**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# ÖRNEK BİR TESİSİN GÜNEŞ ENERJİ SiSTEMİYLE PLANLANMASI VE MALİYET ANALİZİNİN ARAŞTIRILMASI

**Selami YAKUT**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2017**

**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# ÖRNEK BIR TESİSİN GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMİYLE PLANLANMASI VE MALİYET ANALİZİNİN ARAŞTIRILMASI

**Selami YAKUT**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2017**

Prof. Dr. Ramazan TAŞALTIN danışmanlığında, Selami YAKUT'un hazırladığı **"Örnek Bir Tesisin Güneş Enerjisiyle Planlanması ve Maliyet Analizinin Araştırılması "** konulu bu çalışma …/…/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof.Dr.Ramazan TAŞALTIN ……

Üye : Doç.Dr.Gencay SARIIŞIK ……

Üye : Yrd.Doç.Dr.Abdurrahman ÖZBEYAZ ……....

**Bu Tezin Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN**
**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirilişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... ii
TEŞEKKÜR ..... iii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... iv
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... v
SİMGELER DİZİNİ ..... vi
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ..... 2
1.1.1. Rüzgar enerjisi ..... 3
1.1.2. Hidrolik enerji ..... 4
1.1.3. Biyokütle enerjisi ..... 5
1.1.4. Biyogaz enerjisi ..... 6
1.1.5. Dalga enerjisi ..... 7
1.2. Güneş Enerjisi ..... 8
1.2.1. Dünya'da güneş enerjisi görünümü ..... 9
1.2.2. Türkiye'de güneş enerjisi görünümü ..... 10
1.2.3. Güneş enerjisinden elektrik elde etme yöntemleri ..... 13
1.3. Fotovoltaik Güneş Panelleri ..... 14
1.3.1. Güneş panellerinin özellikleri ..... 15
1.3.2. Güneş panellerinin kullanım alanları ..... 17
1.3.3. Güneş paneli çeşitleri ..... 18
1.3.3.1. Kristal silisyum güneş pilleri ..... 18
1.3.3.2. Monokristal silisyum güneş pilleri ..... 18
1.3.3.4. Silisyum güneş pilleri ..... 19
1.3.3.4. Ribbon silisyum güneş pilleri ..... 19
1.3.3.5. Polikristal silisyum güneş pilleri ..... 19
1.3.3.6. İnce film güneş pilleri ..... 19
1.3.3.7. Amorf silisyum güneş pilleri ..... 20
1.3.4.Güneş panellerinde verimlilik ..... 20
1.3.4.1 Güneş panellerinde maksimum güç takip noktası takibi ..... 20
1.3.4.2 Bulanık mantık tabanlı maksimum güç takibi ..... 21
1.3.4.3 Yükseltici (boost) DA – DA dönüştürücü ..... 23
1.4. Bağlantı Şekillerine Göre Fotovoltaik Santraller ..... 20
1.4.1. Şebeke bağlantılı sistemler ..... 24
1.4.2. Şebekeden bağımsız sistemler ..... 25
1.4.3. Hibrit fotovoltaik santraller ..... 26
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 27
3. MATERYAL ve YÖNTEM ..... 29
3.1. Materyal ..... 29
3.1.1. Tesisin mahiyeti ..... 29
3.1.2. Tesisin kurulum gerekçesi ..... 29
3.1.3. Santral sahasının coğrafik özellikleri ..... 30
3.1.4. Tesisin inşa edileceği yer hakkında iklimsel veriler ..... 31
3.1.5. Proje sahasına ulaşım ..... 32
3.1.6. Santral sahasının güneş enerjisi potansiyeli ..... 33
3.1.7. Güneşlik verileri ve güneşlenme süreleri ..... 34
3.1.8. Sistem Bileşenleri ..... 38
3.1.8.1. Güneş paneli ..... 39
3.1.8.2. İnverter ..... 39
3.1.8.3. Monitoring (Uzaktan izleme) ..... 40
3.1.8.4. Konstrüksiyon ..... 40
3.1.8.5. Kablolar ..... 40
3.1.8.6. Konektörler ..... 41
3.1.8.7. Yıldırımdan koruma donanımları ..... 42

3.2. Yöntem ..... 43
3.2.1. Sistem şeması ve sistemin çalışma prensibi ..... 43
3.2.3. Yatırım karlılığını hesaplama yöntemleri ..... 44
3.2.3.1. Ortalama karlılık oranı yöntemi ..... 44
3.2.3.2. Fayda/maliyet oranı (F/M) analizi ..... 45
3.2.3.3. Geri ödeme süresi analizi ..... 46
3.2.3.4. Net bugünkü değer analizi ..... 47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA ..... 48
4.1. Tesis Planlamasında Çatı Dayanıklılığının Belirlenmesi ..... 48
4.2. Tesisin Kurulum Giderleri ..... 50
4.2.1. Mühendislik hizmetleri ..... 50
4.2.2. Güneş paneli maliyetleri ..... 50
4.2.3. İnverter, data transferi ve yazılım maliyetleri ..... 51
4.2.4. Konstrüksiyon maliyeti ..... 51
4.2.5. Kablaj ve elektriksel teçhizat maliyetleri ..... 52
4.2.6. Gerekli yasal izinleri almak için öngörülen giderler ..... 52
4.2.7. Yurtiçi nakliye maliyetleri ..... 53
4.2.8. Sistem montajı ve inşaat giderleri ..... 53
4.2.9. Öngörülemeyen giderler ..... 54
4.3 Yıllık İşletme Giderleri ..... 55
4.3.1. Bakım ve onarım giderleri ..... 55
4.3.2. Temizlik giderleri ..... 56
4.3.3. İşletme sorumlusu gideri ..... 56
4.3.4. Tüm risk sigorta gideri ..... 56
4.3.5. Gelir vergisi ..... 59
4.3.6. Yatırım finansmanı ..... 59
4.4. Yatırımın Getirisi ..... 59
4.4.1.Santral hurda değeri ..... 60
4.4.2. Nakit akışları tablosu ..... 61
4.5. Yatırımın Finansal Açıdan Değerlendirilmesi ..... 62
4.5.1. Ortalama kârlılık oranı ..... 62
4.5.2. Basit geri dönüş süresi ..... 64
4.5.3. Birim enerji üretim maliyeti ..... 65
4.5.4. Maliyet fayda oranı ..... 67
4.5.5. Net bugünkü değer analizi ..... 67
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER ..... 68
5.1. Sonuçlar ..... 68
5.2. Öneriler ..... 69
KAYNAKLAR ..... 71
EKLER ..... 73
ÖZGEÇMİŞ ..... 78

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**ÖRNEK BIR TESİSİN GÜNEŞ ENERJi SiSTEMiYLE PLANLANMASI VE MALiYET ANALİZİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Selami YAKUT**

**Harran Üniversitesi**
**Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof.Dr.Ramazan TAŞALTIN**
**Yıl: 2017, Sayfa: 78**

Günümüzde sürekli olarak artan teknolojik gelismeler, dünya nüfusunun sürekli olarak artması ve insanların yaşam standartlarının bunlara muadil olarak artması ve enerji talebinin gün geçtikçe artması, fosil yakıtların hızla tükenmesine sebebiyet vermektedir. Bu artan enerji ihtiyacının giderilmesi için daha fazla hammadde ihtiyacı gerekmektedir. Artan enerji ihtiyaçlarına çözüm bulmak adına insanlar alternatif enerji kaynaklarını araştırmaya ve bu konuya yönelmeye başlamışlardır. Alternatif enerji kaynaklarından en önemlilerden birisi olan güneş enerjisi, temiz ve ekolojik enerji kaynaklarından birisi olması, sürekli rejimde bulunması ve dış ülkelere olan bağımlılığının olmaması gibi özelliklerinden dolayı günümüzde gittikçe önem kazanan en önemli enerji kaynakları içerisinde yer almaktadır. Bu yüksek lisans tezi kapsamında ıspartada kurulu bir tesisin enerjisinin temiz, sağlıklı, kullanışlı ve ekonomik bir enerji kaynağı olan Güneş'ten,fotovoltaik ilkeye göre çalışan paneller ile tesisin ihtiyaç duyduğu enerji Güneş'ten karşılanacaktır.Tez kapsamında tesisin planlanması ve ekonomik analizi gerçekleştirilecektir. Bu yüksek lisans tezi güneş enerji santrali kurmayı düşünen üniversitelere, çeşitli kamu kurumlarına ve özel teşebbüs yatırımlarına örnek teşkil edebilecektir. Ayrıca yeni nesil öğrencilere de yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması ve uygulama fikirlerinin artması noktasında yol gösterici bir çalışma olabilecek niteliktedir.



**ANAHTAR KELİMELER**: Fotovoltaik, Tesis planlama, Maliyet Analizi

## ABSTRACT

**MSc Thesis**

**INVESTIGATION OF EXAMPLE OF A FACILITY PLANNING WITH SOLAR ENERGY SYSTEMS AND COST ANALYSIS**

**Selami YAKUT**

**Harran University**
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**Department of Electric and Electronics Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Ramazan TAŞALTIN**
**Year: 2017, Page: 78**

Today's increasing technological developments, the continual increase in the world population besides, the increasing people's living standards and energy demand increase day by day, which leads to the rapid depletion of fossil fuels. More raw materials are needed to overcome this growing energy need. In order to find solutions to the increasing energy needs, people have started to investigate alternative energy sources and to address this issue. Solar energy, which is one of the most important alternative energy sources, is one of the most important energy sources that are becoming increasingly important because of being one of clean and ecological energy sources, being in continuous regime and having no dependency on foreign countries. In the scope of this master thesis, the energy needed for facility established in Isparta, clean, healthy, handy and economical energy source that is going to be covered by panels operated according to the sun photovoltaic principle. The planning and economic analysis of the plant are going to be carried out within the scope of the thesis. This master's dgree will set an example for universities, various public institutions and private enterprice investmens that are cansidering establishing a solar power plant.
İt my also be a guideline for the new generation of students to become aware of the widespread use of renewable energy sources and the increase of their application ideas.



**KEY WORDS:** Photovoltaic, Facility Planing, Cost Analysis

# TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde bilgi birikimi, tecrübesini ve yardımlarını eksik etmeyen değerli danışmanım, Sayın Prof. Dr Ramazan TAŞATIN'a, teşekkür ederim. Mesleki bilgi ve tecrübeleriyle sağladığı bilimsel katkılardan dolayı Endüstri Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Gencay SARIIŞIK'a, Endüstri Mühendisi Sayın İsmail BOZTEMİR ve Yüksek Fizikçi Sayın Hamid ÖZTÜRK'e çok teşekkür ederim.

Lisans ve yüksak lisans eğitimim boyunca, benden maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


Şekil 1.1 Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücü ..... 3
Şekil 1.2 Örnek bir rüzgar enerji santrali ..... 4
Şekil 1.3. Hidroelektrik santrali şeması ..... 5
Şekil 1.4. Örnek bir biyokütle enerji üretim santrali ..... 6
Şekil 1.5. İdeal bir biyogaz enerji üretim santrali ..... 7
Şekil 1.6. Dalgalardan faydalanarak enerji üreten bir sistem ..... 7
Şekil 1.7. Güneş'ten gelen enerjinin elektriğe dönüştürülmesi ..... 9
Şekil 1.8. Dünya da güneş enerjisi kurulu gücünün kıtalara göre dağılımı ..... 10
Şekil 1.9. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ..... 11
Şekil 1.10. Güneşlenme saatlerinin ülkelere göre kıyaslanması ..... 12
Şekil 1.11. Türkiye'de metrekare başına düşün global radyasyon değerleri (kWh/$m^2$) ..... 12
Şekil 1.12. Türkiye ortalama güneşlenme süreleri (saat) ..... 13
Şekil 1.13. Yoğunlaştırıcı sistem örneği ..... 14
Şekil 1.14. Fotovoltaik güneş paneli ..... 16
Şekil 1.15. Fotovoltaik güneş panellerinin farklı kullanım alanları ..... 17
Şekil 1.16. Güneş paneli çeşitleri ..... 18
Şekil 1.17. Fotovoltaik panelin güç gerilim eğrisi ..... 21
Şekil1.18. Maksimum güç takibi yapan siistemin genel yapısı ..... 22
Şekil1.19. Yükseltici DC-DC dönüştürücü devresi ..... 23
Şekil 1. 20. Şebekeyle bağlantılı (on-grid) sistem ..... 24
Şekil 1.21. Şebekeden bağımsız (off-grid) sistem ..... 25
Şekil 1.22. Hibrit fotovoltaik santral örneği ..... 26
Şekil 3.1. Tesisin konumu ..... 30
Şekil 3.2. Isparta 50 m rüzgar hızı ortalaması ..... 32
Şekil 3.3. Proje sahasının bulunduğu bölgedeki karayolu şebekesi ..... 32
Şekil 3.4. Isparta ili aylık güneşlenme süreleri(saat) ..... 33
Şekil 3.5. Türkiye güneşlilik haritası ..... 34
Şekil 3.6. Pvgis verilerine göre aylık global radyasyon değerleri (Kwh /m²) ..... 35
Şekil 3.7. Gepa verilerine göre aylık global radyasyon değerleri (Kwh /m²) ..... 36
Şekil 3.8. Isparta ili radyasyon haritası ..... 36
Şekil 3.9. Meteonorm yazılımı işlem basamakları ..... 37
Şekil 3.10. Meteonorm verilerine göre aylik global radyasyon değerleri (Kwh /m²) ..... 37
Şekil 3.11. NASA verilerine göre aylık global radyasyon değeri (kWh/m2) ..... 38
Şekil 3.12. Güneş enerji santralinde kullanılacak ekipmanlar ..... 39
Şekil 3.13. Solar konektörler ..... 41
Şekil 3.14. Çift yönlü sayaç ..... 42
Şekil 3.15. Yıldırım koruma donanımları devre şeması ..... 43
Şekil 3.16. Örnek bir güneş enerji santralinin çalışma mantığı ..... 44
Şekil 4.1. Çatı çeşitleri görünümleri ..... 48
Şekil 4.2. Revit Architecture programı ile çizimi yapılan örnek tesisimiz ..... 51
Şekil 4.3. Güneş panelinin monte edileceği aliminyum konstrüksiyon ..... 51
Şekil 4.4. Teiaş'a Başvuru sürecinde takip edilmesi gereken basamaklar ..... 53
Şekil 4.5 Tüm risk sigorta giderleri ..... 57

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**


Çizelge 3.1. Isparta iline ait 1926-2016 yılleri arasında tespit edilen meteorolojik veriler ..... 31
Çizelge 3.2. Isparta ili için 4 farklı veri tabanının ışınım değerleri karşılaştırması ..... 38
Çizelge 4.1. Çatı yükünün teknik açıdan değerlenirilmesi ..... 49
Çizelge 4.2. Tesisin kurulum giderleri ..... 54
Çizelge 4.3. Bakım ve onarım giderleri ..... 55
Çizelge 4.4. Yıllık işetme giderleri ..... 58
Çizelge 4.5. Tesisin 25 yıl boyunca gelirleri ..... 60
Çizelge 4.6. Hurda değeri ..... 61
Çizelge 4.7. Nakit akışları tablosu ..... 62
Çizelge 4.8. Kümülatif nakit akışı ve enerji üretim değerleri ..... 63
Çizelge 4.9. Yıllar itibariyle katlanılan maliyetler ve enerji üretim değerleri ..... 66

# SİMGELER DİZİNİ

| | |
|---|---|
| AB | Avrupa Birliği |
| AC | Alternatif Akım |
| EİE | Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü |
| EPC | Mühendislik, Tedarik ve Kurulum |
| EPDK | Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu |
| DC | Doğru Akım |
| GEPA | Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası |
| GES | Güneş Enerjisi Santrali |
| GPRS | Paket Anahtarlamalı Radyo Hizmetleri |
| GSM | Mobil İletişim İçin Küresel Sistem7 |
| KDV | Katma Değer Vergisi |
| MPPT | Maksimum Güç Noktası Takipçisi |
| NASA | Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi |
| PV | Fotovoltaik |
| PVGIS | Avrupa Birliği Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Tabanı |
| PVPS | Fotovoltaik Güç Sistemleri |
| PWM | Darbe Genişlik Modülasyonu |
| TEİAŞ | Türkiye Elektrik İletim A.Ş. |
| YEK | Yenilenebilir Enerji Kanunu |

# 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında kullanılan enerjinin yaklaşık % 78'i fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Bununla beraber fosil yakıtların insan sağlığına ve çevreye verdiği zararlar gün geçtikçe artmaktadır. Fosil yakıtlar yakıldığında karbondioksit (CO2) metan,kükürt, partikül madde, azotoksit, kurum ve kül gibi sağlığımızı olumsuz yönde etkileyecek altı sera gazının açığa çıkmasına neden olur.Yanma sırasında açığa çıkan karbonmonoksit(CO),kandaki hemoglobine tutunarak vücuttaki oksijeni bloke eder ve baş ağrısı gibi sağlık problemlerine yol açar. Kullanılan fosil yakıtlar yandıklarında havadaki oksijen ile birleşerek $CO_2$ ve CO gazı oluşturmaktadır. Bu fosil yakıtlarda bulunan ağır metaller havadaki oksijenle birleşerek insan sağlığını tehdit eden bileşiklere dönüşmektedirler.

Havada artan $CO_2$, nem ve azotla birleşerek yeryüzüne asit olarak inmekte ve aşırı dozlarda asit yağmurları oluşmaktadır. Kükürtdioksit ($SO_2$) petrol ve kömürün yanmasıyla açığa çıkar, sülfirik aside dönüşerek insan sağlığına ve doğal çevreye onarılmaz zararlar vermesine neden olur. Kanser ve diğer hastalıkların ortaya çıkmasına sebebiyet verir.Fosil yakıtlar ile alakalı tüm bu olumsuz durumlar beşeriyeti temiz ve ekolojik bir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları olumsuz yönleri çok az olan ve süreklilik gösteren en ideal enerji kaynaklarıdır. Mevcut kaynaklardaki enerji kayıplarının çok fazla olduğu düşünüldüğünde ve rezerv tüketiminin söz konusu olduğu düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın kullanımının geleceğimiz açısında taşıdığı önem kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Güneş panelleri ve pilleri gelen elektromanyetik dalga enerjisini ısı ve elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Güneş enerjisi, günlük yaşamımızda hemen hemen her yerde kullanılabilmektedir. Bütün bu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ve üretimde kullanılması gelecek için umut vaat etmektedir. Ancak mühendislik yatırımlarının ekonomik açıdan analizi (ömür boyu maliyeti, geri ödeme süresi vb. )

de oldukça büyük önem arzetmektedir. Bu nedenle planladığımız bu çalışma ile çevre dostu güneş enerjisi kullanımının örnek bir tesisin güneş enerji sistemiyle planlanmasında ve maliyet analizinin araştırılması ve daha sonra yapılması planlanan benzer tesisler için ekonomik ve teknik açıdan önerilerde bulunmak bu tezin genel kapsamı dahilinde olacaktır.

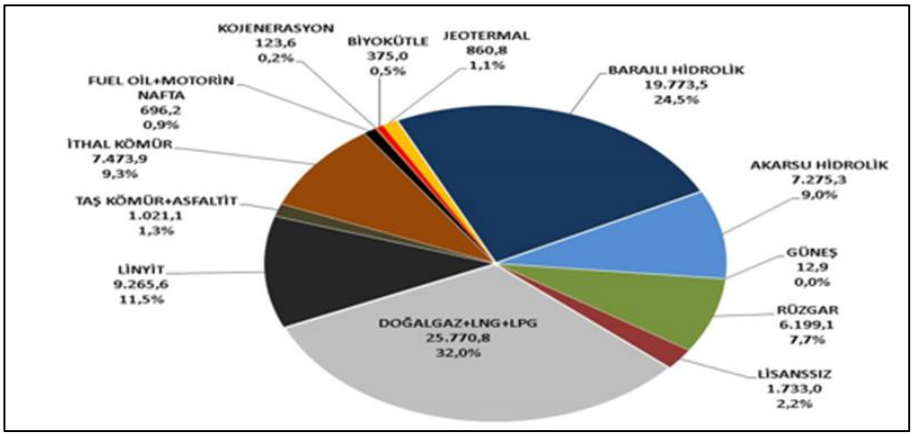
## 1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye, dünyanın en gelişmiş 20 ekonomisinden biri olmasına rağmen sürekli artan enerji talebini karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Türkiye dışa bağımlılığı azaltmanın yanında yerli kaynak arama çalışmalarına da önemli oranda destek vermektedir.

Bugün dünya genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık yüzde 20'si yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Mevcut durumda fosil yakıtlara olan bağımlılık yüksek düzeyde olmasına rağmen yıllar itibarıyla yenilenebilir enerjinin kullanım oranları giderek artmaktadır.

Son yıllarda global trende ayak uyduran Türkiye'de de yenilenebilir enerji alanında önemli ilerlemeler kaydedilmektedir (Şekil 1.1.) 2016 yılsonu itibarıyla Türkiye'nin yenilenebilir enerji toplam kurulu gücü yaklaşık 35 GW olarak hesaplanırken, toplam elektrik üretiminin ise yüzde 35'i yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmaktadır.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynaklarını en verimli ve en faydalı bir şekilde hayata geçirme uğraşı içerisindedir. Bu ihtiyacın giderilmesi açısından son yıllarda artan bir yatırım potansiyeli oluşmuş ayrıca Türkiye'de yenilenebilir enerjiye yönelmiştir (Akkaya,2007).




Şekil 1.1 Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücü

Kaynaklar açısından bakıldığında, 2017 Ağustos ayı itibariyle, toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün %32'si Doğalgaz ve LNG'den, %12,8'i yerli kömürden, %9,3'ü ithal kömürden, %0,9'u fuel-oil+nafta+motorin'den, %12,9'u Güneş'ten, %7,7'si Rüzgar'dan, %33,5'i Hidrolik enerjiden, %5,6'sı çok yakıtlılar'dan, %1,7'i yenilenebilir Konjenerasyon+Biyokütle+jeotermal kaynaklardan sağlandığı görülmektedir.

### 1.1.1. Rüzgar enerjisi

Rüzgar enerjisi ilk keşfedilen enerji çeşitlerinden biridir. Rüzgar enerjisi alçak basınçla yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımıdır. Rüzgar enerjisi çevreye zarar vermez. Rüzgar enerjisi günümüz teknolojisi ile mekanik enerjiye ve elektrik enerjisine dönüştürebilen modern rüzgar gülü Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Tarihe baktığımızda insanlar çok eski zamanlardan beri rüzgar enerjisinden faydalanmaktadırlar. İlk faydalanma şekilleri yel değirmenleri ve yelkenli gemiler örnek verilebilir. Daha sonraları ağaç kesme ve su pompalama gibi işlerde de rüzgar gücünden faydalanmıştır. Rüzgar enerjisi günümüzde ise en çok elektrik üretimi için rüzgar türbinleri tasarlanarak kullanılmaktadır.



Şekil 1.2 Örnek bir rüzgar enerji santrali

Rüzgar enerjisinin sağladığı avantajları şöyle sıralanabilir;

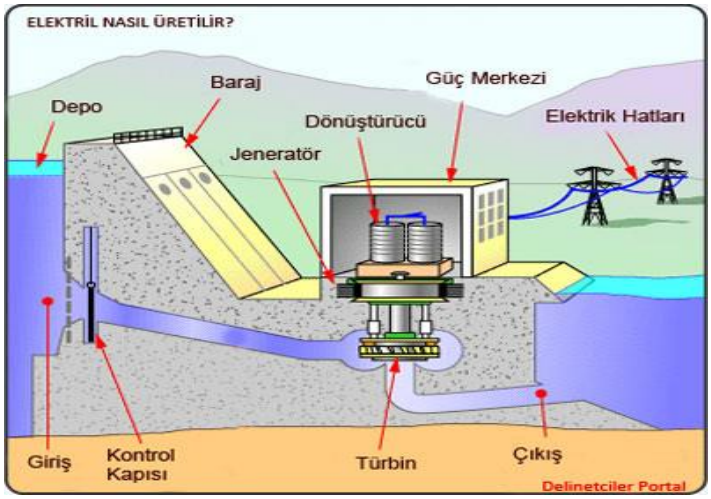
- Atmosfer ortamında aşırı miktarda ve serbest olarak bulunmaları,
- Yenilenebilir, zararsız, çevreye duyarlı ve güvenilir olması,
- Onarım ve bakım maliyetlerinin düşük olması,

Günlük hayatta rüzgar enerjisi birçok sahada kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi ile elde edilen elektriğin kullanıldığı yerler zaman geçtikçe daha çok artmakta ve artmaya devam edeceği gözlemlenmektedir.

Trafik ışıkları, park ve bahçeler, evler, işletmeler, sokak aydınlatmaları, karavan, tekne, sinyalizasyon ve mobil istasyonlar, elektrik enerjisinin tüketilebileceği tüm işletim alanları emsal olabilir. Rüzgar enerjisi sistemlerinin rüzgar ölçümlerinin enerji üretmeye uygun olmayan yerlerde kurulması tavsiye edilmez.

### 1.1.2. Hidrolik enerji

Hidrolik enerji, suya (sıvıya) belirli bir miktar yükseklik kazandırılması ile elde edilen potansiyel enerjiye denir. Bu potansiyel enerji, ilk olarak bazı düzenekleri kullanarak enerjiyi mekanik enerjiye çevirir. (Şekil 1.3.) Oluşturulan mekanik enerji, elektrik enerjisine dönüştürülür. Sahip olunan bu son enerjiye ise, hidroelektrik enerji adı verilir.




