

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

ŞIRNAK İLİNDE HİBRİT ENERJİ İLE BESLENEN EV MODELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Sinan NOHUT

(122135104)

Anabilim Dalı: Enerji Sistemleri Mühendisliği

Programı: Yakıtlar ve Yakma Teknolojileri

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aydın DİKİCİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 28.01.2019

ŞUBAT-2019

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞIRNAK İLİNDE HİBRİT ENERJİ İLE BESLENEN EV MODELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

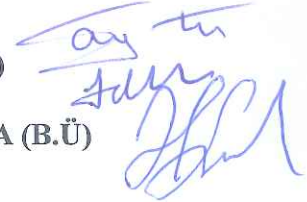
Mehmet Sinan NOHUT

(122135104)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 28.01.2019

Tezin Savunulduğu Tarih: 25.02.2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Aydın DİKİCİ (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Filiz ÖZGEN (F.Ü)
Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA (B.Ü)



ŞUBAT-2019

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında araştırma konularında yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aydın Dikici'ye teşekkürlerimi sunarım. Şırnak ili ile ilgili güneş enerjisi çalışmalarından yararlandığım arkadaşım Öğr. Gör. Ferit AKBALIK, tez düzeltmesinde yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Savaş KOÇ, güneş panellerinin maliyetleri hesaplamasında bize veri sağlayan güneş enerjisi paneli üretici firması AYETEK Solar'a ve tez dönemi boyunca manevi desteklerini esirgemeyen Eşim ve çocuklarıma teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	III
SUMMARY	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ	VI
KISALTMALAR.....	VII
SEMBOLLER LİSTESİ	VIII
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Güneş Enerjisi Nedir?.....	2
1.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Nedenleri	3
1.3. Dünyada Güneş Enerjisi	5
1.3.1.Dünyada Güneş Enerjisi Kurulu Gücü	5
1.3.2. 2015 Yılı İtibari ile Dünyada Güneş Enerjisi	6
1.3.3. 2017 Yılı İtibari ile Dünyada Güneş Enerjisi	8
1.4.Türkiyede Güneş Enerjisi	13
1.4.1. Türkiye ve Avrupa Arasındaki Güneş Enerjisi Yatırım Farklılıkları	16
1.4.2. Türkiye’de Lisanslı ve Lisanssız Güneş Enerjisi Yatırımları.....	18
2. MATERYAL ve METOD	21
2.1. Şırnak İlinde Güneş Enerjisi.....	22
2.2. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemler.....	24
2.3. On-Grid Sistemlerde Kullanılan Başlıca Malzemeler ve Özellikleri	26
2.3.1. Güneş Paneli	26
2.3.2. İnvertör	30
2.3.2.1. Tam Sinüs İnvertör	31
2.3.2.2. Modifiye Sinüs İnvertör	31
2.3.2.3. On-Grid İnvertör.....	32
2.3.3. AC Otomat.....	32
2.3.4. Çift Yönlü Sayaç	33
2.3.5. Şebeke ve Tüketici.....	33
2.4. Sadece Şebeke Elektriği Kullanan Bir Evin Ortalama Elektrik Sarfıyatı	34
3. BULGULAR	36
4. SONUÇ	39
KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ	42

ÖZET

Günümüzde fosil yakıtlarının tükenilebilir olması ve kullanımının doğaya zararlı olması gibi dezavantajları ortadan kaldırmak için, enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açıdan, bu tezde yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminden bahsedilmektedir. Dünya'nın, Türkiye'nin ve Şırnak ilinin güneş enerjisi potansiyelleri araştırılmaktadır. Şırnak ilindeki bir evin tüm elektrik enerjisi ihtiyacını Hibrit enerji kullanılarak karşılanması hedeflenmektedir. Bu amaçla evin bir yıllık elektrik enerjisi endeks değerleri alınarak ve aynı zamanda On-Grid (şebeke bağlantılı) bir sistem kullanılarak bu evin elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması ve bunun çeşitli zaman periyotlarındaki verimliliği hesaplanmaktadır. Böylece aynı güç tüketiminde sadece şebekeden elektrik enerjisi kullanılması durumu ile kıyaslama yapılarak kurulacak sistemin maliyeti, sistemin ömrü 30 yıl çalışacak şekilde hesaplanmaktadır. Elde edilen bu oranlardan faydalanarak ve bugünkü elektrik enerjisi birim fiyatı göz önüne alınarak sistemin amortisman süresi tespit edilmektedir. Ayrıca 30 yıllık süre içinde sadece şebekeden elektrik enerjisi kullanan bir abonenin sistemi kurulduktan sonraki kar oranı da belirlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Hibrit ev modeli, Maliyet, Enerji verimliliği

SUMMARY

Hybrid Energy Housing Model In Şırnak Province

Today, In order to eliminate the disadvantages of fossil fuels such as being exhausted and harmful to the environment, the use of renewable energy sources is needed to meet the energy needs. From this point of view, the importance of renewable energy sources in this thesis is mentioned. Solar energy potential of which the world, turkey and Şırnak provience are being investigated. It is aimed to meet all electrical energy needs of a house in Şırnak using Hybrid energy. For this purpose, one year electricity energy index values of the house are calculated. At the same time, by using an On-Grid system, the electrical energy requirement of this house is met and its efficiency in various time periods is calculated. Thus, in the same power consumption, the cost of the system to be established by comparing only with the use of electricity from the grid is calculated in such a way that the service life of the system is 30 years. By taking advantage of these ratios and taking into consideration the current electricity energy unit price, the depreciation period of the system is calculated. In addition, within a period of 30 years, only the rate of profit after the establishment of a subscriber using electricity from the network is calculated.

Key Words: Solar energy, Hybrid house model, Cost, Energy efficiency

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Güneşin görünümü.....	2
Şekil 1.2. Bir evin güneş ve şebekeden aynı anda beslenmesi modeli.....	3
Şekil 1.3. Güneş sistemi ve dağıtım şirketinin tüketiminin grafiksel gösterimi.....	4
Şekil 1.4. Hava durumuna göre güneş ışıınım değerleri	5
Şekil 1.5. Küresel toplam güneş enerjisi üretim miktarı (GWp).....	6
Şekil 1.6. 2015 yılı itibari ile bazı devletlerin kurulu güneş enerjisi gücü.....	7
Şekil 1.7. 2017 dünyadaki güneş enerjisi kurulu gücü.....	8
Şekil 1.8. Dünyada güneş enerjisi potansiyeli seçilmiş bölgeler	9
Şekil 1.9. 2017 yılı dünyada güneş enerjisi kurulu gücüne sahip ülkeler	10
Şekil 1.10. Türkiye’de elektrik üretimi 2018 temmuz sonu toplamı	14
Şekil 1.11. Türkiye’de güneşlenme süresi dağılım haritası	15
Şekil 1.12. Türkiye’de global radyasyon dağılımı haritası	16
Şekil 2.1. Şırnak ili güneş haritası.....	21
Şekil 2.2. Şırnak ili güneşlenme süresi değerleri	22
Şekil 2.3. Şırnak ili global radyasyon değerleri	23
Şekil 2.4. Panellerin montajlı görünümü.....	27
Şekil 2.5. Tam sinüs invertör.....	31
Şekil 2.6. Modifiye sinüs invertör	31
Şekil 2.7. On-Grid invertör.....	32
Şekil 2.8. AC otomat	32
Şekil 2.9. Çift yönlü sayacın çalışma şeması	33

TABLÖLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Ülkelere göre dünya güneş enerjisi santrali kurulu gücü	11
Tablo 1.2. Ülkelere göre kişi başına düşen güneş enerjisi santrali kurulu gücü.....	12
Tablo 1.3. Türkiye'nin güneş verilerinin bölgelere göre dağılımı.....	15
Tablo 2.1. Elektrik enerjisi birim maliyet hesaplanması	34
Tablo 2.2. Örnek evin 2015 yılı endeks değerleri.....	35
Tablo 3.1. Sistemin yatırım ve bağlantı bilgileri	36
Tablo 3.2. Sistemin yatırım amorti ve finansal bilgileri	37
Tablo 3.3. Sistemin 30 yıllık gelir gider durumu.....	38

KISALTMALAR

GEPA	: Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletimi Anonim Şirketi
BTV	: Belediye Tüketim Vergisi
DEDAŞ	: Dicle Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
PV	: Fotovoltaik
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
CSP	: Yoğunlaştırılmış Güneş Sistemleri
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GÜNDER	: Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu
OSB	: Organize Sanayi Bölgeleri
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım

SEMBOLLER LİSTESİ

P	: Güç
U	: Gerilim
I	: Akım
I_{sc}	: Sıcaklığın akım üzerindeki etkisi
V_{oc}	: Sıcaklığın gerilim üzerindeki etkisi
P_m	: Sıcaklığın çıkış gücü üzerindeki etkisi
P_{PÇ}	: Panel Çıkış Gücü
T_p	: Panel Sıcaklığı
T_o	: Ortam Sıcaklığı
CO₂	: Karbondioksit
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowattsaat
MW	: Megawatt
GW	: Gigawatt
€	: Euro
TL	: Türk lirası
°C	: Santigrat derece

1. GİRİŞ

İnsanlar güneş enerjisini eski zamanlardan beri kullanmaktadır. Güneş enerjisi alanında ilk güneş kollektörü İsviçreli bilim adamı Horace de Saussure tarafından 1767’de yapılmıştır. 1816’da İskoç bilim adamı Robert Stirling, icat ettiği bir makine için patent başvurusunda bulunmaktadır [1].

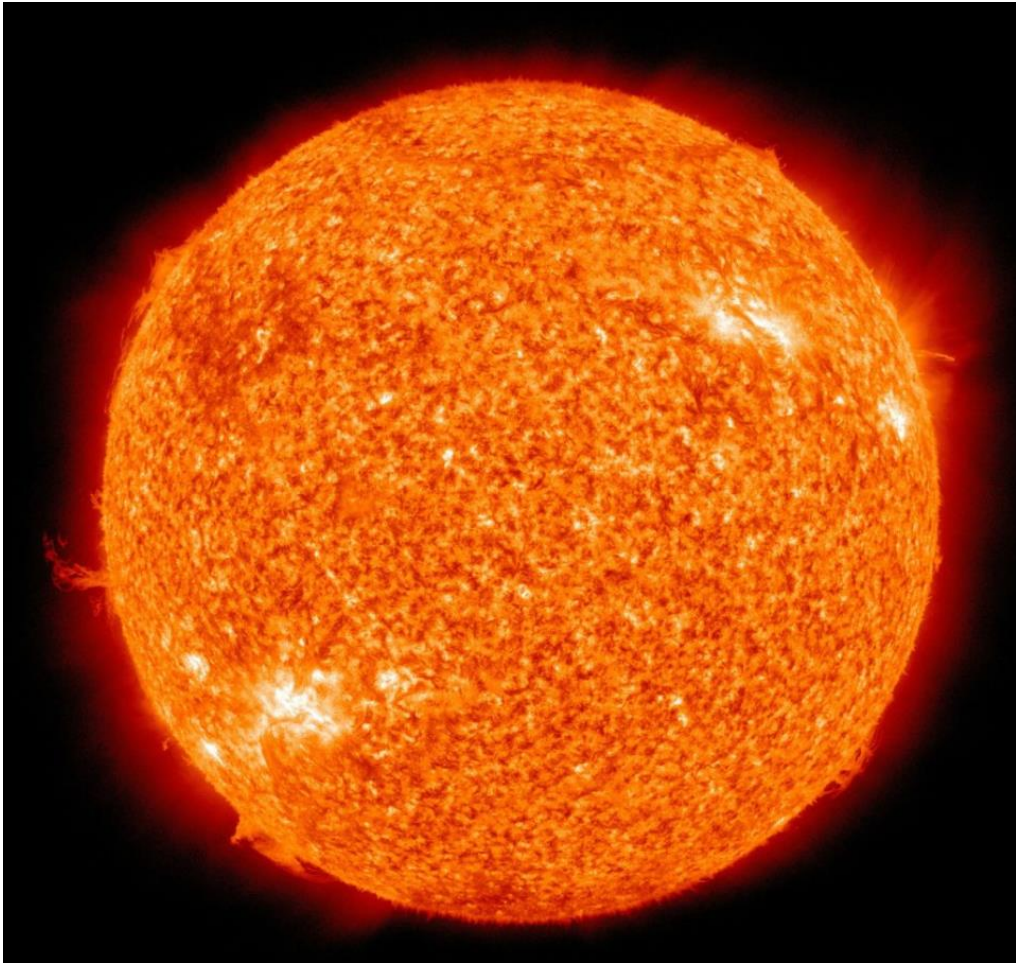
Güneş enerjisinden elektrik elde etme, 1839’da Fransız fizikçi Alexandre Edmund Becquerel tarafından, iki metal plaka arasında elektrik akımı şiddetini gözlemleyerek ışık şiddetini ölçebilen bir cihazla fotovoltaiik etki keşfedilmektedir. 1894 Melvin Seryery ‘Güneş Hücresi’ ve ‘Güneş Pili’, 1902’de Philipp Von Lenard ışık frekansı ile elektron enerjisindeki değişimi gözlemlenerek, 1904’de Wilhelm Hallwachs yarı iletkenlerin birleşimi ile oluşan güneş pili ve 1959’da Hoffman Electronics %10 verimlilikte ticari güneş pili yapılmaktadır. 1967’de Soyuz1 ilk defa güneş pilleri ile güçlendirilen insanlı uzay aracı, 1973’te uzay istasyonu skylab güneş pilleri ile desteklenerek ve 1977’de ABD Başkanı Jimmy Carter Beyaz Saray’da güneş panellerinin kullanımını başlatmaktadır. 1983’te dünya çapında fotovoltaiik üretimi 21.3 MW 250 milyon \$ rakamlarını aşarak, 1991’de boya duvarlı güneş hücresi icad edilmektedir. 1994’te uluslar arası yenilenebilir enerji laboratuvarı %30 enerji dönüşüm verimini aşan ilk güneş pilini geliştirirken, 1999’da Dünya çapında fotovoltaiik enerji kurulu gücü 1000 MW ulaşmaktadır. 2006’da %40 verimlilikle güneş pili teknolojisinde yeni dünya rekoru ve 2015’te kanatları ve gövdesi güneş panelleri ile kaplı solar impulse 2 dünya turuna çıkarak menzile rekoru kırılmaktadır [2].

Güneş enerji sistemlerini genel olarak, Termal Sistemler ve Fotovoltaiik (PV) Sistemler olarak iki başlık altında incelenmektedir. Bu çalışmada güneş enerjisi nedir? Ve neden güneş enerjisi hakkında genel bilgiler verildikten sonra, güneş enerjisinin dünyadaki durumu, Türkiye’deki durumu ve son olarak Şırnak ili için değerlendirme yapılmaktadır. Bunun yanında On-Grid (Güneş enerjisinden elde edilen elektrik ile Şebekenin aynı anda kullanılabilmesi) sistemleri hakkında genel bilgiler sunularak, son olarak günümüzde kullanılan şebeke enerjisinin maliyeti üzerinden bir evin enerji ihtiyacının şebekeden karşılanması ve Hibrit (karma) enerji ile karşılanması arasındaki kıyaslamaya bakılarak

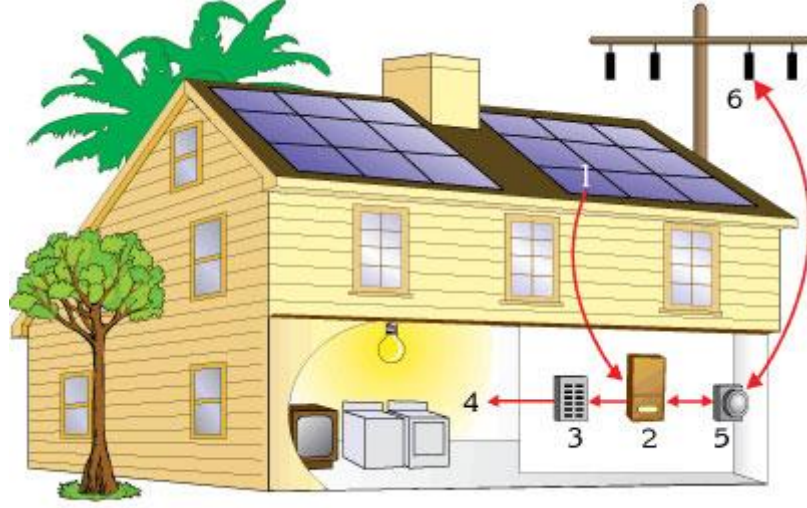
Hibrit (karma) enerji ile beslenen bir ev için bu sistemin maliyeti ve amortisman süresinin hesaplanması yapılmaktadır [3].

