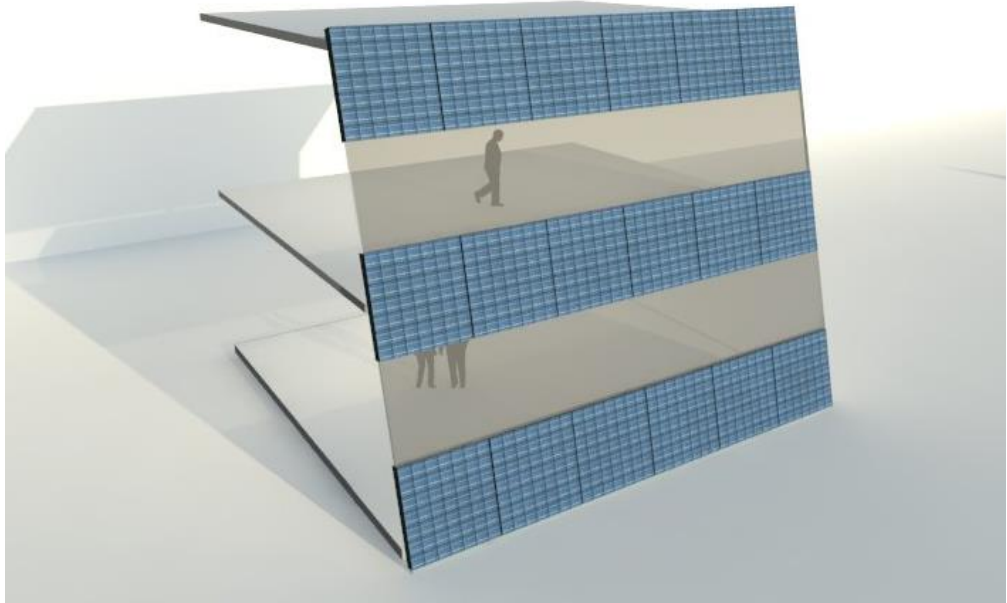
Yatayda kırıklı cephelerin düşeyde kırıklı cephelere göre elektrik üretim verimleri daha fazladır. Bunun sebebi de yatay eğimin güneşin panellere dik olarak ulaşabilmesinin avantajıdır. Bu tip cephelerde panel temizliğinin yapılması zor olmaktadır ancak yağmurun yağmasıyla doğal bir şekilde paneller temizlenebilmektedir.



Şekil 4.6 Yatayda Kırıklı Giydirme Cephe Örneği

- **Eğimli Düzlemsel Giydirme Cephe**

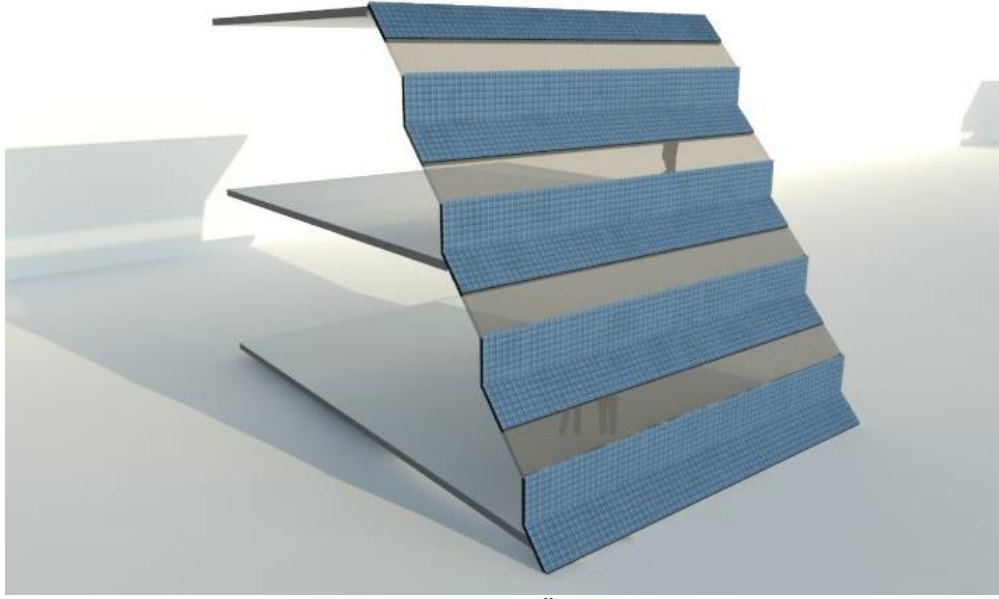
Düzlemsel cephelerle karşılaştırıldığında cephede eğim olması hem temizlik hem de güneşi dik açılarla aldığı için eğimli düzlemsel cephelerde elektrik üretimleri daha fazla olmaktadır. Fotovoltaik panellerin opak veya saydam seçenekleriyle kullanılması ile mekanda ışık kontrolü yapılabilmektedir.



Şekil 4.7 Eğimli Düzlemsel Giydirme Cephe Örneği

- **Eğimli Kırıklı Giydirme Cephe**

Eğimli düzlemsel giydirme cephe ile eğimli kırıklı giydirme cephelerin elektrik üretim verimleri birbirlerine yakındır. Kırık cephelerde ek strüktürün yerleşimi zor olmasından dolayı kurulum maliyetleri yüksektir.



Şekil 4.8 Eğimli Kırıklı Giydirme Cephe Örneği

4.1.1.3. Fotovoltaik Panellerin Bina Cephelerinde Kullanımının Değerlendirilmesi

Fotovoltaik panellerin bina cephelerinde uygulanması çatılara göre biraz daha dezavantaj olarak görülse de aslında fotovoltaik paneller konumlandırıldığı yer itibariyle bir eğim verilmesi durumunda veriminin arttığı görülmüştür. Bu eğimleri belli açılarla konumlandırarak önüne bina veya ağaç gölgeleri gelmediği sürece kullanımının aksamadığı görülmüştür (bölgenin hava koşulları hariç tutulmuştur bulutlar, nem vs.). Bina cephelerinde en verimli enerji üretimi kırıklı giydirme cephe olduğu bunun sebebinin de yine güneşten en fazla yararlanabilmesi olmuştur. Bu sistemde uygulamaların yapılabilmesi için binanın tasarım halinde iken çözümlenmesi gerekmektedir. Bu durumda sonradan binaya ek sistemlerle bütünleşik fotovoltaik panellerin kullanımlarının olabilmemesinin zor olduğu görülmüştür ve yapılabilse bile binayla bütünleşememesi sorunu ortaya çıktığı için binanın bütünlüğünü bozmaktadır. Cam giydirme cephelerin kendi içlerinde bir avantajı da kabloların geçebilmesi için bir boşluk olmasıdır. Bu boşluktan havalandırılmanın da sağlanması giydirme cepheler için büyük önem taşımaktadır. Yapılan bu sistemlerde havalandırmanın önemi büyüktür. Bir fotovoltaik panelin ısınması halinde soğutmanın sağlanması elektrik üretiminin veriminin düşmemesi gerekmektedir. Bunları dikkate alarak tasarım halinde iken düşünmek ve olabilecek sorunları göz önüne almak gerekmektedir.

4.1.2. Fotovoltaik Panellerin Binaların Çatı Yüzeylerinde Uygulanması

Panellerin çatı yüzeylerinde kullanılması binanın diğer bölümlerine oranla daha verimli sonuç alındığı görülmektedir. Bunun sebebi de güneşi çatıdan direkt olarak güneşin batışına kadar güneş ışınlarını sürekli alabilmekte olmasıdır. Çatılara kurulan fotovoltaik paneller çatı ile bütünleşik çatı malzemesi gibi kullanılan ve çatıdan bağımsız olmak üzere 2 şekilde uygulanmaktadır. Bu uygulamaların farklı çatı şekillerinde de kullanımları görülmektedir. Düz, eğimli, şet, eğrisel, atrium çatılarda uygulamaları yapılmaktadır. Güneş panellerinin günlük hayatta yerinin artmasıyla birlikte daha fazla kullanım alanları artmıştır. Özellikle çatıda kullanımları yaygın olan fotovoltaik panellerin teknolojiyle birlikte çatı sistemlerinin malzemesi de değişmekte olduğu görülmektedir. Çatıda kullanımı için yapılan güneş enerjili kiremitler gibi teknolojik çalışmalarla çatı sistemleri değişmiş olmaktadır. Güneş enerjisinin yeni çatı malzemeleri olan kiremit paneller, buzlu kiremit, solar halı bu yeni teknolojilerden bazılarıdır.

Bu sistemlerde buzlu kiremit güneş enerjisini içerisinde bulunan fotovoltaik sistemlerle gelen güneş ışınlarını elektriğe çevirmektedir.



Kaynak: <http://www.enerjibes.com/solar-cati-teknolojileri-nelerdir>

Şekil 4.9 Buzlu Solar Cam Kiremit

Aynı zamanda solar halı ile birlikte bu sistemlerin kolay bir şekilde çatıya serilmeleri ve esneklikleriyle her türlü çatıya uyum sağlamaları görülmüştür.



Kaynak: <http://www.enerjibes.com/solar-cati-teknolojileri-nelerdir>
Şekil 4.10 Solar Halı Çatıda Uygulanması

Çatılarda fotovoltaik panellerinin kullanımı her ne kadar verimli olsalar bile çerçevesi olan paneller ağırlıklarından dolayı çatıya ek yük bindirmektedirler. Bu yüzden bu yeni teknolojilerin kullanımları daha avantajlıdır.



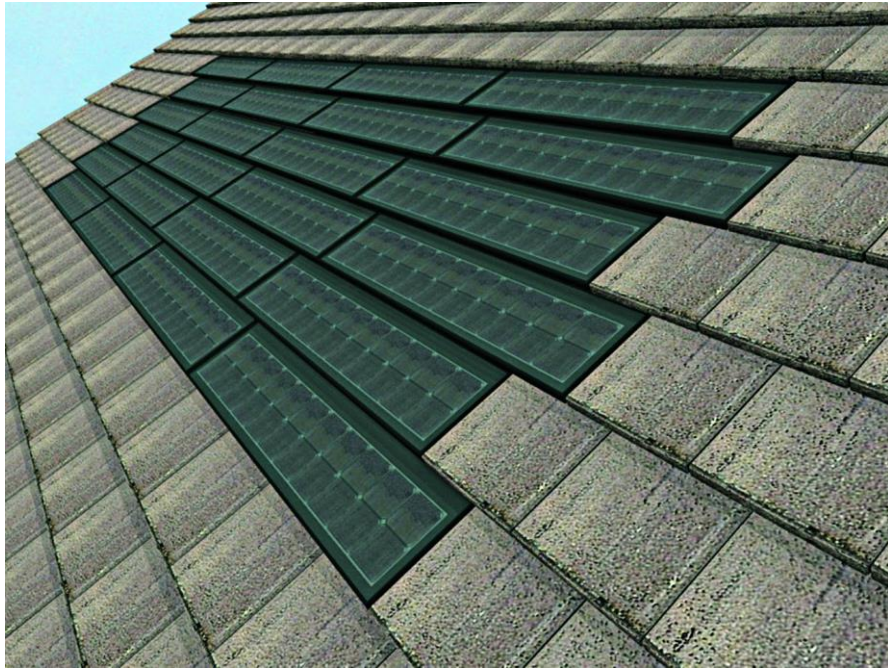
Kaynak: <http://www.enerjibes.com/solar-cati-teknolojileri-nelerdir>
Şekil 4.11 Solar Kiremit

- Düz çatılarda; panellerin eğimli durması gerektiği için ek bir profil gerekmektedir. Bu durumda çatıya eklenecek yük artmaktadır. Eğimli durması gereken modüller düz çatılarda bu sebepten dolayı estetik olmamaktadırlar. Rüzgar yüküne dayanabilmeleri için panel eğimleri 10° - 60° arasında yapılması uygun görülmektedir. (Gemicioğlu, 2011)



Kaynak: <http://www.ecohisolar.co.uk/case-studies/sanyo-on-flat-roof>
Şekil 4.12 Düz Çatıda Ek Strüktür İle Fotovoltaik Panel Uygulaması

- Eğimli çatı; panellerin kullanımı için en uygun olan çatı tipidir. Bu çatılarda rüzgarın etkisiyle doğal havalandırma yapılabilecek eğim bulunmaktadır. Eğimli çatılarda çatı ile bir bütün olan çatı malzemesi fotovoltaikler veya ek strüktür taşıyıcı sistemiyle panel yerleştirilmesi yapılmaktadır.

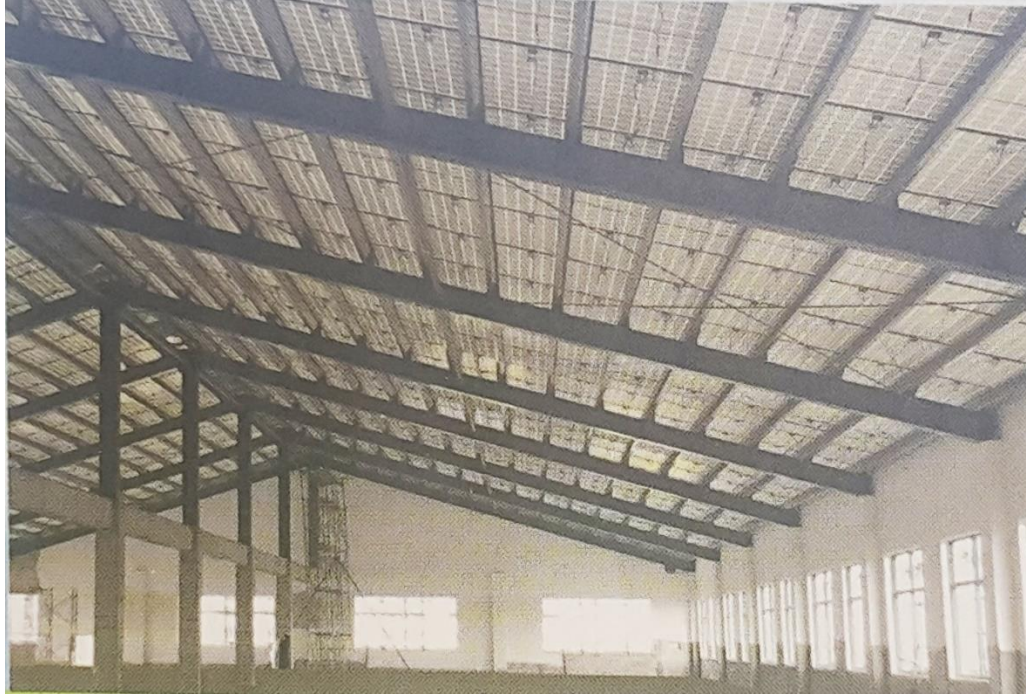


Kaynak: <http://www.thisoldhouse.com/ideas/solar-shingles>
Şekil 4.13 Çatı Malzemesi Olarak Kullanılan Paneller



Şekil 4.14 CW Enerji Saydam Güneş Kiremiti

CW Enerjinin üretmiş olduğu bu yeni paneller çatı malzemesi gibi kullanılıp ek bir taşıyıcıya ihtiyaç duymamaktadır. Panellerin çatıda veya cephede uygulaması yapılmakta olup aynı zamanda saydam veya opak olarak tercihe göre kullanılmaktadır. Paneller birbirlerine kaydırma sistemleriyle bağlı oldukları için ek bir profil kullanılmamaktadır bu yüzden çatıda geniş açıklıklarında rahat bir şekilde geçebilmektedir.



Şekil 4.15 CW Enerji Güneş Kiremiti Uygulaması

Bir panelin ağırlığı 11 kg olan bu paneller sızdırmaz özelliği ile kullanımı diğer paneller gibidir. Binaya tasarım aşamasında kullanılması ile hem ek çatı malzemesine gerek kalmaz hem de çatıdaki yükü azaltırlar. Saydam paneller tercih edilecek olursa doğal ışığı ortama geçirerek mekan için cam görevi görür.



Şekil 4.16 CW Enerji Güneş Kiremiti Panel Üzerinde Birbirlerine Bağlantısı



Kaynak: <http://www.archiexpo.es/prod/mprime-by-martifer-solar/product-108567-1108875.html>

Şekil 4.17 Ek Taşıyıcı İle Çatı İle Bütünleşik Olan Fotovoltaik Paneller

- Şet çatı; bu çatılarda fazla güneş ışığını alabilmek için yapılmış çatılardır. Güney yönünde opak kuzeyde yarı saydam panel kullanılarak olabildiğince güneş ışını almak amaçlanmıştır.



Kaynak: <http://www.pvdatabase.org/newentries.php?order=3>

Şekil 4.18 Şet Çatı Örneği

- Eğrisel çatı; esnek bir yapıya sahip ince film güneş hücreleri kullanılarak çatıya uyum sağlamaktadır. Bu durumda her türlü çatı şekline uyum sağlanarak opak veya yarı saydam paneller kullanılmaktadır. Bu sistemlerde montaj zorluğu olmaktadır.



