

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**  
**2020 - YL - 046**

**BİR TARIM İŞÇİSİ DİNLENME EVİNİN  
ELEKTRİK GEREKSİNİMİNİN, GÜNEŞ VE  
RÜZGAR ENERJİSİ (HİBRİD) SİSTEMİ İLE  
ŞEBEKE DESTEKLİ OLARAK KARŞILANMASI**

**Mehmet KİRAZ**

**Tez Danışmanı:**  
**Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN**

**AYDIN**



**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi **Mehmet KİRAZ** tarafından hazırlanan “**Bir Tarım İşçisi Dinlenme Evinin Elektrik Gereksiniminin, Güneş ve Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemi İle Şebeke Destekli Olarak Karşılanması**” başlıklı tez, 21/08/2020 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan: Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN	Aydın Adnan Menderes Üniv.	
Üye : Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN	ISUBÜ Ziraat Fakültesi	
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yüksel AYDOĞAN	Aydın Adnan Menderes Üniv.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun .....Sayılı kararıyla ..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gönül AYDIN  
Enstitü Müdürü



T.C.

**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

21/08/2020

İmza

Mehmet KIRAZ



## ÖZET

# BİR TARIM İŞÇİSİ DİNLENME EVİNİN ELEKTRİK GEREKSİNİMİNİN, GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİSİ (HİBRİD) SİSTEMİ İLE ŞEBEKE DESTEKLİ OLARAK KARŞILANMASI

Mehmet KİRAZ

Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN

2020, 71 Sayfa

Bu çalışmada, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde bulunan tarım işçilerinin dinlendikleri binanın elektrik gereksiniminin, güneş ve rüzgar enerjisi sistemi ile şebeke destekli olarak karşılanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda tüketilecek olan günlük haftalık ve aylık tüketim değerleri belirlenmiş ve hibrid sistemin boyutlandırılması gerçekleştirilmiştir. Aydın ilinin güneş potansiyelinin son derece iyi olması ve rüzgar enerjisi potansiyelinin de kullanılabilir düzeyde olduğunun görülmesi bu iki yenilenebilir enerji kaynağının çalışmada bir arada kullanılması için ideal olacağı görülmüştür. Çalışmada 2,5 kW gücünde bir hibrid sistem kurulmuş ve bir yıl boyunca günlük, haftalık ve aylık olarak üretim ve tüketim değerleri incelenmiştir. Tüketicilerin enerjisiz kalmaması için enerji üretiminin olmadığı ve bataryaların ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini karşılayamadığı durumlar için şebeke desteği ile enerjide süreklilik sağlanmıştır. Maksimum elektrik üretimi Temmuz ayında (126,49 kWh) gerçekleşirken, minimum elektrik üretimi Ocak ayında (54,56 kWh) gerçekleştiği görülmüştür. Bu çalışma sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının tarım alanında da kullanımının artması hedeflenmiştir. Bir yıl boyunca elde edilen veriler doğrultusunda tüketilen elektrik enerjisinin %66' sı hibrid sistem tarafından karşılanırken %34' lük kısmı şebeke tarafından desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş, rüzgar, hibrid, enerji, tarım





**ABSTRACT****MEETING THE ELECTRICAL REQUIREMENT OF A  
AGRICULTURAL WORKER REST HOUSE WITH SOLAR AND WIND  
(HYBRID) SYSTEM AS A SUPPORT TO NETWORK**

Mehmet KİRAZ

Master's Thesis: Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN

2020, 71 Pages

In this study, it is aimed to meet the electricity needs of the building where agricultural workers in Aydın Adnan Menderes University Agriculture Faculty Application Farm are resting, with solar and wind power system supported to the mains electricity. In this context, daily, weekly and monthly consumption values to be consumed were determined and the hybrid system was dimensioned. It is seen that the solar potential of Aydın province is extremely good and that the wind energy potential is also at a usable level, it will be ideal to use these two renewable energy sources together in the study. In the study, a 2,5 kW hybrid system was established and production and consumption values were examined daily, weekly and monthly for a year. In cases where there is no energy production for the consumers not to be without energy and the batteries cannot meet the electrical energy required, continuity in energy has been provided with network support. Maximum electricity generation was realized in July (126,49 kWh), while minimum electricity generation was realized in January (54,56 kWh). Thanks to this study, it is aimed to increase the use of renewable energy sources in agriculture. In line with the data obtained for a year, %66 of the electrical energy consumed by the hybrid system was met, while %34 was supported by the network.

**Key Words:** Sun, wind, hybrid, energy, agriculture



## ÖNSÖZ

Bu yüksek çalışması, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar fonu tarafından yüksek lisans tezi kapsamında, **“Bir Tarım İşçisi Dinlenme Evinin Elektrik Gereksiniminin, Güneş ve Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemi İle Şebeke Destekli Olarak Karşılanması”** isimli ZRF-18031 no’ lu proje olarak desteklenmiştir.

Yüksek Lisans tez çalışmamın seçiminde, uygulanmasında, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde bilimsel katkılarını esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübeleri ile çalışmama yön veren, çalışmamın yürütülmesi esnasında karşılaştığım soru ve sorunlarda sabırla yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN’ a,

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim sürecinde vermiş oldukları eğitim ve emekleri için Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü hocalarına,

Tez çalışmamın tasarımının montajında yardımlarını esirgemeyen ve destek olabilmek için elinden geleni yapmaya çalışan Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde çalışan tarım ve atölye çalışanlarına,

Eğitim hayatım boyunca sabırla maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman kararlarımın arkasında duran ve destekleyen sevgili aileme,

Yüksek Lisans ve tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen, beni motive edebilmek için elinden geleni yapan ve her zaman verdiğim kararlarda yanımda olan hayat arkadaşım sevgili Naz EKİNCİ’ ye teşekkürü borç bilirim.

Mehmet KİRAZ



# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ.....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xxi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxv
1 . GİRİŞ.....	1
1.1 . Güneş Enerjisi.....	2
1.1.1 . Doğrudan Isı Kullanımı.....	4
1.1.1.1 . Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Konut Isıtılması.....	4
1.1.1.2 . Güneş Enerjisi İle Kurutma.....	4
1.1.1.3 . Güneş Enerjisi İle Damıtma.....	5
1.1.1.4 . Güneş Enerjisi İle Pişirme.....	6
1.1.1.5 . Güneş Enerjisi İle Soğutma.....	6
1.1.2 . Isıl İşlemler İle Elektrik Üretimi.....	7
1.1.3 . Güneş Pilleri.....	9
1.1.3.1 . Güneş Panellerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	12
1.1.4 . Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	14
1.1.5 . Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	16

1.2 . Rüzgar Enerjisi .....	17
1.2.1 . Rüzgar Enerjisi Avantajları Ve Dezavantajları .....	21
1.2.2 . Türkiye’ de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	23
1.2.3 . Aydın’ da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli .....	25
1.3 . Güneş – Rüzgar Hibrid Enerjisi .....	26
2 . KAYNAK ÖZETLERİ.....	28
3 . MATERYAL VE YÖNTEM .....	32
3.1 . Materyal.....	32
3.1.1 . Tarım İşçisi Dinlenme Evi.....	32
3.1.2 . Fotovoltaik Paneller.....	35
3.1.3 . Rüzgar Türbini .....	37
3.1.4 . Rüzgar Türbini Şarj Regülatörü .....	39
3.1.5 . Dönüştürücü .....	40
3.1.6 . Aküler .....	43
3.1.7 . Ölçüm ve Kayıt Cihazları .....	45
3.1.8 . Solar Kablolar.....	48
3.1.9 . Diğer Ekipmanlar .....	49
3.2 . Yöntem .....	51
4 . BULGULAR .....	56
5 . SONUÇ .....	65
KAYNAKLAR.....	67

ÖZGEÇMİŞ .....71







## SİMGELER DİZİNİ

x : Çarpım

° : Derece

~ : Yaklaşık

± : Tolerans

φ : Fi

% : Yüzde

' : Dakika

" : Saniye

\$ : Dolar



## KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Akım
AC	: Alternatif Akım
°C	: Santigrat Derece
cm <sup>2</sup>	: Santimetre kare
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
CSP	: Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi
Db	: Desibel
DC	: Doğru Akım
gr	: Gram
Hz	: Hertz
Kg	: Kilogram
m	: Metre
m <sup>2</sup>	: Metrekare
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
m/s	: Metre/saniye
kWh	: Kilowattsaat
kW	: Kilo watt
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
RGİ	: Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonu

USD : Amerikan Doları

V : Volt

W : Watt

W/h : Watt / saat

W/m : Watt / metre



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Güneş Işımlarının Yeryüzüne Dağılımı .....	3
Şekil 1.2. Güneş Enerjisi İle Kurutma.....	5
Şekil 1.3. Güneş Enerjisi İle Damıtma .....	5
Şekil 1.4. Bir Evin Güneş Enerjisi İle Soğutulması .....	6
Şekil 1.5. Parabolik Oluklu Kollektör Sistemi .....	7
Şekil 1.6. Güneş Enerjisi Kulesi.....	8
Şekil 1.7. Parabolik Çanak Sistemi .....	8
Şekil 1.8. Bir Güneş Pili'nin Fotovoltaik Etkisi .....	10
Şekil 1.9. Bir Yarı İletkende P - N Eklemine Gösterimi.....	11
Şekil 1.10. Monokristal, Polikristal ve İnce Film Güneş Panelleri .....	12
Şekil 1.11. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası .....	15
Şekil 1.12. Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası .....	17
Şekil 1.13. Rüzgar Türbininin Kullanım Yöntemleri.....	18
Şekil 1.14. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri Sırasıyla Darrieus, Darrieus Tipi ve Savonius .....	19
Şekil 1.15. Rüzgar Türbininin İç Yapısı .....	20
Şekil 1.16. Türkiye Rüzgar Atlası.....	24
Şekil 1.17. Aydın Rüzgar Hızı Haritası.....	25
Şekil 1.18. Hibrid Sistemin Güneş, Rüzgar ve Şebeke Kullanımı .....	26

Şekil 1.19. Şebeke Destekli Güneş ve Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemi Şematik Görünümü.....	27
Şekil 3.1. Tarım İşçisi Dinlenme Evi ve Güneş - Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemi Genel Görünüşü.....	33
Şekil 3.2. Buzdolabı .....	33
Şekil 3.3. Elektrikli Çay Ocağı.....	34
Şekil 3.4. Televizyon.....	34
Şekil 3.5. Aydınlatma Lambaları.....	34
Şekil 3.6. Fotovoltaik Paneller .....	36
Şekil 3.7. Fotovoltaik Panellerin Bağlantı Şeması .....	37
Şekil 3.8. Kanatlar ve Rotor .....	38
Şekil 3.9. Rüzgar Türbini ve Kule.....	39
Şekil 3.10. Rüzgar Türbini Şarj Regülatörü ve Upload.....	40
Şekil 3.11. İnverter Önden ve Alttan Görünüşü .....	42
Şekil 3.12. Fotovoltaik Panellerden Gelen Kablo Girişleri Bağlantı Noktası ve Akülerin İnvertere Bağlantı Noktası .....	43
Şekil 3.13. İnverter AC Çıkış Bağlantı Noktası ve İnverter Şebeke Girişi Bağlantı Noktası .....	43
Şekil 3.14. Jel Akü .....	44
Şekil 3.15. Akülerin Bağlantı Şeması.....	44
Şekil 3.16. DC Kayıt Cihazı.....	45
Şekil 3.17. AC Kayıt Cihazı ve Bağlantı Şeması .....	46
Şekil 3.18. AC Kayıt Cihazının Hibrid Sistemdeki Görünümü .....	47

Şekil 3.19. Solarimetre .....	47
Şekil 3.20. Solar Kablo .....	49
Şekil 3.21. Paralel ve Seri Konnektörler .....	49
Şekil 3.22. Çoğaltıcı Priz, Zaman Ayarlı Priz, Sıva Üstü Priz.....	50
Şekil 3.23. Pako Şalter .....	51
Şekil 3.24. Fotovoltaik Panellerin Montajı İle İlgili Görsel.....	52
Şekil 3.25. Rüzgar Türbini Kulesi Montajı Görseli .....	52
Şekil 3.26. Hibrid Pano Demir Kafes Görünümü .....	53
Şekil 3.27. Güneş ve Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemin Kontrol ve Denetim Panosu .....	53
Şekil 3.28. Deneme Süresinde Elde Edilen Tüm Veriler .....	57
Şekil 3.29. Ocak - Şubat - Mart Ayı Verileri .....	58
Şekil 3.30. Nisan – Mayıs – Haziran Ayı Verileri .....	59
Şekil 3.31. Temmuz - Ağustos - Eylül Ayı Verileri.....	60
Şekil 3.32. Ekim - Kasım - Aralık Ayı Verileri .....	61
Şekil 3.33. Üretim ve Tüketim Değerlerinin Genel Gösterimi .....	62
Şekil 3.34. Tüketimde Karşılanaan Enerji Çeşitlerinin Yüzdalik Oranları.....	62
Şekil 3.35. Aylık Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Ve Ortalama Işınım Şiddeti Değerleri.....	63





## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Türkiye' nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin ve Güneşlenme Sürelerinin Aylara Göre Dağılımı .....	15
Çizelge 2. Aydın İlinin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin ve Güneşlenme Sürelerinin Aylara Göre Dağılımı .....	16
Çizelge 3. Tarım İşçisi Dinlenme Evindeki Tüketicilerin Tüketim Değerleri .....	32
Çizelge 4. İnverter LCD Ekranı Bazı Göstergeleri .....	42
Çizelge 5. Yıllık Üretim ve Tüketim Değerleri.....	56



# 1. GİRİŞ

Geleneksel enerji kaynaklarından elektrik elde eden sistemlerin çevreye verdikleri zararın her geçen gün daha açık bir şekilde ortaya çıkmasıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten sistemler daha önemli hale gelmiştir. Yenilebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminin önünde duran en önemli engel üretilen elektrik enerjisinin yüke kesikli iletilmesidir. Güneş enerjisinin sadece gündüz saatlerinde elektrik üretimine izin vermesi nedeniyle gece saatlerinde yükün enerjisiz kalmaması için depolama elemanı kullanılmalıdır. Depolama elemanı kullanıldığında günlük kesiklilik ortadan kaldırılabilirken güneş enerjisinin mevsimlere göre de çok farklılık göstermesi, özellikle kış aylarında dönüştürülecek yeterli güneş enerjisinin olmamasından dolayı yük enerjisiz kalmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar elde edilen sonuçlara göre birbirini tamamlayıcı özellik gösteren alternatif enerji kaynaklarının birlikte kullanımının sistem güvenilirliğini arttıracığı belirlenmiştir. Eleman boyutlarının ve denetim stratejisinin iyi seçilmesi durumunda sistem maliyetinin çok az yükseleceği hatta kurulan bölgenin özelliklerine göre biraz düşebileceği belirlenmiştir. Hibrid enerji üretim sistemi olarak adlandırılan bu tür sistemlerde daha fazla eleman yer alacağı için sistemin yapısı karmaşık hale gelmektedir. Hibrid enerji sisteminin diğer bir sorunu da ilk kurulum maliyetlerinin minimumda, güvenilirliği maksimumda tutacak boyutlandırmanın zorluğudur (Engin ve Çolak, 2005).

Son yıllarda bu iki yenilenebilir enerji kaynağı (güneş ve rüzgar) üzerlerinde yapılan çalışmalar sayesinde, hem üretim maliyetlerinde düşüşe hem de enerji üretimindeki verimliliklerinin artmalarında büyük katkı sağlamıştır. Bu gibi olumlu gelişmelerin devam etmesiyle birlikte, bu iki enerji kaynağının birlikte kullanılarak verimliliklerinin birbirini tamamladıkları görülmüş ve yaygınlaşmaya başlamıştır.

Bu çalışmada yenilebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanılmıştır. İlk kurulum maliyetlerini düşürmek ve gerekli olan elektrik enerjisinin yetersiz kalmaması için tasarımın şebeke destekli olarak kurulmuştur. Bu sayede bir tarım işçisi dinlenme evinin elektrik ihtiyacını önce yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek enerji ile karşılanmış ve sistemin yetersiz kaldığı durumlarda şebekeden elektrik enerjisi kullanılarak elektrik enerjisindeki süreklilik sağlanmaya çalışılmıştır.

## 1.1. Güneş Enerjisi

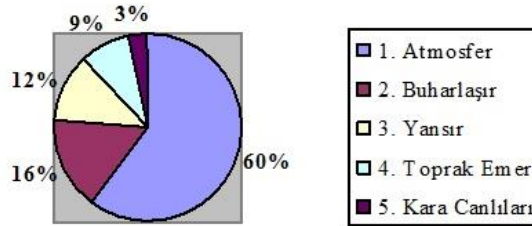
Güneş; yeryüzünde bulunan canlı hayatının en önemli kaynağı olduğu gibi, bütün enerji çeşitleri doğrudan veya dolaylı haliyle güneş enerjisi sayesinde meydana gelmiştir. Güneş enerjisi bilinen en eski enerji kaynağı olmasıyla birlikte temiz ve yenilenebilir özelliğe sahip olup, dünyanın her tarafında fazlasıyla bulunmaktadır. Günlük hayatın içerisinde ve sanayide zorunlu olarak kullanılan elektrik enerjisinin, daha çevreci bir biçimde üretilmesi, iletilmesi ve tüketiminin gerçekleştirilmesi çözülmesi gereken en önemli problemlerden biri haline gelmiştir. Fosil yakıt kaynaklarının yakın gelecekte ihtiyacı karşılayamayacak kadar sınırlı oluşu, çevresel sorunlarla karşı karşıya bırakılması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi tüm dünyada giderek artmaktadır (Kaplunan, 2014).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (Hidrojen gazının Helyum'a dönüşmesi) açığa çıkan ışın enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak  $1370 \text{ W/m}^2$  değerindedir. Ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı  $0-1100 \text{ W/m}^2$  değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970' lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir (Baş, 2016).

Güneş enerjisi hem bol, hem sürekli ve yenilenebilir hem de bedava bir enerji kaynağıdır. Bunların yanı sıra geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmaması bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji yapmaktadır. Fosil yakıt kullanımının dayandığı yanma teknolojisinin kaçınılmaz ürünü olan  $\text{CO}_2$  yayılımı sonucunda, atmosferdeki  $\text{CO}_2$  miktarı, son yüzyıl içinde yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde, bu miktarın, bugüne oranla 1,4 kat daha artma olasılığı vardır. Atmosferdeki  $\text{CO}_2$ ' nin neden olduğu sera etkisi, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını  $0,7 \text{ }^\circ\text{C}$  yükseltmiştir. Bu sıcaklığın  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  yükselmesi, dünya iklim kuşaklarında görünür değişimlere,  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  düzeyine varacak artışlar ise, kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklığa neden olabilecektir. Enerji kullanımından vazgeçilemeyeceği

gerçeği ile güneş gibi doğal ve alternatif olabilecek enerji kaynaklarına yönelmesi bir gereklilik haline gelmiştir (Özek, 2009).

Günlük yaşantımızda birçok yerde güneş enerjisinden ister istemez doğrudan yada dolaylı bir şekilde faydalanıyoruz. Güneş enerjisini binaların ve konutların ısıtma ve soğutmasında, seraların ısıtılması ve soğutulmasında, sıcak su elde etmede, tarımsal ürünlerin kurutulmasında, teknolojiye, iletişimde ve ulaşımda, uzay teknolojisinde, yüksek sıcaklık elde ederek pişirmede, sanayide, otomasyonda, deniz suyundan tatlı su elde etmede, güneş pillerinde ve elektrik üretilmesinde kontrollü olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1.1. Güneş Işınlarnın Yeryüzüne Dağılımı (Akçalı, 2001)

Güneş ışınlarının;

% 60' ı atmosferden geri döner,

% 16' sı deniz suyuna ulaşarak buharlaşır,

% 11,50' si yeryüzünden yansır,

% 9,50' si toprak tarafından emilir,

% 2,84' ü karadaki canlılara,

% 0,16' sı denizdeki canlılara gider (Akçalı, 2001).

Bu rakamlar göz önüne alındığında, atmosfer ve deniz vasıtasıyla güneş ışınlarının büyük bir bölümünden faydalanılamamaktadır. Kullanılabilir güneş ışınlarının tamamı % 24' lük kısım olmakla birlikte bu enerjinin de tamamı bugünkü şartlarda değerlendirilememektedir.

İnsanoğlunun var olduğundan beri elektrik enerjisi haricinde güneş enerjisinden birçok farklı şekilde faydalandığı bilinmektedir. Genel olarak "Güneş Enerjisi Sistemleri" olarak adlandırılan bu sistemlerin, çeşitli kullanım şekilleri, çeşitli

teknolojileri ve malzeme açısından da birçok türü olmaktadır. Güneş enerjisinden elde edilen ısının doğrudan kullanıldığı ısı güneş sistemleri ile güneş ışığını olduğu gibi kullanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren ve yarı iletken malzemeden oluşan fotovoltaik sistemler (Güneş pilleri)' dir (Anonim, 2020c).

### **1.1.1. Doğrudan Isı Kullanımı**

Bu sistemlerde güneşteki ısı enerjisini doğrudan kullanılmak veya bu ısıyı kullanarak dolaylı olarak elektrik üretilmesi mümkün olmaktadır. Kendi içinde düşük sıcaklık sistemleri (20-100 °C), orta sıcaklık sistemleri (100-300 °C) ve yüksek sıcaklık sistemleri (>300 °C) olmak üzere üç gruba ayrılır. Yaygın olarak en çok bilinen düşük sıcaklık uygulaması düzlemsel güneş kolektörleri uygulamasıdır. Çizgisel yoğunlaştırma yapan sistemler orta sıcaklık uygulamaları, noktasal yoğunlaştırma yapan parabolik sistemler ise yüksek sıcaklık uygulamalarıdır (Anonim, 2020c).