Şekil 1.3. Hidroelektrik santrali şeması

Bu santrallerde yeryüzünün elektrik enerji ihtiyacının büyük bir kısmı üretilmektedir. Hidrolik enerji, dünyanın %19'luk elektrik ihtiyacına tekabul etmektedir. Ayrıca bu enerji, yenilenebilir enerjinin %69'luk dilimini de karşılamaktadır. Türkiye'de 150'den fazla işletilen hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Bakanlıktan alınan bilgilere göre, 2009 yılındaki elektrik üretimini %18,5'lik bölümü, hidroelektrik santrallerinden elde edilmiştir. Tüm hidroelektrik kaynakların potansiyeli ülkemiz için yılda yaklaşık 433 GWh değerindedir. (Görez, 2010)

### 1.1.3. Biyokütle enerjisi

Biyokütle, birden fazla türün birarada yaşamasıyla oluşan total kütle olarak tanımlanmaktadır.

Biyokütle enerjisinin eldesinde özel olarak yetiştirilen buğday, mısır gibi otlar, bitkiler, gübre yosunlar, okyanus ve denizdeki algler, organik sanayi atıkları, evlerdeki sebze ve meyve artıkları kaynak oluşturmaktadır (Şekil 1.4 ).

Yenilenemeyen enerji olan doğalgaz, petrol, kömür vb. rezervlerindeki azalma ve ayrıca bu rezervlerin çevre koşullarına kötü yansıması, biyokütle enerjisinin kullanımına olan arzusu giderek artmaktadır.

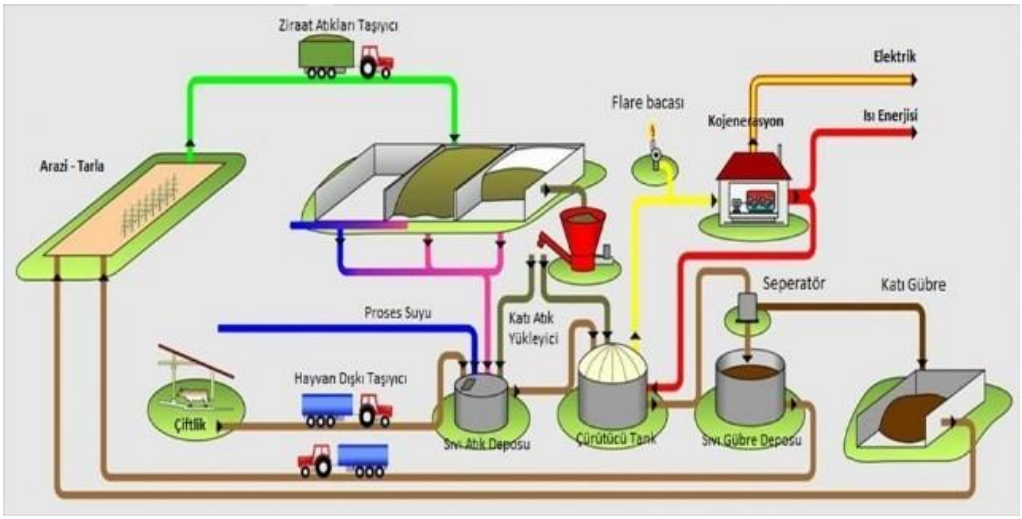
Biyokütle enerjisinin kaynağının tükenmez olarak nazar edilmesi, kolaylıkla her alanda bulunabilmesi, ayrıca kırsal bölgeler de verimli ve önemli bir enerji kaynağı potansiyelini oluşturmak için sosyo-ekonomik gelişmelere olanak sağladığı göz önündedir.



Şekil 1.4. Örnek bir biyokütle enerji üretim santrali

### 1.1.4. Biyogaz enerjisi

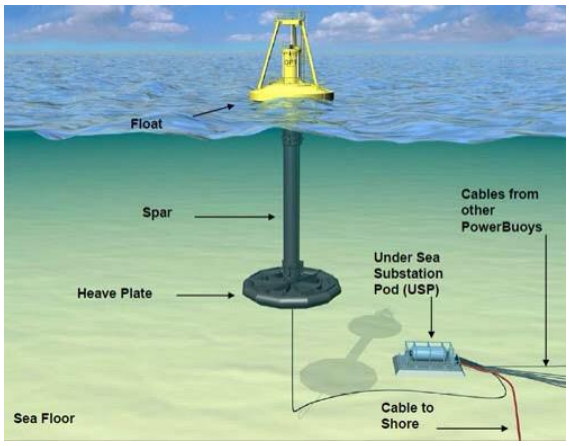
Biyogaz, yenilenebilir enerji kaynağı olarak özellikle son yıllarda birçok ülkede ciddi ölçüde önem kazanmıştır Biyogaz, yanıcı bir maddedir. Biyokütlenin kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda meydana gelmektedir. Biyogaz, yanıcı başka gazlardan (örneğin metangazı veya doğalgaz) farklı olarak sadece bitkisel,hayvansal, organik içerikli endüstriyel ve şehir atıklarından elde edilmektedir (Şekil 1.5). Türbin yakıtı olarak kullanılabilen biyogaz yerel olarak veya genel elektrik şebekesine iletilebilen elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Ayrıca yakılarak oluşacak ısıyla tesis ve yakınlarındaki apartmanların ısıtılmasında kullanılması da mümkündür. Ülkemizde 72 biyokütle, biyogaz, pirolitik yağ enerji ve atık ısı santrallerinin toplam kurulu gücü 394,70 MW'dır.




Şekil 1.5. İdeal bir biyogaz enerji üretim santrali

### 1.1.5. Dalga enerjisi

Rüzgarın deniz veya okyanusların yüzeyinde yaptığı salınım hareketine dalga enerjisi denir. Dalga enerjisi yüzey altındaki dalgaların basınçlarından veya dalga yüzeyinden direkt olarak elde edilmektedir. Dalgalanma bilindiği üzere rüzgarın deniz veya okyanusların yüzeyinde yaptığı salınım hareketidir. Dalga enerjisi üretimi yapan makineler de bu salınımdan ve bu salınımlar sonucu oluşan basıncı kullanarak enerji üretimi gerçekleştirmektedirler. (Şekil1.6.)




Şekil 1.6. Dalgalardan faydalanarak enerji üreten bir sistem

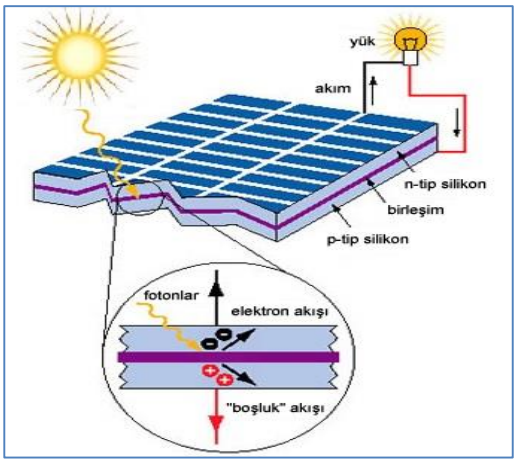
## 1.2. Güneş Enerjisi

Güneş ve Güneş sistemi'ndeki gezegenler "big bang " yani büyük patlama teorisi ile oluştuğuna inanılmaktadır. Bir yıldızın enerjisinin bitmesi ve şiddetli bir şekilde patlaması sonucu uzaya yayılan bulutumsu yapılar, yoğunlaşarak gök cisimlerini oluşturmuştur.

Güneş ve Güneş sistemi, Dünya için temel, vazgeçilmez ve zaruri bir enerji kaynağıdır. Güneş canlılığın yaşamını sürdürebilmesi için vazgeçilmez bir kaynaktır. Günümüzdeki enerji kaynaklarının büyük çoğunluğu güneşin sebep olduğu olaylar sonucu ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisiyle su döngüsü ve dolayısıyla yağışlar sağlanmaktadır. Güneş, Dünya'mız için bir lamba ve soba vazifesi görmektedir. Güneş'in en hayati önemi ise fotosentezi sağlayarak canlıların yaşamını sürdürmesine vesile olmaktadır.

Bugün için güneş enerjisinin kullanımı, gündelik yaşam yapısından ve konutlarından başlamakta, iletişime, tarıma, endüstri kesimine, elektrik santrallerine, askeri hizmetlere ve uzaya dek uzanmaktadır. Güneş teknolojisi özellikle, alçak, sıcaklık ve yüksek sıcaklık ısın uygulamalarına, ısıl elektrik ve güneş termik elektrik uygulamalarına, fotosentetik ve fotokimyasal islevlere dayanmaktadır. Güneş enerjisinin günümüzde önem kazanan uygulamaları; hemen her ülkede yaygınlaşmaya baslayan güneşli su ısıtıcıların dışında, güneşle ısınan binaların yapımı, güneşli su pompalarını tarımsal sulamada kullanılması, güneş enerjisinin elektriğe çevrilmesi (Şekil 1.7) geleceğin yakıtı olan hidrojenin sudan üretiminde güneş enerjisinden yararlanılması biçiminde sıralanabilir (Binark,2004).

Ülkemizdeki güneş enerjisi sistemlerine yönelik çalışmalar EİE tarafından yürütülmektedir.

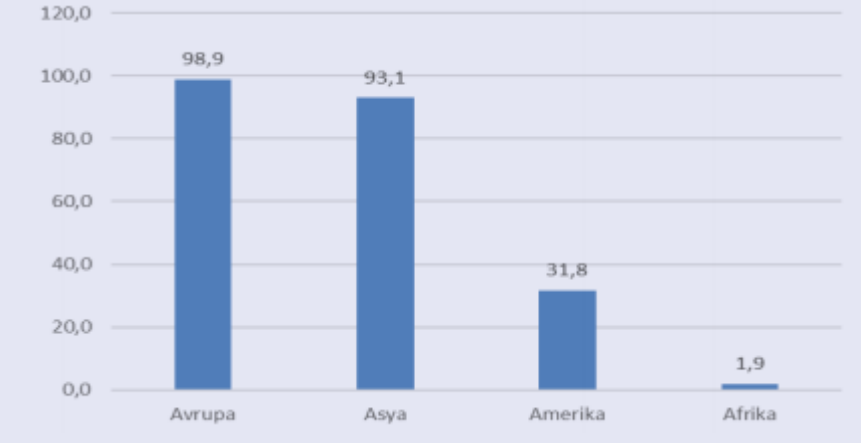



Şekil 1.7. Güneş'ten gelen enerjinin elektriğe dönüştürülmesi

### 1.2.1. Dünya'da güneş enerjisi görünümü

Güneş enerjisi yeryüzünde en yaygın bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu enerji çeşidinden elektrik ve ısı elde etmek için faydalanılır. Diğer taraftan fotovoltaik panel kullanımı fosil yakıt tüketmekten daha maliyetli olduğu için yeryüzüne gelen güneş enerjisinin yalnızca yüzde 0,04'ü insanlar tarafından kullanılmaktadır. Ancak son dönemde gerçekleştirilen güneş enerjisi üretim ve depolama teknolojilerindeki ilerleme ile birlikte maliyetlerin hızlı bir şekilde düşmesi bu alandaki yatırımların sayısını artırmaktadır.

Güneş enerjisi piyasasının özellikle 2014 yılından sonra yüzde 25'lik bir büyüme kaydettiği bilinmektedir. 2015 yılında güneş enerjisinde 50 GW'lık bir kapasite artışı gerçekleştirilmiş ve küresel ölçekte toplam 227 GW kapasiteye ulaşılmıştır (Karagöl ve ark.). Bölgesel ölçekte güneş enerjisi kurulu gücünde en fazla kapasite Avrupa kıtasında bulunurken, onu Asya ve Kuzey Amerika takip etmektedir (Şekil 1.8.).



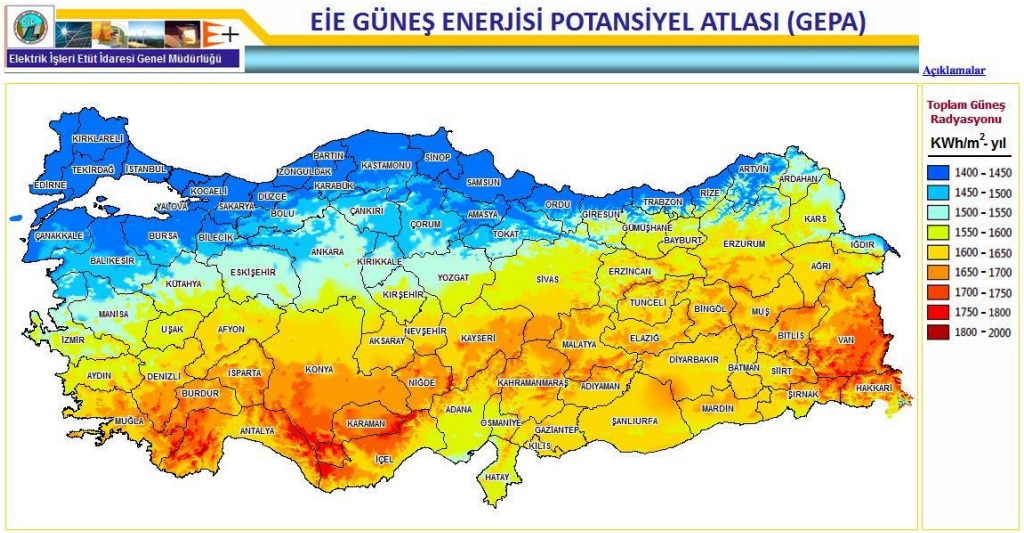

Şekil 1.8. Dünya da güneş enerjisi kurulu gücünün kıtalara göre dağılımı

Güneş'ten enerji üretme konusunda birçok ülkenin son yıllarda önemli çabalar içerisine girdiğini görmekteyiz. Çevresel değerlere ve kaynakların sürdürülebilirliğine büyük önem veren Avrupa Entegrasyon Sistemi bu ülkeler grubunun başını çekmektedir.

### 1.2.2. Türkiye'de güneş enerjisi görünümü

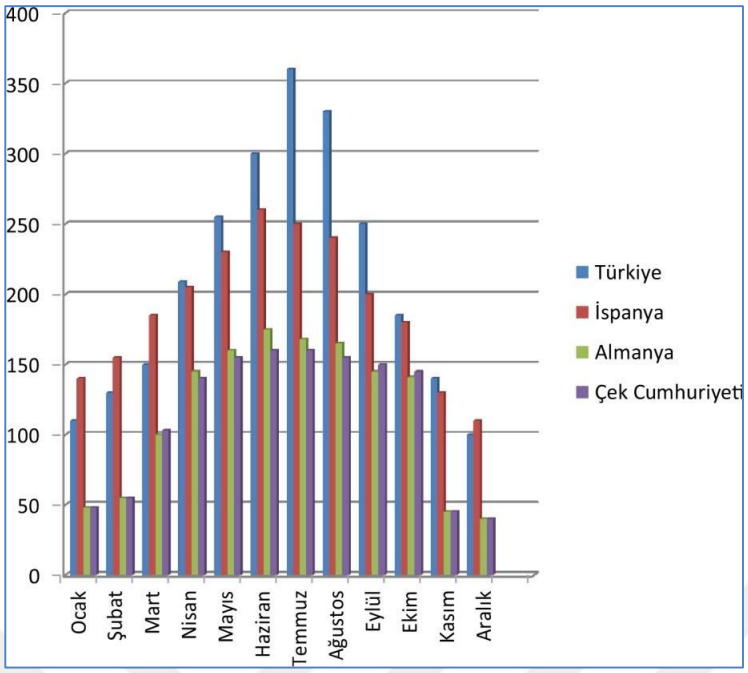
Yurdumuz güneş enerjisi potansiyeli bakımından zengin sayılabilecek konumdadır. Türkiye'nin yaklaşık 2/3'ü yıllık 1500 kWh/$m^2$ ya da daha fazla güneş enerjisi potansiyeline sahiptir (Şekil 1.9.). EiE nün yaptığı ölçüm ve değerlendirmelere göre Türkiye'nin ortalama günlük güneş radyasyon değerinin ve aylara göre günlük güneşlenme sürelerinin dağılımı sırasıyla şekil 1.11 ve şekil 1.12'de görülebilir.

EiE verilerine göre Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2737 saattir. Bu kapasite yıllık 380 milyar kWh enerji potansiyeli anlamına gelmektedir. Bir yıl 365 gün kabul edildiğinde gece ve gündüz dahil bir yılın %30' luk süresi boyunca kullanılabilir düzeyde güneş enerjisi potansiyelimizin olduğu görülür. Bu oldukça yüksek bir oran olmakla birlikte, ancak ortalama ışınım şiddeti ile birlikte değerlendirildiğinde anlam kazanır. Yine EiE verilerine göre Türkiye' nin ortalama toplam ışınım şiddeti 1527kWh/$m^2$ olarak hesaplanmıştır.



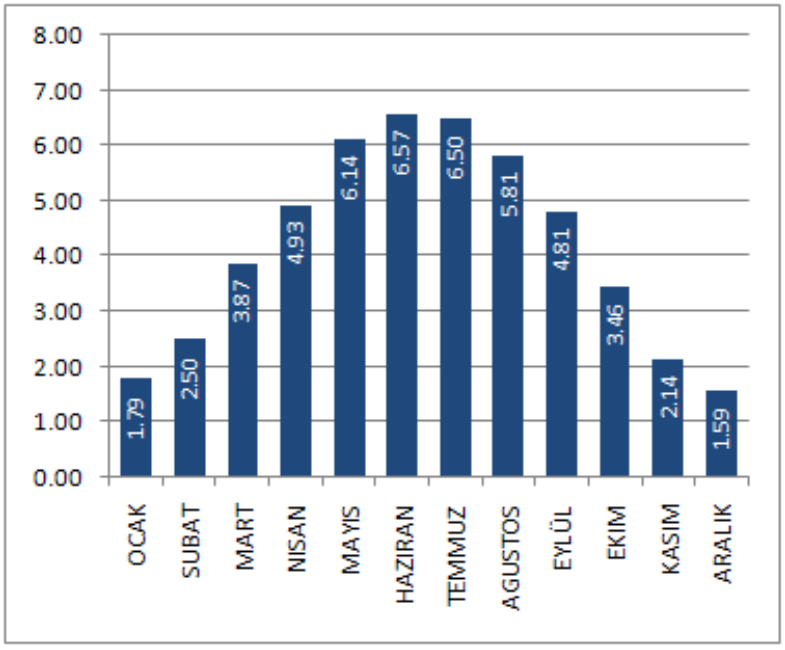

Şekil 1.9. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli

Türkiye çok iyi güneş alan bir ülkedir. Türkiye'nin güneş alma süresinin Avrupa'dan çok iyi olması (Şekil 1.10.) , son yıllerde genelde yenilenebilir enerjinin, özelde de güneş enerjisinin devlet tarafından teşvik kapsamına alınmasından dolayı, çok yakın gelecekte Türkiye'nin güneş enerjisinde Avrupa ortalaması kadar bir yatırımı gerçekleştireceği varsayılabilir. Bu yatırımın gerçekleşmesi durumunda önümüzde ki on yılde Türkiye'de 30,000 MW büyüklüğünde Güneş'ten elektrik üretiminin devreye girebileceğini söyleyebiliriz.

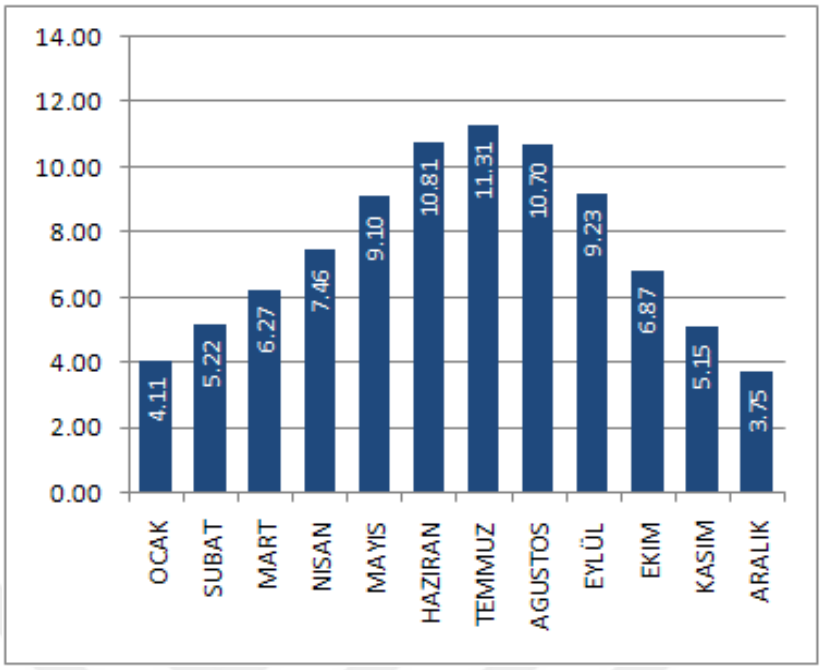



Şekil 1.10. Güneşlenme saatlerinin ülkelere göre kıyaslanması (saat)

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli, Avrupa kıtasının önde gelen güneş enerjisi yatırımlarına sahip ülkeleri Almanya, İspanya ve Çek Cumhuriyeti gibi ülkelere nazaren daha fazla olmasına karşın yatırım oranı bu ülkelerin çok altında kalmaktadır (Dinçer,2011).




Şekil 1.11. Türkiye'de metrekare başına düşün global radyasyon değerleri (kWh/m$^2$)

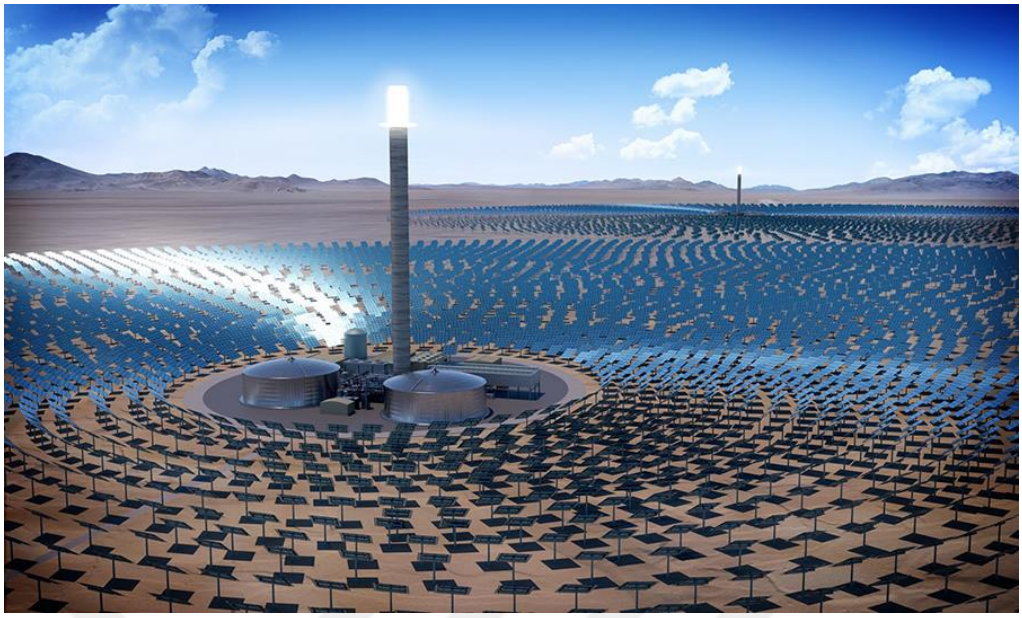



Şekil 1.12. Türkiye ortalama güneşlenme süreleri (saat)

### 1.2.3. Güneş enerjisinden elektrik elde etme yöntemleri

Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi, yüksek sıcaklık ilkesi ile çalışan yoğunlaştırıcı sistemler ve ışığın doğrudan elektrik enerjisine çevrilmesi prensibiyle temel olarak 2 farklı teknoloji ile sağlanabilmektedir. Güneş'ten elektrik elde edilmesi bu çalışmanın da konusu olan fotovoltaik sistemlerden sağlanacaktır.

Yoğunlaştırıcı sistemler, gelen güneş enerjisini parabolik kollektörler vasıtasıyla üzerinde toplar (Şekil 1.13.).Bu sistemler kollektörlerin merkezine yerleştirilmiş absorban boru içerisindeki sıvının ısınması ve bu sıvıdan kızgın buhar elde edilmesiyle merkeze yerleştirilen bir motor yardımıyla mekanik enerjiye ve dolayısıyla elektrik enerjisine dönüşümü gerçekleştirilir. Bu sayede güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmektedir.



Şekil 1.13. Yoğunlaştırıcı sistem örneği

Parabolik kolektör vasıtasıyla elektrik eldesi sağlayan güneş enerjisi sistemlerinden atık ısı ve buhar elde edilebilmektedir. Şekil 1.12 'de parabolik kolektörler vasıtasıyla elde edilebilen yüksek sıcaklık değerleri sistem içerisinde kullanılan akışkan buhar fazına geçiş yapabildiği gösterilmektedir. Bu sayede parabolik kolektörlerden elektrik eldesi dışında ısıtma ve soğutma için buhar veya ön ısıtma işlemleri için atık ısı elde edilebildiği görülmektedir.

## 1.3. Fotovoltaik Güneş Panelleri

"Fotovoltaik" sözcüğü, ışık anlamına gelen "foto" ve elektrik anlamına gelen "voltaik" sözcüklerinin birleşmesi ile oluşturulmuştur (Bedeloglu ve ark.,2010).İlk PV hücre 1954 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Bell laboratuarlarında bugünkü teknolojinin temeli atılmış geliştirilmeye başlanmıştır (Goetzberger ve ark, 2000).

Fotovoltaik hücreler tarafından absorbe edilen güneş ışınları P tipi yarı iletken maddeden elektron koparır. Enerji kazanan elektronlar p tipi yarı iletkenden n tipi yarı iletkene doğru akarlar.Bu sabit tek yönlü elektron akımı bir doğru akımı oluştururlar. n tipi hücrelerin uçlarında elektrik gerilimi oluşması fotovoltaik ilke olarak tanımlanabilir.

