

T.C.
İSTANBUL NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR
ENERJİ İÇİN BİNALARDA FOTOVOLTAİK
SİSTEMLERİN VE RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN
KULLANILMASININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ataberk ÖZATA

Enstitü Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Enstitü Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mükerrerem Fatma İLKİŞİK

MART 2023

T.C.
İSTANBUL NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR
ENERJİ İÇİN BİNALARDA FOTOVOLTAİK
SİSTEMLERİN VE RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN
KULLANILMASININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ataberk ÖZATA

Enstitü Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Enstitü Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

“Bu tez 14/03/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ	İMZA
Doç. Dr. Fatma Tuğçe ŞENBERBER	Başarılı	
Dr. Ferruh MAHNAMFAR	Başarılı	
Dr. Başak ZENGİN	Başarılı	
Prof. Dr. Mükerrerem Fatma İLKİŞİK	Başarılı	

Enstitü Müdürü
Onay

BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygu olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Ataberk ÖZATA

14.03.2023



ÖNSÖZ

Bu tezin tüm hazırlık ve yazım aşamasında desteklerini benden esirgemeyerek özveriyle takip eden tez danışmanım Prof. Dr. Mükerrer Fatma İLKİŞİK’a katkıları ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Görüş ve önerileriyle vermiş oldukları katkılarından dolayı hazırlamış olduğum akademik çalışmamı kabul eden kıymetli jüri üyelerine gösterdikleri teveccühlerinden dolayı şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, çalışma hayatımın ve eğitim hayatımın her anında bana destek olan, bu çalışmanın her aşamasında fedakarlığını hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Ataberk ÖZATA

14.03.2023

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
GRAFİK LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1: ENERJİ	5
1.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	5
1.1.1 Kömür	6
1.1.2 Petrol	6
1.1.3 Doğalgaz	6
1.1.4 Nükleer Enerji	7
1.2 Yenilenebilir (Sürdürülebilir) Enerji Kaynakları	7
1.2.1 Hidroelektrik Enerjisi	7
1.2.2 Rüzgar Enerjisi	8
1.2.3 Güneş Enerjisi	8
1.2.4 Jeotermal Enerji	8
1.3 Yapılarda Karbon Ayak İzi	9
BÖLÜM 2: ENERJİ VERİMLİLİĞİ ve SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	11
2.1 Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilir Kalkınma	12
2.1.1 Türkiye’de Enerji Verimliliğine Yönelik Değerlendirmeler	13
2.1.2 Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliği	15
2.1.3 Yapılarda Enerji Verimliliği ve Yeşil Binalar	15
BÖLÜM 3: YAPILARDA FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN	
KULLANILMASI	16
3.1 Fotovoltaik Sistemlerin Çalışma Prensibi	19
3.1.1 Yönetmelik	24
3.2 Fotovoltaik Sistem Türleri	25
3.3 Fotovoltaik Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları	27
3.4 PV Sistemin Kullanıldığı Yapı Örnekleri	27
3.4.1 Grödig Huzurevi (Avusturya)	28
3.4.2 Belfast Sosyal Konutları (Kuzey İrlanda)	29
3.4.3 Sol 300 (Danimarka)	31
3.4.4 Newbiggin Sosyal Konutları (Newcastle)	33
3.4.5 OPHLM Montreuil Apartmanı (Fransa)	34
3.4.6 Solgarden (Danimarka)	36
3.4.7 Hazama-Su Konutları (Japonya)	39
3.4.8 La Darnaise Konutları (Fransa)	41
3.4.9 Didim ve Ankara Fotovoltaik Sistem Örneği	43
3.4.10 Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evi	44
3.4.11 Muğla Üniversitesi Fotovoltaik Sistem	44
3.4.12 Galatasaray Stadyumu Güneş Paneli Örneği	47
3.4.13 Antalya Arena Güneş Paneli Örneği	47
BÖLÜM 4: RÜZGAR VE RÜZGAR ENERJİSİ	49
4.1 Rüzgar Türbinlerinin Yapısı ve Çeşitleri	51

4.1.1 Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri	52
4.1.2 Dikey Eksenli Rüzgar Türbini	53
4.1.3 Rüzgar Türbinlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	54
4.2 Yüksek Yapılarda Rüzgar Tasarımı	54
BÖLÜM 5: RÜZGAR TÜRBİNLİ YAPI ÖRNEKLERİ.....	56
5.1 Bahrain World Trade Center	56
5.2 Pearl River Tower	59
5.3 Strata Tower	61
SONUÇ.....	63
KAYNAKÇA	66



KISALTMALAR

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
CO₂	:	Karbondioksit
DPT	:	Devlet Planlama Teşkilatı
EİE	:	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
JICA	:	Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (The Japan International Cooperation Agency)
kW	:	Kilowatt
kWh	:	Kilowatt saat
kWp	:	Kilowatt Peak
m	:	Metre
MWh	:	Megawatt Saat
PET	:	Polietilen Tereftalat
PV	:	Fotovoltaik (PhotoVoltaic)
UNIDO	:	Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (United Nations Industrial Development Organization)
V	:	Volt

TABLO LİSTESİ

Tablo 1:	Sektörlere Göre Enerji Tüketimi ve Tasarruf Potansiyeli.....	13
Tablo 2:	Birincil ve nihai tüketimin yıllık bazda ortalama artış.....	13
Tablo 3:	Sektörel Bazda Enerji Tüketim Artış Oranı	14
Tablo 4:	Dünya Üzerinde Kurulu Fotovoltaik Sistem Gücü	17
Tablo 5:	Yıllara Göre Fotovoltaik Sistem Artışı	17
Tablo 6:	Yıllara Göre Fotovoltaik Sistem Güç Artışı.....	18
Tablo 7:	Hücre Cinsine Göre Verimlilikler	20
Tablo 8:	Sistem Özellikleri 1	28
Tablo 9:	Sistem Özellikleri 2	30
Tablo 10:	Sistem Özellikleri 3.....	32
Tablo 11:	Sistem Özellikleri 4	33
Tablo 12:	Sistem Özellikleri 5.....	35
Tablo 13:	Sistem Özellikleri 6.....	38
Tablo 14:	Sistem Özellikleri 7.....	40
Tablo 15:	Sistem Özellikleri 8.....	42

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1:	Dünya Güneş Işını Yoğunluğu.....	16
Şekil 2:	Türkiye'nin Yıllık Güneşlenme Haritası.....	18
Şekil 3:	Fotovoltaik Sistemin Çalışma Presibi	19
Şekil 4:	Hücre, Modül, Panel ve Dizi.....	20
Şekil 5:	Fotovoltaik Yapı.....	21
Şekil 6:	PV Dizisi	22
Şekil 7:	Fotovoltaik Modül Yapısı	23
Şekil 8:	Fotovoltaik Hücre Yapısı Örneği	24
Şekil 9:	Şebekeden Bağımsız PV Uygulaması.....	26
Şekil 10:	Şebekeye Bağımlı PV Uygulaması	26
Şekil 11:	Grödig Huzurevi PV Örneği	28
Şekil 12:	Konut PV Örneği.....	29
Şekil 13:	Sol 300 Konut PV Örneği	31
Şekil 14:	Newbiggin PV Örneği.....	33
Şekil 15:	OPHLM Apartmanı PV Örneği	34
Şekil 16:	Solgarden PV Örneği	36
Şekil 17:	Solgarden 2.....	37
Şekil 18:	Hamaza PV Örneği	39
Şekil 19:	La Darnaise PV Örneği	41
Şekil 20:	Didim PV Sistem Örneği	43
Şekil 21:	Ankara PV Sistem Örneği.....	43
Şekil 22:	Pamukkale Üniversitesi örneği	44
Şekil 23:	Muğla Üniversitesi Çatı PV Örneği	45
Şekil 24:	Muğla Üniversitesi PV Örneği.....	45
Şekil 25:	Muğla Üniversitesi Otopark PV Örneği.....	46
Şekil 26:	Muğla Üniversitesi Aydınlatma PV Örneği	46
Şekil 27:	Galatasaray Stadyum'u PV Örneği.....	47
Şekil 28:	Antalya Arena PV Örneği	48
Şekil 29:	Dünya Rüzgar Atlası	50
Şekil 30:	Paul La Cour'un Deney Türbini	50
Şekil 31:	Rüzgar Türbini Bileşenleri.....	51
Şekil 32:	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini Örneği.....	52

Şekil 33: Dikey Eksenli Rüzgar Türbini Örneği	53
Şekil 34: Bahrain World Trade Center Türbin Örneği.....	56
Şekil 35: Bahrain World Trade Center Vaziyet Planı	57
Şekil 36: Yapı Formu	58
Şekil 37: Pearl River Tower	59
Şekil 38: Pearl River Tower Rüzgar Türbini.....	60
Şekil 39: Pearl River Tower Türbin Tasarımları	60
Şekil 40: Pearl River Tower Rüzgar Analizi	61
Şekil 41: Strata Tower	61
Şekil 42: Strata Tower Rüzgar Akış Grafiği	62
Şekil 43: Strata Tower Rüzgar Hızı Grafiği	62

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Karbon Ayak İzi Oranları (2011)	10
--	----



Tezin Başlığı: Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilir Enerji için Binalarda Fotovoltaik Sistemlerin ve Rüzgar Türbinlerinin Kullanılmasının İncelenmesi

Tezin Yazarı: Ataberk ÖZATA

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem Fatma İLKIŞIK

Kabul Tarihi: 14.03.2023

Sayfa Sayısı: ix + 68

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Bilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Günümüzde enerji çok önemli bir konu haline gelmiştir. Birçok ülke günümüz şartlarında bu konuda sıkıntılar yaşamaktadır ve bir takım önlemler almaktadırlar. Bu konu yüzünden ülkelerin birbirleri ile gerilim yaşadığını da görebiliriz. Enerji tüketilebilir ve sonsuz bir kaynak olmadığı için çeşitli yöntemler ile enerjinin verimliliğini artırmak ve bu enerjiyi doğal kaynaklar ile daha sürdürülebilir bir hale getirmek için birçok çalışma yapılmaktadır. Günümüzde büyük kullanım oranlarına sahip olan fosil yakıtlar vardır. Kömür, petrol, doğalgaz gibi birtakım kaynaklar hızla tükenmekte ve çevresel problemlere yol açmaktadır. Bu yakıtlar hem hızlı bir şekilde tükenmekte hem de ekonomik olarak zorluklar çıkartmaktadırlar. Oluşan bu durumda enerji verimliliği ve sürdürülebilir kaynakları ön plana çıkarmaktadır.

Enerjinin hızla tükenmesi, kaynakların azalması, çevre problemleri, ekonomik sıkıntılar, ülkeler arası politikalar ve daha birçok unsur ile beraber enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından birçok çalışma ortaya konmuştur. Güneş enerjisi ile çalışan sistemler ve rüzgar enerjisi ile çalışan birçok sistem ülkemizde ve dünyada yer almaktadır. Bu enerji sistemlerinin diğerlerinden farkı yenilenebilir ve sürdürülebilir olmasıdır.

Bu çalışmada genel olarak enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji ile ilgili çalışmalar yapacağız. Ülkemizde ve dünyada yer alan bazı yapılarda kullanılan enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji ile ilgili yapılan çalışmaları inceleyeceğiz. Enerjiyi daha etkin ve verimli kullanabilmek için yapılarda fotovoltaik sistemler ve rüzgar türbinleri kullanılmaktadır. Bu sayede yapılar belirli miktarda kendi enerjilerini kendileri karşılıyor. Ülkemizde ve dünyadaki yapılarda kullanılan fotovoltaik sistemleri ve rüzgar türbinlerini inceleyeceğiz. Bu tip enerji sistemlerinin faydalarını ve geleceğe olan yatırımlarından konuşacağız. Ülkemizde ve dünyada bu sistemlerin birçok örneği bulunmaktadır gün geçtikçe bu sistemlere olan talep fazlaşmaktadır. Yapacağımız literatür taramasında bu örnekleri fazlasıyla görüyor olacağız.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Sürdürülebilirlik, Fotovoltaik Sistemler

Nişantaşı University, Graduate Education Institute Abstract of Master’s Thesis

The Title of Thesis: Investigation of the Use of Photovoltaic Systems and Wind Turbines in Buildings for Energy Efficiency and Sustainable Energy	
Author: Ataberk ÖZATA	Supervisor: Prof. Dr. Mükerrerem Fatma İLKIŞIK
Date: 14.03.2023	Nu. of Pages: ix + 68
Department: Civil Engineering	Subfield: Civil Engineering
Today, energy has become a very important issue. Many countries are experiencing difficulties in this regard in today's conditions and they are taking some precautions. We can also see that countries are experiencing tension with each other because of this issue. Since energy is not a consumable and endless resource, many studies are carried out to increase the efficiency of energy with various methods and to make this energy more sustainable with natural resources. Today, there are fossil fuels that have large usage rates. Some resources such as coal, oil and natural gas are rapidly depleted and cause environmental problems. These fuels are both rapidly depleted and cause economic difficulties. In this situation, energy efficiency and sustainable resources are brought to the fore. Many studies have been put forward in terms of energy efficiency and sustainability, together with the rapid depletion of energy, the decrease in resources, environmental problems, economic problems, international policies and many other factors. Systems working with solar energy and many systems working with wind energy are located in our country and in the world. The difference of these energy systems from others is that they are renewable and sustainable. In this study, we will work on energy efficiency and sustainable energy in general. We will examine the studies on energy efficiency and sustainable energy used in some buildings in our country and in the world. Photovoltaic systems and wind turbines are used in buildings to use energy more effectively and efficiently. In this way, structures meet a certain amount of their own energy. We will examine the photovoltaic systems and wind turbines used in buildings in our country and around the world. We will talk about the benefits of such energy systems and their investments in the future. There are many examples of these systems in our country and in the world, and the demand for these systems is increasing day by day. In the literature review we will do, we will see these examples more than once.	
Key words: Energy Efficiency, Sustainability, Photovoltaic Systems	

GİRİŞ

Atık maddelerin artması, karbon emisyonlarının yükselmesi, çevre kirliliğinin artması, doğal kaynakların tükenmesi ve küresel ısınmanın giderek artması enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik gibi konuları ortaya çıkarmıştır. Doğal kaynakların tükenmesi onların korunması ve sürdürülebilir bir şekilde etkin kullanılması için araştırmalar yapılmaktadır. Günümüzde ülkeler arası birtakım politik problemler yaşanmaktadır. Bu sorunlar daha ileri aşamalarda ülkeler arası enerji savaşına dönüşebilmektedir. Günümüzde bunun örneklerini yakinen görebiliriz. Bu yüzden enerji verimliliğinin sağlanması ve doğal kaynakların korunması global bilinçli toplumların oluşması için önemli bir unsurdur. Bu konulara dikkat edildiğinde günümüzde yaşanan savaşlarında önüne geçilebilir.

Tezin Kapsamı ve İçeriği

Günümüzde enerji çok önemli bir konu haline gelmiştir. Birçok ülke bu konuda sıkıntılar yaşamaktadır ve bir takım önlemler almaktadırlar. Bu konu yüzünden ülkelerin birbirleri ile gerilim yaşadığını da görebiliriz. Enerji tüketilebilir ve sonsuz bir kaynak olmadığı için çeşitli yöntemler ile enerjinin verimliliğini artırmak ve bu enerjiyi doğal kaynaklar ile daha sürdürülebilir bir hale getirmek için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmada da dünya üzerinde enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji dikkate alınarak yapılan yapıları ve bu yapılara uygulanan birtakım çalışmaları inceleyeceğiz. Bu çalışmanın amacı günümüzde büyük bir problem olan enerji verimliliği, sürdürülebilirlik, enerji kaynaklarının tükenmesi ve bu kaynakların yanlış kullanılmasından dolayı ek çözümler üretilmesidir. Bu ek çözümleri yapılarda ki uygulamalarını inceleyeceğiz. Çalışmada ağırlık olarak enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik üzerinden literatür taraması yapacağız. Fotovoltaik sistemleri, rüzgar türbinlerini ve diğer enerji uygulamalarını hem ülkemizde ki hem de dünyada yer alan yapılarda ki uygulamalarını inceleyerek literatüre katkıda bulunacağız.

Geçmiş zamanlarda başlamış olan sanayileşme fosil yakıtlar gibi sınırlı ve yenilenemez olan enerji kaynaklarını büyük bir hızla tüketmeye başlamıştır. Bu enerji türlerinin kullanılması ile beraber dünyada küresel ısınma ve çevre kirliliği hızlı bir artış

göstermiştir. Bu yüzden insanlar doğal kaynaklardan elde edilen, yenilenebilir ve sürdürülebilir, çevreye çok daha az zarar veren enerji kaynakları bulmaya ve üretmeye çalışmışlardır. Bu çalışmaların sonucunda insanlar güneş, su ve rüzgardan yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları üretmeye başlamışlardır. Bu enerji kaynakları diğer fosil ve sınırlı kaynaklara göre küresel ısınmayı ve çevre kirliliğini en aza indirmiştir. Günümüzde sık kullanılan bu enerji kaynakları güneşin ve rüzgarın aktif olarak kullanıldığı fotovoltaik sistemler ve rüzgar türbinleridir. Bu enerji sistemleri doğal kaynaklardan güç alarak ve onları dönüştürerek bize enerji sağlamaktadırlar. Kullanılan bu sistemler güneş ve rüzgar enerjisini elektrik enerjisine çevirirler. Günümüzde birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Güneş enerjisinin binalarda kullanımı bir takım araştırmalar neticesinde geliştirilen farklı yöntemleri içermektedir. Güneşin enerjisinden yararlanmanın birçok yolu vardır. Örneğin güneşe bakan pencereleri kullanmak güneş enerjisi kullanmanın en basit şeklidir. Diğer bir yöntem, teknik olarak daha zorlu bir sistem olan güneşten elektrik enerjisi üreten fotovoltaik modüllerdir. Bu sistemlerde önemli olan şey. Güneş enerjisi tutulur, tutulan enerji depolanır ve bina içi enerji iletiminde kullanılır. Güneş enerjisi yeterli değilse bu sistemler ek sistemlere ve enerjiye ihtiyaç duyar.