Güneş enerjisinin Türkiye' de en yaygın olarak kullanıldığı alan su ısıtma amacıyla kullanılan güneş kolektörleridir. Bu kolektörlerinin çalışma prensibi, güneşten gelen ısıyı kolektörler içerisinde bulunan ve sürekli devir daim eden sıvıya aktararak bu vasıta ile suyun ısıtılmasını sağlamaktır. Sistem içerisindeki sıvının ısısını koruyabilmek için yalıtımı iyi olan bir depo ile gün içerisinde daha uzun süre suyun sıcak olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

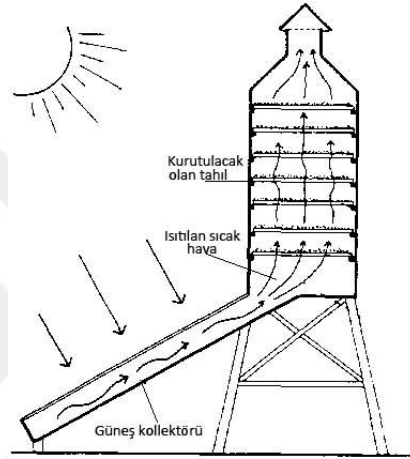
#### **1.1.1.1. Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Konut Isıtılması**

Güneş enerjisinden doğrudan ve en doğal yararlanma şekli konutların ısıtılmasıdır. Bu konuda ısınma için ciddi oranda fosil yakıtların kullanıldığı, özellikle kış aylarında çevre kirliliğinin çok fazla gözle görünür olduğu düşünüldüğünde güneş enerjisinin kullanılması ile tasarruf yapmanın büyük oranda mümkün olduğu görülmektedir. Bu sistemlerin verimleri, doğrudan su ısıtılan sistemlere göre daha yüksek olmakla birlikte, mutlaka ısıtmanın yapılacağı konuta yalıtım yapılmış olması gerekmektedir. Sistemin en büyük avantajı konutu düşük sıcaklıklarda bile (50-90 °C) ısıtmak mümkün olabilmektedir (Anonim, 2020c).

#### **1.1.1.2. Güneş Enerjisi İle Kurutma**

Bu yöntemde kurutma işlemi için gerekli olan ısı, kurutulacak olan malzemeye doğrudan ya da dolaylı olarak (Havanın ısıtılması vb.) malzemeye temas ettirilerek

yapılmaktadır. Bu işlemin gerçekleşmesi için özel olarak hazırlanmış (nem ve sıcaklık kontrollü) bir bölme gerekmektedir. Özel bölmeli kurutma yöntemlerinin kullanılması ile doğrudan kurutma işlemlerinde yaşanan olumsuzluklar en aza indirilebilmektedir (Anonim, 2020c).



Şekil 1.2. Güneş Enerjisi İle Kurutma (Anonim, 2020d)

### 1.1.1.3. Güneş Enerjisi İle Damıtma

Güneş enerjisi ile damıtılmış su elde edilmesinde, arıtılacak suyun bulunduğu kısım siyaha boyanarak güneş ışınlarını daha iyi absorbe edilmesi sağlanmaktadır. Çok basit bir mantıkla çalışan bu damıtma işlemi, önce suyu buharlaştırılıp daha sonra da yoğunlaşmasını sağlayarak bir kaptan toplanır ve gündüz gün boyu depoladığı ısıyı kullanarak gece de damıtma işlemi yapabilmektedir (Anonim, 2020c).



Şekil 1.3. Güneş Enerjisi İle Damıtma (Anonim, 2020c)

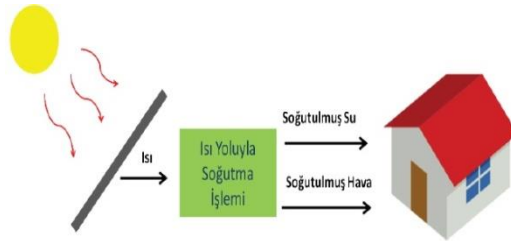
#### 1.1.1.4. Güneş Enerjisi İle Pişirme

Çin, Pakistan ve Hindistan gibi yüksek güneş enerjisi potansiyeli olan ülkelerde kullanılan güneş ocaklarının maliyetlerinin yüksek olması, gerek duyulan ısının depolanamaması ve güneş enerjisinin olmadığı zamanlarda kullanılamaması büyük bir dezavantajdır. Çok fazla çeşidi olan güneş ocaklarının gelişmekte olan ülkelerde bir ticari potansiyeli olmuştur. Yansıtıcı, kolay taşınabilir ve katlanabilir güneş ocakları bulma mümkündür (Anonim, 2020c).

Güneş ocağı cam veya geçirgen örtüden oluşturulmuş ve birkaç tabaka ile yalıtımı sağlanmış bir kap olarak görülmektedir. Sera etkisi prensibi gibi çalışmaktadır. Üst yüzeyindeki geçirgen örtü kısa dalga boylu güneş ışınlarının geçişine izin verirken, fırın içerisinde düşük sıcaklıkta bulunan maddelerin yaydığı uzun dalga boylu ışınların geçmelerini engeller. Ayrıca yansıtıcı aynalar kullanılarak kaplara gelen ışının şiddetini arttırmak mümkündür. Parabolik yansıtıcı olan güneş ocaklarında ise pişirme işlemi gerçekleştirilecek malzeme yoğunlaştırıcının odak noktasına yerleştirilerek pişirme sağlanmaktadır. Güneş takip sistemi ile bu sistemler günün büyük kısmında verimli olmaktadır (Anonim, 2020c).

#### 1.1.1.5. Güneş Enerjisi İle Soğutma

Son yıllarda güneş enerjisinden özellikle yaz aylarında soğutma ihtiyacını karşılamının yolları araştırılmaktadır. Yapılan bu araştırmalar güneş enerjisi üzerinde yapılan başka çalışmalar içinde önemli bir yere sahiptir. Soğutma sistemleri kullanılan güneş enerjisi; Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli, absorpsiyonlu, termoelektrik, adsorpsiyonlu, Brayton mekanik çevrimli sistem ve gece ışınım etkili sistemler ile enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu yüzden sistemin tamamen güneş enerjisine bağlı olarak tasarlandığı durumlarda ısı depolanması gerekmektedir (Anonim, 2020c).



Şekil 1.4. Bir Evin Güneş Enerjisi İle Soğutulması (Anonim, 2020c)

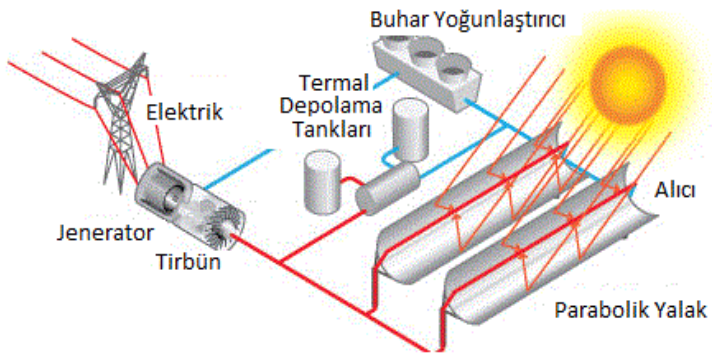


### 1.1.2. Isıl İşlemler İle Elektrik Üretimi (Yoğunlaştırılmış Güneş Sistemleri)

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemlerinde, geniş bir alana gelen güneş ışınlarını aynalar ve lensler kullanarak daha küçük bir alana odaklayarak elektrik enerjisi üretilir ve odaklanan güneş enerjisi ısı enerjisine dönüştürülerek bir türbin yada motoru döndürebilir. Güneş takip mekanizmaları bu sistemlerde kullanılarak güneş enerjisinden daha fazla faydalanılmasında büyük fayda sağlamaktadır. Yoğunlaştırılmış güneş ışınları, enerji santrallerinde ısı enerji olarak kullanıldığı gibi güneş ışınlarını fotovoltaik panellere yönlendirerek elektrik enerjisi üretimi için kullanılabilir. Yaygın olarak kullanılan üç farklı yoğunlaştırılmış güneş sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemler;

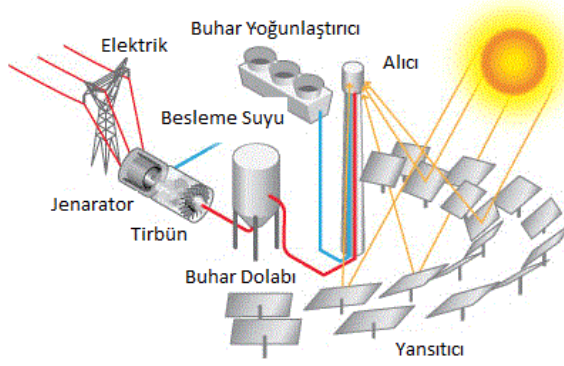
- Parabolik Oluklu Kollektörler,
- Güneş Enerjisi Kulesi,
- Parabolik Çanak (Anonim, 2020c)

Parabolik oluklar, parabolik yansıtıcıların odak noktasına yerleştirilen bir alıcı üzerinde güneş ışığını toplayarak çalışır. Burada, içerisinde çevrim akışkanı bulunan ve yansıtıcıların odak noktaları boyunca uzanan bir tüp bulunmaktadır. Yansıtıcı güneş takip mekanizmaları sayesinde gün boyu güneşi takip eder. Çevrim akışkanı, alıcı içinde hareket ederken (Erimiş tuz vb) 150 – 350 °C civarında ısınır. Ardından, ısı enerjisi olarak enerji üretim tesislerinde kullanılır. Bu sistemler, CSP teknolojiler arasında en fazla gelişmiş olan sistemlerdir (Anonim, 2020b).



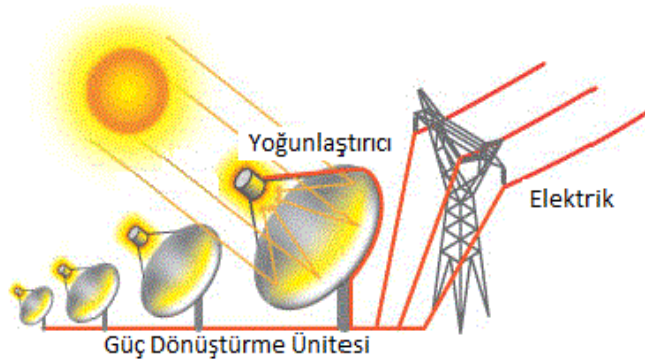
Şekil 1.5. Parabolik Oluklu Kollektör Sistemi (Anonim, 2020b)

Güneş enerjisi kulesi, bir kulenin üzerindeki merkezi bir alıcı ve bu alıcıya güneş ışığını yansıtan çift eksenli yansıtıcılardan (Heliostat) oluşmaktadır. Kulenin tepesinde bulunan alıcı, genelde deniz suyundan oluşan bir çevrim akışkanından bir depo bulundurur. Alıcı içindeki akışkan 500 – 1000 °C seviyelerine kadar ısıtılır ve sonrasında enerji santrallerinde veya enerji depolayan sistemlerde ısı enerjisi kaynağı olarak kullanılır. Enerji kuleleri, parabolik oluk sistemlerden daha az gelişmiştir; buna rağmen verimliliği daha yüksek ve enerji depolama kapasitesi daha iyidir (Anonim, 2020b).



Şekil 1.6. Güneş Enerjisi Kulesi (Anonim, 2020b)

Parabolik çanak sistemler, güneş takip sistemi ile gün boyu güneşi takip eder. Çanağın merkezine yoğunlaştırılmış güneş alıcısı yerleştirilmiştir. İki farklı şekilde olabilen bu merkezdeki yapının içeriklerinden birincisi, merkezde bulunan akışkan bir sıvıya ısı enerjisini aktararak elektrik üretmesidir. Bu sistemlerde sıcaklık 1500 °C' ye kadar çıkmaktadır. İkinci yöntem ise merkeze yerleştirilen stirling motorunu kullanarak elektrik elde edilmesidir (Anonim, 2020b).



Şekil 1.7. Parabolik Çanak Sistemi (Anonim, 2020b)

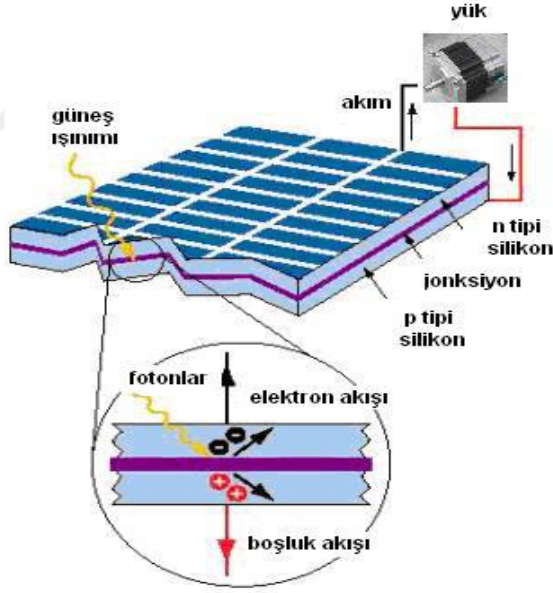
### 1.1.3. Güneş Pilleri (Fotovoltaik PİL)

Güneş enerjisini başka enerji türlerine çevirmeye ihtiyaç duymadan, doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmede fotovoltaik paneller kullanılmaktadır. Zaman içerisinde gelişen teknoloji ve gerçekleştirilen ar-ge çalışmaları ile birlikte güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik hücreler elde edilmiştir. Bu hücreler sayesinde güneş enerjisi hiçbir ara işlem gerektirmeden doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağlamaktadır. Hücreler birleştirilerek modüller, modüllerin birleştirilmesiyle de paneller elde edilmektedir. Birçok modülleri birbirine seri ve paralel bağlayarak farklı güçlerde fotovoltaik paneller, panellerin birleştirilmesiyle de anlık üretilen elektrik üretiminin miktarı arttırılmaktadır.

Güneş enerjisinden fotoelektrik dönüşümünde kullanılan fotovoltaik, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren düzeneklerdir. Fazla elektron bulunan n-tipi yarı iletken ile fazla boşluk bulunan p-tipi yarı iletken yan yana gelerek tek bir kristal meydana gelmesi durumunda fazla elektronların boşluklara atlamasıyla doğru akım meydana gelir. Güneş pillerinin verimleri tasarım, madde yapısı ve imalat şartlarına bağlı olarak %6 – 35 arasında değişir. Güneş pillerinin 35 yıllık gelişiminde, özel ve kamu destekli araştırma ve geliştirme çalışmaları esas olmuştur. Güneş pili fiyatlarındaki düşüş ve elektrik üretiminde temiz enerji kaynağı olmasından dolayı kullanımında artış görülmektedir. Güneş pilleri pahalı olmasına karşın, hiçbir hareketli parça olmaması ve sorunsuz olarak en az bakımla 25 – 30 yıl kullanılabilmesinin yanı sıra çalışma süreleri boyunca doğaya hiç kirletici atık bırakmamaları üstünlükleridir (Anonim, 2009).

Güneş pillerinin içerisinde bulunan hücreler, ışığı emerek elektronları uyaran ve bu sayede akımı taşımak için boşluklar oluşturan iki veya daha fazla özel olarak hazırlanmış olan yarı iletken maddeden oluşmaktadır. İki farklı özellikteki yarı iletken maddenin temas yüzeyi, elektronları bir devrede dolaştırarak gerilim oluşturur. Elde edilen gerilimi kullanmak için cihazlarda iki veya daha fazla ince yarı iletken madde katmanı bulunmalıdır. Bu hücrelerin alanı birkaç  $cm^2$ ' den 3 – 4  $cm^2$ ' ye kadar değişmekte ve silikon, galyum arsenit, şekilsiz silikon, bakır indiyum diselenit, kadmiyum tellürit ve birçok farklı yarı iletken maddeden yapılmaktadır. Birden fazla hücreyi bir modüle bağlayarak daha yüksek bir güç çıkışı sağlanabilir ve hücreler için koruyucu kaplama oluşturulur (Anonim, 2009).

Fotovoltaik piller, ihtiyaca göre modüller sayesinde boyutlandırılabilirler. Fotovoltaik sistemlerin basit oluşu düşük çalışma ve bakım maliyeti sağlamaktadır. Fotovoltaik piller ile elektrik enerjisi üretiminde hareketli parça olmadığından dolayı bakım, tamir ve yedek parça maliyetleri çok düşüktür. Enerji üretim maliyeti sıfır ve yakıt masraflarının olmaması birim kWh başına enerji maliyetini düşürmektedir. Bir fotovoltaik sistemin ekonomik kullanım süresi ortalama 20 yıldır. Fotovoltaik pilli sistemlerin maliyeti iki kısımda incelenebilir. Bunlardan birincisi güneş pillerinin maliyeti, diğerleri ise inverterler, elektronik denetleme aygıtları, depolama aygıtları, kablolar, arazi maliyeti, alt yapı hazırlama gibi sistem destek elemanlarından oluşan maliyetlerdir. Güneş pillerinin maliyeti ortalama sistem maliyetinin toplamının yarısını oluşturmaktadır. Genellikle maliyet hesabı yapılırken çevre etkileri dikkate alınmamaktadır (Anonim, 2009).

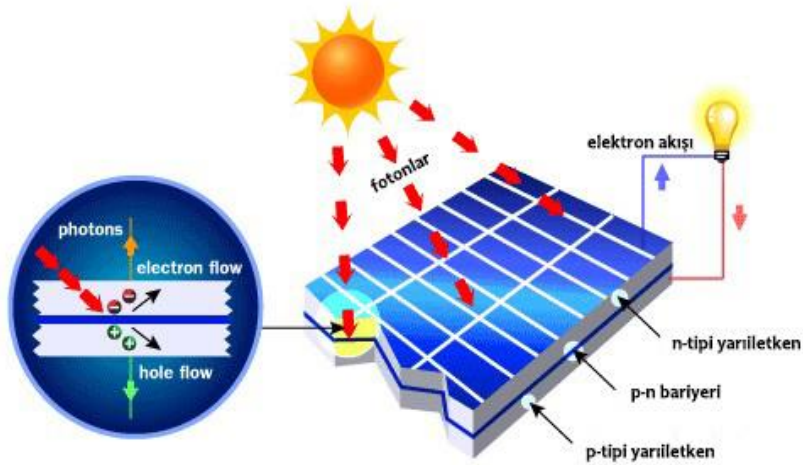


Şekil 1.8. Bir Güneş Pili'nin Fotovoltaik Etkisi (Dinçer, 2011)

Farklı malzemelerden oluşan fotovoltaik piller olsa bile genellikle günümüzde fotovoltaik pillerin çoğu silisyumdan üretilmektedir. Güneş pilinin üzerine güneş ışınları düştüğünde, silisyum atomunun son yörüngesindeki valans elektronunu negatif yükler yükler. Işık foton denilen enerji partiküllerinden oluşmuştur. Fotonlar saf enerjiden oluşmuş küçük bilyelere benzetmek mümkündür ve bunlar bir atoma çarptıklarında o atom enerji ile yüklenir ve son yörüngedeki en kolay kopabilecek durumda olan valans elektronu kopar. Bu serbest kalan elektronda,

elektiriksel basınç veya voltaj olarak isimlendirilen potansiyel enerji ortaya çıkar. Bu enerji, bir elektrik motorunu çalıştırmak ya da bir aküyü şarj edebilmek için kullanılabilir. Önemli olan nokta, serbest olan bu elektronları pil dışına alabilmektir. Üretim aşamasında, pilin ön yüzüne kısmına yakın yere bir iç elektrostatik bölge oluşturularak, elektronun serbest duruma geçmesi sağlanmaktadır. Silisyum kristalinin içerisine diğer elementler de yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kristal içinde bulunması, kristalin elektiriksel olarak dengede olmasını önler. Işıkla karşılaşan malzemedeki bu atomlar, dengeyi bozar ve serbest elektronları başka bir pile veya yüke iletilmeleri için pilin yüzey kısmına doğru itirirler. Milyonlarca foton pilin içindeki elektro-statik bölgeye ve oradan da pil dışına akarlar. Oluşan işte bu akış elektrik akımıdır (Anonim, 2009).

Güneş panellerin verimini maksimum seviye tutabilmek için güneş ışınlarının panel yüzeyine mümkün olduğunca dik gelmesi gerekmektedir. Güneşten gelen ışınların panel yüzeyine mümkün olduğunca dik gelmesi panel verimliliklerini etkilemektedir. Ayrıca panellerin bulunduğu ortamın sıcaklık değeri çok soğuk ya da çok sıcak olması panellerin verimliliklerini etkilemektedir.



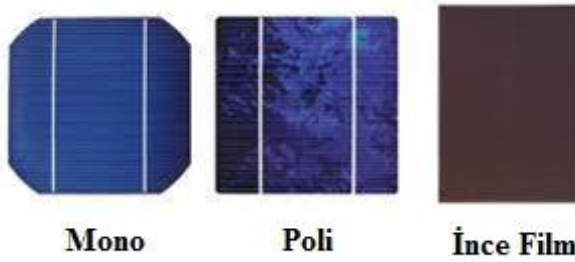
Şekil 1.9. Bir Yarı İletkende P - N Ekleminin Gösterimi (Anonim, 2019f)

Fotovoltaik paneller, genellikle üretim şekillerine göre gruplandırılırlar ve bu panel çeşitleri, monokristal paneller, polikristal paneller ve ince film paneller olmak üzere üç gruba ayrılır (Anonim, 2020f).

Monokristal güneş panellerdeki malzemenin atomik yapısı homojendir. Monokristal güneş pillerin verimlilikleri diğer panellere göre en yüksek olanıdır ve bu oran olan %15 - %20 arasındadır. Monokristal fotovoltaik panellerinin üretimleri teknik açıdan zor olduğundan ve üretim daha fazla zaman aldığından, bu güneş panellerinin fiyatları diğer güneş panelleri çeşitlerine göre oldukça yüksektir. Fakat bu panel çeşidi diğer panel çeşitlerine göre dayanıklılık ve verimlilik açısından oldukça verimli olduğu düşünüldüğünde uzun vadeli kullanımlar için daha faydalı bir seçenek olacaktır (Anonim, 2020e).

