

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ÜLKEMİZ YAPI
SEKTÖRÜNDE KULLANIMININ ÖNEMİ
VE YAPILARDA GÜNEŞ ENERJİSİNDEN
YARARLANMA OLANAKLARI

Selçuk SAYIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
Konya, 2006

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ÜLKEMİZ YAPI SEKTÖRÜNDE
KULLANIMININ ÖNEMİ VE YAPILARDA GÜNEŞ ENERJİSİNDEN
YARARLANMA OLANAKLARI

Selçuk SAYIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Bu tez 28/03/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Gülser ÇELEBİ (Başkan)

Yrd.Doç.Dr. İlhan KOÇ (Danışman)

Yrd.Doç.Dr. Bahtiyar EROĞLU (Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ÜLKEMİZ YAPI SEKTÖRÜNDE KULLANIMININ ÖNEMİ VE YAPILARDA GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI

Selçuk SAYIN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. İlhan KOÇ

2006, 131 Sayfa

Jüri: Doç.Dr. Gülser ÇELEBİ

Yrd.Doç.Dr. İlhan KOÇ

Yrd.Doç.Dr. Bahtiyar EROĞLU

Ülkelerin sanayi devrimiyle birlikte başlayan ekonomik kalkınma yarışı, teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi, nüfus artışı, insanların konforlu bir yaşam arzusu gibi nedenlerden dolayı özellikle son 50 yılda enerji tüketimi hızla artmıştır. Günümüzde tüketilen enerjilerin yaklaşık olarak %90'nını kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklar oluşturmaktadır.

Fosil kaynakların rezervlerinin sınırlı olması, çevreye ve insan sağlığına zararları (küresel ısınma, asit yağmurları vb.) ve özellikle 1973'te yaşanan petrol krizi gibi sebeplerden dolayı ülkeler bu kaynaklara alternatif olabilecek temiz ve

yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalara başlamışlardır. Bu kaynakların başlıcaları güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve biyokütle enerjileridir.

Mimarlık ürünü olan yapılar da tükettikleri enerjilerle oluşan kirlenmelerde ve rezervlerin tükenmesinde oldukça etkilidirler. Bu nedenden dolayı, yapıların da artık yenilenebilir enerji kaynaklardan yararlanabilecek şekilde tasarlanmaları ve enerji tüketen bir unsur olmaktan çıkıp, kendi enerjisini üretebilen birer sistem haline dönüşmeleri gereklidir. Bunu sağlayacak en önemli enerji kaynağı ise güneştir. Bu bağlamda tez kapsamında yapılarda güneş enerjisinden pasif ve aktif yararlanma olanakları ayrıntılı olarak incelenmekte ve uygulama biçimleri örnek çizim ve fotoğraflarla açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, çevre kirliliği, yapı sektörü, güneş enerjisi, fotovoltaik (PV) paneller

ABSTRACT
MSc. Thesis

THE SIGNIFICANCE OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY IN OUR
COUNTRY'S BUILDING SECTOR AND THE OPPORTUNITIES OF
UTILIZING OF SOLAR ENERGY IN BUILDINGS

Selçuk SAYIN
Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Architecture

Supervisor: Asst.Prof.Dr. İlhan KOÇ

2006, 131 Page

Jury: Assoc.Prof.Dr. Gülser ÇELEBİ

Asst.Prof.Dr. İlhan KOÇ

Asst.Prof.Dr. Bahtiyar EROĞLU

In last 50 years, consumption of energy increased rapidly by the cause of, country's economical improvement racing which began in collaboration with industrial revolution, rapidly progression of technological developments, increasing human population and people's desire of a comfortable life. Today, fossil energies like coal, oil and natural gas generate %90 of the total energy consumption.

Due to the limited reserves of fossil resources, harmful effects to the environment and human's health (global warming, acid rains etc.), and especially

causes like oil crisis in 1973, countries have begun studies about the clean and renewable energy resources which have become alternative to the existing ones. The important ones of these resources are the solar, wind, hydraulic, geothermal and biomass energies.

Buildings, which are the products of architecture, are also effective in the consuming of resources and environmental pollution with the energy used by their own. For this reason, it is compulsory for the buildings to be designed in the way having the ability to use renewable energy resources and to be converted to a system creating its own energy from an energy consumer unit. To ensure this the most important energy resource is the Solar Energy. In this sense in the coverage of this thesis, active and passive usage possibilities of Solar Energy are examined in detail and their application methods are explained by means of figures consisting of some sample drawings and photographs.

Key words: Renewable energy, environmental pollution, building sector, solar energy, photovoltaic (PV) panels

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince değerli katkılarıyla bana destek olan ve yönlendiren danışman hocam Yrd.Doç.Dr. İlhan KOÇ'a, değerli vaktini ayırıp fikirleriyle bana yol gösteren sayın Doç.Dr. Gülser ÇELEBİ (Gazi Üniversitesi)'ye, maddi ve manevi destek veren tüm arkadaşlarıma, beni yetiştiren ve her zaman yanımda olan değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
RESİM LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
TABLO LİSTESİ	xiv
EKLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Çalışmanın Kapsamı	4
1.3. Materyal ve Metot	5
1.4. Literatür Özeti	5
2. ENERJİNİN TANIMI TÜRLERİ VE POTANSİYELLERİ	10
2.1. Enerjinin Tanımı	10
2.2. Konvansiyonel (Fosil) Enerji Kaynakları	10
2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Potansiyelleri	11
2.3.1. Rüzgar Enerjisi	12
2.3.2. Biyokütle (Biomass) Enerjisi	16
2.3.3. Dalga ve Gel-Git Enerjisi	18
2.3.4. Hidrolik Enerji	19
2.3.5. Hidrojen Enerjisi	20
2.3.6. Jeotermal Enerji	22
2.3.7. Güneş Enerjisi	24
3. ENERJİ ÜRETİM – TÜKETİM ORANLARI VE ÜLKEMİZDE	
ENERJİ – ÇEVRE İLİŞKİSİNDE YAPI SEKTÖRÜNÜN ÖNEMİ	28
3.1. Enerji Üretim-Tüketim Miktarları	28
3.2. Konvansiyonel (Fosil) ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevre	
Etkileşimleri	33

3.2.1. Konvansiyonel (Fosil) Enerjilerin Çevre Etkileri	33
3.2.2. Yenilenebilir Enerjilerin Çevreye Etkileri	35
3.3. Yapılarda Tüketilen Enerji Miktarları ve Yenilenebilir Enerji	
Kullanımının Gerekliliği	36
4. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YAPILARDA YARARLANMA	
OLANAKLARI VE UYGULAMA BİÇİMLERİ	40
4.1. Pasif Yararlanma	40
4.1.1. Doğrudan Sistemler	41
4.1.1.1. Cephe Açıklığı	42
4.1.1.2. Çatı Açıklığı	44
4.1.2. Dolaylı Kazanım	44
4.1.2.1. Cephe Açıklığı	44
4.1.2.2. Çatı Açıklığı	46
4.1.2.3. Ayrık Açıklıklar	47
4.2. Aktif Yararlanma	48
4.2.1. Termodinamik Sistemler	48
4.2.1.1. Sıvı Tipi Düz Güneş Enerjisi Toplaçları	49
4.2.1.2. Hava Tipi düz Güneş Toplaçları	52
4.2.1.3. Vakumlu Toplaçlar	53
4.2.1.4. Odaklı Toplaçlar	54
4.2.2. Fotovoltaik (PV) Sistemler	54
4.2.2.1. PV Sistem Bileşenleri	55
4.2.2.1.1. PV Modüller	55
4.2.2.1.2. Aküler	62
4.2.2.1.3. Şarj Denetim Birimleri	62
4.2.2.1.4. İnvertörler (Dönüştürücüler)	63
4.2.2.1.5. Diğer Sistem Bileşenleri	63
4.2.2.2. PV Modül Üretimi ve Sistem Maliyetleri	63
4.2.2.3. PV Sistem Türleri	66
4.2.2.4. PV Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları	67
4.2.2.5. PV Modüllerin Yapılarda Kullanım Şekilleri	69
4.2.2.5.1. PV modüllerin yapılarda kullanılması	

durumunda tasarımı etkileyen faktörler	71
4.2.2.5.2. Cephe bileşeni olarak kullanım.....	73
4.2.2.5.3. Çatı Bileşeni Olarak Kullanımı.....	84
4.2.2.5.4. PV modüllerin yapıda cephe veya çatı bileşeni olarak kullanılmasının avantajları.....	91
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	92
KAYNAKÇA.....	95
EKLER.....	100

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1. Yatay eksenli rüzgar santrali örneği	13
Resim 2.2. Dikey eksenli rüzgar santrali örneği	14
Resim 2.3. Biyokütle atıkları ve enerji üreten santral.....	18
Resim 2.4. Hidroelektrik santral örneği.....	20
Resim 2.5. Jeotermal kaynağın kendiliğinden yüzeye çıkışı	24
Resim 4.1. Tek kristal ve çok kristal PV hücre örneği	58
Resim 4.2. Amorf silisyum ve kadmiyum tellür PV hücre örneği.....	60
Resim Ek-B-1.1. Çeviriciler ve fotovoltaik kontrol sistem birimi.....	113
Resim Ek-B-1.2. Çatısı 25.6kWp fotovoltaik sistemle kaplı bulunan Türk Evi Öğrenci Kafeteryası.....	113
Resim Ek-B-1.3. Otopark alanı üzerindeki 15kWp güce sahip hibrit sistem	114
Resim Ek-B-2.1. PV modül yardımıyla pompaj sistemi.....	114
Resim Ek-B-2.2. PV modül yardımıyla aydınlatma	115
Resim Ek-B-2.3. PV modül yardımıyla trafik sinyalizasyonu	115
Resim Ek-C-1.1. Mont-Cenis akademisi dıştan görünüm	116
Resim Ek-C-1.2. Mont-Cenis akademisinin çatıdan doğal havalandırılması	117
Resim Ek-C-1.3. Mont-Cenis Akademisi içten görünüm.....	117
Resim Ek-C-2.1. Solar fabrik binası hareketli PV modüller	118
Resim Ek-C-2.2. Solar Fabrik binası eğimli cephede PV modül uygulaması	119
Resim Ek-C-2.3. Solar fabrik binası içten görünüm	119
Resim Ek-C-3.1. Roma çocuk müzesinin giriş (batı) cephesi	120
Resim Ek-C-3.2. PV modüllerin güneş kırıcı olarak uygulaması.....	121
Resim Ek-C-3.3. Roma Çocuk Müzesinin çatısında PV modül uygulaması.....	121
Resim Ek-C-4.1 Northumbria Üniversitesi.....	122
Resim Ek-C-4.2 Northumbria Üniversitesi- cephede PV yağmur perdeleme sistemi uygulaması	122
Resim Ek-C-5.1. Jubilee kampüsü atriumda PV modül uygulaması.....	123
Resim Ek-C-5.2. Jubilee Kampüsü'nde PV uygulanmış atriumun içten görünümü	123

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Türkiye Rüzgar Atlası	15
Şekil 2.2. Türkiye'nin bölgelere göre aldığı toplam yıllık güneş enerjisi miktarı.....	25
Şekil 3.1. Dünya toplam enerji arzının enerji türlerine göre dağılımı	29
Şekil 3.2. Dünya toplam elektrik üretiminin enerji türlerine göre dağılımı.....	30
Şekil 3.3. Türkiye'de enerjinin sektörel tüketim oranları	37
Şekil 4.1. Güneşten doğrudan yararlanma	43
Şekil 4.2. Güneşten doğrudan yararlanma-sera uygulaması.....	43
Şekil 4.3. Güneşten dolaylı yararlanma-Trombe duvarı	45
Şekil 4.4. Güneşten dolaylı yararlanma-su duvarı	46
Şekil 4.5. Güneşten dolaylı yararlanma-sulu çatılar	47
Şekil 4.6. Güneşten dolaylı yararlanma-ayrık açıklıklar	47
Şekil 4.7. Boru tipi düz güneş toplacının yapısı	49
Şekil 4.8. Tabii dolaşımli sıcak su sistemleri.....	50
Şekil 4.9. Zorlanmış dolaşımli-açık devreli su sistemi	52
Şekil 4.10 Hava ısıtmalı güneş toplacı tesisat şeması.....	53
Şekil 4.11. PV hücre, modül, panel ve solar dizisi	55
Şekil 4.12. Tipik bir PV modül yapısı	57
Şekil 4.13. 2004 yılı PV hücre üretiminin ülkelere göre dağılımı	64
Şekil 4.14. PV modül maliyet oranları 1995 verileri	65
Şekil 4.15. Şebekeden bağımsız PV modül kullanımı	66
Şekil 4.16. Şebekeye bağlı PV modül kullanımı	67
Şekil 4.17. Düzlemsel perde duvarlarda PV modül kullanımı.....	76
Şekil 4.18. Düşeyde kırıklı perde duvarda PV modül kullanımı	77
Şekil 4.19. Yatayda kırıklı perde duvarda PV modül kullanımı.....	78
Şekil 4.20. Akordeon perde duvarda PV modül kullanımı	79
Şekil 4.21. Eğimli düzlemsel perde duvarda PV modül kullanımı.....	80
Şekil 4.22. Eğimli kırıklı perde duvarda PV modül kullanımı	81
Şekil 4.23. Taşıyıcı cam cephe olarak PV modül kullanımı.....	82
Şekil 4.24. Güneş kırıcı olarak PV modül kullanımı	83

Şekil 4.25. Düz çatılarda bağımsız PV modül kullanımı.....	86
Şekil 4.26. Düz çatı ışıklığı olarak PV modül kullanımı	87
Şekil 4.27. Yatayda kırıklı çatı ışıklığı olarak PV modül kullanımı.....	88
Şekil 4.28. Geleneksel çatı sistemi üzerinde PV modül kullanımı.....	89
Şekil 4.29. Atriumlu mekanlarda PV modül kullanımı	90

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Dünya fosil enerji kaynaklarının toplam rezervleri.....	11
Tablo 2.2: Türkiye aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri.....	26
Tablo 3.1: Ülkelere göre kişi başına düşen enerji tüketim ve tüketim artışı.....	31
Tablo 3.2: Yıllara göre Türkiye Birincil Enerji Üretim Miktarları.....	31
Tablo 3.3: Yıllara göre Türkiye Birincil Enerji Tüketim Miktarları.....	32
Tablo 3.4: Yıllara göre Türkiye'nin sektörel enerji tüketimi.....	37
Tablo Ek-C-1.1. Mont-Cenis Akademisi PV-Sistemi verileri.....	118

EKLERİN LİSTESİ

EK-A: Tübitak Enerji Politikası Çalışma Grubu’nun “Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle İlgili Teknolojiler Alt Grup”u tarafından Türkiye için yapılmış olan öneriler.....	101
EK-B: Türkiye’de PV Modüllerle Yapılmış Deneysel Çalışmalar.....	113
EK-B-1: 1996 yılında kurulan Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma Geliştirme Merkezi’nin kampus alanında yapmış olduğu örnek uygulamalar.....	113
EK-B-2: EİE’nin yapmış olduğu örnek uygulamalar	114
EK-C: Dünyada Yapılara Uygulanmış PV Modüllerden Örnekler	116
EK-C-1: Mont-Cenis Akademisi	116
EK-C-2: Solar Fabrik Binası.....	118
EK-C-3: Roma Çocuk Müzesi	120
EK-C-4: Northumbria Üniversitesi.....	122
EK-C-5: Nottingham Üniversitesi Jubilee Kampusü.....	123
EK-D: Avrupa Birliği’nin 2002/91/EC sayılı “Binalarda Enerji Performansı Direktifi” Özeti.....	124

SİMGELER**Açıklama**

a-si	Amorf Silisyum
AB	Avrupa Birliği
Ah	Amper saat
Amp	Amper
C	Karbon
Cal	Kalori
CdTe	Kadmiyum Tellür
CFC	Kloroflora karbonlar
CH ₄	Metan
CIS	Bakır İndiyum Diselenid
CO ₂	Karbondioksit
EJ	Eksajoule
GaAs	Galyum Arsenid
Gj	Gigajoule
GW	Gigavat
Gwh	Gigavatsaat
H ₂	Dihidrojen
Kcal	Kilokalori
Kg	Kilogram
kVA	Kilovolt-amper
kW	Kilovat
kWp	Kilovat olarak alınabilecek maksimum güç

MW	Megavat
Mj	Megajoule
N ₂ O	Azotoksit
Si	Silisyum
V	Volt
W	Vat
Wp	Vat olarak alınabilecek maksimum güç
\$	Amerikan Doları

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	Araştırma geliştirme
BIPV	Binaya Entegre Fotovoltaikler
BO	Yap-İşlet
BOT	Yap-İşlet-Devret
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
DSİ	Devlet Su İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EVA	Ethlene vinyl acetate
ICHET	Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
kep	Kilogram eşdeğer petrol
MIS	Metal-yalıtkan yarı iletken
MÖ	Milattan önce

MÜTEK-ARGE	Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Merkezi
PET	Polyethyleneterephtalate
PV	Fotovoltaik
PVC	Polivinilklorür
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurum
TAI	Tusaş Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.
TEAŞ	Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi
TEMSAN	Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş.
TEP	Ton eşdeğer petrol
TS	Türk Standartları
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜBİTAK-MAM	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi
WEC	Dünya Enerji Konseyi
yy	Yüzyıl

1. GİRİŞ

Enerji günümüzde bütün dünyanın en önemli sorunlarından birisidir. Enerji ihtiyacı gün geçtikçe bir çok nedenden dolayı artmakta ve üretim-tüketim arasındaki fark da gün geçtikçe açılmaktadır. Bu nedenlerin başlıcaları nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ve insanların yaşam konforudur. Bugün, enerji sorunu her ülkenin yaşadığı bağımsız bir sıkıntı olmaktan çıkmış global bir sorun halini almıştır. Halen devam etmekte olan savaşlar ve işgaller de global enerji sorununun insanlara yansımalarıdır. Enerji yalnızca insanların temel gereksinimlerini karşılayan bir ihtiyaç iken, artık uluslararası politikaları yönlendiren bir güç halini almıştır.

Halen dünyada kullanılmakta olan enerjilerin %90'ı fosil tabanlı dönüşümsüz (konvansiyonel) enerji kaynaklarıdır. Bu enerjilerin başlıcaları kömür, petrol ve doğalgazdır. Fosil kaynaklı enerjiler sonsuz değildir ve bir gün tükenecekleri sabit bir gerçektir. Bu gerçekten anlaşılabilir ki, fosil kaynakların çalışma prensibi üzerine kurulu bir çok teknolojik sistem de çalışamaz hale gelecektir. Bunun sonuçları da bütün dünya ekonomisini etkileyecek kadar büyük olabilecektir (Çelik 2002).

Bunun dışında diğer önemli bir nokta ise, fosil kaynaklı enerjilerin oluşturduğu çevresel kirlenmedir. Dünya üzerinde yaşanan çevresel sorunların önemli bir kısmı fosil kaynakların tüketilmesi sonucu oluşmaktadır. Bu sonuç bağlamında ortaya çıkan zararlı gazlar hem çevre kirliliği oluşturmakta hem de insan sağlığına zarar vermektedir. Bu etkilerinin dışında küresel ısınma, suların ve toprağın kirlenmesi, bitki örtüsünün zarar görmesi, asit yağmurları, çölleşme ve biyolojik çeşitlilikte azalmalar gibi etkileri de bilinmektedir. Ekolojik dengeyi bozan bu olayların ana sebebi fosil kaynak yakıtlarının büyük miktarlarda kullanılmasıdır.

Yukarıda saydığımız sorunlar sebebiyle özellikle 1973 petrol krizinden sonra, bilim adamları bu kaynaklara alternatif olabilecek yeni enerji kaynakları arayışına gitmişlerdir. Bu alternatif enerji kaynakları ise, doğada var olan temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu enerjilerin başlıcaları güneş, rüzgar, jeotermal, hidrojen, biyokütle, hidroelektrik (su gücü) ve deniz-dalga enerjileridir.

Bu enerji kaynaklarının kendini yenileyebilir özellikte olmaları, ekonomik olmaları ve çevreye çok az zarar vermeleri, gelişmiş ülkelerin bu tür kaynaklara

yatırım yapmalarını sağlamış ve teknolojilerinin hızla gelişmesine neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, enerji tüketilen her yerde kullanılmasının gelecekte bir zorunluluk haline gelmesi beklenmektedir. Beklenmesi gereken diğer bir durum ise, toplumların kalkınmasının başlıca unsurlarından biri olan enerjinin temiz, güvenilir ve ekonomik bir şekilde temin edilmesinin devletler tarafından vazgeçilmez bir enerji politikası olarak benimsenmesidir.

Rüstemov ve Demirtaş (2004) bu politika çerçevesinde “gelişmişlik ve enerji” ilişkisini şöyle tanımlamaktadır;

“Enerjinin yeterli, zamanında, kaliteli, ekonomik, güvenilir ve temiz olarak temini günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen en önemli göstergelerden biridir.”

Sözen ve Geçioğlu (1999) ise;

“Enerjiyi en çok kullanan ülkeler gelişmiş ülkeler, enerjiye en çok ihtiyaç duyan ise gelişmekte olan ülkelerdir.”

diye açıklayarak enerji kullanımı ne kadar artarsa o kadar gelişmiş olunacağı yorumunda bulunmaktadır. Bu değerlendirmeler ve yorumlar her ne kadar farklı olsa da bilinmelidir ki; gelişmişliğin sonuçlarından biri de insan eylemlerinin çoğu yapılarda gerçekleşmektedir. Dolayısıyla gelişmişlik düzeyi arttıkça yapı sayısı artmaktadır. Buradan da anlaşılabileceği gibi (gelişmişlik), (enerji), (yapı) kavramları arasında doğrudan bir bağ kurulabilmektedir. Yapılar, tükettikleri fosil enerji kaynaklarıyla hem bu kaynakların tükenmesinde hem de çevre kirliliğinin oluşmasına en fazla zarar veren unsurlarından birisidir. Yapıların tasarımı, yapımı ve kullanımı uzun bir süreci kapsar. Bu süreçte enerji tüketimi sonucunda atık oluşması doğaldır. Koçhan (2003) bunu şöyle açıklamaktadır:

“Mimarlığın ekolojik sorunlar üzerindeki etkileri mimari ürünün tasarım, üretim, kullanım ve fiziksel ömrünün sonuna kadar bütün aşamalarında görülür.”

Ekolojik dengenin sağlanması açısından bu denli önemli olan yapıların; özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kentlerde sürdürülebilir bir yaşam biçimi oluşturulması açısından, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanması çok önemlidir. Yapıların faydalanabileceği yenilenebilir enerji kaynaklarının başında da güneş enerjisi gelmektedir. Yapılar, sınırsız ve tükenmeyen bir kaynak olan güneşten birçok açıdan faydalanabilmektedir. Güneş merkezli tasarlanan yapılardan pasif yöntemlerle yararlanıldığı gibi, yapıya eklenecek veya entegre edilecek sistemlerle aktif olarak yararlanmak da mümkündür. Aktif yararlanmada kullanılan en önemli sistemler ise güneş toplacıları ve fotovoltaik (PV) panellerdir.

Schiller ve Evans (1998)’a göre; yapılarda güneş enerjisinden aktif ve pasif olarak yararlanabilen çevre bilinçli, geri kazanımlı malzemeler ile üretilmiş, düşük enerjili bina tasarımları günümüz mimarlığında ön plana çıkmaktadır. Ekolojik mimarlık, enerji etkin mimarlık gibi kavramlarla açıklanan bu tür yaklaşımlarda yapı kabuğu önemli bir materyaldir. Yapı yüzeyleri, yapıdaki geleneksel işlevleri dışında, enerji korunumu ve enerji üretimi işlevlerini de yerine getirebilmektedir. Bu tür mimarlık ürünü yapılar güneşten elde ettikleri enerjiyle, enerji tüketen değil enerji üreten ve fazlasını da depolayan veya sisteme verebilen birer enerji üretim tesisleri haline gelmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bugün dünya üzerinde gerçekleşen her eylemde bir şekilde enerji tüketilmektedir. Bu enerjilerin büyük bir kısmı sonlu (dönüşümsüz, tükenebilir) enerjilerden sağlanmaktadır ve zararlarının boyutları insan sağlığını tehdit edecek seviyelere ulaşmıştır.

Bu durumun alternatifi olan enerjilerin doğada var olduğu bilinmektedir. Zararları yok denecek kadar az olan bu enerjilerden yararlanmak artık zorunlu bir hal

almıştır. Dünya üzerinde tüketilen enerjinin %50'sini yapılar kullanırken, mimarlığın buna duyarsız kalması kabul edilemez bir durumdur.

Gelişmiş ülkeler, bu duyarlılık çerçevesinde yenilenebilir enerjilerden yararlanmak için çalışmalarını durmaksızın sürdürmektedirler. Özellikle yapılarda güneş enerjisinden pasif yararlanma olanakları çok geniş ve büyük teknoloji gerektirmeyen sistemlerdir. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum nedeniyle güneş enerjisinden oldukça yüksek bir seviyede yararlanma imkanına sahiptir. Fakat bu durumdan fayda sağlamak için çalışmalar yalnızca üniversitelerin ilgili bölümlerinin ve de bazı devlet kuruluşlarının (AR-GE) çalışmalarıyla sınırlı kalmaktadır.

Bu çalışmayla ülkemizde, özellikle mimarlık alanında güneş enerjisinden yararlanma olanaklarına dikkat çekilmesi ve yapılacak yeni yapı tasarımlarında bu bilgilerin göz ardı edilmemesi için bir katkı olması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Hazırlanan tez çalışması kapsamında ilk bölümde konuya genel bir bakış açısı kazandırılarak küresel enerji problemi, fosil kaynaklı enerjiler ve çevre etkileri, yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımının gerekliliği gibi konular üzerinde durulmaktadır.

İkinci bölümde önce enerjinin genel tanımı yapılarak, fosil enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları başlıkları altında enerji türleri ve potansiyelleri alt başlıklar altında incelenmektedir.

Daha sonra, üçüncü bölümde enerji tüketimi ve çevre ilişkisi çerçevesinde fosil kaynaklar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının zararları tartışılmaktadır. Özellikle dünyada ve Türkiye'de yapı sektöründe tüketilen enerji miktarları tablolarla açıklanmaktadır.

Dördüncü bölümde ise, yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları kapsamlı bir şekilde irdelenip; pasif ve aktif yararlanma olanakları tanımlanarak uygulama biçimleri incelenmektedir. Özellikle güneş topacları ve çeşitleri, fotovoltaik (PV) modüller, malzemeleri ve yapılarda uygulanma olanakları şekillerle açıklanmaktadır.

Sonuç bölümünde ise ortaya konulan bilgilerin tamamı değerlendirilerek yapılarda güneş enerjisinden yararlanmanın, özellikle ülkemiz açısından, önemi ve gerekliliği vurgulanmaktadır.

1.3. Materyal ve Metot

Öncelikle genel bir araştırma ve literatür taramasından sonra konu ile ilgili araştırmacıların da yönlendirmesiyle tez çalışmasının konusu ve kapsamı belirlenmiştir. Tez konusunun tespitinden sonra fosil enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları ve türleri, yapı sektöründe tüketilen enerji miktarları ve güneş enerjisinden yapılarda yararlanabilme olanakları konusunda kitaplar, tezler, sempozyum bildirileri, bilimsel makaleler ve web ortamındaki bilgiler temin edilerek detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Bütün bu kaynaklardaki bilgiler derlenerek tez belirli bölümlere ayrılmış ve düzenlenmiştir. Sayısal verilerden de yararlanarak tablolar, şekiller ve resimler belirli bir düzen içinde kullanılmış ve yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları örneklerle açıklanmıştır.

1.4. Literatür Özeti

Bu çalışmanın konusu ve kapsamı dahilinde yararlanılan başlıca kaynakların özetleri aşağıda verilmiştir.

Alaçakır B. (1997) “Güneş Pilleri” adlı bu bildiride güneş pillerinin önemi vurgulanarak, günümüzdeki uygulama alanları açıklanmıştır. Dünyada ve ülkemizdeki durum gözden geçirilerek Elektrik İşleri Etüt İdaresinin güneş pilleri üzerine yaptığı deneysel çalışmalar anlatılmıştır.

Çelebi G. (2002), “Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri” adlı makalede Fotovoltaik Sistem kullanımının önemi vurgulanarak bu sistemlerin kısa tarihçesi verilmiştir. Fotovoltaik modüllerin yapısı, türleri ve özellikleri incelenerek bu panellerin yapı kabuğunda kullanılması durumunda tasarımı etkileyen faktörler irdelenmiştir. Bina kabuğunda fotovoltaik panellerin uygulama olanakları biçimsel farklılıklarına göre gruplandırılarak şekiller yardımıyla açıklanmıştır.

Çelik B.G. (2002) “Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulanma Olanakları – Eskişehir İçin Bir Örnek Çalışma” adlı yüksek lisans tezinde güneşten etkin olarak yararlanmayı olanaklı kılan fotovoltaik modüller ele alınarak incelenmiştir. Mimaride fotovoltaik modül kullanımı ve verimlerini etkileyen faktörler anlatılmıştır. Örnek alan uygulaması olarak ise, simülasyon programı aracılığıyla bir model evinin Eskişehir iklim şartlarında farklı yönelmelerle elde ettiği enerji miktarları incelenerek karşılaştırması yapılmıştır.

Demirbilek N.F., Eryıldız D.I. (2001), “Güneş Mimarlığı” adlı bu kitapta edilgen (pasif) sistemler ve etkin (aktif) sistemler açıklanarak pasif sistemlerin binalarda uygulama biçimleri şekillerle ifade edilmiştir. Yapılarda yalıtım yapılarak elde edilen enerji tasarrufu yapı elemanları bakımından incelenmiştir. Türkiye’de yapılmış olan deneysel güneş evleri fotoğraflarla gösterilmiş ve elde edilen enerji miktarları verilmiştir.

Demirbilek F.N. (1999) “Mimarlıkta Güneşten Pasif Yöntemlerle Yararlanma ve Korunma: Dünyadan ve Türkiye’den Örnekler” adlı sempozyum bildirisinde güneş enerjisinde pasif sistemlerle yararlanmada kullanılan yöntemler doğrudan sistemler, dolaylı sistemler ve izole sistemler olarak 3 gruba ayrılmış, bunlar da kendi içinde yapı elemanları bakımından cephe açıklığı, çatı açıklığı ve ayrıık açıklıklar olarak elde edilen kazanımlar çizimler yardımıyla anlatılmıştır.

Demirel Z., Süzük H. (1997) “Jeotermal Enerji, Dünya ve Türkiye Potansiyeli” adlı bu bildiride yenilenebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin tanımı

yapılmıştır. Dünyada ve Türkiye’de jeotermal alanlar haritalar yardımıyla ifade edilmiştir.

Göksal T. (1998), “Mimaride Güneş Enerjisi” adlı kitabında yenilenebilir enerji kullanımının gerekliliği açıklanarak güneş enerjisi-bina tasarım ilişkisinin tarihsel gelişimi incelenmiştir. Güneş enerjisinden pasif yararlanma; güneş pencereleri, güneş duvarları ve transparan ısı yalıtımlı güneş duvarları alt başlıkları altında incelenerek şemalarla açıklanmıştır. Güneşin aktif kullanımı ise güneş kolektörleri ve fotovoltaik modüller olarak iki farklı şekilde gruplandırılmış, fotovoltaik sistemlerin tarihçesinden başlayarak ayrıntılı bir biçimde anlatılmıştır. Güneşten pasif ve aktif yararlanmaya örnek olarak dünyada yapılmış olan bina uygulamalarından örnekler verilmiştir.

Kiss C.A.A (1993) “Building Integrated Photovoltaics” adlı kitapta bina örtüsü olarak uygulanacak PV modüllerin tasarlanmasında göz önünde bulundurulması gereken kriterler incelenmiştir. PV modüllerin binalarda uygulanma biçimleri çizimlerle açıklanmıştır. PV modüllerin performanslarının analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca yapılara uygulanacak PV modüllerin maliyet değerlendirmeleri yapılmış ve PV modül pazarı incelenmiştir.

Korucu Y. (1999) “Güneş Enerjisi ve Teşvikler” adlı sempozyum bildirisinde Türkiye’de ve dünyada nüfus artışına bağlı olarak enerji tüketimleri rakamsal ifadelerle sunulmuştur. Fosil enerji tüketiminin oluşturduğu çevresel etkiler açıklanarak güneş enerjisinin önemi vurgulanmıştır. Güneşten aktif olarak yararlanmada kullanılan güneş kolektörleri ve bunlara farklı ülkelerde uygulanan teşvikler açıklanmıştır. Ülkemiz de ise güncel durum açıklanarak bazı önerilerde bulunulmuştur.

Köse F. (2002) “Yenilenebilir Enerji Kaynakları (Ve Sistemleri)” adlı kitapta enerji kavramı ve enerji türleri üzerinde durularak enerji dönüşüm sistemleri anlatılmıştır. Dünyanın ve Türkiye’nin enerji rezervleri tablosal verilerle sunulmuş, enerji –çevre ilişkisi ve alınması gereken önlemler ifade edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları

ise türlerine göre kapsamlı olarak incelenmiş ve enerji elde yöntemleri, uygulama biçimleri, Türkiye potansiyelleri açıklanarak örnek uygulama problemleriyle değerlendirmeler yapılmıştır.

Okdik Ş. (2001) “Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri” adlı kitapta dünyaya gelen güneş ışınımı ve bu ışıınımdan yararlanarak elektrik üretmeyi sağlayan güneş gözeleri (fotovoltaik modüller) incelenmiştir. Güneş gözelerinin üretilme biçimleri ve kullanılan farklı malzemelerin verimlilikleri açıklanmıştır. Fotovoltaik modüllerin birleştirilmesiyle meydana gelen fotovoltaik güç sistemleri ise şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız biçimde uygulamalar olmak üzere anlatılmış ve özellikle ülkemizde fotovoltaik sistemlerden yararlanmak için yapılması gereken uygulamalar için önerilere yer verilmiştir.

Oluklulu Ç. (2001) “Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma” adlı yüksek lisans tezinde dünyada ve Türkiye’de enerji sektörünün gelişimi ve üretim modelleri incelenerek güneş enerjisinden yararlanma biçimleri anlatılmıştır. Fotovoltaik teknoloji ise tarihçesi, modül yapıları, modül malzemeleri, sistemde kullanılan bileşenler, sistem türleri, avantajları ve dezavantajlarını anlatarak ayrıntılı bir biçimde ifade edilmiştir. Fotovoltaik sistemlerin binalara uygulama olanakları ise yapı elemanları şeklinde gruplandırılarak şekil ve çizimler yardımıyla açıklanmıştır.

Şen Z. (2002) “Temiz Enerji ve Kaynakları” adlı kitapta fosil enerji kaynakları ve oluşturdıkları zararlı etkiler açıklanmış ve yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, canlı kütle (biokütle) enerjisi, su enerjisi (hidroelektrik), dalga ve gel-git enerjisi, hidrojen enerjisi başlıkları altında kapsamlı bir biçimde anlatılmış, enerji elde etme biçimleri ve kullanılan yöntemler açıklanarak bu enerji türlerinin Türkiye potansiyelleri irdelenmiştir.

Uyar T.S. (1997) “Türkiye Rüzgar Enerjisi Kullanım Programı” adlı bu bildiride rüzgar enerjisinin dünyadaki ve Türkiye’deki potansiyelleri anlatılmış ve rüzgar

teknolojisinin bugünkü durumu açıklanmıştır. Rüzgar enerjisinde elektrik üretiminin faydaları anlatılarak Türkiye'nin rüzgar enerjisi kullanım programı da anlatılmıştır.

Ültanır M.Ö. (1997) “Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanımı ve Özellikleri” adlı bu bildiride geleceğin yakıtı olarak gösterilen hidrojenin üretim ve depolama biçimleri, hidrojen yakıtının özellikleri incelenmiştir. Hidrojenin enerji kaynağı olarak kullanımına örnekler verilerek bu yakıt türünün ülkemiz açısından irdelenmesi yapılmıştır.

Yıldız A. (2003), “Fotovoltaik Modüllerin Binalarda Kullanımı ve PVSYST 3.21 Yazılımı ile Bir Binanın Simülasyonu” adlı yüksek lisans tezinde enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olan yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları araştırılmıştır. Güneşten aktif yararlanma olanağı veren fotovoltaik sistemlerin yapılarda uygulanabilirliği irdelenmiş ve fotovoltaik sistemlerin tasarımında kullanılan fotovoltaik (PV) simülasyonları araştırılmıştır. Bu simülasyon programlarının arasından seçilen bir tanesiyle Armada Alışveriş Merkezi'nin modellenmesi yapılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

2. ENERJİNİN TANIMI TÜRLERİ VE POTANSİYELLERİ

Enerji oluşumlarına ve dönüşümlerine göre çeşitli başlıklar altında sınıflandırılabilir. Direkt enerjiye dönüşebilmelerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır (Köse 2002). Birincil enerjiler olarak taş kömürü, ham petrol, linyit, doğalgaz, jeotermal, hidrolik, güneş sayılabilir. Bu enerjiler bir dönüşüm geçirerek kullanılmaktadır. Oluşumlarına göre ise enerji kaynakları farklı bir biçimde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmada enerjiler Konvansiyonel (fosil) ve yenilenebilir enerjiler olarak ayrılmaktadır. Bu bölümde ilk önce enerjinin tanımı yapılacak daha sonra enerji kaynakları oluşumlarına göre Konvansiyonel ve yenilenebilir olarak ayrılacak ve incelenecektir.

2.1. Enerjinin Tanımı

Bir sistemin ya da canlının iş yapabilme gücü “enerji” olarak tanımlanmaktadır. Her sistemin çalışabilmesi için enerji gereksinimi olur. Canlıların bir sistem gibi yaşamını devam ettirebilmesi için enerjiye ihtiyacı olur ve bunu aldığı gıdalardan temin eder. Fakat insanlar, diğer canlılardan farklı olarak yaşamını sürdürebilmek için gıda dışında da birçok enerji çeşidini kullanmak zorundadır (Yıldız 2003).

2.2. Konvansiyonel (Fosil) Enerji Kaynakları

Bu enerji türüne giren kaynaklar canlıların (bitki, hayvan vb.) fosilleşmesiyle oluşmuş petrol, kömür, doğalgaz ve uranyum (nükleer enerji) gibi sınırlı rezervleri olan kaynaklardır (Köse 2002).

İnsanoğlu bu kaynaklardan ilk önce kömürden yararlanmaya başlamıştır. (16 yy.) Kömürden elde edilen yüksek sıcaklıklar sayesinde metal işleme teknikleri geliştirilmiş ve endüstri devrimine ilk adım atılmıştır (İnan 2001).

