

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ BİLİM DALI**

**İZMİR İLİNDE BULUNAN BİNALARDA ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN
KULLANILAN FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANEL TİPLERİNİN
VERİMLİLİK BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI VE MALİYET
ANALİZİ**

Kaan TUNÇGÖVDE

**Danışman
Doç. Dr. Leyla ÖZGENER**



MANİSA-2020

**Kaan
TUNÇGÖVDE**

**İZMİR İLİNDE BULUNAN BİNALARDA ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN
KULLANILAN FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANEL TİPLERİNİN VERİMLİLİK
BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI VE MALİYET ANALİZİ**

2020

TEZ ONAYI

Kaan TUNÇGÖVDE tarafından hazırlanan "**İZMİR İLİNDE BULUNAN BİNALARDA ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN KULLANILAN FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANEL TİPLERİNİN VERİMLİLİK BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI VE MALİYET ANALİZİ**" adlı tez çalışması/....../2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Doç. Dr. Leyla ÖZGENER**
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi
..... Üniversitesi

Jüri Üyesi
..... Üniversitesi

Jüri Üyesi
..... Üniversitesi

Jüri Üyesi
..... Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Dalı Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Kaan TUNÇGÖVDE



İÇİNDEKİLER

Sayfa	
İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER DİZİNİ	IV
TABLO DİZİNİ.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1 GİRİŞ	1
2 GÜNEŞ ENERJİSİ	9
2.1 Güneş	9
2.2 Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları	10
2.2.1 Güneş Enerjisinin Dezavantajları	10
2.2.2 Güneş Enerjisinin Avantajları	11
2.3 Ülkemizde ve Dünyada Güneş Enerjisinin Yeri	12
2.3.1 Ülkemizde Güneş Enerjisinin Yeri.....	12
2.3.2 Dünyada Güneş Enerjisinin Yeri.....	20
2.4 Ülkemizde Güneş Enerjisi Yönetmelikleri ve Teşvikleri	22
2.4.1 Kanun ve Yönetmelikler	23
2.4.2 Teşvikler.....	24
2.5 Güneş Enerjisi Panelleri.....	25
2.5.1 Fotovoltaik Prensip	25
2.5.2 Güneş Panelleri.....	26
2.5.3 Güneş Panel Çeşitleri.....	27
2.5.4 Güneş Enerjisi Panel Verimini Etkileyen Faktörler	31
2.6 Güneş Enerjisinin Çevresel Etkileri.....	33
3 GÜNEŞ ENERJİSİ PANELLERİ VERİMLİLİK VE MALİYET HESAPLAMALARI.....	35
3.1 Kabuller ve Parametreler.....	35
3.2 Hesaplamalar	41
3.3 Maliyet Analizi	43
3.4 Analizler	46
4 TARTIŞMALAR VE SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR.....	50
EKLER.....	53
Ek 1: Güneş Panelleri Üretici Kataloğu	53



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
PV	Fotovoltaik
CO₂	Karbondiyoksit
O₂	Oksijen
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt saat
MW	Megawatt
MWh	Megawatt saat
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
W	Watt
kWp	Kilowatt pik
km²	Kilometre kare
m²	Metre kare
GEPA	Güncel Enerjisi Potansiyeli Atlası
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
YEK	Yenilenebilir Enerji Kanunu
GES	Güneş Enerji Santrali
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CdTe	Kadmiyum Tellürid
CuInSe₂	Bakır İndiyum Diselenid
a-Si	Amorf Silisyum
STC	Standart Test Koşulları

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1: Türkiye'nin Toplam Güneş Işıtım Miktarları (kWh/m ² -yıl)	12
Şekil 2.2: Ülkemizin 1988 ile 2017 Yılları Arası Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi (saat/gün).....	13
Şekil 2.3: 2020 Yılı Nisan Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretim Grafiği	15
Şekil 2.4: 2020 Yılı Mayıs Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretim Grafiği	16
Şekil 2.5: Yıllık Ortalama Güneş Işıtım Verisinin 2011-2017 Yılları Arasında Dağılımı ve Eğilimi	18
Şekil 2.6: Yıllık Ortalama Güneş Işıtım Verisinin 2011-2017 Aylık Ortalama Değerlerinin 2016 ve 2017 Aylık Değerlerle Karşılaştırılması.....	19
Şekil 2.7: Güneş Enerjisi Kurulu Güç.....	21
Şekil 2.8: Dünya Fotovoltaik Güç Potansiyeli	21
Şekil 2.9: Manisa Kula Örnek Güneş Enerji Santrali	29
Şekil 2.10: Manisa Kula Örnek Güneş Enerji Santrali 2	30
Şekil 2.11: Örnek Güneş Santrali İnşaatı	31
Şekil 3.1: İzmir İli Güneş Işıtım Haritası	37
Şekil 3.2: İzmir İli Günlük Güneşlenme Saatleri	38
Şekil 3.3: İzmir İli Aylık Güneşlenme Saatleri	38
Şekil 3.4: İzmir İli Global Işıtım Değerleri	39
Şekil 3.5: İzmir İli Aylık Toplam Enerji Yoğunluğu.....	39

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1: Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (2016 Yılı)	14
Tablo 2.2: 2020 Yılı Nisan Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi Kurulu Gücü	16
Tablo 2.3: 2020 Yılı Nisan Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi Kurulu Gücü	17
Tablo 2.4: Ülkemizde Bulunan 10 Büyük Güneş Enerjisi Santrali	20
Tablo 2.5: Dünyada Bulunan 10 Büyük Güneş Enerjisi Santrali	22
Tablo 3.1: İzmir İlinde Bulunan Bir Daireye ait Elektrik Tüketimleri	35
Tablo 3.2: İzmir İli İçin Güneşlenme Süreleri ve Güneş Işıttım Değerleri	36
Tablo 3.3: 2015 Yılından Günümüze Elektrik Zamları	40
Tablo 3.4: 2,2 kW Kapasiteli Monokristal ve Polikristal Panellerden Oluşan GES Aylık Elektrik Üretimleri	41
Tablo 3.5: GES ile Elektrik Eldesi Sonucunda Çevresel Kazançlar	42
Tablo 3.6: Monokristal Yapılı Sistem Maliyet Analizi	44
Tablo 3.7: Polikristal Yapılı Sistem Maliyet Analizi	45
Tablo 3.8: Polikristal ve Monokristal Kurulu Güneş Enerjisi Sistemlerinin Verimlilik Karşılaştırması ve Maliyet Analizi Bulguları	46
Tablo 4.1: 25 Sene Sonunda İki Farklı Tip GES İçin Kazançlar	48

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans dönemlerindeki eğitim hayatım boyunca bana verdiği destekler, imkanlar sebebiyle ve de bana bilgi ve deneyimleri ile sürekli yol gösteren, beni sürekli motive eden, desteğini hiç eksik etmeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Leyla Özgener'e, tez çalışmalarım boyunca hem teknik anlamda hem de manevi anlamda büyük fedakarlıklar gösterip benim yanımda olan değerli arkadaşım Biyomühendis Ebru Büşra Ayğan'a, son olarak da, tüm eğitim hayatım boyunca maddi, manevi desteğini esirgemeyen, fedakarca bana destek ve hep yanımda olan, kendimi şanslı hissetmeme sebep olan aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Kaan TUNÇGÖVDE
Manisa, 2020



ÖZET

Yüksek Lisans

İZMİR İLİNDE BULUNAN BİNALARDA ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN KULLANILAN FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANEL TİPLERİNİN VERİMLİLİK BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI VE MALİYET ANALİZİ

Kaan TUNÇGÖVDE

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Leyla ÖZGENER

Enerji, uğruna savaşlar yapılan ve toplumların dışa bağımlı olmasına sebebiyet veren vazgeçilemez bir ihtiyacdır. Bu tezde, bireysel kullanıma uygunluğu oldukça yüksek olan elektrik üretiminde kullanılan monokristal ve polikristal yapıları güneş enerjisi panellerinden kurulu çatı üstü, şebekeye bağlı güneş enerji santralleri arasında verimlilik kıyaslaması ve maliyet analizi yapılmıştır. Ayrıca, güneş ve güneş enerjisi üzerine araştırmalar yapılmış olup, güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları üzerine bilgiler verilmiştir. Ayrıca, dünyada ve ülkemizde güneş enerjisinin durumuna değinilip, ülkemizde güneş enerjisi ile ilgili bulunan kanun, yönetmelik ve teşvikler değerlendirilmiştir. Ek olarak, güneş panelleri ve güneş enerjisinin çevresel etkilerinden de bahsedilmiştir.

İzmir ilindeki uygun panel seçimine yardımcı olacak, doğru yatırımı insanlarımızla buluşturmak adına yol göstermesi planlanan ve konutlardaki tüketicilerde ilgi uyandırması istenen bu çalışma için bazı kabuller ve parametreler belirlenmiş olup verimlilik hesaplamaları ve maliyet analizi yapılmıştır. Yapılan kabuller çalışmanın ilgili yerlerinde detaylı şekilde açıklanmıştır. Yapılan araştırmalar ve hesaplamalar ile elde edilen sonuçlar, elektrik üretimi, CO₂ salımı, ağaç kazancı, ton eşdeğer petrol kazancı, maddi kazanç ve geri ödeme süresi gibi parametreler açısından karşılaştırılmıştır. Yıllık bazda ortaya çıkan sonuçların analizinin yanısıra panellerin ömrü olan 25 senelik süreç sonunda da oluşacak çevresel, maddi ve enerjisel kazanımlar hesaplanmıştır. Gerçek ürün katalogları ve gerçek fiyat teklifleri alınmış olup, çalışmanın ekinde verilmiştir. Sonuç olarak, daha düşük verime sahip olmasına rağmen polikristal yapıları panellerden oluşan sistem yatırımı kendini daha kısa sürede geri ödemektedir. Ancak, panellerin ömrü olan 25 seneye yönelik hesaplamalarda görüldüğü üzere monokristal yapıları güneş enerji santralinin verimlilik, finansal ve çevresel faktörler açısından polikristal yapıları santrallere göre daha fizibil olduğu ortaya çıkartılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi, Monokristal, Polikristal, Verimlilik, Maliyet

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

The Comparison of Photovoltaic Solar Panel Types That Uses For Electricity Generation in Buildings of İzmir Province in Terms of Efficiency, and Their Cost Analysis

Kaan TUNÇGÖVDE

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Leyla ÖZGENER

Energy is an indispensable necessity for wars for its sake and causing societies to be dependent on the outside. In this thesis, efficiency comparison and cost analysis were made between the rooftop, grid-connected solar energy power plants installed on monocrystalline and polycrystalline solar panels used in electricity generation, which are highly suitable for individual use. Researches were conducted on solar and solar energy, and information was given on the advantages and disadvantages of solar energy. In addition, the state of solar energy in the world and in our country was mentioned, and laws, regulations, and incentives related to solar energy in our country were evaluated. Moreover, solar panels and environmental effects of solar energy were also mentioned.

Some assumptions and parameters have been determined and efficiency calculations and cost analysis have been determined for this study, which will help to choose the appropriate panel in İzmir province, which is planned to guide the right investment to meet our people, and which is expected to attract interest in the consumers in the residences. The acceptances made are explained in detail in the relevant parts of the study. The results obtained through the researches and calculations were compared in terms of parameters such as electricity production, CO₂ emission, tree gain, ton equivalent petrol gain, financial gain, and payback period. In addition to the analysis of the results on an annual basis, the environmental, financial and energetic gains that will occur after the 25-year period of the life of the panels have been calculated. Real product catalogs and real price offers are included in the appendix of the study. As a result, although it has lower efficiency, the system investment consisting of polycrystalline panels repays itself in a shorter period of time. However, as can be seen in the calculations for the 25-year life of the panels, it was revealed that the monocrystalline solar power plant is more feasible than polycrystalline power plants in terms of efficiency, financial and environmental factors.

Keywords: Energy, Renewable Energy, Solar Energy, Monocrystalline, Polycrystalline, Efficiency, Cost

2020, 69 pages

1 GİRİŞ

Enerji, ülkelerin ekonomik, bilimsel, teknolojik ve sosyal gelişimlerinin önemli bir unsuru olmakla birlikte toplumların en temel ihtiyaçlarından biridir. Enerji; sanayi, sağlık, teknoloji, ulaşım, iletişim olmak üzere birçok faaliyetin gerçekleşmesini sağlayan temel unsurdur. Kısacası enerji, günümüzde uğruna savaşlar yapılan, elinde fazla olanın küresel güç olduğu ve toplumların dışa bağımlı olmasına sebebiyet veren vazgeçilemez bir ihtiyacıdır ve gelecekte de vazgeçilemez en önemli kaynaklardan biri olmaya devam edecektir.

Günümüzde ülkelerin refahını yükseltmesi, rekabet gücünü arttırması ve kalkınma hamlelerini gerçekleştirebilmesi için enerjinin önemi tüm dünya tarafından bilinmektedir. Dünyada sürekli artan nüfus ile sanayileşme ve şehirleşmenin yanı sıra sürekli gelişen teknolojiyle birlikte oluşan ihtiyaçların artmasıyla enerjiye duyulan gereksinim her geçen gün artmaktadır. Enerji ihtiyacının ve öneminin devamlı artmasının yanı sıra mevcut kaynakların kısıtlı olup hızla tükenmesi ve de sürekli artan enerji maliyetleri, ülkelerin gelişimine ve rekabet edilebilirliğine devam etmesi amacıyla insanoğlunu alternatif enerji kaynaklarını bulma ve kullanma yoluna itmektedir. Bu nedenle günümüzde de hem çevreye zararlı etkileri daha az ve yenilenebilirliği olan enerji kaynaklarını kullanma oranı hızla artış göstermektedir. Bu sebeplerden dolayı enerjiye sahip olmak ve enerjiyi en verimli şekilde üretmek çok önemlidir. Enerji kaynakları yenilenebilen ve yenilenemeyen kaynaklar olarak iki ana grupta toplanır.

Enerji verimliliği, gündelik yaşam alanlarında yaşam kalitesinin ve hizmet kalitesinin, endüstride üretim kalitesi ve ürün miktarının azalmasına sebep olmadan, birim ürün başına harcanan enerji tüketiminin azaltılmasını ifade etmektedir. Günümüzde, enerji maliyetleri küresel krizler ve savaşlar sebebiyle oldukça yükselmektedir. Dünyada bulunan çoğu devlet enerji ihtiyacını kendi içerisinde karşılayamamaktadır. Dolayısıyla, ekonomilerde enerji ithalatı çok büyük yer kaplamaktadır. Bu da, enerjiye sahip olmanın yeterli olmayıp enerjiyi verimli kullanımın ve bunun farkındalığında olmanın önemini göstermektedir. Ülkemiz bu kapsamda 18.04.2007 tarihli 26510 sayılı resmi gazetede 5627 Kanun No.'lu Enerji

Verimliliği Kanununu yürürlüğe almıştır. Bu kanun ile enerjiyi etkin kullanıp israfın önüne geçmek, ekonomiyi rahatlatmak ve çevreyi korumak hedeflenmiştir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), enerji güvenliğini kesintiye uğramayan uygun maliyetli enerji kaynaklarının varlığı olarak nitelendirmektedir[1]. İklim değişikliği ve fosil yakıtların tükenmeye başlaması konusundaki tartışmalar, birçok ülkenin nükleer enerji konusuna yeniden ilgi duyması enerji güvenliğini önemli hale getiren temel konulardan biridir. Ek olarak, enerji kaynaklarının kanun dışı silahlı unsurların tehdidi altında olması, enerji üreticisi birçok ülkedeki politik istikrarsızlık ve hatta enerji kaynaklarını siyasi bir silah olarak kullanması gibi faktörler enerji güvenliğinin önemine önem katan konular olarak belirtilmektedir[2]. Bu faktörler ile beraber ülkemizin enerji ihtiyacının üçte ikisinden fazlasını ithal etmesi enerji arz güvenliğini farklı politik alanların konusu haline getirmiştir. Ülkemiz için güçlü bir enerji politikası, enerji güvenliğinin sağlanmasının yanı sıra bölgesel enerji ticaret merkezi olma hedefi yolunda da önem arz etmektedir [3]. Enerji arz güvenliğinin sağlanması yolunda enerji verimliliği uygulamaları çok önemli bir noktadadır. Enerjiyi mümkün oldukça verimli kullanıp, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla desteklediğimiz zaman, enerji ithalatını azaltma ihtimalimiz artacaktır. Genç nüfusu oldukça fazla olan ülkemizde istihdamın sağlanması ve ülkemizin gelişmişlik düzeyinin arttırılması için enerji ihtiyacının, kesintisiz, kaliteli ve makul fiyatlardan temin edilmesi gerekmektedir. Ülkemiz bakımından enerji, ekonomik büyümede ve sosyal gelişme ile sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada yüksek potansiyeliyle destekleyici bir konumdadır[3].

Günümüzde değeri giderek artan enerjinin üretilmesinde, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yoğun olarak kullanılan güneş enerjisi üzerine bu tezde çalışmalar yapılmıştır. Güneş enerjisi üzerine literatürde birçok çalışma yer almaktadır.

L. A. Dobrzanski ve arkadaşları (2013), yaptıkları çalışmada polikristal ve monokristal güneş hücrelerinin elektrik özelliklerini karşılaştırmaktır. Güneş hücrelerinin aydınlıkta ve karanlıkta akım-gerilim karakteristikleri Solar Simülatör PV Test Solutions Company SS150AAA model ile ölçülmüş. Güneş hücrelerinin akım-gerilim özellikleri, üretimlerinin kalitesi ve gelişimi hakkında bilgi edinmeye fırsat

verir. Sonuçlar akım-gerilim karakteristiklerine göre güneş hücrelerinin sınıflanmasını sağlar. En iyi verim, monokristal hücrenin ölçümlerinde % 14,95 olarak, hesaplamalar sonucu elde edilen verim ise % 14,89’dur. En kötü verime polikristal hücre ölçümlerinde % 12,56 olarak, hesaplamalarda ise % 12,60 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, monokristal hücreler polikristal hücrelere göre daha yüksek verim ve maksimum güce sahiptir[4].

S. Turhan (2012), yaptığı çalışmasında güneş enerjisi sistemlerinin binalarda performansı etkileyen faktörlerden bahsedilip, ülkemizde ve dünyadaki bazı fotovoltai sistemler incelenmiştir. Fotovoltai panellerin binalarda kullanımında, eğim açısı, gölgelenme, panel tipi, temizlik ve modüllerin arkasında oluşan sıcaklık gibi etkenler bu çalışmada incelenmiştir. İngiltere ve Türkiye’den seçilmiş güneş paneli uygulamaları analiz edilmiştir. Sonuç olarak, yıllık güneş enerjisi potansiyeli yüksek bölgeleri tercih eden, yüksek performanslı hücre teknolojileri ile üretilmiş panelleri kullanan, optimum eğim açısıyla yerleştirilen, gölgelenme risklerine karşı tedbir alınan, havalandırmaya zen gösterilen ve yüzeyi temiz olan uygulamalarda fotovoltai panellerden oldukça yüksek performans elde edildiği görülmüş[5].