1.1. Güneş Enerjisi Nedir?

Güneş, Şekil 1.1’de görüldüğü gibi dünya ile beraber güneş enerji sisteminde bulunan tüm gezegenlere enerji veren büyük bir enerji kaynağı olmaktadır. Güneş enerjisi, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde en çok üzerinde çalışılan alan olarak dikkat çekmektedir. Güneş enerjisini iki ana gruba ayrılarak, termal ve fotovoltaik sistemler olarak adlandırılmaktadır. Fotovoltaik sistemlerde piller, yüzeylerine gelen güneş enerjisi ışınlarını elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Şekil 1.2’de görüldüğü gibi bir evin hem güneş enerjisinden hem de aynı anda şebekeden beslenebilen model olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.1. Güneşin görünümü [4]



Şekil 1.2. Bir evin güneş ve şebekeden aynı anda beslenmesi modeli [5]

1.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Nedenleri

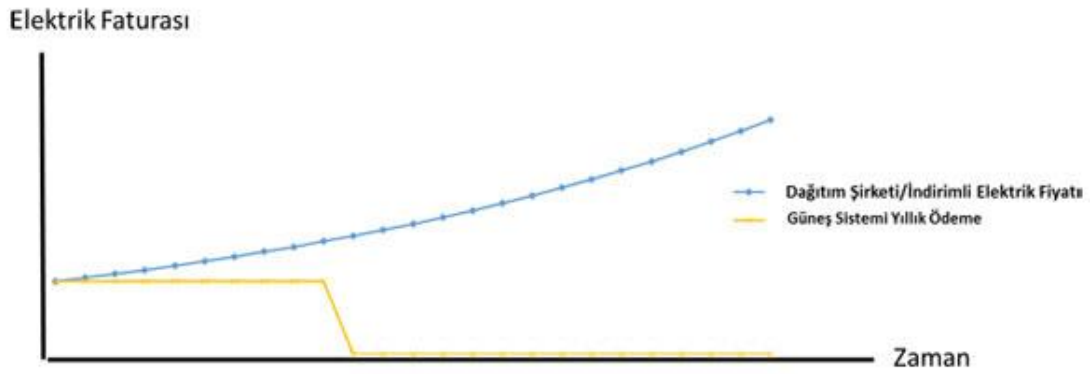
Güneş enerjisi birçok nedenden dolayı kullanılmakta bu nedenler;

- Sonsuz bir enerji kaynağı olması
- Daha ucuz ve daha temiz bir enerjiye sahip olması
- Belirli bir zaman sonra enerji üreten pozisyonuna geçmek ve beraberinde olabilecek ekonomik sıkıntılardan etkilenmemesi
- Karmaşık olmayan sade bir teknolojiye sahip olması
- İşletme masraflarının az olması
- Kurulacak sistem elektrik şebekesine bağlı olması
- Gündüz üretilen fazla elektrik sisteme verilmesi; gece tüketimi ile mahsuplaşması
- Ay sonunda yapılan sayaç okumasında; üretilen elektrik enerjisinin fazla çıkması durumunda fazladan üretilen elektrik enerjisi dağıtım şirketi almakla mükellef olması

Tüketilen elektrik enerjisinin fazla olması durumunda da mevcut tarife üzerinden bedelini tüketiciden tahsil edilmektedir. Ayrıca bunlarla beraber; Türkiye’de Temmuz 2011’de temelleri atılan ve 2012 Ağustos’ta alt yönetmelikleri tamamlanan lisanssız elektrik enerjisi üretim kanunu ile kendi elektrik enerjisini tüketiciler, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretme hakkına sahip olmaktadır [5].

Elektrik tüketim bedelini elektrik dağıtım şirketlerine ödeyen konut, ticari işletme veya sanayi tarifesini kullanan aboneler enflasyon, petrol ve doğalgaza bağlı olarak ilerleyen zamanlarda daha yüksek tüketim bedellerine maruz kalmaktadır. Fotovoltaik yatırımlarında amaç elektrik tüketim bedelini öder gibi belirli bir zaman dilimi sisteme ödeme yapıldıktan sonra elektrik gider masraflarını sıfırlamak veya büyük bir oranda tasarruf sağlamak ve hatta belirli bir zamandan sonra üretici konumuna gelmektir.

Güneş enerjisi sistemleri, güneşten saf ve temiz enerji elde etmemizi sağlamaktadır. Konutta veya iş yerinde kurulması düşünülen veya gerçekleştirilmesi planlanan bir güneş enerjisi sistemi CO2 salınımını önemli ölçüde azaltarak, küresel ısınma ile mücadelede son derece önem arz ederek ve daha da önemlisi fosil yakıt türlerine olan bağımlılığımızı minimum seviyeye indirmektedir.



Şekil 1.3. Güneş sistemi ve dağıtım şirketinin tüketiminin grafiksel gösterimi [5]

Güneş enerjisi son derece temiz bir enerji çeşidi olarak çevreyi kirlüten, gaz, duman, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi zararları olmamaktadır. Güneş enerjisi ile gerçekleştirilen projeler ile çevreci bir bilinçte olduğunu göstererek elektrik enerjisi tüketicilerinin size bakışı pozitif şekilde değişmesine sebep olmaktadır. Bugün önemli bir sektör halini alan güneş enerjisi sistemleri Şekil 1.3’de görüldüğü gibi gerek ulusal gerek tüm uluslararası firmaların vazgeçilmez yaklaşımı olan sosyal sorumluluk projeleri kapsamında yenilenebilir enerji alanında yatırımcısı, işvereni ve çalışanı ile geleceğin en önemli sektörü olma yolunda ilerlemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi sistemleri alanında atılan tüm adımlar en az 20-25 yıl gibi uzun zaman diliminde enerji tasarrufunun yanında içinde bulunulan sosyal çevrede elde edilen saygınlık ile müşteri

ve hissedarlarının yanında son derece önemli bir prestij ile rakiplerinin de birkaç adım önünde olmasını sağlamaktadır. Daha ileriki zamanlar için düşünüldüğünde bu sayıların aslında daha başlangıç olacağı görülmektedir.

1.3. Dünyada Güneş Enerjisi

Güneş dünyanın ana enerji kaynağıdır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık 170 milyar MW ışıma gelmektedir. Güneşin toplam yaydığı enerji düşünüldüğünde dünyaya gelen çok küçük bir parçadır (Şekil 1.4). Güneşten dünyaya gelen enerjinin bir günlük miktarı, dünyanın günlük enerji tüketiminin ortalama 15 – 16 bin katıdır. Güneş enerjisi dünyadaki atmosferin dışındaki şiddeti sabit olup 1370 W/m^2 'dir. Bu değer dünyada $0-1100 \text{ W/m}^2$ düzeyindedir. Bu enerji ısıtma soğutma gibi çeşitli ısı uygulamalarında ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır [6].



Şekil 1.4. Hava durumuna göre güneş ışıma değerleri

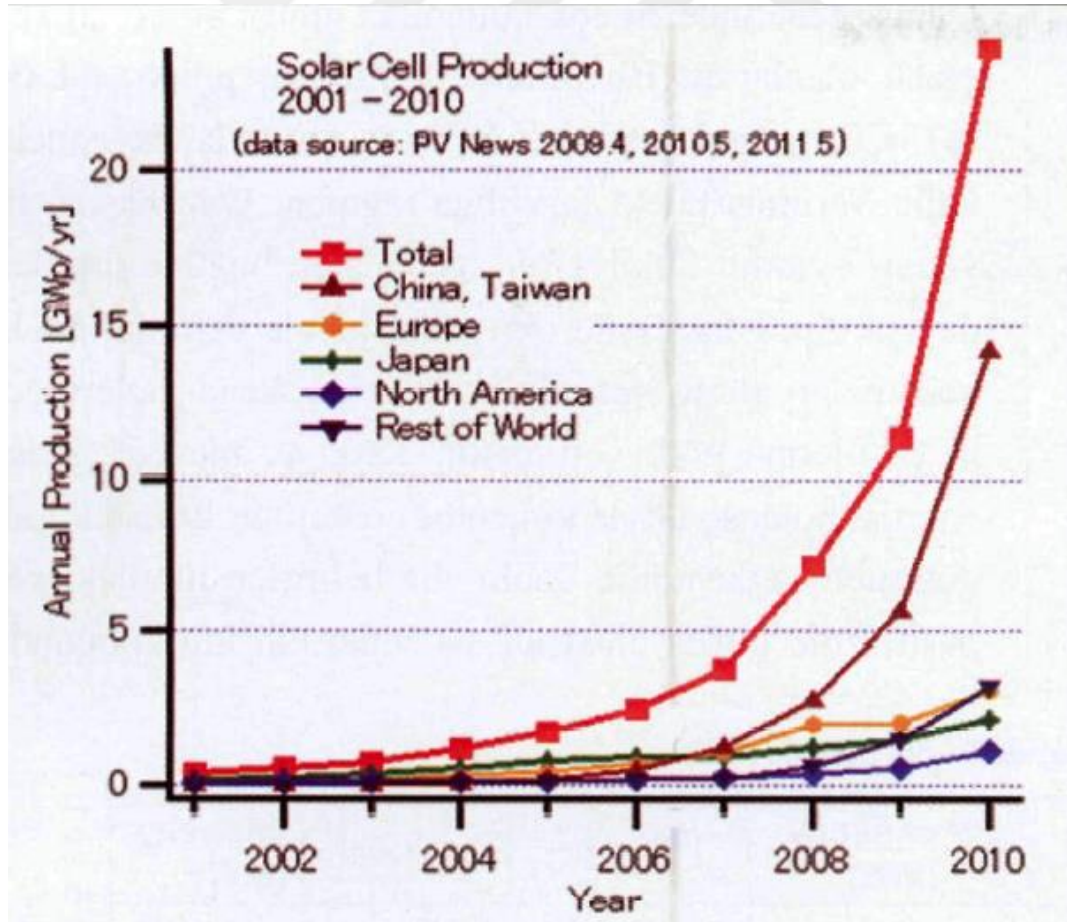
1.3.1. Dünyada Güneş Enerjisi Kurulu Gücü

Hemen hemen bütün dünya ülkelerinde güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi az yada çok yapıldığı bilinmektedir. Bunun yanında devletlerin enterkornekte sistemine bağlanmayan Off-Grid olarak adlandırılan güneş enerji santralleri istatistiklerin dışında bırakılmaktadır. Tüm dünya ülkelerinin elektrik şebekelerine bağlantılı olan diğer ismi ile

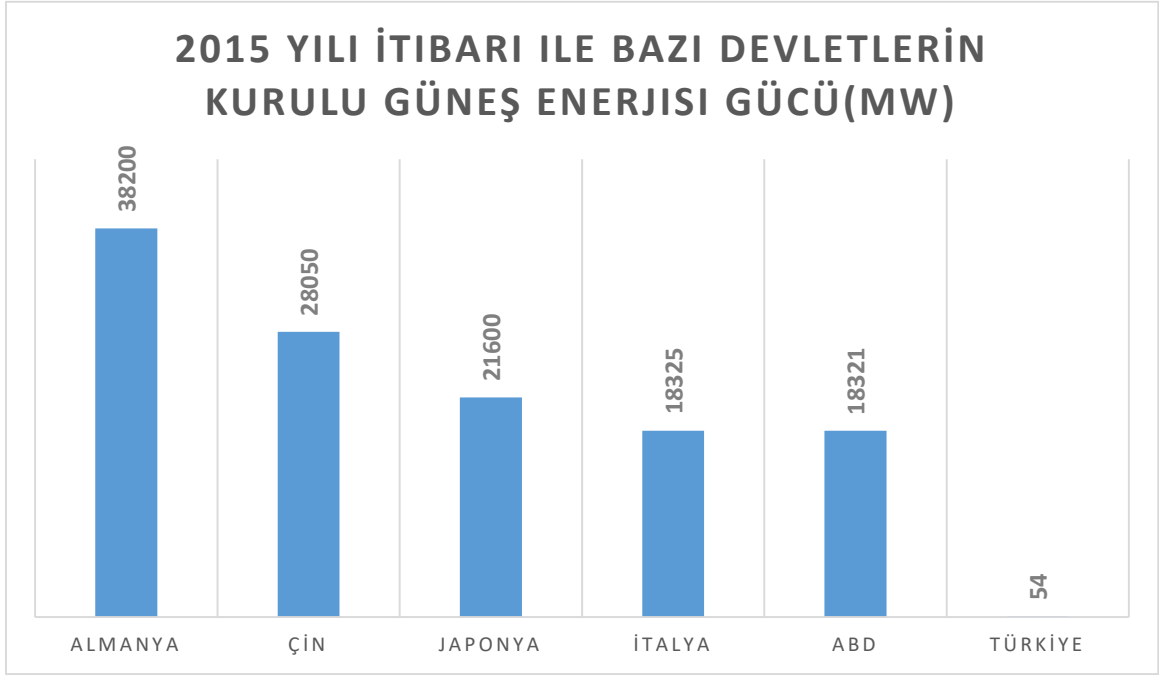
On-Grid güneş enerji sistemlerinin dağılımında Çin Halk Cumhuriyeti 78 GW'ı geçen kurulu güneş enerjisi gücü ile ilk sırada gelmektedir. Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla Japonya, Almanya, ABD, İtalya, Birleşik Krallık (İngiltere ile krallığa bağlı diğer ülkeler) ve Hindistan gibi ülkeler takip etmektedir.

1.3.2. 2015 Yılı İtibari ile Dünyada Güneş Enerjisi

Tüm dünya ülkeleri tarafından önemi anlaşılan ve giderek daha da önemi artan güneş enerjisinin gerek ekonomik bakımdan gerekse siyasi bakımdan gelişmiş dünya ülkeleri için önemli bir stratejik hal alarak gelmeye devam etmektedir. Enerji, insanlığı için son derece hayati ve bu sebeple dünya ülkeleri enerji kaynaklarının bağımlılığı ve çeşitliliğinde söz sahibi olarak çevreye zararsız enerji kaynaklarının kullanımı için sıkı rekabet içine girmektedir. 2001 ile 2010 yılları arasındaki en fazla gelişme Çin'de gerçekleşmektedir (Şekil 1.5) [7].



