



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIMSAL SULAMA İÇİN 2.2 kW GÜCÜNDEKİ
BİR FOTOVOLTAİK SİSTEMİN TASARIMI**

Bayram GÜRE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

**Mayıs-2018
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Bayram GÜRE tarafından hazırlanan “Tarımsal Sulama İçin 2,2 Kw Gücündeki Bir Fotovoltaik Sistemin Tasarımı” adlı tez çalışması 17/05/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğretim Üyesi Özkan ATAN

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Ahmet GÜNDOĞDU

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Musa YILMAZ

İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Doç. Dr. Bahattin İŞCAN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Bayram GÜRE

17.05.2018

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

TARIMSAL SULAMA İÇİN 2.2 kW GÜCÜNDEKİ BİR FOTOVOLTAİK SİSTEMİN TASARIMI

Bayram GÜRE

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÜNDOĞDU

2018, 81

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÜNDOĞDU

Dr. Öğr. Üyesi Özkan ATAN

Dr. Öğr. Üyesi Musa YILMAZ

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde, yaz aylarında güneşli gün sayısı fazla olmasından dolayı, tarımsal faaliyetlerde sulamaya daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Şebeke elektriğinin bulunmadığı tarımsal alanlarda, sulama yapmak için jeneratör ya da mazot ile çalışan su motorları kullanılmaktadır. Kullanılan bu sistemlerin yakıt giderlerinin yüksek olması çiftçilere büyük sıkıntı vermektedir. Bundan dolayı; bölgede tarımsal sulama için, güneş enerjisinden yararlanarak fotovoltaik panelli sulama yapmak uzun vadede en mantıklı ve masrafsız sistem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Fosil yakıtlarının çevre kirliliğine sebep olması ve tükenmesinden dolayı, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin fotovoltaik sistemler yardımıyla tarımsal sulamada kullanılabilmesi önemlidir. Tarımsal sulamanın klasik enerji kaynakları ile çalışan sulama pompaları kullanılarak yapılmasının yanında, fotovoltaik sistemle çalışan sulama pompalarıyla da yapılabileceği bilinmektedir. Bu çalışmada; yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olan güneş enerjisinin kullanımının artırılmasına katkıda bulunmak ve bu kaynakların gelişen teknolojiyle birlikte her türlü enerji ihtiyacını karşılayabileceğini göstermek istenmektedir. Ayrıca; şebeke enerjisi ile çalışan alternatif akım dalgıç motorlarının veya yeni kurulacak bir su temini sisteminde ki faz-faz 380 volt AC gerilim ile çalışan 2.2 KW gücünde yağ soğutmalı 4' dalgıç motorunun, faz-faz 220 volt AC gerilimi ile çalışmasını sağlayacak işlem basamaklarının yapılması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede güneş enerjisi ile çalışan bir fotovoltaik sistem tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji, Fotovoltaik Sistem, Güneş Enerjisi, Dalgıç Pompa, Tarımsal Sulama

ABSTRACT

MS THESIS

DESIGN OF A 2.2 kW PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR AGRICULTURAL IRRIGATION

Bayram GÜRE

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY**

RENEWABLE ENERGY SYSTEMS DEPARTMENT

Advisor: Dr. Teaching Staff Ahmet GÜNDOĞDU

2018,81

Jury

Dr. Teaching Staff Ahmet GÜNDOĞDU

Dr. Teaching Staff Özkan ATAN

Dr. Teaching Staff Musa YILMAZ

Today, the efficient use of renewable energy sources is of great importance. In the South Eastern Anatolia Region, there is a greater need for irrigation in agricultural activities due to the high number of sunny days in summer. In agricultural areas where there is no mains electricity, water generators or diesel powered water engines are used for irrigation. The high fuel costs of these systems cause great difficulties for the farmers. Therefore; irrigation by photovoltaic panel using solar energy for agricultural irrigation is the most logical and costless system in long term.

It is important that solar energy, which is one of the renewable energy sources, can be used in agricultural irrigation with the help of photovoltaic systems because of the environmental pollution and depletion of fossil fuels. It is known that agricultural irrigation can be done with irrigation pumps working with conventional energy sources as well as irrigation pumps working with photovoltaic systems. In this study; it is desired to contribute to increasing the use of solar energy, one of the most important renewable energy resources, and to show that these resources can meet all kinds of energy needs, along with developing technology. Also; phase alternating current submersible motors operating with mains power or a phase-to-phase 220 volt AC voltage with oil-cooled 4 'submersible motor running at 2.2 KW with phase-to-phase 380 volt AC voltage in a newly installed submersible system. In this case, a photovoltaic system working with solar energy is designed.

Keywords: Energy Resources, Renewable Energy, Photovoltaic System, Solar Energy, Submersible Pump, Agricultural Watering

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitiminin her safhasında yardımlarını eksik etmeyen ve tez proje konusunun belirlenmesinde olduğu gibi diğer aşamalar da yardımını esirgemeyen, değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÜNDOĞDU' ya teşekkür ederim.

Çalışmalarında manevi desteğini ve hoşgörüsünü benden esirgemeyen eşime ve çocuklarıma teşekkür ederim.

Bayram GÜRE
BATMAN-2018



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ.....	8
2.1. Geleneksel Enerji Kaynakları	8
2.2. Alternatif (Yenilenebilir) Enerji Kaynakları.....	9
2.3. Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri	16
2.3.1. Güneş Enerjisinden Isı Enerjisine Dönüşüm	17
2.3.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisine Dönüşüm	17
2.3.3. Güneş Enerjisinin Tarımsal Sulamadaki Önemi.....	17
3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ	19
3.1. Yeryüzüne Gelen Güneş Işınımı ve Güneş Açılırları.....	22
3.2. Güneş Panellerinin Konumlandırılması	22
3.2.1. Panellerin Yatay Düzleme Paralel ve Sabit Olarak Konumlandırılması	22
3.2.2. Panellerin Optimum Eğim Açısıyla Konumlandırılması	23
3.2.3. Panellerin Tek Eksenli Konumlandırılması	24
3.2.4. Panellerin Çift Eksenli Konumlandırılması	25
4. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER.....	27
4.1. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri	28
4.1.1. Fotovoltaik Panel Çeşitleri.....	28
4.1.1.1. Monokristal Güneş Panelleri	29
4.1.1.2. Polikristal Güneş Panelleri.....	30
4.1.1.3. İnce (Thin) Film Güneş Panelleri	32
4.1.2. Evirici (İnverter)	33
4.1.3. Enerji Depolama Birimi (Aküler)	33
4.1.4. Şarj Ünitesi	34
4.2. Fotovoltaik Hücresinin Elektriksel ve Matematiksel Modeli	34
4.3. Güneş Paneli Çeşitlerinin Yıllık Enerji Üretimlerinin Karşılaştırılması	36
4.4. Güneş Panellerinde Verimlilik.....	37
4.5. Güneş Panellerinde Güç.....	37
4.6. Güneş Panellerinin Fotovoltaik Güç Karakteristikleri.....	38
4.7. Panel Verimini Etkileyen Diğer Faktörler	39

5. ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU POMPALAMA SİSTEMİNİN TASARIMI	41
5.1. Sistem Sürtünme Kaybı ve Dalgıç Pompa Seçimi.....	42
5.2. Fotovoltaik Panel ve İnverter Seçimi.....	44
5.3. Asenkron Dalgıç Motorun Seçimi	49
5.4. Motor Sarımı ve Bağlantı Şeklinin Değiştirilmesi	50
5.5. Motor Kablo Seçimi.....	56
5.6. Y-Δ Bağlı Motorda Güç Bağlılıkları	56
5.7. Sistem Kurulumu	63
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	72



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	:	Yüzey alanı	(m ²)
H _m	:	Manometrik yükseklik	(m)
Q	:	Su debisi	(m ³ /h)
M _{ss}	:	Basma yüksekliği	(m)
P _{max}	:	Maksimum Güç	(W)
V _{oc}	:	Açık Devre Voltajı	(V)
V _{mpp}	:	Maksimum Güç Voltajı	(V)
I _{sc}	:	Kısa Devre Akımı	(A)
I _{mpp}	:	Maksimum Güç Akımı	(A)
N	:	Panel Verimlilikleri	(%)
ΔP _{max}	:	Güç Toleransı	(W)

Kısaltmalar

W	:	Güç birimi
kW	:	Kilovat
MW	:	Megavat
(Kg)	:	Ağırlık
(STC)	:	Standart Test Koşulları
FV	:	Fotovoltaik
PLC	:	Programlanabilir Mantık Denetleyicisi
DA	:	Doğru Akım
AC	:	Alternatif Akım
MGNİ	:	Maksimum Güç Noktası İzleyicisi
GES	:	Güneş enerjisiyle sulama
EİE	:	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
PWM	:	Darbe Genişlik Modülasyonu

1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisinde kullanılan enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde tükeniyor olması ve bunu yanında verimsiz bir şekilde kullanılması, insanoğlunu daha temiz ve tükenmeyen enerji kaynakları bulma arayışına yönlendirmiştir. Bu doğrultuda, nüfus artışı ile birlikte Dünya genelinde enerji ihtiyacı talebinde görülen artış, enerjinin verimli bir şekilde kullanılması, yüksek verimliliğe sahip çözümler için yenilenebilir enerji kaynakları arayışını göz önüne çıkarma çalışmalarına hız vermiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en başında güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisi, elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu çerçevede güneşten gelen yüksek ve yeterli miktarda enerjiyi akım ve gerilime çevirmeye yarayan araçlara fotovoltaik (FV) araçlar denir (Gençoğlu, 2015).

Güneş panellerinin oluşumunu gerçekleştiren hücreler güneşten gelen ışınların etkisiyle elektrik akımını oluşturmak üzere üretilmiş malzemelerdir. Panellerin uzun süre sorunsuz çalışmaları, dayanıklı ve güvenilir olmaları, günümüz şartlarında kullanımlarını hızla artmaktadır. Olumsuz etkilere sahip olmayan çevreci yenilenebilir enerji kaynaklarından olan FV sistemlerin, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve veriminin düşük değerlerde seyretmesi gibi olumsuz dezavantajları da mevcuttur.

Güneş enerjisinin kullanımı ile ilgili olarak genellikle yerleşim yerlerinden uzak yerlerdeki gerekli enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik belirleyici çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların başında, şebeke bağlantısı olmayan veya şebeke bağlantı uzaklığı nispeten fazla olan yerlerde yapılacak olan tarımsal sulama gelmektedir.

Elektrik enerjisinin olmadığı yerlerde yeni enerji hattının çekilmesi, kurulum maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle bizleri değişik çözümler bulmaya yönlendirmiştir. Türkiye’de yaygın olan tarım alanlarının kırsal yörelerde olması ve tarım ile uğraşan bireylerin fazla olması, FV sistemler aracılığıyla su teminini pompalar yardımıyla kuyulardan çıkartmaya yönlendirmiş ve tarımsal çalışmalar yaparak geçimlerini sağlamayı amaçlamıştır.

Bütün canlılar, yaşamlarını devam ettirebilmek için suya gereksinim duyarlar. Bu canlılar arasında yer alan bitkiler, gereksinim duyduğu suyu bitki kökleri aracılığıyla topraktan almaktadırlar. İhtiyaç duyduğu suyu doğal yollardan karşılayamadığı durumlarda bitkilere ölçülü ve kontrollü biçimde dışarıdan suyun verilmesi gerekmektedir. Bu işleme sulama adı verilir (Kara, 2005).

Sulamanın, doğru ve düzgün bir şekilde yapılması, tarımsal faaliyet açısından önemli sonuçlar doğurur. Bunun en bariz örneği; tarımsal üretimi artırır, toprak ve çevre için olumlu etkiler geliştirir, kuraklığın neden olabileceği olumsuzlukları azaltır, kurak ve nüfusu azalmış bölgelerde nüfus artışı sağlama gibi değişik amaçlar doğrultusunda ulusal geliri artırır, işsizliği düşürerek yeni iş olanakları yaratır. Toprakta meydana gelebilecek bazı olumsuzlukları ortadan kaldırarak, Tuzlu toprakların ıslahı gerçekleştirilmiş olur. Gıda azlığına karşı önlem olarak, Önemli ve pahalı ürün kayıplarını azaltır. Nüfus dağılımının dengeli olmasına katkı sağlar. (Köksal, 2012).

Sulamanın yapılabilmesi için farklı yöntem ve sistemler kullanılmaktadır. Uygun sulama teknikleri kullanılması verimi artırırken, gereğinden fazla sulama verimliliği aynı zamanda azaltmaktadır.

Ülkemiz 78 milyon hektar yüzölçümüne sahiptir ve bunun yaklaşık 28 milyon hektarı tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Sulanabilen tarım arazisi miktarı 8,5 milyon hektar iken bu alanın sadece 4,9 milyon hektarı 2004 yılında sulanabilmiştir. Bu da bize gösteriyor ki yıllık yağış ortalamasının 670 mm olduğu, tarım alanlarının yıllara göre tarım arazisi olarak kullanılmasının sulama ve yağış miktarına göre farklılaştığını göstermektedir (Aksoy, 2011).

Sulamada temel yöntem su kaynağı olan kuyu veya kanal ile sulama yapılacak tarım alanı arasında suyun hangi şekilde iletileceğidir.

Suyun kuyudan çıkarılması ve bir yerden başka bir yere taşınabilmesi bir enerjiye gereksinim vardır. Bu gereksinim doğrultusunda bir pompalama sistemi kullanmak gerekmektedir. Bu pompalama sisteminde temel amaç tarımı yapılacak

bitkinin, büyüyüp gelişebilmesi için gerekli olan su ihtiyacının zamanında, yeterli miktarda ve en az maliyetle yerine ulaştırmaktır.

Suyun bu hareketi, bir enerji gerektirir. Suyun kaynak ile tarla arasında iletilmesinde kullanılan mekanik araç ve gereçlerin tümü pompaj tesisini oluşturur. Pompaj tesisinin projelenmesi, seçimi, kurulması, işletilmesi ve bakımı önemli mühendislik konularını içerir. Temel amaç, bitkinin gereksindiği suyu zamanında, yeterli miktarda, en az enerji ve işletme gideri ile sağlamaktır. Tarım sektöründe enerji kullanımına ilişkin son gelişmeler, yoğun enerji tüketilen sulama uygulamalarının enerji korunumun da önemli bir yeri olduğunu göstermiştir. Son yıllarda sulama uygulamalarında enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak yapılan araştırmalar; sulama amacıyla yeni ve yenilenebilir doğal enerji kaynaklarının kullanılmasına ve fosil yakıtların tüketildiği geleneksel sistemlerine alternatif olarak, düşük maliyetli ve etkinliği yüksek sulama sistemlerinin geliştirilmesine yönlendirilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde, tarımsal sulamada en çok kullanılan güneş enerjili sulama sistemleri ile tarımsal alanda faaliyet gösteren kişilerin en çok gider içerisinde yer tuttıkları, sulama giderlerinin azaltılması, normal şebeke bağlantılı sulama sistemlerindeki elektrik enerjisi fatura giderinin olmaması ve buna bağlı olarak üretim maliyetinin azalması sağlanmış olur. Bu çerçevede fosil yakıtlı enerji kaynaklarından yararlanma yerine, doğal enerji kaynağı olan güneş enerjisinden yararlanılması öncelikli olmuştur.

Güneş enerjili sulama sistemlerinin diğer sulama sistemlerine göre avantajlı sayılabilecek özellikleri kısaca şöyle sıralanabilir. Uzun süreli bakıma ihtiyaç duymamaları, kullanım sürelerinin verilere göre ilk 10 sene için %90 verim ile ikinci 10 sene için ise %80 verim ile çalışabilmesi, yakıt ve diğer benzeri ihtiyaçlarının olmaması ve buna bağlı olarak çevreye duyarlı çevreyi kirletmeyen bir enerji çeşidi olması ve tükenmek bilmeyen güneş enerji kaynağına bağlı oluşu güneş enerji sistemlerinin başlıca avantajları olarak ifade edilebilir. Tarımsal sulamanın özellikle yaz aylarında yapılıyor olması ve su gereksiniminin tarımsal açıdan bu aylarda ihtiyaç duyulması bu sistemi daha cazip bir hale getirmiştir. Güneş enerjili tarımsal sulama sisteminin olumsuz yanı ise daha öncede belirttiğimiz üzere ilk kurulum maliyetinin

yüksek olması ve FV güneş enerjisi sistem verimliliğinin o anki hava koşullarına bağlı olarak değişe bilirliğidir (Köksal, 2012).

Bu bağlamda bu konu ile ilgili yapılmış önceki çalışmaların tarihsel gelişim sürecindeki kısa bir özeti verilmiştir.

Gençoğlu (2015), Şebekeden bağımsız olarak gerçekleştirilen güneş enerjili FV sistem ile enerjisi temin edilen bir su pompalama sisteminin PLC kontrollü tasarımı yapılmıştır.

Aksoy (2011), Güneş ve rüzgâr enerjisiyle oluşturulan sistem ile elektrik enerjisi üretimi yapılmış olup elde edilen enerji ile tarımsal sulamaya yönelik çalışma yapılmıştır.

Yusufoğlu(2013), Güney Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek amacıyla fotovoltaik sistemleri kullanarak, güneş panelleri ile uyumlu DC pompa ile tarımsal sulama yapmıştır.

Mokeddem ve ark. (2011), Yaptıkları deneysel çalışmada FV sistem ile üretilen DC voltaj direkt olarak DC motora verilmiştir. Değişik iklim koşullarında ve ışıınım değerlerinde pompa veriminin analizinin yapıldığı, elektrik şebekesinin olmadığı ve şebekeden uzak yerlerde oldukça elverişli bir sistem olduğuna değinilmiştir.

Türkay ve Telli (2011), Yaptıkları çalışmada İstanbul Teknik Üniversitesinde şebeke bağlantılı ve şebekeden bağımsız yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı, ekonomik açıdan karşılaştırılmış olup şebeke bağlantılı sistemin daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Dursun ve ark. (2010), Ege bölgesi için fotovoltaik, rüzgâr türbini ve yakıt pili güç üretim sistemlerinin performans analizlerini araştırmıştır. Güneş ve rüzgâr enerjisinin dünyada yaygın olarak kullanılabilir bir enerji olduğu, yakıt pilinin ise iyi bir destek birimi olduğu sonucuna varmışlardır.

Chen ve ark. (2010), Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerji üretim sistemlerini açıklamıştır, güneş-rüzgâr hibrit enerji üretimi için, faydalar, maliyet ve riskler ile ilgili analiz yapmışlardır.

Bir orta Amerika ülkesi olan Guatemala'da Granich ve Elmore (2009), Yaptıkları çalışmada, derin su kuyusundan pompa sistemi ile yüksek bir depoya taşınan ve bu depoda biriktirilen su ile evlerde su ihtiyacının karşılanabileceği araştırılmıştır. Üretilen enerjinin pompalama sistemi için yeterli olmadığı sonucuna varılmış, ekonomik olmadığı fakat elektrik şebeke sisteminin olmadığı yerlerde şebeke hattının çekilmesi yanında ekonomik olabilir sonucuna varılmıştır.

Ramos ve Ramos (2008), Özellikle Afrika, Kuzey Asya ve Latin Amerika ülkeleri gibi gelişmekte olan ülkelerde kuyulardan su çekme yönteminde güneş enerji sisteminden yararlanılabileceğini incelemiş, kullanım alanlarının çok fazla olduğuna değinmiş, ilk yatırım maliyetinin hesabı çıkarılmış ve bu maliyete istinaden su maliyetinin ne kadar olduğu hesaplanmıştır.

Glasnovic ve Margeta (2007), Güneş enerjisi ile çalışan tarımsal sulama sistemi için matematiksel model oluşturmuştur. Hırvatistan'da 30 bölge için ışınım, iklim, sulama yöntemleri ve ekilen bitkiler dikkate alınarak analizler yapmıştır. Bu analizler sonucunda güneş enerjisinin sulamada kullanılabileceği sonucuna varmış. Fakat güneşlenme süresinin farklı oluşu tarımsal sulamayı olumsuz yönde etkilediği sonucuna varmışlardır.

Yeşilata ve Aktacir (2001), Güneş enerjili su pompalarının dizaynının nasıl yapılacağına değinilmiş, sistemi oluşturan elemanların seçimini kolay bir şekilde tasarlayacak grafikler oluşturulmuştur.

Kavlak ve Güngör (2006), çalışmalarında temiz ve ekonomik şekilde sulama işleminin yapılabilmesi için, mazotla çalışan pompaların yerine güneş enerjisi ile çalışan su pompalarının kullanılmasının daha elverişli olacağını belirtmiştir.