Kaynak: <http://www.altenergy.org/renewables/solar/solartechnology.html>

Şekil 4.19 Eğrisel Çatı Örneği

- Atrium çatı; cam ile kaplı oldukları için bu alanlarda ısıtmanın istenmediği dönemlerde güneşten korunma gereklidir. Saydam fotovoltaik panellerin modülleri standart modüllerden daha pahalıdır. Fakat entegrasyon olasılıkları, çoklu kullanım (gün ışığını geçirme, gölgeleme, pasif soğutma) ve mekanik soğutma sistem giderlerini azaltma gibi özellikleri toplam bina maliyetini düşürür. (Keleş,2008)



Kaynak: www.strutchannel fittings.com/THK-11615-SHADE-ATRIUM-SHADING-PV--THIN-FILM-40-30-20-OR-10-TRANSPARENT-MODULES-WITH-ALUMINUM-RACKING-DESIGNED-TO-ATTACH-TO-EXISTING-ATRIUM-FRAMING-ON-ROOF_p_1222.html

Şekil 4.20 Atrium Çatı Örneği

4.1.2.1.Fotovoltaik Panellerin Çatı İle Bütünleşik Olarak Kullanılması

Çatı ile bir bütün olan sistemlerde çatı malzemesi olarak kullanılarak herhangi bir hava muhalefeti sırasında olumsuz koşullardan etkilenmemesi için kullanımı avantajlıdır. Hem kaplama görevi görüp mimari olarak temiz bir görüntü sağlamakta hem de elektrik üretimi yapılmaktadır. Bu durumda çatı malzemesi kullanılmaması ile bir fiyat azalması söz konusudur. Çatı malzemesi olarak kaplanacağı gibi panel olarak da kaplanabilmektedirler. Çatı fotovoltaik malzemeleri ince film güneş hücreleri olarak kullanılmaktadır. Bu durumda daha esnek ve sağlam bir malzemeyle çatılarda kullanılabilir. Çatı üzerine yerleştirilecek ek profiller olmadığı için paneller çatıda daha estetik görülmektedir ancak bu durumun dezavantajı da bulunmaktadır. Bu paneller çatı ile bütünleşik sistemler olduğu durumlarda panel arkasının havalandırılması mümkün olmadığı için sıkıntılar yaşanabilmektedir.



Kaynak: <https://itpc.ro/oamenii-de-stiinta-au-creat-un-concentrator-de-energie-solara-transparent/>

Şekil 4.21 Çatı İle Bütünleşik Fotovoltaik Paneller

4.1.2.2.Fotovoltaik Panellerin Çatılardan Bağımsız Olarak Kullanılması

Çatılardan bağımsız olması çatı malzemesinin üzerine konulan ek sistemlerle panellerin yerleştirme işlemleridir. Bu panellerin malzemesi tek veya polikristal güneş hücreleriyle yapılmışlardır. Bu durumda panelin esnekliği önemli olmadığı için kristal güneş hücreleri kullanılarak yapılan panellerin elektrik üretimlerinin verimliliğini arttırmaları önemsenmiştir.



Kaynak:<http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/energy-solutions/our-barn-roof-gets-18-kw-solar-array>

Şekil 4.22 Çatı İle Bağımsız Fotovoltaik Paneller

4.1.2.3.Fotovoltaik Panellerin Bina Çatı Yüzeylerinde Kullanımının Değerlendirilmesi

Fotovoltaik paneller verimi maksimum alabilmeleri için çatıda yerleştirilmeleri en uygun bölümdür. Gün ışığını maksimum alabilen ve önünde gölge olabilecek bina veya ağaç gibi engellerin olmadığı alanlardır. Eğim paneller için çok önemlidir. Bu durumda çatıların eğimli olmadığı alanlarda ek profiller sağlanarak eğimli olarak paneller yerleştirilebilir. Maliyetleri uygundur. Eğimli olabileceklerinden dolayı rüzgar ile birlikte doğal havalandırma yapılabilmektedir. Çatı ile bütünleşik olabileceği gibi ek profillere ihtiyaç duyulacak olursa estetik olarak bina bütünlüğünü bozabileceği göz önüne alınmalıdır.

4.2.Fotovoltaik Panellerin Binaların Çatı ve Cephelerinde Kullanımının Kıyaslanması

Çatılar ve cephelerin kendilerine göre avantajlı yönleri vardır. Bu panellerin konumu itibariyle avantajları kıyaslanacak olursa;

- Çatılarda fotovoltaik panel kullanımının cephelere göre daha verimlilik gösterdiği görülmüştür. Çatılardaki bu verimliliğin sebebi güneşi engelsiz bir şekilde alabildiği içindir. Cephelere bakılacak olursa cepheler ile güneş arasında bina engeli veya ağaç gölgeleri gibi ışınların gelmesini etkileyecek sebeplerin olması verimi çatılara göre düşürmektedir.

- Çatıların binalarda kullanımları için belli eğimlere göre yerleşimlerinin sağlanması gerekmektedir. Bu yerleşimler ile birlikte güneşin geliş açısı en fazla verimi sağlamaktadır. Cephelerde ise bu durum biraz daha zor olmaktadır. Bir cephe üzerine panel yerleştirildiği takdirde cephenin de kendi eğimi olması gerekmektedir. Bir cepheye panel yerleştirilmesi uygulanacaksa tasarım halinde iken belirlemesi gerekmektedir. Sonradan binaya dahil edilen bu sistemlerde cephe bütünlüğünün bozulmasına yol açmaktadır.
- Çatılara uygulanacak eğimli halde yapılacak panellerin elemanları ile cephede kullanılacak elemanların maliyetleri değişmektedir. Cepheye fotovoltaik panellerin dahil edileceği takdirde daha fazla bir masraf ortaya çıkmaktadır.
- Paneller için fazla ısınmanın artmasıyla birlikte havalandırma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Havalandırılmayan paneller bir süre sonra verimliliği düşürmektedir. Çatılarda kullanım bu bakımdan avantajlıdır. Havalandırmanın sağlanması veya rüzgar yönüne göre yerinin ayarlanması verimden fazla yararlanmak için idealdir. Cephelerde ise havalandırma yapılması zor olduğundan dolayı yapılarda az verimli olduğu görülmüştür.
- Düz çatılarda kullanımı; çatı strüktürüne bazı ekipmanlarla bağlanması ve sonradan binaya dahil edildiği takdirde binanın bütünlüğüne uymamasından dolayı estetik görülmemektedir. Yapımı ucuz olmakla birlikte kolay uygulanmaktadır. Eğer çatıda kendi ağırlığı ile kurulumu olursa çatıya fazladan yük bindirildiği görülmektedir. Bu durumdan dolayı hem bina için hem de sonradan dahil edildiği için estetik görülmemektedir. Ağırlığını çatıya veren sistemlerin avantajı ise yüzlerce kW (kilovat) üretilmesi istendiğinde kullanılmaktadır. Yan yana istenildiği kadar konulabilmektedir. Eğer çatıyla bütünleşik bir panel kullanılırsa bu durumda estetik görüntü elde edilmiş olacaktır. Normal çatılara göre daha pahalıdır. Çatıya az yük bindirilmektedir. Tasarım halinde iken bina ile bütün kullanılmasının yanında fotovoltaik paneller sonradan dahil edilip mevcut binaya eklenebilmektedir.
- Eğimli çatılarda kullanımı; kiremitlerin yerine kullanılan fotovoltaiklerin kullanımı ucuz olmakla birlikte havalandırmanın yapılması doğal olarak oluşan boşluklardan yapılmaktadır. Olumsuz yönü ise bu uygulamalarda bir yağmur karşısında suyu geçirdikleri için diğer paneller tercih edilmektedir. Çatı örtüsü ile bütünleşik olarak yapılması halinde hem çatı görevi görmesi hem de kiremit olarak yapılması durumunda estetik görülmesi bu malzemelerin avantajıdır.

- Eğri çatılarda kullanımın görüldüğü yerlerde uygulama zorluğu görülmektedir. Kullanılan malzemelere göre ortama ışık girmesi sağlanmaktadır. Örneğin opak yerine yarı saydam paneller kullanılarak ortam daha da aydınlanabilir.
- Şet çatılarda ortama daha fazla güneş ışığı girmesi amaçlandığı için kuzey yüzeylerde yarı saydam güney yüzeyler opak paneller kullanılmıştır. Güneşten fazla gelen ışınlar ortamda ısı sorunu yaratacağı için gerekli yalıtımların yapılması gerekmektedir.
- Atriumlarda gün ışığını ortama geçirdikleri için estetik bir görünüme sahiptirler. Ancak gün ışığının miktarı arttığı zamanlarda ısınmanın fazla olmasından dolayı güneşten korunma gerekmektedir.
- Fotovoltaiklerin cephelerde kullanımları çatılara göre azdır. Bunun birçok sebebi mevcuttur. Dezavantajlarının çatılardaki dezavantajlarından fazla olması durumunda cephelerde de kullanımları için çözüm yollarının geliştirilmesi gerekmektedir. Her zaman binalarımızda çatılarda kullanılmayabilir. Bu durumda alternatif olan cephelere de yönelmesi gerekmektedir. Giydirme cephelerde fotovoltaik panel kullanımında en önemli sorun fazla ısı kazanımıdır. Cephenin tamamı cam ile kaplandığında artan ısının soğurulması için fazla enerji kaybı ortaya çıkmaktadır.
- Düz cephelere uygulanan fotovoltaik panellerin güneş ışınlarının geliş açısına göre daha az verimli oldukları görülmüştür. Eğer cephelere kırıklı yüzeyler eklenirse güneşi daha fazla alacaktır. Kırıklı yüzeylerin yapımında taşıyıcıları artacağından dolayı maliyeti de artmakta olduğu görülmüştür. Eğimli ve kırıklı cephelerde ise masraf arttıkça veriminde arttığı görülmüştür. Bu sebepten dolayı yapılan cephelerde tasarım halinde iken düşünülmesi gerekmektedir. Cephenin bütünlüğünü olumsuz etkilemesinden dolayı sonradan dahil edilen sistemlerde estetik görülmemektedir.

4.3. Fotovoltaik Panellerin Kurulum Maliyeti

Fotovoltaik panellerin normal bir ev için kurulum maliyetini çıkarabilmek için piyasadaki kataloglarda inceleme yapmak gerekmektedir. Öncelikle evin ne kadar enerji tükettiği incelenmelidir.

Bir evin günlük ihtiyacı ortalama 5 kWh (kilovat saat) olduğu varsayılırsa 5 saatlik bir güneşlenme süresine sahip bölgede sistem için gerekli olan 1kW'dır. Bunun içinde 14 tane 375 W (watt) verimi %18 olan panel gereklidir. Bu panellerin güneşi her gün almadıkları kabul edilirse ortalama 2 gün için bulutlu veya güneşsiz gün denilirse panelin yanında birde batarya bulunmalıdır ki bu güneşsiz günlerin depolamasını yapabilmesi içindir. Depolaması yapılacak olan bataryanın 5kWh ev için 2 gün ile çarpılıp (5kWh X 2 gün) 10 kWh ihtiyacı

bulunur. Sistem için gerekli 12 V seçilirse 1200 Ah'lık (Amper) akü seçmek yeterli gelmektedir. Bu durumda 14.4kW (12V X 1200Ah) enerji depolanabilmektedir.

Akü batarya regülatörü katalogdan seçilmesi gerekmektedir. Katalogdan 12V 60Ah seçilmesi hesaplanacak ev için uygun olmaktadır.

İnvertörler doğru akımı alternatif akıma çevirmek için kullanılmaktadırlar. Bu akım kullanabileceğimiz akım anlamına gelmektedir. Evde aynı anda çalıştırılabilecek elektrikli eşyalar düşünülecek olursa 2000W çamaşır makinesi, 100W lamba ve 300W ses sistemleri hesaplanacak olursa 2500W invertör yeterli gelmektedir. Bazı evler için az gelecek olursa daha yüksek invertörler de bulunmaktadır. İnvertörler yurtdışından ithal edildikleri için maliyeti arttıran elemanlardır. Ne kadar güç kapasitesi artarsa maliyette o kadar artmaktadır.

Gerekli olan ana elemanların hesaplarına geçmeden önce işçilik maliyeti ve kabloların maliyeti bu hesaplamanın dışında tutulmuştur.

Tablo 4.1 Fotovoltaik Panellerin Şebeke İle Bağlantılı Kurulum Maliyet Tablosu

Kullanılan Elemanlar	Elemanların Türü	Kullanılan adet sayısı ve adet fiyat çarpımı	Fiyat
Fotovoltaik Paneller	14 adet 375watt	14 adet X 1.180TL	16.520TL
İnvertör	12V DA- 230 V AA	1 adet	1400TL
Toplam Fiyat			17.920TL

Toplam maliyetin bu durumda 17.920 TL olduğu ortaya çıkmıştır. Bu hesaplamalarda kullanılan 14 tane panelin sayısı artış gösterebilmektedir. Eğer kullanacağımız elektrik şebeke ile birlikte kullanılacaksa önerilmektedir. Bu hesaplamada elektrikli aletlerin hepsi aynı anda kullanılmadığı varsayılmıştır. Eğer şebekeden bağımsız kullanılacaksa o zaman hesaplarda değişiklik olmaktadır. Bir evin ihtiyacını karşılayan 5kw günde 5 saat enerji almasına göre ortaya çıkmaktadır. Burada bir dezavantaj ortaya çıkmaktadır. Kullanılan elektrikli eşyaların hepsinin aynı anda kullanılması halinde saat başına denk gelen 1kw yetmeyecektir. Şebeke var ise şebekeye bağlanıp elektrik faturasına yansiyacaktır. 5kw şebekesiz kullanabilmek için ise 25 adet 375w verimi %18 olan panellerin konulması gerekmektedir. Bu durumda fiyat şu şekilde olmaktadır.

Tablo 4.2 Fotovoltaik Panellerin Şebekesiz Bağlantılı Kurulum Maliyet Tablosu

Kullanılan Elemanlar	Elemanların Türü	Kullanılan adet sayısı ve adet fiyat çarpımı	Fiyat
Fotovoltaik Paneller	25 adet 375watt	25 adet X 1.180TL	29.500TL
Akü Grubu	6 adet 12V 200Ah	6 adet X 700TL	4200TL
Akü Batarya	12 V 60 A	1 adet	1.052 TL
İnvertör	12V DA- 230 V AA	1 adet	1400TL
Toplam Fiyat			36.152TL

Toplam maliyet 36.152 TL olmaktadır. Evdeki elektrikli aletlerin kullanımlarının azalması, artması ve kişi sayısına göre durum bu fiyatta değişkenlik gösterecektir.

Fotovoltaik panellerin yaklaşık ömürleri 30-40 yıl kadardır. Bu panellerin kurulumundan itibaren geri dönüş süresi 8-10 yıldır.

4.4.Bölüm Sonuçları

Bu bölümde binalarda uygulanan fotovoltaik panellerin uygulanma yöntemleri ve bu yöntemlerin avantaj-dezavantajları anlatılmaktadır. Bir fotovoltaik paneli en verimli kullanabilmek için binanın hangi yüzeyinde hangi eğimle uygulanması gerektiği anlatılmaktadır. Fotovoltaik panellerin güneş ışınlarını en verimli şekilde kullanılabildiği yer çatılardır. Çatılarda eğimin rahat yapılabilmesi, çatıya uygun malzemelerle kullanılabilmesi açısından en verim alınabilecek yer olmaktadır. Çatıda sadece panel olarak kullanımı mevcutken artık yeni teknolojilerle birlikte farklı alternatifler ortaya çıkmıştır. Bu alternatiflerden bazıları; esneyebilen güneş panelleri, kiremit şeklinde veya cam görünümlü kiremit paneller vs. olabilir. Bu tür panellerin alternatifi daha az taşıyıcıyla çatıya ek yük bindirmemeleridir. Çatıya eklenen her taşıyıcı hem ek bir masraf hem de fazladan yük demektir. Cephelerde ise bu durum biraz daha farklıdır. Cephelerde kullanımın biraz daha az görülmesi ve buna sebep de güneş ışınları ile panel arasında gölge oluşması verimi %3-4 düşürmektedir. Bu durumda verimin düşmesini engellemek için binanın mevcut çevresinde gölgeleme yapacak elemanlara göre tasarım yapılması veya cephenin eğimli yapılmasıyla bu durum avantaja çevrilebilir. Ama burada önemli olan hem binanın estetiğini bozmayan hem de verimi yüksek uygulamalar yapabilmektir. Cephelerde kırıklı ve eğimli yüzeylerin yüzey alanlarından daha çok güneş ışını alabildikleri için giydirme cephelerde en yüksek verime sahiptirler. Cephelerin kullanımına yönelik bir diğer dezavantaj ise panellerin havalandırmasının sağlanamamasıdır. Fazla ısınan panellerin cephe yüzeylerinde havalandırılmasına sahip çatılardaki gibi boşluklar olmadığı için verimleri

düşmektedir. Fazla ısınan panellerin soğutulmasına yönelik çalışmalar yapılması veya boşluklar bırakılması gerekmektedir.