Şekil 1.5. Küresel toplam güneş enerjisi üretim miktarı



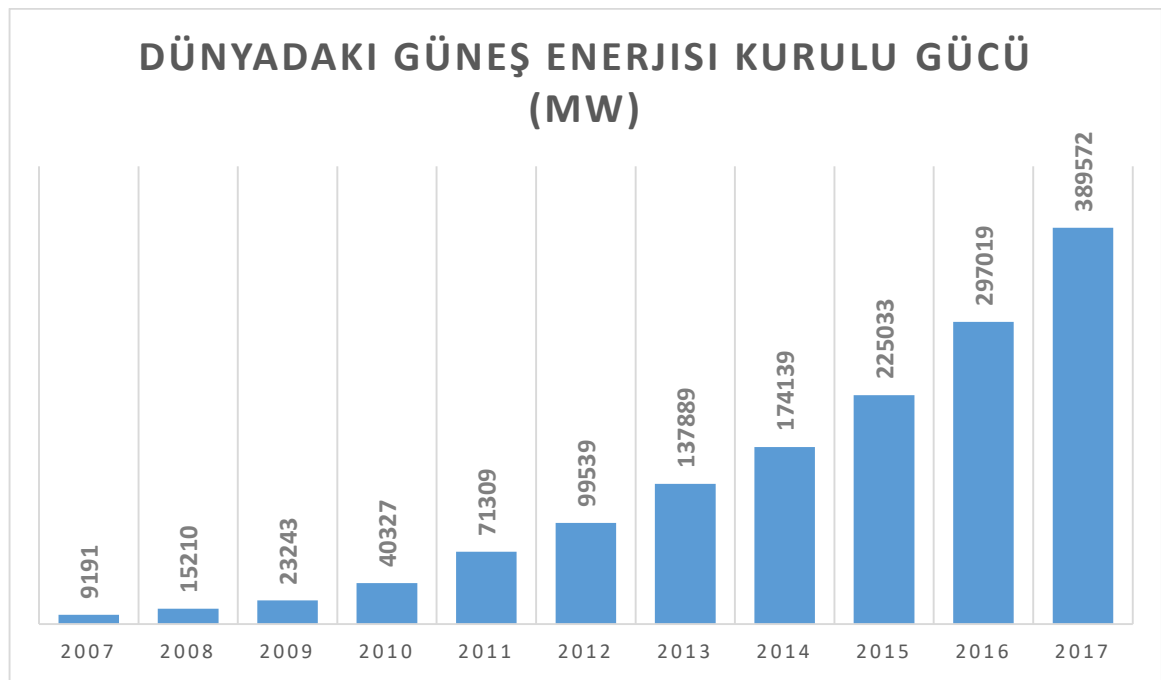
Şekil 1.6. 2015 yılı itibari ile bazı devletlerin kurulu güneş enerjisi gücü

Son yıllarda olduğu gibi 2015 yılı boyunca, güneş enerjisi alanında da birçok girişim, yenilik ve gelişme ile karşılaşmaya devam edilmektedir. Doğal kaynaklarının bilinçsizce tüketilmesi aynı zamanda devam etmekte olan küresel ısınma sonuçlarının istatistiklerine bakıldığında, enerji kaynaklarının ve yaşam kriterlerinin geleceğinden endişe duyulmaktadır. Bundan dolayı, bilhassa güneş enerjisi alanında tüm dünya devletlerinde yükselmekte olan güneş enerjisi alanında ve diğer yenilenebilir enerji alanları ile birlikte oluşan problemlerin çözümünde son yıllarda hızlı gelişmeler gerçekleşmektedir. Dünya çapında güneş enerjisi kurulu gücü 2015 yılı sonu itibari ile geçen yıla oranla % 25-30 civarında artarak yılın ilk yarı değerlerine göre 230 GW seviyelerine ulaşmaktadır. Bu durumda 57,4 GW kurulu gücü olan sektör 2015 yılında dünya çapındaki güneş enerjisi kurulu gücüne eklenmesi ile beraber, 2015 yılında da % 28 artış göstererek 178,4 GW'a gücüne erişmektedir. Bununla ilgili bazı dünya devletlerinin 2015 yılı itibari ile güneş enerjisi kurulu gücü Şekil 1.6'da görülmektedir [8].

Bütün dünya devletlerinde güneş enerjisi alanında aynı hızla değişimler yaşanmamaktadır. Özellikle Çin, güneş enerjisi alanında yatırımlarını katlayarak devam etmektedir. ABD'deki güneş enerjisi pazarında ise büyüme oranları yüzde 92

seviyelerindedir. Fakat Avrupa ülkelerinde bu oranlar 2015 yılında aşılmaktadır. Bundan dolayı 2016 yılındaki büyüme miktarı 2015 yılı kadar olamamaktadır. Hatta 2011 yılındaki güneş enerjisi tüketimindeki artış miktarı yüzdesel olarak Avrupa genelinden de fazladır. Tüm dünya devletlerini ilgilendiren bu tür ilerlemeler araştırılırken bir çok araştırmacı, eğer çok keskin değişimler yoksa bu değerleri ülkeler bazında değil de daha global olacak şekilde bölgesel veya kıtasal tarzda değerlendirmektedir.

1.3.3. 2017 Yılı İtibari ile Dünyada Güneş Enerjisi

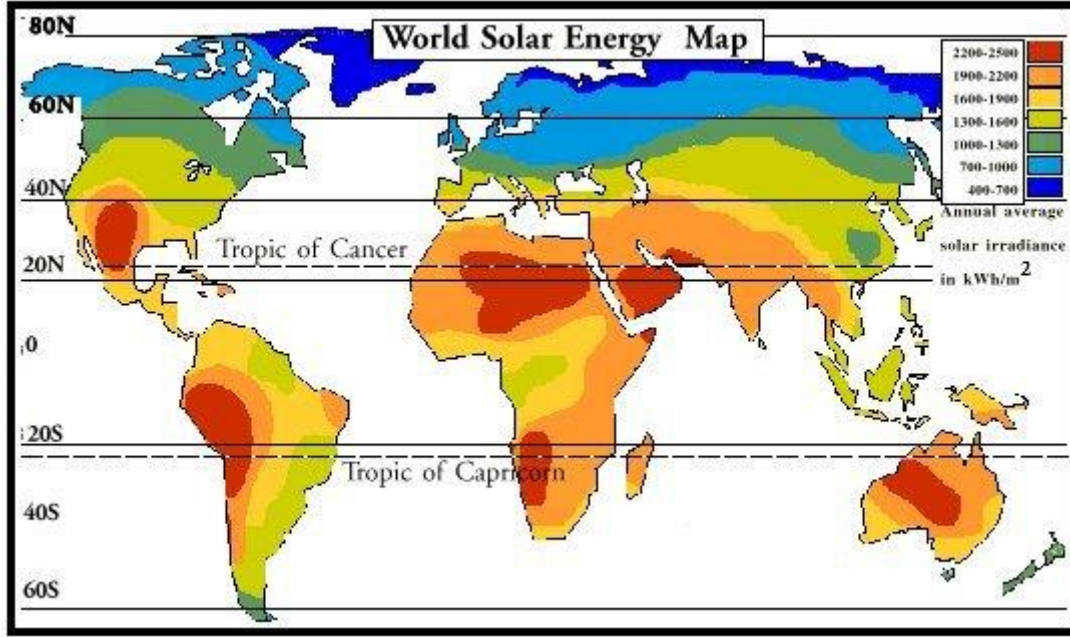


Şekil 1.7. 2017 dünyadaki güneş enerjisi kurulu gücü

2007 yılında dünyadaki güneş enerjisi miktarı 9191 MW gücünde iken 2017 yılı itibari ile dünyadaki güneş enerjisi miktarı 389572 MW gücüne erişmiş bulunmaktadır (Şekil 1.7). Buda son 10 yılda dünyada, güneşten elektrik enerjisi elde etme kapasitesinin artışı yaklaşık olarak % 4200 civarındadır[9].

Uluslararası Enerji Ajansına göre (IEA) fotovoltaik sistemleri ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri (CSP) haritalarına göre; 2050'ye kadar güneş enerjisi elektriği dünya çapında elektrik üretiminin % 20 ile % 25'ini oluşturacağı ön görülmektedir. Bu önemli sonuç IEA'nın PV ve CSP ile ilgili yeni çalışmalarından elde edilmektedir. PV ve CSP'nin

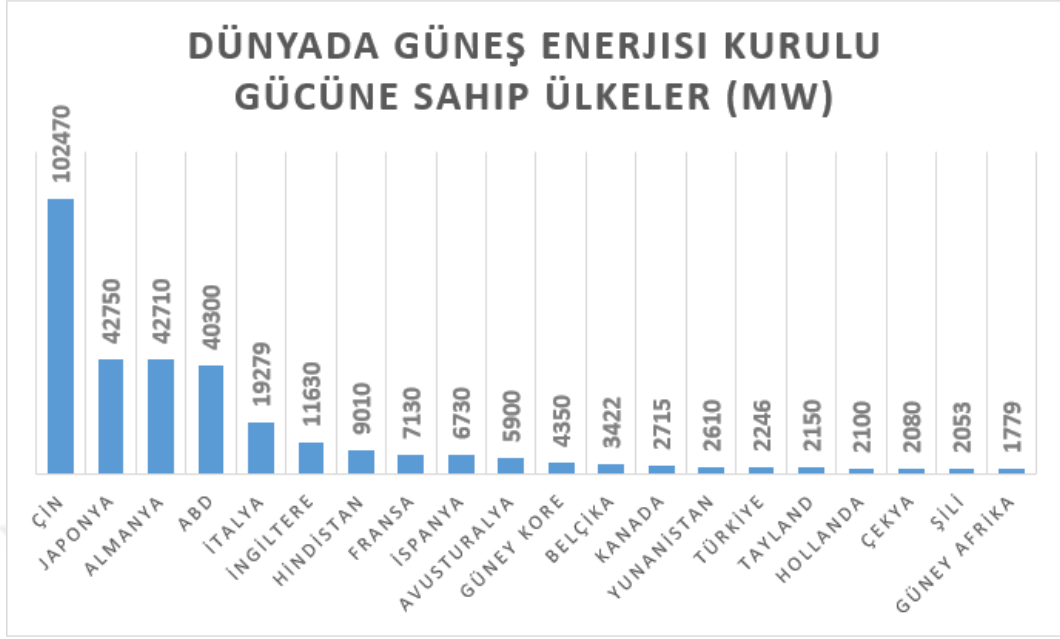
kombinasyonu elektriğin güvenliğini sağlamanın yanında, 2050’de yaklaşık yılda 6 milyar ton CO₂ emisyonunun azaltılmasına önemli katkılar sağlayacağı kabul edilmektedir. İkisinin beraber 2050’de 9000 TWh elektrik enerjisi üretebilecekleri ön görülmektedir. Dünyada, güneş enerjisi potansiyeli olan bölgeler Şekil 1.8’deki haritada belirtilmektedir.



Şekil 1.8. Dünyada güneş enerjisi potansiyeli seçilmiş bölgeler [10]

2017 yılı itibari ile dünyada güneş enerjisi kurulu gücüne sahip ülkeler verilmektedir. Buna göre Çin, 2015 yılındaki güneş enerjisi kurulu gücünü 28050 MW güç ile dünya sıralamasında 2. sıradayken Haziran 2017 tarihi itibari ile 102470 MW gücüne çıkartarak 2 yılda kurulu gücünü % 365 oranında artırarak dünya sıralamasında ilk sırayı almaktadır. Almanya ise 2015 yılındaki güneş enerjisi kurulu gücü 38200 MW güç ile dünya ülkeleri arasında 1. sırada iken Ekim 2017 yılı tarihi itibari ile 42710 MW gücüne erişmesine rağmen bu alandaki dünya sıralamasında 3.sıraya gerilemektedir. Türkiye’de ise 2015 yılı güneş enerjisi kurulu gücü 54 MW iken Kasım 2017 tarihi itibari ile güneş enerjisi kurulu gücünü 2246 MW gücüne çıkartarak bu alanda %4150 gibi büyük bir artış sağlayarak dünya sıralamasında 15.sıraya kadar yükselmektedir (Şekil 1.9).

Fotovoltaik sistemlerinin hücreleri ilk olarak 1970’li yıllarda ticari amaçlı olarak üretilmeye başladığında, maliyetleri çok yüksek olduğundan dolayı sadece önemli görülen yerlerdeki özel kullanımlar için az miktarlarda üretilerek yüksek fiyatlara satılmaktadır.



Şekil 1.9. 2017 yılı itibari ile dünyada güneş enerjisi kurulu gücüne sahip ülkeler

Son yıllarda güneş enerjisi alanındaki hızlı gelişmeler ve kullanımdaki artışlarla beraber panel fiyatlarında hızla düşüşler meydana gelmektedir. Bununla beraber pazar alanında da genişlemeler bu oranlarda değişimlere neden olmaktadır. Bilhassa bu alandaki pazarın bu kadar büyümesinde en etkili sebep, çevreye zararsız oluşunun yanında elektrik enerjisi üretiminde ekonomik rahatlıklar oluşturması ve bireysel tüketicilerin dikkatini çeşitli kampanyalara çekebilmektedir. Elbette ekonomik pencerede bunun boyutunu düşünürsek bu tarz ilerlemeler sonsuza dek devam etmesi mümkün görülmemektedir.

Küresel bazda baktığımızda Asya kıtasında 50 GW artış ile 139 GW kapasitesine ulaşarak güneş enerjisi alanında geçtiğimiz yıl en fazla büyüme gerçekleşmektedir. Bu alanda güneş enerjisi kapasitesinin hemen hemen yarısı kadar 2016 yılı itibari ile 34 GW artış ile Çin’de gerçekleşirken önemli oranda gelişme gösteren diğer devletler ise sırası ile 11GW artış ile ABD, 8 GW artış ile Japonya ve 4 GW artış ile Hindistan olmaktadır. Avrupa devletlerindeki artış sırası ile Almanya ve İngiltere’de gerçekleşirken, bu oran 5GW artış ile 104 GW’a erişmektedir [12].

Tablo1.1’de dünya genelinde en fazla güneş enerjisi santrali kurulu gücüne sahip 50 ülke yer almaktadır [11].