Güneş panelleri Güneş'ten gelen fotonları fotovoltaik ilke doğrultusunda elektrik akımına çeviren sistemlerdir.

Yüzeylerine gelen güneş enerjisi, güneş panellerinin ürettiği elektrik enerjisinin kaynağıdır. Hareketli parçalar olmadığından dolayı güneş panelleri için teknik bakım gerekmez. Güneş hücrelerinin teorik yaşamları,sonsuz olarak tanımlanmaktadır.

Güneş panellerinin önemli bir avantajı da çok sayıda güneş hücresinin birbirine seri ya da paralel bağlanarak güç çıkışının akım veya geriliminin ayarlanmasıdır. Güneş panelleri talep edilen güce bağlı olarak seri ya da paralel bağlantı kararı verilir. Böylece birkaç Watt'lık enerji üretecinden dev enerji sanralleri oluşturulabilir. Güneş panellerinin çıkışından doğru akım çıkışı vardır. Fotovoltaik ilke doğrultusunda panellerden üretilen 24 volt DC gerilim eviriciler yardımıyla kullanılabilir şebeke gerilimine dönüştürülmektedir.

### 1.3.1. Güneş panellerinin özellikleri

Güneş panellerinin olumlu ve olumsuz özellikleri şöyle sıralanabilir

olumlu özellikleri;

- Güneş'ten gelen radyasyonu elektrik enerjisine çeviren güneş panelleri, diğer enerji dönüştürücüleriyle kıyaslandığında verimi en yüksek olan yenilenebilir enerji türüdür.
- Enerji iletim hatlarına gerek duyulmadığı için her bölgede kurulabilir.
- Kurulumu oldukça kolay ve pratiktir.İhtiyaca göre gerektigi yerde panael ilavesi yapılabilir.
- Panellerdeki modüler sistemler sayesinde bir modül bozulsa bile diğer modüller birbirinden ayrı olduğu için enerji iletimine devam ederler.
- Bakım ve onarım ihtiyaçları yüksek maliyetlerde degildir. Yüzeylerinin tozdan korunması ve temizliklerinin belirli periyotlarda yapılması yeterlidir.
- Ömürleri uzundur. Firmalar 25 yıla kadar garanti vermektedir. Kurulan tesisler maliyetlereni genel olarak 6-8 yıl arasında amorti etmektedir (Çolak,2010.).

- Gürültüsüz çalışmları ve çevreyi temiz tutmaları tercih edilmelerinin en önemli sebeplerindendir.
- Paneller seri üretime münasiptir.
- Panel teknolojisinin silisyum hammaddesi dünyada bulunmasi en bol olan malzemelerdendir.
- Enerjiyi en uzak kırsal alanlara göndererek çarpık şehirleşmeyi şehirlere göçü engelleyebilir.

Olumsuz özellikler

- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Gece vakti güneşten enerji eldesi mümkün olmadığı için üretilen enerji aküler yardımıyla depolaması gerekir.
- Güneşin fazla oldugu bölgelere ihtiyaç vardır



Şekil 1.14. Fotovoltaik güneş paneli

### 1.3.2. Güneş panellerinin kullanım alanları

Güneş panellerinin kullanım alanlarını şöyle sıralayabiliriz;

- Kamu kuruluşlarında, iş yerlerinde, evlerde, ve elektriğe bağlı tüm sistemlerde günlük enerjinin karşılanması,
- Günlük hayatta kullanımı çok yaygın olan trafik lambalarındaki enerji ihtiyacını karşılamada kullanılması,
- Güneş'in ısıtma özelliğinden yararlanılarak çatılarda konumlandırılan kollektörler yardımıyla evin sıcak su ihtiyacının karşılanması,

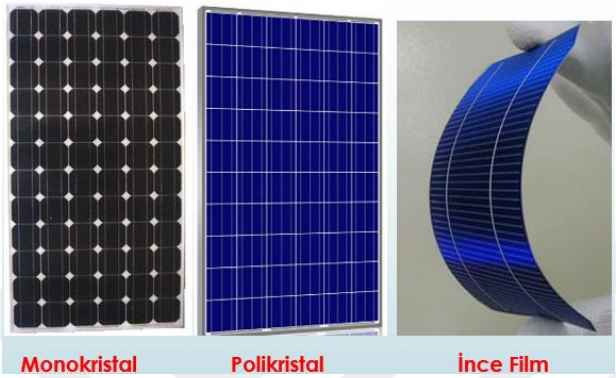
Araçların ve bazı tek kişilik küçük uçakların, gemilerin ihtiyaç duydukları enerjinin fosil kaynaklardan değil de Güneş enerjisiyle karşılanması güneş panellerinin başlıca kullanım alanlarındandır (Şekil 1.15.).



Şekil 1.15.Fotovoltaik güneş panellerinin farklı kullanım alanları

### 1.3.3. Güneş paneli çeşitleri

Güneş paneli yapımı için bir düzineden fazla madde kullanılmakta ve bunun yanı sıra yüzlerce maddenin de üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bazı güneş paneli çeşitlerinin görünümleri Şekil 1.16.'da verilmiştir.




Şekil 1.16. Güneş paneli çeşitleri

#### 1.3.3.1. Kristal silisyum güneş pilleri

Silisyum, yarı iletken özellikleri gösteren güneş pili yapımında en çok kullanılanlar malzemelerin başında gelmektedir.

Başka maddelerde fotovoltaik özellikler daha üstün olmakla birlikte, silisyum hem ekonomik açıdan hem de teknolojinin üstünlüğü nedeniyle tercihlerde ön sıradadır.

#### 1.3.3.2. Monokristal silisyum güneş pilleri

Monokristalin-silikon(C-Si) malzemeden yapılmış güneş hücrelerinden oluşturulan panellerdir. Monokristalin güneş panelleri yaklaşık 20% verimlik kapasitesindedir. Kalite ve verimlilik açısından monokristalin güneş pilleri en iyileridir. Monokristalin paneller uzun vadeli yatırım için en iyi seçenektir. Monokristal solar hücreler siyah veya koyu mavi renktedir. Tek bir kristalden yapılır ve tüm silikon hücreler arasında en yüksek verimlilik faktörüne sahiptir.

### 1.3.3.4. Silisyum güneş pilleri

Bu tür piller, sıvı silisyumun soğutulması sonucu elde edilen bloklaşmış küçük silisyum kristallerinden oluşur.Bu pillerin % 14 gibi verimleri olup,kümelenmiş silisyum taneciklerinin sınırlarındaki kayıplara bağlıdır.

### 1.3.3.5. Ribbon silisyum güneş pilleri

Bu tip pillerin yapımında, levha halinde silisyum tabakalardan yapılarak malzeme kaybının minimize edilmesi amaçlanır.Bu piller,farklı yöntemlerle elde edilmekte ve halen geliştirme aşamasındadır.Laboratuar ortamında verimleri % 13 - % 14 arasında değişmektedir.

### 1.3.3.6. Polikristal silisyum güneş pilleri

Bu pillerin yapısı polikristal özellik göstermekte ve ribon silisyum teknolojisi ile yapılır. Halen laboratuar aşamasındaki bu tip pillerin %10 civarında verimleri vardır.

### 1.3.3.7. İnce film güneş pilleri

Bu yöntemde, kalınlığı daha az olan güneş pilleri yapmak için absorban özelliği en iyi olan maddeler kullanılır. Örnek olarak, kristal silisyum güneş pillerinin katsayısı amorf sillisyum güneş pillerinin absorbsiyon katsayısı daha fazladır. Dalga boyu katsayısı 0.7 mikronun altında olan bir bölgedeki güneş radyasyonu 1 mikron kalınlığında amorf silisyumla absorblanabilirken, kristal silisyumda ise 500 mikron kalınlığında malzeme kullanılarak aynı radyasyon absorblanabilir. Bu nedenle daha az malzeme kullanılır. Amorf yapılı güneş pilleri montajda kolaylığı olması cihetiyle avantaj sağlamaktadır.

### 1.3.3.7. Amorf silisyum güneş pilleri

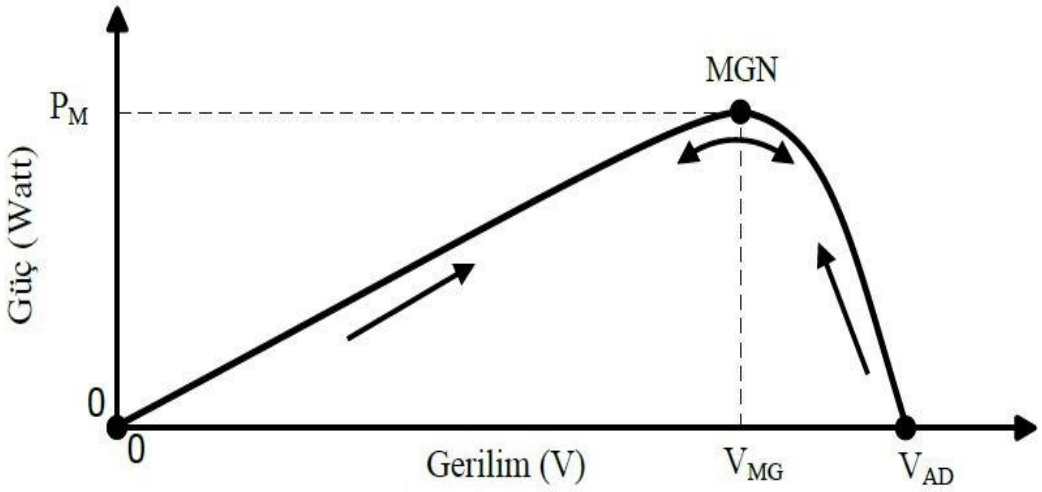
İnce film güneş pili teknolojisinin en önde gelen örneği amorf silisyum güneş pilleridir. Amorf silisyum güneş pillerinin ilk yapılan schottky bariyer yapısında iken, daha sonraları p-i-n yapıları geliştirilmiştir.P-i-n yapısındaki pillerin fabrikasyonu kalay oksitle kaplı iletken bir yüzeyin üzerine çöktürme yöntemi ile yapılır,daha sonra bu yüzeyin arkası metalle kaplanır.Verimleri %5-8 arasındadır.

### 1.3.4.Güneş panellerinde verimlilik

PV üreteçlerin enerji dönüştürme verimleri diğer teknolojiler ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. PV hücrelerin verimi % 21 – 22 dolaylarında iken panellerin verimi ancak % 17 – 18 seviyelerinde olabilmektedir. Gerçek çalışma koşullarında daha düşük enerji dönüştürme verimleriyle de karşılaşılabilir. Diğer taraftan, PV sistemlerin kurulum maliyeti de yüksektir. Bu nedenlerle, genel olarak, bir PV dizinin mevcut ortam koşullarında üretebileceği en büyük çıkış gücünde çalıştırılması istenir

### 1.3.4.1 Güneş panellerinde maksimum güç takip noktası takibi

Güneş ışığını doğrudan elektriğe çeviren fotovoltaik (FV) üreteçler yapıları gereği lineer olmayan akım-gerilim karakteristiği sergilerler. Bu nedenle herhangi bir atmosferik koşul altında FV panelin tek bir maksimum güç noktası vardır. Bir MPPT sisteminin görevi, PV diziyi mevcut ortam koşullarında üretebileceği en büyük güç değerini üretecek şekilde çalıştırmak olarak özetlenebilir. Bu görev, PV dizi ile sistemin geri kalanı arasına eklenen ayrı bir birim veya MPPT özelliğine sahip evirici ve şarj denetleyicisi gibi birimler tarafından yerine getirilebilir




Şekil 1.17.Fotovoltaik panelin güç gerilim eğrisi

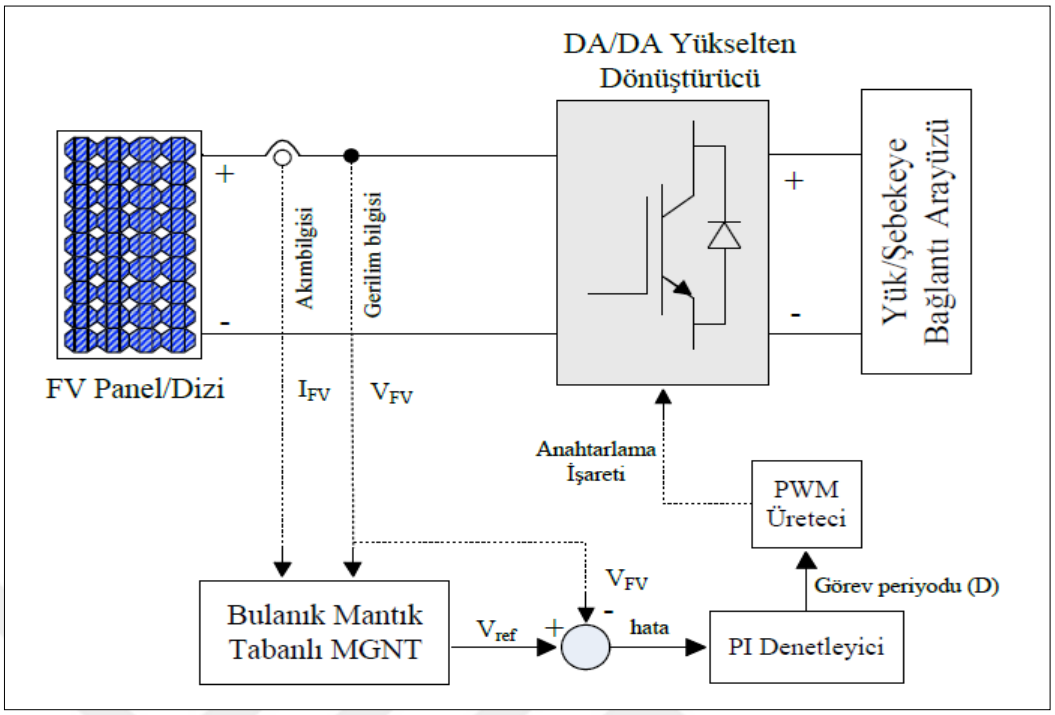
Kurulan FV sistem maliyetlerinin yüksek olması ve üretilen enerjinin güneş¸ radyasyon değerine ve mevsimlik güneş¸hareketlerine yüksek oranda bag˘lı olması sebebiyle FV sistemden üretilecek enerjinin anlık koşullar dahilinde maksimum yapılması gerkir.bunu sağlayabilmek için çeşitli MPPT yöntemleri vardır. Bu tezde kullanılacak MPPT yöntemi bulanık mantık tabanlı olacaktır.Bulanık mantık tabanlı derleyicinin sağladığı avantaj, her hangi bir kontrol Sisteminin fiziksel iç yapısı hakkında fazla bilgimiz olmasa bile kontrolör tasarlayıp sistemi kontrol etmemizi sağlar.

### 1.3.4.2 Bulanık mantık tabanlı maksimum güç takibi

Bulanık mantık, temeini yapay sinir ağlarından alan, küme ve olasılık teorileine dayanan tecrübi ve sayısal bilgilerin birlikte kullanıldığı üyelik fonksiyonları olan matematiksel bir modellemedir.

Güneş panelleri ışığı 90 derecelik açıyla dik olarak aldığı zaman maksimum güç üretir. Güneş ışınlarının geliş açısı sürekli olarak değişiklik arz ettiği için her zaman paneller maksimum miktarda güç üretemezler.

Bulanık mantık denetleyici tarafından çözülmek istenen temel problem, hangi sıcaklık ve radyasyon değeri altında olursa olsun fotovoltaik panel çıkısından elde edilebilecek enerjiyi maksimuma ulaşmaktır



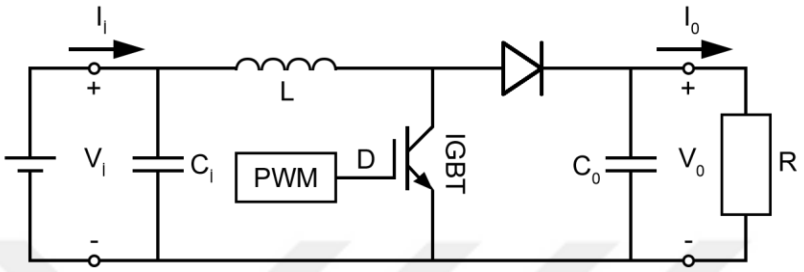

Şekil 1.18. Maksimum güç noktası takibi yapan sistemin genel yapısı

Bulanık mantık ile maksimum güç takip noktası algoritmasının genel çalışma mantığı şu şekilde açıklanabilir:

- Fotovoltaik panelden örneklenen akım ve gerilim değerleri bulanık mantık tabanlı derleyiciye aktarılır.
- Bulanık mantık derleyici, üyelik fonksiyonları ve kural tablosuna göre Vref gerilimini otomatik olarak üretir.
- Üretilen Vref ile Vpanel gerilimi arasındaki fark, yani elde edilen hata, oransal bir integral denetleyici olan kontolöre iletilir.
- Kontrolör gelen hata sinyaline göre süreceği sinyali belirliyip PWM'ye iletir.
- PWM kare dalga üretip DC-DC konvertördeki IGBT'nin gate kapısına uygular. Sonuç olarak PV den almış olduğum akım ve gerilim bilgisiyle çıkış gerilimini ayarlamış oluruz.
- Bulanık mantık denetleyici, DC-DC boost tipi dönüştürücünün elektronik anahtarına fotovoltaik panelin gücünü en büyük değere getirtmeye yönlelik komut verir

### 1.3.4.3 Yükseltici (boost) DC – DC dönüştürücü

Yükseltici dönüştürücü girişindeki doğru gerilimi daha yüksek bir doğru gerilim seviyesine yükselterek çıkışına aktaran sistemlerdir. Şekil 1.19'da temel devre şekli verilmiştir.




Şekil 1.19. Yükseltici DC – DC dönüştürücü devresi

Boost tipi DC-DC dönüştürücünün genel çalışma mantığı şöyledir:

- IGBT'nin gate ucuna PWM kare dalga uyguladığı zaman indüktör akımı depolar, uzun zaman sonra indüktör kısa devre olur ve üzerinden çok yüksek bir akım akar
- Elektrik enerjisini manyetik akıya çevirerek gerilim depolayan bobin, lenz kanununa göre, bir kaynak gibi davranır ve üzerinde gerilim indükler.
- Anahtara tekrar PWM kare dalga uyguladığında diyot kapanır, kapasite ve yük yalnız kalır. Kapasiteyi kaynak olarak kullanıp kapasiteden akım çeker
- Anahtarı tekrar açtığımda bobin yeniden indüklenir, kapasitenin gerilimi önceki seviyesine düşmeden tekrardan artırılarak gerilim önceki seviyesinden daha yüksek seviyeye çıkar.

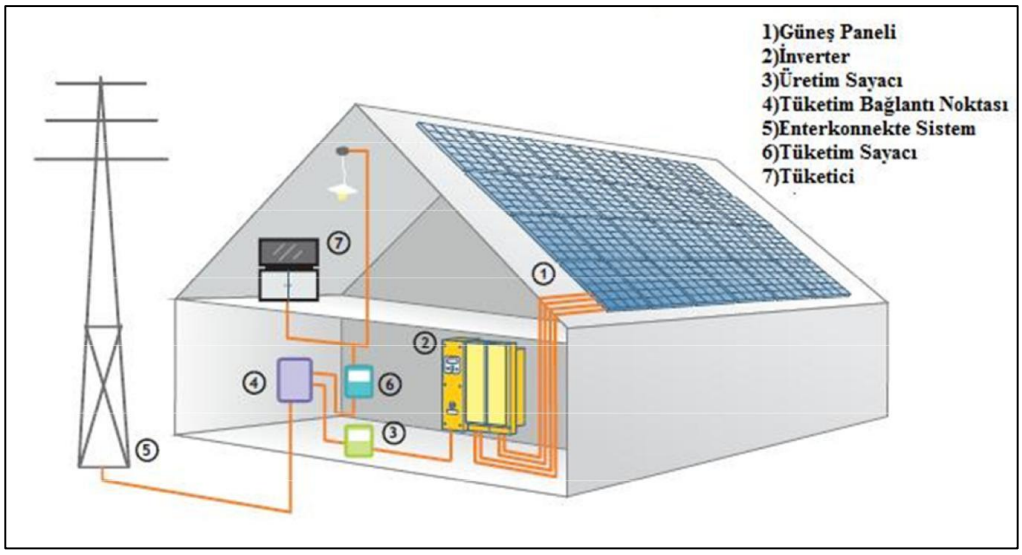
Böylece boost tipi dönüştürücü ile çıkış gerilimi artarak PV panelin gerilimi istenen maksimum seviyeye çıkarılır. Bulanık mantığın bulunması

gerek sanayi, gerekse elektronik dünyasında çok tercih edilmekte ve dünya çapında başarılar sağlayıp ve insanlığa daha rahat yaşama imkânı sunmaktadır. Bu başarıları göz önünde bulundurulduğunda, bulanık mantığın güneş panellerinin verimini artırmada bir maksimum güç takip noktası yöntemi olarak kullanılabilir.

## 1.4. Bağlantı Şekillerine Göre Fotovoltaik Santraller

### 1.4.1. Şebeke bağlantılı sistemler

Şebeke bağlantılı sistemler günümüzde yaygın olarak kullanılır. Sistemde PV Panel ve inverter gibi ana elemanlar yer bulur (Şekil 1.17.).Sistemin mantığı basittir. Paneller vasıtası ile üretilen DC enerji, invertere aktarılır ve AC enerji elde edilir. AC enerji ana dağıtım paneline ve opsiyonel olarak çift taraflı sayaca bağlanır. Nihayetinde yük AC enerji ile beslenir. Eğer üretilen AC enerji ihtiyaçtan fazla ise enerji fazlası şebekeye satılır ve sayaç buna göre bir hesaplama yapar.Eğer üretilen AC enerji,ihtiyaçtan az ise enerji eksiği şebekeden çekilir ve sayaç buna göre ayrı bir hesaplama yapar.Böylece şebekeden alınan ve şebekeye satılan enerjiyi görmek mümkün olur ve yüke kesintisiz ve sürdürülebilir bir enerji sağlanır. (Çalıkoğlu ve ark., 2010).



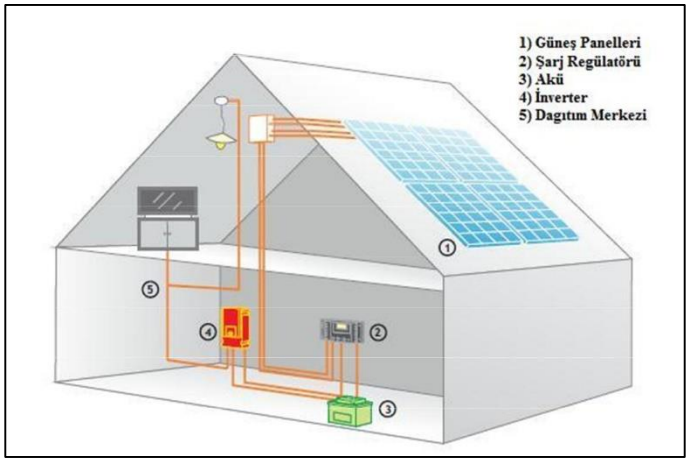

Şekil 1.20. Şebekeyle bağlantılı (on-grid) sistem

### 1.4.2. Şebekeden bağımsız sistemler

Şebekeyle bağlantısı olmayan sistemlerde güneş panelleri sistemin ihtiyaç duyduğu enerjisiyi karşılamak için kullanılmaktadır.

Kimi tesisler enerjisini güneşten karşılar, fakat bu tesisler gece boyuncada çalışması gerekebilmektedir. Bu yüzden tesis gece boyunca enerjisini akümülatörlerden sağlamak zorunda kalır. Akümülatörler ürettikleri enerjiyi gün boyu kendi boyutu kadarınca depolarlar. Sistem güneşin olmadığı durumlarda, havadaki bulutlanmanın yüksek veya akşam vakitlerinde enerjisini kurulan bu akümülatörlerden karşılar.

Akümülatör gece boyunca sürekli çalıştığı için dolup boşalmakta ve bundan dolayı da zarar görmektedir. Bu zarara mani olmak için denetim mekanizması kullanılır. Bu denetim mekanizması akümülatöre göre gerekli gördüğü durumlarda yükün çektiği akımı veya güneş pillerinden gelen akımı keser. Bazen de gerek duyulursa invertörler ve elektronik ekipmanlar kullanılarak aküde ki DC gerilim 220V, 50 Hz'lık sinüs dalgasına çevirir. Şekil 1.18'de gösterilen sistem şebeke ile bağlantısı olmayıp sadece güneş ışınlarının bulunduğu vakitlerde akümülatör aracılığıyla daha önce depoladığı enerjiyi kullanabilecek şekilde tasarlanmıştır.