20 yy.' da elektriğin ve içten yanmalı motorların kullanılmaya başlanmasıyla genel olarak teknolojiye ilerleme kaydedilmiştir. Bu sırada petrol ve doğalgazın kullanıma girmesi ile de kimya sanayisi gelişme göstermiştir. Nükleer enerji ise II. Dünya Savaşından sonra enerji sektörüne yeni bir boyut kazandırmıştır.

Sonlu olan bütün bu kaynakların dünyadaki toplam mevcut rezervleri ve rezerv ömürleri Tablo 2.1. de görülmektedir.

Tablo 2.1: Dünya fosil enerji kaynaklarının toplam rezervleri (Dünya Enerji Konseyi 1997 yılı verileri).

Enerji Kaynağı Türü	Kömür (linyit+Taş köm.) (Milyar Ton)	Petrol (Milyar Ton)	Doğalgaz 10 ¹² m ³	Uranyum (Bin Ton)
Rezerv Miktarı	512.3 + 519.4	140.9	141.3	3324
Rezerv Ömrü (Yıl)	220	42	62	83

Bu tablodan da anlaşılacağı gibi en büyük rezerv kaynağı kömürdür. Bunu sırasıyla uranyum, doğalgaz ve petrol izlemektedir. Bu verilere göre kömür 220, uranyum 83, doğalgaz 62, petrol ise 42 yıl sonra tükenecektir.

2.3. Yenilenebilir Enerji, Kaynakları ve Potansiyelleri

Yenilenebilir enerji kaynakları doğada var olan ve kendini yenileyerek sürekliliğini devam ettiren, dünya var oldukça da temin edilebilecek olan temiz enerji

kaynaklarıdır. Bunların başlıcaları rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, hidrolik, hidrojen ve deniz-dalga enerjisidir.

2.3.1. Rüzgar Enerjisi

Özdamar (2000)'a göre, gerekli enerjisini güneşten alan bir ısı makinesi olarak nitelenebilecek olan atmosferde ısıl potansiyel farklara sahip olan hava kütleleri, daha soğuk ve yüksek basınç alanı olan bir noktadan, daha sıcak ve alçak basınç alanına hareket ederler. Isı enerjisinin kinetik enerjiye dönüştüğü bu doğa olayındaki hava kütlesi hareketine rüzgar adı verilir (Özgener 2002). Başka bir deyişle hareket halindeki havanın kinetik enerjisidir ve güneş esaslı bir enerji kaynağıdır.

Rüzgar enerjisinin M.Ö. 2000'li yıllardan itibaren Mezopotamya gibi en eski yerleşmelerden itibaren kullanıldığı bilinmektedir. Bu enerjinin kullanımı hakkında elde edilen ilk yazılı dokümanlar 10. yüzyılda Persia'(İran) da ortaya çıkmıştır. İran ve Afganistan bölgelerinde o yıllardan kalma rüzgar santrallerine rastlanmaktadır (Uyar 1997).

Rüzgar gücünden etkin olarak elektrik üretiminde, pompaj sistemlerinde ve ısı enerji elde edilmesinde faydalanılmaktadır.

Günümüzde bu uygulamalardan yaygın olarak, rüzgar türbinleri yardımıyla elektrik üretimi yapılmaktadır. Türbinler yardımıyla elektrik üreten ilk tesis 1891 yılında Danimarka'da kurulmuştur (Rüstemov ve Demirtaş 2004). Rüzgar türbinlerinin uygulanan farklı çeşitleri mevcuttur, ama bunlar genel olarak dikey eksenli türbinler ve yatay eksenli türbinler olmak üzere ikiye ayrılır.

a) Yatay eksenli türbinler

Bu türbinlerin rotorları (kanat) hava hareketinin enerjisinden maksimum olanı tutabilmek için rüzgar akış yönüne dik olarak dururlar. Rüzgarı önden alan bu sistemlerde kılavuz kuyruk yardımıyla rotor rüzgara karşı yönlendirilmektedir (Köse 2002).

Aşağıdaki resimde yatay eksenli rüzgar türbinlerini kullanıldığı serbest bir alanda uygulanmış rüzgar santrali örneği görülmektedir.



Resim 2.1. Yatay eksenli rüzgar santrali örneği

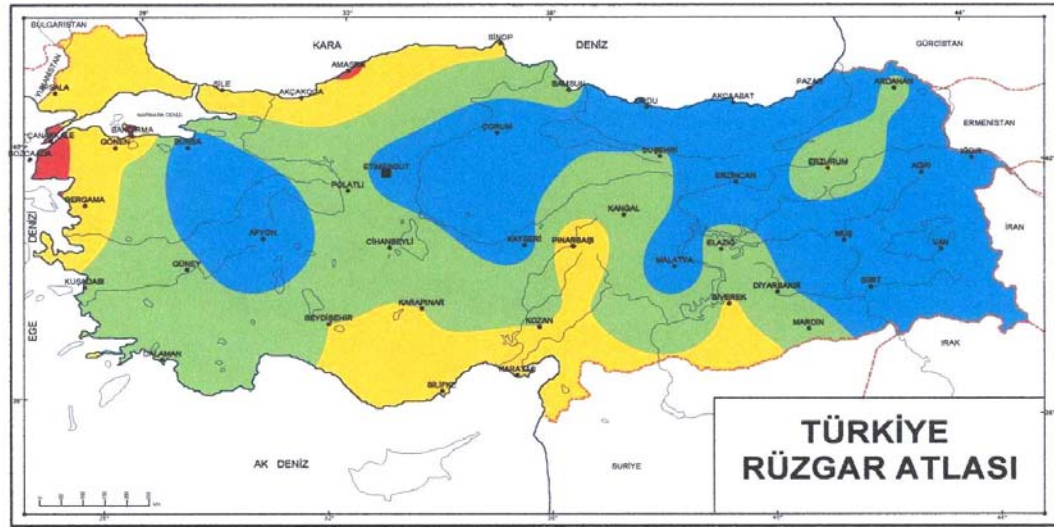
b) Dikey eksenli rüzgar türbinleri

Bu tipteki rüzgar türbinlerinin avantajı rüzgarı her yönden alabilmeleridir. İlk harekete geçişleri yatay eksenlilere göre daha güvenlidir. Ayrıca rüzgar türbininin makine aksamı (hız yükseltici, jeneratör vb.) toprak seviyesine kurulabilmekte ve böylece bakımları çok rahat bir şekilde yapılmaktadır (Köse 2002). Aşağıdaki resimde dikey eksenli rüzgar türbinlerinin kullanıldığı bir rüzgar santrali görülmektedir.



Resim 2.2. Dikey eksenli rüzgar santrali örneği

Günümüzde 1.5 MW (Megavat) kapasiteli modern rüzgar türbinleri büyük şirketler tarafından üretilmektedir. Birçok ülke bugün rüzgardan faydalanmak için yatırımlar yapmaktadır. Rüstemoğlu ve Demirtaş (2004)'un Hashimova (2001)'dan bildirdiğine göre dünya üzerinde toplam kurulu rüzgar gücü 14391 MW'a ulaşmıştır. Bu gücün dağılımına göre bazı ülkelerin rüzgar güçleri şu seviyelerdedir. Almanya-3126 MW, ABD-2482 MW, Danimarka-1560 MW, İspanya-1100MW, Hindistan 983-MW, Hollanda-372 MW, Çin-233 MW, İtalya-233 MW, İsveç-187 MW ve Kanada-140MW. Türkiye'de ise henüz kullanıma geçilmiş, deneme aşamasında birkaç tane rüzgar santrali bulunmaktadır. Aşağıdaki haritadan da görülebileceği gibi Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından oldukça verimlidir, fakat bu enerji kaynağına yeterli desteğin verilmemesi sebebiyle yatırımlar sınırlı kalmaktadır.



					
u (m/s) *	> 7.5	6.5 – 7.5	5.5 – 6.5	4.5 – 5.5	< 4.5
P (W/m²) *	> 500	300 - 500	200 - 300	100 - 200	< 100
<i>* Açık yüzeyler için (yer düzeyinden 50 m yükseklikteki) rüzgar potansiyeli sınıfları</i>					

Şekil 2.1. Türkiye Rüzgar Atlası (www.eie.gov.tr).

u= Ortalama Rüzgar Hızı

P= Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunluğu

Binlerce yıldır insanların kullandığı temiz bir enerji olan rüzgar enerjisinin üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

1. Herhangi bir radyoaktif ışıma sebep olmamaktadır.
2. Enerjiyi kullanmak için ilk yatırım maliyeti dışında herhangi bir ücret ödenmemekte ve herhangi bir atık üretmemektedir.
3. Atmosfere veya yakındaki denizlere herhangi bir ısıl emisyonu bulunmamaktadır.
4. Geçmişe bakıldığında güvenlik açısından başarılıdır ve istenmediğinde rahatlıkla sökülebilmektedirler.
5. Yerli bir enerji kaynağı olması sebebiyle dünya enerji piyasalarından bağımsızdır.
6. Uygulamaları modüler şekilde tek veya grup olarak uygulanmakta ve herhangi bir büyüklükte üretilmektedir

7. 3 ay gibi kısa bir sürede kurularak işletmeye alınmakta ve elektrik üretilmektedir (Uyar 1997).

Bu kadar avantajı olan bu enerji kaynağının en önemli dezavantajı üretim ve tüketim zamanları arasındaki farklılıktan kaynaklanan depolama gerekliliğidir.

2.3.2. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, elektrik ve diğer enerji şekillerinin üretiminde kullanılan ve yenilenebilen önemli bir enerji kaynağıdır. Bu enerjinin elde edebileceği geniş bir kaynak alanı mevcuttur. Bunlar; tarım ve orman atıkları ve kalıntıları, besinlerin işlenmesinden oluşan atıklar, şehir çöplerinden oluşan katı atıklar, çiftlik hayvan gübreleri, kanalizasyon atıkları ve su ürünü olan yosunlarıdır. Biyokütle enerjisi, ister bitkisel ana kaynaklardan, ister çöp ve hayvan gübresi gibi işlem görmüş bitkisel maddelerden sağlanmış olsun, karbon içeren tüm elemanlar için kullanılan genel bir addır. Yeryüzünün 15 Milyar hektarlık bölümü biyokütle üretmekte olup, yıllık biyokütle verimliliği 75×10^9 ton olarak tahmin edilmektedir. Bu ise 1500 milyon varil petrole eşdeğerdir (Oluklulu 2001).

Biyokütle yakacakları, biyo yakacak, katı, sıvı yada gaz olarak biyokütle kaynağından elde edilebilir. Biyokütleden enerji üretiminde değişik teknolojiler kullanılmaktadır:

a) Biyokütlenin yakılması ile enerji üretimi

Biyokütlenin yakılma işlemi fosil yakıtların yakılma işleminden farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle biyokütlenin yanması sonucu oluşan atıkların çevreye etkisi, fosil yakıtların yanması sonucu oluşan zararlı etkiler derecesinde olmamaktadır. Biyokütlenin yakılması sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı, biyokütlenin büyüme sürecinde alınan miktarına eşittir. Yanması sonucu kömüre kıyasla daha az kül oluşur ve külün ortamdan uzaklaştırılması, kömürün yanması sonucu oluşan küle göre daha kolaydır. Ayrıca biyokütle külünün tarım alanlarında toprak iyileştirmesi içinde kullanılabilirdiği bilinmektedir. Fakat, şehir çöpleri,

kanalizasyon atıkları ve hayvan gübrelerinin yakılarak enerji üretilmesinde kullanılması pek uygulanmamaktadır. Bunlar daha çok biyogaz üretiminde kullanılmaktadır (Köse 2002, Saraçoğlu 2004).

b) Sıvı biyo yakıt üretimi

Sıvı biyo yakıtların başlıcaları etanol ve metanoldür. Etanol şeker, nişasta veya selülozik atıklardan üretilmektedir. Bu üretimde odun, şehir çöpleri, tarımsal atıklar ve benzeri materyaller kullanılmaktadır. ABD ve Brezilya'da mısırdan fermantasyonla etanol üretimi yaygın şekilde yapılmaktadır. Metanol üretimi bu kadar yaygın olmasa da araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır (Köse 2002).

c) Biyogaz üretimi

Biyogaz üretiminde kullanılan organik malzemeler bitkisel, hayvansal ve kentsel olarak gruplanabilir. Kentsel kökenlilere örnek ise organik madde içerikli sanayi atıkları, insan atıklarından oluşan çöpler ve kanalizasyon suları gösterilebilir. Buğday sapı, ot, yonca gibi tarımsal atıklar ve hayvan gübresi kırsal kesimlerde bolca bulunmaktadır. Bunların düşük kalorili olarak kullanılması veya doğada çürümeye terk edilmesi yerine biyogaz üretiminde kullanılabileceği de bilinmelidir. Türkiye'de çöp biyogazı uygulamasına örnek olacak çalışma Bursa Demirtaş çöp sahasında yapılmaktadır. Bu saha özel bir şirket tarafından kiralanarak çöp biyogazı motorlu elektrik santralini kullanıma açmıştır. Buradan elde edilen enerjinin tamamı Bursa ekmek fabrikasında ve işletmeci firmanın şirket ve fabrikalarında kullanılmaktadır (Köse 2002). Aşağıdaki resimde biyokütle enerjisi elde edebilmek için kullanılan atıklar ve enerjiyi üreten santral görülmektedir.



Resim 2.3. Biyokütle atıkları ve enerji üreten santral

2.3.3. Dalga ve Gel-Git Enerjisi

Dalga enerjisi, rüzgar kökenli bir enerji olup ortalama su seviyesinin zamana bağlı salınım hareketi şeklinde açıklanmaktadır. Deniz dalgalarından enerji elde edebilmek için, kendisine dalgaların uyguladığı güce uygun şekilde karşılık verebilecek bir yapıyla dalgaların önünü kesmek gerekmektedir. Bu yapılar birer enerji dönüştürücüsü gibi çalışmakta; hareketli ve sabit olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Hareketli dönüştürücülerde sistemin bir kısmı veya tamamı dalga hareketiyle birlikte hareket etmekte ve bunun sonucunda mekanik enerji üretmektedir. Sabit sistemli dönüştürücülerde ise, dalganın itki kuvveti hidrolik (su) yükseltiye dönüştürülmekte ve oluşturulan havuzda elde edilen yüksek su seviyesiyle potansiyel enerji elde edilmektedir (Köse 2002).

Dalga enerjisinden dünyada en çok yararlanan ülkelerin başında Japonya, İngiltere, ABD ve Norveç gelmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz; dalga enerjisi yönünden önemli potansiyele sahiptir. Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında yapılan ölçümler sonucunda toplam 28 GW (gigavat) saatlik brüt dalga enerjisi potansiyeli olduğu hesaplanmıştır.

Okyanuslara kıyısı olmayan ülkemiz için gel-git enerjisi söz konusu değildir ve ülkemiz denizlerinde gel-git olayı çok az ve yavaştır. Bu nedenle bu yöntemle ülkemizde enerji elde edilmesi mümkün değildir (Oluklulu 2001).

Dalga enerjisinin avantajları ve sağladığı faydalar şöyle sıralanabilir.

- Tüm yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi bu kaynağın kullanılmasında da ilk yatırım maliyet dışında kullanmak için ek bir maliyet yoktur.
- Sistemde hiçbir gürültü kirliliği oluşmamaktadır.
- Dalga elektrik santralleri şebekeye bağlanabilmekte ve üretimin üst sınırlarda olduğu zamanlarda fazla enerjisini şebeke sistemine aktarılabilir.
- Ülkemizde nüfus yoğunluğu kıyı şeridinde toplanmış olması bir avantajdır. Zira uzun iletim hatları dolayısı ile enerji kaybolmayacak ve enerji üretildiği yerde tüketilebilecektir (Çokan 2004).

2.3.4. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji hareket halindeki suların sağladığı güç anlamına gelir. Diğer bir ifade ile suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanan bir enerji türüdür. Barajların arkasında birikerek yükselen su seviyesi dolayısı ile önce potansiyel enerji şeklinde depo edilen enerjinin, hareket, yani kinetik enerjiye dönüştürülmesi için belirli bir yükseklikten bırakılarak türbin denilen tekerleklerin dönmesi sağlanmaktadır. Daha sonra türbinlerin dönmesiyle elde edilen kinetik enerji üreticiler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Hidrolik enerji ilk olarak tarih öncesi devirlerde insanlar tarafından su çarkları ve su değirmenlerinde kullanılmıştır. 19 yy' dan itibaren ise, su türbinleri geliştirilerek suyun hidrolik gücü, daha yüksek bir verimle mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Köse 2002).

Türkiye'de ilk hidroelektrik santrali, Osmanlı Devleti zamanında (1902 yılında) 88 kW(kilovat)'lık bir kapasite ile Adana'nın Tarsus ilçesinde yapılmıştır. Cumhuriyet döneminde ise, ilk su enerjisinden yararlanma Trabzon'da Visera kuvvet

santralinin 1930 yıllarında açılışı ile başlamıştır. Türkiye’de çok sayıda küçük hidroelektrik santrali 1950-1960 yılları arasında artan elektrik talebinin karşılanması için yapılmıştır (Şekil 2.4.). Daha sonraki yıllarda, bu küçük tesislerin maliyetlerinin uzun vadede karlı olmadığı anlaşılarak, büyük ölçekte hidroelektrik tesislerinin yapımları planlanmaya başlamıştır. Ancak, 1970’li yıllardaki enerji buhranı sırasında bu küçük ölçekli tesislerin yapımı tekrar gündeme gelmiştir (Şen 2002).



Resim 2.4. Hidroelektrik santral örneği

2.3.5. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, ilk olarak 1500’lü yıllarda keşfedilmiş, 1700’lü yıllarda ise yanabilme özelliğinin farkına varılmış olan evrenin en basit ve en çok bulunan elementidir. Renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gaz olan hidrojen doğada serbest bulunmaz. En çok bulunabildiği bileşik hali ise sudur. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. -252.77°C ’de sıvı hale getirilebilen hidrojenin sıvı hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700’ü kadardır. Bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahip olan hidrojenin verimi petrol türevi yakıtların veriminin yaklaşık olarak 1.33 katı kadardır (www.enerji.gov.tr).

Dünyanın giderek artan enerji gereksinimini, çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknolojilerden birinin hidrojen enerji sistemi olduğu kabul edilmektedir. İnsan ve çevre sağlığını tehdit edecek bir etkisi olmayan hidrojenin yerel olarak üretimi mümkündür. Yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal atık söz konusu değildir. Ayrıca kolayca ve güvenli olarak her yere taşınabilmekte ve taşınması sırasında enerji kaybı oldukça az miktarlarda olmaktadır (www.enerji.gov.tr).

Doğal bir yakıt olmayan hidrojen birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak ve değişik hammaddeler kullanılarak üretilen sentetik bir yakıttır. Üretim için tüm enerji kaynaklarından faydalanılmaktadır. Hidrojen üretiminde kullanılan başlıca hammaddeler olarak su, fosil yakıtlar ve biyokütle bahsedilebilir.

Doğada en fazla bulunan element olan hidrojenin elde edilebileceği bir çok yöntem bulunmaktadır. Hidrojenin üretilbildiği başlıca metotlar şunlardır;

- Suyun direkt elektrolizinden üretilir.
- Suyun ısı parçalanması ile üretilir.
- Doğalgazın ve gaz hidrokarbonlarının buhar reformasyonu ile üretilmektedir.
- Kömür gazifikasyonu teknolojisi ile de hidrojen üretilmektedir. Bu işlemde kükürt de elde edildiğinden tercih edilmektedir.
- Katı atıklar ve kanalizasyon materyalleri de hidrojen için hammadde olup, gazifikasyon işlemine bağlı olarak sentez gazının hava veya oksijenle reformasyonu da hidrojen vermektedir.
- Termokimyasal çevrimlerle de sudan hidrojen elde edilebilir.
- Fotokimyasal işlemle hidrojen üretilir.
- Güneş-fotovoltaik su elektrolizi ile üretilir.

Ayrıca biyolojik ve biyokimyasal hidrojen üretimi, fotoelektrokimyasal hidrojen üretimi, denizlerde direkt güneş enerjisi çevrimi ile hidrojen üretimi ve uzay güneş güç istasyonlarının enerjisiyle hidrojen üretimi gibi metotlar da mevcuttur (Ültanır 1997).

Aslında bir enerji taşıyıcısı olan hidrojenin, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak sudan üretilmesi günümüzde tercih edilmektedir. Özellikle güneş enerjisinden yararlanma sistemi ile güneş-fotovoltaik-hidrojen enerji sistemleri üzerinde önemle durulmaktadır. Fotovoltaik panellerden elde olunacak elektrik enerjisi ile suyun elektrolizinden hidrojen üretilen bu yöntemde, 1m³ sudan 108.7 kg hidrojen elde edilebilmekte bu da yaklaşık olarak 422 litre benzine eşdeğer bir enerji sağlamaktadır (Ültanır 1997).

Bu kadar çok üretim alanına sahip olan hidrojenin kullanım alanı da oldukça geniştir. Endüstride, ulaşım araçlarında yakıt olarak, konutlarda ısınma amaçlı olarak kullanılabilen hidrojenin içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanma özelliği de vardır. Ancak dünyadaki gelişim, hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır. Bu teknoloji ilk olarak 1950'li yılların sonlarında NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmıştır (www.enerji.gov.tr, Ültanır 1997).

2.3.6. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji yerküre içindeki içsel enerjinin bir sonucudur. Bu enerji yüzeye yakın derinliklerde sıcak su ve buhar olarak yoğunlaşır ve erişilebilecek derinliklerde hidrotermal sistemleri oluşturur (Demirel ve Süzük 1997). Bu içsel enerji kendiliğinden ortaya çıktığı gibi sondaj çalışmalarıyla da temin edilebilmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi, konutların ısıtılması ve soğutulması, sera ısıtılması, endüstriyel ve tarımsal kurutma, kaplıca turizmi gibi alanlarda yararlanmak mümkündür.

Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi yüksek rezerv sıcaklığına (>150°C) sahip kaynaklardan yapılabildiği için her kaynaktan bu tür bir enerji çevrimi yapılamamaktadır. Dünyada jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi ilk kez 1904 yılında İtalya Larderello'da 0.5kW gücünde bir pilot ünitenin devreye girmesiyle başlamıştır. Şu anda kurulu jeotermal elektrik santrallerinin gücü bakımından ABD ilk sırayı almakta ve dünya üzerinde bulundukları kuşaklara göre potansiyel bakımından zengin ülkelerden Filipinler, Meksika bu ülkeyi takip etmekte.

Ülkemizde jeotermal elektrik dönüşüm sisteminin uygulandığı iki önemli merkez vardır. Bunlar Denizli-Kızıldere (212°C) ve Aydın-Germencik (232°C)'tir. Denizli-Kızıldere sahasında 20 MW güçte bir kurulu tesis mevcuttur. Aydın-Germencik'te ise aşamalı olarak kurulacak 100 MW gücünde bir tesis planlanmaktadır (Demirel ve Süzük 1997).

Jeotermal enerji kullanılarak konut ısıtılması ise ilk olarak 1930'lu yıllarda İzlanda'nın Reykjavik kentinde uygulanmıştır. Mekan ısıtması düşük sıcaklıklarda (max. 50-70°C) bile yapılabildiği için jeotermal alanın en yaygın kullanımlarından biridir. Türkiye'de jeotermal ısıtma ise 1964'te Gönen Park Otel'le başlayıp günümüze kadar devam etmiştir. Halen Gönen (20Mwt), Simav (33Mwt), Kırşehir (19Mwt), Kızılcahamam (17Mwt), İzmir-Balçova (125 Mwt), Afyon (50Mwt) ve Kozaklı (10Mwt) şehirlerimizde jeotermal enerjiden yararlanarak merkezi sistem konut ısıtması yapılmaktadır (Kaya 1994, Demirel ve Süzük 1997).

Ülkemiz bilinen jeotermal enerji kaynak potansiyeli bakımından 31500 Mwth güç ile dünyanın yedinci ülkesidir. Yüzey sıcaklığı 40°C' nin üzerinde olan 140 jeotermal saha vardır, ve bu sahaların hemen hemen tamamı merkezi ısıtmayla seraların, konutların ısıtılmasına, bazı endüstri alanlarında ve kaplıca kullanımına uygundur. Potansiyelden yeterince yararlanılmamasının nedeni finansal kaynak bulunamayışı ve jeotermal yasasının olmayışıdır (Demirel ve Süzük 1997). Bazı durumlarda jeotermal kaynak kendiliğinden yüzeye çıkabilmektedir (Resim 2.5).



Resim 2.5. Jeotermal kaynağın kendiliğinden yüzeye çıkışı

2.3.7. Güneş Enerjisi

Güneş dünyadaki tüm canlılara hayat veren ana enerji kaynağı konumundadır. Kendisi, başlı başına bir enerji kaynağı olmasının dışında, diğer birçok enerji kaynağının da temelini oluşturmaktadır. Rüzgar, dalga gücü ve hidroelektrik gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağı da güneş esaslıdır. Rüzgar, havanın farklı basınçlara sahip olmasından kaynaklanan bir hareket ise de bu farklı basıncın kaynağı da yine sıcaklık farklılıklarından, dolayısıyla da güneşten kaynaklanmaktadır. Dalga da rüzgar esaslı olduğu için, onun temeli de güneşe dayanmaktadır. Hidroelektrikle bağlantısı ise, güneşin suları buharlaştırarak dünyadaki su döngüsünü sağlamasıdır (Oktik ve diğ. 2005).

Dünyaya güneşten bir yılda yaklaşık olarak 173 milyar MW enerji gelmektedir. Bu enerji miktarı dünyadaki toplam fosil enerji kaynaklarının 160 katına karşılık gelmektedir. Fakat gelen bu enerjinin tamamı yeryüzünde kullanılmamaktadır. Yaklaşık olarak gelen enerjinin %30'luk bir kısmı yansıtılarak uzaya geri dönmekte, %20'lik bir kısmı ise atmosfer tarafından soğurulmaktadır. Geri kalan %50'lik kısmı yeryüzünde soğurulmakta ve yukarda bahsettiğimiz olaylar şekliyle dünya döngüsünün devamlılığını sağlamaktadır (Oktik ve diğ. 2005).

Tablo 2.2: Türkiye aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri (www.eie.gov.tr).

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay) ¹	(kWh/m ² -ay) ²	
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NİSAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,4	343
EYLÜL	10,6	123,28	280
EKİM	7,73	89,9	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Yapılan potansiyel belirleme çalışmaları ile ülkemizin yıllık ortalama ısıtım şiddetinin 308cal/cm² gün ve yıllık toplam güneşlenme süresinin ise 2640 saat olduğu saptanmıştır.

İnsanlar güneşten yüzyıllardır yararlanmaktadır. Bu yararlanma şekilleri yıllar geçtikçe gelişmiş, teknolojinin de ilerlemesiyle çok farklı boyutlara ulaşmıştır. Günümüzde güneşten birçok farklı sistemler kullanarak yararlanmaktayız. Bunların başlıcaları:

- Güneş pilleri
- Sıcak su temini
- Mekan ısıtması
- Mekan soğutması
- Sera ısıtması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Güneş ocakları, fırınları ve pişiricileri
- Güneş havuzları

¹ kcal/cm²-ay: 1 ayda santimetrekareye düşen enerjinin kilokalori cinsinden değeri

² kWh/m²-ay: 1 ayda metrekareye düşen enerjinin kilovatsaat cinsinden değeri

- Isı borusu uygulamaları
- Güneş pompaları
- Arı su elde edilmesi
- Tuz üretimi
- Güneş bacaları
- Güneş enerjili buhar üreteçleri'dir.

Bu sistemlerden, yapılarda uygulanabilir olanları 4. Bölüm'de ayrıntılı olarak incelenmektedir.

3. ENERJİ ÜRETİM – TÜKETİM ORANLARI VE ÜLKEMİZDE ENERJİ – ÇEVRE İLİŞKİSİNDE YAPI SEKTÖRÜNÜN ÖNEMİ

3.1. Enerji Üretim-Tüketim Miktarları

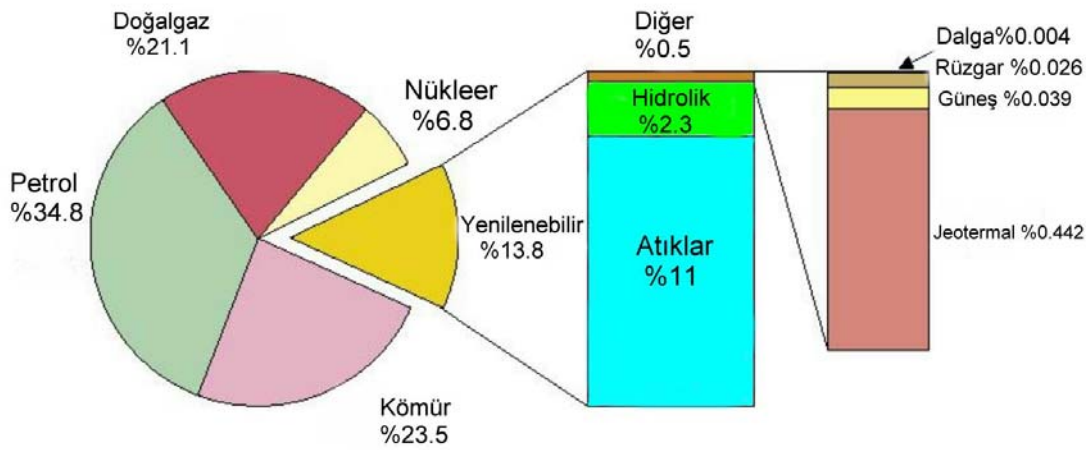
Hızla artan enerji tüketim sebeplerinin önemlilerinden giriş bölümünde bahsedilmişti. Bu parametrelerden biri kabul edilen “nüfus artışı” dünyanın toplam enerji tüketimi ile karşılaştırıldığında, enerji tüketim hızının nüfus artış hızından oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 1900 yılında yaklaşık dünya nüfusu 1.6 milyar iken 1995 yılında bu rakam 6 milyara yaklaşmıştır. Enerji tüketim miktarlarına bakıldığında ise 1900 yılında 50EJ (eksa joule)¹ düzeylerinde olan toplam enerji sarfıyatı 1995 yılında 400 EJ düzeyine ulaşmıştır. Bu dönemde yaklaşık olarak dört katına çıkan nüfusa karşılık toplam enerji tüketimi 8 kat artmıştır (Ültanır 1997).

Dünya Enerji Konseyi (WEC)’nin 1995 tarihli “Global Enerji Perspektifleri” başlıklı raporunda dünya nüfusunun 2050 yılında 10.1 milyar ve 2100 yılında 11.7 milyar olacağı varsayılmaktadır. Bu rapora göre öngörülen toplam enerji ihtiyacı ise 2050 yılında 610 – 1100 EJ ve 2100 yılında da 925 – 1980 EJ düzeylerinde olabileceğidir. Ayrıca hesaplanan raporlara göre 2000 – 2100 yılları arasında dünyanın toplam enerji tüketiminin en az 82500 EJ olabileceği hesaplanmıştır. Fakat bugün için bilinen çıkarılabilir toplam fosil yakıt rezervi ise 31100 EJ düzeyinde olduğu hesaplanmaktadır (Ültanır 1997).

Bütün bu rakamlardan anlaşılmaktadır ki, dünyanın sahip olduğu toplam fosil enerji kaynaklarının rezervi bir müddet sonra insanların enerji gereksinimini karşılamaya yetmeyecektir. Bu global problemin çözümü ise, alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ve yaygınlaşmasında görülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından hazırlanan raporlarda 2000 yılı verilerine göre Dünya Toplam Enerji Arzının sadece %13.8’lük kısmı yenilenebilir enerjilerden sağlanmaktadır. Bunun büyük bir bölümü atıklardan sağlanan enerjidir. Bunu

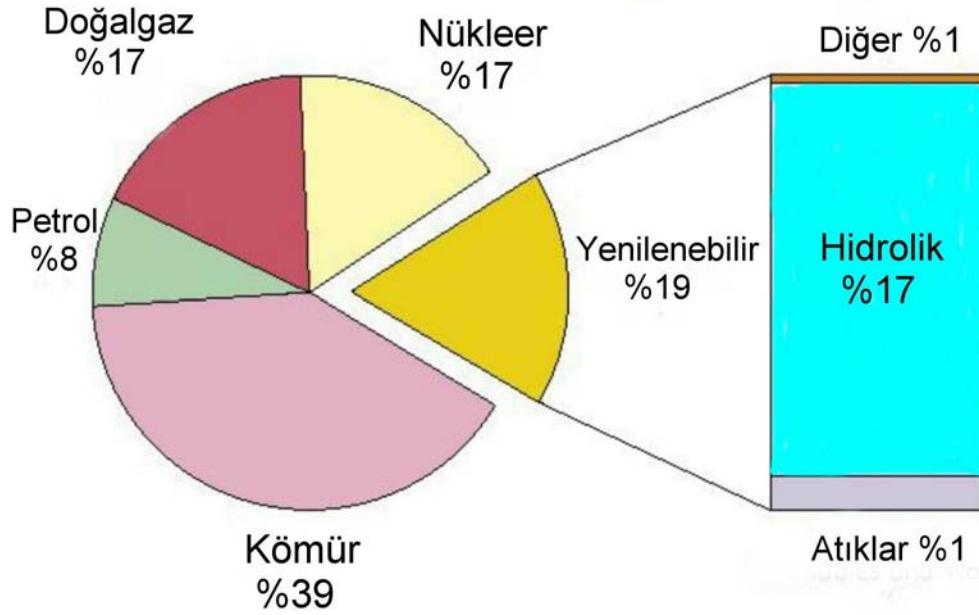
¹ 1EJ = 10⁹ GJ = 22.7x10⁶ TEP (ton eşdeğer petrol)

hidroelektrik ve jeotermal enerji takip etmektedir. Bu rapora göre dünyanın toplam enerji arzının yalnızca %0.039'luk gibi çok az bir kısmı en büyük ve en temiz enerji kaynağı olan güneşten sağlanmaktadır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Dünya toplam enerji arzının enerji türlerine göre dağılımı
(www.iea.org/textbase/papers/2006/renewable_factsheet.pdf).

Aynı raporda verilen diğer bir bilgi de, dünya toplam elektrik üretiminin hangi enerji türlerinden (hangi oranlarda) üretildiğidir. Toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerjiler %19'luk bir kısmını oluşturmakta, bunun çok büyük bir kısmı da hidroelektrik enerjilerden sağlanmaktadır. Şekil 3.2.de görüldüğü üzere, bu oranlar arasında güneş enerjisinden üretilen elektrik üretimi belirli bir yüzde olarak bile verilememektedir.



Şekil 3.2. Dünya toplam elektrik üretiminin enerji türlerine göre dağılımı
(www.iea.org/textbase/papers/2006/renewable_factsheet.pdf).

Nüfus artış oranı ve enerji tüketim miktarı arasındaki ilişki ülkemiz verileri bakımından incelendiğinde Türkiye'nin nüfus artış hızı ile toplam enerji tüketimi arasında da dünya verilerine yakın oranlarda bir fark bulunmaktadır. 1980 yılında 44 milyon olan Türkiye nüfusunun tükettiği enerji miktarı 32 milyon TEP (ton eşdeğer petrol) iken 1995 yılında 62 milyona yaklaşan nüfusun tükettiği toplam enerji 63 milyon TEP' i geçmiştir. Bu dönemde %41'lik bir nüfus artışına karşın enerji tüketimi 2 katına çıkmıştır. Yükselen bu enerji tüketimine rağmen, ülkemizde kişi başına düşen enerji tüketimi dünya ortalamasının oldukça altındadır (Korucu 1999).

Aşağıdaki tabloda Türkiye'de kişi başına tüketilen enerji miktarının ve tüketim artış hızının gelişmiş ülkelerle kıyaslaması görülmektedir. Bu tablodan da anlaşılacağı gibi Türkiye'de kişi başına düşen enerji tüketimi gelişmiş ülkelerin oldukça altındadır. Fakat Sözen ve Geçioğlu (1999)'nunda söylediği gibi (bkz. giriş bölümü) gelişmekte olan bir ülke olduğumuz için enerji ihtiyacımız dolayısıyla da tüketim artış hızımız ABD ve Kanada gibi ülkelerin oldukça üstündedir.

Tablo 3.1: Ülkelere göre kişi başına düşen enerji tüketim ve tüketim artışı (Eray 2002).

ÜLKELER	Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (TEP) 1994 yılı verileri	Kişi Başına Enerji Tüketim Artışı % (1991-1994)
Türkiye	0.9505	2.5
Japonya	3.8561	2.3
Almanya	4.1333	-0.5
İngiltere	3.7739	0.77
Fransa	4.0441	1.3
Kanada	7.8547	0.3
ABD	7.8083	0.2

Tablo 3.2.de ise yıllara göre Türkiye'nin birincil enerji üretimi verileri görülmektedir. Ülkemizin başlıca üretim kaynağı linyittir ve bunu sırasıyla odun ve hidrolik enerjisi takip etmektedir. Üretilen toplam enerji miktarı 1998 yılından sonra azalma seyrine girmiştir.

Tablo 3.2:Yıllara göre Türkiye Birincil Enerji Üretim Miktarları (www.enerji.gov.tr).

YILLAR	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
TAŞKÖMÜRÜ (BinTon)	2248	2441	2513	2156	1990	2259	2357	2245	2011
LİNYİT (Bin Ton)	52758	53888	57387	65204	65019	60854	59572	51660	46168
ASFALTİT (Bin Ton)	67	34	29	23	29	22	31	5	-
PETROL (Bin Ton)	3516	3500	3457	3224	2940	2749	2551	2420	2375
DOĞALGAZ (10 ⁶ m ³)	182	206	253	565	731	639	312	378	561
HİDROLİK (Gwh)	35541	40475	39816	42229	34678	30879	24010	33684	35330
JEOTERMAL	ELEKTRİK (Gwh)	86	84	83	85	81	76	90	89
	ISI (Bin Tep)	437	471	531	582	618	648	687	784
RÜZGAR (Gwh)	-	-	-	6	21	33	62	48	61
GÜNEŞ (Bin Tep)	143	159	179	210	236	262	287	318	350
ODUN (Bin Ton)	18374	18374	18374	18374	17642	16938	16263	15614	14991
HAYVAN VE BİTKİ ART. (Bin Ton)	6765	6666	6575	6396	6184	5981	5790	5609	5439
TOPLAM (Bin Tep)	26719	27386	28209	29324	27659	26855	25173	24727	23812

Tablo 3.3.'te ise yıllara göre birincil enerji tüketimi miktarları görülmektedir. Son yıllarda özellikle doğalgaz tüketiminde büyük bir artış olmuştur. Tüketilen en büyük enerji kaynakları ise sırasıyla linyit, petrol ve taşkömürüdür.