A. Kabul ve arkadaşları (2014), güneş panellerinden elektrik üretimi sırasında panele ait sıcaklığın artması ile azalan verimi panelleri su ile soğutarak artırmayı hedeflemektedir. Fotovoltai panelin arkasına geçirilen su ile panel yüzeyi soğutulmuştur. Panelin ısısını alan su, bir depo içerisinde dolaştırılarak ısıyı depodaki suya aktarmıştır. Bu şekilde hem güneş panelin soğumuş hem de fotovoltai sistemin verimi artırılmıştır. Ek olarak, sıcak su elde edilmiştir. Sonuç olarak sistemin soğutulmasıyla elektrik üretiminde yaklaşık % 35’lik g ve yaklaşık % 7’lik verim artışı elde edilmiştir [6].

Parida ve arkadaşları 2011 yılında yaptığı çalışmada, fotovoltai sistemleri ve elektrik üretim teknolojisini araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında, fotovoltai teknolojiye, g üretme kapasitesine, ışık emici materyallere ve çevresel etkilere değinmişlerdir [7].

Yue ve arkadaşları 2011 yılında yaptığı çalışmada, güneş enerjisinin gelecek dönemlerde enerji arzı ve CO₂ emisyonlarının azaltılması bakımından önemli bir

potansiyele sahip olduğunu vurgulamıştır. Çalışmada, Tayvan örneği hakkında bilgiler verilmektedir[8].

Chua ve Oh 'un 2012 yılında yaptıkları araştırmalarında, Malezya'daki fotovoltaik teknoloji hakkında bazı bilgiler sunmuşlardır. Güneş enerjisi Malezya gibi gelişmekte olan ülkeler için yüksek potansiyelli bir enerji kaynağı olmuştur. Yapılan çalışmalarda ilk olarak ülkenin enerji politikalarına bakılmıştır. Fotovoltaik teknolojisindeki gelişimin teşviği için Malezya tarafından alınan tedbirlerden, yabancı yatırımlı kaynaklar ve Malezya'da güneş enerjisini geliştirmesi hakkında konulardan bahsedilmiştir[9].

Topkaya 2012 yılında yaptığı çalışmasında, ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini, fotovoltaik teknolojisindeki mevcut durumunu incelemiştir. Türk devletinin temel enerji hedeflerinin pazar reformu, enerji güvenliği ve çevre koruma politikaları olduğundan bahsedilmiştir. Ülkenin güneş enerjisi kullanılması durumunda, ithal fosil yakıtlara bağımlılığın azalacağından bahsedilmiştir[10].

Tyagi ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında, güneş enerjisi teknolojisinde gerçekleşen gelişmeleri ve güneş panellerinde kullanılan malzemeler ve bunların verimini, maliyet ve verimi etkileyen parametreleri detaylı olarak incelemişlerdir. Monokristal yapılı güneş panellerinin verim değeri yıllar içerisinde %15 iken %17'ye yükselmiştir. Bu durumda, monokristal yapılı güneş panelinin verim değerinin önemli yükselme kaydettiği görülmüştür[11].

Bahadori ve Nwaoha (2013) çalışmalarında, Avustralya'da güneş enerjisinin güncel vaziyetini incelemişlerdir. Avustralya'da büyük olan pazar potansiyelinin neden gelişme gösteremediği üzerine detaylı incelemeler yapılmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinde sürekli üretim olmaması ve enerji depolamasında yaşanan problemlere değinilmiştir[12].

Devabhaktuni ve arkadaşlarının 2013 yılındaki araştırmalarında, güneş enerjisi sistemlerini incelemişlerdir. Bu tip sistemlerde proje finans kaynaklarının geliştirilmesi hakkında tespitler yer almıştır. Güneş enerjisi sistemlerinin çevresel

etkileri ve enerji güvenliğinin önemi gibi sebeplerden dolayı geleceği üzerine vurgular yapılmıştır[13].

İ. Arslan (2018), yaptığı çalışmada Tekirdağ ilinde eşit güçteki polikristal ve monokristal yapıli panellerin verimliliğini inceleyip yorumlamalarda bulunmuştur. Batı Marmara bölgesi içim optimum verimli panel tipi belirlenmesi üzerine, ışınlm miktari, gerilim, akım ve güç parametreleri kullanılmıştır. Yapılan ölçüm çalışmaları sonucunda Tekirdağ ilinde verim açısından polikristal yapıli panel kullanımının daha uygun olacağı tespit edilmiştir[14].

A. Taşçıoğlu (2015), yaptığı çalışmada Bursa koşullarında monokristal ve polikristal panellerin güç ve performansını analiz etmiştir. Hesaplama, toplam güneş ışınlmı ve de belirlenen saatler arasındaki güneş ışınlmları baz alınarak yapılmıştır. Toplam ışınlm altında monokristal yapıli panelden 87,14 W, polikristal yapıli panelden 80,17 W güç elde edileceği tespit edilmiştir. Belirli saatler arasında yapılan değeriendirmelerde ise, monokristal panelin anlık en yüksek değeri 76 W, polikristal panelin ise 73,3 W olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar ile birlikte monokristal panelini polikristal panelden %4,1 daha fazla anlık güç ürettiği saptanmıştır. Genel sonuç olarak is monokristal panelden %15 verim, polikristal panelden %13 verim değeri hesaplanmıştır[15].

A. Erkul (2010), yaptığı çalışmada şebeke sorunu yaşayan bölgelerde aydınlatma problemini çözmek için eşit güçlerde polikristal, monokristal ve amorf-silisyum yapıli güneş panellerini Ocak ve Temmuz aylarında incelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, Ocak ayında en yüksek değeri monokristal panelde 8,2320 W olarak tespit edilmiştir. Ocak ayında a-Si panel 6,944 W, polikristal panel ise 2,388 W değeri vermiştir. Temmuz ayında ise en yüksek güç olarak 32,884 W değeri görülmüştür. Bu çalışma sonucunda, en yüksek güç değeri monokristal panelde, en düşük güç değeri ise polikristal panellerde gözlenmiştir. Gün içerisinde karanlık geçen saatlerde ise a-Si yapıli panelin diğeri panellere göre daha fazla güç verdiği de tespit edilmiştir[16].

Ü. G. Eruz (2015), yaptığı çalışmada monokristal, polikristal ve ince yapılı panelleri Karabük şehrinde optimum panel tipini belirlemek adına verimlilik açısından incelemiştir. Sabit ve belirli çevresel şartlar altında olup STC şartlarında yapılan çalışmalar sonucunda, monokristal panelin %12 ile %16 arasında, polikristal panelin %21'e kadar çıktığı ve de ince film güneş panelinin veriminin %5 seviyelerinde olduğu tespit eden sonuçlar ortaya çıkmıştır[17].

Suri ve arkadaşları (2007) çalışmalarında, Almanya'daki güneş enerji santrallerinin ülkemizde kurulu olması durumunda, tüketimimizin yaklaşık %21,6'sını karşılayabileceğini ortaya çıkarmıştır. Bu yüzden, güneş enerji santrallerinin kurulurken maksimum fayda ilkesi göz önünde bulundurularak performans parametrelerinin en etkili olduğu kabuller ile tasarlanması gerektiğini ortaya çıkartmışlardır[18].

Prasad ve Snow (2005) yaptıkları çalışmalarda, farklı yapıdaki fotovoltaik panellerin verimlilik değerleri ve hangi tip panelin kaç m² alana ihtiyacı olduğu hesaplamış olup detaylı bilgiler verilmiştir[19].

Moehlecke ve arkadaşları (2013) yaptığı çalışmada, çift yüzeyli güneş panellerinde verimliliği arttırmak için panelin alt yüzeye alüminyum yansıtıcılar eklemişlerdir. Bu işlemle birlikte, PV güç çıkışının yaklaşık %29 oranında arttığı belirtilmektedir[20].

Mandal ve Panja (2016) yaptıkları çalışmada, şebekeye bağlı bir güneş enerji santralinin performans çalışmasını yapmışlardır. 1 kW kurulu güçte bulunan bir sistemde değişik güneş ışınlarına bağlı olarak, verimin yaklaşık %12.3 ile %18.4 arasında değiştiğini ve günde ortalama 3-4 kWh arasında elektrik enerjisi ürettiğini tespit etmişlerdir[21].

Zaraket ve arkadaşları (2017) yaptıkları çalışmada, fotovoltaik modüllerde hücre sıcaklığının verimlilik, performans ve güç üzerine etkilerini tespit etmişlerdir. Hücre sıcaklığının, panel üzerinde en etkili faktör olduğunu belirten araştırmacılar hücre sıcaklığı ile sistem performansı arasında ters bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir[22].

Sulaiman ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre; güneş panellerinin yüzeyinde biriken kir, toz, yosun ve kum gibi maddeler verim üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu tarz çevresel kaynaklı kir ve toz gibi etmenlerin panellerin performansını yaklaşık %85 oranına kadar düşürebileceği saptanmıştır ve bu nedenle panellerin düzenli olarak temizlenmesi gerektiği bahsedilmiştir[23].

Grozdev'in (2010) yaptığı çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilmiştir. Temel olarak, bu sistemler ve çevre ilişkileri incelenmiş olup çevreye karşı zararlı unsurların en az seviyeye çekilmesi kapsamında öneriler sunulmuştur. Ayrıca, veri paylaşımı açısından güneş enerji santraline ait örnek bir üretim hesabı yapılmıştır[24].

Dinçer (2011) yaptığı çalışmada, Türkiye'de güneş teknolojisinin durumu, güneş enerji sistemleri kullanımı ve ekonomisi, fotovoltaik piyasası durumu, güneş enerjisi ile ilgili mevzuat, fotovoltaik sektöründe araştırma&geliştirme durumu ve sektörün geleceği konularını değerlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel ve ekonomik önemine değinen araştırmacı güneş enerjisinin oldukça fazla avantajlara sahip olduğunu da eklemiştir. Ayrıca, ABD, Almanya, Japonya ve İtalya kurulu güneş enerjisi santrallerinin güçleri açısından ve de en büyük fotovoltaik panel üreten ülkelerin başında geldiği belirtilmiştir[25].

Çetin ve Eğrican (2011) yaptıkları araştırmalarda, ülkemizde ve dünyada güneş enerjisi piyasasında istihdam etkilerini araştırmışlardır. Güneş enerjisi ülkemiz, geleceğimiz ve dünya için önemli bir kaynak olarak kabul edildiğinden dolayı geliştirilmesi ve kullanımı önemli hale gelmektedir. Türkiye'de güneş enerjisinin

önemli bir istihdam kapasitesi olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu istihdam fırsatını devletin güneş enerjisine olan teşviği ve araştırma-geliştirme yatırımları ile sağlayabileceğini belirtmişlerdir[26].

Kaygusuz (2011) yaptığı çalışmada, ülkemizde güneş enerjisi hakkında yapılan araştırmalara ve güneş enerjisi teknolojisinin gelişimine etkisi olan teşvik mekanizmalarından bahsetmiştir. Ekonomik ancak sınırlı fosil kaynaklar ve bunların oluşturduğu çevresel sorunlar, sürdürülebilir ve yeni elektrik üretim seçeneklerine olan dönüşüme mecbur bırakmaktadır. Ülkemizde güneş enerjisi kaynaklarının oldukça fazla olduğundan ve ülkemizde elektrik talebinin hızla arttığı da bu çalışmada belirtilmiştir[27].

Vardar ve Çetin (2013) yaptıkları çalışmada, enerji ihtiyacının bir kısmını güneş enerjisinden karşılamayı hedefleyen bir eğitim kuruluşunu değerlendirmişlerdir. Eğitim kuruluşunun enerji ihtiyacına katkıda bulunmak için 23 kW kapasiteli güneş enerji sistemi kurulmuştur. Elde edilen bulgular üzerinden sistemin verim ve ekonomik durumu tartışılmıştır. Güneş santralının performansının tespit edildiği çalışmada yatırımın 9 senede kendini ödeyeceği tespit edilmiştir[28].

Bu tezde, bölgesel kalkınmada büyük pay sahibi olabilecek, bireysel kullanıma uygunluğu oldukça yüksek olan elektrik üretiminde kullanılan monokristal ve polikristal yapıları güneş enerjisi panellerinden kurulu güneş enerjisi santralleri arasında verimlilik kıyaslaması ve maliyet analizi yapılmıştır.

2 GÜNEŞ ENERJİSİ

2.1 Güneş

Big-Bang (Büyük patlama) ile beraber gaz ve toz bulutlarının çökmesiyle güneşin oluşum evresi başlamıştır. Gaz bulutu yoğunlaştıkça oluşan momentum ile dönmeye başlamış olup yüksek basınçla sıcaklık artmış ve bir süre sonra da ışımaya başlamıştır. Güneş, Samanyolu sistemindeki 200 milyar yıldızdan biri olarak enerji yaymakta ve dünyaya 150 milyon kilometre uzakta olup çapı 1,5 milyon kilometredir, ayrıca güneşin yaydığı ışın dünyaya 8 dakika sonra gelmektedir. [29].

Güneşin merkezinde, hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıyla meydana gelen ve çok yüksek enerji oluşturan tepkimeler gerçekleşmektedir. Güneşte harcanan helyum miktarı hidrojen miktarından az olduğu durumda arada oluşan fark güneşten ısıtım(ışınım) enerjisi vermektedir[16].

Dünyaya güneşten gelen toplam ısıtım yaklaşık %30'u atmosferden geçerken yansımalar sebebi ile geri yansımaktadır ve de yaklaşık %50'si atmosfer, kara ve sular tarafından emilmektedir[16].

Atmosferin dış tabakasında Güneş ışıınının şiddeti yaklaşık 1.370 W/m^2 değerinde olup ancak yeryüzüne ulaşabilen ışıının değerleri $0- 1100 \text{ W/m}^2$ arasındadır[30].

Türkiye'nin, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam ortalama güneşlenme süresi yaklaşık 2.741 saat, yıllık toplam ortalama gelen güneş enerjisi yaklaşık 1.527 kWh/m^2 .yıl olduğu tespit edilmiştir.

Güneş merkezindeki sıcaklık değeri milyonlarca dereceye ulaşırken, fotoser sıcaklığı $6.000 \text{ }^\circ\text{K}$ 'dir. Dünyaya gelen spektrumun, kızılötesi ve morun ötesinde kalan Güneş ışıınını atmosferi geçerken uğradığı en önemli değişken, ışığın atmosferde katettiği yolun mesafesidir[31].

2.2 Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Enerji taleplerinin her geçen gün artması ve bu talebi çevreye daha az zarar vererek karşılamak çok önemlidir. Bunun için de bol, bedava ve sürekli olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Bu kaynaklardan biri olan güneş enerjisi teknolojileri yöntem ve malzeme yönünden çeşitlilik göstermekle beraber iki temel grupta incelenebilir. Bunlar, ısı güneş teknolojileri ve direkt elektrik üretim sistemleridir. Doğal olarak da güneş enerji teknolojilerinin çevreye olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır.

2.2.1 Güneş Enerjisinin Dezavantajları

Avrupa ve Amerika kıtalarında araştırmacıların yaptıkları çalışmalar sonucunda, güneş panellerinin 300 civarı deniz canlısı türü için sahte yaşam alanı oluşturduğuna varmışlardır ve de bu canlıların, panellerin yansıtıcı yüzeyini su zannederek yumurtalarını oraya bıraktıkları sonucuna varmışlardır. Araştırmada, üremenin olumsuz etkilenmesinin besin zincirinde aksamalara yol açabileceği savunulmaktadır [32].

Güneş enerji santrallerinin, gece elektrik üretmemesi ve de kışın elektrik üretiminin yarı yarıya düşmesi dezavantajlardan biridir. Ayrıca, paneller üzerinde gölgelenme yapabilecek toz, pislik ve kir gibi çevresel etkilere açık olması da dezavantaj olarak kabul edilebilir.

Güneş enerji santrallerinin, dövizle bağlı yatırım maliyeti bulunması ve bu sebeple yatırım maliyetinin yüksek olması bir dezavantajdır.

Güneş enerji santrallerinde kurulu güç arttırılmak istendikçe panellerin kaplayacağı alan artacaktır. Güneş enerjisinde büyük yüzeylere ihtiyaç olması, güneşten gelen ışınların düzenli ve sabit olmaması sebebiyle depolama gerektirmesi ve de depolama imkanının sınırlı, ayrıca maliyetli olması da bir dezavantajdır.

Güneş kaynaklı elektrik enerjisi üretim sistemleri kuruldukları alana ve türlerine göre canlı yaşamını etkilemektedirler. Güneş enerji santralinin kurulduğu

arazide canlı çeşitliliğinin inşaat sebebiyle azalmasına ve görüntü kirliliği oluşmasına sebep olmaktadır.

Güneş panelleri, birçok yardımcı ekipmandan oluşan yapısı gereği ayrı ayrı maliyetler getirmektedir. Bununla birlikte, güneş enerjisi teknolojileri sürekli gelişmekte olduğundan dolayı fiyatları düşüş eğrisindedir ve de gelecekte fiyatları daha da düşecektir. Bundan dolayı, bu durum yatırımcıları şüpheyeye düşürmektedir[33].

Güneş panellerinin iyileştirilmesine rağmen yaklaşık verim değerleri % 20 ile % 40 arasında değişmektedir. Panele çarpan güneş ışığının geri kalanı ısı olarak boşa harcanmaktadır. Güneş panellerinde doğrudan güneş ışığından elektrik üretmek için pahalı yarı iletken malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeleri üreten fabrikalar temiz üretim ortamlarına ihtiyaç duymakta olup, bu ortamları oluşturmak ve bakım yapmak oldukça maliyetlidir[30].

2.2.2 Güneş Enerjisinin Avantajları

Güneş enerjisinin olumlu etkilerine bakılacak olursa; düşük seviyede atık içermesi, bölgesel olarak uygulanma kolaylığı bulunması, işletme kolaylığı ve dışa bağımlı bir enerji kaynağı olmaması gibi avantajları sebebiyle son yıllarda çevresel etkilerin azaltılması politikası kapsamında önemli bir avantaja sahiptir[34].