Tablo 1.1. Ülkelere göre dünya güneş enerjisi santrali kurulu gücü

S.	ÜLKE	GÜNCELLEME	KURULU GÜÇ (MW)
1	Çin	Haziran 2017	102.470
2	Japonya	Aralık 2016	42.750
3	Almanya	Ekim 2017	42.710
4	Amerika Birleşik Devletleri	Aralık 2016	40.300
5	İtalya	Aralık 2016	19.279
6	Birleşik Krallık	Aralık 2016	11.630
7	Hindistan	Aralık 2016	9.010
8	Fransa	Aralık 2016	7.130
9	İspanya	Temmuz 2017	6.730
10	Avusturalya	Aralık 2016	5.900
11	Güney Kore	Aralık 2016	4.350
12	Belçika	Aralık 2016	3.422
13	Kanada	Aralık 2016	2.715
14	Yunanistan	Aralık 2016	2.610
15	TÜRKİYE	Kasım 2017	2.246
16	Tayland	Aralık 2016	2.150
17	Hollanda	Aralık 2016	2.100
18	Çekya	Aralık 2016	2.080
19	Şili	Ağustos 2017	2.053
20	Güney Afrika	Eylül 2017	1.779
21	İsviçre	Aralık 2016	1.640
22	Romanya	Aralık 2016	1.330
23	Avusturya	Aralık 2016	1.077
24	Bulgaristan	Aralık 2016	1.043
25	Tayvan		1.010
26	Pakistan		1000
27	İsrail	Aralık 2016	910
28	Danimarka	Aralık 2016	900
29	Filipinler	Aralık 2016	900
30	Slovakya	Aralık 2017	545
31	Portekiz	Aralık 2016	513
32	Honduras		389
33	Meksika	Aralık 2016	320
34	Cezayir	Aralık 2016	300
35	Macaristan	Aralık 2016	288
36	Malezya	Aralık 2016	286
37	Slovenya	Aralık 2016	259
38	Polonya	Aralık 2016	196
39	İsveç	Aralık 2016	175
40	Lüksemburg	Aralık 2016	123
41	Malta	Aralık 2016	82
42	Litvanya	Aralık 2016	80
43	Kıbrıs Rum Kesimi	Aralık 2016	55
44	Hırvatistan	Aralık 2016	50
45	Norveç	Aralık 2016	27
46	Makedonya	Aralık 2016	17
47	Finlandiya	Aralık 2016	15
48	Estonya	Aralık 2016	10
49	İrlanda	Aralık 2016	5
50	Letonya	Aralık 2016	2

Tablo 1.2. Ülkelere göre kişi başına düşen güneş enerjisi santrali kurulu gücü

S.No	ÜLKE	KURULU GÜÇ (MW)	KİŞİ BAŞINA KURULU GÜÇ(WATT)
1	Almanya	42700	516
2	Japonya	42750	337
3	İtalya	19279	318
4	Belçika	3422	301
5	Yunanistan	2610	242
6	Avusturalya	5900	240
7	Lüksemburg	123	208
8	Çekya	2080	197
9	İsviçre	1640	195
10	Malta	82	191
11	Birleşik Krallık	11630	177
12	Danimarka	900	156
13	Bulgaristan	1043	147
14	İspanya	6730	145
15	Slovenya	259	125
16	Amerika Birleşik Devletleri	40300	124
17	Avusturya	1077	122
18	Hollanda	2100	122
19	Şili	2053	112
20	Fransa	7130	106
21	İsrail	910	104
22	Slovakya	545	100
23	Güney Kore	4350	85
24	Kanada	2715	74
25	Çin	102470	74
26	Romanya	1330	67
27	Kıbrıs Rum Kesimi	55	65
28	Portekiz	513	50
29	Honduras	389	44
30	Tayvan	1010	43
31	Güney Afrika	1779	31
32	Tayland	2150	31
33	Macaristan	288	29
34	Litvanya	80	28
35	TÜRKİYE	2246	28
36	İsveç	175	17
37	Hırvatistan	50	12
38	Malezya	286	9
39	Filipinler	900	9
40	Makedonya	17	8
41	Estonya	10	8
42	Cezayir	300	7
43	Hindistan	9010	7
44	Norveç	27	5
45	Polonya	196	5
46	Pakistan	1000	5
47	Finlandiya	15	3
48	Meksika	320	3
49	İrlanda	5	1
50	Letonya	2	1

Tablo 1.2’de dünya genelinde ülkelere göre kişi başına düşen güneş enerjisi santrali kurulu gücü olan 50 ülke yer almaktadır [11].

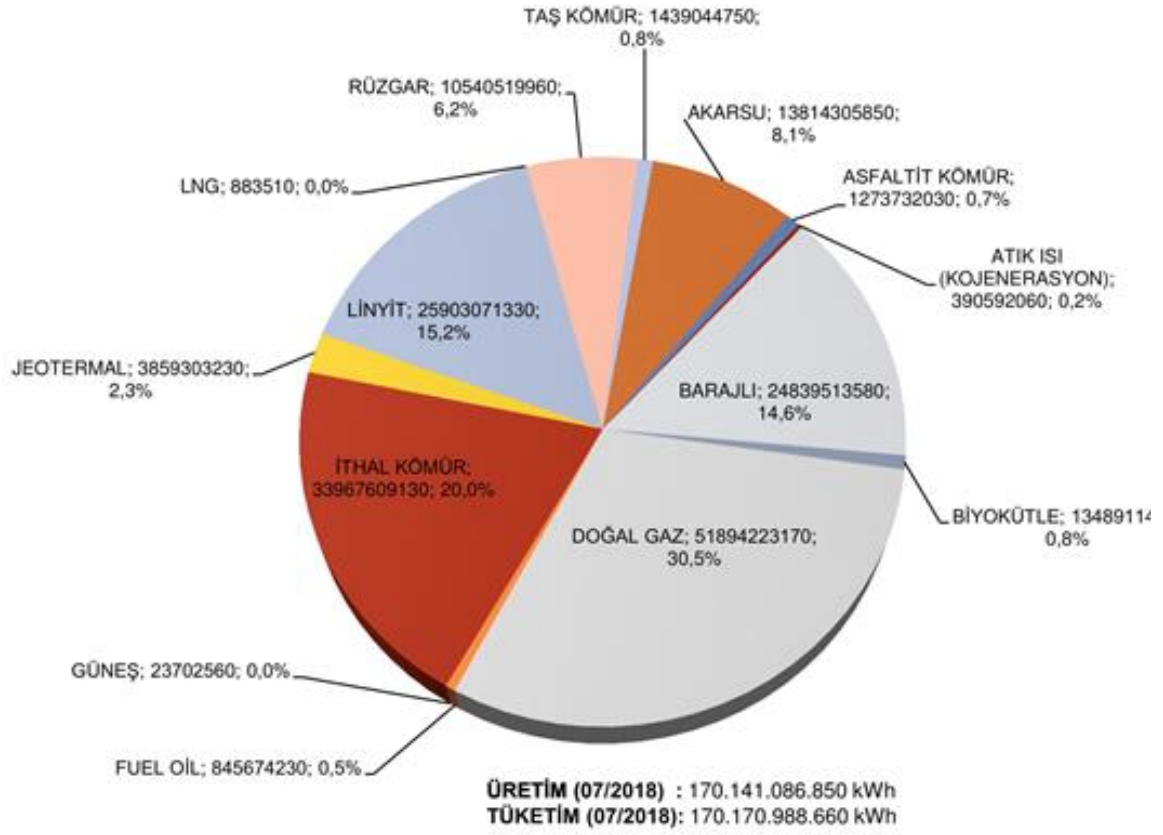
2017 yılında toplamda dünya genelinde kurulan güneş enerjisi 100 gigawatt kapasitesine ulaşarak daha net bir ifade ile belirtmek gerekirse 98 GW’lık bir kurulum gerçekleştirilerek dünyadaki birikmiş kurulu güç 402,5 gigawatta yükselmektedir. Çin, ABD, Hindistan ve Japonya, 2017 yılında bu alandaki büyük pazarları temsil ederek, bu dört devlet de ek kurulu güç kapasitesinin % 80’inden fazlasını oluşturmaktadır. Öte yandan, küresel güneş enerji kapasitesinin % 55’i Çin ile Asya-Pasifik bölgesinde gerçekleşirken, sadece 2017 yılında Çin’de kurulan güç 53 gigawatt kapasiteye ulaşmaktadır. 2017 yılında güneş enerjisi, dünyada üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık % 2’sine katkı sağlamaktadır [11].

1.4.Türkiyede Güneş Enerjisi

Türkiye’nin kurulu gücü dikkate alındığında ise güneş enerjisinden ne kadar az faydalandığı daha açık görülmektedir (Şekil 1.10).

EİE’e [6] göre Türkiye coğrafi olarak güneş enerjisi potansiyeli açısından dünyadaki birçok ülkeye göre daha şanslı bir ülkedir. Türkiye’nin yıllık enerji tüketimi 100 milyon MW civarındadır. Güneşten dünyaya saniyede 170 milyar MW civarında enerji geldiği düşünülürse, güneşten dünyaya bir saniyede gelen enerji Türkiye’nin yıllık harcadığı enerjinin 1700 katıdır. EİE’nin yapmış olduğu çalışmalara göre, Türkiye’nin yıllık toplam güneşlenme süresi ortalama olarak 2740 saat, günlük toplam 7.53 saat, toplam ısınım şiddeti ortalaması ise 1.525 kWh/m²-yıl, günlük toplam 4.18 kWh/m² olduğu tespit edilmektedir. Türkiye’nin güneş enerjisi açısından 4600 km² kullanılabilir alanı ve ortalama 110 gün civarında yüksek değerlerde güneş enerjisi potansiyeline sahiptir.

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİ-2018 TEMMUZ SONU TOPLAM



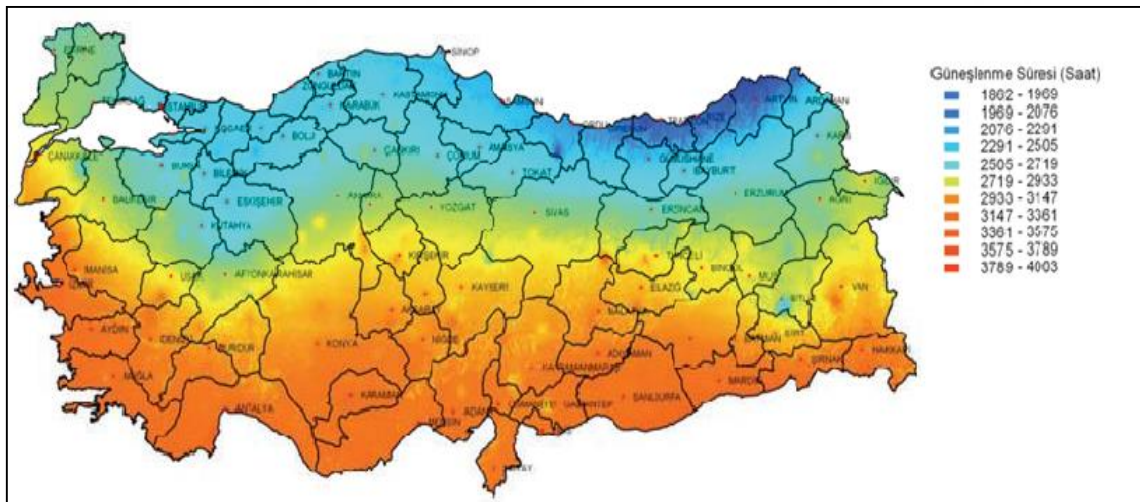
Şekil 1.10. Türkiye’de elektrik üretimi 2018 Temmuz sonu toplamı [14]

Türkiye’de şebekeden bağımsız şekilde çalışan güneş pili sitemlerinin 2010 yılında 5 MW dolaylarında iken 2015 yılında 54MW ve 2017 kasım itibari ile 2246 MW’a ulaşmaktadır. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı’nın hazırlamış olduğu Güneş Enerjisi Sektör Raporu’nda Türkiye’nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli bölgelere göre dağılımı görülmektedir (Tablo 1.3).

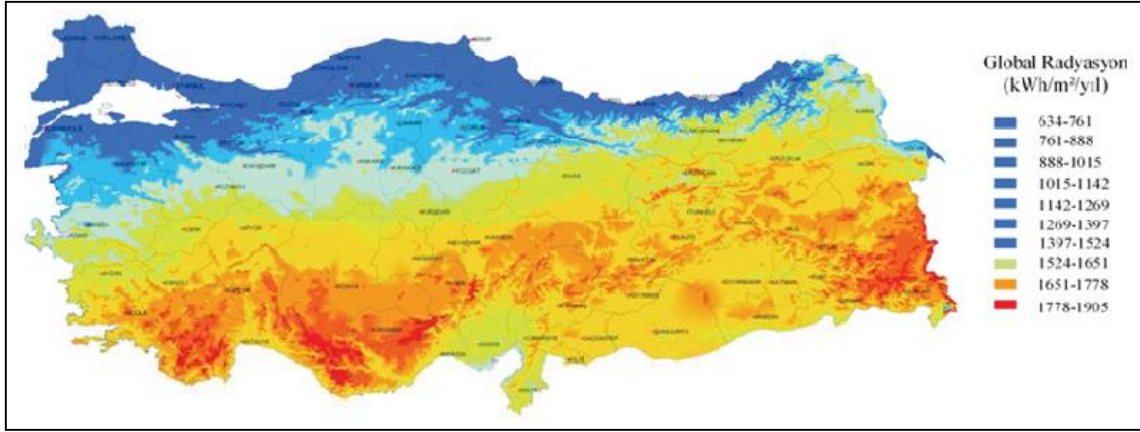
Tablo 1.3. Türkiye'nin güneş verilerinin bölgelere göre dağılımı [15]

BÖLGE	TOPLAM ORTALAMA GÜNEŞ ENERJİSİ kWh/m ² -yıl	EN ÇOK GÜNEŞ ENERJİSİ (Haziran) kWh/m ²	EN AZ GÜNEŞ ENERJİSİ (Aralık) kWh/m ²	ORTALAMA GÜNEŞLENME SÜRESİ Saat/yıl	EN ÇOK GÜNEŞLENME SÜRESİ (Haziran) Saat	EN AZ GÜNEŞLENME SÜRESİ (Aralık) saat
Güneydoğu And.	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Doğu And.	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

Türkiye’de en fazla güneş enerjisinden faydalandığı ay Haziran ve en az güneş enerjisinden faydalandığı ay ise Aralık ayıdır (Tablo1.3). Bölgeler açısından en çok faydalanılacak iki bölge Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi, en az faydalanılacak bölge ise Karadeniz Bölgesi olmaktadır.



Şekil 1.11. Türkiye’de güneşlenme süresi dağılım haritası



Şekil 1.12. Türkiye’de global radyasyon dağılımı haritası

EİE’nin yapmış olduğu çalışmalar sonucu hazırlanan Türkiye yatay düzleme gelen radyasyon değerleri Türkiye’de global radyasyon dağılımı haritasında görülmektedir (Şekil 1.11). Ayrıca güneşlenme süreleri ise Türkiye’de güneşlenme süresi dağılımı haritasında görülmektedir (Şekil 1.12) [16].

Türkiye güneş enerjisi gerçek potansiyelinin bulunabilmesi için EİE tarafından İzmir, Didim, Antalya, Adana ve Ankara’da güneş enerjisi gözlem istasyonlarından birer tane kurulmuştur. Bu istasyonlar ile saatlik olarak sıcaklık verileri güneşlenme süreleri ve güneş enerjisi verileri kaydetmektedir. Bu istasyonlardan Antalya’daki istasyon, 5 yıllık süresini doldurduğu için Isparta’ya taşınmıştır. DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri)’de bu verileri elde etmek için Antalya, Şanlıurfa, Konya, Ankara ve Samsunda kurmuştur [6,17].

1.4.1. Türkiye ve Avrupa Arasındaki Güneş Enerjisi Yatırım Farklılıkları

Türkiye’nin bu kadar yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olmasına rağmen güneş potansiyeli Türkiye’den % 60 oranında daha az olan Almanya’da ise güneş enerjisi kurulu gücü 42710 MW gücüne ulaşırken 2014 sonu itibari ile Türkiyede ise 54 MW, 2015 ekim sonu itibari ile 179 MW ve 2017 kasım itibari ile de 2246 MW olarak tespit edilmektedir. Bu oranın daha fazla gelişmemesinin önündeki en büyük engel ise brokrasi olarak gösterilmektedir.

Türkiye’de bu tarz bir yatırımı yapmak için en az 25 kurumun imzası gerekmekte ve 1 yıllık bir süreçte tamamlanmaktadır. Eylül 2014’te Uluslararası Enerji Ajansı’nın hazırlamış olduğu güneş enerjisi raporuna göre, 2050 yılında güneş enerjisinin lider enerji kaynağı konumuna geleceği işaret edilmektedir. Aynı zamanda Uluslararası Enerji Ajansı’na göre ise, özellikle son yıllarda güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşması ve kurulum maliyetlerinin düşmesi bu alandaki yatırımların önünü açmaktadır [18].

