

**ORTA ÖLÇEKLİ HAYVANCILIK  
İŞLETMELERİNDE YENİLENEBİLİR  
ENERJİ KULLANIM OLANAKLARI VE  
ÖRNEK BİR UYGULAMA**

**Serhat GÜLER**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Poyraz ÜLGER**

**2014**

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORTA ÖLÇEKLİ HAYVANCILIK İŞLETMELERİNDE**  
**YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIM OLANAKLARI ve ÖRNEK BİR**  
**UYGULAMA**

**Serhat GÜLER**

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: PROF. DR. POYRAZ ÜLGER**

**TEKİRDAĞ-2014**

Prof. Dr. Poyraz ÜLGER danışmanlığında, Serhat GÜLER tarafından hazırlanan ‘‘Orta Ölçekli Hayvancılık İşletmelerinde Yenilenebilir Enerji Kullanım Olanakları ve Örnek Bir Uygulama’’ isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Poyraz ÜLGER

İmza:

Üye: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. İ. Savaş DALMIŞ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ORTA ÖLÇEKLİ HAYVANCILIK İŞLETMELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIM OLANAKLARI VE ÖRNEK BİR UYGULAMA

**Serhat GÜLER**

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Poyraz ÜLGER

Enerji, günümüzde insanoğlunun en temel ihtiyaçlarından birisidir. Nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, şehirleşme ve sanayileşme gibi parametrelerden dolayı, enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Bundan dolayı, enerji ihtiyacı bütün ülkeler için çok önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu çalışmada, Tekirdağ iline bağlı Malkara ilçesindeki orta ölçek büyüklüğündeki hayvan çiftliğinin enerji ihtiyacını karşılamak için hibrid (güneş – rüzgar enerjisi) bir sistemin tekno-ekonomik uygulanabilirliği incelenmiştir. Sonuç olarak, bu çiftliğin enerji ihtiyacının %30'unun güneş enerjisinden ve %20'sinin rüzgar enerjisinden karşılandığında, işletmeye sağladığı ekonomik kazanç hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hayvancılık işletmesi, enerji sistemleri.

**2014, 34 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **USE OF RENEWABLE ENERGY FACILITIES IN MEDIUM-SIZED LIVESTOCK FARMS AND A SIMPLE APPLICATION**

**Serhat GÜLER**

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biosystem

Supervisor: Prof. Dr. Poyraz ÜLGER

Today, energy is one of the most principal needs of the humanity. Due to population growth, technological advances, industrialization and urbanization, the need of using energy is increasing day by day. Therefore, the need of energy has become a major problem for all the countries. In this study, in the district of Malkara that is located in Tekirdağ province, to meet the energy requirements of a medium-scale livestock farm, the feasibility of the hybrid (solar-wind energy) techno-economic system is investigated. As a result, to meet the energy need of this animal farm, it is calculated from economic gains provided to be established a %30 of a solar energy system and %20 of a wind energy system.

**Keywords:** Solar Energy, wind energy, livestock farm, energy cost.

**2014, 34 pages**

## ÖNSÖZ

“Orta Ölçekli Hayvancılık İşletmelerinde Yenilenebilir Enerji Kullanım Olanakları ve Örnek Bir Uygulama” adlı bu çalışma, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tarımsal Enerji Sistemleri Lisansüstü Programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans öğrenim sürecim boyunca çalışmalarına katkı sağlayan, her konuda destek ve hoşgörüsünü esirgemeyen, her zaman bana çalışma azmi veren çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Poyraz ÜLGER’e sabrından, Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU’na desteklerinden ve Biyosistem Mühendisliği bölümündeki tüm öğretim üyelerine yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2014

Serhat GÜLER  
(Ziraat Mühendisi)

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
€	: Avro
°K	: Kelvin Sıcaklık
h	: Saat
km	: Kilometre
kg	: Kilogram
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
m <sup>2</sup>	: Metrekare
mm	: Milimetre
MW	: Megawatt
s	: Saniye
V	: Volt
W	: Watt
W <sub>p</sub>	: Watt peak

AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumuna
GEG	: Gerekli Enerji Gücü
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
MPPT	: Maximum Power Point Tracking
PV	: Photovoltaic (Güneş Pili)
PWM	: Pulse Width Modulation (Sinyal Genişlik Modülasyonu)
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TL	: Türk Lirası
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1.Güneş Enerjisi .....	2
1.2. Rüzgar Enerjisi .....	9
1.3. Hibrid Enerji .....	13
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>14</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>17</b>
3.1 Araştırmanın Yürütüldüğü Bölge ve İşletme ile İlgili Bilgiler.....	17
3.2. İşletmede Kurulacak PV Panel Sisteminin Özellikleri.....	21
3.2.1. PV Panel sistemlerinin Boyutlandırılması.....	23
3.3. Kurulacak Rüzgar Türbininin Özellikleri.....	25
3.3.1 Rüzgar Türbininin Boyutlandırılması.....	26
3.3.2 Batarya Kapasitesinin Saptanması .....	27
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	<b>28</b>
4.1. İşletmenin Elektrik Enerjisi Tüketimi .....	28
4.2. PV Panel Sisteminin Seçimi .....	28
4.3. Rüzgar Türbininin Seçimi .....	29
4.4. Batarya Kapasitesi .....	30
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ</b> .....	<b>31</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>32</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>34</b>



## ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	5
Şekil 1.2. Rüzgar Türbini .....	10
Şekil 1.3. Hibrid Sistem.....	13
Şekil 3.1. PV Panel Sisteminin Şematik Görünüşü.....	21
Şekil 3.2. PV Panel Sistemi ile Entegre Çalışacak Rüzgar Türbini Ünitesi.....	25

## ÇİZELGE DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipine Göre Uygulanacak Ücretler..	7
Çizelge 1.2. Türkiye’de Üretilen Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Belirlenen Fiyatları.....	7
Çizelge 1.3. Bölgelere Göre Rüzgar Enerjisi Potansiyeli .....	11
Çizelge 1.4. Küçük Rüzgar Türbinlerinde Maliyet Dağılımı .....	12
Çizelge 3.1. İşletmede Kullanılan Elektrikli Cihazların Cinsleri ve Elektriksel Büyüklükleri.....	18
Çizelge 3.2. Örnek İşletmenin Elektrik Tüketimi .....	19
Çizelge 3.3. Bölgenin Ortalama Güneşlenme Süresi .....	20
Çizelge 3.4. PV Paneline Ait Teknik Özellikler .....	22
Çizelge 3.5. PV Panellerinin Kayıp Faktörleri.....	24
Çizelge 4.1. PV Panellerinin Güç Azalma Faktörleri.....	28

## 1. GİRİŞ

Tarımsal üretim açısından enerji ihtiyacı oldukça önemlidir. Son yıllarda çiftliklerde biyoyakıt, güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üretimi yaygınlaşmaktadır. Fakat yine de toplam enerji gereksiniminin altındadır (Akyüz ve ark. 2009). Bütün sektörlerde enerji kullanımı, 1970'li yıllardan bu yana en çok önem verilen konulardan birisi olmuştur. 1973 ve 1979 yıllarındaki petrol krizlerinden sonra, dünya genelindeki ülkeler enerji korunumuna ilişkin önlemlere yoğun olarak ilgi göstermeye başlamışlardır. Endüstri, ulaştırma, ticaret, konut ve tarım sektörlerinde enerji kullanımını azaltmanın en etkin yöntemlerinden birisi de, enerji kullanma etkinliğini artırmaktır. Günümüz endüstri dünyasında, enerji ve diğer kaynaklarının kullanımı önemli düzeye ulaşmıştır. Bu nedenle, bir taraftan doğal kaynakların temini azalmaya başlamış, diğer taraftan da çevre kirliliği gibi doğal ortama verilen zararlar artarak devam etmektedir. Bununla birlikte, enerji dönüşümüne ilişkin teknik iyileştirmeler yeterince etkin bir şekilde gerçekleştirilememektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, gelecekteki enerji üretim ve tüketim düzeylerinin belirlenebilmesi için; nüfus artışı, ekonomik üretkenlik, tüketici alışkanlıkları ve teknolojik gelişmeler gibi dikkate alınması gereken birçok etmen vardır. Enerji sektörüne ilişkin yönetim biçimleri, gelecekteki enerji üretim ve tüketim düzeyi ve dağılımında önemli rol oynayacaktır. Enerji kaynaklarının kıtlığı ve dikkatsiz kullanılması sonucunda oluşan istenilmeyen yan etkiler, enerji tüketimini doğru bir şekilde planlama ve dikkatli bir şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir (Öztürk ve ark. 2010). Ülkemizin enerji sorununa çözüm arayışları içinde daha fazla enerji üretmenin yanında, belirli kesimlerin kendi enerji ihtiyaçlarını kendileri üreterek ulusal şebekeden daha az enerji talep etmeleri konusu da düşünülmesi gerekir. Bu düşünce altında, tarımsal kesimin de kendi enerji ihtiyacını kendileri üretebilmesi önemlidir. Tarımsal işletmelerde üretilen ürünlerin maliyetine etki eden en önemli unsurlardan biri enerji maliyetidir. Enerji maliyetini minimize etmek tarımsal işletmenin kar payının arttırmasına katkıda bulunacaktır (Eker ve Vardar 2004). Tarımsal üretim işlemleri arasında çok fazla miktarda enerji tüketilen başlıca işlemler; sulama, ürün kurutma, sera ve hayvan barınaklarının ısıtma ve soğutulması ile hayvancılık işletmelerindeki süt sağım üniteleridir. Süt hayvancılığı en fazla teknolojinin girdiği ve en fazla enerji kullanımının harcandığı sektördür. Yılın her günü ve günde iki üç sağım yapılır. Sağım sisteminde harcanan enerjinin büyük kısmı vakum pompalarında harcanır. Bu işlemler sırasında yaygın olarak; motorin, doğal gaz, elektrik, sıvılaştırılmış petrol gazı veya propan gibi yakıtlar kullanılır. Fosil yakıtların doğrudan veya dolaylı olarak kullanımıyla ortaya çıkan

çevresel sorunların etkin bir şekilde önlenmesi için, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekir. Bununla birlikte, tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik uygulanabilirliği ve uygulama yöntemi, bölgesel koşullara bağlı olarak değişir. Tarım sektöründe etkin olarak yararlanılabilecek başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisidir (Öztürk ve ark. 2010).