Dursun ve Saygın (2006), 300 W gücüne sahip üç fazlı 12-8 kutuplu relüktans motor için konvertör tasarlanmıştır. Bu sürücü sulama sistemindeki pompayı çalıştırmada kullanılmıştır.

Yeşilata ve ark. (2001), küçük ölçekli su temininde kullanılmak üzere direkt-akupleli prototip bir güneş enerjili FV panel dalgıç pompa sisteminin analizi yapılmıştır.

Bir başka çalışma da (2008), Muğla Üniversitesi merkez kampüste bulunan 15 kWp kurulu güce sahip su pompalama sisteminin güneş enerjili FV sistemle çalışan motor pomplara ait güç karakteristiklerinin belirlenmesi ve şebeke karakteristikleriyle karşılaştırılması yapılmıştır.

Köksal (2012), ise çalışmasında, güneş enerjisinden FV sistemlerin getirmiş olduğu ilkelere bağlı olarak, dalgıç pompaların çalışabilmesi için gerekli olan materyal ve mekanik enerjinin sağlanması durumunda güneş enerjisi sulama sisteminin çalışması yapılmıştır.

Tezin Amacı : Bu tez çalışmasında, etiketinde 2.2 kW, Y bağlı / 380 Volt yazan bir AC dalgıç motorun, Δ bağlı / 220 Volt gerilim seviyesinde çalışmasını sağlayacak olan;Şebekeden bağımsız bir fotovoltaik sistemin tasarımı ve Motor sargı ve bağlantı değişikliği gerçekleştirilerek tasarlanan yeni sistemin boyut ve maliyet analizi gerçekleştirilecektir.

Tezin Yapısı : Yukarıdaki saptamalara bağlı olarak, tezin giriş bölümünde konu ile ilgili olarak literatürde kilometre taşları sayılacak örnek çalışmaların genel bir değerlendirilmesi verilmiş ve tez çalışmasının genel bir tanıtımı yapılmıştır.

İkinci bölümde, Geleneksel enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynakları hakkında detaylı açıklamalar yapılmış ve güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerine değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, Ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli verileri tablo halinde verilmiş ve yine ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli atlası sunulmuştur. Ayrıca bu bölümde yine fotovoltaik panellerin konumlandırılmasına bağlı olarak fotovoltaik panellerin performans grafikleri verilmiştir.

Dördüncü bölümde, şebeke bağlantılı ve şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler ile alt bileşenleri hakkında detaylı bilgiler verilmiş, fotovoltaik panellerin verimliliğine etki eden faktörler sıralanmış ve bir fotovoltaik hücrenin fiziksel yapısı ile elektriksel ve matematiksel eşdeğer devre modelleri açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, şebekeden bağımsız su pompalama sisteminin tasarımı hakkında detaylı bilgiler verilmiş, sistemi oluşturan bileşenlerin seçimi ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Altıncı bölümde, konu hakkında sonuç ve öneriler kısmı açıklanmıştır.



2. ENERJİ

Sanayileşmenin temelini oluşturan ve kalkınmanın bir göstergesi olan enerji canlıları çevreleyen, onları etkileyen, onlardan etkilenen bir faktördür.

Toplumsal gelişme ile birlikte, enerjinin elde edilişindeki farkındalık ve enerji ihtiyacının gün geçtikçe artıyor olması, enerji üretim tesislerinin, çevreyi olumsuz etkileyen faktörler içinde yer almasını sağlamıştır.

Bu doğrultuda imzalanan Kyoto Protokolü, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleye sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçeve olarak öne çıkmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Bu protokolü imzalayan ülkeler, karbondioksit ve sera etkisine neden olan diğer beş gazın salımını azaltmaya veya bunu yapamıyorsa karbon ticareti yoluyla haklarını arttırmaya söz vermişlerdir. Protokol, ülkelerin atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmelerini gerekli kılmaktadır. 1997’de imzalanan protokol, 2005’te yürürlüğe girebilmiştir. Bu gecikme, protokolün yürürlüğe girebilmesini onaylayan ülkelerin 1990’daki emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam emisyon oranının %55’ini bulamamasından dolayıdır ki, bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya’nın katılımıyla ulaşılabilmektedir.

Günümüzde eksikliği tam olarak hissedilmemekle birlikte, yakın bir gelecekte ülkelerin enerji gereksinimine olan talepleri hızla artacaktır. Ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyecek olan; sürekli, güvenilir, kaliteli, temiz ve ekonomik enerji temini, enerji politikalarının başında yer almaktadır.

2.1. Geleneksel Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları olarak ifade edilen fosil yakıt ve radyoaktif elementler yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Dünya genelinde kullanılan her enerji türü aslında yenilenebilir enerji kaynakları sınıfında yer alır ancak bazı enerji türlerinin tekrardan eski formlarını almaları aşırı derecede uzun zaman gerektirir. Bu yüzden bu tür enerji kaynaklarına yenilenemez enerji kaynakları denilmektedir. Kömür, petrol, doğalgaz ve bor gibi kaynaklar yenilenemez enerji kaynakları arasında yer almaktadır.

2.2. Alternatif (Yenilenebilir) Enerji Kaynakları

Gelecek nesillerin enerji ihtiyacını karşılamak ve çevreye verilen zararı en aza indirgeyebilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmamız gerekmektedir. Dünyanın giderek en büyük sorunu haline gelen enerji ihtiyacını, yenilenebilir enerji kaynakları olarak isimlendirilen;

- Güneş enerjisi
- Rüzgâr enerjisi,
- Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi
- Jeotermal enerjisi
- Biyokütle enerjisi
- Hidrojen enerjisi
- Dalga enerjisi

Alternatif kaynakların kullanılmasıyla çözmemiz mümkündür. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından bazıları aşağıda sıralı bir şekilde açıklanmıştır.

2.2.1. Güneş Enerjisi

Dünyaya gelen güneş enerjisi, güneş kolektörleri ile ısı enerjisine ve güneş panelleri ile de elektrik enerjisine dönüştürülür. Doğal enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisi çevreye zararı olmayan bir enerji türüdür.

Önceleri maliyeti yüksek olan bu enerji türünün kullanımı şimdilerde daha uygun maliyetler sayesinde hızla artmaktadır. Önemi gün geçtikçe artan güneş enerjisinin faydaları ve sakıncaları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.



(a) (b)
Şekil 2. 1. Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Güneş Enerjisinin Faydaları;

- Yenilenebilir enerji kaynağıdır,
- Çok ekonomiktir,
- Dış kaynaklara bağımlı değildir ve her ülke kullanabilir,
- Çevresel açıdan temiz enerji kaynağıdır.

Güneş Enerjisinin Sakıncaları;

- Üretim için verimi düşüktür,
- Tüm yıl boyunca kararlı değildir. Mevsimsel ve günlük değişimler gösterir.
- İlk yatırım maliyeti oldukça yüksektir,
- Orta ve küçük çaplı tüketiciler için çok pahalıdır,
- Bazı durumlarda depolanması gereklidir, bu da maliyeti çok arttırmaktadır,
- Gölgeleme durumlarında ciddi verim kaybı görülebilir.

2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Güneş ışınlarının dünyaya geliş açısındaki farklılıklar sayesinde oluşan basınç ve dünyanın dönüşü ile ortaya çıkan rüzgârlar sayesinde elde edilen enerji türüdür. Yoğun rüzgâr olan yerlerde kurulan rüzgâr türbinleri sayesinde elde edilen rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alır. Teknolojik gelişmeler sayesinde rüzgârın tahmin edilebilir olması rüzgâr enerjisini daha etkili kullanabilmemize yardımcı olmaktadır.



Şekil 2. 2. Rüzgâr Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Rüzgâr Enerjisinin Faydaları;

- Sürekli bir enerji kaynağıdır,
- Doğal kaynaklardan olduğu için dışa bağımlılığı yoktur,
- Sektörü sürekli geliştiği için birim maliyetler de sürekli düşmektedir,
- Temiz enerji kaynaklarından ve çevreye zararı yok denecek kadar azdır,
- Yeryüzünün neredeyse %95'inde rüzgâr enerjisinden faydalanılabilir.

Rüzgâr Enerjisinin Sakıncaları;

- Rüzgâr türbinleri için büyük alanlar gereklidir,
- Görsel açıdan kirlilik yaratmaktadır,
- Göç eden kuşlar için tehdit oluşturur ve toplu kuş ölümlerine sebebiyet verir,
- Yüksek desibelde ses oluşturmaktadır ve gürültü kirliliğine sebep olmaktadır,
- Verimleri değişmekle beraber genelde düşüktür,
- Şehir merkezlerinde ve vadilerde çok verimsizlerdir,
- Rüzgâr türbinlerinde devrilme ve yanma gibi istenmeyen durumlar görülebilir.

2.2.3 Hidrolik (Hidroelektrik) Enerji

Hidroelektrik enerji, suyun akış gücü kullanılarak elde edilen ve sera gazı salınımı yapmaması sayesinde çevreye hiçbir zararı olmayan enerji çeşididir. Hidroelektrik enerji, suyun akışının yarattığı kinetik enerjinin kanallar vasıtası ile türbinlere iletilmesi ile üretilir. Özellikle yüksekliğin ve su akış hızının fazla olduğu yerlerde hidroelektrik üretimi yapılması büyük avantaj sağlayacaktır.



Şekil 2. 3. Hidrolik Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Hidrolik Enerjinin Faydaları;

- Çevre kirliliği oluşturmaz,
- Aşırı enerji ihtiyacı gibi durumlarda çok hızlı devreye alınabilir,
- Acil durumlarda yine çok hızlı devre dışı bırakılabilir,
- Doğal kaynaklardan olduğu için dışa bağımlılığı yoktur,
- Sadece enerji değil, sulama ve diğer faaliyetler içinde kullanılabilir.

Hidrolik Enerjinin Sakıncaları;

- İlk yatırım maliyeti çok yüksektir,
- Kurulum süresi çok uzundur,
- Enerji üretme kapasitesi yağış miktarına bağlıdır,
- Hidroelektrik barajlar bulunduğu çevrenin ekolojik dengesini değiştirebilir,
- Deprem ve benzeri durumlarda sel tehlikesi oluşturup, yerleşim bölgelerini su altında bırakabilir.

2.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerde direkt ya da dolaylı yollardan elde edilen enerji türüdür.

Isıtma, soğutma, elektrik üretimi ve mineral üretimi gibi farklı amaçlara hizmet eden bu enerji türü aynı zamanda kaplıcalar yardımı ile turizm sektörüne de yardımcı olmaktadır. Ülkemizdeki temiz enerji kaynakları arasında önemli bir rolü vardır.



Şekil 2. 4. Jeotermal Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Jeotermal Enerjisinin Faydaları;

- Çevre dostu enerji kaynakları arasında yer alır,
- Jeotermal ile elektrik üretmek için suyun ısıtılması veya buharlaştırılması için fosil yakıtlara ihtiyaç yoktur,
- Doğal enerji kaynağı olduğu için dışa bağımlılığı yoktur,
- Üretim verimleri çok yüksektir,
- Direk yer altından elde edildiği için yatırım maliyeti de düşüktür.

Jeotermal Enerjisinin Sakıncaları;

- Jeotermal kaynakların yapılarında bazı zararlı kimyasallar bulunmaktadır. Bu yüzden re-enjeksiyon işlemlerine tabii tutulması gereklidir,
- Tükenebilir enerji kaynağı olduğu için tekrar yenilenememektedir,
- Bu kaynaklardan çıkan akışkan maddeler genelde aşındırıcı ve kirlilik yaratıcı mineraller içerir,
- Araştırma ve hazırlık maliyetleri yüksektir,
- Sondaj makineleri için yeterli alanın muhakkak olması gerekmektedir,
- Enerji iletimi verimsiz olabilir,
- Bu yüzden jeotermal sistemler yerleşim bölgelerine yakın olmalıdır.

2.2.5. Biyokütle Enerji

Biyokütle enerjisi, her türlü organik atıktan, bitkilerden, yosunlardan ve alglerden elde edilen enerji çeşididir. Bitkilerin yakınması ya da hayvan atıklarının enerji için kullanılması en bilinen biyokütle enerjisi örneğidir.

Biyoetanol, biyodizel, piroliz ürünleri, mikrobiyal yakıt hücreleri ve biyogaz, biyokütle enerjisi ile geliştirilen alternatif enerji kaynakları arasında yer almaktadır.



Şekil 2. 5. Biyokütle Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Biyokütle Enerjisinin Faydaları;

- Neredeyse her yerde kullanılabilir,
- Üretim teknolojileri çok iyi bilinmektedir,
- Düşük ışık şiddeti yeterlidir,
- İstenilen her büyüklükte yapılabilir,
- Depolanmaya uygundur,
- 5-35 °C sıcaklıkları yeterli olmaktadır,
- Sosyoekonomik açıdan önemlidir,
- Çevresel açıdan çok az zararlıdır.

Biyokütle Enerjisinin Sakıncaları;

- Verimleri düşüktür,
- Tarım alanları için rekabet oluşturmaktadır,
- Su ihtiyacı fazladır,
- Sadece geniş yerleşim bölgelerinde uygulanabilir.

2.2.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi, doğada bileşikler halinde bulunan hidrojen gazının işlenmesi ve dönüştürülmesi ile oluşan enerji kaynağıdır. Doğal enerji kaynağı olmamasına rağmen, sürdürülebilir ve alternatif enerji kaynakları arasında yer alır.

Karbon içermediği için fosil atıkların işlenmesinde oluşan zararlı gaz salınımı gibi bir tehlike oluşturmaz. Petrol yakıtlarına göreceli olarak 1,33 kat daha verimlidir. Temiz enerji kaynakları arasında çok önemli bir yere sahiptir. Gelecekte hidrojen ile çalışan otomobiller için yakıt olma niteliğindedir.



Şekil 2. 6. Hidrojen Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

2.2.7. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, denizlerde oluşan dalgalanma hareketinden ve dalgaların oluşturduğu basınçtan elde edilen enerji türüdür. Dalga enerjisi, dalga jeneratörleri yardımı ile doğal ve sürdürülebilir enerji üretimi sağlanmaktadır.

Çevreye ve doğaya zararı olmayan dalga enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en az kullanılandır. Ancak dünyanın %70'inin su olduğu düşünülürse, gereken önem verildiğinde enerji ihtiyacımızın çoğunu karşılayabilir.



Şekil 2. 7. Dalga Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Dalga Enerjisinin Faydaları,

- Tükenmeyen enerji kaynağıdır ve doğada bol miktarda bulunur,
- Fosil yakıtlara olan bağılılığı azaltır,
- Temiz enerji kaynağı olduğu için çevreyi kirletmez,
- İşsizliği azaltır ve yeni iş istihdamı sağlar,
- Deniz ve okyanuslarda uygulandığı için denizlerde yeni keşiflere ön ayak olur,
- Kıyıların korunmasını sağlar.

Dalga Enerjisinin Sakıncaları;

- Yerleşim bölgelerine yakın olmalıdır,
- Hava koşullarından çok çabuk etkilenebilir,
- Yetişmiş eleman bulmak çok zordur,
- Her dalga boyu için yeni bir sistem geliştirilmek zorunludur.

2.3. Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Günlük hayatta güneş enerjisinden farklı şekillerde yararlanılır. Güneş kolektörleri kullanılarak ısı enerjisine, fotovoltaik paneller kullanılarak elektrik enerjisine dönüşüm sağlanır. Bunlara ilaveten tarımsal alanda sulama amaçlı olarak ta güneş enerjisinden yararlanma yaygın hale gelmektedir.

2.3.1. Güneş Enerjisinden Isı Enerjisine Dönüşüm

Güneş enerjisinden ısı enerjisine dönüşüm güneş kolektörleri vasıtasıyla yapılmaktadır. Türkiye’de güneş enerjisinin en yaygın kullanımı sıcak su ısıtma sistemleridir. Ülkemizde kurulu olan güneş kolektörü her geçen gün artmaktadır. Çoğunlukla Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılmaktadır. Sektörde 100'den fazla üretici firmanın bulunduğu ve 2000 kişinin istihdam edildiği tahmin edilmektedir. Yıllık üretim hacmi 750 bin m² olup bu üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır (eie, 2006).

2.3.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisine Dönüşüm

Güneş enerjisi ile çalışan fotovoltaik sistemler, elektrik şebekesinin olmadığı, yerleşim yerlerinden uzak yerlerde ekonomik açıdan avantajlı olarak elektrik enerjisinin üretilmesinde kullanılan sistemlerdir. İstenen güçte kurulabilmeleri nedeniyle, genellikle sinyalizasyon, kırsal elektrik ihtiyacının karşılanması, büyük çaplı güneş santralleri vb. gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

2.3.3. Güneş Enerjisinin Tarımsal Sulamadaki Önemi

Güneş enerjisi ile elektrik üretimi ve bunun yanında tarımsal sulamanın güneş ile yapılması dünyada hızla yaygınlaşmaktadır.

Tarımsal alanda kullanılan elektrik enerjisindeki gelişmeler, yüksek enerji tüketimli sulama uygulamalarında önemli bir yer teşkil etmektedir. Sulama uygulamalarında enerji tüketimini azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar; sulamada yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, fosil yakıtların tüketildiği geleneksel sistemlere alternatif olarak düşük maliyetli ve etkinliği yüksek sulama sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır.

Güneş enerjisinin kullanım çalışmalarında, yaygın olarak yerleşim yerlerinden uzak yörelerde gerekli enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik belirleyici çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların başında şebeke bağlantısı olmayan veya şebeke bağlantı uzaklığı nispeten fazla olan yerlerde yapılacak olan tarımsal sulama ile ilgilidir.

Elektrik enerjisinin olmadığı yerlerde yeni enerji hattının çekilmesi kurulum maliyeti açısından çok yüksek olması nedeniyle insanoğlunu değişik arayış içerisine yönlendirmiştir. Türkiye’de yaygın olan tarım alanlarının kırsal yörelerde olması ve tarım ile uğraşan bireylerin fazla olması, FV sistemler aracılığıyla su teminini pompalar yardımıyla kuyulardan çıkartmaya yönlendirmiş ve tarımsal çalışmalar yaparak geçimlerini sağlamayı amaçlamıştır.

Tarım sektöründe enerji kullanımına ilişkin son gelişmeler, yoğun enerji tüketilen sulama uygulamalarının enerji korunumun da önemli bir yeri olduğunu göstermiştir.



3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle orta kuşakta olup, sahip olduğu güneş enerjisi ve ışınım potansiyeli bakımında birçok ülkeye göre daha şanslı durumdadır. Ülkeler arasında bu potansiyel değer ile Türkiye, Avrupa ülkeleri arasında olan İspanya ülkesi ile birlikte ilk sıralarda bulunmaktadır. Ülkemizin aylara göre ortalama güneş enerjisi potansiyeli dağılımı ve bölgelere göre yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli Tablo 3.1. ve Tablo 3.2.de gösterilmiştir (eia, eie, 2008).

Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bu değer bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi miktarının 1.7 katı gibi bir değere tekabül ettiği görülmektedir.

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (Saat/gün)
	kcal/cm ² -ay	kWh/m ² -gün	
Ocak	4,45	1,79	4,11
Şubat	5,44	2,5	5,22
Mart	8,31	3,87	6,27
Nisan	10,51	4,93	7,46
Mayıs	13,23	6,14	9,1
Haziran	14,51	6,57	10,81
Temmuz	15,08	6,5	11,31
Ağustos	13,62	5,81	10,7
Eylül	10,6	4,81	9,23
Ekim	7,73	3,46	6,87
Kasım	5,23	2,14	5,15
Aralık	4,03	1,59	3,75
Toplam	112,74	50,11	89,98
Ortalama	308,0 cal/cm ² -gün	4,176	7,5

Tablo 3. 1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (eia, 2008).

Bölge	Toplam güneş enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşleme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Tablo 3. 2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (eie, 2008).

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sunulan veriler ışığında, güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verileriyle yapılan çalışmaya istinaden, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7.5 saat), ortalama toplam ışınım şiddetinin yıllık 1117 kWh/m² (günlük toplam 4.18 kWh/m²) olduğu sonucuna varılmıştır. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahip ve gerekli çalışmalar sonucunda yatırımların yapılması halinde yılda birim metre karesinden yaklaşık olarak 1100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir (Sen, 2004).