Çatılara sonradan dahil edilen panellerin rüzgar, dolu ve kar yüküne karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Dayanıklı olmayan bu panellerin kullanımlarında verimin düşmesi hatta bakımının yapılmadığı takdirde kullanımının yapılamadığı görülmektedir. Kar basıncı altında kalmaması için panellerin yüksek bir açıyla yerleşimleri gerekmektedir. Panellerin bakımı önemlidir. Herhangi bir tozlanma karşısında verimi %3-4 düşürmektedir. Tozlarının düzenli şekilde alınması verimi artırmakta önemlidir. Bu yüzden yapılan çalışmalarda dikkat edilmesi gereken bulutlu veya güneşin olmadığı zamanlarda kullanılacak biriktirecek bataryaların olması dışında birde bu detaylara bakılması gerekmektedir. Verimi önemli ölçüde değiştiren bu detaylar yapılan uygulamalar sonucunda verimi kullanım boyunca değişmeyecektir. Aksi takdirde kullanımların yıllar geçtikçe veriminin düştüğü ve bu yüzden değişiminin gerektiği düşünülmemelidir.

Giydirme cephelerde önemli olan duvar ile cam arasında havalandırmanın sağlanması ve kabloların geçişinin rahat olmasıdır. Bu sebepten dolayı yapılan giydirme cephelerde cam kullanımı en ideal olanıdır.

Çatılarda yapımı ister mevcut binaya ister tasarım halinde yeni binaya yapılmış olsun binanın estetik görüntüsünü ve bina bütünlüğünü bozmaması gerekmektedir.

Fiyatlandırma konusunda panellerin fiyatı düşük olmakla birlikte yanındaki elemanlar ithal edildikleri için maliyeti arttırmaktadır. Normal bir evin fotovoltaik kurulum maliyeti düşünülecek olursa eğer bir evde ortalama 5 kW ihtiyaç olmaktadır. Evde kullanılan A+++ elektrikli eşyaların fazla olması da 5 kW'ı daha da düşürerek 4kW a kadar indiği görülmektedir. Bu durumda evde çalışacak eşyaların hesaplamaları yapılarak firmaların katalogları içerisinde gerekli olanlar seçilecek olursa fiyat yaklaşık 18.000TL olduğu görülmektedir. Bu fiyat şebekeye bağlı olduğu durumlar içindir. Şebekeye bağlı olduğunda elektrik faturasından devlet tarafından düşülmesi söz konusudur. Şebekeye bağlı olmadan akü sistemiyle kullanımlarda ise yaklaşık 36.000TL fiyat çıkmaktadır. Fiyatın işçilik masrafları ve evde kullanılacak elektrikli eşyaların aynı anda çalışması düşünülecek olursa kW artmasıyla fiyatın da artması söz konusudur.

5. BÖLÜM

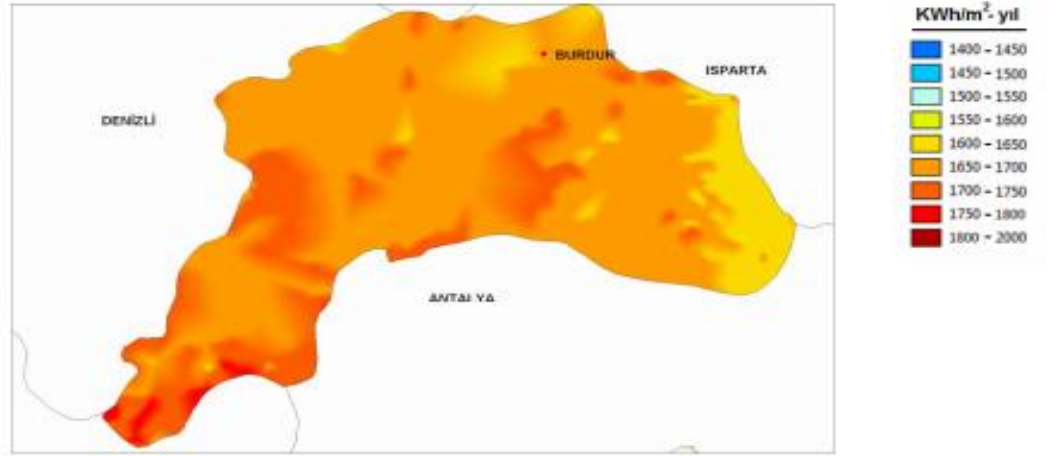
ALAN ÇALIŞMASI

Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeline bakılacak olursa en fazla güneşlenme oranları sırasıyla Güneydoğu, Akdeniz, Ege, Doğu Anadolu, İç Anadolu, Marmara daha sonra Karadeniz bölgesi gelmektedir. Akdeniz bölgesinin iklimi yıllık ortalama sıcaklığı 15-18 derece civarında olmaktadır. Temmuz ayında ortalama sıcaklık 25 dereceyi geçerken ocak ayında ortalama sıcaklık 7-10 derece civarında olduğu görülmüştür. Yazın güneyden gelen çöl ikliminin etkisinde kaldığından, yağış oluşmaz. Akdeniz bölgesinin bazı illeri nemli bazıları da kuru bir havaya sahip olması sebebiyle fotovoltaik panellere her güneşi gören ilde aynı verimi vermemektedir. Nemli bölgeler fotovoltaik panellerde verimi düşürmektedir. Nemli bölgelerde panel üzerindeki cam bölmelerde minik sular oluşarak panel üzerine gölge yapmasına sebep olmaktadır. Burdur ili nemli olmaması ve ortalama yılın 300 günü güneşli olması sebebiyle değerlendirilmesi gereken önemli bir ildir.

Burdur’un güneyinde bulunan yerleşim yerlerinde eğimli yüzeylerde güneş enerjisi değeri birim alana yıllık toplam 1800kWh değerine kadar çıkabilmekte ve bunun beraberinde de üretilen elektrik enerjisinin maliyeti kWh başına değeri daha düşük olmaktadır (Eke, 2013). Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından incelenecek olursa Burdur ilinde güneş hariç diğer yenilenebilir enerji kaynakları sınırlıdır. Burdur’da yılın ortalama 300 günü güneşlidir (DMİ, 2013). Yapılarda güneş enerjisinden çoğunlukla sadece sıcak su elde edilmesinde faydalanılmaktadır. Bu tip güneş enerji panelleri, halen kentte bir estetik problem oluşturmaktadır. (Kırbaş ve diğerleri; Danacı, 2013). Burdur’un güneş enerji potansiyeline bakıldığında aldığı fazla güneş ışınlarından dolayı bir güneş kenti olabileceğini göstermektedir. Fotovoltaik panellerde fiyatları düşmeye başlayan paneller kullanarak Burdur ilini geliştirebileceği görülmüştür. Üzerinde çok fazla fotovoltaik panel çalışmaları yapılmayan bu ilde biraz daha kullanımların yaygınlaşması ile büyük bir güneş kenti olması yönünde olduğu görülmektedir.

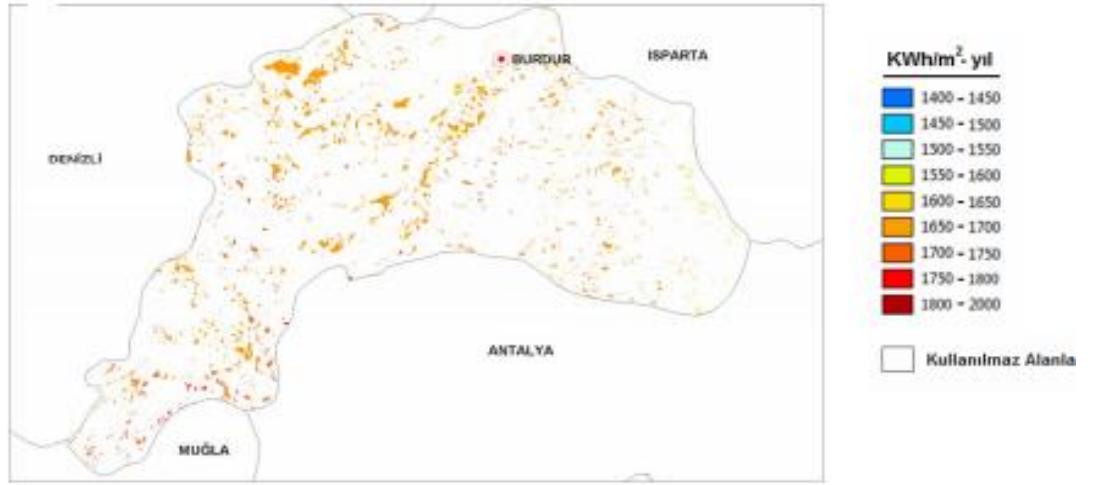
Bu bölümde Burdur ilinde kurulan müstakil bir evde 4 kişilik bir ailenin elektrik ihtiyacına göre elektrik üretimlerinin fotovoltaik panellerle karşılanması incelenmektedir. Bir plan şeması belirlenmiştir, panel türü ve gücü seçilmiştir. Panel sayısı evin elektrik tüketim ihtiyacına göre 22 adettir. Panel gücü ortalama bir maliyet ortaya çıkması için gücü 280 Watt , verimi %18 olan piyasadaki kataloglardan seçilmektedir. Bu çalışmada Burdur ilinin güneşlenmesine bağlı olarak maliyetin hesaplanması panel sayısının nasıl bulunacağı ve çatıda – cephede kullanımlarının binadaki elektrik üretimlerinin verimini nasıl etkiledikleri incelenecektir. Ne kadar sürede geri dönüş sağlayacağı edinilen bilgilere göre ortaya çıkacaktır.

5.1.Burdur İli Güneş Enerjisi Potansiyeli



Kaynak: BAKA, 2011

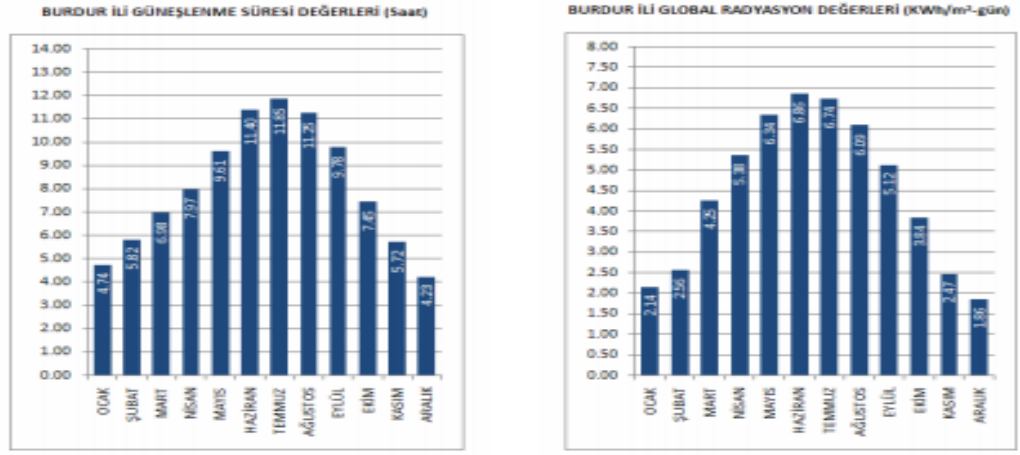
Şekil 5.1 Burdur İli Güneş Enerji Potansiyeli Haritası



Kaynak:BAKA, 2011

Şekil 5.2 Burdur İli Fotovoltaik Panel Kurulamaz Alanlar

Tablo 5.1 Burdur İli Güneşlenme ve Radyasyon Değerleri Grafiği



Kaynak: BAKA, 2011

Burdur Akdeniz Bölgesinde karasal iç tarafında yer aldığından karasal iklim hüküm sürmekte olup, kış mevsimi sert ve genellikle kar yağışlı, yaz mevsimi ise kurak ve sıcak geçmektedir. Nüfusun çoğunluğu çiftçilik ile uğraşmaktadır. (Vikipedi, 2017)



Şekil 5.3 Burdur İli Yerleşim Bölgesi



Şekil 5.4 Burdur ili Yerleşim Bölgesinde Çatıda Kullanılan Kollektörler

Arazilerde fotovoltaik panellerle elektrik üretimleri son yıllarda artmasına rağmen evlere uygulanmış fotovoltaik paneller henüz yaygınlaşmamıştır. Nemin olmaması, güneşli gün sayısının fazla olması ve hakim rüzgarla panellerin aşırı ısınmasının doğal olarak engellenmesiyle Burdur ili Akdeniz'in diğer bölgelerine göre daha avantajlı konumdadır.

Tablo 5.2 Burdur İli Güneşlenme Süresi ve Güneşlenme Şiddeti Tablosu

AY	Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi (saat:dk)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)	Günlük Ortalama Güneşlenme Şiddeti(cal/cm ² -min)
Ocak	3:47	113.5	199.34
Şubat	5:03	115.5	276.92
Mart	5:53	176.5	367.09
Nisan	6:49	204.5	452.02
Mayıs	8:57	268.5	544.51
Haziran	11:06	333.0	623.86
Temmuz	11:42	351.0	612.61
Ağustos	11:00	330.0	551.62
Eylül	9:15	277.5	462.11
Ekim	7:09	214.5	341.04
Kasım	5:18	159.0	235.82
Aralık	3:05	92.5	148.68
TOPLAM	89:04	2636.0	4811.62
ORTALAMA	400:97(cal/cm ² -gün)	7.22(saat7gün)	4.66(kWh/m ² -gün)

Kaynak: Kırbaş, İ. , Çifci, A. ve İşyarlar, B. (2013)



Kaynak: ANTSA Enerji, Antalya
Şekil 5.5 Güneş Enerji Santrali, Burdur

Şekil 5.5 'de Burdur Gölhisar'da kurulan 9MW'lık güneş enerji santrali 2016 yılında kurulmuştur. 260 Watt gücünde paneller kullanılmıştır.

İlk yerli güneş paneli fabrikası 2018 yılının aralık ayında üretiminin başlamasıyla yerli üretim fotovoltaik panellerde fiyatların düşmesi beklenmektedir. (Şimşek, 2017)

Fotovoltaik panellerde fiyatları düşmeye başlayan paneller kullanarak Burdur ilini geliştirebileceği ön görülmektedir. Üzerinde çok fazla fotovoltaik panel çalışmaları yapılmayan bu ilde biraz daha kullanımların yaygınlaşması ile Burdur'un büyük bir güneş kenti olacağı görülmektedir. Devletin de Burdur için %55 hibe desteğiyle kullanımlarının artacağı öngörülmektedir.

5.2.Örnek Bina Plan Şemasının Oluşturulması

Burdur ili Bucak ilçesi Demirli köyünde bulunan 37°19'26.57"K 30°42'34.66"D konumdaki araziye yaklaşık 120 m² inşası yapılacak müstakil 4 kişilik bir aileye elektrik tüketim ihtiyacını karşılayan örnek ev yapılacaktır. Hakim Rüzgar Yönü Güneydoğu yönünden esen keşişleme rüzgardır. Sıcak rüzgar tipleri arasında yer alır ve havanın ciddi manada kurumasına neden olur. Yaz aylarında kuraklık rakamlarının yükselmesine ve havanın bunaltıcı bir hal almasına sebep olur (Havaforum, 2017). Bu durumda bölgede kullanılan fotovoltaik panellerde nem oluşması yoktur.

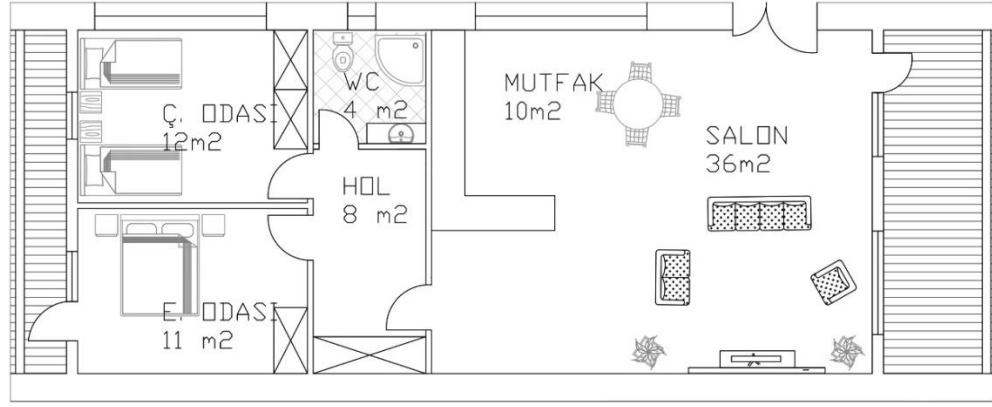


Kaynak: Google Earth, 2017

Şekil 5.6 Burdur Alan Çalışmasında Kullanılacak Alan

Fotovoltaik panellerin çatılarda kullanımlarının ve cephelerde kullanımlarının ev tipine isteğine veya ortama göre şekillenebileceği ve her birinin avantajlarının - dezavantajlarının olmasından dolayı her iki şekilde elektrik üretim verimlerinin analizi yapılacaktır. Bir evin ihtiyacını karşılayan panellerin güney cephesine yönlendirilerek çatıda 30 derece açı ile cephede ise 90 derece açı ile elektrik üretimlerinin verimleri incelenmektedir. Bu çalışmada Burdur ilinin aldığı ortalama güneş ışınımı saati ve panellerin türü oldukça önemlidir.