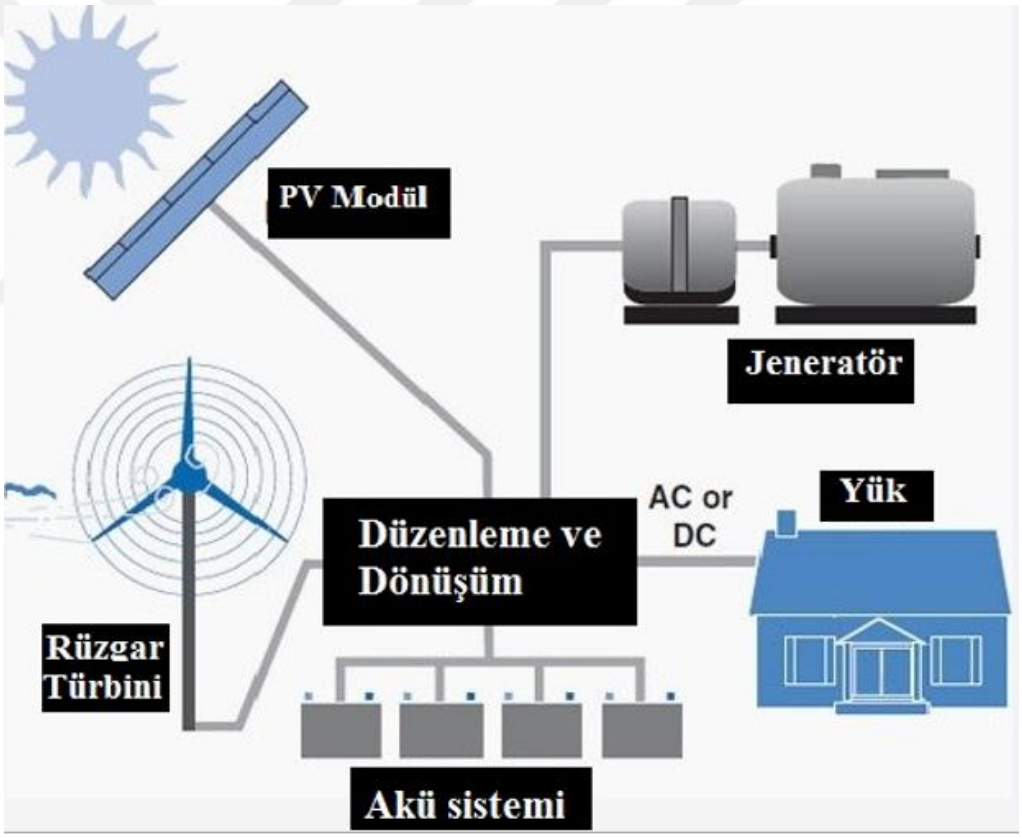



Şekil 1.21. Şebekeden bağımsız (off-grid) sistem

### 1.4.3. Hibrit fotovoltaik santraller

FV sistemler, meteorolojik şartlara bağlı olması nedeniyle, süreksiz ve kesintili enerji üretimi sağlamaktadır. FV santralin kesildiği veya yetersiz olduğu durumlarda, diğer güç üretim sistemlerinin devreye girerek kesintisiz güç sağlayacak şekilde tasarlanmış santrallere hibrit FV santraller denilmektedir (Şekil 1.19.). Hibrit FV santrallerde ikincil güç üreteci olarak, genellikle rüzgâr türbinleri veya dizel jeneratörler tercih edilmektedir (Lena, 2013).

Hibrit FV santraller, şebeke bağlantılı veya şebeke bağlantısız olarak tasarlana bilinir (Arezki ve ark., 2014).




Şekil 1.22. Hibrit fotovoltaik santral örneği

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür araştırmasında güneş enerjisi ve ekonomik analiz ile ilgili deneysel ve sayısal çalışmalar olduğu saptanmış konuyla ilgili çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Arruda Lima ve ark.(2007) Brezilya'da yenilenebilir enerji kullanımı konusunu incelemişlerdir. Güneş enerjisi sistemleri ile ilgili denemeler yapmışlardır ve TRNSYS simülasyon programını kullanarak bir evin sıcak su ve elektrik ihtiyacını karşılayacak sistemin ekonomik analizini gerçekleştirmişlerdir.

Mutlu ve ark. (2009) tarafından yapılan Fotovoltaik Sistemlerin Ekonomik Analizi ve Türkiye'deki Bir Müstakil Konut Örneği çalışmasında Net Bugünkü Değer (NBD) kullanılarak müstakil bir konutta kullanılan fotovoltaik sistemin ekonomik analizi yapılmıştır. Sonuç olarak yüksek faiz oranlarının olduğu bir ülkede bu tarz sistemlerin ekonomik olmadığı görülmüştür.

Girgin (2011) Güneş pili sistemlerini karşılaştırıp bu sistemlerin enerji ve maliyet analizlerini gerçekleştirip, bunların arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Bu çalışmayı yapmakla teknik ve ekonomik açıdan güneş pillerinin güneş enerji sistemlerinin durumlarını birbirleriyle karşılaştırıp değişik biçimlerde değerlendirmiştir.

Kahraman (2010) çalışmalarında, güneş enerjisi ile elektrik üretimi konusunda genel prensipleri araştırmış ve güneş enerjisinin önemini anlatmıştır. Ayrıca bu çalışmada SEGS VI santrali baz alınarak mühendislik denklem çözücü (EES) programında 30 MWe gücünde parabolik oluklu güneş enerjisi santrali modeli hazırlanmış ve bu model kullanılarak santralin İstanbul ve İzmir koşullarında kullanılması halinde üretilebilecek yıllık elektrik miktarı hesaplanmıştır. Üretilecek elektrik miktarı doğrultusunda da santral için ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir.

Grozdev (2010) çalışmasında, Güneş Enerjisi Alternatif Enerji Kaynakları ve Güneş Pilleri çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklı üretim sistemlerin çevresel olan etkileri incelenmiş, ve olumsuz etkilerin mümkün olduğunca azaltılması kaldırılması ihtimal dahilinde olanlar için önerilerde bulunulmuştur. Örnek olarak da bir güneş kaynaklı üretim sisteminin hesaplaması yapılmıştır.

Güçlü (2009) çalışmasında, Dumlupınar Üniversitesi'nde bulunan tüm dış aydınlatmaların, güneş enerjisi ile elektrik ihtiyacı karşılandığında projenin nasıl olması gerektiğini göstermiştir. Bunun için aydınlatmaları sağlayan armatürleri besleyen enerji dağıtım panolarındaki akımları ölçmüştür. Bu ölçümler sonucunda kurulu güç hesaplaması yapmıştır. Kullanılması planlanılan güneş paneli sayısı ve inverter gücü hesaplandıktan sonra kampüste uygun bulunan araziyi seçerek proje üzerinde göstermiştir.

Keser (2010) çalışmalarında, güneş enerjisine verilmesi muhtemel teşvik mekanizması ile Türkiye'de bu tarz bir yatırımın kârlı olup olmayacağını araştırmıştır. Yapılan teknik ve finansal değerlendirmelerde Isparta ili ile birlikte özellikle Türkiye'nin güneyinin bu tarz bir yatırım için uygun bir yer olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Karataş (2012) çalışmasında, Edirne İlinde bulunan Trakya Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi için fotovoltaik paneller kullanılarak güneş enerjisinden elektrik üretiminin sağlanacağı bir sistemin tasarımı ve bu sistemin ekonomik durum tespiti çalışması yapmıştır. Sistem analizi, TRNSYS; "Transient System Simulation" programında yapılmıştır. Sonuç olarak güneş enerjisinden fotovoltaik paneller aracılığı ile elektrik üretimi gerçekleştiren sistem kurulmuş ve bu sistem direk elektrik şebekesine bağlı olacak şekilde tasarlanmıştır.

# 3. MATERYAL ve YÖNTEM

## 3.1. Materyal

### 3.1.1. Tesisin mahiyeti

Bu tezin konusu olan güneş enerjisi santralinin kurulu gücü 1 MW olarak planlanmıştır. Güneş enerjisi santrali'nin kurulumu için güneş enerjisi potansiyeli en yüksek illerden biri olan Isparta ili seçilmiştir. Bu yatırımın mahiyeti,fotovoltaik paneller kullanılarak kurulan tesiste hem tesisin ihiyaç duyduğu elektrik enerjisi Güneş'ten karşılanacak hem de ihtiyaç fazlası olarak üretilen enerji satılıp elde edilen gelirle sistemin ilk kurulum gideri amorti edilecektir.Güneş enerjisi sonsuz, sorunsuz ve ücretsiz bir enerji kaynağıdır.1MW fotovoltaik elektrik santrali ile atmosfer; 1000 Ton Karbondioksit ($CO_2$), 7 Ton Karbonmonoksit (CO), 450 Ton Kükürt Dioksit, 250 Ton Azot Oksit, 3 Ton Hidro Karbon,5 Ton Külden kurtulmaktadır.Böylece Güneş Enerjisi ile çalışan elektrik santralleri sayesinde fosil yakıtların zararları da önlenmektedir.

### 3.1.2. Tesisin kurulum gerekçesi

1 MW gücündeki güneş enerjisi santralinin kurulma amacı tesisin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini Güneş'ten karşılamak ve ihtiyaç fazlası olan üretilen elektriği şebekeye doğrudan satmaktır. Böylelikle hem tesisin ihtiyaç duyduğu enerji temiz ve yenilenebilir bir kaynak olan Güneş'ten karşılanmış olacak hemde şebekeye satılan elektrik sistemin kurulum maliyetini amorti edecektir. Isparta bölgesinin artan enerji ihtiyacının doğrudan il sınırları içerisinde enerji üreten bir tesisten karşılanması dolayısıyla iletim ve taşınım kayıplarının azalması hem de azaltılan $CO_2$ salınımı bakımından cazip olmaktadır.

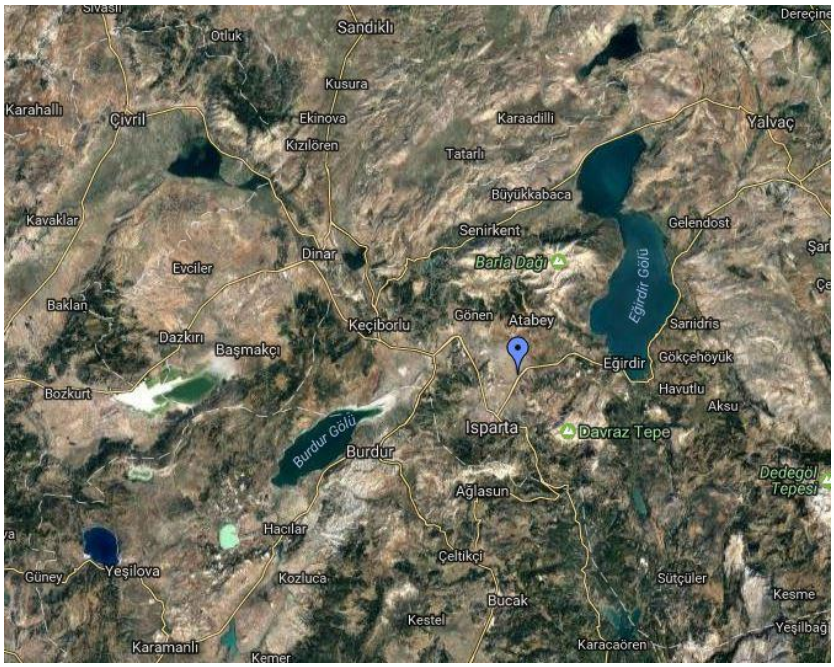
Diger yatırım alanları ile kıyaslandıgında güneş enerjisinin en büyük avantajı güneş ışığının dünya var oldukça daimi olması ve enerji üretimini saglayan güneş

panellerine en az 25 yıl boyunca üretici firma garantisi verilmesidir. Bu sebeple bu yatırım minimum riskli olarak görünmektedir.

### 3.1.3. Santral sahasının coğrafik özellikleri

Isparta İli, Göller bölgesinde yer alır Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde, 8.929 k $m^2$'lik yüzölçümüne sahip olan şehrin % 16,7'i ovalar % 67,8'i dağlardan ve % 15,5'i platolardan oluşmaktadır. İlin rakımı ortalama 1080 metredir.Isparta'da,Batı Toroslar'ın uzantısı olan ve yüksekliği 3200 metreyi bulan oldukça yüksek dağlar vardır.Dedegöl,Barla,Akdağ ve Davraz ilin en önemli dağları;Beyşehir Gölü ,Gölcük,Eğirdir Gölü,Kovada Gölü ve Krater Gölü ise Ispartanın en önemli gölleridir.

Coğrafi özellikleri, yer yer yüksek dağlar geniş ovalar, yaygın olmayan ormanlar olarak belirtilebilir. Güneş enerjisi santrali kurulumu için seçilen Isparta Atabey bölgesi (Şekil 3.1.),Türkiye güneş enerjisi haritasına bakıldığı zaman yıl boyunca en fazla güneş ışınımı alan bölgelerin başında gelmektedir.




Şekil 3.1. Tesisin konumu

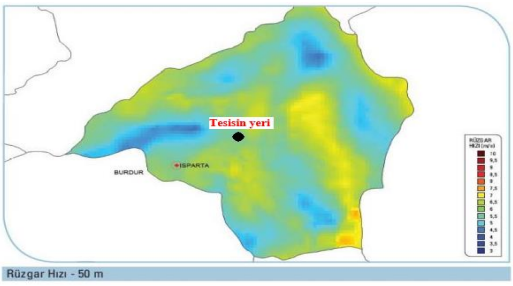
### 3.1.4 Tesisin inşa edileceği yer hakkında iklimsel veriler

Çizelge3.1.Isparta iline ait 1926-2016 yılleri arasında tespit edilen meteorolojik veriler

| Isparta | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Yıllık |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1926 – 2016 | | | | | | | | | | | | | |
| Ortalama Sıcaklık (°C) | 1,8 | 2,9 | 5,9 | 10,7 | 15,5 | 20,0 | 23,4 | 23,2 | 18,6 | 13,0 | 7,6 | 3,5 | 12,2 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | 6,3 | 7,7 | 11,6 | 16,6 | 21,8 | 26,5 | 30,3 | 30,6 | 26,4 | 20,5 | 13,9 | 8,1 | 18,4 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | -2,0 | -1,4 | 0,8 | 4,8 | 8,6 | 12,3 | 15,3 | 15,1 | 10,9 | 6,7 | 2,6 | -0,4 | 6,1 |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | 3,5 | 4,4 | 5,5 | 6,5 | 8,3 | 10,2 | 11,2 | 10,5 | 9,3 | 7,1 | 5,2 | 3,2 | 84,9 |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | 12,9 | 11,4 | 10,8 | 10,2 | 10,3 | 6,5 | 2,8 | 2,2 | 3,7 | 6,4 | 7,8 | 12,4 | 97,7 |
| Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması ($kg/m^2$) | 80,6 | 68,8 | 58,9 | 53,2 | 55,7 | 33,2 | 13,7 | 12,1 | 18,6 | 37,7 | 45,2 | 87,1 | 564,8 |
| Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1926-2016)* | | | | | | | | | | | | | |
| En Yüksek Sıcaklık (°C) | 18,4 | 22,5 | 29,5 | 29,5 | 33,1 | 38,1 | 42,3 | 41,2 | 35,6 | 33,2 | 26,3 | 22,3 | 42,3 |
| En Düşük Sıcaklık (°C) | -19,2 | -21,0 | -18,5 | -7,7 | -1,2 | 1,2 | 4,9 | 6,4 | -0,8 | -4,2 | --11,5 | -15,4 | -21,0 |

Isparta, bulunduğu bölge itibari ile karasal iklim özelliklerine yakın meteorolojik özellikler göstermektedir. Bununla birlikte karasal iklimin özelliklerinden biri olan kışın şiddetli soğuk olma özelliğinin özellikle proje sahasında çok fazla görünmediği tespit edilmiştir. Isparta'ya ait 1926-2016 yılleri arasında tespit edilen meteorolojik veriler Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Güneş enerjisi santralleri, meteorolojik verilere bağlı olarak çalıştıkları için güneş ışınım değerleri dışında sıcaklık, rüzgar ve nem gibi değerler de büyük önem arz etmektedir. Sıcaklıkla birlikte Fotovoltaik güneş panelleri verim değişikliğine uğradığı için proje sahasındaki sıcaklık değerlerinin sistem verimliliğini etkileyeceği belirtilmektedir.Proje sahasındaki rüzgar hızı ise sistemin soğuması ile doğrudan alakalı olduğu ve verimini belirlediği için önemli bir parametre olarak ele alınmaktadır. Proje sahası rüzgâr hızı ortalamaları açısından güneş enerjisi santralleri için verimli sayılmaktadır. 50 m yükseklikteki rüzgar ortalamaları ise Isparta ili için Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.




Şekil 3.2. Isparta 50 m rüzgar hızı ortalaması

### 3.1.5. Proje sahasına ulaşım

Güneş enerjisi santralinin kurulması için belirlenen arazinin coğrafi koordinatları 37º 51’ 12’’ Kuzey enlemi; 30º 36’ 51’’ Doğu boylamıdır.Proje sahasının jeopolitik konumu,ulaşım rahatlığı ve ulaşım koşullarının gayet kolay olması bakımındanda incelenmiştir.

Şekil 3.3’te gösterildiği üzere tesisin yola uzaklığı 300 m’dir. Bu özellik öncelikle inşaatın kesintisiz ilerleyebilmesi için önem arzetmektedir. Malzemelerin tasınması için ekstradan bir yol yapımına ihtiyaç yoktur. Harita üzerinde kırmızı elips şeklinde işaretlenen yer projenin yaklaşık konumudur.

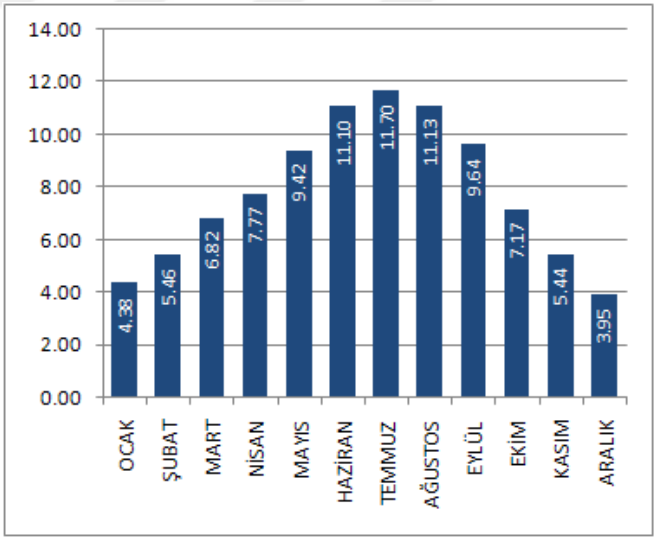



Şekil 3.3. Proje sahasının bulunduğu bölgedeki karayolu şebekesi

Şantiyede, ofis binasının yanısıra açık ve kapalı ambar ile atölye gerekli görülmektedir. Gelecek malzeme sayısının çokluğu ve malzemenin kırılgan özelliği nedeni ile indirme/yükleme ve ambar yönetimi dikkatle takip edilmelidir.
İmalatı aksatmamak için panel ve eviricilerin bir plan doğrultusunda peyderpey sahaya indirilmesi uygun olacağı düşünülmektedir.

### 3.1.6. Santral sahasının güneş enerjisi potansiyeli

Güneş enerjisi santralinin bölgeye kurulmasının en büyük sebeplerinden biri de Isparta'nın çok yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip illerden biri olmasıdır. Türkiye ortalama güneş ısınım değeri 1527 kWh/m², günlük ortalama güneşlenme süresi ise 7.5 saattir. Isparta'nın ortalama güneş ışınımı değeri1649 kWh/m²,günlük ortalama güneşlenme süresi ise 7.8 saattir. (Şekil 3.4.). Bu kıyaslamadan anlaşılıyor ki Isparta'nın ortalama güneş ışınımı değeri ve günlük güneşlenme süresi Türkiye ortalamasının üzerindedir. Santralin kurulmasında güneş enerjisi potansiyeli bakımından herhangi bir dezavantaj görülmemektedir.

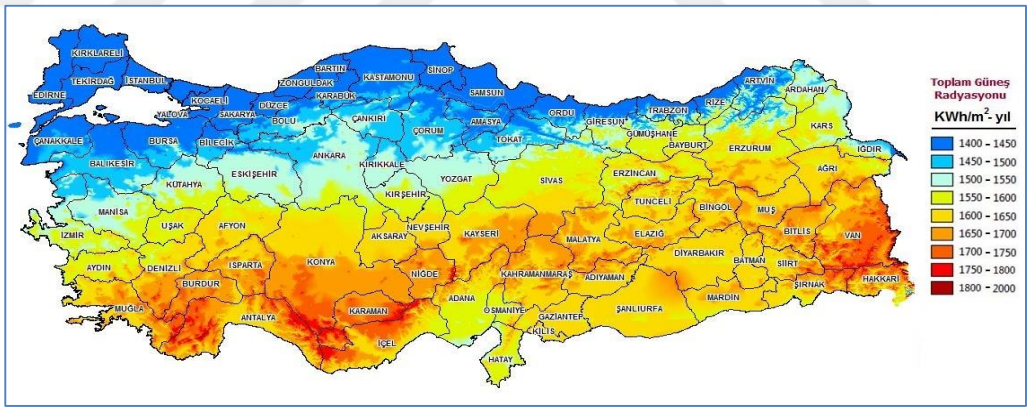



Şekil 3.4. Isparta ili aylık güneşlenme süreleri(saat)

### 3.1.7. Güneşlik verileri ve güneşlenme süreleri

Ülkemiz coğrafi konum bakımından 36° – 42° kuzey paralellerinde ki kuşakta bulunmasından dolayı güneşten elde ettiği enerji oldukça yüksektir. Ülkemizin güneşlenme süresi yıllık 2737 saat ve güneş enerjisinin potansiyeli yıllık ortalama 1527 kWh\m2 mesabesindedir. Ülkemizin güney bölgesi güneş radyasyonları bakımından diğer bölgelere kıyasen potansiyel bakımdan daha yüksek bir değere sahiptir. Ülkemizde güneş radyasyonlarını en fazla alan iller arasında Isparta da bulunmaktadır.

Güneşlenme verilerini daha detaylı bir şekilde ele almak için yapılan bu çalışma içerisinde ülkemiz Isparta şehri için 4 ayrı veri tabanından elde edilmiş veriler kullanılacaktır. Kullanılan bu 4 ayrı veri tabanı sırasıyla şu şekilde olacaktır. Avrupa Birliği Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Tabanı (PVGIS), Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası(GEPA), METEONORM ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA).

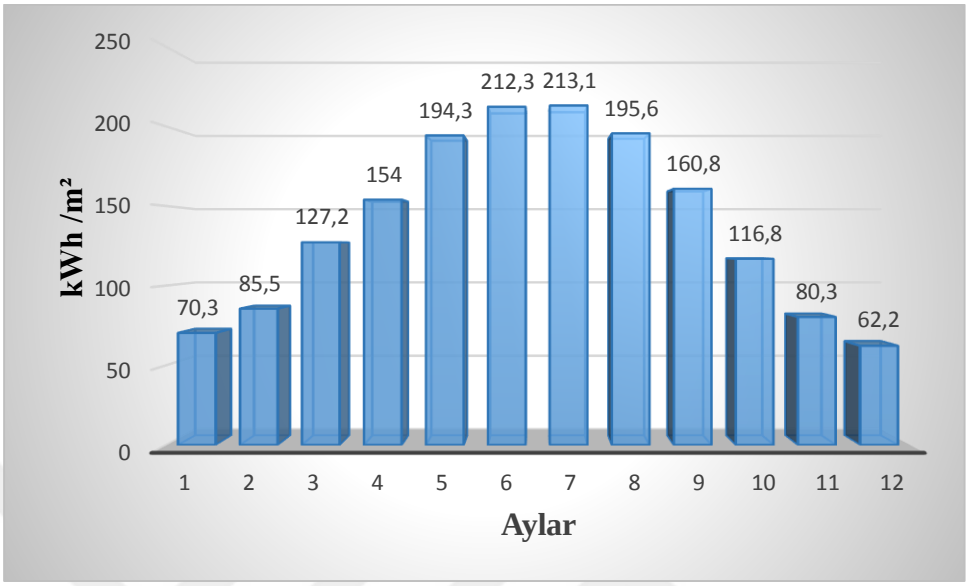



Şekil 3.5. Türkiye güneşlilik haritası

Şekil 3.5 incelendiğinde Türkiye'de 1400-2000 kWh\m$^2$ arasında küresel ışınım potansiyeline sahiptir. Yine aynı haritaya göre GES alanını içerisinde bulunduran Isparta şehrimiz ülkemizde ki en fazla ışınıma maruz kalan bölgelerde biridir.

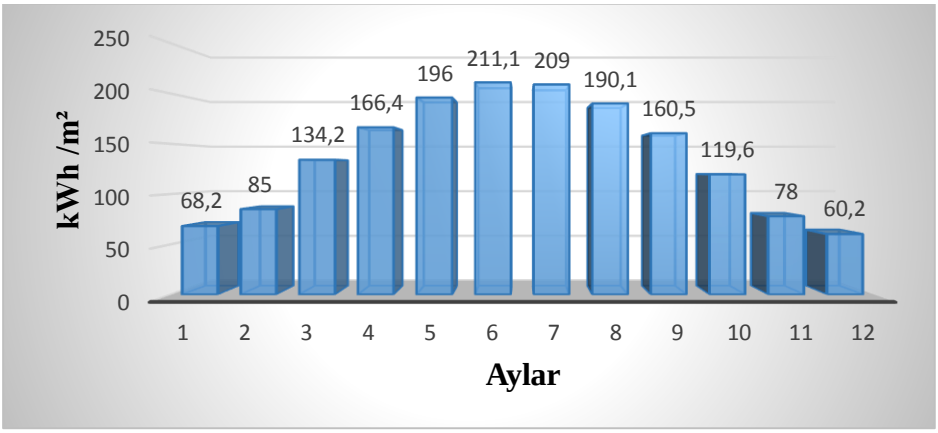
Avrupa Birliği Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Tabanı (PVGIS) , global radyasyon haritası Avrupa ve Afrika ülkelerini kapsamaktadır. Haritalar, kısa

adı PVGIS olan bir web sitesinde kullanıma açıktır. PVGIS verilerine göre ölçülen aylara göre güneş radyasyonu değerleri Şekil 3.6'da verilmiştir.