Türkiye potansiyelinin bölgelere göre dağılımı incelenecek olursa, ilk sırada Güneydoğu Anadolu Bölgesi gelmektedir. Bu bölgenin verimli büyük ovaları içinde barındırması ve tarımsal sulama ihtiyacının güneş enerjisi ile sağlanabilir potansiyelde olması, bu bölgeyi diğer bölgelere göre daha cazip hale getirmiştir. Bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin en üst seviyede kullanılabilirliği bakımından önemli bir yeri de bulunmaktadır.

Güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaz aylarının sıcak ve kurak geçiyor olması, bu bölgede yapılan tarımsal sulamanın güneş enerjisiyle çalışan pompalarının kullanımını cazip hale getirmektedir.

3.1. Yeryüzüne Gelen Güneş Işınımı ve Güneş Açıları

Güneş ışığının gün içinde ve mevsimler arasında farklı açılarla gelmesi, dünyanın hem kendi hem de güneş etrafında yapmış olduğu hareketlerin değişkenliğinden dolayı meydana geldiği bilinmektedir. Bu çerçevede FV sistemlerden maksimum elektrik enerjisi elde edilmesi, bu sistemlerin sürekli olarak güneş yörüngesini takip etmesiyle mümkündür. Güneş takip sistemi olarak tabir edilen bu sistemlerle maksimum güç elde edilmektedir. Fakat bu sistemlerin bir sakıncası ise maliyeti arttırmalarıdır.

3.2. Güneş Panellerinin Konumlandırılması

Günümüzde kullanılmakta olan FV sistemlerin yüksek verim ile çalışabilmeleri için değişik şekilde konumlandırıldıkları bilinmektedir. Bu çerçevede güneş panellerinin 4 farklı şekilde dizilim ve konumlandırılmaları yapılmaktadır.

Bunlar;

- Panellerin Yatay Düzleme Paralel ve Sabit Olarak Konumlandırılması
- Panellerin Optimum Eğim Açısıyla Konumlandırılması
- Panellerin Tek Eksenli Konumlandırılması
- Panellerin Çift Eksenli Konumlandırılması

3.2.1. Panellerin Yatay Düzleme Paralel ve Sabit Olarak Konumlandırılması

Genellikle FV sistem montajının basit ve montaj alanının az olduğu dam çatı sistemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu konumlandırma yönteminde güneş panelleri sabit olarak, zemine paralel şekilde konumlandırılarak montajı yapılır. Bu şekilde gün içerisinde üretilen enerji miktarı düşük olmaktadır. Panele gelen güneş ışığı miktarı sadece öğle saatlerinde maksimum seviyede gelir. Bu sebepten dolayı öğle dışındaki saatlerde üretilen enerji miktarı oldukça düşüktür. Kış aylarında güneşin çok yükselmemesinden dolayı bu sistemlerin verimi diğer aylara nispeten oldukça düşüktür. Güneş ışığından yeteri kadar yararlanılamayan bu yöntemde sadece montaj işlemleri olduğundan maliyeti diğer işlemlere göre daha düşüktür. Sadece montaj işleminden ibarettir.



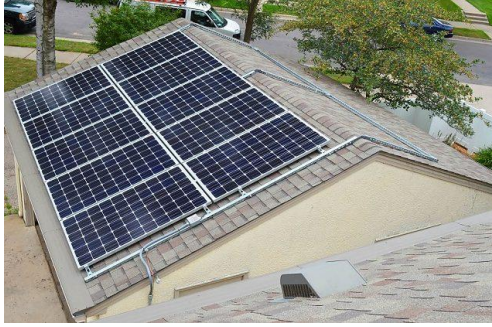
Şekil 3. 2. Güneş panelinin yatay düzleme sabit konumlandırılması

3.2.2. Panellerin Optimum Eğim Açısıyla Konumlandırılması

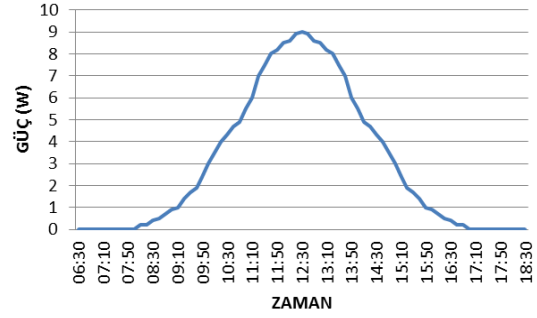
Zemine paralel şekilde konumlandırılan panellerden elde edilen enerjinin düşük olması ve düşük güç üretilmesi, sistemin yine sabit fakat belirli bir açıyla montajı yapılan sistemlerin kurulmasına yönlendirmiştir. Panellerin sabit eğim açısıyla konumlandırılması, panelin kuzey güney doğrultusu üzerine sabit bir eğim açısıyla, kuzey yarım kürede güney yönünde, güney yarım kürede ise kuzey yönüne yönlendirilerek montajı gerçekleştirilir.

Bu sistemlerin montajında panel montajının yapılacağı yerleşim yerinin, enlem açısı ile eşit bir açıyla konumlandırılmasına kutupsal montaj denir (Gençoğlu, 2015). Kutupsal montajlı sistemlerde, montajın yapılacağı yer güneşten maksimum seviyede ışıyım alan yerler değildir. Ancak bu sistemler sabit olarak konumlandırılmış sistemlere göre, belli bir eğimle konumlandırıldıklarından dolayı % 10-12 değerinde daha fazla güneş ışıyımını toplarlar.

Şekil 3.3 'te optimum eğim açısı ile yerleştirilmiş fotovoltaik paneller ile bu panellerden elde edilen toplam güç değerinin gün içerisindeki değişim grafiği verilmiştir. Panel montajında optimum eğim açısıyla konumlandırılan sistemler mevsimsel olarak değişkenlik göstermesinden dolayı, mevsim sonunda hesaplamalara göre eğim açısının değiştirilerek konumlandırılmasının yapılması, sistemden daha fazla verimin elde edilmesi sağlanmış olur.



(a)



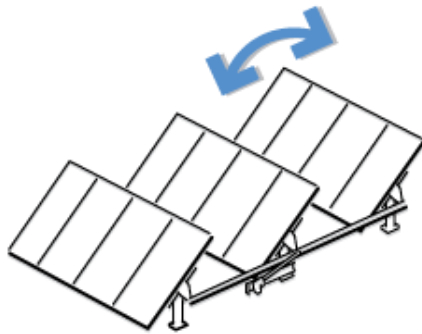
(b)

Şekil 3. 3. Güneş panelinin sabit açılı konumlandırılması

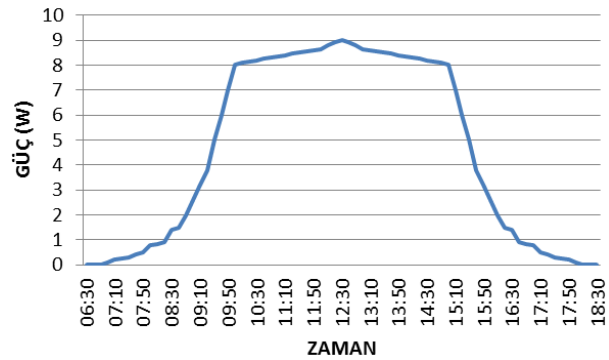
3.2.3. Panellerin Tek Eksenli Konumlandırılması

Panel sistemlerinin konumlandırılmasında panelin kuzey güney doğrultusu üzerine sabit bir eğim açısıyla, kuzey yarım kürede güney yönünde, güney yarım kürede ise kuzey yönüne, tek eksenli dönebilir şekilde konumlandırılarak, mekanizmanın; paneli dönme eksenini etrafında (doğu-batı doğrultusunda) döndürebilecek şekilde tasarlanmasıyla sağlanır.

Şekil 3.4'de tek eksen etrafında konumlandırılmış fotovoltaik paneller ile bu panellerden elde edilen toplam güç değerinin gün içerisindeki değişim grafiği verilmiştir. Bu tek eksenli sistem ile güneşin doğu-batı doğrultusundaki hareketi takip edilmekte ve sabit eksenli ve optimum açılı sistemlere nazaran daha yüksek verim elde edilmektedir. Bu verim değeri diğer sistem verilerine göre %20-25 oranında fazladır.



(a)



(b)

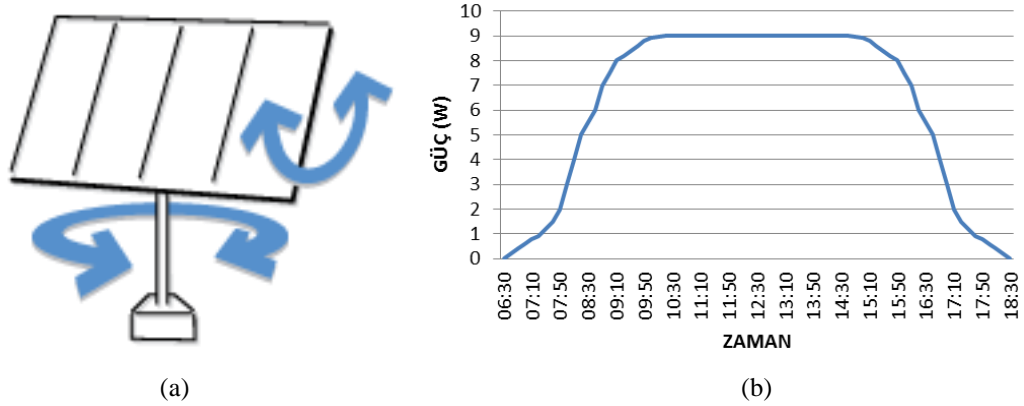
Şekil 3. 4. Güneş panellerinin tek eksenli olarak konumlandırılması

3.2.4. Panellerin Çift Eksenli Konumlandırılması

Çift eksenli panel sistemleri, doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusunda Güneş'in gün boyu konumunu takip ederek hareket edebilen sistemlerdir. Çift eksenli güneş takip sisteminin tasarımında iki adet DC motoru kullanılmaktadır. Bu motorlardan biri panel sistemini kuzey-güney yönünde hareketini sağlarken, diğer DC motor ise doğu-batı istikametinde, sabah doğu yönünden başlayarak, akşam güneş batana kadar hareketini sürdürmektedir. Tam öğlen saatinde kuzey-güney motoru ters yönde harekete başlayarak, akşam saatine kadar hareketini sürdürmektedir. Doğru-batı motoru ise akşam, güneş batış saatine kadar hareketine devam etmekte ve güneşin batış saatinde ise tekrar başlangıç pozisyonuna geri dönmektedir (Gençoğlu, 2015).

Çift eksenli FV sistemler, güneşin doğuşundan batışına kadar yatayda ve düşeyde tüm hareketlerini takip ederek diğer sistemlere göre en yüksek verimi elde ederler.

Şekil 3.5'de çift eksen etrafında hareketli fotovoltaik paneller ile bu panellerden elde edilen toplam güç değerinin gün içerisindeki değişim grafiği verilmiştir. Bu alınan değer optimum sabit açılı sistemlere oranla % 35-40 fazladır.



Şekil 3. 5. Güneş panellerinin çift eksenli olarak konumlandırılması

Çift eksenli sistemler tek eksen yapılı sistemlere nazaran daha karmaşık bir yapıya sahiptirler. Aynı zamanda maliyet açısından daha pahalı ve karmaşık sistemlerdir. Şekillerde de gösterildiği üzere optimum sabit açılı, tek eksenli ve çift eksenli sistemlerde üretilen güçler grafiksel olarak verilmiş olup, güneş enerjisi panellerinin

konumlandırılmasına bağlı olarak güneş ışıınımlarından faydalanma miktarları değişken değerler almakta buna istinaden panellerden alınabilecek enerji miktarı da değişmektedir. Öğle vakitlerinde sistemlerden alınan güç değerleri birbirilerine yakın değerler almaktaiken, optimum sabit açılı sistemin verim değeri düştüğü tek ve çift eksenli hareketli FV sisteminin güç üretmeye devam ettiği görülmektedir.



4. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

Fotovoltaik sistemler genel olarak iki farklı şekilde tasarlanır ve kurulumu gerçekleştirilir. Bunlar;

- Şebeke Bağlantılı (On-Grid) Sistem
- Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) Sistem

Şebeke Bağlantılı (On-Grid) Sistem; Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler, üretilen elektriğin akülerde depolanması yerine üretim yerinde tüketilmesi prensibine dayalı olarak çalışmaktadır. Projelendirme yapılırken üretilmesi istenilen ya da ihtiyaç olan enerji miktarı tespit edilir. Atmosferden gelen güneş ışınlarının solar modüller üzerine temas etmesi ile DC elektrik enerjisi üretilir. Üretilen enerji yüksek çevrim gücü olan, merkezi şebekeye bağlanabilen eviriciler (inverter) ile merkezi şehir şebeke sistemine bağlanır. Böylelikle panellerden üretilen enerji doğrudan şebeke sistemine gönderilmiş olur. Alan ve ışınım koşulları uygun olduğu takdirde şebekeye bağlı elektrik üretim sistemi ile istenilen güçte elektrik enerjisi üretimini sağlamak mümkündür. Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlerin en temel bileşenlerinden bir tanesi çift yönlü sayaçlardır.

Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) Sistem; Şebekeden bağımsız fotovoltaik güç sistemleri genel olarak küçük güçlü uygulamalarda kullanılır. Bu sistemlerin elektrik şebekesine bağlantısı yoktur. Sistemlerin kurulduğu yerler, daha çok şebeke elektriğinin bulunmadığı ya da iletim hattına 800 m'den daha uzak olan yerlerdir. Şebekeden bağımsız sistemlerde, güneş ışınlarının olmadığı veya az olduğu zamanlarda, enerji sağlamak için aküler kullanılır. Güneş ışığının yeterli olduğu zamanlarda kullanılacak sistemler için enerji depolamaya gerek kalmaz.

Günümüzde çok çeşitli uygulamalarda bu sistemler kullanılmaktadır. Hesap makineleri, saatler, trafik kontrol sistemleri ve şebekeden uzak bölgelerde bulunan binaların elektrik ihtiyacını karşılamak için kurulan sistemler, şebekeden bağımsız fotovoltaik güç sistemlerine örnek olarak gösterilebilir. Bunlar, akülü veya aküsüz doğru akımla çalışan sistemler olabileceği gibi evirici kullanılarak elde edilen alternatif akımla çalışan sistemler de olabilmektedir. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlerin en temel bileşenlerinden bir tanesi depolama elemanı olan akülerdir.

4.1. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri

Fotovoltaik sistem bileşenlerinin başında güneş panelleri önemli bir yer teşkil etmektedir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren güneş panellerinin seçiminde istenilen ortam koşullarına uygunluk önemlidir. Bu çerçevede panel seçimi yapılırken dış ortam özelliklerine uygun panel ebatları ve bu ebatlar baz alınarak uygun akım gerilim değerleri iyi seçilmelidir. Bu seçim sistemimizin uzun ömürlü ve sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlar. Diğer sistem bileşenleri ise Evirici (İnverter), Enerji Depolama Birimi (Aküler) ve Şarj ünitesidir.

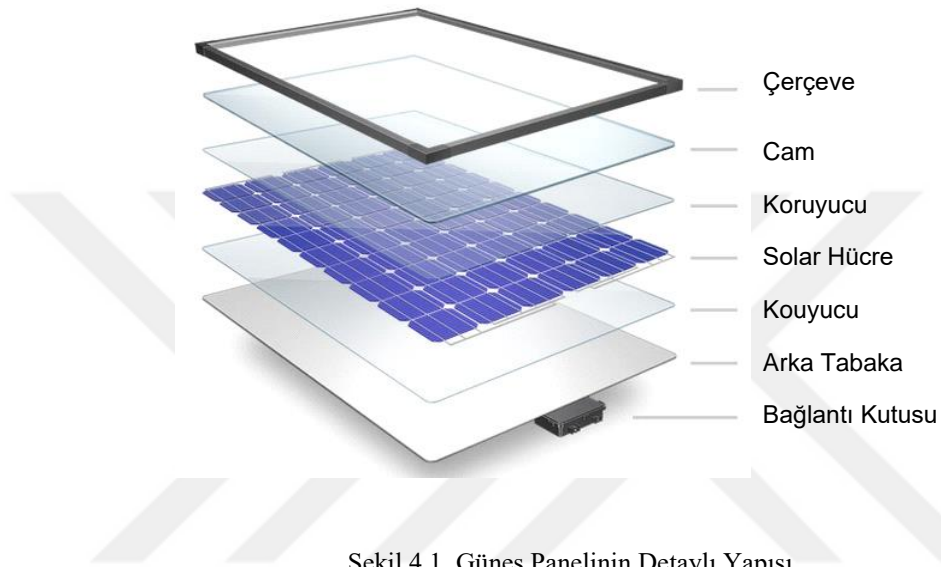
4.1.1. Fotovoltaik Panel Çeşitleri

Günümüzde fotovoltaik pil teknolojisi, kullanılan maddeler ve yapım türleri açısından son derece gelişmiştir. Güneş pili yapımında onlarca malzeme kullanılmakta ve kullanımı yaygınlaştırmak için yüzlerce malzeme laboratuvar şartlarında araştırma geliştirmeye tabi tutulmaktadır. Fotovoltaik pil için malzeme seçimi üretilen güneş pillerinin hem ekonomik, hem de yüksek verimli olması açısından büyük önem taşımaktadır.

Güneş pili üretiminde en yaygın kullanılan malzeme Silisyum'dur. Güneş pili monokristal tabaka, polikristal tabaka, dilimlenmiş kalın kristal malzeme, bir taşıyıcı üzerinde oluşturulmuş çoklu kristal veya ince film tabakalarından üretilmektedir. Bu üretimlerde kullanılan başlıca malzemeler aşağıda kısaca özetlenmiştir (Küpeli, 2005). Kalın kristal malzemelerin yapımında Kristal silisyum, galyum arsenik (GaAs), İnce film malzemelerin yapımında ise Amorf silisyum, kadmiyum sülfür (CdS), kadmiyum tellür (CdTe), bakır indium diselenoid ($CuInSe_2$) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Elektronik sanayide çok büyük bir yeri olan silisyum (Si), güneş pillerinde de en çok tercih edilen yarıiletken malzemedir. Silisyum üretim teknolojisindeki ilerlemeler ve doğada bol bulunması bu malzemeyi oldukça popüler kılmıştır. Oksijenden sonra yeryüzünde en çok bulunan element olan silisyum, doğada kum (SiO_2) ve Kuartz yapısında bulunur. Kumun saflık derecesi çok düşük olduğundan teknik olarak kullanılmaya uygun değildir. Ancak kuartzın %90'ı silisyumdur. Kuartz işlenerek %99 silika, ondan da yüksek saflık oranında silisyum elde edilir (Oktik, 2001).

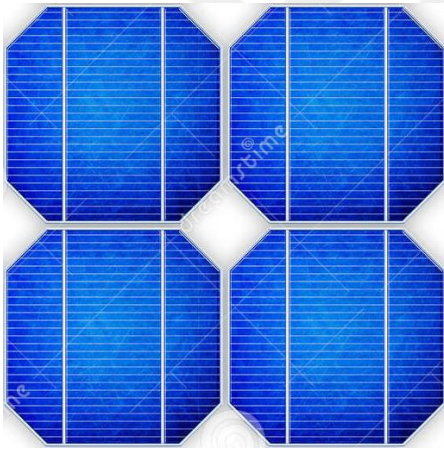
Güneş pili piyasasının büyük bölümünün monokristal silisyum yarıiletken malzeme üretimine yönelik olması, teknolojik olarak monokristal yarıiletken malzeme üretim tekniklerinin gelişmiş olması sonucunu doğurmuştur. Ancak yüksek verimli pil ve panel sistemlerinin tasarlanmasına ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmaları halen devam etmektedir. Şekil 4.1.'de güneş hücrelerinden oluşan bir güneş panelinin genel yapısı gösterilmiştir.



4.1.1.1. Monokristal Güneş Panelleri

İlk ticari güneş pilleridir. Kristal çekme yöntemi ile büyütülen tek kristal yapıli silisyum kullanılır. Pazarın oldukça büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak üretim maliyetinin yüksek olması diğer pillere yönelimi arttırmıştır. Verimi oldukça yüksektir. Monokristal silisyum güneş pilleri, verimlilikleri ve kararlılıkları ile 1950'li yıllardan bu yana dikkat çekicidir. Son yıllarda geliştirilen teknolojiler ile fotovoltaj dönüşüm verimlilikleri ise gitgide arttırılmaktadır. Monokristal silisyum güneş pillerinde laboratuvar şartlarında % 24 verim sağlar. Ticari panellerde ise % 15 ila % 18 arasında değişmektedir. Verimlerinin yüksek oluşundan dolayı uzun vadeli yatırımlarda idealdir. Maliyetini geri ödeme süresi 4-6 yıldır. 20 yıllık bir sürede % 7 verim kaybı açığa çıkar. Saf kristal gereksinimi yüzünden pahalıdır.