Binanın tasarımı uygulama yapılacak bölgenin konumuna göre şekillendirilmektedir. Ilıman bir bölge olan Burdur'un Bucak ilçesinde dikdörtgen bir bina ile rüzgarın geliş konumuna göre yönlendirilmektedir. Rüzgarın geliş yönüne göre panellerin konumlandırılması tasarım aşamasında ayarlanması gereklidir. Bir fotovoltaik panelin doğal yollarla soğutularak aşırı ısınması engellenebilmesi elektrik üretim verimini olumlu etkilemektedir. Güney cephesinin panellerle kullanılacağı düşünülerek pencere kullanılmamasına dikkat edilmektedir. Diğer pencere balkon giriş kapı açıklıkları doğu batı ve kuzey cephelerinde şekilde gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Burdur Örnek Konut Planı

Çatının eğimi 30 derece eğim olarak tasarlanmaktadır. Bu eğim fotovoltaik panellerin kullanımlarında ideal ölçüdür. Hem kendi kendine temizleyebilmesi için yağmur suyundan faydalanması hem de güneşin fotovoltaik panellere dik açıyla en fazla gelebilmesi için ideal bir ölçüdür. Cephenin fotovoltaik kullanılacak olan güney cephesindeki bütün alan 63 m², çatıda ise 82 m²'dir. Bu bakımdan bina tasarımı ilkesi olarak pasif sistemler olan bu özelliklerle birlikte dikkat ederek sürdürülebilir bir bina yapılması hedeflenmiştir.



Şekil 5.8 Burdur Örnek Bina Vaziyet Planı

Bu çalışmada çatı ve cephe için uygulanacak her iki modelde de 22 adet 280 watt'lık verimleri %15 olan kristal silisyum hücreli fotovoltaik paneller kullanılmaktadır. 4 kişi yaşayan evde ne kadar panelin yeterli gelmesinin bilinmesi için öncelikle panel sayısının hesaplanması gerekmektedir. Panel sayısı belirlenirken bir evin aylık ortalama ne kadar kilowatt elektrik kullandığını hesaplanmalıdır. Bunun için evde elektrikli olan tüm aletlerin hesaplanması gerekmektedir. Burdur'da örnek ev için kullanılan bu elektrikli eşyalar tabloda verilmiştir. Bu durumda toplam harcanan kW evin panel sayısını belirleyecektir.

Tablo 5.3 Burdur Örnek Ev İçin Elektrikli Eşya Tablosu

CİHAZ	ÖZELLİK	ORT. Watt/Saat	TL/Saat
Televizyon	LCD	65 Watt/Saat	0,03 tl/saat
Buzdolabı	Büyük A Sınıfı	41 Watt/Saat	0,02 tl/saat
Çamaşır Makinesi	A Sınıfı	800 Watt/Saat	0,34 tl/saat
Elektrik Süpürgesi	Standart	1500 Watt/Saat	0,63 tl/saat
Ütü	Standart	3000 Watt/Saat	1,26 tl/saat
Bulaşık Makinesi	Standart	1800 Watt/Saat	0,76 tl/saat
Saç Kurutma	Standart	2000 Watt/Saat	0,84 tl/saat
Klima	44000btu	6000 Watt/Saat	2,52 tl/saat
Isıtıcı	3000	3000 Watt/Saat	1,26 tl/saat
Fırın	2500	2500 Watt/Saat	1,05 tl/saat
Mikrodalga	Standart	800 Watt/Saat	0,34 tl/saat
Bilgisayar	Laptop	90 Watt/Saat	0,04 tl/saat
Kombi	Hermetik	150 Watt/Saat	0,06 tl/saat

Kaynak: <https://www.enerjihesapla.com>, 2017

Tabloya göre kullanılacak saat ile watt çarpımı toplamları ortalama evin günlük ihtiyacı olan 5,942 wattı (5,9 kW) vermektedir. Bu çalışmada Burdur’da şebekeye bağlı olmadan panel sayısı hesabı yapılacağı için tüm elektrikli eşyaların aynı anda çalışmama hesabı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sayıyı bulduktan sonra kullanılacak panel seçimi yapılması gerekmektedir. Burdur örnek ev için seçilen 280 watt verimi %15 olan panel için bir adedinde 42 watt elektrik üretimi yapabilmektedir. Örnek ev için harcanan elektrik 5.942 wattı 22 adet panel ile kurulumu yapıldığında toplam kurulu güç $42 \times 22 = 924$ watt bu sayıda güneşlenme saati (7 saat) ile çarpılarak 6.468 watt olmaktadır. Bu durumda üretilen fazla enerji akülerde depolanabilme imkanı olmaktadır. 2017 yılı elektrik birim fiyatı üzerinden aylık elektrik faturası yaklaşık 200 TL olan bu evde bu durumda gerekli olan panel sayısı 22 adettir. Bu durumda; 1 adet fotovoltaik panel yaklaşık olarak 1,4 metrekaredir (160cm x 90cm), 22 adet fotovoltaik panel için gereken alan 32.47 m² olacaktır. Paneller arası geçiş boşlukları 13 cm olacak kadar aralıklarla yerleştirilecektir. Bu durumda toplam gereken alan çatıda ve cephede 32.6 m² ve kapladığı alanın çevresi 22.84 metredir. Güneşten gelen enerjiyi kullanılabilen akıma çeviren invertör 1 adet olması yeterlidir. Çatıda veya cephede kullanılacak bu 22 adet panelin ağırlığı kullanılan panelin bina ile bütünleşik ya da ek strüktür gerektirmesine göre 286-517 kg ağırlığında değişmektedir. Çatıda kullanılacak paneller için ek ağırlık için ön hazırlık yapılması gerekmektedir. Çatıda kullanılacak olan panellerin yönü 30 derece açıyla güneye veya cephedeki panellerde 90 derece ile güneye bakmaktadır.

Burdur’daki güneşlenme süresi 7 saattir. Bu durum bulutlu havalarda değişkenlik göstermektedir. Tablo ile göstermek gerekirse;

Tablo 5.4 Burdur Örnek Ev İçin Elektrik Üretimi Analiz Tablosu

Yön	Güney Cephe
Toplam Kurulu Güç	6.468 kWh
Toplam Panel Sayısı	22 adet 280 watt panel
Burdur Güneşlenme Süresi	7 saat
Toplam Aylık Üretim	194.040 kWh
Burdur Örnek Ev Günlük Tüketim	5.942 kWh
22 Adet Panelin Toplam Ağırlığı (Bina ile Bütünleşik)	286 kg
22 Adet Panelin Toplam Ağırlığı (Strüktürlü Sistemlerden Kullanılırsa)	517 kg
İnvertör	1 adet
Net Üretim	6.468-5.942=526watt

Toplam oluşacak maliyet ise

Tablo 5.5 Burdur Örnek Ev İçin Kurulum Maliyeti Tablosu

Kullanılan Elemanlar	Elemanların Türü	Kullanılan adet sayısı ve adet fiyat çarpımı	Fiyat
Fotovoltaik Paneller	22 adet 280watt	22 adet X 1.180TL	25.960TL
Akü Grubu	6 adet 12V 200Ah	6 adet X 700TL	4200TL
Akü Batarya	12 V 60 A	1 adet	1.052 TL
İnvertör	12V DA- 230 V AA	1 adet	1400 TL
Toplam Fiyat			32.612 TL

Toplam 32.612 TL kurulum ücreti ortaya çıkacaktır.

5.3.Örnek Bina Cephe ve Çatı Yüzeylerinde Fotovoltaik Panel Uygulaması

Burdur örnek evin ihtiyacını karşılayacak elektrik 5.942 kW olmaktadır. Bu durum evde çalıştırılacak elektrikli aletlere göre hesaplanmıştır. A sınıfı ya da yeni çıkan A++ plus sınıfı adı verilen az elektrik tüketen aletler var ise kullanılan elektrik azalacaktır. Ortalama 4 kişilik bir ailede kullanılacak olan elektrikli aletler; çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, ütü, buzdolabı, kurutma makinesi, televizyon, klima gibi elektrikli aletlerin hepsinin belli çalışma aralıkları vardır ve aynı anda çalışmayacağı düşünüldüğü için 5.942 kW'ın bir günde yetebileceği görülmüştür. Güneş ışınlarını almaya başladığından itibaren üretilmeye aynı anda başlayan fotovoltaik panellerin kullanılacak sayısı hesabı bu duruma göre 280watt'dan oluşan panellerle 22 adet kullanılması gerekmektedir.

5.3.1. Cephede Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Uygulaması

Cephelerde kullanılan fotovoltaik panellerde dikey olarak kullanılması ile birlikte önünde gölge yapacak herhangi bir ağaç, bina gibi elemanların olmaması gerekmektedir. Binanın verimi etkileyecek bu elemanların varlığına göre bina tasarımı yapılması gerekmektedir. Binalarda cephelere yerleştirilecek olan fotovoltaik panellerin düz bir duvar üzerinde uygulama açısı 90 derece olacak şekilde yapılan ölçümler üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Cephe uygulamalarında güney tarafında pencere bulunmaması gerekiyor. Bunun sebebi kullanılacak fotovoltaik panellerin fazla yer kaplamasından dolayı cephe ile çatıyı tek tip halinde kullanarak iki şekilde de elektrik üretimi verim kıyaslaması yapılabilmesi içindir.

Ek bir strüktür yardımı ile konulan fotovoltaik panellerde sıcaklık ve düşük aydınlatma nedeniyle tahmini kayıplar %8.0 (Burdur ili sıcaklığı kullanılarak) , Açısal yansıma etkilerine bağlı olarak tahmini kayıp %6.0 'dır. Kablolar ve invertör gibi diğer kayıplar ortalama %14.0 ve fotovoltaik panelin sistem kaybının %25.6 olduğu ölçülmüştür.



Şekil 5.9 Cephede Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Kullanımının Örneği

Tablo 5.6 Burdur İli İçin Binaya Ek Strüktür Kullanılarak Fotovoltaik Panellerin Cephede Ürettiği Elektrik Verileri

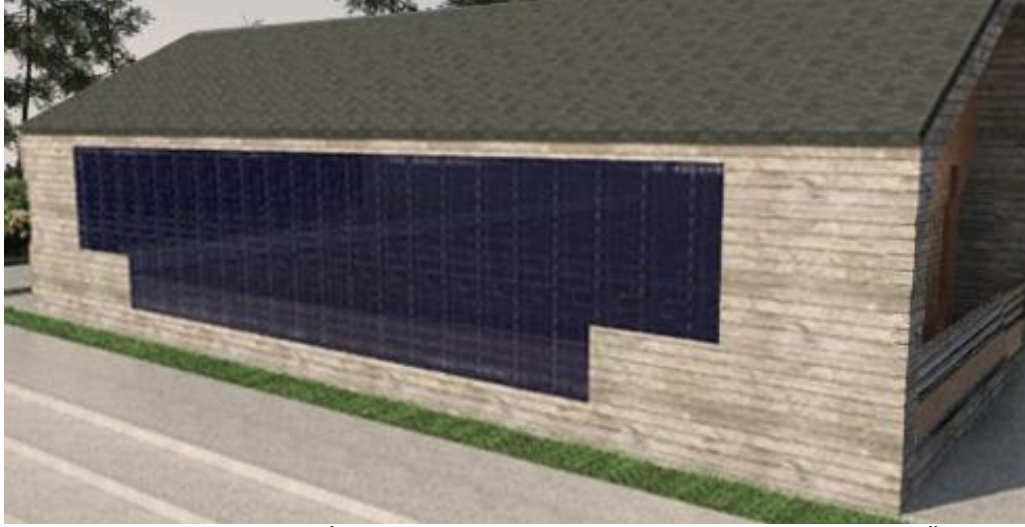
AY	Sistemin Verdiği Günlük Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Verdiği Aylık Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Günlük Ortalama Işınlama Toplamı (kWh/m2)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Ortalama Küresel Işınlama Toplamı (kWh/m2)
Ocak	19.30	599	3.45	107
Şubat	20.00	560	3.59	100
Mart	22.20	688	4.07	126
Nisan	16.40	493	3.16	94.8
Mayıs	12.50	388	2.63	81.5
Haziran	10.10	302	2.28	68.3
Temmuz	10.90	337	2.47	76.4
Ağustos	15.60	482	3.31	103
Eylül	22.10	664	4.39	132
Ekim	24.80	768	4.64	144
Kasım	24.30	729	4.46	134
Aralık	24.30	595	3.47	108
Yıllık Ort.	19.20	550	3.49	106
Toplam Yıl		6610		1270

Kaynak: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Tabloya göre ek strüktür sistemiyle binanın cephesine uygulanan fotovoltaik panellerin en az elektrik üretimi haziran, en fazla elektrik üretimi ekim ayıdır. Bunun sebebi güneşin açısının yaz aylarında dik gelmesinin cephede olan 90 derecelik panellere yeterli gelememesidir. Eylül ayından itibaren başlayan güneşteki doğuş ve batış yörüngesinin eğilmesiyle sonbahar aylarından başlayarak elektrik üretimi verimi arttığı gözlenmiştir. Haziran ayında günlük 10.10 kWh üretimin yapıldığı durumda bile Burdur örnek evine ihtiyacı olan elektrik tüketimini karşılamaktadır. Aylık ortalama elektrik üretimi haziran ayında 337 kWh, Ekim ayında 768 kWh olduğu ölçülmüştür. Sistemin metrekare başına aldığı günlük ışınım değeri haziran ayında 2.28 kWh/m², Ekim ayında 4.64 kWh/m²'dir. Bu hesaplama göre güneşin panellere olan açısının elektrik üretimini yarı yarıya etkilediği görülmektedir. Son sütunda ise metrekare başına ortalama küresel ışınlama toplamları verilmiştir. Küresel ışınlanma; direkt gelen ışınlar, geçirgen ve yansıtılan ışınların tamamına verilen isimdir. Tüm ışınlar haziran ayında 68.3 kWh/m² ve ekim ayında 144 kWh/m²'dir. Bu durumda cephelerde eğim olması durumunda alınan ışınların fotovoltaik paneller tarafından daha fazla olacağı ve elektrik üretiminin artacağı görülmektedir. Her ay üretilen elektrik evin ihtiyacını karşılamaktadır.

5.3.2. Cephede Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panel Uygulaması

Cephe ile bir bütün olarak tasarım halinde iken fotovoltaik panellerin yerleştirilmesiyle belli başlı kayıplar olacaktır. Ek bir havalandırma sistemi eklenmesiyle kayıplar daha az olacaktır. Ek bir strüktür yardımı ile konulan fotovoltaik panellerde sıcaklık ve düşük aydınlatma nedeniyle tahmini kayıplar %11.5 (Burdur ili sıcaklığı kullanılarak), Açısal yansıma etkilerine bağlı olarak tahmini kayıp %6.0 'dır. Kablolar ve invertör gibi diğer kayıplar ortalama %14.0 ve fotovoltaik panelin sistem kaybının %28.5 olduğu ölçülmüştür. Cephede var olan ağırlık strüktürlü olan sisteme göre daha azdır. Cephenin bir parçası gibi olmaktadır.



Şekil 5.10 Cephede Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımının Örneği

Bu örnek cephede ek strüktür ile fotovoltaik panel kullanımı örneği içerisinde karşılaştırılırsa elektrik üretim verimi en az olarak görülen tiptir. Yeterince havalandırma sağlanırsa bu problem ortadan kalkacaktır. Hem cephede olması verimi yarı yarıya etkilemekte hem de rüzgarın soğutma yapmasını diğer panel tiplerine göre daha zor olması sebebiyle en düşük elektrik üretimi gözlenmiştir.

Tablo 5.7 Burdur İli İçin Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panellerin Cephede Ürettiği Elektrik Verileri

AY	Sistemin Verdiği Günlük Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Verdiği Aylık Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Günlük Ortalama Işınlama Toplamı (kWh/m ²)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Ortalama Küresel Işınlama Toplamı (kWh/m ²)
Ocak	18.20	565	3.45	107
Şubat	19.00	531	3.59	100
Mart	21.30	660	4.07	126
Nisan	15.90	478	3.16	94.8
Mayıs	12.20	380	2.63	81.5
Haziran	9.88	297	2.28	68.3
Temmuz	10.70	330	2.47	76.4
Ağustos	15.10	469	3.31	103
Eylül	21.30	639	4.39	132
Ekim	23.60	732	4.64	144
Kasım	23.00	689	4.46	134
Aralık	18.10	561	3.47	108
Yıllık	17.3	528	3.49	106
Toplam Yıl		6330		1270

Kaynak: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Tabloya göre ek strüktür sistemiyle binanın cephesine uygulanan fotovoltaik panellerin en az elektrik üretimi haziran, en fazla elektrik üretimi ekim ayıdır. Bunun sebebi güneşin açısının yaz aylarında dik gelmesinin cephede olan 90 derecelik panellere yeterli gelememesidir. Eylül ayından itibaren başlayan güneşteki doğuş ve batış yörüngesinin eğilmesiyle sonbahar aylarından başlayarak elektrik üretimi verimi arttığı ve aralık ayından itibaren düştüğü gözlenmiştir. Haziran ayında günlük 9.88 kWh üretimin yapıldığı durumda bile Burdur örnek evine ihtiyacı olan 5.942 kWh elektrik tüketimini karşılamaktadır. Aylık ortalama elektrik üretimi haziran ayında 297 kWh, Ekim ayında 732 kWh olduğu ölçülmüştür. Sistemin metrekare başına aldığı günlük ışınım değeri haziran ayında 2.28 kWh/m², Ekim ayında 4.64 kWh/m²'dir. Bu hesaplamaya göre güneşin panellere olan açısının elektrik üretimini yarı yarıya etkilediği görülmektedir. Son sütunda ise metrekare başına ortalama küresel ışınlama toplamları verilmiştir. Küresel ışınlanma; direkt gelen ışınlar, geçirgen ve yansıtılan ışınların tamamına verilen isimdir. Tüm gelen ışınlar haziran ayında 68.3 kWh/m² ve ekim ayında 144 kWh/m²'dir. Bu durumda cephelerde eğim olması durumunda alınan ışınların fotovoltaik paneller tarafından daha fazla olacağı ve elektrik üretiminin artacağı görülmektedir. Her ay üretilen elektrik evin ihtiyacını karşılamaktadır. Ek strüktürlü cephe uygulaması ile

karşılaştırıldığında elektrik üretimlerinin daha da azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi bina ile bütünleşik sistemlerde rüzgarın yeterli gelmediği durumlarda ayrı bir soğutma uygulanarak panellerde aşırı sıcaklığı engellemek gerekmektedir.