Güneşin bölgesel kalkınmanın ilk ayağı olarak kullanılmaya çok uygun bir enerji kaynağı olması önemli bir avantajdır. Enerjiye ihtiyaç olan hemen hemen çoğu yerde güneşten yararlanılabilir. Güneş temiz, bol ve sonsuz bir enerji kaynağıdır. Çevreye duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve ısıtım gibi zararlı salımları yoktur.

Güneş enerjisi santralleri, hidroelektrik santrallerinden daha az alan kaplamaktadır. Güneş santrallerinin kapladıkları alan, 0,025 km²/MW düzeyinin aşağısındadır. Hidrolik santraller için bu alan 1 km²/MW düzeyine kolayca ulaşabilmekte veya üzerine çıkmaktadır[35]. Bu durum, kaplanan alan açısından önemli bir tasarruf göstergesidir.

Güneş santrallerinin çalışması sırasında gürültü oluşmaması da önemli bir çevresel avantajdır. Ayrıca, güneş panelleri dayanıklı malzeme yapısı sebebiyle yıpratıcı hava şartlarına karşı gelebilmektedir.

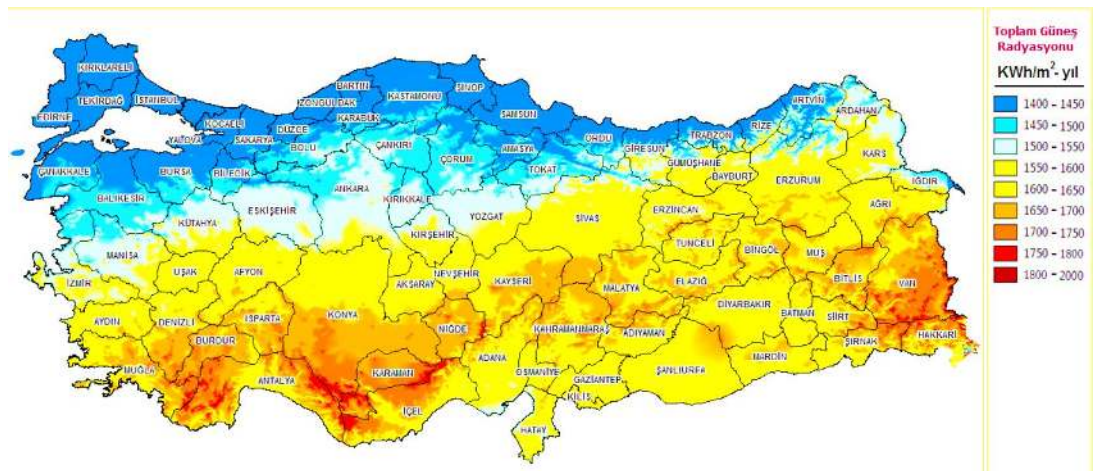
Güneş enerjisi sistemleri, çok bakım ihtiyacı duymamaktadır. Güneş paneli üreticileri 20-25 yıl arasında panel ömrüne yönelik garanti vermektedir. Ayrıca, hareketli parça olmadığından dolayı yıpranma ihtimalleri daha düşüktür. Evirici, sürekli çalışma rejimine sahip olduğu için 5-10 yıl sonra değişmesi gereken tek parça olmaktadır. Evirici dışında, kabloların da sistemin maksimum verimde çalışmasını sağlamak için bakıma gereksinimi vardır[33].

2.3 Ülkemizde ve Dünyada Güneş Enerjisinin Yeri

2.3.1 Ülkemizde Güneş Enerjisinin Yeri

Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl ciddi oranda artmaktadır. Ancak, bu durum karşısında enerji ihtiyacını temel olarak karşılayan fosil yakıt rezervleri hızla tükenmektedir. Çeşitli platformlardan yapılan tahminlere göre 2030- 2050 yılları aralığında fosil yakıt rezervlerinin büyük oranda tükeneceği belirtilmektedir.

Ülkemizin bulunduğu konum gereği güneş enerjisinden faydalanma şansı oldukça yüksektir. Aşağıda ülkemizin aldığı güneş miktarını ve 1988- 2017 arası ortalama güneşlenme süresini gösteren görsellere yer verilmiştir.



Şekil 2.1: Türkiye'nin Toplam Güneş Işıtım Miktarları (kWh/m²-yıl)[36]

Yukarıda bulunan Şekil 2.1’de rengin koyulaştığı yerlerde güneş ışınlarının şiddetinin arttığı anlatılmaktadır. Rengin açıldığı yerlerde ise güneş ışınlarının şiddeti düşmektedir. Şeklin sağ köşesinde verilen değerler bu renkleri sayısal değerin ifade etmektedir.



Şekil 2.2: Ülkemizin 1988 ile 2017 Yılları Arası Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi (saat/gün) [37]

Yukarıda verilen Şekil 2.2’de rengin koyu olduğu yerlerde güneşlenme sürelerinin uzun olduğu ifade edilmektedir. Rengin açık olduğu yerlerde ise güneşlenme süresinin kısa olduğu ifade edilmektedir. Şeklin altında bulunan değerler renklere karşılık gelen sayısal değerleri ifade etmektedir. Aşağıda bulunan Tablo 2.1’de ise ülkemizin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir.

Tablo 2.1: Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (2016 Yılı)

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1.460	2.993
AKDENİZ	1.390	2.956
DOĞU ANADOLU	1.365	2.664
İÇ ANADOLU	1.314	2.628
EGE	1.304	2.738
MARMARA	1.168	2.409
AKDENİZ	1.120	1.971

Türkiye güneş haritasındaki dağılım, güneyden kuzeye doğru doğal olarak azalmaktadır[14].

Türkiye, 1,6MWh/kWp yıllık ulusal ortalama güneş enerjisi üretim gücüyle dünyanın en zengin güneş potansiyeline sahip ülkelerinden biridir. Örneğin, Almanya'da aynı değer yılda 1,1MWh/kWp şeklindedir. Fakat, elektrik tüketiminin büyük bir kısmını ithal kömür ve doğalgazın karşıladığı ülkemizde, geçtiğimiz yılın güneş enerjisi üretimi ülkenin yıllık elektrik tüketiminin sadece %2,6'sını karşılayabilmiştir. Ülkemiz, 2018 yılında enerji ithalatını bir önceki yıla oranla yaklaşık %15 artırarak ithal kaynaklara toplam 43 milyar \$ ödemiştir. Türk Lirası'ndaki değer kaybının enerji dış ticaret açığını kötüleştirme riski, Türkiye'nin güneş enerjisi de dahil yerli ve yenilenebilir pazarını büyütmeyle devam etmesi için önemli bir sebeptir[38].

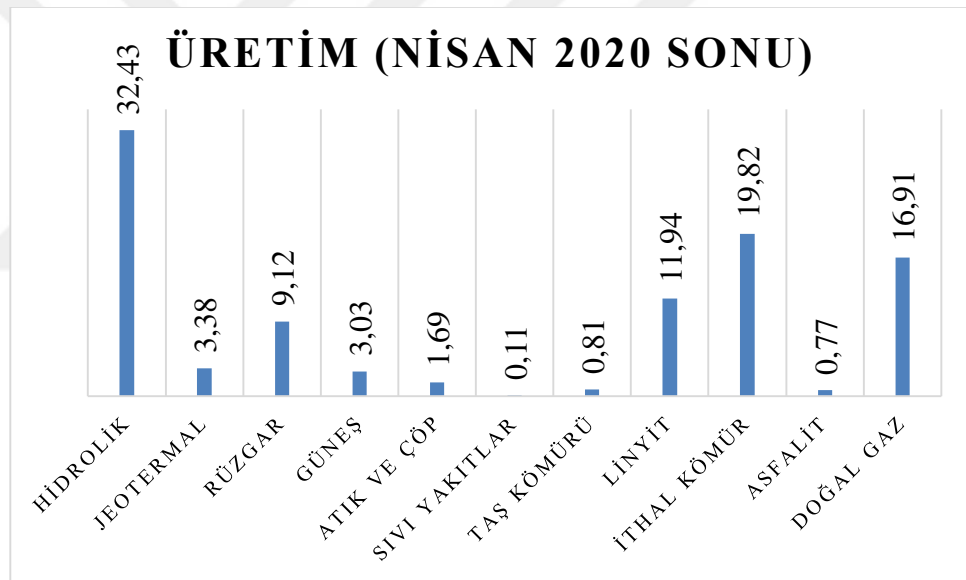
Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinde ortalama olarak mevcut duruma bakıldığında, kömür, petrol ve gazdan oluşan fosil yakıt kaynaklarından elektrik üretim oranının 2017 yılında %56 seviyelerinde olduğu belirtilmektedir. Aynı şartlar kapsamında Türkiye'deki durum incelendiğinde ise 2018 yılında fosil kaynaklı elektrik üretiminin yaklaşık olarak % 72,54 oranında seyrettiği, 2019 yılında ise bu oranın yaklaşık %57,42 seviyelerine gerilediği ifade edilmektedir[39].

Ülkemizin, yurtiçi kömür, jeotermal ve hidrolik enerji kaynakları dünya toplam rezervinin yaklaşık %1'i civarında olmaktadır. Ülkemiz 2006 yılı itibariyle kendi talebinin ancak %40'ını karşılayabilecek düzeydedir. 2016 yılı için yerli kaynaklardan

sağlanan kurulu güç miktarı oransal olarak %56,6 iken ithal kaynaklı yakıt sağlayan santrallerin kurulu gücü ise %43,4 olarak gerçekleşmiştir[39].

Güneş enerjisi yönünden önemli imkânları olmasına rağmen ülkemizin bu imkânlardan yeterince yararlandığı söylenememektedir. Ülkemizde, güneş enerjisi doğal potansiyelinin 977.000 milyar kilowat/saat (kWh), teknik potansiyelin 6.105 milyar kWh, ekonomik potansiyelin 305 milyar kWh olduğu belirtilmektedir[39].

Ülkemizde 2020 senesi Nisan ve Mayıs ayı sonu itibariyle birincil kaynaklara göre elektrik enerjisi üretim grafiği ve de 2020 yılı Nisan ve Mayıs ayı sonu itibariyle birincil kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi grafiği ve de kurulu güç grafiği aşağıda bulunan Şekil 2.3, Şekil 2.4, Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te verilmiştir.



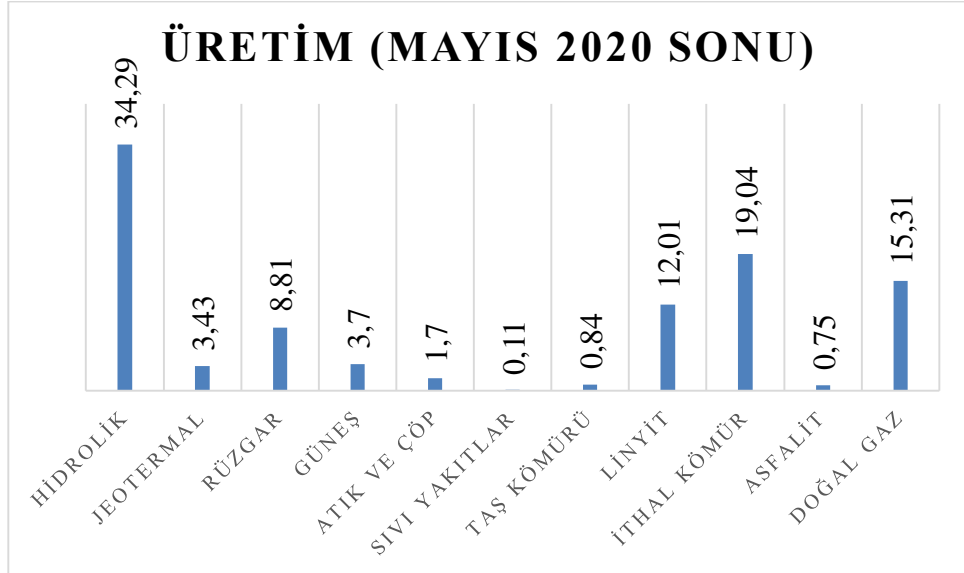
Şekil 2.3: 2020 Yılı Nisan Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretim Grafiği[40]

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere, 2020 yılının Nisan ayında ülkemizin elektrik üretiminde güneş enerjisi %3,03 'lük oranda katkı sağlamıştır.

Tablo 2.2: 2020 Yılı Nisan Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi Kurulu Gücü [40]

Kaynaklar	2020 Yılı Nisan Ayı Sonu Üretimler (GWh)	2020 Yılı Nisan Ayı Sonu Kurulu Güç (MW)
Sıvı Yakıtlar	102	314
Taş Kömürü	788	811
Linyit	11.550	10.101
İthal Kömür	19.179	8.967
Asfalit	749	405
Doğal Gaz	16.360	25.666
Hidrolik	31.382	28.546
Jeotermal	3.267	1.515
Rüzgar	8.821	7.670
Güneş	2.932	6.116
Atık ve Çöp	1.631	1.179
TOPLAM	96.761	91.290

Tablo 2.2’de görüldüğü gibi, 2020 yılı Nisan ayı sonunda güneş enerjisi ile 2.932 GWh elektrik enerjisi elde edilmiştir. Yine bu şekilde gördüğümüz üzere, 2020 yılı Nisan ayı sonunda ülkemizdegüneş enerjisi kurulu gücü 6.116 MW olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2.4: 2020 Yılı Mayıs Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretim Grafiği[40]

Şekil 2.4'te görüldüğü üzere, 2020 yılının Mayıs ayında ülkemizin elektrik üretiminde güneş enerjisi %3,70'lik oranda katkı sağlamıştır.

Tablo 2.3: 2020 Yılı Nisan Ayı Sonu İtibariyle Ülkemizin Birincil Kaynaklara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi Kurulu Gücü [40]

Kaynaklar	2020 Yılı Mayıs Ayı Sonu Üretimler (GWh)	2020 Yılı Mayıs Ayı Sonu Kurulu Güç (MW)
Sıvı Yakıtlar	127	314
Taş Kömürü	987	811
Linyit	14.147	10.101
İthal Kömür	22.430	8.967
Asfaltit	881	405
Doğal Gaz	18.043	25.654
Hidrolik	40.408	28.713
Jeotermal	4.042	1.515
Rüzgar	10.376	7.763
Güneş	4.354	6.148
Atık ve Çöp	2.035	1.188
TOPLAM	117.830	91.579

Tablo 2.3'te görüldüğü üzere, 2020 yılı Mayıs ayı sonunda güneş enerjisi ile 4.354 GWh elektrik enerjisi elde edilmiştir. Yine bu şekilde gördüğümüz üzere, 2020 yılı Mayıs ayı sonunda ülkemizde güneş enerjisi kurulu gücü 6.148 MW olarak gerçekleşmiştir.

GES ile elektrik üretimi potansiyeli 189 GWh/yıl olan ülkemiz, bu açıdan Fransa ve İspanya'dan yaklaşık %30 daha fazla potansiyele sahiptir. Türkiye'nin bu potansiyelini artıran sebepleri arasında konumu, güneşlenme gün sayısının fazla olması gibi faktörler bulunmaktadır[41].

Ülkemiz, Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı çerçevesinde 2023 yılı için iklimlendirme ihtiyacının en az %15'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması hedefi yolunda güneş enerjisinin daha verimli, etkin, yenilikçi ve teknolojik bir şekilde kullanılması gerekmektedir. 2023 yılı brüt elektrik talebinin 500 bin MW olacağı öngörüsü ile ülkemiz tüm güneş potansiyelini kullanmak şartıyla 2023

yılına gelindiğinde elektrik talebinin tamamını sadece güneş enerjisinden karşılayabilecek durumdadır[42].

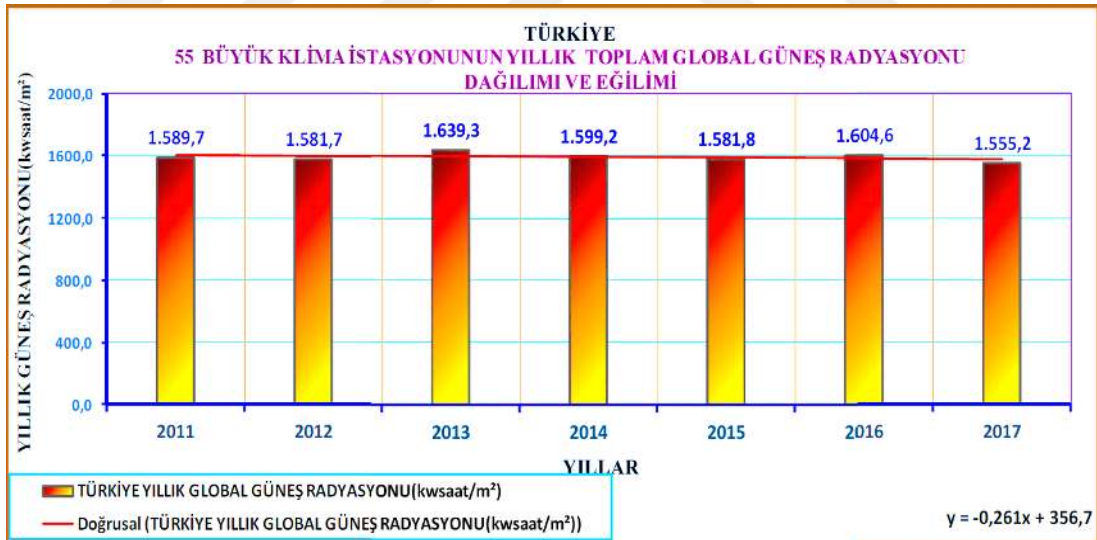
Ülkemizde bulunan 55 farklı büyük meteoroloji ölçüm istasyonunda yapılan güneş takip çalışmaları neticesinde elde edilen bilgileri şu şekilde toplanmıştır;

2011-2017 Yılları arasında yıllık en fazla olan güneş ısıtımı ve yılı: 1.639,3 kWh/m², 2013.

2011-2017 Yılları arasında yıllık en az olan güneş ısıtımı ve yılı: 1.555,2 kWh/m², 2017.