Monokristal Panellerin Fayda ve Sakıncaları: Yüksek dereceli silikondan yapıldığı için yüksek verimlilik oranlarına sahiptir. Monokristal güneş panelleri verimlilik oranları genellikle % 15-20 arasındadır. Monokristal silikon güneş panelleri uzay verimli olarak adlandırılmaktadır. Monokristal güneş panelleri daha az güneşte daha çok üretim sağlayabilir. Monokristal güneş panelleri uzun ömürlüdür. 50 yılı aşkın çalışan monokristal paneller mevcuttur. Çoğu güneş paneli üreticileri Monokristal güneş panelleri üzerinde 25 yıl garanti sunmaktadır. Düşük ışık koşullarında benzer puanlı diğer polikristal güneş panellerine göre daha iyi performans sağlamaktadır. Monokristal güneş panelleri pahalıdır. Panel kısmen gölge veya kar ile kapalı ise, bu olumsuz durum tüm paneli üst düzeyde etkiler. Monokristal güneş panelleri, sıcak havalarda daha verimli olma eğilimindedir. Monokristal yapıdaki bir güneş hücresinin teknik özellikleri aşağıda şekil 4.2’de verilmiştir.



Verim	: % 22.5
Güç	: 3.42 Wp
Max. Güç Akımı	: 6.28 A
Max. Güç Gerilimi	: 0.58 V
Açık Devre Gerilimi	: 0.68 V
Ölçüler	: 125 mm x 125 mm
Çap	: Ø 160 mm
Kalınlık	: 160 µm ± 40 µm
Test Şartları	: 1000 W/m ² , AM 1.5

Şekil 4.2. Monokristal Hücre Yapısı ve Teknik Verileri

4.1.1.2. Polikristal Güneş Panelleri

Polikristal silisyumun üretilmesinde en fazla kullanılan yöntem dökme yöntemidir. Monokristal silisyumda da, polikristal silisyumda da başlangıç maddesi aynıdır. Her ikisinde de istenilen saflık aynıdır (% 99.999). Erimiş durumdaki silisyum, kalıplara dökülerek soğumaya bırakılır. Sonrasında elde edilen yapı bloklara ayrılır ve böylece döküm tekniği ile polikristal silisyum elde edilmiş olur. Bu teknoloji ile üretilen

malzemelerden elde edilen güneş pillerinin verimleri ve maliyetleri nispeten düşük olmaktadır (Oktik, 2001). Bununla birlikte birkaç milimetre tanecik büyüklüğündeki polikristal silisyumdan, verimi % 14 civarında olan güneş pilleri yapılabilmektedir (Engin, 1995). Elektriksel, optik ve yapısal özellikleri monokristal pillerle aynıdır. Damarların büyüklükleri kristallerin kalitesi ile doğru orantılıdır. Damarlar arasında süreksizlik, özellikle elektriksel yük taşıyıcıların aktarılmasında önemli ölçüde engelleyici rol oynamaktadır. Üretim süreçleri monokristallere göre daha ucuzdur. Polikristal silisyum güneş pillerinden laboratuvar şartlarında % 18, ticari modüllerde ise % 14 civarında verimler elde edilmektedir (Boz, 2011).

Polikristal Panellerin Fayda ve Sakıncaları: Polikristal silisyum yapmak için kullanılan yöntem daha basit ve daha az maliyetlidir. Atık silikon tutarı monokristal ile karşılaştırıldığında daha düşüktür. Polykristalli güneş panelleri monokristal güneş panellerine göre daha düşük ısı toleransı gösterir. Polikristal tabanlı güneş panelleri verimliliği genellikle 13-16% oranındadır. Polikristal güneş panelleri monokristal güneş panelleri gibi oldukça verimli değildir. Monokristal güneş panellerine göre aynı güç üreten sistem alanı daha büyüktür (kalite ve markaya göre değişkenlik gösterir). Polikristal yapıdaki bir güneş hücresinin teknik özellikleri aşağıda şekil 4.3'de verilmiştir (Emo Misem, 2013).



Verim	: % 17
Güç	: 4.04 Wp
Max. Güç Akımı	: 7.877 A
Max. Güç Gerilimi	: 0.513 V
Açık Devre Gerilimi	: 0.569 V
Ölçüler	: 156mmx156mm±0.6mm
Çap	: Ø 203mm±1mm
Kalınlık	: 220µm±20µm
Test Şartları	: 1000 W/m ² , AM 1.5

Şekil 4.3. Polikristal Hücre Yapısı ve Teknik Verileri

4.1.1.3. İnce (Thin) Film Güneş Panelleri

İnce film güneş pilleri yapımında, ışınları soğurma özelliği üstün olan malzemeler daha ince bir tabaka halinde kullanılır. İnce film teknolojisinin gelişmesiyle üretim maliyetlerinin düşmesi hedeflenmiştir. Düşük maliyetle üretilmelerine rağmen verimlerin % 7 ila 14 arasında olduğu görülmüştür. Bu da yaygınlaşması önündeki en büyük engeldir. Pazar payının ancak %7'sini teşkil eder. Ancak laboratuvar şartlarında verim artışı üzerinde çalışılmaktadır. Öte yandan uzay ve uydu uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü atmosfer dışındaki verimleri şaşılacak derecede % 28-30 civarındadır (Boz, 2011). Bu piller Amorf Silisyum (a-Si), Kadmiyum Tellür (CdTe), bakır indium-diselenoid ($CuInSe_2$), olarak çeşitleri bulunur.

Amorf Silisyum(a-Si) Güneş Pilleri: Sistematik olarak içyapısı özel bir düzen içermeyen malzemelerdir. A-Si yapılan fotovoltaik hücrelerin ürettiği gerilim, kristal silikondan yapılan fotovoltaik hücrelerininkinden daha yüksektir. Bu tür güneş hücrelerinin laboratuvar verimlerinin % 13 civarında olduğu görülmüştür. Amorf silisyum güneş pilleri boyut olarak monokristal ve polikristal panellere göre daha büyük boyutlarda üretilmektedir. Monokristal silikon hücrelere göre, güneş ışınımını 40 kat daha fazla soğurur. Bu durum amorf silisyum güneş hücrelerinin düşük maliyetli olmasını sağlayan önemli bir özelliktir (Erkul, 2010). Günümüzde saat, hesap makinesi ve oyuncak gibi küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılmaktadırlar. Amorf silisyum güneş pillerinin, binalara bütünleşmiş yarı saydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılabilceği tahmin edilmektedir (Boz, 2011).

Kadmiyum Tellür (CdTe) Güneş Pilleri: Periyodik tablonun ikinci gurubunda bulunan kadmiyum elementiyle ve altıncı grubundaki tellür elementini bir araya gelmesiyle oluşan yarıiletken birleşiktir. Üretim maliyeti düşüktür (Beyoğlu, 2011).

Bakır İndiyum Diselenid ($CuInSe_2$) Güneş Pilleri: Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı guruptan elementlerin üçüncünün ya da daha fazlasının bir araya gelmesi ile oluşan bu bileşiklerdir. Bakır indiyum ve selenyumdan yapılan üçlü bileşik yarıiletkenle başlayan bu grup (CIS) güneş pilleri olarak anılır. CdTe güneş pillerine en yakın rakip olarak gözükmektedir (Ismael, 2012). Günümüzde CIS ince film güneş

pillerinin çoğunluğu içerisinde Ga elementinin katılması ile daha yüksek verimlilikler elde edilir.

İnce (Thin) Film Güneş Panellerinin Fayda ve Sakıncaları: Üretimleri basit ve ucuzdur. Homojen görünüşleri daha esnek görünmelerini sağlar. Kurulum alanının sorun olmadığı durumlarda, ince film güneş panelleri ile kurulum mantıklı olabilir. İnce film güneş panelleri ucuzdur ama çok alan gerektirir. Verimleri düşüktür. İnce film yapıdaki bir güneş panelinin teknik özellikleri aşağıda şekil 4.4’de verilmiştir.



Verim	: %
Güç	: 140 Wp
Max. Güç Akımı	: 1.82 A
Max. Güç Gerilimi	: 77 V
Açık Devre Gerilimi	: 106 V
Kısa Devre Akımı	: 2.1 A
Ölçüler	: 1257mmx957mm
Kalınlık	: 35mm
Test Şartları	: 1000 W/m ²

Şekil 4.4. İnce Film Yapıdaki Güneş Paneli Teknik Verileri

4.1.2. Evirici (İnverter)

Fotovoltaik güç sistemleri alternatif akımla çalışan yükleri beslemek için eviricilere ihtiyaç duymaktadır. Genel anlamda güç çevirici olarak bilinen evirici, doğru akımı (DA) alternatif akıma (AA) dönüştüren bir elektriksel güç dönüştürme elemanıdır. Farklı güçler için 1~ ve 3~ olarak imal edilirler. FV sistem içerisinde büyük öneme sahiptir.

4.1.3. Enerji Depolama Birimi (Aküler)

Şebekeden bağımsız fotovoltaik enerji sistemlerinde enerjinin depolanması gerekebilir. Bu gibi durumlarda fotovoltaik modüller ile şarj edilen aküler, gün ışığının yeterli olmadığı zamanlarda ve geceleri depolanan enerjiyi kullanmak için kullanılır.

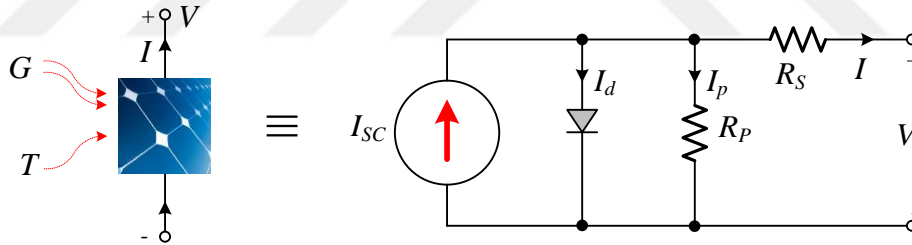
Akülerin birçok çeşidi vardır. Bu çeşitliliğe rağmen, kurşun-asit aküler, yüksek güçlü enerji sistemlerinde ekonomik yönden daha çok tercih edilmektedir. Fakat enerji yoğunluğu, maliyet ve kullanım süreleri konularında iyileştirme yapılmadığı takdirde, diğer teknolojiler kurşun-asit akülerin yerini alacaktır.

4.1.4. Şarj Ünitesi

Enerji depolama gereksiniminin olduğu sistemlerde, şarj kontrolörü, sistemin temel bileşenini oluşturur. Şarj kontrolörünün görevi, akünün aşırı şarj ve tam deşarj olmadan belirli bir aralıkta çalışmasını sağlamaktır.

4.2. Fotovoltaik Hücrenin Elektriksel ve Matematiksel Modeli

Bir FV hücrenin detaylı elektriksel eşdeğer devre modeli şekil 4.5’de verilmiştir. Elektrik akımının üretildiği hücre, eşdeğer devre üzerinde ideal bir akım kaynağı olarak modellenmiştir ve basit bir $p-n$ eklem yapısına sahip diyot gibi davranmaktadır.



Şekil 4.5. FV Hücrenin Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli

Elektriksel devre modelindeki R_p direnci kaçak ve sızıntı akımlardan dolayı oluşacak kayıpları, R_s direnci ise hücre tarafından üretilen akımın kutuplara taşınması esnasında karşılaşılan hücre iç direncini ve kontak temas dirençlerini ifade eder. Verilen eşdeğer devrede *Kirchoff*'un akımlar kanunu prensibinden yararlanarak dış devre akımı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$I_{SC} = I_d + I_p + I \quad (1)$$

$$I = I_{SC} - I_d - I_p \quad (2)$$

Bu denklemlerdeki;

I_{SC} akımı, *fotoelektrik etki* ile hücrede oluşan etkin akımı temsil eder ve hücre üzerine düşen ışınım miktarı ile doğru orantılıdır. Sıcaklıkla değeri değişir.

$$I_{SC} = \frac{G}{G_{ref}} (I_{SCref} + \mu_{SC} \cdot \Delta T) \quad (3)$$

I_d akımı, hücreyi oluşturan yarıiletken malzemenin *p-n* ekleminden akan iletim yönündeki diyot akımı olup sıcaklık, gerilim ve yük tarafından çekilen akımın bir fonksiyonudur. I_0 saturasyon akımı ile de doğru orantılıdır.

$$I_d = I_0 \left[\exp \left(\frac{V}{A \cdot N_s \cdot \frac{kT_c}{q}} \right) - 1 \right] \quad (4)$$

$$I_0 = I_{0ref} \left(\frac{T_c}{T_{cref}} \right)^3 \cdot \exp \left[\left(\frac{q \cdot s G}{A \cdot k} \right) \left(\frac{1}{T_{cref}} - \frac{1}{T_c} \right) \right] \quad (5)$$

$$\frac{k \cdot T_c}{q} = V_T \quad (6)$$

İdeal bir akım kaynağı gibi davranan basitleştirilmiş hücre modelinde, *p-n* eklemünde meydana gelebilecek sızıntı akımlarının da etkisini modelleyebilmek için eşdeğer devre üzerinde diyota paralel olarak bir R_p direnci ilave edilir.

I_p akımı, R_p direnci üzerinden akacak sızıntı akımını ifade eder. Bu akım eşdeğer devre modeli üzerinde Kirchoff'un akımlar kanunundan yararlanarak,

$$I_p \cdot R_p = V + I \cdot R_s \quad (7)$$

$$I_p = \frac{V + I \cdot R_s}{R_p} \quad (8)$$

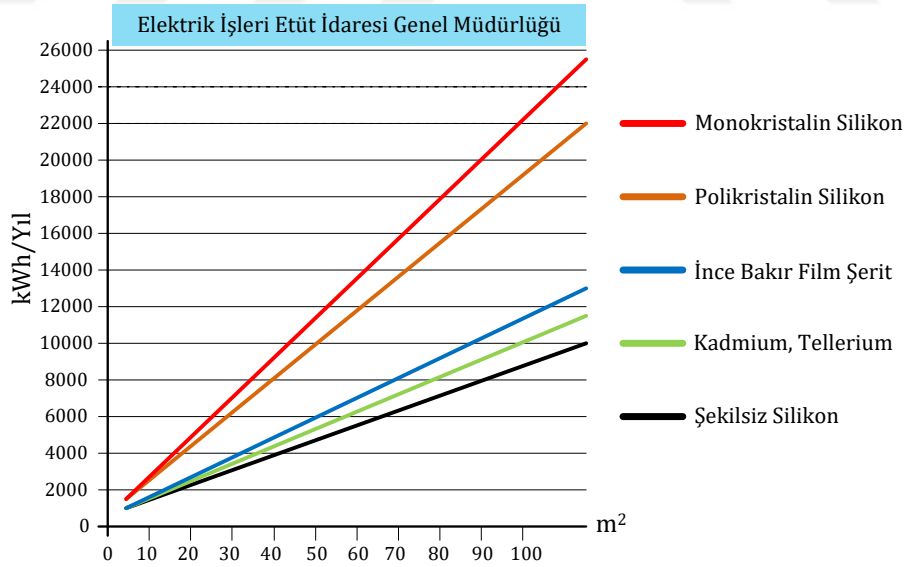
gibi elde edilir. Burada V hücre uç gerilimi veya yük uçlarındaki gerilim (V), I : yükün çektiği akım (A). Sonuç olarak R_s ve R_p 'nin etkileri de göz önüne alınarak fotovoltaik hücrenin I-V karakteristiğini ifade eden sonuç denklemi, denklem (9)'daki gibi elde edilir.

$$I = \left[\frac{G}{G_{ref}} (I_{SCref} + \mu_{SC} \cdot \Delta T) \right] - I_0 \left[\exp \left(\frac{V}{A \cdot N_s \cdot \frac{kT_c}{q}} \right) - 1 \right] - \left[\frac{V + I \cdot R_s}{R_p} \right] \quad (9)$$

Denklem (9) 'da verilen R_s , R_p , a , I_{sc} ve I_0 bilinmeyen parametrelerdir. Bu parametreler ya katalog değerleri yardımı ile ya da değişik hassas çözüm yöntemleri ile doğru bir şekilde ayrıca hesaplanır. Literatürde bu bilinmeyen parametrelerden bazılarının ihmal edilerek Tek diyot- R_s , Tek diyot- R_s R_p , Çift diyot- R_s R_p eşdeğer devre modellerinin elde edildiği farklı pek çok çalışma mevcuttur. Bu modellerden Çift diyot- R_s R_p modeli parametre hesabı açısından daha karmaşık yapıda olmasına rağmen daha doğru sonuçlar vermektedir.

4.3. Güneş Paneli Çeşitlerinin Yıllık Enerji Üretimlerinin Karşılaştırılması

Bir yarı iletken maddenin ışığa, ışıyımına karşı duyarlılık derecesi, o maddenin verimini ve modül performansını belirler. Aşağıda şekil 4.6'te çeşitli madde ve teknolojilerle üretilmiş bazı güneş pillerinin yıllık enerji üretim eğrileri verilmiştir. Sistem tasarımı yaparken verim/maliyet analizi için bu verilerden yararlanılır.



Şekil 4.6. Farklı Tipteki Güneş Panellerinin Kazanç Eğrileri

4.4. Güneş Panellerinde Verimlilik

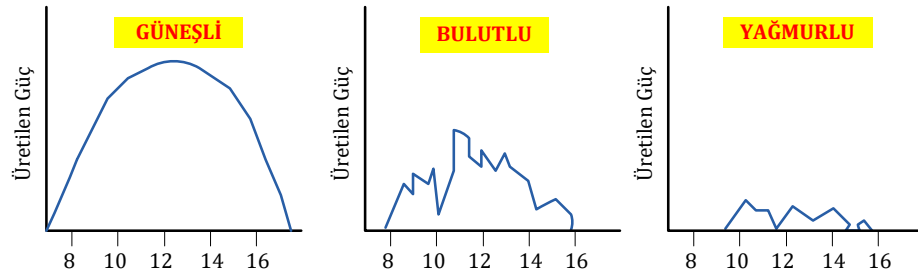
Panel çeşitlerinde ki verimlilik kavramı, güneş panellerinin ürettiği enerji miktarının hava koşullarına, panellerin konumlandırılmasına ve güneşle olan açısına göre değişiklik göstermesi aşikârdır. Bu çerçevede Tablo 4.1’de farklı tiplerdeki güneş panellerinin verimleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Teknoloji	Kristal Silikon		İnce Film		
	Mono	Poli	Amorf Silisyum (a-Si)	Kadmiyum Tellür (CdTe)	Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe ₂)
Hücre Verimi	% 15-24	% 14-19	% 6-13	% 10-16	% 13-20

Tablo 4.1. Farklı Tipteki Güneş Hücresi Verimlerinin Karşılaştırılması

4.5. Güneş Panellerinde Güç

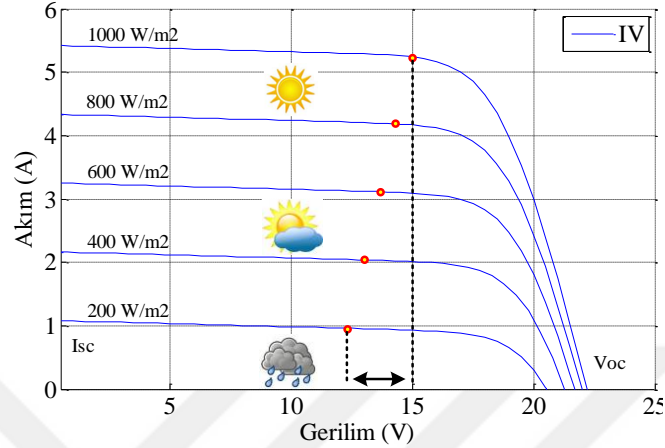
Her fotovoltaik modül standart test koşulları (STC-Standard Test Conditions) olarak bilinen $1000\text{W}/\text{m}^2$ güneş ışınımı altında ve 25C^0 sıcaklıkta farklı akım, gerilim ve güç değerlerine sahiptir. Şekil 4.7’ da görüldüğü gibi hava koşulları bir güneş panelinin üreteceği gücü önemli ölçüde etkilemektedir (Emo Misem, 2013).