Polikristal güneş panelleri birçok monokristalden oluşur ve monokristal panelden farkı atomik yapının homojen olmamasıdır. Polikristal panelleri ortalama %14 - %15 arası verimliliktedir ve monokristal panellere göre daha düşüktür. Verimlilik ve kalite bakımından polikristal güneş panelleri monokristal panellerden biraz daha düşük verimli olan hücrelerle üretilmiştir. Buna rağmen daha yaygın kullanıma sahiptir. Bunun en büyük sebebi kolay ulaşılabilir olması ve fiyatlarının daha uygun olmasıdır. En fazla üretilen güneş paneli olmalarının sebebi ise, verimliliklerinin maliyetlerine oranının monokristal panellerine oranla daha yüksek olmasıdır (Anonim, 2020e).

Işık yutma oranı yüksek olan ince film panel hücreleri, verimliliklerinin düşük olmasından dolayı küçük bir pazar payına sahiptirler. Amorf silikon güneş panelleri kristal yapılmayan güneş panelleridir. Amorf güneş panellerine göre düşük olan değerlere sahiptir (Anonim, 2020e).



Şekil 1.10. Monokristal, Polikristal ve İnce Film Güneş Panelleri (Anonim, 2020e)

### 1.1.3.1. Güneş Panellerinin (Fotovoltaik) Avantajları ve Dezavantajları

Fotovoltaik sistemler diğer enerji kaynaklarına göre daha kullanışlı ve birçok yönden daha verimlidirler. Ülkelerin günlük güneşlenme süreleri içerisinde

fotovoltaik sistemlerden faydalanabilmeleri hem üretim yapan ülke, hem de Dünya ekonomisi ve çevre sağlığı açısından vazgeçilmezdir. Fotovoltaik enerji sistemleri enerji üretimi bakımından diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından oldukça üstündür. Bu yöndeki gelişmeler ülkelerin enerji sektöründe bağımsızlık ve ekonomik güçlerini arttırmada oldukça önem kazanmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin çevreci oluşu ve yenilenebilir oluşu ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemin avantajlarını sıralayacak olursak;

- Tüm enerji kaynakları arasından sadece güneş enerjisi sistemleri sigortalanabilmektedir.
- Enerji üretiminin merkezi bir bölgede üretilmesi yerine birçok farklı bölgede enerji üretimi sağlamaktadır.
- Üretilen enerji üretildiği yerde kullanıldığı için enerjinin dağıtım maliyetleri minimum seviyede olmaktadır.
- Elektrik şebekesinin ulaşmadığı bölgelerde elektrik enerjisinden faydalanabilmeyi sağlamaktadır.
- Uzun ömürlü ve sınırsız bir enerjidir.
- Kurulum maliyetlerinin haricinde başka bakım maliyetlerinin olmaması önemli bir avantajdır.
- Sağlıklı ve riski olmadığı için herhangi bir çevresel maliyet taşımamaktadır.
- Yakıt maliyetleri bulunmamaktadır (Baş, 2016).

Fotovoltaik sistemlerin ana kaynağı bilindiği üzere güneştir. Güneş enerjisinden elektrik üretimini sağladığı için bazı zamanlarda yeterli verimlilik sağlayamadığından enerji üretimi azalır ve enerji üretimin sifir olduğu zamanlarda olmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin avantajlarının olduğu gibi dezavantajlarında bulunmaktadır. Kısaca bunlar;

- Yaz aylarına göre kış aylarında elektrik üretimi oldukça azalmaktadır.
- Yalnızca gündüz saatlerinde üretim yapabilir.
- Fotovoltaik panellerin güneş ışınlarından daha verimli faydalanabilmesi için üzerine gölge düşmemesi gerekmekte ve düz bir arazide güneş ışınlarını daha verimli alacak bir açıyla yerleştirilmelidir.

- Fotovoltaik sisteme gelen güneş ışığını engellemek için etrafında güneş ışığını engelleyecek çevresel etkenler olmamalıdır.
- Devlet içi ve devletlerarası enerji firmalarının kullandığı bazı mevzuat uygulamalarının devam etmesi fotovoltaik sistemin kullanılmamasında en önemli faktörlerdendir (Büyük fotovoltaik tesisler için geçerli).
- Kullanımları fazla olmadığından toplumda gerekli bilincin ve bilgilendirmenin beklenenden olması da diğer bir faktördür (Baş, 2016).

#### **1.1.4. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli**

Ülkeler arasında yenilenebilir enerji kaynakları gün geçtikçe daha fazla önem sarf etmektedir. Bu önem gelecek açısından, çevre temizliği açısından hem de ekonomik açıdan dışa bağımlılığı minimize etme konusunda etkili bir hal almıştır. Son yıllarda bu etkenlerden dolayı diğer ülkeler olduğu gibi ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve bu yöndeki yatırım, yaptırımların arttığı gözlemlenmektedir. Ülkemiz bu konuda büyük bir potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle güneş potansiyeli bakımından ön plandadır. Birçok dünya ülkesine nazaran güneşlenme süresi oldukça fazladır ve buda güneş enerjisi açısından ülkemizin bu konudaki yatırımlarının teknoloji ile birlikte artmasına yönelik çalışmalarına hız kazandırmasını sağlamıştır.

Türkiye’nin matematik konumu 26° - 45° Doğu meridyenleri ile 36° - 42° Kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Dünya’ya göre bu konum Kuzey Doğu yarım küre anlamına gelmektedir. Diğer dünya ülkelerine göre bu konumu itibariyle yıllık ortalama güneşlenme süresi ve ortalama ışınım şiddeti açısından çok daha avantajlı durumdadır.

Güneşten Dünya’ya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye’nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede Dünya’ya gelen güneş enerjisi, Türkiye’nin enerji üretiminin 1.700 katıdır. (Varınca ve Gönüllü, 2006).

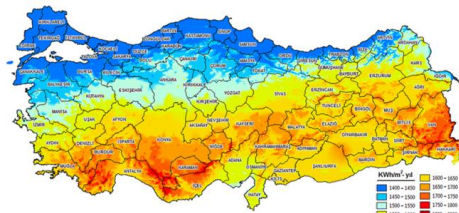


Çizelge 1. Türkiye' nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin ve Güneşlenme Sürelerinin Aylara Göre Dağılımı (Anonim, 2019a)

Aylar	Günlük Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> -gün)	Güneşlenme Süresi (saat/gün)
Ocak	1,79	4,11
Şubat	2,50	5,22
Mart	3,87	6,27
Nisan	4,93	7,46
Mayıs	6,14	9,10
Haziran	6,57	10,81
Temmuz	6,50	11,31
Ağustos	5,81	10,70
Eylül	4,81	9,23
Ekim	3,46	6,87
Kasım	2,14	5,15
Aralık	1,59	3,75
<b>Ortalama</b>	4,17 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,5 saat/gün

Ülkemizin günlük güneşlenme süresi ortalama 7,5 saattir. Maksimum günlük güneşlenme 11,31 saat ile Temmuz, minimum günlük güneşlenme süresi 3,75 saat ile Aralık ayı olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Şekil 1.11' de görüldüğü üzere; ülkemizin Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi haricindeki bütün bölgelerinde güneş enerjisi potansiyelinin oldukça verimli olduğu görülmektedir. Özellikle Akdeniz Bölgesi güneş enerjisi potansiyeli bakımından ülkemizde en verimli bölge olarak söylenebilir. Akdeniz Bölgesi' ni sırası ile Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ege ve İç Anadolu Bölgelerinin güney kısımları takip etmektedir. Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesinde bölgelerdeki coğrafi koşullar oldukça önemlidir. Bu koşullar doğrultusunda güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyeli ile ilgili sıralama farklılıklar gösterebilir.



Şekil 1.11. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (Anonim, 2019a)

### 1.1.5. Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

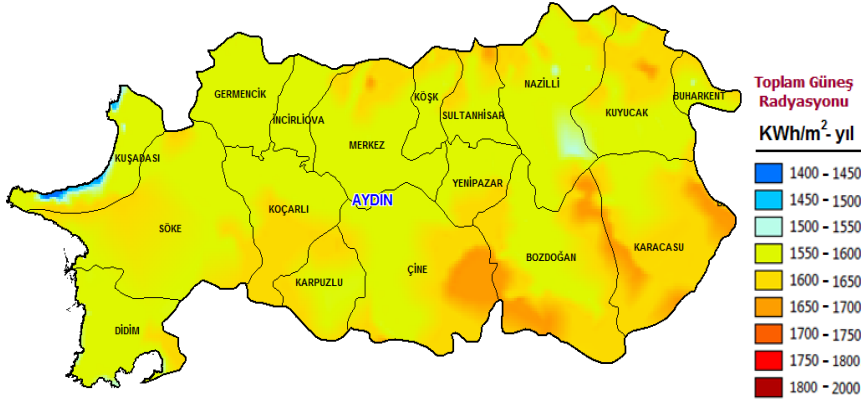
Aydın' ın güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi konumu itibariyle Türkiye ortalamasından biraz daha yüksektir. Coğrafi özellikleri güneş enerjisinden elektrik üretimi için oldukça verimli durumdadır. Tarım anlamında değerli olmayan arazilerin özellikle dağlık alanların denize dik ve güneye cephelinin fazla oluşu güneş enerjisinden elektrik üretimi açısından çok önemlidir.

Türkiye' nin ortalama günlük güneşlenme süresi 7,5 saat/gün iken Aydın' da bu değer 8,3 saat/gün olup ortalama olarak çok yüksektir. Aydın ilinin günlük maksimum güneşlenme süresi 12,09 saat/gün ile Temmuz, minimum günlük güneşlenme süresi ise 4,45 saat/gün olarak Aralık ayında olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Aydın İlinin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin ve Güneşlenme Sürelerinin Aylara Göre Dağılımı (Anonim, 2019b)

Aylar	Günlük Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> -gün)	Güneşlenme Süresi (saat/gün)
<b>Ocak</b>	1,99	5,16
<b>Şubat</b>	2,30	5,98
<b>Mart</b>	4,01	7,00
<b>Nisan</b>	5,18	8,09
<b>Mayıs</b>	6,03	9,76
<b>Haziran</b>	6,61	11,79
<b>Temmuz</b>	6,35	12,09
<b>Ağustos</b>	5,92	11,45
<b>Eylül</b>	4,86	9,85
<b>Ekim</b>	3,77	7,67
<b>Kasım</b>	2,38	5,76
<b>Aralık</b>	1,79	4,45
<b>Ortalama</b>	4,3 kWh/m <sup>2</sup> -gün	8,3 saat/gün

Aydın' ın özellikle Karacasu, Bozdoğan ve Çine bölgelerinin güneş enerjisi potansiyeli diğer ilçelerine göre daha yüksektir (Şekil 1.12). Yakın zamanda Söke ilçesinde gün geçtikçe güneş enerjisinden elektrik elde etmek için güneş tarlaları kurulmakta ve bu yönde yatırımlar artmaktadır. Koçarlı ilçesinde günlük güneş enerjisi potansiyelinin ortalama 4,5 kWh/m<sup>2</sup>.gün olup Aydın' ın yıllık ortalama değerinden yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 1.12. Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (Anonim, 2019b)

## 1.2. Rüzgar Enerjisi

Dünya üzerindeki enerji türlerinin ana kaynağı güneştir. Uzun yıllar boyunca güneş ışınlarının ve sıcaklığının etkisi ile yeryüzünde oluşan enerji kaynaklarının devamlılığını ve tekrarlanabilirliği güneşin var oluşu ile gerçekleşmiş ve gerçekleşmektedir. Güneşin etkisi ile ortaya çıkan bir diğer enerji kaynağı rüzgardır. Rüzgar yeryüzünün ısınıp soğuması ile ortaya çıkan bir doğa olayıdır. Güneş var olduğu sürece ve dünyanın dönmesi gerçekleştiği sürece rüzgar enerjisi oluşmaya devam edecektir.

Rüzgar, atmosferin ısınma ve soğuması sırasında ortaya çıkan sıcaklık ve basıncın farkı ile oluşmaktadır. Rüzgar, güvenilir, kararlı ve sürekli kinetik enerji taşıyan bir enerji kaynağıdır. Atmosferin rüzgarları oluşturan kesintisiz kinetik gücü yaklaşık olarak  $190 \times 10^9$  kW değerindedir. Dünyanın  $50^\circ$  kuzey ve güney enlemleri arasındaki  $3 \times 10^9$  kW'lık olan kinetik rüzgar gücü potansiyelinin üçte birinin kullanılabileceğinin görüşü söz konusudur. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'lik kısmının rüzgardaki kinetik enerjiyi oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bu miktarın dünyadaki enerji tüketiminin kat kat fazlası olduğu düşünüldüğünde, rüzgar enerjisinin ne kadar önemli olduğu anlaşılacaktır. Rüzgar enerjisi, rüzgarın hızına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklik, gücü ise rüzgar hızının küpü ile orantılıdır. Rüzgardan belirli rüzgar hızları arasında rüzgar türbinleri kullanılarak enerji üretilebilmektedir. Rüzgar türbinlerinin kurulacağı bölgede bu sebepten dolayı rüzgar enerjisi potansiyeli bilinmelidir (Kurban ve ark., 2007).

Milattan önce kullanılmaya başlayan rüzgar enerjisi, yel değirmenleri, rüzgar milleri ve yaygın olarak da yelkenli gemilere güç kaynağı olmuştur (Şekil 1.13). Buğday öğütme, mısır öğütme ve suyun pompalanması gibi ihtiyaçlar uzun yıllar boyunca bu şekilde çözülmüştür. Rüzgar enerjisinin kullanılması M.Ö. 2800' lü yıllarda Orta Doğu' da başlamıştır. M.Ö. 17. yy' da Babil Kralı Hammuarabi döneminde Mezopotamya' da rüzgar enerjisinin sulama yapmak amacıyla kullanılmış ve o dönemlerde Çin' de de kullanıldığı belirtilmektedir. İlk yel değirmeni ise İskenderiye yakınlarında kurulmuştur. Türklerin ve İranlıların ilk yel değirmenlerini M.S. 7. yüzyılda kullanmış olmalarına rağmen, Avrupalılar ise ilk olarak yel değirmenlerini haclı seferlerinin gerçekleştiği sırada görmüşlerdir. Fransa ve İngiltere' de yel değirmeninin kullanılması, 12. yy' da gerçekleşmiştir. Su pompalamak, tarım ürünlerini öğütmek, hızar çalıştırmak gibi amaçlar için geliştirilen yel değirmenleri; Avrupa' da Endüstri Devrimi' ne kadar çok hızlı bir biçimde yayılmıştır. 18. yy sonunda sadece Hollanda' da 10000 adet yel değirmeni bulunuyordu. Rüzgar enerjisi; kömür, odun gibi enerji kaynağı olabilecek yakıtların sürekli enerji üretebilmesi ve buhar makinesinin yapılmasıyla önemini yitirmeye başlamıştır. Bununla birlikte, Danimarka' da 1890' ların başlarında rüzgar türbini olarak adlandırılan ve elektrik üretmek için kullanılan ilk makineler yapılmıştır. Rüzgar enerjisi ile elektrik elde edebilen ilk türbin 1891 yılında Danimarka' da modern aerodinamiğin en önemli mühendislerinden olan Paul la Cour tarafından inşa edilmiştir (Elibüyük ve Üçgül, 2014).

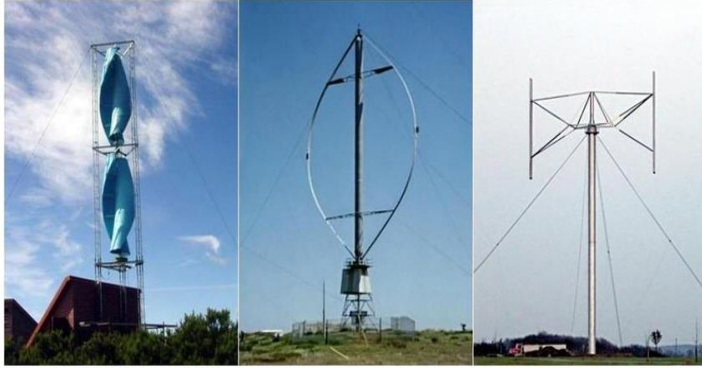


Şekil 1.13. Rüzgar Türbininin Kullanım Yöntemleri (Anonim, 2020a)

Rüzgar türbinleri ile rüzgardaki kinetik enerji öncelikle mekanik enerjiye sonra da jeneratörler aracılığı ile elektrik enerjisi üreten sistemlerdir. Doğrudan elektrik enerjisine çevirebilme yetenekleri yoktur. Rüzgar türbinleri basit yapıdadır ve ileri yüksek teknoloji gerektirmezler. Rüzgar türbinlerinin temel parçaları, kule, gövde (Hareket milleri, dişli kutusu, jeneratör ve elektronik ekipmanlar) ve kanatlardan

meydana gelmektedir. Rüzgar türbinleri dönme eksenine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmadaki etken dönme eksenin ile rüzgar arasındaki açıdan kaynaklanmaktadır. Rüzgar dönme eksenine dik ise “Düşey Eksenli”, dönme eksenine paralel ise “Yatay Eksenli” rüzgar türbinleri olarak adlandırılır.

Düşey eksenli olan rüzgar türbinlerinin türbin milleri düşeydedir ve rüzgarın geldiği yönüne diktir. Ticari olarak kullanımları az ve verimleri yatay eksenli rüzgar türbinlerine göre daha düşüktür. Düşey eksenli rüzgar türbinleri genellikle deney amaçlı üretilmişlerdir. Kendi içinde rüzgardaki kinetik enerjiyi ileten kanat yapılarındaki farklılıktan dolayı Darrieus ve Savonius tipleri olarak iki farklı model bulunmaktadır.

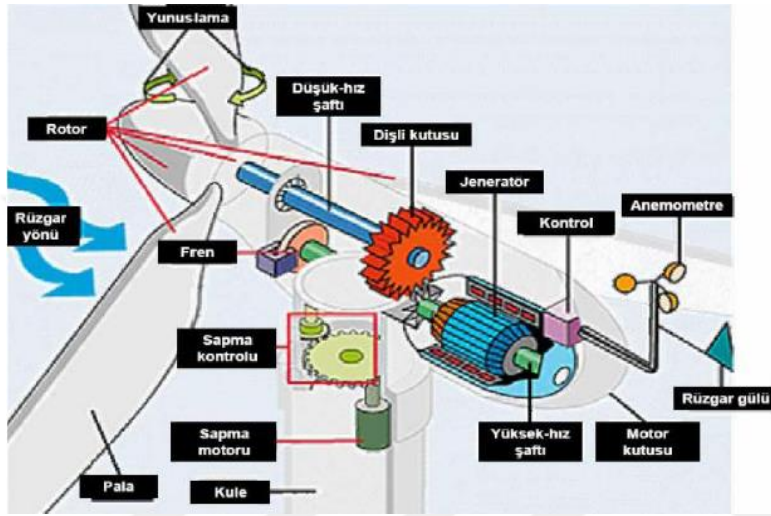


Şekil 1.14. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri Sırasıyla Darrieus, Darrieus Tipi ve Savonius (Hambarcı, 2017)

Yatay eksenli rüzgar türbinlerde; dönme eksenini rüzgar yönüne paralel, kanatlar rüzgar yönüne diktir. Bu türbinlerde rotor kanatların sayısı azaldıkça rotor daha hızlı dönmektedir. Bu türbinlerin verimi yaklaşık %45’ tir. Yatay eksenli rüzgar türbinleri genel olarak yerden 20 - 30m yüksekte ve çevredeki engellerden 10m yüksekte olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu türbinler kanat sayılarının göre; Tek kanatlı, Çift kanatlı, Üç kanatlı ve Çok kanatlı olmak üzere dörde ayrılır (Erdoğan ve Seçgin, 2008).

Üç kanatlı olan modern türbinler, dünyanın birçok yerinde kullanılmaktadır. Üç kanat kullanılmasının asıl nedeni, dönme momentinin daha düzgün olmasıdır. Kanat uç hızı 70 m/sn altında olduğundan daha az gürültü, sarsıntısız dönmeleri ve

göz estetiğini bozmuyor olmaları önemli bir avantaj olup, insanlar tarafından da kabulünü sağlamıştır (Erdoğan ve Seçgin, 2008).



Şekil 1.15. Rüzgar Türbininin İç Yapısı (Anonim, 2019c)

Rüzgar türbinleri, rüzgar enerjisini önce mekanik enerjiye sonra bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Rüzgar türbinleri, rüzgarı kanatlar aracılığı ile sektirip saptırdığı için rüzgardaki enerjinin tamamını almak mümkün değildir. Normal bir rüzgar türbini, rüzgar hızını  $2/3$  oranında düşürmektedir. Bu durum, rüzgardaki kinetik enerjinin en fazla %59'unun mekanik enerjiye dönüştürülebileceğini Betz kanunu ile de açıklanmaktadır (Karaca, 2012). Çalışma prensipleri olarak rüzgar türbinleri, rüzgarın kanatlara çarpması ile rüzgarda enerjisindeki kinetik enerjinin hareket enerjisinde dönüşmesindeki ilk basamağıdır. Kanatlara iletilen bu enerji, kanatların birleştiği rotor bölümünde mekanik enerjiye dönüşür. Burada elde edilen rotorun dönü hareketi düşük hız şaftı ile dişli kutusuna iletilir. Burada şaft dönü hızı yaklaşık 50 katına yükseltilir ve yüksek hız şaftına iletilir. Yüksek hıza ulaşan şaftın hareketi jeneratör aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülür ve buradan da trafoya iletilir. Şekil 1.15'te görülen rüzgar türbini üzerinde bulunan diğer kısımların özellikleri şunlardır;

**Yunuslama (Kanat motoru);** rüzgarın şiddetine göre rüzgar ve kanat arasındaki açıyı değiştirir. Bu durumu rüzgar hızının yüksek olduğu ve türbin şaftının maksimum dönü hızına ulaşmasını engelleyerek türbini doğacak olan arızalardan korumak amaçlı yapılmıştır.

**Fren;** shaft milinin istenilenden daha yüksek devirlere çıkmasını engellemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayede türbinde bulunan jeneratör yüksek devirlere karşı korunmaktadır.

**Anemometre;** rüzgarın hızını ölçmek için kullanılmaktadır. Anemometre tarafından ölçülen rüzgar hızı bilgisi kanat motoruna iletilerek kanatların rüzgar ile yapacağı açının ayarlanmasını sağlamaktadır.

**Yelkovan;** rüzgarın geldiği yönün belirlenmesi için kullanılmaktadır. Rüzgar yönünün belirlenmesi ile rüzgar türbininin kanat tarafı rüzgarın geldiği yöne döndürülür. Bu sayede rüzgar hangi yönden gelirse gelsin, rüzgar türbininin maksimum verim ile çalışabilmesini sağlamaktadır.

**Kontrol;** anemometre ve yelkovan tarafından alınan bilgiyi, gerekli kısımlara iletilmesini sağlamaktadır. Anemometreden gelen bilgiyi rotor ve kanat arasındaki kanat motoruna, yelkovandan gelen bilgiyi sapma motoruna iletmektedir.

**Sapma motoru;** yelkovandan gelen bilgi doğrultusunda kanatların rüzgar yönüne dik olmasını sağlamaktadır. Rüzgarın yönüne göre kulenin üzerinde kalan bütün mekanizmayı rüzgar yönüne dik olacak şekilde döndürerek maksimum verim elde edilmesinin gerçekleşmesini sağlar.

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir özelliğe sahip ve taşınma sorunu olmayan bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisinden elektrik elde edilmesinde kullanılan rüzgar türbinleri ile enerji üretimi için çok yüksek teknoloji gerekmemektedir. Güneş var olduğu sürece rüzgardaki kinetik enerji rüzgar türbinleri yardımı ile başka enerji şekline dönüştürerek kullanılabilir.

### 1.2.1. Rüzgar Enerjisi Avantajları Ve Dezavantajları

Rüzgar enerjisi, elektrik enerjisi üretimi sırasında doğaya ve çevreye zarar vermeyen, karbon ayak izi olmayan ve enerji kaynağının ülke içerisinde olan bir enerji kaynağıdır. Rüzgar türbinleri ile şebeke elektriğinin ulaştırılamadığı ya da ulaşmadığı yerlere kurularak o bölgede ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Rüzgar santrallerinin çalışması için dışarıdan herhangi bir hammaddeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Rüzgar santrallerinin, enerji kaynağını doğa sağladığı için tükenme durumu ile karşılaşmamaktadır (Karadöl, 2017)

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisi özellikle fosil yakıtlarla kıyaslandığında birçok avantajı olduğu görülmektedir. Özellikle çevresel açıdan bu konuda oldukça iyidir. Fosil yakıtlar ile enerji elde edilmesinde açığa çıkan ve atmosferi ciddi anlamda etkileyen sera gazları açığa çıkmamakta ve havadaki gazların etkilenmesini önlemektedir. Bunun haricindeki diğer avantajları ise şunlardır;

- Yakıt masrafı ve hammaddeye ihtiyaçları yoktur.
- Temiz enerji kaynağıdır ve çevreye zararları yoktur.
- Yenilenebilir enerji kaynağıdır, tükenmez ve fosil yakıtların tüketimini azaltır.
- Kurulum süreleri diğer santrallere nazaran daha kısadır. Kurulum süresinde çevreye daha az zarar vermektedirler. Örneğin Nükleer Santraller ortalama 7 yıl, Hidroelektrik Santraller 2 – 10 yıl, Doğal Gaz Santralleri 1,5 yılda kurulabiliyor.
- Sera gazı etkisi yapmamaktadır.
- Santral arazisi ikili kullanıma açıktır. Yani rüzgar santralının kurulduğu bir alanda aynı zamanda ağaçlandırma ve tarımsal faaliyetler yapılabilmektedir. Böylece ormanlık alanlar korunmuş ve azalması engellenmiş olur.
- Ömrü biten türbinleri kuruldukları yerden kaldırmak mümkündür. Arazi tekrardan kullanılabilir (Acar ve Doğan, 2008).

Rüzgar enerjisi santrallerinin avantajları olduğu kadar dezavantajlarında bulunmaktadır. Ne kadar çevreci ve yenilebilir bir enerji kaynağı olduğu bilinse de az da olsa bu enerjinin üretiminde olumsuz etkenlerde bulunmaktadır. Bunların içinde en çok dikkat çeken ise gürültü ve görüntü kirliliği yaratması olarak bilinmektedir. İkinci bilinen en büyük olumsuz yönü ise kuşlara ve özellikle verici (radyo, tv) sinyallerine verdiği zarar olarak söylenebilir. Rüzgar enerjisi santrallerinin dezavantajlarından şöyle bahsedebiliriz;

- Yüksek kurulu güç tesislerinin büyüklüklerinin epey fazla olması,
- Rüzgar türbinlerinin etrafına vermiş olduğu etkilerinin en büyüğü gürültü seviyesidir. 1991 yılında yapılan değerlendirmeye göre bir rüzgar



türbininin 150 m uzaklığındaki gürültü seviyesinin 43 Db olduğu bilinmektedir. Bu seviye bir ofisin gürültüsünden azdır. Günümüzdeki teknoloji ile bu gürültü düzeyi daha da azaltılıp, dezavantaj bir madde olmaktan çıkacaktır.

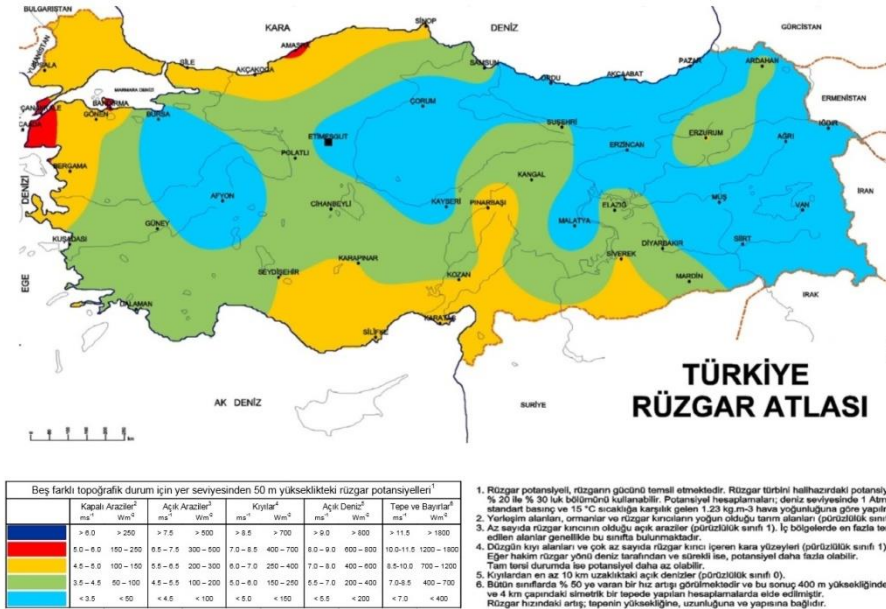
- Tümüne bakıldığında göze hoş gelen rüzgar türbinlerinin büyük kule ve pervaneleri doğal manzarayı bozmaktadır. Kuş sürülerinin ölümüne neden olması ve telsiz iletişimini etkilemeleri gibi zararları da bulunmaktadır (Acar ve Doğan, 2008).

### 1.2.2. Türkiye’ de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgar enerjisinin durumun analiz edilebilmek için, öncelikle rüzgar enerjisinin potansiyelinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye’ de Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılan diğer meteorolojik ölçümlerle beraber rüzgar ölçümleri de yapılarak rüzgar enerjisi potansiyelleri belirlenmektedir. İlk başta belirlenen ve rüzgar enerjisi umut veren yerlerde yapılan etütler ile enerji üretmeye elverişli olabilecek bölgelere Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları (RGİ) kurularak veri toplanmaya başlanmıştır. Ölçümler genellikle 10 m yükseklikte alınır ve bununla birlikte 30 m yükseklikten de alınan ölçümler mevcuttur. Birer saat ve 10 dakikalık aralıklarla alınan veriler bir yazılım programıyla değerlendirilmekte ve arşivlenmektedir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’ nün (YEGM) istasyonlardan elde ettiği ortalama rüzgar hızları, bölgenin rüzgar enerjisi sistemleri için elverişli olup olmadığını ifade etmektedir. Ülkemizde enerji ölçümleri için var olan MGM’ nin istasyon sayısı yetersiz, daha güvenilir veriler elde edebilmek için istasyon sayısının hızlı bir şekilde artırılması gerekmektedir. İstasyon sayısının artırılması durumunda Türkiye Rüzgar Enerji Potansiyel Atlası (REPA) belirli aralıklarla güncellenebilecektir. Bu sayede rüzgar enerjisi potansiyelleri yüksek olan bölgelerde, ortalama rüzgar hızları ve rüzgar güç yoğunlukları saptanarak bu sektöre yatırım yapmayı düşünen şirketler için teşvik edilebilecektir (Şenel ve Koç, 2015).

Ülkemiz konumu itibari ile rüzgar enerjisi bakımından oldukça elverişli durumdadır. Rüzgar enerjisi özellikle denizler üzerinde daha etkili ve daha yoğun olarak görülen bir enerji türüdür. Bunun nedenlerinden en önemlisi yüzey pürüzlüğünün karaya göre az olmasıdır. Ülkemiz coğrafyasında topoğrafik açıdan birçok bölgede dağlık alanlar bulunmaktadır. Bu engebeler rüzgarın yönünü ve şiddetini oldukça önemli açıda etkilemektedir. Bu yüzden deniz suları üzerinde

rüzgarın yön değiştirmesine sebep olacak engebeler olmadığından, bu bölgelerde rüzgar hızı ve şiddeti karadaki değerlere göre daha verimlidir. Yükseklik bakımından karada bulunan rüzgar türbinlerinin avantajı bu coğrafik koşullar sebebiyle dezavantaj olarak görülmektedir.



Şekil 1.16. Türkiye Rüzgar Atlası (Anonim, 2019d)

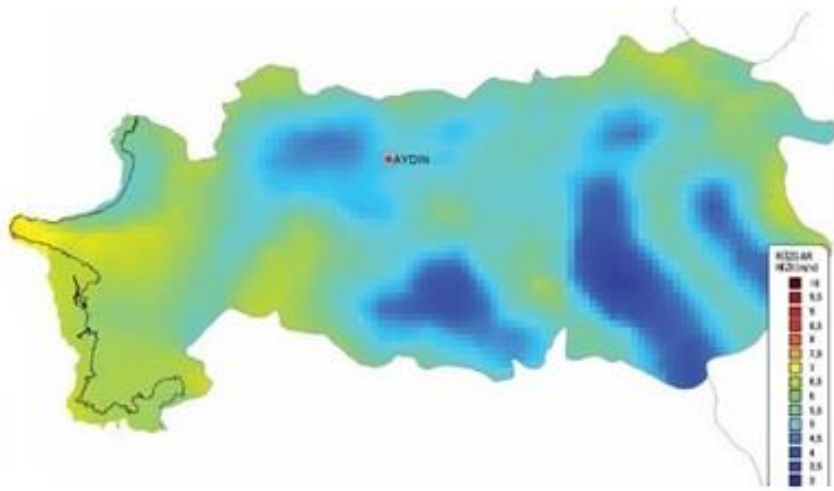
Şekil 1.16' daki görüldüğü gibi Meteoroloji Genel Müdürlüğü' nce hazırlanan rüzgar atlasında rüzgar hızları minimum 3,5 m/s olarak gösterilmiştir. Aslında belirtilen bu hız birçok rüzgar türbininin belirtilen minimum çalışma hızı olarak adlandırılmaktadır. Türkiye rüzgar atlasına göre; en yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli Marmara Bölgesi' nde görülmektedir. Özellikle batı bölgelerinde rüzgar hızlarının yer yer 5 - 6 m/s olduğu kırmızı renk ile belirtilmektedir. Enerji elde edilmesi için yapılan yatırımların birçoğu da bu bölgeye yani Balıkesir çevresine yapılmıştır. Rüzgar enerjisi potansiyeli daha sonra sırası ile; Ege Bölgesi' nin batı ve kuzeybatı bölgeleri, Karadeniz Bölgesi' nin batısının kıyı kesimleri ve Akdeniz Bölgesi' nin doğu kesimleri izlemektedir.

Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yatırım için rüzgar enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Ülkelerin ekonomik durumları ve gelecekte yaşanması beklenen enerji ile ilgili sıkıntılar göz önüne alınırsa, ülkemiz oldukça şanslı durumdadır. Teknolojinin ilerlemesi ve rüzgar türbinleri üzerindeki gelişmelerin artması ile

birlikte ekonomik anlamda birçok kazanç elde edilebilir. Temiz, sağlıklı, çevreci ve yenilenebilir bir enerji türü olması rüzgar enerjisinin önemini arttırmaktadır.

### 1.2.3. Aydın' da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Türkiye rüzgar atlasında da gördüğümüz gibi Ege Bölgesi rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından verimli bölgelerin başlarında gelmektedir. Özellikle kıyı şeritleri ve kuzey batı kısımları yatırımlık rüzgar enerjisi santralleri için oldukça verimlidir. Aydın ili de bu yatırımlık bölgelerden bir tanesidir. Özellikle kıyı bölgeleri ve dağlık bölgeleri rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından elverişlidir.

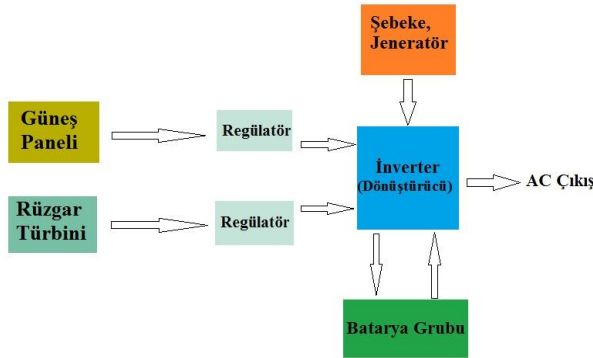


Şekil 1.17. Aydın Rüzgar Hızı Haritası (Anonim, 2019e)

Şekil 1.17' de Aydın iline ait rüzgar hızları görülmektedir. Özellikle batı bölgelerinde rüzgar enerjisi potansiyeli iyi durumdadır. İç bölgelerde ise rüzgar enerjisi potansiyeli iyi durumda değil gibi görünse de yer yer yatırımlık enerji potansiyelinin olduğu görülebilmektedir. Özellikle dağlık bölgelerde yatırımlık rüzgar enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Günümüzde çevre ilçelerde rüzgar enerjisi için yatırımlar aktif olarak kurulmuş bulunmakta ve bu bölgelerde de yatırımlar devam etmektedir. Birçok konumunda ihtiyaçları karşılayacak bir rüzgar enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Aydın gün geçtikçe yenilenebilir enerji kullanımında hızla ilerlemektedir.

### 1.3. Güneş – Rüzgar Hibrid Enerjisi

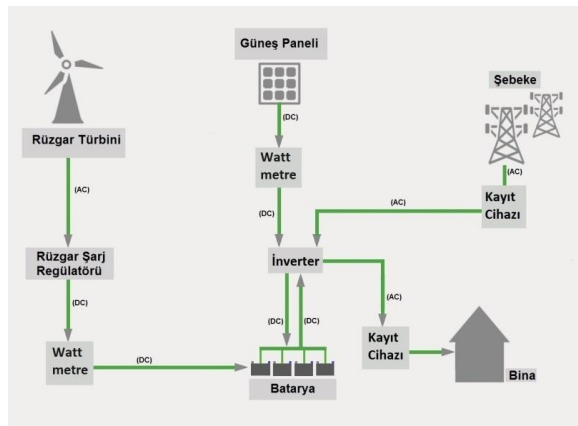
Yenilenebilir enerji kaynakları ve bu kaynakların birbiri ile oluşturdukları sistemler (Hibrid) gün geçtikçe hayatımıza hızlı bir şekilde girmektedir. İlk kurulum maliyetleri yüksek olan yenilenebilir enerji kaynakları için bir olumsuz düşünce oluştursa bile çevreci ve tükenmez bir enerji olmasının cazibesi de göz ardı edilememektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalarla birbirini tamamlayan özelliğe sahip iki veya daha fazla yenilenebilir enerji kaynağının birlikte kullanılarak sistem güvenilirliğini arttırabileceği görülmüştür (Engin, 2004). Etkin çalışma saatleri birbirinden farklı olan enerji kaynaklarının kullanılması bu maliyetleri minimum seviyeye indirebilmek için de bir avantaj sağlamaktadır. Kurulan hibrid sistemler şebeke bağlantılı, şebekeden bağımsız ya da üçüncü bir enerji kaynağı (Jeneratör vb) tarafından desteklenerek kullanılabilir. Şebekeden bağımsız olarak kullanılan hibrid sistemlerde enerji depolayıcıların tüketim miktarına göre artırılması bir maliyet arz etmektedir. Şebekeye bağlı olarak kullanılan sistemlerde ise enerji depolarındaki verimin düşmesi ya da yetersiz kalması durumunda şebeke bağlantısı ile desteklenerek kullanılacak olan enerjide süreklilik sağlanmaktadır. Şebekeye bağlı sistemlerin enerji ihtiyacı için sistemi desteklemek amacıyla kullanıldığı gibi, bazı tasarımlarda çift yönlü özellikteki sayaçlar kullanılarak üretilen fazla enerjinin şebekeye geri aktarılması ve bu sayede geri satılan elektrik enerjisi sayesinde bir kazanç sağlayabilmektedir. Bu tür yenilenebilir enerji kaynakları ve birbiriyle oluşturdukları hibrid sistemler, hem daha çevreci hem daha ekonomik bir yöntem olarak birçok bölgede kullanılabilir.



Şekil 1.18. Hibrid Sistemin Güneş, Rüzgar ve Şebeke Kullanımı

Günümüzde kullanılan en yaygın yenilenebilir enerji kaynakları sistemleri; jeotermal enerji, dalga enerjisi, su enerjisi, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, güneşle rüzgar enerjisini birlikte kullanan (hibrid) sistemlerdir. Hibrid sistem uygulamalarının en fazla tercih edilen enerji kaynakları rüzgar ve güneş enerjisidir. Her iki enerji kaynağı yenilenebilir olmasına rağmen, enerji ürettikleri saatler genellikle farklı olan bu enerji sistemlerinin birlikte kullanılması ile üretilen enerjinin daha etkin üretimi sağlanabilmektedir. Rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinin üretmiş oldukları elektrik enerjisinin verimi, gün içerisinde farklılık göstermektedir. Diğer bir şekilde söylemek gerekirse güneş enerjisinin var olduğu zamanlarda güneş enerjisinden, rüzgar enerjisinin var olduğu zamanlarda rüzgar enerjisinden faydalanılabilmektedir. Böylece hibrid sistemde enerjin üretiminde süreklilik sağlanmış olmaktadır (Yanıktepe ve ark., 2011).

Sadece yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmuş olan bir hibrid enerji sistemi ile çoğunlukla küçük yüklerin beslenmesine yetmektedir. Daha büyük yüklerin beslenmesinde süreklilik ve gerekli enerji miktarını karşılayamayabilir. Bu nedenle büyük yüklerin yeterli ve sürekli bir şekilde beslenemediği hibrid enerji sistemlerinde jeneratör veya hibrid sistem şebeke bağlantısı ile desteklenerek ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi karşılanabilir ve bu sayede enerjide süreklilik sağlanabilir. Ayrıca, şebeke destekli hibrid enerji sistemlerinde kullanılacak olan elektrik enerjisini şebekeden satın alabileceği gibi kullanılmayan üretim fazlası olan elektrik enerjisi şebekeye satılabilir. Büyük yükleri karşılayabilmek ve süreklilik sağlayabilmek için yapılması gereken işlem elektrik enerjisini depolayan elemanların sayılarının artırılmasıdır (Özcan, 2009).



Şekil 1.19. Şebeke Destekli Güneş ve Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemi Şematik Görünümü

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Engin (2004), Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından 1994 - 1999 yılları arasında elde edilen rüzgar hızı ve güneş ışınım değerlerini kullanarak aynı konumda bir güneş – rüzgar hibrid enerji sistemi kurduğunda besleyebileceği yükü belirlemek için bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmayı bir yazılım programı olan MATLAB ile gerçekleştirmiştir. Programda yük olarak ilk önce Enstitü binasının gece aydınlatmasını, daha sonra bir su pompalama sistemi olarak belirlemiştir. Hibrid sistemde kuyu derinliğinin 60 m olduğunu eklemiş ve simülasyonunu çalıştırarak sistemin verimliliği ile ilgili veriler elde etmişlerdir. Bu veriler ile su pompama sisteminde, üretilen suyun %78,2' si güneş paneli, kalanı ise rüzgar türbininden elde edilen elektrik enerjisi ile pompalanabilmiştir.

Engin ve Çolak (2005), yaptıkları çalışmada güvenlik ışıklarının aydınlatması için güneş – rüzgar hibrid enerjisi üretim sistemi boyutlandırması yapmış ve bu sistemin bileşenlerinin performans değerlerini bir yıl süresince ölçmüşlerdir. Elde edilen verileri kullanarak; üretilen elektrik enerjisinin kaynaklara göre dağılımını, kurulan enerji sisteminin verimini, güvenilirliğini ve üretilen enerji miktarının tüketiciye birim maliyetini 0,89 \$ olarak hesaplamışlardır.

Kurban ve ark. (2007), yapmış oldukları çalışmalarında Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü' nde 2005 yılında kurulmuş ve kullanılmış olan güneş – rüzgar (Hibrid) enerji tesisindeki 30 m yükseklikteki rüzgar gözlem istasyonu direğinin 10 m yüksekliğinden elde edilen Temmuz ve Ekim ayları arasında 15 sn aralıklarla ölçülüp elde ettikleri değerleri kullanmışlardır. Bu verileri Weibull ve Rayleigh İstatiksel dağılımındaki işlevleri ile sistemin kurulu olduğu bölgede rüzgar enerjisinin potansiyelini analiz etmişlerdir. Bu dağılımların değişkenlerinin bulunmasında Maximum Likelihood Metodunu kullanmışlardır. Uygulamış oldukları metot ve analizleri sonucunda, Weibull dağılımının rüzgar hızı Rayleigh' e göre daha iyi modellediğini görmüşlerdir.

Aktacir ve ark. (2008), Harran Üniversitesi Osmanbey Yerleşkesi' nde saha aydınlatmasını karşılamak amacıyla prototip güneş – rüzgar enerjisi sistemi kurmuş ve incelemişlerdir. 1,1 kWh gücündeki hibrid sistemini yerden 15 m yüksekliğe, Harran Üniversitesi Osmanbey Yerleşkesi Mühendislik Fakültesi binası çatısına yerleştirmişlerdir. Kurmuş oldukları enerji bileşenlerinden birisi 800 W gücünde ve 48 V' luk AC elektrik enerjisi üreten rüzgar türbinidir. Bir

diğer enerji bileşeni olarak kullanılan 4 adet monokristal hücreden oluşan 60 W ve 12 V gücündeki panelleri seri bağlayarak 48 V DC elektrik enerjisi üretmişlerdir. Hibrid sistemin üretmiş olduğu elektrik enerjisini depolamak için 4 adet 12 V ve 55 Ah' lik jel akü kullanmışlardır. Tüketici olarak kullandıkları 40 W gücünde 693 adet LED özellikten oluşturulan iki adet AC armatür kullanmışlardır. Şanlıurfa yerel koşullarında hibrid sistemin üretmiş olduğu elektrik enerjisinin batarya grubunu sürekli şarjda tutabildiğini gözlemlemişlerdir. Batarya grubunun beslediği aydınlatma armatürlerinin geceleri enerjide kesinti yaşamadan güvenilir bir şekilde aydınlatabildiğini gözlemlemişlerdir.

Haşimi (2009), yüksek lisans tezinde “5KVA’ lık Temiz Enerji Kaynaklarına Dayalı Hibrid Enerji Santralinin Elektronik Ve Kontrol Tasarımı” isimli bir çalışma yapmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyogaz enerjisini kullanarak MATLAB programında simülasyonunu gerçekleştirmiştir. Yenilenebilir enerji sistemlerinden oluşan bir taşınabilir enerji konteynırı oluşturmak için gerekli olan maliyetlerin yüksek olduğunu, bunun için daha çok ar-ge çalışması yapılması gerektiğini ve nanoteknolojik gelişmelerin bu sektöre etki etmesi sonucunda en çok maliyete sahip olan fotovoltaik panellerin maliyetinin ucuzlayacağını söylemiştir.

Özcan (2009) yaptığı yüksek lisans çalışmasında, Gebze’ de bulunan orta ölçekli bir sanayi tesisinin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin ekonomik açıdan optimum şekilde besleyecek bir hibrid sistem tasarımını belirleyebilmek için HOMER programını kullanarak bir simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizi işlemleri gerçekleştirmiştir. Özcan, HOMER programında ilk olarak sistemi oluşturacak elemanların modellemesini, daha sonra hibrid sistemde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının modellenmesini ve son olarak hibrid sistem ile ilgili diğer kriterlerin modellenmesini belirleyerek bir yol haritası belirlemiştir. Yapmış oldukları analizlerin sonucunda dört farklı bölge için farklı konfigürasyonlar ve optimizasyonlar elde etmiştir. Elde etmiş olduğu konfigürasyonları HOMER programının ekranından almış olduğu ekran görüntüleri ile grafik olarak yorumlamış ve ekonomik olarak 2009 yılındaki sermaye yatırımlarının değerlerini USD para birimi cinsinden elde etmiştir. Konfigürasyonlardan bazıları rüzgar enerjisi – şebeke, hibrid sistem – şebeke, yalnız rüzgar enerjisi vb gibi bir çok farklı yük değerlerinde ve optimizasyonlarında çeşitlendirmiştir.

Engin (2010) “Bornova İçin Güneş – Rüzgar (Hibrid) Enerji Üretim Sistemi Tasarımı” isimli bir çalışma yapmıştır. Yapmış olduğu çalışmada, batarya yedekli güneş – rüzgar (Hibrid) enerji sisteminin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Elektrik tüketiminin belirlenmesi için 10 adet evin ortalama tüketim değerleri alınarak model bir tüketici yük oluşturmuştur. Şebeke elektriğinin birim fiyatı ile hibrid sistemin maliyetlerini karşılaştırdıklarında, şebekenin ulaştığı bir bölgede hibrid sistem kurulduğunda tüketicilerin kullandıkları elektrik enerjisinin ortalama 8 kat daha pahalı olacağını belirtmişlerdir. Bunun sebeplerinden birincisi olarak kurulum maliyetlerinin yüksek olmasını belirtmişler ve ikinci sebep olarak ise kapasite kullanımlarının oldukça düşük olduğunu belirtmişlerdir. Kapasite kullanımını rüzgar türbinlerinde %1, güneş panellerinde %18,5 olarak saptamışlardır. Tüketicilerin kullandığı elektrik enerjisinin %86’ lık kısmı güneş panellerinden, %14’ ü ise rüzgar türbininin ürettiğini söylemektedirler. Bu verileri de kullanarak ekonomik olarak analiz yapmıştır ve boyutlandırılan sistemin kullanılmasının ekonomik olmadığını belirtmiştir.

Yanıktepe ve ark. (2011) “Güneş – Rüzgar Hibrid Güç Sistemi Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Uygulama Örneği” adlı çalışma için bir ön planlama ve ekipmanlar tanıtılmıştır. Güneş – rüzgar enerjisi hibrid sistemi için gerekli olan ekipmanlar; sırasıyla rüzgar türbini, fotovoltaiik paneller, akü grubu ve inverter olarak belirtmiştir. Ekipmanlar hakkında genel bilgi verdikten sonra ekipmanların boyutlandırmalarının belirlenmesinde kullanılması gereken formüller ve formüllerde hangi ekipman özelliklerinin kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Belirtmiş oldukları bu çalışma ilgili prototip oluşturmuşlardır.

Karaca (2012) yılında yüksek lisans tezi olarak “Güneş ve Rüzgar Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Sistemi Tasarımı” adlı çalışmayı gerçekleştirmiştir. Hibrid sistemi Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi çatısına kurmuş ve Üretmiş oldukları elektrik enerjisinin Teknik Eğitim Fakültesindeki bir odada kullanmışlardır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi sisteminde Cento Solar marka SM520S 130 W değerindeki güneş panellerinden 6 adet kullanmışlardır. Sistemdeki diğer üreteç olan rüzgar türbini Almanya merkezli üretim yapan Prevent firmasına ait olan 24 V, 300 W gücündeki Black 300 modelini kullanmışlardır. Üretilen elektrik enerjisinin depolanması için 4 adet 12 V, 140 Ah’ lik jel akü, üretilen elektrik enerjisinin 220 V, 60 Hz olan şebeke elektriğine dönüştürülmesi için kapasitesi 2000 W ve 24 V gerilime sahip olan inverter kullanmışlardır. Çalışmaları boyunca elde ettikleri veriler sayesinde üreteçler ile



ilgili günlük, haftalık ve aylık olarak birçok değerlendirmede bulunmuşlardır. Bu verileri göz önünde bulundurarak Konya ilinde güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda Türkiye’ de iyi verim alınabilecek şehirler arasında olduğunu ve özellikle sistemin kurulduğu Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi çevresinden dört mevsim boyunca rüzgar enerjisinden faydalanılabileceğini belirtmişlerdir.

Baş (2016), “Fotovoltaik Sistemlerin Performans Değerlendirilmesi” adlı çalışmada fotovoltaik çalışma prensibini ve performansını inceleyip buna etkileyen olumsuz etkileri ortadan kaldırılmasını incelemek istemiştir. Fotovoltaik panellerin performansını etkileyen en büyük faktör olarak güneş ışınlarının panel yüzeyine dik gelmesi düşük enerji üretiminde büyük rol oynadığını belirtmiştir. Bu problemi ortadan kaldırmak için bir mekanizma tasarlamış ve bu sayede problemi ortadan kaldırarak verimde büyük ölçüde başarı sağlamıştır.

Karadöl (2017) yaptığı çalışmada, Kahramanmaraş bölgesinde güneş ve rüzgar enerjisi (Hibrid) istemini incelemiştir. Bunun için bir evin günlük ortalama elektrik ihtiyacını 5 kW olarak belirlemiştir. Kurdukları hibrid sistemde 260 W değerinde 2 adet polikristal güneş paneli ve 500 W gücünde, 24 V AC gerilim üretebilen bir rüzgar türbini kullanmıştır. Kurduğu hibrid sistemi bir hafta boyunca incelemiş ve değerleri kaydetmiştir. Kurmuş olduğu hibrid sistemin 16 – 24 Mart 2017 tarihleri arasında toplam bir haftalık süre boyunca güneş panelleri tarafından 23642,65 W, rüzgar türbini tarafından elde edilen elektrik enerjisi ise 13477,2 W’ tır. Güneş ve rüzgar enerji verilerini birleştirdiklerinde günlük üretimin 5302,8 W olacağını belirtmiş ve elde ettikleri bu elektrik enerjisi miktarının bir evin günlük elektrik ihtiyacını rahatlıkla karşılayacağını belirtmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Tarım İşçisi Dinlenme Evi

Kullanılan sistemin ana materyali olarak 37° 45' 45.4" N 27° 45' 20.3" E koordinatlarında bulunan, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliği' ndeki yaklaşık 27 işçinin kullanmakta olduğu tarım işçisi dinlenme evidir. Burada Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi' nde aktif olarak çalışmakta olan tarım işçilerinin gün içerisinde mola verdiği, dinlendiği ve tarım işçileri ile toplantıların gerçekleştirildiği bir bina olarak kullanılmaktadır. Normal koşullarda tarım işçileri bu binayı gün içerisinde 07:30-08:00, 10:00-10:15, 12:00-13:00, 15:00-15:15 saatleri arasında kullanmaktadırlar. Yaklaşık 50 m<sup>2</sup> civarında bir betonarme yapıdır (Şekil 3.1). Kurulan sistemde enerji üretiminde kullanılan materyaller; fotovoltaik panel, rüzgar türbini, rüzgar türbini şarj regülatörü, inverter, akü grubu, enerji üretim ve tüketim kayıt cihazları bağlantı elemanlarıdır. Diğer materyaller ise tarım işçisi dinlenme evinde bulunan elektrikli cihazlardır. Bunlar; buzdolabı, elektrikli çay ocağı, televizyon, lamba ve diğer elektrikli cihazlardır.

Tarım işçisi dinlenme evinde kullanılan elektrikli cihazlar ve bu cihazların ortalama güç tüketim miktarları; günlük, haftalık ve aylık olarak Çizelge 3' te verilmiştir.

Çizelge 3. Tarım İşçisi Dinlenme Evindeki Tüketicilerin Tüketim Değerleri

Cihaz Adı	Günlük Ortalama Güç Tüketimi (Wh/gün)	Haftalık Ortalama Güç Tüketimi (Wh/ hafta)	Aylık Ortalama Güç Tüketimi (kWh/ay)
<b>Buzdolabı (24 saat/7 gün)</b>	1.100 Wh/gün	7.700 Wh/hafta	30,8 kWh/ay
<b>Çay Ocağı (3 saat/6 gün)</b>	5.100 Wh/gün	30.600 Wh/hafta	122,4 kWh/ay
<b>Televizyon (3 saat/ 6 gün)</b>	240 Wh/gün	1.440 Wh/hafta	5,76 kWh/ay
<b>Aydınlatma (4 lamba) (2 saat/6 gün)</b>	40 W x 4 ad= 160 Wh 160 x 2 saat =320 Wh/gün	1.920 Wh/hafta	7,68 kWh/ay
<b>Diğer Elektrikli Gereçler</b>	500 Wh/gün	3.500 Wh/hafta	14 kWh/ay
<b>Toplam</b>	<b>7.260 Wh/gün</b>	<b>45.160 Wh/hafta</b>	<b>180,64 kWh/ay</b>



Şekil 3.1. Tarım İşçisi Dinlenme Evi ve Güneş - Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemi Genel Görünüşü

Tarım işçilerinin dinlenme evinde bulunan buzdolabı 220 V AC gerilimle birlikte günde 24 saat çalıştırılmaktadır. Fakat izolasyon olduğu için içerisindeki sıcaklığı koruyabildiği zamanlarda çalışmamaktadır. Ölçümlerde buzdolabının günlük ortalama 1100 Wh elektrik enerjisi tükettiği belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Buzdolabı

Tüketicilerin içerisindeki en yüksek elektrik enerjisine elektrikli çay ocağı duymaktadır. 1700 W, 220 V AC gerilimle çalışmaktadır. İçerisinde bulunan suyun sıcaklığını sabit tutabilmek için termostatın durumuna göre sürekli tüm gücüyle elektrik tüketmez. Günde yaklaşık üç saat çalıştırılmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Elektrikli ay Ocağı

Genellikle işçilerin dinlendiği zamanlarda kullanılan televizyon 80 W, 220V AC gerilimle çalışmaktadır. Ortalama günde üç saat çalıştırılmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Televizyon

Tarım işçisi dinlenme evinde aydınlatma için dört adet her biri 40 W değerinde dört adet olan uzun florasan lamba günde iki saat kullanılmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Aydınlatma Lambaları

Tarım işçisi dinlenme evinde bunların dışında; işçilerinin telefonlarının şarj edilmesi, el fenerlerinin şarj edilmesi, hibrid sistem panosunu kayıt eden güvenlik kamerası ve verileri kayıt etmek için kullandığımız laptop vs gibi elektrikli cihazların elektrik gereksinimi de ortalama günlük 500 Wh değerinde olup diğer elektrikli gereçler olarak izelge 3' te belirtilmiştir.

### 3.1.2. Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik paneller, üzerlerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen yarıiletken maddelerdir. Fotovoltaik paneller, güç çıkışını arttırmak amacıyla birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak ve bir zemin üzerine montaj edilerek olarak kullanılmaktadırlar. Güneş enerjisi, fotovoltaik panelin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevirebilir. Fotovoltaik güneş panelleri, fotovoltaik ilkeye dayalı çalışmaktadırlar. Yani ön yüzeyine ışık düştüğünde uçlarında elektrik gerilimi oluşmaktadır. Panelin ön yüzeyine gelen güneş enerjisi, ürettiği elektrik enerjisinin kaynağıdır (Haşimi, 2009).

Aydın ilinde; en düşük güneşlenme süresi ortalama 4,45 saat ile Aralık ayıdır. Aydın ilinin maksimum güneş ışığı aldığı ay ise Temmuz ayıdır ve güneşlenme süresi günlük ortalama 12,09 saattir. Yıllık olarak ele aldığımızda Aydın ilinin yıllık ortalama güneşlenme süresi 8,3 saattir. Bu süre Türkiye ortalamasının üzerinde bir değerdir ve güneş enerjisinin bu bölgedeki potansiyeli net bir şekilde görülmektedir.

Fotovoltaik paneller, gerekli ortam koşullarının sağlandığı durumlarda maksimum güç üretebilirler. Panel camının kirli olması, güneşten gelen ışınların geliş açılarının panel yüzeyine dik olmaması da panel verimini etkileyen diğer etmenlerdir.

Polikristal fotovoltaik panellerin verimi, enerji maliyetine göre dengelidir ve fiyatları oldukça uygundur. Birçok güneş enerjisi santrallerinde polikristal fotovoltaik paneller kullanılarak enerji üretimi yapılmaktadır. Piyasada yaklaşık %68' den fazla polikristal fotovoltaik paneller kullanılmaktadır. Özellikle havanın ısı değişimlerine monokristal panellere göre daha az etkilenmektedir. Polikristal fotovoltaik panellerin verimlilikleri yaklaşık %15 civarlarındadır (Anonim, 2020f).

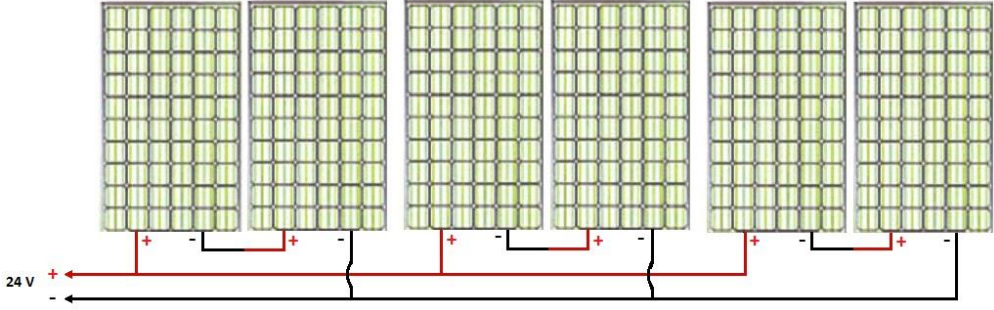
Hibrid sistemle gerekli olan enerji miktarını üretebilmek için ana elektrik üreticimiz olan güneş enerjisinden elektrik elde edilmesinde 6 adet 165 W gücünde polikristal fotovoltaik panel kullanılmıştır. Kullanılan fotovoltaik panellerin teknik özellikleri şöyledir:

- Markası : TOMMATECH
- Model numarası : TT165-36P
- Maksimum güç değeri : 165 Wp
- Maksimum güç voltajı : 19,5 V DC
- Maksimum akım gücü : 5,47
- Açık gerilim voltajı : 23,0 V
- Kısa devre akımı : 8,93 A
- Maksimum sistem voltajı : 12 VDC
- Maksimum seri sigorta değeri : 15 A
- Uygulama sınıfı : A
- Ağırlığı : 10,8 kg
- Ölçüleri : 1468 x 678 x 35 mm



Şekil 3.6. Fotovoltaik Paneller

Sistemimizde kullanılan fotovoltaik paneller ekonomik olmasından dolayı polikristal özellikte seçilmiştir. Polikristal panellerin tercih edilmesinin bir diğer nedeni de sistemin kurulduğu bölgede hava sıcaklıklarının hızlı bir şekilde değişiklik gösteriyor olmasıdır (Anonim, 2020e).



Şekil 3.7. Fotovoltaik Panellerin Bağlantı Şeması

Aydın ilinin ortalama günlük güneşlenme süresi 8,3 saattir. 6 adet güneş paneli ile teorik olarak üretilecek ortalama elektrik enerjisi 3.1’ deki formülden yararlanılarak 8,2 kWh olarak hesaplanmıştır. Sistemde kullanılan inverter 24 V özelliğinde olduğu için her iki fotovoltaik paneli birbiri ile seri bağlayarak 24 V değerine yükseltip, seri bağlı olan diğer paneller ile paralel bağlanmıştır.

$$P = I \times V \quad (3.1)$$

$P$  : Güç (W)

$I$  : Akım (Amper)

$V$  : Gerilim (Volt) (Aktacir ve ark., 2008).

### 3.1.3. Rüzgar Türbini

Rüzgar enerjisinin oluşmasındaki en büyük etken, bilindiği üzere güneşin doğması ve batması ile yeryüzündeki sıcaklık farkının oluşmasıdır. Bu yüzden özellikle güneşin doğduğu ve battığı zaman aralıklarında daha fazla rüzgar enerjisi elde edilmektedir.

Kurduğumuz hibrid sistemde fotovoltaik panellere destek olarak rüzgar türbini de kullanılmıştır. Güneşten 24 saat boyunca faydalanmak neredeyse imkansızdır. Bu sebeple fotovoltaik paneller 24 saat boyunca enerji üretemezler. Burada amaç güneşin olmadığı zamanlarda rüzgar türbini yardımıyla enerji üretmek enerji üretiminde süreklilik sağlanmaktır.

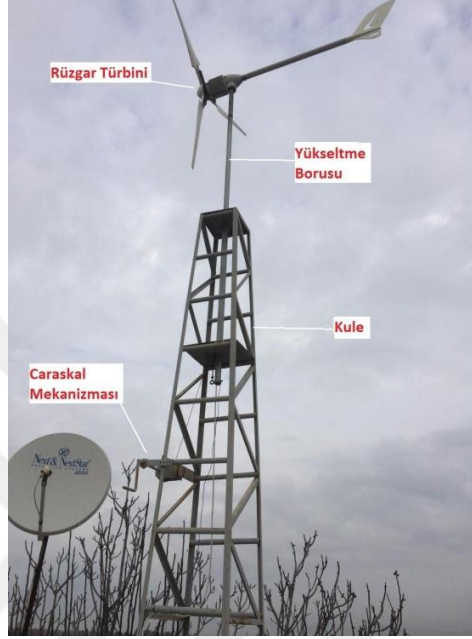
Hibrid sistemde kullanılan ikinci elektrik enerjisi üreticimiz olarak 1500 W gücünde 24 V değerinde bir rüzgar türbini kullanılmıştır. Rüzgar türbininin genel özellikleri:

- Marka - Model : İSTA BREEZE – İ 1500
- Maksimum güç : 1600 W
- Nominal güç : 1500 W
- Voltaj : 24 V – AC
- Başlangıç rüzgar hızı : 2 m/s
- Optimum rüzgar hızı : 12 – 15 m/s
- Rotor çapı : 2250 mm
- Uzunluk : 1070 mm
- Kanat ağırlığı : 650 gr
- Kanat sayısı : 3
- Kanat malzemesi : Kompozit
- Gövde : Alüminyum
- Desibel : 40 dB
- Ağırlık : 21 kg
- Kule yüksekliği : 12 m



Şekil 3.8. Kanatlar ve Rotor





Şekil 3.9. Rüzgar Türbini ve Kule

### 3.1.4. Rüzgar Türbini Şarj Regülatörü

Şarj regülatörleri sistem güvenilirliği için büyük bir önem arz etmektedir. Özellikle akü grubunu koruyabilmek için ve verimli enerji üretilmesi için uygun özellikte şarj regülatörü kullanılmalıdır. Rüzgar türbini şarj regülatörü rüzgar türbininden gelen elektrik enerjisini kontrol ederek dönüştürerek akü grubuna iletilmesini sağlar. Bu sayede sürekli değişik değerlerde üretilen elektrik enerjisinin sisteme ve akü grubuna zarar vermesi engellenmiş olur.

Rüzgar türbini şarj regülatörünün amacı rüzgar türbininden gelen 24 V gerilimdeki alternatif akımı (AC) akülerde kullanılan doğru akıma (DC) dönüştürmesidir. Kullanılan rüzgar türbini şarj regülatörü sayesinde akü grubunun gerilim değerini, anlık üretilen güç değerini ve batarya üzerine geçen anlık akım değerini göstermektedir.

Rüzgar türbini tarafından üretilen elektrik enerjisinin akü kapasitesini aşması ve enerjinin kullanılamaması halinde, üretilen bu fazla akımın sisteme zarar vermemesi için şarj regülatörüne bağlı bulunan bir rezistansa (upload) ileterek bu enerjinin tüketilmesini sağlamaktadır. Bu yönlendirme görevini de rüzgar türbini şarj regülatörü yapmaktadır.



Şekil 3.10. Rüzgar Türbini Şarj Regülatörü ve Upload

### 3.1.5. Dönüştürücü (İnverter)

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemde üretilen elektrik enerjisi ile AC özellikle çalışan elektrikli tüketiciler çalıştırılacağından inverter kullanılması gerekmektedir. İnverterler üretilen elektrik enerjisini, bataryada depolanan elektrik enerjisini (DC) ya da jeneratör çıkışını 50 Hz AC gerilime dönüştürürler. Küçük yüklerin beslendiği sistemlerde, tüketici cihazların elektrik gereksinimini karşılayabilmek için genelde tek faz inverter kullanılır. Büyük yüklerin beslendiği hibrid sistemlerde ise tüketici cihazlar üç faz ile beslendiği için üç fazlı inverterler kullanılmaktadır (Engin, 2010).

Sistemimizde kullanılan inverter içerisinde solar şarj regülatörü özelliği bulunduğu için solar şarj regülatörüne ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu yüzden fotovoltaiik panellerde üretilen elektrik enerjisi doğrudan invertere iletilmekte ve buradan düzenlenerek akülere ya da tüketicilere iletilmektedir.

Günlük yaşantımızda kullandığımız buzdolabı, televizyon, bilgisayar vs gibi çoğu elektrikli cihaz alternatif akım (AC) ile çalışmaktadır. Hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisini günlük hayattaki cihazlarda kullanabilmek için AC' a dönüştürülmesi gerekmektedir. Üretilen elektrik enerjisi şarj regülatörleri yardımıyla düzenlenip DC gerilime dönüştürülen ve akülerde depo edilmiş olan DC gerilim, inverter aracılığıyla 220 V, 60 Hz AC gerilime dönüştürülmektedir. Bu enerji günlük hayatta kullandığımız 220 V AC elektrik enerjisidir ve tüketiciler tarafından kullanılabilir.

Hibrid sistemde kullanmış olduğumuz inverterde bulunan LCD ekran okunarak sistem çalışırken gerçekleşen çıkış akımı, şarj akımı, çıkış frekansı, akülerdeki depolanan gerilim, fotovoltaiik paneller tarafından üretilen elektrik enerjisi ve akım değerleri gibi birçok değeri görebilmekteyiz.

Kullanmış olduğumuz inverter şebeke ile desteklenme yeteneğine sahiptir. Bu yüzden tüketicilerin enerji gereksinimleri aküler tarafından ve hibrid sistem tarafından karşılanmadığında şebekeden desteklenerek tüketicilerin enerjisiz kalması engellenebilmektedir.

Sistemimizde kullandığımız inverterin teknik özellikleri üç ayrı başlık (Mode) olarak belirtilmiştir. Firma tarafından belirtilen teknik özellikler şunlardır:

- Marka – Model : SAVİOR – SSIN3000WM PLUS
- AC Besleme dalgası : Tam sinüs dalgası
- Çalışma sıcaklığı : 0 – 55 °C

#### **İnverter Mode :**

- Çalışma gücü : 3000 VA/3000 W
- DC giriş : 24 VDC, 142 A
- AC çıkışı : 230 VAC, 50/60 Hz, 13 A, 1Φ

#### **AC Mode :**

- AC giriş : 230 VAC, 50/60 Hz, 17,7 A, 1Φ
- DC çıkış : 27 VDC, 30/20 A
- AC çıkış : 230 VAC, 50/60 Hz, 13 A, 1Φ

#### **Solar Mode :**

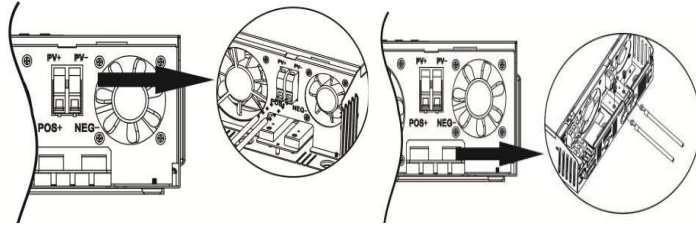
- Anma akımı : 60 A
- Sistem voltajı : 24 VDC
- Solar çalışma voltajı : 30 – 115 Vdc
- Maksimum solar voltajı (VOC) : 145 VDC



Şekil 3.11. İnverter Önden ve Alttan Görünüşü

Çizelge 4. İnverter LCD Ekranı Bazı Göstergeleri

Bilgi	LCD Göstergesi
Sadece hibrid sistem ve akülerin tüketicileri beslediği durum.	
Hibrid sistem ve akü grubunun tüketicilerin elektrik ihtiyacını tamamen karşılayamadığı durumlarda, şebeke bağlantısından desteklenmesi.	
Hibrid sistemin enerji üretmediği ve akü grubunun dolu olmadığı zamanlardaki LCD ekran durumu.	



Şekil 3.12. Fotovoltaik Panellerden Gelen Kablo Girişleri Bağlantı Noktası ve Akülerin İnvertere Bağlantı Noktası



Şekil 3.13. İnverter AC Çıkış Bağlantı Noktası ve İnverter Şebeke Girişi Bağlantı Noktası

### 3.1.6. Aküler

Yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen elektrik enerjisi DC olarak doğrudan kullanılabilirdiği gibi, akülerde de depolanarak sistem tarafından elektrik enerjisinin üretilmediği zamanlarda depolanmış olan bu enerji sayesinde kesintisiz olarak kullanılabilir. Genellikle 12 V özellikte üretilen aküler ile ihtiyaç duyulan enerji miktarı ve uygulandığı yere göre paralel veya seri bağlanarak farklı gerilimlerde ve kapasitedeler akü grupları oluşturabilirler. Günümüz taşıtlarında kullanılan klasik akülerin en dikkat çeken özellikleri kısa bir süre boyunca güç ve yüksek akım verebilmeleridir. Sulu sistemli olarak bilinen bu özellikteki bataryaların kapalı alanlarda kullanılmalarının açığa çıkardıkları asit salgıları nedeniyle risklidir. Fotovoltaik enerji uygulamalarında kuru ve jel tipi bataryalar tercih edilmektedir. Bu akülerin bir diğer özellikleri ise çok fazla sayıda şarj – deşarj yapabilmesi, uzun ömürlü olması ve deşarj derinliğinin oldukça fazla olması önemli olan özelliklerindedir. (Aktacir ve ark., 2008).

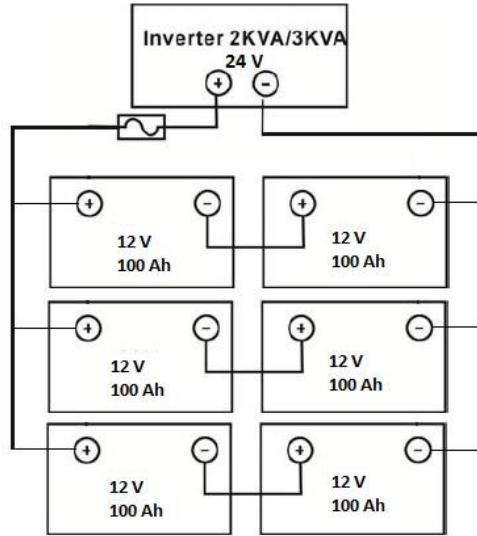
Genel olarak aküler üretilen elektrik enerjisini (DC) olarak depolamak için kullanılmaktadır. Kurulan hibrid enerji sisteminde güneş veya rüzgar enerjisinden üretilen elektrik enerjisi tüketilen elektrik enerjisi miktarından fazla olduğu

zamanlarda kullanım fazlası olan elektrik enerjisi akülerde depolanabilmektedir. Akülerde depolanmış bu elektrik enerjisi güneş ve rüzgar enerjisinin olmadığı zaman aralıklarında ve anlık üretilen elektrik enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda da tüketicilerin enerjisiz kalmaması için kullanılmaktadır.

Hibrid sistemimizde Lexron marka 12 V, 100 Ah 6 adet jel akü kullanılmıştır. Kullandığımız inverter 24 V gerilim özelliğinde olduğu için her iki akü birbirlerine seri bağlanarak 24 V değerine yükseltilmiş ve seri bağlanan aküler birbirleri ile paralel bağlanarak 300 Ah olarak kullanılmıştır. Hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisi rüzgar şarj regülatörü ve inverter tarafından 24 V DC gerilime dönüştürülerek akülere iletilir. 24 V DC gerilime dönüştürülen elektrik enerjisi akülerde depo edilerek ihtiyaç anında kullanılabilir. Şekil 3.15' te akülerin hibrid sisteme bağlanış şekli şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Jel Akü



Şekil 3.15. Akülerin Bağlantı Şeması

Sistemimizde kullanılan akülerin genel özellikleri şunlardır:

- Marka : LEXRON
- Voltaj değeri : 12 V, DC
- Kapasite : 100 A
- Ağırlık : 30 kg
- Deşarj akımı : 17 A
- Şarj akımı : 25 A
- İdeal çalışma sıcaklığı : 20 °C – 30 °C
- Akü yapısı : Jel akü

### 3.1.7. Ölçüm ve Kayıt Cihazları

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminde kayıt cihazları (watt metre) kullanarak üretilen elektrik enerjisi değerleri (DC) ölçülmüştür. Kayıt cihazları sayesinde üretilen elektrik enerjisi daha okunabilir ve kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi için aynı özellikteki ölçüm ve kayıt cihazı kullanılmıştır. Bu cihazlar iki enerji kaynağına da ayrı ayrı montaj edilerek DC olarak üretilen enerji değerleri ölçülmüş ve kayıt edilmiştir. Bütün kayıt ve ölçüm cihazları hibrid sistemde kullanılmadan önce dijital multimetre ile kalibrasyonları sağlanmış ve kontrol edilmiştir. Enerji kaynaklarında kullanılan ölçüm ve kayıt cihazı led ekranı üzerinde; anlık üretilen güç (W), anlık akım değeri (A), anlık gerilim (V) ve ölçüm aralığındaki üretilen enerji miktarı (Wh), akım değeri (Ah), maksimum güç miktarı (Wp), maksimum gerilim (Vp), maksimum akım değeri (Ap) okunabilmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. DC Kayıt Cihazı

## Wattmetre teknik özellikleri;

- Güç kaynağı : DC
- Voltaj : 60 V (Hassasiyet 0,01 V)
- Akım : 0 – 100 A (Hassasiyet 0,01 A)
- Güç : 0 – 6554 W (Hassasiyet 0,1 W)
- Şarj : 0 – 65 Ah (Hassasiyet 0,001 Ah)
- Enerji : 0 – 6554 Wh (Hassasiyet 0,1 Wh)
- Ölçüm güncelleme dönemi : 400 ms
- Veri sırası süresi : 2 sn
- Devre direnci : 0,001 ohm
- Çalışma akımı : 7 mA
- Yardımcı güç voltajı : 4,0 V ~ 60 V

Tüketicilerin ve şebekeden kullanılan günlük ve anlık elektrik miktarı da bir başka kayıt cihazı ile ölçülmüştür. Ölçülen elektrik enerjisi miktarları kWh olarak günlük tüketimleri raporlanmıştır. Ölçüm cihazı led ekranı üzerinde; anlık tüketilen elektrik enerjisi (W), anlık kullanılan gerilim (V), tüketicinin kullandığı anlık akım değeri (A), tüketicinin  $\cos \phi$  değeri, tüketicinin anlık elektrik dalga değeri (Hz) değeri ve cihazın değerlerinin sıfırlandıktan sonraki zamana kadar kullanılmış olan elektrik enerjisi miktarı (kWh) okunabilmektedir (Şekil 3.17) ve (Şekil 3.18). Bu ölçüm cihazı sadece AC elektrik değerlerini ölçebilmektedir.



Şekil 3.17. AC Kayıt Cihazı ve Bağlantı Şeması





Şekil 3.18. AC Kayıt Cihazının Hibrid Sistemdeki Görünümü

Tüketicilerin kullandığı ve şebekeden kullanılan elektrik enerjisi için sistemde bulundurulmuş kayıt cihazının teknik özellikleri şunlardır;

- Güç kaynağı : 110 ~ 250 Vac
- Voltaj aralığı : 110 V ~ 250 V
- Akım aralığı : 0,01 ~ 20 A / 100 A
- Hassasiyet : 1 V, 0,01 A, 0,01 W, 0,01 kWh
- Ekran tipi : LCD
- Kurulum boyutları : 84 mm x 46 mm x 26 mm

Üretilen ve tüketilen enerji miktarlarını ölçmek için kullanılan ölçüm ve kayıt cihazları haricinde, anlık olarak birim alana ( $m^2$ ) gelen güneş enerjisi miktarı da bir ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Bu işlem kayıt edilen raporlama sırasında anlık olarak yapılmış ve not edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar değerlendirilerek günlük ve aylık olarak ışınım şiddeti değerleri rapor edilmiştir. Ölçüm yapılırken cihaz yüzey alana dik olacak şekilde konumlandırılıp bir  $m^2$  üzerine gelen güneş enerjisinin değeri  $W/m^2$  olarak ölçülmüştür. Bu işlem için kullanılan solar metre cihazının teknik bilgileri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.19. Solarimetre

- Marka – Model: Sinometer - SM206
- Çözünürlük:  $\pm 10 \text{ W/m}^2 / 3 \text{ Btu}/(\text{ft}^2\text{-h})$
- Hassasiyet:  $\% \pm 5$  okumada ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $\pm 0,38 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$
- Sıcaklık hatası:  $\pm 0,12 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C} \pm 0,12 \text{ Btu}/(\text{ft}^2\text{-h})/^\circ\text{C}$
- Yanıltma süresi: 0,25 sn
- Boyutlar: 60 mm x 132 mm x 38 mm

### Ölçüm menzili;

- 0,1 ~ 399,9, 1 ~ 3999  $\text{W/m}^2$
- 0,1 ~ 399,9, 1 – 3999  $\text{Btu}/(\text{ft}^2\text{-h})$

### 3.1.8. Solar Kablolar

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminde çevre koşullarına karşı dayanıklı ve kayıpları en aza indirebilmek için solar kablolar kullanılmıştır. Özellikle güneş paneli için üretilmiş olan özel kablolardır. Solar kablolar seçiminde özellikle çevresel faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. Solar kabloların dış ortamlarda kullanımı için bazı özellikleri mutlaka taşımaları gerekmektedir. Bu özellikler;

- **EN 60364-7-712** no' lu standartlara uygun olmalı,
- Aşırı sıcak ve aşırı soğuk havalara karşı dayanıklı olmalı,
- Mekanik etkilere karşı dayanıklı olmalı,
- Yanmaya karşı dayanıklı olmalı,
- Aşınmaya ve kesilmeye karşı dayanıklı olmalı,
- Üzerinden geçecek olan akımı taşıyabilecek kalınlıkta olmalıdır.

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemimizde kırmızı ve siyah olmak üzere iki farklı renklerde, 12 m uzunluğunda(12 m kırmızı, 12 m siyah solar kablo) ve 6  $\text{mm}^2$  çapındaki solar kablolar kullanılmıştır. Kullanılan solar kablolar dış etkenler ile belirtilen maddelere uygun olarak seçilmiştir. İzolasyon malzemesinde özel bir kılıf içeren ve çift izolasyonla kaplı bir yapıya sahiptir.



Şekil 3.20. Solar Kablo

Kullanılan solar kabloların teknik özellikleri;

- İletken kesiti: 6 mm<sup>2</sup>
- İletken çapı: 3 mm
- İletken dış çapı: 5,7 – 6,1 mm
- Maksimum iletken direnci: 3,39 ohm/km
- Akım taşıma kapasitesi: 70 A
- Çalışma sıcaklığı: -30 °C - +120 °C
- Yaklaşık kablo ağırlığı: 82 kg/km
- Maksimum iletken sıcaklığı: +200 °C (max. 5sn)

### 3.1.9. Diğer Ekipmanlar

Güneş paneli tarafından üretilen elektrik enerjisini solar kablolar ile iletimi sırasında kablo bağlantıları konnektörler yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Konnektörler ile yapılan bağlantılar sayesinde solar kabloların bağlantı noktalarındaki güvenlik daha iyi durumda olmaktadır. Konnektörler ile yapılan bağlantı noktalarında gerilim düşmesini engelleyerek sistemin daha verimli çalışmasını ve bağlantı noktalarındaki kayıpları minimum seviyeye indirmektedir. Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemimizde seri ve paralel olarak 2 konnektör çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Paralel ve Seri Konnektörler

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminde üretilen elektrik enerjisinin inverter aracılığı ile tüketicilere ulaştırılması için 3 x 1,5 mm TTR kablo ve topraklı sıva üstü prizler kullanılmıştır. 3 x 1,5 mm TTR kablo genellikle mekanik zorlanmaların az olduğu kapalı ve kuru yerlerde, ev aletlerinde, buharlı ve rutubetli yerlerde kullanılabilir. İnce çok telli bakır iletkenlerden oluşan TTR kablonun içi PVC ile izole edilmiş ve PVC dış kılıfa sahiptir. Üretilen elektrik enerjisinin tüketicilere iletilmesi için yaklaşık 30 m 3 x 1,5 mm TTR kablo kullanılmıştır. Kullanılan TTR kablo ile ilgili teknik bilgi aşağıda verilmiştir.

- İzin verilen işletme sıcaklığı: 70 °C
- Kısa devre sıcaklığı: 160 °C,
- Kablo dış kesiti: ~ 8,90 mm
- Akım taşıma kapasitesi: 22 A
- İletken DC direnci: 12,1 ohm/km (20 °C)
- Kablo ağırlığı: 130 kg/km

Güneş – rüzgar (Hibrid) sistemimizde tüketicilerin kullanmış oldukları elektrik enerjisi zamanlarını daha kontrol edilebilir hale getirmek için mekanik zaman ayarlı prizler kullanılmıştır. Özellikle anma gücü yüksek olan cihazların sisteme zarar vermesini önlemek ve günlük enerji kullanımlarının miktarlarında aşım yapılmasını minimum seviyede tutmak için fayda sağlamaktadır. Her tüketiciye ayrı bir elektrik hattı enerji aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bu bağlantıları sağlamak için sıva üstü priz ve çoğaltıcı prizler kullanılmıştır.



Şekil 3.22. Çoğaltıcı Priz, Zaman Ayarlı Priz, Sıva Üstü Priz

Rüzgar türbininin rüzgar olduğu zamanlarda veya normalin dışında bir durumlar karşılaştığında batarya grubunu, şarj regülatörünü ve türbini korumak amacıyla 2 adet pako şalter kullanılmıştır. Bu pako şalterler rüzgar türbini ile şarj regülatörü arasına yerleştirilmiştir. Rüzgar türbininin üretmiş olduğu elektrik enerjisi ilk

olarak 3 x 25 A pako şaltere gelmektedir. Kullanılan ilk şalter rüzgar türbininde herhangi bir kaçak, kabloların birbiri ile temas etmesi durumunda enerji akışını durdurmaktadır. İkinci kullanılan pako şalter ise (Aç – kapa pako şalter) birinci pako şalterle ortak çalışmaktadır. Rüzgar türbinine acil müdahale edilmesi gerektiği durumlarda türbinin kanatlarının dönmesini durdurarak müdahale eden kişi yada kişilerin fiziksel zarar görmesini engellemektedir. İkinci pakonun kullanılması için birinci pako yardımı ile rüzgar türbini ve regülatör arasındaki enerji akışı kesilmektedir. Çalışma prensibi olarak ikinci pako şalter rüzgar türbininden gelen üç fazı birbirine bağlayarak şaşe yapmasını sağlamaktadır. Bu işlem ile rüzgar türbini zarar görmeden kanatlarının durdurulması sağlanmaktadır. Gerçekleşen bu şaşe olayının sisteme zarar vermemesi için birinci şalter ile enerji akışı kesilmektedir.



Şekil 3.23. Pako Şalter

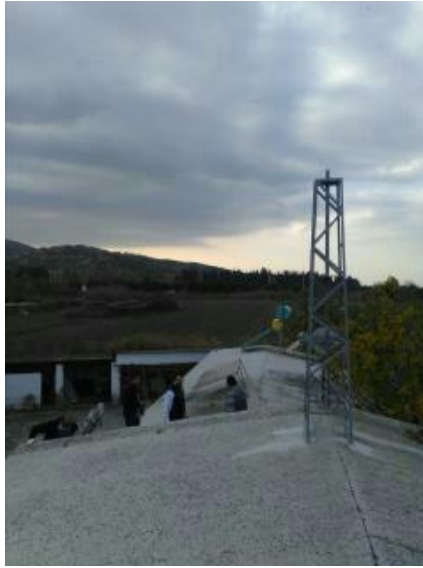
### 3.2. Yöntem

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliği' nde bulunan tarım işçilerinin dinlenme ve mola amacıyla kullandığı binanın elektrik ihtiyacının güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi ile şebeke destekli olarak karşılanması hedeflenmiştir. Güneş ve rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi kurulan hibrid sistem aracılığı ile 220 V (AC) dönüştürülerek tüketicilere iletilmektedir. Kurulan güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminin ana enerji kaynakları olan güneş panelleri ve rüzgar türbini kullanılan binanın beton yapısındaki çatı kısmına yerleştirilmiştir. Güneş panelleri; maksimum verim elde edilebilmesi için güney cephesine bakacak şekilde zeminle bir eğim açısı (36°) olacak şekilde konumlandırılmıştır (Yılmaz, 2020). Bu sayede güneş ışınlarının panel yüzeyine dik gelmesini sağlayarak yüksek verim elde etmektir. Rüzgar

türbini; kule şeklinde bir demir konstrüksiyon üzerine, mekanik bir caraskal sistemine bağlı 3" ' lik 3 mm et kalınlığına sahip bir boru üzerine montaj edilmiştir. İmal edilen bu demir konstrüksiyon beton çatı üzerine sabitlenerek yükseklikten maksimum seviyede faydalanmaya çalışılmış ve rüzgar türbini yerden 12 m yükseklikte olacak şekilde konumlandırılmıştır. Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminin beton çatıya yerleştirilmesindeki amaç, enerji üretimini etkileyecek etkenleri minimum seviyeye indirebilmek (Gölge ve rüzgarın hızını etkileyecek ağaç, bina vs), üretilen enerjinin mümkün olduğu kadar tüketicilerin bulunduğu yere yakın olup kablo kayıplarını minimuma indirmektir.



Şekil 3.24. Fotovoltaik Panellerin Montajı İle İlgili Görsel

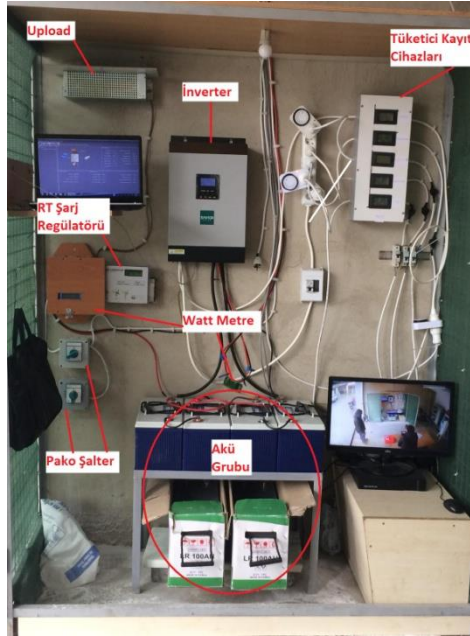


Şekil 3.25. Rüzgar Türbini Kulesi Montajı Görseli

Enerji üreticileri kurulan hibrid sisteminin inverter, rüzgar şarj regülatörü ve batarya gibi ana materyalleri aksi bir durumda hızlı bir şekilde müdahale edilebilmesi için ve hava şartlarından dolayı sistemin zarar görmesini engellemek için üzeri kapalı tarım işçilerinin kullanmış olduğu binanın yan tarafına yerleştirilmiştir. Hibrid sistemin bu önemli materyallerini çevresel şartlardan koruyabilmek için ve yetkili haricinde müdahale edilmemesi için demir kafes ile koruma altına alınmıştır.



Şekil 3.26. Hibrid Pano Demir Kafes Görünümü



Şekil 3.27. Güneş ve Rüzgar Enerjisi (Hibrid) Sistemin Kontrol ve Denetim Panosu

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi güneşin yoğun olduğu zaman aralıklarında fotovoltaik panellerden, rüzgar enerjisinin yoğun olduğu zaman aralıklarında

rüzgar türbininden elektrik enerjisi üretmektedir. Her iki enerji kaynağı ayrı ayrı zaman aralıklarında elektrik enerjisi ürettiği gibi aynı zaman aralığında da elektrik enerji üreterek tüketicilerin ihtiyacı olan elektrik enerjisi karşılanmaya çalışılmıştır. Sistemin üretmiş olduğu elektrik enerjisinin tüketiciler için yetersiz kaldığı durumlarda şebekeden destek alarak tüketicilerin enerjisiz kalması sağlanmaktadır.

Güneş panellerinden üretilen elektrik enerjisi (DC) doğrudan solar şarj regülatörü görev de yapabilen invertere iletilmektedir. İnvertere iletilen elektrik enerjisi anlık elektrik enerjisi ihtiyacı duyan tüketicilere iletilir. Tüketicilerin elektrik ihtiyacı karşılandıktan sonra üretilen fazla elektrik enerjisi batarya grubuna gönderilerek depo edilmektedir. Rüzgar türbininden üretilen elektrik enerjisi (AC) düzenlenmesi ve batarya grubunda kullanılan DC elektrik enerjisine dönüştürülmek üzere rüzgar türbini şarj regülatörüne iletilmektedir. Burada düzenlenip dönüştürülen elektrik enerjisi batarya grubuna iletilmektedir. Yani rüzgar türbininden üretilen elektrik enerjisi tüketicilere batarya üzerinden iletilmektedir. Fotovoltaik panellerin anlık üretmiş olduğu elektrik enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda bataryalarda depolanmış olan elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Hibrid sistemin üretmiş ve bataryalarda depolanmış olan elektrik enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda ise invertere bağlı olan şebeke bağlantısından desteklenerek tüketicilerin ihtiyacı olan elektrik enerjisi karşılanmaktadır. Bu sayede tüketicilerin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin kesilme olasılığı en aza düşürülmektedir.

Tüketicilere iletilen ve şebekeden gelen kablolar bir kayıt panosundan geçirilerek her tüketicinin ayrı ayrı tüketmiş olduğu enerji değerleri, şebekeden kullanılan elektrik enerjisinin değerleri okunabilmektedir. Hibrid sitemdeki ana enerji kaynakları olan güneş ve rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi değerleri watt metre ile ölçülüp ve kayıt edilmektedir. Konum olarak watt metreler; fotovoltaik paneller ve inverter arasına, rüzgar türbini şarj regülatörü ile batarya grubu arasına yerleştirilmiştir.

Tarım işçisi dinlenme evinin elektrik enerjisinin güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi aktif hale getirildikten sonra maksimum verimi elde edebilmek için çeşitli denemeler yapılmıştır. Yapılan denemeler değerlendirilerek hibrid sistem elemanlarının bütün ayar fonksiyonları güneş ve rüzgar enerjisinden maksimum yararlanılabilecek şekilde düzenlenmiş ve hibrid sistem aktif olarak çalışır hale



getirilmiştir. Tasarımı kurulan hibrid sistemin üretim ve tüketim değerleri, günlük, haftalık ve aylık olacak şekilde tarım işçilerinin haftanın 6 günü ve mesai saatleri (08:00 - 17:00) içinde saptanmıştır. 1 Ocak 2019 tarihinde raporlar kayıt altına alınmaya başlamış ve 31 Aralık 2019' da sonlandırılmıştır. Bu tarihler arasındaki süreçte hibrid sistem sürekli kontrol edilmiş ve gözlemlenmiştir. Hibrid sistem tarafından elde edilen veriler Microsoft Excel programında grafik ve çizelgeler haline getirilerek değerlendirilmiştir.



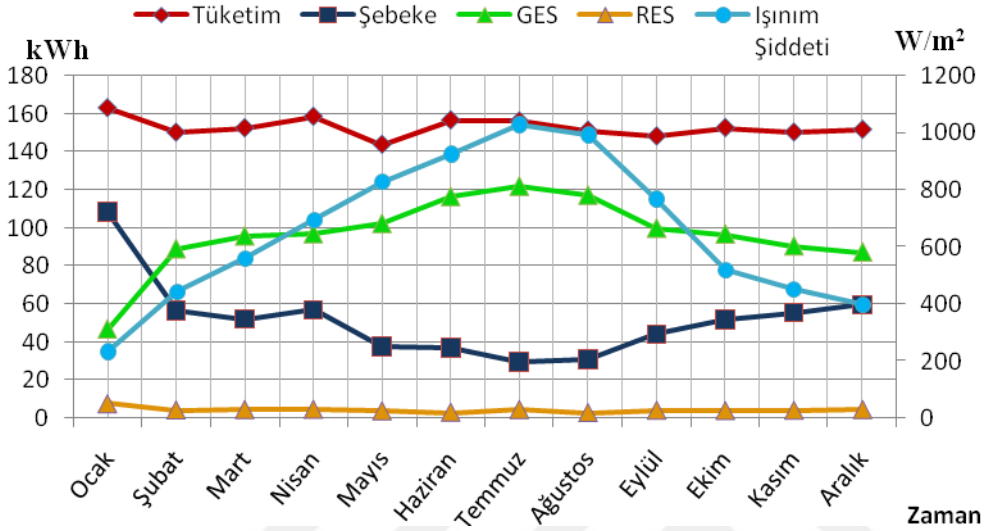
#### 4. BULGULAR

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliği' nde bulunan tarım işçisi dinleme evinin elektrik enerjisi ihtiyacı güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi ile şebeke destekli olarak karşılanmaya çalışılmıştır.

Elde edilen kayıt ve raporlar doğrultusunda şebeke destekli güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminin bir tarım işçisi dinlenme evinin elektrik ihtiyacının karşılanması ile ilgili aylık veriler Çizelge 5' te verilmiştir.

Çizelge 5. Yıllık Üretim ve Tüketim Değerleri

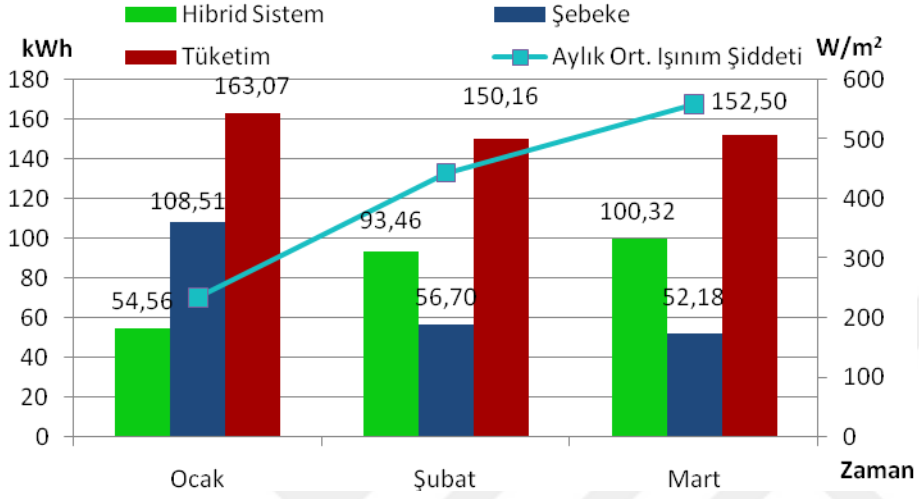
AYLAR	Hibrid Sistem (kWh)	Şebeke (kWh)	Tüketim (kWh)	Aylık Ort. Işınım Şiddeti (W/m <sup>2</sup> )
<b>Ocak</b>	54,56	108,51	163,07	234
<b>Şubat</b>	93,46	56,70	150,16	444
<b>Mart</b>	100,32	52,18	152,50	560
<b>Nisan</b>	101,52	57,03	158,55	695
<b>Mayıs</b>	106,08	37,68	143,76	828
<b>Haziran</b>	119,57	37,08	156,65	925
<b>Temmuz</b>	126,49	29,63	156,12	1029
<b>Ağustos</b>	120,07	31,21	151,28	993
<b>Eylül</b>	104,00	44,18	148,18	768
<b>Ekim</b>	100,78	51,85	152,63	520
<b>Kasım</b>	94,75	55,51	150,26	452
<b>Aralık</b>	91,88	59,76	151,64	398
<b>TOPLAM</b>	<b>1.213,48</b>	<b>621,32</b>	<b>1.834,80</b>	<b>Ort. 654</b>



Şekil 3.28. Deneme Süresinde Elde Edilen Tüm Veriler

Şekil 3.28’deki grafikte on iki ay boyunca kaydedilmiş olan tarım işçisi dinleme evindeki tüketilen elektrik enerjisi, hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisi miktarları, çeşitleri ve sistemin olduğu konumdaki ortalama ışınım şiddeti değerleri yer almaktadır. Çizelge 5’ te de görüldüğü gibi hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisinin büyük çoğunluğu 1.159,71 kWh ile güneş enerjisi tarafından üretilmiştir. 53,77 kWh rüzgar enerjisi tarafından elektrik üretilmiş ve şebekeden kullanılan toplam elektrik enerjisi miktarı 621,32 kWh’ tir. Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi tarafından en yüksek elektrik enerjisi üretimi Temmuz ayında 126,49 kWh, en düşük elektrik enerjisi üretimi ise Ocak ayında gerçekleşmiştir.

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarım işçisi dinlenme evi bir yıl boyunca 1.834,80 kWh elektrik enerjisi tüketmiştir. Tüketilen elektrik enerjisinin 1.213,48 kWh’ i güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi tarafından karşılanmış ve 621,32 kWh’ lik elektrik enerjisi ise şebeke tarafından desteklenmiştir. Aylık olarak ortalama 101,12 kWh hibrid sistem tarafından üretilip 51,78 kWh’ i şebeke tarafından kullanılarak tüketicilerin elektrik enerjisi karşılanmıştır.



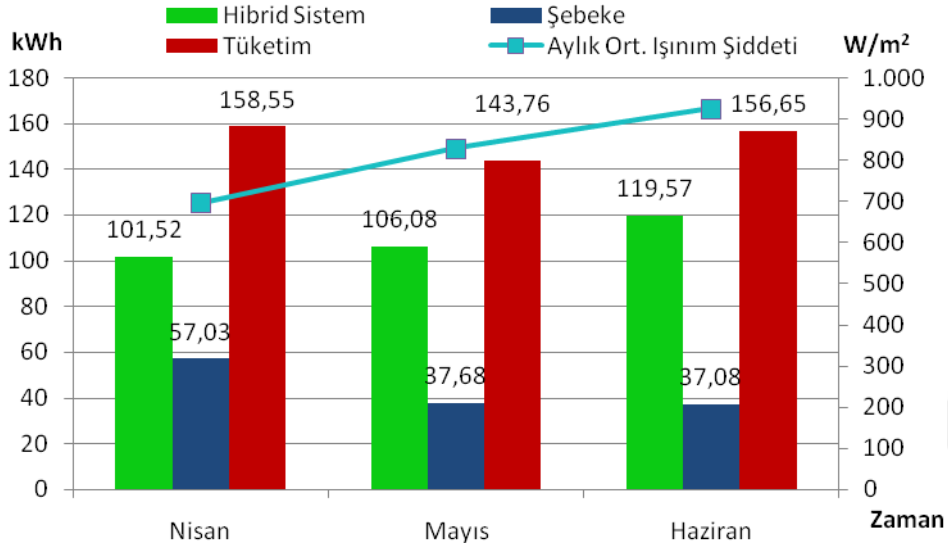
Şekil 3.29. Ocak - Şubat - Mart Ayı Verileri

Kurulmuş olan şebeke destekli güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminin en az üretim yaptığı ve en fazla tüketimin olduğu ay Ocak ayıdır. Ocak ayındaki ışınım şiddeti değerinin de çok düşük seviyelerde olması enerji üretiminin çok düşük seviyelerde olmasının başlıca sebeplerindendir. Işınım şiddetinin önemli derecede düşük olmasının ana sebebi olumsuz hava şartlarıdır. Hava durumunun kötü olması işçilerin arazide çalışma imkanlarını kısıtladığı ve engellediği için işçi dinlenme binasında daha fazla zaman geçirmesini sağlamaktadır. Tarım işçilerinin işçi dinlenme evinde fazla zaman geçirmesi enerji tüketiminin de daha fazla artış olduğu görülmektedir.

Ocak ayında hibrid sistemin ürettiği elektrik enerjisi 54,56 kWh iken tüketilen enerji miktarı 163,07 kWh olarak belirlenmiştir. Tüketicilerin enerjisiz kalmaması için gerekli olan 108,51 kWh' lik elektrik enerjisi miktarı şebeke tarafından karşılanmıştır. (Şekil 3.29).

Şubat ayı içerisinde tüketimin biraz daha azaldığı ve hibrid sistemin ürettiği elektrik enerjisinin arttığı gözlemlenmiştir. Şubat ayında hibrid sistem tarafından 93,46 kWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Şebeke tarafından da 56,70 kWh elektrik enerjisi kullanılarak 150,16 kWh' lik elektrik enerjisi tüketimi karşılanmıştır (Şekil 3.29).

Mart ayında hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisi miktarı 100,32 kWh' tir. Mart ayı içerisinde tüketiciler tarafından 152,50 kWh elektrik enerjisi kullanılmıştır. Tüketicilerin enerjisiz kalmaması için şebeke tarafından 52,18 kWh elektrik enerjisi kullanılarak desteklenmiştir (Şekil 3.29).

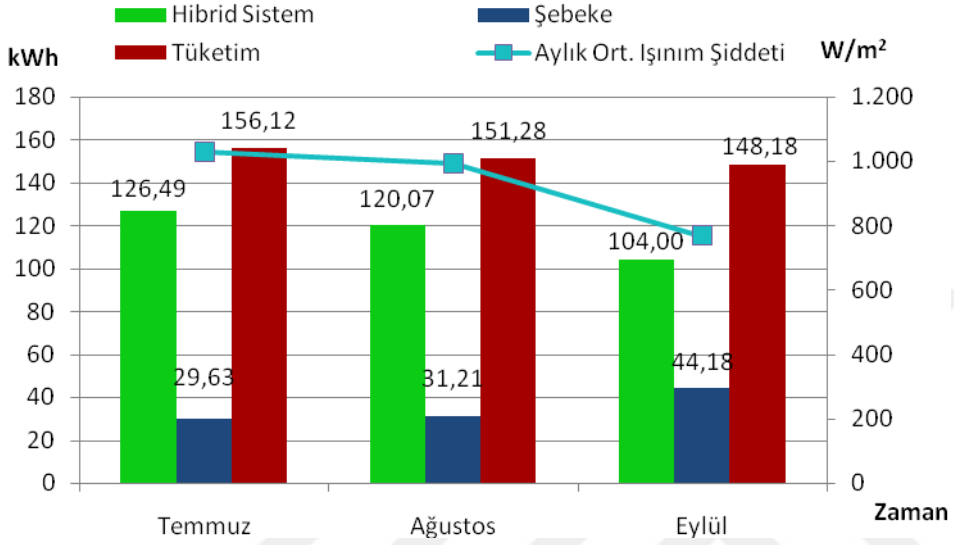


Şekil 3.30. Nisan – Mayıs – Haziran Ayı Verileri

Nisan ayı boyunca kullanılan 158,55 kWh'lik enerji tüketiminin 101,52 kWh' i hibrid sistem tarafından karşılanmış, 57,03 kWh' i şebeke tarafından desteklenmiştir (Şekil 3.30). Şekil 3.30' da da görüldüğü gibi ışınım şiddeti değerlerinin elektrik enerjisi üretimi ile doğru orantılı olduğu net bir şekilde görülmektedir.

Mayıs ayı ele alındığında hibrid sistem tarafından 106,08 kWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Tüketicilerin çalışması için gerekli olan elektrik enerjisini karşılayabilmek için şebeke tarafından 37,68 kWh elektrik enerjisi kullanılarak 143,76 kWh değerindeki elektrik enerjisi tüketiminin tamamı karşılanmıştır (Şekil 3.30).

Haziran ayında tüketilen 156,65 kWh' lik elektrik enerjisinin 119,57 kWh' i hibrid sistem tarafından üretilmiştir. Şebeke tarafından 37,08 kWh'lik elektrik enerjisi ile desteklenerek tüketicilerin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi karşılanmıştır (Şekil 3.30).

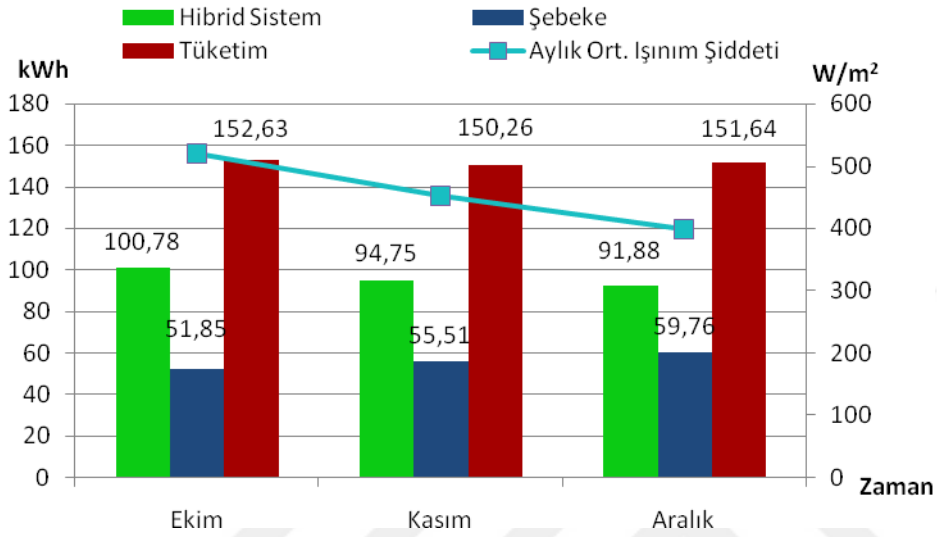


Şekil 3.31. Temmuz - Ağustos - Eylül Ayı Verileri

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminin kurulu olduğu konumda ışınım şiddeti değerinin ve güneşlenme süresinin maksimum olduğu ay Temmuz ayıdır. Bu ay içerisinde hibrid sistem tarafından maksimum elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiştir. Temmuz ayında 156,12 kWh değerinde elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmiştir. Tüketilen elektrik enerjisinin 126,49 kWh' i hibrid sistem tarafından üretilerek karşılanmıştır. Şebekeden 29,63 kWh değerinde elektrik enerjisi kullanılmıştır. Elde edilen veriler göze alındığında şebekeden kullanılan en düşük enerji miktarı bu ay içerisinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.31).

Ağustos ayı içerisinde toplamda 151,28 kWh değerinde elektrik enerjisi tüketiciler tarafından kullanılmıştır. Tüketilen bu elektrik enerjisinin 120,07 kWh' i hibrid sistem tarafından karşılanırken, 31,21 kWh' i şebeke tarafından desteklenmiştir (Şekil 3.31).

Eylül ayında tüketilen elektrik enerjisi 148,18 kWh olarak belirlenmiştir. Tüketilen elektrik enerjisinin 104,00 kWh' i hibrid sistem tarafından, 44,18 kWh' i şebeke tarafından desteklenerek karşılanmıştır (Şekil 3.31).

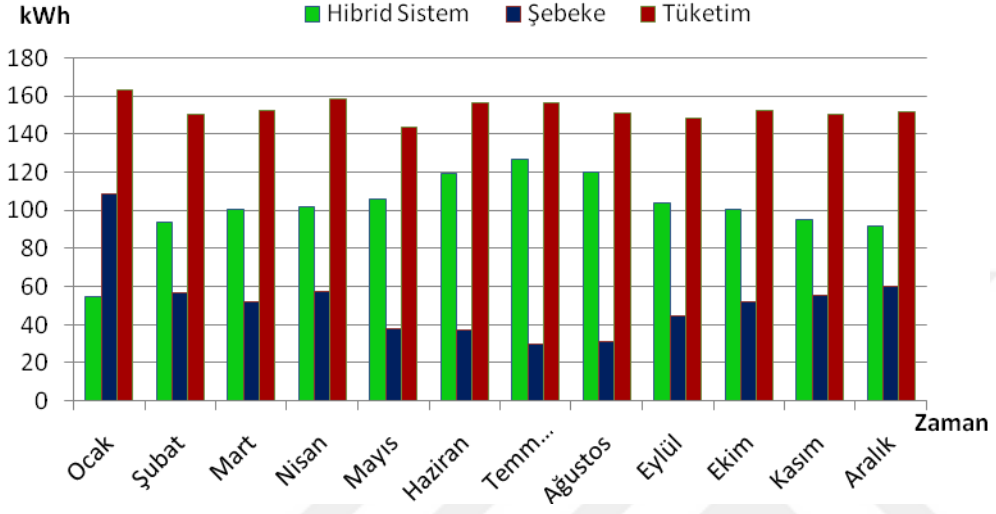


Şekil 3.32. Ekim - Kasım - Aralık Ayı Verileri

Ekim ayında elde edilen veriler doğrultusunda tarım işçisi dinlenme evinde 152,63 kWh değerinde bir elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmiştir. Tüketilen bu elektrik enerjisinin 100,78 kWh' i güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) tarafından karşılanmıştır. Tüketicilerin enerjisiz kalmaması için şebekeden desteklenen enerji miktarı 51,85 kWh' tir (Şekil 3.32).

Kasım ayı boyunca kurulmuş olan güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi tarafından üretilen elektrik enerjisi miktarı 94,75 kWh' tir. Bu ay içerisinde şebeke tarafından desteklenen elektrik enerjisi miktarı 55,51 kWh değerindedir. Tarım işçisi dinlenme evinin Kasım ayı boyunca tüketmiş olduğu elektrik enerjisi miktarı ise 150,26 kwh olarak saptanmıştır (Şekil 3.32).

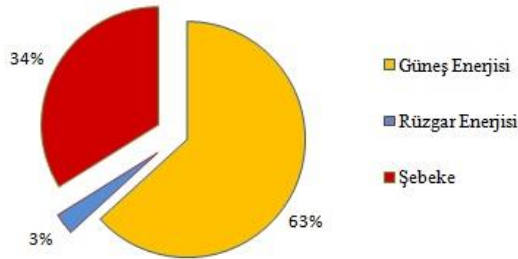
Aralık ayında toplanan veriler doğrultusunda tarım işçisi dinlenme evinin elektrik gereksiniminin 151,64 kWh olduğu görülmektedir. Tüketilecek elektrik enerjisi için gerek olan enerji miktarının 91,88 kWh' i hibrid sistem tarafından üretilmiştir. Tüketicilerin enerjisiz kalmaması için şebeke tarafından 59,76 kWh elektrik enerjisi kullanıldığı görülmektedir (Şekil 3.32).



Şekil 3.33. Üretim ve Tüketim Değerlerinin Genel Gösterimi

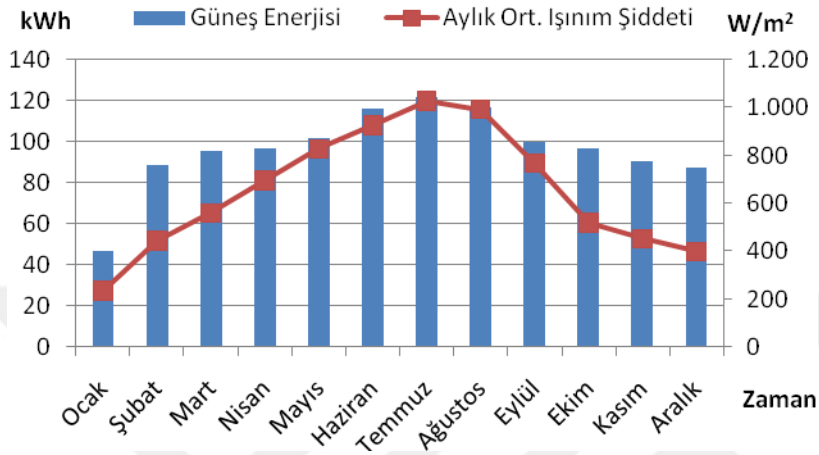
Hibrid sistemin kurulması ve tasarımın tüketicileri beslemeye başladığı günden itibaren elde edilen veriler doğrultusunda; Ocak ayında hibrid sistemin ürettiği elektrik enerjisinin oldukça düşük bir miktar olduğu ve tüketiminde aksi yönde oldukça yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Tüketimin bu derece fazla ve elektrik üretiminde az olmasından kaynaklanan şebekeden kullanılan elektrik enerjisi miktarı çok fazladır. Temmuz ayında hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisi üretilmiş ve şebekeden kullanılan elektrik enerjisi miktarı oldukça düşüktür (Şekil 3.33).

Şebeke tarafından desteklenen güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminin tarım işçisi dinlenme evinin elektrik gereksinimini karşılandığı süre boyunca, tüketilen elektrik enerjisinin %63' ü güneş enerjisinden, %3' lük kısmı rüzgar enerjisinden ve %34' ü şebeke tarafından karşılanmıştır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Tüketimde Karşılanan Enerji Çeşitlerinin Yüzdeleri Oranları





Şekil 3.35. Aylık Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Ve Ortalama Işınım Şiddeti Değerleri

Şekil 3.35’ te hibrid sistemin ana üreteçlerinden olan güneş enerjisinin ürettiği elektrik enerjisi ve bu üretime doğrudan etki eden ışınım şiddeti değerlerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Şekil 3.35’ te görüldüğü gibi güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ışınım şiddeti ile doğru orantılıdır. Işınım şiddetinin minimum olduğu Ocak ayında güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi oldukça düşükken, ışınım şiddetinin maksimum olduğu Temmuz ayında güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi maksimum düzeydedir (Şekil 3.35).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinin başında gelen güneş enerjisi ile elektrik elde edilmesinde günlük güneşlenme süresinin değeri oldukça önemli bir etkidir. Günlük güneşlenme süresinin fazla olması üretilecek elektrik enerjisi miktarının da yüksek olmasına neden olur. Güneş enerjisi tasarımları tarafından elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı elde edilirken birçok etken göz önünde bulundurulmamaktadır. Güneş panellerinin elektrik üretimine etki eden güneşlenme süresi haricinde, hava koşulları, panellerin yönleri ve güneş ışınlarının geliş açıları, panellerin yüzeylerindeki tozlanma, kirlenme ve gölge yaratacak durumlar, sistem tasarımındaki unsurların birbiri ile uyumu çok önemlidir.

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sisteminin kullanıldığı bir yıllık süre boyunca toplam elektrik enerjisi tüketimi 1.834,80 kWh, hibrid sistemin ürettiği elektrik enerjisi 1.213,48 kWh ve şebekeden kullanılan elektrik enerjisi 621,32 kWh olarak saptanmıştır.

Tüketicilerin kullanım şekilleri ve süreleri bazı koşullarda değişiklik göstermiştir. Özellikle hava şartlarının olumsuz olduğu zamanlarda, işçilerin dinlenme evinde geçirdikleri süre artmakta ve buda tüketimin artmasına neden olmuştur. Bu gibi zamanlarda; hibrid sistem tarafından üretilen enerji miktarı çok düşük seviyelere ulaşmış ve tüketicilerin enerjisiz kalmamaları için şebeke elektriğinin çok daha fazla kullanıldığı durumlar olmuştur.



## 5. SONUÇ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliği' nde gerçekleştirilen bu çalışmada, tarım işçilerinin dinlenme amaçlı kullanmış oldukları binanın elektrik ihtiyacını güneş ve rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemi ile şebeke destekli olarak karşılanması hedeflenmiş ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada; enerji kaynağı olarak 165 W, 12 V DC gerilim üreten altı adet polikristal güneş paneli ve 1500 W, 24 V AC gerilim üreten rüzgar türbini kullanılmıştır. Güneş panelleri tarafından üretilen elektrik enerjisi düzenlenip 220 V, AC gerilimine dönüştürülerek doğrudan tüketicilere iletilmektedir. Üretilen fazla elektrik enerjisi 12 V, DC gerilimli akülere gönderilerek depolanması sağlanmıştır. Rüzgar türbininden üretilen AC gerilim elektrik enerjisi şarj regülatöründe kontrol edilip düzenlendikten sonra akülere depolanmaktadır. Tüketicilerin elektrik ihtiyacı akülerde depolanan elektrik enerjisi tarafından karşılanmakta ve hibrid sistem enerji ürettiği zamanlarda üretmiş oldukları elektrik enerjisini akülere depolamaktadır. Hem hibrid sistemin hem de akü grubunda depolanmış olan elektrik enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda şebekeden destek olarak tüketicilerin enerjisiz kalmaması hedeflenmiştir. Hibrid sistemimizde 100 Ah, 12 V değerinde 6 adet jel akü farklı bağlantı şekilleriyle 300 Ah, 24 V olarak kullanılmıştır.

Kurulumunu gerçekleştirdiğimiz güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemini tercih etmemizin sebebi, etkin çalışma saatlerinin birbirinden farklı olması ve bu sayede akü maliyetini minimum seviyeye indirmektir. Çünkü hibrid sistemdeki en maliyetli ve en az ömre sahip materyallerin başında akü grubu gelmektedir. Bu sayede akü grubundan ve daha sonra da ilk kurulum maliyetinin de en aza indirilmiş olmasıdır.

Tarım işçisi dinlenme evindeki tüketiciler için gerekli olan elektrik enerjisi miktarı belirlenip, mümkün olduğunca bu değere en yakın enerji miktarını üretebilecek minimize edilmiş bir hibrid sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Hibrid sistemin enerji üretim bileşenlerini oluşturan; güneş panelleri, rüzgar türbini, inverter ve akü grubunun hesaplamaları işçilerin dinlenme evini genellikle gündüz saatlerinde kullanıyor olması dikkate alınarak yapılmıştır.

Enerji üretiminin minimum ve tüketimin maksimum olduğu Ocak ayında; tüketilen elektrik enerjisinin %35,5' i (54,56 kWh) hibrid sistem tarafından karşılanırken %66,5' i (108,51 kWh) şebeke tarafından karşılanmıştır. Ocak ayında hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisinin %85,7' si (46,78 kWh) güneş enerji tarafından, %14,3' ü (7,78 kWh) rüzgar enerjisi tarafından üretilmiştir. Deneme süresince rüzgar enerjisinden en yüksek verim Ocak ayında elde edilmiştir. En düşük aylık ortalama ışınım şiddetinin ( $234 \text{ W/m}^2$ ) Ocak ayında olduğu saptanmış ve bu doğrultuda güneş enerjisinden oldukça düşük miktarda elektrik enerjisi üretilmiştir.

Hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisinin maksimum olduğu Temmuz ayında; tüketilen elektrik enerjisinin %81' i (126,49 kWh) hibrid sistem tarafından, %19' u (29,63 kWh) şebeke tarafından karşılanmıştır. Temmuz ayında hibrid sistem tarafından üretilen elektrik enerjisinin %96,3' ü (121,78 kWh) güneş enerjisi tarafından, %3,7' si (4,71 kWh) rüzgar enerjisi tarafından üretilmiştir. En yüksek aylık ortalama ışınım miktarının ( $1.029 \text{ W/m}^2$ ) tespit edildiği Temmuz ayında; güneş enerjisinden de 121,78 kWh' lik gücünde elektrik enerjisi üretilerek, güneş enerjisinden elektrik üretiminde maksimum değere ulaşılmıştır.

Güneş – rüzgar enerjisi (Hibrid) sistemimiz bir yıl boyunca aktif olarak kullanılmış ve tüketicilere elektrik enerjisi üretmiştir. Bu süre boyunca toplamda 1.213,48 kWh elektrik üretmiştir. Tüketicilerin kullanmış oldukları elektrik enerjisi miktarı 1.834,80 kWh iken şebekeden 621,32 kWh değerinde elektrik enerjisi kullanılmıştır. Tarım işçisi dinlenme evinin bir yıl boyunca kullanmış olduğu elektrik enerjisinin %66' sı hibrid sistem tarafından karşılanırken, %34' ü şebeke tarafından karşılanmıştır.

Günümüzde şebeke elektriğinin ulaşmakta zorlandığı ve ulaşamadığı yer pek kalmamıştır. Bu nedenle, bir tarım işçisi dinlenme evi için uygulanmış olan örnekteki gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşturulan bir hibrid sistem ile tüketicilerin tamamının ya da tamamına yakınının elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanılabileceği tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Acar, E., Doğan, A. 2008. Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi. **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, İstanbul, 675-682.
- Akçalı, İ. 2001. Güneş Enerjisi Sistemleri. İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.,
- Aktacir M.A., Yeşilata B., Işiker Y., 2008. Fotovoltaik – Rüzgar Hibrid Güç Sistemi Uygulaması. Şanlıurfa. Erişim [[https://www.academia.edu/8481060/Hibrid\\_g%C3%BC%C3%A7\\_sistemi](https://www.academia.edu/8481060/Hibrid_g%C3%BC%C3%A7_sistemi)]
- Anonim, 2009. Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Anonim, 2019a. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim [<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>]
- Anonim, 2019b. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim [<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/9.aspx>]
- Anonim, 2019c. Rüzgar Türbinleri ve Parçaları. Erişim [<http://www.mmsrn.com/ruzgar-turbinleri-ve-parcalari/>]
- Anonim, 2019d. Türkiye Rüzgar Atlası. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim [<https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>]
- Anonim, 2019e. Aydın İli Rüzgar Kaynak Bilgileri. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim [<http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/AYDIN-REPA.pdf>]
- Anonim, 2019f. Yenilenebilir Enerji Sistemleri – Neden Güneş Enerjisi. Erişim [[http://www.arcenerji.com.tr/faliyet?id=7&icerik\\_id=61](http://www.arcenerji.com.tr/faliyet?id=7&icerik_id=61)]
- Anonim, 2020a. Don Kışot’un Yel Değirmenleri. Erişim [<https://www.ensonhaber.com/galeri/don-kisotun-yel-degirmenleri#2>]

Anonim, 2020b. CSP Güneş Enerji Santralleri. Enerji Verimliliği Ve Çevre Dairesi Başkanlığı, Ankara. Erişim [[http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/CSP\\_gun\\_enj\\_sant.aspx](http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/CSP_gun_enj_sant.aspx)]

Anonim, 2020c. Güneş Enerjisi El Kitabı. Türkiye Ulusal Ajansı. Erişim [[https://silo.tips/queue/lifelong-learning-programme-solar-energy-handbook-gne-enerjs-el-ktabi-manuel-de?&queue\\_id=-1&v=1591551257&u=MTU5LjE0Ni4xMy41OQ==](https://silo.tips/queue/lifelong-learning-programme-solar-energy-handbook-gne-enerjs-el-ktabi-manuel-de?&queue_id=-1&v=1591551257&u=MTU5LjE0Ni4xMy41OQ==)]

Anonim, 2020d. Güneş Enerjisi İle Bitki Ve Tahıl Kurutma. Erişim [<http://www.gunessistemleri.com/kurutma.php>]

Anonim, 2020e. Monokristal Güneş Paneli Polikristal Farkı. Erişim [[https://www.powerenerji.com/monokristal-gunes-paneli-polikristal-farki.html#Polikristal\\_Gunes\\_Panelleri](https://www.powerenerji.com/monokristal-gunes-paneli-polikristal-farki.html#Polikristal_Gunes_Panelleri)]

Anonim, 2020f. Polikristal Güneş Paneli Nedir?. Erişim [<https://www.enerjimgunesten.com/polikristal-gunes-paneli-nedir.html>]

Baş, H.C. 2016. Fotovoltaik Sistemlerin Performans Değerlendirmesi. Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği, Lisans Tezi (Basılmamış), Karabük.

Dinçer, F. 2011. Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyeli – Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri İle Karşılaştırmalı Değerlendirme. **KSU Mühendislik Dergisi**, 8-17.

Elibüyük, U., Üçgül, İ. 2014. Rüzgar Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgar Enerjisi Depolama Yöntemleri. **Yekarum e-Dergi** [Elektronik Journal], 2: 1-14, Erişim [<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yekarum/issue/21891/235308>]

Engin, M., 2004. Güneş – Rüzgar Hibrid Enerji İle Su Pompalama. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 41(3):155 – 164.

Engin, M. 2010. Bornova İçin Güneş - Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sistemi Tasarımı. **CBÜ Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi**, 2-13.

- Engin, M., Çolak, M. 2005. Güneş – Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sisteminin İncelenmesi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 225 – 230.
- Erdoğan, D.C., Seçgin B. 2008. Yenilenebilir Enerjiler. Yıldız Teknik Üniversitesi OFM Fizik Öğretmenliği Alan Eğitiminde Araştırma Projesi, İstanbul.
- Hambarcı, G. 2017. Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbinleri. [Elektronik Slide], Erişim [<https://slideplayer.biz.tr/slide/12240410/>]
- Haşimi, A. 2009. 5 KVA' lık Temiz Enerji Kaynaklarına Dayalı Hibrid Enerji Santralinin Elektronik Ve Kontrol Tasarımı. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- Karaca, C., 2012. Güneş ve Rüzgar Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Sistemi Tasarımı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Karadöl, İ. 2017. Kahramanmaraş Bölgesi İçin Güneş Ve Rüzgar Enerjisi Hibrit Sisteminin İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Kapluhan, E. 2014. Güneş Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü. **Coğrafya Dergisi**, 29: 70-98.
- Kurban, M., Hocaoglu F.O., Kantar, Y.M. 2007. Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Tahmininde Kullanılan İki Farklı İstatiksel Dağılımın Karşılaştırılmalı Analizi. **Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 13: 103-109.
- Özcan, H. 2009. Bir Hibrid Enerji Sisteminin Modellemesi ve Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özek, E. 2009. Peyzaj Mimarisi Uygulamalarında Güneş Enerjisinin Kullanımının Değerlendirilmesine Yönelik Bir Araştırma ve Yalova-Termal Yolu Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Şenel, M. C., Koç, E. 2015. Dünya' da ve Türkiye' de Rüzgar Enerjisi Durumu – Genel Değerlendirme. **Mühendis ve Makine**, 56: 46-56.

Varınca, K. B., Gönüllü M. T. 2006. Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. **I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi**, 270-275, Eskişehir.

Yanıktepe B., Özalp C., Savrun M. M., Köroğlu T., Cebeci Ç., 2011. Rüzgar – Güneş Hibrid Güç Sistemi Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Uygulama Örneği. 6. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 89-94, Elazığ.

Yılmaz E., 2020. 81 İl İçin Önerilen Güneş Paneli Açısı. Erişim [<https://www.aydinlatma.org/81-il-icin-onerilen-gunes-paneli-egim-acisi.html>]



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet KİRAZ

Doğum Yeri Ve Tarihi : 22.08.1989

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Yabancı Diller : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### A) Bildiriler

- **Kiraz, M.**, Gür, M., Göksu, M., Gezen, A., Kiliçkan, A., 2018. Wave Energy Technology And Potential In Turkey. 16<sup>th</sup> International Conference on Clean Energy, 09-11 May, Famagusta, N. Cyprus.
- **Kiraz, M.**, Göksu, M., Gür, M., Gezen, A., Kiliçkan, A., 2018. The Power Generation Planning of Wind Energy. I. International Agricultural Science Congress, 09-12 May, Van, Turkey.

### İLETİŞİM

E-Posta Adresi : [kirazmehmet@yahoo.com.tr](mailto:kirazmehmet@yahoo.com.tr)

Tarih : 21/08/2020