Tablo 3.3: Yıllara göre Türkiye Birincil Enerji Tüketim Miktarları
(www.enerji.gov.tr).

YILLAR	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
TAŞKÖMÜRÜ (BinTon)	8548	10892	12537	13146	11362	15393	11039	13756	17487
LİNYİT (Bin Ton)	52405	54961	59474	64504	64049	64384	61010	52039	46051
ASFALTİT (Bin Ton)	66	34	29	23	29	22	31	5	-
PETROL (Bin Ton)	27918	29604	29176	29022	28862	31072	29661	29776	30669
DOĞALGAZ (10 ⁶ m ³)	6937	8114	10072	10648	12902	15086	16339	17694	21374
HİDROLİK (Gwh)	35541	40475	39816	42229	34678	30879	24010	33684	35330
JEOTERMAL	ELEKTRİK (Gwh)	86	84	83	85	81	76	90	88,6
	ISI (Bin Tep)	437	471	531	582	618	648	687	784
RÜZGAR (Gwh)	-	-	-	6	21	33	62	48	61
GÜNEŞ (Bin Tep)	143	159	179	210	236	262	287	318	350
ODUN (Bin Ton)	18374	18374	18374	18374	17642	16938	16263	15614	14991
HAYVAN VE BİTKİ ART. (Bin Ton)	6765	6666	6575	6396	6184	5981	5790	5609	5439
TOPLAM (Bin Tep)	63679	69862	73779	74709	74275	81251	75952	78711	83804

Bu iki tablodaki toplam veriler karşılaştırıldığında, ülkemizin enerjide dışa bağımlı bir ülke olduğu açıkça görülmektedir. 2003 yılı verilerine göre toplam olarak 23812 bin TEP enerji üretimine karşılık 83804 bin TEP enerji tüketilmiştir. Bu rakamlara göre ülkemiz kullanılan enerjinin yaklaşık olarak %28'ini öz kaynaklarımız ile karşılamaktadır. Geri kalan kısmı (%72) ise büyük paralar ödenerek ithal edilmektedir. Enerji tüketim artışının yüksek olduğu ülkemizde dışa bağımlılığı azaltmanın yolu ise, bugün aktif olarak kullanmadığımız yenilenebilir enerji kaynaklarından optimum seviyede yararlanmak için çalışmalar yapmaktır.

3.2. Konvansiyonel (Fosil) ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevre

Etkileşimleri

İnsanoğlu var olduğundan bu yana çevresiyle etkileşim içinde olduğu bilinmektedir. Bu etkileşim son yıllarda birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. İnsanların daha konforlu bir yaşam için tükettikleri enerji miktarı gün geçtikçe artarken, bu enerjilerin tüketimi sonucunda ortaya çıkan atıklar ise insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Konforlu bir yaşam arzusunun sonuçları sağlıksız bir yaşamla sonuçlanacak duruma gelebilmektedir. Bu dengenin çok iyi bir şekilde kurulması gerekmektedir. Son yıllarda en fazla sözü edilen kavramlardan biri olan “sürdürülebilirlik” kavramının da bu dengenin sağlanması sonucu oluşabileceği bilinmektedir.

Göksal (2003) ise “sürdürülebilir gelecek” kavramının bileşenleri olarak “enerji-çevre-ekonomi” üçgenini belirterek; özellikle II. Dünya Savaşı sonrası ülkelerin ekonomik kalkınma yarışının sonucunun, global çevre sorunlarının başlangıç noktası olduğuna dikkat çekmektedir. Ekonomik kalkınmanın temel öğelerinden birinin enerji olduğu muhakkaktır, fakat bu kalkınmanın da yine sürdürülebilir bir şekilde olması için yenilenebilir enerji kullanımının ağırlık kazanması gerekmektedir.

3.2.1. Konvansiyonel (Fosil) Enerjilerin Çevre Etkileri

Fosil enerji kaynaklarının fazla tüketiminin etkileri bazı başlıklar altında toplanabilir:

a) Sera etkisi

Sera etkisi, yeryüzünde fosil kaynakların yakılması sonucu ortaya çıkan gazların, güneş ışınlarını soğurarak atmosfer dışına çıkmasını engellemesi olarak tanımlanmaktadır. Daha önce güneşten dünyaya gelen enerjilerin belli bir kısmının uzaya geri yansıdığından bahsedilmiştir (bkz. bölüm 2.3.7.). Yansımanın

engellenmesiyle atmosfer dışına çıkamayan bu güneş ışınları dünya ortalama sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Çok dengeli bir seviyede bulunması gereken bu sıcaklık 1860 yılından itibaren 0.7°C arttığı iddia edilmektedir. Bilim adamları fosil kaynak tüketimlerinin böyle devam etmesi durumunda dünya ortalama sıcaklığının 2025 yılında 1.25°C , 2050 yılında 2.2°C , 2075 yılında 3.5°C ve 2100 yılında 5.4°C artacağını öngörmektedirler (Ültanır 1997).

Küresel ısınmaya neden olan sera gazları olarak tabir edilen gazların başlıcaları CO_2 (karbondioksit), N_2O (azotoksit), CH_4 (metan) ve CFC' (kloroflora karbon) dur. Yapılan bir çalışmayla 1980-1990 yılları arasında artan dünya ortalama sıcaklığına sebep olan en etkili gaz %55 oranla CO_2 olmuştur (Korucu 1999).

Bu sıcaklık artışının etkileri dünya yaşamını alt üst edecek kadar büyüktür. Küresel ısınma sonucu iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve buzulların erimesiyle yeryüzü su seviyesinin yükselmesi beklenmektedir. Bu da büyük bir tehlikeye işaret etmektedir.

b) Toksik kirlenme

Fosil kaynakların yanması sonucu yalnızca gazlar ortaya çıkmaz. Bu gazların yanında bazı uçucu organik bileşikler ve tanesal parçacıklar da (partiküller) yeryüzüne yayılır. Örneğin, kömürün yakılması sonucu oluşan kül (kadmium, kurşun, civa, nikel ve arsenik gibi) ağır metaller içermektedir. Solunum veya gıda yoluyla insan vücuduna girebilen bu ağır metaller, kanserojen etkileri sebebiyle ciddi rahatsızlıklara yol açmaktadırlar (Köse 2002).

c) Asit yağmurları

Fosil enerji kaynaklarının içerdiği kükürtün yanması sonucu sülfat iyonları oluşmaktadır. Bu iyonlar havadaki su buharı ile birleşerek sülfürik asit (H_2SO_4) meydana getirmektedir. Yine, yanma sonucu açığa çıkan azot gazı da havadaki su buharı ile birleşerek nitrik aside (NO_3) dönüşmektedir. Ayrıca karbondioksitte (CO_2) de karbonik asit oluşumuna yol açmaktadır. Oluşan bütün bu asitler, yağmurlar şeklinde yeryüzüne inerek canlı ve cansız varlıklara büyük zararlar vermektedirler.

Bu yağmurların etkisi sonucunda canlılar (insan, bitki örtüsü) yok olmakta, topraklar (tarım alanları) verimsizleşmekte, sular (nehirler,göller vb.) asitlenmektedir (Köse 2002).

Asitlerden etkilenen diğer bir unsur ise yapılardır. Özellikle sülfürik asit korozyona sebep olmakta; sülfat iyonları ise kireçtaşı ile reaksiyona girerek suda çözünebilen, dolayısıyla da yapıların yıpranmasına neden olan maddeleri meydana getirmektedir.

3.2.2. Yenilenebilir Enerjilerin Çevreye Etkileri

Yenilenebilir enerjilerin çevre üzerinde etkileri yok denecek kadar azdır. Hidrolik enerji üretiminde kullanılan barajlar ve santraller bu akarsularda yaşayan canlıları etkileyebilmektedir. Ayrıca büyük barajların yapılması sonucunda bazı önemli bölgeler (tarihi sitler, yapılar, tarıma elverişli arazi gibi) sular altında kalmaktadır. Bu kadar büyük miktarda suyun bir arada toplanmasının o bölgenin iklim şartlarında değişikliğe neden olduğu bilinmektedir.

Biyokütle enerjisinin kullanımı sonucunda açığa çıkan materyallerin çevreye olumsuz etkileri yok denecek kadar azdır. Kullanımın sonucu oluşan atıklar hemen hemen hiç sülfür emisyonları üretmezler ve asit yağmurlarını azaltırlar. Aksine dünyadaki atmosferik karbonun döngüsünü sağlayarak küresel ısınmaya karşı bir etken oluşturlar (Saraçoğlu 2004).

Rüzgar enerjisinden yararlanmak için kurulan türbinlerinin çevreye etkileri bakımından tek bir türbinin çevresel etkisi önemli olmamakla birlikte, büyük rüzgar tarlalarının belirli etkileri vardır. Fakat bunların büyük çevresel etkiler oluşturmadığı söylenmektedir. Bu etkiler şöyle sıralanabilir:

- Görüntü ve estetik etki,
- Dönen sistemlerin oluşturduğu elektromanyetik etki,
- Gürültü,
- Arazi kullanımı ve toprak kirliliği'dir (Köse 2002).

3.3. Yapılarda Tüketilen Enerji Miktarları ve Yenilenebilir Enerji

Kullanımının Gerekliliği

“Günümüzde modern insan zamanının büyük bir bölümünü kendi yaptığı binalarda geçirmektedir. Modern yapılar içerdikleri cihazlar ve yeni teknolojiler ile eski yapılardan çok farklılar ve inanılmaz boyutlarda enerji harcıyorlar Okutan (2000)”

Elbette ki yapıların tükettiği enerjilerin kaynağı sadece kullanılan teknolojik aletler değildir. Tasarım aşamasından itibaren başlayan enerji tüketimi sırasıyla yapım, kullanım ve bakım-onarım aşamalarında da devam eder. Bu nedenle yapıların dünya toplam enerji tüketimindeki payları haliyle çok büyüktür. Eryıldız'ın (2003) verdiği oranlarla enerji tüketimi içinde yapıların rolünün ne derece önemli olduğunu göstermektedir.

“Dünya genelinde tüketilen enerjinin %50'si, suyun %42'si bina yapımında ve kullanım süreçlerinde harcanmaktadır. Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının %50'si, içme sularındaki kirlenmenin %40'ı, hava kirliliğinin %24'ü, bazı zararlı gaz emisyonlarının %50'si yapılarla ilişkin faaliyetlerden kaynaklanmaktadır.”

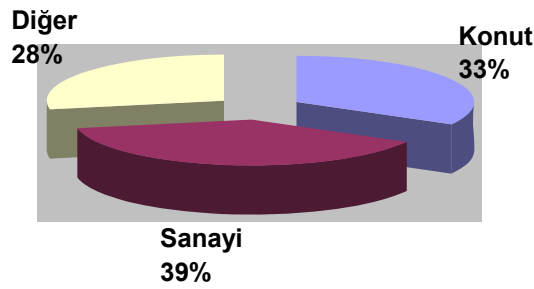
Türkiye'deki duruma bakıldığında ise, bu rakamlara yakın boyutlarda bir tablo ortaya çıkmaktadır. Tablo 3.4. de ülkemizde tüketilen toplam enerji miktarının sektörlere göre dağılımı görülmektedir.

Tablo 3.4: Yıllara göre Türkiye'nin sektörel enerji tüketimi (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Verileri)

Yıllar	Konut	Sanayi	Ulaştırma	Tarım	Enerji Dışı	Nihai Enerji Tüketimi
1990	15358	14543	8723	1956	1031	41611
1991	15915	15181	8304	1976	1023	45579
1992	16714	15454	8545	1994	1450	44158
1993	16934	16333	10419	2450	1743	47879
1994	16333	15272	9907	2480	1349	45341
1995	17596	17372	11066	2556	1386	49976
1996	18466	20050	11778	2714	1643	54650
1997	19704	21790	11338	2823	1788	57444
1998	19278	21555	10760	2827	2272	56692
1999	18978	19873	11350	2923	1881	55006
2000	19830	23635	12119	2962	1915	60460
2001	18541	21069	11964	2964	1638	56176

(rakamlar bin TEP cinsindendir)

Bu rakamlara göre enerji tüketim oranları içinde en büyük pay sanayi sektöründedir. Bunu konut sektörü ve ulaştırma takip etmektedir. Bu rakamların oransal olarak verileri ise şekil 3.3. de görülmektedir.



Şekil 3.3. Türkiye’de enerjinin sektörel tüketim oranları

Enerji sarfiyatının önemli bir bölümünü oluşturan yapılarda enerji tüketimi ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve elektrikli cihaz kullanımı ile olmaktadır. Yapılması gereken ilk adım enerji tasarrufuna gitmektir. Yapıların enerji korunumlu bir şekilde tasarlanmaları şarttır. İyi bir yalıtım sistemi, geçiş katsayısı düşük cam kullanımı alınması gereken önlemlerden en önemlileridir. Ülkemizde de bu uygulamaları belirleyen “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları (TS 825)” ve “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” mevcuttur.

Fakat bu standart ve yönetmelik Avrupa Birliği (AB)’ne üye olma sürecinde bulunan ülkemiz için yeterli değildir. Avrupa Birliği’nin imzalamış olduğu KYOTO protokolü çerçevesinde üye ülkeler zararlı emisyonların azaltılacağını taahhüt etmişlerdir. Nitekim Avrupa Birliği’nde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık olarak %40’ını binalar oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak da emisyonların %40’lık bölümü yapılardan kaynaklanmaktadır. Bu çerçevede Avrupa Birliği tarafından üye ülkelerin uygulaması için 2002/91/EC sayılı “Binalarda Enerji Performansı Direktifi” hazırlanmıştır. 04/01/2003 tarihinde yayınlanan bu direktifin üye ülkelerde uygulanması 04/01/2006 tarihinden itibaren zorunlu tutulmaktadır (Hegner, Sağlam 2004).

Bu direktif yeni ve mevcut binalarda (renovasyonu yapılacak olan büyük ölçekli) enerji performans değerlendirmesine ilişkin belirli standartlar sunmakta ve ortak bir yöntem geliştirmektedir. Ayrıca düzenli bir denetim ve değerlendirme mekanizmasını da aktif tutarak binalarda enerjinin verimli kullanımını amaçlayan bu direktif 4 ana başlıktan oluşmaktadır.

- Binaların enerji performansını hesaplamak için ortak bir metodoloji geliştirilmesi
- Yeni ve mevcut binalar için minimum enerji performans şartlarının sağlanması
- Binalarda enerji sertifikası uygulaması
- Sıcak su kazanları ve iklimlendirme sistemlerinin düzenli denetlenmesi (Tağmat 2006).

Geliştirilen ortak metodoloji binanın ısııl özellikleri, ısıtma tesisatı, sıcak su sistemi, iklimlendirme, havalandırma ve aydınlatma sistemleri ve pasif güneş

sistemleri gibi noktaları içermektedir. Ayrıca hesaplamaya olumlu katkısının bulunduğu durumlarda aktif güneş sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen ısı ve elektrik enerjisi miktarları da dikkate alınmaktadır. Ayrıca doğru hesaplamanın elde edilmesi için binalar işlevlerine ve büyüklüklerine göre sınıflandırılmaktadır, fakat bazı özel durumdaki binalar kapsam dışı bırakılmıştır. Binaların enerji performansına ilişkin detayları belirten bir enerji sertifikası bulundurması da gerekmektedir (Tağmat 2006).

Metodoloji kısmının içeriğinde görüldüğü üzere (bkz. Ek:D) direktif, TS 825’de olduğu gibi yalnızca ısıtma amaçlı yalıtım yapılması konusunu içermemektedir. Isıtmanın haricinde iklimlendirme tesisatları, sıcak su sistemi, aydınlatma sistemi, pasif ve aktif güneş sistemleri gibi bölgesel düzeyde farklılık gösteren bir metodolojiye dayanan kavramlar sunmaktadır.

Türkiye’de bu direktif yürütülen ulusal program içinde “Enerjinin İç Pazarı Dışında Kalan Enerji Mevzuatının Benimsenmesi İçin Program Oluşturulması” başlığı altında “Enerji Verimliliği ile İlgili Ulusal Mevzuat Uyumunun Sağlanması alt başlığı altında yer almaktadır. AB’ye uyum sürecinde ülkemizde bu direktif ışığında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından ortaklaşa kurulan bir komisyon tarafından yürütülen çalışmalar yapılmaktadır. Fakat TS 825 ve “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği”nin revizyon edilerek düzenlenmesinin yeterli olmayacağı görüşüyle bu standart ve yönetmeliğin 2002/91/EC sayılı direktif doğrultusunda genişletilmesi benimsenmiştir (Özgür 2005).

Toplam enerji tüketimi içinde bu kadar önemli olan yapıların enerji korunumlu olmaları dışında güneşten pasif ve aktif anlamda yararlanarak kendi enerjisini üretebilecek biçimde tasarlanmaları da artık birçok ülke tarafından da kabul görmüş bir durumdur. Dördüncü bölümde yapılarda güneşten hangi yöntemlerle yararlanılabileceği ve uygulama biçimleri ayrıntılı olarak incelenmektedir.

4. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YAPILARDA YARARLANMA OLANAKLARI VE UYGULAMA BİÇİMLERİ

Önceki bölümlerde bahsedilen, artan enerji ihtiyacı, ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı ülkelerin üretim-tüketim oranının giderek azalması, ekolojik dengeleri alt üst eden çevre sorunları ve yapıların enerji tüketimindeki payları gibi nedenlerden dolayı yapılarda da yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak kaçınılmaz bir gerçektir.

Temiz, atıksız, yenilenebilir ve tükenmeyen bir kaynak olan güneşten mimaride (yapılarda) planlama ve teknik olanaklar çerçevesinde yararlanmak mümkündür. Bu yararlanabilme olanakları nedeniyle son yıllarda bina tasarımlarında da değişimler olduğu görülmektedir. Artık yapılar, işlevlerinin ve gereksinimlerinin yanı sıra hem enerji korunumunu sağlamakta hem de güneşten yararlanarak enerji üretebilen bir sistem gibi çalışabilmektedir.

Özellikle yapı kabuğu, artık geleneksel işlevlerinin yanında, sürdürülebilir bir mimarlık anlayışı içinde yapıların enerji gereksiniminin karşılanmasında katkıda bulunabilmektedir. Bu katkı aktif ve pasif yararlanma olmak üzere iki şekildedir (Göksal 1998).

4.1. Pasif Yararlanma

İnsanların tarih öncesi çağlardan bu yana güneş enerjisinden yararlanmayı bildikleri Vitruvius'dan öğrenilmektedir. M.Ö. 470-399 yılları arasında yaşamış olan ünlü düşünür Socrates, kışın güneye bakan evlerin güneşten faydalandığını ve yazın güneşin tepeden geçtiğini, böylece evlerin gölgede kalarak serin kalabildiğini söylemiştir. Ayrıca güneşten maksimum faydalanmak için güneye bakan cephelerin yüksek, kuzeye bakan cephelerin ise rüzgarlardan korunmak için alçak yapılmasını önermiştir (Vitruvius 1990).

Güneş enerjisinden pasif yararlanmada temel prensip, yapı kabuğunda alınan önlemlerle ve kabuğa yapılan ek sistemlerle güneş ışınlamından maksimum düzeyde faydalanmaktır. Bu yararlanma sonucunda doğru bir tasarım ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde edilmektedir. Sistemde kullanılan üç temel öge vardır. Bunlar, **toplaçlar** (kollektörler), **depolayıcılar** ve **dağıtıcılar**dır. Toplaçlar, güneş enerjisini toplamakta ve ısıya dönüştürmektedir. Depolayıcılar güneş enerjisi olmadığı durumlarda ısıdan yararlanmayı sağlamaktadır. Dağıtıcıların görevi ise toplaçlar aracılığıyla toplanan enerjiyi depolama elemanlarına ve gereksinim duyulan mekanlara aktarmaktır. En basit örnekle, bir mekanda güney penceresi toplaç, bina ise depolama işlevi görmektedir. Dağılım ise konveksiyon yoluyla gerçekleşir. Pasif sistemlerin etkin bir biçimde kullanılabilmesi ve ısı kaybını azaltmak için mekanın iyi bir şekilde yalıtılması da gereklidir (Göksal 1998).

Günümüzde güneşten pasif olarak yararlanabilmek (ısıtma ve soğutma) için farklı sistemler kullanılmaktadır. Bunlar doğrudan sistemler ve dolaylı sistemler olarak iki başlık altında toplanmaktadır. Ayrıca ısınmanın yada soğumanın elde edilmesini sağlayan açıklıklar olarak cephe açıklığı, çatı açıklığı ve ayırık açıklıklar olmak üzere 3'e ayrılmaktadır.

4.1.1. Doğrudan Sistemler

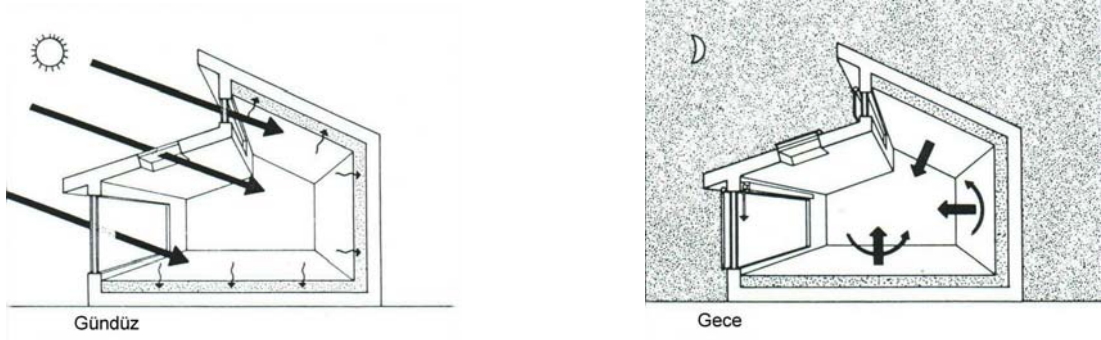
Doğrudan sistemler, güneş ışığının cam yüzeyler aracılığıyla doğrudan mekana alınması şeklinde çalışmaktadır. Bu sistemde, alınan güneş ışığı ısıma yoluyla ısıya dönüşmektedir. Bütün yapılarda cam açıklık bulunduğu için doğrudan sistemler en yaygın olarak kullanılan ve maliyeti olmayan pasif ısıtma sistemleridir. Ancak saydamlığa bağlı olarak mekan sıcaklığının zaman zaman artması sistemin dezavantajı olarak sayılmaktadır (Demirbilek 1999).

4.1.1.1. Cephe Açıklığı

Doğrudan sistemlerde cephe açıklığı güneye bakan cephelerden ve seralardan oluşmaktadır. Yapılarda bulunan cam yüzeylerin özellikleri aynı ise ısı kayıpları da aynıdır, farklı olan sadece camın bulunduğu cepheye göre değişen ısı kazanımlarıdır. Bu sebeple, güney cephesindeki cam yüzeyin oranı artırılıp diğer cephelerdeki cam yüzeylerinde minimum boyutlarda tutulması ile kış mevsiminde ısı kazançları sağlanabilmektedir. Yaz mevsiminde güneş ışığı alan doğu ve batı cepheleri istenmeyen ısınmalara sebep olurken kış mevsiminde güneşten faydalanamamaktadırlar. Kuzey cephesinde ise cam yüzeylerin oranını minimumda tutarak kışın gerçekleşen ısı kaybı azaltılabilir (Demirbilek 1999).

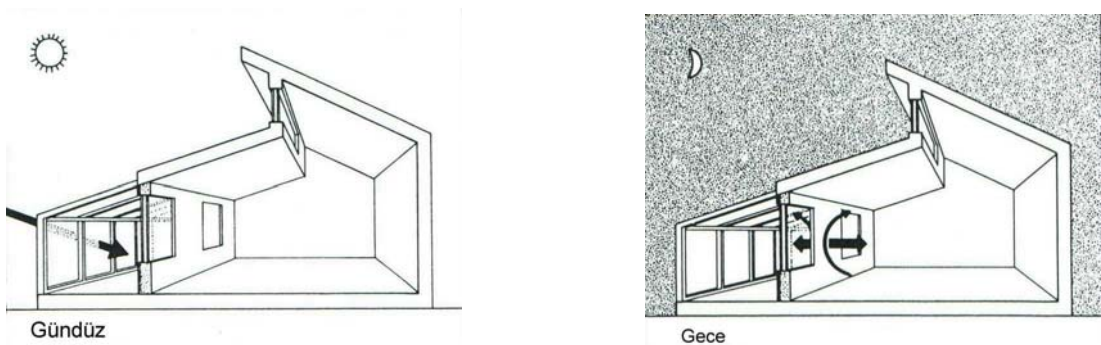
Cephe açıklıklarında güneş ışığı güney cephesinden mekana alınmakta ve masif duvarlar tarafından depolanarak ısı enerjisine dönüştürülmektedir. Ortamın sıcaklığının fazla olduğu durumlarda masif elemanlar tarafından ısı absorbe edilmekte, sıcaklığın düşmesi ile ısı enerjisi konveksiyon ve radyasyon yoluyla ortama geri vermektedirler (Göksal 1998). Cam yüzeylerin (pencerelerin) yalıtım değerleri duvarlara göre daha düşük olduğundan ısı kayıpları ve kazançları duvarlara göre daha fazla olmaktadır. Kışın gündüzleri ısı kazancı olurken gece ısı kaybı duvarlara göre daha fazla olduğundan bazı önlemler almak gerekebilir. Yaz gündüzleri ise tam tersi şekilde mekanın ısısının artmasına neden olan güneş ışığından korunmak için de yine güneş kırıcı gibi bazı önlemler almak gerekebilir.

Pencerelerin boyutları dışında şekli ve pozisyonu da ışıının mekana iletilmesini etkilemektedir. Yatay pencereler güneş ışıının daha geniş alana yayılmasını olanaklı kılarken, düşey konumlanmış pencerelerde ise ışıının mekanların derinliğini etkileyebilmektedir. Kışın yataya yakın gelen ışınlar düşey pencerelerden mekanın en derin kısımlarına ulaşabilmektedir, yazınsa güneşin dik gelmesinden dolayı ışınlar mekana fazla etkilememektedirler. Bu nedenle pencerelerin düşey konumda düzenlenmesi en uygun seçimdir.



Şekil 4.1. Güneşten doğrudan yararlanma (Wachberger 1988)

Doğrudan sistemlerde cephe açıklığı kapsamına giren seralar ise yine güney cephesine yerleştirilen camlı mekanlardır. Mekanla dışarısı arasında tampon bölge oluşturarak ısı geçişini kontrol etmek daha kolaydır. Tampon bölge taşıma yoluyla ısı kaybını engellerken duvarların rüzgardan korunmuş olması nedeni ile konveksiyon yoluyla ısı kaybı da engellenmiş olur. Doğru tasarım yapılarak bu mekandan iç mekana kapı, pencere açılarak ısı kazanılabilmektedir. Güneş olmayan zamanlarda ise ısı kaybını önlemek içinse yine bu elemanların kapalı tutulması gerekmektedir. Yazın ise çok ısınan sera mekanından iç mekana geçiş olabilmektedir. Bu nedenle tamamen saydam yüzeylere sahip olan sera mekanının yaz gündüzlerinde bazı gölgeleme elemanlarıyla korunması gerekmektedir (Demirbilek ve Eryıldız 2001).



Şekil 4.2. Güneşten doğrudan yararlanma-sera uygulaması (Wachberger 1988)

4.1.1.2. Çatı Açıklığı

Doğrudan sistemlerde kullanılan çatı açıklıkları cephe açıklıkları kadar etkili bir yöntem değildir. Ancak güney cephesinden yeterli güneş ışığı alınamadığı durumlarda önerilmektedir. Isınan havanın yükselmesi prensibiyle, kışın mekanın ısınmasında çok verimli olmasa da yazın mekanın soğutulması için uygun bir yöntem olarak görülmektedir (Şekil 4.1). Bu sistemde çatı pencerelerin yalıtımlarının cephe pencerelerine göre daha iyi yapılması enerji korunumu için gereklidir (Demirbilek 1999).

4.1.2. Dolaylı Kazanım

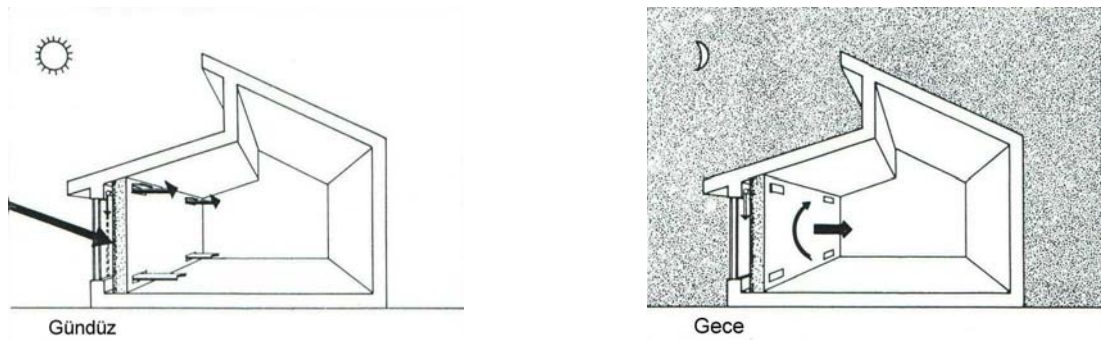
Dolaylı sistemlerde güneş ışıınımı mekanın dışında ısıya dönüştürülmekte daha sonra mekana iletim, taşınım ve/veya ışıınım yoluyla iletilmektedir. Bu sistemde mekanın dışındaki bir toplaç yardımıyla kazanım sağlanmaktadır. Kazanılan enerjiyi kontrol ederek gece saatlerinde mekana vermek mümkündür. Ama iyi yalıtılmış bir çatı veya cepheden daha kötü bir yalıtım düzeyine sahip olan bu sistemde oluşan ısı kaybı da dezavantajlarından biridir (Demirbilek 1999).

4.1.2.1. Cephe Açıklığı

Dolaylı sistemde cephe elemanı olarak güneş ışığını soğuran ve ısının bir bölümünü içeriye geçiren koyu renkli bir duvar olabildiği gibi içi su dolu bazı materyallerden oluşabilmektedir. Isı kaybını azaltmak için yüzeyi şeffaf bir malzeme ile korunan bu elemanlar güney yönüne yerleştirilerek dolaylı kazanımı sağlamaktadırlar. Bu elemanların yüzeyinden elde edilen ısı enerjisi depolama malzemesinin özelliğine göre iletim yada taşınım yoluyla elemanın iç yüzeyine verilmekte daha sonra da ışıınım veya taşınım yoluyla mekana iletilmektedir.

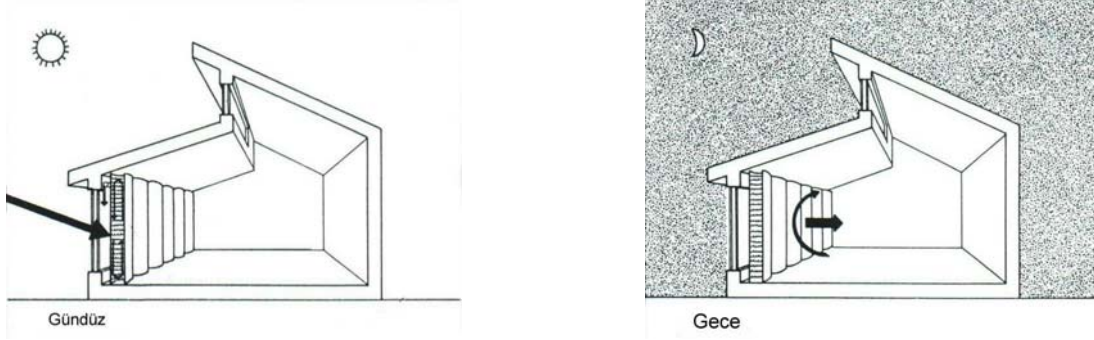
Bu sistemde oluşturulan duvar elemanlarına delikler açılarak sirkülasyonun sağlanmasıyla oluşturulan duvar sistemine ise Trombe duvarı denilmektedir. Mühendis Felix Trombe tarafından geliştirilen bu sistemde yüzeyde soğurulan enerji duvarın üst kısmındaki deliklerin yardımıyla içeriye verilirken; duvarın alt kısmındaki delikler yardımıyla da soğuyan hava dışarı alınmaktadır. Bu sistem ısınan hava yükselir prensibiyle çalışmaktadır. Gece ise bu deliklerin kapatılarak var olan ısıнын korunması gerekmektedir. Bu sistem doğrudan kazanımdaki gibi seralı da uygulanabilmektedir.

Bu cephe sistemlerinde ışıınım yoluyla elde edilen ısı enerjisinin verimli şekilde dağılılabilmesi ve ısı geçişinin engellenmemesi için duvar yüzeyinde tefriş elemanı bulundurulmamalıdır (Göksal 1998, Demirbilek ve Eryıldız 2001).



Şekil 4.3. Güneşten dolayı yararlanma-Trombe duvarı (Wachberger 1988)

Trombe duvarına benzer bir sistem olarak içi su dolu masif duvarlar da mevcuttur. Bu duvarlar da aynı şekilde saydam bir yüzey arkasına yerleştirilmekte ve güneşten ısı enerjisi üretmektedir. Bu sistemde sudaki sürekli akım yoluyla oldukça hızlı bir ısı taşınım olayı oluşmaktadır. Ayrıca su kitle olarak aynı hacme sahip masif bir duvardan daha fazla ısı depo ettiği için verimli bir sistem olarak belirtilmektedir (Şahali 2001).

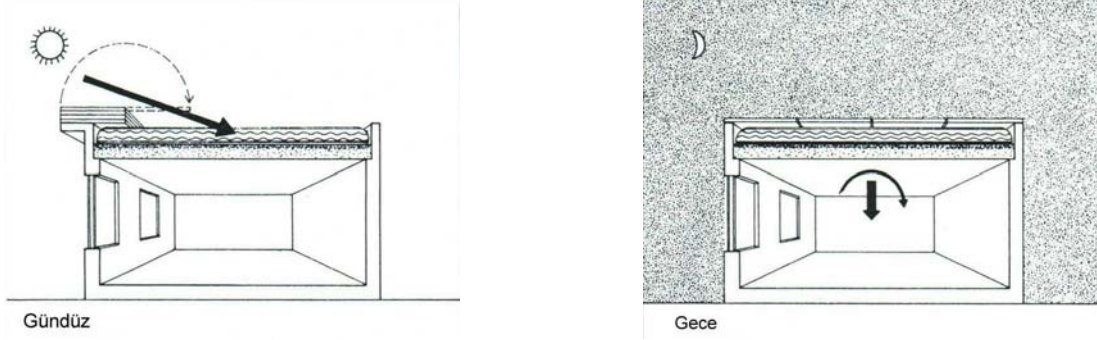


Şekil 4.4. Güneşten dolaylı yararlanma-su duvarı (Wachberger 1988)

Cephe sistemlerinde kullanılan diğer bir sistemde Transparan Isı Yalıtımlı Güneş Duvarları'dır. Oldukça yeni malzemeler kullanılan bu sistemin çalışma prensibi dolaylı sistemlerin cephe açıklığıyla aynı olmasına karşın yalıtım düzeyi çok iyi olduğu için ısı kayıpları oldukça azdır. Kapiler, petek, gözenekli ve homojen dokulu olarak üretilen transparan ısı yalıtım gereçlerinin yüzeyi plastik esaslı cam veya camla kaplanmaktadır. Bu yeni sistemin kullanımının artması ile maliyetinin ucuzlayacağı ve teknik detaylarının gelişeceği beklenebilir (Göksal 1998).

4.1.2.2. Çatı Açıklığı

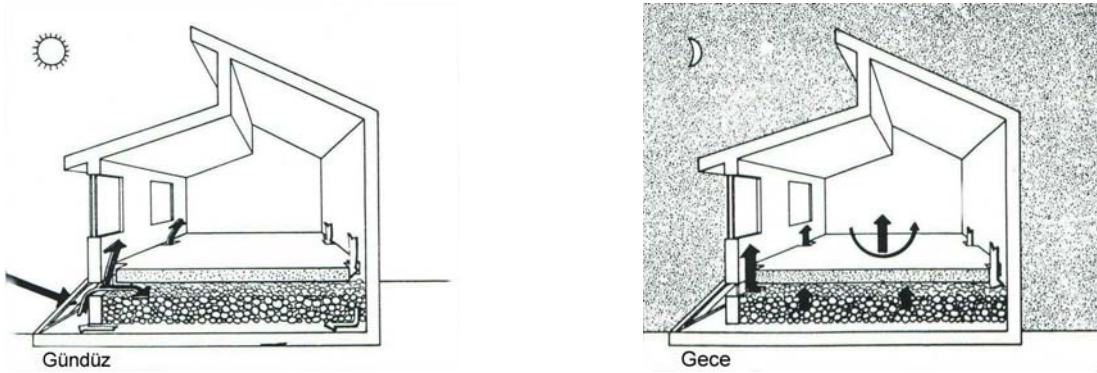
Çatı açıklıklarında uygulanan sistemin malzemeleriyle cephe açıklıklarında kullanılan sistem malzemeleri aynıdır. Ancak kar yağışlı olan bölgelerde toplacın ısı kazanımının engellenmemesi için çatı eğimli yapılmalıdır (Demirbilek 1999). Sulu duvar sistemi çatı sistemlerinde de uygulanmaktadır. Bu sistemde toplaçlar siyaha boyalı çatı konstrüksiyonu üzerine yerleştirilen PVC den yapılmış su dolu plastik torbalardan oluşur. Su kapları açılabilen hareketli ısı yalıtım malzemesi ile örtülmekte ve böylece kış günlerinde güneş ışımasını biriktirmektedir. Yalıtım maddesi gece örtülü olması nedeniyle depolanan ısı çatı tarafından aşağıdaki mekanlara verilir. Bu sistem hem soğutmada hem de ısıtmada çok fazla kullanılmamaktadır.



Şekil 4.5. Güneşten dolayı yararlanma-sulu çatılar (Wachberger 1988)

4.1.2.3. Ayrık Açıklıklar

Arazi eğiminden yararlanarak binadan daha düşük bir kote güney cephesine yerleştirilen toplaçtan elde edilen ısı; ısınan hava yükselir prensibiyle çalışmaktadır. Isınan hava döşeme altından verilerek kazanç sağlanır. Binanın pencereleri yardımıyla da doğal havalandırma sağlanmaktadır (Demirbilek 1999).