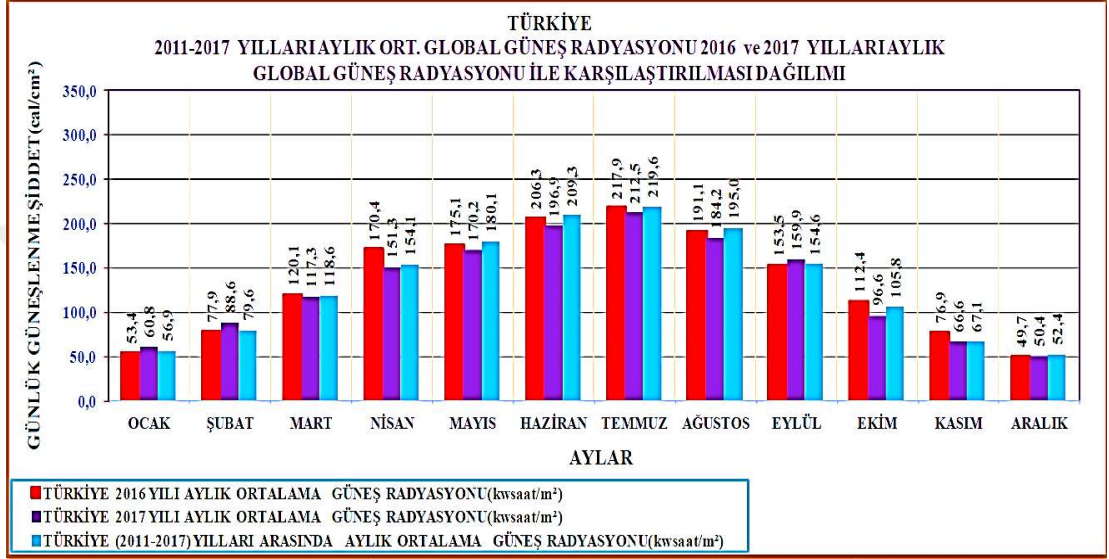
2011-2017 Yılları arasında ülkemizin ortalama güneş ısıtımı: 1.593,1 kWh/m²[43].

Yine bu 55 büyük meteoroloji ölçüm istasyonunun yaptığı çalışmalar neticesinde aşağıdaki Şekil 2.5'te Yıllık Ortalama Güneş Isıtım Verisinin 2011-2017 Yılları Arasında Dağılımı ve Eğilimi ve de Şekil 2.6'da Yıllık Ortalama Güneş Isıtım Verisinin 2011-2017 Aylık Ortalama Değerlerinin 2016 ve 2017 Aylık Değerlerle Karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 2.5: Yıllık Ortalama Güneş Isıtım Verisinin 2011-2017 Yılları Arasında Dağılımı ve Eğilimi[43]

Yukarıda verilen Şekil 2.5'te görüldüğü üzere ülkemize 2011 yılında 1.589,7 kWh/m², 2012 yılında 1.581,7 kwh/m², 2013 yılında 1.639,3 kwh/m², 2014 yılında 1.599,2 kwh/m², 2015 yılında 1.581,8 kh/m², 2016 yılında 1.604,6 kwh/m², 2017 yılında 1.555,2 kwh/m² değerinde güneş ışığı gelmiştir. Bu veriler sonucunda görüldüğü üzere ülkemize en fazla güneş ışığı 2013 yılında, en az güneş ışığı ise 2017 yılında gelmiştir.



Şekil 2.6: Yıllık Ortalama Güneş Işıttım Verisinin 2011-2017 Aylık Ortalama Değerlerinin 2016 ve 2017 Aylık Değerlerle Karşılaştırılması[43]

Şekil 2.6'ya göre 2016 yılında ülkemize gelen güneş ısıttım miktarının, 2011 ile 2017 arasında ülkemize gelen güneş ısıttım miktarından daha fazla olduğu göstermektedir.

Ülkemizde bulunan 10 adet büyük güneş enerji santrali örnek olarak aşağıda bulunan Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Ülkemizde Bulunan 10 Büyük Güneş Enerjisi Santrali

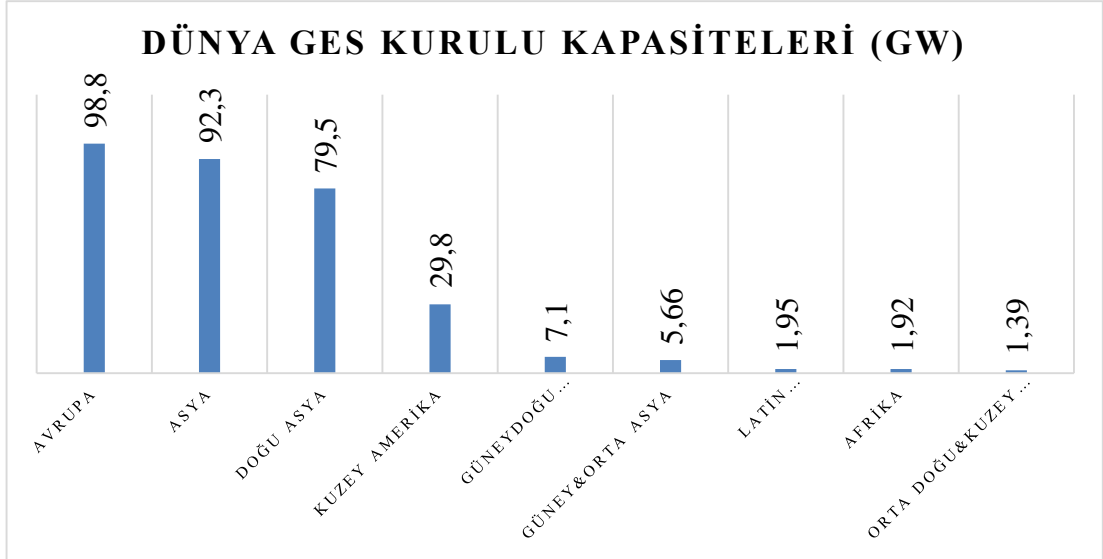
Güneş Enerji Santrali	Kurulu Gücü(MW)	Bulunduğu İl
Kayseri OSB	50	Kayseri
Özkoyuncu Madencilik Balıkesir	40	Balıkesir
Konya Karatay Kızören	18	Konya
Derinkuyu	17	Nevşehir
Elazığ Kovancılar	15	Elazığ
Makascı Mühendislik	10	Konya
Kayseri Çiftlik	10	Kayseri
Renoe Acıpayam	10	Denizli
Astor Enerji Bozova	8,97	Şanlıurfa
Tekno Enerji Aydın Savcılı	8,92	Aydın

2019 yılı sonu itibariyle ülkemizde 6.901 adet güneş enerjisi santrali ve 5.995,2 MW kurulu güç kapasitesine ulaşılmıştır.

2.3.2 Dünyada Güneş Enerjisinin Yeri

Dünyada ise, güneş enerjisi sektörünün 2014 yılının ardından yaklaşık %25’lik bir büyüme gerçekleştirdiği görülmektedir. 2015 senesinde ise güneş enerjisinde 50 GW’lık bir kapasite artışı gerçekleştirilmiş olup küresel ölçekte toplam 227 GW kurulu kapasiteye ulaşılmıştır. Ayrıca, dünyada kişi başına düşen güneş enerjisi sistem kapasitesi bakımından ise 2015 yılında Almanya ilk sırada yer alırken Çin, Japonya ve ABD’nin önemli kapasite artış performansı sergiledikleri görülmektedir[42].

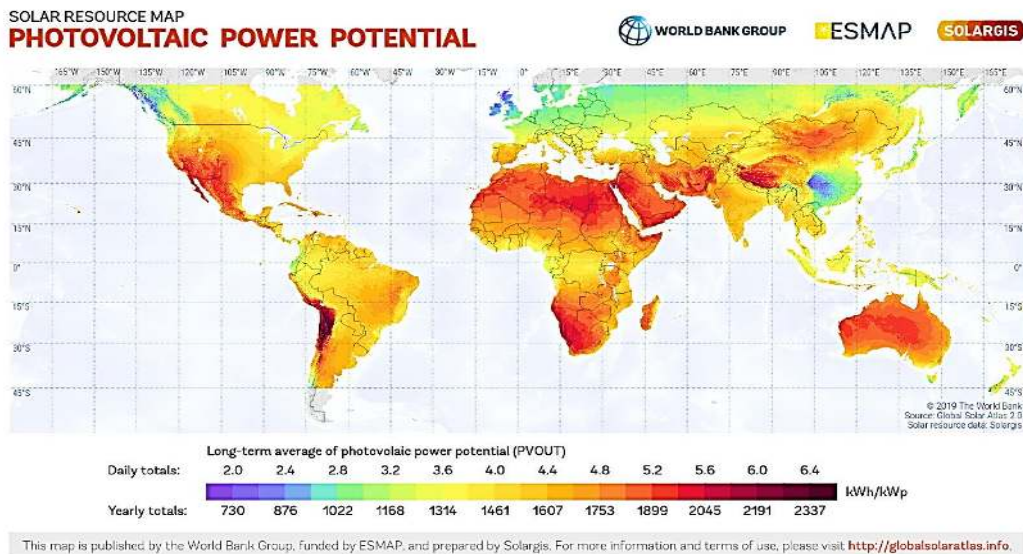
Dünya Enerji Konseyinin 2017 yılında yaptığı çalışma neticesinde kıtalarda kurulu güç oranlarının durumunun aşağıdaki şekilde olduğu tespit edilmiştir; %0,9 Afrika, %0,6 Orta Doğu&Kuzey Afrika, %0,9 Latin Amerika&Karayipler, %13,2 Kuzey Amerika, %43,7 Avrupa, %2,5 Güney&Orta Asya, %35,2 Doğu Asya, %3,1Güneydoğu Asya&Pasifik[44]. Aşağıda bulunan Şekil 2.7’de Dünya Enerji Konseyinin 2017 yılı için açıkladığı güneş enerjisi santrallerinin kurulu kapasitelerini içermektedir.



Şekil 2.7: Güneş Enerjisi Kurulu Güç[44]

Şekil 2.7’de görüldüğü gibi Avrupa’da 98,8 GW, Asya’da 92,3 GW, Doğu Asya’da 79,5 GW, Kuzey Amerika’da 29,8 GW, Güneydoğu Asya ve Pasifik’te 5,66 GW, Latin Amerika ve Karayipler’de 1,95 GW, Afrika kıtasında 1,92 GW ve son olarak Orta Doğu ile Kuzey Afrika’da 1,39 GW kapasitede kurulu güneş enerji santralleri bulunmaktadır.

Aşağıda verilen Şekil 2.8’de ise dünyaya ait fotovoltaik güç potansiyeli gösterilmektedir.



Şekil 2.8: Dünya Fotovoltaik Güç Potansiyeli[45]

Güneşlenme potansiyeli açısından Afrika, Avustralya ve Güney Amerika'nın yüksek değerlere ulaşmasına rağmen, güneş enerjisi yatırımlarının güneşlenme potansiyeli nispetten daha düşük olan Avrupa ve Amerika'da yoğunlaşmış olması ilginç bir durumu ifade etmektedir.

2017 yılında dünyada saatte 40 bin güneş panelinin kurulduğu, bu ilginin birkaç ülkede yüksek olmasına rağmen hemen her kıtada bu konuda yatırım yapan yeni ülkelerin ortaya çıktığı bilinmektedir. 2007 yılında dünyada sadece 8 GW olan güneş enerjisinden elektrik üretimi, on yıllık sürede yaklaşık 50 kat artarak 402 GW mertebelerine ulaşmıştır[39].

Dünyada bulunan 10 adet büyük güneş enerji santrali örnek olarak aşağıda bulunan Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5: Dünyada Bulunan 10 Büyük Güneş Enerjisi Santrali

Güneş Enerji Santrali	Kurulu Gücü(MW)	Bulunduğu Ülke
Tengger Desert Solar Park	1.547	Çin
Sweihaan Photovoltaic Independent Power Project	1.177	Birleşik Arap Emirlikleri
Yanchi Ningxia Solar Park	1.000	Çin
Datong Solar Power Top Runner Base	1.070	Çin
Kurnool Ultra Mega Solar Park	1.000	Hindistan
Longyangxia Dam Solar Park	850	Çin
Enel Villanueva PV Plant	828	Meksika
Kamuthi Solar Power Station	648	Hindistan
Solar Star Projects	579	İngiltere
Topaz Solar Farm / Desert Sunlight Solar Farm	550	İngiltere

2.4 Ülkemizde Güneş Enerjisi Yönetmelikleri ve Teşvikleri

Devletimiz yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılması için özellikle elektrik piyasası ile ilgili kanun ve yönetmelikler çıkarmaktadır. Aşağıda

temel olarak bu kanunların, yönetmeliklerin ve teşviklerin birkaç tanesinden bahsedilmiştir.

2.4.1 Kanun ve Yönetmelikler

İlk olarak yenilenebilir enerji kanunundan (YEK) bahsedecek olursak, asıl amacı elektrik enerjisi üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak olan bu kanun ile çeşitli bölümlerinde güneş enerjisi de dahil olmak üzere teşvik edici maddeler bulunmaktadır.

Bu yönetmeliklerden bir diğeri ise elektrik piyasası lisans yönetmeliğidir. Bu yönetmelik özet olarak aşağıdaki ifadeleri içermektedir;

Lisanssız üretim faaliyetleri kapsamında elektrik enerjisi üreten gerçek ve tüzel kişilerin ihtiyacının üzerinde ürettiği elektrik enerjisinin sisteme verilmesi halinde yapılacak uygulamaya, üretim tesisi devri, arazi temini ve üretim faaliyetinde bulunan gerçek veya tüzel kişiler ile ilgili şebeke işletmecilerinin hak ve yükümlülüklerine ve de lisanssız üretim faaliyetinde bulunan kişilerin bu yönetmelik kapsamındaki faaliyetleri ile kurulan üretim tesislerinin denetlenmesine ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır[39].

Bir diğer yönetmelik ise GES başvurularına ilişkin lisans yönetmeliğidir. Bu yönetmeliği açıklamak gerekirse;

Lisansa tabi olan kurulu gücü 1MW'dan büyük güneş enerji santrallerinin kurulum izni alabilmesi için birçok koşulun sağlanması gerekir. Öncelikle, yatırım bölgesinde yeterli gücü kaldırabilecek kapasitede trafo merkezi olmalıdır. Ek olarak, çevre etki değerlendirmesi raporunun, santralin o bölgede tesis edilmesine engel olacak sonuç içermemesi gerekmektedir[41].

9.5.2019 tarihli ve 1044 sayılı Cumhurbaşkan Kararına istinaden üretimi ile tüketimi aynı noktada olmak üzere, mesken aboneleri 10 kW'a kadar ve sanayi, ticarethane ve aydınlatma aboneleri için kurulan çatı ve cephe uygulamalı güneş enerjisi üretim tesislerinde, tarımsal sulama aboneleri ile içme suyu tesisleri ve atık su

arıtma tesislerinin ihtiyaçları için ve kamu kurum ve kuruluşları tarafından kurulan çatı, cephe ve arazi uygulamalı yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim tesislerinde, üretimi ve tüketimi aynı noktada olmayan birden fazla tüketicinin ihtiyacını karşılamak üzere, tüketim tesislerinin bağlantı bağlantı anlaşmalarındaki sözleşme gücü toplamı ile sınırlı olmak kaydıyla, kamu kurum ve kuruluşları tarafından çatı, cephe ve arazi uygulamalı yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinde, ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi için enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından ilan edilen kendi abone grubuna ait parekende tek zamanlı aktif enerji bedeli, tesisin işletmeye giriş tarihinden itibaren on yıl süre ile uygulanır maddesi yürürlüğe girmiştir.

Ayrıca, 12 Mayıs 2019 tarihli ve 30772 Sayılı Resmi Gazete: “Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Yönetmeliği”nin amacı, elektrik piyasasında, tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarını tüketim noktasına en yakın kendi üretim tesisinden karşılaması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve küçük ölçekli üretim kaynaklarının etkin kullanımının sağlanması ile elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilecek, gerçek veya tüzel kişilere uygulanacak usul ve esasların belirlenmesidir.

2.4.2 Teşvikler

Ülkemizde güneş enerjisi için verilen teşviklerin başında, sabit fiyat garantisi, mali teşvikler (gümrük vergi muafiyeti ile KDV istisnası gibi) ve lisanssız üretim bulunmaktadır. Teşvik ve destek olarak dünyada ve ülkemizde önde gelen konu, sabit fiyat garantisidir. Sabit fiyat garantisinin amacı her bir yenilenebilir enerji kaynağı için eşit olmayacak şekilde yeni bir sabit fiyat garantili planın getirilmesidir[46].

Gerçek ve tüzel kişiler, ihtiyaçları dışında güneş enerjisi ile ürettikleri elektrik enerjilerini dağıtım sistemine gönderdiklerinde 10 yıl süre ile 13,3 ABD doları cent/kWh sabit fiyat garantisinden yararlanmaktadır. Lisans sahibi olan gerçek ve tüzel kişiler ise 31.12.2020’den önce işletmeye giren üretim tesislerinde yararlanılan mekanik ekipmanların yurt içinde üretilmesi durumunda, bu tesislerde üretilen, iletim

ve dağıtım sistemine gönderilen güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi için yerli katkı ilavesi almaktadırlar[46].

2.5 Güneş Enerjisi Panelleri

Fotovoltaikler, üzerlerine güneş ışınları temas ettiğinde doğrudan elektrik enerjisi üreten yapılardır. Fotovoltaik kelimesi, Yunan dilinde ışık anlamına gelen “photo” ve voltaj anlamına gelen “voltaic” kelimelerinin birleşmesiyle türetilmiştir[17].

2.5.1 Fotovoltaik Prensip

Güneş hücrelerinin çalışması; fotovoltaik prensibe dayanır. Paneller üzerine ışık düştüğünde, uçlar arasında elektrik gerilimi oluşur[34]. Birden fazla miktardaki güneş hücresinin birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilmesiyle gerilimi ve güç çıkışını artırmak mümkündür. Güç talebine göre, modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç W’tan MW seviyelerine hatta GW mertebelerine kadar büyüklükte üretim sistemleri kurulabilmektedir[47].

Ardından, fotovoltaik sistem dengeleyicileri sisteme eklenmelidir. Bu dengeleyicileri; Evirici, güç kontrol sistemleri, akü ve diğer sistem dengeleyicileri olarak dört ana bölüme ayırmak mümkündür. Evirici, modülde doğru akımla üretilen elektriği alternatif akıma çevirmekte, güç kontrol sistemleri, fotovoltaik sistemdeki voltaj değişimlerini dengede tutmakta, akü ise üretilen elektriği daha sonra kullanılması amacı ile depolamaktadır. Sistemin bağlantılarını sağlayan diğer sistem dengeleyici unsurlar ise; kablolar, bağlantı elemanları, devre anahtarları (şalterler), kablo bağlantı kutuları, elektrik sigortalarından oluşmaktadır. Güneş panelleri ve sistem dengeleyicilerinin birleştirilmesi sonucunda güneş enerji santralleri kuruluma hazır hale gelmektedir[47].