5.3.3. Çatı Yüzeylerinde Ek Strüktür İle Fotovoltaik Panel Uygulaması

Uygulama açısı 30 derece olan çatıya kullanılacak ortalama fiyatta bir fotovoltaik panelin gücü 280 watt hesaplanırsa 90 m² bir evin çatısının güneye bakan kısmına 22 tane panel yerleştirilmesi gerekmektedir. Kristal Silisyum hücrelerinden oluşan bir panel kullanımının daha uzun ömürlü ve veriminin fazla olmasından dolayı örnek ev çatısında 22 adet kristal silisyum hücreli fotovoltaik panel kullanılmıştır. Çatıda kapladığı alan yaklaşık olarak 32m²'dir.

Çatıda ek bir strüktür kullanılarak tasarlanmış bu örnekte sıcaklık ve çok bulutlu durumlar olabileceği durumlardaki düşük aydınlatma nedeniyle tahmini kayıplar %10.9 (Burdur ili sıcaklığı kullanılarak) "PVGIS Estimation" adlı program yardımı ile ölçülmüştür. Açısal yansıma etkilerine bağlı olarak tahmini kayıp %2.6'dır. Kablolar ve invertör gibi diğer kayıplar ortalama %14.0 ve fotovoltaik panelin sistem kaybının %25.3 olduğu ölçülmüştür. Bu ölçümler çatıya ek bir strüktür ile sabitlenmesi ile çıkan sonuçlardır.



Şekil 5.11 Çatıda Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Kullanım Örneği

Ek strüktür ile birlikte kullanılan örnek bir detay Şekil 4.18 de verildiği gibi çatı üzerinde belli bir ray sistemine fotovoltaik paneller oturtturularak yan yana koyulabilmektedir. Bu sistemlerin kullanımlarında 22 adet panel ağırlığı ortalama 517 kg olmaktadır. Bu durumda çatıda ek yük artımı meydana gelecektir.

Tablo 5.8 Burdur İli İçin Ek Bir Strüktür Kullanılarak Çatıda Fotovoltaik Panellerin Ürettiği Elektrik Verileri

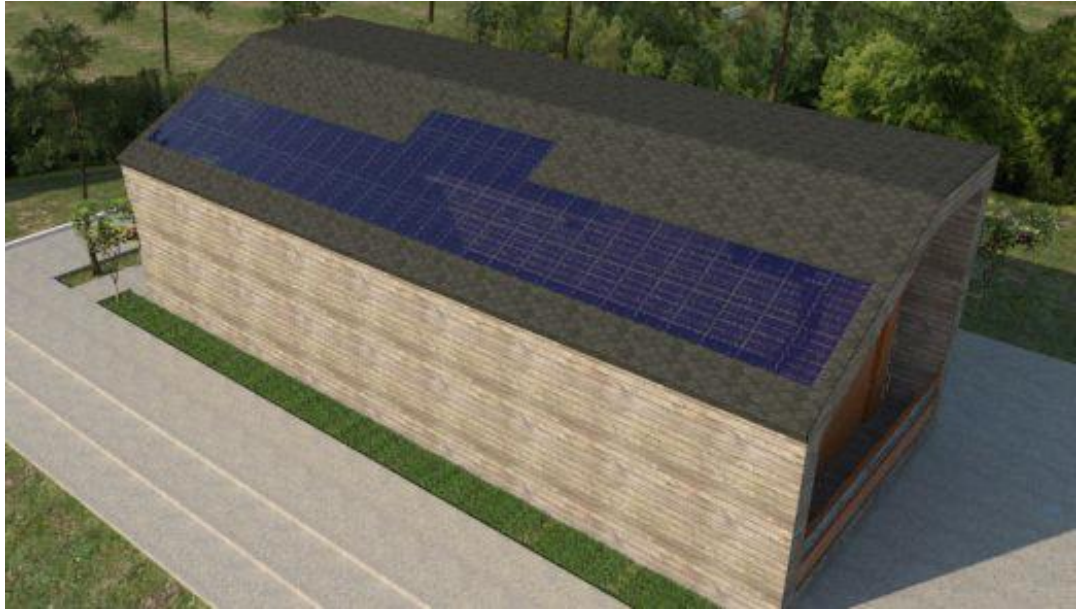
AY	Sistemin Verdiği Günlük Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Verdiği Aylık Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Günlük Ortalama Işınlama Toplamı (kWh/m ²)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Ortalama Küresel Işınlama Toplamı (kWh/m ²)
Ocak	19.30	599	3.46	107
Şubat	22.60	633	4.11	115
Mart	30.70	951	5.70	177
Nisan	31.00	929	5.84	175
Mayıs	33.60	1040	6.53	202
Haziran	36.60	1100	7.24	217
Temmuz	37.10	1150	7.48	232
Ağustos	36.30	1130	7.35	228
Eylül	34.80	1040	6.87	206
Ekim	29.40	913	5.60	174
Kasım	24.40	732	4.51	135
Aralık	18.50	572	3.33	103
Yıllık Ort.	29.6	899	5.68	173
Toplam Yıl		10800		2070

Kaynak: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Tabloya göre ek strüktür sistemiyle binanın cephesine uygulanan fotovoltaik panellerin en az elektrik üretimi aralık, en fazla elektrik üretimi temmuz ayıdır. Kış aylarında bile elektrik üretiminin fazla olduğu yaz aylarında ise güneşin gelen ışınlarını 30 derecelik çatı ile dik alabilmesinden dolayı bina uygulama tipleri arasında en verimli modeldir. Aralık ayında günlük 18.50 kWh üretimin yapıldığı durumda bile Burdur örnek evine ihtiyacı olan 5.942 kWh elektrik tüketimini karşılamaktadır. Aylık ortalama elektrik üretimi aralık ayında 572 kWh, temmuz ayında 1150 kWh olduğu ölçülmüştür. Sistemin metrekare başına aldığı günlük ışınım değeri aralık ayında 3.33 kWh/m², temmuz ayında 7.48 kWh/m²'dir. Son sütunda ise metrekare başına ortalama küresel ışınlama toplamları verilmiştir. Küresel ışınlanma; direkt gelen ışınlar, geçirgen ve yansıtılan ışınların tamamına verilen isimdir. Tüm gelen ışınlar aralık ayında 103 kWh/m² ve temmuz ayında 232 kWh/m²'dir. Her ay üretilen elektrik evin ihtiyacını karşılamaktadır. Cepheler ile karşılaştırılacak olursa neredeyse iki katı fazla elektrik üretimi olduğu görülmektedir. Küresel ışınımın kullanımlarının çatılarda artmasıyla gelen ışınların elektrige dönüşümü en fazla şekilde olacaktır.

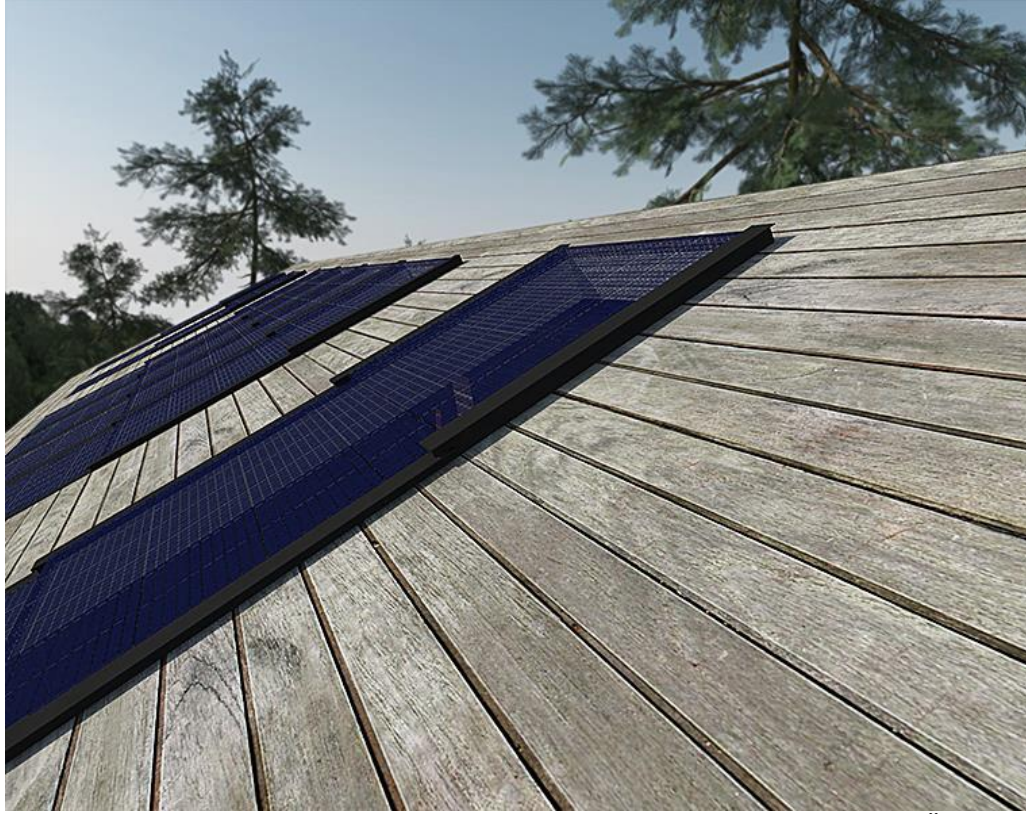
5.3.4. Çatı Yüzeyleri İle Bütünleşik Fotovoltaik Panel Uygulaması

Fotovoltaik panellerin çatı ile bir bütün halinde iken yani çatı ile ek bir strüktür bulunmadan çatı yüzeylerine bütünleşik bir şekilde uygulandığında oluşan sonuçlarda kayıpların biraz daha fazla olduğu görülmüştür. Çatıda iken fotovoltaik panellerin hava alamayan arka kısmının kapanması ve rüzgar alamamasından dolayı aşırı ısınma ortaya çıkacaktır. Aşırı ısınmalar panellerde verimi düşürmesinden dolayı daha fazla kayıplar ortaya çıkacaktır. Sıcaklık ve düşük aydınlatma nedeniyle tahmini kayıplar %15.9 (Burdur ili sıcaklığı kullanılarak) Açısal yansıma etkilerine bağlı olarak tahmini kayıp %2.6'dır. Kablolar ve invertör gibi diğer kayıplar ortalama %14.0 ve fotovoltaik panelin sistem kaybının %29.5 olduğu ölçülmüştür. Ölçümlerin oynamasını engellemek için bazı tedbirler alınması gerekmektedir. Havalandırma yöntemi ile soğutma yapılarak panellerin aşırı ısınmasının engellenmesi gerekmektedir.



Şekil 5.12 Çatı ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanım Örneği

Bu sistemler çatıda ağırlığı azaltmaktadır. Panellerin ek bir strüktür ile yerleştirilmesi 517kg ama çatı ile bütünleşik bir şekilde kullanılması 286 kg'a indirmektedir. Çatı yüzeyinde kiremit gibi kullanılan bu sistemler istenilirse ortama aydınlık vermesi için saydam (Şekil 4.14) veya tamamen opak (Şekil 4.16) olarak iki şekilde uygulanabilir.



Şekil 5.13 Çatı ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımının Saydam Örneği



Şekil 5.14 Çatı ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımının Opak Örneği

Ek bir strüktüre ihtiyaç duyulmadığı ve çatı ile çatının bir parçası gibi olmasından dolayı daha estetik bir görünüme sahiptir. Doğru havalandırma yöntemi ile kullanışlı olması daha da arttırılabilir. Örnek yapılan uygulamalarda Şekil 4.21’de görüldüğü gibi kullanımları yapılabilir.

Tablo 5.9 Burdur İli İçin Bina İle Bütünleşik Fotovoltaik Panellerin Çatıda Ürettiği Elektrik Verileri

AY	Sistemin Verdiği Günlük Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Verdiği Aylık Ortalama Elektrik Üretimi(kWh)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Günlük Ortalama Işınlama Toplamı (kWh/m ²)	Sistemin Modülleri Tarafından Alınan Metrekare Başına Ortalama Küresel Işınlama Toplamı (kWh/m ²)
Ocak	18.30	566	3.46	107
Şubat	21.30	596	4.11	115
Mart	28.80	894	5.70	177
Nisan	29.20	876	5.84	175
Mayıs	31.70	983	6.53	202
Haziran	34.50	1040	7.24	217
Temmuz	35.00	1090	7.48	232
Ağustos	34.20	1060	7.35	228
Eylül	32.70	981	6.87	206
Ekim	27.70	860	5.60	174
Kasım	23.00	691	4.51	135
Aralık	17.50	542	3.33	103
Yıllık Ort.	27.9	847	5.68	173
Toplam Yıl		10200		2070

Kaynak: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Tabloya göre ek strüktür sistemiyle binanın cephesine uygulanan fotovoltaik panellerin en az elektrik üretimi aralık, en fazla elektrik üretimi temmuz ayıdır. Aralık ayında günlük 17.50 kWh üretimin yapıldığı durumda bile Burdur örnek evine ihtiyacı olan 5.942 kWh elektrik tüketimini karşılamaktadır. Aylık ortalama elektrik üretimi aralık ayında 542 kWh, temmuz ayında 1090 kWh olduğu ölçülmüştür. Sistemin metrekare başına aldığı günlük ışınım değeri aralık ayında 3.33 kWh/m², temmuz ayında 7.48 kWh/m²’dir. Son sütunda ise metrekare başına ortalama küresel ışınlama toplamları verilmiştir. Küresel ışınlanma; direkt gelen ışınlar, geçirgen ve yansıtılan ışınların tamamına verilen isimdir. Tüm gelen ışınlar aralık ayında 103 kWh/m² ve temmuz ayında 232 kWh/m²’dir. Her ay üretilen elektrik evin ihtiyacını karşılamaktadır. Cephele ile karşılaştırılacak olursa neredeyse iki katı fazla elektrik üretimi olduğu

görülmektedir ancak bütünleşik çatıların ek strüktürlü çatılara göre panel sıcaklığı dengeleyememesi ek bir soğutma sisteminin ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre evin ihtiyacını fazlasıyla karşılayan bu sistemlerin güneşe eğim açısı kadar panel arkasının aşırı ısınmasının da önlenmesi gerekmektedir.

5.4.Örnek Bina Cephe ve Çatı Yüzeylerinin Karşılaştırılması

Fotovoltaik paneller çatı malzemesi olarak veya çatılarda ek bir strüktür ile monte edilerek uygulanmaktadır. Uygulama yapılacak çatı şekillerine göre ve kullanılacak fotovoltaik hücre türüne göre uygulama şekli değişmektedir. Kristal silisyum hücreler ile çatıda strüktür yardımıyla çerçeveli paneller konulurken ince film hücreli paneller için esnek yapılarından dolayı değişik tasarımlı çatılara eklenebilirler (örneğin solar halı gibi). Bununla birlikte binaya uygulanan ek strüktürlü fotovoltaik panellerin kullanılmasıyla yine binaya uygulanan tasarım halinde iken çatı veya cepheye dahil edilen fotovoltaik paneller arasında farklılıklar bulunmaktadır. Binaya tasarım aşamasında dahil edilen fotovoltaik paneller binada çatıya eklenirse çatı malzemesi, cepheye eklenirse cephe malzemesi görevi görmektedir. Düz çatılara uygulanan panellerin güneşin geliş açısına dik yerleştirilebilmesi için 10-30 derece eğimle ek strüktür yardımıyla eğim verilmesi gerekmektedir. Aynı durum cepheler içinde geçerlidir. Cephelere bu durumda eklenmesinin zor olmasından dolayı cephelere fotovoltaik panel kullanımları çatılar kadar yaygın değildir. Düz bir cepheye uygulanan panellerin aynı çatıdaki sistem gibi ek strüktür ile cepheye monte edilebilir veya solar halı gibi ince film hücrelerden oluşan panellerle cephe kaplanabilir. Bu durumda çatı ve cephe karşılaştırılacak olursa çatıda güneşin gelen ışınlarını dik alabilmesinin çatılarda daha fazla olacağından çatılarda elektrik üretim verimleri daha yüksek olacaktır.