Dünya devletleri arasında güneş enerjisi alanında yatırımlarına büyük bir hız veren devletlerin başında Çin, Japonya, Almanya ve ABD gelmektedir. 2017 yılında ise ülkemizde de bu alanda çok ciddi artışlar meydana gelmektedir. Bu alanda lider konumuna gelen Çin, 102470 MW kurulu güce sahipken Almanya da ise bu oran 42710 MW kurulu güce sahip olmaktadır. Oysa güneş enerjisi bakımından Türkiye, Almanya’dan yüzde 60 daha fazla güneş enerjisi imkanına sahip olmasına rağmen 2017 yılı itibari ile Almanya’nın güneş enerjisi kurulu gücü Türkiye’nin güneş enerjisi kurulu gücünün % 1900 katıdır. Almanya’nın güneş enerjisi kurulu gücü toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün % 21’lik payla kömür enerjisi kurulu gücünün ardından ikinci sırada gelmektedir.

Türkiye elektrik ihtiyacının % 20’sini güneşten karşılarken, şu anda güneşin elektrik üretimindeki payının binde bir civarında olduğu Türkiye’de, kurulu güç Kasım 2017 itibari ile sadece 2246 MW’tır. Yine bu konuda Türkiye’nin 2023 hedefi 20 bin MW olduğu bilinmekte ama bunun için mutlaka bürokrasinin esnetilmesi gerektiği aşikâr olmaktadır.

Bu konudaki sektör yetkilileri ise Türkiye’de hükümetin destekleri artırması ve bürokratik engellerin esnetilmesi gerektiği görüşü hâkim olmaktadır. Özellikle yerli yatırımcılar yatırımlara başlamış durumda ama yabancı yatırımcıları çekebilmek için mutlaka bürokratik engellerin esnetilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Almanya’nın 17 yılda 42710 MW’a ulaşması İtalya, İspanya, Yunanistan, Belçika, Fransa, Hindistan’ın bizden çok önde olduğu görülmektedir. 2014 yılı sonunda Türkiye’de 54 MW, 2015 Ekim sonu itibari ile 179 MW ve 2017 Kasım sonu itibari ile de 2246 MW olarak tespit edilmektedir. Güneşin en az olduğu ülkelerden biri olan İngiltere’nin 2020 hedefi bile 20 bin MW iken Türkiye’de gerekli bürokratik kolaylıklar ve teşviklerle 2023

yılında rahatlıkla 20 bin MW'lık kapasiteye ulaşabilmektedir. Çünkü Türkiye Avrupa'nın 3 katı güneş ışınlamına sahip bir konumdadır [11].

Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü (GÜNDER)'e göre, Türkiye'deki güneş ışınlam değerlerinin Avrupa'nın birçok ülkesinin en az üç katıdır. Buna rağmen Avrupa'daki ülkelerden başta Almanya olmak üzere Avrupa'nın kuzeyindeki ülkelerin birçoğunun güneş enerjisi kurulu gücü Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücünden fazla ama Türkiye şu anda gelişme sürecindedir.

Güneş enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla kullanım kolaylığı ve sahip olduğu potansiyel ile daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek bir fırsata sahiptir. Bir MW'lık güneş enerjisi kurulu gücü kurulumunda yaklaşık 30 kişinin istihdam edildiği düşünüldüğünde 2023 yılı hedefleri baz alındığında yaklaşık 20 bin MW kurulu gücü kurulursa 600 bin kişinin istihdam edilmesi demektir. Bu istihdam oranı Türkiye'nin en çok istihdama ihtiyacı duyulan Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde işsizlik oranını büyük orada düşürmektedir. Özellikle tarımsal üretimin olmadığı bölgelerde bu istihdam potansiyelinin ülkeye çok büyük fayda sağlayacağı açıkça görülmektedir [11,19].

1.4.2. Türkiye'de Lisanslı ve Lisanssız Güneş Enerjisi Yatırımları

Güneşe enerjisinde iki tür yatırım şekli vardır. Bunlar Lisanslı ve lisanssız yatırımlar olarak adlandırılmaktadır. Bu alanda Lisanslı yatırımcı olarak enerji sektörüne girmek isteyen yatırımcılar için enerji bakanlığı MW gücünü belirleyip gerekli ihale işlemlerini gerçekleştirmektedir.

Enerji yatırımcıları lisanslı bir proje yatırımı yapmak istemeleri durumunda enerji yatırımı için ihalenin yapılmasını beklemeleri gereken ilk süreçtir, fakat yapılacak güneş enerjisi yatırım ihalesini almaları da yeterli değil, enerji üretim lisanslarının kapasiteye dönüşebilmesi için minimum üç yıllık süreç gereklidir. Lisans alındıktan sonraki süreçte yapılacak ölçümler ve bu alandaki bürokratik işlemlerin süre olarak uzun olması bu süreçlerin uzamasının ana nedenleridir. Bu alandaki diğer bir alternatif ise daha önce yapılmış lisanslı projelere ortak olmak olarak değerlendirilebilir.

Türkiye'deki lisanslı enerji pazarında yüksek miktarlardaki teminat gösterme şartı, yapılması gereken ölçümler vb. sebeplerden dolayı bu alandaki bir diğer pazar türü olan lisanssız pazara ilginin kaydığı görülmektedir. Türkiye'de 1 MW'tın aşağısındaki enerji yatırımları için lisans alma gerekliliği bulunmamaktadır. Lisanssız enerji pazarının tüketicinin kendi tüketimi için elektrik enerjisi üretmek isteyen vatandaşlar için kurulduğunu, fakat zamanla bu uygulamanın amacının dışına çıktığı anlaşılmaktadır. Ticaretini yapmak için enerji üretimi yapan kişiler mevzuatta ayıklanmalıdır.

Lisanssız elektrik enerjisi üretimi ilk başlarda yatırımcının kendi tüketimi, tamamen kendi ihtiyaç duyduğu tüketimi için kendi elektrik enerjisini üretebilmesi için çıkartılan bir kanun olmasına rağmen ihtiyaç duyduğu tüketim ihtiyacı mevcut kanundan çıkarılınca enerji yatırımcıları, oluşan bu boşluğu bir ticaret mevzuatı olarak kullanmaktan kaçınmamaktadırlar. Bu alandaki yatırımcıların çok büyük oranı saha alanlarına 1 MW santral kurarak devlete satmanın peşine düşerken, ancak Mart 2016 tarihinden sonra kanunda yapılan düzenleme ile beraber bu tarz kanunsuz yatırımların gelişi güzel yapılmasının önüne geçilmektedir. Bu alanda yatırım yapmak isteyen yatırımcıların yapabilecekleri maksimum yatırım miktarı ancak kendi öz tüketim miktarının 30 katına kadar yatırıma izin verilebilmektedir. Bu oranın dışına yatırımcı çıkamamaktadır [13,19].

Lisanssız elektrik enerjisi üretimine son yıllardaki taleplerde çok büyük artışlar meydana gelmektedir. Lisanssız Elektrik Üretim Derneği kayıtlarına göre 2014 yılı sonu itibari ile 6.000 MW'tın üzerinde başvurunun yapıldığı ve bu başvuruların yarısının 2014 yılında geldiği söylenmektedir. Bu başvuruların 2000 MW'lık kısmının onaylandığı ve 3000 MW'lık kısmının da incelemesine devam edildiği söylenmektedir. Buda lisanssız elektrik enerjisi üretme pazarının her geçen gün daha da büyüyeceğini göstermektedir.

İster lisanslı ve ister lisanssız güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim pazarlarında ortak sorun, bürokrasi ve mevzuatlardaki gereksiz işlemlerden dolayı, lisanslı veya lisanssız güneş enerjisinden elektrik üretimi yatırımlarını yapmak isteyenlerin minimum 25 tane kurumla muhataplığı söz konusu olduğu bilinmektedir. Bu tür muhataplık durumlarında gerekli yazışmaların tamamlanması yaklaşık bir yıllık zaman almaktadır. Bu uzun süreler ve bürokratik işlemler bu alandaki yatırım yapan kurum ve kişileri olumsuz etkileyerek yatırım yapmaktan kaçtırmaktadır.

Tüm bu olumsuzluklara rağmen şu anda Türkiye’de son derece büyük talepler olduğu söylenmektedir. Bu konuda çeşitli üretici firmalar ile yapılan araştırmalar neticesinde ”ben meskenimin veya iş yerimin çatısına bu sistemi kurmak istiyorum” diyenler ve “yabancı fonlarla anlaşma yapıp yatırım yapacağım” diyen insanların sayısının Türkiye de çok fazla olduğu tespit edilmektedir. Buna karşın, insanların bir süre sonra bu arzularından vazgeçtikleri görülmektedir. Vazgeçme gerekçeleri olarak genelde bu kadar mevzuatla uğraşamaz düşünceleri çoğunlukla dile gelmektedir. Avrupa’da bu kadar kolaylıklar varken ülkemizde bunların olması ülkemiz adına kaygı verici boyutta olduğu tespit edilmektedir.

Şu anda ufacık bir yatırımcı bile 25-30 tane devlet kurumuyla uğraştığı düşünüldüğünde bütün bu işlemlerin tek bir kuruma başvurusu ile olması gibi olanaklar meydana getirilirse bu alanda yatırım yapmayı düşünen yatırımcılar genelde yatırım miktarlarının 5 ile 8 yıllık periyot sonrasında geri almak istemeleri de göz önüne alınmaktadır. Bu tarz yatırımları ülke olarak elimizde tutmamız çok daha rahat hale gelerek zorluklarla karşılaştırıp vazgeçirtmememiz gerekliliğine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

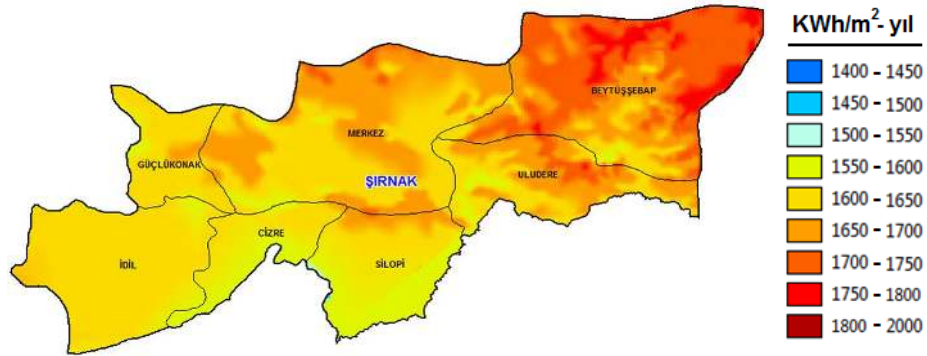
Lisanssız Elektrik Üretim Derneği’ne göre de Türkiye’de politik irade olmasına rağmen uygulama ve bürokrasideki yavaşlık sorun yaratmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelere yakışmayan bir durum söz konusu ve bunun bir an önce çalışmalarının başlanıp sonuçlandırılması ülke menfaatine olacağı düşünülmektedir [11].

2. MATERYAL ve METOD

Şırnak ilinin güneş enerjisi potansiyeli araştırılırken güneşlenme süreleri, global radyasyon değerlerine bakılarak Şırnak'ta bulunan bir evin toplam elektrik enerjisi sarfiyatını karşılamak için gerekli On-Grid bir sistem ona göre belirlenmektedir.

2.1. Şırnak İlinde Güneş Enerjisi

Şırnak ili için yapılan çalışmada mart ayında il merkezi ve ilçe merkezlerinde en az iki noktadan anlık güneş ışıınım değerleri alınarak mart ayı ortalama değerleri çıkarılmaktadır. Bu ortalama değer ile Şırnak il genelinin son 10 yıllık değerleri analiz edilerek yıllar arasındaki sapma tespit edilmektedir. Bu sapma mart ayı verileri baz alınarak ölçüm değerleri gün, ay ve yıl şeklinde genişletilerek elde edilen bu değerler GEPA (Türkiyenin Güneş Enerji Potansiyeli Atlası) ve DMİ verileri ile karşılaştırılarak analiz yapılmaktadır [20].

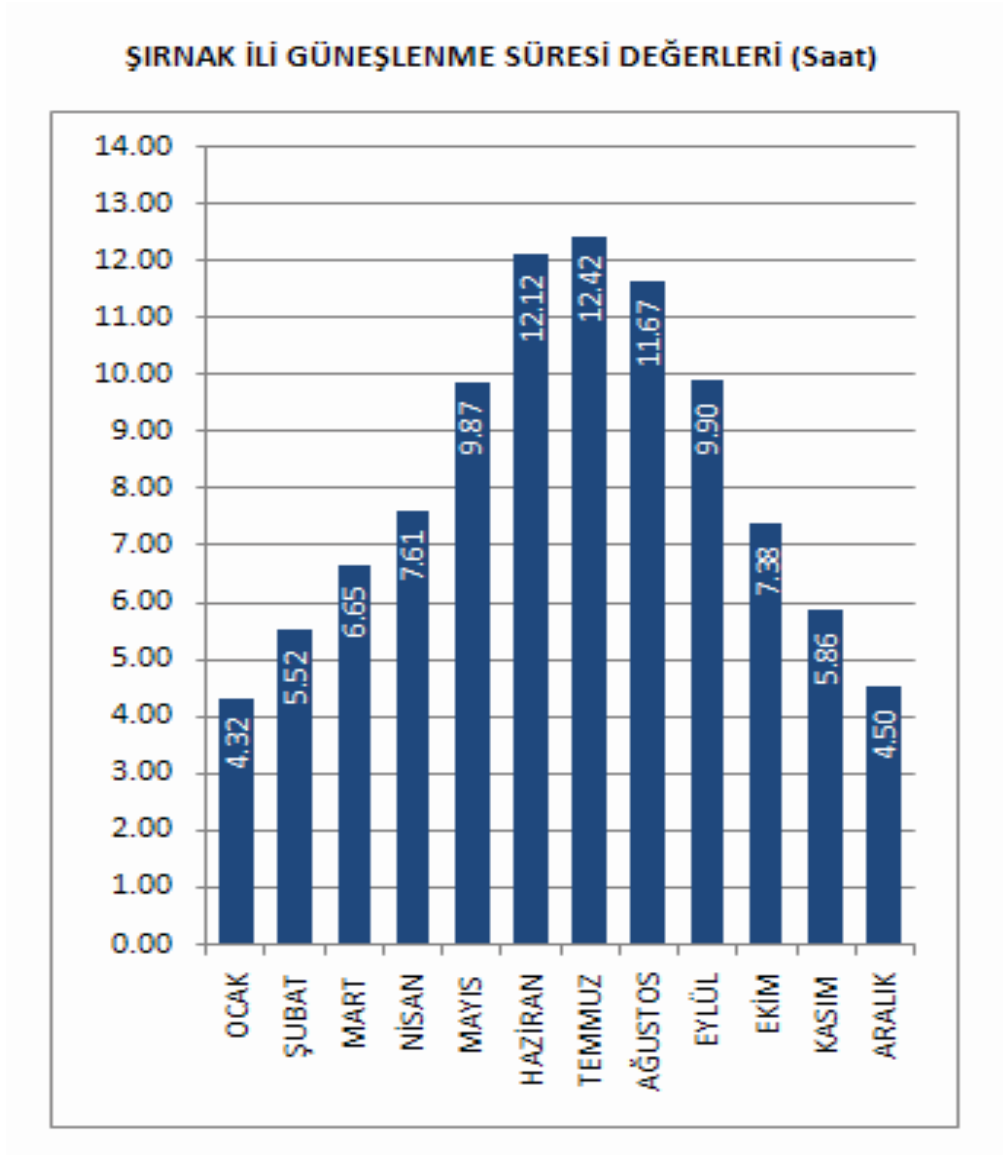


Şekil 2.1. Şırnak ili güneş haritası [21]