Şekil 4.6. Güneşten dolayı yararlanma-ayrık açıklıklar (Wachberger 1988)

4.2. Aktif Yararlanma

Aktif yararlanma, yine toplaçlar yardımıyla elde edilen ısı enerjisi olarak açıklanabilen **termodinamik sistemler** ve PV paneller yardımıyla güneş enerjisinden elektrik elde etmek olarak açıklanabilen **fotovoltaik sistemler** olarak 2 grupta toplanmaktadır

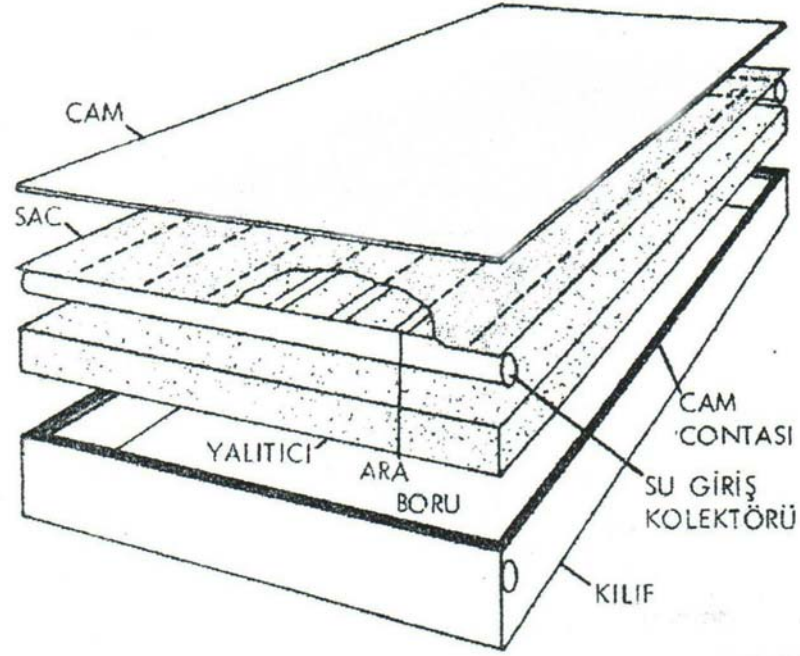
(<http://www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm#GÜNESENERJISI>).

Güneşten pasif yararlanma olanakları da çalışma prensipleri aynı olduğu için termodinamik sistemler sınıfına dahil edilebilmektedir.

4.2.1. Termodinamik Sistemler

Temelde aktif sistemlerde kullanılan öğeler pasif yöntemlerde kullanılanlarla aynıdır. Termodinamik sistemlerde kullanılan toplaçlar (kollektörler) güneşten gelen enerjiyi ısı enerjisine dönüştürmekte, depolayıcı ve dağıtıcılar yardımıyla kullanıma sunmaktadır. Toplaçlarda akışkan olarak hava veya su kullanılır. Toplaç boruları içindeki akışkan aracılığıyla güneş enerjisi soğurulmakta ve ısı enerjisine dönüştürülmektedir. Daha sonra ısı enerjisi depolayıcı varsa depoya yoksa kullanılacak olan mekana iletilir. Bu toplaç sistemleriyle mekanlar ve yüzme havuzları ısıtılabilmekte ve sıcak su elde edilmektedir.

Toplacın yapısında basit anlamda saydam (üst) örtü, hava boşluğu, yutucu (soğurucu) yüzey, yalıtım, çerçeve (kasa) olmak üzere 5 ana parça bulunur. (Şekil 4.7.) Üst örtüsü olarak genellikle cam kullanılır. Cam sera etkisi yaratarak enerji kazanımını arttırmakta ayrıca taşınım kayıplarını azaltmaktır. Yutucu (soğurucu yüzey), genellikle alüminyum veya bakır gibi malzemelerden yapılır. Işınlr bu yüzeyde yutulur ve enerji önce saca sonra borulara ve sonuç olarak akışkana geçer. Yalıtım için genellikle tabakalar halinde kullanılan ısı iletkenliği düşük malzeme kullanılır, Toplacın yutucu yüzey, taşıma kanalları ve yalıtım gibi bölümlerini dış etkilere korumak için genellikle metalden bir malzeme ile kaplanması gereklidir. Bu çerçeve (kasa) aynı zamanda toplacın bir bütün halinde durmasını sağlayan bir sürtüktür görevi görmektedir (Köse 2002).



Şekil 4.7. Boru tipi düz güneş toplacının yapısı (Köse 2002)

Güneş enerjisini toplamak üzere tasarlanan toplaçlar dört ayrı grupta incelenmektedir.

4.2.1.1. Sıvı Tipi Düz Güneş Enerjisi Toplaçları

Sıvı tip toplaçlar genellikle boruların içinde akışkan olarak suyun kullanıldığı sistemlerdir. Bu tip toplaçlarda herhangi bir su sızması olasılığına karşı suyu başka bir yere alabilmek için kasanın altına birkaç delik bırakılmalıdır. Sıvı dolaşımli toplaçlar devrelerine ve dolaşım sistemlerine göre farklı gruplara ayrılırlar.

a) Devrelerine göre:

1) Açık devreli sistemler

2) Kapalı devreli sistemler

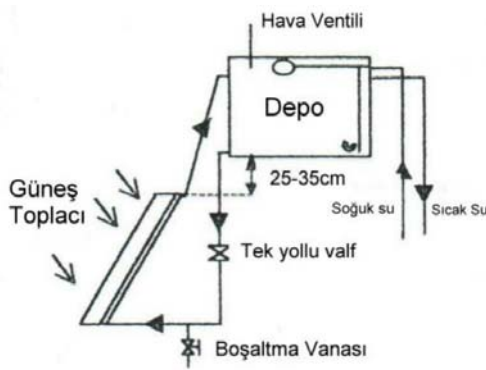
b) Dolaşım sistemlerine göre:

1) Tabii dolaşım (pompasız) sistemler

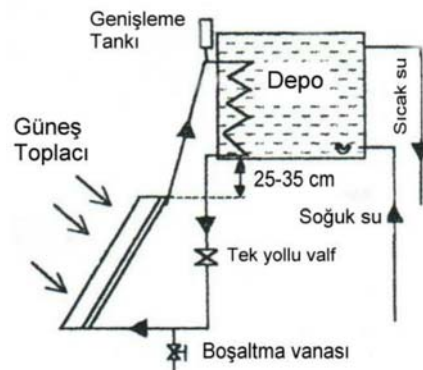
2) Zorlanmış dolaşım (pompa) sistemler

a-1) Açık devreli sistem

Bu sistemlerde toplaçta ısınan sıvı genişleyerek deponun üst kısmından depoya girer. Toplaçtan çıkan sıvının yerini depodaki soğuk su alır. Güneş ışıını devam ettiği ve toplaç sıcaklığı deponun sıcaklığından fazla olduğu sürece bu sirkülasyon devam eder. Kışın soğuk iklim bölgelerinde donabilmesi ve toplaçtaki sıvının depo sıvısına karışması nedeniyle korozyon ve kireçlenme oluşması gibi dezavantajları vardır (Köse 2002).



Açık devreli



Kapalı devreli

Şekil 4.8. Tabii dolaşım sıcak su sistemleri (Köse 2002)

a-2) Kapalı devre sistem

Açık sistemde toplaç borularında oluşabilen korozyon ve kireçlenme problemi ortadan kaldırmak için donma sıcaklığı düşük ve inhibitör ilaveli sıvı dolaştırılır ve sistem kapalı devre yapılır. Kapalı devre sistemlerde akışkanın toplaca giriş sıcaklığı

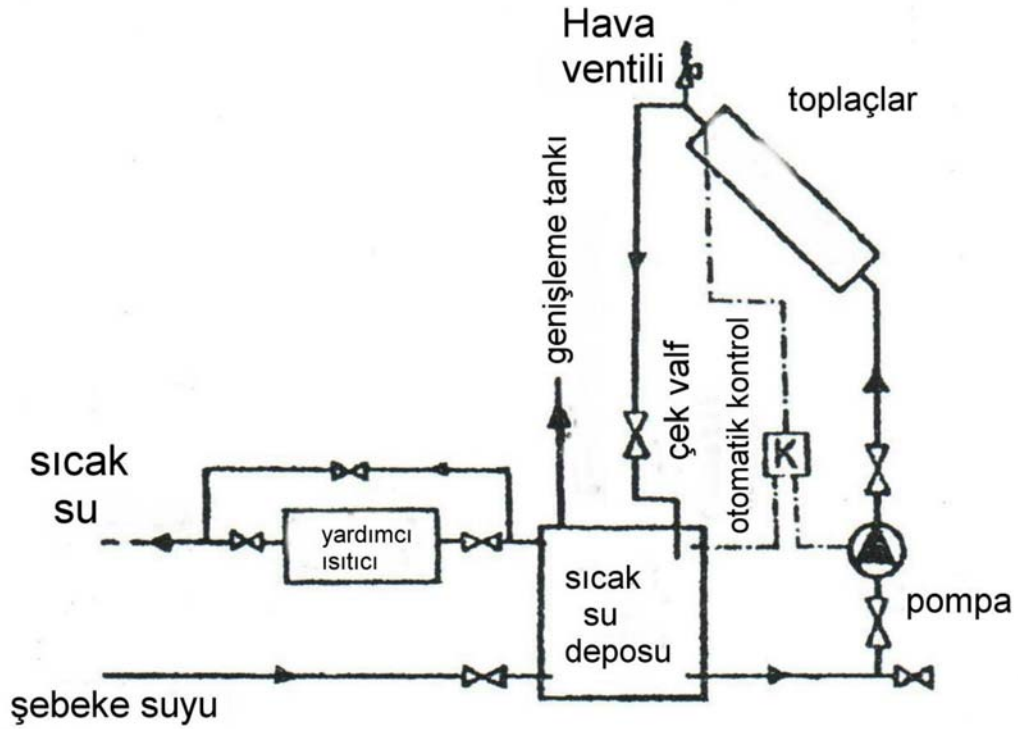
açık devreli sisteme göre daha büyük olduğundan toplacın verimi küçüktür (Köse 2002).

b-1) Tabii dolaşımli sistemler

Levha tipi topa lardan ve yalıtılmış depolardan oluşan ve en yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Tabii dolaşımli sistemlerde sıvının hareketi küçük yoğunluk farkları ile meydana gelmekte olduğundan bunu engelleyici durumların (sürtünme, dirsek, vana vb.) azaltılması gereklidir. Topla la depo arasındaki boruların çapı büyük seçilerek bu sorun çözülebilir. Kullanımı kolay olan sistemde sıvı sirkülasyonunun olabilmesi için toplaç depodan bir miktar (toplacın üst hizası ile deponun alt hizası arasındaki mesafe en az 20-25 cm) yukarda yapılmalıdır. Bu durum sitemin uygulanmasında bazı zorluklara yol açabilmektedir. Açık ve kapalı devreli olarak uygulanabilmektedir.

b-2) Zorlanmış dolaşımli sistemler

Zorlanmış dolaşımli sistemler tabii dolaşımli sistemlere göre karışık bir yapıya sahiptir. Yapısında pompa, diferansiyel, termostat, sıcak su deposu, genişleme tankı ve tek yollu valf bulunur. Açık veya kapalı devreli olarak uygulanabilir. Yardımcı ısıtıcı, sıvı deposundan çıkışta olabileceği gibi deponun içinde de olabilir. Genellikle iki depo kullanılan sistemlerde akışkanın toplaca giriş sıcaklığı düşük, dolayısıyla toplacın verimi yüksektir.

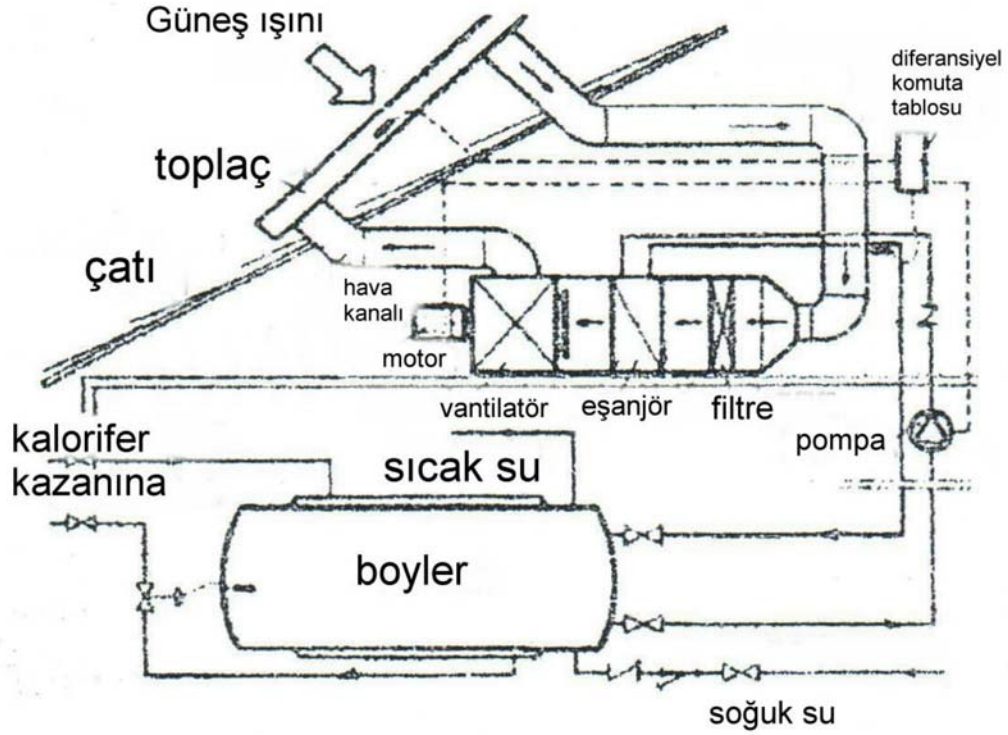


Şekil 4.9. Zorlanmış dolaşimli-açık devreli su sistemi (Köse 2002)

4.2.1.2. Hava Tipi düz Güneş Toplaçları

Hem mekan ısıtmasında hem de sıcak su elde etmede kullanılabilen toplaç sistemidir. Hava tipi toplaçların, sıvı tip toplaçlara göre en büyük avantajı donma ve korozyon tehlikesinin bulunmamasıdır. Dezavantajı ise havanın su kadar çok ısı enerjisi tutamamasıdır. Sistemde daha büyük kanallar kullanılarak sıvı sisteminin ilettiği aynı miktar enerjiyi elde etmek mümkündür. Mekan ısıtmak için hava tipi toplaç kullanıldığında, ısıtılan hava doğrudan mekana pompalanmaktadır. Su ısıtılmasında ise ısınan havanın enerjisi eşanjöre gelmekte, bu ısı enerjisiyle eşanjörün içindeki su ısınmakta ve bir pompa aracılığı ile boylere sevk etmekte ve kullanıma sunulmaktadır (Şekil 4.10). Eşanjörden çıkan hava ise bir vantilatör

yardımıyla tekrar toplaca gönderilerek döngüyü tamamlamaktadır (Harrell 1982, Köse 2002).



Şekil 4.10 Hava ısıtmalı güneş toplacı tesisat şeması (Köse 2002)

4.2.1.3. Vakumlu Toplaçlar

Düz toplaçlarda elde edilen verimden daha fazla verime ulaşmak için toplacın borularının yapısı değiştirilerek oluşturulduğu bir toplaç türüdür. Toplacın dışındaki saydam cam boru ile içindeki siyah boyalı boru arasında vakum yaratılarak taşınım yoluyla oluşacak kayıpları azaltmak yoluna gidilmiştir. Sıvı veya hava dolaşımli uygulamaları mevcuttur (Deriş 1984).

4.2.1.4. Odaklı Toplaçlar

Bu tip toplaçlar genellikle büyük santrallerde kullanılmaktadır. Gelen güneş ışınları parabolik toplacın odağında yer alan siyah renkli soğurma özelliği yüksek bir boruya odaklanmaktadır. Bu boruda enerjiyi toplamak için genellikle su dolaştırılmaktadır. Daha iyi verim alınabilmesi için parabolik toplaçlar güneşin hareketini izleyebilecek şekilde uygulanmaktadır (Harrell 1982).

4.2.2. Fotovoltaik (PV) Sistemler

Fotovoltaik sözcüğü Yunanca ışık anlamına gelen “photos” ve elektriğin öncüsü Alessandro Volta’dan gelen “voltaic” sözcüklerinin birleşmesinden gelmektedir (www.californiasolarcenter.org/photovoltaics.html). Fotovoltaik güneş pilleri, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Fransız fizikçi Becquerel ilk kez 1839 yılında elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin (voltajın), elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek bulmuştur (Oktik 2001). Becquerel fotovoltaik etkiyi şöyle tanımlamaktadır.

“Enerjinin bir formu olan ışık, bir fotovoltaik hücrenin içine girer ve elektronları harekete geçirmeye yetecek enerjiyi ortaya çıkarır. Bu enerji elektronların bir elektrik akımı oluşturabilecekleri kadar voltajı üretmelerini sağlar (Sick ve Erge1996).”

İlk önce sıvı içinde fark edilen fotovoltaik etki katı maddeler üzerinde ilk defa 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından selenyum kristalleri üzerinde bulunmuştur. Daha sonra ilk olarak %1 verimli piller 1914 yılında üretilmiş fakat bunlardan tam anlamıyla bir elektrik üretimi sağlanamamıştır. 1956 yılında Chaplin ve Fuller tarafından %6 verimli piller üretilip elektrik üretimi sağlanmıştır (Oktik 2001).

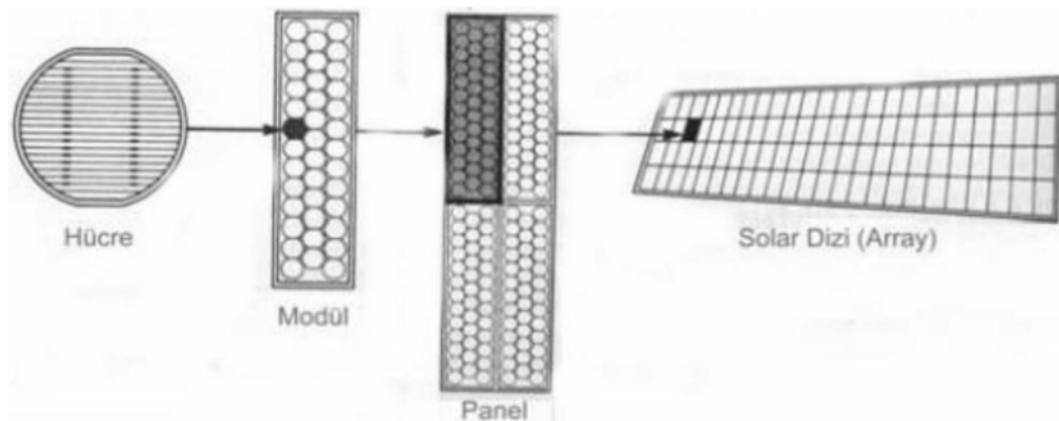
4.2.2.1. PV Sistem Bileşenleri

Bir fotovoltaik sistemi oluşturan bileşenler aşağıdaki gibidirler.

- PV modüller
- İnvertörler (Çeviriciler)
- Aküler
- Şarj denetim birimleri
- Diğer sistem bileşenleri

4.2.2.1.1. PV Modüller

PV modüller sistemin en önemli parçasıdır. PV hücreler güneşten aldıkları enerjiyle elektrik üreten yarı iletken malzemelerden üretilmişlerdir. Kalınlıkları mikronmetreyle ölçülecek kadar ince olan bu hücrelerin boyutları genelde kare, dikdörtgen veya dairesel olup alanları 100cm^2 civarındadır. Tek bir PV hücreden elde edilen enerji oldukça azdır. Bu nedenle hücreler seri veya paralel bağlanarak modülleri, modüller de birleşerek panelleri oluştururlar. Büyük miktarlarda elektrik üretmek için paneller de birbirine bağlanarak solar PV dizisini meydana getirirler. (Bkz. Şekil 4.12)



Şekil 4.11. PV hücre, modül, panel ve solar dizisi
(www.eere.energy.gov/femp/prodtech/pdfs/FAT-pv.pdf)

a) PV modüllerin yapısı ve özellikleri

Bugün bir çok ülkede farklı şirketler tarafından fotovoltaik modüller üretilmektedir. Bu modül tipleri yapılarına göre değişik sınıflara ayrılmaktadırlar.

1) Alüminyum çerçeveli ve camlı modüller

Güneş enerjisi modülü alüminyum bir çerçeve içerisine bir panel şeklinde oturtulur. Panel, cam bir tabaka ve pilleri çevresel etkilerden koruyacak bir filmle kaplanmış PV pillerinden oluşur. En çok kullanılan modül tiplerindendir (Oluklulu 2001).

2) Çerçevesiz modüller

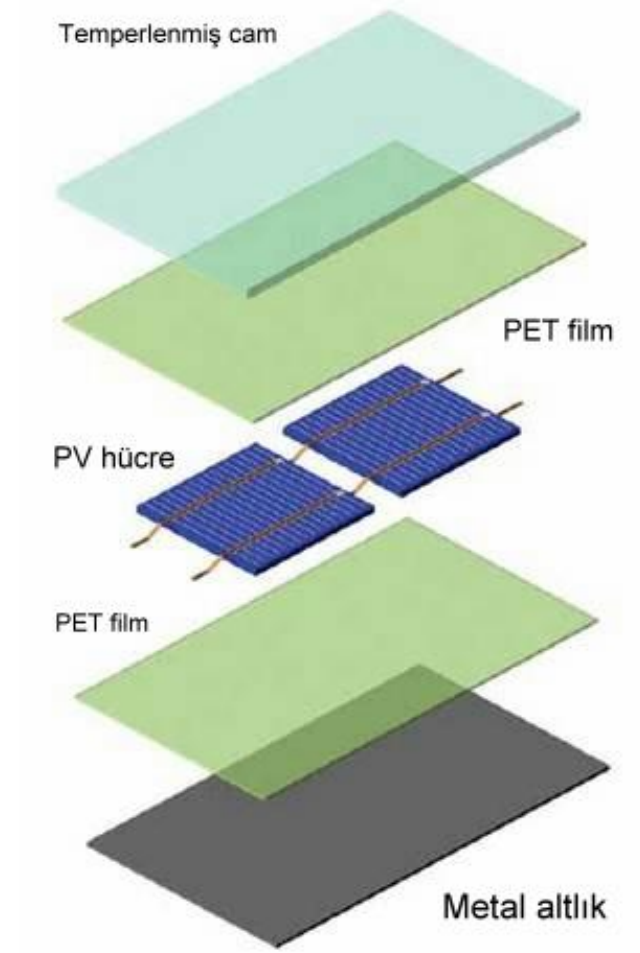
Oldukça yüksek etkinliğe sahip monokristal silikon PV pillerinden yapılırlar ve iki tabaka optik filmle kaplanırlar. Modül, arka kısmında PET (poly ethylene terephthalate) filminden ortada PV pili ve ön kısmında PET film yada camdan oluşur. Genellikle trafik ikaz ışıkları veya hibrit sistemler gibi başka bir sistemle bağlantının gerekmediği durumlarda kullanılır (www.intersolar.ru/photovoltaic/eng/index.shtml).

3) Metal tabanlı modüller

Metal tabanlı modüller optik film tabakaları arasında ince tabakalara ayrılmış oldukça etkin monokristal silikon güneş enerjisi pillerinden üretilir. Özel yapışkan ve yalıtım yapan kaplama ile kaplanmış paslanmaz çelik, metal üzerine yada alüminyum alaşım üzerine oturtulur. Modüller metal bir taban, PET film, ortada fotovoltaik piller, ön kısımda PET film yada camdan oluşur (www.pvsolmecs.com/modules).

4) Çift yüzeyli modüller

Hem ön hem arka yüzeyi ile enerji üreten yeni modülleridir. Bu modüller her çeşit PV uygulamalarında kullanılabilir. Bu modüller enerji maliyetinde önemli bir azalma sağlar (www.pvsolmecs.com/modules.html).



Şekil 4.12. Tipik bir PV modül yapısı (www.ecn.nl)

b) PV modül malzemeleri

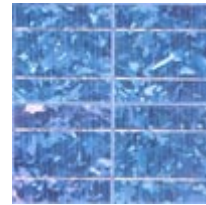
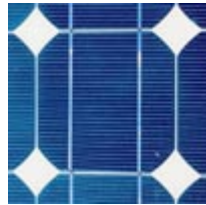
Fotovoltaik güneş pili üretiminde kullanılan başlıca malzeme silisyumdur. Yarı iletken özelliğe sahip olan silisyumun ham maddesi ise silikat yani kumdur. Yeryüzünde büyük miktarlarda kum bulunmasından dolayı ham madde sıkıntısı bulunmamaktadır (Çolak 1997). Farklı tekniklerle ve değişik maddelerinde katkısıyla farklı türlerde güneş pilleri üretilmektedir.

1) Kristal silisyum PV hücreler

Yarı iletken silisyum maddesi kullanım aşamasında kararlılığını korumakta, yapısal, elektriksel ve soğurma özelliklerini uzun süre muhafaza etmektedir. Bu nedenden dolayı silisyum maddesi üzerine yapılan araştırmalar derinleştirilmiş ve üretim teknolojileri geliştirilmiştir. Değişik metotlarla üretilen silisyum hücreler en çok tercih edilen hücre tipleridir. Tek kristal, çok kristal ve ribbon silisyum kristal olmak üzere 3 farklı çeşidi bulunmaktadır (Sarıtış 1988).

- Tek kristal güneş pilleri

Tek-kristal silisyum malzeme en yüksek verime sahip olan pillerdir. Silisyum malzemesinin özelliklerini uzun süre muhafaza etmesi ve yapısal ve elektriksel özelliklerinin madde içinde her yerde aynı olup homojen bir yapıya sahip olması bu malzemeyi fotovoltaik piller için en uygun malzeme yapmıştır. Tek-kristal silisyum üretim oldukça pahalı ve zor bir iştir. Siyah koyu kahverengi ve homojen bir görünüme sahiptirler. Verimlilik oranları %24-30 arasında değişse de seri üretilen modüllerde bu oran %16-17'ye kadar düşmektedir (Göksal 1998, Oktik 2001).



Resim 4.1. Tek kristal ve çok kristal PV hücre örneği (www.pv-uk.org.uk)

- Çok kristalli silisyum güneş pilleri

Gri-mavi renge sahip çok kristalli hücreler tek-kristal silisyum hücrelere göre daha kolay üretilen ve maliyeti düşüktür. En önemli dezavantajı verimliliğin tek-kristal hücreler kadar iyi olmamasıdır. Bunun nedeni çok kristalli madde içinde bulunan damarların yapısal ve elektriksel farklılık göstermesidir. Damarlar arasındaki süreksizlik ve bunun yarattığı kusurlar verimin düşmesinde neden olmaktadır.

Homojen bir yapıya sahip olmayan çok kristalli hücreni laboratuvar ortamında %18 olan verimliliği seri üretimlerde %13-14 oranlarına düşmektedir (Göksal 1998, Oktik 2001).

- **Ribbon silisyum PV hücreler**

Tek kristal hücre üretiminde bazı malzeme kayıpları olmaktadır. Bu nedenle şekillendirilmiş-şerit yöntemi adlı bir yöntemle bu kayıpların da azaltıldığı yeni hücreler üretilmiştir. Ribbon silisyum isimli bu hücrelerin farklı kalınlıkları mevcuttur. Laboratuvar şartlarında verimlilikleri %15 civarındadır (Yıldız 2003'ün Goetzberger ve diğ.2002'dan bildirdiği).

2) İnce film güneş pilleri

Güneş gözlemlerinde kullanılan malzeme ve işçiliği azaltarak, teknolojiyi de basitleştirerek maliyetlerin düşürülmesi, yarı iletken malzemenin geniş yüzeylerde ince film kaplanarak kullanılmasını ön plana çıkarmıştır. Bu sistemle daha büyük açıklıklı hücreler daha ucuz maliyete üretilebilmektedir. Uygulanması da kolay olay ince film pillerin verimliliği %18'lere kadar çıkmış olsa da malzeme uzun dönemde kararlılığını koruyamamaktadır. Bu nedenle ince film piller üzerine yapılan yatırımlar kısıtlı kalmıştır. İnce film malzemenin başlıcaları amorf silisyum, kadmiyum tellür ve bakır indiyum-diselenid'dir (Oktik 2001).

- **Amorf silisyum güneş pilleri**

Bir tür ince film güneş pili olan amorf silisyumun (a-si) soğurma katsayısı çok yüksektir ve rengi kırmızımsı kahverengidir. İlk olarak 1981 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Verimliliği laboratuvar ortamında %15'lere kadar çıkarılmış olsa da güneş ışığı altında malzeme bu verimini kaybetmektedir. Bu tür sıkıntılara karşın küçük ölçekli enerji üretilmek için en yaygın kullanılan güneş pili (Oktik 2001).



Resim 4.2. Amorf silisyum ve kadmiyum tellür PV hücre örneği (www.pv-uk.org.uk)

- Kadmiyum tellür (CdTe) ince güneş pilleri

Periyodik tablonun ikinci grubunda yer alan kadmiyum elementinden ve altıncı grubunda yer alan tellür elementinden yapılan kadmiyum tellür (CdTe) güneş pilleri de geniş yüzey alanlı üretimlere olanak tanımakla birlikte yüksek soğurma özelliğine sahiptir. bu pillerin uzun süreli verimlilikleri de henüz istenen seviyeye ulaşamamıştır (Oktik 2001).

- Bakır indiyum diselenid (CIS) güneş pilleri

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı grubunda yer alan bakır, indiyum ve selenyumdan üretilen bu güneş pillerinin verimliliği de %18 lere ulaşmasına karşın pil ömrü olan 20 yıl süresince verimlilik düşmekte ve %10 sınırını aşamamaktadır (Oktik 2001).

3) Grup III-V bileşik PV hücreleri

Periyodik tablonun üçüncü ve beşinci grubundan elementlerin bir araya gelmesiyle oluşan bileşik yarı iletkenin soğurma özelliği çok yüksektir. Bu hücrelere en iyi örnek galyum arsenitten (GaAs) yapılan güneş pilleridir. En yüksek verime (%24) sahip bu pillerin maliyeti çok yüksek olduğu için yalnızca uzay araştırmalarında kullanılmaktadır (www.eere.energy.gov – Oktik 2001).

4) Çok eklemli (tandem) PV hücreler

Farklı malzeme türleri güneş ışığının farklı spektrumlarını soğurmaktadır. Bu nedenle ışıınımdan maksimum düzeyde faydalanmak için değişik malzemeler üst üste

kullanılarak çok eklemli (tandem) hücreler üretilmiştir. (Yıldız 2003'ün Kazmerski 1997'den bildirdiği). Tandem hücrelerde en üste bulunan malzeme güneş ışınımından maksimum enerji soğurmaktadır. Yakalayamadığı spektrumdaki ışınımı ise bir alt tabakadaki malzeme soğurmaktadır. Bu tür hücre yapımında genellikle galyum arsenid, amorf silisyum, bakır indiyum diselenid ve galyum indiyum fosfat malzemeleri kullanılmaktadır (www.eere.energy.gov).

5) Organik ve polimer PV hücreler

İnorganik PV hücrelerin üretim teknolojileri her ne kadar gelişse de maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle inorganik hücrelere alternatif olabilecek ince film organik ve polimer hücre üretimi için teknikler geliştirilmiştir. Fakat %2.5 gibi bir verimlilikleri olduğundan henüz inorganik hücrelerle karşılaştırılabilecek ve onlara alternatif olabilecek konuma ulaşamamıştır. Üretiminde daha az toksit madde açığa çıkarması, modüllerin hafif ve esnek olması, maliyetlerinin düşük olması gibi avantajlarından dolayı geleceğin PV hücreleri olarak gözükmektedir (Salomon 2001).

c) PV modül verimliliğini etkileyen faktörler

Modüllerden maksimum verim alınabilmesi için yönlendirilmeleri çok önemlidir. Modüller en yüksek verimi güney cephede vermektedirler. Panellerin hareketli bir konstrüksiyon üzerinde tasarlanmaları durumunda ise güneş ışığını takip edebilmekte ve günün her saatinde en yüksek verim alınabilmektedir.

Güneş ışınımıyla elektrik üreten panellerin aşırı ısınması durumunda performanslarının düştüğü gözlenmiştir. Yapılan deneylerde görülmüştür ki her 10°C sıcaklık artışında PV panelin performansı %1 düşmektedir. Bu sorunun panelin arka yüzeyinin havalandırılması ile de çözülebileceği önerilmektedir (Alaçakır 1999).

PV panellerin etkinliğinin düşmesine neden olan diğer bir faktörde yüzey kirlenmesidir. Çevresel faktörlere bağlı olan bu kirlenmenin etkisinin yapılan bir çalışmada modülün performansını %3.5 oranında düşürdüğü gözlenmiştir (Watt ve

diğ. 1999, Eiffert ve Kiss 2000). Bu nedenle PV modülün kullanıldığı yerin yüzeyin temizlenmesi uygun olması gerekmektedir.

PV panellerin gölgede kalması da modül verimliliğini etkilemektedir. Modülün yerleştirildiği bölgeye yakın konumdaki yüksek binalar, örneğin çatıdaki antenler ve bacalar, ağaç dalları yaptığı gölgelerle fotovoltaik verimin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle PV modülün güneş ışınını aldığı güney cephesinde gölge oluşturacak herhangi bir engel bulunmamasına dikkat edilmelidir (Çelik 2002).

PV hücrelere gelen güneş ışınlarının hepsi soğurulmamaktadır. Soğurulamayan ışınlar ortama yansımakta ve kayıplar oluşmaktadır. Hücrenin yapıldığı malzeme türlerinin soğurma özellikleri farklı olduğundan yansıma kayıpları da farklıdır. Kullanılan malzemeler içinde en az yansıma kaybına sebep olan malzeme silisyumdur. Bu sorunu azaltmak için hücre yüzeyleri anti-yansıtıcı maddelerle kaplanmaktadır. Bu maddeler saydam olup hücre yüzeyine kimyasal çöktürme, buharlaştırma veya oksitleme yoluyla kaplanmaktadır. Anti-yansıtıcı özelliği dışında hücreyi dış etkilere korumak gibi bir özelliği de vardır (Oluklulu 2001).

4.2.2.1.2. Aküler

PV hücreler tarafından üretilen elektrik enerjisinin tüketilmediği durumlarda depolanması gereklidir. Güneş ışınımı olduğu sürece üretilen enerji akülerde depolanır. Yapılan hesaplamalar sonucunda sistemin kaç adet aküye ihtiyacı olduğu bulunmaktadır. Günümüzde en çok kurşun-asit ve nikel kadmiyum tipi aküler PV sistemlerde kullanılmaktadır (www.eere.energy.gov).

4.2.2.1.3. Şarj Denetim Birimleri

PV hücreler tarafından üretilen elektriğin direkt olarak aküye gönderilmesi akülere zarar verebilmektedir. Bu nedenle şarj denetim birimleri kullanarak aşırı

enerji yüklemesini ve boşalması önlerler. Diğer bir deyişle akülerin şarj ve deşarj olmasını önleyen birimlerdir.

4.2.2.1.4. İnvörtörler (Dönüştürücüler)

PV hücreler doğru akım enerjisi üretirler. Bu enerjinin aletlerde kullanılması için alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Enerji dönüştürücü görevi yapan invörtörler şebekeden bağımsız sistemler için düşük gerilimli (12-48V), şebeke bağlantılı sistemlerde yüksek gerilimli (110V ve üstü) olarak kullanılmalıdır (Pearsall ve Hill 2001).

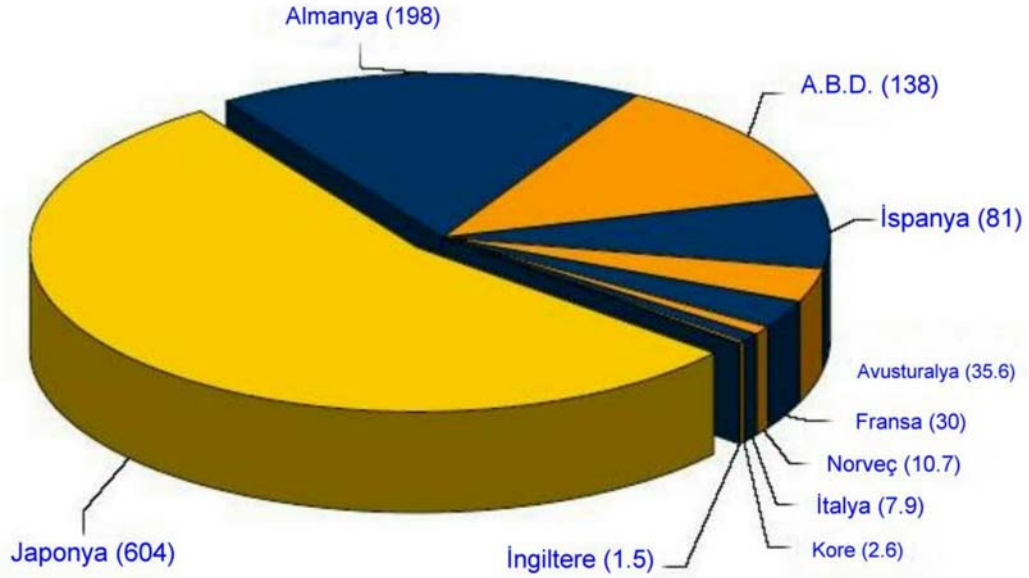
4.2.2.1.5. Diğer Sistem Bileşenleri

PV sistemler modül, akü vb. bileşenler dışında elektrik üretebilmek için başka bileşenlere de ihtiyaç duyar. Bunlar, diyotlar, kablolama, bağlantı kesme elemanları, sigortalar, topraklama elemanları, aşırı akımdan koruma elemanları ve montaj parçalarıdır. Bloklama diyodu gündüzleri aküye giden elektriğin gece tekrar sisteme dönerek akülerin boşalması engellemek için kullanılan bir bileşendir (Oluklulu 2001).

4.2.2.2. PV Modül Üretimi ve Sistem Maliyetleri

Uzun süre yalnızca uzay çalışmalarında kullanılan PV modüller özellikle 1973 petrol krizinden sonra daha önemli hale gelmiştir. Bu nedenle PV modül üretimi üzerine araştırmalar ve çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Özellikle çevre sorunlarının hızla artması sebebiyle gelişmiş ülkeler üretime destek vermiş büyük

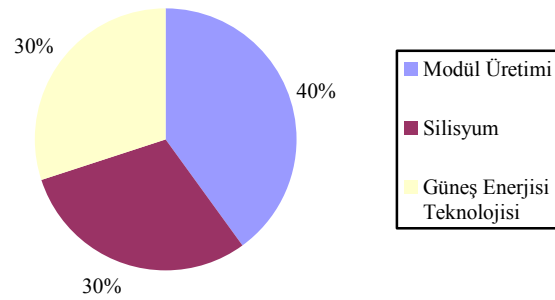
şirketler de üretim teknikleri üzerine yatırımlar yapmıştır. PV modül üretiminin ülkelere göre dağılımı Şekil 4.11 de görülmektedir.