Şekil 4.7. Güneş Hücresi Güç Değerlerinin Hava Koşullarına Göre Değişimi

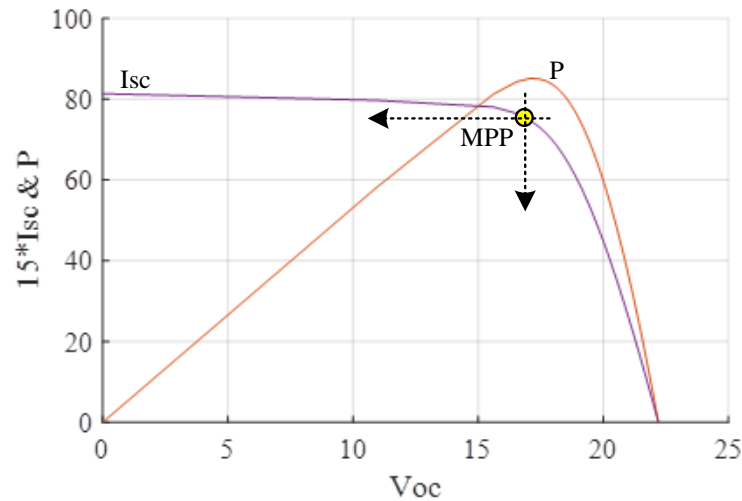
4.6. Güneş Panellerinin Fotovoltaik Güç Karakteristikleri

Bir güneş panelinden elde edilen enerji ışınım miktarına göre değişir. Işınım miktarına bağlı olarak panelden elde edilen akım-gerilim grafiği şekil 4.8' deki I-V grafiğinde verilmiştir.



Şekil 4.8. Güneş Işınımına Bağlı olarak Panel Akım-Gerilim Değişimi (I-V Grafiği)

Bir güneş paneli yeterli ışınım alıyor fakat bir yük ile bağlantılı değilse çıkış uçlarında maksimum gerilim (V_{oc}) görülür. Eğer çıkış uçlarını kısa devre edecek olursak panel uç gerilimi sıfıra düşerken akım (I_{sc}) maksimum olur. Her iki durumda da $P=IV$ eşitliği nedeniyle güç sıfır olur. Bir güneş pilinin ürettiği enerji, hava koşullarına ve panelin güneşle olan açısına göre sürekli olarak değişir. Enerji aktarımının en yüksek olması için şekil 4.8 ve şekil 4.9' deki I-V eğrileri kırılma noktaları olan maksimum güç noktalarının izlenmesi ve yükün maksimum güç sağlayacak şekilde ayarlanması gerekir.



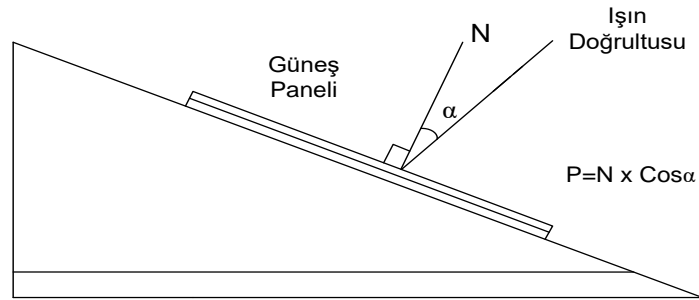
Şekil 4.9. Maksimum Güç Noktasının Akım-Gerilim-Güç Değerlerine Bağlı olarak Temsili Gösterimi

4.7. Panel Verimini Etkileyen Diğer Faktörler

a) Atmosferde kat edilen yolun uzunluğu ve hava kirliliği; Güneş ışınlarının radyasyon değerleri, güneş ışınlarının yol aldığı atmosfer kalınlığı ile orantılı olarak değişir. Öğle saatlerindeki 400 Km lik atmosfer yolu, sabah saatlerinde 2 kat (800 km.) kadar olmaktadır. Biz güneş panelinin güneşle olan açısını sürekli dik tutsak da, atmosfer yolunun hem uzunluk olarak hem de buhar ve gaz yoğunluğu açısından değişmesi nedeniyle güneş paneli kazancı da önemli ölçüde değişmektedir. Ayrıca güneş ışınlarını en çok saptıran su buharının tamamının Troposfer denilen alt katmanda bulunması da önemli bir etkindir.

b) Güneş ışınım yoğunluğu-yansıtılmış ışınların eklenmesi; Bir güneş pili sadece doğrudan gelen ışınları değil, etraftan yansıyan ışınları da değerlendirir. Eğer sabit konumlu bir panele hareketli bir ayna ile güneş ışını yansıtılacak olursa panel verimi artar.

c) Güneş ışınlarının geliş açısı; Panel yüzeyinin dikeyi ile güneş ışınları arasındaki açıdır. Transfer edilen enerji, açının Cosinüsü ile orantılıdır. Aktarılan güç, $P=W_p \cdot \cos(\alpha)$ bağıntısından, α açısı küçüldükçe P değerinin büyüdüğü görülür. $\alpha=0$ iken $P=W_p$ gücü maksimum değerini alır.



Şekil 4.10. Panel Veriminin Işınımın Geliş Açısına Göre Değişimi

d) Pil-panel yapısında kullanılan malzemelerin cinsi ve niteliği; Güneş pilinin yapısını oluşturan silikon maddenin tek kristalli veya çok kristalli olmasına ya da güneş pilinin yapısında kullanılan maddenin özelliğine göre de verim değişmektedir (Emo Misem, 2013).

e) En uygun verimlilik sıcaklığı; Sıcaklık, panel verimini ve ömrünü belirleyen önemli bir etkidir. Bu nedenle paneller, altlarında boşluk kalacak şekilde yerleştirilirler. Her 1 derece sıcaklık artışı, panelin gücünü yaklaşık olarak % 0.5 oranında azaltmaktadır.

f) Güneşlenme süresi; Kurulu gücümüz ne denli büyük olsa da elde edilecek enerji önemli ölçüde panellerin güneşlenme süresine bağlıdır. Fotovoltaik hücrelerin, farklı ışınım şiddetleri ve çalışma şartları altındaki akım- gerilim değerlerinin ölçümü, sistem performansını yansıtması açısından çok önemlidir. Çünkü fotovoltaik cihazların akım gerilim dolayısıyla güç çıktıları ve verimleri, ışınım şiddeti ve çalışma sıcaklığı gibi yerel iklimsel parametrelere bağlıdır (Carstensen, 2003).



5. ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU POMPALAMA SİSTEMİNİN TASARIMI

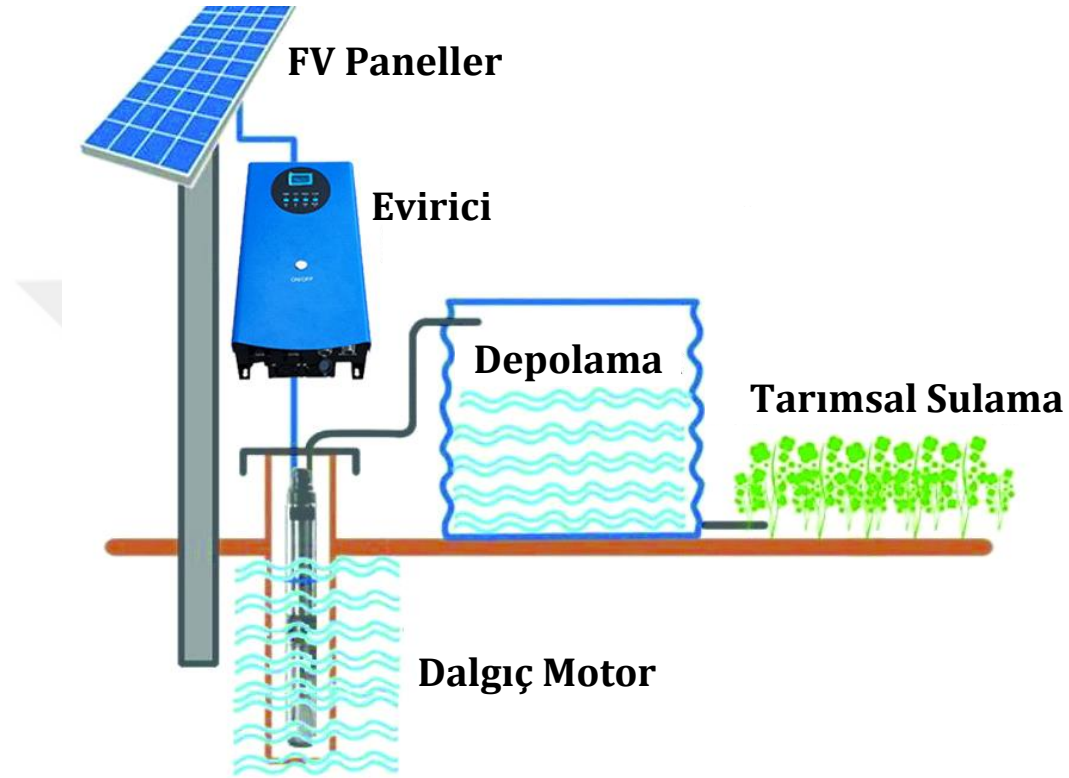
Bu başlık altında öncelikle sistemin dalgıç pompa kısmına ait alt bileşenlerin daha sonra da fotovoltaik kısmına ait bileşenlerin seçimine ilişkin hesaplamalar yapılacaktır. Yapılan hesaplamalar sonucunda önerilen yeni sistemin boyut ve maliyet analizi yapılarak bu yeni sistemin kazanımları detaylı olarak açıklanacaktır. Bu tez konusu fikrinin ana çıkış noktası şudur:

Elektrik enerjisinin ulaşmadığı uzak tarımsal alanlarda sulama problemine karşı FV sistemler iyi bir çözümdür. Bunun için ya sabit ya da taşınabilir sistemler tasarlanmıştır. Sabit sistemler taşınabilir FV sistemlere nazaran kısmen daha ucuz olsa da yerleşim yerlerinden uzakta olması sebebi ile çalınma riski ile de karşı karşıyadır. Bu açıdan taşınabilir FV sistemler kullanım açısından daha uygundur.

Güneş panelleri genellikle akümülatör, evirici, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistem oluşturulur. Belirli bir güce kadar fotovoltaik sistemler, depolamalı olarak tasarlanabilir. Ancak depolama elemanlarının yüksek maliyeti nedeni ile tercih edilmezler. Depolamalı sistemlerde amaç güneş enerjisi ile akümülatörleri şarj ederek özellikle geceleri ve de güneş ışınlarının yeterli derecede alınmadığı kapalı günlerde sulama sistemindeki pompa sisteminin çalıştırılmasını sağlamaktır.

Ancak bu tez kapsamında tasarlanan fotovoltaik sistem ile akümülatör kullanılmadan sistemin çalışması esas alınmıştır. Depolamasız sistemlerde güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince sistem çalışmaz. Gece çalışmasını istediğimiz sistemlerde akümülatör enerji depolayan aygıt işini görürken, akümülatörsüz sistemlerde suyun depolanmasını sağlayan havuz, su deposu tarzı yerler akümülatörün işlevini yerine getirmektedir. Kısacası depolamalı sistemlerde, güneşten gelen enerji DC enerji akülerde depolanırken depolamasız sistemlerde ise su havuzlarda depolanmaktadır.

Şekil 5.1. de şebekeden bağımsız bir fotovoltaik sulama sisteminin genel prensip şeması verilmiştir. Türkiye şartlarında güneşlenme süresinin kışın 5 saat, sonbaharda 7 saat ve yazın 11 saat olduğu dikkate alınarak tez kapsamında tasarımı yapılan fotovoltaik sistem için gerekli olan mekanik ekipmanların seçimi aşağıda sırası ile yapılmıştır.



Şekil 5.1. Şebekeden bağımsız güneş enerjili su pompalama sistemi

5.1. Sistem Sürtünme Kaybı ve Dalgıç Pompa Seçimi

Tasarımı yapılan sistemde 50 tonluk bir su deposu bulunmaktadır. Bu su deposunun yaklaşık olarak 6 saatte dolması hedeflenmektedir. Kuyu 65 m derinlikte olup kuyu ile su deposu arasında 200 m mesafe vardır. Ayrıca kuyunun çıkış noktası ile 200 m mesafe sonunda yükseklik (kot farkı) 0 m dir. 50 tonluk havuzun 6 saat gibi bir sürede dolması hedeflenmektedir. Bunun için saatte $50/6=8,3 \text{ m}^3$ su temin edilmesi gerekmektedir.

Bu verilerden hareketle 200 metrelik toprak zeminde döşenecek olan polietilen hortumda meydana gelecek sürtünme kaybı, sürtünme katsayısı tablosunu kullanarak

saatteki su tonajı miktarı, kullanılacak 200 metrelik polietilen hortumun çapı ve her 100 m lik mesafede kayıp olarak hesaplanacak metraj değeri elde edilmiştir. Tablo 5.1. deki su borularındaki sürtünme kaybı hesap cetveli yardımı ile bu değere en yakın değer olan $9 \text{ m}^3/\text{h}$ değeri referans alınmaktadır.

Kuyu ile havuz arasındaki 200 metrelik mesafede 63 lük polietilen borunun kullanılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda 200 metrelik mesafede kullanılacak olan polietilen boruda meydana gelen sürtünme kaybı her 100 m lik mesafe için 4.7 m ise 200 metre için $2 \times 4.7 = 9.4 \text{ m}$ olarak hesaplanır.

PLASTİK BORU DIŞ ÇAPI			25	32	40	50	63	75	90	110	140	160	200
PLASTİK BORU ANMA ÇAPI			20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175
METAL SU BORULARI			3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"	5"	6"	7"
m ³ /h	l/min	l/s	HER 100 M DE SÜRTÜNME KAYBI										
1,2	20	0,3	10,4	3,7	1	0,3							
1,5	25	0,4	15,8	5,7	1,5	0,5							
1,8	30	0,5	22,3	8	2,1	0,7							
2,1	35	0,6	29,8	10,8	2,8	0,9	0,3						
2,4	40	0,7	38,2	13,8	2,7	1,2	0,4						
3	50	0,8	58,2	21,1	8	1,8	0,6						
3,6	60	1	82	30	10,8	2,5	0,9						
4,2	70	1,2		40	13,9	3,3	1,1						
4,8	80	1,3		51,5	17,5	4,3	1,5						
5,4	90	1,5		64	21,4	5,4	1,8	0,5					
6	100	1,7		79	33	6,6	2,2	0,6					
7,5	125	2,1			47	10	3,4	0,9					
9	150	2,5			63	24,5	4,7	1,2	0,4				
10,5	175	2,9			82	37,5	6,3	1,6	0,5				

Tablo5.1. Su borularındaki sürtünme kaybı hesap cetveli (impo, 2017).

Toplamda kuyu derinliği, saatte depolanması gereken su miktarı ve diğer etkenler göz önüne alınarak dalgıç pompa seçimi yapılır. Tablo 5.2. Bu sistem için en uygun pompa 4" tipi dalgıç serisi olan yağ soğutmalı dalgıç pompa motor sistemidir.

POMPA TİPİ	HP	DEBİ										ÇIKIŞ	BOY	AĞIRLIK
		m ³ /h	0	4,8	5,4	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12			
		l/s	0	1,33	1,5	1,67	2	2,33	2,67	3	3,33			
S4 8/ 06	1,5	MSS	38	35	34	33	31	28	24	19	14	inc	mm	kg
S4 8/ 08	2		52	47	45	44	41	37	31	25	18			
S4 8/ 13	3		82	75	73	71	66	59	50	40	30			
S4 8/ 17	4		108	98	96	94	87	79	70	58	46			
S4 8/ 23	5,5		148	134	131	127	118	108	95	79	60			
S4 8/ 32	7,5		202	182	178	172	160	143	125	105	80			

Tablo 5.2. Pompa seçimi tablosu (impo, 2017).

Kullanılacak motor gücü satırında dalgıç pompanın indirileceği kuyu metrajına karşılık, yüzeeye çıkaracağı su tonaj miktarını göstermektedir. Kuyu derinliği ve sürtünme kaybı metraj değerlerine göre dalgıç motorunun indirileceği derinlik

50+9,4=59,4 m dir.

Yaklaşık olarak 59 m lik mesafede 2" 63 lük pompa çıkışlı S4 serili pompa seçimi yapılır. Bu seçim, tabloda 59 m lik mesafede ve motor gücümüzün 3 Hp 2,2 Kw motor değerlerinin tabloda çakıştığı sütunun 8,4 m³ değere tekabül ettiği görülmektedir. Bu değerlere istinaden pompa seçimimizi S4 8/13 serisinden yana kullanıyoruz. S4 8/13 serisinden anlamış olduğumuz sonuç 3 Hp 4" dalgıç motorumuza takacağımız pompanın 13 kademedan oluştuğu, max 82 m derinlikten su çekebildiğidir.

5.2. Fotovoltaik Panel ve İnverter Seçimi

2.2 kW lık asenkron dalgıç motorun Y ve Δ bağlı durumları için ihtiyaç duyduğu gerilimleri elde edeceğimiz FV sistemde kullanılacak olan panel sayısı ve boyut analizi aşağıda verilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere OSP kodlu polikristal FV panellerden bir kaçının katalog değerleri Tablo 5.3 de verilmiştir. Bunlar arasında OSP250 model 250Wp değerindeki panel kullanılmıştır.

MODEL POLİKİKRİSTAL		OSP125	OSP150	OSP250	OSP260
MAX GÜÇ	$P_{max}(W)$	125	150	250	260
AÇIK DEVRE VOLTAJI	$V_{oc}(V)$	18,58	22,3	37,8	38
MAX GÜÇ VOLTAJI	$V_{mpp}(V)$	15,48	18,6	30,5	30,8
KISA DEVRE AKIMI	$I_{sc}(A)$	8,4	8,5	8,7	8,96
MAX GÜÇ AKIMI	$I_{mpp}(A)$	8	8,1	8,2	8,45
VERİM	n (%)	15,4	15,4	15,7	16
AĞIRLIK	(Kg)	8	10	18	18
HÜCRE SAYISI		30	36	60	60
PANEL BOYUTLARI	(En/Boy/Kalınlık)	994*854*40	994*1014*40	1640*992*40	1640*992*40
STANDART TEST KOŞULLARI	(STC)	E(işınım)=1000w/m ² ,AM(Hava Kütleli)=1,5,T(Modül Sıcaklığı)=25 °C			
GÜÇ TOLERANSI	$\Delta P_{max}(W)$	0~3			
VERİM GARANTİSİ		25 yıl %80			

Tablo 5.3. Polikristal panel data sheeti

Model	Çalışma Gücü (KW)	Solar Panel Açık Devre Gerilimi	Solar Panel Gerilimi	AC Güç	Pompa faz sayısı	Pompa çalışma Gerilimi	Pompa frekansı	Pump Power
HSPL/H750L	0,75	200-450	≥300	1PH/3P H 220V	1PH/3P H	220/ 240 v	50/60 HZ	<750W
HSPL/H1500L	1,5		≥340					<1,5KW
HSPL/H2200L	2,2							<2,2KW
HSPL/H750H	0,75	400-780	≥500	3PH 380/400 /440V	3 PH	380/ 400/ 440 V		<750W
HSPL/H1500H	1,5		≥560					<1,5KW
HSPL/H2200H	2,2							<2,2KW

Tablo 5.4. İnverter seçim tablosu

Kullanılacak motorun Y-380V bağılı olması durumu için kullanılacak olan panelin seçimi ve gerilim hesabı aşağıdaki gibi yapılır.