Şırnak iline ait güneş haritasında gösterildiği gibi bu alanda büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahip ama coğrafik yapısının dağlık olmasından dolayı güneş enerjisi santrallerinin yapımında yer sıkıntısı çekilmektedir (Şekil 2.1). Şırnak ilinin bu mevcut güneş enerjisi potansiyeline rağmen bu güne kadar yeterli yatırımların yapılmadığı anlaşılmaktadır. Şu anda kadar Şırnak il merkezinde faaliyet gösteren özel bir otel işletmesinin elektrik enerjisi

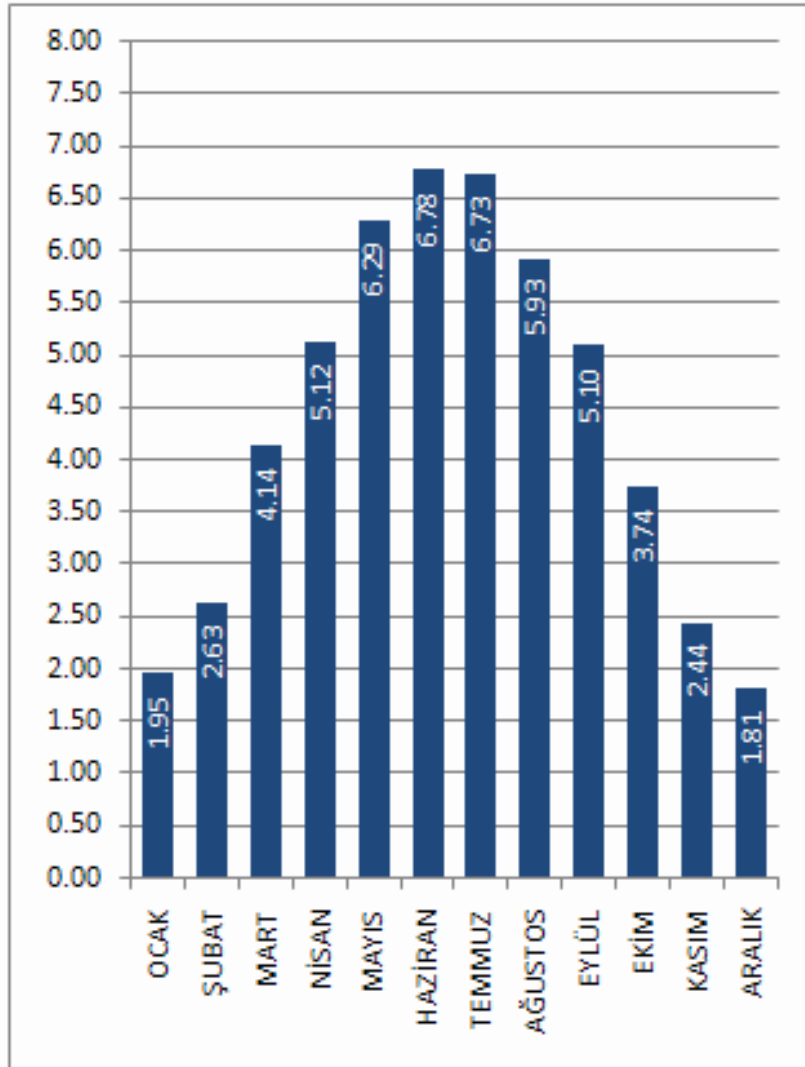
ihtiyacını karşılamak amacı ile 0.30 MW gücünde güneş enerji santrali (GES) kurulmaktadır. Aynı zamanda Ciner enerji grubu tarafından ön lisansı alınan Şırnak Silopi ilçesinde 7 MW gücünde bir güneş enerji santrali (GES) yapım aşamasında olduğu bilinmektedir.

Şırnak ilinin güneşlenme süreleri saat bazında görülmektedir (Şekil 2.2). Buna göre en düşük güneşlenme süresi ocak ayında 4.32 saat ve en yüksek güneşlenme süresi temmuz ayında 12.42 saat olarak görülmektedir [21].



Şekil 2.2. Şırnak ili güneşlenme süresi değerleri

ŞIRNAK İLİ GLOBAL RADYASYON DEĞERLERİ (KWh/m²-gün)



Şekil 2.3. Şirnak ili global radyasyon değerleri

Şirnak ili global radyasyon değerleri görülmektedir (Şekil 2.3). Buna göre en düşük ocak ayında 1.95 ile en yüksek haziran ayında 6.78 değerindedir. EİE'nin Türkiye geneli güneş ışıınım değerlerine göre en yüksek değer 6.57 kWh/m² gün ile Haziran ayı, en düşük değer 1.59 kWh/m² gün ile Aralık ayında olduğu görülmektedir. DMİ verilerine göre ise en yüksek değer 7.24 kWh/m² gün ile Haziran ayı, en düşük değer ise 2.01 kWh/m² gün ile Aralık ayı olduğu görülmektedir. Şirnak İli Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Projesi verilerine göre de Şirnak il merkezi değerleri, en yüksek 7,00 kWh/m² gün ile Haziran ayı, en düşük 1,87 kWh/m² gün ile Aralık ayı olduğu tespit edilmektedir. Bu veriler doğrultusunda Şirnak ili

güneş ışınlam ortalama değeri Türkiye ortalamasının üstünde bir değere sahip olmaktadır. Bu verilere göre Şırnak İl merkezinde yıllık 1kW gücündeki PV paneli ile yıllık toplam 1628,71 kW gücünde elektrik üretim potansiyeline sahiptir [21].

2.2. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemler

Elektrik enerjisi şebekesine bağlı olan PV sistemler, merkezi elektrik şebekesine bağlandıktan sonra ürettiği elektrik enerjisini bağlı olunan mevcut elektrik şebekesine aktarır. Güneş enerji sistemlerinden üretilen elektrik enerjisinin hiçbir depolama sistemi (akü vb) olmadan direk elektrik şebekesine anlık kullanım için aktarabilen elektrik şebekesine entegre sistemlere şebekeye bağlı (On-Grid) sistemler denilmektedir.

On-Grid sistemler elde ettikleri elektrik enerjisi direkt olarak kamunun dağıtım şebekesi olan Enterkonnekte şebeke hattına aktarmaktadır. Fazla üretilen elektrik enerjisinin yani tüketim fazlasını dağıtım firmasına ait şebekeye satış imkanına sahiptir. Bu konuda ülkeler tarafından güncel koşullarda ve ülkelerin kendine tarz farklı yönetmenlik, kanunlarla alım garantisi ve bunun geçerli olacağı zaman dilimleri ile tarife fiyatları geliştirilmektedir.

Güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin tüketimden daha az olduğu veya tüketim miktarına yetmediği kapalı veya bulutlu hava şartlarındaki zaman dilimlerinde veya güneşin olmadığı akşam ve gece saatlerinde yani tüketimin olduğu ve üretimin eksik kaldığı tüm zamanlar için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin bağlı bulunan kamuya ait şebekeden otomatik olarak sağlamak mümkün olmaktadır. Bu tarz sistemlerde kullanılan çift yönlü sayaç ile veya iki adet ayrı sayaç ile tüm elektrik enerjisinin alışverişi kayıt altına alınmaktadır.

On-Grid sistemlerin uzaktan kumanda edilmesi, izlenmesi, haberleşme ve görüntüleme gibi olanakları olmakla beraber sisteme opsiyonel desteklerde verilebilmektedir. Bölgesel bağlanılacak internet hattı üzerinden takibi yapılabilmektedir. Elde edilecek veriler grafik veya web olarak depolanarak GPRS ile verileri taşıyarak güneş enerjisi sisteminin kurulduğu yerlere kablo çekilmesi gereksinimi olmadan uzaktan ekranlara veriler aktarılabilir. Kurulan sistemin performans verilerini günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak analiz etme ve depolama imkanı sunulmaktadır. Üretilen elektrik enerjisinin,

kazançları rahatlıkla görülmekle beraber kaydedilmesi de mümkündür. Uzaktan kontrol, yönlendirme, izleme ve mesaj alma imkanı sağlayarak gelişmiş ve yüksek teknoloji barındıran özellikleri ile bu alandaki enerji yatırımcılarına ve kurulan tesislerin sahiplerine son derece önemli kolaylıklar ve konforu bir arada sağlayabilmektedir.

Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren ve üretim yapan bu sistemler adeta mini bir elektrik üretim santrali gibi çalışmaktadır. Üretilen elektrik enerjisinin tüketim fazlasını bağlı olduğu şebekeye satabilme prensibi ile çalışmaktadır. Çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynağı olan bu sistem ile elektrik enerjisi ihtiyacını kendisi üreterek ihtiyaç fazlası üretilen elektrik enerjisini de şebekeye satarak karlı bir kazanç imkanına sahip olmaktadır.

Fotovoltaik bir sistemden elde edilen elektrik enerjisini elektrik şebekesine doğrudan aktarabilen sistemlere On-Grid sistemler denilmektedir.

On-Grid sistemler;

- Üretilen Elektrik enerjisini depolamak için gerekli yardımcı ekipman kullanılmamaktadır. (elektrik şebekesini enerji deposu olarak kullanılmaktadır)
- Üretilen elektrik enerjisi mevcut yükleri üzerinde bekletilmeden kullanılarak fazla üretilen enerjiyi şebekeye aktarırken. İhtiyaç duyulan eksik elektrik enerjisi de elektrik şebekesinden tamamlanmaktadır.
- Şebekeye bağlı güneş enerjisi invertörünün özel tasarımlara sahip olduğu bilinmektedir. Enerjiyi elektrik şebekesine kontrollü bir şekilde aktararak maksimum yüksek verim için güneş pillerini akıllı MPP (maksimum güç noktası) ile çalıştırılması sağlanmaktadır.
- Ayrıca güneş enerjisi invertörü şebeke enerjisinin güvenlik gereksinimlerini ve enerji kalitesinin karşılaması sağlanmaktadır.
- Fazladan üretilen elektrik enerjisini bağlı olduğu şebekeye satarak maliyeti azaltmaktadır.
- Bu tarz sistemlerin farklı uygulama metodları bulunmaktadır. (örneğin Santal Tipi Sistemler, Çatı Tipi Sistemleri ve Binaya Entegre Sistemler)

Merkezi elektrik şebekesine bağlı elektrik enerjisi üretim sistemleri ile istenilen güçteki elektrik enerjisini yenilenebilir enerji olarak üreterek bu enerji doğrudan elektrik şebekesine

iletilebilmektedir. Güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi en pratik, en kolay ve en işlevsel yöntem olduğu söylenebilmektedir. Elektrik şebekesine direkt bağlı olan bu sistemler hemen hemen sifıra yakın bakım ve işletme maliyetleri ile yaklaşık 20-30 yıl kullanmak mümkün olmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri modüler ve ölçeklenebilir tarzda olmakla beraber, zaman içinde geliştirme, sökme ve hatta nakil imkanı da sağlamaktadır. Bu tür sistemlerin başlıca kullanım alanları;

Yazlıklar, çiftlikler sitelerin ortak yaşam alanları özellikle gündüz elektrik enerjisi tüketimi fazla olan okullar, oteller, tatil köyleri, hastaneler, iş merkezleri, depolar, fabrikalar, bağımsız evler, TOKİ vb. toplu konutlar, kamu binaları, AVM, kapalı otopark, vb. yapılar; Organize Sanayi Bölgeleri, atölye, endüstri vb. işletmelerin çatıları, Lojistik merkezleri, soğuk hava depoları, market ve mağazalar, Elektrikli otomobil araç şarj istasyonları; kırsal alan sulama, köy su pompaları, 500 kW altı güçlerindeki elektrik enerjisi piyasasında lisanssız elektrik üretimi yapan Güneş Enerji Santralleri (GES).

2.3. On-Grid Sistemlerde Kullanılan Başlıca Malzemeler ve Özellikleri

Güneş enerjisi sistemlerini oluşturan temel bileşenler 6 tanedir. Bu bileşenler güneş paneli, invertör, AC otomat, Çift yönlü sayaç, şebeke ve tüketicidir. Sistem bileşenleri aşağıda sırasıyla özetlenmektedir.

2.3.1. Güneş Paneli

Güneş panelleri, güneşten direk olarak aldıkları ışıınımları sistemin kendisine ulaştıran ve bu ışıınımları elektrik enerjisine dönüştüren parçasıdır. Özel tarzda yarı iletken özellikteki yapısı ile ışıınımları elektron hareketine dönüştürerek doğru akım oluşmasını sağlamaktadır. Bu panellerin yüzey şekilleri dikdörtgen, kare ve daire şekillerinde biçimlendirilerek solar hücrelerinin alanı genellikle 100cm² düzeyinde ve 0,1 ile 0,4 mm kalınlıklarındadır (Şekil 2.4) [22].



Şekil 2.4. Panellerin montajlı görünümü

Solar sistemlerde güneşten gelen enerjiyi, güneş hücrelerinin yapısına bağlı olarak yaklaşık % 5 ile % 30 arasında bir verimlilikle elektrik enerjisine çevrilmektedir. Gücün çıkışını istenilen düzeye yükseltmek çok sayıda güneş hücresini birbirine seri ya da paralel olarak bağlamak koşulu ile bir yüzeyin üzerine montajı sağlanarak yapılan bu çalışmada elde edilen parçaya fotovoltaiik modülü veya güneş hücresi modülü ismi verilmektedir. Yine istediğimiz güce bağlı olarak bu modülleri birbirine paralel veya seri bağlanması koşulu ile çok küçük W'tan MW'lara kadar sistemler tasarlanabilmektedir.

Güneş panelleri polikristal, monokristal, ince film gibi çeşitli yapısal şekillerde farklı boyut ve güçlerde tasarlanabilmektedir. Genellikle 250 W gücünde monokristal yapılı 24 volt DC elektrik çıkışlı 250 W gücünde elektrik enerjisi üretebilen % 85-90 verimlilik sağlayan fotovoltaiik güneş paneller kullanılmaktadır.

Güneş panellerinin verimliliğini etkileyen başlıca faktörler panel yerleşimi, kirlenme, güneş panellerinin yapıldığı malzeme türü, sistemde kullanılan kablo ve diğer elemanlar panellerin konumlandırılması, sıcaklık bu faktörler aşağıda sırası ile açıklanmıştır [23-25].

Panellerin yerleşimi: Güneş enerjisi panellerinin gölgede kalması modül verimliliğini etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Gölgenin oluşmasına neden olan etkenler ormanlık araziler, dağlar, binalar, ağaçlar vb. çevresel etkenlerdir. Hücrelerin üzerinde oluşan küçük bir gölgelenme bile verimliliğe önemli ölçüde negatif etki meydana getirmektedir. Herhangi bir hücrenin üzerine düşen gölgelenme diğer dizelerde bulunan hücrelerin performansında da çok önemli ölçüde negatif etki meydana getirmektedir. Dış etkenlerin biri veya bir kaçından aynı anda kaynaklan gölgelenmelerin yanında aynı dizede bulunan modül sırası kendi önündeki modül sırası tarafından da gölgelenebilmektedir. Bu durumda panel verimliliğini önemli ölçüde düşürmektedir.

Güneş modüllerinin konumlandırılmasının verimlilik üzerindeki etkileri tartışılmaz derecede büyük önem taşımaktadır. Modüller üst seviyede verimi güney cephesinde vermektedirler. Güneş panellerinin hareketli bir mekanizma üzerinde tasarlanmaları güneş ışığını takip edebilecek bir sistem ile ve günün her saatinde en yüksek verim alabilmek adına önemli olduğunu söylenebilmektedir.

Kirlenme: Güneş panellerinin verimliliğini etkileyen diğer önemli bir faktör ise panel yüzeylerinin kirlenmesidir. Bu tür kirlenmelerden dolayı panel hücrelerine iletilen güneş ışıınımlarında ciddi bir azalma meydana gelmektedir. Meydana gelen bu azalma soğurulma miktarını da beraberinde azaltarak elektrik üretimde ciddi kayıplar meydana gelmektedir. Panel yüzeylerindeki kirlenme tozlanmadan, yağışlardan vb. çevresel diğer etkenlerden kaynaklandığı bilinmektedir [25,26].

Güneş panellerinin yapıldığı malzeme türü: Güneş panelleri güneşten gelen ışıınımlarının bir kısmını emerek elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Güneş panellerinin yüzeyinden panel içerisindeki hücrelere gelen ışıınımların bir kısmı hücreler tarafından soğurulmadan panellerin yüzeyine geri yansıtılmaktadır. Bu oluşan yansımayı minimum seviyeye indirebilmek için panellerin yüzeylerini kaplayan camların yapısı büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu ışıınım emilimlerinin artırılması için birbirinden farklı güneş pilleri kullanılmaktadır. Günümüzde güneş panelleri çoğunlukla; Bakır İndiyum Diselenid, Kadmiyum Tellürid, Kristal Silisyum, Amorf Silisyum ve Galyum Arsenit'ten yapılmaktadır.

Sistemde kullanılan kablo ve diğer elemanlar: Bu tür sistemlerde oluşan kayıpların bir diğer sebebi ise kullanılan kablolardan kaynaklanan güç kayıplarıdır. Diğer taraftan DC – AC dönüştürücü olarak ta adlandırılan invertörlerde de güç kayıpları meydana gelmektedir.

Panellerin konumlandırılması: Güneş enerjisi panellerinin gereğinden fazla ısınması sonucunda kayıplar meydana gelmektedir. Bu tür kayıpların önlenmesi için, güneş enerjisi panellerinin konumlandırılmadan önce sistemin kurulacağı yerin yıl içerisindeki ortalama sıcaklık değerleri bilinmeli ve buna istinaden konumlandırılmalıdır [26].

Sıcaklık: Güneş panelleri üretilirken 1000 W/m^2 güneş radyasyonu ve aynı zamanda 1,5 Air Mass (hava kütlesi) ve 25°C sıcaklıkta test edilerek bu ortamlara göre güneş enerjisi panellerinin verimleri hesaplanmaktadır. Elektrik enerjisinin üretimi güneş enerjisi panellerinin güneş ışınına alması ile başlamaktadır. Güneş enerjisi panellerinin güç verimleri % 100 değildir. Bu nedenle güneşten panellere gelen enerjinin bir miktarı elektrik enerjisine, bir miktarı da ısı enerjisine dönüşmektedir. Bu durum panellerin ısınmasına sebep olmakta, hücrelerin ısınması ile gerilim değeri düşerken, akım değeri artmaktadır. Fakat gerilim değerindeki düşüş miktarının fazlalığı sebebi ile

$$P = U \times I \quad (2.1)$$

formülünden de anlaşılacağı gibi çıkış gücünde kayıp meydana gelir. Burada;

P: Güç (Watt)

U: Gerilim(Volt)

I: Akım (Amper)

Yapılan bir örnek çalışmada da gösterildiği gibi Polikristal hücreleri ve çıkış gücü 280 W olan bir güneş paneli modülü % 14,5 güç verimi ile çalışmaktadır. Bunun yanında $1,95 \text{ m}^2$ modül alanına sahip ve 45°C 'deki bir çalışma sıcaklığında verilen diğer değerler;

$I_{sc} : +0,0006 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ (sıcaklığın akım üzerindeki etkisi)

$V_{oc} : -0,0037 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ (sıcaklığın gerilim üzerindeki etkisi)

$P_m : -0,0045 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ (sıcaklığın çıkış gücü üzerindeki etkisi)

Bu tarz güneş enerjisi panelleri 25°C 'deki bir ortamda çıkış gücü olarak 280 W değer vermektedir. Fakat 25°C 'lik ortamda güneş panellerinin sıcaklık değeri 45°C olmaktadır.

Böyle bir durumda;

$$P_{P\check{C}} = 1 - [(T_P - T_O) \times P_m] \quad (2.2)$$

$280 \times (1 - (45 - 25) \times 0,0045) = 254,8 \text{ W}$ olmaktadır.

Bu durumda çıkış gücünün verimi % 13'e düşmektedir. Böylece yaz aylarındaki sıcaklık değerlerinin 30 °C'nin üzerinde olduğunu düşünülünce güneş panellerinin sıcaklıkları daha da artmaktadır. Böyle bir durumda verim %13'ten daha az olmaktadır. Aynı durumda sıcaklık değerinin düşmesi ile beraber tam tersi durum gerçekleşerek verimde artış meydana gelmektedir. Bu nedenle güneş enerjisi panelleri hem güneşli hem de soğuk yerlere ihtiyaç duymaktadırlar. Böylece panel seçimlerinde sıcaklığın etkisi değerlendirmeye alınmaktadır [25].

2.3.2. İnvörtör

İnvörtör, güneş panellerinin üretmiş oldukları doğru akımı, tüketicilerin ihtiyacı olan alternatif akıma dönüştürerek tüketicilerin kullanımlarına uygun yapıya getiren sistemin en önemli parçasıdır. Sistemin beyni konumunda olan invörtörler doğru akımdan alternatif akımı üretirken yaklaşık % 99 gibi yüksek bir verimlilik ile çalışmaktadır. İnvörtörler hem şebekelerden bağımsız hem de şebekeye entegre olarak çalışabilmektedirler. Hem şebekeye bağlı hem de şebekeden bağımsız olan uygulamaları için farklı teknolojilerde üretilmiş farklı ürünler mevcutken aynı zamanda, invörtörler güneşten gelen ışıınım değerlerine göre de panel performanslarını artırmaktadır [22].

Başlıca invörtör çeşitleri;

- 1-Tam sinüs invörtör
- 2-Modifiye sinüs invörtör
- 3-On-Grid invörtör

2.3.2.1. Tam Sinüs İnvörtör

Tam sinüs invörtörler özellikle AC akım ile çalışan cihazların(Motor, Buzdolabı, Klima) ve çeşitli elektronik cihazların aküye bağlanarak sağlıklı bir şekilde çalışması için özellikle tavsiye edilmektedir (Şekil 2.5). Çünkü tam sinüs invörtörler aynı şebeke elektriği gibi çıkış verebilmektedir. Bu yüzden tüm elektronik cihazlarda güvenle kullanılabilir [22].



Şekil 2.5. Tam sinüs invörtör

2.3.2.2. Modifiye Sinüs İnvörtör

Modifiye sinüs invörtörler ise tam sinüs invörtörlerin aksine sinüs dalga formunun gerekli olmadığı AC akımla çalışan cihazları çalıştırmak için kullanılmaktadır (Şekil 2.6). Tam sinüs invörtör alternatiflerine göre daha ekonomik olmaları sebebi ile tercih edilmektedirler [22].



Şekil 2.6. Modifiye sinüs invörtör

2.3.2.3. On-Grid İnvörtör

On-Grid invörtör cihazları, üretilen elektrik enerjisini depolama aygıtları yerine direkt olarak elektrik şebekesine bağlanılarak çıkış veren cihazlardır (Şekil 2.7). Bu sistemlerde ayrıca çift yönlü elektrik enerjisi sayaçları kullanılarak invörtörden elektrik şebekesine verilen çıkış gücü alacak olarak kaydedilmektedir. Özellikle de yüksek kapasitedeki elektrik enerjisini üretebilen yenilenebilir enerji sistemlerinde (yatırım amaçlı kullanılan elektrik enerji sistemlerinde) On-Grid sistem invörtör çeşidi tercih edilmektedir. Ayrıca enerji depolama masrafı sıfırlanmaktadır [22].



Şekil 2.7. On-Grid invörtör

2.3.3. AC Otomat

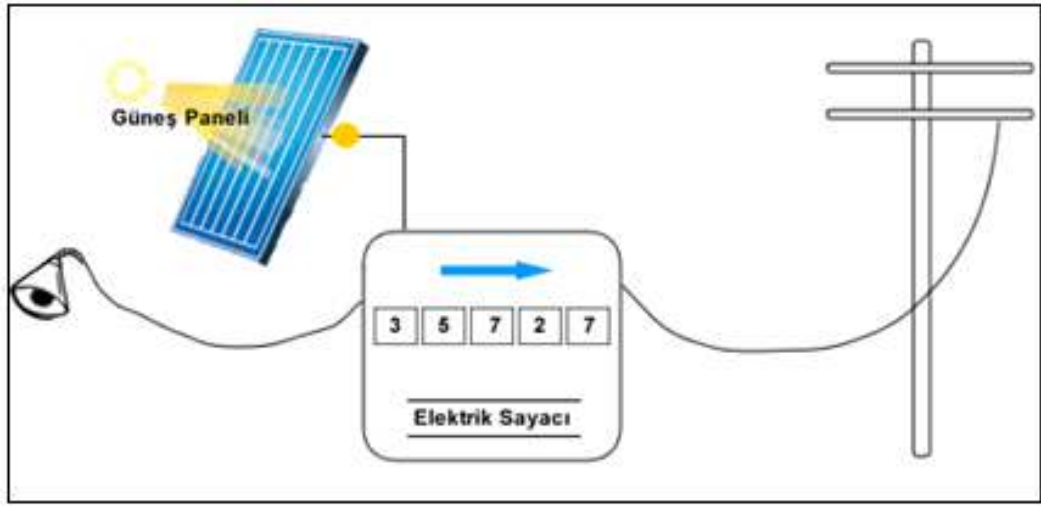
AC otomatlar oluşturulan alternatif akımın güvenli bir şekilde tüketiciye ulaşmasını sağlayan devre elemanıdır (Şekil 2.8). Böylece AC otomat sayesinde, tüketici ile invörtör arasında olması gereken elektriksel güvenlik sağlanmaktadır [22].



Şekil 2.8. AC otomat

2.3.4. Çift Yönlü Sayaç

Çift yönlü sayacın çalışma şeması görülmekte olup güneş panellerinden üretilen elektrik enerjisi ile elektrik şebekesinden gelen elektrik enerjisini çift yönlü olarak kaydedebilen cihazdır (Şekil 2.9). Çift yönlü sayaçlar ile hem güneş enerjisi panellerinden üretilen ve üretim fazlası olarak kalan elektrik enerjisini şebekeye verilen miktarını kaydeder hem de elektrik şebekesinden çekilen ve tüketilen elektrik enerjisi miktarını kaydeder ve her iki taraftan gelen enerjiyi mahsuplaştırarak hangi taraftan fazla gelmişse bunu kayıt altına alan cihazdır [27].



Şekil 2.9. Çift yönlü sayacın çalışma şeması

2.3.5. Şebeke ve Tüketici

Elektrik enerjisi üretim merkezlerinden üretilen enerjiyi enerji iletim hatları ve araçları ile en son tüketiciye kadar iletimi sağlayan ağın tümüne şebeke denilmektedir.

Güneş panelleri aracılığıyla üretilen elektrik enerjisinin kullanıma sunulduğu yükü tüketici olarak adlandırılırken tüketiciyi, üretilen elektrik enerjisinin en son kullanıcısı olarak da tanımlanabilmektedir.

2.4. Sadece Şebeke Elektriği Kullanan Bir Evin Ortalama Elektrik Sarfıyatı

Elektrik tüketim vergisi, KDV, dağıtım bedeli, sayaç okuma bedeli sistem kullanım bedeli, kaçak kullanım bedeli, enerji fonu ve TRT payı gibi çeşitli tutarlar hesaplama dahil edilmemesi durumunda 1kW elektriğin birim fiyatı Ocak 2016 itibari ile 0.314096 TL yani yaklaşık olarak 31 kuruştur. Bütün bu giderle birlikte Tablo 2.1’i incelediğimizde;

Buna ek olarak faturaya 0,59 TL sayaç okuma bedeli, 0,51 TL enerji fonu, 0,83 TL TRT payı ve 2.54 TL BTV (belediye tüketim vergisi) dahil edilerek Tablo 2.1.de belirtilen tutarlar ortalama değerler baz alınarak hesaplanmaktadır. Bunun yanında Türkiye’deki tek elektrik üreticisi TEİAŞ iken diğer firmalar TEİAŞ’tan elektrik alıp satmaktadırlar. Bu nedenle bu firmalar tarifelerinden sattıkları için hesaplamalarda +/- % 2 kadar bir fark faturalarda oluşturabilmektedir.

Tablo 2.1. Elektrik enerjisi birim maliyet hesaplanması

Ücret adı	1kW başına düşen birim fiyat
1kW elektriğin birim fiyatı(masraflar hariç)	0,314096 TL
Parekende satış hizmet bedeli (masraf)	0,007233 TL
İletim sistemleri kullanım bedeli (masraf)	0,009501 TL
Dağıtım bedeli (masraf)	0,040051 TL
Toplam 1kW elektrik bedeli (masraflar dahil)	0,370881 TL
% 18 KDV eklenince	0,437640 TL, yaklaşık 44 kuruş

Bu çalışmada Yeni Mahalle Cudi Caddesi Blok No:16 Daire No: 41 ŞIRNAK adresinde ikamet eden 12013277 tesisat numaralı Mehmet Sinan NOHUT isimli abonenin tesisat endeks dökümü verileri kullanılarak Tablo 2.2. oluşturulmaktadır.

Tablo 2.2. Örnek evin 2015 yılı endeks değerleri

Tarih aralığı	Tüketilen endeks (kW)
02.01.2015 - 02.02.2015	337
02.02.2015 - 09.03.2015	359
09.03.2015 - 01.04.2015	213
01.04.2015 - 04.05.2015	293
04.05.2015 - 04.06.2015	339
04.06.2015 - 09.07.2015	238
09.07.2015 - 04.08.2015	174
04.08.2015 - 02.09.2015	345
02.09.2015 - 03.10.2015	264
03.10.2015 - 03.11.2015	306
03.11.2015 - 02.12.2015	312
02.12.2015 - 04.01.2016	411
Toplam tüketilen endeks	3591 kW

2015 yılında abonenin kullandığı toplam elektrik endeksi 3591 kW tır (Tablo2.2). Mevcut ortalama değer üzerinden hesaplama yapıldığında bu abone 2015 yılı için toplam yaklaşık olarak;

$$3591 \times 0.44 = 1580 \text{ TL} \quad (2.3)$$

elektrik faturası ödemektedir [28].

3. BULGULAR

On-Grid bir sistemi tasarlariken öncelikle sistemin gücüne karar verilmelidir. Sistem gücü hesaplanırken yıllık ortalama enerji sarfıyatı sistemin kurulacağı bölgenin radyasyon değerleri göz önüne alınmalıdır. 3kW'a kadar olan bir On-Grid sistem maliyeti için;

3591 kW yıllık elektrik sarfıyatı olan bir ev için Şırnak ili radyasyon değerleri ile yapılan hesaplama göre; 2.25-2.5 kW lık bir sistem tasarlanması gerekmektedir. Verimin düşme olasılıklarını (kayıp) düşünüldüğünde 3kW lık bir sistem üzerinden hesaplama yapılmaktadır (Tablo 3.1). Bu hesaplama için Rio model programı kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 3.1., Tablo 3.2. ve Tablo 3.3 'de gösterilmektedir [29].

Tablo 3.1. Sistemin yatırım ve bağlantı bilgileri

Yatırım ve Bağlantı Bilgileri		Panel ve Kapasite Bilgileri	
Yatırımcı	Mehmet Sinan NOHUT	Panel	Ayetek
Dağıtım bölgesi	DEDAŞ	Panel'in ömrü	30 Yıl
Kurulum alanı/ mevki	Mesken	Panel'in gücü (kW/p)	0,25
Arazi mülkiyeti	Müşteri arazisi	Panel adeti	12
Bağlantı şekli	Bara	Toplam kurulu güç (kW)	3
Bağlantı durumu	3 /4 nolu	İnvertör	Kaco
Dağıtım sist. bağlantı	Dolaylı	İnvertör adeti	1
Uygulama şekli	Çatı	Eğim açısı /°	25
Gerekli alan/m ²	30	Radyasyon değeri	1600

Sistemin yatırım ve bağlantı bilgileri yer almaktadır. Yatırımcının ismi, yatırımın nereye yapılacağı, hangi dağıtım şirketine bağlı olduğu, bağlantı durumu, sistemin kurulacağı alanın ne kadar olduğu, ne tür paneller kullanılacağı, panel ömrü, kurulacak bölgenin güneş radyasyon değerleri, eğim açısı, panel gücü ve panel adeti gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre 3 kW gücünde bir sistem için 1600 radyasyon değerine sahip olan Şırnak ilinde bu sistemin kurulması durumunda 30 m²'lik alana 12 adet 250 W gücünde paneller kullanılması uygun görülmektedir (Tablo 3.1) [28].

Tablo 3.2. Sistemin yatırım amorti ve finansal bilgileri

Yatırım ve amorti bilgileri		Finansal bilgiler	
Toplam ödenekler	€ 5.500	Finans türü	Faiz
Sistem Maliyeti	€ 5.500	Finans maliyeti	€0
İlk 10 yılın ortalama gelir/yıl	€ 682	Vade/ay	-
İlk 10 yılın ortalama gelir/ay	€ 57	Ödemesiz/ay	0
Yıllık amorti oranı	12%	Faiz/leasing oranı	%0
Minimum gerekli alan/m ²	30	Peşinat oranı	-
Mahsuplaşma oranı	73%	Dosya masrafları	€0
Üretim tüketim oranı	100%	€-TL kur	3,35
Bara'dan üretim oranı	100%	€-\$ kur	0,88
Şebekeye satış tarifiesi	\$0,133	Finansal rantabilite oranı	6%
Tarife	Tek zamanlı	Banka /finansör	-
Elektrik tarifiesi TR/kWh	0,350	Yatırımcı €/kWh üretim yılı	€ 1,21
Mahsuplaşma tarifiesi TR/kWh	0,350	Amorti süresi (Yıl)	
Giydirilmiş e-tarifiesi TR/kWh	0,447	8,3	
Yıllık elektrik zam oranı	4%		
Elektrik üretimi kWh/yıl	4560		
Eğilim/ Azimut faktör	100%		
Performans	95%		
Elektrik tüketimi kWh/yıl	3600		

Yatırım ve amorti bilgileri ile finansal bilgileri yer almaktadır (Tablo 3.2). Buna göre, kurulacak sistemin toplam ödenekleri, sistem maliyeti, ilk 10 yılın ortalama gelirleri, yıllık amorti oranı, minimum gerekli alan, mahsuplaşma oranı, üretim tüketim oranı, şebekeye satış tarifiesi, elektrik tarifiesi, mahsuplaşma tarifiesi, yıllık elektrik zam oranı, performans, elektrik tüketimi, finans türü, finans maliyeti, Euro -TL kuru, Euro-Dolar kuru ve amorti süreleri yer almaktadır [29].

Buna göre; toplam ödenek 5500 €, sistem maliyeti 5500 €, ilk 10 yıllık ortalama yıllık gelir 682 €, sistemin yıllık amorti oranı % 12, minimum gerekli alan 30m², mahsuplaşma oranı % 73, üretim tüketim oranı % 100, şebekeye satış tarifiesi 0,133 Dolar, elektrik tarifiesi 0,350 TL mahsuplaşma tarifiesi 0,350 TL, yıllık elektrik zam oranı % 4, elektrik üretimi yıllık 4560 kWh, elektrik tüketimi yıllık 3600 kWh, finans türü faiz, finans maliyeti 0 TL Euro-TL kuru 3.35, Euro-Dolar kuru 0,88 ve sistemin amorti süresi 8,3 yıl olduğu görülmektedir.

Tablo 3. 3. Sistemin 30 yıllık gelir gider durumu

Gelir Gider Tablosu				
Yıl	Toplam yıllık gelir	Toplam yıllık maliyetler	Toplam yıllık kazanç	Yatırım akış şeması
2016	€ 588	€ 5.500	€ -4.912	●€ -4.912
2017	€ 606	€ -	€ 606	●€ -4.306
2018	€ 626	€ -	€ 626	●€ -3.680
2019	€ 646	€ -	€ 646	●€ -3.034
2020	€ 667	€ -	€ 667	●€ -2.367
2021	€ 689	€ -	€ 689	●€ -1.678
2022	€ 712	€ -	€ 712	●€ -966
2023	€ 736	€ -	€ 736	●€ -230
2024	€ 761	€ -	€ 761	●€ 530
2025	€ 786	€ -	€ 786	●€ 1.317
2026	€ 671	€ -	€ 671	●€ 1.988
2027	€ 699	€ -	€ 699	●€ 2.687
2028	€ 729	€ -	€ 729	●€ 3.416
2029	€ 759	€ -	€ 759	●€ 4.175
2030	€ 791	€ -	€ 791	●€ 4.966
2031	€ 824	€ -	€ 824	●€ 5.790
2032	€ 859	€ -	€ 859	●€ 6.649
2033	€ 895	€ -	€ 895	●€ 7.544
2034	€ 932	€ -	€ 932	●€ 8.476
2035	€ 972	€ -	€ 972	●€ 9.448
2036	€ 1.013	€ -	€ 1.013	●€ 10.460
2037	€ 1.055	€ -	€ 1.055	●€ 11.515
2038	€ 1.100	€ -	€ 1.100	●€ 12.615
2039	€ 1.146	€ -	€ 1.146	●€ 13.761
2040	€ 1.194	€ -	€ 1.194	●€ 14.955
2041	€ 1.244	€ -	€ 1.244	●€ 16.199
2042	€ 1.297	€ -	€ 1.297	●€ 17.496
2043	€ 1.352	€ -	€ 1.352	●€ 18.848
2044	€ 1.409	€ -	€ 1.409	●€ 20.256
2045	€ 1.468	€ -	€ 1.468	●€ 21.724
Toplam	€ 27.274	€ 5.500	€ 21.724	
Sistemin 30 yılda ürettiği elektriğin toplam değeri				€ 27.224

30 yıllık gelir gider durumu göz önüne alınarak toplam yıllık gelir, toplam yıllık maliyetler toplam yıllık kazanç yatırım akış şeması gösterilmektedir. Bu durumda 2016 yılından 2045 yılına kadar toplam maliyet 5500 € olurken toplam gelir ise 27.272 € olurken yatırım akış şemasına göre ise sistemin 2016 yılında – 4.912 € olduğu, 2045 yılında ise 21.224 € olduğu görülmektedir. Böylece 30 yıllık bir sürede yatırımcı 21.224 € kar etmiş olmaktadır (Tablo 3.3) [29].

4. SONUÇ

Bu çalışmada dünyadaki güneş enerjisinin günümüze kadar gelişmesi, Türkiye’de güneş enerjisi ve potansiyeli, Şırnak ilindeki güneş enerjisi potansiyeli hakkında genel bilgiler verilerek On-Grid sistemler hakkında bilgi sunularak On-Grid sistemlerde kullanılan başlıca malzemeler tanıtılmaktadır. Daha sonra bir evin 2015 yılına ait endeks dökümleri bağlı olduğu elektrik dağıtım şirketinden alınarak tablo şeklinde sunulmaktadır. Bu endeks değerleri üzerinden yapılan hesaplama göre günümüz elektrik tarifi üzerinden bu evin 2015 yılında ödediği toplam elektrik faturaları hesaplanmaktadır. Bunun sonucunda 2015 yılında abone sahibi toplam 1580 TL fatura ödemektedir. Bu evin endeks değerleri incelenerek bu değerlere göre oluşacak On-Grid güneş enerjisi sisteminin bu abonenin 2015 endeks verilerine göre ihtiyacının ortalama 2.5 kWh civarlarında bir sistem ile giderilebileceği görülmektedir.

Sistemin kayıplarını ve çeşitli zamanlardaki verim düşüklüğü göz önüne alındığında 3 kWh değerinde bir sistem kurulması gerektiği tespit edilmektedir. Bu konuda Ayetek adındaki güneş panelleri üreten firma ile yapılan görüşmeler sonucunda, yine bu firmanın kullandığı yerli üretim panellerini kullanmak şartı ve kendilerinin kullandığı RIO MODEL programı ile yapılan çalışma sonucunda 3 kWh değerindeki bir sistemin toplam maliyetinin 5.500 € olduğu ve sistemin kendini 8.3 yılda amorti ettiği sonucuna varılmaktadır. Sistemin ömrünün 30 yıl olduğu dikkate alındığında bu sistemi kuran abonenin 30 yıllık periyotta ödediği toplam sistem maliyeti 5.500 € iken sistemin aboneye 30 yıl için getirisi toplam 27.224 € olarak hesaplanmaktadır.

Bu sonuçlara göre bu abone 30 yılda 21.724 € kar elde ederek, çevre dostu olan bu enerji türünün ve bu kadar karlı olduğu tespit edilerek böyle bir enerji türünden faydalanılması önerilmektedir. Euro’daki artış ve panel fiyatlarındaki azalma göz önüne alındığında abonenin kar oranı ona göre artmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1]DEK, T., 2009. Dünya'da ve Türkiye'de güneş enerjisi. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- [2]Sick, F., Erge, T., 1998. Photovoltaics in Buildings: A Design Handbook for Architects and Engineers. Routledge, Londra.
- [3]Akova, İ., 2003. Dünya enerji sorunu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, 47-73.
- [4] <http://www.hayretedeceksin.com/gunesin-gercek-rengi/>, Güneşin gerçek rengi, 25 Ekim 2018.
- [5] <http://www.mertgroup.com.tr/enerji/urun> mertgroup, Mert Group. 15 Mart 2017.
- [6]Yanıktepe, B., Özalp, C., Savrun, M. M., Köroğlu, T., Cebeci, Ç. 2011. Rüzgar-Güneş Hibrid Güç Sistemi Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Uygulama Örneği. In 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18.
- [7]Altuntop, N., Erderiir, D., 2013. Dünya'da ve Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili gelişmeler. Engineer & the Machinery Magazine, 639, 69-77.
- [8]<http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fStratejik+Plan%2fETKB+2015-2019+Stratejik+Plani.pdf> International energy agency(IEA). 10 Eylül 2017.
- [9]IRENA. 2017. Renewable Capacity Statistics 2017. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- [10]<https://www.cografyaegitimi.biz/konu/dunya-gunes-enerjisi-potansiyeli-haritasi.265/>, Coğrafya eğitimi. 3 mart 2018.
- [11]Ülkelere göre güneş enerjisi kullanımı, <http://www.enerjiatlası.com/gunes/> , Enerji atlası. 12 Kasım 2017.
- [12]IRENA. 2018. Renewable Capacity Statistics 2018. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- [13]Canka Kılıç, F., 2015, GÜNEŞ enerjisi, türkiye'deki son durumu ve üretim, teknolojileri, Engineer & The Machinery Magazine, 671.
- [14]http://www.emo.org.tr/ekler/89bb9e665db0b5a_ek.pdf , EMO. 21 Aralık 2018
- [15]BAKA, Güneş Enerjisi Sektörel Raporu, Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, Antalya, 2011.
- [16]Hacıbekoğlu, A., Hacıbekoğlu, M., Yiğitbaşı, G.O., Singil, G.N., 2013 Yılı Doğrudan Faaliyet Desteği Programı, Şanlıurfa Öncü Yatırımlarla Kalkınıyor Projesi, Karacadağ Kalkınma Ajansı, Şanlıurfa, 2014.
- [17]MGM.,<https://www.mgm.gov.tr/tahmin/ilveilceler.aspx?il=%C5%9E%C4%B1rak&ilce=Cizre>, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 12 Nisan 2017
- [18]Anonim, Enerji verimliliği Raporu. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. 2012
- [19]Varınca, K. B., Gönüllü, M. T., 2006, Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 272- 275.
- [20]Polat, E., 2012. Şırnak ili yenilenebilir enerji potansiyelinin araştırılması projesi araştırma sonuç raporu, Şırnak Üniversitesi Yayınları, Şırnak.
- [21]Öktem, Ö., Akbalık, F., 2012. Şırnak ili yenilenebilir enerji projesi. Şırnak Üniversitesi.Şırnak.
- [22]<http://www.ezg.com.tr/urunler/inverter-3> , EZG enerji. 15 Kasım 2018.

- [23]Boztepe, M., 2017. Fotovoltaik güç sistemlerinde verimliliği etkileyen parametreler. Elektrik mühendisleri odası yayını, 13-17.
- [24]Sayın, S., Koç, İ., 2011, Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik (PV) sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri, Selçuk Üniversitesi Mühendislik.-Mimarlık Fakültesi Dergisi (26),89-106
- [25]Işıker, Y., Yeşilata, B., Bulut, H. 2006, Fotovoltaik panel gücüne etki eden çalışma parametrelerinin araştırılması. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 150-155.
- [26]Turhan, S., Çetiner, İ., 2012, Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi, Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Bursa
- [27]<http://www.alternaturk.org/> çift yönlü sayaç, Alternatürk, 23 Mayıs 2017.
- [28]DEPAŞ, 2016. Şırnak, Şırnak/Merkez.
- [29]<http://www.ayeteksolar.com/solar-gunes-enerjisi/>, Ayetek, 25 Haziran 2016.
- [30]Anonim, TR52 Düzey Bölgesi (Konya-Karaman) 2023 vizyon raporu. Mevlana Kalkınma Ajansı (MEVKA), Konya, 2012.
- [31]REN21, 2018, Yenilenebilir 2018 Küresel Durum Raporu, Renewables 2018 Global Status Report REN21, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- [32]Yeşilata, B., TRC2 Bölgesi (Şanlıurfa-Diyarbakır) Yenilenebilir Enerji Raporu. Karacadağ Kalkınma ajansı, Şanlıurfa, 2010.
- [33]Dicle Bölgesi Enerji raporu.: Dicle Kalkınma Ajansı(DIKA). Diyarbakır. 2010

ÖZGEÇMİŞ

22.12.1980 yılında Şanlıurfa'nın Viranşehir ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimi burada sırası ile Mehmet Akif ERSOY İlk Okulu, Şair Nabi Ortaokulu ve Viranşehir Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümünde tamamladı. 1999-2003 yılları arasında Dicle Üniversitesi Batman Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği Bölümünde Lisans eğitimini tamamladı. 2003 -2006 yılları arasında Viranşehir Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi Müdürlüğünde Ücretli Öğretmen olarak görev yaptı. 2006 yılında askerlik hizmetini kısa dönem olarak tamamladı. 2007-2012 yılları arasında Emniyet Genel Müdürlüğünde Polis Memuru olarak görev yaptı. 2017 Yılında İnönü Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünde Mühendislik Tamamlama Programını bitirdi. 2012-2018 yılları arasında Şırnak Üniversitesi Şırnak Meslek Yüksekokulu Elektrik bölümünde Öğretim Görevlisi olarak görev yaptıktan sonra 2018 yılında Batman Üniversitesi Batman Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümüne Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.