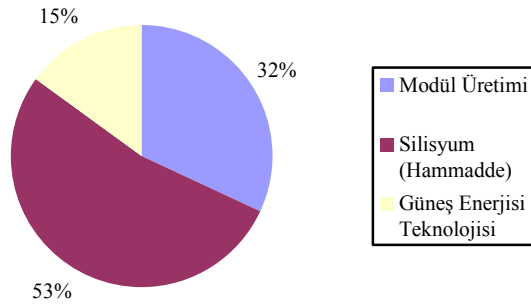
(Rakamlar MW cinsindendir)

Şekil 4.13. 2004 yılı PV hücre üretiminin ülkelere göre dağılımı (www.iea-pvps.org)

Güneş pili sistemlerinin işletme ve bakım maliyetleri çok az olduğu için, toplam sistem maliyetinin büyük bir bölümünün ilk yatırım maliyeti oluşturmaktadır. Modül üretiminin hızla artması ve teknolojilerinin de gelişmesiyle modül maliyetleri önceki yıllara göre düşmektedir. Almanya Forschung Institut tarafından yapılan bir maliyet araştırmasında PV modül üretiminde artık en büyük maliyet kaleminin ise ham madde olduğu Şekil 4.14’de görülmektedir (Alaçakır 1997, Göksal 1998).



PV modül maliyet oranları 1985 verileri



Şekil 4.14. PV modül maliyet oranları 1995 verileri (Knobloch ve diğ.1996)

Güneş pili sistemlerinin ilk yatırım maliyeti içinde modüller dışında tesisat, montaj, invertör, kontrol birimi ve akü gibi elemanların maliyeti de yer alır. Bu destek sistemlerinin maliyeti güneş pili sistemi ilk yatırım maliyetinin yaklaşık yarısını oluşturduğu için, bu tür maliyetleri azaltmak, en az modül maliyetini azaltmak kadar önemlidir.

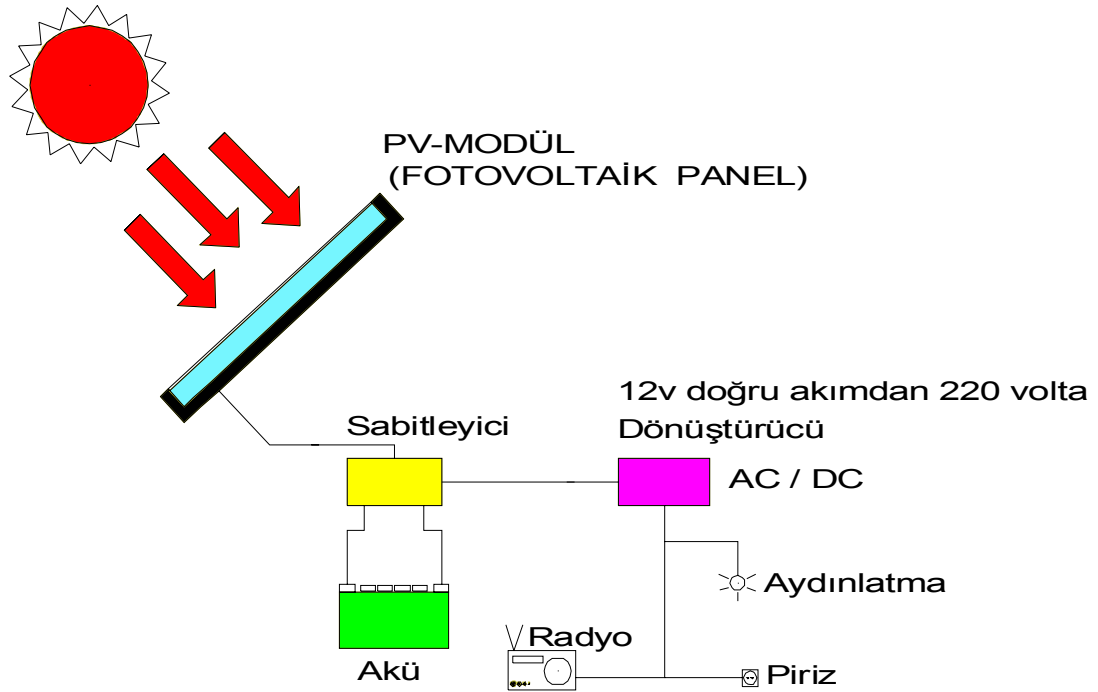
Ocak 2006 itibariyle PV modül, invertor (dönüştürücü) ve akü (enerji depolama) için Watt başına en düşük fiyatlar Amerikan doları cinsinden şu şekildedir;

- Tek kristal PV hücre \$ 4.05/Wp
- Polikristal PV hücre \$ 3.92/Wp
- İnce film modül PV hücre \$ 3.71/Wp

- İnvertor (dönüştürücü) \$ 0.833/Wp
- Akü \$ 1.63/Wp
- Şarj denetim birimi \$ 5.80 per Amp (www.solarbuzz.com)

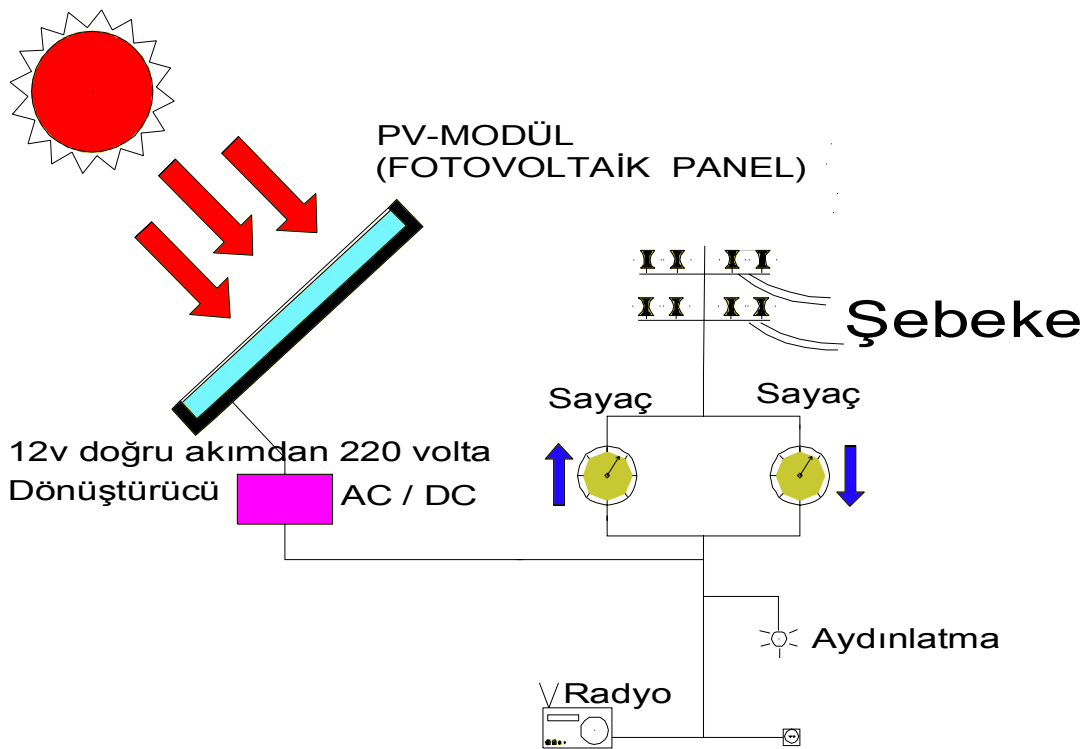
4.2.2.3. PV Sistem Türleri

Fotovoltaik sistemler uygulamada iki farklı tipte uygulanmaktadır. Bunlar, şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız ünitelerdir. Şebekeden bağımsız sistemler var olan elektrik şebekesinden uzakta elektrik ihtiyacının olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Şebekeye bağlanma maliyeti PV güç sistemi kurmaktan daha fazla olabilmektedir. İlk yatırım maliyeti ardından herhangi bir bakım ve gideri olmayan bu sistemler genellikle kırsal kesimlerde uygulanmaktadır. Şekil 4.15’de görüldüğü gibi akü kullanılan bu sistemlerin üretimin yapılamadığı durumlarda kullanmak için depolama gereksinimi olmaktadır. Bu da sisteme ek bir maliyet getirmektedir.



Şekil 4.15. Şebekeden bağımsız PV modül kullanımı

Şebekeye bağlı sistemler ise güç santrali ve yapılara entegre sistemler olmak üzere 2 ayrı gruba ayrılmaktadır. Şebekeye bağımlı sistemlerde üretilen elektrik şekil 4.16'da görüldüğü gibi iki yönlü bir sayaçla şebeke elektriğine bağlanmaktadır. İhtiyacın olmadığı durumlarda üretilen elektriği şehir şebekesine verilmekte, üretimin yapılamadığı durumlarda ise şebekeden elektrik alınmaktadır. İki yönlü sayaç hem şebekeye verilen hem de alınan elektrik miktarını kontrol etmektedir (Oktik 2001).



Şekil 4.16. Şebekeye bağlı PV modül kullanımı

4.2.2.4. PV Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

Güneş pillerinin gelecekte yaygın olarak kullanılmasını cazip kılan belli başlı avantajları şunlardır:

- PV sistemlerin ömrü, maliyetini amorti edecek kadar uzundur.

- Bakımları kolaydır ve bakım masrafları çok azdır.
- Yakıt olarak güneş enerjisini kullandığı için yakıt satın alma ve nakliye maliyeti yoktur. Ayrıca yakıt piyasasına bağımlılığı olmadığı için maliyet değişimlerinden etkilenmez.
- Çevreye zararlı bir atık bırakmazlar ve sessiz çalışırlar.
- Sistem bileşenlerinin birçoğu taşınabilir bir yapıya sahiptir.
- 1 Wattdan birkaç Kilowatt'a kadar geniş bir güç bölgesinde uygulanabildiği gibi istenildiği takdirde sistemin genişletilebilme imkanı da vardır.
- Kırsal kesim gibi elektrik şebekesinin ulaşmadığı bölgelerde, binaların, arabaların, yatların üzerinde küçük birimler halinde kullanılabilme imkanları vardır.
- Hareket eden parçası olmadığı için bir jeneratöre göre daha az arıza yapar. Orta büyüklükteki bir sistemdeki bir modül yada batarya arızalandığı takdirde ise sistemin bütünü etkilenmez ve çalışmaya devam eder.
- Jeneratörlerle karşılaştırıldığında ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına karşın uzun süreli kullanımlarda, yakıt ve bakım masraflarından dolayı onlardan daha az maliyetli olmaktadır.
- Üretilen elektrik bataryalarda depolandığı için istenildiği zamanda ve miktarda kullanılabilme serbestliği vardır oysa, bir tek ampül ihtiyacı için bile bir jeneratörün çalışması gereklidir.
- PV sistemlerde tesisat ve kablolama işlemlerinin elektrik kanunlarına uyma zorunluluğu olmadığı için maliyetleri düşüktür.
- Enerjinin üretildiği yerle tüketildiği yer arasında uzun mesafeler olmadığı için enerjinin taşınması sırasında oluşabilecek kayıp miktarı oldukça azdır.
- Sistem, istenildiği takdirde sökülüp kaldırılabilme imkanını verir. (Alaçakır 1997, Oluklulu 2001, Çıtıroğlu 2000, Yıldız 2003, www.toolbase.org/index-toolbase.asp)

Çok sayıda avantajı olması karşın, PV sistemlerin diğer elektrik üreten sistemlere göre aşağıda sıralanan dezavantajları da mevcuttur:

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.

- Yüksek güç gerektiren motorlar ve ısıtma sistemleri için ekonomik değildirler.

Güneş enerjisini elektriğe dönüştürme oranı düşüktür bu nedenle geniş alanlara ihtiyaç duyar.

- Sistemin üretim potansiyeli mevsimsel ve günlük hava değişikliklerden etkilenmektedir.
- Şebeke bağlantısının olmadığı durumlarda depolama ihtiyacı vardır.
- Doğru akım ürettiklerinden, üretilen elektriğin kullanıma uygun hale gelmesi için alternatif akıma dönüştürülmesi gereklidir.
- Şebeke elektriğine göre pahalıdır (Oluklulu 2001, Roberts 1991).

4.2.2.5. PV Modüllerin Yapılarda Kullanım Şekilleri

PV modüllerden su pompajında, katodik koruma sistemlerinde, iletişimde, aydınlatmada, otoyol kenarlarında ses kesici olarak ve küçük aletlerin çalıştırılmasında yararlanıldığı gibi, almalı sistemler diye de adlandırılan hibrit sistemlerde de yararlanılmaktadır. Mimarlık disiplini ise yapıların geleneksel kabuk işlevini gören yeni bir kabuk sistemi olarak tasarlanabilen PV modüller konvansiyonel çatı ve cephe elemanlarının yerini almaktadırlar.

Bina kabuğunun işlevleri çok yönlüdür. Bir yapı elemanı olarak adlandırılan kabuk, yapının içinde yaşanabilir konfor şartlarını sağlayan mekanlar oluşturur. Dış mekan ve iç mekan kavramlarının oluşmasının temel prensibi bir ayırıcının olmasıdır. Kabuk, ayırıcı bir yüzey olmanın dışında birçok işlevi de yerine getirmek durumundadır. Bu işlevler şunlardır:

a) Hava koşulları gereksinimi

- Yağmura, kara, neme karşı koruma,
- Isı korunumu ve geçişini sağlama,
- Soğuk rüzgarlara karşı koruma,

- Yazın serinleme için rüzgar geçişine izin verme,
- Güneş kontrolü sağlama.

b) Yapısal gereksinimler

- Yapısal stabilite sağlama,
- İç ve dış yüklere karşı dayanım,
- Mekanik ve kimyasal hasarlara karşı dayanım,
- Sağlam olması,
- Bakımı kolay olması,
- Yangın güvenliğini sağlama,
- Acil çıkışa izin verme.

c) Kullanıcı gereksinimleri

- Dışarıyla ilişkiye ve iletişime izin verme,
- İçeride gizlilik-mahremiyet.

d) Kentsel planlama ve tasarım için gereksinimler

- Çevre ile diyaloga izin verme,
- Estetik görünüm,
- Çevreye uyumlu malzeme ve formlar,
- Bütünleşik kimlik sunma.

e) Çevresel gereksinimler

- Gürültü kontrolü sağlama,
- Çevrede oluşan atık gazlardan koruma,
- Radyasyonel etkilerden koruma,
- Tozdan ve polenlerden koruma,

- Haşeratlerden koruma (Sick ve Erge1996).

Geleneksel kabuk işlevini gören yapı elemanlarının bütün bu kriterleri sağlaması gerekmektedir. Fakat günümüzde enerji etkin mimarlık anlayışında çevreye duyarlı, ekolojik dengeyi bozmayan ve kendi enerjisini üretebilen yapıların tasarlanması gerekmektedir. Temiz ve tükenmez enerji kaynağı olan güneşten yapılarda yararlanmak sürdürülebilir mimarlık için de gereklidir. Bu nedenle artık geleneksel kabuk elemanları yerine PV modüller kullanılarak hem bir kabuğun işlevleri yerine getirilmekte, hem de yapılar güneşten aldıkları enerjiyle kendi enerjilerini üretebilmektedir.

4.2.2.5.1. PV modüllerin yapılarda kullanılması durumunda tasarımı etkileyen faktörler

Yapıya entegre edilecek olan PV modüllerin tasarlanması bir çok faktöre bağlıdır. Temel amaç olan elektrik üretimi dışında mimari olarak estetik kaygıların da duyulması gerekmektedir. PV modülün performansını etkileyecek olan her türlü çevresel ve bölgesel etken dışında, yapının görünümünü etkileyecek olan bu sistemlerin, entegre bir biçimde tasarımlarının yapılabilmesi, aşağıdaki belli başlı kriterleri göz önünde bulundurmak gereklidir:

a) Arazi seçimi

PV modüllerin entegre edileceği yapının arazisinin özellikleri, PV modül tasarımına başlanmadan önce göz önünde bulundurulmalıdır. Arazi üzerinde yapının elde edebileceği maksimum verim yönü belirlenmeli, ve yapı buna göre yönlendirilmelidir. Ayrıca arazinin eğim özellikleri ve çekme mesafeleri (diğer yapılarla olan ilişkileri) de göz önünde bulundurularak tasarıma başlanmalıdır (Yıldız 2003).

b) İklim verileri

Yapının bulunduğu iklim bölgesi PV modüllerin performansını etkileyecek en önemli kriterdir. Tasarım yapılmadan önce yapının bulunduğu bölgenin iklim özellikleri incelenmeli; yıllık toplam güneşlenme süresi, ortalama bulutlu gün sayısı, rüzgar yükleri, yağış miktarı ve sismik koşullar gibi veriler ışığında PV sistemin tasarımı yapılmalıdır (Sick ve Erge1996).

c) Gölgeleme

Gölgelemenin PV modülün verimini etkileyen önemli bir faktör olduğundan daha önce bahsedilmiştir. Yapılarda uygulanacak olan modüllerin etki alanı ise hem arazi verilerine bağlı olarak tasarlanan yapının diğer yapılarla olan ilişkilerini, hem de yapının kendi elemanlarının yaptığı gölgelenmeleri içermektedir. Özellikle çatıda bulunan bacalar, antenler, depolar ve parapet duvarları yaptıkları gölgelerle modüllerin verimliliğini azaltmaktadır. Bu nedenle, mümkünse bu tip elemanların çatının kuzey yönünde yerleştirilmeleri ve modüllere bir engel oluşturmamaları gerekmektedir (Çelik 2002).

d) Modül ve hücre türleri

PV hücrelerin üretildikleri malzemeye bağlı olarak değişen görünümü ve rengi, hücrenin geometrik şekli yapının görünümü etkileyecek en önemli kriterdir. Yapı kabuğuna entegre edilecek PV modüller geçirgen, yarı geçirgen ve opak biçimde kullanılabilmektedirler. Geçirgen modüller daha çok pencere amaçlı kullanılmakta yarı geçirgenler ise yapı içinde konforun sağlanmasına yardımcı olmakta ve güneş kontrolünü sağlamaktadır. Amorf silisyum maddeden çökeltme tekniğiyle üretilen ince film, yarı geçirgen modüller %20-30 oranında gün ışığı geçişine izin vermektedir. Silisyum hücrelerin kesiminde kullanılan lazer kesim tekniğiyle üretilen yarı geçirgen modüller ise %18-38 oranında geçişe izin vermektedirler.

Ayrıca modül yapısının özellikleri, yani çerçeveli veya çerçevesiz olması, çerçevenin malzemesi ve montaj teknikleri de yapının görünümünü etkilemektedirler. Cam

görünümlü çerçevesiz modüller, gizli birleşme detaylarıyla bir bütün şeklinde görüldüğünden, cephe uygulamaları başarılı olmaktadır. Çerçevesiz modüllerde ise modül ve çerçeve rengi aynı renkte seçilerek bir bütünlük sağlanmalıdır (Çelik 2002, Yıldız 2003).

e) Yapı tipleri

PV modüller bugün her yapıya uygulanabilmektedirler. PV sistemlerin yapıya kazandırdığı direkt enerji katkısı dışında, enerjinin kullanım sürecinde ekonomik olması da gerekmektedir. Özellikle yüksek katlı ofis binalarının ve otellerin cepheleri ile fabrika binalarının geniş ve eğimli çatıları PV modüllerin entegre olabilmeleri için en uygun yapı kabuğu örnekleridir. Ayrıca, bu tür yapıların enerji tüketimi daha çok gün boyunca olduğundan, depolama maliyetleri de diğer yapı tiplerine göre az olmaktadır. Küçük PV sistemler için konutlarda da çoğunlukla uygulanan PV sistemler özellikle şebeke bağlantısının olmadığı yerlerde ekonomik olmakta, fakat şebeke bağlantısı olmadığı takdirde yoğunlukla akşam saatlerinde kullanılan elektriğin gün içinde depolanmasının maliyeti yüksek olmaktadır. Bu nedenlerle PV sistemlerin tasarımında yapı tiplerinin göz önünde bulundurulması önemlidir (Thomas ve diğ.1999).

Bu tasarım kriterleri dışında yapıya entegre edilecek PV modüllerin boyutlandırılabilmesi için ilk önce yapıda kullanılan elektrikli aletler incelenmeli ve yapının toplam yıllık elektrik yükü hesaplanmalıdır. Daha sonra elektrik yüküne uygun modül tipi ve sayısı seçilmelidir. En son olarak da sisteme uygun diğer elemanların seçimi yapılmalıdır (Oluklulu 2001).

4.2.2.5.2. Cephe bileşeni olarak kullanım

Cepheler yapı yüzeyinin büyük bir bölümünü oluşturmaktadırlar. Yapının görseelliğini simgeleyen ve mimarların fikirlerini yansıttığı en önemli yapı

elemanlarıdır. Bu nedenle PV modüllerin cephe bileşeni olarak kullanımı çatı bileşeni olarak kullanımına göre daha önemlidir (Yıldız 2003'ün Hagemann 2000'den bildirdiği). Cephe yüzeyine entegre edilecek olan PV modüllerin uygulanması karmaşık detaylar gerektirebilir. Modüllerin boyutlandırması, elektrik sisteminin kurulması ve cepheye entegrasyonunda optimum çözümler bulmak ve maliyeti azaltmak için şu kriterlere dikkat edilmektedir:

- PV modüllerin sisteme getireceği yükün yapının tasarım aşamasındayken göz önünde bulundurulmakta ve buna uygun hesaplama yapılmaktadır.
- PV modüllerin verimliliğinin düşmemesi için temizlenmesi gerektiğinden tasarlanacak olan cephenin buna uygun olması gerekmektedir.
- Dış ortamla birebir bağlantı içinde olan PV modüllere su yalıtım uygulanması gerekmekte; bu yalıtım katmanı modülün verimini etkilememelidir.
- Cephe yüzeylerinde gölgelenme, çatılara oranla daha fazla olmaktadır. PV modül veriminin düşmemesi için yapının tasarımında bu durum önem arz etmektedir.
- Farklı modül malzemelerinin farklı avantajları vardır. Örneğin ince film hücrelerle daha büyük açıklıklar kaplanabilmekte ve modülün yapısı esnek olmaktadır. Modülün havalandırılmasının zor olduğu durumlarda ise amorf silisyum hücreler önerilmektedir. Bu gibi kriterler göz önünde bulundurularak yapıya uygun malzeme seçilmektedir.
- Yapının görünümünü oluşturan cephelerde kullanılacak olan modül malzemeleri estetik açıdan bir bütünlük içinde olması gereklidir. Yapının imajını belirleyecek olan modüller, aynı zamanda bir yapının prestijini de yansıtmaktadır (Yıldız 2003'ün Watt ve diğ.1999'dan bildirdiği).

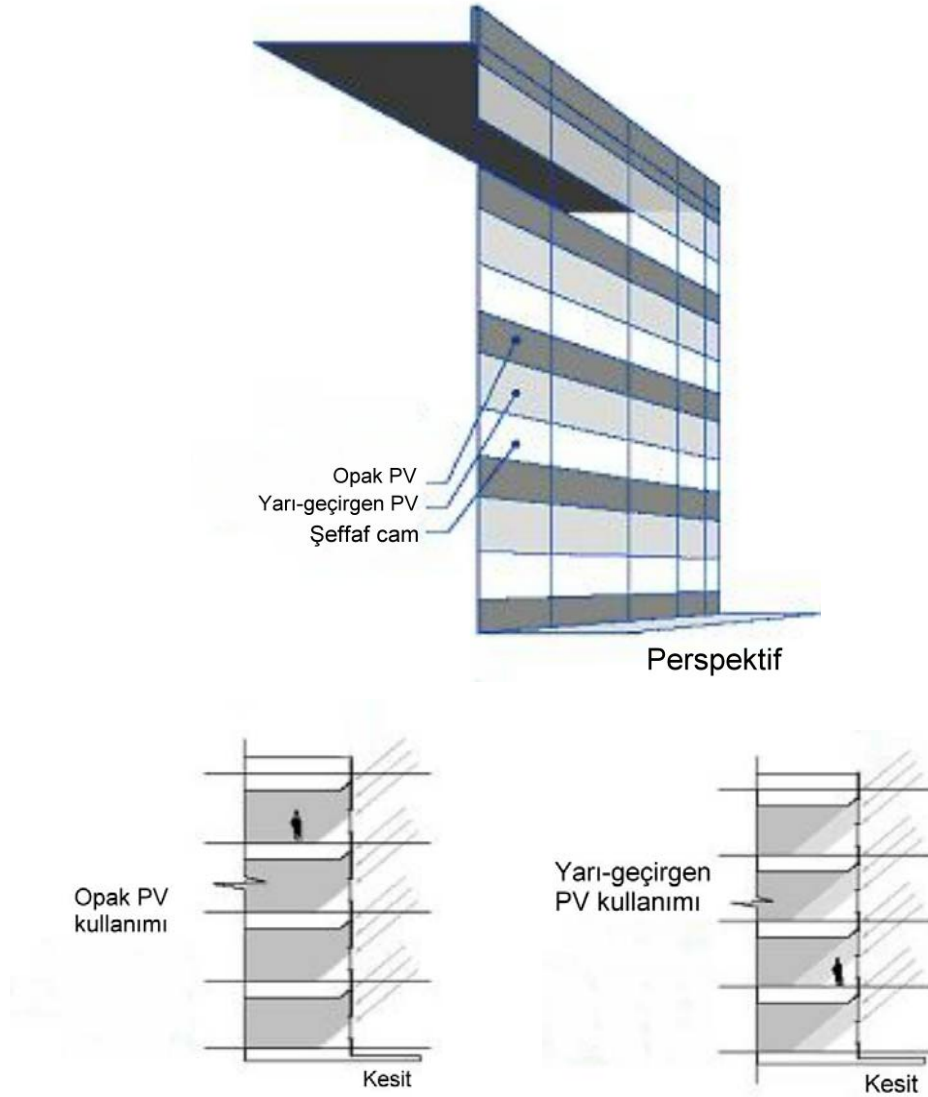
PV paneller, uygulamada doğrudan bina düşey kabuğunu oluşturduğu gibi (giydirmce cephe), geleneksel bir kabuk üzerine (yağmur perdeleme, güneş kırıcı) tespit edilerek de uygulanmaktadır (Oluklulu 2001).

a) Giydirme Cephe Elemanı Olarak Kullanım

PV panellerin doğrudan bina kabuğunu oluşturduğu kullanımdır. Biçimsel olarak değişik duvar türleri (düzlemsel, eğimli, kırıklı vb.) oluşturulabilir. Bu duvarları oluşturan PV modüller metal ızgaralara takılmakta ve metal ızgaranın yükü de yapının strüktürel sistemine taşıtılmaktadır. Bu tür uygulamalarda geçirimsizlik-sızdırmazlık sorunları geleneksel giydirme cephe teknolojisinde kullanılan detaylarla ve yöntemlerle çözülebilmektedir (Çelebi 2002). Ayrıca PV modüllerin doğrudan taşıyıcı cephe elemanlarına takıldığı uygulamalarda mevcuttur.

1) Düzlemsel perde duvar

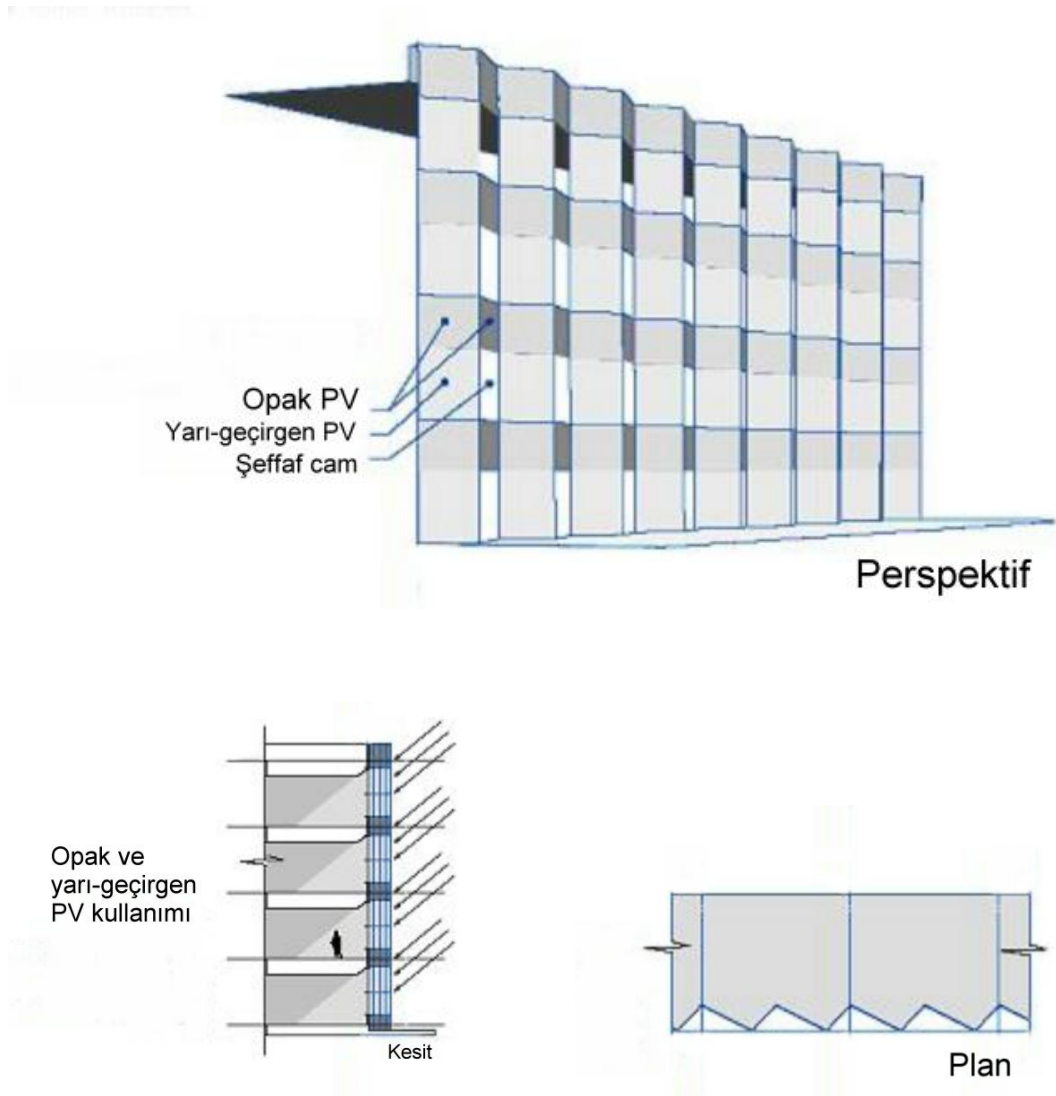
Büyük ofis yapılarında yaygın olarak kullanılan geleneksel cam giydirme cephelerle aynı strükture sahiptir. PV modüller metal ızgaraya takılmakta ve yükleri yapının strüktürel sistemine aktarılmaktadır (Çelebi 2002). Ek bir konstrüksiyon maliyeti yoktur. Opak modüller ve yarı geçirgen modüller bir arada kullanılarak, yapı içinde konforlu bir ortam oluşturmak için güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Opak modül ve yarı geçirgen modülün iç mekandaki farklı etkileri Şekil 4.17’de görülmektedir.



Şekil 4.17. Düzlemsel perde duvarlarda PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

2) Düşeyde kırıklı perde duvar

Cephenin kırıklı tasarlanmasından dolayı ek bir konstrüksiyonun getirdiği fazladan bir maliyet vardır. Yönlenmenin doğru olması durumunda PV modüllerden iyi elektrik üretim performansı elde edilebilir. Köşe pencerelerinin açılabilir tasarlanması ile cephenin temizlenmesi sağlanabilir (Oluklulu 2001). Şekil 4.18’de görüldüğü gibi bu biçimde de opak PV modüller ve yarı geçirgen modüller, şeffaf camlarla birlikte kullanılmaktadır.

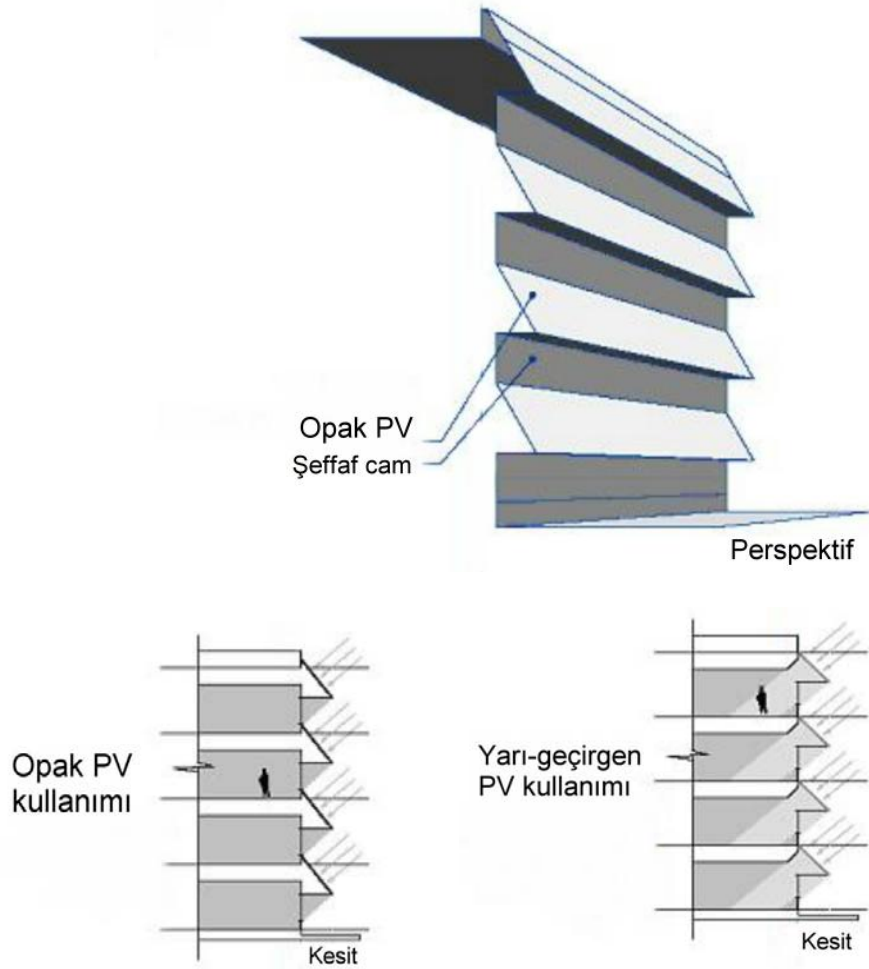


Şekil 4.18. Düşeyde kırıklı perde duvarda PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

3) Yatayda kırıklı perde duvar

PV panellerin yatay bir biçimde kullanılarak oluşturulan kırıklı duvarın uygulanması için ek bir konstrüksiyon maliyeti vardır. Fakat modüller güneş ışığını hem dik hem de açılı olarak aldıklarından düşeyde kırıklı duvarlara göre performansı yüksek olmaktadır. Yatay modüller uygulama biçimi itibariyle pasif gölgeleme etkisi oluşturmakta ve güneş kontrolü sağlamaktadır. Cephenin temizlenmesi sorun olduğundan modül verimlilikleri düşebilir (Çelebi 2002).

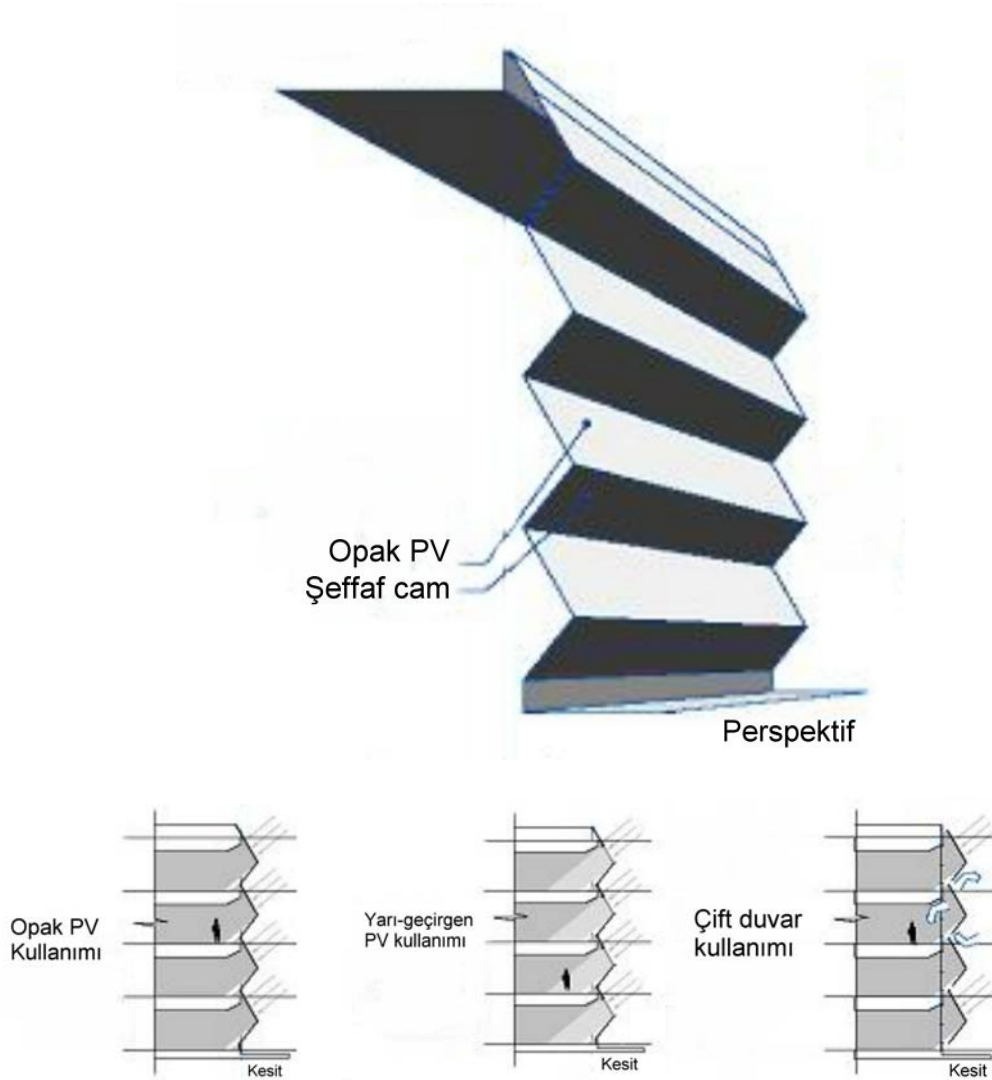
Opak PV ve şeffaf camın birlikte kullanımı ile yarı geçirgen PV ve şeffaf camın birlikte kullanımının iç mekanda oluşturduğu farklı etkiler şekil 4.19'da görülmektedir.