2.5.2 Güneş Panelleri

Güneş panelleri fotovoltaik prensip ile çalışırlar. Güneş enerjisi, güneş panellerinin yapısal özelliklerine göre yaklaşık %5 ile %30 arasında değişen bir verimle güneş ışıklarını elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Güneş panelleri birbirlerine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzeye monte edilmesiyle oluşan yapıya güneş modülü, güneş modüllerinin aynı yöntemlerle bir araya getirilmesiyle oluşan yapıya da güneş paneli denmektedir[48].

Güneş panelleri, 36 veya daha çok hücrenin seri bağlanması ile elde edilen ve de laminasyon tekniği ile hermetik olarak paketlenerek dış ortamın bozucu etkilerinden yaklaşık olarak 25 yıl kadar etkilenmesi engellenen yapılardır. Genelde panel üreticileri, panellerin veriminin 25.yılda %80 seviyelerine gerileyeceğini taahhüt etmektedir. Ek olarak, fotovoltaik panellerin güç toleransı yaklaşık $\pm\%2,5$ - 5 arasında değişmektedir. Bu durum, fotovoltaik sistemlerin uyumsuzluk kayıplarını arttıran etkenlerden biridir. Bu durumun önüne geçmek için güç toleransı düşük panellerin kullanılması daha uygun olacaktır[49].

Güneş hücreleri arasında en çok tercih edilenlerden biri yarı iletkenlik özelliği olan silisyumdur. Kristal silisyum yapılı güneş panellerinin maliyetinin düşük olmasının yanında verimleri de düşüktür. Galyum arsenit yapılı güneş panellerinin verimleri ise diğer pil tiplerine oranla daha yüksektir. Amorf silisyum pillerden elde edilen verim ise yaklaşık %10 civarında, ticari kullanımlarda ise %5-7 seviyelerindedir. Amorf silisyum yapılı hücreler ise direkt güneş ışınımı az olan bölgelerde kullanılmaktadır. Çok kristal yapılı malzeme olan kadmiyum tellürid ile güneş hücre maliyetinin çok ciddi oranlarda düşürülebileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde yaklaşık %16, ticari tip panellerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir. Bakır indiyum diselenid yapılı güneş panellerinden, laboratuvar şartlarında yaklaşık %17,7 ve ticari amaçlı geliştirilmiş prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir. Optik yoğunlaştırıcılı güneş panelleri ise gelen ışığı yaklaşık olarak 10-500 kat arasında yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi %20'nin, hücre verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar, ucuz ve basit plastik malzemelerden ya da camdan yapılmaktadır[48].

2.5.3 Güneş Panel Çeşitleri

Güneş panelleri kullanılan malzemeler ve yapım şekilleri açısından oldukça çeşitlilik göstermektedir. Fotovoltaik pillerin ekonomik, dayanıklı ve de yüksek verimli olması gerektiği için malzeme seçimi oldukça önemlidir. Belli başlı güneş paneli türleri aşağıda anlatılmaktadır.

2.5.3.1 Kristal Silisyum Güneş Panelleri

Bu yapılı hücrelerin çoğunluğu, tekli veya çoklu kristal silisyum tabaka olarak üretilmektedir. Tek kristal halindeki tabakalar daha iyi malzeme özelliklerine sahip olup maliyet olarak da yüksektir. Kristalize silikon, her atomun ideal olarak önceden belirlenmiş bir konumda bulunduğu, düzenli bir kristal yapısına sahiptir. Ayrıca, öngörülebilir bir davranış sergiler fakat, dikkatli ve yavaş üretim işlemleri sebebiyle en pahalı silisyum türüdür[33].

2.5.3.2 Galyum Arsenit Güneş Panelleri

Bu yapıya sahip güneş panelleri, uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır. Galyum arsenit kimyasal bileşeni yarı iletkenlerin en önemli hammaddesidir. Çünkü, galyum arsenit yüksek elektron mobilitesine sahiptir[33].

2.5.3.3 Kadmiyum Tellürid (CdTe) Güneş Panelleri

En yaygın kadmiyum tellürid güneş panelleri, n-katkılı bir kadmiyum sülfid (CdS) tabakasıyla eşleşen bir p-katkılı CdTe katmanı içeren basit bir p-n heterojen eklem yapısından oluşmaktadır[33].

2.5.3.4 Bakır İndiyum Diselenid Güneş Panelleri

Bakır indiyum diselenid yapılı ince film teknolojisi, potansiyeli yüksek optik ve elektronik özelliklerinden dolayı gelecekteki güneş panelleri için umut vericidir. Bu güneş panelleri, yaygın olarak bakır indiyum galyum diselenid ya da CIGS hücreleri olarak adlandırılırlar. Laboratuvar ortamında hücre verimleri yaklaşık olarak %20'yi aşmasına rağmen, ticari CIGS yapılı modüller yaklaşık olarak % 12- 14 arasında verimlilik göstermektedir[33].

2.5.3.5 Amorf Silisyum Güneş Panelleri

Amorf malzemelerin yapıları özel bir düzende sıralanmamıştır. Bu ve bunun gibi malzemeler, tam bir kristal kabul edilmezler ve bağlama hatalarına sahiptirler. Amorf silikon, güneş ışınımını tek kristal silikona göre 40 kat daha etkin şekilde soğurmaktadır. Yaklaşık 1µm kalınlığa sahip film, güneş enerjisinin yaklaşık %90'ını soğurabilmektedir. Bu durum, a-Si fotovoltaiik hücrelerinin düşük maliyetli olmasını etkileyen en önemli faktördür[16].

Yukarıda anlatılan güneş panelleri dışında, yoğunlaştırıcı güneş panelleri, boya duyarlı güneş panelleri, lüminesan güneş yoğunlaştırıcı, hibrit güneş panelleri, quantum nokta güneş panelleri ve perovskite güneş panelleri olmak üzere çeşitleri de bulunmaktadır. Aşağıda Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da örnek olarak güneş enerji santrallerinden kesitler verilmiştir. Ayrıca, Şekil 2.11'de ise örnek bir güneş santrali inşaatı görseli verilmiştir.



Şekil 2.9: Manisa Kula Örnek Güneş Enerji Santrali



Şekil 2.10: Manisa Kula Örnek Güneş Enerji Santrali 2



Şekil 2.11: Örnek Güneş Santrali İnşaatı

2.5.4 Güneş Enerjisi Panel Verimini Etkileyen Faktörler

Güneş panellerinde hücre ve modül verimleri birbirinden farklı konulardır. Bir fotovoltaiik hücrenin verimi, modül veriminden daha yüksektir. Örneğin, tek kristal silikon bir hücre verimi %24 seviyelerindeyken, aynı hücrelerden oluşan modülün verimi yaklaşık %13–17 seviyelerinde çıkmaktadır. Çok kristal silikon yapıli hücrenin verimi yaklaşık %18 mertebelerindeyken, modül olarak verimi yaklaşık %11–15 aralığındadır. Amorf silikon hücrelerin verimi yaklaşık %11-12 iken, modülün verimi yaklaşık % 5–8 civarındadır. Bu durum, modüllerin verim hesabının tüm panele ait yüzeyi dikkate alınarak yapılmasından kaynaklanmaktadır[50].

Güneş enerji santrallerinin genellikle ekonomik ömürleri 20 yılı aşmaktadır. Bu ömür boyunca elektrik üretimi yapacak olan panellerin verimleri bu sebeple çok önemlidir. Santrallerin verimliliğini üretilen enerjideki kayıplar ortaya çıkarır. Fotovoltaik bir sistemin verimini etkileyen faktörler;

- Hücresinin malzemesi
- Panel yüzeyinde olan ışınmayı geri yansıtma olayı
- Panellerin konumu
- Fotovoltaik hücresinin akım-gerilim özellikleri
- Dolum (şarj) kontrol cihazının özellikleri
- Akümülatör verimi
- Dönüştürücü verimi
- Fotovoltaik tesisatın gölgelenme durumu
- Sıcaklık
- Kullanılan kabloların kalınlığı
- Fotovoltaik tesisat üzerinde toz/kir birikmesi
- Fotovoltaik panellerin yönlendirme ve eğim açısı
- Fotovoltaik hücrelerin yüzeyine uygulanan işlemler
- Çevresel koşullar
- Kurulum işçiliği
- Fotovoltaik tesisata uygulanan bakım/onarım işlemleridir.

Güneş enerjisi sistemlerde, panel ile evirici uyumu, performans oranına doğrudan etki etmektedir. Evirici gücü seçilirken, fotovoltaik panellerin üretebileceği maksimum güç tespit edilip, evirici bu güce eşit veya daha büyük olacak şekilde seçilmelidir[49].

Modül sıcaklığının artışı fotovoltaik performansı düşmektedir. Güneş panelleri, güneş enerjisinin yaklaşık %5-25'ini elektrik enerjisine dönüştürürler. Bu durum modüllerde ısınmaya sebep olur. Kristal silisyum hücrelerin sıcaklıktan etkilenme oranı amorf hücrelere göre daha yüksektir. Bu kaybın önüne geçmek için panel arkalarına uygun havalandırma şartlarını sağlamak gerekir.

Güneş panelleri üzerlerinde biriken kuş pislikleri, yapraklar ve de tozlar panellere ulaşan güneş ışınlarının işini zorlaştırmaktadır. Özellikle, az yağış alan kurak bölgelerde kirlilik kaynaklı verim kayıpları yaklaşık %15 oranlarına ulaşabilmektedir. Kirlenmenin artması ile üretilen elektrik enerjisi miktarı ters orantılıdır. Hatta, Ulusal Yenilenebilir Enerji laboratuvarına göre, bazı bölgelerde kirlilik kaynaklı verim kayıpları yaklaşık %25 gibi yüksek oranlara çıkabilmektedir[33]. Ancak, verimin düşmesine sebep olan faktörlerden gidermesi en kolay olan faktör kirliliktir. Bu kayıpların önüne geçmek için, bir masraf oluştursa da düzenli temizlik yapmak veya otomataik temizleme sistemi kullanılmasını sağlamaktadır. Temizlik ile oluşacak maliyet verim kaybının sebep olacağı maliyetten yüksek olmayacaktır.

2.6 Güneş Enerjisinin Çevresel Etkileri

Fosil yakıt kaynaklı elektrik üretimi sırasında çevreye toprak kirliliği, hava kirliliği, su kirliliği ve çeşitli atıklar ile zararlar verilmektedir. Fakat, güneş enerjisi yenilenebilir ve sürekli bir enerji kaynağı olup, çevreye zararlı atıkları üretmeyişi, bölgesel uygulanabilmesi, öz kaynak oluşu, işletme kolaylığı ve basit bir teknolojiye sahipliği gibi faydalarıyla son zamanlarda oldukça yaygın olan enerji kaynaklarından[35].

Günümüzde, gündemde sürekli olan, devletlerin cezalar yediği bir konu olan CO₂ salımı bakımında da güneş enerjisi kullanımı fosil yakıtlı kaynaklara oranla oldukça iyi bir durumdur.

Fosil yakıtlı kaynaklarla üretilen, 1 kWh elektrik enerjisi tüketimi neticesinde doğaya 0,478 kg CO₂ salımı gerçekleşmektedir. Bu durum karşısında, yetişkin bir ağaç saatte 2,3 kg CO₂'i bünyesine almaktadır. Fotosentez yaparak ise 1,7 kg O₂ üretimi gerçekleştirmektedir. Güneş enerjisi panellerinin imalatı kaynaklı doğaya salınan sera gazlarını saymazsak, güneş enerjisi kullanarak yapılan elektrik üretimi ile bu zararlı olan CO₂ salımının önüne geçilmiş olmaktadır.

Elektrik enerjisi üretiminin doğaya ne kadar pahalıya mal olduğu görülmektedir. Bu sebeple, enerjinin kullanımı esnasında da bu durum

unutulmamalıdır. Enerjinin verimli kullanılması, enerjinin en verimli şekilde üretilmesinden çok daha önemlidir. Dünya genelinde enerji yoğunluğu fazla olan kısımlarda enerji verimlilik sınıfı yüksek ekipmanlar kullanımı sağlanarak ve enerji verimliliği farkındalık eğitimleri verilerek tüketimler azaltılmalı, bu sayede de doğru orantılı olarak enerji üretimi düşürülmelidir.



3 GÜNEŞ ENERJİSİ PANELLERİ VERİMLİLİK VE MALİYET HESAPLAMALARI

Bu çalışmada, İzmir ilinde bulunan apartmanın üç kişinin yaşadığı bir dairesinin elektrik tüketimini karşılayacak kapasitede olan güneş enerjisi sistemi için monokristal güneş paneli ve polikristal güneş paneli kullanılması durumunda oluşacak verim durumunun karşılaştırması ve maliyet analizi yapılmıştır.

3.1 Kabuller ve Parametreler

Öncelikle, İzmir ilinde bulunan bir binaya ait dairenin elektrik faturalarında bulunan tüketim bilgilerinden yola çıkılarak kurulacak güneş enerji santralinin kapasitesi tespit edilmiştir. Aşağıda bulunan Tablo 3.1’de elektrik faturalarında alınan bilgiler gösterilmektedir.

Tablo 3.1: İzmir İlinde Bulunan Bir Daireye ait Elektrik Tüketimleri

Dönem	Elektrik Tüketimi (kWh)			
	Gece	Gündüz	Puant	Toplam
2019/09	63,999	81,455	75,657	221,111
2019/10	56,205	77,546	66,201	199,952
2019/11	42,366	88,183	87,838	218,387
2019/12	52,817	92,352	98,084	243,253
2020/01	59,808	94,859	109,023	263,690
2020/02	50,052	86,375	79,950	216,377
2020/03	52,692	90,778	83,145	226,615
Ortalama	53,991	87,364	85,700	227,055

Tablo 3.1’de görüldüğü üzere aylık elektrik tüketimleri 199,952 kWh ile 263,69 kWh arasında değişmektedir. Elektrik birim fiyatları ise 0,498648 TL ile 0,574385 TL arasında değişmektedir. Altı aylık elektrik faturalarında elde verilen veriler neticesinde üç kişilik bir ailenin aylık ortalama elektrik tüketimi 227,055 kWh’tir.

İki farklı tipte olan güneş enerjisi panelleri için de kurulumda aynı cephelerin ve açılarının kullanılacağı ve tüm çevresel şartların aynı oranda olacağı kabul edilmiştir.

Aşağıda bulunan Tablo 3.2’de İzmir iline ait günlük ve aylık güneşlenme sürelerine ek olarak İzmir iline ait güneş ısıtımı değerleri (kWh/m²-gün ve kWh/m²) verilmiştir. Bu değerler m²’ye düşen elektrik enerjisini verdiği için panelleri üretceği elektrik konusunda ciddi bilgiler içermektedir.

Tablo 3.2: İzmir İli İçin Güneşlenme Süreleri ve Güneş Isıtım Değerleri

Aylar	İzmir Günlük Güneşlenme Saatleri	İzmir Global Isıtım Değerleri(kWh/m ² -gün)	İzmir Aylık Toplam Enerji Yoğunluğu (kWh/m ²)	İzmir Aylık Güneşlenme Saatleri
Ocak	4,86	1,81	56,11	150,66
Şubat	5,86	2,16	60,48	164,08
Mart	6,96	3,79	117,49	215,76
Nisan	8,03	4,99	149,70	240,9
Mayıs	9,77	5,94	184,14	302,87
Haziran	11,89	6,5	195,00	356,7
Temmuz	12,2	6,27	194,37	378,2
Ağustos	11,48	5,76	178,56	355,88
Eylül	9,67	4,63	138,90	290,1
Ekim	7,61	3,54	109,74	235,91
Kasım	5,55	2,2	66,00	166,5
Aralık	4,27	1,62	50,22	132,37

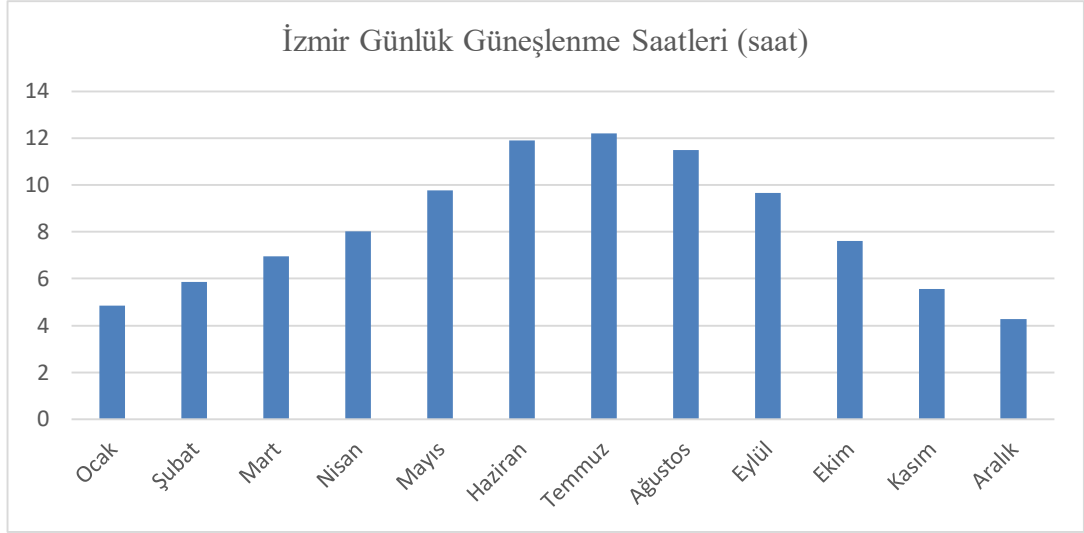
Tablo 3.2’de görüldüğü üzere İzmir ilinde günlük güneşlenme saati 4,27, aylık güneşlenme saati 132,37 saat ile aralık ayı en düşük güneşlenme süresine sahip aydır. Günlük 12,2 saat, aylık 378,2 saat ile temmuz ayı en yüksek güneşlenme süresine sahip olan aydır. Güneşlenme süreleri ile doğru orantılı olarak, aralık ayı günde 1,62 kWh/m², ayda ise 50,22 kWh/m² güneş ısıtımı alarak en son sırada yer almıştır. Temmuz ayı ise günde 6,27 kWh/m², ayda 194,37 kWh/m² güneş ısıtımı alarak bu konuda zirvede bulunmaktadır.

Aşağıda bulunan Şekil 3.1’de İzmir iline ait güneş ısıtım haritası bulunmaktadır.