Bir diğer enerji kaynağı ise rüzgarın aktif olduğu rüzgar türbinleridir. Yenilenebilir kaynakların hızla tükendiği bu dönemde, rüzgar türbini teknolojisi hızla gelişmeye başladı. Bu ekonomik ve çevre dostu teknoloji, geçmişte gürültü endişeleri nedeniyle beğenilmedi, ancak şimdi dünyada gökdelenlerde kullanılıyor. Gün geçtikçe bu gökdelenlerin yüksekliği arttıkça yapıların rüzgar enerjisi potansiyeli de artıyor. Bu durumu değerlendirmek isteyen bazı tasarımcılar, enerji kullanım maliyetlerinin çok yüksek olduğu bu binalarda enerji tüketiminden tasarruf etmek için yüksek binalara entegre edilmiş rüzgar türbinlerini kullanmaya başlamışlardır. Bu çalışmanın temel amaçları şunlardır: Çalışmada, yüksek yapılarda yaygın olarak kullanılan bir tasarım öğesi olan rüzgar türbinlerinin binaların mimarisini nasıl etkilediğini araştırmak ve rüzgar türbini ile donatılmış yüksek katlı binaları incelemektir. Diğer bir amacı ise Bu çalışmanın amacı, dünyanın birçok ülkesinde kullanımda olan fotovoltaik sistemi bulmak ve yapılarda nasıl kullanıldığını göstermektir. Ülkemizde de örnekleri bulunmaktadır. Çalışma ile birlikte dünyadaki ve ülkemizdeki güneş enerjisi potansiyeli, fotovoltaik üreteçlerin yapısı, çeşitleri ve çalışma prensibi alınarak;

fotovoltaik sistemlerin tasarım esasları incelenmiştir. Ayrıca bu sistemlerin binalar üzerindeki uygulamaları irdelenmiştir. Bunun yanında dünyadan ve Türkiye’den çeşitli fotovoltaik sistem uygulama örneklerine değinilmiştir. Aynı zamanda Aktif ve pasif olarak yapılarda kullanılan rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içinde mühim bir yer tutmaktadır. Bu araştırma kapsamında yapılarda rüzgardan enerji elde etme şekilleri araştırılacak ve örneklerle incelenecektir (Aygün, 2016).

Çalışmanın Amacı

Günümüzde kullanılan fosil ve diğer yakıtların çevreyi kirletmesi, ekonomik olarak halkı zorlaması ve hızla tükenmesi ile beraber farklı insanlar enerji ihtiyaçlarını farklı yollar ile karşılamaya çalışmışlardır. Günümüzde güneş, su ve rüzgar gibi doğal kaynaklardan üretilen yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları ortaya çıkmıştır. Bu enerji kaynakları güneşi, suyu ve rüzgarı kullanarak çevreyi kirletmeden, küresel ısınmayı artırmadan insanlara enerji sağlayabilmektedirler. Bu enerji üretim kaynakları günümüzde güneş panelleri yani fotovoltaik sistemler ve rüzgar türbinleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kaynaklar, yapıların kendi enerjilerini kendileri üretmesi, enerji verimliliği sağlamak ve enerji tasarrufu için binalarda kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan bu çalışmada dünyada ve ülkemizde yer alan yapılarda fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinlerin nasıl kullanıldığını, binaya nasıl entegre edildiğini ve bu sistemlerin yapılara ve çevreye olan faydalarını örnekler ile araştıracağız.

Çalışmanın Kapsamı

Çalışma; fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinlerinin yapılara nasıl entegre edildiğini, yapıya ve çevreye olan faydalarını içerir. Bu sistemlerin yapılarda kullanımını incelemeyi önce enerji, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik, güneş panelleri ve rüzgar türbinleri hakkında bilgiler verilecektir. Daha sonraki bölümlerde fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinlerinin yapılarda nasıl kullanıldığını örnekleri ile ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

Araştırma Soruları / Hipotezler

- Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilir Enerji Nedir?
- Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilir Enerji İçin Yapılan Uygulamalar Nedir?
- Yapılarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilir Enerji İçin Neler Yapılmaktadır?



BÖLÜM 1: ENERJİ

Günümüzde enerji, önemi daha çok anlaşılmaya başlayan, birtakım ülkelerde kullanımda belirli kısıtlamaya gidilen ve gün geçtikçe tükenen bir şey haline gelmiştir. Uzun yıllardan bu yana insanların zorunlu bir ihtiyacı olduğu için enerji üretimi farklı yollar ile karşılanmaya başlamıştır. Giderek artan enerji ihtiyacı ile beraber bilim insanları yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için birçok çalışma yürütmektedir. Ülkemiz gibi enerji konusunda dışa bağımlı olan bir ülkenin dışa bağımlılığı azalması için enerjiyi verimli kullanması gerekmektedir. Dünya ekonomisi 2050 yılında bu zamana göre yaklaşık 4 kat büyüyeceği öngörülmektedir. 2050 yılında %80 oranla daha fazla enerjiye ve bununla birlikte doğal kaynağa ihtiyaç olacağı görülmektedir. Bunun için enerji verimliliği ve tasarruf araştırmalarının mutlaka gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Bulduğumuz yüzyılın ikinci yarısında doğalgaz ve petrol gibi bir takım fosil yakıtların tükeneceği tahmin edilmektedir bu yüzden tüm elimizde bulunan bir takım enerji kaynaklarının verimli olarak kullanılması önemlidir. Enerji verimliliği, ülkemiz gibi enerjiyi dışarıdan alan ülkeler için dışa olan bağımlılığın artması, çevre kirliliğinin ve küresel ısınmanın yükselmesi ile daha fazla önemli hale gelmiştir. Bu durum ile beraber özellikle elektrik ve doğalgaz piyasasının yeniden şekillenmiştir. Enerji belirli kategorilere ayrılmıştır. Enerji, mekanik enerji, ısı enerjisi, kimyasal enerji ve elektrik enerjisi olarak dörde ayrılır. Kömür, odun, petrol , güneş gibi belirli enerji kaynaklarından enerji üretilebilir. Enerji kaynakları üzerinde belirli birtakım sınıflandırmalar yapılır. Bu sınıflandırma yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Petrol, kömür, doğal gaz, nükleer enerji yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Rüzgar, güneş, hidroelektrik, jeotermal enerjileride yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Sagbaş, 2018). Bu sınıflandırmaları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

1.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynaklarına fosil enerji kaynakları da denilmektedir. Bu tip kaynaklar tüketildiği zaman yeniden oluşamazlar yani yenilenemezler ve ayrıca ekonomilerde zarar vermektedir. Fosil yakıtlar kullanıldığı zaman atmosfere zararlı gazlar salmaktadır bu durumda küresel ısınmaya, hava kirliliğine ve sera etkisi gibi

sorunlara yol açmaktadır. Yenilenemez yani fosil yakıtları kömür, petrol, doğalgaz olarak nitelendirebiliriz. Bu yakıtlara ait açıklamalar aşağıda yapılmıştır (Önder, 2018).

1.1.1 Kömür

Kömür hidrojen, karbon ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşur. Uzun bir süre içerisinde basınç, ısı ve mikrobiyolojik etkilerin sonucu olarak meydana gelir. Kömür ülkemizde çok kullanılmakta olan enerji kaynakları içinde önemli bir yere sahiptir. Kömür en başta termik santraller olmak üzere evlerimizde ve endüstriyel alanlarda ısı ve elektrik üretim amacıyla kullanılır. Elektrik enerjisi üretimi için kömür kaynaklı termik santrallerin yaygın olarak kullanılmasının sebebi kömürün diğer kaynaklara göre kolay ulaşılabilir ve ucuz olmasıdır. Maliyet ön plana alınsada çevreye olan etkileri oldukça zararlıdır (Önder, 2018).

1.1.2 Petrol

Petrol, içerisinde karbon, hidrojen, nitrojen, oksijen ve kükürt bulunduran karmaşık yapıya sahip olan bir bileşimdir. Petrol normalde katı, sıvı ve gaz hallerde bulunabilmektedir. Doğalgazın ve ham petrolün ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için bu maddeler "Hidrokarbon" olarak adlandırılır. Dünyada yaşanan petrol krizleri, fiyatların artışı, petrolün sebep olduğu hava ve deniz kirliliği gibi sorunlar bu kaynağın kullanımını tartışılır hale getirmiştir. Petrol üretimi çok büyük bir kısmı az sayıda ülke tarafından yapılmaktadır bu durumda diğer ülkeleri üretim yapan ülkelere bağımlı hale getirmektedir (Önder, 2018).

1.1.3 Doğalgaz

Doğalgaz havadan daha hafif, renksiz ve kokusuzdur bu yüzden evlerimizde kullandığımız zaman kaçak olup olmadığını anlamak bir hayli güçtür. İçerisindeki karbon miktarı diğerlerine göre daha az olduğu için karbondioksit salınımı da diğer fosil kaynaklara göre daha az olacaktır. Günümüzde evlerde çokça kullanılmaktadır (Önder, 2018).

1.1.4 Nükleer Enerji

Nükleer enerji, atomun parçalarının fisyon ve füzyon reaksiyonları ile parçalanması sonucunda elde edilen bir enerji türüdür. Fosil yakıtların tükeneceği düşünülerek alternatif enerji kaynağı olarak düşünülüp nükleer santral sayıları artış göstermiştir fakat Çernobil kazasından sonra fazlasıyla nükleer enerjiye karşı güven kaybı oluşmuştur. Nükleer santrallerde kullanılan uranyum hem yenilenebilir bir kaynak değildir hemde çevresel açıdan zarar teşkil etmektedir. Santrallerin kullanım süresi dolduktan sonra geriye kalan reaktörlerin ve radyoaktif atıklar ülkeler için çevre kirliliği açısından büyük sorun teşkil etmektedir. Bazı ülkeler bu konuda sıkıntılar yaşamaktadır. Bu durumlardan kaynaklı olarak nükleer enerji kullanımı akıllarda soru işaretlerine yol açmaktadır bu yüzden toplumlar alternatif yenilenebilir enerji kaynakları aramaya başlamışlardır (Önder, 2018).

1.2 Yenilenebilir (Sürdürülebilir) Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen fosil yakıtların hızla tükeniyor olması ve bu yakıtların çevreye vermiş olduğu kirlilik sebebi ile insanlar alternatif enerji kaynağı arayışına başlamışlardır. Yenilenebilir yani sürdürülebilir enerji kaynakları doğal olarak kendiliğinden sürekli tekrarlanan ve kendini yenileyen enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynakları rüzgar, güneş, hidro ve jeotermal olarak sınıflandırılabilir. Aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklıyor olacağız (Önder, 2018).

1.2.1 Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik enerjisi günümüzde yaygın olarak kullanılan ve en eski enerji kaynaklarından bir tanesidir. Bu enerji türü suyun potansiyel enerjisini kinetik enerjiye çevirerek oluşur. Ülkemizde ve dünyada bunun için birçok hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Bu santraller suyun potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştürerek elektrik enerjisi üretmektedirler. Yüksekten düşen su büyük oranda enerjiye sahiptir, su türbinlere doğru alınarak pervanelerin çevrilmesini sağlamaktadır. Türbinler jeneratöre bağlıdır ve oluşan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmektedir. Yenilenebilir,

çevreye çok zararı olmayan, enerji konusunda dışa bağımlılığı azaltan bir enerji kaynağı olduğu için tercih edilmektedir (Önder, 2018).

1.2.2 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir, tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. Rüzgar, yüksek basınçtan alçak basınca hareket eden bir hava akımıdır. Rüzgar enerjisi hava akımının sahip olduğu kinetik enerjidir. Rüzgar türbinleri ise bu kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra ise elektrik enerjisine çevirir. Ülkeler bu sistemleri sera etkisini azalttığı ve küresel ısınmayı negatife indirdiği için tercih etmektedirler. Ülkemizde ve dünyada rüzgar türbinlerinin birçok örneği bulunmaktadır. Günümüzde yapılarada entegre edilmektedirler (Önder, 2018).

1.2.3 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi bir ısıma enerjisidir. Günümüzde güneş enerjisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistemleri birçok alanda kullanılırken görebiliriz. Son zamanlarda binalara entegre olarak da kullanılmaktadır. Bu durumda enerji verimliliği ve tasarrufunu beraberinde getirmektedir. Güneş enerjisi, yenilebilir ve temiz bir kaynak olarak güven teşkil etmektedir (Önder, 2018).

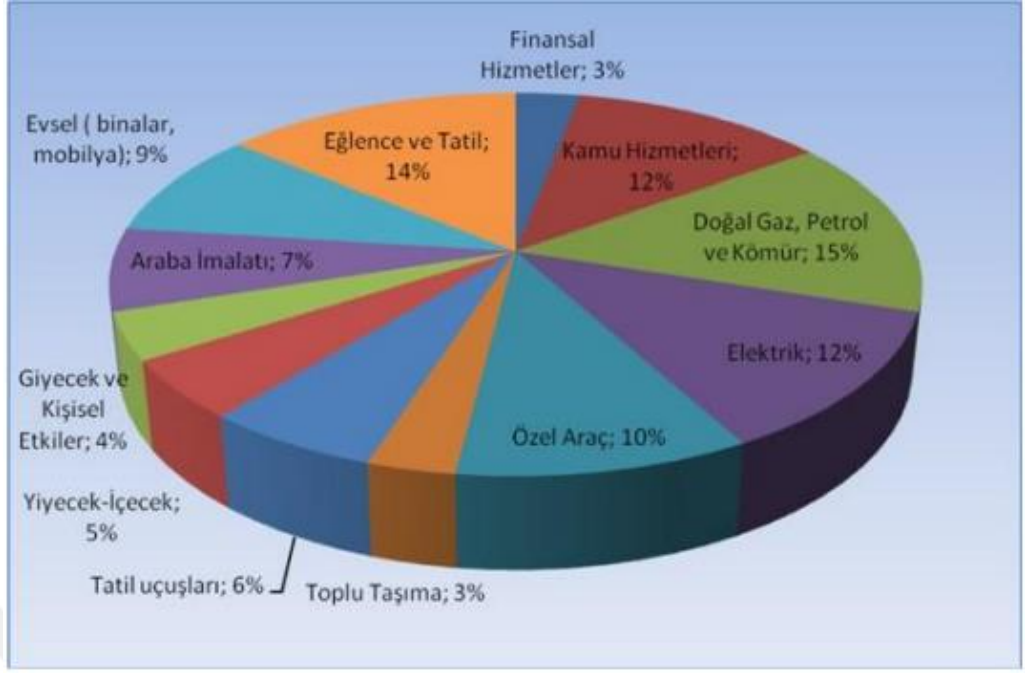
1.2.4 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun derinlerindeki erimiş kayalardan oluşan magmanın ısısından kaynaklı oluşan bir enerjidir. Magmadan yükselen ısı yeraltı sularını ısıtmaktadır. Bu su çok ısındığında buharlaşır ve yeryüzünde çıkacak bir yer bulduğunda yani gayzerlerden dışarı çıkar. Günümüzde bu yerlere sondaj yaparak enerji açığa çıkarılabilmektedir. Elektrik üretimi diğer kaynaklara benzemektedir. Ortaya çıkan buhar türbinleri döndürerek elektrik enerjisi üretmektedir. Bu enerji kaynağı mevsimsel olarak farklılık göstermediği için gelecekte kullanılacak verimli bir kaynağı olabilir (Önder, 2018).

1.3 Yapılarda Karbon Ayak İzi

Yapılar, üretim süreçlerinde ve kullanımları esnasında yarattıkları yüksek emisyon ve atıklar ile beraber doğa üzerinde büyük bir etkiye sebep olmaktadır. Atmosfer üzerinde sera etkisi yaratan gazların üçte biri yapılardan gelmektedir. Yapılar, dünyada bulunan ağaç kaynaklarının %25'ini, tatlı su kaynaklarının yaklaşık %16'nı, enerji kaynaklarının %40'nı, malzeme kaynaklarının %30'unu tüketmektedir. Bunun yanında, küresel ısınmaya sebep olan CO₂ gazının %35'i inşaatlardan kaynaklıdır ve ozon tabakasına zarar veren kimyasalların %50'si yapılardan üretilmektedirler. Binaların yaratmış olduğu bu kötü etkiyi azaltabilmek adına yapı sektöründe çevre dostu bina yapımına geçilmeye başlanmıştır. Yeşil binalarda doğal çevreden yararlanılan birçok unsur bulunmaktadır, güneş ve rüzgar enerjisinden yararlanma, yağmur suyundan faydalanma, ısı ve yalıtım, aydınlatma veriminin yükseltilmesi, doğal ışıktan maksimum yararlanma gibi bir takım özellikler bulunmaktadır. Standart normal evin yapımında sadece %5'i geri dönüşümü olan malzeme olarak kullanılır. Bu nedenle geleneksel sistem ile yapılan yapıların, dünyada yapı faaliyetlerinde, her yıl 3 milyon ton işlenmemiş malzeme tüketimi vardır. Bu veriler ışığında yapıların atmosfere verdiği zararın çok yüksek olduğunu, dolayısıyla yapıların dünya üzerindeki karbon ayak izini ne kadar artırdığını göstermektedir. Yalnızca enerji verimliliği araştırmalarıyla endüstriyel tesislerde %40'a, ticari binalarda %33'e yakın tasarruf sağlayabilmek mümkündür. Yani kısaca söylemek gerekirse Karbon ayak izi birim karbondioksit cinsinden ölçülür. Toplumun ısınma, ulaşım, elektrik tüketimi gibi durumlardan ortaya çıkan toplam sera gazı emisyon miktarına denir.

- Birincil Karbon Ayak İzi: Evsel enerji tüketimi ve ulaşım gibi fosil yakıtların yanmasıyla oluşan doğrudan CO₂ emisyonlarının ölçütüdür.
- İkincil Karbon Ayak İzi: Kullandığımız ürünlerin ve bu ürünlerin imalatı , en sonunda da bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür (Yiğit, 2018).



Grafik 1: Karbon Ayak İzi Oranları (2011)

BÖLÜM 2: ENERJİ VERİMLİLİĞİ ve SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Enerji verimliliğini, aynı şartlar altında aynı ihtiyacı karşılamak için daha az enerji sarfiyatı yapabilmek olarak tanımlayabiliriz. Burada ki ilk amaç enerjinin etkin bir biçimde kullanılmasıdır. Enerji verimliliği son zamanlarda, sürdürülebilir enerji çalışmaları ile, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerinde ki yükü ile, iklim değişikliği ve dışa bağımlılık gibi konular ile birlikte daha çok ön plana çıkmıştır. Gün geçtikçe daha da artan enerji ihtiyacı, tasarrufu ve sürdürülebilir enerji kullanımı zorunlu kılmaktadır. Bu durum enerji kaynaklarının tükenmesi, çevre kirliliğinin artması, ülkeler arası savaşın ve rekabetin artması, küresel ısınmanın yükselmesi gibi sebeplerden dolayı daha çok ön plana çıkmaya başlamıştır. Enerji tasarrufunun sektörlere göre dağılımına baktığımız zaman, binaların tüketimde oldukça yüksek olduğu fakat sanayinin birinci sırada olduğunu gözlemleyebiliriz (Sagbaş, 2018).