Bu bölümde yapılan çalışmada Burdur ili örnek ev olarak çatı - cephede ek strüktürlü ve çatı- cephe ile bütünleşik sistemler olarak 4 grupta incelenmiştir. Bu sistemler birbiriyle karşılaştırılacak olursa çatılarda kullanılan ek strüktür ile çatı ile bütünleşik sistemlerde verim değişimi görülmektedir. Binaya sonradan ek strüktür ile kurulmuş bir sistemde havalandırma rüzgara göre ısıyı azaltabildiği için en verimli tip olarak görülmüştür. Çatı ile bütünleşik sistemde ise bu durumda ek bir havalandırma sistemine ihtiyaç duyulacağı görülmüştür. Evin ihtiyacını karşılayabilmelerinde bir sorun görülmemiştir. Ancak ikisi arasında verim farklılığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu iki sistem ağırlık olarak karşılaştırıldığında yarı yarıya fark görülmüştür. Bu durumda çatı ile bütünleşik bir sistemin daha hafif ve çatıya yükü daha az olacağı görülmüştür.

Bina üzerinde kullanılan fotovoltaik panellerin çatı üzerinde ve cephe üzerinde yerleştirilmesi arasında kendilerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu durumlar fotovoltaik panellerin eğim açıları, gölgeleme elemanları veya rüzgara göre verim değişimlerine sebep olmaktadır. Çatıya ulaşan güneş ışınları cepheye ulaşanlara göre iki kat daha fazladır. Bu durumdan dolayı çatıya kurulacak fotovoltaik panellerin daha çok enerji verebileceği görülmüştür.

Bu bölümde 4 şekilde yerleştirilen güneş panellerinin birbirleriyle verim karşılaştırması yapılacak olursa;

- Birinci sırada en fazla verim çatıya ek strüktürlü fotovoltaik paneller %32
- İkinci sırada çatı ile bütünleşik fotovoltaik paneller %30
- Üçüncü sırada cepheye ek strüktürlü fotovoltaik paneller %20
- Dördüncü sırada cephe ile bütünleşik fotovoltaik paneller %18 olarak dizilirler.

Bu oranlar ve sıralama sistemlerin aynı ortam koşullarında sabit değerler tutulup açısız yansımalar ve panelin sistem kayıpları göz önüne alınarak yapılmaktadır. Açısız yansımaya fotovoltaik sistemlerin çatılarda 30 derece çepelerde ise 90 derece olduğu durumlardaki kayıplardır. Fotovoltaik panellerin sistem kaybının çatıda veya cephede hava almasını engelleyen bütünleşik sistem veya doğal havalandırmasına yardımcı olan ek strüktürlü sistemler arasındaki kayıp oranlarından ortaya çıkan sonuçtur. Bu sonuçlar "PVGIS Estimation" programı ile hesaplanmaktadır.

The screenshot displays the PVGIS Estimation web application. On the left, a Google Map shows a location in Turkey with a red pin. The map includes labels for 'Beskonak', 'Karaseki', 'Karacaören', 'Kocaaliler', and 'Karaveliler'. The right-hand panel is titled 'Performance of Grid-connected PV' and contains various configuration options. At the top, there's a 'NEW: PVGIS 5 release candidate' notice. Below it, there are tabs for 'PV Estimation', 'Monthly radiation', 'Daily radiation', and 'Stand-alone PV'. The 'PV Estimation' tab is active. The settings include: Radiation database: Climate-SAF PVGIS; PV technology: Crystalline silicon; Installed peak PV power: 6 kWp; Estimated system losses: 14%; Mounting position: Building integrated; Slope: 30 degrees; Azimuth: 0 degrees. There are checkboxes for 'Optimize slope' and 'Also optimize azimuth'. Under 'Tracking options', there are checkboxes for 'Vertical axis', 'Inclined axis', and '2-axis tracking', each with a 'Slope' field and an 'Optimize' checkbox. At the bottom, there are 'Output options' for 'Show graphs', 'Show horizon', 'Web page', 'Text file', and 'PDF'. A 'Calculate' button is located at the bottom of the settings panel.

Kaynak: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Şekil 5.15 PVGIS Estimation Hesaplama Programı

Tablo 5.10 Burdur İli İçin Fotovoltaik Panellerin Kullanımlarına Göre Karşılaştırma Tablosu

Fotovoltaik Panellerin Binada Kullanımları	Sıcaklık ve Düşük Aydınlatma Nedeniyle Tahmini Kayıplar	Açısal Yansıma Etkilerine Bağlı Olarak Tahmini Kayıp	Kablolar ve İnvertör Gibi Diğer Kayıplar Ortalama	Fotovoltaik Panelin Sistem Kaybının	Toplam Ağırlık
Çatıda Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Kullanımı	% 10.9	% 2.6	% 14.0	% 25.3	517 kg
Çatı ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımı	% 15.9	% 2.6	% 14.0	% 29.5	286 kg
Cephede Ek Strüktür ile Fotovoltaik Panel Kullanımı	% 8.0	% 6.0	% 14.0	% 25.6	517 kg
Cephede Bina ile Bütünleşik Fotovoltaik Panel Kullanımı	% 11.5	% 6.0	% 14.0	% 28.5	286 kg

Kaynak: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Bu 4 tip kullanımların kendine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

5.4.1. Avantajları

Çatılarda sistemin modülleri tarafından alınan m² başına ortalama yıllık 2070 kWh/m² dir. Strüktür veya çatı malzemeli olması metrekare başına düşen enerjiyi değiştirmemektedir. Cephelerde ise 90 derecelik bir fotovoltaik panele sistemin modülleri tarafından alınan m² başına ortalama yıllık 1270 kWh/m² enerji düşmektedir. Bu durumda çatılara kurulacak olan fotovoltaik panellerin cephelere göre neredeyse 2 kat daha fazla enerji ürettiği görülmektedir. Çatıların daha avantajlı olmasının sebebi daha açık bir alana ve dik gelen güneş ışınlarına maruz kalmasından dolayıdır. Çatılarda ek strüktürlü ve çatı malzemesi olarak kullanılan fotovoltaik paneller karşılaştırıldığında ek strüktür olarak kurulan fotovoltaik panellerin aylık ürettiği ortalama elektrik üretiminin biraz daha fazla

olduğu görülmüştür. Bunun sebebi PVGIS Estimation adlı programın çatı malzemesi olarak incelenen bu sistemlerin havalandırılmasının yapılmadığı varsayılarak verimini otomatik olarak düşürmesidir. Rüzgara göre yönlendirilen ek strüktürlü sistemlerin fazladan bir soğutma sistemine gerek duymamasından dolayı bu hesaplamalar ek strüktürden yana bir avantaj kullanmıştır.

Hem cepheler hem de çatılar için avantaj olan durum panellerin temizliğidir. Paneller yağmur suyuyla üzerindeki tozları akıtıp kendini temizlemektedir. Düz 0 derece kullanılmaması önerilen panellerin hem temizliği hem de güneşten gelecek olan açılarının verimini etkilemesinden dolayı 10 – 30 derece arasında bir eğim yapılması önerilmektedir.

5.4.2. Dezavantajları

Cephelerde hem güneşten gelen ışınların ideal dik açıda olmamaları hem de önlerine geleceği varsayılan bina gölgeleri veya ağaç gölgelerinden dolayı verimin düştüğü görülmektedir. Bina cephelerinde ister istemez önleri açık dahi olsa güneşin yönlenmesine göre daha az enerji alabileceklerdir. Çatılarda sistemin verdiği aylık ortalama elektrik üretimi 10800 kWh iken cephelerde bu durum 6610 kWh'dır. Bu sebepten dolayı fazla tercih edilmeyen cephelerde kullanımların yarı yarıya düşüş gösterdiği görülmüştür. Aşırı sıcak olan fotovoltaik panellerin cephelerde ve giriş katında ulaşılabilecek bir yükseklikte yerleşimi yapılırsa bu kullanıcılar için sıkıntı yaratabilmektedir. Bu yüzden fotovoltaik panellerin dokunulacak yükseklikten sonra yerleşimleri daha doğru olacaktır.

Fotovoltaik panellerin bir diğer dezavantajı ağır olmalarıdır. Binaya eklenen ek yüklerin hesabı bir fizibilite çalışması yapılarak yeni bir bina yapılmadığı. Ek strüktür yardımı ile konulacak panellerin sayısı örnek yapılan evde 22 adettir. Bu sayının daha da fazla olması durumunda ağırlık artmaktadır. Her panelin ağırlığı 23kg dan hesaplanırken, çatılarda veya cephelerde kullanılan cephe veya çatı malzemesi gibi kullanılan paneller 10 kg'dan başlamaktadır. Bu hesaplar göz önünde bulundurulmalıdır.

Cephelerde kullanımlar çatılara göre yarı yarıya daha düşük olduğu görülmüştür. Çatılarda ve cephelerde ek strüktür ile kullanılan panellerin, çatı ve cephelerde bina ile bütünleşik panellere göre daha fazla verim sağlamasından dolayı bina ile bütünleşik sistemlerin daha az elektrik ürettiği görülmüştür.

5.5.Bölüm Sonuçları

Çatı üzerinde fotovoltaik panellerin kullanılması en çok tercih edilen sistemlerdir. Bu sistemler güneşi en fazla alabilen etrafında gölgelemenin engel olmadığı sürece güneşi dik açılarla alabilen çatı yüzeyleridir. Çatılarda yapılan ölçümlerde de tablolarda belirtildiği gibi cephelerden daha fazla elektrik üretimi yapıldığı görülmüştür. Çatılarda ve cephelerde fotovoltaik panellerin kurulmasının avantajı olarak yağmurla kendi kendine temizleme özelliği olmasıdır. Tozlanma veya ağaçlardan dökülen yaprakları yağmurla birlikte kendini temizleyebilmektedir. Her panelin 0 derece düz bir şekilde kurulamayacağı için düz çatılarda kurulsun bile ek bir strüktür ile belli bir eğim verilmesi gerekmektedir. Bu eğim 10 – 30 derece arasında olmalıdır. Aşırı ısınma olmaması için rüzgara göre yönlendirmenin tasarım halinde iken binanın tasarımında düşünülmesi gerekmektedir. Eğer rüzgara göre yönlenemeyen tasarım halinde iken bir yapı ise verimin daha da düştüğü görülmüştür. Aşırı ısınmanın engellenmesi için bir soğutma sistemi panellerin arkasına yerleştirilmesi gerekmektedir.

Bu sistemlerin gündüz güneşten aldığı enerjiyi direkt olarak elektriğe çevirebilmesi beklemeden kullanıma sunması avantajı bulunmaktadır. Geceleri güneş olmadığı yapılabilecek iki yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi akü sistemleri kullanmaktır. Aküler yurtdışından getirildikleri için maliyetleri fazladır ve 2-3 yılda bir değiştirilmesi gerekmektedir. Bu durumda sistemin kendi geri dönüşünü sağlaması için daha uzun bir süre gerektirecektir. (ortalama 5,5 yıldan 10 yıla kadar uzamaktadır), ikinci yöntem şebekeye bağlanarak gündüz güneşten geceleri şebekeden alınarak kullanmaktır. Bu durumda gece kullanılacak elektrik faturası yansımalarıyla sistemin geri dönüş süresi yine uzayacaktır.

Bu bölümde Burdur'da tasarlanmış 4 kişinin yaşadığı bir evde tüketim ihtiyaçlarının belirlenmesi ve hesabı yapılması gerekmektedir. Bu hesaplar örneğin buzdolabının 24 saat çalıştığı süpürge'nin 1 saat çalıştığı gibi bir takım verilerle elde edilmesi gerekmektedir. Bunların sonucunda elde edilen rakam bize günlük tüketim ihtiyacını vermektedir. Bu tüketim ihtiyacı örnek evde 5,942 kW çıkmıştır. Bu enerjiyi karşılayabilmek için panel sayısını ayarlamak gerekmektedir. Örnek ev için 280 watt paneller kullanılmıştır. İhtiyaç olan enerji panel wattına ve verimine bağlı panel sayısı çıkacaktır. Bu panellerin hesaba göre panel sayısı 22 adet olması gerekmektedir. 22 adet panel yeni baştan yapılacak bir eve uygulanacağı için çatı alanı veya kurulumunun yapılacağı cephe alanı hesaplanması gerekmektedir. Bu durumda 22 adet panel için yaklaşık 32m² alan gerekmektedir.

Şebekeye bağlı olduğunda sistemlerde daha az panel kullanımı gerçekleştirilebilir. Çünkü fazla kilowattlar elektrikli eşyaların aynı anda kullanılmalarının gerçekleşmeyeceği düşünülerek daha az panel kullanılır ve yetmediği zamanlarda şebekeden almaya devam eder. Günde ortalama 7 saat güneşlenme olan Burdur İlinde 7 saate yayılan günlük ortalama harcanan kilowatt değerleri elektrikli eşyaların aynı anda kullanılmaları düşünülürse ve şebekeye bağlı olmazlarsa var olan enerji yetmeyecektir. Bu yüzden ne kadar enerjiye ihtiyaç varsa o kadar kilowatt değerinde panele karşılık gelmesi

gerekmektedir. Fazla olan enerjinin akülerde depolanıp geceleri de evin tüketimini karşılaması gerekmektedir.

Bu bölümde yaptığımız çalışmada 4 farklı şekilde fotovoltaik panel uygulamasının yerleşmesi incelenmektedir. Çatıda ek strüktür ile fotovoltaik paneller, Çatı ile binaya bütünleşik yani çatı malzemesi gibi kullanılan paneller, cephede ek strüktür ile kullanılan fotovoltaik paneller ve cephede bina ile bütünleşik olan fotovoltaik paneller olarak incelenmiştir. Çatıda ve cephede ek strüktür ile kullanılan fotovoltaik panellerin, çatı ve cephe malzemesi gibi kullanılan fotovoltaik panellere oranla daha fazla verimli oldukları görülmüştür. Bunun sebebi rüzgarın havalandırma yapıp panellerdeki ısıyı düşürdüğü ama cephe ve çatıda bina ile bütünleşik sistemlerde daha az etkisi olduğu görülmüştür. Bütünleşik sistemlerde daha fazla verim sağlanabilmesi için ek havalandırma sistemleri konulması gerekmektedir.

Çatılarda kullanılan sistemlerde cephelere kıyasla 2 kat fazla verimli olduğu görülmüştür. 30 derecelik açılarla kullanılan fotovoltaik paneller güneş açılarını en ideal şekilde alabilmektedirler. Cephelerde ise bu durum gölge yapan elemanların olamaması durumunda bile güneşin ışınlarından belli bir açığa kadar verimli olarak alabilmektedirler.

Sonuç olarak Burdur'da örnek evde incelemelerin sonucunda şebekeye bağlı olmaksızın 22 adet panel ile günlük ihtiyacı karşılamaktadır. Toplam 32.612 TL fiyata denk gelen bu kurulumun sistem geri dönüşü ortalama 8.5 yıldır.

6. BÖLÜM

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında tasarlanmış bir bina üzerine çatı ve cephelerde kullanılan fotovoltaik panellerin elektrik üretim verimlerinin incelemeleri yapılmıştır. Bu yapılan çalışmada toplam 4 farklı şekilde fotovoltaik panel yerleşmesi incelenmiştir. Çatıda ek strüktür ile fotovoltaik paneller, çatı ile bütünleşik yani çatı malzemesi gibi kullanılan paneller, cephede ek strüktür ile kullanılan fotovoltaik paneller ve cephe ile bütünleşik olan fotovoltaik paneller olarak incelenmiştir. Elde edilen bilgilere göre çatı ve cephelerde yarı yarıya elektrik üretimi değişmektedir. Çatılarda sistemin modülleri tarafından alınan m² başına ortalama yıllık 2070 kWh/m²'dir. Strüktür veya çatı malzemeli olması metrekare başına düşen enerjiyi değiştirmemektedir. Cephelerde ise 90 derecelik bir fotovoltaik panele sistemin modülleri tarafından alınan m² başına ortalama yıllık 1270 kWh/m² enerji düşmektedir. Bu durumda çatılara kurulacak olan fotovoltaik panellerin cephelere göre neredeyse 2 kat daha fazla enerji ürettiği görülmektedir. Bina cephelerinde ister istemez önleri açık dahi olsa güneşin yönlenmesine göre daha az enerji alabilecekleri ölçülmüştür. Çatılarda sistemin verdiği aylık ortalama elektrik üretimi 10800 kWh iken cephelerde bu durum 6610 kWh'dır. Bunun sebebi güneşin dik olarak cephelere gelmesinin kısa süreli olmasıdır. Bir panel güneşi ne kadar dik açılarla alabilirse üretilen elektrik o kadar fazla olacaktır. Bu sebepten dolayı fazla tercih edilmeyen cephelerde kullanımların yarı yarıya düşüş gösterdiği görülmüştür. Bu incelemeler gösteriyor ki çatıda ve cephede ek strüktür ile kullanılan fotovoltaik panellerin, çatı ve cephe malzemesi gibi kullanılan bütünleşik fotovoltaik panellere oranla daha fazla verimli oldukları görülmüştür. Bunun sebebi rüzgarın havalandırma yapıp panellerdeki ısıyı düşürdüğü ancak cephe ve çatı ile bütünleşik sistemlerde daha az etkisi olduğu görülmüştür. Bina ile bütünleşik sistemlerde daha fazla verim sağlanabilmesi için ek havalandırma sistemleri konulması gerekmektedir. Çatıların da daha açık bir alanda olması bu anlamda daha fazla güneş ışığı aldığı görülerek cephelere göre avantajlı konumda olduğu söylenebilir. Etrafta gölgeleme elemanının olmaması, direkt güneşin dik açılarla panellere ulaşması ve cephelere oranla daha fazla güneş görmesi sebebiyle çatıların elektrik üretim verimleri fazladır. Bu durumdan çıkarılan sonuç paneller güneşi ne kadar çok görebilirse o kadar iyidir. En verimli güneş ışığının panellere dik gelen ışınlar olması sebebiyle panellerin eğimlerinin 10 ile 30 derece arasında konumlandırılması hem güneş geliş açısı hem de yağmur sularıyla kendi kendine temizleme yapabilmesi çalışma performansını olumlu etkilemektedir. Panellerin temizlemesi yapılmadığı zaman üzerinde tozlanmalar, düşen yapraklar veya kar yağdığında kar birikmesi gibi panel üzerinde gölge olması panellerin işleyişini engeller ve verimleri düşer. Bu dört farklı panel uygulamalarında en verimli elektrik üretimi çatıda ek strüktür ile fotovoltaik paneller olduğu ortaya çıkmıştır.