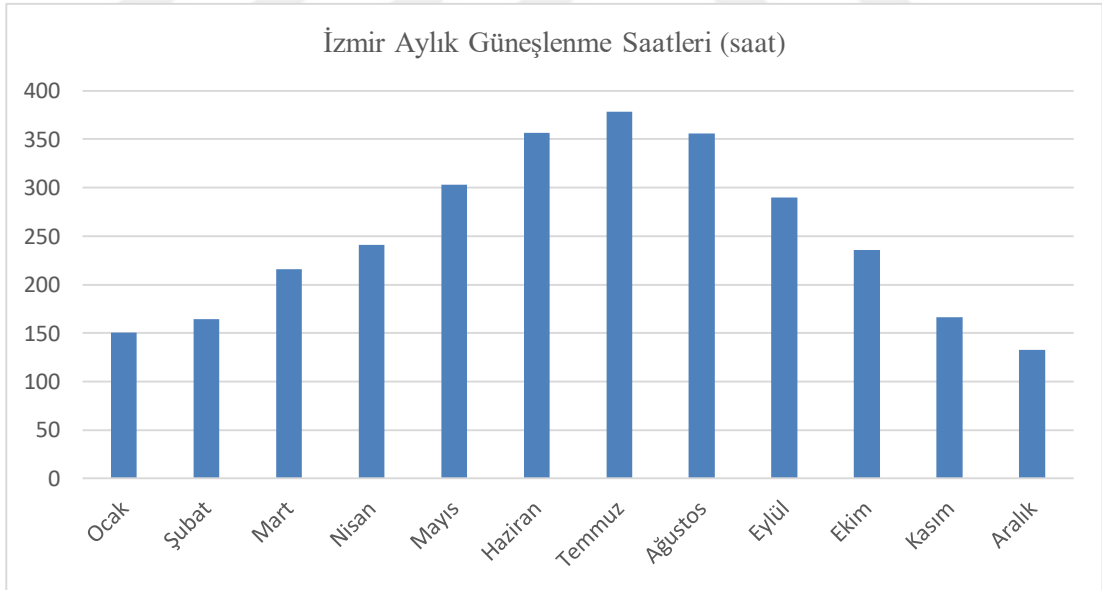
Şekil 3.1: İzmir İli Güneş Isıtımı Haritası[36]

Şekil 3.1’e göre açık renkler daha düşük ısıtım değerini, koyu renkler ise daha yüksek ısıtım değerleri olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, aşağıda bulunan Şekil 3.2’de İzmir ilinin günlük güneşlenme saati, Şekil 3.3’te İzmir ilinin aylık güneşlenme süresi, Şekil 3.4’te İzmir global ısıtım değerleri ve Şekil 3.5’te İzmir ilinin aylık toplam enerji yoğunluğu verilmiştir.



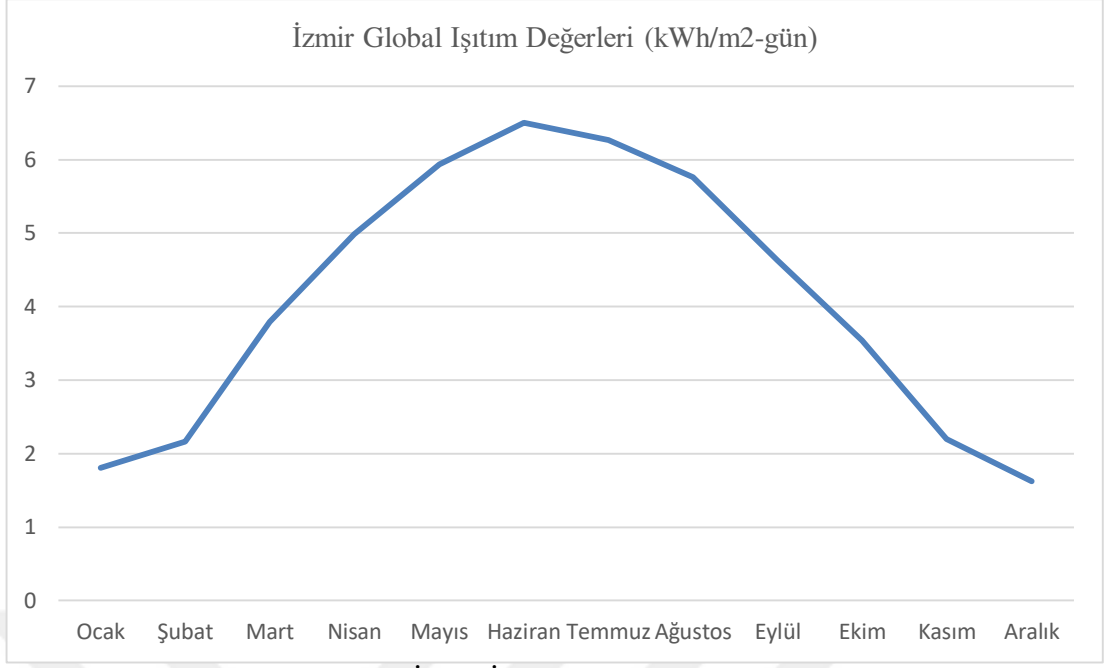
Şekil 3.2: İzmir İli Günlük Güneşlenme Saatleri

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi İzmir ilinde en uzun güneşlenme saatleri Temmuz ayında, en kısa güneşlenme saatleri ise Aralık ayında gerçekleşmektedir. İzmir ilinin güneş bakımından zengin olduğu görülmektedir.



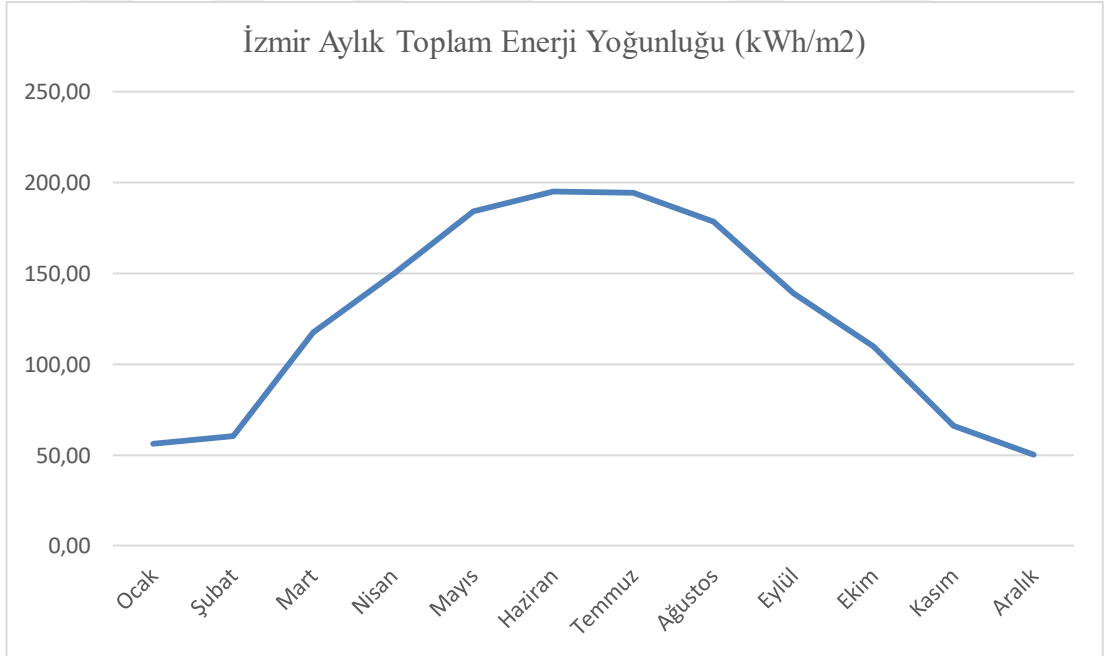
Şekil 3.3: İzmir İli Aylık Güneşlenme Saatleri

Şekil 3.3’te görülen İzmir iline ait aylık güneşlenme saatleri günlük güneşlenme saatleri ile doğru orantılıdır.



Şekil 3.4: İzmir İli Global Işıtım Değerleri

Şekil 3.4'te görülen İzmir şehrine ait global ısıtım miktarları günlük güneşlenme süreleri ile doğru orantılıdır.



Şekil 3.5: İzmir İli Aylık Toplam Enerji Yoğunluğu

Yukarıda verilen grafikelerde de görüldüğü üzere güneşlenme süreleri ile güneş ısıtım değerleri doğru orantılı olarak değişmektedir.

Buraya kadar verilen şartlar neticesinde, üç kişinin yaşadığı evin ortalama yıllık elektrik tüketimini fatura analizleri sonucunda karşılayabilecek, statik kurallarına uygunluğu da göz önünde bulundurarak ve de bu çalışma için en önemlisi polikristal ile monokristal yapıları paneller kıyaslanacağı için aynı kurulu kapasiteyi verebilecek 2,2 kW gücünde şebekeye bağlı güneş enerjisi sistemi kurulumu üzerinden verimlilik karşılaştırması yapılması uygun bulunmuştur. Bu 2,2 kW gücündeki santrali ilk olarak, 8 adet Alfasolar marka ASE60P 275 60 hücreli polikristal paneller ile ardından ise 7 adet Alfasolar marka ASE60M 320 60 hücreli monokristal paneller ile kurulduğu düşünülmüş verim incelemesi yapılmıştır. ASE60P 275 isimli panel 275 watt gücünde olup %16,7 modül verimine sahiptir. ASE60M 320 isimli panel ise 320 watt güce sahip olup %19,69 modül verimine sahiptir. Ürünlere ait detaylı katalog Ek 1’de sunulmuştur.

Güneş enerjisi santralinde maliyet hesaplamaları yapılırken panellerin ömrü boyunca elektriğe her sene zam geleceği kesinlikle hesaba katılmalıdır. 2015 yılından günümüze kadar konut elektriğine gelen zamlar Tablo 3.3’te gösterilmiştir. Tablo 3.3’te görülen zam oranlarının ortalama değeri olan yıllık %9,33 olarak hesaplanmıştır. Bu sebeple, maliyet hesaplamaları yapılırken panellerin ömrü boyunca elektriğe her sene %9,33 zam geleceği öngörülmüştür.

Tablo 3.3: 2015 Yılından Günümüze Elektrik Zamları

Tarih	kr/kWh	Zam Oranları (%)
Oca.15	31,0484	-
Oca.16	33,1835	6,876
Oca.18	36,1371	8,9
Nis.18	37,1251	2,73
Ağu.18	40,4614	8,98
Eyl.18	44,0119	8,77
Eki.18	47,8504	8,72
Tem.19	49,8648	14,77
Eki.19	57,2754	14,86
Ortalama		9,33

Ayrıca, Ek 1 detaylı ürün kataloglarında da belirtildiği gibi her iki tip güneş panelinin de her sene malzeme ömrü gibi sebepleriyle %1 verim kaybı yaşayacağı öngörülmüş olup hesaplamalarda kullanılmıştır.

3.2 Hesaplamalar

Yapılan kabuller sonucunda 2,2 kW kurulu güce sahip güneş enerji santralinin aylık bazda üreteceği elektrik miktarları hesaplanmıştır. Aşağıda bulunan Tablo 3.4'te İzmir iline ait bir binada 2,2 kW kapasiteli polikristal yapılı 8 adet panelden üretilen elektrik miktarları ve de 2,2 kW kapasiteli 7 adet monokristal panelden üretilen elektrik miktarları hesaplanıp gösterilmiştir.

Tablo 3.4: 2,2 kW Kapasiteli Monokristal ve Polikristal Panellerden Oluşan GES Aylık Elektrik Üretimleri

Aylar	İzmir Aylık Toplam Enerji Yoğunluğu (kWh/m ²)	Polikristal 2,2 kW GES Üretilen Max Enerji (kWh)	Monokristal 2,2 kW GES Üretilen Max Enerji (kWh)
Ocak	56,11	123,47	127,38
Şubat	60,48	133,08	137,30
Mart	117,49	258,53	266,72
Nisan	149,70	329,41	339,84
Mayıs	184,14	405,19	418,02
Haziran	195,00	429,09	442,67
Temmuz	194,37	427,70	441,24
Ağustos	178,56	392,91	405,35
Eylül	138,90	305,64	315,32
Ekim	109,74	241,48	249,12
Kasım	66,00	145,23	149,83
Aralık	50,22	110,51	114,01
TOPLAM	1.500,71	3.302,24	3.406,79

Tablo 3.4'te belirtildiği üzere İzmir ilinde m²'ye yılda 1.500,71 kWh'lik güneş enerjisi düşmektedir. Burada, polikristal yapılı 8 adet güneş panelinden oluşan güneş enerji sisteminin aylık bazda elektrik üretimini hesaplamak için, panelin alanı ile panel

sayısını, panel verimini ve yeryüzüne düşen ilgili ayın güneş enerjisi miktarının çarpılması gerekmektedir.

$$\text{Enerji (kWh)} = \text{Toplam Panel Alanı (m}^2\text{)} * \text{Panel Verimliliği (\%)} * \text{Işınım Değerleri (kWh/m}^2\text{)}$$

Bu işlem neticesinde ilgili ayda güneş santralinin kWh cinsinden üreteceği elektrik miktarı ortaya çıkmaktadır. Aynı hesap yöntemi monokristal yapılı 7 adet güneş panelinden oluşan güneş enerji sistemi için de uygulanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda 2,2 kW güce sahip polikristal yapılı sistemlerden kurulu GES yılda 3.302,24 kWh elektrik enerjisi üretecektir. Monokristal yapılı 2,2 kW güce sahip GES ise yılda 3.406,79 kWh elektrik enerjisi üretecektir.

Bu elektrik eldesi sonucunda aşağıda bulunan Tablo 3.5'te çevresel kazançlar üzerine hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.5: GES ile Elektrik Eldesi Sonucunda Çevresel Kazançlar

Aylar	Polikristal Sistem			Monokristal Sistem		
	Polikristal 2,2 kW GES Üretilen Max Enerji (kWh)	CO ₂ Salım Kazancı (kg)	TEP Kazancı	Monokristal 2,2 kW GES Üretilen Max Enerji (kWh)	CO ₂ Salım Kazancı (kg)	TEP Kazancı
Ocak	123,47	59,02	0,011	127,38	60,89	0,011
Şubat	133,08	63,61	0,011	137,30	65,63	0,012
Mart	258,53	123,58	0,022	266,72	127,49	0,023
Nisan	329,41	157,46	0,028	339,84	162,44	0,029
Mayıs	405,19	193,68	0,035	418,02	199,81	0,036
Haziran	429,09	205,10	0,037	442,67	211,60	0,038
Temmuz	427,70	204,44	0,037	441,24	210,91	0,038
Ağustos	392,91	187,81	0,034	405,35	193,76	0,035
Eylül	305,64	146,10	0,026	315,32	150,72	0,027
Ekim	241,48	115,43	0,021	249,12	119,08	0,021
Kasım	145,23	69,42	0,012	149,83	71,62	0,013
Aralık	110,51	52,82	0,010	114,01	54,49	0,010
TOPLAM	3.302,24	1.578,47	0,284	3.406,79	1.628,45	0,293

Çalışmanın önceki bölümlerinde bahsedildiği gibi 1 kWh elektrik enerjisi 0,478 kg CO₂ salımına neden olmaktadır. Bu durumda, polikristal panel tipleri ile kurulu olan güneş enerji santrali sayesinde yılda 1.578,47 kg CO₂ salımının önüne geçilmiş olacaktır. Bu değer yılda 686 adet ağacın yaptığı CO₂ Emilimi işine denk gelmektedir. Monokristal panel çeşidi ile kurulu olan güneş enerji santralin sayesinde ise yılda 1.628,45 kg CO₂ salımının önüne geçilmiş olacaktır. Bu değer yılda 708 adet yaptığı CO₂ Emilimi işlemine denk gelmektedir. Ayrıca, açılımı ton eşdeğer petrol olan TEP, enerji kaynaklarının ortak bir birim ile açıklanmasını sağlayan ve de 10.000.000 kcal karşılığı enerji birimi ifadesidir. Bu santrallere ait TEP kazançları ise şu şekildedir; Monokristal santralde yıllık 0,293 TEP, polikristal santralde ise yıllık 0,284 TEP kazanç elde edilmektedir. Monokristal paneller toplamda 140 kg ağırlığa sahip olup, polikristal paneller ise toplamda 160 kg ağırlığa sahiptir.

3.3 Maliyet Analizi

2,2 kW güce sahip monokristal ve polikristal yapıli paneller ile oluşan güneş enerji santralleri için yatırımı maliyeti olarak, polikristal paneller için 1,1 USD/Wp, monokristal paneller için ise 1,2 USD/Wp değerleri kullanılmıştır. Elde edilen bu yatırım maliyeti ile birlikte aşağıda verilen Tablo 3.6'da monokristal yapıli sistem için, Tablo 3.7'de polikristal yapıli sistem için yatırım maliyeti, tasarruf, kazanç ve nakit akışı bilgileri verilmiştir. Döviz kuru, 10.06.2020 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası efektif satış kuru olan 6,8001 üzerinden hesaplanmıştır. Ayrıca, güneş enerji santrali ilk sene maliyet hesaplaması için elektrik birim fiyatı ülkemizde güncel olarak kullanılan Temmuz 2020 yılına ait olan 0,71 kWh/TL değeri alınmıştır.

Tablo 3.6: Monokristal Yapılı Sistem Maliyet Analizi

Yıllar	Elektrik Birim Fiyat (TL)	Yatırım Maliyeti (TL)	Verim	Monokristal Sistem Tasarruf (TL)	Monokrsital Kazanç (TL)	Nakit Akışı
1	0,71	18.278,67	1	2.418,87	- 15.859,80	- 15.859,80
2	0,78	-	0,99	2.618,11	2.618,11	- 13.241,69
3	0,85	-	0,98	2.833,47	2.833,47	- 10.408,22
4	0,93	-	0,97	3.066,22	3.066,22	- 7.342,00
5	1,01	-	0,96	3.317,74	3.317,74	- 4.024,27
6	1,11	-	0,95	3.589,50	3.589,50	- 434,77
7	1,21	-	0,94	3.883,09	3.883,09	3.448,31
8	1,33	-	0,93	4.200,21	4.200,21	7.648,53
9	1,45	-	0,92	4.542,72	4.542,72	12.191,25
10	1,58	-	0,91	4.912,57	4.912,57	17.103,81
11	1,73	-	0,9	5.311,89	5.311,89	22.415,71
12	1,89	-	0,89	5.742,96	5.742,96	28.158,67
13	2,07	-	0,88	6.208,23	6.208,23	34.366,90
14	2,26	-	0,87	6.710,33	6.710,33	41.077,23
15	2,48	-	0,86	7.252,08	7.252,08	48.329,31
16	2,71	-	0,85	7.836,50	7.836,50	56.165,81
17	2,96	-	0,84	8.466,85	8.466,85	64.632,66
18	3,23	-	0,83	9.146,61	9.146,61	73.779,27
19	3,54	-	0,82	9.879,51	9.879,51	83.658,78
20	3,87	-	0,81	10.669,54	10.669,54	94.328,32
21	4,23	-	0,8	11.521,00	11.521,00	105.849,32
22	4,62	-	0,79	12.438,46	12.438,46	118.287,77
23	5,05	-	0,78	13.426,83	13.426,83	131.714,60
24	5,52	-	0,77	14.491,35	14.491,35	146.205,95
25	6,04	-	0,76	15.637,63	15.637,63	161.843,59
TOPLAM				180.122,26	161.843,59	-

Monokristal yapıli panellerden oluşın 2,2 kW kurulu güce sahip güneş enerji santraline ait yatırım maliyeti 18.278,67 TL'dir. Tablo 3.6'da görüldüğü üzere ilk sene santral 2.418,87 TL değerinde elektrik enerjisi üretmektedir. Sistemin veriminde azalmaya rağmen seneler geçtikçe elektrik fiyatlarına gelecek zamlar sebebiyle sistemin ürettiği elektriğin maddi kazancı artacaktır. Monokristal yapıli sistem yatırım yapıldıktan 7 sene sonra kendi maliyetini çıkaracak olup, panellerin ömrü olan 25 sene sonunda ise yatırımcıya 180.122,26 TL'lik elektrik tasarrufu sağlayacaktır. Bu

tasarruftan yatırım maliyeyini çıkarınca monokristal yapıli sistemin kazancı maddi olarak 161.843,59 TL şeklinde olacaktır.