Buhar, ısı, gaz ve elektrik olarak farklı formlarda olan enerji kayıpları olabilmektedir. Binalarda yapı mimarisi, ısıtma ve aydınlatma elemanları, dış cephede kullanılan yalıtım malzemeleri binalara entegre edilen güneş panelleri ve rüzgar türbinleri gibi çalışmalar binalarda enerji verimliliğini sağlamak amacıyla yapılmış bir takım önlemlerdir. Enerji verimliliği, güvenli enerji arzının sağlanması, enerji talebinde dışa bağımlılık probleminin çözülmesi, ekonomide büyümeyi sağlayan ve çevreyi korumaya yönelik olan sürdürülebilir enerji politikaları, ülkeler arası enerji savaşlarının önüne geçilmesi gibi bir takım stratejik hedeflerin sağlanmasında önemli bir faktördür. Bu durumlar ile birlikte gerçekleşmesi planlanan bir takım enerji verimliliği yatırımlarının, 2035 yılı itibarı ile dünya ekonomisine 18 trilyon ABD Doları katkı vereceği belirtilmektedir (Sagbaş, 2018).

Enerjinin bu şekilde ön plana çıkmasında, ülkeler arası yaşanan enerji krizleri ve enerji fiyatlarındaki yükselmeler etkili olmuştur. Durum bu şekilde olunca 1970'li yıllarda Batılı sanayileşmiş ülkeler ve Japonya enerji verimliliği stratejileri geliştirmek zorunda kalmışlardır. 1980'li yıllarda ise artan enerji ihtiyacı ve bununla birlikte ortaya çıkan enerji verimliliği ülkelerin enerji ile alakalı kalkınma politikalarında özellikle yer almaya başlamıştır. Örneğin, 2016 yılı itibarı ile Almanya, Avrupa'da enerji verimliliği

konusunda öncülerden biri olmuştur. Fakat bu durum bile Almanya için yeterli görülmemektedir, Almanya'nın bu konu için verimliliği nasıl daha iyi kullanabileceği konuşulmaktadır çünkü enerji verimliliği her sene minimum %2,1 artırılırsa ancak 2050 senesine kadar Almanya'nın hedefine ulaşacağı düşünülmektedir. Yenilenebilir enerji kullanımında ise Almanya'nın ilerlediği, 2050 senesine kadar brüt enerji tüketiminin %60'ına varan oranlarda tasarruflara varabileceği belirtilmiştir. Bu yüzden Almanya'nın sürdürülebilir enerjide önemli bir yol aldığı ve alacağı vurgulanmıştır (Aydın, 2016).

2.1 Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilir Kalkınma

Türkiye enerji tüketiminde fosil yakıtlar olarak kömür, petrol ve doğalgaz kaynaklarını birincil sırada kullanmakta olup, bu enerji kaynaklarının birincil enerji tüketimi içerisinde olan oranları 2016 senesi için %87,3’tür. Petrol ve kömürün kullanımında 2000 senesine oranla 2016 senesinde düşüş görülmektedir. Görülen bu azalma doğal gaz kullanımı artışı ile olmuştur. Toplam birincil enerji kullanımında doğal gazın oranı 2000 yılında %15,7 iken bu oran 2016 senesinde %28,1’e yükselmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar, güneş ve jeotermal ise toplam arz içinde çok bir orana sahip olmamasına rağmen, 2000-2016 döneminde yıllık olarak yaklaşık %14,4 oranında bir artış göstermiştir (Sagbaşı, 2018).

Tarım sektöründe enerji tüketimi için 2000-2008 döneminde artış görülürken, 2008-2016 yılları arasında ise yıllık bazda yaklaşık %3’lük azalış görülmüştür. 2016 senesinde 2000 senesine göre konut, sanayi ve tarım sektörlerinin toplam nihai enerji tüketimindeki paylarının azaldığı görülmüştür bunun yanında ulaştırma ve hizmet sektörlerinin payları yükselmiştir. 2000 yılında sanayi sektörünün ortalama %40 olan payı 2016 yılına gelindiğinde %34’e gerilemiştir. Buna rağmen enerji tüketimi en yüksek sektör sanayi sektörüdür. Ülkemizde tüm sektörlerde enerji tüketiminde artış görülmüştür. Türkiye’de toplam nihai enerji tüketiminde sektörel enerji tüketiminin oranlarına baktığımız zaman, 2000-2016 seneleri arasında konut, sanayi ve tarım sektörlerinin paylarının azalış gösterdiği, hizmet ve ulaştırma sektörlerinin enerji tüketim oranlarının ise artış gösterdiği görülmektedir (Sagbaşı, 2018).

2.1.1 Türkiye’de Enerji Verimliliğine Yönelik Değerlendirmeler

Türkiye hız gelişmekte olan bir ülkedir bununla paralel olarak enerji gereksinimi de gün geçtikçe artmaktadır. Enerji tüketimi de buna bağlı olarak günden güne artış göstermektedir. Enerji tüketimi ülkemizde her yıl %4-5 oranında artış gösterirken, bu artışın ortalama %7-8’ini elektrik tüketimi oluşturmaktadır. Ülkemizde elektrik enerjisi tüketimindeki artış yaklaşık olarak dünyanın 2 katıdır. Türkiye enerji konusunda büyük bir oranda dışa bağımlıdır. Enerjide dışa bağımlı olan Türkiye için enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik, iletim ve tüketim işlemlerinin ekonomik, sosyal ve çevresel maliyetlerinin en düşük düzeye indirilmesi büyük önem arz etmektedir.

1995-2007 yılları arasında ülkemizde sanayi sektöründeki enerji yönetimi gönüllü olarak yürütülürken 2007 yılından itibaren Enerji Verimliliği Kanunu yürürlüğe sokulmuştur. Bu kanun ile beraber bina, sanayi ve hizmet sektörlerinde mecburi bir uygulama haline gelmiştir (Aydın, 2016).

Tablo 1
Sektörlere Göre Enerji Tüketimi ve Tasarruf Potansiyeli

Sektör	Toplam Tüketimdeki Payı	Tasarruf Potansiyeli
Sanayi	39%	%20-25
Binalar	30%	%30-50
Ulaşım	21%	%15-20
Tarım	5%	-
Enerji Dışı	5%	-

Tablo 2
Birincil ve Nihai Tüketimin Yıllık Bazda Ortalama Artış

	2000-2008	2008-2016	2000-2016	2015-2016
Birincil Enerji Tüketimi	3,3%	3.60%	3.40%	5.50%
Nihai Enerji Tüketimi	3%	3.80%	3.40%	5%

Tablo 3
Sektörel Bazda Enerji Tüketim Artış Oranı

	2000- 20008	2008- 2016	2000- 2016	2015- 2016
GSYİH	4.60%	5.20%	4.90%	3.20%
Sanayi	6.10%	6.10%	6.10%	4.30%
Tarım	1.10%	3.30%	2.20%	-2.60%
Hizmet	4.10%	5%	4.60%	3.20%
Özel Tüketim	4.50%	2.80%	3.60%	0.02%
İmalat	5.40%	5.70%	5.60%	3.80%

Ülkemizde birincil enerji yoğunluğu 2008 senesinden 2014 senesine kadar %8 azaltılmıştır. 2012 yılında çıkarılan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi’nde ise günümüze yani 2023'e kadar enerji yoğunluğunun %20 azaltış göstermesi hedeflenmiştir.

Türkiye enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve enerji tasarrufu konusunda fazlasıyla uluslararası projeler gerçekleştirmiştir. Bu projelerin bir kısmı tamamlanmış iken bir kısmı devam etmektedir. Bahsettiğimiz projeler aşağıdaki gibidir (Koçaslan, 2014).

- UNIDO ile İşbirliği Projesi (1980)
- Dünya Bankası Projesi (1982-1984)
- II. Dünya Bankası Projesi (1988-1991)
- I. JICA Projesi (1995-1996)
- II. JICA Projesi (2000-2005)
- Avrupa Birliği ile “Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi”
- Japon Uluslararası İşbirliği Teşkilatı (JICA) ile “Üçüncü Ülke Eğitim Programı Projesi”

Yukarıda görüldüğü gibi Türkiye bir takım projelerde yer almıştır fakat günümüzde uluslararası projelerde daha çok yer almalı ve diğer ülkeler ile birlikte daha çok işbirliği yapılmalıdır.

2.1.2 Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliği

Ülkemiz demir-çelik sanayisinde 2011 yılında 2010 yılına göre %17,2 bir artışla üretimi fazlalaştırarak dünyada ilk 10 demir-çelik üreticisi konumuna gelmiştir. Avrupa'da ise ülkemiz Almanya'dan sonra 2. demir-çelik üreticisi pozisyonuna yükselmiştir. Çimento sektöründe ise Avrupa'nın en büyük çimento ihracatçısı ülkemiz olarak bilinmektedir. Dünyada ise ilk 5 içerisinde yer almaktadır. Gelişmekte olan ülkeler gibi Türkiye'nin de bazı sektörlerde enerji tasarrufu bulunmaktadır çünkü ülkemizde enerji verimsiz bir şekilde kullanılmaktadır. Enerji verimsizliğini gidermek için ülkemizde birçok proje ve çalışma yürütülmüştür. Yukarıda bunun bir takım örneklerini görmüştük. Yapılarda uygulanan birtakım önlemlerde bulunmaktadır. Bunları da aşağıda açıklayacağız.

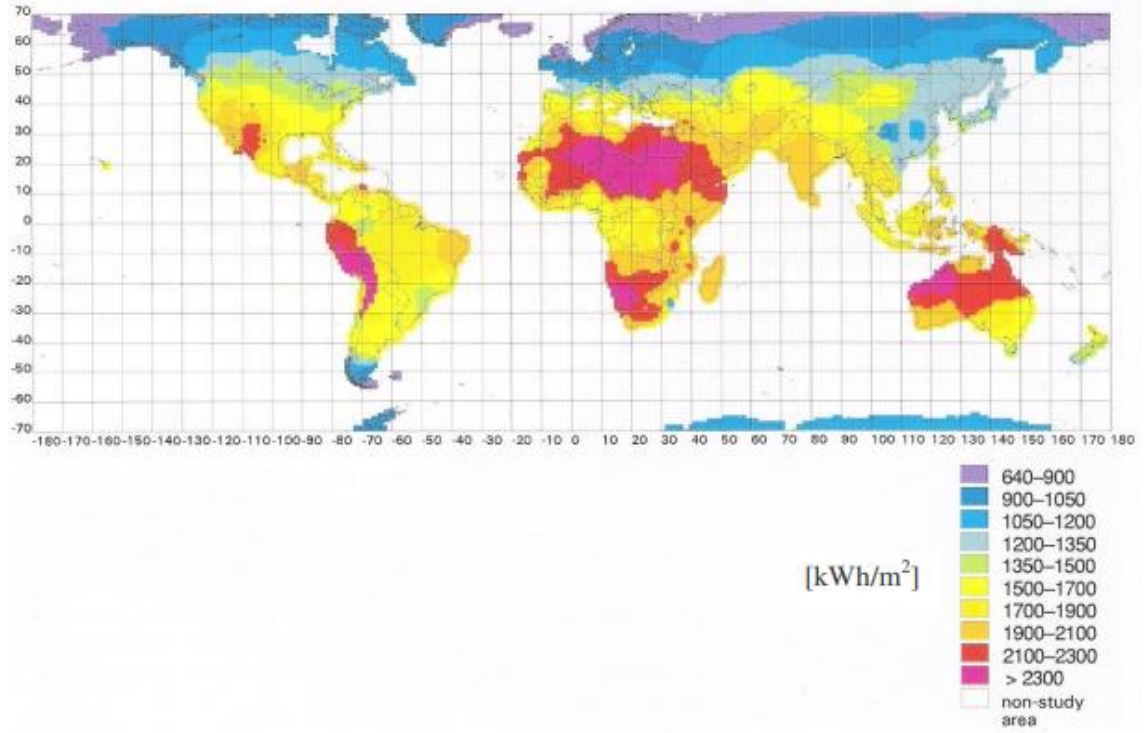
2.1.3 Yapılarda Enerji Verimliliği ve Yeşil Binalar

Yapılarda enerji tüketimi son 40 yılda ortalama üç kat artış göstermiştir. Yapı sektöründe olan enerji tüketimi, ülkenin toplam enerji tüketimindeki payı 2008 yılının başına kadar düzenli olarak azalış göstermiştir. 2008 yılında dünyada yaşanan finansal krizin bir etkisi olarak sanayi sektöründe kapasite kullanım oranında düşüş yaşanmıştır bunun bir sonucu olarak yapı sektöründeki enerji tüketimi, ülkenin toplam enerji tüketimindeki payı artmıştır. 2009 yılı sonrasında ise binalardaki enerji tüketim payı azalaya devam etmiştir.

Sürdürülebilir olan yapılar çevre dostu binalar oldukları için yeşil binalar olarak da isimlendirilirler. Bu tip yapılar enerjiyi etkin kullanabilir ve en azda kullanmayı sağlarlar. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre yapılan araştırmalarda yapılar, enerjiyi tüketen bir unsur olarak, dünyada toplamda kullanılan elektriğin yarısını, doğalgazın ise üçte birini tüketir. Bunun yanında atmosfere salınan sera gazının yapılar üçte birinin kaynağıdır (Sagbaş, 2018).

BÖLÜM 3: YAPILARDA FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN KULLANILMASI

Güneş enerjisinden en iyi şekilde elektrik üretebilen bölgeler güneş ışığını en uzun süre ve en iyi açı ile alan yerlerdir. Dünyada güneş ışıınımı yoğunluğunun dağılımı görülmektedir (Şekil 1). Mavi renkler güneş ışığı şiddetinin düşük geldiği bölgelerdir. Diğer sarı ve kırmızı benzeri renkler güneş ışığının şiddetinin fazla olduğu yerlerdir. Ekvator bölgesinde güneş ışığının gelme açısı nedeniyle 2300 kWh/m²'ye yakın bir ışıınım değeri görülmüştür. Kutba yakın bölgeler fotovoltaik sistemler için çok elverişli değildir (Şekil 1). Bu sistemlerin verimli çalışması için güneş ışığını net alan ve uzun süreli alan yerler daha elverişlidir (Koryürek, 2008).



Şekil 1: Dünya Güneş Işını Yoğunluğu

Fotovoltaik sistemleri en çok kullanan ülkeler incelendiği zaman Almanya, Japonya ve Amerika'nın öne çıktığı görülmektedir. 2006 yılında kurulu olan fotovoltaik sistemlerin ülkelere göre dağılımı verilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4
Dünya Üzerinde Kurulu Fotovoltaik Sistem Gücü

Ülke	Şebekeden bağımsız toplam PV gücü [kW]		Şebekeye bağlı toplam PV gücü [kW]		Kurulu toplam PV gücü [kW]	Kişi başına PV gücü [W/kişi]	2006'da kurulan PV gücü [kW]	2006'da kurulan şebekeye bağlı PV
	Evsel kullanım	Evsel olmayan	Dağınık	Merkezde toplanmış				
Avustralya	23 883	36 653	9 005	760	70 301	3,5	9 721	2 145
Avusturya	3 169		21 263	1 153	25 585	3,1	1 564	1 290
Kanada	6 680	12 296	1 443	65	20 484	0,6	3 738	384
İsviçre	3 050	350	23 740	2 560	29 700	4,0	2 660	2 500
Danimarka	80	255	2 565	0	2 900	0,5	250	210
Almanya	32 000		2 831 000		2 863 000	34,9	953 000	950 000
İspanya	17 800		100 400		118 200	2,7	60 500	51 400
Fransa	15 015	6 539	22 379	0	43 933	0,7	10 890	9 412
İngiltere	324	758	12 960	0	14 042	0,2	3 165	3 007
İsrail	1 084	210	11	14	1 319	0,2	275	0
İtalya	5 300	7 500	30 500	6 700	50 000	0,9	12 500	12 000
Japonya	1 212	87 376	1 617 011	2 900	1 708 499	13,4	286 591	285 060
Kore	983	4 960	18 323	10 467	34 733	0,7	21 209	20 929
Meksika	15 019	4 573	155	0	19 747	0,2	1 054	116
Hollanda	5 713		43 673	3 319	52 705	3,2	1 521	1 243
Norveç	7 150	390	128	0	7 668	1,7	416	53
İsveç	3 630	655	555	0	4 840	0,5	603	301
ABD	114 000	156 000	322 000	32 000	624 000	2,1	145 000	108 000
Toplam	226 751	347 856	4 773 271	343 778	5 691 656		1 514 647	1 448 050