Cephelerde kullanılacak fotovoltaik panellerin dokunulamayacak yükseklikte veya evin dış cephesinin kullanılmayan bir bölgesinde olması daha iyi olacaktır. Çok sıcak olan bu panellerin erişilecek ve sürekli geçilen bir yerde olmaması dikkat edilmelidir. Hava sıcaklığının 40 derece olduğu durumda panellerin sıcaklığı 85 dereceye kadar çıkabilmektedir. Bu durumda Akdeniz bölgelerinde panellerin aşırı ısınması fotovoltaik panellerdeki elektrik üretim verimlerini olumsuz etkileyecektir. Böyle bir durumda binanın soğutma yükü artacaktır. Bu durumun yaşanmaması için birinci yöntem; havalandırmanın iyi yapılmasıdır. Panellerin arkasında yeterli boşluk varsa veya fan sistemiyle soğutulması yapılırsa aşırı sıcak panellerin soğuması sağlanabilir. İkinci yöntem ise; tarım bölgelerinde kullanılan jüt adı verilen bir tül görevi gören malzemenin paneller için kullanımınıdır. Tarımda kullanılan bu malzeme havanın çok sıcak olduğu dönemlerde bitkilerin üzerine örtülerek tercihe göre %25, %50 veya %75 güneş ışığı geçirgenliğiyle bitkilerin normal sıcaklıkta kalmasını sağlamaktadır. Bu sistemin havanın 40 derecenin üstüne çıktığı özellikle temmuz – ağustos ayların paneller üzerinde kullanılması panellerin aşırı ısınmasının önüne geçecektir. Eğer bu sistem bir mekanik sistem ile birleştirilip otomatik kontrol edilebilecek bir mekanizmaya dönüştürülürse uzaktan kontrolü de sağlanması mümkündür. Bu durumda panellerin aşırı ısınma problemi çözülecektir.

Bu çalışmada Burdur'da tasarlanmış bina örneğinde güney cephesini özellikle panellere ayırarak bir pencere kapı açıklığı konulmamasına dikkat edilmiştir. Görsel iletişim ve ışık sağlanması için kuzey doğu ve batı cepheleri seçilmiştir. Fotovoltaik panellerin kapladığı alan sebebiyle kullanımlarında tasarıma kısıtlayıcı etkisi ortaya çıkmaktadır. Kullanımları tercihe göre opak veya saydam olabilen panellerin saydam kullanıldığı takdirde ışığı mekana geçirebilme olanağı vardır.

Panel sayısının hesabı yapılırken çoğu internet sitesinde yanlış yönlendirmeler mevcuttur. Örneğin 280 watt'lık bir panelin ürettiği elektrik 280 watt olarak gösterilmektedir. Ancak bu türlü hesap yapmak yanıltıcıdır. Bir panelin verimliliğine göre ne kadar elektrik üretebildiği söylenebilir. %15 verim olan bir panelde ancak 42 watt elektrik üretimi yapılabilmektedir. Bu durumda 280 watt diye hesap yapılan bir şebekeli sistemde eve aslında 42 watt getirilmiş olur. 1 adet panelden daha fazla watt elektrik üretilmesi istenilirse verimi fazla olan panellere yönelmesi gerekmektedir. %10-%20 arasında verimlilikleri değişen panellerde wattın yüksek olması ve veriminin yüksek olması durumunda hem panel sayısı azalmakta hem de binada kapladığı alan azalmaktadır. Şebekeli sistem ile kullanılacak olan panellerde bu verim hesabı önemlidir. Şebekede daha fazla panel ile fazla enerjinin devlete satılması sonucu gelen elektrik faturasından düşülmesi söz konusudur. Devlet 2020 yılına kadar devam edecek olan şebekeye verilen her 1 kW için 13,3 cent, yerli üretim paneller için 15,4 cent ödeme yapmaktadır. Şebekesiz sistemlerde ise akü sistemi olduğu için verim hesabının yapılması önemli değildir. Kullanılmayan her fazla enerji elektriğe çevrildikten sonra akülerde depolanabildiği için elektrik ihtiyacı kullanılmayan zamanlarda bile birikebilmektedir.

Burdur’da tasarlanan evde yapılan incelemelerin sonucunda şebekeye bağlı olmaksızın 22 adet 280 watt fotovoltaiik panel ile günlük ihtiyacı karşıladığı görülmektedir. Toplam 32.612 TL fiyata denk gelen bu kurulumun sistem geri dönüşü ortalama 8.5 yıldır. Bu sistemin kullanılmasıyla 18 ağaç kurtarılacaktır. Ayrıca 9 tona yakın çevreye verilen CO2 salınımının ise önüne geçileceği tahmin edilmektedir. Böylece güneş yardımıyla kullanılan fotovoltaiik panellerin çevreye duyarlı, sürdürülebilir ve ekolojik dengeyi bozmayan mimari tasarımların gelişmesine ve gelecekte uygulamalarının daha çok artmasına neden olacaktır.

4 kişilik aile için hesaplanan bu çalışma dışında daha büyük alanlar içinde düşünülecek olursa toplu konut gibi alanlarda toplam enerjinin karşılanması mümkün olmayabilir. Bina cephesine veya çatısına yerleştirilecek panellerin sayısının artması, kurulum maliyetinin artması ve strüktüre olan etkisi artacağından elektrik giderlerinin tamamını karşılamak yerine ortak giderlerin karşılanmasını sağlayacak kadar panellerin yerleştirilmesi düşünülebilir. Bu nedenle bina cephesi ve çatısı dışında binanın çevresindeki yol, kaldırım, istinat duvarı gibi yüzeylerin kullanılması ortak alanların elektrik ihtiyaç gereksinimlerini karşılayabilir.

Burdur fotovoltaiik panellerin kullanımını açısından yeni gelişmekte olan bir şehirdir. Burdur güneşi elektrik olarak kullanabilecek avantajlı şehirlerden biridir. Nemli bir bölge olmaması ve tarıma elverişli olmasıyla bilinen Burdur’da son zamanlarda başlanan güneş tarlalarının kurulumları artmaktadır. İl tarım müdürlüğünün izin vermekte olduğu marjinal tarım alanları (verimsiz toprak) dışındaki arsalar için fotovoltaiik panellerin kurulmasına izin verilmemektedir. TKDK ve IPARD tarafında verilen hibe destekleri devletin onayladığı verimsiz olan topraklarda tarım dışı arazi tespitlerine göre verilmektedir. Bu tür uygulamalar mevcut tarım alanlarında toprağın sürdürülebilir kullanımlarını engellemesi sebebiyle tarım arazilerindeki çiftlik yapılarında fotovoltaiik panellerin kullanılmasının daha avantajlı olacağı söylenebilir.

KAYNAKÇA

- CW Enerji - Döşemealtı/Antalya (FİRMA) [1]
- Antsa Enerji Muratpaşa/Antalya (FİRMA)
- Göksu, Ç. (2000). *Anadolu Güneş Uygarlığı*. 1. Baskı. Ankara: İmaj Yayınevi, 79-84.
- Göksu, Ç. (2013). *Güneş Kentler ve Güneş Mimarisi*. 1. Baskı. Güneş Kitapları Dizisi.
- Göksu, Ç. (1993). *Güneş ve Kent*. 1. Baskı. Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayını, 20-35.
- Wachberger, M. ve H. Wachberger (1988) *E+P Güneş ve Konut*. Gerçek, L. Ve Akın, S. (çev.). Ankara: Yaprak Kitabevi (1983).
- Yerebakan, M. (2010). *Güneş Kolektörü Uygulamaları*. 1. Baskı. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 27 - 82.
- Sayigh, A. (Ed.). (2017). *Mediterranean Green Buildings and Renewable Energy*. Brighton, İngiltere: Springer Yayınevi. s. 224.
- Öztürk, H. (2008). *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*. 1. Baskı. İstanbul: Birsen Yayınevi, 200-218
- Bockris, M. , Veziroğlu T. ve Smith D. (1993). *Güneş Enerjisi*. E. İnan (çev.). 1. Baskı. İstanbul: İletişim Yayınları (1991)
- Koroğlu, T. , Teke, A. Bayındır, Ç. ve Tümay, M. (Temmuz 2010) Güneş Paneli sistemlerinin Tasarımı. *Elektrik Mühendisliği*. 439:98-104.
- Altın, M. ve S. Şenyurt. (3-4 Nisan 2014). Enerji Etkin Tasarımın Çatı Ve Cephelere Yansıması. 7. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*. İstanbul.
- Çelebi, G. (2002). Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri. [Electronic Version] *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 17. 3: 17-33 (25 Ocak 2017)

- Demircan, R. ve A. Gültekin. (28-30 Mayıs 2015). Binalarda Pasif Ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi. 2. *Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumu*. Ankara:839-847
- Demircan, R. ve A. Gültekin. (2017). Binalarda Pasif Ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi. *TÜBAV Bilim*. 30.1: 36-51.
- Turhan, S. ve Çetiner, İ. (12-13 Nisan 2012). Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi. 6. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*. Bursa.
- Altaş, İ. (Nisan 1998). Fotovoltaik Güneş Pilleri: Yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*. 47: 66-71
- Özbalta, T. (b. t.). *Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Güneş Pili Uygulamaları*. Anadolu Üniversitesi. Eskişehir.
- Aksungur, K. , Kurban, M. ve Filik, Ü. (2009). *Türkiye'nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi*. Anadolu Üniversitesi. Eskişehir.
- Türe, E. (13-14 Ekim 2008). Çatı Malzemesi Olarak Güneş Enerjisi Sistemleri. 4. *Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*. İstanbul.
- Yağcı, S. (13-14 Ekim 2008). Çatı Teknikeri Bakış Açısı ve Tecrübeleri İle Almanya'da Güneş Enerjisi Sistemleri ve Uygulamalar. 4. *Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*. İstanbul.
- Altın, M. (b.t.). *Binaların Enerji İhtiyacının Fotovoltaik (PV) Bileşenli Cepheler İle Azaltılması*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi. İzmir.
- Özbalta, T. (b.t.). *Fotovoltaik Teknolojisi İle Bina Kabuğunun Değişen İşlevleri Ve Yüzeyleri*. Anadolu Üniversitesi Mimarlık Fakültesi. Eskişehir.
- Altın, M. (b.t.). *Fotovoltaik Malzeme İle Elektrik Üreten Cepheler Ve Çatılar*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi. İzmir.
- Küçüközdemir, G. (b.t.) *Cephe Kimliğine, Mimari Tasarımın Bir Parçası Olarak Güneşin Etkisi*. Maltepe Üniversitesi Mimarlık Fakültesi. İstanbul.

- Soğukpınar, H. ve İ. Bozkurt (2015). An Economic Analysis Of Residential Pv System For Adıyaman. *Uludağ Üniversitesi Dergisi* 20.2:111-118
- Özdoğan, H. ve E. Hıraoğlu (8-9 Aralık 2011). Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Paneller Ve Türkiye Uygulamalarından Örnekler. *Çevre Tasarım Kongresi*. İstanbul.
- Alptekin, G. , Bostancıoğlu, E. ve Kasapoğlu. (3– 4 Nisan 2014). İklim Bölgelerine Bağlı Olarak Çatı Eğimlerinin Değerlendirilmesi. 7. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*. İstanbul.
- Mutlu, A. ve Türkeri, N. (15-16 Nisan 2010). Fotovoltaik Modüllerin Çatı Sistemleri ile Bütünleştirilmeleri ve İstanbul Örneği. 5. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*. İzmir.
- Altın, M. (b.t.). *Present and Future of Solar Control with Photovoltaic Components in Mediterranean Architecture in Turkey*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi. İzmir.
- Büyükzeren, R. , Altıntaş, H. , Martin, K. ve Kahraman, A. (2015). *Binalardaki Fotovoltaik Uygulamasının Teknik, Çevresel ve Ekonomik İncelenmesi: Meram Tıp Fakültesi Hastanesi Örneği*. Necmettin Erbakan Üniversitesi. Konya.
- MED-CSP. (16 Nisan 2005). *Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region*. Stuttgart.
- Hadjipaschalis, I. (2009). *Promotion of solar energy in the Mediterranean region The Distres Project*. Electricity Authority of Cyprus (EAC).
- AÇA Raporu. (2006). *Akdeniz Bölgesi Öncelikli Çevre Sorunları*. No 4/2006. *İTÜ Vakfı Dergisi*. (Ocak 2013). Türkiye’de Enerji. 60:6-45.
- T.C. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı (BAKA). (Şubat 2011). *Güneş Enerjisi Sektör Raporu*. (25 Haziran 2017).
- Alavedra, P. , Guzman, A. , Torres, M. , Galloway, S. ve Alavedra, D. (2003). *Photovoltaic Roofing in Mediterranean Climate Countries*. Katalonya Politeknik Üniversitesi. İspanya.

- Sağır, N. ve M. Laman (Aralık 2008). Doğu Akdeniz Bölgesinde Yapılacak Binaların Gün Boyu Güneş Işığında Yararlanması İçin Bir Aplikasyon Önerisi. [Electronic Version] *Ç. Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi* 23.2: 81-96 (25 Ocak 2017).
- Ayçam, İ. ve N. Kanan (2009). Ekolojik Mimarlık Kapsamında Bina Bütünleşik Nano-PV Malzemenin İncelenmesi. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*. Diyarbakır.
- Çerçi, S. ve İ. Şahali (2008) Enerji Tasarrufu İçin Bir “Güneş Evi” Örneği. *Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*. 23.2: 299-310.
- Ekoyapı Dergisi*. (30 Nisan 2013). Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemlerin Mimaride Kullanımları. 88-93.
- Sakınç, E. ve Sözen, M. (2008). Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Yapılarda Tasarım Ölçütü Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 23.1: 21-31.
- Sayın, S. ve İ. Koç (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler Ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Derg.* 26.3: 89-106.
- Üçgül, İ. , Şenol, R. ve Acar, M. (t.y.). Güneş Pillerinin Dünü, Bugünü Ve Geleceğe Bakış. *Mühendis ve Makine*. 47.560: 42-51.
- Doğrusoy, İ. ve E. Serin (Eylül 2013). İzmir Kentindeki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyelinin Mimari Açından İrdelenmesi. *Dokuz Eylül Üniv. Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 15.3: 1-25.
- Üçgül, İ. , Tüysüzöğlü, E. ve Yakut, M. (2014). PV Çatı Uygulaması için Enerji Hesaplaması ve Ekonomik Analizi. *Süleyman Demirel Üniversite Dergisi*. 18.2: 1-16.
- Gündoğdu, K. , Kabadayı, H. ve Öztürk, A. (4 Şubat 2016). Fotovoltaik Paneller İçin Güneş Takip Edebilen Basit Ve Ekonomik Bir Sistem. *Düzce Üniversitesi Dergisi*. 4: 634-639.
- Sakınç, E. ve M. Sözen (28 Ocak 2010). Yapılarda Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri Sorunsalı ve Mimari Çözüm Önerileri (Mersin Örneği). *Megaron Dergisi*. 15.1: 1-10

- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. (Haziran 2009). *Dünya'da Ve Türkiye'de Güneş Enerjisi*. 11. [2]
- Taşkın, O. ve T. Korucu (29 Aralık 2014). Kahramanmaraş İli Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanım Olanakları. *KSÜ Doğa Bil. Derg.* 14.4: 12-16.
- Kutlu, N. (12 Aralık 2016). Isparta İlinde Bir Evin Elektrik İhtiyacını Karşılacak Panel Sayısı, Verimi ve Ekonomik Analizinin Hesabı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*. 1.1: 41-52.
- Varınca, K. ve M. Gönüllü (21-23 Haziran 2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. *I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*. 270-275
- Kırbaş, İ. , Çifci, A. ve İşyarlar, B. (2013). Burdur İli Güneşlenme Oranı ve Güneş Enerjisi Potansiyeli. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 4.2: 20-23.
- Kırbaş, İ. , Çifci, A. ve İşyarlar, B. (2014). Güneş Pili Kullanılarak Burdur'da Bir Evin Ortalama Elektrik İhtiyacının Karşıllanması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 5.1: 14-17.
- Bulut, H. (16-17 Ekim 2008). Adana İlinde Eğik Yüzeyle Gelen Güneş Işınım Miktarının Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 30.Yıl Sempozyumu*. Adana.
- Boduroğlu, Ş. ve F. Kariptaş (Temmuz-Ağustos 2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Konutlarda Kullanımı. *Yeşil Bina Dergisi*. 2.
- Göksu, Ç. (Mart 2015). Güneş Çağı Başladı. [Electronic Version] *Elder Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği*. 6. (16 Eylül 2017).
- Gemicioğlu, A. (2011). Türkiye'de Enerji Verimliliği Açısından PV Sistemlerin Performansının Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Keleş, C. (2008). Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliği Açısından Fotovoltaik Sistemlerin Kullanılmasına Yönelik Bir İnceleme. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Yılmaz, O. (2015). Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler Ve Türkiye. *Yüksek Lisans Tezi*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi SBE.