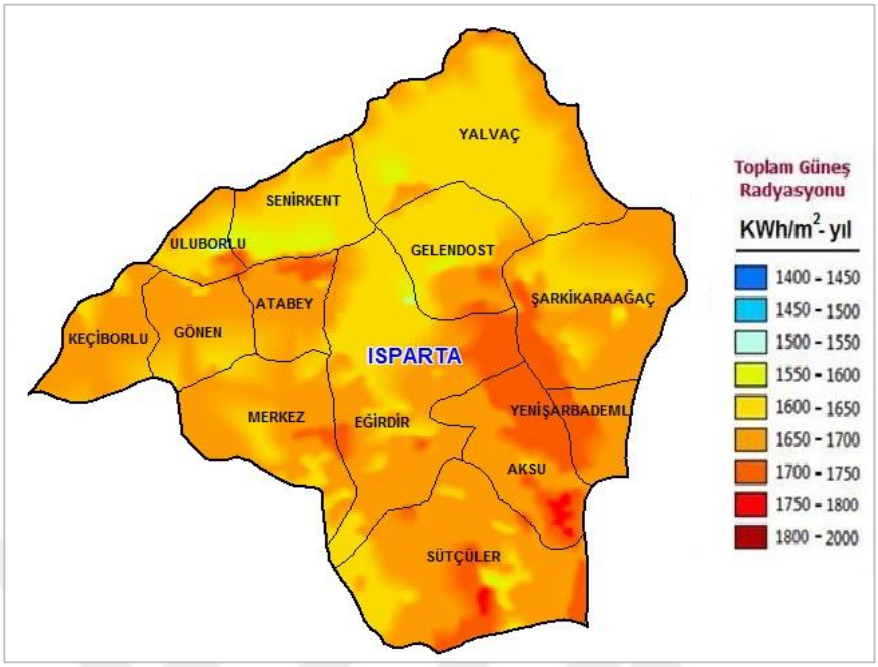



Şekil 3.6. PVGIS verilerine göre aylık global radyasyon değerleri (Kwh /m²)

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA), ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının yeterliliğini ortaya koymak üzere elektirik işleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından ortaya konulmaktadır. Akdeniz bölgesinin kuzeyinde yer alan lsparta şehri GES projesi alanında olmasından dolayı önemli bir bölge olarak bilinmektedir. GEPA üzerinde de görüldüğü gibi Türkiye de ki lsparta şehrinin toplam güneş ışınımı değeri yıllık 1650-1800 kWh\m2 aralığında değişmektedir (Şekil 3.7.).

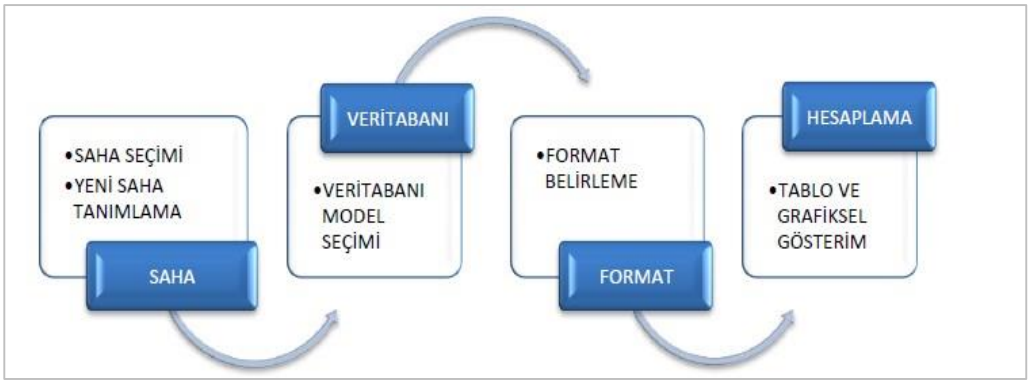



Şekil 3.7. Gepa verilerine göre aylık global radyasyon değerleri (Kwh /m²)

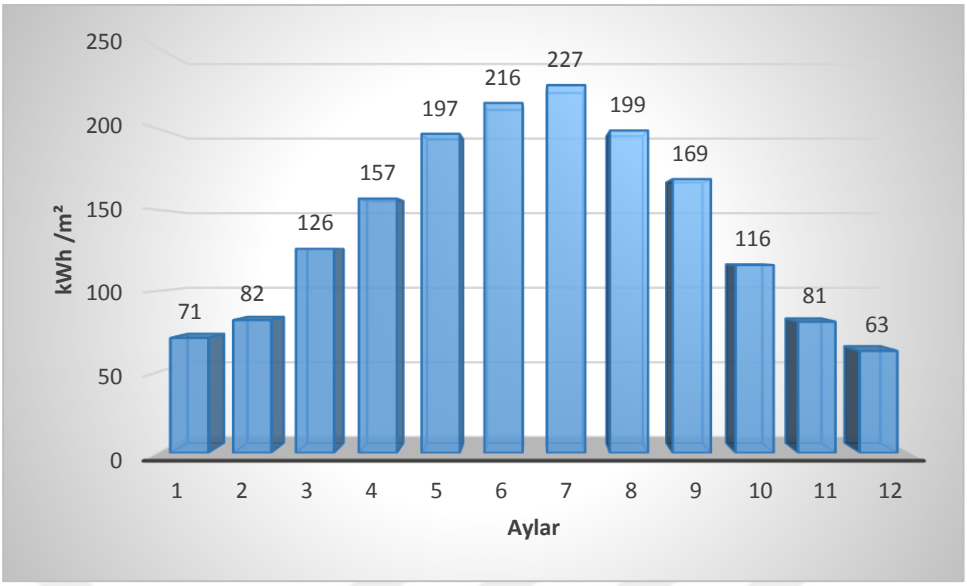



Şekil 3.8. lsparta ili radyasyon haritası

Meteonorm, toplam 8.000'in üzerinde ölçüm istasyonundan topladığı meteorolojik veriler ile istenilen herhangi bir koordinattaki güneş radyasyonu, güneşlenme süresi, yağış miktarı ve sıcaklık vb. tasarım parametrelerini hesaplayan bir meteorolojik referans yazılımıdır. Meteonorm verilerine göre metrekare başına düşen aylik global radyasyon değerleri şekil 3.10. da verilmiştir.

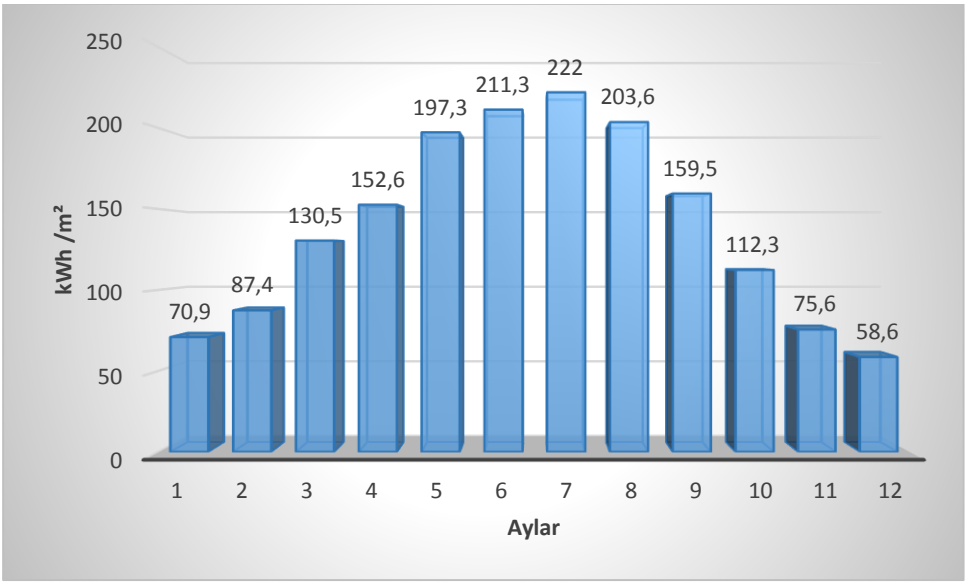



Şekil 3.9. Meteonorm yazılımı işlem basamakları



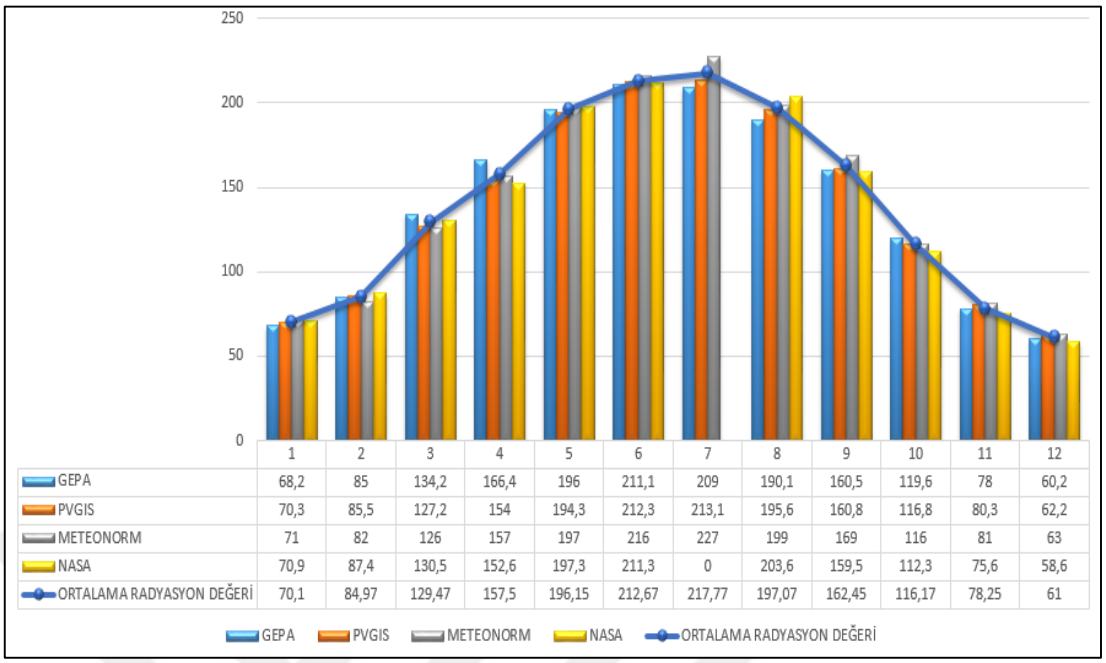

Şekil 3.10. Meteonorm verilerine göre aylik global radyasyon değerleri (Kwh /m²)

NASA'nın Atmosfer Bilimleri Veri Tabanı'nda, Yeryüzü Meteorolojisi ve Güneş Enerjisi başlığı altında global radyasyon verileri sunulmaktadır. NASA solar potansiyel verileri, uydu ölçümleri baz alınarak oluşturulmaktadır. NASA verilerine göre metrekare başina düşen aylik global radyasyon değerleri Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Çizelge 3.2.'de dört farklı kaynaktan toplanan aylık ve yıllık global radyasyon değerleri sunulmaktadır.




Şekil 3.11. NASA verilerine göre aylık global radyasyon değeri (kWh/m2)

Çizelge 3.2. Isparta ili için 4 farklı veri tabanının ışınım değerleri karşılaştırması




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GEPA | 68,2 | 85 | 134,2 | 166,4 | 196 | 211,1 | 209 | 190,1 | 160,5 | 119,6 | 78 | 60,2 |
| PVGIS | 70,3 | 85,5 | 127,2 | 154 | 194,3 | 212,3 | 213,1 | 195,6 | 160,8 | 116,8 | 80,3 | 62,2 |
| METEONORM | 71 | 82 | 126 | 157 | 197 | 216 | 227 | 199 | 169 | 116 | 81 | 63 |
| NASA | 70,9 | 87,4 | 130,5 | 152,6 | 197,3 | 211,3 | 0 | 203,6 | 159,5 | 112,3 | 75,6 | 58,6 |
| ORTALAMA RADYASYON DEĞERİ | 70,1 | 84,97 | 129,47 | 157,5 | 196,15 | 212,67 | 217,77 | 197,07 | 162,45 | 116,17 | 78,25 | 61 |

### 3.1.8. Sistem Bileşenleri

FV sistemler kullanım amaçları ve tasarımlarına göre farklı bileşenler içermektedir. Tüm FV sistemlerde eviriciler FV paneller, bağlantı kabloları bulunurken, sistem güvenliğini sağlamak ve panellerin ürettiği elektriği depolamak için farklı ekipmanlar kullanılmaktadır (Şekil 3.12.).




Şekil 3.12.Güneş enerji santralinde kullanılacak ekipmanlar

### 3.1.8.1. Güneş paneli

İhtiyaç duyulan elektriği güneşten karşılayarak belirli bir sayıdaki modülün paralel ve seri bağlanması ile karsılayan cihazlara güneş panelleri denir. Modüllerin paralel veya seri olarak bağlanmasında olusan akım ve gerilim potansiyelleri, günlük hayatta kullanılan pillerin seri veya paralel olarak bağlanması ile olusan akım ve gerilim potansiyelleri ile aynıdır. Güneş panellerini olusturacak olan modüllerin aynı olması istenmektedir. Paralel bağlanan modüllerin gerilimleri birbirine eşitken, akım değerleri toplanır. Seri bağlanan modüllerde ise akım değerleri birbirine esitken, gerilim değerleri toplanır. Bu mantıktan yola çıkarak ihtiyacımız olan elektrik miktarını hesaplarken panellerin seri veya paralel olmasına göre gruplandırmalar yapılır ve bu gruplandırmalara göre diğer ana elemanlar belirlenmektedir

### 3.1.8.2. İnverter

Projede kullanılacak inverterlerin amacı güneş panellerinden elde edilen DC elektirik enerjisini, bağlı blundukları AC şebekeye aktarmaktır. Mevcut olan sıcaklık ve güneş ışığı radyasyon değerinde en nihai gücün elde edildiği akım ve gerilim değerlerinin saptanması ve bu gerilim ve akım değerini sabitleyen en fazla ölçüde güç üretilmesini sağlayan MPTT'dir kullanılacak inverterler MPPT modunda çalışacaktır. Şebekeye aktarılan akımın harmonik seviyesi düşüktür. şebeke kesintisi olması durumunda inverter direk olarak sistemin şebekeden yalıtımını sağlamaktadır.

### 3.1.8.3. Monitoring (Uzaktan izleme)

GPRS yada GSM network kullanarak güneş panelleri tarafından üretilen enerji dataları, inverterlere bağlı modern bilgisayara aktarılır. Ingecon Sun Maneger ile aktarılan datalar, toplanmaları ve dolayısıyla kayıt altına alınması sağlanır. Bu proğramın sağladığı fayda ise üretilen enerji miktarını anlık, günlük, aylık, yıllık her istendiği vakit kişiye özel formatta görüntülünebilir olmasıdır.

kümülatif olarak üretilen enerji miktarı, bölgeye gelen radyasyon değeri, engellenen seragazı emisyon miktarı,rüzgar hızı,sıcaklık gibi değerlerde /LCD televizyon/pano bilgisayar/internet'e aktarılarak takip eedecek kişilere açık hale getirilebilir.

### 3.1.8.4. Konstrüksiyon

25 yıl performans garantisi olması sebebiyle Güneş panellerinin konstrüksiyonun süreç içerisinde hiçbir şekilde zarar görmemesi gerekmektedir. Bu yüzden dünya genelindeki pek çok uygulamalarda olduğu gibi bu tesisin güneş enerjisiyle planlanmasında çatı tipi alüminyum profil ve konstrüksiyonlar tercih edilmiştir.

### 3.1.8.5. Kablolar

FV sistem tasarımında göz önünde bulundurulması gereken bir bileşen de kablolardır. Sistemin kablolaması yapılırken, sistemde enerji kaybının en alt düzeyde olması ve ileride olası elektrik kaçağı, yangın gibi durumlarla karşılaşmaması için, kabloların dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Kabloların yeterli güvenlik Şartlarını sağlaması için yayınlanmış ulusal ve uluslar arası standartlar mevcuttur. FV sistemlerde üretilen DC elektrik, kablolarla eviriciye kadar gelir ve eviriciden (inverter) binanın elektrik Şebekesine verilir. FV sistemlerde kullanılacak kabloların güneş ışığına dayanımının olması gerekir

Kablolar seçilirken içinden geçecek akıma göre hesaplama yapılır. Kablo seçimi için literatürde önerilen bir yöntemin adımları aşağıda özetlenmiştir

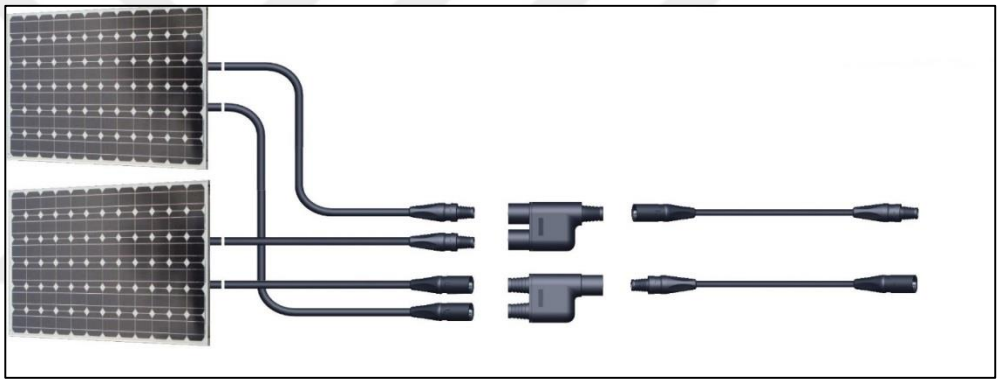
- Sistemin çalışma gerilimi arttıkça akım düşeceğinden kablo kesiti azalacaktır. Bu nedenle, öncelikle sistem gerilimi belirlenir
- FV panellerden sağlanabilecek maksimum akım belirlenir.
- Kablonun FV panellerden akü grubuna ve Şarj kontrol ünitesine olan mesafesi hesaplanır.
- Kablo direnç kaybı sistem gerilimine göre değiŞeceğinden, kablodan

kaynaklanan direnç kaybının hesaba katılması gerekir.

Yukarıdaki aşamalar belirledikten sonra ulusal veya uluslar arası standartlar, kanunlar veya yönetmeliklere göre kablo tipi seçilir

### 3.1.8.6. Konektörler

Güneş enerjisi sistem kablolarında kullanılan konnektörler bağlantı elemanı olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.13.). Solar kablolarda olduğu gibi Bu bağlamda konnektörlerin de güneş ışınlarına ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olması gerekliliği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte bu konektörlerin dış ortamın olumsuz hava koşullarına dayanıklı olmaları, su geçirmez olmaları belirtilmektedir.



Şekil 3.13. Solar konektörler

Günlük enerji üretiminin tüketimimizden fazla olduğu durumlarda fazladan üretilen elektrik devlete satılabilir veya panelin enerji üretemediği gece vakitlerinde şebekeden elektrik satın alınabilir. Çift yönlü sayaçlar ne kadar elektrik satın aldığınızı ve şebekeye ne kadar elektrik sattığımızı hafızasında tutar (Şekil 3.14.). Çift yönlü sayaçların avrupada ve dünya genelinde oldukça yaygın kullanım alanları mevcuttur.

Bu yenilenebilir teknoloji sayesinde; devletin çok uzun süreli, çok büyük yatırımlar ile elektrik enerjisi üretmesi, iletmesi, işletme ve bakım yapmasına, bütçeler ayırmasına gerek kalmamaktadır.

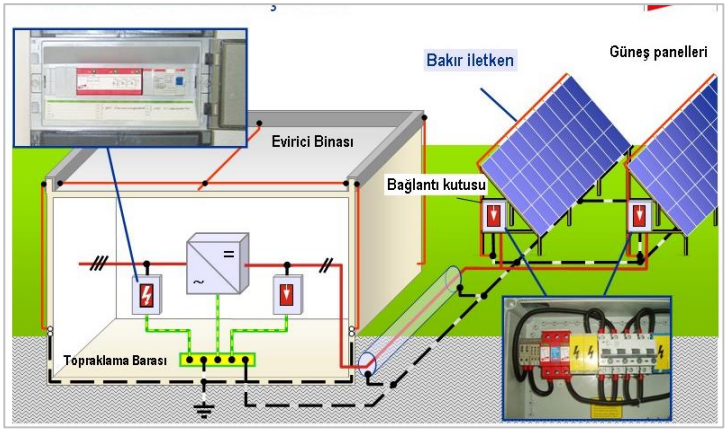



Şekil 3.14. Çift yönlü sayaç

Santralin ay sonunda elektrik üretim ve tüketim miktarı farkı, bölgede ki enerji dağıtım firması tarafından okunarak mahsuplaşma yöntemiyle hesaplanarak, fazla enerjinin gerekli ücreti üreticiye ödenir. Üretilen bu enerjinin fazla olması durumunda her 1 kWh başına üreticiye 13,3 Dolar Cent, elektrik dağıtım firması tarafından ödenmektedir (EPDK, 2013).

### 3.1.8.7. Yıldırımdan koruma donanımları

Güneş enerjisi sistemleri açık alanlara kuruldukları için yıldırım gibi doğa olaylarına maruz kalabilmektedir. Yıldırım etkisi, çok yüksek seviyede gerilimlere yol açtığı için güneş enerjisi sistemlerinde büyük hasarlara yol açtığı bilinmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin güvenilirliğini arttırmak ve santrallerin enerji üretim süresini uzatarak verimliliğini arttırmak amacıyla yıldırımdan koruma sistemlerinin hemen tüm güneş enerjisi santral ünitelerinde kullanıldığı belirtilmektedir. Şekil 3.15. da gösterilen yıldırımdan koruma ekipmanları güneş enerjisi santrallerinin çalışma süreleri boyunca sigortalanabilmeleri için de sigorta şirketlerinin yıldırım koruma sistemlerini ön şart olarak yatırımcılara sürdüğü bilinmektedir.

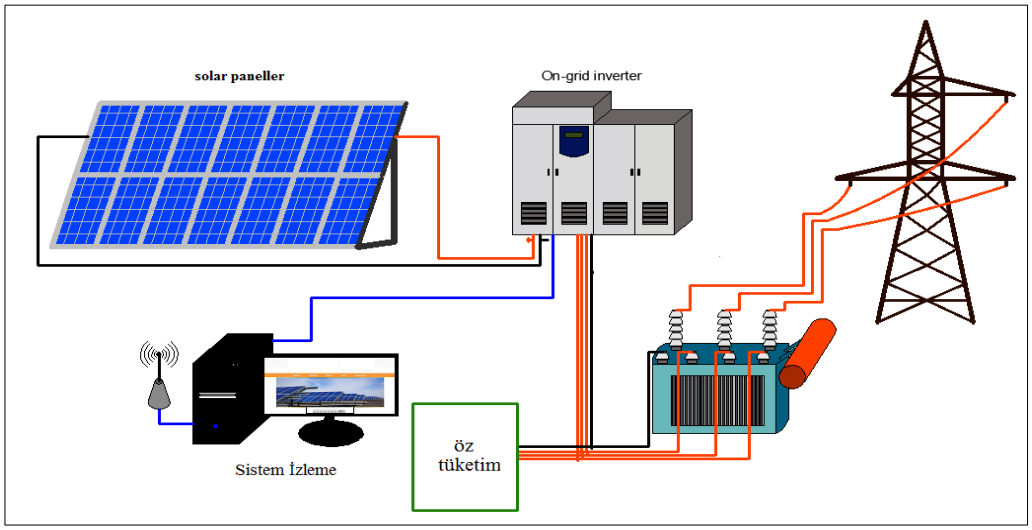



Şekil 3.15. Yıldırım koruma donanımları devre şeması

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Sistem şeması ve sistemin çalışma prensibi

Şekil 3.16.da sistemin çalısma mantıgı şematize edilmistir. Güneş panelleri ile üretilen elektik enerjisi ilk etapta invertere gelerek burada sebekeye uygun voltaj ve frekansa dönüştürülür. Ardından bir sayaç üzerinden trafo ile bağlantısı sağlanarak dagıtıma verilir. Sayaç üzerinde okunan değerin kWh basına verilen birim teşvik oranı ile çarpılması suretiyle santralin sattıgı enerji miktarına karsılık elde ettigi getiri miktarı hesaplanmış olur.




Şekil 3.16. Örnek bir güneş enerji santralinin çalışma mantığı

### 3.2.2. Yatırım karlılığını hesaplama yöntemleri

#### 3.2.2.1. Ortalama karlılık oranı yöntemi

Ortalama karlılık oranı, vergiden sonraki ortalama karın yatırım tutarına oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu oran yatırımcının toplam yatırımın (özsermaye + borçlar) karlılığını mı yoksa özsermayenin karlılığını mı istediğine bağlı olarak toplam yatırım ya da özsermaye üzerinden hesap edilir

$$\text{Yatırım Üzerinden Karlılık} = \frac{\text{Net Gelir}}{\text{Yatırım Tutarı}} \qquad (3.1)$$

$$\text{özsermaye Üzerinden Karlılık} = \frac{\text{Net Gelir}}{\text{Özsermaye}} \qquad (3.2)$$

Hesaplanan karlılık oranı kullanıcı için kabuledilen asgari bir karlılık oranı ile karşılaştırılarak projenin kendi başına kabul edilip edilemeyeceği kararlaştırılır. Bunun yanında projeler arasında seçim yapılırken de karlılık oranı büyük olan projeye öncelik verilir. Alternatif projeler arasından seçim yaparken bir genelleme yapılmak isteniyorsa, yatırımın ömrü boyunca tüm yılların karlarının ortalaması alınarak ortalama karlılık hesaplanır Karlılık oranının dogru hesaplanabilmesi için, projenin öngörülen ekonomik ömründen en uygun normal bir yılın seçilmesi büyük önem taşır

#### 3.2.2.2. Fayda/maliyet oranı (F/M) analizi

Fayda/maliyet oranı iki ayrı şekilde hesaplanır.