Tablo 5
Yıllara Göre Fotovoltaik Sistem Artışı

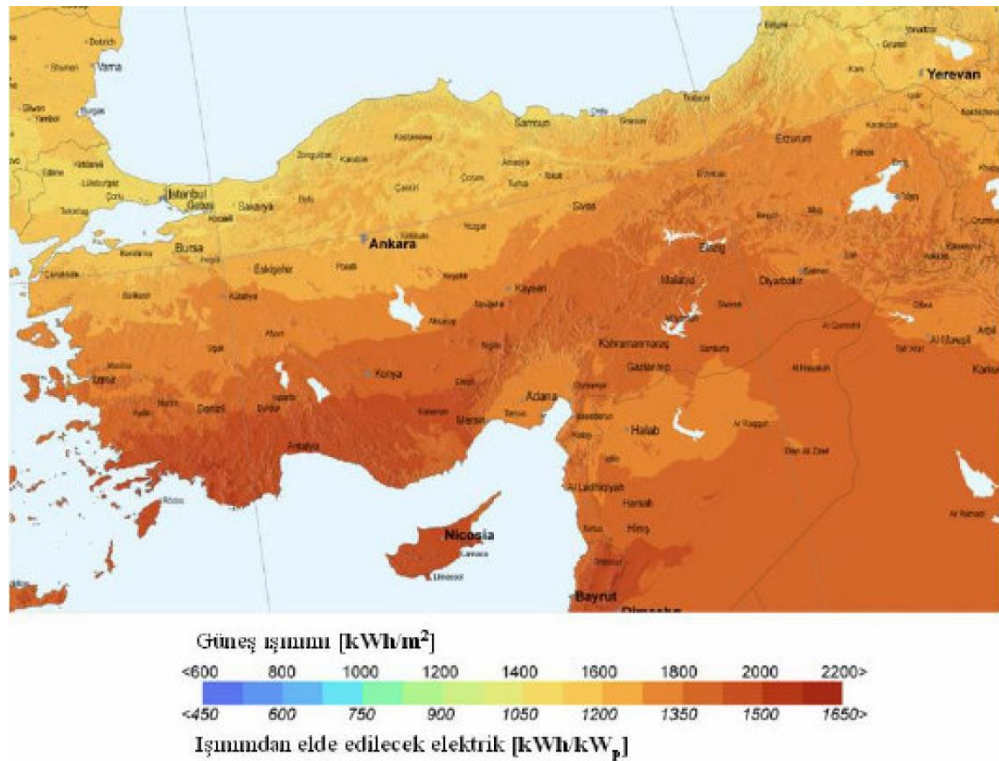
	Kurulan Toplam PV Gücü [MW]													
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Avustralya	8,9	10,7	12,7	15,7	18,7	22,5	25,3	29,2	33,6	39,1	45,6	52,3	60,6	70,3
Avusturya	0,8	1,1	1,4	1,7	2,2	2,9	3,7	4,9	6,1	10,3	16,8	21,1	24,0	25,6
Kanada	1,2	1,5	1,9	2,6	3,4	4,5	5,8	7,2	8,8	10,0	11,8	13,9	16,7	20,5
İsviçre	5,8	6,7	7,5	8,4	9,7	11,5	13,4	15,3	17,6	19,5	21,0	23,1	27,1	29,7
Danimarka	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	1,1	1,5	1,5	1,6	1,9	2,3	2,7	2,9
Almanya	8,9	12,4	17,7	27,8	41,8	53,8	69,4	113,7	194,6	278,0	431,0	1 044	1 910	2 863
İspanya	4,6	5,7	6,5	6,9	7,1	8,0	9,1	12,1	15,7	20,5	27,0	37,4	57,7	118,2
Finlandiya	1,0	1,2	1,3	1,5	2,0	2,2	2,3	2,6	2,7	3,1	3,4			
Fransa	2,1	2,4	2,9	4,4	6,1	7,6	9,1	11,3	13,9	17,2	21,1	26,0	33,0	43,9
İngiltere	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	1,1	1,9	2,7	4,1	5,9	8,2	10,9	14,0
İsrail	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,9	1,0	1,3
İtalya	12,1	14,1	15,8	16,0	16,7	17,7	18,5	19,0	20,0	22,0	26,0	30,7	37,5	50,0
Japonya	24,3	31,2	43,4	59,6	91,3	133,4	208,6	330,2	452,8	636,8	859,6	1 132,0	1 421,9	1 708,5
Kore	1,6	1,7	1,8	2,1	2,5	3,0	3,5	4,0	4,8	5,4	6,0	8,5	13,5	34,7
Meksika	7,1	8,8	9,2	10,0	11,0	12,0	12,9	13,9	15,0	16,2	17,1	18,2	18,7	19,7
Hollanda	1,6	2,0	2,4	3,3	4,0	6,5	9,2	12,8	20,5	26,3	45,9	49,5	51,2	52,7
Norveç	4,1	4,4	4,7	4,9	5,2	5,4	5,7	6,0	6,2	6,4	6,6	6,9	7,3	7,7
Portekiz	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,1	1,3	1,7	2,1	2,6	3,0	3,0
İsveç	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,8
ABD	50,3	57,8	66,8	76,5	88,2	100,1	117,3	138,8	167,8	212,2	275,2	376	479,0	624,0
Toplam	136	164	199	244	314	396	520	729	989	1 334	1 828	2 858	4 180	5 695

Ülkelerde fotovoltaik sistemleri yıllara göre artışı gösterilmiştir (Tablo 5). Bu ülkelerdeki yıllara göre fotovoltaik sistem gücündeki artış oranları görülmektedir (Tablo 6). Bu duruma göre fotovoltaik sistemlerin yıl geçtikçe ülkelerde artış gösterdiğini söyleyebiliriz.

Tablo 6
Yıllara Göre Fotovoltaik Sistem Güç Artışı

	Yıldan yıla PV kurulumu [MW]											
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Avustralya	2,0	3,0	3,0	3,8	2,8	3,9	4,4	5,5	6,5	6,7	8,3	9,7
Avusturya	0,3	0,3	0,5	0,7	0,8	1,2	1,2	4,2	6,5	4,2	3,0	1,6
Almanya	5,3	10,1	14,0	12,0	15,6	44,3	80,9	83,4	153,0	613,0	866,0	953,0
İspanya	0,8	0,4	0,2	0,9	1,1	3,0	3,6	4,8	6,5	10,4	20,3	60,5
Fransa	0,5	1,5	1,7	1,5	1,5	2,2	2,6	3,3	3,9	5,2	7,0	10,9
İtalya	1,7	0,2	0,7	1,0	0,8	0,5	1,0	2,0	4,0	4,7	6,8	12,5
Japonya	12,2	16,2	31,7	42,1	75,2	121,6	122,6	184,0	222,8	272,4	289,9	296,6
Kore	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,8	0,7	0,6	2,5	5,0	21,2
Hollanda	0,4	0,9	0,7	2,5	2,7	3,6	7,7	5,8	19,6	3,6	1,7	1,5
ABD	9,0	9,7	11,7	11,9	17,2	21,5	29,0	44,4	63,0	100,8	103,0	145,0

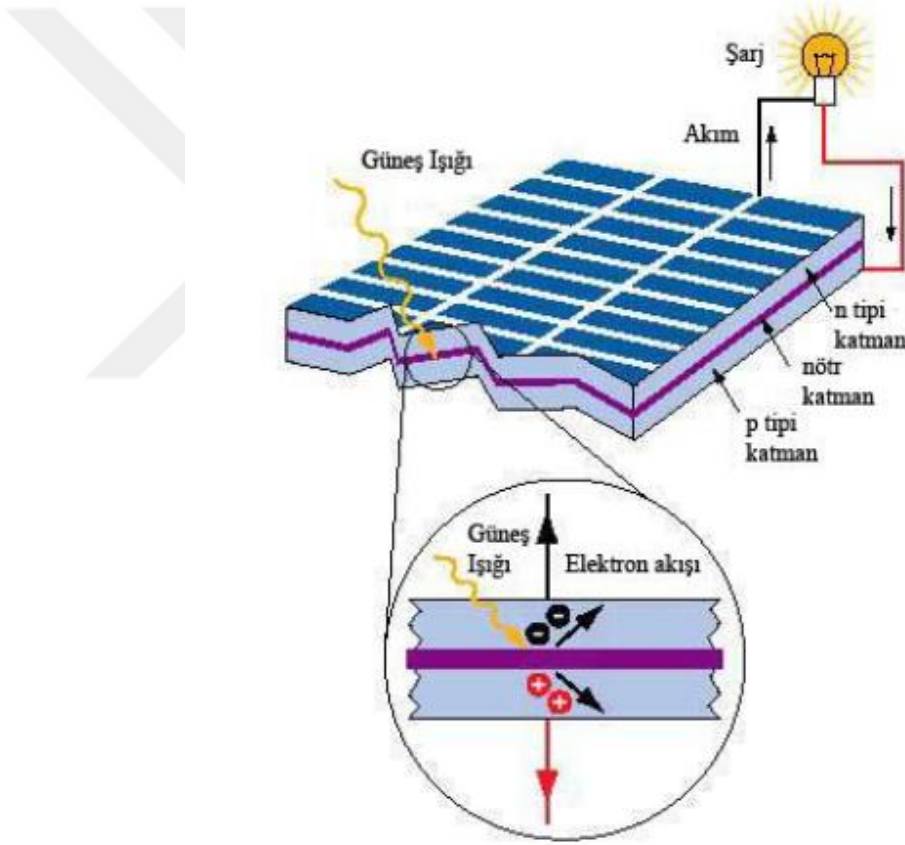
Ülkemizin yıllık güneşlenme haritası verilmiştir (Şekil 2). Bu şekile göre Türkiye'nin güneş potansiyelini bölgelere göre görebiliriz.



Şekil 2: Türkiye'nin Yıllık Güneşlenme Haritası

3.1 Fotovoltaik Sistemlerin Çalışma Prensibi

Fotovoltaik hücreler yapmak için en uygun maddeler galyum arsenit , silisyum, kadminyum tellür gibi bir takım maddelerdir. Fotovoltaik hücreler 2 katmandan oluşurlar. Bunlar üstteki n tipi alttaki ise p tipi katmandır. N tipi katmanın atomlarında dış yörüngede 5 adet elektron bulunur p-tipi katmanın ise dış yörüngesinde 3 adet elektron bulunur. Güneşten gelen ışık n tipi katmana gelir ve birtakım ışık fotonları emilir bu aşamadan sonra n-tipi katmanda bulunan elektronların p-tipi katmana doğru akmasına yol açar (Şekil 3). Bu şekilde doğrusal elektrik akımı oluşmuş olur (Aygün, 2012).

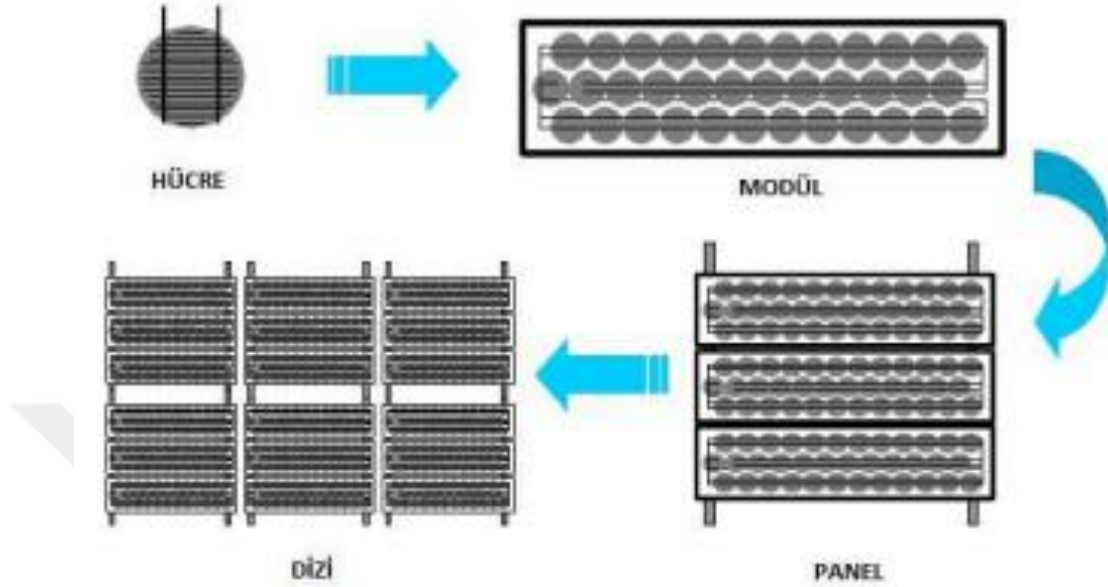


Şekil 3: Fotovoltaik Sistemin Çalışma Prensibi

Doğrusal elektrik akımının voltajını kontrol edebilmek amacıyla regülatör elektriği depolayabilmek için aküler ve doğrusal elektrik akımını alternatif akıma çevirmek için invertörler bu sisteme eklenebilir (Aygün, 2012).

Bir fotovoltaik hücrenin çıkış voltajı ortalama 0,5 voltuttur. Gücün çıkışını artırmak

amacıyla şekil 4 ve şekil 5’te görüldüğü üzere fazla sayıda fotovoltaik hücreler paralel veya seri bağlanarak modül oluşur bu modüller bir araya getirilerek paneller oluşturulur ve paneller bir araya getirilerek dizi elde edilir (Turhan,2012).

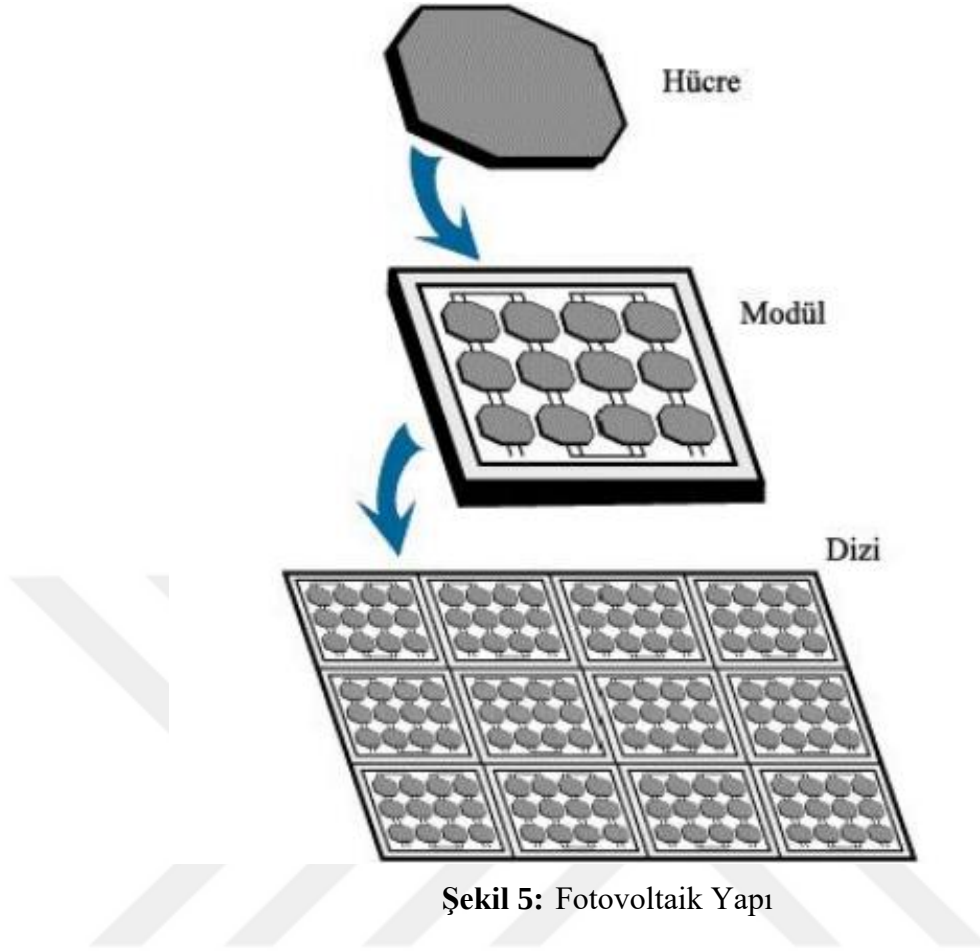


Şekil 4: Hücre, Modül, Panel ve Dizi

Fotovoltaik hücrenin yapılışında bir takım maddeler kullanılmaktadır. Bu maddeler yarı iletken maddelerdir. Aşağıda hücrenin cinsine göre verimlilikleri verilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7
Hücre Cinsine Göre Verimlilikler

Fotovoltaik Hücre Cinsi	Alan	Verimlilik %
Tek Kristalli Silisyum	4	24
Çok Kristalli Silisyum	21.2	17.4
Amorf Silisyum	1	14.7
Cu/In, GaSe ₂	0.4	17.7
CdTe/CdS		15.8
GaAs Tek Kristal	1	23.9



Şekil 5: Fotovoltaik Yapı

Fotovoltaik sistemi oluşturan yapılar aşağıda verilmiştir.

- PV modüller
- İnvertörler (Dönüştürücüler)

Fotovoltaik sistem hücreleri doğru akım enerjisi üretirler. Ortaya çıkan enerjinin kullanılabilmesi amacıyla alternatif akıma dönüştürülmesi gerekir. Enerji dönüştürücü olarak kullanılan invertörler şebekeden bağımsız sistemler için düşük gerilimli (12-48V), şebeke bağlantılı sistemlerde yüksek gerilimli (110V ve üstü) olarak kullanılmalıdır.

- Aküler

PV hücrelerin üretmiş olduğu enerjinin kullanılmadığı zamanlarda depolanması gerekmektedir. Güneş ışığı geldiği sürece hücrelerde üretilen enerji akülerde depolanmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan akü tipleri kurşun-asit ve nikel

kadmiyum türü akülerdir.

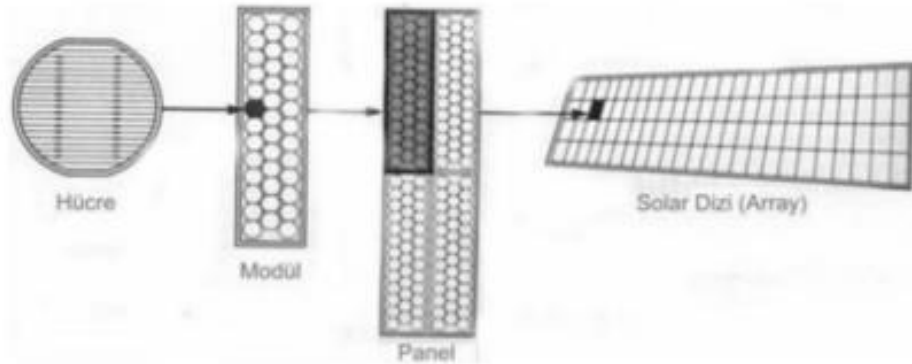
- Şarj denetim birimleri

Fotovoltaik hücrelerin aküye direkt olarak enerjiyi göndermesi akülere zarar vermektedir. Bundan dolayı şarj denetim birimleri kullanılarak fazla enerji yüklenilmesini ve enerjinin boşalması önlenmektedir. Bu yapılar akülerin şarj ve deşarj olmasını engellerler.

- Diğer sistem bileşenleri

Fotovoltaik sistemler başka bileşenlerde ihtiyaç duyabilirler. Bunlar, kablolama, diyotlar, aşırı akımdan koruma elemanları, topraklama elemanları, sigortalar, bağlantı elemanları ve montaj parçalarıdır.