- Uğur, E. (2006). Güneş Pillerinin Yapı Kabuk Elemanları İle Bütünleştirilmelerine Yönelik Bir Araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Yerli, B. (2011). İstanbul İklim Şartlarında Meteorolojik Parametrelerin PV (Fotovoltaik Pil) Elektrik Üretimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Erdoğan, D. (2009). Research On Building Integrated Photovoltaic Systems And Their Performance Evaluation. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Akkaya, N. (2011). Güneş Enerjisinin Ekolojik Yapılarda Kullanımı (Akdeniz Bölgesi Üzerinde İncelemeler). *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Haliç Üniversitesi FBE.
- Yanardağ, H. (2015). Farklı Bina Formlarında Güney Pili Uygulamalarının Enerji Ve Maliyet Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Demirel, B. (2013). Pasif Ev Uygulamasının Türkiye İçin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Uslusoy, S. (2012). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi FBE.
- Akpek, A. (2005). Investigation of Variations in Collection Efficiency of Photovoltaic Panels. *Yüksek Lisans Tezi*. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi FBE.
- Özdoğan, H. (2005). Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- Aygün, O. (2012). Mevcut Konut Yapılarına Fotovoltaik Panel Sistemlerin Entegre Edilmesi, İzmir Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi FBE.
- Yücel, Y. (2016). Güneş Enerjisinden Yararlanmak Amacı İle Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Arel Üniversitesi FBE.

Kocaman, B. (2014). Boya Duyarlı Güneş Hücreleri İçin Yeni Sistemlerin Geliştirilmesi Ve Karakterizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.

Mercan, O. (2013). Türkiye’ De Fotovoltaik (PV) Çözümlerinin Pazarlanması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi SBE.

Ünver, E. (2 Mayıs 2013). Binaya Entegre Fotovoltaik Sistemlerin Mimaride Kullanımları. <http://www.ekoyapidergisi.org/243-binaya-entegre-fotovoltaik-sistemlerin-mimaride-kullanimlari.html> (2 Şubat 2017).

Çatıder. (11 Ekim 2016). *Türkiye’de Çatıların Durumu*.

EIB. (Aralık 2015). *Mediterranean Solar Plan*. Lüksemburg. http://www.eib.org/attachments/country/femip_msp_ppi_en.pdf (2 Şubat 2017).

İspanya’da güneş enerjisi (2006) www.solar-academy.com/menus/Spain-Business-istryada-gunes-enerjisi010535.pdf (2 Şubat 2017).

Bayar U. ve A. Atılğan (2015). Yeşil Ev Tasarımı Ve Enerji Analizi İçin Uygulama Örneği. *Mühendis ve Makine*. 56.671: 41-52 https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/a339cde31fe8e2a_ek.pdf (25 Haziran 2017).

World Energy Council. (2016). *World Energy Resources Solar*. <https://www.worldenergy.org/data/> (25 Haziran 2017).

Çukurova Kalkınma Ajansı, ÇKA (2012)

Akşit, F. (2017) Enerji Etkin Bina Tasarımı (ders notları)

Makine Mühendisleri Odası Adana, (2013)

International Energy Outlook, (2017)

Türk biliminsanından harika bir buluş: Katlanabilir güneş enerjisi panelleri. (15 Şubat 2017) <http://www.yesilist.com/turk-biliminsanindan-harika-bir-bulus-katlanabilir-gunes-enerjisi-panelleri/> (23 Mart 2017).

Güneş Enerjisinden Pasif Yararlanma: Güneş Evleri. (8 Nisan 2010)

<http://www.yenienerji.info/bilimsel-bakis/gunes-enerjisinden-pasif-yararlanma-gunes-evleri> (23 Mart 2017).

Termodinamik Sistemler. (t.y.)

<http://www.gunesenerjisifirmalari.gen.tr/termodinamik-sistemler.html> (23 Mart 2017).

Gezegeni yeşillendiren 5 çevreci tasarım. (2 Şubat 2017)

<http://www.yesilist.com/gezegeni-yesillendiren-5-cevreci-tasarim/> (23 Mart 2017).

Pasif İklimlendirme ile Yapılara Ekolojik Özellikler. (21 Haziran 2013)

<http://www.ekoyapidergisi.org/263-pasif-iklimlendirme-ile-yapilara-ekolojik-ozellikler.html> (26 Mart 2017).

Dünya Enerji Tüketimi. (t.y.)

https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_enerji_t%C3%BCketimi (2 Nisan 2017).

Enerji Kaynakları (t.y.) https://tr.wikipedia.org/wiki/Enerji_kaynaklar%C4%B1 (2 Nisan 2017).

Global Energy Statistical Yearbook (t.y.) <https://yearbook.enerdata.net/> (2 Nisan 2017).

Panel Teknolojileri. (t.y.)

<http://www.transmergreen.com/site/index.php/urunler/gunes-enerji-sistemleri/panel-teknolojileri> (2 Nisan 2017).

ETKB (t.y.) *Güneş Enerjisi ve Teknolojileri.*

http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx (3 Nisan 2017).

Güneş Enerjisi Elektrik Üretim Sisteminin Tasarlanması ve Maliyet Hesabı (20

Şubat 2015) <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-enerjisi-elektrik-uretim-sisteminin-tasarlanmasi-ve-maliyet-hesabi/4315#ad-image-0> (3 Nisan 2017).

Renewable Energy: Solar Energy. (t.y.)

http://ec.europa.eu/research/energy/index.cfm?pg=area&areaname=renewable_solar (3 Nisan 2017).

- Greece Energy Prices Report.* (t.y.)
<https://www.energy.eu/historical-prices/Greece/> (3 Nisan 2017).
- Kristal Silisyum Solar Hücreleri.* (t.y.)
<http://www.guneshaber.net/haber/919-teknik-bilgiler-kristal-silisyum-solar-hucreleri.html> (29 Nisan 2017).
- Güneş Paneli Sisteminin Kurulması ve Maliyet Hesabı.* (t.y.)
<http://www.guneshaber.net/haber/1417-uygulamalar-gunes-paneli-sisteminin-kurulmasi-ve-maliyet-hesab.html> (29 Nisan 2017).
- Güneş Paneli Sisteminin Kurulması ve Maliyet Hesabı* (6 Eylül 2011)
http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=9135 (30 Nisan 2017).
- Japonya Güneş Enerjisinde 10 GW'ı Aştı.* (19 Kasım 2011)
www.elektrikport.com/haber-roportaj/japonya-gunes-enerjisinde-10-gwi-asti/10174#ad-image-0 (30 Nisan 2017).
- Güneş Paneli Elektrik Üretimi Fiyatları 1kw 5kw 10kw 100kw 250kw 500kw 1mw Kurulumu.* (12 Haziran 2016) <http://www.powerenerji.com/gunes-paneli-elektrik-uretimi-fiyatlari-1-kw-5-kw-10-kw-100-kw-250-kw-500-kw-1mw-kurulumu.html> (14 Mayıs 2017).
- Isparta Güneş Enerjisi Yatırımları.* (1 Temmuz 2014)
<http://www.ispartanews.com/haber/15769-isparta-gunes-enerjisi-yatirimlari.html> (14 Mayıs 2017).
- Enerji Hesaplama Programı.* (t.y.) <http://www.enerjihesapla.com/> (14 Mayıs 2017).
- Efficiency record for flexible CdTe solar cell due to novel polyimide film.* (9 Haziran 2011) phys.org/news/2011-06-efficiency-flexible-cdte-solar-cell.html (20 Mayıs 2017).
- 144W Thin Film Amorphous Silicon Flexible Solar Panels.* (1 Kasım 2011)
www.tradeindia.com/fp882650/144W-Thin-Film-Amorphous-Silicon-Flexible-Solar-Panels.html (21 Mayıs 2017).
- IEA Energy Statistics.* (2015) www.iea.org/statistics/statisticssearch/WORLD3 (21 Mayıs 2017).
- Türkiye'de ve dünyada güneş enerjisi.* (25 Şubat 2011)
www.enerjigunlugu.net/icerik/7278/turkiyede-ve-dunyada-gunes-enerjisi.html (21 Mayıs 2017).

- JRC European Commission.* (2012)
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
(2 Temmuz 2017).
- Güneş Paneli Fiyatları ve Güneş Paneli Fiyat Listesi.* (31 Ocak 2017)
<http://www.enerjibes.com/gunes-paneli-fiyatlari-ve-gunes-paneli-fiyat-listesi/> (2 Temmuz 2017).
- Kristal Silisyum Solar Hücreleri.* (2010)
www.solar-academy.com/menu_detay.asp?id=494 (16 Eylül 2017).
- Güneş Pili Nedir? Güneş Pili Çalışma Prensibi ve Çeşitleri.* (14 Kasım 2016)
<http://www.enerjibes.com/gunes-pili/> (16 Eylül 2017).
- 38 Şehre güneş enerjisi teşviki çıktı, en fazla kota 92MW ile Konya'da.* (12 Ağustos 2011)
<http://enerjienstitusu.com/2011/08/12/38-sehre-gunes-enerjisi-tablo-tesvikli-elektrik-epdk-harita-iller-sehirler-konya-mw-kapasite-bolgeler-tesviki/> (26 Ağustos 2017).
- Güneş Enerjisi İçin Hibeler, Teşvikler.* (22 Aralık 2015)
<http://gessistem.blogspot.com/2015/06/gunes-enerjisi-icin-hibeler-tesvikler.html> (26 Ağustos 2017).
- PV: Types of Solar Panel and Which one is the best PV Panel* (10 Ağustos 2017)
www.electricaltechnology.org/2014/10/pv-types-of-solar-panel-best-pv-panel.html#copper_indium_gallium_selenide_cigs_cis_solar_cells (21 Ekim 2017)
- Çok Eklemlili (TANDEM) Güneş Pilleri Nasıl Çalışır?.* (13 Mart 2014)
[http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/cok-eklemlili-\(tandem\)-gunes-pilleri-nasil-calisir/11660#ad-image-3](http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/cok-eklemlili-(tandem)-gunes-pilleri-nasil-calisir/11660#ad-image-3) (24 Aralık 2017). [3]
- Güneş Çatıda Parlayacak.* (30 Aralık 2017)
www.yesilbinadergisi.com/yayin/272/gunes-catida-parlayacak_8068.html#.WIEwZkxuLIU (6 Ocak 2018).
- Georg Fred Keck'in İlk Modern Pasif Güneş Evi, Chicago.* (21 Nisan 2013)
<http://solarhousehistory.com/blog/2013/4/21/80-years> (27 Aralık 2017).
- Düz Yüzeyle Güneş Enerjisi Kollektörleri* (27 Nisan 2016)
<http://www.thesisat.org/duz-yuzeyli-gunes-enerjisi-kollektorleri.html> (8 Ocak 2018).

China just switched on the world's largest floating solar power plant (2 Haziran 2017) www.weforum.org/agenda/2017/06/china-worlds-largest-floating-solar-power (8 Ocak 2018).

Çin güneş enerjisinde zirvede (30 Mart 2016)

<http://www.trthaber.com/haber/ekonomi/cin-gunes-enerjisinde-zirvede-242013.html> (8 Ocak 2018).

Güneş enerjisi bedava mı? (28 Mart 2015) <http://www.busene.com/tag/enerji/> (8 Ocak 2018).

Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrali GES teşvikleri Nelerdir (t.y.)

<http://gunesenerjisipanelleri.net/ges-tesvikleri/> (8 Ocak 2018).

Solar PV - Solar PV Arrays - Photovoltaics (t.y.)

www.solarpv.co.uk/solar-pv-arrays.html (8 Ocak 2018).

Photovoltaic Curtain Wall (t.y.)

www.tectonica-online.com/products/2061/wall_curtain_photovoltaic (8 Ocak 2018).

Solar çatı teknolojileri nelerdir? (26 Ağustos 2016)

www.enerjibes.com/solar-cati-teknolojileri-nelerdir (8 Ocak 2018).

Solar Panel Case Study – PV On Flat Roof (t.y.)

www.ecohisolar.co.uk/case-studies/sanyo-on-flat-roof (8 Ocak 2018).

Solar Shingles (t.y.)

www.thisoldhouse.com/ideas/solar-shingles (8 Ocak 2018).

Estructura de soporte para tejado inclinado (t.y.)

www.archiexpo.es/prod/mprime-by-martifer-solar/product-108567-1108875.html (8 Ocak 2018).

Monocrystalline PV panel (t.y.)

www.archiexpo.com/prod/crane-ltd/product-89352-864710.html (8 Ocak 2018).

VS Tauberbischofsheim, Tauberbischofsheim, Germany (t.y.)

www.pvdatabase.org/newentries.php?order=3 (8 Ocak 2018).

How do solar panels work? (t.y.)

www.altenergy.org/renewables/solar/solartechnolgy.html (8 Ocak 2018).

Güneşin Yapısı Hakkında Kısa Bilgi (4 Ekim 2013)

<https://www.turkeyarena.net/konu/gunesin-yapisi-hakkinda-kisa-bilgi.68744/> (8 Ocak 2018).

Atrium Shading Pv (t.y.)

www.strutchannelfittings.com/THK-11615-SHADE-ATRIUM-SHADING-PV--THIN-FILM-40-30-20-OR-10-TRANSPARENT-MODULES-WITH-ALUMINUM-RACKING-DESIGNED-TO-ATTACH-TO-EXISTING-ATRIUM-FRAMING-ON-ROOF_p_1222.html (8 Ocak 2018).

Oamenii de știință au creat un concentrator de energie solară transparent (28

Ağustos 2014) <https://itpc.ro/oamenii-de-stiinta-au-creat-un-concentrator-de-energie-solara-transparent/> (8 Ocak 2018).

Our Barn Roof Gets an 18-kW Solar Array (13 Haziran 2013)

<http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/energy-solutions/our-barn-roof-gets-18-kw-solar-array> (8 Ocak 2018).

- Türkiye Küresel Yatay Radyasyon Haritası (25 Mayıs 2015)
www.sosyal-bilgiler.com/blog/turkiye-kuresel-yatay-radyasyon-haritasi
(8 Ocak 2018).
- Esnek paneller hakkında* (t.y.) www.solar-bazaar.com/gunes.asp?id=285 (8 Ocak 2018).
- Rooftop Solar Panels: Benefits, Costs, and Smart Policies (t.y.)
www.ucsusa.org/clean-energy/renewable-energy/rooftop-solar-panels-benefits-costs-policies#.WYGTXIjyjDc (8 Ocak 2018).
- Common Rooftop Solar Panel Installation Problems To Avoid (11 Eylül 2014)
www.pacificwestroofing.com/blog/rooftop-solar-panel-installation-problems-avoid (8 Ocak 2018).
- Roof Top Mounting for PV Solar Panels - Flat Application* (t.y.)
www.valsa.co.za/products/roof-mounting-flat-application (8 Ocak 2018).
- PV glass façade's (t.y.) www.kranemfg.com/pv-glass-facades (8 Ocak 2018).
- Cells, Modules and Arrays (t.y.)
www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar_electricity/basics/cells_modules_arrays.htm (8 Ocak 2018).
- The Science of Solar Energy: How Solar Panels Work (t.y.)
<http://concerneduspatriots.com/the-science-of-solar-energy-how-solar-panels-work/> (8 Ocak 2018).
- Fire Safety And Solar Electric And Photovoltaic Systems (1 Kasım 2013)
www.thenbs.com/knowledge/fire-safety-and-solar-electric-and-photovoltaic-systems (8 Ocak 2018).
- 1 MVA Güneş Enerji Santral Yapım Maliyeti. (t.y.)
<http://makale.eceylan.com/1-mva-gunes-enerji-santral-yapim-maliyeti/>
(10 Ocak 2018)
- Renewable Energy Data Book. (2015).
<https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/66591.pdf> (10 Ocak 2018)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Setenay Uçar
Doğum Yeri Ve Tarihi : Alanya - 1993
Medeni Hali : Bekar
E-Mail : setenayucar@gmail.com
Telefon (Cep) : 0505 011 12 93

EĞİTİM DURUMU

2016-2018 : Yüksek Lisans, İstanbul Arel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı
Yapı Teknolojileri Programı
2012-2016 : Lisans, İstanbul Arel Üniversitesi, İç Mimarlık
2011-2015 : Lisans, İstanbul Arel Üniversitesi, Mimarlık
2007-2011 : TED Antalya Koleji Özel Lisesi
2004-2007 : Ramazan Savaş Orta Okulu
1999-2004 : Alanya Hayate Hanım İlköğretim Okulu

YABANCI DİL : İngilizce - Almanca

İŞ TECRÜBESİ : Tunçel Grup İnşaat
KRT Mimarlık
Argon Mimarlık