Şekil 4.19. Yatayda kırıklı perde duvarda PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

4) Akordeon perde duvar

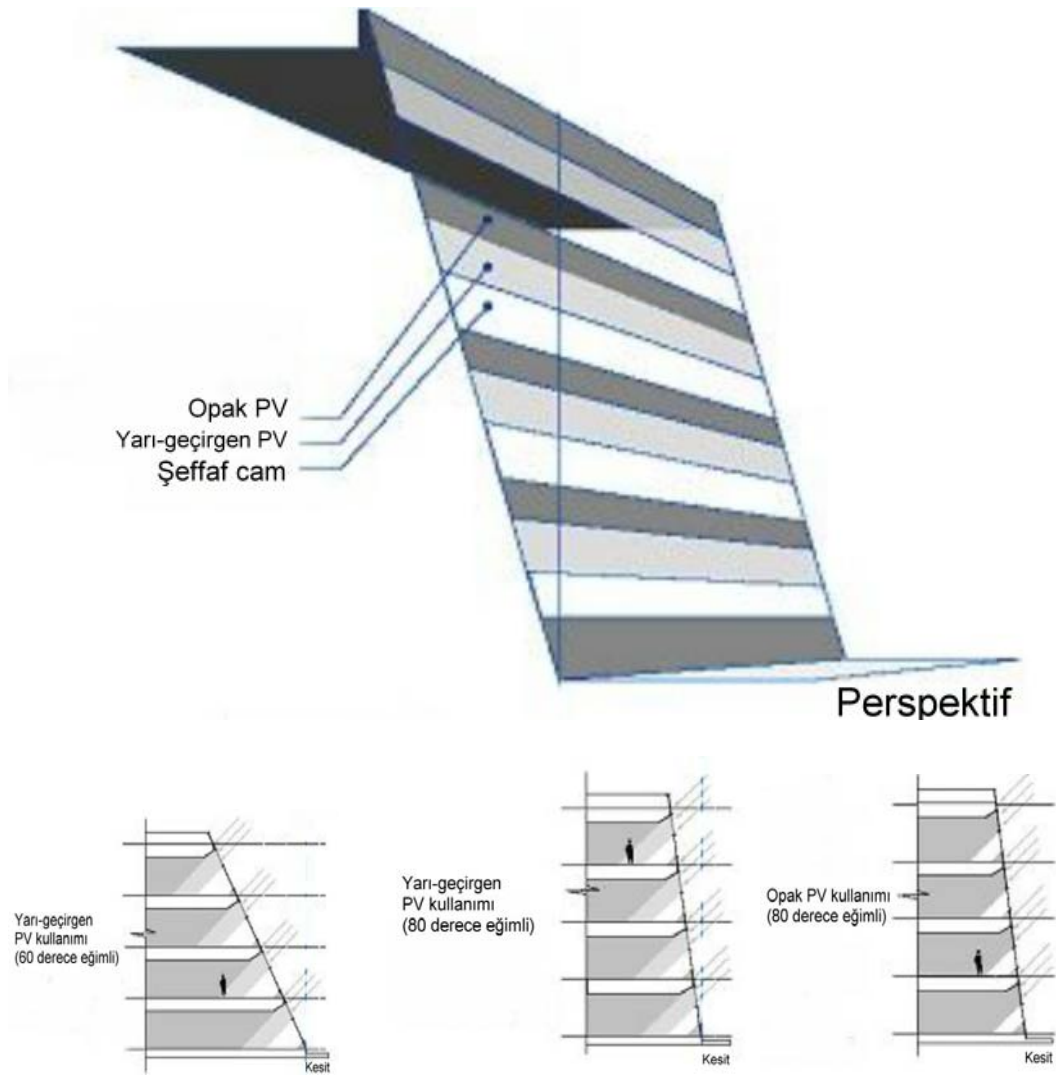
Karmaşık bir konstrüksiyon yapısına sahip olan akordeon perde duvarlar katlanmış plak-katlanmış plak birleşimi şeklinde de uygulanmaktadır. Uygulanması zor olduğu için maliyeti yüksektir ve temizlenmesi de zordur. Ayrıca bu sistemde çift duvar uygulaması da yapılmaktadır. Bu uygulamada dıştaki PV modüllerin oluşturduğu duvar ile iç duvar arasında ısı enerjisi elde edilmekte ve bu kontrollü bir biçimde iç mekana verilmektedir (Şekil 4.20). Bu tür duvarların performansı diğer düzlemsel duvarlara göre daha fazladır (Kiss Cathcart 1993, Çelebi 2002)



Şekil 4.20. Akordeon perde duvarda PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

5) Eğimli düzlemsel perde duvar

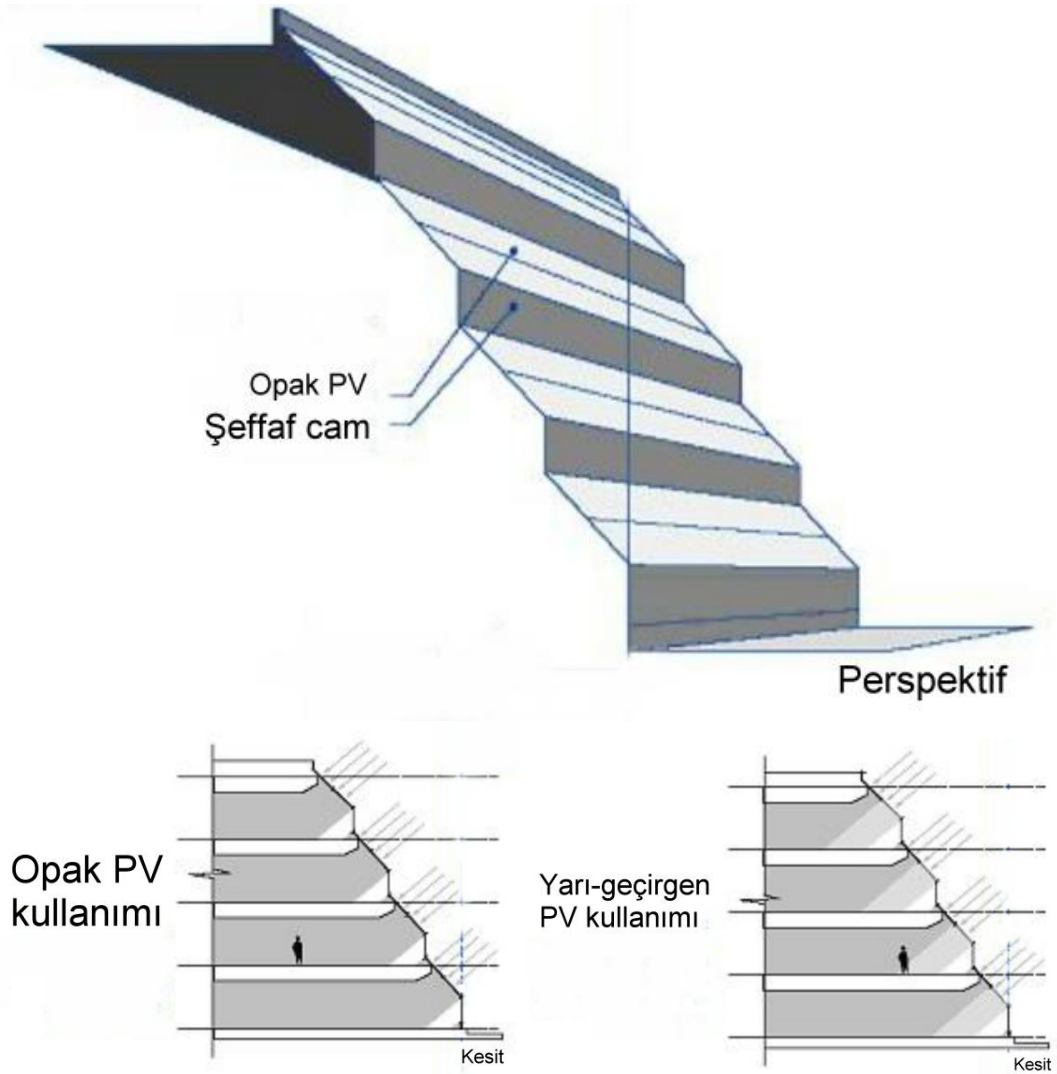
En yüksek performansın elde edilebildiği perde duvar türüdür. Optimum açı olarak 60° önerilmektedir. Farklı açılarının oluşturduğu etki Şekil 4.21'deki kesitlerde görülmektedir. Opak PV, yarı geçirgen PV ve cam bir arada kullanılarak düzlemsel duvarlarda olduğu gibi güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Konstrüksiyon olarak maliyetli olmasa da cephe temizliği sorun oluşturmaktadır (Kiss Cathcart1993, Çelebi 2002)



Şekil 4.21. Eğimli düzlemsel perde duvarda PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

6) Eğimli kırıklı perde duvar

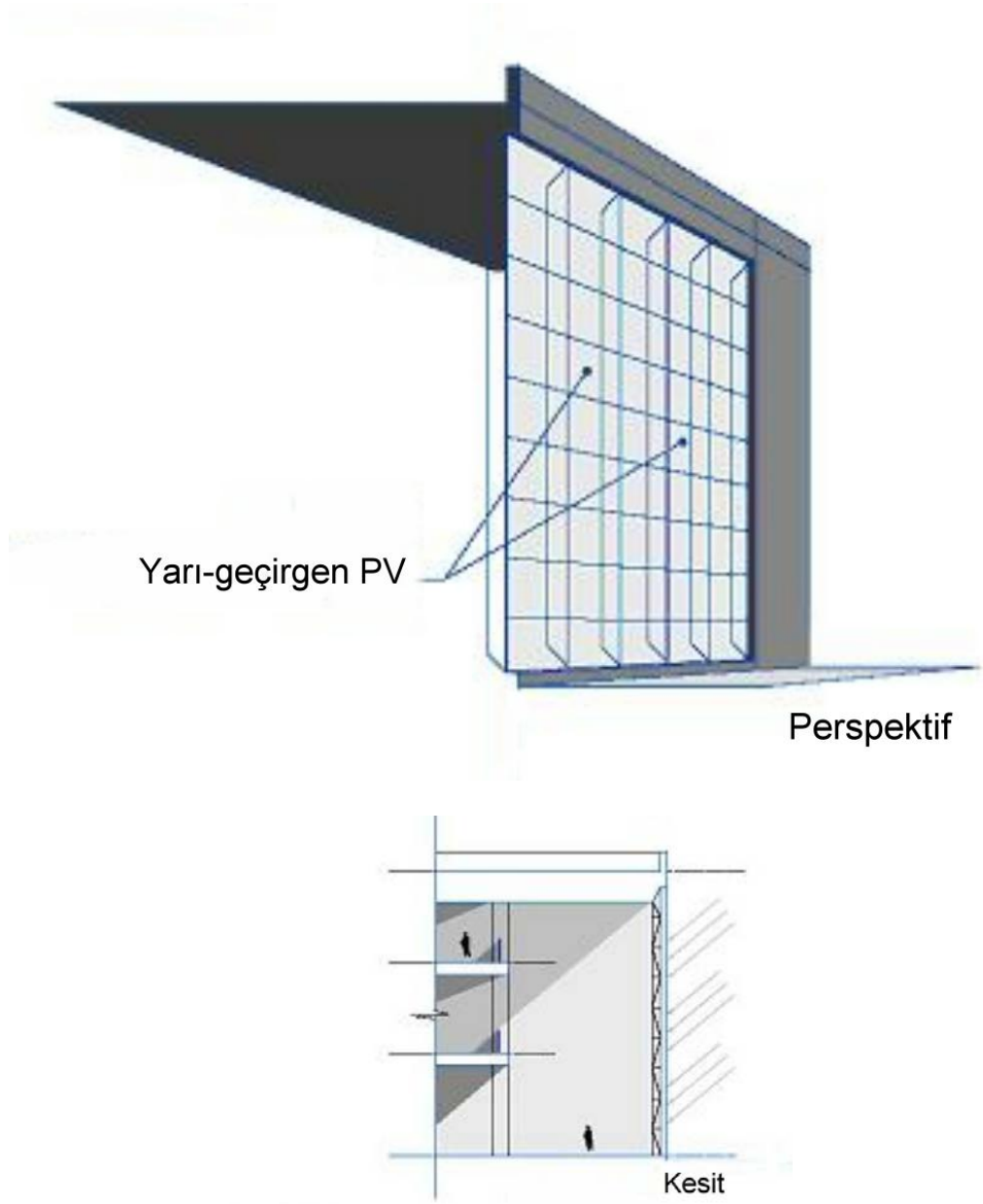
Perde duvarın kırıklı olması sebebiyle maliyeti yüksektir. Eğimli perde duvarlarla performansı aynı olarak görülmektedir ve onlar gibi temizlenme sorunu vardır. Şekil 4.22’de görüldüğü üzere eğimli kısımda PV modül düşey kısımda ise cam kullanılarak hem yüksek performans elde edilmekte hem de güneş kontrolü sağlanmaktadır. Eğimli duvarlarda olduğu gibi kat planları arasında benzersizlikler oluşmakta ve yapı daha çok arazi üzerine oturmaktadır (Çelebi 2002)



Şekil 4.22. Eğimli kırıklı perde duvarda PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

7) Taşıyıcı cam cepheler

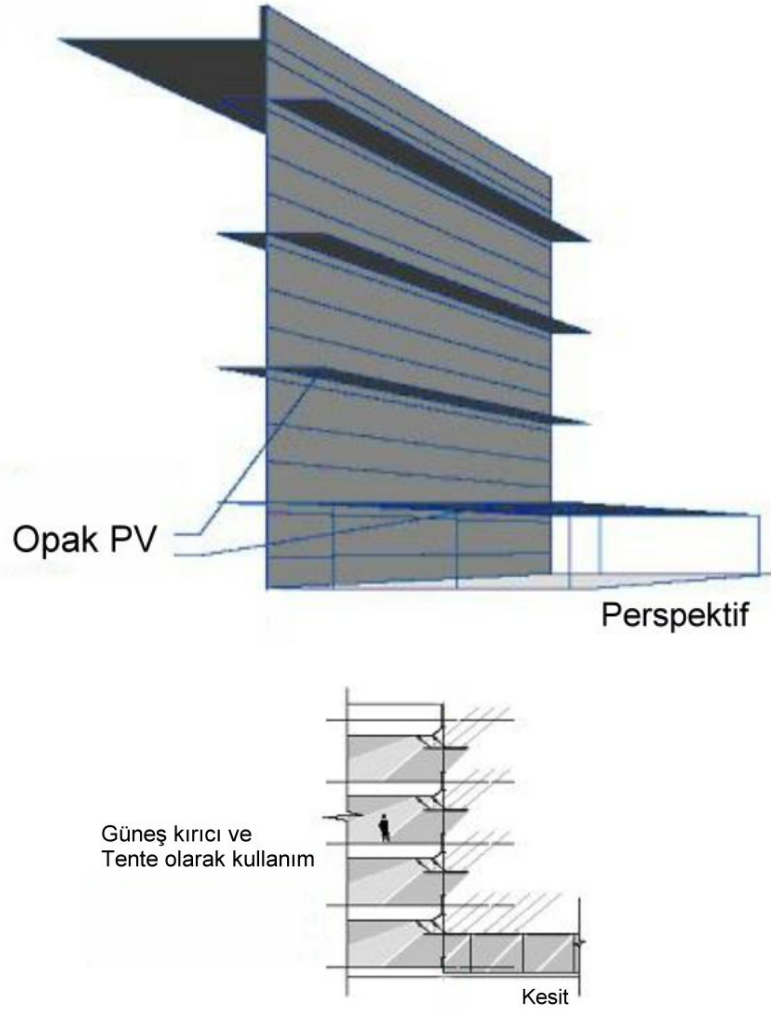
Bu tür uygulamalarda cephenin taşıyıcı özelliği vardır. Yapının çelik strüktürünün bir parçası olan cephelerin taşıyıcı strüktür aralıklarında PV modüller uygulanmaktadır. Normal taşıyıcı cam cepheler ile aynı teknik altyapıya sahiptir (Şekil 4.23). Yarı geçirgen PV modül ve cam yüzeyler birlikte kullanılmaktadır (Yıldız 2003).



Şekil 4.23. Taşıyıcı cam cephe olarak PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

b) Güneş Kırıcı Olarak Kullanım

Güneş kırıcılar hem güneş enerjisini toplamak hem de mekana giren ışığın kontrolünü sağlamak açısından verimli bir kullanıma sahiptir. Binaya sonradan entegre olabilen bu paneller için ek bir konstrüksiyon gereklidir. Yatay olduğu gibi eğimli veya hareketli de düzenlenebilir. Yapıya entegre edilen PV panel gölgeleme sistemleri, hem doğal ışık kontrolü hem de doğal ışıktan yeterince yararlanmayı sağlarlar (Şekil 4.24). Güneş kırıcıların bina kabuğuyla bütünleşmesinde su sızdırmazlık problemleri ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle özel detaylar ve buna bağlı ek maliyetler olabilmektedir (Oluklulu 2001).



Şekil 4.24. Güneş kırıcı olarak PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

c) Yağmur Perdesi Olarak Kullanım

Geleneksel duvar kaplamaları şeklinde mevcut cephelere monte edilen yağmur perdeleme sistemleri kabuğu atmosferik etkilerden korumaktadır. PV modüller bir ızgara sistemi yardımıyla kabuğa entegre edilmekte ve elektrik üretmektedirler. PV modülle duvar yüzeyi arasındaki boşluk hem kablolama ve bağlantı elemanlarını gizlemekte hem de modülün havalanmasını sağlayarak verimin düşmesine engel olmaktadır (Thomas ve diğ.1999).

4.2.2.5.3. Çatı Bileşeni Olarak Kullanımı

PV modüller çatılarda var olan çatının üzerine monte edilerek kullanılacağı gibi, doğrudan çatıyı oluşturan bir bileşen olarak da kullanılmaktadır.

a) Çatı sistemine monte edilerek kullanım

Bu tür uygulamalarda PV modüller, yapının çatısına sonradan monte edilmektedir. Düz çatıların üzerine bağımsız PV santral şekline uygulanabildiği gibi, geleneksel çatı sistemleri üzerine çatı bitiş malzemesi olarak da uygulanabilmektedir.

1) Çatı kaplaması olarak kullanım

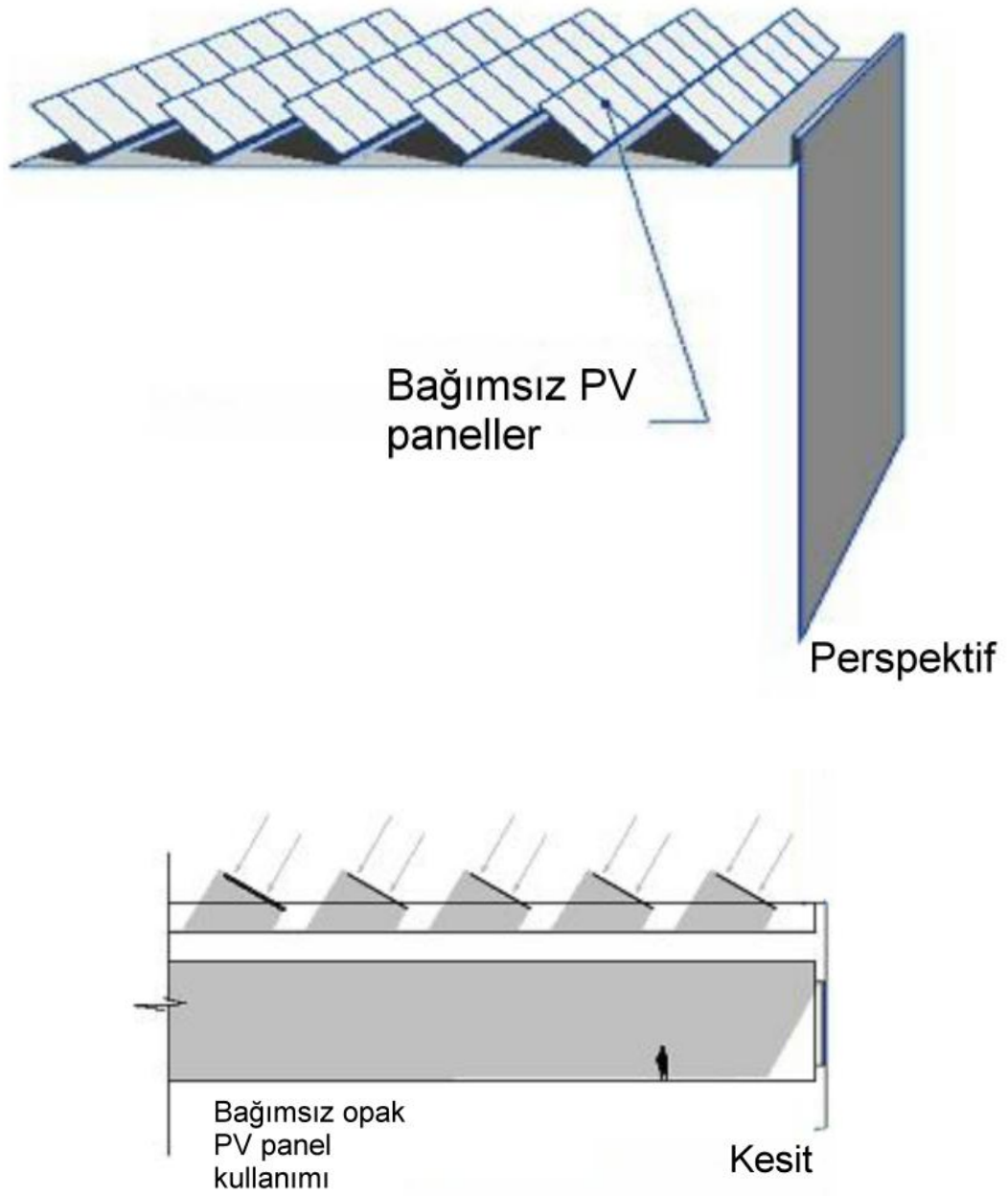
PV modüller bu tür kullanımda gerekli bütün ısı ve su yalıtımları uygulanmış mevcut çatı sistemi üzerine tespit edilirler. Modül verimlilikleri çatının eğimine ve yönlenmesine bağlıdır. PV modüllerin eğimli olarak çatı üzerine yerleştirilmesi dikkat isteyen bir uygulamadır. Bununla ilgili dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Uygulama sonrasında çatının bitiş kısımlarında boşluk kalmaması için PV modül ile kaplanacak olan çatı boyutlarına uygun modül boyutu seçilmektedir.

- Genellikle yalnızca çatının güneye bakan tarafı PV modüllerle kaplandığından diğer yöndeki geleneksel kaplama malzemeleriyle PV modüllerin birleşme detaylarına önem verilerek özellikle su sızdırmazlığı için özel detaylar oluşturulması gerekmektedir.
- Geleneksel çatı kiremitleri ağırlıkları nedeniyle çatı strüktürüne monte edilmeden bağımsız bir şekilde durabilmektedirler. Fakat PV modüller hafif olması nedeniyle çatı strüktürüne bağlanmaları gerekmektedir.
- Kaplanacak olan PV modüllerin elektrik tesisatlarını dikkatli bir biçimde kurulması gerekmektedir.
- Sıcaklığın artmasına bağlı olarak modül verimliliklerinin düşmemesi için arka yüzeylerinden havalandırılması gerekmektedir. Fakat geleneksel çatı sisteminin yalıtım elemanları bu olanağı vermemektedir.
- Çatılara entegre edilecek PV çatı kaplamasının uygulanmasında elektrik tesisatının ve fiziksel olarak montesinin dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. (Yıldız 2003'ün Watt ve diğ.1999'dan bildirdiği)

2) Düz Çatılarda Kullanım

Şekil 4.25'de görüldüğü gibi, düz çatılar üzerinde kullanılan PV modüller yapı kabuğundan bağımsızdırlar. Bağımsız bir PV santralinden farkları yoktur ve uygulaması en kolay sistemlerdir. İstenen eğimlerde ayarlanabildikleri için maksimum verim elde edilebilmektedir. Fakat, çatıdaki diğer elemanların gölgeleme yapmamasına dikkat edilmelidir. Sistem, istenildiği zaman sökülüp tekrar takılabilmek olanağı sunmaktadır (Kiss Cathcart1993).



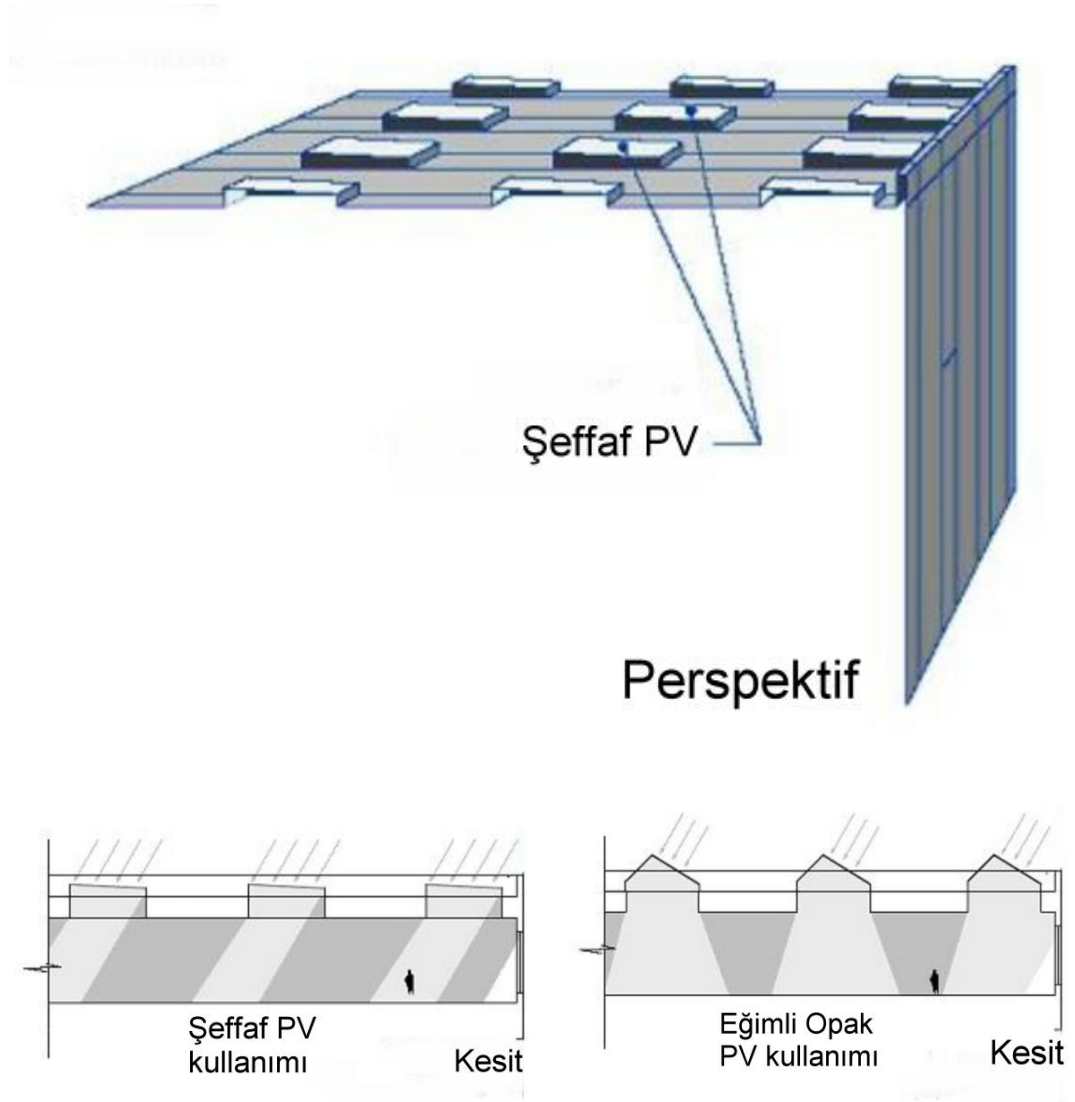
Şekil 4.25. Düz çatılarda bağımsız PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

b) Çatı sistemine entegre kullanım

Bu tür kullanımlarda PV paneller; çatı bitiş malzemelerinin yada çatı ışıklarının yerini alabilirler.

1) Düz çatı ışıklıkları

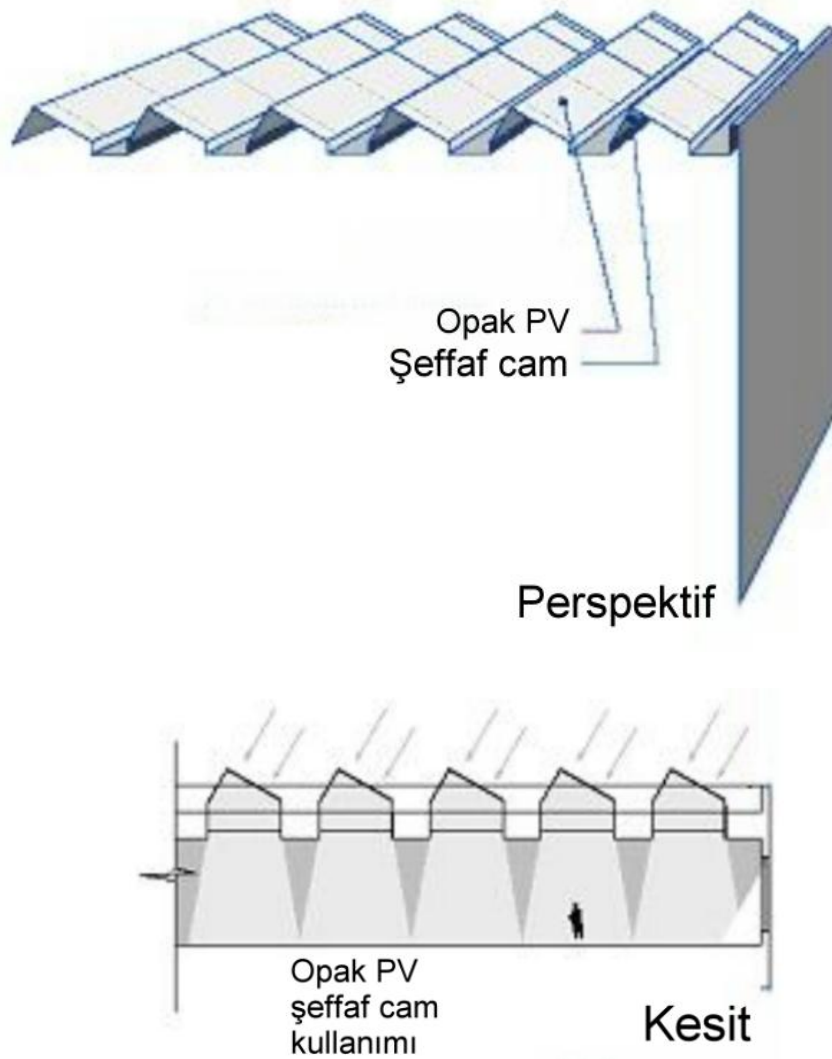
Bu tür uygulamalarda PV modüller, çatının bir elemanı olarak yapıya entegre edilirler. Çatıda ışıklık olarak kullanılan modüllerin, iç mekanda aydınlatma sağlaması için yarı-geçirgen özellikte kullanılmaları gerekmektedir. Sistemin verimini artırmak için Şekil 4.26'da görüldüğü gibi, PV modüller eğimli olarak da tasarlanabilmektedir. Fakat kışın kar yüküne karşı strüktürel hesapların yapılması ve yalıtım önlemlerinin alınması gerekmektedir (Yıldız 2003).



Şekil 4.26. Düz çatı ışıklığı olarak PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

2) Yatay kırıklı çatı ışıklıkları

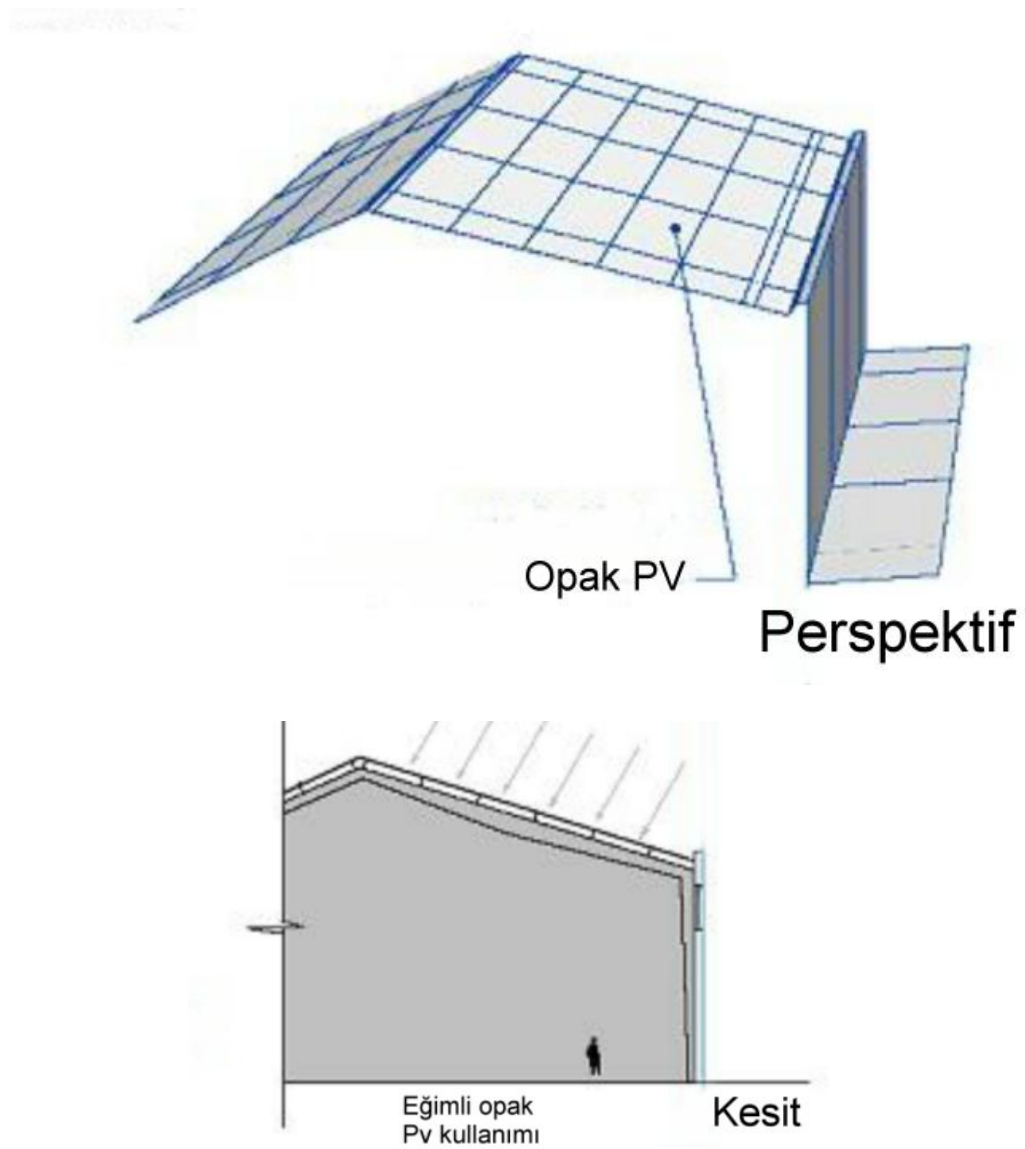
Bu tür uygulamalar genellikle büyük çatı alanlarına sahip yapılarda (fabrika veya diğer sosyal yapılar) olmaktadır. PV modüller yine çatı ışıklığı olarak yapıya entegre edilmişlerdir. Eğim oranları tasarım aşamasından düşünülerek maksimum verime göre ayarlanmaktadır. Şekil 4.27’de opak modül ve şeffaf cam uygulamasının iç mekandaki etkisi görülmektedir (Kiss Cathcart 1993).



Şekil 4.27. Yatayda kırıklı çatı ışıklığı olarak PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

3) Eğimli çatılarda kullanım

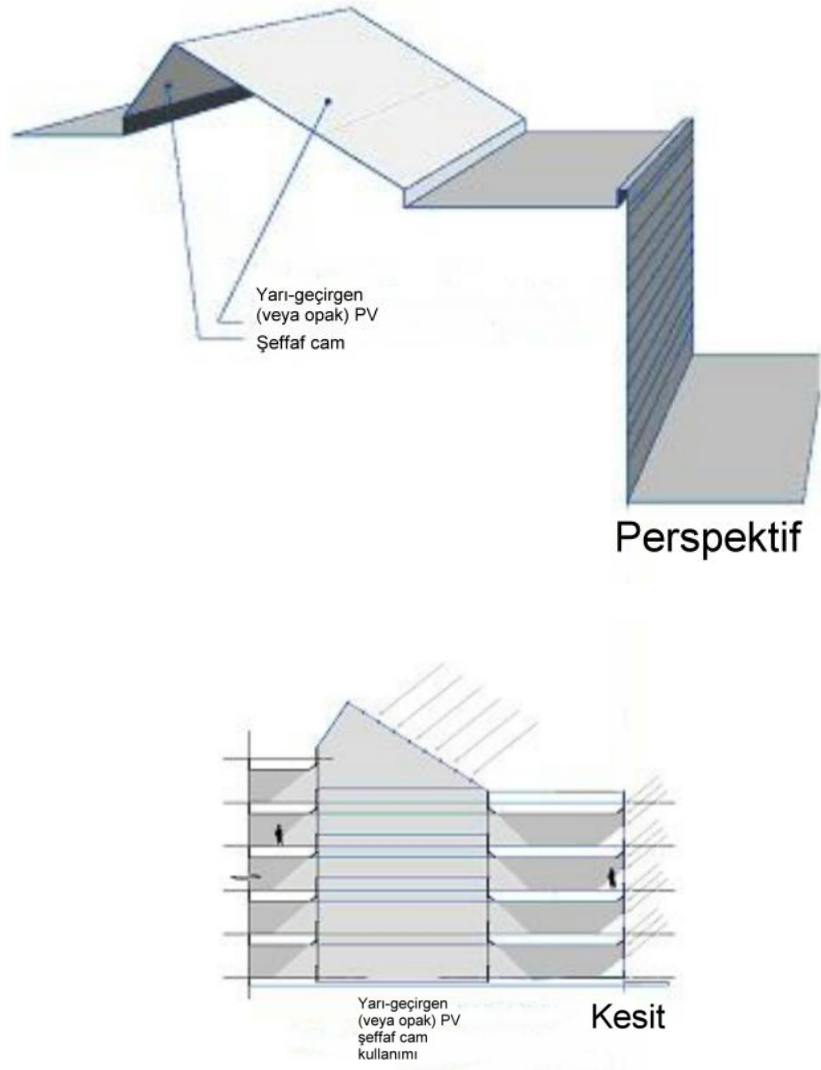
Bu tür uygulamalar çatı kaplaması olarak kullanım uygulamalarından farklıdır. Çatının strüktürüne entegre edilen bu sistemlerde (Şekil 4.28) PV modüllerin altında su yalıtımı yapılmak zorundadır. Eğimli olması nedeniyle verimlilikleri yüksektir ama soğuk iklimlerde kar yüküne uygun hesaplamalar yapılması gerekmektedir (Sick ve Erge 1996).