Bunların dışında grafen son dönemlerde güneş pilleri için çok önemli bir malzeme haline gelmiştir. Bu tip nanomalzemeler güneş pillerinde daha fazla verim sağlamaktadırlar. Çok iyi bir iletken madde olduğu bilinmektedir. Bataryaların hızla şarj edilmesi, güneş pilleri gibi kullanım alanları mevcuttur.



Şekil 6: PV Dizisi

Alüminyum çerçeveli ve camlı sistemi olan modüller;

Güneş enerjisi modülü alüminyumdan olan çerçeve içerisine bir panel olarak yerleştirilir. Bu yapı cam bir tabaka ile kaplanmıştır. Bu sayede dış etkilerden korunabilir. Bu modül tipi genelde sık kullanılan modül tiplerinden biridir.

Çerçevesiz modüller;

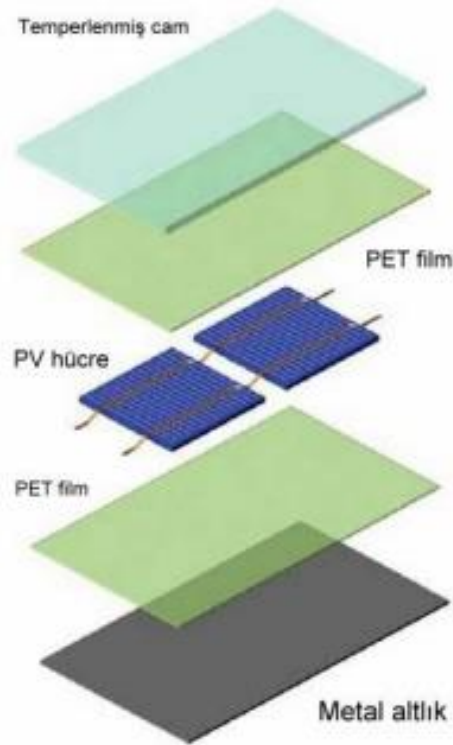
Bu tip modüller monokristal silikon fotovoltaik pillerinden yapılırlar ve iki tabaka optik film ile kaplanırlar. Modülün arka kısmında PET (poly ethylene terephthalate) film orta kısmında fotovoltaik pil ve ön kısmında ise PET film ya da cam bulunmaktadır.

Metal tabanlı modüller;

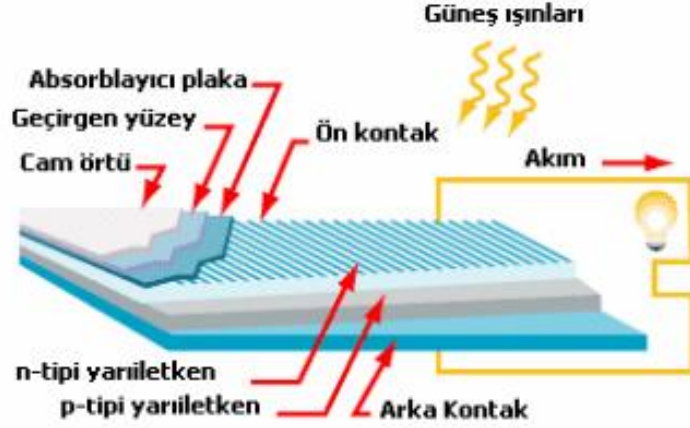
Bu tip modüller ise monokristal silikon güneş enerjisi pillerinden üretilirler. Yapışkan bir madde ve yalıtım yapan kaplama ile kaplanmış paslanmaz çelik, metal üzerine yada alüminyum alaşım üzerine yerleştirilirler. Bu sistem metal bir taban, PET film, orta kısmında fotovoltaik piller, ön tarafında ise PET film yada camdan oluşmaktadır (Şekil 7).

Çift yüzeyli modüller;

Bu tarz modüller hem ön hem de arka yüzeyleri ile birlikte enerji üretebilen yeni tip modüllerdir. Bu modüller enerji maliyetlerinde kayda değer bir azalış sağlamaktadır.



Şekil 7: Fotovoltaik Modül Yapısı



Şekil 8: Fotovoltaik Hücre Yapısı Örneği

3.1.1 Yönetmelik

Ülkemizde güneş enerjisine dayalı elektrik üretiminde belirli standart ve yönetmelikler mevcuttur. Bu sistem kullanıldığında belirli denetlemelerden geçmektedir.

GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

Amaç ve kapsam

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı;

- Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinde kullanılan aksamın sahip olması gereken standartlar, test yöntemleri ve denetimi,
- Güneş enerjisine dayalı veya güneş enerjisi ile birlikte diğer enerji kaynağı kullanan hibrit tesislerde üretilen elektrik enerjisi içerisindeki güneş enerjisine dayalı üretim miktarlarının denetimi, ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.

Dayanak

MADDE 2 – (1) Bu Yönetmelik, 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına

İlişkin Kanunun 6 ncı maddesine dayanılarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 3 – (1) Bu Yönetmelikte geçen;

- Bakanlık: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığını,
- (Değişik:RG-9/1/2020-31003) EİGM: Enerji İşleri Genel Müdürlüğünü,
- Elektrik Üretim Şirketi: Güneş enerjisine dayalı elektrik enerjisi üreten ve Kanunun 6/B maddesinden yararlanmak isteyen lisans sahibi tüzel kişiyi,
- Elektrik Üretim Tesis: Güneş enerjisine dayalı elektrik enerjisi üreten ve üretim lisansına sahip olan tesisi,
- EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunu,
- Fotovoltaik (PV) modülü: Yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrığe dönüştüren yarıiletken modülleri,
- Hibrit Tesis: Güneş enerjisi ile birlikte diğer yenilenebilir veya birincil enerji kaynağı kullanan elektrik üretim tesisini,
- Kanun: 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu,
- (Değişik:RG-9/1/2020-31003) EPİAŞ: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketini,
- TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumunu,
- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri (CSP): Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtları, ifade eder.

İKİNCİ BÖLÜM

Standartlar, Test Yöntemleri ve Denetim

Standartlar ve test yöntemleri

MADDE 4 – (1) Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin projelendirilmesinde kristal veya ince film PV modülleri ile odaklamalı PV modüllerinin;

- a) Performans testleri ve tip kabulleri için TS EN 61215, TS EN 61646 ve TS EN 62108 standartları,
- b) Emniyet testleri için TS EN 61730 standardı, uygulanır.

(2) CSP sistemlerde ısı (termal) performans TÜBİTAK tarafından kurulum yerinde yapılır ve Bakanlığa rapor edilir.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim miktarlarının denetimi

MADDE 5 – (1) Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinde veya güneş enerjisi ile birlikte diğer yenilenebilir enerji veya birincil enerji

kaynağı kullanan hibrit tesislerde üretilen elektrik enerjisi içerisindeki güneş enerjisine dayalı elektrik enerjisi üretim miktarı **(Değişik ibare:RG-**

9/1/2020-31003) EİGM tarafından aşağıdaki şekilde denetlenir.

- a) Güneş enerjisi kullanan elektrik üretim tesislerinde, aşağıdaki verileri elektronik ortamda **(Değişik ibare:RG-9/1/2020-31003)** EİGM'nin

kontrol merkezine gönderen izleme sistemlerinin bulundurulması şartı aranır. Buna ilişkin usul ve esaslar **(Değişik ibare:RG-9/1/2020-31003)** EİGM

tarafından belirlenerek mevcut internet sayfasında yayımlanır.

- 1) Tesisdeki yatay düzleme gelen toplam güneş radyasyonu ile güneş panellerinin yüzeyine gelen güneş radyasyonunu,
- 2) Tesis alanının yerden en fazla 10 metre yüksekliğindeki rüzgâr hızını,
- 3) İnvertörler ile birlikte güneş panellerinin anlık üretim durumlarını,
- 4) İnvertör çıkışlarında bulunan ve tesis trafosuna verilen elektrik enerjisini,
- 5) Diğer yenilenebilir enerji veya birincil enerji kaynağını kullanan tesislerde üretilen elektrik veya ısı enerjisini gösteren gerçek zamanlı ölçüm bilgileri.

- b) Elektrik üretim şirketi her yıl Aralık ayı içerisinde, tesisdeki her bir güneş paneli ile tesis bütününe güneş enerjisine dayalı olarak üretebileceği

elektrik enerjisi miktarlarını, tesise gelebilecek güneş radyasyonuna ve rüzgâr hızına bağlı olarak **(Değişik ibare:RG-9/1/2020-31003)** EİGM'ye sunar.

- c) **(Değişik ibare:RG-9/1/2020-31003)** EİGM, (a) ve (b) bentleri kapsamındaki bilgileri değerlendirerek tesis yerinde inceleme yapabilir.

(2) **(Değişik ibare:RG-9/1/2020-31003)** EİGM, hibrit tesislerde üretilen elektrik enerjisi içerisindeki güneş enerjisine dayalı elektrik enerjisi

üretim miktarını her fatura dönemi için **(Değişik ibare:RG-9/1/2020-31003)** EPİAŞ'a bildirir.

- (3) Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinde Bakanlığın onayladığı güneş enerjisine dayalı elektrik üretim projesi dışında farklı bir enerji kaynağının kullanıldığı tespit edildiği takdirde, **(Değişik ibare:RG-9/1/2020-31003)** EİGM Bakanlık ile EPDK'ya durumu bildirir.

Yürürlük

MADDE 6 – (1) Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

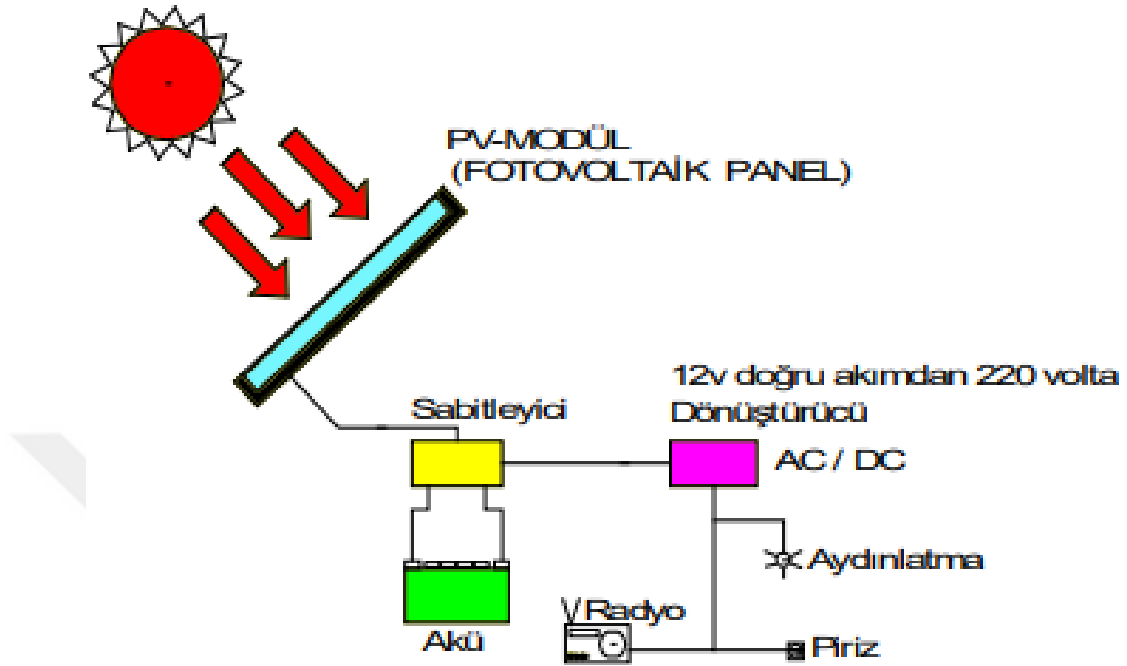
Yürütme

MADDE 7 – (1) Bu Yönetmelik hükümlerini Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı yürütür.

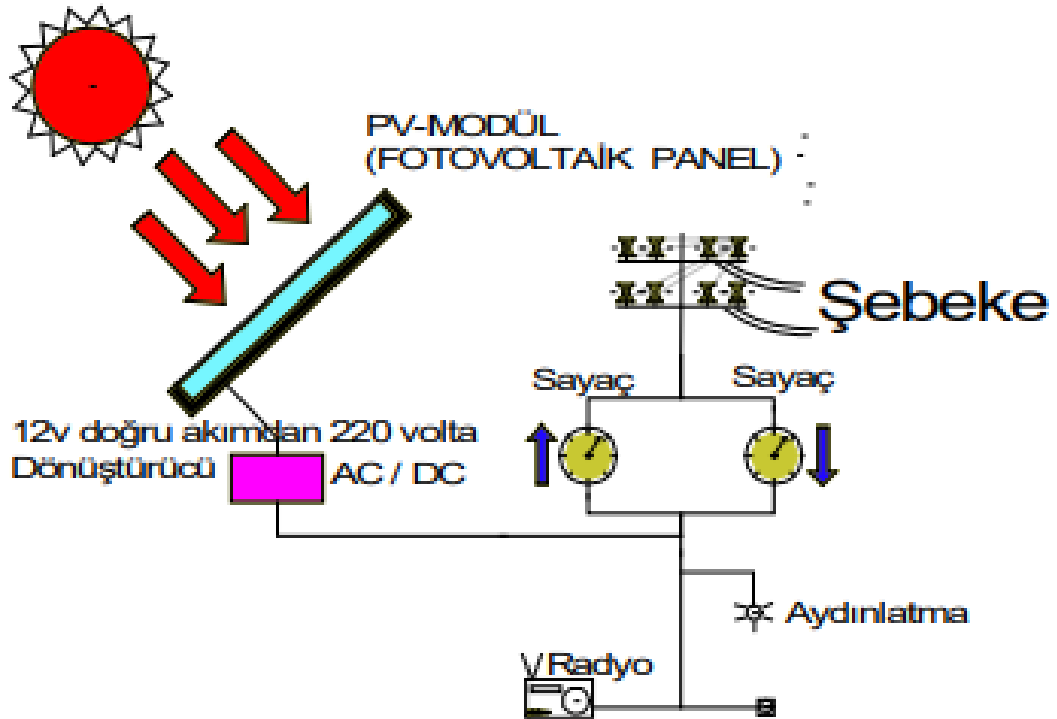
3.2 Fotovoltaik Sistem Türleri

Fotovoltaik sistemler iki tür olarak uygulanmaktadırlar. Bu uygulamalar, şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı modüllerdir. Şebekeden bağımsız sistemlerin şebekeye bağlanma maliyeti fotovoltaik sistem kurmaktan daha fazla olabilir fakat başlangıç yatırım maliyetinin haricinde herhangi bir bakımı veya gideri çok olmayan bu sistemler günümüzde genel olarak kırsal bölgelerde uygulanmaktadır (Şekil 9). Akü kullanılan bu sistemler enerji üretimi yapılmadığı zamanlarda kullanmak amacıyla depolama ihtiyacı

duymaktadır. Bu durum normal olarak sisteme artı olarak bir maliyet getirmektedir (Sayın,2011).



Şekil 9: Şebekeden Bağımsız PV Uygulaması



Şekil 10: Şebekeye Bağımlı PV Uygulaması

Şebekeye bağlı sistemler güç santrali ve yapılara entegre edilmiş sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Şebekeye bağımlı sistemlerde ortaya çıkan enerji iki yönlü bir sayaç ile beraber şebeke elektriğine bağlanır. Enerji gereksinimi olmadığı zamanlarda üretilen elektrik enerjisi şehir şebekesine verilir ve enerji üretiminin olmadığı zamanlarda da şebekeden elektrik enerjisi alınmaktadır (Şekil 10). Bu durumda iki yönlü sayaç hem şebekeye verilen elektriği hem de alınan elektrik miktarını kontrol etmektedir.

3.3 Fotovoltaik Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

- Fotovoltaik sistemler hiçbir yakıt masrafı olmadan elektrik üretebilirler
- Fosil yakıtlarda olduğu gibi zararlı gazlar ve atıklar açığa çıkmaz temiz bir enerji kaynağıdır.
- Bu sistemlerde taşıma ve depolama işlemleri yoktur bu yüzden iletimden kaynaklı enerji kayıpları söz konusu değildir.
- Fotovoltaik sistemlerde bakım ihtiyacı oldukça azdır.
- Bu sistemler ihtiyacın olduğu her yerde kullanılabilirler bir sınırlama yoktur.
- 1 Wattdan birkaç Kilowatt'a kadar uygulanabildiği gibi sistemin genişletilebilme imkanı da bulunmaktadır.
- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- PV sisteminin enerji üretme kapasitesi mevsimsel olarak ve günlük olarak değişen hava hareketlerinden etkilenebilmektedir.
- Şebeke bağlantısının olmadığı zamanlarda depolamaya ihtiyaç duyulur.

3.4 PV Sistemin Kullanıldığı Yapı Örnekleri

Fotovoltaik sistemler günümüzde birçok yapıda kullanılmaktadır. Aşağıda dünyada ve ülkemizde olan örneklerini göreceğiz.

3.4.1 Grödig Huzurevi (Avusturya)

Uygulanan fotovoltaik sistemin gücü 30 kWp'dır. Toplamda 102 tane daireden oluşan bu binada daire başına 0,3 kWp fotovoltaik panel düşmektedir. Bu uygulama çatının eğim durumuna göre düzenlenmiştir (Şekil 11). Bu huzurevinde kullanılan sistemin özellikleri tablo 8'de verilmiştir.



Şekil 11: Grödig Huzurevi PV Örneği

Tablo 8
Sistem Özellikleri 1

PV Sistem Gücü:	30 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	27000 kWh
Proje Konumu:	47°44'17"K 13°2'47"D	Uygulama Açısı:	
Yönlenmesi:	Güney	Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	3,12 kWh/m ² /gün 4,75 sa/gün

3.4.2 Belfast Sosyal Konutları (Kuzey İrlanda)

Toplam 3 bloktan meydana gelen bu projede toplam olarak 30 daire bulunmaktadır. Bu sistemde verimliliğin artması amacıyla yapıya çatı izolasyonu yapılmıştır ve pencereler çift cam olacak şekilde yapılmıştır. Toplam 30 daire için ayrı 30 tane fotovoltaik sistem bulunmaktadır (Şekil 12). Toplam 51 kWp güce sahip olan bu pv sistemin daire başına düşen fotovoltaik panel gücü 1,7 kWp'dır. Sistem özellikleri tablo 9'da verilmiştir.