Birinci yöntemde, bir projenin ekonomik ömrü boyunca oluşturacağı faydaların (nakit girdilerinin) bugünkü değerleri toplamı, maliyetlerin bugünkü değerleri

toplamına bölünür. Oran 1'den büyükse proje kabul edilir. Fayda Maliyet Oranı (F/M ) 3.3 nolu denklemle hesaplanır.

$$\text{F/M Oranı} = \sum_{t=0}^{m+n} \frac{F_t}{(1+i)^t} / \sum_{t=0}^{m+n} \frac{M_t}{(1+i)^t} \qquad (3.3)$$

burada;

$F_t$ projenin t yılındaki faydalarını (nakit girisleri)

$M_t$ projenin t yılındaki maliyetini

n tesisin ekonomik ömrünü

m ise projenin insaat süresini göstermektedir.

İkinci yöntemde, indirgenmiş net nakit akımları (Net Fayda = Nakit Girişi – Nakit Çıkışı) toplamı, indirgenmiş yatırım toplamına oranlanır. Oran 1'den büyükse proje kabul edilir. Formül (3.3)'te gösterilen denklem ile hesaplanır.

$$\text{F/M Oranı} = \sum_{t=m+1}^{m+n} \frac{NNG_t}{(1+i)^t} / \sum_{t=0}^{m} \frac{I_t}{(1+i)^t} \qquad (3.4)$$

$NNG_t$ projenin t yılındaki net nakit akımını (nakit girişi- nakit çıkısı),

$I_t$ projenin t yılındaki yatırım harcamasını,

n tesisin ekonomik ömrünü,

m ise projenin inşaat süresini göstermektedir.

### 3.2.2.3. Geri ödeme süresi analizi

Geri ödeme süresi, bir projenin net kâr ve amortismanlar toplamından elde edilen nakit girdileri yolu ile yaptığı yatırım tutarının tamamen geri ödenmesi için gerekli olan süredir.

Paranın zaman değeri dikkate alınmadığı zaman (3.5)'deki formül ile hesaplanır.

$$I = \sum_{t=0}^{p} NK_t + D_t \qquad (3.5)$$

$NK_t$ t yılındaki net kârı,

Dt t yılındaki amortismanı,

İ toplam yatırım tutarını,

p geri ödeme süresini göstermektedir.

$$\sum_{t=0}^{m} \frac{I_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=m+1}^{p} \frac{NK_t + D_t}{(1+i)^t} \qquad (3.6)$$

N Kt t yılındaki net kârı,

Dt t yılındaki amortismanı,

It t yılındaki yatırım tutarını,

p geri ödeme süresini,

m projenin insa süresini,

i ise indirgeme oranı göstermektedir

### 3.2.2.4. Net bugünkü değer analizi

Yatırımın ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı para girislerinin önceden belirlenmiş bir iskonto oranı ile bugüne indirgenmis değerleri toplamı ile yatırım için yapılan harcamaların bugünkü değerleri toplamı arasındaki farka yatırımın net bugünkü değeri denir. Bir baska deyisle bir yatırımın net bugünkü değeri, belli bir iskonto oranına göre indirgenmiş gelirlerin toplamı ile indirgenmis giderlerin toplamı arasındaki farktır. Bu yönteme göre net bugünkü değer pozitif ise yatırım kararı alınır. Sıfir ya da negatif olması durumunda ise bu projeye yatırım yapılmaz.

| Net Bugünkü Gelirler | = | İndirgenmiş Net Gelirler | + | Hurdanın Bugünkü Değeri | - | İndirgenmiş Giderler Toplamı |
|---|---|---|---|---|---|---|

$$NBD = \sum_{t=0}^{n} \frac{Bt}{(1+r)^t} + \sum_{t=0}^{n} \frac{H}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{Ct}{(1+r)^t} \quad (3.7)$$

Bt = t yılındaki nakit girişi

H= t yılındaki hurda değeri

Ct = t yılındaki nakit çıkışı

r = iskonto oranı

n= yıl

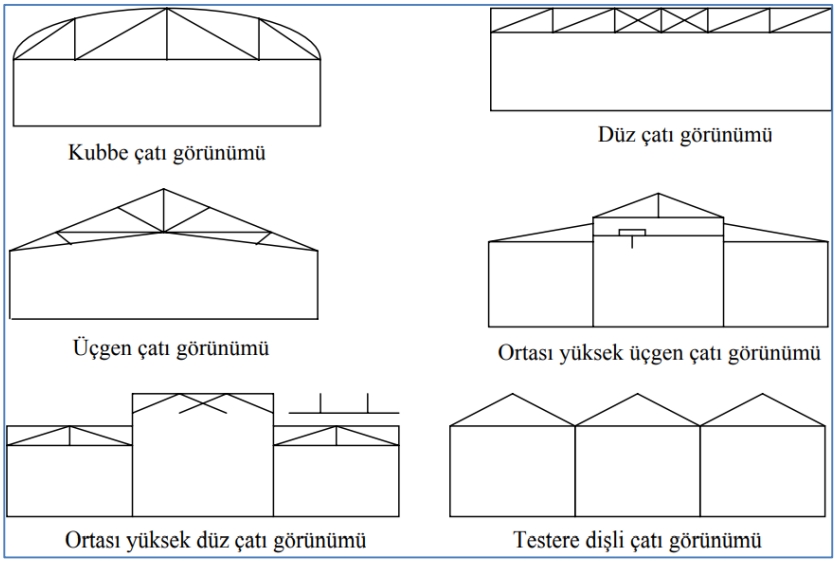
Net Bugünkü Değer Yönteminde gelecek yıllardaki para giris ve çıkıslarının şu anki zaman dilimine indirgenmesi gerekmektedir. Bu sebeple bu yöntemde iskonto oranının belirlenmesi çok önemlidir. iskonto oranı yatırımdan beklenen verim oranını göstermektedir.

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

## 4.1. Tesis Planlamasında Çatı Dayanıklılığının Tespiti

Yapıyı oluşturan kriş, kolon, duvar, döşeme, çatı gibi elemanların kendi ağırlıkları eşya,kar deprem,rüzgar gibi kuvvetler yapıyı zorlayan yüklerdir. Üretim sistemi yeni olarak kuruluyorsa tesis binasının gereksinmeleri karşılayacak biçimde planlanıp inşa edilmesi en uygun yoldur. Tesis binasının planlanması aşamasında, gelecekteki gelişme durumları da dikkate alınarak tesisin büyüklüğü, tavan yüksekliği, sağlamlığı, planlama yapılmak zorundadır.

Güneş enerjisiyle planlanacak 2 bloktan oluşan tesisimizin çatısına, her birinin ağırlığı 18 kg olan 4000 adet güneş paneli yerleştirilecektir. Çatının kar yükü, rüzgar yükü ve toplamda 72000 kg çatıya yük bindirecek olan güneş panellerinin ağırlığı, çatının bu yüklere dayanımını hali hazırda imkansız kılmaktadır. Tesisimizin çatısı Şekil 4.1'de görülen çatı çeşitlerinden testere dişli çatıdır. Gerekli statik hesaplamaları yapılıp çatı güçlendirildikten sonra tesis çatısı gerekli kar yükünü ve panel ağırlıklarını rahatlıkla taşıyabilecek duruma gelecektir.




Şekil 4.1. Çatı çeşitleri görünümleri



Şekil 4.2.Revit Architecture programı ile çizimi yapılan örnek tesisimiz

Yapılan hesaplamalarda çatı ağırlığı ve panel ağırlıkları toplamının newton cinsinden değerinin çatının yüzey alanına bölümü 120 N/m2 olarak bulunmuştur. Çatıya yapılacak statik güçlendirmeler sonucu çatının yük taşıma kapasitesinin 500 $N/m^2$ olacağı EPC firması tarafından taahhüt edilmiştir (Çizelge 4.1.). Çatı güçlendirildikten sonra mevcut yükün yaklaşık 4 katını taşıyabilecek kapasitede olacaktır.

Çizelge 4.1.Çatı yükünün teknik açıdan değerlendirilmesi

| Teknik Özellikler | SI Birim | Değerler |
|---|---|---|
| Çatı Boyu | m | 120 |
| Çatı Eni | m | 8,75 |
| Çatı Yükseklik | m | 4,8 |
| Bina Sayısı | Adet | 2 |
| Çatı dişli sayısı | Adet | 5 |
| Çatı eğimi | ° | 30 |
| Panel Boyutu | mm | 1640*992*35 |
| Panel Ağırlığı | kg | 18 |
| Toplam çatı yüzey alanı | $m^2$ | 8000 |
| Toplam çatı panel ağırlığı | ton | 24 |
| Toplam bina panel ağırlığı | ton | 72 |
| Çatı dişli yüzey alanı | $m^2$ | 1050 |
| Çatı dişli panel ağırlığı | ton | 12 |
| Çatı dişli panel yükü | $N/m^2$ | 120 |
| Çatıya kar ve rüzgar yükü | $N/m^2$ | 2 |
| Çatının yük taşıma kapasitesi | $N/m^2$ | 500 |

## 4.2. Tesisin Kurulum Giderleri

Yatırımcı tarafından sistem tasarımı ve tahmini üretim değerlerinin hesaplanması ile ilgili bedeli ifade etmektedir

### 4.2.1. Mühendislik hizmetleri

Danışman firma tarafından ya da danışman firmanın yönlendirecegi mühendislik firmaları tarafından mühendislik hizmetleri verilmektedir. Bu hizmetler şunlardır;

- Mekanik tasarım
- çatı için fizibilite raporunun hazırlanması
- inşaat tasarımı
- ihale ve sözlesme
- Elektrik tasarımı

Yukarıda belirtilen mühendislik hizmetlerinin tamamı için danısman firmanın talep etmiş oldugu ücret 5.618 $'dır

### 4.2.2. Güneş paneli maliyetleri

1 adet 300 W güneş panelinin maliyeti güneş paneli üreticisi ÖDÜL SOLAR firmasından alınan fiyat teklifine göre 161.59 $'dır dır. Ürünlerin teslim yeri proje sahasıdır.

Ürünlerin sigorta bedelleri de belirtilen fiyat içerisine dahildir. 2 ay, ürünün teslim süresi olarak belirtilmistir. 4000 tane güneş paneli kullanılacaktır. Güneş panellerinin toplam maliyeti 646.362 $ dır.

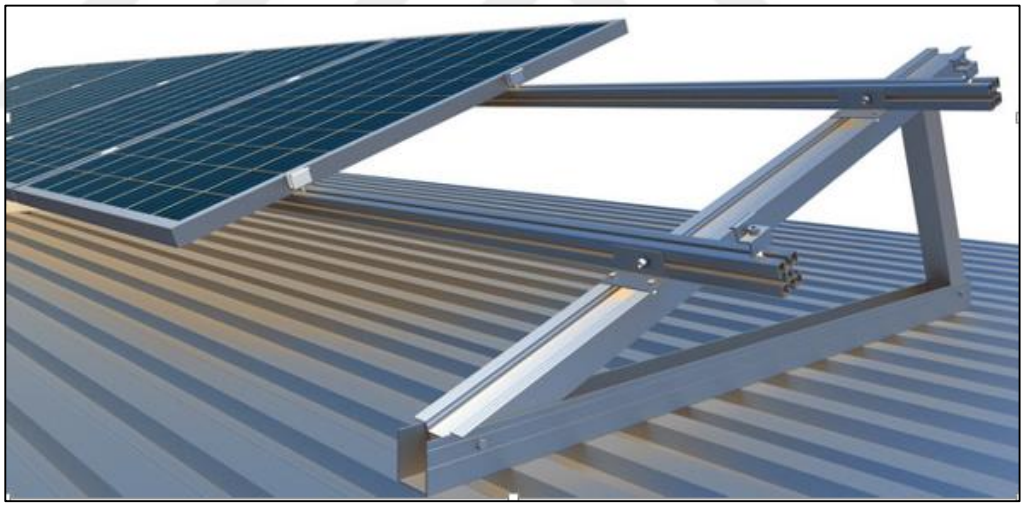
### 4.2.3. İnverter, data transferi ve yazılım maliyetleri

İnverter üreticisi firmasının verdiği fiyat teklifinde ise göre 21 adet inverterin toplam tutarı 168.539 $'dır. Belirtilen fiyatta ürünlerin sigorta bedelleri dahil edilmiştir. Ürünlerin teslim süresi 3 ay olarak belirtilmistir.

Data yazılım ve data transferi ile ilgili olarak üretici firmanın toplam fiyat teklifi 8.427 $'dır. Her bir inverter için 1 adet kullanılacaktır.

### 4.2.4. Konstrüksiyon maliyeti

Kurulacak olan güneş panelleri için özel alüminyum konstrüksiyon kullanılarak sahaya sabitlenecektir (Şekil 4.3.). Toplamda 4000 adet 300 W güneş paneli bulunmaktadır. Firmanın verdiği fiyat teklifine göre, toplam sistem maliyeti ise 33.708$'dır.



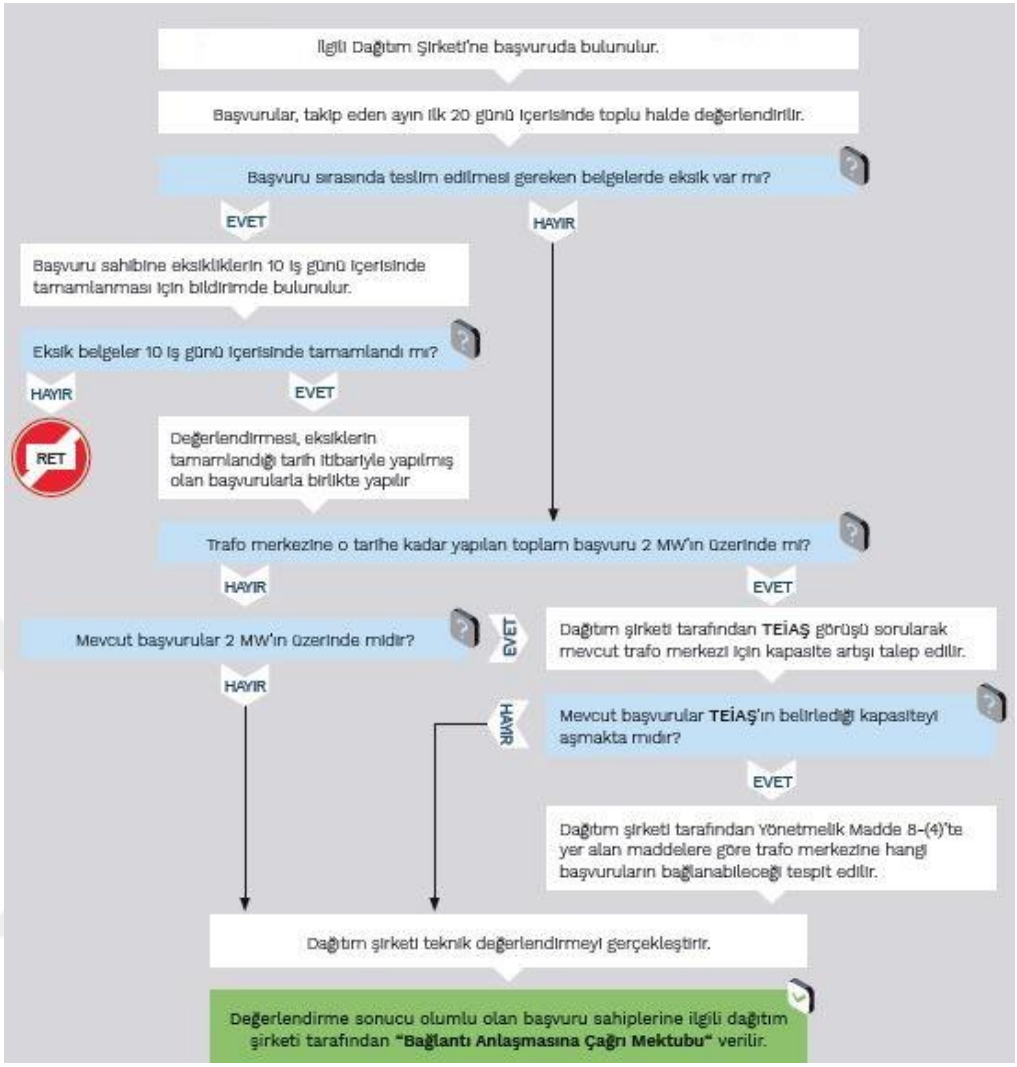
Şekil 4.3. Güneş panelinin monte edileceği aliminyum konstrüksiyon

### 4.2.5. Kablaj ve elektriksel teçhizat maliyetleri

Genellikle santral projelerinde toplam sistem maliyetinin % 1-3 oranında kullanılan konektör, kablo ve koruma cihazlarına harcanmaktadır. Bu varsayımla yaklasık olarak 56.180 $'dır sistemin kablaj maliyeti olarak hesaplanmıştır.

### 4.2.6. Gerekli yasal izinleri almak için öngörülen giderler

Lisanssız elektrik üretimi için resmi makamlardan tesisin kurulumu ve enerji üretimi için ilgili yönetmeliklere göre izin almak gerekmektedir (Şekil 4.4.). Tesisin bulunuğu bölgede EDAŞ'a başvuruda bulunmak gerekir. Başvurusu onaylanan sonuçlar tüzel veya gerçek kişilere çağrı mektubu iletilir. İl Özel İdaresi veya Belediye tarafından tesisin inşa edileceği alanın güneş enerji santrali kurmaya müsait olduğunu gösteren tasdiklenmiş uygunluk yazısı, Üretim tesisine ait ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) raporu, Enerji Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından istenilen güneş enerjisine dayalı üretim tesisine ilişkin teknik değerlendirme formu gibi bir takım resmi işlem giderleri için yapılan araştırmalara göre yaklaşık olarak 5.618 $'dır.




Şekil 4.4.Teiaş'a Başvuru sürecinde takip edilmesi gereken basamaklar

### 4.2.7. Yurtiçi nakliye maliyetleri

10 tır ile gelen malzemeler santralin inşa edileceği alana tasınacaktır. Yaklasık olarak her tırın tasıma ücreti 561.8 $'dır . Toplam nakliye maliyeti ise 5.618 $'dır .

### 4.2.8. Sistem montajı ve işçilik giderleri

Bu kalem, panel konstrüksiyonun çatı üzerine yerlştirilmesi güneş panellerinin panel konstrüksiyonları üzerine monte edilmesi, ortak bağlantı noktasından enerji kablolarının inverter odasına taşınması ve inverterlere girişinin yapılması, panel kablo

bağlantılarının yapılması ve bağlantıların ortak bağlantı noktalarında toplanması, invertelerin saklanacagı inverter odasının inşaatı, inverter çıkışlarından kabloların trafoya baglanması, arada da elektriksel koruma cihazlarının kurulumu islemlerini içermektedir.

Kurulumu yapacak olan firmanın verdiği fiyat teklifine göre bu bedel yaklasık 23.876 $'dır.

### 4.2.9. Öngörülemeyen giderler

Hesaplarda göz önünde tutulmayan ya da dikkat edilmemesi durumunda ekstradan ortaya çıkabilecek giderleri ifade etmektedir. Bu giderler için tahmini bedel 7.022 $'dır

Çizelge 4.2.Tesisin kurulum giderleri

| TESİSİN KURULUM GİDERLERİ | FİYAT($) |
|---|---|
| Mühendislik hizmetleri (fizibilite raporu hazırlama vs.) | 5.618 |
| Çatının statik dayanımının artırılması için güçlendirilmesi | 42.135 |
| Güneş paneli maliyetleri (300 W 4000 adet) | 646.362 |
| İnverter(50 Kw 19 adet,20 Kw 2 adet) | 168.539 |
| Alüminyum taşıyıcı sistem (konstrüksiyon) | 33.708 |
| Kablaj ve elektriksel teçhizat giderleri | 56.180 |
| İşçilik ve montaj süpervizörlük, | 23.876 |
| Gerekli yasal izinleri almak için harcanan para, | 5.618 |
| Toplam nakliye maliyetleri | 5.618 |
| Veri kayıt ve görüntüleme, Data Transferi ve Yazılım Maliyetleri | 8.427 |
| Öngörülmeyen giderler | 7.022 |
| **TOPLAM** | 1.003.103 |

## 4.3. Yıllık İşletme Giderleri

### 4.3.1. Bakım ve onarım giderleri

Esasen güneş enerjisi sistemleri hareketli parça bulundurmamaları sebebiyle herhangi bir bakım ihtiyacı olmayan sistemlerdir. Bunun yanında kimi zaman çeşitli sorunlarla karşılaşılabilmektedir. Bu kalem içerisinde konstrüksiyonda ya da inverterde meydana gelecek aksaklıkların giderilmesi için kurulumu yapan firma tarafından verilecek hizmet bedelleri yer almaktadır (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Bakım ve onarım giderleri

| Garanti Kapsamındaki Ürün($) | Yıl 1 | Yıl 2 | Yıl 3 | Yıl 4 | Yıl 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Bakım Gideri | 0 | 0 | 3.500 | 3.500 | 3.500 |
| EPC Garantisi | Garanti | Garanti | | | |
| İnvertör Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |
| Panel Ürün Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |
| Panel Performans Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |
| Garanti Kapsamındaki Ürün($) | Yıl 6 | Yıl 7 | Yıl 8 | Yıl 9 | Yıl 10 |
| Bakım Gideri | 3.800 | 3.800 | 3.800 | 3.800 | 3.800 |
| EPC Garantisi | | | | | |
| İnvertör Garantisi | | | | | |
| Panel Ürün Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |
| Panel Performans Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |
| Garanti Kapsamındaki Ürün($) | Yıl 11 | Yıl 12 | Yıl 13 | Yıl 14 | Yıl 15 |
| Bakım Gideri | 3.800 | 3.800 | 4.300 | 4.300 | 4.300 |
| EPC Garantisi | | | | | |
| İnvertör Garantisi | | | | | |
| Panel Ürün Garantisi | Garanti | Garanti | | | |
| Panel Performans Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |
| Garanti Kapsamındaki Ürün($) | Yıl 16 | Yıl 17 | Yıl 18 | Yıl 19 | Yıl 20 |
| Bakım Gideri | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 |
| EPC Garantisi | | | | | |
| İnvertör Garantisi | | | | | |
| Panel Ürün Garantisi | | | | | |
| Panel Performans Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |
| Garanti Kapsamındaki Ürün($) | Yıl 21 | Yıl 22 | Yıl 23 | Yıl 24 | Yıl 25 |
| Bakım Gideri | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 |
| EPC Garantisi | | | | | |

Çizelge 4.3 (Devamı). Bakım ve onarım giderleri

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| İnvertör Garantisi | | | | | |
| Panel Ürün Garantisi | | | | | |
| Panel Performans Garantisi | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti | Garanti |

### 4.3.2. Temizlik giderleri

Panel yüzeyinin toz ile kaplanması sebebiyle %1-2 civarında enerji üretiminde verim düsümü olmaktadır. Güneş panelleri yüzeyi, sistemin kuruldugu yere baglı olarak kimi zaman ciddi miktarda toz ile kaplanmaktadır. Temizlik anlamındaki en ciddi sorun panel yüzeyinin tozla kaplanmasıdır Keza kış aylarında da panel yüzeyinin kâr ile kaplanması sonucu, santral üretim değerinde çok ciddi düsüsler olmaktadır. Fakat bizim Güneş enerjisi santralinin kurulacağı cografi koordinatlar itibariyle kâr ile ilgili ciddi bir sorun görülmemektedir. Bunu engellemek için panel temizliğinde profesyonelleşen bir temizlik şirketi ile çalışılacaktır.

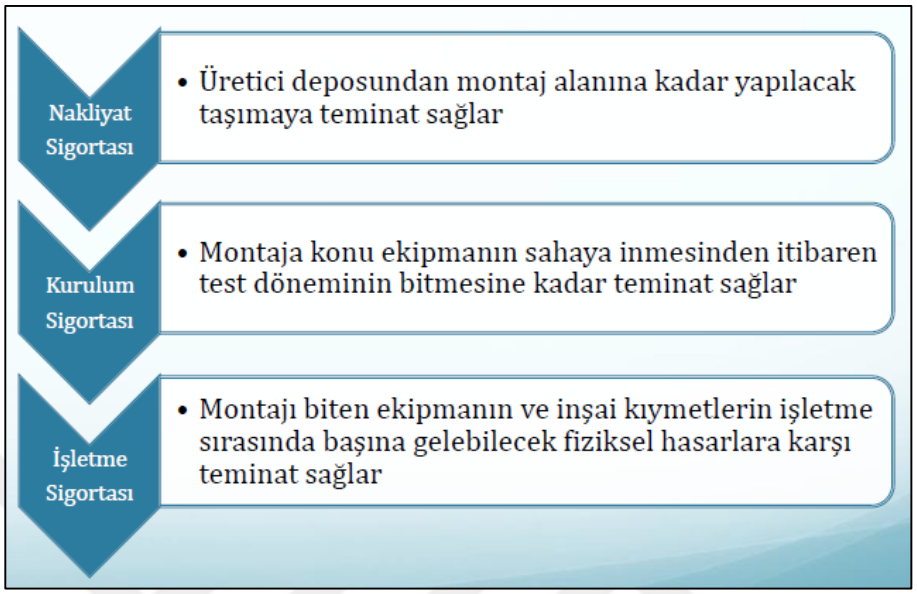
### 4.3.3. İşletme sorumlusu gideri

Güneş enerjisiyle elektrik üretecek tesisimizde meydana gelebilecek herhangi bir teknik problemi çözmesi, ekonomik kayıpların önlenmesi ve tesisin işletme yönünden kusur ve eksiklerinin bulunup bulunmadığını belirleyip ve durumu işletme sahibine rapor edecek, gerekli işletme hizmetlerinin yürütülmesini üstlenecek yetkili bir Elektrik Elektronik mühendisi işe alınacaktır.