Şekil 4.28. Geleneksel çatı sistemi üzerinde PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

4) Atriumlu mekanlar

Büyük alış-veriş merkezlerinde ve otellerde sıkça uygulanan atrium alanlarının üstü genellikle camla kaplanmaktadır. PV modüller cam yerine kullanılabilecek en uygun sistemlerdir. Yarı-geçirgen PV modül kullanılarak hem elektrik üretilmekte hem de içeride güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Genellikle çelik strüktürlerin kullanıldığı atriumlarda kar yükünün hesaplanması ve su yalıtım detaylarının da doğru çözülmesi gerekmektedir (Şekil 4.29)



Şekil 4.29. Atriumlu mekanlarda PV modül kullanımı (Kiss Cathcart1993)

4.2.2.5.4. PV modüllerin yapıda cephe veya çatı bileşeni olarak kullanılmasının avantajları

- Yapı kabuğunun geleneksel işlevi dışında, enerji üretebilen bir sistem özelliği kazanması yapı tasarımlarına yeni bir boyut kazandırmaktadır.
- PV modüller çok değişken boyutlarda ve yapılarda üretilebildikleri için görünüm olarak çok çeşitli şekillerde tasarlanabilmektedir.
- PV modüllerin yapılara entegre edilebilmeleri için ek bir alana ve modülü destekleyecek herhangi bir mekanizmaya ihtiyacı olmamaktadır.
- PV modüller, geçirgen veya yarı geçirgen olarak tasarlanarak yapının güneş kontrolü sağlamak ve pasif yönden de kazanıma katkıda bulunmaktadır.
- Renkli olarak da üretilebildikleri için görsel açıdan etkileri, kullanımlarını yaygınlaştırabilecektir.
- Yapılara entegre edilen PV modüller, şebekeye bağlı bir sistem olarak tasarlandıklarından, depolama ihtiyacını gören akü maliyetleri de yoktur
- Kırsal kesim gibi şebeke elektriği ulaşım maliyetinin yüksek olduğu bölgelerde alternatif oluşturabilecek bir sistem olarak görülmektedir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Günümüzde, dünyada yaşanan en önemli sıkıntılardan biri enerji azlığıdır. Toplumların yaşamını sürdürebilmesi, var olan sistemlerin devamlılığı için enerji kullanımı zorunludur. Kullanılmakta olan enerjilerin büyük bir kısmını konvansiyonel (fosil tabanlı) enerji kaynakları oluşturmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz olarak sayılan bu enerjilerin rezervleri sınırlıdır ve yapılan araştırmalarda ne kadar süre sonra tükenecekleri belirlenmiştir. Fosil tabanlı enerji kaynaklarının tükenerek olması, bu enerji türüyle çalışan bir çok sistemin de devre dışı kalmasına neden olacaktır.

Fosil tabanlı enerjilerin sınırlı enerjiler olması dışında, çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar da büyüktür. Bu enerji türlerinin yakılması sonucunda açığa çıkan zehirli gazlar ve atıklar oluşturdukları etkilerle dünyanın ekolojik dengesini tehdit etmektedirler. Küresel ısınma, asit yağmurları gibi dünyanın geleceğini tehdit edebilecek boyutlara ulaşan bu durumlar için acil önlemler alınması gerektiği söylenmektedir.

Özellikle 1973 petrol krizinden sonra, gelişmiş ülkeler, hem fosil kaynakların tükenerek olması, hem de bu enerji kaynaklarının zararlı etkileri sebebiyle bu enerjilere alternatif olabilecek yeni kaynak arayışına girmişlerdir. Fosil enerji kaynaklarına alternatif olabilecek kaynaklar ise, doğada var olan, temiz ve tükenmez yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Güneş, rüzgar, jeotermal, hidroelektrik, biyokütle, hidrojen ve deniz-dalga olarak sayılabilen bu enerji kaynakları sürekli kendini yenileyen ve dünya var oldukça devamlılığını sürdürecektir olan temiz enerji kaynaklarıdır.

Günümüzde bilim adamları bu enerjilerin birçoğundan yararlanılabilecek teknolojiler geliştirmişlerdir. Rüzgar türbinleri yardımıyla elektrik elde edilmekte, jeotermal enerjinin sıcaklığıyla merkezi ısıtma sistemleri uygulanmakta, hidroelektrik santrallerden su gücü yardımıyla elektrik üretilmekte, hidrojen birçok alanda yakıt olarak kullanılmakta ve biyokütle materyallerinden yine biyogaz vb. enerji kaynakları üretilerek yakıt olarak kullanılmaktadır. En büyük enerji kaynağı ve diğer birçok yenilenebilir enerji kaynaklarının da esas kaynağı olan güneşten ise,

yararlanma olanakları çok çeşitli olup bu konudaki teknolojiler çok gelişmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sonucunda zararlı atıklar oluşmamakla birlikte, sistemlerin çevreye verdiği zararlar konvansiyonel enerji kaynaklarının oluşturdukları zararlar karşılaştırılmayacak kadar azdır.

Dünya üzerinde tüketilen enerjilerin yaklaşık olarak %50'lik bir kısmı yapılarla ilişkili faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle yapılar tükettikleri enerjilerle hem fosil kaynakların tükenmesinin hem de oluşan çevre kirliliğinin en büyük sebeplerinden biri konumundadır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından mimarlıkta yararlanmak artık kaçınılmaz olmuştur. Özellikle temiz bir kaynak olan güneşten yapılarda yararlanmak sürdürülebilir mimarlık ve sürdürülebilir çevre olgularının devamlılığı için gereklidir.

Güneş enerjisinden yapılarda yararlanmak aktif ve pasif yararlanma olarak iki şekildedir. Yapının tasarım aşamasından itibaren alınacak kararlarla ve geleneksel yapı kabuğunda yapılacak değişikliklerle güneş enerjisinden maksimum verim alınabilmektedir. Pasif yararlanma, yapının güneş merkezli tasarlanması ve güney cephesine ve çatılara yapılacak olan bazı ek sistemlerle güneş ışınımından ısı enerjisi elde etmek ve bunu kontrollü bir biçimde mekana vermektir.

Aktif yararlanma ise termodinamik sistemler ve fotovoltaik sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Termodinamik sistemlerde kullanılan güneş toplaçları ile binalar ısıtılmakta ve sıcak su elde edilmektedir. Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan bu sistemlerin teknolojileri de karmaşık değildir.

Fotovoltaik sistemlerde ise kullanılan PV modüller yardımıyla güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisi elde edilmekte ve yapının elektrik ihtiyacı için kullanılmaktadır. PV modüller, günümüzde yapılara monte edilerek veya entegre edilerek yapı kabuğunu oluşturan bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Özellikle yapının düşey kabuğunda kullanımları geleneksel cam-giydirme cephelerden farksızdır ve ek bir konstrüksiyon gerektirmeyen sistemlerdir. Kullanılacak olan yarı-geçirgen ve opak PV modüllerle yapıda hem güneş kontrolü sağlanarak konforlu iç mekan elde edilmekte, hem de üretilen elektrik enerjisi yapılarda kullanılmaktadır.

Günümüzde artık, yapıları enerji korunumlu tasarlamak yeterli değildir. İlk aşamada yapılması gereken yalıtım sistemleri, enerji tasarrufu, geri dönüşümlü malzeme kullanımı gibi önlemler, her ne kadar daha az enerji kullanımını sağlasa da,

bu önlemler yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, güneşten aktif ve pasif biçimde yararlanabilecek, etkin enerji kullanımı sağlayan yapılar tasarlanmalıdır.

Pasif sistemlerin ilk yatırım maliyeti hemen hemen hiç olmamakta veya çok az miktarlarda olmaktadır. Aktif sistemlerde ise yüksek ilk yatırım maliyeti dışında kullanım süresince bakım masrafları az olmakta ve yakıt masrafları olmamaktadır. Özellikle PV sistemlerin ilk yatırım maliyeti yüksek olsa da teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte hızla düşmektedir. Gelişmiş ülkeler bu sistemlere destek vererek kullanımlarının artmasını talep etmektedirler.

Sınırlı kaynaklara sahip olan ve enerjisinin büyük bir kısmını ithal etmekte olan ülkemiz enerjide dışa bağımlı bir konumdadır. Ancak bulunduğu coğrafi konum itibariyle güneş enerjisinden aktif olarak yararlanan bir çok ülkeden daha fazla yararlanabilecek durumdadır. Halen ülkemizde gelişmiş ve yaygın olarak kullanılan bir termodinamik sistem pazarı mevcuttur. Güneşten aktif biçimde yararlanarak sıcak su elde edilen bu sistemlere herhangi bir teşvik uygulamadan bu hale gelinmiştir. PV sistemlerin de aynı şekilde yaygınlaşması için gerek devlet desteği, gerekse özel sektörün yatırımları gerekmektedir. Uzun dönemli kullanımlarında ilk yatırım maliyetini amorti eden bu sistemlerin ülkemizde de yaygınlaştırılması için çalışmalar hızlandırılmalıdır.

Yapılara sonradan yapılan ek sistemlerden tam verim alınamamaktadır. Bu nedenle, yapının tasarımından itibaren disiplinlerarası işbirliği içinde yapılara entegre edilecek olan sistemlerle, artık yapılar enerji tüketen değil üreten duruma geçeceklerdir. Geleceği de düşünerek, sürdürülebilir mimarlık anlayışı içinde güneş enerjisinden yapılarda yararlanmak artık bir zorunluluktur ve mimarlar bu gerçeği göz ardı etmemelidir.

KAYNAKÇA

Alaçakır, B. 1997. Güneş Pilleri, Çevre ve Enerji Kongresi, Ankara, 5-7 Haziran

Alaçakır, B. 1999. Didim’de Kurulan Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sisteminin Tanıtılması ve Performansının İncelenmesi, Güneş Günü Sempozyumu, Kayseri, 25-27 Haziran

Altın, M. 2003. Tarih İçinde Teknolojiyi Yaşamak – Enerji Üretiminde Fotovoltaik Hücreler, Yapı, sayı: 256, sf. 49-55, İstanbul

Çelebi, G. 2002. Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri, Gazi Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi Dergisi, Cilt 17, No:3, Ankara

Çelik, B.G. 2002. Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulama Olanakları-Eskişehir İçin Bir Örnek Çalışma, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir

Çıtıroğlu, A. 2000. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi, www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2000/haziran/gunes.htm

Çokan, M. 2004. Dalga Elektrik Santralleri (Dalga Enerjisi), V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 26-28 Mayıs

Çolak, M. 1997. Binalarda Güneş Pili Uygulamaları, Güneş Mimarisi ve Güneş Enerjisi Sempozyumu, Antalya

Demirbilek, N. 1999. Mimarlıkta Güneşten Pasif Yöntemlerle Yararlanma ve Korunma: Dünyadan ve Türkiye’den Örnekler, Güneş Günü Sempozyumu, Kayseri, 25-27 Haziran

Demirbilek, N., Eryıldız, D.I. 2001. Güneş Mimarlığı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara

Demirel, Z., Süzük, H. 1997. Jeotermal Enerji, Dünya ve Türkiye Potansiyeli ve Kullanımlar, Çevre ve Enerji Kongresi, Ankara, 5-7 Haziran

Deriş, N. 1984. Güneş Evleri, Özyılmaz Matbaası, İstanbul

Dünya Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, 1998, 1997 Yılı Enerji Raporu, Poyraz Ofset, Ankara

Eiffert, P., Kiss, G.J. 2000. Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures: A Sourcebook for Architects, www.nrel.gov/docs/fy00osti/25272.pdf

- Eray, A. 2001. Enerjide Tutumluluk ve Verimlilik, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara
- Eryıldız, D.I. 2003. Sürdürülebilirlik ve Mimarlık Dosyasında Ekolojik Mimarlık, Arredamento Mimarlık, sayı 154, 71-76, İstanbul
- Goetzberger, A., Luther, J., Willeke, G. 2002. Solar cells: past, present, future. Solar Energy Materials&Solar Cells, 74: 1-11
- Göksal, T. 1998. Mimaride Güneş Enerjisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir
- Göksal, T. 2003, Mimaride Sürdürülebilirlik-Teknoloji İlişkisi: Güneş Pili Uygulamaları, Arredamento Mimarlık, sayı 154, 76-80, İstanbul
- Harrell, J. 1982. Solar Heating and Cooling of Buildings
- Hegner, H.D., Sağlam O. 2004, Binaların Enerji Prformansı AB Yönergesi 2002/91/EC: AB, Almanya ve Türkiye'deki Hazırlıklar, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 434, 30-33, Ankara
- Hashimova, A.R. 2001. Wind Power Today and Hereafter, Power Engineering Problems, 1: 3-7, 2001
- İnan, D. 2001. Geçmişten bugüne enerji kullanımı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara
- Kaya, A. 1994. Jeotermal Enerjide Isıtma, Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, Denizli
- Kazmerski, L.L. 1997. Photovoltaics: a review of cell and module Technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 1: 71-170
- Kiss Cathart Anders Architects. 1993. Building-Integrated Photovoltaics, Colorado, NREL
- Knobloch, J., Glunz, S.W., Kamerwerd, B., Köster, B. 1996. Silicium – Solarzellen mit höchsten Wirkungsgraden, Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme
- Koçhan, A. 2003. Doğal Çevreyle Kurulan Anlamsal Bağ: Sürdürülebilir Toplu Konut Tasarım, Yapı Dergisi, sayı 256, 49-55, İstanbul
- Korucu, Y. 1999. Güneş Enerjisi ve Teşvikler, Güneş Günü Sempozyumu, Kayseri, 25-27 Haziran
- Köse, F. 2002. Yenilenebilir Enerji Kaynakları (ve Sistemleri), Selçuk Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi Ders Notları, Konya

Oktik, Ş. 2001. Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara

Oktik, Ş., Tozlu C., Eke, R., Eltez, M. 2005. Güneş Enerjisi ve Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma Geliştirme Merkezi (Mütek-Arge) Uygulamaları, 24. Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Ankara, 17-18 Şubat

Okutan, M. 2000. Enerji Sorunu ve Yapılar, Arredamento Mimarlık, sayı 121, 112-117, İstanbul

Oluklulu, Ç. 2001. Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Özdamar, A. 2000. Dünya ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6.Cilt, Sayı 2-3, 133-145, Denizli

Özgener, Ö. 2002. Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisi, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 16-18 Ekim

Pearsall, N.M., Hill, R. 2001. Photovoltaics modules, system and applications, Clean Electricity From Photovoltaics, Sydney

Roberts, S. 1991. Solar Electricity, Prentice Hall, New York

Rüstemov, S., Demirtaş, M. 2004. Rüzgar Enerjisinin Bugünü ve Yarını, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 26-28 Mayıs

Saraçoğlu, N. 2004, Türkiye’nin Enerji Üretiminde Biyokütle Kaynaklarından Yararlanma Olanakları, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 26-28 Mayıs

Sarıtaş, M. 1988. Review paper on Solar Cell Technology, Proceedings of ECA Electronics Technology Workshop, TUBITAK, Gebze

Schiller, S., Evans, J.M. 1998. Energy and Environment in an Architectural Design Application, Renewable Energy, 15: 445-450

Sick, F., Erge, T. 1996. Photovoltaics in Buildings: A Design Handbook for Architects and Engineers, James&James Ltd, London

Sözen, M.Ş., Geçioğlu, E. 1999. Güneş Enerjisinden Etken ve Edilgen Yararlanmada Güneşlenme Durumları, Güneş Günü Sempozyumu, Kayseri, 25-27 Haziran

Şahali, İ. 2001. Güneş Enerjisi Sistemleri ile Konut Tasarımı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana

Şen, Z. 2002. Temiz Enerji ve Kaynakları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul

Thomas, R., Grainger T., Gething, B., Keys, M. 1999. Photovoltaic in buildings-a design guide, ETSU, DTI, Report S/P2/00282/REP, London

Uyar, T.S. 1997. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kullanım Programı, Çevre ve Enerji Kongresi, Ankara, 5-7 Haziran

Ültanır, M.Ö. 1997. Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanımı ve Özellikleri, Çevre ve Enerji Kongresi, Ankara, 5-7 Haziran

Vitruvius. 1990. Mimarlık Üzerine On Kitap, Çev. Suna Güven, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, İstanbul

Wachberger, M., Wachberger, H. 1988. Güneş ve Konut, Çev. Cemil Gerçek, Yaprak Kitabevi, Ankara

Warren, A. 2002. Binalarda Enerji Performansı Direktifi, Çev. Tuğçe Selin Tağmat, www.mimarlarodasi.org.tr/UIKDocs/enerjiperformansi.pdf

Watt, M., Kaye, J., Travers, D., Macgill, L. 1999. Opportunities for the Use of Building Integrated Photovoltaics, Photovoltaics Special Research Centre, University of NSW, www.pv.unsw.edu.au/miscpapers/BIPV/Chap2.pdf

Yıldız, A. 2003. Fotovoltaik Modüllerin Binalarda Kullanımı ve PVSYST 3.21 Yazılımı ile Bir Binanın Simülasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

İnternet Kaynakları

www.californiasolarcenter.org/photovoltaics.html

www.ecn.nl

www.eere.energy.gov

www.eere.energy.gov/femp/prodtech/pdfs/FAT-pv.pdf

www.eie.gov.tr

www.enerji.gov.tr

www.ica-pvps.org

<http://www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm#GÜNESENERJISI>

Özgür, A. 2005. Binalarda Enerji Performansı Direktifi Uyumlaştırma Çalışmaları, www.eie.gov.tr/turkce/en_tassarufu/en_tas_etkinlik/2005_bildiriler/oturum3/AtalayOzgur.doc

www.pvdatabase.com

www.pvsolmecs.com/modules

www.pv-uk.org.uk

2003. Photovoltaics: basic design principles and components, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Colorado, www.toolbase.org/index-toolbase.asp

Photovoltaic solar cell, modules and systems,
www.intersolar.ru/photovoltaic/eng/index.shtml

Renewables in Global Energy Supply. 2002.
http://www.iea.org/textbase/papers/2006/renewable_factsheet.pdf

www.solarbuzz.com

Tağmat, T.S. 2006, Binalarda Enerji Performansı Direktifi,
www.mimarlarodasi.org.tr/UIKdocs/enerjiperformansi.pdf

www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/altgrup/oneriler/bolum4.pdf

EKLER

EK-A: Tübitak Enerji Politikası Çalışma Grubu’nun “Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle İlgili Teknolojiler Alt Grup”u tarafından Türkiye için yapılmış olan öneriler

Genel Öneriler

- 1- Önümüzdeki yıllarda ticari kullanımı artacak yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemizde geliştirilebilmesi ve kullanımına ilişkin çalışmalar, her türlü kaynak ve imkan kullanılarak hızlandırılmalıdır.
- 2- Yenilenebilir enerji kaynakları alanında **ulusal teknoloji** oluşturmaya yönelik Ar-ge çalışmaları geliştirilmeli ve desteklenmelidir.
- 3- Türkiye’de genel enerji planlamasına bağlı olarak **Yenilenebilir Enerji Kaynakları Master Planı** yapılmalı ve bu plan ile ortaya konulacak özendirmelerle yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmada saptanacak hedeflere ulaşılmaya çalışılmalıdır.
- 4- Türkiye’de yenilenebilir kaynakların prodüktif bir biçimde değerlendirilmeleri özel sektör yatırımları ile gerçekleşebileceğinden, özel sektörü bu alana çekecek özendirmeler (yatırımlara sübvansiyon, düşük faizli kredi, vergi iadesi ve vergi muafiyeti) düzenlenmeli ve uygulanmaya konmalıdır.
- 5- Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları (özellikle jeotermal, güneş, rüzgar ve biyokütle enerjileri ile ilgili teknolojiler ve yeraltında doğal ısı depolama teknolojisi) uygulamaları, yalnızca sistem ve enerji üreticileri açısından değil, diğer kullanıcılar ve son tüketiciler açısından da özendirmelerle desteklenmelidir.
- 6- Büyük hidrolik kaynaklar üzerinde yerli ve yabancı özel sermaye ile santral kurmanın önünde, bu kaynağın anayasa’nın 168. maddesinde tabii servet (doğal zenginlik) sayılması nedeni ile imtiyaz hukukundan kaynaklanan ve Anayasa’nın 155. maddesi ile Danıştay denetimi getiren engel vardır. Aynı engel, yine tabii servet olarak nitelendirildiğinden jeotermal enerji için de varsayılmaktadır. Uygulanması benimsenen Yap-İşlet-Devret (BOT) ve/veya Yap-İşlet (BO) modellerinin geçerlilik kazanması için bu tür yasal engellerin kaldırılması özel sektör yatırımlarının önünün açılması gerekmektedir.

7- Yap-işlet (BO) modeli kapsamında yenilenebilir enerji kaynakları ile çalışan elektrik üretim tesislerinin kurulması ve işletilmesi ile enerji satışının düzenlenmesi hakkında bir kanun tasarısı ETKB tarafından hazırlanarak ilgili kuruluşların görüşü alınmaya başlanmıştır. Söz konusu tasarı hidroelektrik ve jeotermal enerji dışında kalan rüzgar, güneş, dalga, gel-git, çöp, çöpgazı, biyogaz vb. yenilenebilir enerji kaynaklarını içermektedir. Ancak, kapsamının geliştirilmesi gerekmektedir.

8- BO yasa tasarısı kapsamında hidrolik enerji ve jeotermal enerji tabii servet kavramı ile değerlendirildiklerinden alınmamışlardır. Oysa, güneş ve rüzgar da tabii servet niteliğindeki kaynaklardır. Ayrıca söz konusu tasarı sadece elektrik üretimini içermekte olup, ısı uygulamaları içermemektedir. Yasanın ısı uygulamalar alanındaki boşluğu da doldurması gerekir. Yine elektrik üretimi olsa bile yenilenebilir kaynaklarla çalışacak otoprodüktörler bu tasarı kapsamı dışında kalmaktadır. Bu konuda da düzenleme gerekmektedir.

9- Hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir birincil enerjilerin verimli değerlendirilmesi ve bunların değerlendirilmesine ilişkin yeni teknolojik çevrim olanaklarından yararlanılması için genel ilkeler, yerli ve yabancı özel sermaye yatırımlarını çekici özendirme, işletmeler için kurulduktan sonra işletme güvencesi sağlayıcı önlemler bir yasal düzenleme içinde ele alınmalı ve Yenilenebilir Temiz Enerji Kaynakları Yasası çıkarılmalıdır. Bu tek ve entegre yasa olabileceği gibi, kaynak bazında ayrı yasalar da hazırlanabilir.

Hidrolik Enerji ile İlgili Öneriler

1- Hidroelektrik enerji, Türkiye'nin kullanılabilir en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır. Önümüzdeki 25 yıl içerisinde, bugünkü teknik potansiyelin tamamının ekonomik potansiyel karakteri kazanması ve kullanılabilir duruma sokulması gerekeceği beklenebilir.

2- Hidroelektrik kaynakların gelişim planlarının gerçekleştirilebilmeleri uzun bir süre gerektirdiğinden ve bu arada ekonomik tutarlılık sınırları da doğal olarak mutlak değer taşımadıklarından, farklı zamanlarda farklı ekonomik kriterler açısından değerlendirilmiş olan su kuvveti gelişim planlarının, belirli aralarla ve eş kriterlere

göre revizyondan geçirilmeleri, gerekli eklenti ve değişikliklerin yapılması ve böylelikle seçenekler arasında daha uyumlu kıyaslama olanağı sağlaması yerinde olacaktır. Teknik yönden değerlendirilebilir hidro-elektrik potansiyel ile ekonomik yönden yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel arasındaki farklar da, bu tür revizyonların ve yeniden değerlendirilmelerin gerekliliğini kanıtlamaktadır.

3- Hidroelektrik enerji yatırımları için Yap-İşlet-Devret (BOT) modelinin etkin kullanımını sağlayacak hukuksal altyapı en kısa zamanda oluşturulmalıdır. Bu modelle yapılacak santrallerin işletme süresi sonunda DSİ'ye devredilmesi söz konusu olacağından, projelerin oluşturulması ve santrallerin işletme ve devir süreleri, rehabilitasyon çalışmaları ile uzatılabilmesi, hidroelektrik santraller için Yap-İşlet (BO) modeline de geçerlilik kazandırılmalıdır

4- Özel sektör eliyle gerçekleştirilecek büyük hidroelektrik enerji yatırımları için gerekli hukuksal düzenlemeler yapıncaya dek bir süre geçmesi kaçınılmaz görünmektedir. Bu da yakın gelecekte hidroelektrik enerji üretiminde devlet payının aşağıya çekilmesinin çok zor olacağını göstermektedir. Dolayısıyla, büyük bir enerji darboğazına girilmemesi için, devletin yatırım bütçesinde hidroelektrik enerji üretimine ayrılan payların artırılması zorunluluğu vardır. Ayrıca, DSİ tarafından inşa edilerek, işletmesi TEAŞ'a devredilen santralardan sağlanacak üretim bedelinden bir geri ödeme payı DSİ bütçesine aktarılmalıdır.

5- Ülkemizde uzun yıllardır değeri pek anlaşılmayan Ar-ge çalışmaları ile mühendislik çalışmalarına (proje ve tasarım) gereken önem verilmeli, tutarlı ve gerçekçi bir istihdam politikası uygulanarak bu alanda çalışanlara destek olunmalı ve sahip çıkılmalıdır. TEMSAN'ın kurulduğu yıllarda 500'den fazla hidroelektrik santral kurulması planlanan ülkemizde, böylesine isabetli bir yatırımın devlet eliyle yapılması ne kadar doğru ise, geçen zaman içinde yatırımın devletçe desteklenmemesi, teşvik edilmemesi, yapılan santralarda yerli üretim oranının artırılması için gerekli yasal önlemlerin alınmaması da o denli yanlış olmuştur. Bugünkü ekonomik politika kapsamında, TEMSAN'ın devlet desteği kesilmemek koşulu ile yerli ve yabancı özel sermayeye açılması üzerinde durulmalı, ancak temel amaç TEMSAN'ın güçlendirilmesi olmalıdır.

6- Enerji literatürlerinde büyük güçlü hidroelektrik uygulamalar klasik yenilenebilir enerjiler kapsamında yer alırken, küçük hidroelektrik enerji yeni ve

yenilenebilir enerjiler kapsamına sokulmaktadır. EİE ve DSİ'nin faaliyet sahaları ve deneyimleri göz önünde bulundurularak, bu kuruluşların iş kapasitelerinin geliştirilmesi doğrultusunda yapılacak yasal mevzuat ve teşkilat düzenlemeleri ile küçük hidroelektrik santraller konusuna el atılmalı; bu santrallerin, suların değişik amaçlı kullanımları ile entegre biçimde kurulmaları sağlanmalıdır. Ayrıca, kooperatiflerin bu tür santralleri kurmalarına, ürettikleri elektriği üretim ve dağıtım kuruluşlarına satmalarına olanak tanıyan bir yasal düzenleme de düşünülmelidir.

Jeotermal Enerji ile İlgili Öneriler

1- Jeotermal enerji hipertermal alanlardan çıkan, içinde mineral ve çeşitli tuzlar içerebilen sıcak su, buhar ve gazlar biçimindeki jeotermal akışkanının enerjisidir. Bazı teknik yöntemlerle yerin derinliklerindeki sıcak kuru kayaların ısısının değerlendirilmesi de jeotermal enerji kapsamında ele alınmaktadır.

2- Türkiye'de yüzey sıcaklığı 40°C' nin üzerinde olan 140 adet jeotermal saha vardır. Bunlardan 4 tanesi elektrik üretimine uygundur. Bu dört sahada elektrik üretiminin yanı sıra entegre ısıtma uygulamaları da yapılabilir. Geri kalan sahalarda ısıtma amaçlı kullanımlarda ve düşük sıcaklıkta ısı enerjisi gerektiren uygulamalarda değerlendirilebilir. Muhtemel jeotermal potansiyelin getirebileceği ekonomik kazanım 9 milyar \$/yıl'dır. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için, ülkemizdeki jeotermal alanların kullanım imkanlarının belirlenerek entegre tesisler halinde planlanması gereklidir.

3- Ülkemizdeki tek jeotermal elektrik santrali olan Denizli-Sarayköy Jeotermal Santrali, 1984 yılında kurulmuş olup, 20.4MW_e kurulu güçtedir. Aydın-Germencik'de 100MW_e

güçte bir jeotermal santrali besleyecek potansiyel vardır. Ayrıca, Aydın-Salavatlı ve Çanakkale-Tuzla'da elektrik santralında kullanıma uygun jeotermal rezervuar bulunmaktadır. Bunların değerlendirilmesi için çalışmalar başlatılmalıdır.

4- Jeotermal enerjinin çevre dostu karakterde kullanılması için, tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan reenjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) tekniğinin uygulanması, böylece hem rezervuar parametrelerinin korunması hem de jeotermal suyun çevreye zarar vermemesinin sağlanması şarttır.

- 5- Türkiye'nin muhtemel teorik jeotermal kapasitesi 31500MW_t dir ve bunun eşdeğeri de 5 milyon konuttur. Ancak, bu değer muhtemel teorik bir potansiyele işaret eder. Bugün için hedef bir milyon konuttur.
- 6- Mevcut jeotermal kuyuların yetersiz kaldığı bilinci ile daha fazla araştırma yapılarak jeotermal kuyuların açılmasına hız verilmelidir. MTA'nın programı kapsamında daha fazla kuyu yapılması sağlanmalı, il özel idarelerinin ve belediyelerin finansman sağlayarak yaptırdıkları kuyular için kuyu riski sigortası getirilmelidir. Yerli ve yabancı özel sermaye şirketlerine de jeotermal kaynak arama, kuyu açma ve işletme hakkı tanınmalıdır.
- 7- Jeotermal enerjide potansiyel geliştirme, yeni kuyular açma gibi işlemlerin yanı sıra, jeotermal kaynakların yüksek verimli ve entegre kullanılmalarına yönelik Ar-ge çalışmaları artırılmalıdır. Özellikle jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüşüm verimini artıran (çift buharlaştırılmalı sistemler) ve düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkandan elektrik üretimine imkan sağlayan yeni teknolojiler (İkili Çevrim Teknolojileri) üzerinde araştırmalar yoğunlaştırılmalıdır. Ayrıca sıcak kuru kaya (hot dry rock) jeotermal olanaklarının değerlendirilmesi de araştırılmalıdır.
- 8- Jeotermal enerji ile ilgili dünyadaki yeni gelişmelerin yakından izlenmesi, ilgili uzmanların bu konulardaki bilgi birikiminin geliştirilmesine özen gösterilmesi, deneyim kazanmalarına ve sektörde tutulmalarına olanak yaratılması, uluslar arası kuruluşlar ile ortak projeler geliştirilmesi, gerekli patent (know-how) transferleri yapılması konuları üzerinde önemle durulmalıdır.
- 9- Türkiye'de jeotermal enerjinin gelişimini hızlandıracak yasal düzenlemelerin bir an önce yürürlüğe girmesi sağlanmalıdır.
- 10- Jeotermal projeler, ÇED raporu alındıktan sonra, enerji ve tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan izin alınmak suretiyle uygulamaya sokulmalı, sektör standart altına alınarak disipline edilmeli ve kötü projelerin uygulanmasına engel olunmalıdır. Bu konuda "Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu" tarafından geliştirilen diğer bir öneri de, jeotermal projelere uygulanma izni verilmesi yetkisinin, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Çevre Bakanlığı ve üniversite temsilcilerinden oluşturulacak bir "Jeotermal Değerlendirme Komisyonu" tarafından yürütülmesidir.

Güneş Enerjisi İle İlgili Öneriler

- 1- Güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli, Türkiye'nin tüm bölgeleri için ciddiyetle ele alınmasını gerektiren bir büyüklüktedir. Güneş enerjisinden su ısıtma, konut ısıtma, pişirme, kurutma, soğutma gibi ısı amaçlarıyla yararlanılabileceği gibi, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek de olanaklıdır.
- 2- Güneş enerjisinin aktif yöntemle yapı ısıtılmasından, seraların ısıtılmasına, tarımsal ve endüstriyel kurutmaya, endüstriyel ısı uygulamalarına, soğutmaya, metalürjik fırınlara, fotokimyasal ve fotobiyolojik işlemlere dek çeşitli kullanım alanlarındaki araştırmaların desteklenmesinin yanı sıra uygulamaların yaygınlaştırılmasına da çalışılmalıdır. Bu çerçevede güneşli soğutma konusu, ülkemiz koşullarında tarımsal ürünlerin ve gıda sanayi ürünlerinin saklanması açısından üzerinde önemle durulması gereken bir seçenektir.
- 3- Türkiye'de güneş enerjisinden yararlanma konusunda politikaların belirlenmesine, kaynak yönlendirme ve teşvikler konusuna netlik kazandırılmasına gerek vardır.
- 4- Bugün Türkiye'de su ısıtma amaçlı 2.5-3 milyon m² kurulu kollektör alanı olup, yıllık kollektör üretimi 400-500 bin m² düzeyinde sürmektedir. Kurulu alana güneşten kazanılan enerji yılda 120 bin TEP kadardır. Son yıllarda üretilen kollektörlerin üçte biri aşkın bölümünün ihraç edildiği gözlenmektedir. Kollektör sanayinde kaliteli üretimin kontrolü ve desteklenmesi gereklidir.
- 5- Türkiye'de düz yüzeyli güneş kollektörleri ve güneşli su ısıtma sistemlerine ilişkin standartlar bulunmakla birlikte, tam uygulanmamaktadır. Dışarıya ihraç açısından yabancı alıcılar Türk Standardına uygun kollektörleri almamakta ve standart dışı özel istekte bulunmaktadır. Standart yeni olmakla birlikte gelişen teknolojiye göre geri kalmış durumdadır ve yenilenmesi gerekmektedir.
- 6- Üzerinde önemle durulması gereken bir konu da, konutların güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmaları için ileri malzemeleri de kullanan yeni çözümler geliştirmek, bu bilgileri yaymak ve uygulanmalarını teşvik etmektir. Yapıların güneş enerjisi ile pasif ısıtılması ve serinletilmesi güneş mimarisi ile bütünlük bir mühendislik konusu olarak ele alınmalı ve yerleşim alanı ölçeğinde geliştirilmelidir. Bu konuda bölgelerimiz için verimli ve maliyet etkin çözümler

geliştirmek amacıyla araştırmalara kaynak ayrılması, ilgili firmaların ve kullanıcıların teşviklerle desteklenmesi gerekmektedir.

7- Güneş mimarisinin başarılı olması için yasaları da kapsayan yeni bir mevzuat gerekmektedir. Bu mevzuat “güneşten yararlanma hakkı” ilkesine uygun biçimde EİE tarafından düzenlenmelidir. Bu mevzuat ve yasal düzenleme çerçevesinde “Güneş Mimarisi ve Pasif Güneş Enerjisi Uygulama Merkezi” kurulmalıdır. Merkez bu konuda araştırmalar yapmalı ve yönlendirmeli, uygulamaların denetimini yapmalı, teşvikleri yönlendirmelidir.

8- Güneş termik elektrik santrallerinin büyük güçlerde olanları fosil yakıtlarla (özellikle doğalgazla) entegre çevrimler kapsamında hibrid santral olarak geliştirilmektedir. Teknik ve ekonomik açıdan başarılı ilk uygulaması Amerika Birleşik Devletleri’nde (Luz Santrali, 354MW) yapılmıştır. Türkiye’nin bu teknolojiyi yakından izlemesi gerekmektedir. Ülkemizde de Güneş- Doğalgaz Hibrid Termik Santrali kurulması konusunun gündeme alınmasında ve konuyla ilgili Ar-ge çalışmalarına başlanmasında yarar görülmektedir.

9- Güneş fotovoltaik sistemleri trafik sinyalizasyonu, otoyollarda aydınlatma ve telefon iletişimi, orman kuleleri, deniz fenerleri, park ve bahçe aydınlatması, şebekeden uzak kırsal ünitelerdeki elektrik gereksiniminin karşılanması gibi öncelikli uygulama alanları bulabilirler. Bu sistemler uzun dönemde birkaç yüz kW’ın üzerindeki üretim birimleri ile ulusal elektrik ağına bağlantılı biçimde de çalışabilirler. Dünyada örnekleri olan bu tür kullanımlar pilot uygulamalarla Türkiye’de de başlatılmalı ve fotovoltaik (PV) panellerin ekonomikliğine bağlı biçimde geliştirilmelidir. Fotovoltaik çevrimle güneşten elektrik enerjisi üretiminde kullanılan PV panellerin yerli üretimine imkan sağlayacak araştırmalar desteklenmelidir.

10- Türkiye’de güneş enerjisi uygulamalarının yaygınlaştırılıp geliştirilmesi, gerekli kurumsal altyapının oluşturulması, güneş enerjisi ile ilgili sanayiye ve tüketicilere teşvikler uygulanması için bir yasal düzenleme yapılması zorunludur.