Tablo 3.7: Polikristal Yapılı Sistem Maliyet Analizi

Yıllar	Elektrik Birim Fiyat (TL)	Yatırım Maliyeti (TL)	Verim	Polikristal Sistem Tasarruf (TL)	Polikristal Kazanç (TL)	Nakit Akışı
1	0,71	16.456,24	1	2.344,64	- 14.111,60	- 14.111,60
2	0,78	-	0,99	2.537,76	2.537,76	- 11.573,84
3	0,85	-	0,98	2.746,51	2.746,51	- 8.827,34
4	0,93	-	0,97	2.972,11	2.972,11	- 5.855,22
5	1,01	-	0,96	3.215,91	3.215,91	- 2.639,31
6	1,11	-	0,95	3.479,33	3.479,33	840,02
7	1,21	-	0,94	3.763,91	3.763,91	4.603,94
8	1,33	-	0,93	4.071,31	4.071,31	8.675,25
9	1,45	-	0,92	4.403,30	4.403,30	13.078,55
10	1,58	-	0,91	4.761,80	4.761,80	17.840,35
11	1,73	-	0,9	5.148,87	5.148,87	22.989,22
12	1,89	-	0,89	5.566,71	5.566,71	28.555,93
13	2,07	-	0,88	6.017,70	6.017,70	34.573,64
14	2,26	-	0,87	6.504,39	6.504,39	41.078,03
15	2,48	-	0,86	7.029,51	7.029,51	48.107,54
16	2,71	-	0,85	7.596,00	7.596,00	55.703,54
17	2,96	-	0,84	8.207,00	8.207,00	63.910,54
18	3,23	-	0,83	8.865,90	8.865,90	72.776,44
19	3,54	-	0,82	9.576,30	9.576,30	82.352,75
20	3,87	-	0,81	10.342,09	10.342,09	92.694,84
21	4,23	-	0,8	11.167,42	11.167,42	103.862,26
22	4,62	-	0,79	12.056,72	12.056,72	115.918,98
23	5,05	-	0,78	13.014,76	13.014,76	128.933,74
24	5,52	-	0,77	14.046,61	14.046,61	142.980,35
25	6,04	-	0,76	15.157,72	15.157,72	158.138,07
TOPLAM				174.594,31	158.138,07	-

Polikristal yapıli panellerden oluşın 2,2 kW kurulu güce sahip güneş enerji santraline ait yatırım maliyeti 16.456,24 TL'dir. Tablo 3.7'de görüldüğü üzere ilk sene santral 2.344,64 TL değerinde elektrik enerjisi üretmektedir. Sistemin veriminde azalmaya rağmen seneler geçtikçe elektrik fiyatlarına gelecek zamlar sebebiyle

sistemin ürettiği elektriğin maddi kazancı artacaktır. Polikristal yapıli sistem yatırım yapıldıktan 6 sene sonra kendi maliyetini çıkaracak olup, panellerin ömrü olan 25 sene sonunda ise yatırımcıya 174.594,31 TL’lik elektrik tasarrufu sağlayacaktır. Bu tasarruftan yatırım maliyetini çıkarınca polikristal yapıli sistemin kazancı maddi olarak 158.138,07 TL şeklinde olacaktır.

3.4 Analizler

2,2 kW kurulu güce sahip polikristal yapıli ve monokristal yapıli panellerden oluşan iki ayrı sistem üzerine yapılan verimlilik karşılaştırması ve maliyet analizi neticesinde Tablo 3.8’de bulunan sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.8: Polikristal ve Monokristal Kurulu Güneş Enerjisi Sistemlerinin Verimlilik Karşılaştırması ve Maliyet Analizi Bulguları

Panel Tipleri	Yıllık Elektrik Üretimi (kWh)	Panel Sayısı	CO ₂ Salım Kazancı (kg)	Ağaç Kazancı (Adet)	TEP Kazancı
Polikristal	3.302,24	8,0	1.578,47	686	0,284
Monokristal	3.406,79	7,0	1.628,45	708	0,292

Panel Tipleri	Yatırım Maliyeti (TL)	Sistem Tasarrufu (TL)	Kazanç (TL)	GÖS (Yıl)
Polikristal	16.456,24	174.594,31	158.138,07	6
Monokristal	18.278,67	180.122,26	161.843,59	7

Tablo 3.8’de de görüldüğü üzere, polikristal yapıli panellerden oluşan sistemde yılda 3.302,24 kWh elektrik enerjisi üretilecektir. Bu sistemde 8 adet panel bulunacaktır. Sistemin CO₂ salım kazancı yıllık 1.578,47 kg olup 686 adet ağacın emdiği CO₂ miktarına denk gelmektedir. Aynı zamanda, bu yatırım yılda 0,284 TEP enerji tasarrufu sağlayacaktır. Bu GES’nin yatırım maliyeti 16.456,24 TL’dir. Santral 25 senelik ömrü boyunca 174.594,31 TL’lik elektrik üretecektir. Sistemin ömrü boyunca kazancı maddi olarak 158.138,07 TL olup, geri ödeme süresi 6 yıl olarak hesaplanmıştır.

Monokristal yapılı panellerden oluşan sistemde yılda 3.406,79 kWh elektrik enerjisi üretilacaktır. Bu sistemde 7 adet panel bulunacaktır. Sistemin CO₂ salım kazancı yıllık 1.628,45 kg olup 708 adet ağacın emdiği CO₂ miktarına denk gelmektedir. Aynı zamanda, bu yatırım yılda 0,292 TEP enerji tasarrufu sağlayacaktır. GES'ne ait yatırım maliyeti 18.278,67 TL'dir. Santral 25 senelik ömrü boyunca 180.122,26 TL'lik elektrik üretecektir. Sistemin ömrü boyunca kazancı maddi olarak 161.843,59 TL olup, geri ödeme süresi 7 yıl olarak hesaplanmıştır.



4 TARTIŞMALAR VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, İzmir ilinde yaşayan ortalama bir ailenin elektrik tüketimini karşılayabilecek olan 2,2 kW kurulu güce sahip güneş enerji santralinin, monokristal yapılı panellerden ve de polikristal yapılı panellerden oluşması durumunda ortaya çıkacak olan verimlerin kıyaslanması ve sistemin maliyet analizi yapılmıştır. Polikristal yapılı paneller ile yılda 3.302,24 kWh elektrik enerjisi üretilcektir. Bu yatırımın maliyeti 16.456,24 TL olup, geri ödeme süresi 6 yıldır. Monokristal yapılı paneller ile yılda 3.406,79 kWh elektrik enerjisi üretilcektir. Bu yatırımın maliyeti ise 18.278,67 TL olup, geri ödeme süresi 7 yıl olacaktır. Monokristal yapılı paneller, polikristal yapılı panellere göre daha yüksek verime, üretim kapasitesine ve çevresel kazançlara sahipken, doğru orantılı olarak daha yüksek maliyetleri de getirmektedir. Daha düşük verime sahip olmasına rağmen polikristal sistem yatırımı kendini daha kısa sürede geri ödemektedir. Ancak, monokristal yapılı sistemin, bu çalışmada 25 yıllık ömrü boyunca verim olarak da maliyet olarak da daha iyi bir durumda olduğu tespit edilmiştir. Monokristal yapılı paneller çalışma ömrü boyunca 161.843,59 TL maddi kazanç sağlayacakken, polikristal yapılı panellerden oluşan sistem ömrü boyunca 158.138,07 TL maddi kazanç sağlayacaktır. Aşağıda bulunan Tablo 4.1’de iki farklı senaryoda kurulan güneş enerji santrallerinin 25 sene sonunda, üretecekleri toplam elektrik enerjisi, CO₂ salım kazançları, ağaç kazanımları ve TEP kazançları gösterilmiştir. Kabuller arasında belirtilen her sene panelleri yaşayacağı yaklaşık %1’lik verim kaybı hesaplamalarda dikkatle kullanılmıştır.

Tablo 4.1: 25 Sene Sonunda İki Farklı Tip GES İçin Kazançlar

Panel Tipleri	Elektrik Üretimi (kWh)	CO ₂ Salım Kazancı (kg)	Ağaç Kazancı (Adet)	TEP Kazancı
Polikristal	72.649,25	34.726,34	15.098	6,25
Monokristal	74.949,44	35.825,83	15.576	6,45

Tablo 4.1’de görüldüğü üzere polikristal yapılı panellerden kurulu sistem ömrü boyunca 72.649,25 kWh elektrik enerjisi üretecek olup, 34.726,34 kg CO₂ salımının

(15.098 ağaç) önüne geçecektir. Ayrıca, bu yatırım 6,25 TEP enerji tasarrufu sağlayacaktır. Monokristal yapılı panellerden oluşan sistem ömrü boyunca 74.949,44 kWh elektrik enerjisi üretece olup, 35.825,83 kg CO₂ salımının (15.576 ağaç) önüne geçecektir. Ayrıca, bu yatırım 6,45 TEP enerji tasarrufu sağlayacaktır. Yapılan tüm bu hesaplamalar sonucunda, monokristal yapılı sistemler, verimlilik, maddiyat ve çevresel faktörler açısından polikristal yapılı sistemlere göre daha elverişlidir.

2007 senesinde ülkemizde enerji verimliliği kanunu ile atılan ilk ve büyük adım ile beraber gerek sanayi kuruluşları gerekse konut tüketicileri el birliği ile enerjiyi çok dikkatli kullanmalıdır. Pahalı ve yetersiz kalan fosil kaynaklar yerine, temiz ve bedava olan hatta sonsuz diyebileceğimiz bir kapasiteye sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmektedir. Ülkelerin kalkınmalarında çok önemli bir yere sahip olduğunu düşündüğüm, bölgesel kalkınma konusunun ilk adımı da her bölgeye uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulumu ile atılmalıdır.

Enerjiye bağımsız şekilde sahip olmamız için en temiz ve güvenli olan hatta konumuzu gereği inanılmaz elverişli olan güneş enerjisini bilinçlenerek ve devletimizin veya özel kuruluşların teşvikleriyle arttırarak kullanmalıyız. Ek olarak, bunun için güneş enerjisi santrallerinin sistem maliyetlerini de azaltmak gerekmektedir. Son olarak ise tüm bunların yanında çevreye ve gelecek nesillere olan sorumluluğumuzu bilmeli, yarınlara güzel bir gelecek bırakmalıyız.

KAYNAKLAR

- [1] Hatipoğlu, E. Enerji Güvenliği. Uluslararası İlişkiler Konseyi. Kadir Has Üniversitesi, 2019, 13s.
- [2] Rühle, M., NATO ve Enerji Güvenliği. NATO Review. 2011, 1-8.
- [3] Erdoğan, F. Enerji Arz Güvenliği ve Verimliliği. T.C Kalkınma Bakanlığı. Ankara, 2018, 78s.
- [4] Dobrzanski, L. A. Electrical properties mono- and polycrystalline silicon solar cells, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2013, 59(2), 67-74.
- [5] Turhan, S. Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi. 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 11-13 Nisan, 2012, Bursa.
- [6] Kabul, A. Isparta ilinde fotovoltaik/termal (PV/T) hibrit sistemin performans analizi. SDU International Technologic Science. 2014, 6 (1), 31-43.
- [7] Parida, P., Iniyar, S., Goic, R. A review of solar photovoltaic technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011, 15(3), 1625-1636.
- [8] Yue, C., Huang, G. An evaluation of domestic solar energy potential in Taiwan incorporating land use analysis. Energy Policy. 2011, 39(12), 7988–8002.
- [9] Chua, S.C., Oh, T.H. Solar energy outlook in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012, 16(1), 564-574.
- [10] Topkaya, S.O. A discussion on recent developments in Turkey's emerging solar power market. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012, 16(6), 3754-3765.
- [11] Tyagi, V.V., Rahim, N.A.A., Rahim, N.A., Selvaraj, J.A./L. Progress in solar PV technology: Research and achievement. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013, 20(C), 443-461.
- [12] Bahadori, A., Nwaoha, C. A review on solar energy utilisation in Australia. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013, 18(C), 1-5.
- [13] Devabhaktuni, V., Alam, M., Depuru, S.S.S.R., Green, R.C., Nims, D., Near, C. Solar energy: Trends and enabling Technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013, 19, 555–564.
- [14] Arslan, İsmail. Tekirdağ Koşullarında Polikristal ve Monokristal Tip PV Güneş Panellerinin Verimlilik Karşılaştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2018, 40s.
- [15] Taşcıoğlu, Ayşegül., Monokristal ve Polikristal Güneş Panellerinin Bursa Koşullarındaki Güç Performansı üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2015, 135s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [16] Erkul, Asuman. Monokristal, Polikristal ve Amorf-Silisyum Güneş Panellerinin Verimliliğinin İncelenmesi ve Aydınlatma Sistemi Uygulaması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2010, 89s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [17] Eruz, Ümmü Gülsüm., Güneş Paneli Çeşitlerinden Polikristal, Monokristal Ve Thin Film Panellerinin Karabük Şartlarında Verimlilik Karşılaştırılması. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük, 2015, 50s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [18] Suri, M., Huld, T., Dunlop, E., Ossenbrink, H. A. Potential of Solar Electricity Generation in the European Union Member States and Candidate Countries. Solar Energy. 2007, 81(10), 1295-1305.
- [19] Prasad D.K., Snow M. Designing With Solar Power: A Source Book for Building Integrated Photovoltaics (BiPV). Images Publishing. Australia, 2005, 21s.

- [20] Moehlecke A., Febras F.S., Zanesco I. Electrical Performance analysis of PV modules with bifacial silicon solar cells and white diffuse reflector. *Solar Energy*. 2013, 96, 253–262.
- [21] Mandal R., Panja S. Design and feasibility studies of a small scale Grid Connected Solar PV Power Plant. *Energy Procedia*. 2016, 90, 191 – 199.
- [22] Zaraket J., Aillerie M., Salame C. Capacitance evolution of PV solar modules under thermal stress. *Energy Procedia*. 2017, 119, 702-708.
- [23] Sulaiman, S. A., Singh, A. K., Mokhtar, M. M. M., Bou-Rabee, M. A. The International Conference on Technologies and Sustainability. *Energy Procedia*. 2014, 50, 50-56.
- [24] Grozdev, M. Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, 73s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [25] Dinçer, F. Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011, 15(2011), 3768–3779.
- [26] Çetin, M., Eğrican, N. Employment impacts of solar energy in Turkey. *Energy Policy*. 2011, 39(11), 7184–7190.
- [27] Kaygusuz, K. Prospect of concentrating solar power in Turkey: The sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011, 15(1), 808-814.
- [28] Vardar, A., Çetin, A. Support of Electric Energy Requirement at Educational Institutions with Photovoltaic Systems Generating Electricity from Solar Radiation. *ICEE Energy and Environment: bringing together Economics and Engineering*. 2013, 1058-1068.
- [29] Cezim, Celal. Fotovoltaik Sistemler ve Uygulamaları. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Eğitim ve Seminer Etkinlikleri, 8 Haziran, 2013.
- [30] Durak, Fatma Sümeyye. Fotovoltaik Sistemlerin Ekonomik Analizi Malatya'daki Bir Kamu Binası Örneği. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya, 2016, 76s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [31] Karamanav, Mustafa. Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, 2007, 90s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [32] Yeşil Ekonomi, 30.05.2011. Güneş Enerjisinin Çevreye Etkileri Tartışılıyor. İnternet Adresi: <http://yesilekonomi.com/gunes-enerjisinin-cevre-eti-kisi-tartisiliyor>
- [33] Gürbüz, Doğan. Kır ve Tozlanmanın Fotovoltaik Sistem Verimi Üzerinde Etkisi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, 2018, 74s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [34] Elibüyük, Ufuk., Üçgül, İbrahim., Acar, Mustafa. Güneş Enerjisinin Çevreye Olumlu Ve Olumsuz Etkilerinin Değerlendirilmesi. 7. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 22-23 Eylül, 2017, Mersin.
- [35] Ertürk, F., Akkoyunlu, A., Varınca, K. B. Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri. Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi. İstanbul, 2006, 88s.
- [36] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) İnternet Adresi: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>

- [37] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye Ortalama Güneşlenme Süresi (1988- 2017). İnternet Adresi: <https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>
- [38] Flora, A., Özenç, B., Wynn, G. Yeni Teşvikler Türkiye'nin Çatı Tipi Güneş Enerjisi Sektörünü Aydınlatıyor. Institute for Energy Economics and Financial Analysis. Cleveland, 2019, 12s.
- [39] Çetin, S., Turan, E., Bayrakdar, E. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Politikaları. Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi. 2019, 54(2), 949-968.
- [40] Güneş Enerjisi Yatırımcılar Derneği. İnternet Adresi: <http://www.guyad.org/>
- [41] Kömürcü, Seçil., Güneş Enerjisi Santralleri Yatırım Analizi ve Yatırımcıların Karşılaştıkları Sorunlar. Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Gaziantep, 2019, 75 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [42] Karagöl, E. T., Kavaz, İ. Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. SETA| Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı. İstanbul, 2017, 32s.
- [43] Taştan, F. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye Yıllık Global Güneş Radyasyonu. İnternet Adresi: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yillik-G%C3%BCnes-radyasyonu.pdf>
- [44] Kaleli, Kutay. Türkiye'de PV Sektörünün Gelişimi. Hacettepe Üniversitesi- Yeni ve Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (YETAM) Fotovoltaik Çalıştayı, 05 Ekim, 2017, Ankara
- [45] Global Solar Atlas. İnternet Adresi: <https://globalsolaratlas.info/download/world>
- [46] Cihan, Elif., Yenilenebilir Enerji ve Türkiye'de Güneş Enerjisi. Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Gaziantep, 2019, 97s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [47] Cebeci, Seda. Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi. T.C. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, 202s. (Uzmanlık Tezi)
- [48] Taşkaya, Güneyhan., Fotovoltaik Etki ile Çalışan Güneş Enerjili Sulama Sisteminin Modellenmesi. Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 2015, 94s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [49] Boztepe, M., Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler. Ege Üniversitesi, İzmir, 8s.
- [50] Öztürk, H.H., Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi Ve Etkili Etmenler. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, 14s.

EKLER

Ek 1: Güneş Panelleri Üretici Kataloğu



sanayi ve ticaret a.ş.

ASE60M

60 Hücreli Monokristal Paneller



Elektrolüminesans: Kızılötesi ışıma ile en küçük mikro çatlak ve kırıkların kalite kontrolü.



Güneş Simülatörü: 1000W/m² ışıma, 25 °C sıcaklıkta +5 watt tolerans güvencesi ile güç toleranslarına göre sınıflandırma.



Tuz - Sis Testi: IEC 61701 ed. 2 standartlarına göre tuz dayanımı.



Kar Yükü Testi: IEC 61215 standartlarına göre 5400Pa altında kar yükü dayanımı.



Amonyak Korozyon Testi: IEC 62716 standartlarına göre Korozyon dayanımı.



PID
Potential Induced Degradation: IEC 62804 standartlarına göre PID dayanımı.



5400Pa
Rüzgar Yükü Testi: IEC 61215 standartlarına göre Rüzgar yükü dayanımı.



%200
Termal Cycle Damp Heat Testi: IEC 61215 standartlarına göre 1000 saat damp heat ve 200 termal cycles.



Bulutlu günlerde, Sabah ve Akşam saatlerinde %3 üzeri performans (200W/m²)



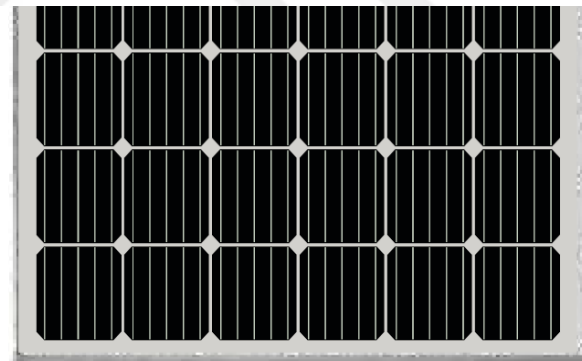
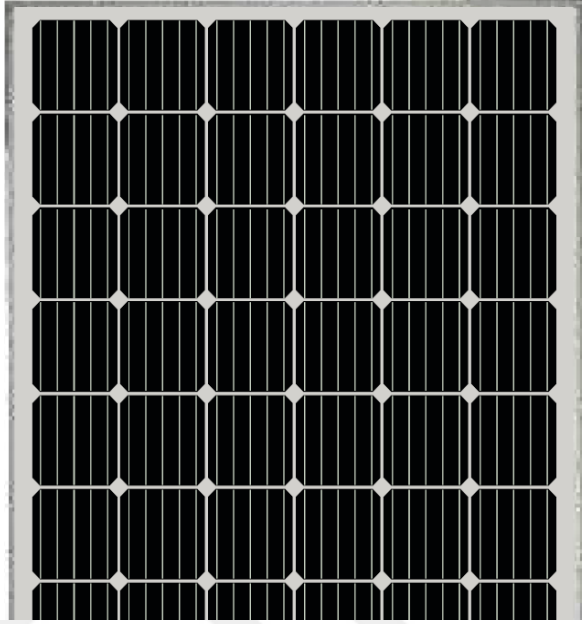
FF %
Fili Faktör Değeri: Yüksek Fili Factor değeri, artan güç, **Hücre Gücü:** 5 Busbarlı yüksek güç sahip hücreler.



QR KAREKOD
KareKod Sistemi: +5 toleransa sahip panellerin güneş simülatöründeki gerçek güç ölçümlerini karekodla görüntüleme kolaylığı.



JIT
Tam Zamanında Üretim: Panel içerisinde değiştirilemez üretim tarihi ve son bir yılda üretilen panel satış garantisi.



ISO 9001

IEC 61215

IEC 61701

ISO 14001

IEC 61730-1

IEC 62716

ISO 18001

IEC 61730-2

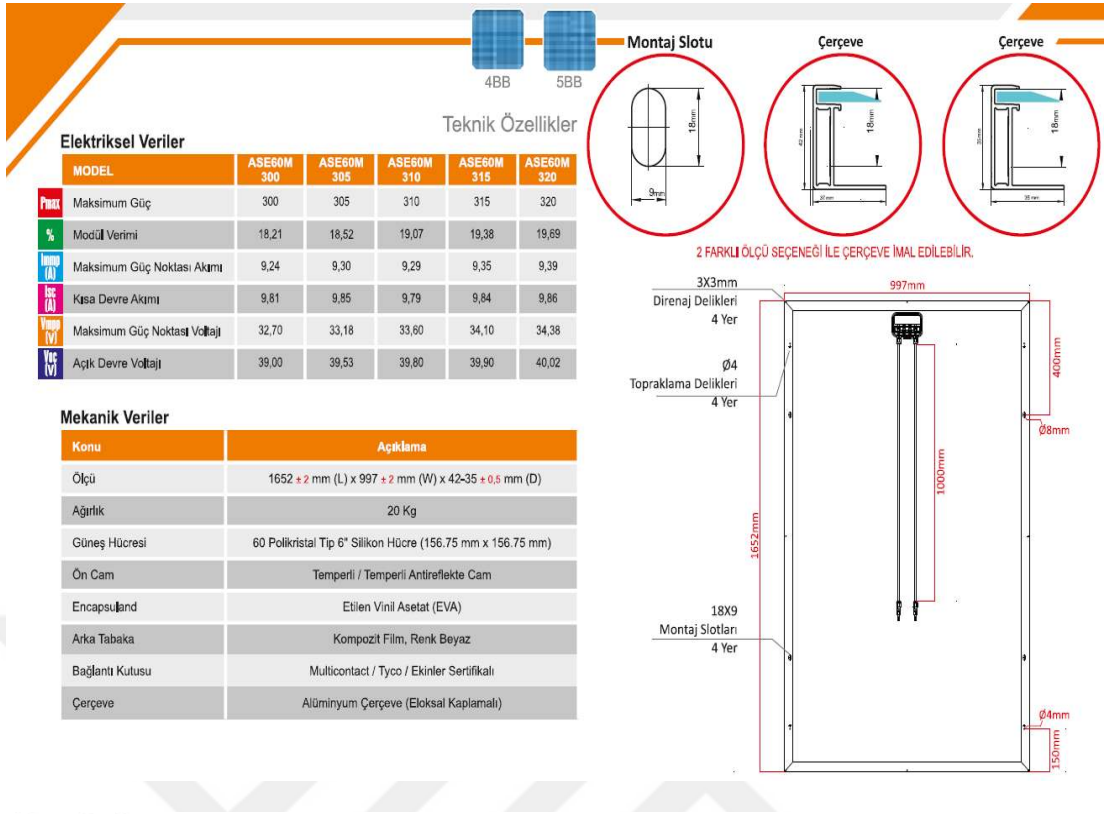
IEC 62804

YERLİ ÜRÜN DESTEĞİ
5346 Sayılı Kanun Kapsamı

Türkiye
Gücünü ve Potansiyelini Keşfet

OTOMATİK ÇERÇEVELEME, EL TESTİ, YÜKSEK GERİLİM TESTİ

53



Çalışma Koşulları

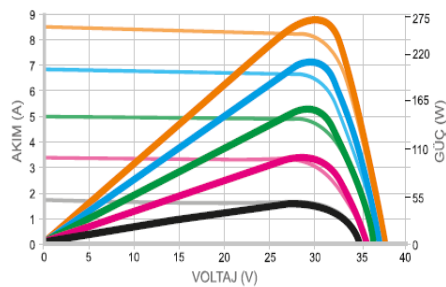
Konu	Açıklama
Mekanik Dayanım	5400 Pa (TUV Rheinland Sertifikalı)
Maksimum Sistem Voltajı	DC 1000 V
Seri Sigorta Akımı	15 A
Çalışma Sıcaklığı	-40 / +85 °C

Sıcaklık Özellikleri

Konu	Açıklama
Nominal Hücre Çalışma Sıcaklığı	44 °C ± 2 °C
Sıcaklık Katsayısı α _{isc} (%/°C)	-0,04 % / °C
Sıcaklık Katsayısı β _{Voc} (%/°C)	-0,31 % / °C
Sıcaklık Katsayısı P _{max} Y (%/°C)	-0,42 % / °C
Sıcaklık Katsayısı β _{Vmpp} (%/°C)	-0,42 % / °C

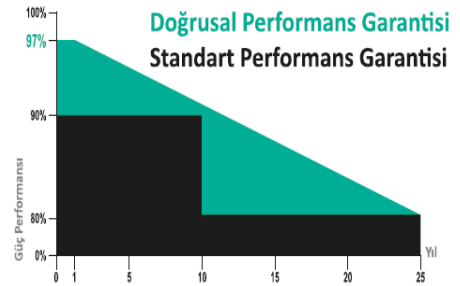
Garanti

Konu	Açıklama
Ürün Garantisi	10 Yıl
Doğrusal Performans Garantisi	10 Yıl %90 üzeri , 25 Yıl %80 üzeri
JIT Üretim	Son 1 Yılda Üretilen Panel Satış Garantisi
Güç Toleransı	Pozitif (+) 5 Watt
Panel Üzerinden Online Datasheet	QR kod



Standart test koşullarından (1000 W/m², 25°C, 1,5 AM) başlayarak 200 W/m² zayıf ışık koşullarında dahi mükemmel performans.

1000 W/m²
800 W/m²
600 W/m²
400 W/m²
200 W/m²





Elektrolüminesans: Kızılötesi ışıma ile en küçük mikro çatlak ve kırıkların kalite kontrolü.



Güneş Simülasyonu: 1000W/m² ışıma, 25 °C sıcaklıkta +5 watt tolerans güvencesi ile güç toleranslarına göre sınıflandırma.



Tuz - Sis Testi: IEC 61701 ed. 2 standartlarına göre tuz dayanımı.



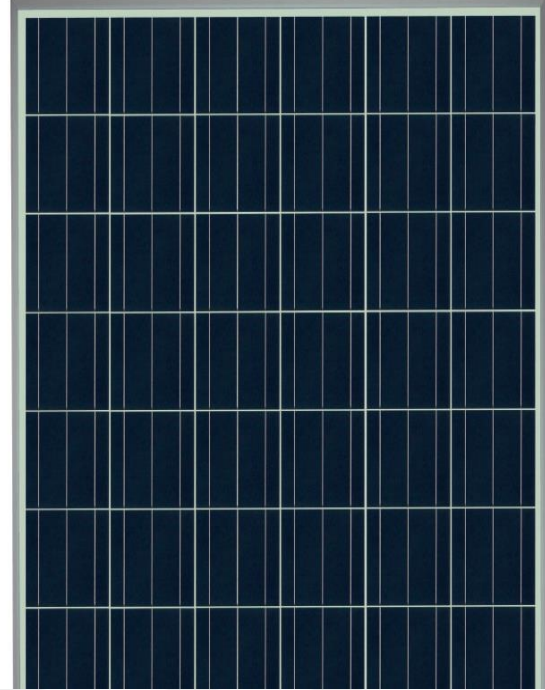
Kar Yükü Testi: IEC 61215 standartlarına göre 5400Pa altında kar yükü dayanımı.



Amonyak Korozyon Testi: IEC 62716 standartlarına göre Korozyon dayanımı.



Potential Induced Degradation: IEC 62804 standartlarına göre PID dayanımı.



Rüzgar Yükü Testi: IEC 61215 standartlarına göre Rüzgar yükü dayanımı.



Termal Cycle Damp Heat Testi: IEC 61215 standartlarına göre 1000 saat damp heat ve 200 termal cycles.



Düşük ışımda Yüksek Performans: Bulutlu günlerde, Sabah ve Akşam saatlerinde %3 üzeri performans (200W/m²)



Fill Faktör Değeri: Yüksek Fill Factor değeri, artan güç.
Hücre Gücü: 3 Busbarlı yüksek güce sahip hücreler.



KareKod Sistemi: +5 toleransa sahip panellerin güneş simülátöründeki gerçek güç ölçümlerini karekodla görüntüleme kolaylığı.



Tam Zamanında Üretim: Panel içerisinde değiştirilemez üretim tarihi ve son bir yılda üretilen panel satış garantisi.



ISO 9001

ISO 14001

ISO 18001

IEC 61215

IEC 61730-1

IEC 61730-2

IEC 61701

IEC 61716

IEC 62804

YERLİ ÜRÜN DESTEĞİ

5346 Sayılı Kanun Kapsamı

Turkey

Discover the potential

OTOMATİK DİZGİ İLE HİZALAMA VE KONTROL

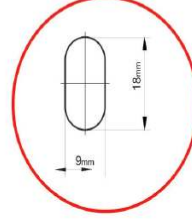
Elektriksel Veriler

	MODEL	ASE60P 245	ASE60P 250	ASE60P 255	ASE60P 260	ASE60P 265	ASE60P 270	ASE60P 275
Pmax	Maksimum Güç	245	250	255	260	265	270	275
%	Modül Verimi	14,88	15,18	15,48	15,79	16,09	16,39	16,70
Impp (A)	Maksimum Güç Noktası Akımı	7,94	8,01	8,13	8,42	8,49	8,55	8,60
Isc (A)	Kısa Devre Akımı	8,46	8,52	8,61	8,99	9,05	9,10	9,15
Vmp (V)	Maksimum Güç Noktası Voltajı	31,34	31,46	31,52	31,11	31,52	31,81	32,10
Voc (V)	Açık Devre Voltajı	37,86	37,98	38,10	37,98	38,34	38,70	38,94

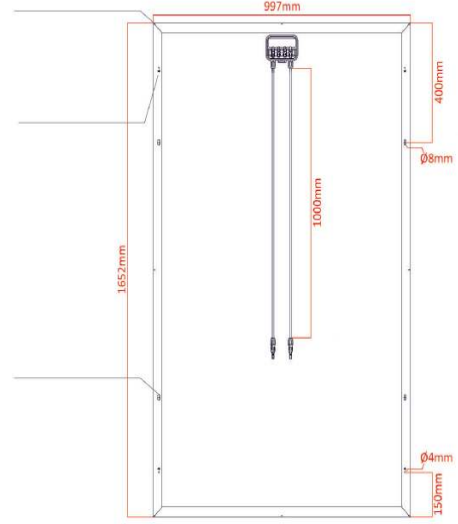
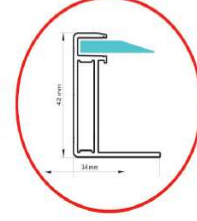
Mekanik Veriler

Konu	Açıklama
Ölçü	1652 mm (L) x 997 mm (W) x 42 mm (D)
Ağırlık	20 Kg
Güneş Hücresi	60 Polikristal Tip 6" Silikon Hücre (156 mm x 156 mm)
Ön Cam	Temperli / Temperli Antireflekte Cam
Encapsuland	Etilen Vinil Asetat (EVA)
Arka Tabaka	Kompozit Film, Renk Beyaz
Bağlantı Kutusu	Multicontact / Tyco / Ekinler Sertifikalı
Çerçeve	Alüminyum Çerçeve (Eloksal Kaplamalı)

Montaj Slotu



Çerçeve



Çalışma Koşulları

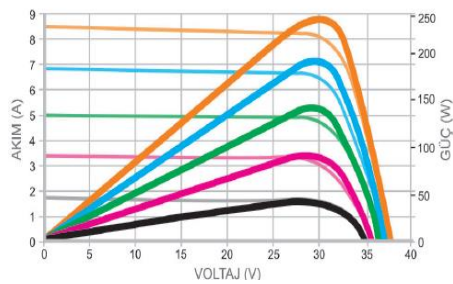
Konu	Açıklama
Mekanik Dayanım	5400 Pa (TUV Rheinland Sertifikalı)
Maksimum Sistem Voltajı	DC 1000 V
Seri Sigorta Akımı	15 A
Çalışma Sıcaklığı	-40 / +85 °C

Sıcaklık Özellikleri

Konu	Açıklama
Nominal Hücre Çalışma Sıcaklığı	45 °C ± 2 °C
Sıcaklık Katsayısı αsc (%/°C)	0,04 % / °C
Sıcaklık Katsayısı βVoc (%/°C)	-0,33 % / °C
Sıcaklık Katsayısı Pmax γ (%/°C)	-0,45 % / °C
Sıcaklık Katsayısı βVmp (%/°C)	-0,45 % / °C

Garanti

Konu	Açıklama
Ürün Garantisi	10 Yıl
Doğrusal Performans Garantisi	10 Yıl %90 üzeri , 25 Yıl %80 üzeri
JIT Üretim	Son 1 Yılda Üretilen Panel Satış Garantisi
Güç Toleransı	Pozitif (+) 5 Watt
Panel Üzerinden Online Datasheet	QR kod

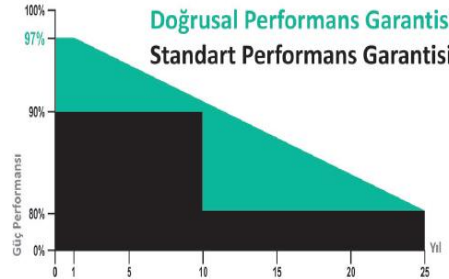


Standart test koşullarından (1000 W/m², 25°C, 1,5 AM) başlayarak 200 W/m² zayıf ışık koşullarında dahi mükemmel performans.



Doğrusal Performans Garantisi

Standart Performans Garantisi



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kaan TUNÇGÖVDE

Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1994

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : katu-94@hotmail.com
kaantuncgovde17@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : İzmir Anadolu Lisesi, 2012

Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
2017

Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Dalı, 2020

Mesleki Deneyim

Demaksan Deri Makineleri 2017-2018

Pergo Medikal 2018-2018

Setaş Enerji 2018- (halen)