### 4.3.4. Tüm risk sigorta gideri

Güneş enerjisi projeleri yatırım maliyetinin yüksek olmasından ötürü yatırımcılar riskleri minimize etmek için projeleri kurulum aşamasında ve işletme süresince sigortalatmayı tercih etmektedir. Sigortalar genellikle nakliyat, kurulum ve işletme aşaması olarak üçe ayrılabilir (Şekil 4.2.) . Piyasa araştırması yapılmış, sigorta şirketlerindeki ortalama değerlere göre, vergi ve fonlar dışında yıllik sigorta harcaması

saptanmış olup diğer yıllık işletme giderleriyle beraber Çizelge 4.4'te gösterilmektedir.




Şekil 4.5 Tüm risk sigorta giderleri

Çizelge 4.4.Yıllık işetme giderleri

| Yıllık İşletme Giderleri ($) | Yıl 1 | Yıl 2 | Yıl 3 | Yıl 4 | Yıl 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Bakım Giderleri | 0 | 0 | 3.500 | 3.500 | 3.500 |
| Temizlik Giderleri | 10.200 | 10.404 | 10.612 | 10.824 | 11.041 |
| İşletme sorumlusu | 6.745 | 7.082 | 7.436 | 7.808 | 8.199 |
| Sigorta Giderleri | 3.000 | 3.150 | 3.308 | 3.473 | 3.647 |
| Dağıtım ve İletim Bedeli | 3.300 | 3.465 | 3.638 | 3.820 | 4.011 |
| Öngörülemeyen Gider | 1.500 | 1.605 | 1.717 | 1.838 | 1.966 |
| Toplam İşletme Gideri | 24.745 | 25.706 | 30.212 | 31.263 | 32.363 |
| Yıllık İşletme Giderleri ($) | Yıl 6 | Yıl 7 | Yıl 8 | Yıl 9 | Yıl 10 |
| Bakım Giderleri | 3.800 | 3.800 | 3.800 | 3.800 | 3.800 |
| Temizlik Giderleri | 11.262 | 11.487 | 11.717 | 11.951 | 12.190 |
| İşletme sorumlusu | 8.609 | 9.039 | 9.491 | 9.965 | 10.464 |
| Sigorta Giderleri | 3.829 | 4.020 | 4.221 | 4.432 | 4.654 |
| Dağıtım ve İletim Bedeli | 4.212 | 4.422 | 4.643 | 4.876 | 5.119 |
| Öngörülemeyen Gider | 2.104 | 2.251 | 2.409 | 2.577 | 2.758 |
| Toplam İşletme Gideri | **33.815** | **35.019** | **36.281** | **37.602** | **38.985** |
| Yıllık İşletme Giderleri ($) | Yıl 11 | Yıl 12 | Yıl 13 | Yıl 14 | Yıl 15 |
| Bakım Giderleri | 3.800 | 3.800 | 4.300 | 4.300 | 4.300 |
| Temizlik Giderleri | 12.434 | 12.682 | 12.936 | 13.195 | 13.459 |
| İşletme sorumlusu | 10.987 | 11.536 | 12.113 | 12.719 | 13.355 |
| Sigorta Giderleri | 4.887 | 5.131 | 5.388 | 5.657 | 5.940 |
| Dağıtım ve İletim Bedeli | 5.375 | 5.644 | 5.926 | 6.223 | 6.534 |
| Öngörülemeyen Gider | 2.951 | 3.157 | 3.378 | 3.615 | 3.868 |
| Toplam İşletme Gideri | **40.433** | **41.951** | **44.041** | **45.708** | **47.455** |
| Yıllık İşletme Giderleri ($) | Yıl 16 | Yıl 17 | Yıl 18 | Yıl 19 | Yıl 20 |
| Bakım Giderleri | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 |
| Temizlik Giderleri | 13.728 | 14.002 | 14.282 | 14.568 | 14.859 |
| İşletme sorumlusu | 14.022 | 14.723 | 15.460 | 16.233 | 17.044 |
| Sigorta Giderleri | 6.237 | 6.549 | 6.876 | 7.220 | 7.581 |
| Dağıtım ve İletim Bedeli | 6.860 | 7.203 | 7.564 | 7.942 | 8.339 |
| Öngörülemeyen Gider | 4.139 | 4.428 | 4.738 | 5.070 | 5.425 |
| Toplam İşletme Gideri | **49.486** | **51.406** | **53.420** | **55.532** | **57.748** |
| Yıllık İşletme Giderleri ($) | Yıl 21 | Yıl 22 | Yıl 23 | Yıl 24 | Yıl 25 |
| Bakım Giderleri | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 |
| Temizlik Giderleri | 15.157 | 16.218 | 16.542 | 16.873 | 17.210 |
| İşletme sorumlusu | 17.896 | 18.791 | 19.731 | 20.717 | 21.753 |
| Sigorta Giderleri | 7.960 | 8.358 | 8.776 | 9.215 | 9.675 |
| Dağıtım ve İletim Bedeli | 8.756 | 9.194 | 9.653 | 10.136 | 10.643 |
| Öngörülemeyen Gider | 5.805 | 6.095 | 6.521 | 6.978 | 7.466 |
| Toplam İşletme Gideri | **60.073** | **63.155** | **65.723** | **68.419** | **71.248** |

### 4.3.5. Gelir vergisi

Gelir vergisi olarak Maliye Bakanlığı'nın belirlemis oldugu kurumlar vergisi oranı baz alınmıstır. Bu oran tesis kendini amorti ettikten sonra elde edilen net karın %.20'dir.Bakanlık tesis borçlarını bitirip kâra geçtikten sonra gelir vergisi talep etmektedir. Çizelge 4.7.'deki nakit akışları tablosunda yıllık gelir vergileri gösterilmiştir.

### 4.3.6. Yatırım finansmanı

Yatırımın toplam maliyeti 1.003.103 $'dır. Katılım bankalarıyla yapılan görüşmeler neticesinde 288.103$ özkaynak ve 715.000 $ bankadan kredi çekilmek suretiyle hazırlanan ödeme planında kâr payı yıllık % 6 olarak belirlenmiştir. Banka ilk 2 yıl çekilen anaparanın kâr payını alacak,ödemenin geri kalan kısmını ise 8 yılda yıllık 89.375 $ geri ödemeyle kaynak kullanılacaktır.Borç ödeme vadesi 10 yıldır. Borç ödemeleri 2. yılın sonu itibariyle baslamaktadır. Çizelge 4.7.'deki nakit akışları tablosunda yıllık ödeme planı gösterilmiştir.

## 4.4. Yatırımın Getirisi

Yapılmıs olan bu yatırımın getirisi; her yıl üretilmiş olan elektrik enerjisinin satılması ile kazanılan sermayedir Kurduğumuz güneş enerjisi santralinin PVSyst programı ile yapılan simülasyonu neticesinde elde edilen bir yıl boyunca aylar itibariyle ürettigi enerji miktarı 1736593 kWh'dir (Ek-1). Güneş panellerinden üretilen enerjinin verimliliklerinin düsmesi sebebiyle her yıl % 0.8 azalacağı öngörülmektedir. Üretilen bu enerji miktarının yıllara göre getirisini asagıdaki. Çizelge 4.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5.Tesisin 25 yıl boyunca gelirleri

| Satış | Yıl 1 | Yıl 2 | Yıl 3 | Yıl 4 | Yıl 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Üretilen Kwh | 1.736.593,00 | 1.722.700,26 | 1.708.807,51 | 1.694.914,77 | 1.681.022,02 |
| Yıllık Gelir(Kwh*0,133 $) | $230.967 | $229.119 | $227.271 | $225.424 | $223.576 |
| | | | | | |
| **Satış** | **Yıl 6** | **Yıl 7** | **Yıl 8** | **Yıl 9** | **Yıl 10** |
| Üretilen Kwh | 1667129,28 | 1653236,536 | 1639343,792 | 1625451,048 | 1611558,304 |
| Yıllık Gelir (Kwh*0,133$) | $221.728 | $219.880 | $218.033 | $216.185 | $214.337 |
| | | | | | |
| **Satış** | **Yıl 11** | **Yıl 12** | **Yıl 13** | **Yıl 14** | **Yıl 15** |
| Üretilen Kwh | 1597665,56 | 1583772,816 | 1569880,072 | 1555987,328 | 1542094,584 |
| Yıllık Gelir (Kwh*0,103$) | $164.560 | $163.129 | $161.698 | $160.267 | $158.836 |
| | | | | | |
| **Satış** | **Yıl 16** | **Yıl 17** | **Yıl 18** | **Yıl 19** | **Yıl 20** |
| Üretilen Kwh | 1528201,84 | 1514309,096 | 1500416,352 | 1486523,608 | 1472630,864 |
| Yıllık Gelir (Kwh*0,103$) | $157.405 | $155.974 | $154.543 | $153.112 | $151.681 |
| | | | | | |
| **Satış** | **Yıl 21** | **Yıl 22** | **Yıl 23** | **Yıl 24** | **Yıl 25** |
| Üretilen Kwh | 1458738,12 | 1444845,376 | 1430952,632 | 1417059,888 | 1403167,144 |
| Hurda Değeri | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $273.965 |
| Yıllık Gelir (Kwh*0,103$) | $150.250 | $148.819 | $147.388 | $145.957 | $419.922 |

### 4.4.1.Santral hurda değeri

Makine, teçhizat vb. gibi yatırımlarda, bu yatırımın gerçekleşmesinden belli bir süre sonra makine ve teçhizatın ekonomik ömrünü doldurması nedeniyle satılması halinde ele geçen tutar, bu makina veya teçhizatın hurda değerini simgeler.

Hurda değeri olan ekipmanlar Güneş panelleri, inverter, data kayıt sistemi ile panel konstruksiyonu ve kablajdan olusmaktadır. Bu ekipmanların hurda değeri, daha önceden Güneş enerjisi santralleri için yapılmıs olan bazı hesaplamalara dayanarak ilk yatırım maliyetinin %30'u civarında olduğunu söyleyebiliriz (Keser, 2010).

Buna göre asagıdaki çizelge 4.6'dan 25 yıl sonraki hurda değeri bulunur.

Çizelge 4.6. Hurda değeri

| Ekipman | Yatırım Maliyeti | Hurda Değeri Oranı | Hurda Değeri |
|---|---|---|---|
| Güneş paneli maliyetleri (300 W 4000 adet) | $646.362 | 30.0% | $193.909 |
| İnverter(50 Kw 19 adet,20 Kw 2 adet) | $168.539 | 30.0% | $50.562 |
| Alüminyum taşıyıcı sistem (konstrüksiyon) | $33.708 | 30.0% | $10.112 |
| kablaj ve elektriksel teçhizat giderleri | $56.180 | 30.0% | $16.854 |
| Veri kayıt ve görüntüleme, Data Transferi ve Yazılım | $8.427 | 30.0% | $2.528 |
| Santral Hurda Değeri | | | $273.965 |

### 4.4.2. Nakit akışları tablosu

Yukarıdaki tablolarda 25 yıl süresince yapılan yatırımda yıllik nakit giriş ve çıkışları gösterilmiştir. Bu tabloları birlestirip vergi ve amortismana tabi tuttuğumuzda net nakit akışlarını gösteren tablo ortaya çıkmaktadır (Çizelge 4.7.).

Yapılan yatırımın karlı olup olmadıgına bu son yapılacak net nakit akısı tablosu aracılığıyla karar verilecektir. Asagıdaki tablo 25 yıllik proje ömrü boyunca ki nakit akışlarını göstermektedir.

Çizelge 4.7.Nakit akışları tablosu

| YIL | Verim Kaybı | Enerji Üretimi Kwh/yıl | Yıllık Gelir | Yıllık Gider | Gelir Vergisi | Yatırım Bedeli | Banka Ödemeleri | Yatırım Geri Dönüşü |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100% | 1736593 | $230.967 | $24.745 | 0,00 | -$1.003.103 | -$21.450 | -$818.331 |
| 2 | 0,992 | 1722700,26 | $229.219 | $25.706 | 0,00 | 0,00 | -$21.450 | -$636.268 |
| 3 | 0,984 | 1708807,51 | $227.271 | $30.212 | 0,00 | 0,00 | -$89.375 | -$528.584 |
| 4 | 0,976 | 1694914,77 | $225.424 | $31.263 | 0,00 | 0,00 | -$89.375 | -$423.798 |
| 5 | 0,968 | 1681022,02 | $223.576 | $32.363 | 0,00 | 0,00 | -$89.375 | -$321.960 |
| 6 | 0,96 | 1667129,28 | $221.728 | $33.815 | 0,00 | 0,00 | -$89.375 | -$223.422 |
| 7 | 0,952 | 1653236,54 | $219.880 | $35.019 | 0,00 | 0,00 | -$89.375 | -$127.936 |
| 8 | 0,944 | 1639343,79 | $218.033 | $36.281 | 0,00 | 0,00 | -$89.375 | -$35.559 |
| 9 | 0,936 | 1625451,05 | $216.185 | $37.602 | 0,00 | 0,00 | -$89.375 | $53.649 |
| 10 | 0,928 | 1611558,30 | $214.337 | $38.985 | $25.925 | 0,00 | -$89.375 | $111.701 |
| 11 | 0,92 | 1597665,56 | $164.560 | $40.433 | $34.411 | 0,00 | 0,00 | $201.416 |
| 12 | 0,912 | 1583772,82 | $163.129 | $41.951 | $33.738 | 0,00 | 0,00 | $288.855 |
| 13 | 0,904 | 1569880,07 | $161.698 | $44.041 | $32.951 | 0,00 | 0,00 | $373.561 |
| 14 | 0,896 | 1555987,33 | $160.267 | $45.708 | $32.248 | 0,00 | 0,00 | $455.872 |
| 15 | 0,888 | 1542094,58 | $158.836 | $47.455 | $31.529 | 0,00 | 0,00 | $535.725 |
| 16 | 0,88 | 1528201,84 | $157.405 | $49.486 | $40.650 | 0,00 | 0,00 | $602.993 |
| 17 | 0,872 | 1514309,10 | $155.974 | $51.406 | $40.281 | 0,00 | 0,00 | $667.280 |
| 18 | 0,864 | 1500416,35 | $154.543 | $53.420 | $39.911 | 0,00 | 0,00 | $728.492 |
| 19 | 0,856 | 1486523,61 | $153.112 | $55.532 | $39.542 | 0,00 | 0,00 | $786.530 |
| 20 | 0,848 | 1472630,86 | $151.681 | $57.748 | $39.172 | 0,00 | 0,00 | $841.291 |
| 21 | 0,84 | 1458738,12 | $150.250 | $60.073 | $26.788 | 0,00 | 0,00 | $904.679 |
| 22 | 0,832 | 1444845,38 | $148.819 | $63.155 | $25.802 | 0,00 | 0,00 | $964.541 |
| 23 | 0,824 | 1430952,63 | $147.388 | $65.723 | $24.919 | 0,00 | 0,00 | $1.021.287 |
| 24 | 0,816 | 1417059,89 | $145.957 | $68.419 | $24.010 | 0,00 | 0,00 | $1.074.816 |
| 25 | 0,808 | 1403167,14 | $419.922 | $71.248 | $77.868 | 0,00 | 0,00 | $1.345.622 |

## 4.5. Yatırımın Finansal Açıdan Değerlendirilmesi

### 4.5.1. Ortalama kârlılık oranı

Ortalama verimlilik ile ilgili hesaplamayı Formül (3.1) ve Formül (3.2)'den müşahede etmek mümkündür. Burada hesaplamayı yapabilmemiz için öncelikle zaman kavramını göz önünde bulundurmadan (enflasyon ve değerlemelerin olmadığını farzederek) ne kadarlık bir net nakit akısın oldugunun bulunması gerekir. Asağıda yer alan çizelge 4.8.'de 25 yıl boyunca kümülatif net nakit akışlarını göstermektedir.

Çizelge 4.8. Kümülatif nakit akışı ve enerji üretim değerleri

| YIL ($) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Yıllık Gelir | 230.967 | 229.119 | 227.271 | 225.424 | 223.576 |
| Yıllık Gider | 24.745 | 25.706 | 30.212 | 31.263 | 32.363 |
| Nakit Akışı | 206.222 | 203.413 | 197.060 | 194.161 | 191.213 |
| Kümülatif Net Nakit Akışı | 206.222 | 409.635 | 606.695 | 800.855 | 992.068 |
| **YIL ($)** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Yıllık Gelir | 221.728 | 219.880 | 218.033 | 216.185 | 214.337 |
| Yıllık Gider | 33.815 | 35.019 | 36.281 | 37.602 | 38.985 |
| Nakit Akışı | 187.914 | 184.861 | 181.752 | 178.583 | 175.353 |
| Kümülatif Net Nakit Akışı | 1.179.982 | 1.364.843 | 1.546.594 | 1.725.178 | 1.900.530 |
| **YIL ($)** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| Yıllık Gelir | 164.560 | 163.129 | 161.698 | 160.267 | 158.836 |
| Yıllık Gider | 40.433 | 41.951 | 44.041 | 45.708 | 47.455 |
| Nakit Akışı | 124.126 | 121.178 | 117.656 | 114.559 | 111.381 |
| Kümülatif Net Nakit Akışı | 2.024.656 | 2.145.834 | 2.263.490 | 2.378.049 | 2.489.430 |
| **YIL ($)** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| Yıllık Gelir | 157.405 | 155.974 | 154.543 | 153.112 | 151.681 |
| Yıllık Gider | 49.486 | 51.406 | 53.420 | 55.532 | 57.748 |
| Nakit Akışı | 107.919 | 104.568 | 101.123 | 97.580 | 93.933 |
| Kümülatif Net Nakit Akışı | 2.597.349 | 2.701.917 | 2.803.039 | 2.900.619 | 2.994.552 |
| **YIL ($)** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** |
| Yıllık Gelir | 150.250 | 148.819 | 147.388 | 145.957 | 419.922 |
| Yıllık Gider | 60.073 | 63.155 | 65.723 | 68.419 | 71.248 |
| Nakit Akışı | 90.177 | 85.664 | 81.665 | 77.538 | 348.674 |
| Kümülatif Net Nakit Akışı | 3.084.728 | 3.170.392 | 3.252.057 | 3.329.595 | 3.678.269 |

Yukarıdaki çizelgeden 25 yıl neticesindeki kümülatif net nakit akışının $3.678.269 oldugu görülmektedir. Bu değeri ele alarak hesaplayacagımız ortalama kârlılık oranlarını özsermaye kârlılık oranı ve yatırım kârlılık oranı olarak ayırmak gerekir. Özsermaye kârlılık oranı, yatırım için öz kaynaklarca karşılanan paranın ekonomik hayat sonunda ne kadarlık bir getirisi olduğunu göstermektedir. Yatırım kârlılık oranı ise ekonomik ömür boyunca bütün yatırımın getiri oranını göstermektedir.

Çizelge 4.7'deki nakit akışları baz alındıgında ortalama kârlılık oranları Şöyle elde edilir:

Özsermaye Üzerinden Kârlılık Oranı: 12.76

Yatırım Üzerinden Kârlılık Oranı: 3.66

Yukarıdaki sonuçları düşünecek olursak yapılmış olan yatırımın getirisi özsermaye miktarının 12.76 katına eşittir. Yani bu proje yatırımının yatırılan özsermaye baz alındıgında getirisi yaklaşık olarak 13 kattır. Yatırımın tüm bedeli üzerinden karlılıga bakacak olursak oran 3,66'dır. Bu değer de 25 yılın sonunda elde edilen kârın yatırım tutarının yaklaşık 3.5 katı olduğunu bize gösterir.

Ortalama kârlılık hesabı yapılırken esas bakmamız gereken kısım bizim cebimizden çıkan miktara karşılık ne kadar net gelirimizin olacağı seklindedir. Bu sebeple özsermaye kârlılık oranı bu değerlendirmede baz alınmalıdır. Buna göre yapılacak yatırım karlı görünmektedir. Ama yalnız basına bu yöntem bir karar verme kriteri degildir.

Ortalama kârlılık oranı hesaplanırken hem özsermaye bedeline hem de toplam yatırım bedeline göre ne kadar bir kârlılığın oldugu bulunabilmektedir. Formül (3.1) ile Formül (3.2) 'ye göre çizelge 4.7'deki nakit akım değerleri göz önüne alınarak hesaplanan ortalama kârlılık oranı nakit girişi fazla dalgalanmalar göstermeyen, ekonomik ömrü nispeten uzun, kalıntı değeri ihmal edilebilecek düzeyde olan yatırımların değerlendirilmesinde sağlıklı sonuçları vermektedir

### 4.5.2. Basit geri dönüş süresi

Projenin geri ödeme süresi, baslangıçta yatırılan paranın geri alındıgı süredir. Baslangıçta yatırılan paranın ileriki yıllarda elde edilecek nakit akışları ile kaç yılda geri alınacağını ölçer. Bu yöntemde çıkan süre yatırımın ekonomik ömründen kısa ise proje kabul edilir. Yatırım projelerinin geri ödeme süreleri kısaldıkça yatırımın daha az riskli olacağı ve likiditesinin artacağı düsünülür. Geri ödeme süresi yöntemi ile kârlılık ölçülmez; sadece bir zaman kavramıdır

Yatırımın sağlayacağı net nakit girişleri yıllar itibarıyla değişiklik göstermiyorsa geri ödeme süresi, yatırım tutarının net nakit girişlerine bölünmesi suretiyle yani,

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{Yatırım Tutarı}}{\text{Yıllık Net Nakit Girişleri}} \qquad (4.1)$$

Verilen değerleri formül (3.5) ya da formül (3.6)'te yerine koyarak geri dönüş süresini hesaplayabiliriz. Bizim uygulamamız da ise geri dönüş süresi santralin 25 yıl sonraki hurda değeri hesaplandığında yıl; sistemin kendisini genellikle ilk 10 yıl içerisinde amorti etmesi beklenir. Yapılan hesaplamalada sistem 8 yılda kendisini amorti etmesi; bundan sonraki yıllarda ise kâra geçmeye başlaması yapılan yatırımın karlı olduğunu bu tarz yatırım yapmayı düşünen müteşebbislere yol gösterici bir hesaplama olduğu görülmüştür. Geri dönüş süresine ve kârlılık oranlarına bakarak bu yatırımın hayata geçirilmesinin kârlı olacağı söylenebilir.

### 4.5.3. Birim enerji üretim maliyeti

Üretilen enerjinin 25 yıl itibariyle birim üretim maliyeti bu kısımda hesaplanacaktır. Bunun için ihtiyaç duyulan veriler sistemin 25 yıl sonunda üretilen enerji miktarı ile 25 yıl zarfında yatırım maliyetidir. Bu yatırım maliyeti içerisine yıl içerisinde santral bakımı ve isletmesi için harcanan tutarlar ile sistem ilk yatırım tutarı ve finansman borç ödemelerinin faiz ödemeleri kısmı geçerlidir. Buna göre Çizelge 4.9.'da 25 yıl boyunca ne kadarlık bir maliyeti olacağı ve 25 yıl sonunda ne kadar enerji üretildigi görülmektedir.

Çizelge 4.9. Yıllar itibariyle katlanılan maliyetler ve enerji üretim değerleri

| **Satış ($)** | **Yıl 1** | **Yıl 2** | **Yıl 3** | **Yıl 4** | **Yıl 5** |
|---|---|---|---|---|---|
| kWh Üretilen | 1736593 | 1722700,256 | 1708807,512 | 1694914,768 | 1681022,024 |
| Yıllık İşletme Giderleri | 24.745 | 25.706 | 30.212 | 31.263 | 32.363 |
| İlk Yatırım Maliyeti | 1.003.103 | | | | |
| Kredi Ödemesi | 21.450 | 21.450 | 89.375 | 89.375 | 89.375 |
| **Satış ($)** | **Yıl 6** | **Yıl 7** | **Yıl 8** | **Yıl 9** | **Yıl 10** |
| kWh Üretilen | 1667129,28 | 1653236,536 | 1639343,792 | 1625451,048 | 1611558,304 |
| Yıllık İşletme Giderleri | 33.815 | 35.019 | 36.281 | 37.602 | 38.985 |
| Kredi Ödemesi | 89.375 | 89.375 | 89.375 | 89.375 | 89.375 |
| **Satış ($)** | **Yıl 11** | **Yıl 12** | **Yıl 13** | **Yıl 14** | **Yıl 15** |
| kWh Üretilen | 1597665,56 | 1583772,816 | 1569880,072 | 1555987,328 | 1542094,584 |
| Yıllık İşletme Giderleri | 40.433 | 41.951 | 44.041 | 45.708 | 47.455 |
| Kredi Ödemesi | | | | | |
| **Satış ($)** | **Yıl 16** | **Yıl 17** | **Yıl 18** | **Yıl 19** | **Yıl 20** |
| kWh Üretilen | 1528201,84 | 1514309,096 | 1500416,352 | 1486523,608 | 1472630,864 |
| Yıllık İşletme Giderleri | 49.486 | 51.406 | 53.420 | 55.532 | 57.748 |
| Kredi Ödemesi | | | | | |
| **Satış ($)** | **Yıl 21** | **Yıl 22** | **Yıl 23** | **Yıl 24** | **Yıl 25** |
| kWh Üretilen | 1458738,12 | 1444845,376 | 1430952,632 | 1417059,888 | 1403167,144 |
| Yıllık İşletme Giderleri | 60.073 | 63.155 | 65.723 | 68.419 | 71.248 |
| Kredi Ödemesi | | | | | |
| TOPLAM MALİYET | | | | | 2.902.794 $ |
| ÜRETİLEN ENERJİ | | | | | 39.247.002 Kwh |
| BİRİM ENERJİ MALİYETİ | | | | | 0,073 $/Kwh |

Yukarıdaki çizelgede elektrik enerjisi üretimi için maliyet harcamaları ilk yatırım maliyetleri, kredi ödemeleri ve yıllık isletme giderlerinden oluştuğu görülmektedir. Buna göre 25 yılda santralin toplam giderleri 2.902.794 $'dır. Buna karşılık üretilen enerji miktarı ise 39.247.002 kWh'dir. Bu iki değerden üretilen enerjinin birim maliyeti elde edilir. Bu değer de 0,073 $/kWh'dir.