## 1.1. Güneş Enerjisi

Yaşamın kaynağı olan güneş, doğal sistem enerjisinin büyük bir bölümünü sağlar. Çapı yaklaşık 1,4 milyon km olup, iç çevresinde çok yoğun gazlar bulunur. Yeryüzünden yaklaşık 151 106 milyon km uzaklıktadır. Nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır. İçinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı, ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Güneş merkezi füzyon reaksiyonu için uygun bir ortamdır. Birleşme (füzyon) tepkimesinde hafif atom çekirdekleri birleşerek daha ağır atom çekirdeği oluşturmakta ve bu tepkime sonucunda büyük miktarda enerji açığa çıkmaktadır. En kolay gerçekleştirilebilen bölünme tepkimesi döteryum (ağır hidrojen atomu) ile trityum (çok ağır hidrojen atomu) arasında gerçekleşmektedir. Füzyon tepkimesinde ürünler başlangıçtaki çekirdeklerden daha hafiftir. Aradaki fark enerjiye dönüşmüştür.

Güneşte açığa çıkan bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173 104 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1395 kW enerjiye düşmektedir. Yeryüzüne ulaşabilen ışınımın değerinin bu kadar düşük olmasının nedeni, atmosferdeki karbondioksit, su buharı ve ozon gibi gazların ışınımı absorbe etmelerinin yanı sıra kat etmesi gereken yolun uzunluğudur. Dış yüzey sıcaklığı 6000 °K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne ulaşabilen miktarı % 70 kadardır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri  $1367 \text{ W/m}^2$ 'dir ve bu değer güneş sabiti olarak alınır. Pratik olarak yeryüzüne ulaşan güneş ışınım değeri  $1000 \text{ W/m}^2$  olarak kabul edilmektedir. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde meydana gelen füzyon süreci ile açığa çıkan enerjidir. Yüzeyinden 175 milyar MW radyasyon gönderir. Işınım veya radyasyon, bir kaynaktan çevreye enerji taşınmasıdır. Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji emisyonu ya da aktarımı şeklinde ifade edilir. Bilindiği gibi maddenin temel yapısını atomlar meydana getirmektedir. Atom ise, proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek ile bunun çevresinde

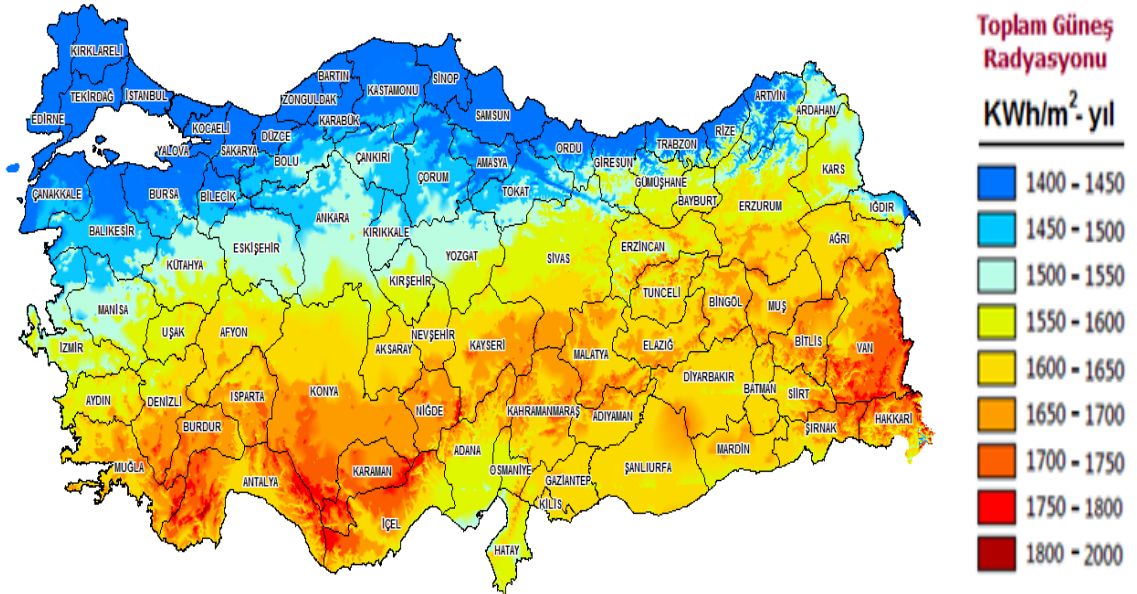
dönmekte olan elektronlardan oluşmaktadır. Herhangi bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı, proton sayısına göre oldukça fazla ise; bu tür maddeler kararsız bir yapı göstermekte ve çekirdeğindeki nötronlar alfa, beta, gama gibi çeşitli ışınlar yaymak suretiyle parçalanmaktadırlar. Çevresine bu şekilde ışın saçarak parçalanan maddelere "radyoaktif madde (güneş)", çevreye yayılan alfa, beta ve gama gibi ışınlara ise "radyasyon" adı verilmektedir. Radyasyon değerleri irradyans ve irradyasyon isimli iki kavram ile açıklanmaktadır. İrradyans, birim zamanda birim alana düşen güneş gücü (anlık enerji,  $W/m^2$ ) ve irradyasyon ise belirli bir zaman aralığında birim alana düşen güneş enerjisi ( $W/m^2$ ) miktarıdır. Yeryüzüne düşen güneş ışınları, doğrudan güneşten gelen ve havakürede saçıldıktan sonra difüzyona uğramış ışınların toplamıdır. Hava koşullarına bağlı olarak doğrudan güneşten gelen ışınların, saçılmış ışına oranı değişir. Örneğin bulutlu bir günde güneş ışınlarının büyük bir bölümü, saçılmış ışınlardan oluşurken, bulutsuz güneşli bir günde güneş enerjisinin büyük bir bölümü doğrudan ışınlardan oluşacaktır. Doğrudan ve yayılmış ışınım toplamı, küresel ışınım olarak adlandırılır. Fotovoltaik sistemlerin seçiminde, güneş ışınım verileri çok büyük önem taşır (Karamanav 2007).

İnsanların güneş enerjisinden teknolojik olarak yararlanması çok eskilere dayanır. Bilinen ilk uygulamalardan biri, Arşimed'in Sirakuza'da güneş ışınlarını büyük aynalarla yoğunlaştırarak düşman gemilerine odaklaması ve onları yakması olarak bilinir. 17.yy'da, yine aynalarla güneş ışınlarının yoğunlaştırılarak odun yığınlarının yakılmasında kullanıldığı, 18.yy'da yoğunlaştırılmış güneş ışınlarının kimyasal tepkimelerde ve güneş ocaklarında kullanıldığı görülür. 19.yy'da güneş enerjisi uygulamaları artmıştır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi ile metal eritme, su dağıtma, buhar üretme, güneşle çalışan buhar makinası, baskı makinası gibi yapılan çalışmalar, uygulama örnekleri olarak gösterilebilir. 20.yy'da insanların yaşamına giren petrol, güneş enerjisi kullanımıyla ilgili gelişmeleri bir ölçüde yavaşlatmıştır. Bununla birlikte, 1974'deki yapay bunalımı ve petrol fiyatlarının artması sonucu güneş enerjisi üzerindeki çalışmalar, yeniden hız kazanmıştır. Özellikle evlerde sıcak su sağlanmasında güneş toplaçları kullanımı bu yüzyılda yaygınlaşmıştır. Yine, yoğunlaştırılmış güneş enerjisinin kullanıldığı güneş santralleri bu yüzyılda yapılmaya başlanılmıştır. 1954 yılında Bell Laboratuvarları'nda güneş pillerinin geliştirilmesi ile güneş pilleri, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren aygıtlar olarak giderek yaygın kullanım alanları bulmuşlardır. Güneş pillerinin ilk büyük ölçekli uygulama alanı, uzay çalışmalarında olmuştur. Uzay araçlarına enerji sağlamada bu piller en uygun araçlar olmuşlardır.

Güneş enerjisi sistemleri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte, ısıl sistemler ve elektrik sistemleri olmak üzere iki grup altında incelenebilir. Bu sistemlerde, öncelikle güneşin ısınım enerjisinden ısı enerjisi elde edilir. Güneş ısıl sistemlerinin düşük ve yüksek sıcaklıktaki uygulamaları vardır. Düşük sıcaklıktaki uygulamalar; yapıların ısıtılmasını, konut, sanayi ve tarımda çeşitli ısı gereksinimlerinin karşılanmasını kapsarken, yüksek sıcaklıktaki uygulamalar buhar üretiminden maden eritmeye kadar uzanmaktadır (Ültanır 1998). Güneş enerjisinden elektrik üretiminde karşımıza çıkan fotovoltaik (photovoltaic) terimi, ışıktan gerilim üretilmesi anlamına gelir ve genellikle “PV” ile gösterilir. PV paneller, enerjinin korunumu yasasına uygun olarak, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlar olup enerjiyi depolayamazlar. PV güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Bir güneş paneli çok sayıda PV yarı iletken silikon levhadan oluşur. Bu levhalar çeşitli katmanlardan oluşur ve güneşten gelen ışığın belli bir kısmını soğururlar. Bu aşamada kristalin artı ve eksi uçlarında akım oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da PV modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç watt PV, MW'lara kadar sistem oluşturulur. Türkiye’de güneşin yere yaptığı açı yaklaşık olarak 60 derecedir ve paneller en yüksek verim için bu açıda monte edilirler (Anonim 2014).

Türkiye bulunduğu coğrafi konum itibariyle, yüksek güneşlenme süresi ve yüksek ışıma oranına sahiptir. Elektrik İşleri Etüt İdaresinden (EİE) alınan verilere göre Türkiye’nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2740 saat (günlük toplam 7,6 saat), ortalama toplam ışıma şiddeti 1522 kWh/m<sup>2</sup>yıl (günlük toplam 4,2 kWh/ m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelini belirleme çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, 7644 km<sup>2</sup> tesis kurulabileceği belirlenen alanlardan üretilebilecek toplam elektrik enerjisi yaklaşık 380 milyar kWh/yıl olarak belirlenmiştir. Toplam 56000 MW Kurulu güce sahip doğalgaz çevrim santralının elektrik enerjisi üretimine eşdeğerdir. Türkiye’nin 2010 yılı elektrik üretim toplamının 200 milyar kWh/yıl olduğu düşünülürse, ülkemizdeki güneş enerjisinin değerlendirilmesi ve yatırıma açılması ülke ekonomisi açısından oldukça cazip görünmektedir. Tesis kurulabilecek alanlar üzerine eğimi 3 derece’den büyük yerleşim alanları, sulak alanlar (göller, akarsular), orman ve tarımsal alanlar, özel çevre koruma

alanları, karayolları, demiryolları ve limanlar dahil edilmemiştir (Çalışkan 2014). Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından, Avrupa'nın güneşe destek veren en büyük ülkesi Almanya ile kıyaslandığında, yaklaşık iki kat daha verimli bir ülke konumundadır. Yıl boyu alınan güneş ısınımı bakımından ülkemizin en verimli bölgeleri, güneye en yakın bölgelerdir. Ancak bu yakınlık, yatırım yapılabilir bölge anlamında değerlendirildiğinde, kıyı şeridinde konumlanmış bölgelerin yatırıma en uygun bölgeler olmadığını ortaya koymaktadır. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisleri, yatırım ve işletme süreçleri açısından değerlendirildiğinde, fosil yakıtlar, rüzgar ve hidroelektrik santralleri gibi enerji üretim santrallerine yakın süreçlere sahiptirler. Güneşten elektrik üretim santralleri için kurulum yeri seçilirken sahanın güneş enerjisi potansiyelinin tesis kurulum ve işletim maliyetlerinin doğru belirlenmesi son derece önemlidir. Bu değerlendirmenin yapılması için kurulum sahası ile ilgili olarak, sahanın yeryüzündeki konumu, sahanın konumsal ve iklim özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Aşağıda Şekil 1.1'de bölgelere ve şehirlere göre güneşlenme değerlerinin karşılaştırılabileceği Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) verilmiştir (Karaca ve ark. 2011).



Şekil 1.1. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası (Anonim 2014)

Haziran ve temmuz aylarında en yüksek enerji alındığı ocak ve aralık aylarında ise en az güneş enerjisi değerleri okunduğu gözlemlenmiştir. Farklı güneşlenme kuşaklarında bulunan bu şehirlerin arasındaki fark aslında yok denecek kadar azdır ve Türkiye'nin güneş potansiyel değerlerine göre ne kadar verimli olduğu ciddi bir olgudur. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi uygulamaları projelendirilirken sadece güneşlenme zamanının değil radyasyonunda hesaplanması gerekir. Hem enlem değeri büyük hem de rutubetli olmasından dolayı en az ışınım alan bölge Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesidir. Atmosferdeki fazla su buharı, ışınımın perdelenmesine neden olmaktadır. Marmara ve Kuzey Ege Bölgesi, Karadeniz'e göre biraz daha iyi durumdadır. Güney Ege, Batı Akdeniz ve Orta Anadolu Bölgeleri orta derecede ışınım almaktadır. Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri ışınım değerleri iyi olan bölgelerimizdir. Güney Doğu Bölgesinin sağ en alt ucu ise ışınım değerleri en iyi olan bölgemizdir. Sert ve soğuk iklime sahip bu yer kışın en fazla ışınım alan yerdir. Havadaki su buharı, yağmur ve kar şeklinde yoğunlaşmakta ve atmosfer daha berrak olup ışınımın engellenmesi en az seviyededir (Aksungur ve ark. 2013).

PV sistemlerin kullanımının yaygınlaşması için gerekli olan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu (YEK) Aralık 2010 yılında revize edilmiş ve 2013 de mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Son yıllarda PV sistemlerin maliyetlerin düşmesi ve verimliliğin artması ile de yaygın kullanım olacağı beklenmektedir. 2013 Yılı lisanslı elektrik üretimi için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumuna (EPDK) yapılan başvuruların teknik değerlendirme çalışmaları devam etmekte olup, bu ilk safhada 600 MW kurulu güce fotovoltaik santral lisansı verilecektir. Önümüzdeki yıllarda kademeli olarak kapasite artırılabilecek ve Enerji Bakanlığının 2023 hedefine göre; en az 3000 MW lisanslı PV santral kurulu gücüne ulaşılacaktır. Ülkemizde halihazırda kurulmuş olan, çoğu kamu kuruluşlarında olmak üzere küçük güçlerin karşılanması ve araştırma amaçlı kullanılan PV güneş elektrikli sistemleri 3,5 MW kurulu güce ulaşmıştır (Anonim 2014). 6094 sayılı yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda değişiklik yapan kanun Aralık 2010'da kabul edilmiş; resmi gazete'nin 8 Ocak 2011 sayısında yayımlanarak, yürürlüğe girmiştir. Bu kanunda geçen düzenlemelerle yenilenebilir enerji kapsamında desteklenecek fiyatlar belirlenmiştir. Bu fiyatlar Çizelge 1.1'de verilmiştir.



Çizelge 1.1. Yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesis tipine göre uygulanacak ücretler (Özdemir 2012)

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi	13,3
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

Mekanik ve/veya elektromekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için, Çizelge 1.1'deki fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle Çizelge 1.2'de belirtilen fiyatlar ilave edilir (Özdemir 2012).

Çizelge 1.2. Türkiye'de üretilen güneş enerjisi sistemleri için belirlenen fiyatlar (Özdemir 2012)

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
Fotovoltaik Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	1-PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvörtör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5

Tükenmeyen bir enerji kaynağı olması, kükürt duman, toz, karbon gibi zararlı maddeler içermemesi, hiçbir ulaştırma masrafının olmaması, güneş enerjisinin üretilmesi için hiçbir karmaşık teknolojinin gerekmemesi güneş enerjisinin avantajları olarak sıralanabilir. Sürekliliğinin olmaması, istenilen anda istenilen yoğunlukta bulunmayışı, yararlanmak için gereken düzeneklerin yatırım giderlerinin günümüzde yüksek olması, güneşten gelen enerji miktarının kontrol edilemez olması ve depolanmasının birçok sorun oluşturması güneş enerjisinin dezavantajlarıdır (Koyun 2006).

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde temel olarak PV sistemleri de diğer elektrik üretim sistemlerine benzer olarak çalışır. Sadece kullandıkları ekipmanlar değişiktir. Sistemin opsiyonel ve fonksiyonel ihtiyaçlarına bağlı olarak DC-AC invertör, Akü, Şarj kontrol ünitesi, yedek güç kaynağı ve sistem kontrolörü gibi ekipmanlara ihtiyaç duyulabilir.

1- Güneş Panelleri: Güneş ışığı doğrudan elektrik akımına dönüştüren bir araçtır. Yarı iletken bir diyot olarak çalışan güneş hücresi, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik reaksiyondan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür.

2- Şarj Regülatörleri: Şarj regülatörleri genellikle güneş enerjisinden elde edilen gerilimi istenilen gerilim değerine düşüren ürünlerdir. Genel olarak Off-Grid (Akülü) sistemlerde kullanılan bu ürünlerin seçiminde en önemli kriter verim değerleridir. Şarj regülatörleri PWM Şarj Regülâtörleri ve MPPT Şarj Regülâtörleri olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

3- Eviriciler (İnvertör): Eviriciler (invertörler) doğru akım üreten güneş enerjisi kaynaklarını alternatif akıma (şebeke akımına) çeviren, sistemin kalbi niteliğinde ürünlerdir. Genel olarak tam sinüs çıkışı veren ve vermeyen olmak üzere iki çeşit evirici bulunmaktadır. Hassas yüklerin bulunduğu sistemlerde tam sinüs çıkışı verebilen eviricilerin kullanılması gereklidir. Evirici gücü, sistemde aynı anda çalışabilecek yüklerin güç değerleri toplanarak elde edilir.

4- Aküler: Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, istenildiğinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihazlardır.

5- Diğer Ekipmanlar: Sistemde kullanılması gereken diğer elemanlar kablolar ve sigortalardır. Ayrıca sistemi izleyebilmek için çeşitli elektronik devreler de kullanılabilir. Sigorta ve kablo

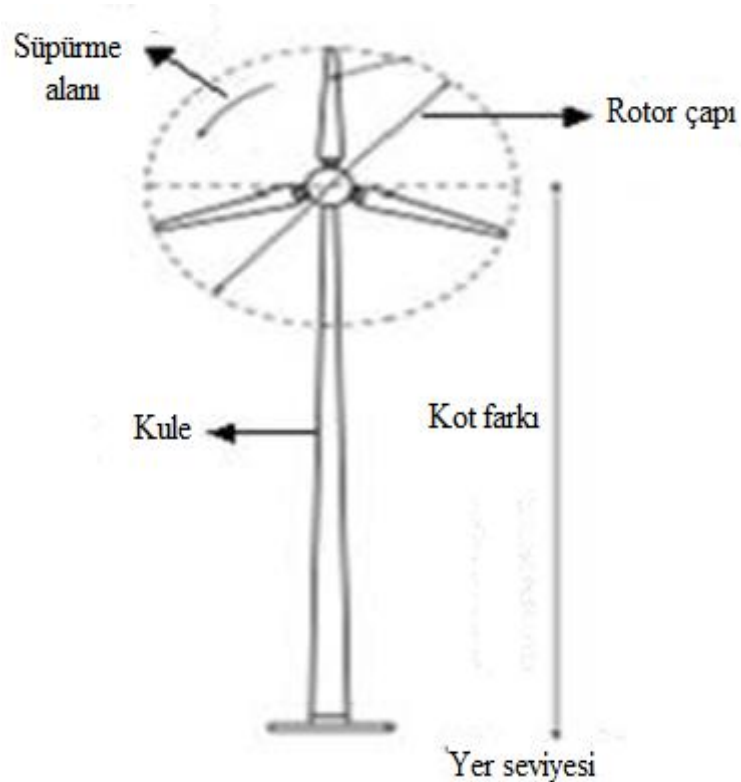
seçimi sistemin düzgün çalışabilmesi için son derece önemlidir. Kablo seçiminde gerilim düşümü de dikkate alınmalıdır (Anonim 2014).

## 1.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi potansiyeli, güneşin dünya etrafındaki havayı ısıtıp farklı basınç alanlarının oluşmasına bağlı olarak değişmektedir. Isınan hava bir alçak basınç alanı soğuyan hava da bir yüksek basınç alanı meydana getirmektedir. Yüksek basınç alanından alçak basınç alanına hava akımı meydana gelir. Bu hava akımı hareketleri yeryüzünde rüzgarların oluşmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda rüzgar, güneşin karayı denizden daha çabuk ısıtmasından da meydana gelmektedir. Gün boyunca esen kıyı rüzgarları, kara üzerinde ısınmış havanın yerini deniz üzerindeki soğuk havanın alması ile oluşmaktadır. Gece boyunca da bu işlem tersinden meydana gelir, yani kara denizden daha hızlı soğuduğu için rüzgar karadan denize doğru eser. Hava hareketinin bir yerden diğer bir yere daha hızlı esmesi halinde daha kuvvetli rüzgarlar, fırtınalar ve kasırgalar meydana gelir (İlkılıç 2009). Elektrik enerjisi elde etmenin temeli rüzgarın hızından oluşan kinetik (hareket) enerjisinin önce kanatlar ve rotor vasıtasıyla mekanik enerjiye ve daha sonra jeneratörle elektrik enerjisine dönüştürme prensibine dayanır. Günümüzde, rüzgarın döner bir türbin ile frenlenerek, mekanik enerjiye dönüştürülme teknolojisi gerçekleşmiştir. Bu teknolojiye rüzgar türbini teknolojisi adı verilir. Türbin bileşenleri, türbin tipi ve tasarımına bağlı olarak değişir. Rüzgar türbinlerinin karmaşık yapısı, gelişen tasarım teknolojileri ve tasarım araçlarına bağlı olarak basitleşmiştir. Günümüzde, en çok 2 ve 3 kanatlı rotor tasarımları yapılmaktadır. Rüzgar türbini jeneratörü, mekanik enerjiyi elektriğe dönüştürür. Büyük rüzgar türbinlerinde, genellikle gerilim değeri 690 V olan, üç fazlı alternatif akım üretilir. Akım, rüzgar türbini yanındaki veya içindeki transformatöre gönderilir. Transformatör, bu gerilimi yerel elektrik şebekesine bağlı olarak, 10-30 kW'a yükseltir. Bazı rüzgar türbinlerinde iki adet jeneratör bulunur. Küçük olan jeneratör, düşük rüzgar hızı olduğunda; büyük jeneratör ise, yüksek hız olduğunda çalışır. Son yıllarda, bazı jeneratörler farklı iki hızda çalışacak şekilde üretilmektedir. Şebekeden bağımsız rüzgar elektrik sistemlerinin güçleri, birkaç kW ile 100 kW arasında değişmekle birlikte, çoğunlukla 30 kW'ı aşmamaktadır. Rüzgar enerjisinin tarımsal uygulama alanları elektriksiz uygulamalar, sera iklimlendirme, sulama ve drenaj uygulamaları, ısı pompası uygulamaları, soğutma uygulamaları ve rüzgar değirmen tesisleridir (Öztürk ve ark. 2010).

Dünyada ilk olarak 1887-1888'de Amerika Birleşik Devletleri'nde, Charles Francis Brush rüzgar güç makinesi kullanarak elektrik üretimini gerçekleştirmiştir. Rotor çapı 17 metre ve kanat sayısı 144 adet olan türbin ile 12 kW enerji üretmeyi başarmıştır. 1890'larda Danimarkalı bilim adamı ve mucit Poul la Cour 1891-1918 yılları arasında yüzden fazla 20-35 kw güç aralığında elektrik enerjisi elde etmek için rüzgar türbinlerini inşa etti. Bu, daha sonra hidrojen üretmek için kullanıldı. Modern rüzgar güç endüstrisi 1979'da, Danimarkalı Kuriant, Vestas, Nordtank ve Bonus şirketlerinin rüzgar türbinlerini seri üretmesiyle başlamıştır (Anonim 2014). Şekil 1.2'de rüzgar türbini şekli gösterilmiştir.

Türkiye geniş anlamda yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi kaynağına sahiptir. Türkiye'nin en çok rüzgar alan bölgeleri EİE den alınan bilgilere göre ve Çizelge 1.3'de görüldüğü gibi Marmara Bölgesi, Güney Doğu Anadolu Bölgesi ile Ege Bölgesidir.



Şekil 1.2. Rüzgar türbini (Anonim 2014)

Çizelge 1.3. Bölgelere göre rüzgar enerjisi potansiyeli

Bölge	Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Yıllık Ortalama Rüzgar Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Marmara Bölgesi	3,29	51,91
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	2,69	29,33
Ege Bölgesi	2,65	23,47
İç Anadolu Bölgesi	2,46	20,14
Akdeniz Bölgesi	2,45	21,36
Karadeniz Bölgesi	2,38	21,31
Doğu Anadolu Bölgesi	2,12	13,19
Ortalama	2,58	25,82

Küçük rüzgar türbinleri yenilenebilir enerji sistemleri (güneş, jeotermal, biyodizel) içinde en uygun maliyetli olan sistemlerdir ve çevre kirliliğine yol açmazlar. Çiftlik evlerinde su pompalamayı da içeren uygulamalarda kullanılırlar. Bu sistemlerin kullanılmasıyla; elektrik giderlerinde %50-%90 arasında bir tasarruf, iletim hatlarından oluşabilecek kayıplarda azalma, kaynak çeşitliliği gibi avantajlar sağlanır. Genel olarak küçük bir rüzgar türbini bir kule üzerine kurulur, kanatları yerden en az 9 m yükseklikte ve kuleler engellerden 90 m uzakta olmalıdır. Küçük rüzgar türbinlerinin çatı üstlerine kurulması önerilmez. Tüm türbinler titreşimi bina yapısına iletirler. Bu titreşim binada yapısal problemlere ve gürültüye neden olur. Ayrıca, türbinde aşırı türbülans meydana gelir ve bu da türbin ömrünü kısaltır. Doğru kurulum ve bakım ile küçük ölçekli bir rüzgar türbinin ömrü 20 yıl veya daha uzun olabilir. Rüzgar diğer enerji kaynaklarından farklı olarak depolanmadığı için kaynağın var olduğu zamanlarda türbinlerin hazır olması ve üretim yapması gerekmektedir. Sistem kurulmadan önce rüzgarı iyi olan bir alanın bulunması (evlere ve çiftliklere kurulacak küçük ölçekli rüzgar türbinin ekonomik olabilmesi için yıllık ortalama rüzgar hızı 4 - 4,5 m/s olmalı), rüzgar türbin boyutunun belirlenmesi (bunun için yıllık enerji ihtiyacı belirlenerek rüzgar türbini seçilmeli), şebeke bağlantılı veya şebeke bağlantısız olup olmayacağına karar

verilmeli, kurulacak alan en az bir dönümlük olmalı, seçilen bölgede rüzgar türbinin daha önce bir uygulamasının olup olmadığı, kurulacak olan rüzgar türbini yerleşim yerinden 250-300 m uzakta olmasına önem verilmelidir (Anonim 2014). Rüzgar enerjisi mevcut üretim teknolojileri ile kW başına yüksek sermaye gerektiren ancak yakıt ve işletme maliyeti en düşük olan bir enerji kaynağıdır. Rüzgar türbinlerinin enerji üretim birim maliyetleri ülkelere göre değişiklik göstermekte olup, genellikle 900 €/kW ile 1150 €/kW arasındadır (Gökçınar ve Uyumaz 2008). Rüzgar türbininin maliyet dağılımı Çizelge 1.4’de verilmiştir.

Rüzgar enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi dezavantajlarıdır. Atmosferde bol ve serbest olarak bulunması, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olması, kaynağının tükenme ve zamanla fiyatının artma riskinin olmaması, bakım ve işletme maliyetleri düşük olması, hammaddesinin tamamen yerli olmasından dolayı dışa bağımlılık yaratmaması gibi avantajları bulunmaktadır.

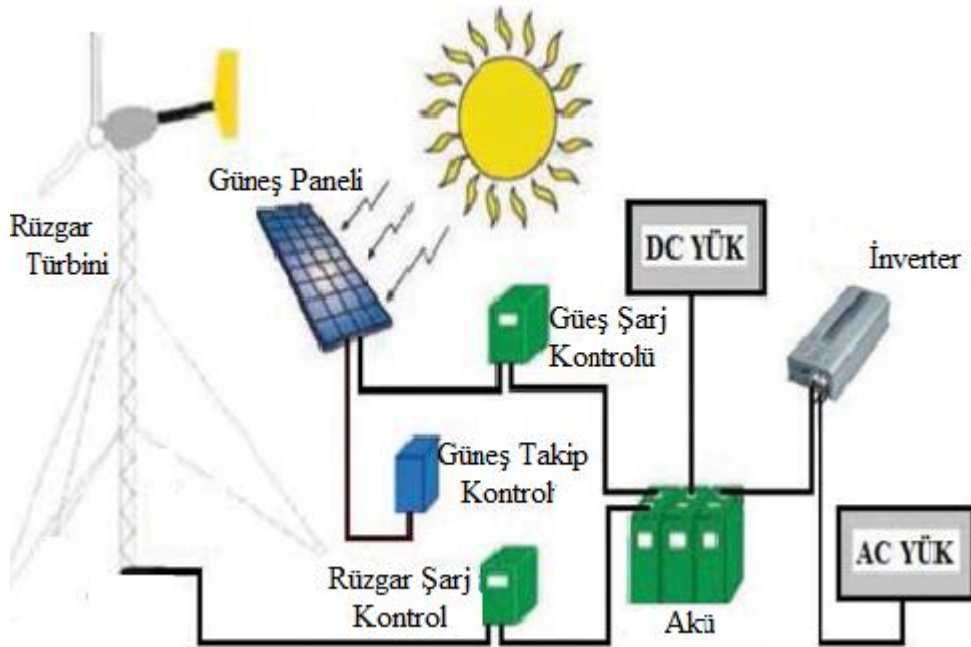
Çizelge 1.4. Küçük rüzgar türbinlerinde maliyet dağılımı (Anonim 2014)

Eleman	Toplam maliyetteki payı (%)
Teçhizatlar (Türbin, kule, invertör, kule bağlantısı)	70
İşçilik	10
Malzemeler (beton, tel, kablo kanalları vb.)	8
Alt yapı işlemleri(izin, kazı, yükleme ve boşaltma )	6,8
Teçhizat kirası (compactör, vinç)	5,2

### 1.3. Hibrid Sistemler

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tek başına kullanımı, kesikli olmaları nedeniyle bazı süreksizlikler mevcut olmaktadır. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş ve rüzgar, gün içerisinde ve yıl içerisinde değişkendir. Bu enerji kaynaklarının tek başına kullanılması ile oluşan sistemin güvenilirliği düşük olmaktadır. Son yıllarda yaygınlaşan, birbirini tamamlayıcı özellik gösteren iki veya daha fazla yenilenebilir enerji kaynağını birlikte kullanan sistemler hibrid enerji sistemleridir ve sistem güvenilirliğini arttırmaktadır (Akyüz ve ark. (2009). Şekil 1.3’de hibrid sistemin çalışma şeması görülmektedir.

Günümüzde yüksek enerji maliyeti, çiftçilerimizin ve besicilerimizin büyük güçlüklerle elde ettikleri gelirlerinin önemli bir bölümünü elektrik faturalarının ödenmesi için ayırmalarına sebep olmaktadır. Bu çalışmada Türkiye’de süt sığırcılığı açısından gelişmiş bir bölge olan Trakya’da, orta ölçekli bir hayvan çiftliğinde güneş ve rüzgar enerjisinin uygulanabilirliği ve işletmeye getirisinin hesaplanması amaçlanmıştır.



Şekil 1.3. Hibrid Sistem

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda fosil kaynaklı yakıtların çevreye verdiği zararlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına olan ilgi artmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele açısından hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tek başına kullanımı, kesikli olmaları nedeniyle bazı süreksizlikler mevcut olmaktadır. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş ve rüzgar, gün içerisinde ve yıl içerisinde değişkendir. Bu enerji kaynaklarının tek başına kullanılması ile oluşan sistemin güvenilirliği düşük olmaktadır. Son yıllarda yaygınlaşan, birbirini tamamlayıcı özellik gösteren iki veya daha fazla yenilenebilir enerji kaynağını birlikte kullanan sistemler hibrid enerji sistemleridir ve sistem güvenilirliğini artırmaktadır (Kurban ve Hoccoğlu, 2004). Özellikle yaz-kış aylarında enerji gereksiniminin olduğu ve kesintiye yer verilmemesi gereken sistemler için uygundur. Hibrid uygulamalarda güneş, rüzgar ve dizel jeneratör enerji kaynaklarının ikili veya üçlü olarak kullanımı mümkündür. Hangi enerji kaynaklarının kullanılacağı özellikle bölgenin meteorolojik koşullarına göre belirlenir.

Literatürde bu alanda yapılan ilk çalışma, Nisan 2005’de Delaware tavuk çiftliğinde güneşten elektrik üretimi ve fizibilite çalışmasıdır (Byrne ve ark. (2005). Araştırmada fizibilite çalışması yapılmış, simülasyon modeli yaklaşımı ile alternatif senaryolar ve maliyet koşulları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmaya göre ABD’de belirli bölgelerde ve belirli politikalar altında güneş+ enerjisinin, tavuk üreticileri için daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Çalışma sonuçları; 1,5 kW’lık bir güneş panelinin Delaware’deki tavuk çiftliği için ekonomik olduğunu göstermektedir. 1,5 kW’lık bir fotovoltaik sistem eklendiğinde çevresel etki incelenmiş, ömrü boyunca 112 ton CO<sub>2</sub>, 1,8 ton sülfürdioksit (SO<sub>2</sub>) ve 0,4 ton azot oksit (NO<sub>x</sub>) azaltıldığı görülmüştür. (Akyüz ve ark. 2009). Literatürde, bu çalışmalara ilave olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Küçük Rüzgar Türbinlerinin Tarımsal İşletmelerde Kullanılabilme Olanakları ise Eker B ve Vardar A (2004) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada, tarımsal bir işletmenin enerji ihtiyacını ortaya koyabilmek için tarımsal işletmenin kurulu gücünün ortaya konulması gerekliliği göz önünde bulundurularak örnek bir tarımsal işletme modelinin enerji talebi belirlenmiştir. Bu örnek işletmenin Tekirdağ ili Çorlu ilçesinde kurulduğu varsayılarak



Tekirdağ ili Çorlu ilçesinin rüzgar karakteristikleri DMİ verileri doğrultusunda saptanmıştır. Daha sonra da Tekirdağ ili Çorlu ilçesinde kurulması öngörülen bu örnek tarımsal işletmenin ihtiyacı olan enerjinin küçük rüzgar türbinleriyle karşılanabilme olanakları değerlendirilmiştir. Belirlenen örnek tarımsal işletme için bir küçük rüzgar türbini modeli ve özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri isimli çalışmada, Karamanav M (2007) fotovoltaik olay ve güneş pillerinin ilkelerini inceleyerek yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi hakkında istatistiksel bilgileri değerlendirmiş, ayrıca güneş pilleriyle ilgili deneysel çalışmalar yapmıştır. Buna ilave olarak, Güneş enerjisinin mahiyeti ve güneş ışınlarının dünyaya olan etkileri, güneş pillerinin tarihsel gelişimi, maddesel yapısı, çalışma prensibi ve fotovoltaik dönüşüm ilkeleri, güneş pillerinin çeşitleri, güneş pillerinin verimlilikleri anlatılarak kullanım alanları belirtilmiştir. Güneş pillerinin çalışmasını etkileyen dış faktörler üzerinde durulmuş ve bu faktörlerden biri olan foto açısız etki deneysel çalışma yapılarak incelenmiştir. Yapılan bu deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler kullanılarak ışık açısına bağlı olarak güneş pilinin akım ve gerilim değişim grafikleri elde edilmiştir. Güneş pilleriyle ilgili önemli istatistiksel bilgiler derlenerek sunulmuş olup yenilenebilir enerji kullanımı, gelecek için alınan önlemler hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin endüstriyel tavukçuluk sektörü için ekonomik açıdan değerlendirilmesi ise Akyüz ve ark. (2009) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada, elektrik şebekesinden bağımsız, tipik ticari bir tavuk çiftliğinin enerji ihtiyacını karşılamak için hibrid bir sistemin teknolojik ve ekonomik olarak uygulanabilirliği incelenmiştir. Balıkesir ilinde faaliyet gösteren örnek tavuk çiftliğinden yapılan çalışmaları sistem enerji maliyeti, dizel jeneratörün işletme saatleri, karşılanamayan yükler, aşırı elektrik üretimi, yakıt tasarrufu açısından incelenmiştir. Tavuk çiftliğinin enerji ihtiyacı bulunarak, yük talebini karşılamak için farklı sistemler tasarlanmıştır. Elektrik yenilenebilir sistemler için hibrid optimizasyon (HOMER) yazılımında dört farklı durum için sırasıyla sadece dizel, fotovoltaik-dizel-akü, rüzgar-dizel-akü, fotovoltaik-rüzgar-dizel akü sistemleri değerlendirilmiştir.

Konya Ve Civarının Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Selçuklu Belediyesi Muhtar Evlerinde Güneşten Elektrik Üretim Sistemi Uygulaması adlı çalışma Karaca İH ve ark. (2011) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Konya'nın güneş enerjisi potansiyeli ortaya koyulmuş ve güneşten elektrik üretimi konusunda Konya'da yapılan örnek bir uygulamanın ayrıntılarına yer verilmiştir. Yapılan uygulamadan elde edilen veriler paylaşılmış ve

Türkiye’de az sayıda örneği olan güneşten elektrik üretim sisteminin bileşenleri anlatılmıştır. Çalışmada bu örnek uygulamadan yola çıkılarak, Türkiye’de güneşten elektrik üretimi konusunda en büyük teşvikin verildiği şehir olan Konya’da, benzer uygulamaların yaygınlaşmasına olan ihtiyaç vurgulanmıştır.

Türkiye’nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi ile ilgili çalışma Aksungur K.M ve ark.(2013) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Güneş enerjisinin Türkiye ve Dünya açısından değerlendirilmesi yapılarak diğer enerji türlerinin içerisindeki önemi vurgulanmıştır. Güneş kuşağında bulunan ülkemizin farklı coğrafi bölgelerinden alınan (Isparta, Erzincan, Ankara, Balıkesir, Yozgat, Birecik, Yalova) ışınım değerleri kullanılarak genel bir değerlendirme yapılmış ve güneş ışınım değerleri açısından çok büyük farklar olmadığı vurgulanarak Türkiye’nin tüm bölgelerinde güneş enerjisinin kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler isimli çalışmada, Dünyada ve Türkiye’de ısıl ve PV elektrik üretiminde meydana gelen gelişmeler, Türkiye’deki yasal düzenlemeler Altuntop N, Erdemir D(2013) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Houston ve ark. (2013) Kanada’nın Prince Edward ilinde kurulan küçük ölçekli hayvan işletmelerinin profilini ortaya çıkarmış ve bu çiftliklerin enerji tüketimlerini hesap ederek alınabilecek önlemleri sıralamıştır. Yapılan çalışma sonucunda, ampul ışığı ile yapılan aydınlatmanın sıkıştırılmış (yekpare) T8 floresan lambalar ile yapılması gerektiğini belirtmiştir. Buna ilave olarak, soğutma işlemlerinde enerji tüketimini optimize edebilmek için soğutucu merceklerinin düzenli bir şekilde bakım ve temizliğinin yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinin Amerika ‘da bulunan hayvan çiftliklerine uyumu Brochers ve ark. (2013) tarafından incelenmiştir. Kişi başına düşen milli gelir, demokratik oylama sistemi ve enerji kaynakları gibi ülkenin sahip olduğu bu özelliklerin çiftliklerinin kurulmasının benimsenme olasılığını arttırdığı görülmüştür.

Alam ve ark. (2013) Malezya’nın kentsel alanlarında yenilenebilir enerjinin kullanımını etkileyen sebepleri incelemiş ve yenilenebilir enerjinin bir yeşil enerji kaynağı olarak kabul edilip edilemeyeceğini teorik olarak incelemiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Araştırmanın Yürütüldüğü Bölge ve İşletme ile İlgili Bilgiler

Malkara, Tekirdağ iline bağlı, il merkezine 56 km uzaklıkta olan ilçesidir. 1225 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile Tekirdağ ilinin toprak alanı en geniş olan ilçesidir. 2010 yılına göre nüfusu 54121'dir. Malkara, Türkiye'nin kuzeybatı (Trakya) bölgesinde olup, 40 derece 54 dakika kuzey enlemi ile 26 derece 52 dakika doğu boylamı arasında yer almaktadır. Malkara ilçesi gerek tarım, gerekse hayvancılık bakımından önemli bir konuma sahiptir. Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı İlçe Müdürlüğünden alınan bilgilere göre toplam 1 225 000 dekar olan arazinin 679 600 dekarı tarla arazisi, 77400 dekarı mera, 9000 dekarı çayırılıktır. Malkara arazilerinin 2/3'ünde doğrudan veya dolaylı olarak tarım yapılmaktadır. İlçe özellikle süt inekçiliği ve damızlık hayvan bakımından Türkiye'de önemli bir konuma sahiptir. İlçede 54193 büyükbaş hayvan bulunmaktadır. İlçedeki günlük süt üretimi ortalama 288 000 litredir. Bunun 14000 litresi üreticinin kendi tükettiği ve kayıt dışı sattığı miktardır. Sanayiciye her gün verilen süt miktarı ortalama 274 000 litredir. Bu miktar kış aylarında 250 000 litre, bahar ve yaz aylarında ise 300 000 litredir.

Bu araştırma, Tekirdağ İli Malkara ilçesinde süt üretimi üzerine faaliyet gösteren Ari Büyükbaş Hayvan Çiftliğinden alınan veriler ile yürütülmüştür. Çiftlik Malkara ilçesi merkezinde yaklaşık 45000 m<sup>2</sup> alan üzerine kurulmuştur. Günlük ortalama 218 baş kültür ırkı sığırdan 5700 - 5800 kg süt elde edilmektedir. İşletme ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin tamamını Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş. (TREDAŞ)'dan karşılamaktadır. 1 kWh elektriğin işletmeye maliyeti 0,361 TL'dir. Çalışmada işletmeye kurulabilecek rüzgâr ve güneş enerjisi sistemlerinden elde edilecek elektrik enerjisinin işletmeye ekonomik yönden getirisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bir işletmenin enerji ihtiyacını ortaya koyabilmek için öncelikle incelediğimiz işletmenin kurulu gücünün ortaya konulması gerekmektedir. Bu nedenle işletmemizde bulunan elektrikli cihazlar ve güçleri belirlenmiştir. İncelenen hayvan çiftliğinde enerji; süt sağım makinaları, vakum pompası, soğutma tankı, aydınlatma, havalandırma, su ısıtıcı, devridaim pompası ve besleme pompasında kullanılmaktadır. Bu cihazların cinsleri ve güçleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. İşletmede kullanılan elektrikli cihazların cinsleri ve elektriksel büyüklükleri

<b>Motor ve Cihazların Cinsi</b>	<b>Gücü (kW)</b>
Vakum Pompası	22
Japy 4200 Soğutma Tankı	11,2
Su ısıtıcı	6
Havalandırma	4
Sağım Ünitesi Pompası	7,5
Diğer (aydınlatma, devridaim pompa, besleme pompa vb)	6
Toplam	56,7

Yukarıda kurulu güç değerini verdiğimiz tarımsal işletme için kurulması gereken güneş enerjisi ve rüzgar türbininin de yaklaşık 56,7 kW güç değerine sahip olması gerektiği düşünülebilir. Ancak unutulmaması gereken nokta yukarıdaki çizelgede yer alan cihazların tamamının aynı anda çalışmadığı gerçeğidir. Bu nedenle de örnek işletmemizin aylık olarak elektrik tüketim değerlerinin ortaya konulması gerekir. İşletmenin elektrik enerjisi tüketimi işletmenin aylık elektrik faturalarından kWh olarak saptanmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Örnek işletmenin elektrik tüketimi

AYLAR	Elektrik Enerjisi Tüketimi (kWh)
Ocak	475,1
Şubat	427,9
Mart	450,1
Nisan	450,3
Mayıs	467,7
Haziran	353,5
Temmuz	377,6
Ağustos	359,1
Eylül	318,9
Ekim	376,8
Kasım	366,8
Aralık	416,6
<b>TOPLAM</b>	<b>4840,4</b>
<b>Aylık Ortalama</b>	<b>403,4</b>
<b>Günlük Ortalama</b>	<b>13,3</b>

Örnek işletmemizin ortalama elektrik tüketiminin 403,4 kWh ve en yüksek tüketimin ocak ayında 475,1 kWh olduğu hesaplanmıştır. İşletmeye ait gerekli enerji gücü (GEG) ortalama tüketilen elektrik enerjisi olarak kabul edebiliriz. İşletmenin elektrik enerjisi tüketiminin %50 civarında yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması planlanmıştır. Süt hayvancılığında kullanılan en büyük enerji elektrik enerjisidir. Enerji maliyetini minimize etmek işletmenin kar payının arttırmasına katkıda bulunacaktır. Yenilenebilir enerjinin %30'unun güneş ve %20'sinin rüzgâr enerjisinden karşılanması ön görülmüştür.

Kurulacak PV panel sistemi ve rüzgâr türbininin kapasitelerinin hesaplanabilmesi için bölgede ortalama günlük güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı verilerine gereksinim duyulmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün internet sayfasından alınan verilere göre

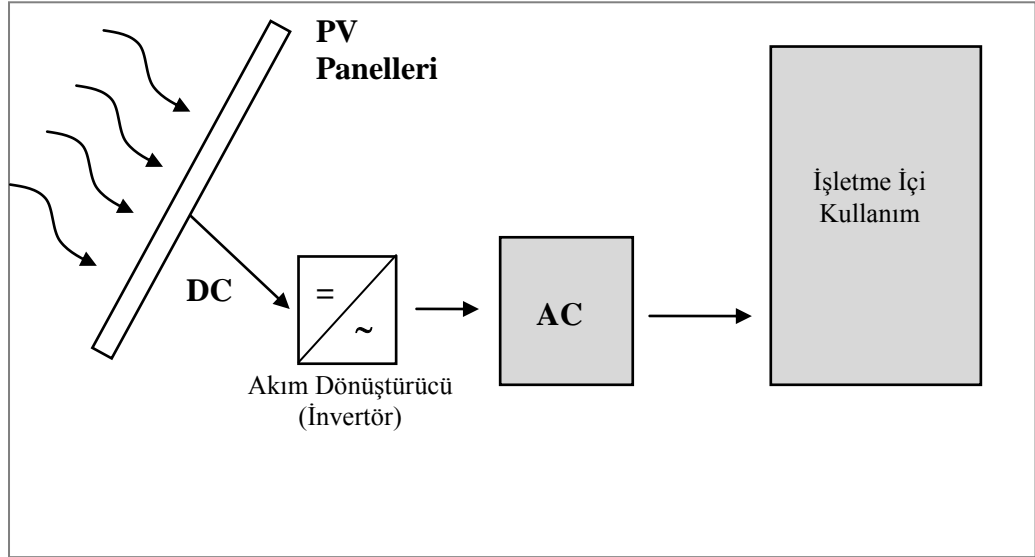
Tekirdağ ilinin 1953-2013 yılları arasında aylara göre ortalama günlük güneşlenme süreleri Çizelge 3.3’de verilmiştir. Bu değerlere göre Tekirdağ ilinde ortalama günlük güneşlenme süresi 5,6 h/gün olarak bulunmuştur. Bölgedeki ortalama rüzgar hızı ise EİE verilerine göre 3,6 m/s olarak belirlenmiştir

Çizelge 3.3. Bölgenin ortalama güneşlenme süresi (Anonim 2014)

AYLAR	Ortalama Güneşlenme Süresi (h/gün)
Ocak	2,4
Şubat	3,2
Mart	4,1
Nisan	5,4
Mayıs	7,5
Haziran	9,1
Temmuz	9,5
Ağustos	9,0
Eylül	7,2
Ekim	4,5
Kasım	3,2
Aralık	2,3
<b>Ortalama</b>	<b>5,6</b>

### 3.2. İşletmede Kurulacak PV Panel Sisteminin Özellikleri

İşletmenin elektrik enerjisi tüketiminin %30'unu karşılaması ön görülen ve Şekil 3.1 'de şematik şekil olarak gösterilen PV panel sisteminin üreteceği doğru akım (DC) elektrik enerjisinin bir invertör yardımıyla alternatif akıma (AC) ve şebeke frekansına dönüştürerek doğrudan elektrik tesisatına verilmesi planlanmaktadır. PV panel sistemi elektrik enerjisi ürettiği sürece işletme bunu kullanacak ve dış şebekeden elektrik enerjisi alınmadığı için elektrik sayacı çalışmayacaktır.



Şekil 3.1. PV panel sisteminin şematik görünüşü

PV panel sisteminde kullanılacak panellerin bir tanesinin anma gücü 250 W, yüzey alanı 1,62 m<sup>2</sup> olacaktır. PV paneline ait teknik veriler Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. PV paneline ait teknik özellikler

Panel Tipi	CSUN 250-60P
Modül Sınıfı	Class A
Standart Test Koşullarında (STC) Elektriksel Özellikleri E <sub>o</sub> =1000 W/m <sup>2</sup> ; Ortam Sıcaklığı 25 °C; AM 1,5 (IEC61215, IEC61730-1/2, UL 1703)	
Maksimum Güç (P <sub>max</sub> )	328,6 W
Açık Devre Gerilimi (V <sub>oc</sub> )	37,3 V
Kapalı Devre Akımı (I <sub>sc</sub> )	8,81 A
Anma Gerilimi (V <sub>m</sub> )	29,9 V
Anma Akımı (I <sub>m</sub> )	8,36 V
Anma Gücü (P <sub>m</sub> =I <sub>m</sub> xV <sub>m</sub> )	250 W
Panel verimi	% 15,4
Normal Çalışma Koşullarında (NOCT) Elektriksel Özellikleri E <sub>o</sub> = 800 W/m <sup>2</sup> ; Rüzgar Hızı : 1 m/s Hücre Sıcaklığı 45 °C; Ortam Sıcaklığı 20 °C (IEC61215, IEC61646)	
Açık Devre Gerilimi (V <sub>oc</sub> )	34,5 V
Kısa Devre Akımı (I <sub>sc</sub> )	7,1 A
Anma Gerilimi (V <sub>m</sub> )	27,6 V
Anma Akımı (I <sub>m</sub> )	6,7 A
Anma Gücü (P <sub>m</sub> =I <sub>m</sub> xV <sub>m</sub> )	185 W
Panel Yüzey Alanı	1,62 m <sup>2</sup>



### 3.2.1. PV Panel sisteminin boyutlandırılması

Güneş enerjisi sistem hesaplaması oldukça teknik bir husustur ve birçok değişken bu hesaba etki etmektedir. İşletmenin günlük enerji gereksinimi GEG belirlendikten sonra bunun PV sistemi tarafından karşılanacak oranına göre, PV sistemin kurulu gücü aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır (Anonoymus, 2004);

$$N_{PS} = \frac{\eta_{pv} \times GEG}{t_p \times AF} \quad (3.1)$$

$N_{PS}$  : PV sisteminin nominal gücü (W)

GEG: İşletmenin günlük enerji gereksinimi

$\eta_{pv}$  : PV sistemi tarafından karşılanacak oran

$t_p$  : Günlük ortalama güneşlenme süresi (h/gün)

AF : Kayıp faktörü

Kayıp faktörü, sistemde kullanılacak panel cinsi ve invertörün özelliklerine göre aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır;

$$AF = FK_1 \times FK_2 \times \dots \times FK_n \quad (3.2)$$

Burada FK oranları Çizelge 3.5’de verilmiştir (Barlett 2013);

Çizelge 3.5. PV panellerinin kayıp faktörleri

AZALMA FAKTÖRÜ	SINIRLAR
Pv Modül Etiket Dc Azalması	0,800-1050
Eğim/Düzenleme Faktörü	0,500-1000
İnvertör	0,880-0,960
Uyumsuzluk	0,970-0,995
Diyot ve Bağlantılar	0,990-0,997
Dc Kabloleme	0,970-0,999
Ac Kabloleme	0,980-0,993
Topraklama	0,300-0,995
Sistem Uyumu	Max. 0,995
Gölgeleme	Max. 1000
Güneş Takip	0,950-1000
Ömür	0,700-1000

PV sisteminde kullanılacak modül sayısı (n);

$$n = \frac{N_{PV}}{N_P(\text{NOCT})} \quad (3.3)$$

Burada;

$N_{PV}$  : PV sisteminin nominal gücü (W)

$N_P(\text{NOCT})$ : Normal hücre sıcaklığı çalışma koşullarında bir panelin anma gücü (W)

PV sisteminde kullanılacak panellerin toplam yüzey alanı;

$$A = n \times A_P \quad (3.4)$$

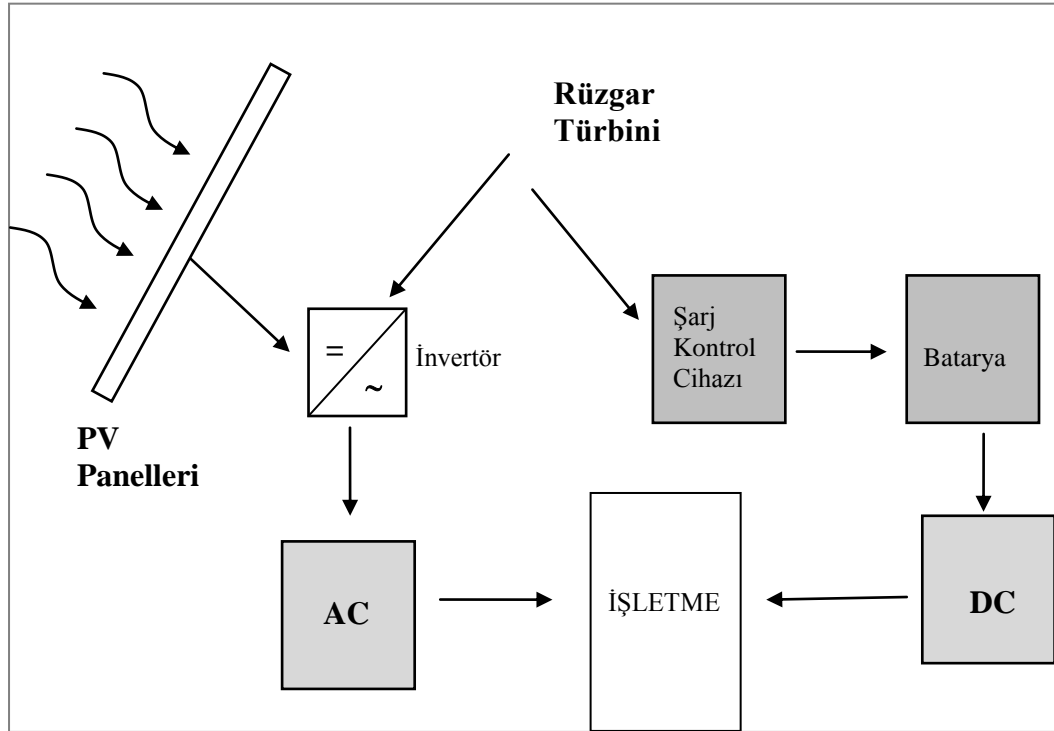
Burada;

n : Modül sayısı

$A_P$ : Bir PV panelinin yüzey alanı ( $m^2$ ), bağıntılarıyla hesaplanmıştır.

### 3.3. Kurulacak Rüzgar Türbininin Özellikleri

Şekil 3.2’de şematik şekil olarak gösterilen rüzgar türbini PV panel sistemiyle entegre olarak çalışacak, aynı zamanda ihtiyaç duyulduğunda kullanılmak üzere, özellikle gece çalıştığında, ürettiği enerjiyi depolaması için batarya sistemi de olacaktır.



Şekil 3.2. PV panel sistemi ile entegre çalışacak rüzgar türbini ünitesi

### 3.3.1. Rüzgar türbininin boyutlandırılması

İşletmenin günlük enerji kullanımının %20'ü rüzgar enerjisiyle karşılanacaktır. Bu amaçla rüzgar türbininin boyutlandırılması aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir (Aligah 2011);

Gerekli rüzgar enerjisi;

$$N_{RE} = \frac{\eta_{RE} \times GEG}{t_R} \quad (3.5)$$

Burada;

$N_{RE}$  : Rüzgar tesisi için gerekli güç (W)

GEG : İşletmenin günlük enerji gereksinimi (kWh/gün)

$\eta_{RE}$  : Rüzgâr tesisi tarafından karşılanacak oran

$t_R$  : Rüzgâr enerjisinden Günlük ortalama yararlanma süresi (h/gün)

Rüzgâr türbininden günlük yararlanma süresi ortalama 4 saat olarak ön görülmektedir.

Teorik olarak rüzgar türbinin efektif gücü aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir;

$$N_{RE} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \times C_p \times \eta_g \times \eta_i \quad (3.6)$$

Burada;

$\eta_g$  : Jeneratör verimi (~0,95)

$\eta_i$  : Dişli kutusu ve transmisyon verimi (~0,95)

$\rho$  : Havanın yoğunluğu (1,225 kg/m<sup>3</sup>)

A : Süpürme alanı (m<sup>2</sup>)

v : Havanın hızı (m/s)

$C_p$  : Güç faktörü (Maksimum 0,58)

Güç faktörünün 0,52 ve toplam kayıpların 0,82 olduğu varsayılmıştır.

Yukarıdaki bağıntı yardımıyla süpürme alanı bulunup, bundan sonra rüzgâr türbininin çapı hesaplanabilir.

Süpürme alanı;

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (3.7)$$

### 3.3.2. Batarya kapasitesinin saptanması

Rüzgâr türbininden elde edilecek elektrik enerjisi doğrudan kullanılmayıp bir bataryada depolandığında, batarya kapasitesi aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir (Brooks ve Dunlop, 2012);

$$BC = \frac{\eta_{RE} \times GEG \times d}{BG \times 0,42} \quad (3.8)$$

Burada,

BC: Batarya kapasitesi (Ah)

BG: Batarya gerilimi (V)

d : Şarj süresi (gün)

0.42 katsayısı batarya verimi (%85) ve deşarj faktörü (%50) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bataryalar 12, 24 ve 48 volt nominal voltaj değerlerine sahip olmakla birlikte, genellikle 12 volt bataryalar tercih edilmektedir. Bu araştırmada 12 V batarya ve 3 günlük şarj süresine göre hesaplama yapılacaktır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. İşletmenin Elektrik Enerjisi Tüketimi

İşletmenin bir yıllık elektrik enerjisinin aylara göre tüketim değerleri belirlenmiştir. İşletme bir yıl içerisinde toplam 4840,4 kWh, aylık ortalama 403,4 kWh, günlük ortalama 13,3 kWh elektrik enerjisi tüketmektedir.

### 4.2. Pv Panel Sisteminin Seçimi

İşletmenin elektrik enerjisi tüketiminin %30'unun kurulacak PV Panel sistemiyle karşılanması planlanmıştır. Bu durumda;

PV Sisteminin Karşılacağı Miktar =  $0,30 \times 13,3 = 3,98$  kWh/gün olur.

PV panellerinin güç azalma faktörleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Genel güç azalma faktörü 0,650 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.1. PV panellerinin güç azalma faktörleri

Azalma Faktörü	Değer	Sınırlar
PV Modül Etiket DC Azalması	0,900	0,800-1050
Eğim/düzenleme Faktörü	1,000	0,500-1000
İnvertör	0,870	0,880-0,960
Uyumsuzluk	0,980	0,970-0,995
Diyot ve Bağlantılar	0,995	0,990-0,997
DC Kablolama	0,980	0,970-0,999
AC Kablolama	0,990	0,980-0,993
Topraklama	0,950	0,300-0,995
Sistem Uyumu	0,980	Max. 0,995
Gölgeleme	0,950	Max. 1000
Güneş-takip	1,000	0,950-1000
Ömür	0,990	0,700-1000
<b>Genel Azalma Faktörü</b>	<b>0,650</b>	

Bölgenin ortalama günlük güneşlenme süresi 5.6 h/gün'dür. PV sisteminin kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$N_{PS} = \frac{\eta_{pv} \times GEG}{t_p \times AF} = \frac{0,30 \times 13300}{5,6 \times 0,650} = 1096,2 \text{ W} \quad (4.1)$$

PV modüllerin normal hücre çalışma sıcaklığında (NOCT) anma güçleri 185 W olduğundan, PV sisteminde kullanılacak panel sayısı aşağıda hesaplanmıştır;

$$n = \frac{N_{PS}}{N_p(\text{NOCT})} = \frac{1096,2}{185} = 5,9 \sim 6 \text{ adet panel} \quad (4.2)$$

Toplam panel yüzey alanı ise aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$A = n \times A_p = 6 \times 1,62 = 9,72 \text{ m}^2 \quad (4.3)$$

### 4.3. Rüzgar Türbininin Seçimi

Ortalama rüzgar hızının 3.6 m/s olduğu bölgede işletmenin enerji ihtiyacının %20'sinin rüzgar enerjisiyle karşılanması planlandığından, rüzgar tesisinin güç ihtiyacı aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır;

$$N_{RE} = \frac{\eta_{RE} \times GEG}{t_R} = \frac{0,20 \times 13,3}{4} = 0,665 \text{ kW} \quad (4.4)$$

Rüzgâr türbininin süpürme alanı;

$$A = \frac{2 \times N_{RE}}{\rho \times v^3 \times \eta_g \times \eta_i} = \frac{2 \times 665}{1,225 \times 3,6^3 \times 0,52 \times 0,82} = 54,57 \text{ m}^2 \quad (4.5)$$

Rüzgâr türbininin çapı;

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 54,57}{3,14}} = 8,3 \text{ m} \quad (4.6)$$

#### 4.4. Batarya Kapasitesi

12 V kapasiteye sahip bataryaların kullanılacağı şarj ünitesinde 3 günlük şarj süresi planlanmıştır. Sadece rüzgar türbininin bağlı olacağı batarya sisteminin kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$BC = \frac{\eta_{RE} \times GEG \times d}{BG \times 0.42} = \frac{0.20 \times 13300 \times 3}{12 \times 0.42} = 1583,3 \text{ Ah} \quad (4.7)$$



## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma, Tekirdağ ilinin Malkara ilçesinde bulunan ARİ hayvancılık işletmesinde, işletmenin enerji ihtiyacının %50'lik kısmının güneş ve rüzgar enerjisinden yararlanılarak karşılanması amacıyla yürütülmüştür. Bölgenin güneş ve rüzgar enerjisi potansiyeli ve işletmenin enerji gereksinim dikkate alınarak yapılan hesaplamaların sonuçlarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür;

- Kurulan hibrid sistemle işletmenin günlük enerji ihtiyacının 6,65 kWh'lik kısmı karşılanacaktır.
- Enerji ihtiyacının %30'luk kısmını karşılayacak PV panel sisteminde 185 W anma gücüne sahip 6 adet panele gereksinim duyulmaktadır.
- Panellerin toplam yüzey alanları 9,72 m<sup>2</sup> 'dir.
- Enerji ihtiyacının %20'lik kısmını karşılayacak rüzgar türbininin çapı 8,3 m olarak hesaplanmıştır.
- Rüzgar enerjisinin üreteceği enerji gerek duyulduğunda batarya sisteminde doğru akım olarak depolanacaktır. Bu amaçla oluşturulacak şarj ünitesinde batarya kapasitesi 1583,3 Ah olarak hesaplanmıştır.

İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen PV sistemleri 10 yıl bozulmama garantisi ve 25 yıl çalışma garantisi ile satılmaktadır. Ayrıca, bu sistemlerin bakım masrafları da oldukça düşüktür. Aynı şekilde rüzgâr enerjisi sistemleri de uzun ömürlü ve bakım masrafları düşük sistemlerdir. İşletme bu sistemleri kurduğu zaman uzun vadede önemli kazançlar sağlayacaktır. Bu nedenle geleneksel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması için çalışmalar yürütülmeli ve teşvik edilmelidir.

## 6. KAYNAKLAR

- Akyüz E, Bayraktar M, Oktay Z (2009). Hibrid Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Endüstriyel Tavukçuluk Sektörü İçin Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi: Bir Uygulama. Balıkesir Üniversitesi FBE Dergisi, Cilt:11,Sayı 2,44-54.
- Alam SS, Hashim NHN, Rashid M, Omar NO, Ahsan N, Ismail D (2013). Small-Scale Households Renewable Energy Usage Intention: Theoretical Development and Empirical Settings. Renewable Energy Journals, N:68 P. 255-263 (2014).
- Aligah MA (2011). Design of Photovoltaic Water Pump System and Compare it with Diesel Powered Pump. Jordan Journal of Mechanical Engineering, Volume 5, Number 3, P. 273-280
- Anonim (2014). Güneş Enerjisi. [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr) (erişim tarihi, 08.05.2014).
- Anonim (2014). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr) (erişim tarihi, 07.05.2014)
- Anonim (2014). Güneşlenme Süresi. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TEKIRDAG> (Erişim, 31.05.2014).
- Anonimus (2004). Phovoltaic Project Analysis. ISBN: 0-662-35672-1, Minister of Natural Resources Canada, CANADA.
- Borchers AM, Xiarchos I, Beckman J (2013). Determinants Of Wind And Solar Energy System Adoption By U.S. Farms: A Multilevel Modeling Approach Energy Policy Journals N.69 p:106–115 (2014).
- Brooks V, Dunlop J (2012). Photovoltaic (PV) Installer Resourche Guide. NABCEP, USA.
- Byrne J, Glover L, Hegedus S, VanWicklen G (2005). The Potential Of Solar Electric Applications For Delaware’s Poultry Farms. Working paper. Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware; (2005).
- Çalışkan M (2014). Türkiye Rüzgar Ve Güneş Enerjisi Potansiyeli. [www.ttmd.org.tr](http://www.ttmd.org.tr) (erişim tarihi, 08.02.2014)
- Eker B, Vardar A (2004). Küçük Rüzgar Türbinlerinin Tarımsal İşletmelerde Kullanılabilme Olanakları. V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, İstanbul.
- Gökçınar RE, Uyumaz A (2008). Rüzgar Enerjisi Maliyetler ve Teşvikler. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008 17-19 Aralık 2008, İstanbul.
- Houston C, Gyamfi S, Whale J (2013). Evaluation Of Energy Efficiency And Renewable Energy Generation Opportunities For Small Scale Dairy Farms: A Case Study In

Prince Edward Island, Canada. Physics and Energy Studies, School of Engineering and Information Technology, Murdoch University, Western Australia.

- İlkılıç C (2009). Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı. Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt:50,Sayı:593,s.26-32.
- Karaca İH, Gürkan EC, Yarar H (2011). Konya ve Civarının Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Selçuklu Belediyesi Muhtar Evlerinde Güneşten Elektrik Üretim Sistemi Uygulaması. I. Konya Kent Sempozyumu, 275-292, Konya.
- Karamanav M (2007). Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri. Y. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kevin L (2001). Test Method for Phovoltaic Module Ratings. FSEC-GP-68-01, Florida Solar Energy Center, Florida, USA
- Koyun A (2006). Güneş Bacası İle Enerji Üretimini İncelenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kurban M, Hocaoğlu FO (2004). Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü’nde Rüzgar ve Güneş Potansiyelini Belirleyerek Hibrid (Rüzgar-Güneş) Enerji Santral Modeli Kurmak. Bilimsel Araştırma Projesi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir (2004).
- Özdemir R (2012). Güneş Enerjisi Sektörü. [www.ahika.org.tr](http://www.ahika.org.tr) (erişim tarihi, 05.01.2014).
- Öztürk HH, Yaşar B, Eren Ö (2010). Tarımda Enerji Kullanımı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Ültanır MÖ (1998). 21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. Yayın No: TÜS\_AD-T/98-12/239, , Lebib Yalkım Yayınları ve Basım İşleri A.Ş., İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

Serhat GÜLER, 15.11.1973 tarihinde Erzurum'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamlamıştır. 1999 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde lisans öğrenimini tamamlamış, halen devam ettiği Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalındaki yüksek lisans öğrenimine 2010 yılında başlamıştır.