Şekil 12: Konut PV Örneği

Tablo 9
Sistem Özellikleri 2

Proje Adı:	Belfast Sosyal Konutları	Ülke:	Kuzey İrlanda
Uygulandığı Yıl:	2003	PV Panel Uygulama Şekli:	Sonradan Entegre Edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Eğik Çatı	PV Panel Hücre Tipi:	Tek Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	51 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	36000 kWh
Proje Konumu:	54°34'35"K 5°53'30"D	Uygulama Açısı:	
Yönlenmesi:	Güney, Batı ve Doğu	Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	2.6 kWh/m ² /gün 3.53 sa/gün

3.4.3 Sol 300 (Danimarka)

Danimarka'da kullanılan bu sistemler toplamda 300 tane müstakil evin çatısına yerleştirilmiş ve bu fotovoltaik sistemlerin her birinin 0,9 ila 6 kW aralığında güç potansiyeli bulunmaktadır (Şekil 13). Sistemin özellikleri tablo 10'da verilmiştir.



Şekil 13: Sol 300 Konut PV Örneği

Tablo 10
Sistem Özellikleri 3

Proje Adı:	Sol-300	Ülke:	Danimarka
Uygulandığı Yıl:	1998	PV Panel Uygulama Şekli:	Sonradan Entegre Edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Eğik Çatı	PV Panel Hücre Tipi:	Tek ve Çok Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	750 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	637.500 kWh
Proje Konumu:	56°0'0"K 10°0'0"D	Uygulama Açısı:	45°
Yönlenmesi:		Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	

3.4.4 Newbiggin Sosyal Konutları (Newcastle)

Yapılar sosyal konut olarak kullanılmaktadır ve PV paneller yapıya sonradan eklenmiştir. Bu yapı toplam 25 daireden meydana gelmektedir. Toplam 450 tane modül kullanılmıştır. Her daire için ayrı ayrı bulunmaktadır (Şekil 14). Sistem özellikleri tablo 11’de verilmiştir.



Şekil 14: Newbiggin PV Örneği

Tablo 11
Sitem Özellikleri 4

Proje Adı:	Newbiggin Sosyal Konutları	Ülke:	Newcastle, İngiltere
Uygulandığı Yıl:	2004	PV Panel Uygulama Şekli:	Sonradan Entegre Edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Eğik Çatı	PV Panel Hücre Tipi:	Tek Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	38.25 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	26.316 kWh
Proje Konumu:	54°59'20"K 1°39'37"D	Uygulama Açısı:	45°
Yönlenmesi:		Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	2.85 kWh/m ² /gün 3.64 sa/gün

3.4.5 OPHLM Montreuil Apartmanı (Fransa)

PV paneller çatıya yerleştirilmiştir. Düz çatı üzerine uygulanan sistem metal ayakların üzerine paneller yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir. Toplam 200 tane PV modül kullanılmıştır (Şekil 15). Sistem özellikleri tablo 12’de verilmiştir.



Şekil 15: OPHLM Apartmanı PV Örneği

Tablo 12
Sistem Özellikleri 5

Proje Adı:	OPHLM Montreuil	Ülke:	Paris, Fransa
Uygulandığı Yıl:	2002	PV Panel Uygulama Şekli:	Sonradan Entegre Edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Düz Çatı	PV Panel Hücre Tipi:	Çok Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	22 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	22500 kWh
Proje Konumu:	48°51'36.26"K 2°26'3.95"D	Uygulama Açısı:	35°
Yönlenmesi:	Güney	Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	3.55 kWh/m ² /gün 5.04 sa/gün

3.4.6 Solgarden (Danimarka)

PV paneller yapıda iki şekilde kullanılmıştır. Büyük bir kısmı çatıda 4 sıra olarak ve plansal açıdan binanın eğriselliği ile uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Çatıda yer alan bu PV paneller 30 derece eğim ile yerleştirilmiştir ve bir bölümü güneye ve doğuya bakmaktadır (Şekil 16-17). Sistemin özellikleri tablo 13’te verilmiştir.



Şekil 16: Solgarden PV Örneği



Şekil 17: Solgarden 2

Tablo 13
Sistem Özellikleri 6

Proje Adı:	Solgarden	Ülke:	Danimarka
Uygulandığı Yıl:	1998	PV Panel Uygulama Şekli:	Sonradan Entegre Edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Düz Çatı ve Cephe	PV Panel Hücre Tipi:	Tek Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	106 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	68000 kWh
Proje Konumu:	55°29'15"K 9°28'42"D	Uygulama Açısı:	25°
Yönlenmesi:	Güney ve Doğu	Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	2.8 kWh/m ² /gün 4.8 sa/gün

3.4.7 Hazama-Su Konutları (Japonya)

Japonya'da hükümet çevre kirliliğini ve enerji giderlerini azaltmak için bölgede bulunan bir takım mevcut binalara fotovoltaik panel sistemleri entegre etmeye başlamışlardır. Fotovoltaik sistemlerde üretilen elektrik yapılarda holler ve asansörler gibi ortak alanlarda kullanılmaktadır (Şekil 18). Sistem özellikleri tablo 14'te verilmiştir.



Şekil 18: Hamaza PV Örneği

Tablo 14
Sistem Özellikleri 7

Proje Adı:	Hamaza-Su Konutları	Ülke:	Nagoya, Aichi
Uygulandığı Yıl:	2000	PV Panel Uygulama Şekli:	Sonradan Entegre Edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Düz Çatı	PV Panel Hücre Tipi:	Çok Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	203 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	214996 kWh/yıl
Proje Konumu:	48°51'36.26"K 2°26'3.95"D	Uygulama Açısı:	20°
Yönlenmesi:	Güney ve Güney Batı	Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	3.64 kWh/m ² /gün 6.2 sa/gün

3.4.8 La Darnaise Konutları (Fransa)

Bu projede toplamda 11 apartman bulunmaktadır. Bu yapılara 2005 yılında fotovoltaik paneller entegre edilmiştir. Binların hepsi toplam 16 katlıdır ve bu apartmanlarda toplam 740 adet daire bulunmaktadır. Apartmanların güney doğuya bakan cephelerine fotovoltaik sistemler entegre edilmiştir (Şekil 19). Sistem özellikleri tablo 15’te verilmiştir.



Şekil 19: La Darnaise PV Örneği

Tablo 15
Sistem Özellikleri 8

Proje Adı:	La Darnaise	Ülke:	Nagoya, Aichi
Uygulandığı Yıl:	2005	PV Panel Uygulama Şekli:	Sonradan Entegre Edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Cephe	PV Panel Hücre Tipi:	Çok Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	92 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	59050 kWh
Proje Konumu:	45°41'33"K 4°51'56"D	Uygulama Açısı:	90°
Yönlenmesi:	Güney Doğu	Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	3.34 kWh/m ² /gün 5.4 sa/gün

Fotovoltaik sistemler yurtdışında kullanıldığı gibi ülkemizde de örnekleri mevcuttur. Aşağıda fotovoltaik sistemlerin ülkemizde ki örneklerini göreceğiz.

3.4.9 Didim ve Ankara Fotovoltaik Sistem Örneği

Ülkemizde ikaz lambaları, trafik ışıkları ve aydınlatmalı trafik levhaları dışında kullanılan PV sistemlerden biri de Aydın ilinin Didim ilçesinde 1998 yılında, Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) tarafından “EİE Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi”nde deneme amaçlı kurulmuş olan şebekeye bağlı PV sistemdir (Şekil 20).



Şekil 20: Didim PV Sistem Örneği

Aşağıdaki örnek de EİE tarafından 1998’de deneme amaçlı olarak “Ankara EİE Yenilenebilir Enerji Kaynakları Parkı”nda tesis edilen sistemdir (Şekil 21).



Şekil 21: Ankara PV Sistem Örneği

3.4.10 Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evi

Ülkemiz için PV panallere verebileceğimiz diğer örnek de Pamukkale Üniversitesi'nde kurulan örnek fotovoltaiik panallerdir. Bu sistem elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamak amacı ile üniversitede “Temiz Enerji Evi” isimli laboratuarda uygulanmaktadır. Pamukkale Üniversitesi'nde yapılmış olan fotovoltaiik sistem sistem toplam 40 tane modülden oluşmaktadır. Bu modüllerin her biri 125 Wp oluşmaktadır. Modüllerden 20 tanesi bina üzerinde sabit halde bulunmaktadır geri kalanlar ise bina çevresine yerleştirilmiş olarak bulunmaktadır (Şekil 22).



Şekil 22: Pamukkale Üniversitesi örneği

3.4.11 Muğla Üniversitesi Fotovoltaiik Sistem

DPT tarafından desteklenmiş olan bu proje genelinde üniversite yerleşkesi içerisine sisteme bağlı olan 54 kWp enerji üreten PV paneller oluşturulmuştur. Projenin ikinci aşamasında, öğrenci kantini çatısı 2003 senesinde güneş panelleri ile kaplanmıştır (Şekil 23-24). Bu sistem 25,6 kWp gücündedir ve bu sistem ile yıllık ortalama olarak 35.000 kWh'e elektrik enerjisi üretilir. Projenin üçüncü aşamasında ise 15 kWp gücü olan fotovoltaiik sistem kurularak üniversite girişinde bulunan havuz pompalarının beslenmesi sağlanmıştır. Bu yüzden güneş panelleri otopark alanına yerleştirilmiştir

(Şekil 25). Projenin dördüncü aşamasında ise toplamda 4 kWp güce sahip olan güneş panelleri ile aydınlatma amaçlanmıştır. Üniversite içerisinde belirli yerlere toplam 50 tane aydınlatma direği yerleştirilmiştir. Böylelikle açık bölgelerin aydınlatılması önemli bir ölçüde güneş enerjisiyle sağlanmıştır (Şekil 26).



Şekil 23: Muğla Üniversitesi Çatı PV Örneği



Şekil 24: Muğla Üniversitesi PV Örneği



Şekil 25: Muğla Üniversitesi Otopark PV Örneği



Şekil 26: Muğla Üniversitesi Aydınlatma PV Örneği

3.4.12 Galatasaray Stadyumu Güneş Paneli Örneği

Enerjisa bu projeyle birlikte Galatasaray Spor Kulübü'nün yıllık ortalama 4,5 milyon kilowatlık bir tasarruf sağlayacağını belirtti. Bu projede stad üzerinde toplam 10 bin 404 güneş paneli ve 4,3 megawattlık elektrik üretimiyle beraber bu sistem Guinness Rekorlar Kitabı'nda yer aldı (Şekil 27).



Şekil 27: Galatasaray Stadyum'u PV Örneği

3.4.13 Antalya Arena Güneş Paneli Örneği

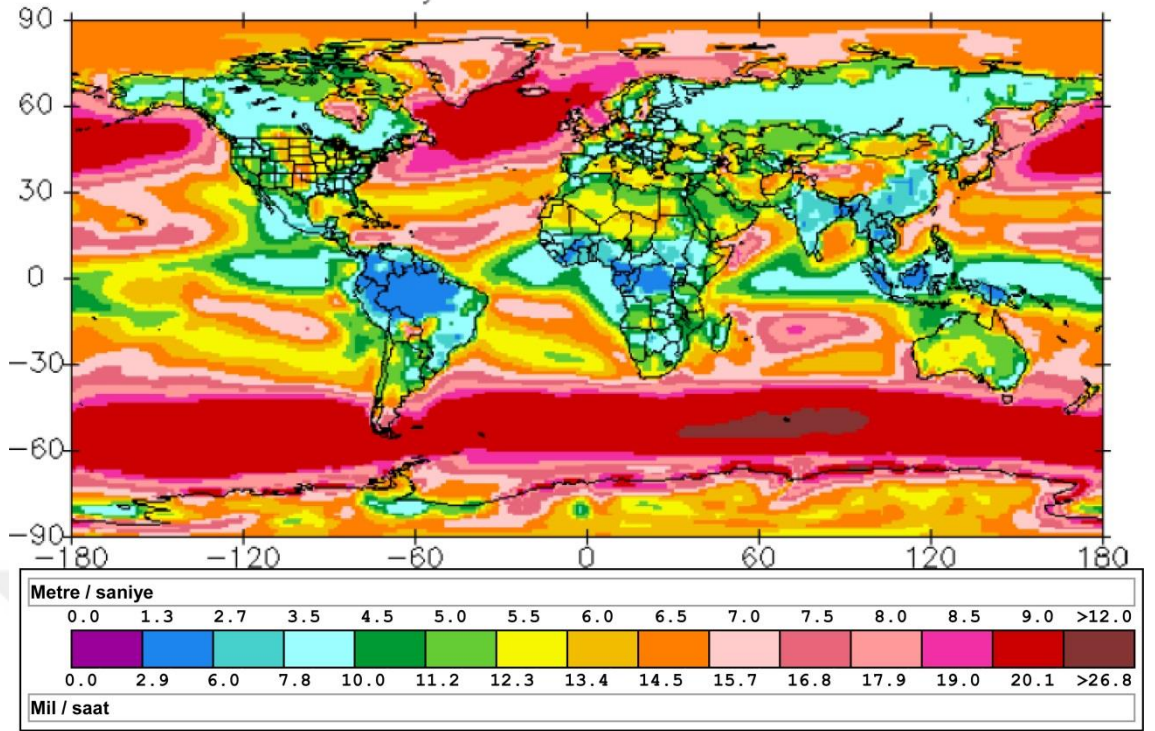
Antalya Arena'da bulunan güneş panelleri ortalama olarak 1.810.400 kilovatsaat elektrik üretimi yaparak ortalama 500 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyacağı elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Antalya Arena ürettiği enerji ile direkt olarak konut elektrik tüketimine dikkat çekecek olursak yaklaşık 600 konutun elektrik ihtiyacını karşılayacak elektrik üretimi yapmaktadır. Bu nedenle Antalya Arena enerji konusunda dışa bağımlılığımızın azalmasında da büyük bir katkıya sahiptir (Şekil 28).



Şekil 28: Antalya Arena PV Örneği

BÖLÜM 4: RÜZGAR VE RÜZGAR ENERJİSİ

Yer yüzeyleri farklı oranlarda ısınır bu farklılık hava sıcaklığının ve hava basıncının farklı değerlerde olmasına sebep olur. Farklı basınç noktaları hava hareketine sebep olmaktadır. Dünyanın yüzeyi düzensiz olarak ısınmakta ve soğumaktadır bu durumda yüzeyde farklı atmosferik basınçlar oluşturmaktadır. Yüksek basınç alanından alçak basınç alanına olan havanın hareketine rüzgar denir. Atmosferin yer yüzeyinden 100 metre yukarı kısmına yüzey katmanı olarak tanımlanır. Bu katmanda oluşan rüzgarlar düzensiz güçlerin etkisinde kalmaktadırlar bununla beraber farklı frekans ve şiddetlerde rüzgarlar oluşmaktadır. Bu tip rüzgarlara yerel rüzgarlar denilmektedir. Yeryüzünde vadi ve tepelerin olması sonucu farklı rüzgar tipleride oluşmaktadır eğer yüzey düz olsaydı rüzgar değişimi farkı çok az olacaktı. Ağaçlar ve yapılarda bu değişikliklere sebep olabilmektedir. Rüzgar tepe bölgelerde yüzeye göre daha hızlıdır bu yüzden rüzgar türbinleri genel olarak tepe bölgelere yerleştirilmektedirler. Rüzgar karşısına çıkan engeller ile daha fazla hızlanabilir bu oran yaklaşık %40 olabilmektedir. Bu hızlanma etkisine tünel etkisi denilmektedir. İnsanoğlu tarih boyunca çeşitli yöntemler ile rüzgardan faydalanmışlardır. Rüzgar gücünden ilk yelkenli ve yel değirmenleri olarak faydalanılmıştır. Fosil yakıtların hızla tükenmesi ve çevre kirliliğinin artması ile beraber doğal yollardan enerji kullanımına ihtiyaç duyulmuştur. Önceden bahsettiğimiz fotovoltaiik paneller dışında ek alternatif enerji kaynağı olarak rüzgar türbinleri kullanılmıştır. Yurtdışında ve ülkemizde rüzgar türbinlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde yüksek kesimlerde kullanımı yaygındır. Dünyada yapılar üzerinde de rüzgar türbinleri kullanılmaya başlanmıştır, bu sayede binalar kendi enerjilerini kendileri üretebilmektedirler. Deniz seviyesinden 50 metre yukarısının rüzgar atlası verilmiştir (Şekil 29).



Şekil 29: Dünya Rüzgar Atlası

Rüzgar enerjisinden elektrik üretmeyi ilk düşünen kişi Poul La Cour (1846-1908)'dir. Danimarka'da Poul La Cour üç kanatlı pervanesi olan yatay eksenli rüzgâr mili ile ilk kez elektrik üretime başlamıştır (Şekil 30).



Şekil 30: Paul La Cour'un Deney Türbini

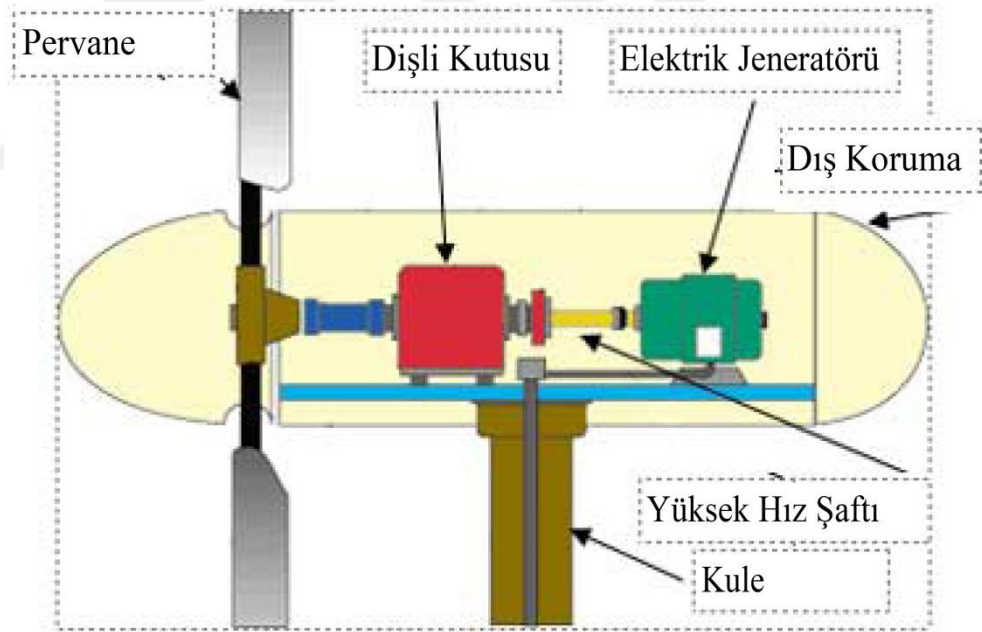
4.1 Rüzgar Türbinlerinin Yapısı ve Çeşitleri

Rüzgar türbinleri iki türdür. Bunlar ; düşey eksenli ve yatay eksenli olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Her iki türde aerodinamik olarak rüzgar enerjisinden yararlanabilmektedir. Türbinlerde alt sistemler olarak:

- Dişli kutusu ve generatörün bulunduğu mekanizma,
- Kanatlar, şaft ve göbeğin monte edildiği bir rotor,
- Kontrol sistemleri,
- Rotor sistemini taşıyan bir kule,

Türbinlerin kanat sayısı değiştiği için farklı türde yapılmaktadır. Tek kanatlı, çift kanatlı veya çok kanatlı olarak yapılabilmektedir (Şekil 31).