Yapılan araştırmalar neticesinde üretilen enerjinin birim maliyeti 0,089 $ olarak tespit edilmiştir. Bu iki değer karşılaştırıldığında Isparta şehri sınırları içerisinde

kurulan güneş enerjisi santralinin birim üretim maliyeti, ortalama değerinin altındadır. Bu da yapılan yatırımın karlı olduğunu gösteren bir başka yöntemdir.

### 4.5.4. Maliyet fayda oranı

Yapılan yatırımın ekonomik ömrü süresi içerisinde getireceği nakit girişlerinin bugünkü değerleri karşılığının, yatırıma harcanan değerlerin bugünkü karşılığının toplamına olan oranı ile belirlenir. Yatırıma karar vermek için maliyet fayda oranının 1 den büyük olması zaruridir. Bu projenin maliyet fayda oranı formül (3.3) ve (3.4) yer alan bağıntılardan hesaplama yapılarak ya da Net Nakit Akıs Tablosu baz alınarak yapılan nakit girislerinin ve yatırım harcamalarının değerlerinin hesaplanması ile 2.25 çıkmıştır.Bu değer projeye başlamak için gayet uygundur bir değer iyi bir kar getireceği ortadadır.

### 4.5.5. Net bugünkü değer analizi

Belirlemiş olduğumuz iskonto oranını (% 6) baz alarak gelecekte elde edilen tüm gelir ve giderlerin bugüne indirgenmesi sağlanır. Keza hurda değerinin de 25 yıl sonra bir getirisi olduğunu düşünürsek, o değerinde bugüne indirgenmesi gerekmektedir. Formül (3.7)'yi ve Çizelge 4.7'deki nakit akışları tablosunu baz aldığımızda yatırımın Net Bugünkü Değeri 365.920 $ çıkmaktadır. Bu meblağ, yatırımdan 25 yıl boyunca elde edeceğimiz net gelirin bugünkü değerini ifade etmektedir. Bir yatırımın karlı olabilmesi için Net Bugünkü Değerinin pozitif çıkması gerekir. Yapmış olduğumuz hesaplamalarda bu değer pozitif çıkmıştır. Bu sebeple bu projeye yatırım yapılabileceğini söyleyebiliriz.

# 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

## 5.1. Sonuçlar

Türkiye gibi enerjisinin yaklaşık olarak yüzde 70'ini dışarıdan ithal eden bir ülkenin enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi oldukça önemlidir. Güneş enerjisi teknolojisinin öneminin gün geçtikçe artması bu çalışmanın gerçekleştirilmesinin ana nedeni olup hazırlanan bu tez ile mevcut güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek, ülke ekonomisine katkıda bulunulmak istenmiştir.

Bu tez, bu alanda literatür araştırması yapan, böyle bir yatırımı gerçekleştirmek isteyenlere, yol gösterici örnek bir çalışma olabilecek niteliktedir. Güneş enerjisiyle planlanıp maliyet analizi yapılan tesisimiz Isparta ilindedir. Isparta, bulundugu konum itibariyle Türkiye'nin güneyinde; yani en çok güneş alan bölgesindedir. Yaptığımız bu tez çalışmasında, güneş enerji santralinin yatırım değerinin farklı finansal analiz yöntemleriyle değerlendirilip gelecekteki nakit akışlarının bugüne indirgendiği hali hep pozitif çıkmış ve istenen oranların üzerinde değerler yakalanmıştır. Bu tarz yatırımların geri dönüş süreleri gerek yatırımcı gerekse finansman kuruluslar tarafından 10 yılnin altında olması istenir. Tesisimizde sistem geri dönüş süresi ile ilgili yapılan hesapta, bu sürenin 8 yıl civarında olması sistemin kendini çabuk amorti ettigini ve kurulacak sistemin Isparta koşullarında karlı bir yatırım oldugunu göstermektedir. Uygun kredi olanakları ve uygun geri ödeme süreleri seçilmesi durumunda bu yatırımın kendini çok daha kısa sürede amorti edebilecegi öngörülebilir.

Güneş enerjisi santrallerinin ekonomik ömürlerini yaklaşık 25-30 yıl olduğu bilinmektedir. Yaptığımız çalışmanın ekonomik ömrün 25 yıl kabul edip tüm ekonomik analizler 25 yıl boyunca yapılmıştır. Yatırımın ilk maliyeti 1.003.103 $'dır Ekonomik analiz sonucunda 25 yılın sonunda Toplam Net Bugünkü Değer miktari 1,369,023 $ olarak hesaplanmıştır. 25 yıllık gelir-gider'den yatırımın ilk maliyeti çıkarıldığında 365,920 $'lık bir kâr hesaplanmıştır.

Sonuç olarak yaptığımız hesaplamalarda kullandığımız finansal analiz yöntemlerinde elde ettigimiz sonuçlara göre Isparta da kurulması planlanan 1 MW çatı tipi güneş enerjisi santrali yatırımı, karlı bir yatırım olarak görünmektedir

Tesisimizde Fotovoktaik ilke doğrultusunda güneşten aldığı enerjiyi elektrik enerjisine çeviren güneş panellerin kullanılmıştır. Güneş panelleri aracılığıyla elektrik üreten sistemler yakıt sorunu olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi (azami bir yıl), uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması ve temiz bir enerji kaynağı olması gibi nedenlerden dolayı dünya genelinde fotovoltaik elektrik enerjisin tercih edilmelerinin asıl sebepleridir.

1MW fotovoltaik elektrik santrali ile atmosfer; 1000 ton karbondioksit ($CO_2$), 7 ton karbonmonoksit (CO), 450 ton kükürt dioksit, 250 ton azot oksit, 3 ton hidro karbon, 5 ton külden kurtulmaktadır. Böylece Güneş Enerjisi ile çalışan elektrik santralleri sayesinde fosil yakıtların zararları da önlenmektedir.

Tesisin güneş enerjisiyle planlanması, güneş radyasyonu değerlerinin ölçümü ve simülasyonunun yapılmasında, dünya da yaygın olarak kullanılan PVSYST programı tercih edilmiştir. Program aracılığıyla elde ettiğimiz veriler ekte sunulmuştur.

## 5.2. Öneriler

- Ülkemizin enerji gereksiniminin karşılanmasıyla ilgili politikalar belirlenirken; temiz ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanılmasına öncelik verilmesi, kurulacak tesislerin çevre etkilerinin mutlaka dikkate alınması, bunların insan sağlığına ve çevreye verecekleri zararlar ve bu zararların giderilmesi maliyetlerinin değerlendirilmesi gerekir.
- Güneş enerji potansiyelinin böyle bir yatırıma elverişli olduğu bölgelerde, hemen hemen her çatıya uygulanabilecek bu teknoloji, bu potansiyel

değerlendirilebilirse, enerji konusunda dışa bağımlı olmamız gibi bir durum söz konusu olmaz.

- Yenilenebilir enerji sektöründe yaşanan bürokratik engellerin giderilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda yatırımcıların lisanslama işlemleri, plan, proje ve yatırım faaliyetleri açısından başvuru yapılacak kurum sayısının, en aza indirilmesine ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR


AKKAYA, S.,2007. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi ve Bir Alanında Bir Uygulama Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 100 s.

AREZKI, S., and BOUDOUR, M., 2014. Improvement of power quality for hybrid PV-FC power supply system, 16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition, 21-24 September, Antalya.

ARRUDA LIMA,D. L.,NOFUENTES, G., 2007.Tables for The Estimation of the Internal Rate of Return of Photovoltaic Grid-Connected Systems.Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11: 447 – 466.

ATILGAN, İ.,2000. Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış., Gazi Üniversitesi

BEDELOGLU, A., DEMIR,B.,2010.Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller .Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi , 4(2): 43-58.

BİNARK, A. K.,2004.Ülkemizdeki Güneş Enerjisi Uygulamaları için Öneriler.Mimar ve Mühendis Dergisi, 9(33):80-82.

ÇOLAK, Ş.Ç., 2010. Fotovoltaik Paneller Yardımı ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu . Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul,121s.

DİNÇER, F.,2011.Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyeli Ekonomik Analizi ve AB ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme., Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu . Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul,121s.

EPDK, 2013. Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik, 2 Ekim 2013 Çarşamba, 28783 Sayılı Resmi Gazete.

GİRGİN,M.H.,2011. Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 Mw'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi'. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 223s

GOETZBERGER, A. ve HEBLING, C., 2000. Photovoltaic materials, past, present, future. Solar Energy Materials and Solar Cells, 62: 1-19.

GROZDEV,M., 2010.Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü ,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul,73s.

GÜÇLÜ,S., 2009. Merkez Kampüs Çevre Aydınlatma Elektrik Enerjisinin; Güneş Enerjisi İle Sağlanması. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya,83s.

KAHRAMAN,D.,2010 .Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektrik Üretiminin Teknik - Ekonomik Analizi Ve Yöresel Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul,137s.

KARAGÖL, E.,KAVAZ,İ.,2017. Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı , İstanbul ,32s.

KARATAŞ, A., 2012 .Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi,Edirne,93s.

KEÇEL, S., 2007 .Türkiye'nin Değisik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri ile Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 159 s.

KESER,U.,2010 .Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi Kullanımı Yatırımlarının Finansal Modellemesi. Yıldız Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul,151s.

KUTLU, S.,2002. Güneş Tarlası ile Elektrik Enerjisi Üretimi ve SDÜ Kampüs Alanında Bir Uygulama Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 100 s.

MUTLU, M., KILIÇ, M.,2015. Fotovoltaik Sistemlerin Ekonomik Analizi: Türkiye' deki Bir Müstakil Konut Örneği .3. Anadolu Enerji Sempozyumu ,1-3 Ekim,Muğla,s.73-82

## EKLER

**EK 1:** Tesis verilerinin PVsyst programıyla analizi

| PVSYST V6.64 | | 03/10/17 | Page 1/4 |
|---|---|---|---|

### Grid-Connected System: Simulation parameters

**Project : ÖRNEK TESİS**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Geographical Site** | **ISPARTA** | | Country | **Turkey** |
| **Situation** | Latitude | 37.87° N | Longitude | 30.62° E |
| Time defined as | Legal Time | Time zone UT+3 | Altitude | 925 m |
| | Albedo | 0.20 | | |
| **Meteo data:** | **ISPARTA** | Meteonorm 7.1 (2003-2013) - Synthetic | | |

**Simulation variant :** **New simulation variant**

Simulation date 02/10/17 23h51

**Simulation parameters**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Collector Plane Orientation** | Tilt | 30° | Azimuth | 0° |
| **Models used** | Transposition | Perez | Diffuse | Perez, Meteonorm |
| **Horizon** | Free Horizon | | | |
| **Near Shadings** | No Shadings | | | |

**PV Array Characteristics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **PV module** | Si-poly | Model | **ASE60P250W** | | |
| Original PVsyst database | | Manufacturer | Alfa Solar Enerji | | |
| Number of PV modules | | In series | 20 modules | In parallel | 220 strings |
| Total number of PV modules | | Nb. modules | 4000 | Unit Nom. Power | 300 Wp |
| Array global power | | Nominal (STC) | **1200 kWp** | At operating cond. | 977 kWp (50°C) |
| Array operating characteristics (50°C) | | U mpp | 552 V | I mpp | 1771 A |
| Total area | | Module area | **7247 m²** | Cell area | 6425 m² |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Inverter** | | Model | **TRIO-50_0-TL-OUTD-400** | | |
| Original PVsyst database | | Manufacturer | ABB | | |
| Characteristics | | Operating Voltage | 300-950 V | Unit Nom. Power | 50 kWac |
| Inverter pack | | Nb. of inverters | 20 units | Total Power | 1000 kWac |

**PV Array loss factors**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Thermal Loss factor | Uc (const) | 20.0 W/m²K | Uv (wind) | 0.0 W/m²K / m/s |
| Wiring Ohmic Loss | Global array res. | 5.3 mOhm | Loss Fraction | 1.5 % at STC |
| Module Quality Loss | | | Loss Fraction | -1.0 % |
| Module Mismatch Losses | | | Loss Fraction | 1.0 % at MPP |
| Strings Mismatch loss | | | Loss Fraction | 0.10 % |
| Incidence effect, ASHRAE parametrization | IAM = | 1 - bo (1/cos i - 1) | bo Param. | 0.05 |

**User's needs :** Unlimited load (grid)

PVsyst Evaluation mode

# Grid-Connected System: Main results

**Project :** **ÖRNEK TESİS**

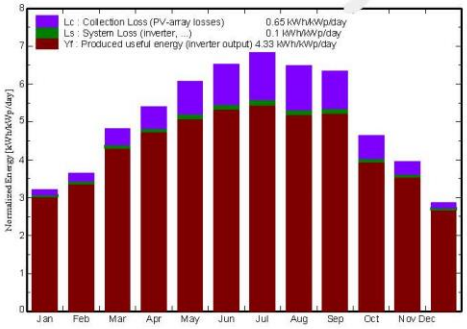
**Simulation variant :** **New simulation variant**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Main system parameters** | System type | **Grid-Connected** | | | |
| PV Field Orientation | tilt | 30° | azimuth | 0° | |
| PV modules | Model | ASE60P250W | Pnom | 300 Wp | |
| PV Array | Nb. of modules | 4000 | Pnom total | **1200 kWp** | |
| Inverter | Model | TRIO-50_0-TL-OUTD-400 | Pnom | 50.0 kW ac | |
| Inverter pack | Nb. of units | 20.0 | Pnom total | **1000 kW ac** | |
| User's needs | Unlimited load (grid) | | | | |

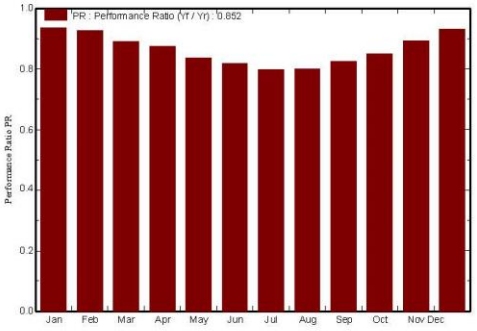
**Main simulation results**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| System Production | **Produced Energy** | **1737 MWh/year** | Specific prod. | 1579 kWh/kWp/year |
| | Performance Ratio PR | 85.21 % | | |
| Investment | Global incl. taxes | 879750 US$ | Specific | 0.80 US$/Wp |
| Yearly cost | Annuities (Loan 5.0%, 20 years) | 70593 US$/yr | Running Costs | 40000 US$/yr |
| Energy cost | | **0.06 US$/kWh** | | |

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1100 kWp**




**Performance Ratio PR**




**New simulation variant**

**Balances and main results**

| | GlobHor kWh/m² | DiffHor kWh/m² | T Amb °C | GlobInc kWh/m² | GlobEff kWh/m² | EArray MWh | E_Grid MWh | PR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **January** | 66.5 | 32.19 | 1.83 | 99.9 | 97.1 | 104.9 | 102.9 | 0.936 |
| **February** | 78.2 | 41.79 | 2.74 | 102.0 | 99.1 | 106.0 | 104.0 | 0.926 |
| **March** | 123.7 | 54.33 | 7.14 | 149.6 | 145.5 | 149.8 | 146.6 | 0.891 |
| **April** | 152.9 | 71.80 | 10.80 | 162.2 | 157.1 | 159.4 | 156.1 | 0.875 |
| **May** | 193.2 | 67.77 | 15.66 | 188.1 | 182.3 | 177.4 | 173.2 | 0.837 |
| **June** | 211.9 | 69.79 | 20.58 | 195.6 | 189.1 | 180.2 | 175.9 | 0.817 |
| **July** | 222.4 | 68.95 | 24.33 | 211.9 | 205.4 | 190.7 | 185.8 | 0.797 |
| **August** | 194.2 | 68.74 | 24.02 | 200.9 | 195.1 | 181.4 | 176.8 | 0.800 |
| **September** | 162.1 | 54.35 | 18.53 | 190.1 | 184.7 | 176.7 | 172.6 | 0.826 |
| **October** | 110.9 | 43.92 | 13.73 | 144.1 | 140.3 | 137.7 | 134.5 | 0.849 |
| **November** | 77.0 | 28.36 | 7.61 | 118.9 | 115.9 | 119.3 | 116.8 | 0.893 |
| **December** | 59.1 | 32.49 | 3.24 | 89.3 | 86.7 | 93.2 | 91.4 | 0.930 |
| Year | 1652.2 | 634.48 | 12.58 | 1852.7 | 1798.3 | 1776.6 | 1736.6 | 0.852 |

Legends:

| | | | |
|---|---|---|---|
| GlobHor | Horizontal global irradiation | GlobEff | Effective Global, corr. for IAM and shadings |
| DiffHor | Horizontal diffuse irradiation | EArray | Effective energy at the output of the array |
| T Amb | Ambient Temperature | E_Grid | Energy injected into grid |
| GlobInc | Global incident in coll. plane | PR | Performance Ratio |

PVsyst Evaluation mode

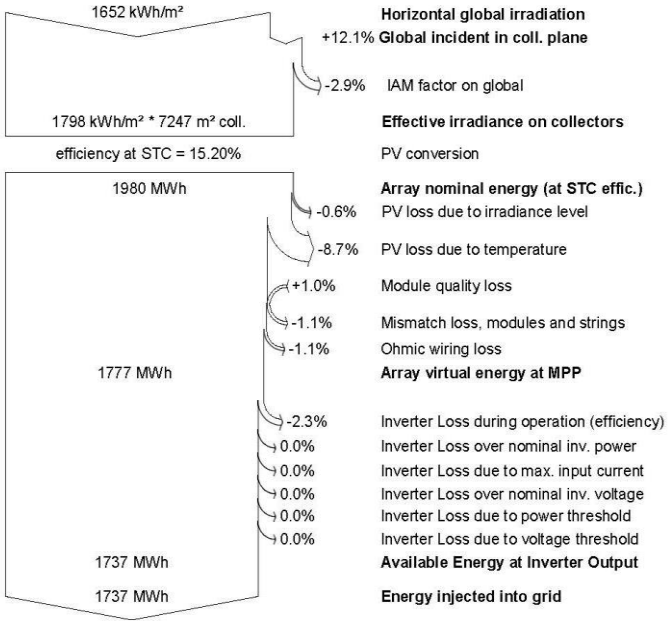
# Grid-Connected System: Loss diagram

**Project : ÖRNEK TESİS**

**Simulation variant : New simulation variant**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Main system parameters** | System type | **Grid-Connected** | | | |
| PV Field Orientation | tilt | 30° | azimuth | 0° | |
| PV modules | Model | ASE60P250W | Pnom | 300 Wp | |
| PV Array | Nb. of modules | 4000 | Pnom total | **1100 kWp** | |
| Inverter | Model | TRIO-50_0-TL-OUTD-400 | Pnom | 50.0 kW ac | |
| Inverter pack | Nb. of units | 20.0 | Pnom total | **1000 kW ac** | |
| User's needs | Unlimited load (grid) | | | | |

**Loss diagram over the whole year**



# Grid-Connected System: Economic evaluation

**Project :** **ÖRNEK TESİS**

**Simulation variant :** **New simulation variant**

| **Main system parameters** | System type | **Grid-Connected** | | |
|---|---|---|---|---|
| PV Field Orientation | tilt | 30° | azimuth | 0° |
| PV modules | Model | ASE60P250W | Pnom | 300 Wp |
| PV Array | Nb. of modules | 4000 | Pnom total | **1200 kWp** |
| Inverter | Model | TRIO-50_0-TL-OUTD-400 | Pnom | 50.0 kW ac |
| Inverter pack | Nb. of units | 20.0 | Pnom total | **1000 kW ac** |
| User's needs | Unlimited load (grid) | | | |

**Investment**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PV modules (Pnom = 250 Wp) | 4000 units | 125 | US$ / unit | 500000 US$ |
| Supports / Integration | | 7 | US$ / module | 30000 US$ |
| Inverters (Pnom = 50.0 kW ac) | 20 units | 3750 | US$ / unit | 75000 US$ |
| Settings, wiring, ... | | | | 75000 US$ |
| Transport and assembly | | | | 25000 US$ |
| Engineering | | | | 10000 US$ |
| Substitution underworth | | | | 0 US$ |
| **Gross investment** (without taxes) | | | | **715000 US$** |

**Financing**

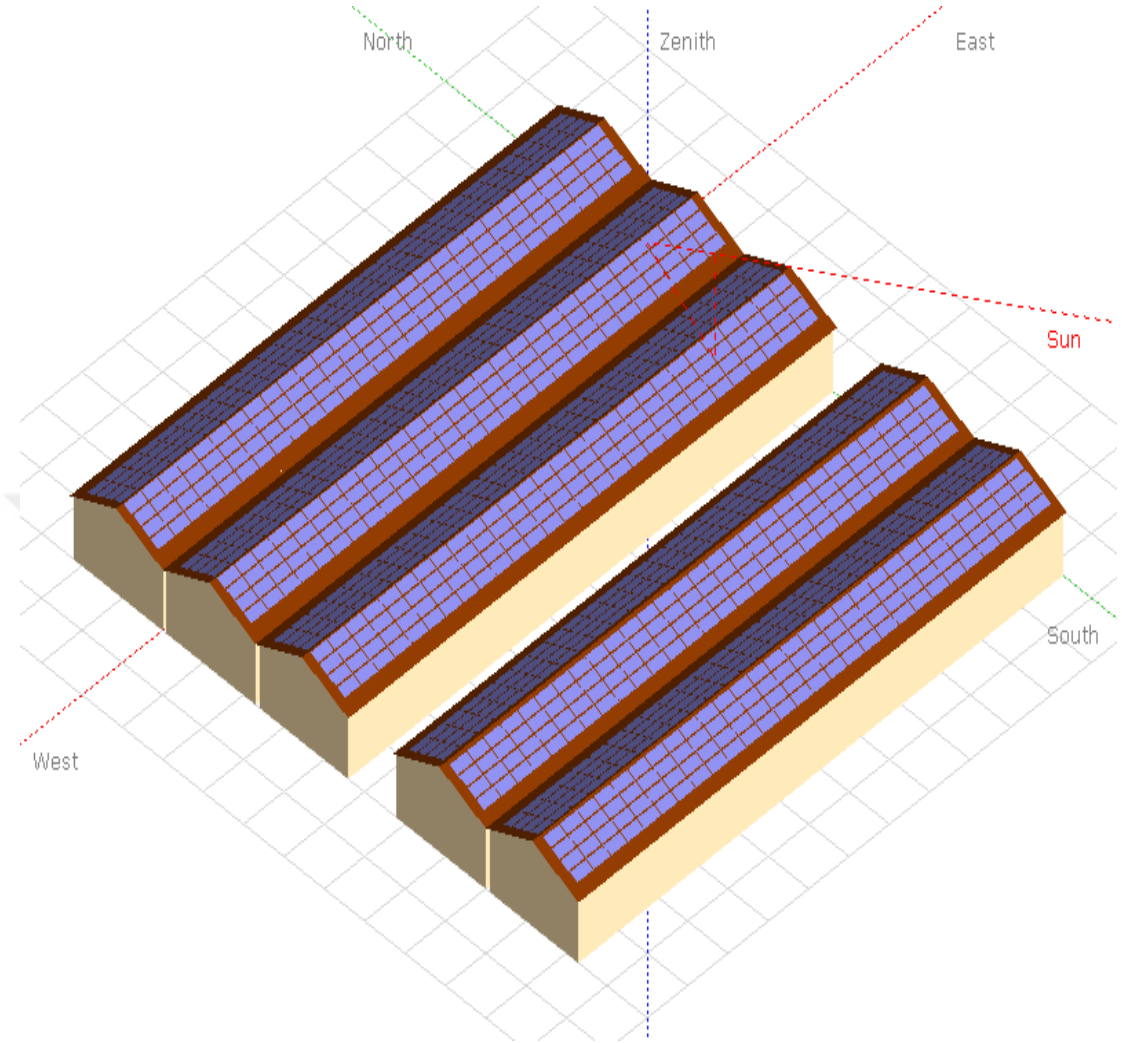
| | | | |
|---|---|---|---|
| Gross investment (without taxes) | | | 715000 US$ |
| Taxes on investment (VAT) | Rate 15.0 % | | 114750 US$ |
| Gross investment (including VAT) | | | 879750 US$ |
| Subsidies | | | 0 US$ |
| **Net investment (all taxes included)** | | | **879750 US$** |
| Annuities | ( Loan 5.0 % over 20 years) | | 70593 US$/year |
| Annual running costs: maintenance, insurances ... | | | 40000 US$/year |
| **Total yearly cost** | | | **110593 US$/year** |

**Energy cost**

| | | |
|---|---|---|
| Produced Energy | 1737 | MWh / year |
| Cost of produced energy | 0.06 | US$ / kWh |

PVsyst Evaluation mode

**EK 2:** Güneş enerji santrali kurulacak tesisin simülasyon görüntüsü



# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER


**Adı Soyadı** : Selami YAKUT
**Uyruğu** : T.C.
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Diyarbakır-18/03/1991
**Telefon** : 0530 215 5365
**e-mail** : yakut.selami@gmail.com


## EĞİTİM

| Derece | Adı | İlçe/İl | Bitirme Yılı |
|---|---|---|---|
| Lise: | Bağcılar Osmangazi Lisesi | Bağcılar/İstanbul | 2009 |
| Üniversite: | Dicle Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği | Merkez/Diyarbakır | 2014 |
| Y.Lisans | Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Elk. Elektr.Müh. Anabilim Dalı | Şanlıurfa | 2017 |

## İŞ DENEYİMİ

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

## UZMANLIK ALANI:

**YABANCI DİLLER:** İngilizce