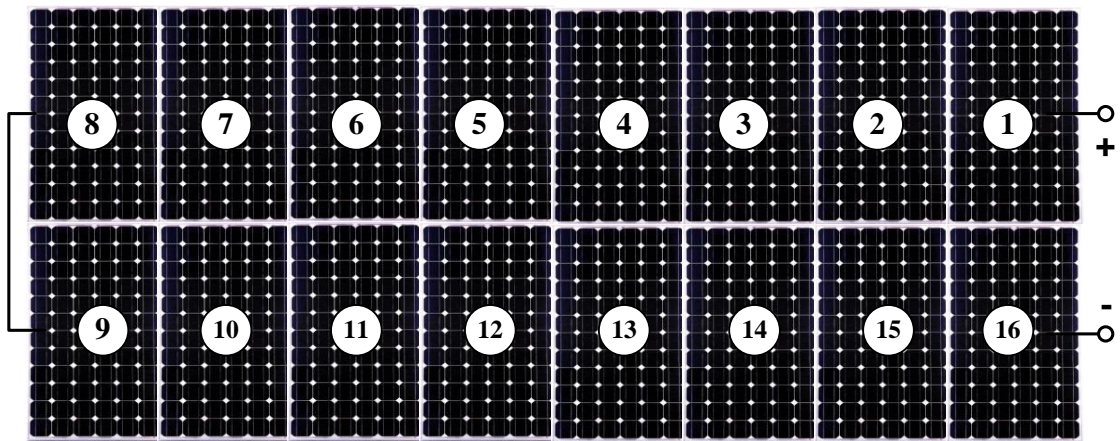
Öncelikle motora uygun evirici seçimini yapmak gerekir. Piyasada yaygın olarak kullanılan ve Tablo 5.4. de katalog değerleri verilen 380V çıkış gerilimi verebilen 2.2 kW gücündeki HSPL/H2200H model evirici tercih edilmiştir. Bu eviricinin DC bara giriş gerilim aralığı 400V-780V ve MGNİ gerilimi $\geq 500V$ tur. Tablo 5.4 den MGNİ gerilim seviyesine göre kullanılacak minimum panel sayısı;

$$Panel\ Sayısı(Y) = \frac{500}{30.5} \cong 16$$

olarak bulunur. Bir panelin en ve boy değerleri (1640 x 992)mm olduğuna göre bir panelin alanı;

$$Bir\ Panelin\ Alanı = 1.64 \times 0.992 = 1.626\ m^2$$

16 panelin kaplayacağı toplam alan $1.626 \times 16 = 26\ m^2$ olarak bulunur. Kullanılan FV panelin birim fiyatı 820 TL olduğuna göre toplam panel maliyeti $16 \times 820\ TL = 13120\ TL$ olur.



Şekil 5.2. 16'lı Panel dizilimi

Kullanılacak motorun Δ -220V bağılı olması durumu için kullanılacak olan panelin seçimi ve gerilim hesabı ise aşağıdaki gibi yapılır.

Bunun için de öncelikle motora uygun evirici seçimini yapmak gerekir. Δ -bağılı motor için fazlar arası 220V çıkış gerilimi verebilen 2.2 kW gücündeki HSPL/H2200L model evirici tercih edilmiştir. Bu eviricinin DC bara giriş gerilim aralığı 200V-450V ve MGNİ gerilimi $\geq 300V$ tur. Tablo 5.4. den MGNİ gerilim seviyesine göre kullanılacak minimum panel sayısı;

$$Panel\ Sayısı(\Delta) = \frac{300}{30.5} \cong 10$$

olarak bulunur. Panellerin seri bağlanması ile elde edilen toplam Voc açık devre geriliminin,

- 1) Evirici Voc gerilimini aşmaması şartı ve
- 2) Toplam MGNİ geriliminin evirici giriş gerilimi aralığında (200V-450V) olması şartı ile

FV sistemin daha verimli çalışması adına pratikte ihtiyaç duyulan kurulu gücün 1.4 katına kadar sistem kurulumu gerçekleştirilebilir.

$$Toplam\ Panel\ Gücü\ (\Delta) = 2200 \times 1.4 = 3080\ Watt$$

Bu yeni modifiye yeni güç değerine bağlı olarak kullanılması gereken panel sayısı,

$$Toplam\ Panel\ Sayısı\ (\Delta) = \frac{3080}{250} \cong 12\ adet$$

12 adet 250 Wp değerindeki panelin seri bağlanması durumunda,

$$Toplam\ Voc\ Gerilimi = 12 \times 37.8 = 453.6\ V$$

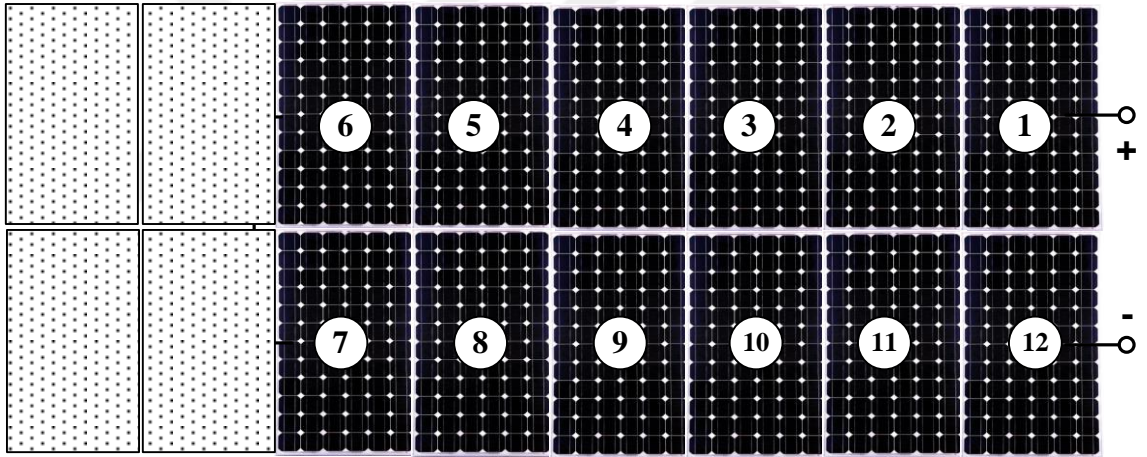
$$Toplam\ Mppt\ Gerilimi = 12 \times 30.5 = 366\ V$$

Burada toplam Voc gerilimi her ne kadar $453.6 \geq 450V$ sınırının üzerinde olsa da % 0.8 lik bu gerilim fazlalığı evirici açısından bir sakınca teşkil etmeyecektir. Motorun Δ bağlanması durumunda ihtiyaç duyulan çalışma gerilimini sağlayacak olan panel sayısı 12 olarak bulunduktan sonra buna ilişkin boyut ve maliyet analizi aşağıdaki yapılmıştır.

Aynı panellerden kullanılacağı için yine panel en ve boy değerleri (1640 x 992)mm olduğuna göre bir panelin alanı,

$$\text{Bir Panelin Alanı} = 1.64 \times 0.992 = 1.626 \text{ m}^2$$

12 panelin kaplayacağı toplam alan $1.626 \times 12 = 19.512 \text{ m}^2$ olarak hesaplanır. Kullanılan FV panelin birim fiyatı 820 TL olduğuna toplam panel maliyeti $12 \times 820 \text{ TL} = 9840 \text{ TL}$ olur.



Şekil 5.3. 12'li Panel dizilimi

Özetle asenkron dalgıç motorun Y ve Δ bağlı olma durumları için yukarıdaki hesaplamalardan elde edilen bulgular aşağıda kısaca karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

$$\text{Panel Sayısı (Y)} = 16 > \text{Panel Sayısı (\Delta)} = 12$$

$$\text{Toplam Panel Alanı (Y)} = 26 \text{ m}^2 > \text{Toplam Panel Alanı (\Delta)} = 19.512 \text{ m}^2$$

Yukarıdaki bu verilere bağlı olarak kullanılan toplam panel sayısında %25 lik bir azalma, FV panellerin kurulacağı fiziki alanda yaklaşık %25lik bir azalma ve toplam panel maliyetinde ise 3280 TL lik bir azalma olmuştur.

Y-380V faz-faz gerilimine sahip asenkron dalgıç motorun bağlantı şeklinin Y'dan Δ 'e dönüştürülmesi neticesinde elde edilen fayda ve kazanımlar yukarıdaki hesaplamalar ile detaylı olarak açıklanmış ve deneysel olarak da doğrulanmıştır.

5.3. Asenkron Dalgıç Motorun Seçimi

İster sabit ister taşınabilir FV sistemlerin günümüz şartlarında kurulum maliyetleri oldukça yüksektir. Bu maliyeti azaltmak için bu tez çalışmasında farklı bir yaklaşım önerilmiş ve bu önerinin geçerliliği yapılan deneysel çalışmalarla doğrulanmıştır. Bu yeni yaklaşım ile dalgıç pompa motoru olarak kullanılan 2.2 kW gücündeki Y-380V bağlı bir asenkron motorun bağlantısı Δ -220V bağlantıya dönüştürülmüş ve bunun sonucu olarak da bu motoru besleyecek olan FV panel sayısında azalma sağlanmıştır. Panel sayısındaki azalma ise bu sistemin bütününe daha az maliyetle ve küçük boyutlarda gerçekleştirilmesine olanak sağlamıştır.

Tasarımı yapılan sistemde kullanılacak olan eviricinin seçiminde, iki farklı MGNİ değerine sahip ve piyasada yaygın olarak kullanılan eviriciye ilişkin değerler göz önüne alınmıştır. Kullanılacak olan dalgıç pompa motorun seçimi, ayrıntıları Tablo 5.5. de verilen bu iki evirici modeli dikkate alınarak yapılmıştır.

Evirici Modeli	Evirici Gücü	Evirici Giriş Gerilimi Aralığı	Evirici Çıkış (Motor) Gerilimi	Motor
HSPL/H2200H	2,2 kW	400-780	380/400/440 V	Y-bağlı
HSPL/H2200L	2,2 kW	200-450 V	220/240 V	Δ -bağlı

Tablo 5.5. Evirici Model Çeşitleri

Bu değerlere göre kullanılacak motor çeşidini belirlememiz de eviricinin giriş voltaj değerini yakalamamız büyük önem taşımaktadır. HSPL2200L evirici modelinde bu değer 200V-450V aralığında iken HSPL2200H modelinde 400V-780V'tur.

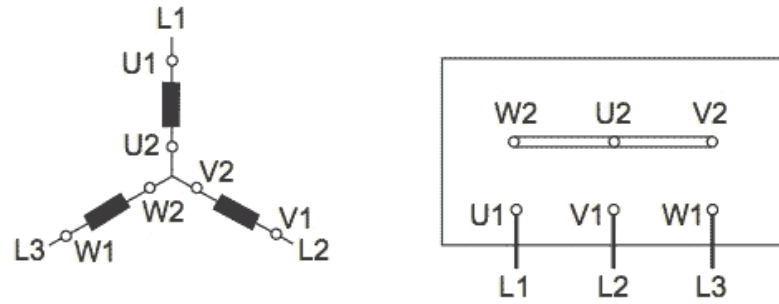
Tasarımı yapılan sistemde kullanılan panel sayısı belirlenirken motor çalışma gerilimi ve tabloda verilen evirici giriş ve çıkış gerilimleri dikkate alınmıştır. HSPL/H2200H modelinde evirici giriş gerilim değerini yakalamak için kullanılacak olan panel sayısı, HSPL/H2200L modelinde kullanılacak panel sayısından daha fazladır. HSPL/H2200H model evirici ile Y-380V bağlı motor, HSPL/H2200L model evirici ile de Δ -220V bağlı motor kolayca çalıştırılabilir. Tasarımı yapılan fotovoltaik sistemde giriş gerilimi 200-450V DC ve çıkış gerilimi 220/240V AC olan HSPL/H2200L model evirici tercih edilmiştir. Türkiye standartlarında faz-faz 220V ile çalışan motor bulunmamaktadır. Çünkü fazlar arası gerilim faz-faz 380V'tur ve Y-380V bağlı motor tipleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında da, HSPL/H2200H model evirici ile birlikte çalışan Y-380V bağlı bir asenkron dalgıç motor temin edilmiş ve bu motorun stator sargıları ve bağlantı şekli değiştirilerek HSPL/H2200L model evirici çıkış gerilimi olan faz-faz 220-240V 'a uygun hale getirilmiştir. Motorun yeniden sarımı ve bağlantı şeklinin değiştirilmesi işlemi detaylı olarak açıklanmıştır.

5.4. Motor Sarımı ve Bağlantı Şeklinin Değiştirilmesi

2.2 kW gücündeki asenkron dalgıç motorun sürekli rejimde ister Y-380V bağlı olsun ister Δ -220V bağlı olsun gücü ve çekeceği enerji değişmez. Bağlantısı Y-380V olan motora 380V faz-faz gerilimi uygulanması gerekir. Çünkü ülkemizde fazlar arası gerilimin efektif değeri 380 voltur. Y bağlı motorun fazları arasına her ne kadar 380 volt uygulansa da her bir faz sargısına $380/\sqrt{3}=220$ volt değerinde gerilim düşer.

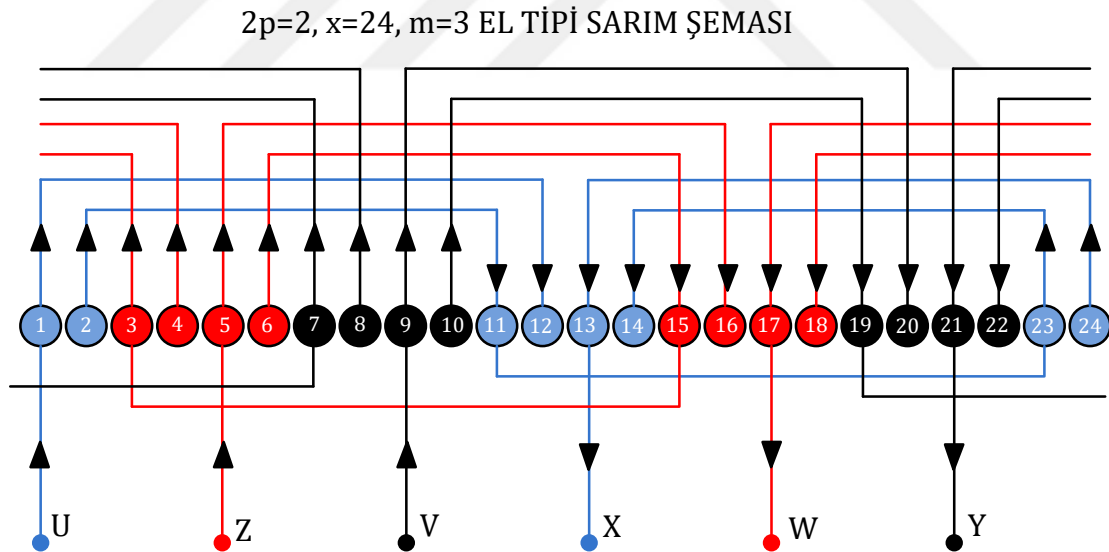
Aynı motorun bağlantısı Δ 'e dönüştürülürse bu durumda faz-faz gerilimi olarak 220V uygulanması gerekir. Δ bağlantıda faz-faz gerilimi aynı zamanda motorun her bir faz sargı gerilimine eşittir. Bu yeni durumda motor Y-380V yerine Δ -220V olarak çalışmış olur.

Şekil 5.4.'de genel görünümü verilen ve deneysel çalışmalarda kullanılan asenkron dalgıç motor fabrikasyon olarak Y-380V çalışma gerilimine sahip, 24 oyuklu ve $2p=2$ kutuplu olarak sarılmıştır.



Şekil 5.4. Yıldız Bağlı Asenkron Dalgıç Motor

Bu motoru faz-faz 220 volta uygun hale getirmek için mevcut motor sargıları sökülerek şekil 5.5. de verilen el tipi sarım şeması ile yeniden sarılmıştır.

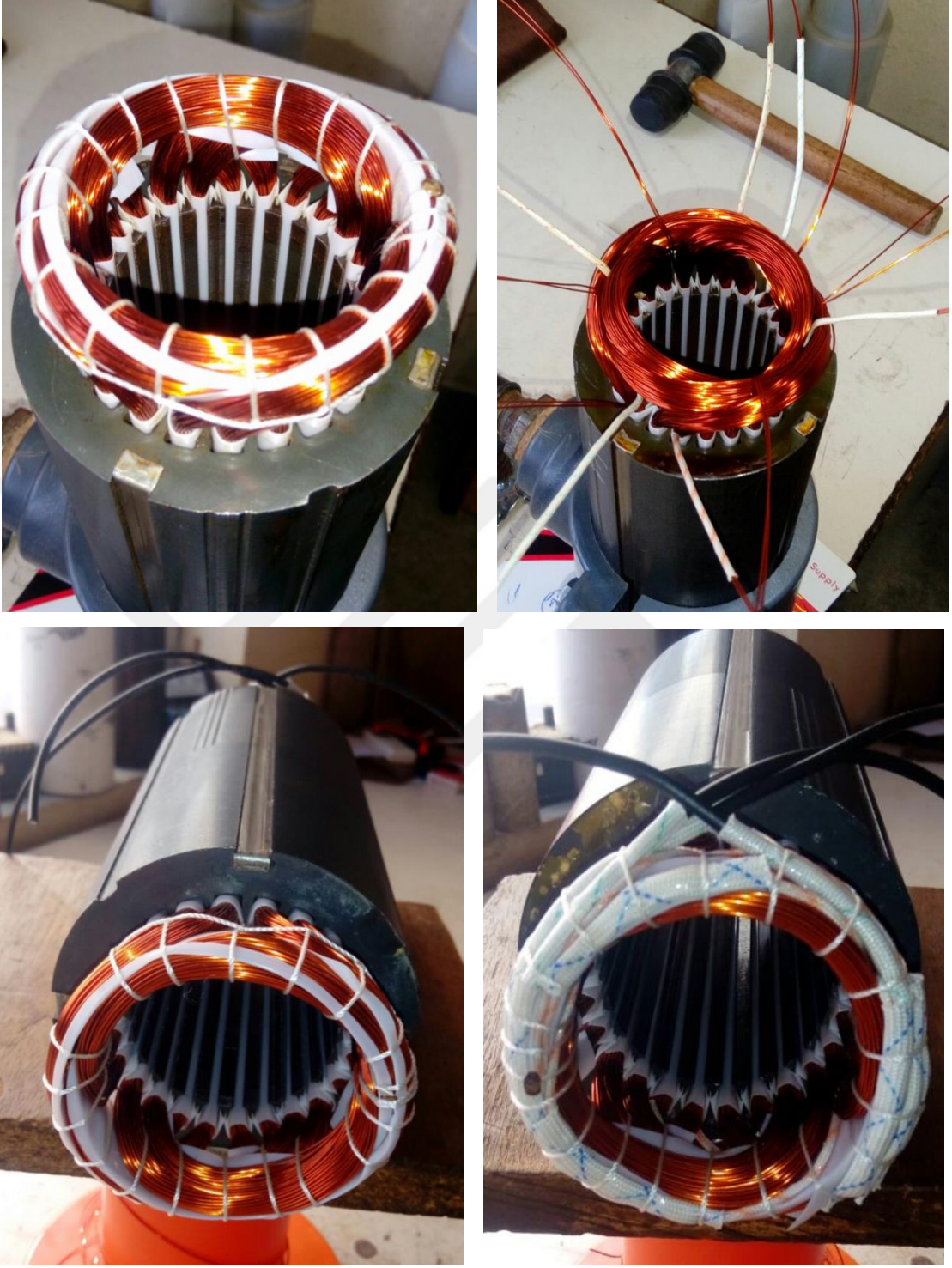


Şekil 5.5. El tipi sarım şeması

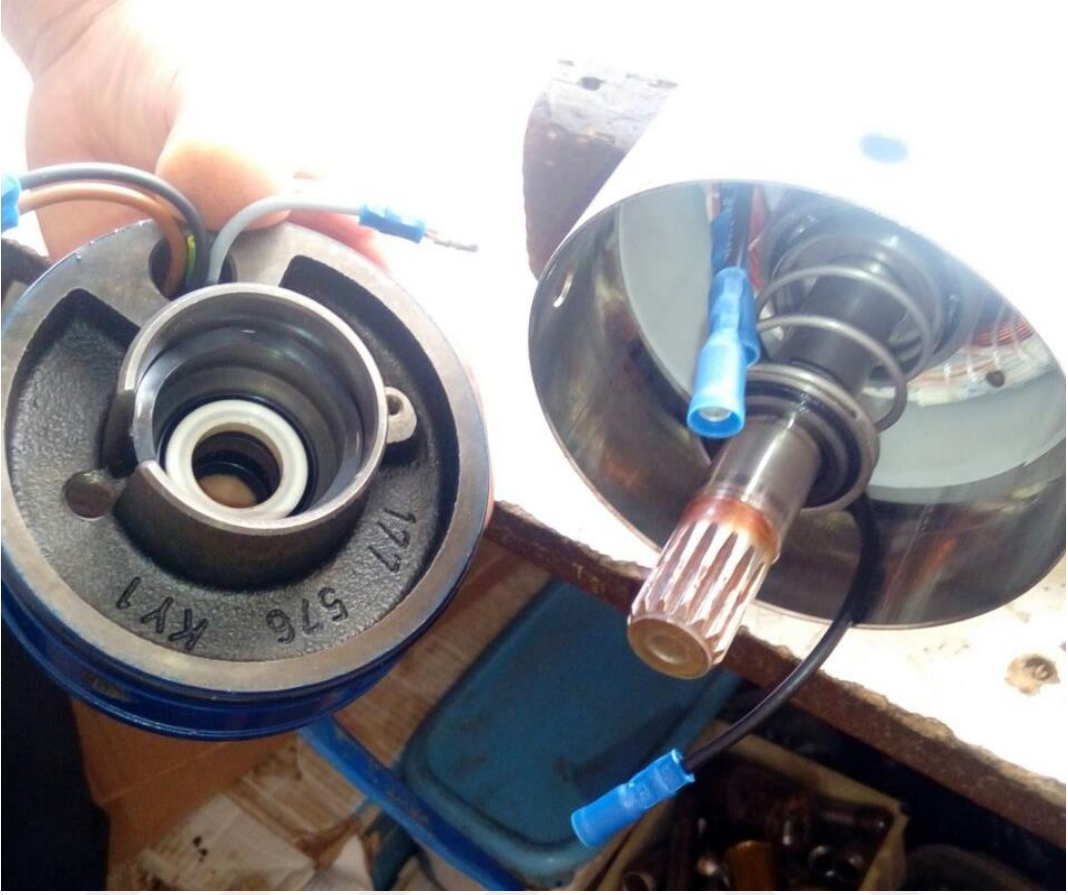
Yapılan bu sarıma ilişkin fotoğraflar şekil 5.6. da verilmiştir. Bobinler sırası ile 0° , 120° ve 240° lik mekanik yerleşim açıları ile oyuklara yerleştirilmiştir. Her faza ait 2 bobin olmak üzere toplam 6 bobin oyuklara yerleştirildikten sonra dışarıya toplam da 6 uç çıkarılmıştır. Bu uçlardan 3 tanesi (R-S-T) faz giriş uçları ve diğer 3 tanesi de faz çıkış uçlarıdır.