Rüzgar türbinleri dönme ekseninin konumuna göre ikiye ayrılırlar.



Şekil 31: Rüzgar Türbini Bileşenleri

4.1.1 Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Yatay eksenli türbinler rotor milleri yere yatay olarak yapılan türbinlerdir. Dikey türbinlere göre farklı olarak bu türbinler rüzgara bakma mecburiyeti vardır. Rüzgara daimi olarak dönebilmek amacıyla bu sistemde elektromekanik bir bölüm yer almaktadır. Bu yapı ile beraber rüzgar türbinleri rüzgarın yönünü tayin eder ve rüzgar yönüne göre pervaneler oraya doğru bakar. Yatay eksenli türbinler rüzgarı en iyi şekilde alabilsin diye yüksek kuleler üzerine monte edilirler. Bu türbinler ne kadar yükseğe monte edilirlse o kadar çok rüzgara mağruz kalırlar bu sayede daha çok enerji üretebilirler (Şekil 32). Yatay eksenli türbinlerin, rüzgarı önden ve arkadan alan iki türü vardır. Rüzgarı önden alan yani upwind türbinler günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

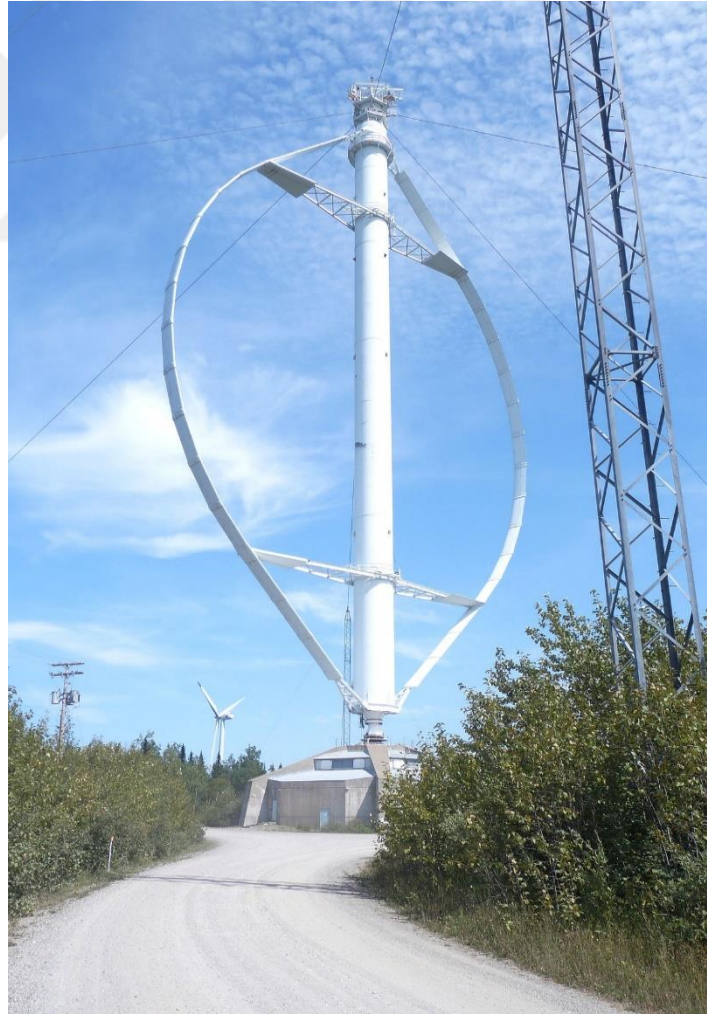


Şekil 32: Yatay Eksenli Rüzgar Türbini Örneği

4.1.2 Dikey Eksenli Rüzgar Türbini

Dikey eksenli türbinlerde rotor mili yere dikey konumdadır. Dikey türbinlerin rüzgara göre yönelme durumu yoktur çünkü bu tip sistemler her taraftan rüzgar alabilirler (Şekil 33). Dikey eksenli türbinlerin başta dönebilmesi için bir kuvvet Yatay türbie göre daha verimsizdirler.

- Jeneratör ve dişli kutusu yerde olduğu için kule gereksinimi olmaz.
- Türbinlerin rüzgara doğru çevrilmesine gerek yoktur.
- Sistem yerde olduğu için bakımı kolaydır.
- Yere yakın oldukları için alt kısımlarda rüzgar azdır.
- Başlangıçta bir kuvvete ihtiyaç vardır kendisi dönemez bu yüzden hareket motoru vardır.



Şekil 33: Dikey Eksenli Rüzgar Türbini Örneği

4.1.3 Rüzgar Türbinlerinin Avantajları ve Dezavantajları

- Fosil yakıtlar gibi çevreyi kirletmez, temiz ve emisyonuz olan enerji kaynaklarından biridir.
- Sera gazı oluşturmazlar.
- Doğadan faydalakmaktadır. Direkt olarak rüzgar enerjisini kullanır.
- Yenilenebilir ve sürekli olan bir enerji kaynağıdır.
- Maliyet olarak daha kullanışlı bir enerji kaynağıdır.
- Bunun yanında ilk yatırımda fazla maliyeti bulunmaktadır.
- Türbinlerin yarattığı akım bir takım kuş ölümlerine neden olabilmektedir.
- Radyasyon tehlikesi yoktur.
- Binalarda kullanımı büyük oranda enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- Türbinler tv, radyo ve cep telefonu sinyallerini bozabilmektedir.

4.2 Yüksek Yapılarda Rüzgar Tasarımı

Rüzgarın bina üzerinde oluşturduğu etki yapının yüksekliğiyle doğru orantılıdır. Bununla beraber statik rüzgar etkisi yapı yüksekliği ile doğru orantılıdır. Rüzgar daha yükseklerde artmaktadır bu durumda rüzgarın yaptığı basıncın hızının karesi ile orantılıdır. Kısaca yüksek yapılarda rüzgar etkisi yapı yüksekliği arttıkça artmaktadır. Şiddetli rüzgarlar gökdelen tarzı yüksek katlı yapılara belirli hasarlar verebilmektedir. Yapıda yüksek katlara çıkıldıkça rüzgarın şiddeti de artmaktadır. Buna bağlı olarak rüzgar şiddeti arttığı zaman yapıda oluşan salınım da artmaktadır. Bu durum tasarımcılar için büyük bir sorun haline gelmektedir. Dışarıdan bakıldığında gözlemlenemesede yüksek katlarda bulunan kişiler yapının titrediğini ve sallandığını hissedebilirler. Buradaki asıl amaç bu tip sorunları en aza indirgeyebilmektir. Rüzgar hiçbir zaman bitmeyeceği için rüzgar yükü, sürekli olan bir deprem gibi düşünülebilir. Aşağıda belirtilen sorunlara göre yapı tasarımları göz önüne alınmalıdır.

- Değişken olan rüzgarın yapılar üzerinde yaratacağı yorulma problemleri
- Aşırı salınım ve dönme hareketleri ile oluşacak olan yapı cephelerindeki

deformasyonlar

- Rüzgar etkisi ile yapıda oluşan salınımın kullanıcılar tarafında fazla hissedilmesi
- Yapıya gelen rüzgarın yön değiştirmesi ile komşu yapılara verebileceği olumsuz etkiler

Yukarıdaki faktörler ele alındığında, yüksek yapılarda rijitlik ve denge ön plana çıkmaktadır. Yapılabilecek durumlardan biri dayanım gerektiren yönde olan yapı elemanları artırmaktır fakat bu durum ekonomik değildir. Diğer bir yöntem ise yapıyı daha rijit bir forma dönüştürmek olabilir.



BÖLÜM 5: RÜZGAR TÜRBİNLİ YAPI ÖRNEKLERİ

Günümüzde çevre kirliliği ve enerji fiyatlarında artış yüzünden yüksek yapılarda rüzgar türbinleri kullanılmaya başlanmıştır. Böylelikle yapılar kendi enerjilerini kendileri üretebilmektedir. Bu durum ile beraber fosil yakıtların çevreye vermiş olduğu zararı azaltarak doğal yoldan enerji üretebilen yapılar orataya çıkmaktadır.

5.1 Bahrain World Trade Center

Rüzgar türbinli yapılara bakıldığında akla ilk gelen bu yapıdır. 2 kule toplam 50'şer kattan oluşmaktadır ve 240 m yüksekliktedirler. İki kulanin arasında çapı 29 m olan 3 adet yatay eksenli türbin bulunmaktadır. Yapı birçok amaç için kullanılmaktadır. Kuleler körfezden gelen rüzgarı aralarına alacak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 34).

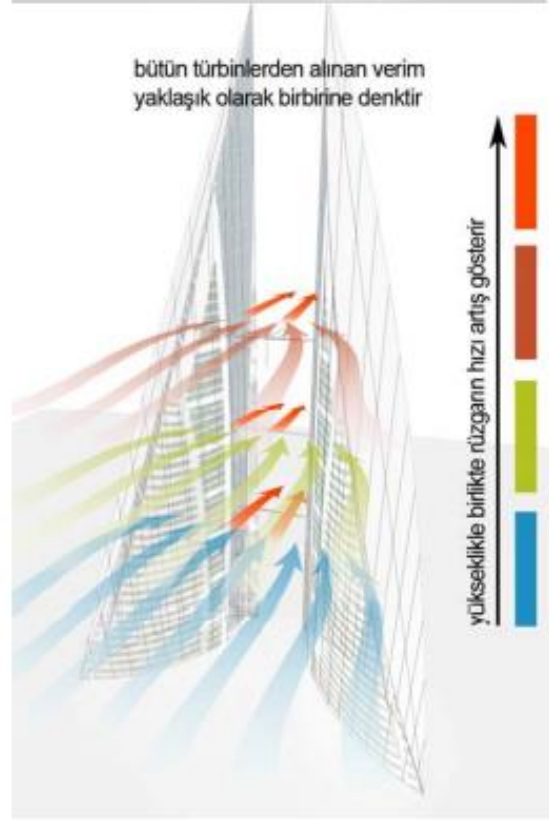
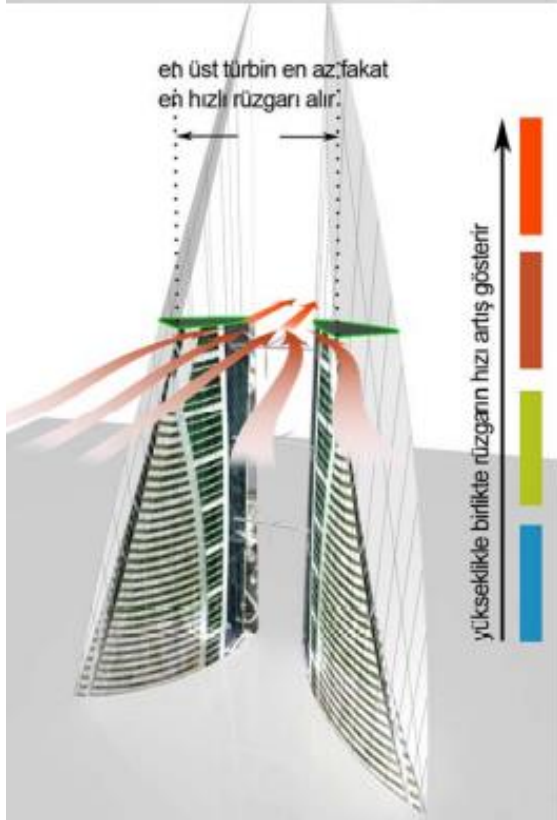
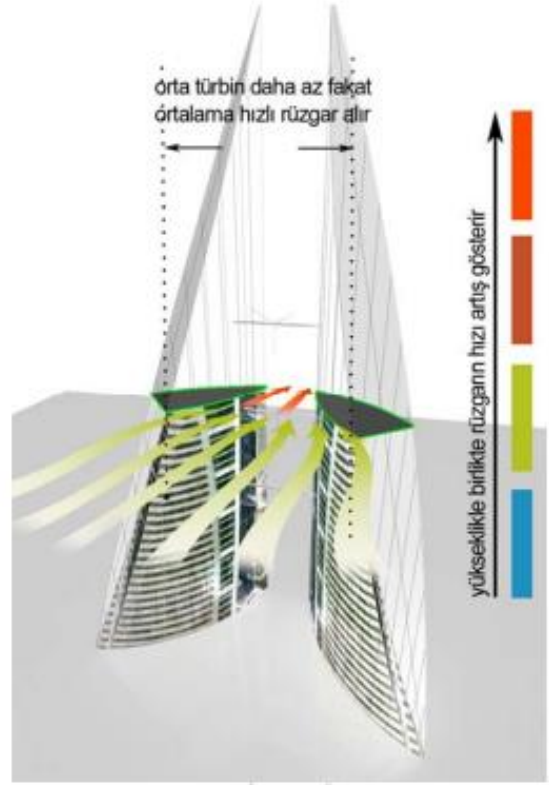
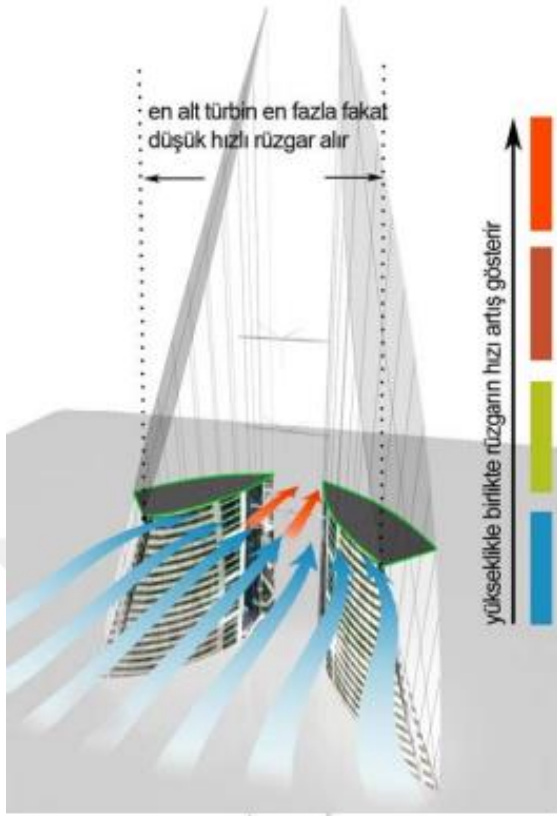


Şekil 34: Bahrain World Trade Center Türbin Örneği



Şekil 35: Bahrain World Trade Center Vaziyet Planı

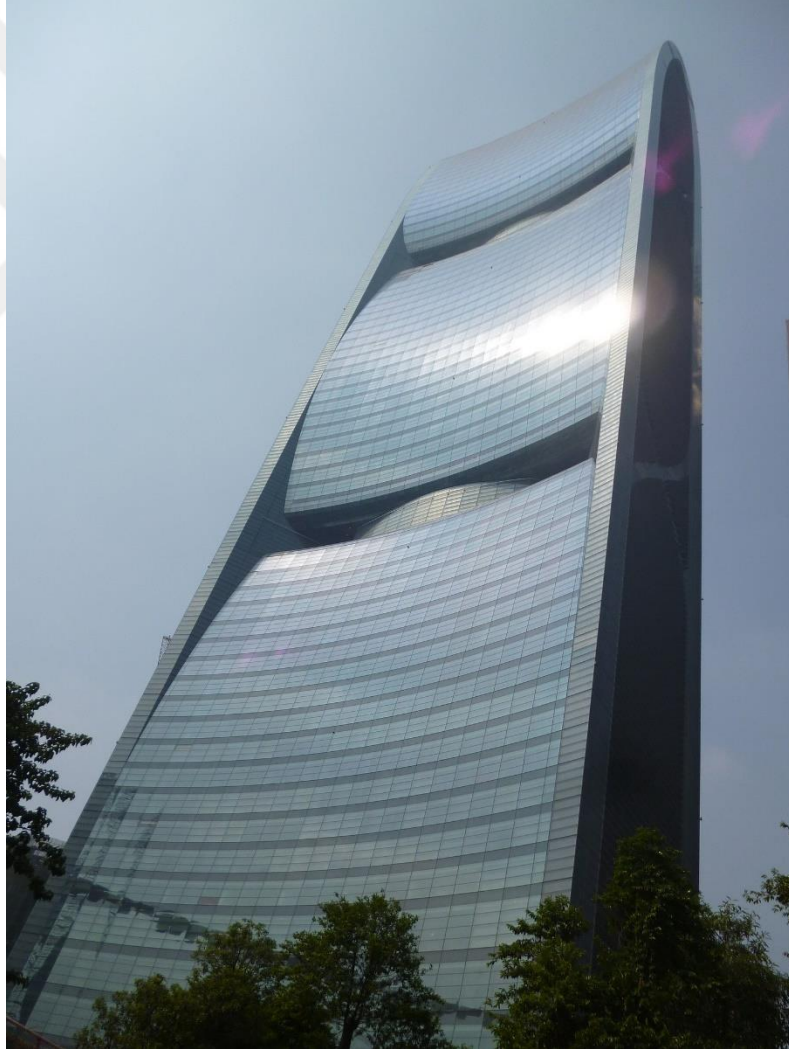
Yapının yelkensi formu, binanın ön tarafında pozitif basınç arka tarafında negatif basınç yaratarak rüzgar hızını artırır. Türbinlerin enerji kazançları 1. türbin; 340-400 MWh / yıl, 2. türbin; 360-430 MWh / yıl, 3. türbin 400-470 MWh / yıl olarak belirtilmiştir. Bu durumda ortalama olarak kulelerin yıllık enerji ihtiyacının %11–15 ini karşılamaktadır (Şekil 35-36).



Şekil 36: Yapı Formu

5.2 Pearl River Tower

Proje birçok ödüle sahiptir. 214,100 m² olarak inşaa edilmiştir. Yapı 71 katlıdır ve 309,6 m yüksekliğindedir. Yapıda şiddetli kuzey rüzgarlarından faydalanma amaçlanmıştır. Yapı konkav bir formdadır buda rüzgarı bina cephesine toplamaktadır. Yapıda bulunan bu konkav form hakim rüzgar yönüne doğru yapılmıştır. Yapı cephesinde toplanan rüzgar binanın ortasında bulunan boşluklara doğru ilerlemektedir. Yapı konkav olduğu için güney cephede düşük basınç alanı oluşmaktadır bu durumda kuzeyden gelen rüzgarın hızını artırmaktadır. Türbinler nadirde olsa güneyden esen rüzgarlardan da faydalanmaktadır (Şekil 37).



Şekil 37: Pearl River Tower

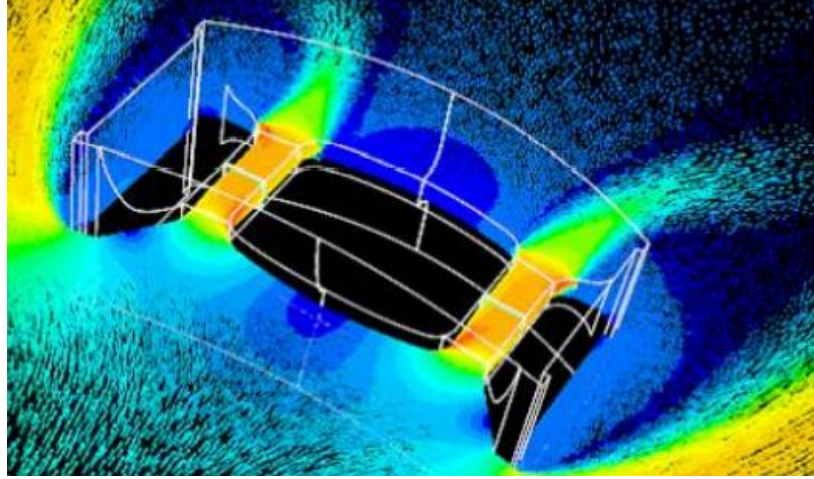


Şekil 38: Pearl River Tower Rüzgar Türbini



Şekil 39: Pearl River Tower Türbin Tasarımları

Yapı enerji ihtiyacını rüzgar türbinleri ve fotovoltaik panallerden sağlamaktadır. Bina cephesinde 4 adet boşluk bulunmaktadır. Bu boşuklara 8 adet rüzgar türbini yerleştirilmiştir. Bina tasarımı ile cepheye gelen rüzgar 2,5 kat daha hızlanmaktadır bu durumda rüzgar türbinleri 15 kat daha fazla enerji kazancı yapabilmektedir (Şekil 38-39). Bina yüksek kısımlarda olan şiddetli rüzgarları avantajlı bir şekilde kullanmaktadır. Aşağıda boşluklarda rüzgarın şiddetlendiği görülmektedir (Şekil 40).



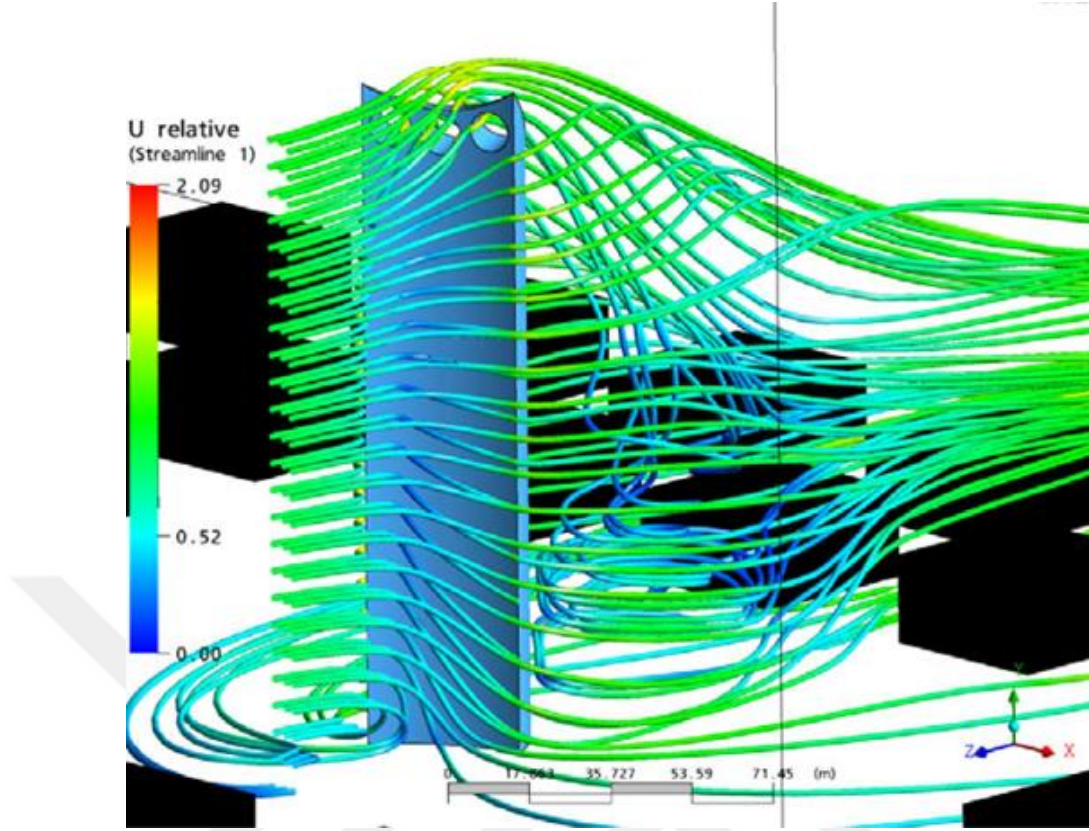
Şekil 40: Pearl River Tower Rüzgar Analizi

5.3 Strata Tower

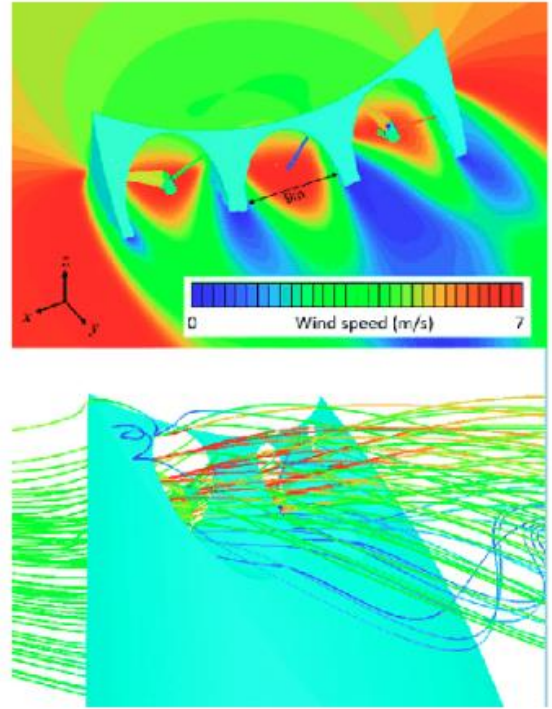
Londra’da bulunan bu kule 43 katlıdır ve çatı kısmında 9 m çapında 3 adet rüzgar türbini bulunmaktadır (Şekil 41). Yapı yüksekliği 147 m ve 310 daire bulunmaktadır. Güney taraftan esen rüzgar yönüne göre tasarlanmış bir konkav yapısı vardır ve rüzgarı o cepheden alarak türbinlere aktarır (Şekil 42-43).



Şekil 41: Strata Tower



Şekil 42: Strata Tower Rüzgar Akış Grafiği



Şekil 43: Strata Tower Rüzgar Hızı Grafiği

SONUÇ

Fosil yakıtların gittikçe tükenmesi ve çevreye vermiş olduğu zararlar oldukça fazladır. Yenilenemeyen enerji kaynakları yani fosil yakıtları kömür, petrol ve doğalgaz olarak sıralamıştık. Bu yenilenemeyen enerji kaynakları doğada doğal olarak varolamamaktadır yani kullandıkça tükenmektedirler. Bu yüzden insanoğlu enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmayı tercih etmeye başlamışlardır. Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgar enerjisi dünyada sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Güneş ve rüzgar hiçbir zaman tükenmeyecek ve sürekli enerji sağlamaya devam edecek enerji kaynaklarıdır. Günümüzde ise enerji kaynaklı çıkan ülkeler arası gerilimler, kaynakların hızla tükenmesi, çevre kirliliği ve enerji fiyatlarında meydana gelen olağanüstü artış ile beraber ülkemizde de dünyada da yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını artırmaya başlamıştır. Bununla beraber güneş ve rüzgar enerjisi yapılara entegre edilerek kişilerin enerjiden tasarruf sağlaması hatta yapıların kendi enerjilerini kendileri üretme imkanı sağlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanabilmek için fotovoltaik sistemler ve rüzgar türbinlerinin üretimi ortaya çıkmıştır ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinlerinin ülkemizde ve dünyada kullanımı yaygınlaşmıştır. Yeni yapılan yüksek katlı yapılarda sıklıkla görülmektedir ki bu yapılar artık yeşil bina olarak adlandırılmaktadır. Bu yapılar kendi enerjilerini kendileri ürettikleri için ve çevreye verilen zararı azalttıkları için yeşil bina olarak isimlendirilmişlerdir.

Bu tezin amacı fosil yakıtların tükenmesi, çevre kirliliğinin artması, enerji fiyatlarındaki artış ile beraber halkın zorluklar yaşaması üzerine yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgar enerjisini yapılar üzerine entegre ederek kullanılmasının yaygınlaştırılmasıdır. Bu nedenle fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinlerinin yapılarda kullanıldığı örnekler verilmiş ve incelenmiştir. Yapılarda kullanılan fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinlerinin yapısal özellikleri ve çeşitleri anlatılmıştır. Bu sistemlerin yapılar için birçok avantajı bulunmaktadır. Başlangıç maliyetleri fazla olsada sonraki süreçlerde fazlasıyla tasarruf sağlamaktadırlar. Fotovoltaik sistemlerin herhangi bir yakıt masrafı yoktur, temiz bir enerji kaynağıdır herhangi bir atık çıkarmaz, bakım masrafları oldukça azdır, güneşin verimli

kullanılabileceği her yerde kullanılabilmektedirler. Dezavantajlarından biride enerji üretim potansiyeli mevsimsel geçişlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Aynı şekilde rüzgar türbinlerinin de birçok avantajı bulunmaktadır. Fosil yakıtlarda olduğu gibi çevreye zararları yoktur. Temiz bir enerji kaynağıdır, sera gazı oluşturmazlar, yenilenebilir ve sürekli olacak bir enerji kaynağıdır, tükenme sıkıntısı yoktur, ilk yatırımda maliyeti fazladır fakat daha sonra tasarruf sağlamaktadır. Bazen tv, radyo ve telefon sinyallerini bozabilmektedirler. Ülkemizde yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı daha fazla olmalıdır çünkü bu yönde ihtiyaç gittikçe artmaktadır. Her yıl enerji fiyatlarındaki artışlar ülke halkını oldukça zorlamaktadır. Çevre dostu yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı özellikle yapılarda kullanımı artırılmalıdır. Fotovoltaik sistemlerin kullanımı ülkemizde gün geçtikçe artmaktadır bununla birlikte yavaş yavaş yapılara olan entegrasyonları da fazlalaşmaktadır. Fakat rüzgar türbinleri için aynı şeyi söylemek pek mümkün değil. Şehirler arası yollarda ve bunların yüksek bölgelerinde, yerleşim yerlerinden uzakta rüzgar türbinleri görebiliyoruz fakat rüzgar türbinlerinin yapılara entegre edilmiş örnekleri çok fazla bulunmamaktadır. Küçük şehirlerde çok fazla yüksek katlı yapı bulunmadığı için o bölgelerde bu durum anlaşılabilir fakat İstanbul, Ankara ve İzmir gibi şehirlerde yüksek katlı yapılar fazlasıyla bulunmaktadır. Ülkemiz coğrafi konum olarak güneşi ve rüzgarı fazlasıyla alabilmektedir. Özellikle İstanbul'da yer alan gökdelenlerde rüzgar türbinleri mutlaka kullanılmalıdır. Şehir nüfusundan dolayı zaten çevre kirliliği oldukça yüksek bir seviyede birde bu durumun üstüne yapılardan kaynaklı kirlilik ekleniyor. Yüksek katlı yapılara rüzgar türbinlerinin ve fotovoltaik sistemlerin eklenmesi hem çevre kirliliğinin azalmasına sebep olacak hem de yapıların kendi enerjilerini kendi üretmesini sağlayacak. Bununla beraber ülke halkı enerjiden büyük bir oranda tasarruf etmiş olacak. Bu yüzden ülkemizde özellikle belirttiğim şehirlerde yapılara mutlaka rüzgar türbini entegre edilmelidir. Diğer küçük şehirlerde de bağımsız bölgelere yapılacak olan rüzgar türbinleri sayısı artırılmalıdır. Fotovoltaik sistemler gün geçtikçe kullanımı artmaktadır. Artık yeni nesil stadyumlarda çok güzel örnekleri bulunmaktadır.

Bu çalışmada fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinlerinin yapılara entegre edilmesini inceledik. Kısaca tezin sonucu açıklamak gerekirse ülkemizde ve dünyada enerji tasarrufu sağlayabilmek, çevre kirliliğini azaltmak ve enerji konusunda dışa bağımlılığı

azalmak için fotovoltaik sistemlerin ve rüzgar türbinleri kullanımının kesinle artması gerekmektedir. Ülkemiz için bu durum daha fazla önem arz etmektedir.



KAYNAKÇA

Arısoy, A. (2010). Binalarda Sürdürülebilir Enerji Kullanımı. *IX. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu*.

Altınsöz, M. (2019). *Binaların Çevresel Etkilerinin Enerji Verimliliği ve Karbon Ayak İzi Açısından İncelenmesi: Kırklareli Örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Edirne: Trakya Üniversitesi.

Atabey, T. (2013). *Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi.

Aydın, M. (2016). Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi / Journal of Administrative Sciences*, 14 (28), 409-441.

Aygün, O. (2012). *Mevcut Konut Yapılarına Fotovoltaik Panel Sistemlerin Entegre Edilmesi, İzmir Örneği*, Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Boduroğlu, Ş. ve F. Kariptaş. (2012). Rüzgar Enerjili Etkin Sistemlerin Yapılarda Kullanım Biçimleri. *GreenAge Symposium, Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture*, 1-10.

Çelebi, G. Ü. ve S. Tosun. (2011). Bütünleşik Mimarlık Sistemleri: Rüzgar Türbinlerinin Yüksek Binalara İle Bütünleşik Tasarımı. *Politeknik Dergisi*, 14 (3), 179-186.

Çiftçi, E. ve S. Balyemez. (2019). Enerji Verimliliği Açısından Yüksek Yapılar ve Sürdürülebilirlik. *ABMYO Dergisi*, (58) , 127-141.

Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14 (2), 121-134.

Güneş, O. (2019). *Binaya Ekleme Fotovoltaik Sistemlerin Bir Konut Binası Çatısında Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik.

<https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=15058&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5> (14.01.2023).

Karabektaş, M. ve K. Ermiş . (2017). Türkiye için Sürdürülebilir Enerji Gereksinimi. 2017 *Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 1101-1110.

Karakan, A. ve Y. Oğuz . (2015). Mevcut Yapılara Uygulanan Fotovoltaik Sistemlerin İncelenmesi. 2. *International Sustainable Buildings Symposium*, 887-897.

Koç, Y.M. ve M. Garip. (2008). Türkiye ve Avrupa’da Sürdürülebilir Enerji ve Çevre İlişkisi. VII. *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 151-159.

Koçaslan, G. (2014). Türkiye’nin Enerji Verimliliği Mevzuatı, Avrupa Birliği’ndeki Düzenlemeler ve Uluslararası-Ulusal Öneriler. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15 (2), 117-133.

Koryürek, E. (2008). *Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

Köroğlu, T., A. Teke., K. Bayındır., M. Tümay. (2010). Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı. *Elektrik Mühendisliği* 439. Sayı, https://www.emo.org.tr/ekler/8e692a34a5e564e_ek.pdf (12.01.2023).

Öner, F. Güneş Enerjisi Sistemleri, <https://file.ttmd.org.tr/makale/27-3.PDF> (09.01.2023).

Önder, S. ve R. Ocak . (2018). Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarının Avantajları. *Uluslararası Yeşil Başkentler Kongresi*, 901-907.

Özgener, Ö. (2002). Türkiye’de ve Dünya’da Rüzgar Enerjisi Kullanımı. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (3), 159-173.

Öztürk, E.P., ve A. Orhon. (2019). Yapı Cephelerinde Enerji Üreten Aktif Rüzgar Sistemlerinin Kullanımı, https://www.researchgate.net/profile/Elmas-Pak-2/publication/339777119_YAPI_CEPHELERINDE_ENERJI_URETEN_AKTIF_RUZGAR_SISTEMLERININ_KULLANIMI/links/5e63e82e299bf1744f67941a/YAPI-

CEPHELERİNDE-ENERJİ-ÜRETEN-AKTİF-RÜZGAR-SİSTEMLERİNİN-KULLANIMI.pdf (14.01.2023).

Sagbaşı, A. ve B. Başbuğ. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Enerji Verimliliği Uygulamaları: Türkiye Değerlendirmesi. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1 (2), 43-50.

Sayın, S. ve İ. Koç. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 89-106.

Semizoğlu, R. (2009). *Rüzgar Türbinlerinin Gökdelen Mimarisine Etkisinin Tipolojik İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

Turhan, S. (2012). Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi. *6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*.

Yiğit, M.G. ve M. Şeneren. (2018). Küresel Isınmaya Karşı Karbon Ayak İzi Azaltılmış Yeşil Bina. *2018 Published in 2ND International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management*, 803-808.