Rüzgar enerjisi ile ilgili öneriler

- 1- Geçmişte su pompajında kullanımı önem kazanmış rüzgar enerjisinin, 1974 yılından sonraki Ar-ge etkinlikleri sonucu günümüzde, elektrik üretim amacı ile kullanımı ön plana geçmiştir. Şu anda rüzgar santrallerinde kullanılmak üzere 100 kW ile 2000 kW arasında çeşitli güç kademelerinde rüzgar türbinleri üretilip piyasaya çıkarılmış olmakla birlikte, yoğunluk 450-1000 kW güçlü türbinler üzerinde toplanmıştır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi, konvansiyonel kaynaklarla ekonomik olarak yarışabilir duruma gelmiştir.
- 2- Türkiye’de rüzgar enerjisi kullanımının gelişimi için bir “Ulusal Rüzgar Enerjisi Programı” hazırlanarak uygulanmaya konulmalıdır. Bu programda 10 yıllık bir dönem için politikalar, hedefler, yatırımlar, teşvikler ve Ar-ge konuları yer almalıdır.
- 3- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın hazırladığı “Yap-İşlet (BO) Modeli ile kurulacak ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Çalışacak Elektrik Enerjisi Tesislerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışının Düzenlenmesi Hakkında Kanun Tasarısı”nın, geliştirilmesi gereken hususları ele alınarak, en kısa zamanda çıkartılması ülke yararına olacaktır.
- 4- Milli Park alanları ile yerleşim yerleri içinde ve 2km’den daha yakınlarda rüzgar santrali kurulmasına izin verilmemelidir. Bu tür santrallerle kuruluş yeri sağlanmasında mülkiyet dışında kiralama olanağı da tanınmalıdır. Alanlar seçilirken, aynı alanlarda olabilecek diğer kullanım imkanları da belirlenerek bir ekonomik fayda karşılaştırılması ve çevre etki değerlendirilmesi yapılmalıdır.
- 5- Gerekli teknoloji aktarımları ile yerli rüzgar türbini endüstrisi oluşumuna önem verilmelidir. Bu TAI fabrikaları gibi modern işletmelerde kolaylıkla üretilebilecek niteliktedir. İlk uygulamalardan başlayarak Türkiye’de yapılacak bölümlerin dışalımından kaçınılmalı, bir süre sonunda bütünü ile yerli üretime dayalı, Orta Doğu ve Orta Asya pazarına ürün satabilecek rüzgar türbin sanayi oluşturulmalıdır. Danimarka rüzgar sanayinde 12000 kişinin çalıştığı göz önüne alınırsa, rüzgar türbini sanayinin Türkiye’de enerji sektörüne katkıdan başka istihdama destek olabileceği de görülür.

- 6- Gücü 10kW'dan küçük olan ve meskun mahaller dışındaki konutlarda otoprodüktör olarak kullanılacak küçük makinelerin gelişimine de olanak tanınmalıdır. Ancak, küçük otoprodüktörlerin elektrik ağı sistemine girmelerinin yarar ve sakıncaları değerlendirilerek, bu konuda politika oluşturulmalıdır.
- 7- Rüzgar potansiyeli saptanması, yer seçimi, rüzgar çiftliği dizaynı, rüzgar enerjisi çevrim sistemleri üzerine yapılacak Ar-ge çalışmaları devletçe desteklenmelidir. Konuda uzman eleman yetiştirilmesi, yurtiçi ve yurt dışı master ve doktora programları ile desteklenmelidir.
- 8- Türkiye'deki araştırma kurumlarının uluslar arası enerji Ajansı programlarına katılımı sağlanmalıdır.

Biyokütle Enerjisi ile İlgili Öneriler

- 1- Ülkemizde klasik biyokütle kaynaklarından olan odun ile bitki ve hayvan artıkları, uzun yıllardan beri, özellikle ısınma ve pişirme alanlarında kullanılagelmektedir. Ancak bu kullanımın ilkel ve ekonomik olmayan bir biçimde gerçekleştiği söylenebilir. Modern biyokütle kaynakları ise, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji bitkileri tarımı (bir yetiştirme sezonunda ürün alınan enerji bitkiler), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.
- 2- Türkiye'de atıklara dayalı biyokütle enerjisi (biyogaz ve çöp santralleri) için bazı çalışmalar yapılmıştır. Ormancılık potansiyeli ile ilgili bilgiler bulunma birlikte, ormanlarımız, biyokütle enerjisi üretim potansiyeli açısından değerlendirilmiş değildir. Enerji plantasyonları biçimindeki tarımsal üretim olanakları üzerinde hiç durulmamış ve konu tarımsal üretim planlarında ele alınmamıştır. Ayrıca, kent zararlısı bazı ağaçların uygun peyzaj türleri ile değiştirilerek biyokütle materyal kazanılması olanağı da hiç ele alınmamıştır. Kısacası, Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli tam olarak bilinmemektedir.
- 3- Ülkemizin “biyokütle enerji potansiyelinin saptanması” konusu birinci öncelikte ele alınmalı ve bir proje ile enerji ormancılığından, enerji bitkileri tarımından, çeşitli yan ürün, atık ve artıklardan elde edilebilecek biyokütle materyalin çeşitleri ve coğrafi belgeler açısından yıllık miktarları belirlenmelidir.

- 4- Biyokütle enerjisi üretim stratejileri, uygulama olanakları ve ekonomik rekabet edebilirlikleri araştırılarak, ülkemiz için uzun dönemli “biyokütle enerjisi anaplanı” yapılmalıdır. Bu plan çerçevesinde, biyokütle üretimine yönelik orman dışı ağaç plantasyonları ve enerji bitkileri için ülke genelinde bir tarımsal üretim planlaması başlatılmalı ve konunun ekonomik boyutları ortaya konulmalıdır.
- 5- Biyokütle enerji uygulamaları ile ilgili bir araştırma merkezi oluşturulmalı, modern biyokütle üretim yöntemleri ve çevrim teknolojileri üzerinde Ar-ge çalışmaları desteklenmeli, pilot uygulamalara ve gerekli teknoloji transferlerine başlanmalıdır.
- 6- Türkiye’de enerji ormancılığı ve enerji tarımı hızla geliştirilmesi gereken konulardır. Enerji ormancılığına uygun alanların yaklaşık %15 kadarı bu amaçla değerlendirilmiştir, geri kalan %85 alan uygulama beklemektedir. Türkiye’nin iklim ve toprak koşullarına uygun, rotasyon süreli kısa, hibrid ağaç türleri yetiştirilmesi üzerinde durulmalıdır. Ormanlık alanların dışında, kentlerin mücavir alanlarında gecekondulaşmayı önlemeye de yardımcı olacak biçiminde, kısa süreli biyokütle ağaç yetiştiriciliği yapılmalıdır.
- 7- Enerji bitkileri tarımı ise hiç el atılmamış bir konudur. Ülkemizde enerji bitkileri tarımına C₄ tipi bitkilerle ve özellikle tatlı sorghum ile başlanmalıdır. Tatlı sorghum hem alkol ve hem de biyoyakıt üretmeye uygun bir bitkidir. Bu tür enerji bitkileri bir yetiştirme sürecinde ikinci ürün olmalıdır. C₄ bitkileri ve özellikle tatlı sorghum konusunda TÜBİTAK-MAM’da yürütülen ve iki patentle sonuçlanan çalışmalar, diğer araştırmalara desteklenmeli; gerek ürün üretimi, gerekse biyokütlenin enerji amaçlı kullanımına yönelik uygulamalar (yakma sistemi tasarımı, piroliz, vb.) yaygınlaştırılmalıdır. Bu çalışmalar, laboratuvar incelemesi ve küçük ölçekli demonstrasyon boyutunu aşmalı, orta ve büyük ölçekli üretimlere geçilmelidir. Ayrıca tarım ürünlerinin artıkları da bu amaçla değerlendirilmeli ve bölgesel bazda yakıt üretim tesisleri kurulup yaygınlaştırılmalıdır.
- 8- Biyokütle kökenli akaryakıt konusu, eşgüdümlü olarak tarımsal üretim planlaması ve enerji planlaması kapsamında ele alınmalıdır.
- 9- Katı yakıt olarak kullanılacak biyokütlenin endüstriyel tesislerde ve termik santralarda yüksek verimle yakılabilmesi için özel akışkan yataklı kazanlar geliştirilmesi üzerinde durulmalıdır. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde bu alanda

sağlanan gelişmeler yakından izlenmeli, söz konusu Ar-ge programlarına katılım olanakları değerlendirilmelidir.

Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler ile İlgili Öneriler

- 1- Deniz kökenli yenilenebilir enerjilerden Türkiye için söz konusu olabilecek olan, geliştirilmiş bir teknolojisi de bulunan deniz dalga enerjisidir. Ayrıca, denizlerimizde biyokütle yetiştiriciliği üzerinde de durulmalıdır.
- 2- Türkiye’de henüz enerji Ar-ge çalışmalarında ve enerji planlamalarında adı geçmeyen deniz dalga enerjisi gündeme alınmalı ve konu ile ilgili ön çalışmalara başlanmalıdır.

Hidrojen Enerjisi ile İlgili Öneriler

- 1- Türkiye’de hidrojen enerjisi konusunda yapılmış çalışmalar yok denecek kadar azdır. Dünyada hidrojen teknolojisinin gelişimi ve uygulama planları göz önünde tutularak, öncelikli Ar-ge programlarına hidrojen enerjisinin alınması gerekmektedir.
- 2- Türkiye’de Birleşmiş milletler UNIDO destekli Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) kurulması için başlatılmış olan çalışmaların hızla olumlu sonuca götürülmesi gerekir.
- 3- 21. yüzyılın hidrojen çağı olacağı göz önünde tutularak, ülkemizde de hidrojen enerjisi ile ilgili demonstrasyon çalışmaları yapılmalı, teknolojik gelişim konusunda halk bilgilendirilmelidir. Gelişmiş yabancı ülkelerde hidrojenle çalışan otomobil, otobüs vb. araçlar halkı bilgilendirmek için kullanılmalıdır. Türkiye’deki otomotiv endüstrisi demonstrasyon amaçlı hidrojen üretebilecek teknolojiye sahiptir. Bu konuda yönlendirilmeleri gerekir.

Yer Altında Isıl Enerji Depolaması ile İlgili Öneriler

- 1- Yeraltında ısııl enerji depolama sistemleri, elektrik ve fosil yakıt kullanımına tasarruf getirmekte, güneş enerjisi, doğal enerji olanakları (toprak, yüzey ve yer altı

suları ile havada doğal olarak bulunan ısı enerjisi) ve sanayideki atık ısıları değerlendirerek, enerjinin etkin kullanımını sağlamakta, sera etkisi yaratan ve asit yağmurları oluşturan gazların çevreye daha az yayılmasına neden olmaktadır. Enerjide dış bağımlılığı azaltmaya yönelik olarak, öz kaynakların daha verimli kullanılmasına da katkıda bulunmaktadır.

2- Bu depolama sistemleri, yenilenebilir kaynaklardan enerji elde edilmesiyle kullanımı arasındaki zaman farkını (güneş enerjisinde gece-gündüz ve yaz -kış farkı gibi) kapatarak, yenilenebilir enerji kaynaklarından sürekli yararlanabilme olanağı sağlamaktadır. Dolayısıyla yenilenebilir kaynakların etkin kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır.

3- Yeraltında ısı depolama, tank, çukur ve kaya oyuklarında, akiferde ve kanallarda depolama teknikleri ile gerçekleştirilmektedir. Özellikle akiferde depolama önemlidir. Bazı sanayi kuruluşları halen yer altı suyunu soğutma amaçlı olarak kullanmakta, sonra dışa atarak su rezervinin azalmasına ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Akiferde ısı depolama sistemlerinde yer altı suyu kapalı devre bir sistemde başka hiçbir su ile karışmadan kullanılıp, tekrar yeraltındaki aynı akifere beslenmektedir. Böylece, çevre kirlenmesi oluşmadığı gibi, yer altı akiferi de korunmuş olmaktadır

(www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/altgrup/oneriler/bolum4.pdf).

EK-B: Türkiye’de PV Modüllerle Yapılmış Deneysel Çalışmalar

EK-B-1: 1996 yılında kurulan Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma Geliştirme Merkezi’nin kampus alanında yapmış olduğu örnek uygulamalar



Resim Ek-B-1.1. Çeviriciler ve fotovoltaiik kontrol sistem birimi (Oktik ve diğ. 2005)



Resim Ek-B-1.2. Çatısı 25.6kWp fotovoltaiik sistemle kaplı bulunan Türk Evi öğrenci kafeteryası (Oktik ve diğ. 2005)



Resim Ek-B-1.3. Otopark alanı üzerindeki 15kWp güce sahip hibrit sistem
(Oktik ve diğ. 2005)

EK-B-2: EİE'nin yapmış olduğu örnek uygulamalar

Güneş pillerinin, küçük ölçekli zirai sulamada kullanılması imkanlarının araştırıldığı projede, yurtdışından getirilen 616Wp gücünde güneş pili (polikristal) modüllerinden oluşan sistem, dalgıç pompa, elektronik kontrol devresi ve invertordan oluşmaktadır. Sistem performansının belirlenebilmesi için, pompalanan su miktarı ve modül düzlemindeki toplam ışıyım şiddeti bir yıl boyunca ölçülmüştür. Ayrıca sistem tasarımında kullanılabilecek bir bilgisayar modeli hazırlamıştır.



Resim Ek-B-2.1. PV modül yardımıyla pompaj sistemi (www.eie.gov.tr)

Güneş pilleri aydınlatma projesinde ise, çevre aydınlatmasında kullanılmak üzere bağımsız birimler geliştirilmiştir. Bir birim, iki adet güneş pili (polikristal) modülü (her biri 48Wp), 18W'lık alçak basınçlı sodyum buharlı lamba, invertor, kontrol birimi ve kuru aküden oluşmaktadır.



Resim Ek-B-2.2. PV modül yardımıyla aydınlatma (www.eie.gov.tr)

PV trafik ikaz sistemi projesinde ise, karayollarında trafik ikazı için kullanılabilecek olan güneş pili sistemi tasarlanmıştır. Sistemde 2 adet 48W'lık polikristal güneş pili modülü, kontrol birimi, 65Ah'lık kuru akü ve 60W'lık lambadan oluşmaktadır. Gerekli ölçümler alınarak, sistem verimi %8 olarak bulunmuştur (Alaçakır 1997).



Resim Ek-B-2.3. PV modül yardımıyla trafik sinyalizasyonu (www.eie.gov.tr)

EK-C: Dünyada Yapılara Uygulanmış PV Modüllerden Örnekler

EK-C-1: Mont-Cenis Akademisi – İdari Eğitim Merkezi / Sodingen – Almanya

İdari merkez, çocuk kütüphanesi, eğitim merkezi, konaklama birimleri, toplantı salonları ve cafe gibi farklı işlevlere sahip binalardan oluşan proje 15 metre yüksekliğinde tek kabuk altına toplanmıştır. **Taşıyıcı cam cephe** uygulamasına iyi bir örnektir. İklim koşullarının denetliğinde yarı kamusal bir alanın oluşturulması, enerji üretim ve tüketimine dayalı bir ortam oluşturulması projenin ana amacıdır. Avrupa Birliği tarafından Joule programında desteklenen projede, yeni bir çevre kavramının (mikro-klimatik) kabuk bilimsel olarak araştırılması, analiz sonuçlarının bilgisayar simülasyonu ile yapılabilirliği amaçlanmıştır (Göksal 2003).



Resim Ek-C-1.1. Mont-Cenis akademisi dıştan görünüm
(www.pvdatabase.com)

Tasarımcılar 72m x 168m boyutlarına sahip cam kabuğun çatısına 1MW gücünde güneş pilleri (PV) entegre edilmesini önermişlerdir. Cam kabukta sera etkisiyle kış döneminde elde edilen yüksek sıcaklıklar ile içerde ılıman bir iklim edilmektedir. Su ve rüzgar geçirimsizliği gibi artılarıyla birlikte kış bahçesi tampon bölge oluşturarak enerji tüketimini azaltmaktadır. Yaz döneminde ise aşırı ısınmayı önlemek amacıyla çatı ve cephe elemanlarında açılabilen kanatlar kullanılarak doğal havalandırma sağlanmıştır (Göksal 2003).



Resim Ek-C-1.2. Mont-Cenis akademisinin çatıdan doğal havalandırılması
(www.pvdatabase.com)

Malzeme seçiminde ekolojik yaklaşımlar dikkate alınarak cam, ahşap ve beton kullanılmıştır. Cam kabuğun taşıyıcı sistemi ahşap tomruk ve lamine ahşap rüzgar bağlantıları çelik gergilerden oluşmaktadır. İdari merkez ve konaklama dışında kalan toplantı salonu, kütüphane, cafe ve spor tesisleri gibi birimlerin taşıyıcı sistemi de ahşaptır. Kompozit malzeme kullanımından kaçınılmış, bakımı kolay ve geri dönüşümlü malzemeler kullanılmaya öncelik verilmiştir (Göksal 2003).



Resim Ek-C-1.3. Mont-Cenis Akademisi içten görünüm (www.pvdatabase.com)

Binanın cam kabuğuna ve güney batı cephesine yerleştirilmiş 1MW gücündeki fotovoltaik paneller yılda yaklaşık 750.000 kWh enerji üretmektedirler. Güneş ışığından elde edilen doğru akımı elektrik akımına dönüştürmek için 600 adet dönüştürücü (inverter) kullanılmıştır. Binanın ürettiği enerji miktarı tükettiği enerjiden fazla olduğu için geri kalan enerji şebekeye verilmektedir. Binada kullanılan PV sistemine ilişkin veriler tabloda verilmektedir.

Toplam Çatı alanı	12.600 m ²	Panellerin elektrik gücü	250-416 Wp
PV alanı	8.400 m ²	Çatı panelleri eğim açısı	5 derece
Standart PV çatı paneli	1.16m x 2.78m	Cephe panellerin eğim açısı	90 derece
Standart PV cephe paneli	1.16m x 2.40m	Dönüştürücü Sayısı	yaklaşık 600
Çatı paneli sayısı	2.904	Toplam elektrik gücü	1 MWp
Cephe paneli sayısı	280	Elektrik üretimi	yaklaşık 750.000 kWh

Tablo Ek-C-1.1. Mont-Cenis Akademisi PV-Sistemi verileri (Göksal, 2003).

EK-C-2: Solar Fabrik Binası / Freiburg – Almanya

Sıfır emisyonlu Solar Fabrik binası Avrupa'nın eko başkenti ilan edilen Freiburg'da bulunmaktadır. 1999'da kullanıma açılan binanın cephe ve çatısına 56.5 kWp gücünde 570 m² PV modülü entegre edilmiştir. Güneye yönelen **eğik cephede** farklı açılarla düzenlenen PV modüller bina elektrik enerjisi gereksiniminin %30'unu karşılamaktadır. Ayrıca güneyde bulunan kış bahçesi ile de pasif anlamda ısı enerjisi kazanılmaktadır. 1000m² büro 2000m² üretim olmak üzere toplam 3000m² kapalı alana sahip binada sıfır emisyonlu binada yılda 50.000 KWh kazanç sağlanmaktadır. Enerjinin geri kalan kısmı ise biyokütle enerjisi kullanılarak karşılanmaktadır (Göksal 2003).



Resim Ek-C-2.1. Solar fabrik binası hareketli PV modüller (www.iea-pvps.org)



Resim Ek-C-2.2. Solar Fabrik binası eğimli cephede PV modül uygulaması (Göksal 2003)



Resim Ek-C-2.3. Solar fabrik binası içten görünüm (www.iea-pvps.org)

EK-C-3: Roma Çocuk Müzesi / Roma-İtalya

Roma'nın tarihi merkezinde yer alan Roma Çocuk Müzesi, 1920'lerde inşa edilmiş eski bir toplu taşıma depo binasının yenilenmiş halidir. Eski bina çelik ve dökme demirden yapılmış bir otobüs garajıdır. Mayıs 2001'de açılan binanın tasarım konsepti çevreye saygı üzerine dayanmaktadır . Çocuklara şehir yaşamını öğretmeyi amaçlanan yapıda enerji bilincinin kazandırılması da hedeflenmiştir.



Resim Ek-C-3.1. Roma çocuk müzesinin giriş (batı) cephesi (Altın 2003)

İnşaatta kullanılan bütün malzemeler geri-kazanılmış yada geri dönüştürülebilir toksik olmayan malzemelerdir. Fotovoltaik sistem **çatı kaplama malzemesi** ve **gölgeleme elemanı** (güneş kırıcı) olarak iki farklı şekilde tasarlanmıştır. 7 kW'lık gölgeleme elemanları güney cephesini gölgeleyen sabit ve hareketli 108 standart modülden oluşmaktadır. Toplamda 76m²'lik yüzey alanına sahip bu modüllerin her biri 555 x 1215 mm boyutlarındadır.



Resim Ek-C-3.2. PV modüllerin güneş kırıcı olarak uygulaması

8.2kW'lık fotovoltaik çatı sistemi ise 72 adet çift-camlı modülden oluşmaktadır ve eski çatı örtüsünün yerine yerleştirilmiştir. Toplam da 142m²'lik yüzey alanına sahip modüllerin her biri ise 1145 x 1145 mm boyutlarındadır. Çatı gerektiğinde açılır paneller sayesinde havalandırılacak şekilde sağlanmıştır. Fotovoltaik elemanlar, müzenin sergilerinin %30'unu veya toplam yapay aydınlatma'nın %60'ını karşılamaktadır (Altın, 2003).



Resim Ek-C-3.3. Roma Çocuk Müzesinin çatısında PV modül uygulaması
(www.pvdatabase.com)

EK-C-4: Northumbria Üniversitesi – Newcastle/İngiltere

Northumbria Üniversitesi'nde bulunan bu yapıdaki PV modüller **yağmur perdeleme sistemlerine** iyi bir örnektir. Yapıda güney yönüne bakan PV modüller 25°'lik açılarla yerleştirilmişlerdir. Yazın gölgeleme imkanı da sunan PV modüllerden yüksek verim alınmaktadır. Toplam 465 adet, 0.63m²'lik alana sahip PV modül bulunmaktadır. Her bir modül ortalama 85W elektrik üretmekte olup toplam elektrik üretimi 40kW civarındadır. (www.iea-pvps.org)



Resim Ek-C-4.1 Northumbria Üniversitesi (www.iea-pvps.org)



Resim Ek-C-4.2 Northumbria Üniversitesi- cephede PV yağmur perdeleme sistemi uygulaması (www.iea-pvps.org)

EK-C-5: Nottingham Üniversitesi Jubilee Kampüsü – Nottingham/İngiltere

Jubilee Kampüsü'nde uygulanan PV modüller **cephelere ve atriumlara** entegre edilerek kullanımlara örnektir. Yapının tamamında boyutları ve şekilleri açısından farklı 9 tip modül kullanılmıştır. Sistemden toplam yıllık 51 MW güç çıkışı olduğu hesaplanmıştır.



Resim Ek-C-5.1. Jubilee kampüsü atriumda PV modül uygulaması
(www.iea-pvps.org)



Resim Ek-C-5.2. Jubilee Kampüsü'nde PV uygulanmış atriumun içten görünümü
(www.iea-pvps.org)

EK-D: Avrupa Birliğinin 2002/91/EC sayılı “Binalarda Enerji Performansı Direktifi” Özeti

Madde 1: Amaç

Amaç, aşağıdaki düzenlemelerle binaların enerji performansını geliştirmektir:

- Binaların bütüncül enerji performansını hesaplamak için kullanılacak ortak bir metodoloji;
- Yeni binalar için minimum enerji performansı şartları;
- Yenilenecek mevcut büyük ölçekli binalar için minimum enerji performansı şartları;
- Binalara enerji sertifikası uygulaması;
- Sıcak su kazanları ve iklimlendirme sistemlerinin düzenli denetimi.

Madde 2: Tanımlar

Direktifin amaçları doğrultusunda şu tanımlar yapılmıştır: Bina, binanın enerji performansı, binanın enerji performansı sertifikası, birleşik ısı ve güç (combined heat and power-CHP), iklimlendirme sistemi, kazan, sürekli çıkış gücü (effective rate output-kW) ve ısı pompası.

Bunlar arasından önem kazanan ilk üç tanım şu şekildedir:

Bina: İç mekân iklimini düzenlemek için enerjinin kullanıldığı ve dört bir yanı duvarla çevrili, üzeri örtülü yapıdır; bina denildiğinde, bir bütünden veya ayrı kullanılmak üzere tasarlanmış veya değiştirilmiş parçaların herhangi birinden bahsediliyor olabilir.

Binanın enerji performansı: Binanın standart kullanımının getirdiği farklı ihtiyaçları karşılamak üzere fiili olarak harcanan veya harcanacağı tahmin edilen, diğer birtakım ihtiyaçların yanı sıra ısıtma, sıcak sulu ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi hizmetleri içerebilecek, enerji miktarı. Bu miktar, yalıtım, teknik ve tesisatla ilgili özellikler, iklim özelliklerine bağlı tasarım ve konumlanma, güneşe maruz kalma ve çevredeki yapıların etkisi, kendi kendine enerji üretimi ve bunların yanı sıra iç mekân iklimi gibi enerji talebini etkileyen diğer faktörleri de dikkate alarak hesaplanan bir veya daha fazla sayısal veriden oluşmaktadır.

Binanın enerji performansı sertifikası: Üye ülke veya onun yetkilendirdiği bir tüzel kişi tarafından onaylanan ve binanın direktifte belirtilen genel metodolojik çerçeveye göre hesaplanmış enerji performansını belgeleyen sertifika.

Madde 3: Ortak Bir Metodolojinin Kabulü

Bu madde, bütün üye ülke hükümetlerinin binaların enerji performansını hesaplayan ortak bir metodoloji uygulamasını öngörmektedir. Bu hesaplamalar, aşağıdaki özellikleri bir araya getiren bir genel çerçeve üzerine kurulu olmalıdır:

1. Binaların enerji performanslarını hesaplama metodolojisi en azından aşağıdaki noktaları içermelidir:

a. Binaların ısı özellikleri (kabuk ve iç bölmeler vs.); bu özellikler hava sızdırmazlığı da içermelidir.

b. Isıtma tesisatı ve sıcak su sistemi; ayrıca bu tesisat ve sistemlerin yalıtım özellikleri de dikkate alınmalıdır.

c. İklimlendirme tesisatı

d. Havalandırma

e. Aydınlatma tesisatı (özellikle konut dışındaki binalarda)

f. Dış mekân iklimi de dikkate alınacak şekilde, binaların konumu ve yönelimi

g. Pasif güneş sistemleri ve güneşten korunma

h. Doğal havalandırma

1. İç mekândaki iklim koşulları ve tasarlanmış iç mekân iklimi

2. Aşağıdaki özelliklerin getirdiği olumlu etki, bu hesaplamada uygun olduğu yerlerde dikkate alınmalıdır:

a. Aktif güneş sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine kurulu ısıtma ve elektrik sistemleri

b. Birleşik ısı ve güç sistemiyle üretilen elektrik

c. Mahalle veya blok ölçeğinde ısıtma ve soğutma sistemleri

d. Doğal aydınlatma

3. Bu hesaplamanın amacına ulaşabilmesi açısından, binalar aşağıda belirtilen sınıflamaya benzer bir şekilde ayrılmalıdır:

a. Farklı türlerde, tek ailelik konutlar

b. Apartman blokları

- c. Ofisler
- d. Eğitim yapıları
- e. Hastaneler
- f. Oteller ve restoranlar
- g. Spor yapıları
- h. Toptan ve perakende ticari hizmet binaları
- ı. Diğer türlerdeki, enerji tüketen yapılar

Bu metodoloji, ulusal veya bölgesel ölçekte kurulabilir; düzenli bir şekilde güncellenmesi ve kolayca anlaşılabilir olması şarttır. Binalarda karbondioksit yayılımıyla ilgili bir gösterge de içerebilir.

Madde 4: Enerji Performansı Şartlarının Belirlenmesi

Minimum enerji performansı şartları, söz konusu hesaplama metodolojisi üzerine kurulu olmalıdır. Bu şartlar, bir yandan yetersiz havalandırma gibi muhtemel olumsuz etkilere engel olmak için genel iç mekân iklim koşullarını, diğer yandan da yerel koşulları ve binanın belirlenmiş işlevini ve yaşını da hesaba katmalıdır. Şartlar belirlenirken, hükümetler yeni ve mevcut binalar ile farklı yapı sınıfları arasında ayırım yapabilirler. Söz konusu şartlar en az beş yılda bir gözden geçirilmeli ve teknik gelişmeyi yansıtacak şekilde güncellenmelidir.

Üye ülkeler aşağıda belirtilen yapı sınıflarını bu düzenlemenin kapsamı dışında tutmaya

karar verebilirler:

- Belirli bir çevrenin bir parçası olarak veya sahip oldukları özel mimari veya tarihi değer nedeniyle resmî olarak korunan binalar veya anıtlar (ancak şartlara uyum sağlamalarının özellik veya görünümelerini kabul edilemez biçimde değiştirecek olması durumunda)
- Dua veya dini etkinlikler için kullanılan binalar
- İki yıl veya daha az kullanımları planlanan geçici binalar
- Endüstriyel tesisler
- Az enerji tüketimi olan atölyeler ve konut içermeyen, tarımla ilgili binalar
- Enerji performansı üzerine bir sektörel anlaşma kapsamına giren ve konut içermeyen,

tarımla ilgili binalar

- Yılda dört aydan daha az kullanılması planlanan konut binaları
- Toplam kullanılan taban alanı 50 m²'den az olan tekil binalar

Madde 5: Yeni Binalar

Tüm yeni binalar minimum enerji performansı koşullarını karşılamalıdır. Hükümetler, kullanılabilir taban alanının 1000 m²'nin üzerinde olduğu binalar için, inşaatın başlamasından önce aşağıdaki alternatif sistemlerin dikkate alınmasını resmî olarak sağlamalıdır:

- Birleşik ısı ve güç
- Mahalle veya blok ölçeğinde ısıtma veya soğutma
- Isı pompaları
- Yenilenebilir enerji üzerine kurulu, merkezden dağıtılmayan enerji sistemi

Bu sistemlerin değerlendirmesi teknik, çevresel ve ekonomik olanakları da göz önüne almalıdır.

Madde 6: Mevcut Binalar

Hükümetler, toplam kullanılabilir taban alanı 1000 m²'yi aşan bir binanın yenilenmesi söz konusu olduğunda, enerji performansının Madde 4'te belirtilen minimum şartlara uymak üzere geliştirilmesini sağlamalıdır. Bu şartlar teknik, işlevsel ve ekonomik açılardan makul olmalıdır.

Söz konusu şartlar, yenilenecek binanın tümünü kapsayacak şekilde veya alternatif olarak, kısmi yenilemenin tanımlı bir süre içinde tamamlanacak olması koşuluyla, yenilenecek sistem veya yapı parçaları için koyulabilir.

Madde 7: Enerji Performansı Sertifikası

Bir bina inşa edilirken, satılırken veya kiralanırken, enerji performansına ilişkin ayrıntılarını içeren bir sertifika sunulacaktır. Bu sertifika, yeni yapılar için doğrudan yapı sahibi tarafından edinilebilir veya mevcut yapılar için yapı sahibi tarafından gelecekteki yapı sahibi veya kiracısına sunulabilir. Sertifika, 10 yıldan daha eski olmayacaktır.

Blokların içinde ayrı kullanım için tasarlanmış daireler veya birimler için sertifikalandırma işlemi, tüm yapı bloğu için ortak bir ısıtma sistemi olması halinde binanın tümü için veya örnek bir daire üzerinden tüm blok için geçerli olmak üzere yapılabilir.

Binalar arasında karşılaştırma yapmanın mümkün olabilmesi için, enerji performansı sertifikasında güncel yasal standartlar ve baz alınacak sabit değerler (benchmark) gibi referans değerler bulunmalıdır. Bu sertifika aynı zamanda binada enerji performansının geliştirilmesi için yapılabilecek maliyet etkin yatırımlar konusunda öneriler de içermelidir.

Sertifikaların amacı, bilgi sağlamakla sınırlı olacaktır. Sertifikaların herhangi bir dava süreci kapsamında ne şekilde değerlendirileceği, ulusal yasalarla düzenlenecektir.

Bir kamu kuruluşunu barındırsın veya çok sayıda insan tarafından düzenli olarak ziyaret edilsin, tüm binaların güncel enerji sertifikalarını kamu tarafından açıkça görülebilecek bir yerde sergilemesi gerekmektedir.

Önerilen ve mevcut iç mekân sıcaklıklarına ek olarak, uygun görüldüğü durumlarda, diğer ilgili iklimsel faktörlere de açıkça yer verilmelidir. Bu şart yalnızca toplam kullanılabilir taban alanının 1000 m²'den daha büyük olduğu binalar için geçerlidir.

Madde 8: Kazanların Denetimi

Enerji tüketimini azaltmak için hükümetlerin iki seçeneği bulunmaktadır: İlk seçenek, yenilenemez sıvı veya katı bir yakıtla çalışan, 20kW ile 100 kW arasında sürekli çıkış gücüne sahip kazanların düzenli bir şekilde denetimini sağlamak için gerekli önlemleri almaktır. Bu denetimler diğer yakıtları kullanan kazanları kapsayacak şekilde genişletilebilir. 100 kW'ın üzerindeki kazanların her iki yılda bir denetlenmesi gerekir; gazla çalışan kazanlarda bu süre dört yıla kadar çıkabilir.

20 kW'ın ve 15 yaşın üzerindeki kazanlar için, bir kereliğine bütün ısıtma tesisatının denetiminin yapılması gerekir. Bu denetimde, kazan verimliliği ve boyutu binanın ısıtma ihtiyacıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmelidir. Kazanın değiştirilmesi, ısıtma sistemine ilişkin yapılması gereken diğer değişiklikler ve alternatif çözümler konusunda öneri sunulmalıdır.

Hükümetler için ikinci seçenek, kazanların değiştirilmesi, ısıtma sistemine ilişkin yapılması gereken diğer değişiklikler ve alternatif çözümler konusunda, ayrıca kazanın verimliliği ve uygun boyutları konusunu da içerebilecek şekilde, kullanıcılara yeterince öneri aktarıldığını garanti altına almaktır.

Bu önerinin sağlanması için düzenli bir zaman takvimi yoktur. Bununla birlikte, hükümetler bu yolla uyum sağlamayı seçtiklerinde, her iki yılda bir, bu yöntemin ilk seçenекle karşılaştırıldığında yeterli ölçüde bu maddeyi yerine getirdiğini gösteren bir rapor hazırlayacaklardır.

Madde 9: İklimlendirme Sistemlerinin Denetimi

Enerji tüketimini azaltmak için, hükümetler 12 kW'ın üzerinde sürekli çıkış gücüne sahip tüm iklimlendirme sistemlerinin düzenli denetimini sağlayacak bir mekanizma kurmalıdırlar. Bu denetim, yapının soğutma ihtiyaçlarıyla karşılaştırmalı olarak iklimlendirme sisteminin verimliliği ve boyutlarına ilişkin bir değerlendirme içermelidir. Kullanıcıya geliştirme ve değiştirme olanakları ve alternatif çözümler konusunda uygun öneriler sunulmalıdır.

Madde 10: Bağımsız Uzmanlar

Hükümetler, binaların sertifikalandırılması, önerilerin oluşturulması ve kazanlar ile iklimlendirme sistemlerinin denetlenmesi işlemlerinin bağımsız bir şekilde yapılmasını sağlamalıdırlar. Bu işlemler yetkin ve/veya onaylanmış uzmanlar tarafından gerçekleştirilmelidir. Bu uzmanlar bu işi serbest olarak gerçekleştirebilir veya kamusal/özel kuruluşlarca istihdam edilebilirler.

Madde 11: Gelişimin İzlenmesi

Komisyon, direktifin ne kadar verimli bir şekilde uygulandığını izleyerek değerlendirmelidir.

Bu izleme süreci sonunda aşağıdaki konularda öneriler yapması mümkün olacaktır:

- 1000m²'nin altında kullanılabilir taban alanına sahip binaların yenilenmesini de kapsayacak şekilde Madde 6'nın genişletilmesi.
- Binalarda enerji verimliliğinin artırılması için daha fazla önlem alabilmek için genel teşvikler.

Komisyon bu izleme sürecinde Madde 14 kapsamında kurulacak bir komite tarafından desteklenecektir.

Madde 12: Bilgi

Üye Ülkelerin yardım talebinde bulunması halinde Komisyon, binalarda enerji verimliliğini artırmak için kullanılabilecek yöntemler konusunda bilgilendirme kampanyaları düzenleyerek sürecin gelişimine yardımcı olacaktır.

Bu çalışma, AB programları kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, bina kullanıcılarını binalarda enerji tasarrufunda bulunmak için kullanılabilecek yöntemler konusunda bilgilendirmek üzere bu bilgilendirme programlarını kullanıp kullanmamak, hükümetlerin seçimi olacaktır.

Madde 13: Genel Çerçevenin Uyarlanması

Binaların enerji performansının hesaplanması için getirilen genel çerçevenin, Madde 3'te belirtilen 1. ve 2. bölümleri, en fazla her iki yılda bir olmak üzere düzenli aralıklarla gözden geçirilmelidir. Gerekli görülecek değişiklikler, Madde 14 kapsamında kurulan komite tarafından onaylanabilecektir.

Madde 14: Komite

Komisyon uygulamayı izlemek üzere özel bir komite kurmuştur. Bu komite, tüm AB hükümetlerinden hem yönetici hem de uzman olmak üzere temsilcilerden ve birtakım bağımsız gözlemcilerden oluşmaktadır.

Madde 15: Direktifin Ulusal Yasalara Yansıtılması

Bütün hükümetler ilgili yasa, yönetmelik ve idari hükümlerini en geç 4 Ocak 2006 tarihine kadar bu direktife uyumlu hale getirmelidirler. Bununla birlikte, herhangi bir AB üyesi ülke Madde 7, 8 ve 9'un hükümlerinin tam olarak uygulanması için yeterince nitelikli veya yetkili uzmana sahip olmadığına inanıyorsa, bu maddelerin uygulanması için son tarih üç yıl ertelenebilir. Böyle bir erteleme kararının gündeme gelmesi için, söz konusu hükümetin Komisyona, direktifin tamamen uygulanması için planlanan ayrıntılı takvimi de içeren bir başvuruda bulunması gerekmektedir (www.mimarlarodasi.org.tr/UIKDocs/enerjiperformansi.pdf).

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Konya’da doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini sırasıyla Hazım Uluşahin İlkokulu ve Meram Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde başladığı lisans eğitimini, 2002 yılında bitirdi ve “Mimar” ünvanı aldı. Aynı yıl Selçuk Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı’na Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2003 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen aynı görevine devam eden Selçuk SAYIN’ ın yabancı dili İngilizce olup yapmış olduğu bilimsel çalışmaları şunlardır;

- KOÇ, İ., SAYIN, S. (2003), “The Importance And Necessity Of Using Alternative Renewable Energy Resources In Building Sector In Turkey In Terms Of Preventing Environmental Pollution”, 12th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, 4-8 October, Antalya
- SAYIN, S., KOÇ, İ. (2004), “Türkiye’de Alternatif Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Genel Ekonomiye Ve Yaşama Katkılarının Yapı Sektörü Bakımından Değerlendirilmesi”, Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Denetimi - Yalıtımı Kongresi ve Sergisi, 11-12 Ekim, İstanbul