Şekil 5.6. Sarıma ilişkin fotoğraflar

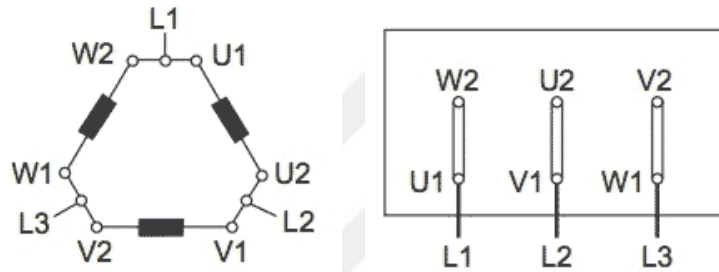


Şekil 5.7. Sarıma ilişkin fotoğraflar



Şekil 5.8. Sarıma ilişkin fotoğraflar ve kapak montajı

Sarım işi biten stator gerekli vernik, yalıtım ve lehimlemeler yapıldıktan sonra Δ bağlanarak paketlenmiştir. Şekil 5.9’ da motorun Δ bağlantısına ait uç sargı diyagramını ile klemens bağlantıları verilmiştir.



Şekil 5.9. Üçgen Bağlı Asenkron Dalgıç Motor

Sarım işi biten motor paketlenmeden önce laboratuvar ortamında önce yıldız daha sonra üçgen bağlanarak akım, gerilim ve devir sayıları ölçülmüştür. Elde edilen akım, gerilim ve devir sayıları aşağıda tablo 5.6 da verilmiştir.

				<u>Y-380V</u>	<u>Δ-220V</u>
Motor Hat Akımı	→	I_h	:	3.18 A	5.51 A
Motor Faz Akımı	→	I_f	:	3.18 A	$5.51/\sqrt{3}=3.18$ A
Motor Hat Gerilimi	→	U_h	:	380 V	220 V
Motor Faz Gerilimi	→	U_f	:	$380/\sqrt{3}=220$ V	220 V
Kaynak Frekansı	→	f	:	50 Hz	50 Hz
Motor Devir Sayısı	→	rpm	:	2985 d/dk	2991 d/dk

Tablo 5.6. Sarımı yapılan motorun akım, gerilim ve devir sayıları

5.5. Motor Kablo Seçimi

Kuyu için kullanılacak kablo kesiti, dalgıç motorunun yük altında çekmiş olduğu nominal akım değerine göre aşağıdaki kablo seçim tablosundan, kullanılacak metraj değerine göre belirlenir. Tablo5.7. ya göre, 3 Hp, 2,2 kW gücündeki asenkron dalgıç motor için 190 m ye kadar kullanılabilirliği uygun olan 2,5 mm² kesite sahip kablunun kullanılması uygun görülmektedir.

GÜÇ		VOLTaj	KABLO KESİDİ 3X.....mm ²													
HP	KW		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	
			MAKSİMUM UZUNLUK (METRE)													
1	0,75	380 V	230													
1,5	1,1		180	235												
2	1,5		135	225	360											
3	2,2			190	300	460										
4	3			150	240	360										
5,5	4			110	170	260	450									
7,5	5,5			80	130	190	340	540								

Tablo 5.7. Kablo kesiti seçim tablosu (impo, 2017).

5.6. Y-Δ Bağlı Motorda Güç Bağlılıları

Tasarımı yapılan sistemde kullanılan 2.2 kW'lık asenkron dalgıç motorun katalog değerleri 3~, 50 Hz, 2.2 kW, 380V, 5.6A, 2800 rpm, Cosφ=0.82 dir. Yukarıda sarım şeması verilen motor normalde yıldız bağlıdır. Motorun bağlantısı, tüm klemens bağlantıları sökülerek yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya dönüştürülmüştür. Aşağıda hem Y-380V hem de Δ-220V bağlantı durumları için motorun akım, gerilim ve güç bağlantıları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

A) Motorun Y-380V bağlı olması durumunda;

Motorun şebekeden faz başına çekeceği güç,

$$P_{faz} = U_f \times I_f \times \cos\phi$$

Motorun şebekeden çekeceği toplam güç;

$$P_T = P_R + P_S + P_T = 3 \times U_f \times I_f \times \cos\varphi$$

Ayrıca Y-bağlantıda,

$$I_{\text{hat}} = I_{f\text{az}}$$

$$U_{\text{hat}} = \sqrt{3} \times U_{f\text{az}}$$

$$U_{f\text{az}} = \frac{U_{\text{hat}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$$

B) Motorun Δ -220V bağlı olması durumunda;

Motorun şebekeden faz başına çekeceği güç,

$$P_{f\text{az}} = U_f \times I_f \times \cos\varphi$$

Motorun şebekeden çekeceği toplam güç;

$$P_T = P_R + P_S + P_T = 3 \times U_f \times I_f \times \cos\varphi$$

Ayrıca Δ -bağlantıda,

$$U_{\text{hat}} = U_{f\text{az}} = 220 \text{ V}$$

$$I_{\text{hat}} = \sqrt{3} \times I_{f\text{az}}$$

$$I_{f\text{az}} = \frac{I_{\text{hat}}}{\sqrt{3}}$$

Her iki bağlantı durumunda motorun şebekeden çektiği güçlerin birbirine oranı,

$$\frac{P_Y}{P_\Delta} = \frac{3 \times U_f \times I_f \times \cos\varphi}{3 \times U_f \times I_f \times \cos\varphi} = \frac{3 \times \left(\frac{380}{\sqrt{3}}\right) \times I_f \times \cos\varphi}{3 \times (220) \times I_f \times \cos\varphi} = \frac{3 \times \left(\frac{380}{\sqrt{3}}\right) \times \left(\frac{U_f}{Z}\right) \times \cos\varphi}{3 \times (220) \times \left(\frac{U_f}{Z}\right) \times \cos\varphi}$$

$$\frac{P_Y}{P_\Delta} = \frac{3 \times (220) \times \left(\frac{220}{Z}\right) \times \cos\varphi}{3 \times (220) \times \left(\frac{220}{Z}\right) \times \cos\varphi} = 1$$

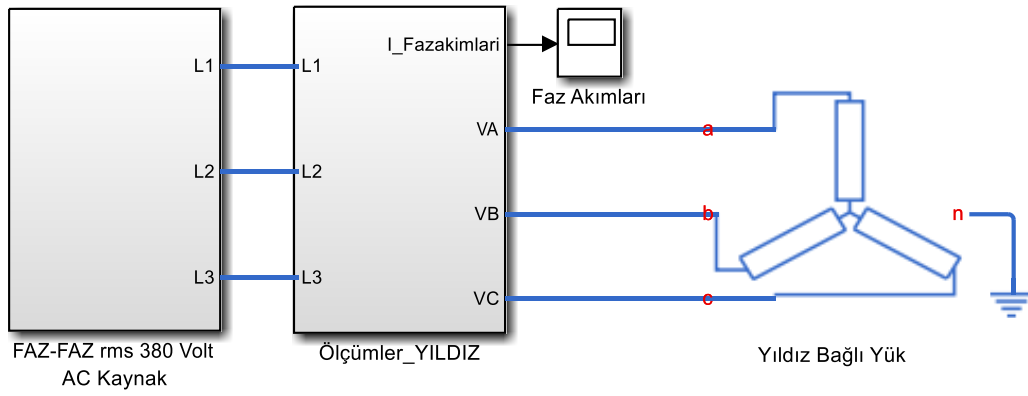
Elde edilen bu sonuç hem yıldız hem de üçgen bağlantıda motorun şebekeden çekeceği güçlerin eşit olduğunu ifade etmektedir. Yani motoru yıldızdan üçgene dönüştürmekle motorun gücünde ve performansında herhangi bir değişiklik olmamaktadır. Bu her iki duruma ilişkin olarak Matlab/Simulink ortamında 3 fazlı basit bir R yükü üzerinde yıldız ve üçgen bağlantı durumları için çeşitli benzetim çalışmaları yapılmış ve elde edilen akım, gerilim ve güç grafikleri aşağıda verilmiştir.

Aşağıda parametreleri girilen 3 fazlı basit bir R yükü ile yapılan benzetim çalışmalarına ilişkin simulink blok diyagramı şekil 5.10 ve şekil 5.13 de yer almaktadır.

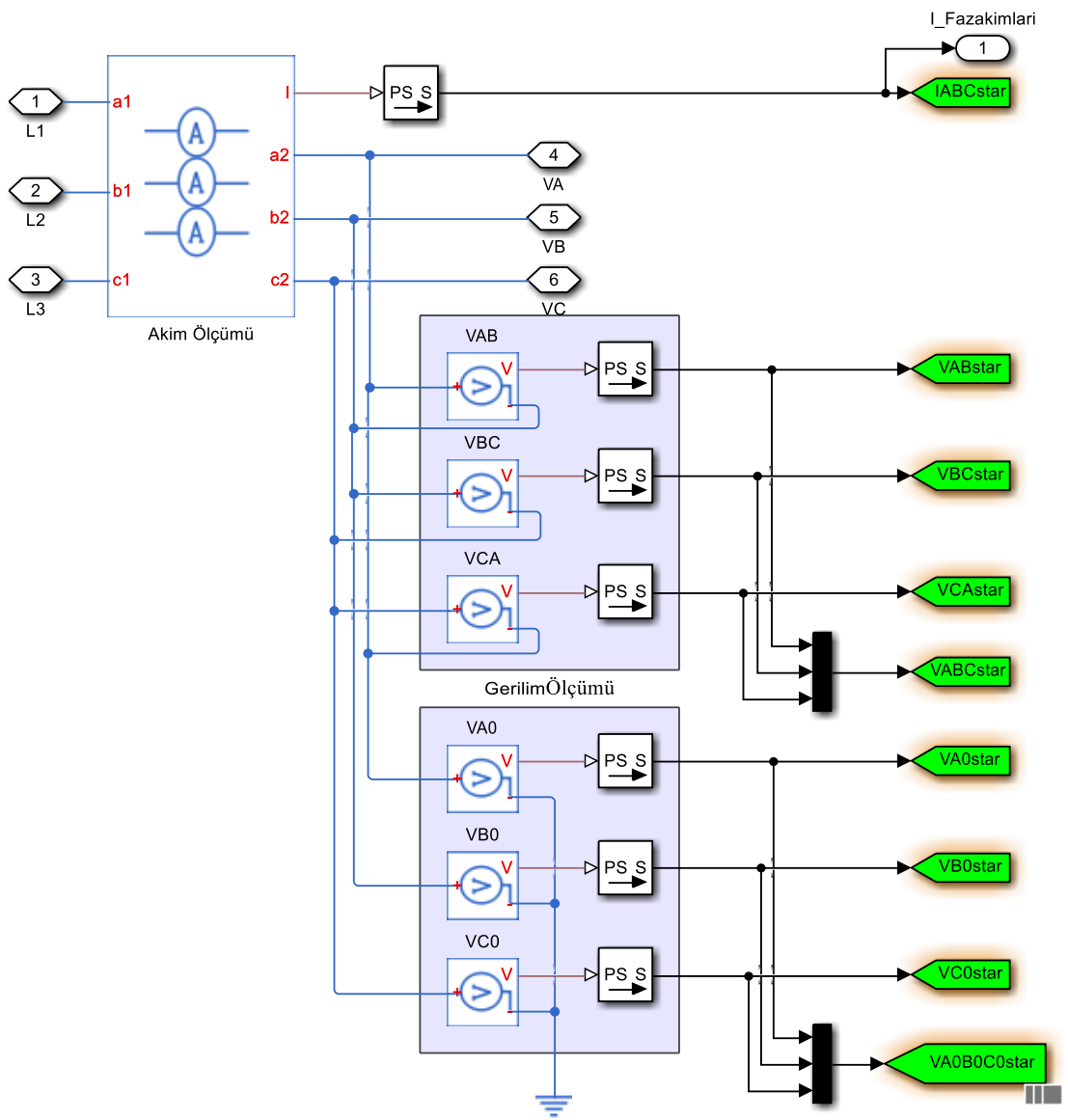
Parameterization:	Specify by rated power	
Component structure:	R	
Rated voltage:	381.04	V
Real power:	2200	W

Şekil 5.10 da yükün yıldız bağlı durumu, şekil 5.13 de ise yükün üçgen bağlı durumu için benzetimler yapılmış ve elde edilen akım, gerilim ve güç grafikleri aşağıda verilmiştir.

Şekil 5.10 da yükü besleyen 3 fazlı kaynak, fazlar arası geriliminin etkin değeri rms380V olan bir AC kaynak olarak modellenmiştir. Bu kaynaktan beslenen yükün çekmiş olduğu akım ve gerilimlerin ölçümü ise aşağıdaki Şekil 5.11 de verilen blok yardımı ile gerçekleştirilmektedir.

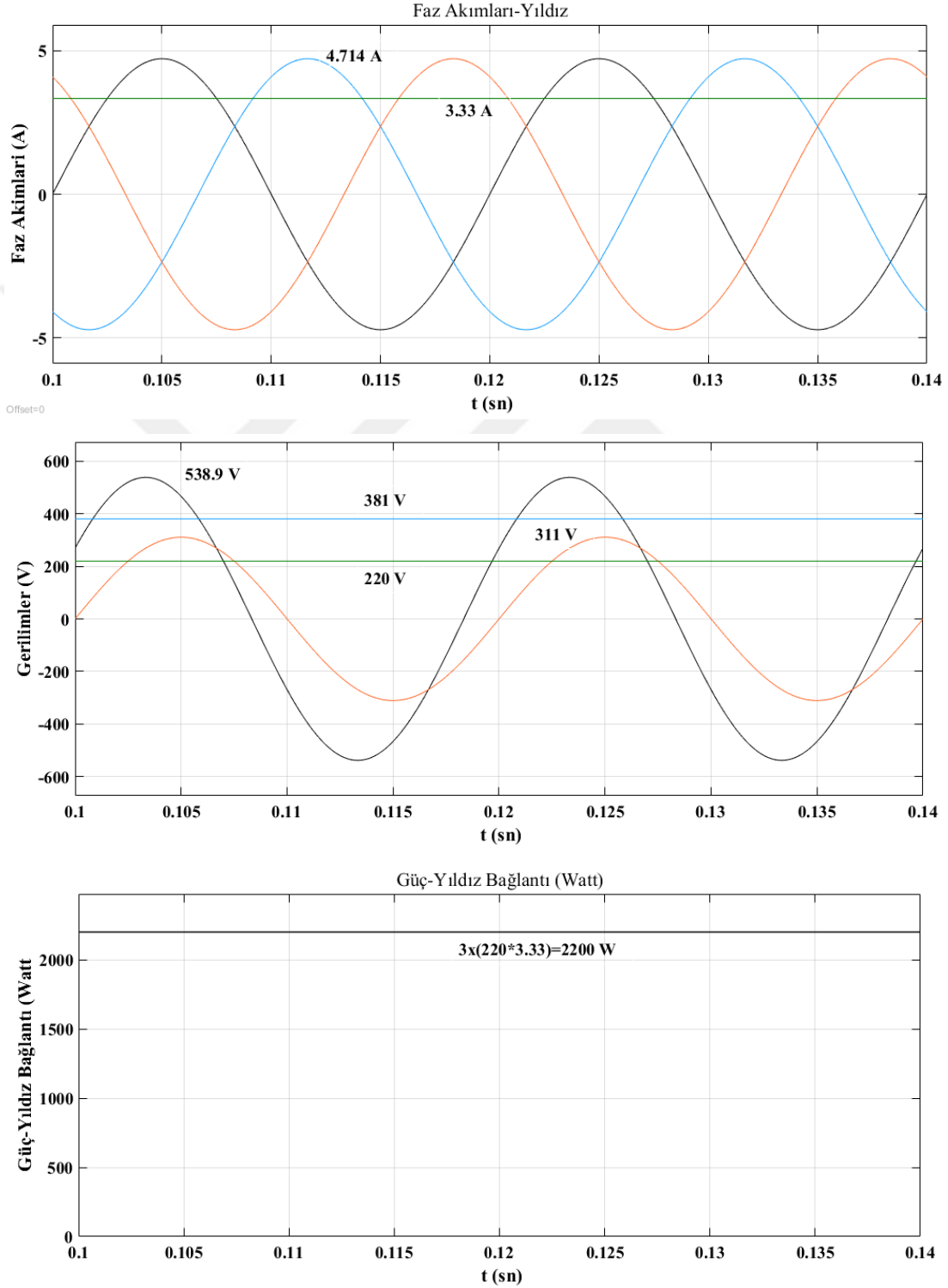


Şekil 5.10. Y-bağlantı simülük blok diyagramı

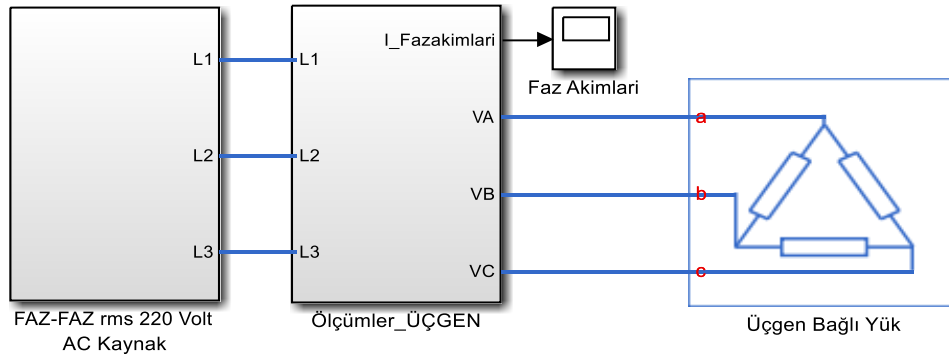


Şekil 5.11 Akım, gerilim ölçüm bloğu

Ölçümler sonucu yıldız bağlı 3 fazlı R yükünden elde edilen akım, gerilim ve güç grafikleri şekil 5.12 de verilmiştir. Her bir faz akımının etkin değeri 3.33 Amperdir. Fazlar arası gerilimin etkin değeri 381V ve her bir faz sargısının geriliminin etkin değeri ise 220 Volttur. Yine bu faz akımı ve gerilimlerine göre kaynaktan çekilen güç ise $3 \times (220 \times 3.33) = 2200$ Watt olarak elde edilmiştir.

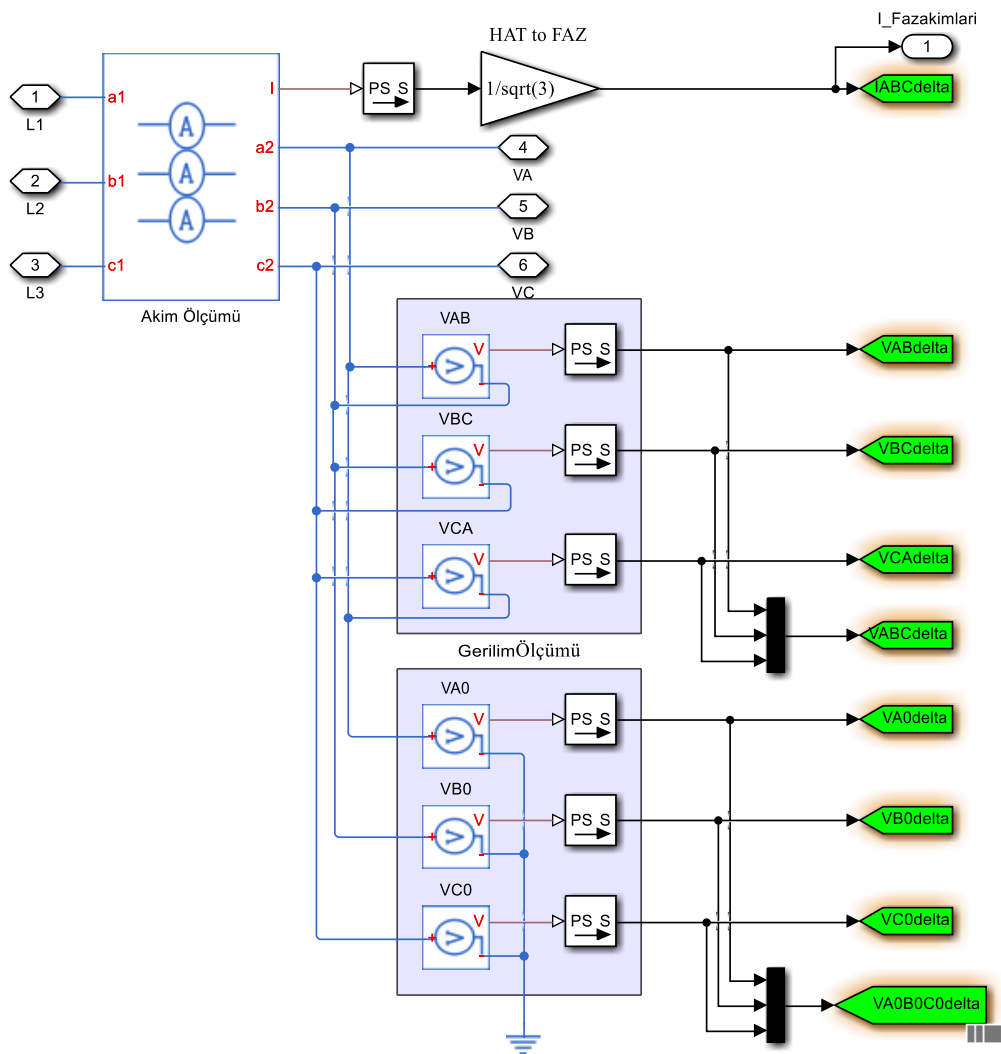


Şekil 5.12 Y bağlı 3 fazlı R yükünden elde edilen akım, gerilim ve güç grafikleri



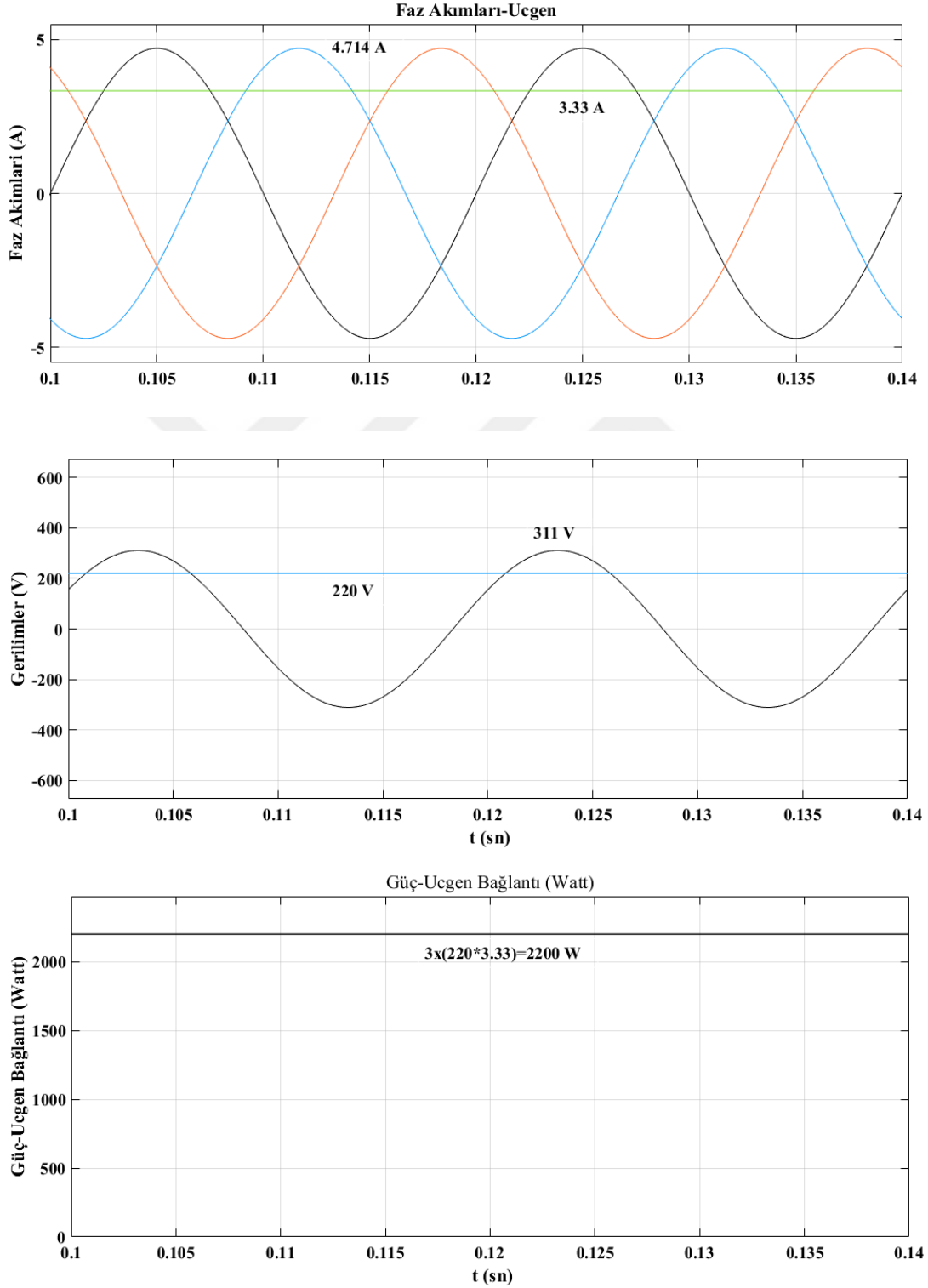
Şekil 5.13 Δ-bağlantı simulink blok diyagramı

Şekil 5.13 de yükü besleyen 3 fazlı kaynak, fazlar arası geriliminin etkin değeri rms 220V olan bir AC kaynak olarak modellenmiştir. Bu kaynaktan beslenen yükün çekmiş olduğu akım ve gerilimlerin ölçümü ise Şekil 5.14 te aşağıdaki blok yardımı ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.14 Akım, gerilim ölçüm bloğu

Ölçümler sonucu üçgen bağlı 3 fazlı R yükünden elde edilen akım, gerilim ve güç grafikleri şekil 5.15 de verilmiştir. Her bir faz akımının etkin değeri 3.33 Amperdir. Fazlar arası gerilim ile faz gerilimleri birbirine eşit ve etkin değeri 220 Volttur. Benzer şekilde faz akımı ve gerilimlerine göre kaynaktan çekilen güç ise $3 \times (220 \times 3.33) = 2200$ Watt olarak bulunur.



Şekil 5.15 Δ bağlı 3 fazlı R yükünden elde edilen akım, gerilim ve güç grafikleri

Hem yıldız hem de üçgen bağlantı durumu için yapılan benzetimlerden elde edilen sonuçlardan, her iki durumda da yükün şebekeden çektiği gücün değişmediği görülmektedir. Dolayısı ile bağlantısı Y-380V 'tan Δ -220V 'a dönüştürülen asenkron dalgıç motor da tasarlanan yeni FV sistem ile herhangi bir güç değişimine, güç kaybına ve performans düşüklüğüne maruz kalmadan çalışmasına devam edecektir. Buraya kadar tasarımı yapılan FV sistemin sahada kurulumuna ilişkin görseller ise aşağıdaki bölüm 5.7 de verilmiştir.

5.7. Sistem Kurulumu

Tasarımı yapılan FV sistem için 12 adet panelin monte edileceği konstrüksiyonlar hazırlanmış ve tek ayak üzerine 6 adet panel paslanmaz kaidelere vidalanarak montajı yapılmıştır. Yapılan montaja ve saha çalışmalarına ilişkin resimler aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.16 FV panellerin kurulumuna ilişkin fotoğraflar



Şekil 5.17 FV panellerin kurulumuna ilişkin fotoğraflar



Şekil 5.18 FV panellerin kurulumuna ilişkin fotoğraflar

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek güneş potansiyeline sahip olan ülkemizde, elektrik enerjisi olmayan veya iletim hattının çekilmesi zor ve pahalı olan yörelerde küçük ölçekli tarımsal sulama faaliyetleri için güneş enerjili FV su pompalama sistemleri tercih edilmektedir. Bu bağlamda öncelikle Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ile yeryüzüne gelen güneş ışınımı değerleri, güneş ışınlarının geliş açıları ve bu açılara göre panellerin konumlandırılması ile ilgili grafikler verilmiş, güneş paneli çeşitlerinin avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır. FV güneş hücresinin elektriksel ve matematiksel modeli detaylı olarak açıklanmış, güneş paneli çeşitlerinin yıllık enerji üretimlerinin karşılaştırılması, güneş panellerinde güç karakteristiklerinin incelenmesi ve panel verimini etkileyen diğer faktörlere değinilmiştir. Bu veriler doğrultusunda tarımsal sulama için şebekeden bağımsız bir FV su pompalama sisteminin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımı yapılan sistemin saha kurulumu gerçekleştirilerek sistemin çalışması test edilmiştir. Tasarımı yapılan sisteme ilişkin hem boyut hem de maliyet analizi yapılmış ve elde edilen veriler aşağıda tablo 5.8' de verilmiştir.

		Motor Y Bağlı	Motor Δ Bağlı
Toplam Panel Sayısı	:	16 adet	12 adet
Toplam Panel Alanı	:	26 m ²	≈19.512 m ²
Toplam Panel Maliyeti	:	13120 TL	9840 TL
Evirici Modeli	:	HSPL/H2200H	HSPL/H2200L
Evirici Maliyeti	:	3200 TL	2800 TL
Konstrüksiyon Maliyeti	:	2500 TL	2000 TL
AC Kablo Maliyeti	:	300 TL	300 TL
DC Kablo Maliyeti	:	120 TL	120 TL
Konnektör	:	400 TL	400 TL
380v Motor +Pompa	:	1500 TL	1500 TL
Sarım ve Bobin Maliyeti	:	-	70 TL
Dalgıç Pompa Hortumu	:	300 TL	300 TL
Halat	:	180 TL	180 TL
Ek Mufu	:	30 TL	30 TL

Tablo 5.8. Tasarımı yapılan sisteme ilişkin hem boyut hem de maliyet analizi

Sistemin tasarımı, fabrikasyon olarak Y-380V bağı bir asenkron dalgıç motorun sargılarının değiştirilmesi ve bağlantı şeklinin Δ -220V'a dñnüşürülmesi esasına dayanmaktadır. Y-380V bağı dalgıç motorun sargılarının değiştirilmesi ve bağlantı şeklinin Δ -220V'a dñnüşürülmesi neticesinde kurulu güç için gerekli olan FV panel sayısında azalma sağlanmıştır.

Panel sayısının azalması ile birlikte kurulumu yapılacak FV panellerin kaplayacağı fiziki alan küçülmüş, toplam panel maliyeti, evirici, konstrüksiyon, kablolama, konnektör ve işçilik ve nakliye maliyetlerinde önemli ölçüde azalma sağlanmıştır. Motor Y bağı durumda iken sistemin maliyeti 21650 TL, motor Δ bağı durumda iken sistemin maliyeti 17540 TL olarak elde edilmiştir. Yatırım maliyeti olarak 4110 TL'lik bir fayda sağlanmıştır. Daha küçük boyutlarda ve daha düşük maliyetle kurulumu gerçekleştirilebilen böyle bir FV sistemin hem tarımsal sulama da hem de diğer alanlarda yatırımcılar tarafından tercih edileceği öngörülmektedir.

Enerji sektöründeki gelişmeden kaynaklı ve sera etkisi yapıcı gaz emisyonlarının gün geçtikçe artıyor olması, sene bazında ortalama yıllık % 1,4'lük artışla devam edeceği düşünöldüğünde 2035 yılında gaz emisyon miktarının 42,6 milyar ton düzeyinde ulaşılacağı hesaplanmaktadır. Bunun etkisi olarak 2035 yılında sıcaklık seviyesi ortalamasının günümüze göre 6 °C' den fazla artabileceği işaret edilmektedir. Bu sıcaklık artışı, iklim değişikliklerinden, kuraklığa, doğa afetlerden, çevre felaketlerine kadar birçok olumsuz etkilere neden olacağı bilinmektedir. Bu doğrultuda yapılması gereken konvansiyonel yakıtlara karşı, alternatif yakıtlar değerlendirilmeli, tarımdan sanayiye her alanda çevre dostu enerji kaynakların kullanımı artırılmalı, teşvikler getirilmelidir.

Yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretimindeki yüksek teknolojik giderler ve yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı, yenilenebilir enerjiye dayalı yatırımların devlet tarafından teşvik edilmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelimizden azami ölçüde yararlanma politikası oluşturulmalı, sürdürölmeli ve desteklenmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına teşvikler verilirken bu sistemlerin ülke imkânları ile üretilme durumlarına da dikkat edilmelidir. Zira yenilenebilir enerji sektörüne cömertçe teşvikler veren İspanya küresel finansman krizine girmiş ve yüksek oranda etkilendiği de unutulmamalıdır.

Yapılan araştırmalara istinaden 2040 yılına kadar Dünya enerjisinin % 26'sını güneş enerjisinden karşılanabileceği ve bu sektörde ciddi istihdam alanları sağlayacağı belirtilmektedir. Yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olan ölkemizde öncelikle

elektrik enerjisi olmayan veya elektrik enerjisi iletimi zor olan yörelerde, zirai sulama amaçları için güneş enerjisi ile beslenen su pompalama sistemleri kurulmalıdır. Büyük ölçüde tarıma dayalı olan Türkiye’de sulama uygulamalarında ciddi anlamda elektrik enerjisi tüketildiği bilinmektedir. Güneş enerjisinden tarımsal sulama amacıyla yararlanılmalı, toplam üretim giderleri içerisinde büyük yer tutan sulama giderleri ve buna bağlı olarak üretim maliyeti azaltılmalıdır. Bu sistemlerin ilk kurulum maliyetleri yüksek olmasına rağmen, uzun yıllar kullanıldığı düşünüldüğünde FV güneş enerjili tarımsal sulama sistemleri daha ekonomik bir çözüm olarak görülmektedir.



KAYNAKLAR

- <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/world.html> Energy Information Administration, International Energy Outlook 2008, World Economic Outlook US Government.
- http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes_index.html Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2008
- Küpeli, A.Ö., “Güneş pilleri ve verimleri”, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir (2005).
- Oktik, S., “Güneş elektrik dönüşümleri fotovoltaik güneş gözeleri ve güç sistemleri”, Ankara Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara (2001).
- Emo Misem “Fotovoltaik sistemler ve uygulamaları ”, Elektrik mühendisleri odası Eğitim ve seminer etkinlikleri (2013).
- Engin, R., “Güneş Pilleri”, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Fizik Bölümü Yayınları, 8 (3): 151 (1995).
- Boz, O., “Günümüzün alternatif enerji kaynağı güneş pilleri”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir (2011).
- Beyoğlu, F. “Balıkesir ilinde çift eksenli güneş takip sistemi ile sabit eksenli FV sistemin verimlerinin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 10-33 (2011).
- Ismael, A., “Monokristal güneş pili sistemlerinde elektrik enerji analizi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (2012).
- Carstensen, J., Popkirov, G., Bahr, J., and Föll, H. “CELLO: an advanced LBIC measurement technique for solar cell local characterization” Solar Energy Materials and Solar Cells, 76 (4): 599-611 (2003).
- Erkul, A., “Monokristal, polikristal, amorf silisyum güneş panellerinin verimliliğinin incelenmesi ve aydınlatma sistemine uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2010).
- Gençoğlu, E., “Güneş pili ile çalışan bir su pompalama sisteminin tasarımı ve gerçekleştirilmesi” Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ (2015).
- Kara, M., “Sulama ve Sulama Tesisleri Ders Kitabı”, Selçuk Ün. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya, (2005).

- Aksoy, M.H., “Güneş ve Rüzgar Enerjisi ile çalışan su pompalama sisteminin deneysel incelenmesi”, Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Yüksek Lisans tezi, (2011).
- Köksal, M.A., “Güneş Enerjisiyle su pompalama üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2012).
- Yusufoğlu, G., “Şebeke elektriğinin bulunmadığı tarımsal alanlarda güneş enerjisiyle sulamanın yapılması”, Marmara Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, yüksek lisans tezi, makine eğitimi anabilim dalı, makine eğitimi programı, İstanbul, (2013)
- Mokeddem, A., Midoun A., Kadri, D., Hiadsi, S. and Raja, A.I., 2011, Performance of a directly-coupled FV water pumping system, *Energy Conversion and Management*, 52, 3089–3095.
- Türkay, B.E. and Telli, A.Y., 2011, Economic analysis of standalone and grid connected hybrid energy systems, *Renewable Energy*, 36, 1931-1943.
- Dursun, E., Bayar, H., Gorgun, H. and Kilic, O., 2010, Performance evaluation of a stand-alone photovoltaic/wind turbine/fuel cell power system for each province in the Aegean Region of Turkey, 5th International Ege Energy Symposium and Exhibition (IEESE-5), 298 (abstract).
- Chen, H. H., Kang, H. and Lee, A. H. I., 2010, Strategic selection of suitable projects for hybrid solar-wind power generation systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 413-421.
- Granich, W. and Elmore, A.C., An evaluation of the use of renewable energy to pump water in Sacala las Lomas, Guatemala, *Environ Earth Sci* DOI 10.1007/s12665-009-0395-8.
- Ramos, J.S. and Ramos, H.M., 2008, Solar powered pumps to supply water for rural or isolated zones: A case study. *Energy Conversion and Management*, 49, 2711–2719.
- Glasnovic, Z. and Margeta, J., 2007, A model for optimal sizing of photovoltaic irrigation water pumping systems, *Solar Energy*, 81, 904–916.
- Yeşilata, B. ve Aktacir, A., 2001. Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 42 (493), 29-34.
- Kavlak, İ. ve Güngör, H., 2006. Fotovoltaik Piller ve Fotovoltaik Pillerin Tarımsal Sulamada Kullanılması, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir, 22-29.

- Dursun, M. ve Saygın, A., 2006. Güneş Enerjisi İle Çalışan Bir Sulama Sistemi İçin Boost Konvertörlü Anahtarlama Relüktans Motor Sürücüsü, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (1-2), 57-65.
- Kalay, A., 2008. Muğla Üniversitesi Yerleşkesinde Bulunan 15 kWp Kurulu Güce Sahip Fotovoltaik (FV) Sistemin Güç Kalitesinin İncelenmesi ve Şebeke Karakteristikleri İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Muğla.
- Sen, Z., "Türkiye'nin Temiz Enerji ,mkânları", Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 6-12, 2004.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Resmi internet sayfası, www.eie.gov.tr, erişim: nisan 2006.
- <http://www.impo.com.tr/Default.aspx>, 2017

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Bayram GÜRE
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Batman 20.01.1978
Telefon :
Faks :
e-mail : baygure@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Batman Lisesi	1994
Üniversite	: Dicle Üniversitesi MYO Elektrik Bölümü	1999
	: Dicle Üniversitesi TEF Elektrik Öğretmenliği	2004
	: Dicle Üniversitesi Müh.Mim. Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği	2014
Yüksek Lisans:	Batman Üniversitesi	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR