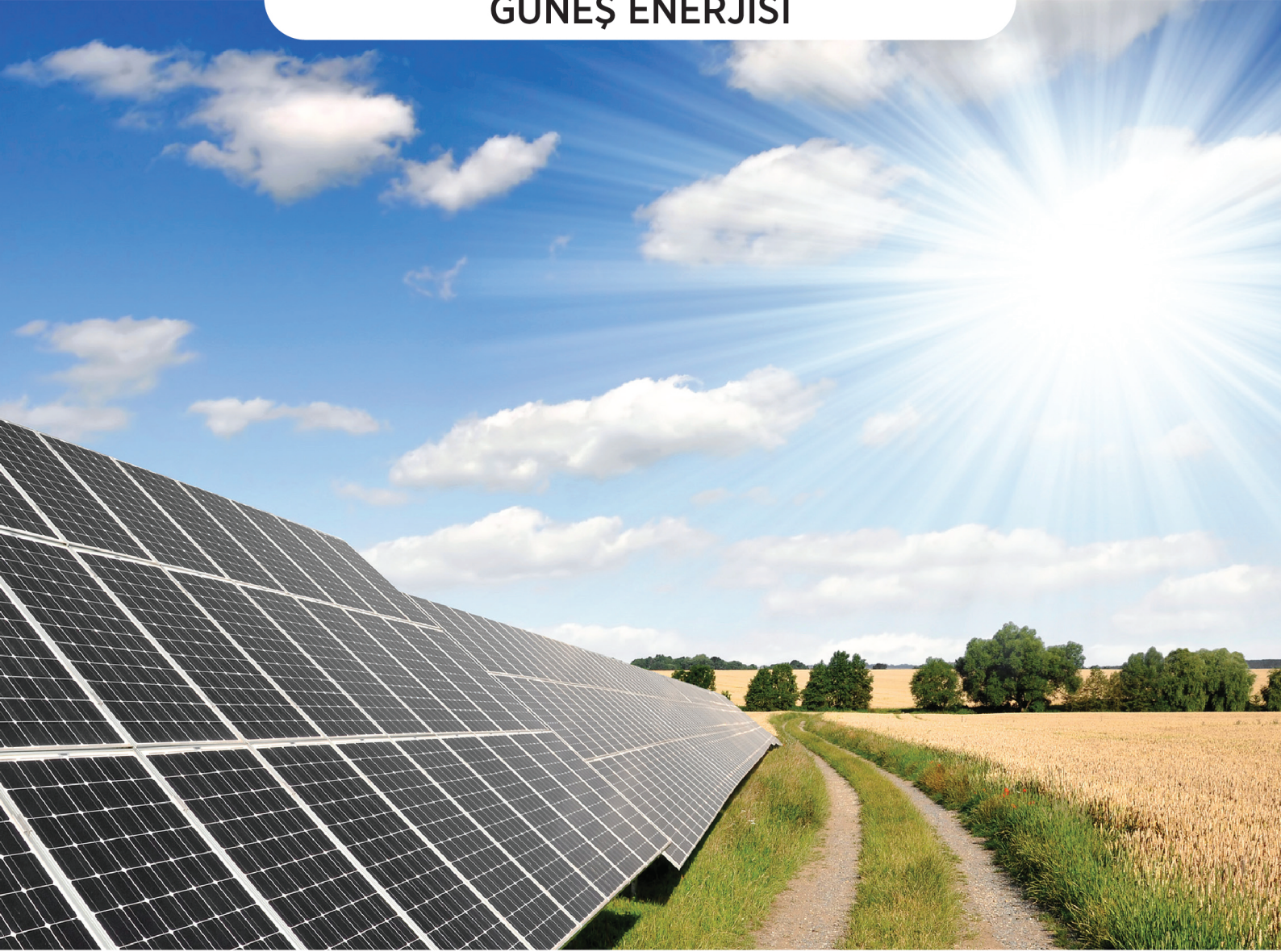


SEKTÖREL ANALİZ RAPORU

GÜNEŞ ENERJİSİ





Güneş Enerjisi Sektör Raporu'nun oluşturulmasında
Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı Uzmanı Sinan SARIKAYA'ya
teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	5
2. GÜNEŞ ENERJİSİ	7
2.1 Güneş ve güneş enerjisi nedir?.....	7
2.2 Güneş Enerjisinin Üstünlükleri, Dezavantajları ve Kullanım Alanları	8
3. DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ.....	9
3.1 Dünyada güneş enerjisinin yenilenebilir enerji içerisindeki yeri ve önemi.....	9
3.2 Dünya Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası	12
4. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ	13
4.1 Türkiye'nin Elektrik Üretimi, Tüketimi ve 2023 Yılı Enerji Hedefi.....	13
4.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	14
4.3 Türkiye'de Güneş Enerjisi Kullanımı.....	15
5. TRB2 BÖLGESİ'NDE GÜNEŞ ENERJİSİ	17
5.1. TRB2 Bölgesi'nin Elektrik Üretimi ve Tüketimi.....	17
5.2. TRB2 Bölge İllerinin Güneş Enerjisi Potansiyeli	17
6. GÜNEŞ ENERJİSİ ELEKTRİK ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ	21
6.1 Güneş Enerjisi Termik Elektrik Santralleri	21
6.2. Fotovoltaik(PV) Elektrik Santralleri	31
6.3. Güneş Enerjisi Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi.....	33
7. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ MEVZUAT	35
8. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	37
KAYNAKLAR.....	39



Enerji uzmanlarına göre dnyamzın sahip olduğu mevcut gneş enerjisi kaynağı, bugünkü dünya enerji ihtiyacının 10.000 katını karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

1. GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisi üretiminde yakıt olarak petrol, doğalgaz, kömür vb. fosil yakıtları enerji üretiminde vazgeçilmez bir kaynak olarak kullanılmaya devam etmektedir. Enerji uzmanları, önümüzdeki 100 yıllık süreçte fosil yakıtların tükeneceğini ve dünya nüfusunun 100 yıl sonra bugünkü mevcut 6.5 milyarlık popülasyonun iki katına çıkacağını öngörmektedirler. Bugünkü mevcut fosil tabanlı kaynakların, insanoğlunun gelecekteki enerji talebini karşılamayacağı aşikardır. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim her zamankinden daha çok ivme kazanmış ve yenilenebilir enerji kaynakları önem arzeden bir konu olmaya başlamıştır.

Fosil tabanlı yakıtların çevre ve iklim üzerinde olumsuz bir çok etkisi vardır. Bu kötü etkilerin başında fosil yakıtların küresel ısınmaya yol açması, CO₂ gazı oluşturmaları ve sera gazı etkisi yaratması gibi olumsuz bir çok faktör sayılabilir. Fosil yakıtların bir başka olumsuz etkisi ise enerji döngüsü sonrasında çevre için önemli bir tehdit haline gelen atık bertaraf etme sorunudur. Atıklar çevre kirliliğine yol açmaktadır ve beraberinde taşınma, depolama işlemleri gibi dolaylı birçok ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Fosil türevli yakıtlar sonsuz olmayan, bitebilir kaynaklardır ve her ülke bu tür yeraltı kaynaklarına sahip değildir. Bu ülkelerin başında Türkiye gelmektedir. Dış enerji kaynaklarına ihtiyaç duyan ülkeler fosil yakıtlara olan bağımlılık oranlarını azaltmadıkları sürece, enerji kaynaklarının arz ve taşıma güvenliği ve bu ülkelerin ekonomik, siyasal ve stratejik çıkarları tehlike altına girebilmektedir. Ülke bütçelerinin büyük bir bölümü ülke dışına çıkmakta ve bu ödemeler beraberinde sosyal ve ekonomik birçok problemi beraberinde getirmektedir.

Türkiye Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre 2008 yılı Türkiye elektrik enerji üretiminin kurulu gücü 41.987 MW, elektrik tüketimi ise 198,4 milyar kWh olmuştur. 2008 yılında elektrik üretimimiz, %48,17 pay ile doğalgaz, %28,98 pay ile kömür, %16,77 pay ile hidroelektrik olmak üzere üç ana kaynaktan temin edilmiştir. Ülkemizin doğalgaz ihtiyacının sadece %4'ünün yerli kaynaklardan sağlandığını gözönüne aldığımızda, elektrik santrallerinde kullanılan doğalgaz ihtiyacının %96'sının ithalat yoluyla karşılandığı görülmektedir.

Bir başka deyişle Türkiye enerji üretiminde %50 oranında dışa bağımlı bir haldedir.

2008 yılına ait veriler ışığında elektrik enerji ihtiyacımızın sadece yaklaşık %18'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla elektrik enerjisi üretiminde hidroelektrik santraller %95 bir oran ile önemli bir paya sahiptir. Geri kalan üretimin %5'inde ise rüzgar, jeotermal vb. enerji kaynakları kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi ise yok denecek kadar azdır. Türkiye açısından güneş enerjisi kullanılmayan muazzam bir kaynak olarak atıl durumda beklemektedir.

Tüm bu verilerden yola çıkarak elde edilen sonuç, Türkiye'nin elektrik enerjisi ihtiyacının önemli bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından temin etmek zorunda olduğudur. Bu zorunluluk gelecek on yılda hayati önem arzetmeye başlayacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın başında hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal enerji ve biogaz vb. gelmektedir. Türkiye Enerji Bakanlığı, 2023 yılında elektrik enerjisi ihtiyacının %30'unu yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamayı hedeflemiştir.

Enerji uzmanlarına göre dünyamızın sahip olduğu mevcut güneş enerjisi kaynağı, bugünkü dünya enerji ihtiyacının 10.000 katını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Bu muazzam kaynaktan elektrik enerjisi üretimi yapılması ülkemizde maalesef önemsenmemiştir. Ülkemizde ve TRB2 bölgesinde güneş enerjisinden elektrik üretimi yok denecek kadar azdır. Ülkemizin mevcut güneş enerjisi elektrik kurulu gücü 1MW'tır. Bu mevcut potansiyel ise genelde test amaçlı ve örnek çalışmalar için inşa edilmiştir. Dünya ülkeleri içerisinde özellikle A.B.D 1985' yılından itibaren güneş enerjisinden elektrik üretimi yapmaya başlamıştır ve günümüzde kayda değer bir elektrik kurulu güç potansiyele ulaşmıştır. Bunun yanı sıra Almanya, İspanya, İtalya, Fas, Cezayir, İsrail, Yunanistan ve daha sayamadığımız birçok ülke güneş enerjisinden elektrik üretimine büyük önem vermeye başlamışlardır. Bu muazzam enerji kaynağından yararlanamamız ülkemizin acı bir gerçeğini göstermektedir.

TRB2 bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının zenginliğinde hidrolik ve güneş enerjisi potansiyeli ön plana çıkmıştır. Bölgemiz bu iki yenilenebilir enerji kaynağı bakımından oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. TRB2 bölge illerinde hidroelektrik santral kurulu gücü, DSİ verilerine göre, yaklaşık 22 MW'tir. Planlama, proje ve inşaat çalışması devam eden hidroelektrik santral projeleri tamamlandığında TRB2 illeri 2015 yılına kadar yaklaşık 700 MW'lık bir elektrik üretim potansiyeline ulaşacaktır. Fakat mevcut çalışmalar çeşitli sebeplerden ötürü ağır ilerlemektedir. Gelecekte bu projeler tamamlandığında ulaşılacak kurulu güç, kullanılabilir durumdaki potansiyele kıyasla son derece yetersiz kalacaktır.

TRB2 bölge illeri özellikle güneş enerjisi açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Özellikle Van ili global güneş radyasyon değeri ve güneşlenme süreleri bakımından Türkiye'de ön sıradadır. Türkiye'de güneş radyasyon değeri bakımından birinci sırada Karaman, ikinci sırada Antalya ve üçüncü sırada Van İli bulunmaktadır. Turizm projeleri, arazi yapısı ve güneş enerjisi elektrik santral yapımında gerekli teknik

şartları karşılama açısından Van İli, Karaman ve Antalya illerine göre daha avantajlı konumdadır. Güneşlenme süresi bakımından ise Van İli, Antalya ve Karaman'a göre daha yüksek değerlere sahiptir. Mevcut veriler gözönüne alınarak çapraz karşılaştırma yapıldığında Türkiye'de en yüksek güneş enerjisi potansiyeline Van İli'nin sahip olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada; güneş ve güneş enerjisi tanımlaması, güneş enerjisinin kullanım alanları, güneş enerjisinin kullanımındaki faydaları, mevcut güneş enerjisi teknolojilerinin neler olduğu, bu konuda dünyada devam eden çalışmaların ve yatırımların neler olduğu, güneş enerjisi teknolojik sistemlerinin yatırım ve üretim maliyet analizleri gibi önemli konular detaylıca irdelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca TRB2 bölgesinin mevcut güneş enerjisi potansiyeli, bölgenin fiziki ve iklim durumunun güneş termik santrallerinin fizibilite şartlarına uygunluğu, güneş enerjisinden elektrik üretimi yapmaya yönelik yasal mevzuat, yatırımcıların izlemesi gereken yollar ve yatırımlarla ilgili yaşanabilecek mevcut sorunlar da açıklanmıştır.

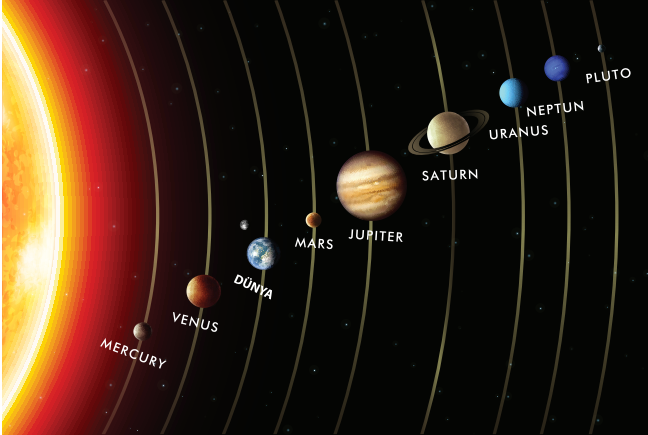


2. GÜNEŞ ENERJİSİ

2.1 Güneş ve güneş enerjisi nedir.?

Güneş, yarıçapı 695.500 km (dünya yarıçapının yaklaşık 109 katı) , kütlesi 2×10^{27} ton olan (dünya kütlesinin yaklaşık 333.000 katı) ve kütlesi tamamıyla gazdan oluşan bir yıldızdır. Güneşin dünyamıza olan uzaklığı 149.600.000 km'dir. Güneş ortalama olarak santimetre küp başına 1.4 gr yoğunluğa sahiptir. Fakat güneşin merkezinde bulunan güneş korunda bu değer santimetre küp başına 155 gr'dır ve güneş kuru güneş kütlesinin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Güneş kütlesinin %72'sini en parlak element olan hidrojen, %26'sını helyum gazı ve geri kalan %2'lik kısmını ise ağır metaller oluşturmaktadır. Güneş yüzeyinin sıcaklığı 5.500°C 'dir. Güneş kuru sıcaklığı ise yaklaşık 15 milyon $^{\circ}\text{C}$ 'dir. Dokuz gezegen ve bu gezegenlere ait çok sayıda uydu, onbinlerce asteroid (küçük gezegen), trilyonlarca kuyruklu yıldız güneşin etrafında dönmektedir. Güneş ve güneşin etrafındaki tüm bu sistemler güneş sistemini oluşturmaktadır.

Şekil 1: Güneş sistemi.



Güneş enerjisi, güneşin merkezinde, temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıyla nükleer füzyon reaksiyonu sonucu meydana gelir. Güneşin merkezinde oluşan bu reaksiyon sonucu yaklaşık 15 milyon derecelik bir sıcaklık oluşur. Güneşin korundaki bu tepkimeler sonucu büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Güneşin toplam ışıması 3.8×10^{26} J/saniye olduğundan, güneşte bir saniyede yaklaşık 600 milyon ton proton, yani hidrojen tüketilmektedir. Bu sayı ilk bakışta ürkütücü bir rakam olarak gözükse de, güneşin kütlesinin yaklaşık %70'lik kısmının hidrojen olduğu düşünülürse, güneşteki hidrojen yakıtının tüketilmesi için daha yaklaşık 5 milyar yıllık bir süre olduğu ortaya çıkar. Bu yönüyle güneş, insanlık için tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, güneşin daha serin (yaklaşık 5000°C) ve birkaç yüz kilometrelik dar bir bölgesinden gelmektedir. Bu bölge, düşük yoğunlukta (yaklaşık deniz yüzeyindeki

hava yoğunluğunun 10-14 katı) iyonlanmış gazlardan oluşur ve görünür ışığı pek geçirmeyen bir bölgedir. Bu bölgedeki atomlar, sıcaklıklarıyla orantılı olarak ışıma yaparlar ve böylece bu bölgenin ışımasına yol açarlar.

Dünya, güneşten yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle, dünyaya güneşten gelen enerji hem günlük olarak değişmekte, hem de yıl boyunca değişmektedir. İlave olarak, Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksenini, güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemiyle 23.5° 'lik bir açı yaptığından, yeryüzüne düşen güneş şiddeti yörünge boyunca (yıl boyunca) değişmekte ve mevsimler de böylece oluşmaktadır.

Dünyaya, güneşten saniyede, yaklaşık 3.8×10^{26} J'lük enerji, ışımlarla gelmektedir. Güneşin saldırdığı toplam enerji göz önüne alındığında bu çok küçük bir kesirdir; ancak bu tutar dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 10 bin katıdır. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışımlardan oluşur ve bu ışınlar güneş ile dünya arasındaki mesafeyi yaklaşık 8 dakikada (500 sn) aşarak dünyaya ulaşır. (ışımlar saniyede 300.000 km'lik bir hızla, yani ışık hızıyla yol alırlar)

Dünyanın dışına, yani havaküre (atmosfer) dışına dik bir açıyla gelen güneş ışınlarının bir metre kare alanda oluşturduğu güneş enerjisi, Güneş Değişmezi (S) olarak adlandırılır ve bunun değeri $S = 1373 \text{ W/m}^2$ dir. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez alınabilir. Çünkü her zaman, gelen güneş ışınlarına dik yüzey göz önüne alınmalıdır. Ancak, dünyanın güneş çevresindeki yörüngesi bir çember olmayıp bir elips olduğundan, yıl boyunca bu değerde %3.3 'lük bir değişim söz konusudur. Yeryüzüne bu enerjinin soğurma ve yansıma olaylarından dolayı %60'lık kısmı yani 832 W/m^2 'lik kısmı ulaşır.

Sonuç olarak güneş enerjisi güneşin yaydığı ısı ve ışık kaynağıdır. Güneş enerjisi dünyamız ve yaşam için hayati öneme haiz temel bir enerji kaynağıdır. Özellikle, canlıların yaşam döngüsünün sürdürülmesinde vazgeçilmez bir kaynaktır. Bugün dünyamızda kullandığımız çeşitli enerji kaynaklarının büyük çoğunluğu güneşin sebep olduğu çeşitli reaksiyonlar sonucu oluşmuştur. Güneş enerjisi vasıtasıyla dünyamız gündüz direkt ve gece dolaylı olarak aydınlatılabilmekte, yerküre ısıtılmakta, yağışlar ile su döngüsü sağlanabilmekte ve en önemlisi de fotosentez ile canlı yaşam sürdürülebilmektedir. Hayati önemdeki bu yıldızdan endüstriyel manada enerji üretimi yapmak da mümkündür.

2.2 Güneş Enerjisinin Üstünlükleri, Dezavantajları ve Kullanım Alanları

Güneş enerjisinin üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

- Yenilenebilir bir enerjidir,
- Tükenmeyen, bedava bir enerji kaynağıdır,
- Doğaya ve çevreye karşı dost bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi çevreye zararlı maddeleri içermez,
- Sağlığa karşı zararlı değildir, yan etkileri yoktur,
- Çoğu ülkenin dışa olan enerji bağımlılığını ortadan kaldırabilir/azaltabilir,
- Atık bertaraf etme ve atıkları taşıma zorunluluğu yoktur,
- Her tür arazi yapısında bu enerjiden yararlanmak mümkündür,
- Güneş enerjisinin dezavantajları ve karşılaşılan sorunları aşağıdaki gibi sıralanabilir:
- Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.
- Güneş enerjisi yatırım maliyetleri günümüz şartlarında yüksektir,
- Elde edilen enerji miktarı sabit veya kararlı bir yapıda değildir,
- İklim ve arazi koşullarından etkilenir,
- Gelen enerji miktarı kontrol edilemez,
- Günümüz teknolojiyle hem enerjiyi depolama işlemi zordur hemde güneş enerjisini depolamak için gerekli yatırım maliyeti yüksektir,

Güneş Enerjisinin Kullanım Yöntemleri ve Alanları

Güneş enerjisinin depolanabilmesi ve diğer enerji çeşitlerine dönüşebilmesi ısı, mekanik, kimyasal ve elektrik yöntemlerle olur. Isı depolama veya çevriminde; ısı tutma kapasitesi yüksek ve kolay bulunur, ucuz maddeler kullanılır. Genelde ısı transfer akışkanı olarak su ve yağ kullanılır.

Arz fazlası güneş enerji miktarının daha sonra kullanıma sunulması amacıyla çeşitli yöntemlerden yararlanılır. Bu yöntemler kimyasal ve elektrik depolama şeklinde gerçekleştirilmektedir. Kimyasal depolamada(ısının hapsedilmesi) hidrat tuzlarından(erişik tuz şeklinde) yararlanılır. Elektrik depolamada ise güneş enerjisi çeşitli dönüştürücü sistemlerle bataryalara (akü) depolanır. Güneş enerjisi bu çevrimler vasıtasıyla doğrudan veya dolaylı olarak; kullanım suyunun ısıtılmasında, bitkisel ürünlerin kurutulmasında, sulama sistemlerinde, yapıların ısıtılması-soğutulması (iklimlendirilmesi) –aydınlatılması işlemlerinde, endüstriyel tesislerde buhar ve elektrik üretiminde vb. alanlarda kullanılabilmektedir.

Özetle güneş enerjisi genel olarak aşağıdaki amaçlar için kullanılmaktadır:

- Güneş Enerjisinden Doğrudan Isı Enerjisi Elde Etmek,
- Güneş Enerjisinden Doğrudan Elektrik Enerjisi Elde Etmek,

Günümüzde güneş enerjisine yönelik yatırımlar özellikle elektrik üretim teknolojilerine yapılmaktadır. Bu teknolojilerin başında ısı termik sistemler ve fotovoltaik sistemler gelmektedir.



3. DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1 Dünyada güneş enerjisinin yenilenebilir enerji içerisindeki yeri ve önemi

Günümüzde güneş enerjisine yönelik yatırımlar özellikle elektrik üretim teknolojilerine yapılmaktadır. Bu teknolojilerin başında ısı termik sistemler ve fotovoltaik sistemler gelmektedir. Bu sistemler yoluyla elektrik üretimi yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ülkeler açısından farkedilmeye başlanmıştır. Fosil yakıtlardan elektrik üretimi yapılması, çevre kirliliği, ekonomik kayıplar sebebiyle ve bu kaynaklara sahip olmayan ülkelerin dışa olan bağımlılığını arttırmaktadır. Bu olumsuz yanlar ülkeleri kendi sahip oldukları yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yöneltmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal ve biyokütle kaynakları gelmektedir. Sadece dünyanın sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli bugünkü dünya elektrik enerjisi ihtiyacının 10.000 katı bir değerde bir potansiyele karşılık gelmektedir.

Aşağıdaki tabloda görüldüğü üzere dünyada 2008 yılında en fazla yenilenebilir enerji kapasite yatırımı yapan ilk iki ülke ABD ve İspanya, güneş enerjisinden elektrik üretimi yapmak için en fazla yatırım yapan ilk iki ülke İspanya ve Almanya, güneş enerjisinden sıcak su üretimine yönelik en fazla yatırımı yapan ilk iki ülke ise Çin ve Türkiye olmuştur.

Tablo 1: İLK BEŞ ÜLKE SIRALAMASI- 2008 Yılı Yenilenebilir Enerji Yatırımı

Yenilenebilir Enerji Yatırım Türü	1.	2.	3.	4.	5.
Yeni Kapasite Yatırımı	ABD	İSPANYA	ÇİN	ALMANYA	BREZİLYA
Rüzgar Enerjisi	ABD	ÇİN	HİNDİSTAN	ALMANYA	İSPANYA
Solar Fotovoltaik Sistemler (PV)- Şebekeye Bağlı	İSPANYA	ALMANYA	ABD GÜNEY KORE JAPONYA İTALYA		
Solar sıcak su üretimi	ÇİN	TÜRKİYE	ALMANYA	BREZİLYA	FRANSA
Etanol	ABD	BREZİLYA	ÇİN	FRANSA	KANADA
Biodizel	ALMANYA	ABD	FRANSA	ARJANTİN	BREZİLYA

Kaynak: Renewables Global Status Report 2009, International Solar Energy Society, www.ises.org

Tablo 2: İLK BEŞ ÜLKE SIRALAMASI- 2008 Sonu Yenilenebilir Enerji Mevcut Kurulu Kapasite

Yenilenebilir Enerji Türü	1.	2.	3.	4.	5.
Mevcut kapasite	ÇİN	ABD	ALMANYA	İSPANYA	HİNDİSTAN
Küçük boyutlu hidrolik enerji	ÇİN	JAPONYA	ABD	İTALYA	BREZİLYA
Rüzgar enerjisi	ABD	ALMANYA	İSPANYA	ÇİN	HİNDİSTAN
Biyokütle	ABD	BREZİLYA	FİLİPİNLER	ALMANYA İSVEÇ FİNLANDİYA	
Jeotermal enerji	ABD	FİLİPİNLER	ENDONEZYA	MEKSİKA	İTALYA
Solar Fotovoltaik Sistemler(PV)-Şebekeye Bağlı	ALMANYA	İSPANYA	JAPONYA	ABD	GÜNEY KORE
Solar sıcak su üretimi	ÇİN	TÜRKİYE	ALMANYA	JAPONYA	İSRAİL

Kaynak: Renewables Global Status Report 2009, www.ises.org

Yukarıdaki tabloda bulunan verilere göre yenilenebilir enerji alanında mevcut kurulu kapasiteye sahip ilk iki ülke Çin ve ABD'dir. Güneş enerjisi elektrik üretim kapasitesine sahip (PV sistemler) ilk iki ülke Almanya ve İspanya, güneş enerjisinin sıcak su üretim kapasitesine sahip ilk iki ülke ise Çin ve Türkiye'dir.

Tablo 3: 2008 Yılı Dünya Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Kapasite Artışı ve 2008 Sonu Mevcut Kapasite

Güç Üretimi-GW	Eklenen Kurulu Güç	2008 Sonu Toplam Kurulu Güç
Büyük boyutlu hidrolik enerji	25-30	860
Küçük boyutlu hidrolik enerji	6-8	85
Rüzgar enerjisi	27	121
Biyokütle	2	52
Solar PV sistemler-Şebekeye Bağlı	5.4	13
Yoğunlaştırıcı Solar Termal Güç-CSP	0.06	0.5
Okyanus(gelgit)	0	0.3

Kaynak: Renewables Global Status Report 2009, www.ises.org

Yukarıdaki tabloya göre 2008 sonu verilerine göre dünyadaki yenilenebilir enerji kurulu elektrik güç kapasitesi toplamda yaklaşık 1.132 GW'tır. Dünyadaki mevcut yenilenebilir enerji elektrik kurulu gücün yaklaşık %83'ünü hidrolik enerji oluşturmaktadır. 2008 yılında yenilenebilir enerjiye yöne-

lik kurulu güç kapasite artışı maksimum 72 GW olmuştur. 2008 yılında kurulu elektrik güç kapasite artışı, miktar bakımından, sırasıyla hidrolik, rüzgar, güneş ve biyokütle enerjilerde olmuştur.

Dünyada mevcut elektrik kurulu güç kapasitesi 4.700 GW değerindedir. Yenilenebilir enerji elektrik kurulu güç kapasitesi ise yaklaşık 1.130 GW'tır. Yenilenebilir enerjinin dünyadaki toplam elektrik güç kapasitesi içerisindeki payı % 24'tür.

2008 yılı sonunda güneş enerjisi toplam elektrik kurulu gücü ise yaklaşık 13.5 GW olmuştur. Güneş enerjisi yatırımı en çok PV sistem kullanımında olmuştur. Toplam solar termik elektrik kurulu güç ise toplamda 600MW'lık bir değere ulaşmıştır. Solar termik elektrik üretimine yönelik yatırımlar halen ciddi miktarda devam etmektedir. 13.5 GW'lık kurulu gücün 13 GW'lık büyük bölümü şebekeye bağlı solar PV sistemlerden elde edilmektedir.

Tablo 4: 2008 Yılı Yenilenebilir Enerji Sıcak Su Üretim Kapasite Artışı ve 2008 Sonu Mevcut Kapasite

Güç üretimi-GWth(Termal)	Eklenen Kurulu Güç	2008 Sonu Toplam Kurulu Güç
Biyokütle	n/a	250
Solar kollektör	19	145
Jeotermal Enerji	n/a	50
Etanol üretimi-(milyar litre/yıl)	17	67
Biodizel üretimi-(milyar litre/yıl)	3	12

Kaynak: Renewables Global Status Report 2009, www.ises.org

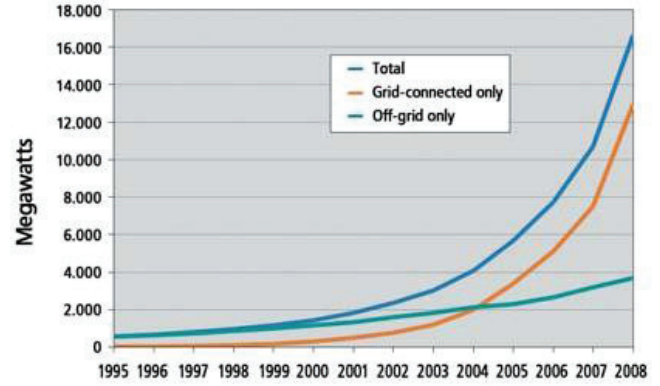
2008 yılı sonunda sıcak su üretimine yönelik mevcut yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi yaklaşık 445 GWth güce ulaşmıştır. 2008 yılında bu alana yapılan yıllık yatırım miktarı 19 GWth olmuştur. Güneş enerjisi sıcak su üretimi/konut ısıtılmasına yönelik yapılan yatırım miktarı ise 19 GWth olmuştur.

Yukarıdaki tabloya göre şebekeye bağlı solar PV sistemlerinde en fazla elektrik üretim kapasitesine sahip ülkeler Almanya, İspanya ve Japonya'dır. 2008 yılında şebekeye bağlı solar PV sistemlere yapılan yatırım miktarı önceki yıla göre yaklaşık %125 artmıştır.

Yandaki grafikte de görüldüğü gibi solar PV sistemlere yapılan yatırım miktarı 2005-2008 yıllarında önceki yıllara göre ciddi şekilde bir artış göstermiştir. 1995 yılında şebekeye bağlı ve bağlı olmayan PV sistemlerin toplam kapasitesi yaklaşık 750 MW iken, bu oran 2008 yılı sonunda yaklaşık 17.000 MW'lık bir kapasiteye ulaşmıştır.

Şekil 2: Solar PV sistemlerde yıllara göre artış grafiği.

Solar PV, Existing World Capacity, 1995–2008



Kaynak: www.ises.org

Tablo 5: Şebekeye Bağlı Solar PV Sistem Yatırımı ve Mevcut Kapasite Gelişimi- Elektrik Kurulu Güç(MW), 2005-2008

	Eklenen Kurulu Güç-2005	Eklenen Kurulu Güç-2006	Eklenen Kurulu Güç-2007	Eklenen Kurulu Güç-2008	Toplam Kurulu Güç-2005	Toplam Kurulu Güç-2006	Toplam Kurulu Güç-2007	Toplam Kurulu Güç-2008
ALMANYA	860	900	1100	1500	1900	2800	3900	5400
İSPANYA	23	100	550	2600	50	150	700	3300
JAPONYA	310	290	240	240	1200	1490	1730	1970
KALİFORNİYA	55	70	95	150	220	320	480	730
ABD- Diğer Eyaletler	10	30	65	100				
Diğer AB ülkeleri	40	50	170	400	130	180	350	750
Güney Kore	5	20	60	250	15	35	100	350
Diğer Ülkeler	20	50	150	200	30	80	250	450
TOPLAM-Eklenen	1300	1500	2400	5400				
TOPLAM					3500	5100	7500	12950

Kaynak: Renewables Global Status Report 2009, www.ises.org

Tablo 6: Solar sıcak su üretimi kurulu güç kapasitesi, İLK 10 ÜLKE, 2007

ÜLKE	EKLENEN KURULU GÜÇ- GWth	TOPLAM GÜÇ- GWth
ÇİN	16	84
AVRUPA BİRLİĞİ	1.9	15.5
TÜRKİYE	0.7	7.1
JAPONYA	0.1	4.9
İSRAİL	0.05	3.5
BREZİLYA	0.3	2.5
ABD	0.1	1.7
HİNDİSTAN	0.2	1.5
AVUSTRALYA	0.1	1.2
ÜRDÜN	0	0.6
DİĞER ÜLKELER	<0.5	<3
DÜNYA TOPLAMI	20	126

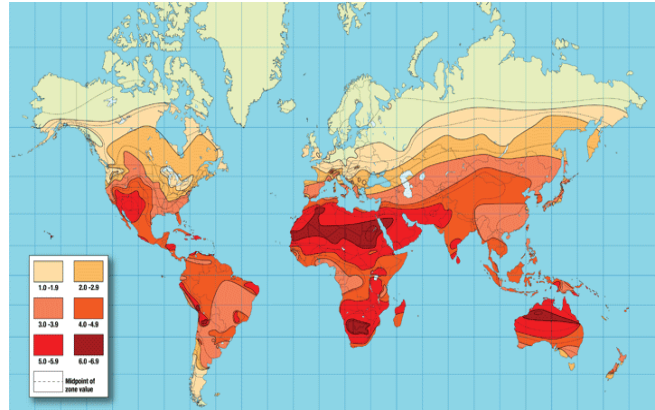
Kaynak: Renewables Global Status Report 2009, www.ises.org

Üstteki tabloda güneş enerjisinden sıcak su üretimine yönelik 2007 yılında yapılan yatırım miktarları ve dünyadaki mevcut kurulu kapasite miktarı gösterilmiştir. Isıl termik sistemler bakımından en yüksek kapasiteye sahip ilk iki ülke Çin ve Türkiye'dir. 2007 yılında bu alandaki kapasite artış miktarı da en fazla bu iki ülke tarafından yapılmıştır.

Isıl termik sistemler bakımından en yüksek kapasiteye sahip ilk iki ülke Çin ve Türkiye'dir.

3.2 Dünya Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Şekil 3: Dünya güneş enerjisi potansiyel atlası.



Yukarıdaki haritada görüldüğü üzere dünyada güneş enerjisi potansiyelinin en yüksek olduğu yerler sırasıyla koyu ve açık kırmızı ile koyu ve açık kahverengi tonlarıyla boyanmış bölgelerdir. Afrika Kıtası, Avustralya Kıtası, Arabistan Yarımadası, ABD'nin batı bölgesi, Güney Amerika Kıtası'nın kuzey bölümleri en yüksek güneş radyasyon değerlerine sahip yerlerdir. Avrupa'da ise güneş enerjisi bakımından en zengin potansiyele sahip ülkeler Türkiye, Yunanistan, İtalya ve İspanya'dır.



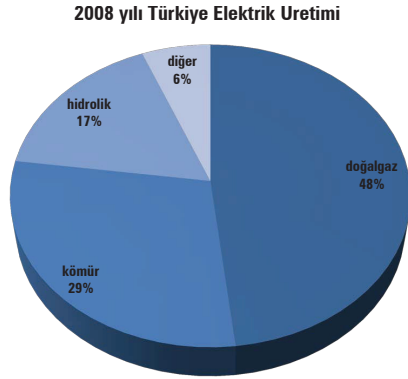
4. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ

4.1 Türkiye'nin Elektrik Üretimi, Tüketimi ve 2023 Yılı Enerji Hedefi

2008 yılı sonunda Türkiye 'de 189,4 milyar kWh elektrik enerjisi tüketime sunulmuş, 27,5 Milyar kWh'lık enerji şebeke kaybı ve kaçak kullanım olarak kayıt dışı kalmış, dolayısıyla Türkiye net elektrik tüketimi 161,9 Milyar kWh olarak kaydedilmiştir.

Enerji Bakanlığı'nın 2008 yılı verilerine göre ülkemizin elektrik enerjisi talebinde ortalama %7,5 oranında hızlı bir artış eğilimi vardır. Elektrik üretimi 2020 yılına kadar yüksek senaryoya göre yıllık yaklaşık %7,7 artışla 499 TWh'e, düşük talep senaryosuna göre ise yıllık ortalama %5,96 artışla 406 TWh'e ulaşacağı beklenmektedir.

Şekil 4: 2008 yılı kaynak enerjiye göre Türkiye elektrik üretim grafiği, Kaynak: Enerji Bakanlığı



Enerji bakanlığının 2008 yılı verilerine göre Türkiye elektrik üretiminin %48'i doğalgazdan, %29'u kömürden, %17'si hidroelektrik santrallerinden ve geri kalan %6'lık kısım ise rüzgar vb. enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Hidroelektrik santral kurulu güç kapasitesi daha yüksek olmasına rağmen yaşanan kuraklıklar, işletme verimlilik, bakım ve arıza oranları vb. sorunlar sebebiyle hidroelektrik santrallerinden beklenen katkı tam sağlanamamıştır.

Ayrıca Enerji Bakanlığı 2008 yılı verilerine göre Türkiye'nin mevcut elektrik kurulu gücü 41.987 MW'tir. Kurulum gücünü oluşturan kaynak enerji türlerinin oranları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.

Şekil 5: Kaynaklara göre Türkiye elektrik kurulu güç kapasitesi.

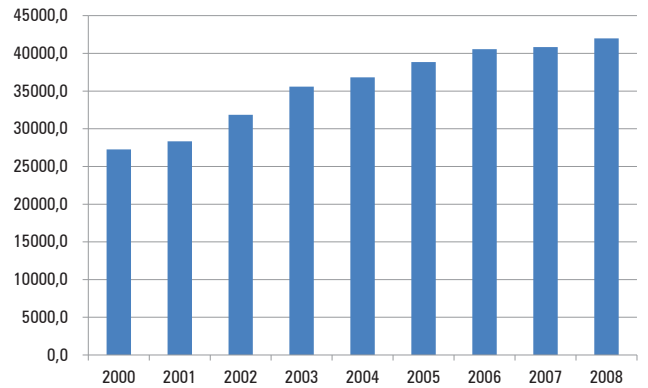


Kaynak: www.teias.gov.tr

Yukarıdaki grafikte gösterildiği gibi Türkiye'nin 41.987 MW'lık elektrik kurulu gücünün %66'sı termik santrallerden, %33'ü hidroelektrik santrallerden ve geri kalan %1'i ise jeotermal ve rüzgar enerjisi kaynaklarından oluşmaktadır.

Yukarıdaki verilere göre Türkiye'nin 2008 yılı mevcut elektrik kurulu gücünün %33'ü hidroelektrik santrallerden oluşurken elektrik üretiminde bu oran %17 seviyelerinde gerçekleşmiştir.

Şekil 6: Türkiye elektrik kurulu gücünün yıllara göre gelişimi



Kaynak: www.teias.gov.tr

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi Türkiye'nin 2000 yılındaki mevcut 27.264 MW'lık elektrik kurulu güç kapasitesi 2009 yılına kadar yaklaşık 14.700 MW'lık bir artış göstereyerek 41.987 MW'lık potansiyele ulaşmıştır. Bu artış miktarı %54'lük bir orana karşılık gelmektedir.

Aşağıdaki tabloda kaynak çeşitliliği açısından Türkiye'nin 2023 yılı yenilenebilir enerjiye yönelik elektrik kurulu güç hedefi gösterilmiştir.

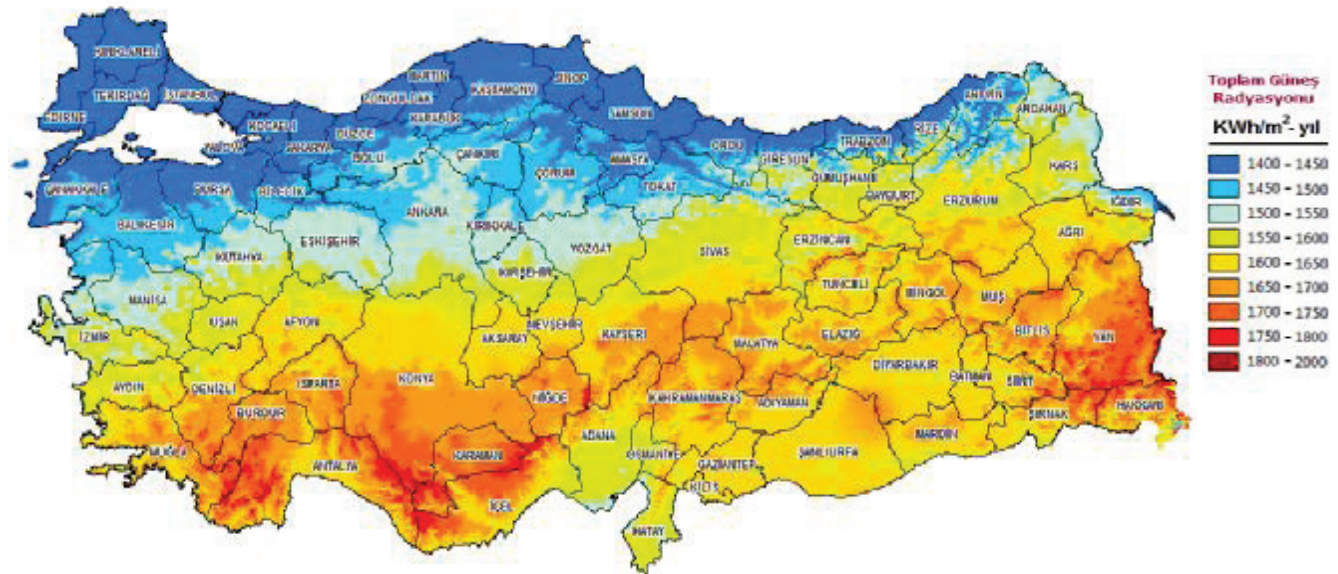
Tablo 7: Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları mevcut ve 2023 yılı elektrik kurulu güç hedefi

	HES	RES	GES	JES, DİĞER
MEVCUT KURULUM-MW	13.829	440	1	0
2023 KURULUM HEDEFİ-MW	36.000	15.000	5.000	1.000

Kaynak : EİE 2009, DSİ 2009

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye'nin 2023 yılı yenilenebilir enerji kurulu güç hedefi yaklaşık 57.000 MW'tır. Bu hedefin gerçekleştirilebilmesi için 42.700 MW'lık bir yatırım yapılması gerekmektedir. Bu hedefin gerçekleştirilebilmesi ciddi bir politikaya, çalışmaya, bütçeye ve kararlılığa bağlıdır.

Şekil 7: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası ,



Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

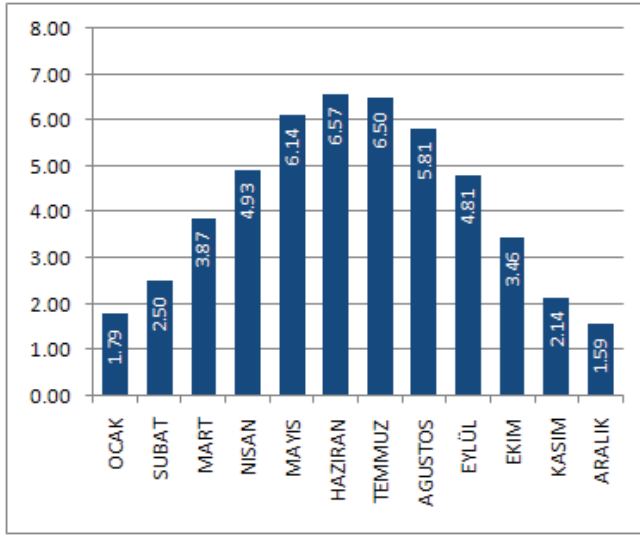
4.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye Elektrik Etüt İdaresi tarafından Türkiye'nin mevcut güneş enerjisi potansiyelini detaylıca gösteren Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası GEPA hazırlanmıştır. Bu çalışmayla Türkiye'nin daha önce bilinen güneş enerjisi potansiyelinin aksine daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2636,89 saat (günlük toplam 7,5 saat), ortalama toplam ışınım şiddetinin 1524,18 kWh/m²-yıl (günlük toplam 4,18 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. GEPA ile il, ilçe bazında güneş global radyasyon değerlerine ve güneşlenme sürelerine ait verilere kolaylıkla erişilebilmektedir.

Aşağıdaki haritada sarı renkle boyanan bölgeler santral kurulumu için uygun yerlerdir. Koyu ve açık kırmızı bölgeler en uygun yerlerdir.

GEPA verilerine göre Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli açısından en zengin bölgeleri Akdeniz Bölgesi ve Van Gölü çevresidir. Karadeniz ve Marmara Bölgeleri bu potansiyelin en az olduğu yerlerdir.

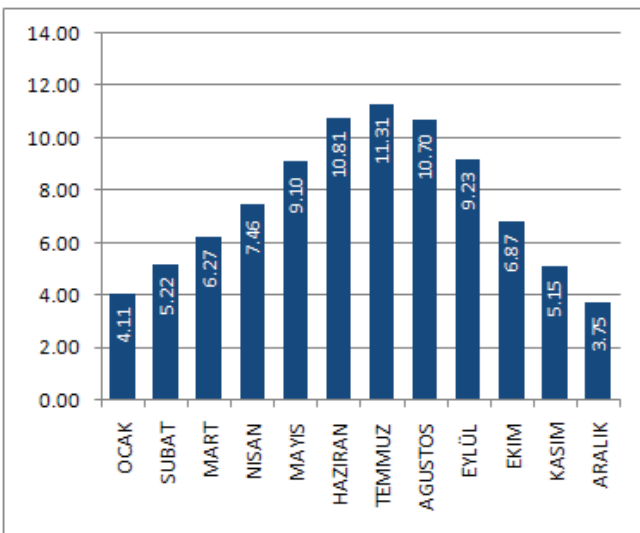
Şekil 8: Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri



Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Yukarıdaki grafikte gösterilen veriler Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Global radyasyon değerinin en yüksek olduğu yıl içi süre Haziran ayına aittir. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük ısıtım şiddetinin 4,18 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1524,18 kWh/m²-yıl (4,18x365) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler Türkiye'nin güneş enerjisi bakımından yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Şekil 9: Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri,



Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Şekil 9'daki grafikte Türkiye'nin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri saat süre olarak gösterilmiştir. Güneşlenme süresinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresinin 7,49 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresinin ise 2736,89 saat-yıl (7,49x365) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler Türkiye'nin güneşlenme süresi bakımından yüksek potansiyele sahip bir ülke olduğunu göstermektedir.

4.3 Türkiye'de Güneş Enerjisi Kullanımı

Ülkemizde çoğu Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılmakta olan, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sıcak su üretme sistemleridir. Halen ülkemizde kurulu olan güneş kollektörü miktarı yaklaşık 12 milyon m² olup, yıllık üretim hacmi 750 bin m²'dir ve bu üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Güneş enerjisinden ısı enerjisi yıllık üretimi 420 bin TEP civarındadır. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kollektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır.

Güneş kollektörlerinin ürettiği ısı enerjinin birincil enerji tüketimimize katkısı yıllara göre aşağıda yer almaktadır.

Yıl	Güneş Enerjisi Üretimi (bin TEP)
1998	210
1999	236
2000	262
2001	290
2004	375
2007	420

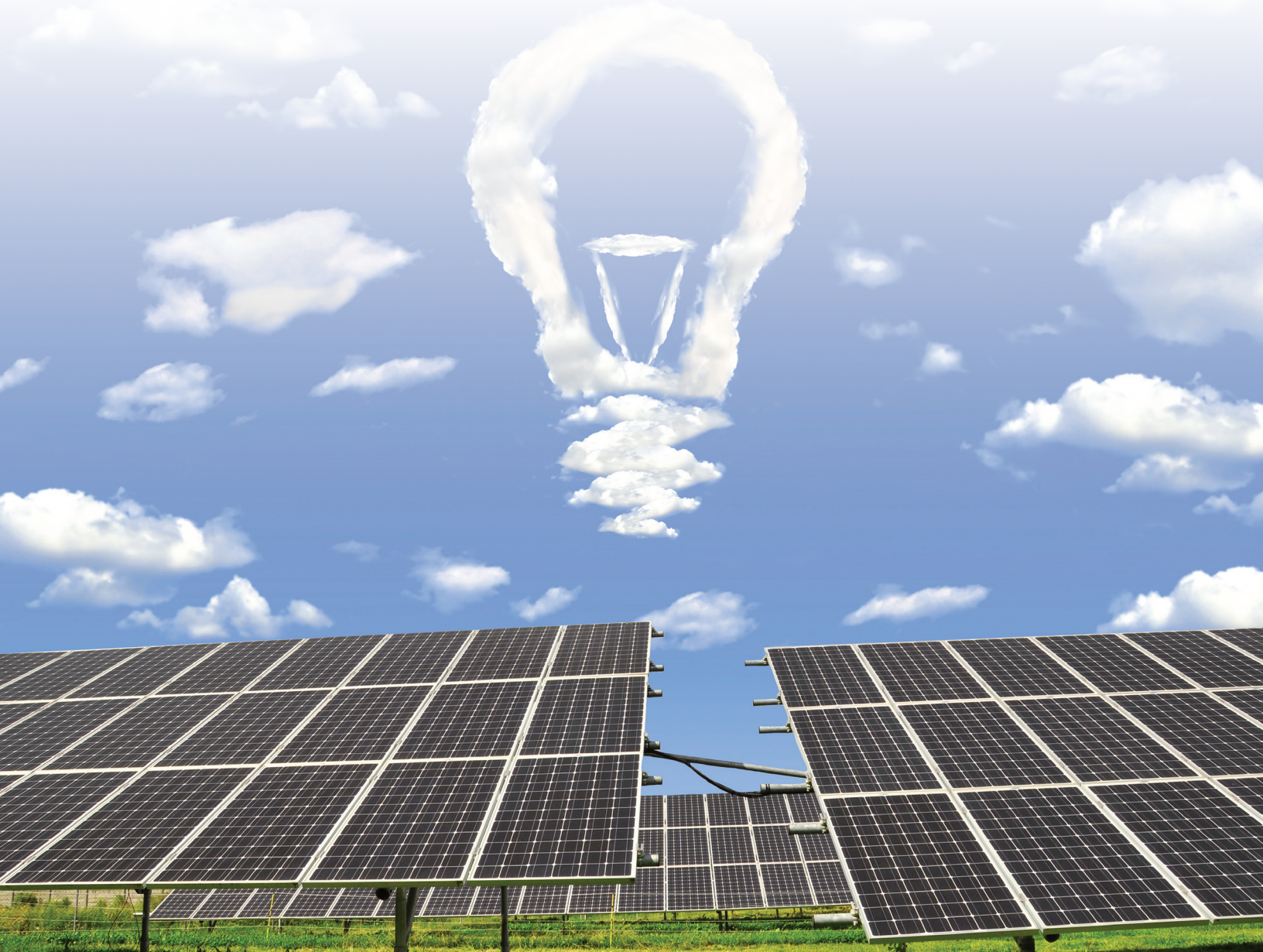
Güneş Pilleri – Fotovoltaik Sistemler, Termik Isıl Sistemlerle Elektrik Üretimi

Güneş pilleri günümüzde, elektrik şebekesinin olmadığı, yerleşim yerlerinden uzak yerlerde ekonomik yönden uygun olarak kullanılabilir. PV sistemler istenen yerde kurulabilmeleri nedeniyle genellikle düşük güçteki sinyalizasyon sistemlerinin, enerji nakil hatlarının ulaşamadığı yerlerdeki elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması vb. amaçlı uygulamalar için rahatlıkla kullanılmaktadır. Ülkemizde kurulu bulunan PV sistemlerin büyük çoğunluğu, Orman Bakanlığı'na ait Orman Gözetleme Kuleleri'nde, Türk Telekom, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmasında, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ve üniversiteler gibi kamu kuruluşlarının araştırma çalışmalarında kullanılmaktadır. Türkiye'de PV sistemlerin(güneş pili) elektrik kurulu gücü 1 MW'a ulaşmıştır. Dünyada kullanılmakta olan şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız PV sistemlerin toplam elektrik kurulu gücü

ise 17.000 MW'a ulaşmıştır. Bu rakamlar ülkemizin PV sistem kullanımında çok gerilerde olduğunu göstermektedir.

Güneş enerjisinin ısı kaynak olarak kullanıldığı termik sistemler ise henüz ülkemizde kullanılmamaktadır. Dünyada bu tür sistemlerin elektrik kurulu gücü 600 MW'a ulaşmıştır. Ayrıca yüksek elektrik kurulu güce sahip termik sistemlerin inşaatı 2008 yılı içerisinde ciddi miktarda artmıştır. 2009 yılı verilerine göre dünyada yaklaşık 2.500-3.000 MW'lık elektrik kurulu güce sahip CSP santrallerin inşaat çalışması devam etmektedir.

Türkiye'nin 2023 yılı güneş enerjisi elektrik kurulu güç hedefi 5.000 MW'tır. Bu hedef gerçekleştirildiği takdirde Türkiye güneş enerjisi kullanımı açısından önemli bir elektrik kurulu gücüne kavuşacaktır. Bugünkü mevcut 1 MW'lık kurulu güç, ülkemizde mevcut güneş enerjisi potansiyelinin kullanılmadığının ana göstergesidir.



5. TRB2 BÖLGESİ'NDE GÜNEŞ ENERJİSİ

5.1. TRB2 Bölgesi'nin Elektrik Üretimi ve Tüketimi

TRB2 Bölgesi Van, Muş, Hakkari ve Bitlis illerinden oluşmaktadır. TRB2 Bölge illerinde 2008 yılı sonunda kişi başı elektrik tüketimi, nakil hatları kayıp miktarları ve kaçak elektrik kullanım miktarı hariç tutulduğunda, Türkiye ortalamasının dörtte biri oranındadır. Bölge illerinde kişi başı elektrik tüketimi ortalama yıllık 570 kWh'tir. Bu değer Türkiye ortalaması için 2.264 kWh'tir.

TRB2 Bölgesi yenilenebilir enerji kaynakları açısından hidrolik ve güneş enerjisi bakımından zengin bir potansiyele sahiptir. Bölgede işletme halinde olan hidroelektrik santrallerinin mevcut elektrik kurulu güç kapasitesi yaklaşık 22 MWh'tir. Planlama raporu ve kati projesi hazır olan ve inşaatı devam eden hidroelektrik santrallerinin toplam elektrik kurulu gücü yaklaşık 700 MWh'tir. İlgili HES santralleri işletme haline geçtiğinde yaklaşık 250.000 hanenin elektrik enerji ihtiyacını karşılayabilecek bir potansiyele kavuşabilecektir ve bugün işletmede olan mevcut santral kurulum gücünün 36 katı bir değere ulaşacaktır.

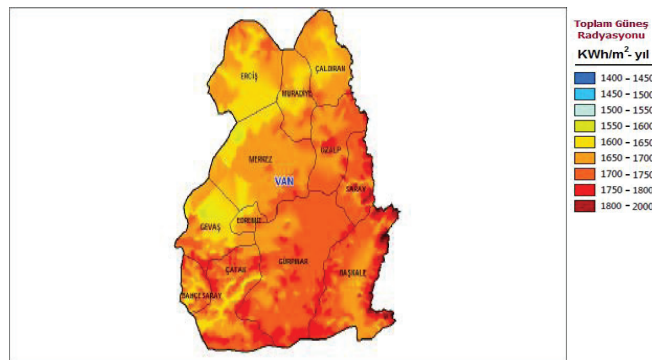
Tablo 8: TRB2 Bölge illerine ait güneş enerjisi teknik verileri

GENEL GÖSTERGELER	BİRİM	VAN	BİTLİS	MUŞ	HAKKARİ	TÜRKİYE
Yıllık ortalama toplam güneş enerjisi global radyasyon değerleri	KWh/m ² -yıl	1635,81	1604,78	1591,70	1610,87	1524,18
Yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi	Saat	3068,74	2690,96	2687,31	3510,08	2736,89

Kaynak : GEPA, www.eie.gov.tr

5.2.1. Van İli Güneş Enerjisi Potansiyeli

Şekil 10: Van İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası,



Kaynak: GEPA

Yukarıdaki haritada Van İli'ne ait koyu ve açık kırmızı alanların yaygın olduğu görülmektedir. Bu tonlarla boyanmış bölgelerde güneş enerjisi global radyasyon değerleri yüksektir. Van İli'nin güney bölgesine doğru inildikçe güneş radyasyon değeri artmaktadır.

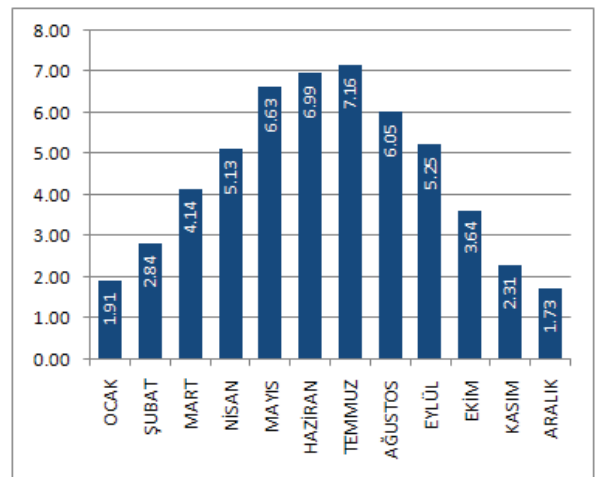
5.2. TRB2 Bölge İllerinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

TRB2 Bölge illeri, GEPA'dan elde edilen verilere göre, Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli açısından en zengin iki bölgeden birisidir. Aşağıdaki tabloda TRB2 bölge illerinin güneş enerjisi global radyasyon değeri gösterilmiştir.

Aşağıdaki tabloda bulunan verilere göre güneş enerjisi potansiyeli ve kullanılabilir alan açısından TRB2 bölge illerinin içerisinde en zengin potansiyele sahip il Van İli'dir. Van İli'nin Yıllık ortalama toplam güneş enerjisi global radyasyon değeri 1.635 kWh/m²-yıl'dır. Bu değer Karaman İli için 1660 kWh/m² , Antalya İli için 1646 kWh/m²'dir. Van ve Hakkari illeri hem güneş enerjisi global radyasyon değeri hemde güneşlenme süresi bakımından miktar olarak Türkiye ortalamasının çok üzerindedir.

Aşağıdaki tüm veriler TRB2 bölgesinin güneş enerjisi potansiyelinin çok yüksek olduğunu göstermektedir. Özetle TRB2 bölgesi güneş enerjisi yatırımı açısından önemli bir yatırım potansiyeline sahiptir.

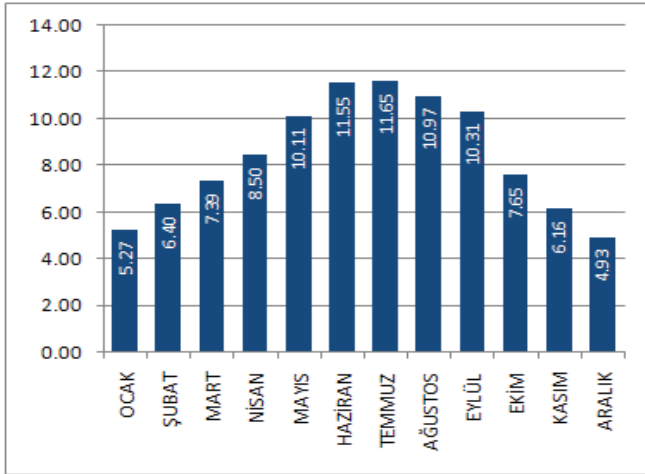
Şekil 11: Van İli aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri,



Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Şekil 11' deki grafikte gösterilen veriler Van İli'nin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Global radyasyon değerinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Van İli'nin aylık bazda ortalama günlük ışınlam şiddetinin 4,48 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1635,81 kWh/m²-yıl (4,48x365) olduğu görülmektedir. Bu değerler Van İli'nin, Türkiye'de güneş enerjisi global radyasyon değerinin en yüksek olduğu bir bölge olduğunu göstermektedir.

Şekil 12: Van İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri,

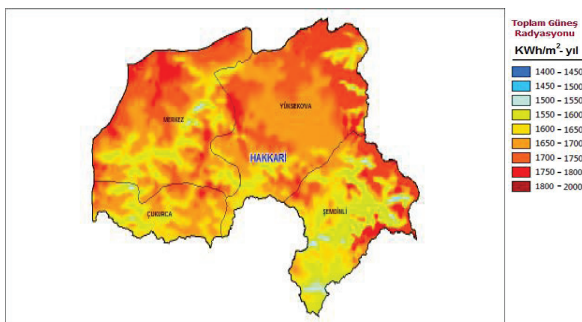


Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Yukarıdaki grafikte Van İli'nin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri saat süre olarak gösterilmiştir. Güneşlenme süresinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Van İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresinin 8.41 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresinin ise 3.068,64 saat-yıl (8,41x365) olduğu görülmektedir. Bu değerler Van İli'nin güneşlenme süresi bakımından Türkiye ortalamasının çok üzerinde bir değere sahip olduğunu göstermektedir.

5.2.2. Hakkari İli Güneş Enerjisi Potansiyeli

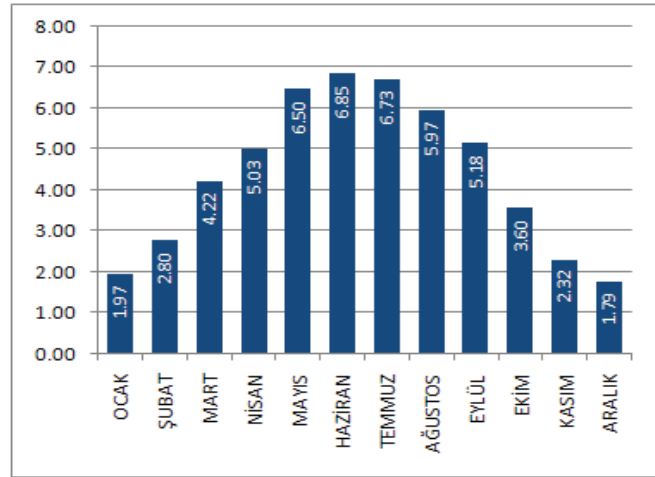
Şekil 13: Hakkari İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası,



Kaynak: GEPA

Şekil 13' deki haritada Hakkari İli'ne ait koyu ve açık kırmızı alanların yaygın olduğu görülmektedir. Bu tonlarla boyanmış bölgelerde güneş enerjisi global radyasyon değerleri yüksektir. Hakkari İli'nin genelinde güneş radyasyon değeri yüksek olduğu görülmektedir.

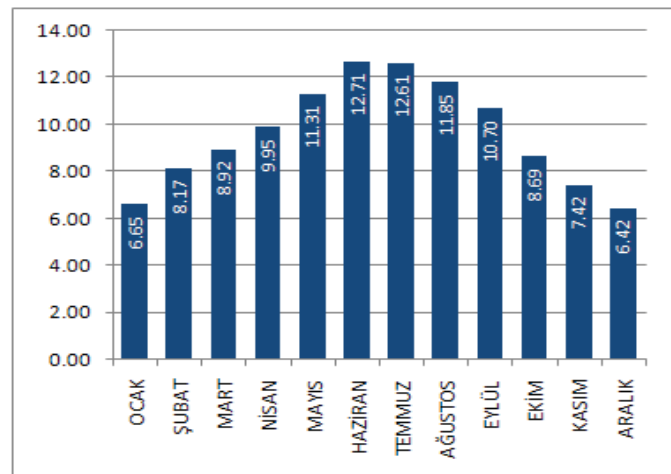
Şekil 14: Hakkari İli aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri,



Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Yukarıdaki grafikte gösterilen veriler Hakkari İli'nin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Global radyasyon değerinin en yüksek olduğu yıl içi süre Haziran ayına aittir. Hakkari İli'nin aylık bazda ortalama günlük ışınlam şiddetinin 4,41 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1610,87 kWh/m²-yıl (4,41x365) olduğu görülmektedir. Bu değerler Hakkari İli'nin, Türkiye'de güneş enerjisi radyasyon değeri bakımından yüksek potansiyele sahip bölgelerden biri olduğunu göstermektedir.

Şekil 15: Hakkari İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri,

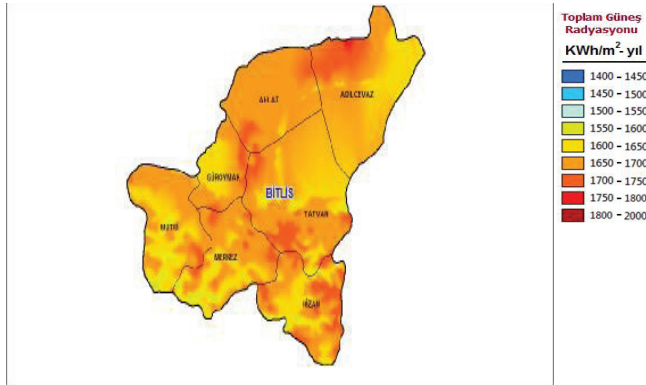


Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Şekil 15' deki grafikte Hakkari İli'nin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri saat süre olarak gösterilmiştir. Güneşlenme süresinin en yüksek olduğu yıl içi süre Haziran ayına aittir. Hakkari İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresinin 9.61 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresinin ise 3.510,08 saat-yıl (9,61x365) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler, Hakkari İli'nin güneşlenme süresi bakımından Türkiye'de en yüksek değere sahip alan olduğunu göstermektedir.

5.2.3. Bitlis İli Güneş Enerjisi Potansiyeli

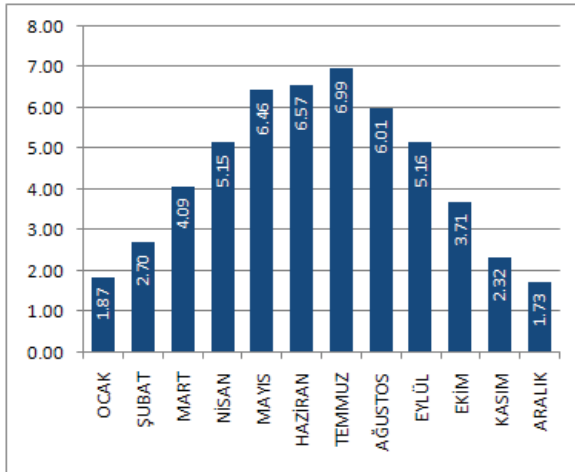
Şekil 16: Bitlis İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası,



Kaynak: GEPA

Yukarıdaki haritada Bitlis İli'ne ait güneş enerjisi potansiyeli görülmektedir. Koyu ve açık kırmızı tonlarla boyanmış bölgelerde güneş enerjisi global radyasyon değerleri yüksektir. Bitlis İli'nin genelinde güneş radyasyon değerinin yüksek olduğu görülmektedir.

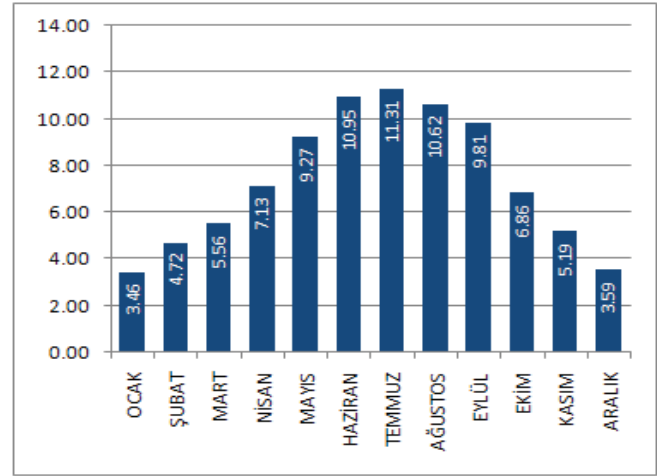
Şekil 17: Bitlis İli aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri,



Kaynak: GEPA, www.eie.gov.tr

Şekil 17' deki grafikte gösterilen veriler Bitlis İli'nin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Global radyasyon değerinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Bitlis İli'nin aylık bazda ortalama günlük ısıtım şiddetinin 4,40 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1604,78 kWh/m²-yıl (4,40x365) olduğu görülmektedir. Bu değerler Bitlis İli'nin, Türkiye'de güneş enerjisi radyasyon değerinin yüksek olduğu illerde biri olduğunu göstermektedir.

Şekil 18: Bitlis İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri,

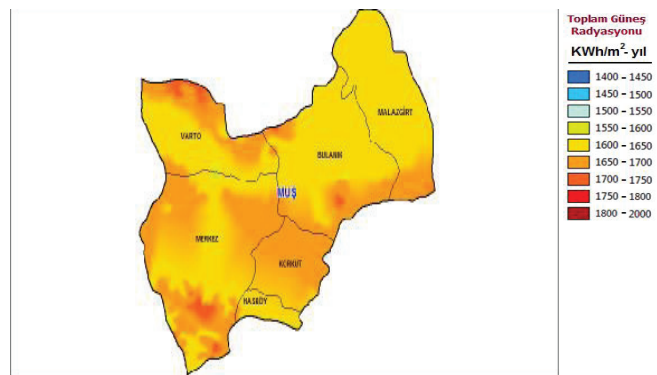


Kaynak: GEPA, www.eie.gov.tr

Yukarıdaki grafikte Bitlis İli'nin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri saat süre olarak gösterilmiştir. Güneşlenme süresinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Bitlis İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresinin 7.37 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresinin ise 2.690,96 saat-yıl (7,37x365) olduğu görülmektedir. Bu değerler Bitlis İli'nin güneşlenme süresi bakımından Türkiye ortalamasının altında olduğunu göstermektedir.

5.2.4. Muş İli Güneş Enerjisi Potansiyeli

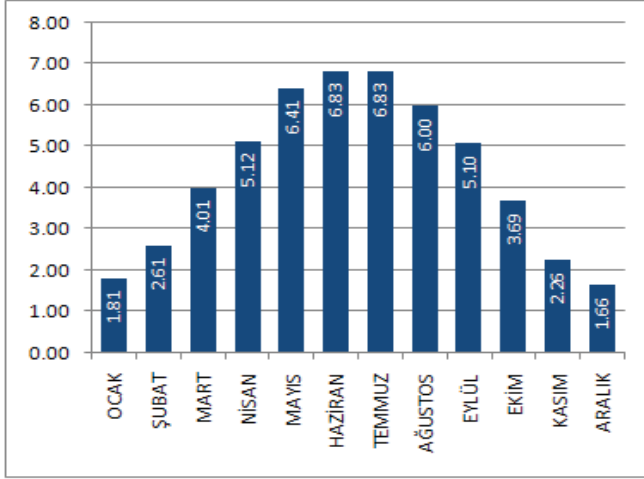
Şekil 19: Muş İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası,



Kaynak: GEPA

Şekil 19' daki haritada Muş İli'ne ait açık kırmızı alanların yaygın olduğu görülmektedir. Bu tonlarla boyanmış bölgelerde güneş enerjisi global radyasyon değerleri yüksektir. Muş İli'nin güneyine inildikçe güneş radyasyon değerinin arttığı görülmektedir.

Şekil 20: Muş İli aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri,

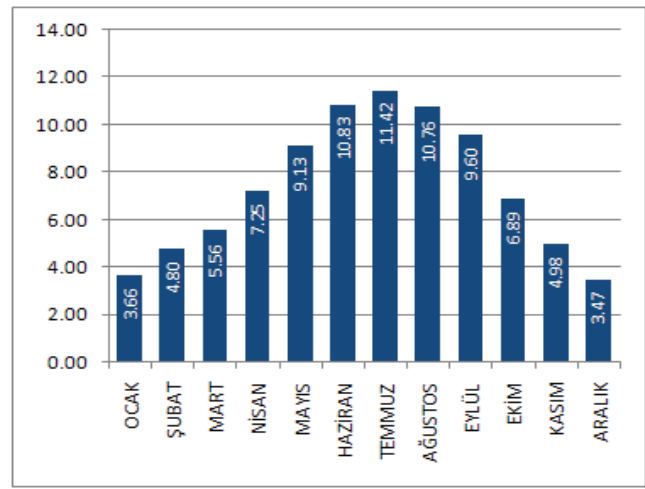


Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Yukarıdaki grafikte gösterilen veriler Muş İli'nin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Global radyasyon değerinin en yüksek olduğu yıl içi süre Haziran ve Temmuz ayına aittir. Muş İli'nin aylık bazda ortalama günlük ışıınım şiddetinin 4,36 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1.591,70 kWh/m²-yıl (4,36x365) olduğu görülmektedir. Bu değerler

Muş İli'nin, Türkiye'de güneş enerjisi radyasyon değeri bakımından yüksek potansiyele sahip bölgelerden biri olduğunu göstermektedir.

Şekil 21: Muş İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri,



Kaynak:GEPA, www.eie.gov.tr

Yukarıdaki grafikte Muş İli'nin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri saat süre olarak gösterilmiştir. Güneşlenme süresinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Muş İli'nin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresinin 7.36 saat-gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresinin ise 2.687,31 saat-yıl (7,36x365) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler Muş İli'nin güneşlenme süresi bakımından Türkiye ortalamasının altında olduğunu göstermektedir.



6. GÜNEŞ ENERJİSİ ELEKTRİK ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Güneş enerjisi teknolojileri kullanılan yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

Isıl Güneş Teknolojileri : Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Güneş Pilleri : Fotovoltaik piller de denen bu yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.

Bu çalışmada özellikle güneş enerjisinden elde edilen ısı ve ışınlım yoluyla elektrik üretimine yönelik teknolojiye yer verilmiştir. Bu bağlamda güneş enerjisinin kaynak olarak kullanıldığı elektrik santralleri çalışma sistemi olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır:

1.grup : kaynak olarak güneş ısısının kullanıldığı güneş enerjisi termik elektrik santralleridir.

2. grup : güneş ışığından yararlanılan fotovoltaik elektrik santralleridir.

6.1 Güneş Enerjisi Termik Elektrik Santralleri

Ekonomik ve verimli bir güç üretim merkezi kurmak için aşağıdaki parametrelerin mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. İlgili parametreler bir santralin kurulacağı yeri noktasal olarak belirlemede en önemli rehber görevini üstlenmektedir.

Güneş termik santralinin kurulum yeri seçimi için gerekli değerlendirmeler:

- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi
- Güneş radyasyon değerlerinin belirlenmesi
- Yıllık toplam güneşlenme süresinin belirlenmesi
- Yıllık yağış miktarının düşük olması
- Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması
- Rüzgar hızının düşük olması
- Hava kirliliğinin olmaması
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması
- Arazinin düz ve eğimsiz bir alana sahip olması (eğim %3'ten az olmalıdır.)
- Mümkünse su kütlelerine yakın uzaklıkta olması

Şekil 22: ABD Kaliforniya Mojave Çölü'ndeki güneş termik santrali. Kurulum gücü 350MWh.



A- Güneş Enerjisi ve İklim Değerlendirmesi

Bölge yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine ve m2 başına yıllık en az 1550 kWh'lik güneş enerjisi radyasyon değerine sahip olması gerekmektedir. Ayrıca 4 saatlik güneşlenme süresine sahip gün sayısının 150'den az olmaması gerekmektedir.

B- Bölge ve Arazi Seçimi

Verimli bir güneş termik santrali kurulması için bir bölgede olması gereken özellikler aşağıdaki gibi olmalıdır:

- Yıllık yağış miktarının düşük olması
- Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması
- Hava kirliliğinin olmaması
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması
- Rüzgar hızının düşük olması
- Mümkünse su kütlelerine yakın uzaklıkta olması (yansımalarından yararlanmak için)

Yukarıdaki şartların uygun olduğu bölgede arazi seçimi aşağıdaki kriterlere göre yapılmalıdır:

- Arazi düz ve eğimsiz olmalıdır. İzin verilebilecek maksimum arazi eğimi %3 olmalıdır.
- Arazi şehir yerleşim yerlerinden ve hassas bölgelerden uygun uzaklıkta olmalıdır. Şehir imar planları dikkate alınmalıdır.
- Seçilecek alan 1 km²'den az olmamalıdır.

Şekil 23: Düz ve eğimsiz alana sahip bir güneş termik elektrik santrali.



C- Teknik Parametrelerin Belirlenmesi

Uzun Dönem Performans Değerlendirmesi

Yoğunlaştırıcı kollektörlerin uzun dönem performans değerlendirilmesi için saatlik direkt güneş enerjisi değerleri kullanılır. Bu değerler ölçümlerden elde edilemediği zaman, bir model yardımı ile günlük toplam güneş enerjisi değerlerinden elde edilmelidir. Coğrafi bölge ve kollektör seçiminin yapılmasında uzun dönem yıllık güneş enerjisi değerlerinden faydalanılır. Bu değerler aynı zamanda ekonomik analiz için de gereklidir.

İzleme Modülünün Seçimi ve Kollektörlerin Yerleşim Şeklinin Belirlenmesi

Doğrusal yoğunlaştırıcı kollektörler, Kuzey-Güney veya Doğu-Batı doğrultusunda yerleştirilebilir. Yön seçilirken, maksimum güneş enerjisinin hangi doğrultuda alındığı göz önünde bulundurularak yerleştirme yapılır. Genelde Kuzey-Güney doğrultusunda yerleştirmekle en iyi sonuç elde edilir.

Parametrelerinin Optimizasyonu

Doğrusal yoğunlaştırma yapan ve ısı transfer akışkanı olarak termal yağ kullanılan sistemlerde çalışma parametrelerinin optimizasyonu için aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır.

Isı Transfer Yağının Seçimi : Güneş termal güç santralinin verimli çalışması büyük ölçüde, uygun ısı transfer akışkanının seçimine bağlıdır. Bu akışkanın dolaştığı sistem parçaları, 0 °C ile 300 °C arasında değişen sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalırlar. Bu nedenle güç santrallerinde kullanılan ısı transfer akışkanında aşağıdaki özellikler aranır:

- Yüksek yanma noktası (500 °C'ın üstünde)
- Düşük buharlaşma basıncı
- Düşük sıcaklıklarda yüksek akışkanlık

- Yüksek yoğunluk
- Yüksek sıcaklıklarda (300 °C) sürekli çalışabilme

Bu kriterlerin hepsini sağlayan bir yağda ayrıca 0 oC ve 300 oC arasında basınç düşmesinin minimum olması gerekir.

Basınç Düşmesi

İşletme basıncı; santralin önemli çalışma parametrelerinden biridir. İşletme basıncının maksimum ve minimum değerleri, işletme sıcaklığının maksimum ve minimum değerleri ile sınırlanır. Bu basıncın alt limiti ısı transfer akışkanının buharlaşmasını engelleyecek bir değerde olmalıdır.

Boru Boyutlandırması

Sistemdeki sıvının sirkülasyonu için kullanılan boru şebekesi, absorban borulardan ve esnek hortumlardan oluşur. Kollektörlerdeki absorban borular sabittir. Fakat kollektörler arasındaki bağlantıyı sağlayan esnek hortumlar hareketli olduğu için uygun olarak boyutlandırılması önem taşır. Boruların çapının artırılması, akışkan hızını ve basıncını düşürür. Hızın düşmesi ile artan ısı kayıpları maliyeti olumsuz yönde etkiler. Bunun için boru çapı belirlenirken, sistem basınç düşüşünün minimum olmasına ve çalışma basıncının işletme maliyetini minimum seviyeye getirmesine dikkat edilmelidir.

Kapasite Seçimi

Kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark maksimum olmalıdır. Bu durumu sağlamak için:

- Isı transfer akışkanı, güneş tarlasından aldığı enerjiyi mümkün olduğunca buhar üretim sistemine bırakıp, minimum sıcaklıkta geri dönmelidir.
- Isı değiştirgeci, buhar üretici gibi ekipmanların verimliliği artırılmalıdır.

Korozyon

Sistemin ısı kayıplarını minimum seviyeye getirirken prosesin olduğu kısımlar ve kollektörler korozyondan korunmalıdır. Örneğin ekipman içinde yoğunlaşmasına izin verilen buharın, ısı değiştirgecinde ıslak buhar korozyonuna neden olmaması için, süper ısıtıcılarda kızgın buhar haline getirilir.

6.1.1. Güneş Enerjisi Termik Elektrik Santral Çeşitleri

Termal güneş enerjisi sistemleri, düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere ikiye ayrılabilir. Düşük sıcaklık uygulamalarının en yaygını düzlemsel kollektörlerdir. Düzlemsel güneş kollektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisi

olarak bir akışkana aktaran aygıtlardır. Basitliği ve ucuzluğu nedeniyle en yaygın kullanılan güneş enerjisi uygulamasıdır. Evlere, yüzme havuzlarına ve sanayi tesislerine sıcak su sağlamakta kullanılırlar. Daha yüksek sıcaklıklar verebilen vakumlu kollektörlerde ise absorban yüzey cam boru içerisine alınmış ve cam boru ısı kayıplarını azaltmak için vakumlanmıştır. Çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için, düzlemsel kollektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca güneşli soğutma sistemlerinde kullanılabilirler. Bu grupta yer alan diğer sistemler; güneş havuzları, su damıtma sistemleri, güneş mimarisi, seralar, ürün kurutma sistemleri ve güneş ocaklarıdır.

Yüksek sıcaklık uygulamaları ise yoğunlaştırma yapan termal sistemlerdir. Yoğunlaştırıcı sistemler direkt güneş ışınımından yararlanarak yüksek sıcaklıkta buhar üretirler ve elektrik üretiminde kullanılırlar. Yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygını parabolik oluk kollektörlerdir. Kesiti parabolik olan kollektörlerin iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş ışınlarını, odakta yer alan siyah bir absorban boruya odaklarlar. Absorban boruda dolaştırılan sıvıda toplanan ısı ile elde edilen buhardan elektrik üretilir. Diğer bir tür yoğunlaştırıcı sistem olan parabolik çanak sistemler, iki eksende güneşi takip ederek, güneş ışınlarını odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Merkezi alıcı sistemlerde ise; tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş ışınlarını, bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtarak yoğunlaştırma yaparlar.

6.1.1.1. Parabolik Oluk Kollektörlü Elektrik Santalleri

Şekil 24: Parabolik oluk aynalar ve çalışma şekli.

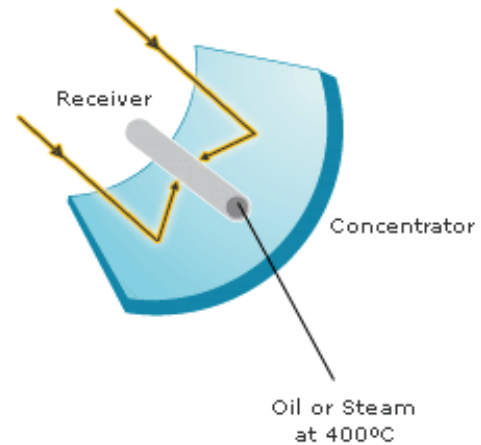


Parabolik oluk kollektörlü güç santralleri, güneş tarlası, buhar ve elektrik üretim sistemlerinden oluşur. Bu santrallerde proses ısısı için, doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden 300 °C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır.

Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik oluk kollektör gruplarından oluşan alandır. Bu üniteler, gelen güneş enerjisini yüksek yansıtma oranına (% 94) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru üzerine yansıtırlar. Parabolik oluk kollektörler grupları yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör bulunur. Bir elektrik motoru vasıtasıyla aynalar güneş ışınlarının dik yansımaları sağlayacak pozisyona getirilir. Örneğin çok sayıda parabolik ayna birbirine seri bağlanarak yaklaşık 100-150 metre uzunluğuna sahip bir kollektör grubu oluşturulur. Birbiri ardına yerleştirilen onlarca parabolik güneş kollektörleri güneş tarlalarını oluşturmaktadır.

Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık % 97 lik bir yutuma sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını azaltmak için, cam tüp ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0.1 atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe ve radyasyon kayıplarını en aza indirmek için antirefleksif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır.

Güneş tarlası kontrol sistemi; genel kontrol sistemi ve her kollektör grubunda bulunan lokal kontrol ünitelerinden oluşur.



şur. Genel kontrol sistemi güneşlenme durumunu izler ve buna göre sistemi tamamen ya da kısmen açar ya da kapatır. Bu işlem, lokal kontrol üniteleriyle iletişim içinde yapılır. Lokal kontrol üniteleri, her kollektör grubunu ayrı ayrı kontrol ederek güneşin takip edilmesini sağlarlar.

Buhar üretim sistemi; ön ısıtma, buhar üretimi ve süper ısıtma bölümlerinden oluşur. Bu bölümlerden geçirilerek 371°C ve 100 bar basınca yükseltilebilen buhar, elektrik üretimi için türbine gönderilir. Üretimden sonra yeterince soğumayan buhar, yeni bir çevrime gönderilmeden, yeniden aynı sıcaklığa kadar ısıtılır ve tekrar türbine gönderilir. Bu ikinci çevrimden sonra artık soğuyan buhar, sıkıştırılıp sıvı hale getirildikten sonra yeni bir çevrime gönderilir.

Güneş enerjili güç santrallerinde, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda, kesintisiz elektrik üretimini sağlamak için ilave ısıtıcılar kullanılır. Petrolle ya da doğal gazla çalışan ilave ısıtıcılar, aynı sıcaklık ve basınçta buhar üretirler. Şekilde gelen güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesi ve kaçaklar görülmektedir.

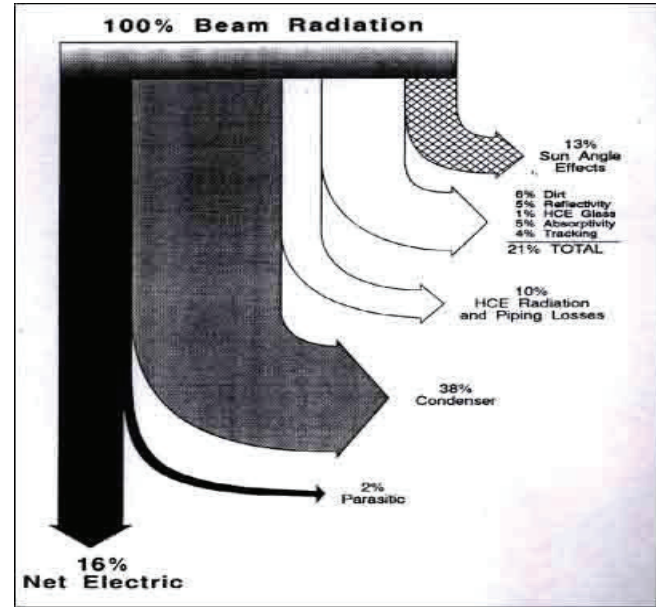
Şekil 25: 1MW güce sahip bir parabolik oluk güneş termik santrali.



Şekil 26: 64 MW güce sahip bir parabolik oluk güneş termik santrali.



Şekil 27:Parabolik Oluk Elektrik Santrallerinde Elektrik Verimi ve Kayıpları.

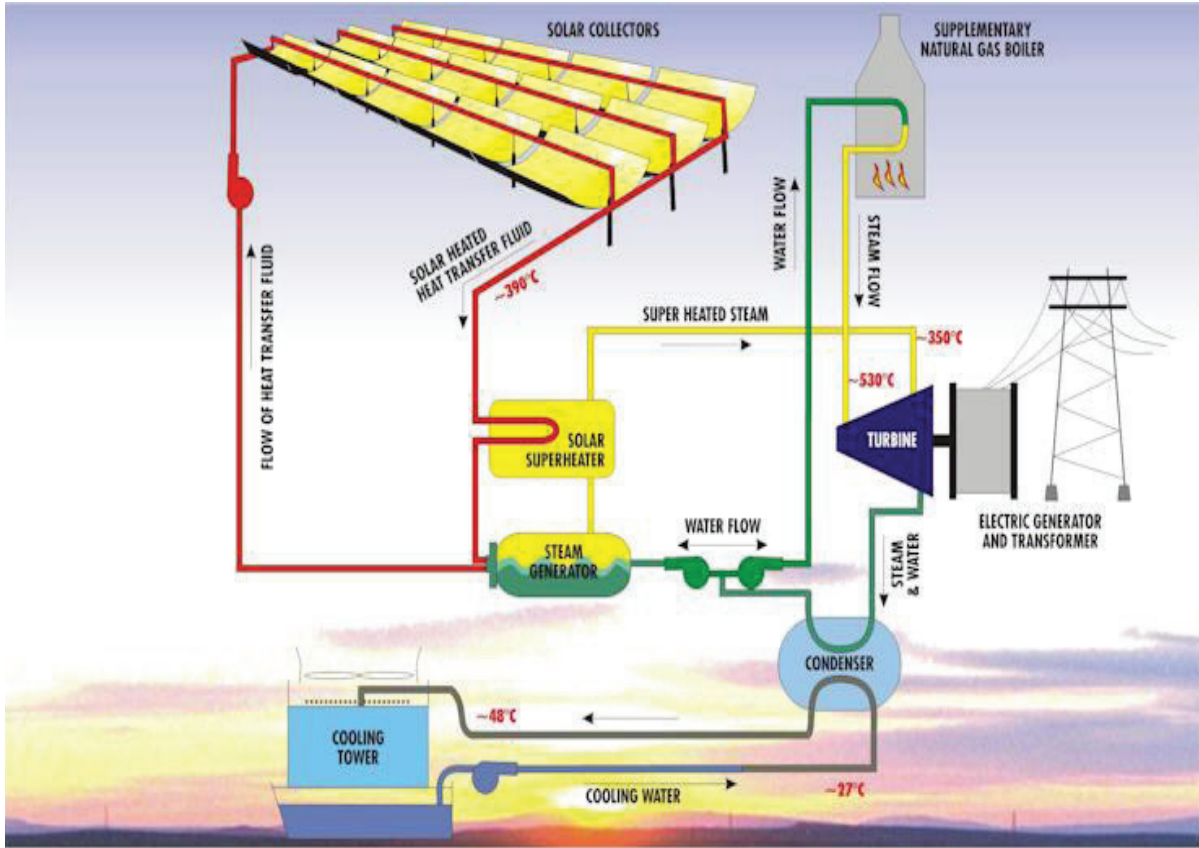


Dünyadaki uygulamaları

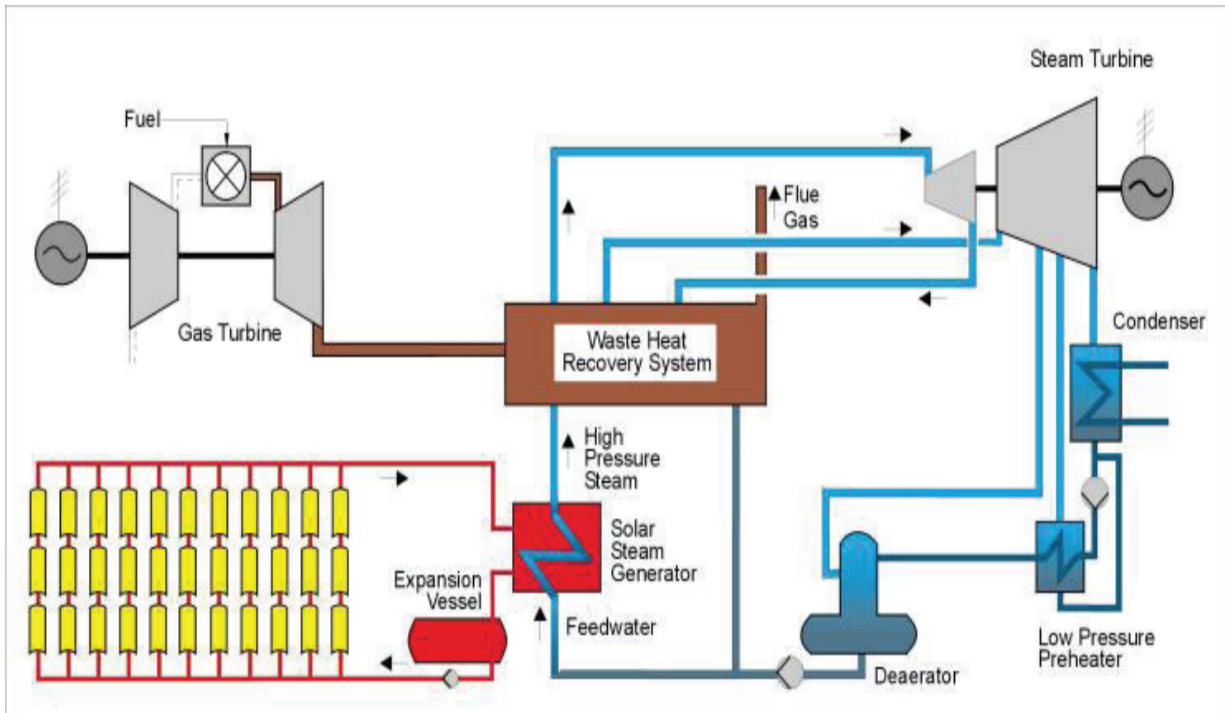
Parabolik oluk kollektörlü sistemler konusunda faaliyet gösteren LUZ International (ABD), dünyada güneş enerjisiyle üretilen toplam elektriğin % 92'sini gerçekleştirmektedir. Bu şirket, 1984 yılında başlattığı çalışmalar ile günümüze kadar 9 güç santralini (SEGS: Solar Electric Generating System) işletmeye sokmuş olup 4 santral ise proje safhasındadır.

80 MW gücündeki SEGS-9, 1990 yılında Harper Gölü'nde inşa edilen santrallerin ikincisi olup, inşa edilmesi ve devreye sokulması 8.5 ay gibi kısa bir sürede tamamlanmıştır. SEGS teknolojisi, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankin çevrimli buhar türbin sistemine dayanır. Güneş Santrali, parabolik oluk kollektör gruplarından (Solar Collecting Assemblies-SCA) meydana gelmiştir. Güneşi iki boyutlu olarak takip eden ve yansıtıcı yüzeyleri vasıtasıyla güneş ışınlarını odaklayarak çelik boru üzerinde yoğunlaştıran kollektörler, kolonlar üzerine kurulmuş olup, esnek hortumlarla birbirine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kayıplarını en düşük seviyeye getirmek için, absorban olarak kullanılan ve özel bir madde ile kaplı olan bu çelik boru, içi vakumlanmış cam bir tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı (sentetik yağ), 380oC civarına kadar ısıtılır ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli olan buhar üretilir.

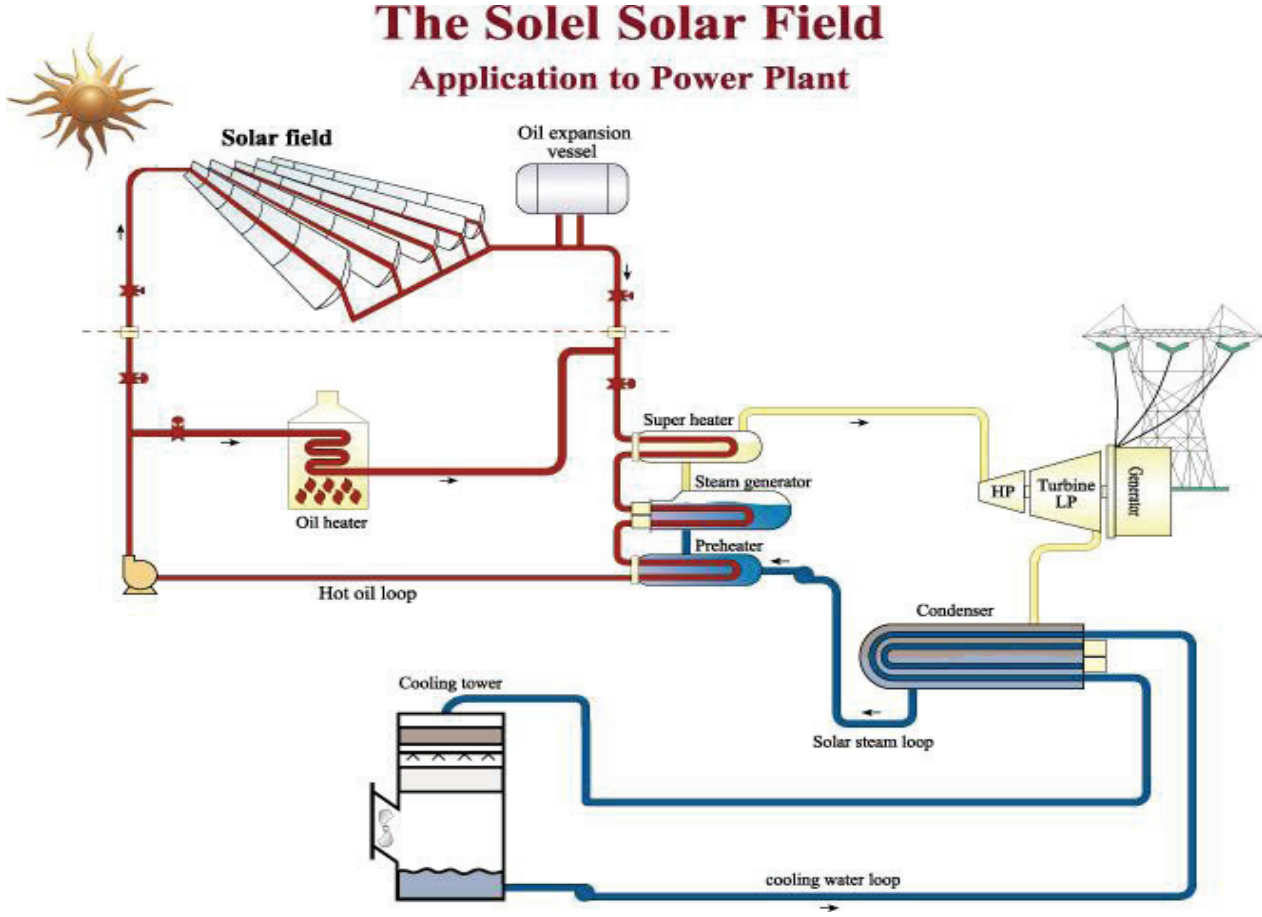
Şekil 28: SEGS Güneş Santrali Blok Şema 1



Şekil 29: SEGS Güneş Santrali Blok Şema 2



Şekil 30: SEGS Güneş Santrali Blok Şema 3



Güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda, kesintisiz enerji üretimini sağlamak için, doğal gazlı ısıtıcı sistem kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin yeterli, yetersiz veya hiç olmama durumuna göre sistem üç değişik şekilde çalışır.

Güneş enerjinin yeterli olduğu durumlarda, ısı transfer akışkanı doğrudan güneş tarlasından geçer. Yetersiz veya hiç olmama durumlarında ise doğal gazlı ısıtıcılarla desteklenir veya tamamen bu ısıtıcılar devreye sokulur. Her iki enerji kaynağının da kullanıldığı durumda, hem güneş enerjisinden hem doğal gazdan yararlanabilmek için by-pass valfi açık bırakılır. Bu durumda güneş tarlasında ısınan sıvı, destek ısıtıcılar yardımı ile çalışma sıcaklığına ulaşınca kadar ısıtılır.

İspanyol Abengoa Solar firması tarafından 100MW'lık bir parabolik oluk güneş termik santralının kapsadığı alan 1.220x1.575 m2 olarak projelendirilmiştir.

SEGS Santrallerinin Ekonomisi

ABD'de yürütülen SEGS projelerinin toplam kurulu gücü 680 MW ve toplam yatırım maliyeti 2 milyar dolardır. Bu maliyetin 1 milyar dolarlık kısmı çalışır durumdaki 8 santral için harcanmıştır. Her biri büyük bir yatırım olan bu santraller, özel şirketler tarafından finanse edilmiştir.

80 MW gücündeki bütün santraller, yaz ayları boyunca ilave güce ihtiyaç duyan Güney Kaliforniya Edison ve San Diego Gaz ve Elektrik Şirketleri tarafından finanse edilmektedir.

Petrolle çalışan 80 MW gücünde bir güç santrali ile, yatırım maliyeti bundan üç kat daha pahalı olan eşdeğer bir SEGS santrali arasında enerji üretim maliyeti açısından bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre, ham petrolün varil fiyatının 20 ABD \$'ı olduğu düşünüldüğünde, SEGS santrali % 30 daha pahalı olmaktadır. Ham petrol fiyatının 30 ABD \$'ı olduğu varsayıldığında, maliyetler arasındaki fark % 10'a düşmektedir. Karşılaştırma için 240 MW'lık santraller gözönüne alınır ve ham petrol fiyatının 20 ABD \$'ı olduğu varsayılırsa, SEGS santralının üretim maliyetinin, petrolle çalışan santralin

üretim maliyetinden sadece % 10 daha pahalı olduğu görülür. Ham petrol fiyatının 30 ABD \$'ı olduğu varsayılırsa, güneş santrali elektrik üretim maliyeti açısından petrollü santrallere göre avantajlı duruma geçmektedir.

6.1.1.2.Parabolik Çanak Kollektörlü Elektrik Santalleri

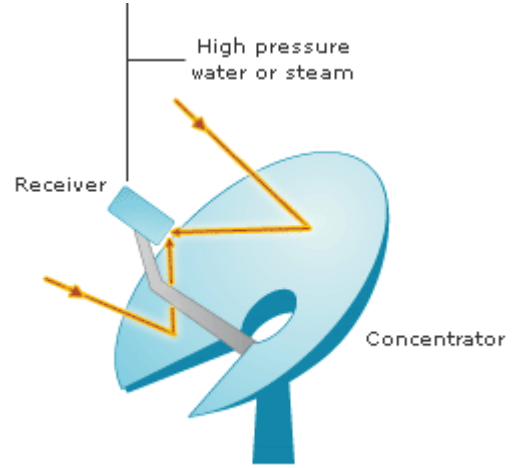
Şekil 31: Noktasal yoğunlaştırmalı güneş kolektörü. (Parabolik çanak)



Parabolik çanak kolektörler, yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu noktasal olarak odaklarında yoğunlaştırır. Bu

kolektörlerin yüzeyleri de parabolik oluk kolektörlerin yüzeyleri gibi yansıtıcı aynalarla kaplanmıştır. Gelen güneş enerjisi bu aynalar vasıtası ile odakta Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılır. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli olan mekanik enerjiye dönüştürür.

Şekil 32: Noktasal yoğunlaştırmalı güneş kolektörü çalışma şekli.(Parabolik çanak)



Elektrik üretiminden başka, bu kolektörler buhar ya da sıcak hava üretimi için de kullanılır.

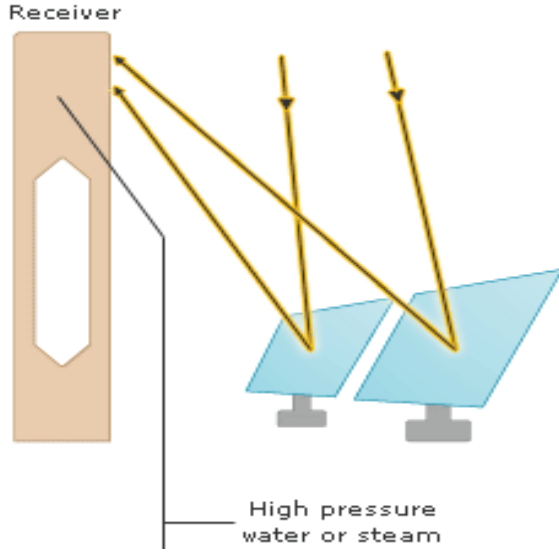
Parabolik çanak kolektörler ile elde edilen elektrik, diğer yöntemlerle elektrik üreten santrallere destek amacıyla ve maden ocakları, radar istasyonları ya da uzak köylerin elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılır. Ayrıca, endüstride buhar üretimi, yer altı enjeksiyonu, petrol çıkartılması gibi işlemler için kullanılır.

Bu santraller, küçük modüllerden oluştuğu için enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitede tesis edilebilirler. Her bir parabolik çanak ünitesi ortalama 15-30 kW'lık elektrik gücü üretebilmektedir.

Günümüzde henüz ekonomik olmayan parabolik çanak ve parabolik oluk kolektörlü sistemlerin araştırma ve geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Bu çalışmalarda amaç, birim alan maliyetini düşürmek ve verimini artırmaktır.

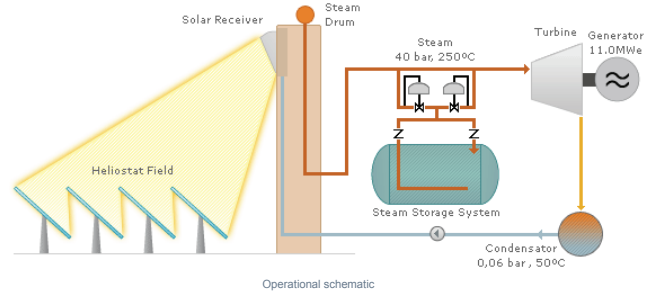
6.1.1.3.Merkezi Alıcılı Termik Elektrik Santralleri

Şekil 33: Merkezi alıcılı güneş termal santrali.(Merkezi alıcı)



Güneş enerjisini yoğunlaştırarak elektrik üreten diğer bir uygulama da merkezi alıcı güç santralleridir. Bu santrallerde güneş enerjisi, heliostat denen aynalar yardımı ile bir kule üzerine yerleştirilmiş olan alıcıya yansıtılır. Bu yolla 1000°C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir. Heliostatlar, merkezi bir bilgisayar yardımı ile güneşi takip ederek güneş enerjisini kule üzerindeki alıcıya yansıtırlar.

Şekil 34: Merkezi alıcılı güneş termal santrali yapı sistemi blok şeması.(Merkezi alıcı)



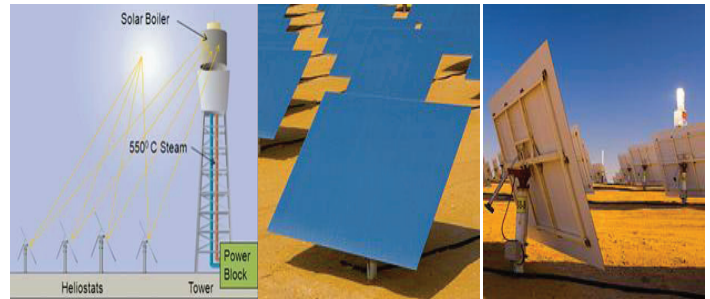
Alıcıda ısıtılan akışkan, buhar jeneratörüne gönderilerek buhar üretilir. Bu buhar, buhar türbininden geçirilerek elektrik üretilir. Bu çevrimden sonra buhar, kondansatörde soğutma suyu çevrimi ile soğutulur ve tekrar buhar jeneratörüne döner. Isı transfer akışkanı buhar jeneratöründen geçtikten sonra alıcıya gönderilir.

Merkezi alıcı sistemlerin parabolik oluk sistemlerinden farkı ısı transfer yağının kullanılmamasıdır. Kulelerde yoğunlaştırılan ısı sayesinde su direkt olarak buharlaştırılır.

Şekil 35: İspanya-Sevilla'da kurulmuş merkezi yoğunlaştırılmalı elektrik santrali.



Şekil 36: Merkezi sistem alıcı ünitesi, düz aynalı yansıtıcı(heliostat) sistemler.



Şekil 37: 20 MW'lık merkezi alıcılı güneş termik santrali.



Yukarıdaki şekilde İspanyol Abengoa Solar firması tarafından inşa edilen 20 MW'lık merkezi alıcılı bir güneş termik santrali görülmektedir. Söz konusu santralin kapsadığı alan;

X=3300 metre, Y=945 metre

Dünyadaki uygulamaları

SOTEL ve Alman DLR şirketleri merkezi yoğunlaştırma ile elektrik üretiminin uygulanabilirliğini ve teknolojisini araştırmak için bir araya gelerek PHOEBUS grubunu oluşturmuşlardır. Bu grubun çalışmaları merkezi yoğunlaştırıcı santraller için bir temel oluşturur.

Tablo 9: ABD'de devam eden güneş termik santral yapım çalışmaları.

DAĞITIM ŞİRKETİ/ EYALET	KAPASİTE (MW)	TEKNOLOJİ –DURUM
Arizona Public Service (APS)	1	Parabolik Çanak – İşletmede. 2006 (Acciona)
Nevada Power	64	Parabolik Çanak – İşletmede. 2007 (Acciona)
Southern Cal Edison and San Diego Gas and Electric	500/300	Dish – Satınalma anlaşması imzalanmış. (SES)
Pacific Gas & Electric	550	Parabolik Çanak – 4 santral yapımı için satınalma anlaşması imzalanmış. (Solel)
Pacific Gas & Electric	170	CLFR – sözleşme imzalanmış. (Ausra)
Pacific Gas & Electric	500	Merkezi alıcılı – MOU sözleşme imzalanmış. (Bright Source)
Florida Power and Light	300	CLFR veya Parabolik Çanak
Arizona Public Service	280	Parabolik Çanak – Satınalma anlaşması imzalanmış (Abengoa)
SW Utility joint venture (APS)	250	TBD – multiple expressions of interest submitted
New Mexico Utility Joint Venture	50-500	TBD –Proje aşamasında.

Kaynak: ABD National Renewable Energy

Tablo 10: Çeşitli ülkelerde devletler tarafından güneş termik csp santrali yapım çalışmaları.

ÜLKE:FİRMA	KAPASİTE (MW)	TEKNOLOJİ – DURUM
İspanya: Solar Mil-lenium	4 x 50MW with stor-age	Parabolik Çanak – Andosol 1&2 inşaat aşamasında.
İspanya: Abengoa/Solucar	5 x 50MW	Parabolik Çanak – 1st santal inşaat aşamasında.
İspanya: Abengoa/Solucar	11MW & 20MW	Merkezi alıcılı (doymuş buhar) – PS10 işletmede. PS20 inşaat aşamasında.
İspanya: SENER	17MW	Merkezi alıcılı (eriyik tuz) – Sözleşme aşamasında
İspanya: various	TBD	500MW'lık kurulu güce sahip santral proje aşamasında. Kapasitenin 1000 MW'a yükseltilmesi bekleniyor.
Cezayir: Abener	150MW	Integrated Solar Combined Cycle System (ISCCS) – 25MW Solar Kapasite
Mısır: TBD	140MW	ISCCS – 25MW Solar Capacity, Müzakere aşamasında
Meksika: TBD	TBD	ISCCS – RFP issued
Fas: TBD	230MW	ISCCS – 35 MW Solar kapasite
İsrail: Solel	2 x 125MW	Parabolik Çanak – Northern Negev. Başvuru kabulü bekleniyor.
Avustralya: SHP	15MW,th	Linear Fresnel – Sıcak su ihtiyacına yönelik. İnşaat aşamasında.
Yunanistan: TBD	TBD	Tariff for CSP recently enacted. Similar in design to Spanish feed-in tariff

Kaynak: ABD National Renewable Energy Laboratory .
www.nrel.gov/csp

6.1.2. Buhar Türbinleri

Buhar türbinleri parabolik oluk ve merkezi alıcılı teknolojiye sahip termik santrallerin en önemli elemanlarından biridir. Buhar türbinlerinin çalışma sistemi bu teknolojilerin gelişiminde temel mantık çerçevesini oluşturmuştur. Buhar türbinin çalışma sistemine uygun olarak parabolik çanak ve merkezi alıcılı güç santralleri optimal verim sağlayacak şekilde dizayn edilmişlerdir.

Günümüzde söz konusu iki tip termik santral yatırım maliyetinin %20-30'unu buhar turbini ve jeneratör sisteminden oluşan güç üretim ünitesi oluşturmaktadır. Buhar turbini tamamen mekanik bir yapıdan oluşan bloktan oluşmaktadır. Günümüzde buhar türbinlerinin kullanımı 1900'lu yılların başlangıcına kadar uzanmaktadır.

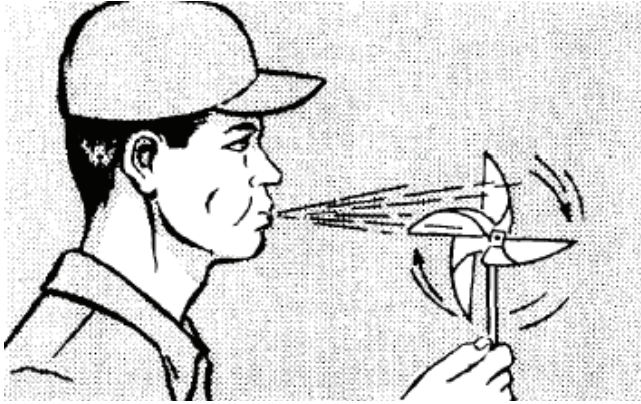
Buhar türbinleri genelde enerji santrallerinde kullanılır. Güneş enerjisi, fosil yakıt (petrol veya doğal gaz) veya nükleer yakıttan alınan enerji ile buhar elde edilir. Buharın türbin kanatçıklarına çarparak türbini döndürmesi ve türbin çıkışında elde edilen dönme hareketi ile enerji elde edilir. Türbinler buharın potansiyel enerjisini, kinetik enerjiye ve kinetik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren güç ünitesidir. Çalışma prensibi: Sabit kanada giren buharın basınç ve sıcaklığı düşürülür. Buna karşılık buhar belirli bir hız kazanır. Hız kazanmış olan buhar hareketli kanatlara çarparak mekanik enerji üretilir.

Günümüzde buhar türbinleri dizel makinelerinin ulaşamadığı güçlere yani 1300000 beygire kadar üretilebiliyor. Buhar türbinleri bir hareketli birde hareketsiz olmak üzere iki parçadan oluşuyor. Bu nedenle sade makineler olup bakım onarım maliyetleri çok azdır ve birim hacimde en yüksek güç elde ettiğimiz makinelerdir. Buhar türbinleri dizel motorlar kadar gürültü de çıkarmazlar.

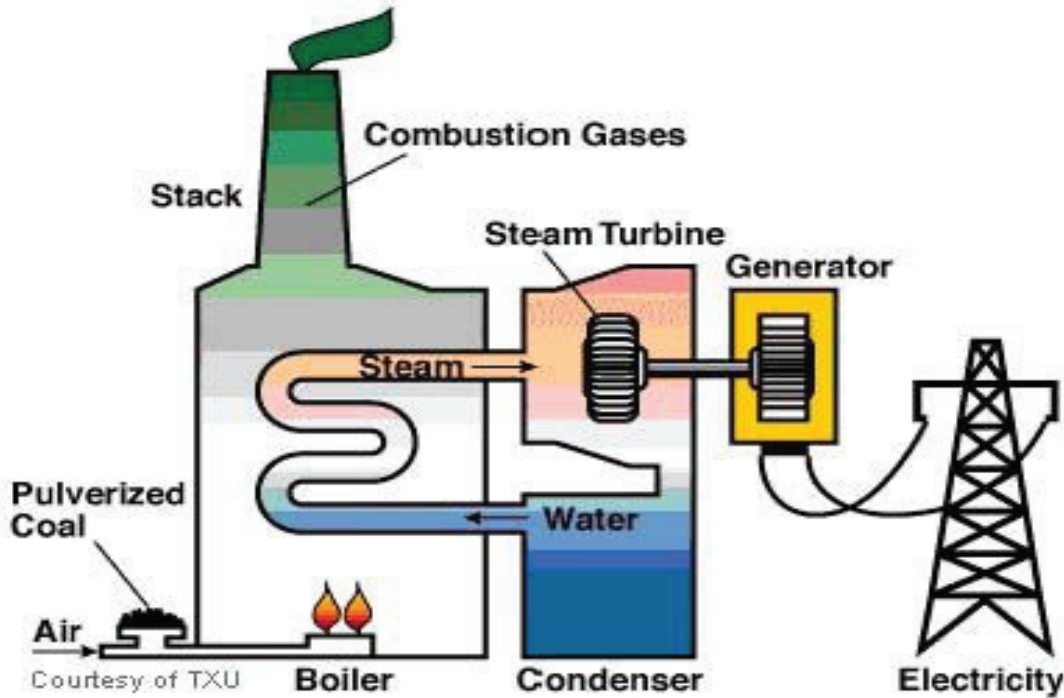
Buhar Türbini Çalışma Prensibi

Türbine gelen buhar keys üzerinde olan nozullara gelir. Nozullarda hızı saniyede 1500 metreye kadar ulaşan buhar daha sonra rotor şaftına bağlı olan hareketli kanatlara gelir. Bu kanatlara çarpan buhar üstündeki kinetik enerjiyi mekanik enerjiye çevirir ve rotoru çarpmanın etkisiyle çevirir. Kademeli olarak yapılan türbinlerdeki temel amaç birim hacimde maksimum güç elde etmektir.

Şekil 38: Buhar türbinin basitçe çalışma mantığı



Şekil 39: Buhar türbininden elektrik üretilmesi.



Buharın türbinde mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle dönme hareketinin sağlandığı rotor, bir mil vasıtasıyla jeneratörü tahrik eder ve elektrik enerjisi üretilmeye başlanır. Yukarıdaki şekilde bu döngü basitçe gösterilmiştir.

Günümüzde buhar türbinleri genelde elektrik santrallerinde kullanılmaktadır. Ayrıca gemilerde pervanelerin döndürülmesi ve gemi elektrik ihtiyacının sağlanması için kullanılmaktadır.

6.2. Fotovoltaik(PV) Elektrik Santralleri

Günümüzde fotovoltaik sistemlerle elektrik üretimi, maliyet yüksekliği sebebiyle yeterince yaygınlaşmış değildir. Kullanımının yaygınlaşması için üretim maliyetlerini azaltacak ve enerji üretim verimliliğini yükseltecek yeni teknolojiler AR-GE çalışmalarıyla elde edilmeye çalışılmaktadır.

Fotovoltaik elektrik santralının temel çalışma prensibi şu şekildedir:

1-Güneş ışığı güneş pillerinden oluşan geniş yüzeyli panel üzerine toplanır,

2-Güneş pilini oluşturan yarı iletken maddeler mevcut güneş ışığıyla uyarılır ve yarı iletken maddedeki atomların yörüngelerinde bulunan elektronlar yörüngelerinden ayrılarak sistemde düşük akımlı elektrik akımını oluşturmaktadır. Yüzey arttırılarak düşük akımlar birleştirilir ve yüksek akım kapasitesine ulaştırılır.

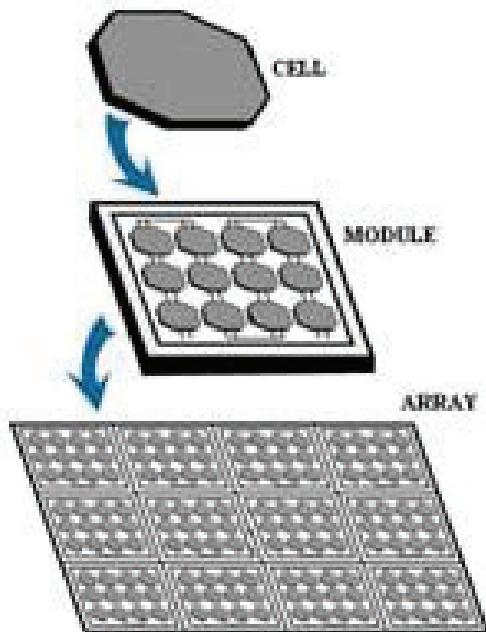
Yukarıda açıklandığı gibi elektrik üreten ana eleman fotovoltaik güneş pilleridir ve kaynak olarak güneş ışığından yararlanılmaktadır. Tamamlayıcı sistem olarak; merkezi işlem ünitesi, regülatör ve akü şarj ünitesi, akülerden veya direkt panelden alınan DC voltajı 220V AC şebeke gerilimine çeviren invertör kullanılmaktadır. Elektrik tüketiminin olmadığı yada düşük olduğu durumlarda sistem fazla enerjiyi akülere depolamaktadır. Bulutlu zamanlarda yada geceleyin enerji ihtiyacı, akülerde depolanan enerjiden karşılanmaktadır. Akülerdeki enerji tükendiğinde sistem otomatik olarak ihtiyaç duyulan enerjiyi şebekeden karşılamaktadır.

Günümüzde fotovoltaik sistemlerde 1kWh enerji üretim yatırım maliyeti yaklaşık 3.000-4.000\$'dır. Yatırım maliyetinin yüksek olması sebebiyle günümüzde güneş enerjisinden elektrik üretimi yeterince yaygınlaşmamaktadır. Güneş pillerinden oluşan 10m²'lik verimli tip güneş paneliyle ortalama 1kWh'lik enerji üretilmektedir. Bir hanenin aylık ortalama elektrik tüketimini 200 kWh olarak düşündüğümüzde, ihtiyaç duyulan panel yüzey alanı 15m²(1.5 kWp) olmaktadır ve bu durumda sistem maliyeti minimum 4.500\$ olacaktır. 4.500 dolarlık bir maliyet, bir hanenin ortalama 10 yıllık enerji maliyetine tekabül etmektedir(Söz konusu hesap Van İli için yapılmıştır). Söz konusu süre bölgeden bölgeye güneş enerjisi potansiyeline bağlı olarak değişebilmektedir. Uzmanlar önümüzdeki 5 yıllık süreçte güneş pillerinin maliyetinde önemli düşüşler olacağını öngörmektedir.

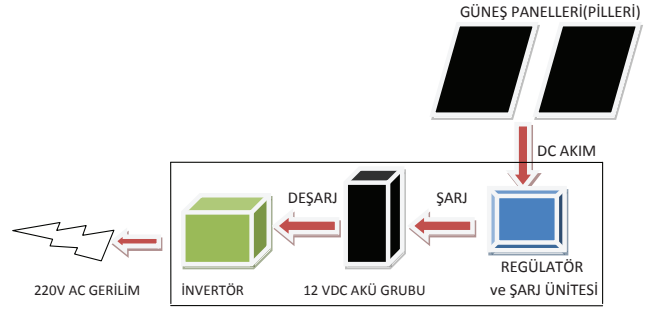
Fotovoltaik bir elektrik üretim sistemi aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır.

- a-) Fotovoltaik panel,
- b-) Merkezi işlem birimi, regülatör ve şarj ünitesi,
- c-) Akü grubu,
- d-) İnvertör,
- e-) Kontaktörler,

Şekil 40: Güneş pili hücreleri, modülleri ve modül dizileri (paneller)



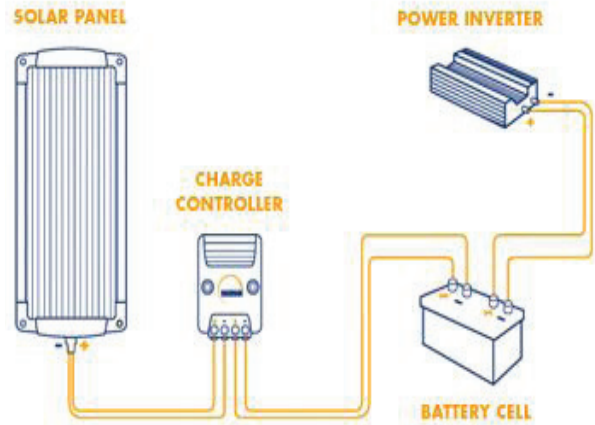
Şekil 41: Fotovoltaik elektrik santrali blok diyagramı.(OFF-GRID SİSTEM)



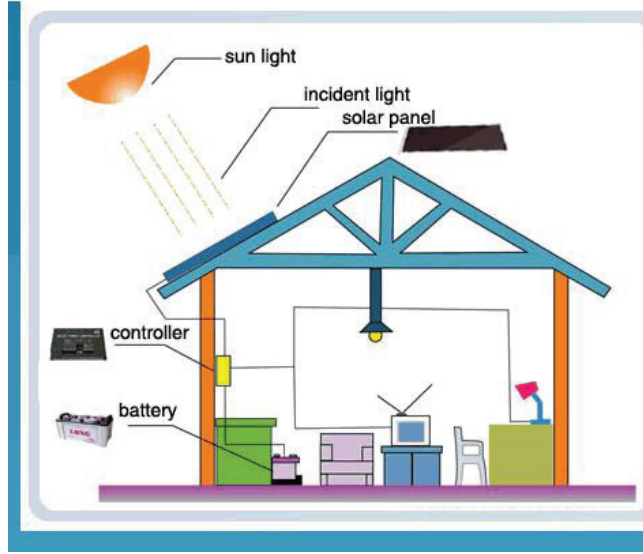
Şekil 42:Çatı katına montajı yapılmış güneş pilleri



Şekil 43: Fotovoltaik elektrik santrali bağlantı şeması- OFF GRID



Şekil 44:Örnek bir konutta fotovoltaik sistemin yerleşim şeması



Fotovoltaik elektrik santralleri bağlantı şekline göre iki ayrı gruba ayrılmaktadır.

1. Şebekeye bağlı sistemler,(ON-GRID)
2. Şebekeden bağımsız sistemler,(OFF-GRID)

Şebekeden bağımsız sistemler genellikle yerleşim birimlerinden uzakta olan ve şehir elektrik şebekesinin ulaşmadığı noktalarda kullanılır. Örneğin tarlalarda kullanılan kuyu pompa sistemlerinde, damıtma sulama sistemlerinde veya uzak yerleşimlerde kullanılır. Bu tür bir sistemde panel, akü şarj regülatörü, akü ve invertör kullanılmaktadır.

Şebekeye bağlı sistemler, özellikle konutlarda kullanılmaktadır. Bu tür bir sistem mevcut ihtiyacı karşılayabileceği gibi, artan kapasiteyi şebekeye vererek enerji satışı da gerçekleştirebilir. İnvertör çıkışına bir sayaç eklenerek şebekeye aktarılabilecek enerji hesaplanır ve bu şekilde satış gerçekleştirilir. Şebeke bağlantılı sistemlerde akü ve şarj regülatörü, maliyeti arttırdığından dolayı, genel olarak kullanılmaz.

6.3. Güneş Enerjisi Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi

Tablo 11: Güneş elektrik santral çeşitlerine göre üretim ve yatırım maliyet tablosu.

	İLK YATIRIM SERMAYESİ (\$/ kW)
PARABOLİK OLUK	3.390
PARABOLİK ÇANAK	9.200
MERKEZİ ALICI	3.775
GÜNEŞ HAVUZU	3.360
FOTOVOLTAİK(PV)	3.000

Günümüzde fotovoltaik sistemlerinden bir kilovatsaat'lık enerji üretimi için gerekli yatırım maliyeti, teknolojik gelişmelerle ve üretim maliyetlerinin indirilmesiyle 7.500 \$'dan 3.000\$'a kadar gerilemiştir. Yine de güneş enerjisinden elektrik üretiminin dünyada ve ülkemizde yeterince yaygınlaşması için bu maliyetin 1.500\$'a kadar düşmesi gerekmektedir. Aylık 200 kWh(bir hanenin aylık ortalama elektrik enerjisi tüketimi) elektrik tüketimini karşılayacak bir sistemin geri dönüşüm süresi yaklaşık 10 yıldır. Söz konusu geri dönüşüm süresi güneş enerjisi potansiyeline göre bölgelere ve ülkelere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu maliyet oranı, güneş enerjisinin kullanımının önünde ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler için büyük bir engeldir.

Isıl güneş teknolojileri ise yüksek güçte ve mega üretimler için sözkonusudur. Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere ısı güneş teknolojileri içerisinde parabolik oluk ve merkezi alıcı sistemler, PV sistemlere göre daha pahalı(3.390-3.775\$) yatırım sermayesine sahiptir. Dünyada bu teknolojilerin hem üretim maliyetleri düşürülmüş hemde verimlilikleri kaydadeğer oranda artırılmış bulunmakta ve ilk yatırım sermayesi giderek düşmektedir. Bu sebeple bu teknolojilere olan yönelim artmıştır. Fakat bu sistemlerin bakım ve işletme maliyeti PV sistemlere göre oldukça yüksektir. Parabolik çanak sistemlerin yatırım maliyeti ise çok yüksek olduğundan(9.200\$) günümüzde bu teknoloji yeterince yaygınlaşmamaktadır.



7. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ MEVZUAT

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” çıkarılmıştır. Bu kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.

Yenilenebilir enerji mevzuatında yapılan teşviklere ilişkin düzenlemeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yapılan yatırımları artırmaktadır. Yatırımlar için gerekli finansmanın sağlanması noktasında bankalarla yapılacak kredi anlaşmalarında baz alınan alım ve fiyat garantileri yenilenebilir enerjilerin elektrik üretimi amaçlı kullanımını teşvik etmektedir.

8 Ocak 2011 tarih ve 27809 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren 6094 sayılı yasa ile “31/12/2013 tarihine kadar iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücü 600 MW’dan fazla olamaz.” kararı alınmıştır. Ayrıca aynı yasa ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimine ilişkin teşvik oranları I ve II sayılı cetvel’lerde belirlenmiştir.

Tablo 12: Yenilenebilir enerji kaynaklarına ait teşvik miktarları-6094 Sayılı Yasa

I Sayılı Cetvel	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

I Sayılı Cetvel’de uygulanacak destek oranları trafo bağlantı kapasitesini aşmayan yatırımlar için üst sınır olup, bağlantı kapasitesinin aşımı durumunda TEİAŞ tarafından belirli usul ve esaslara göre eksiltme yoluyla yapılacak yarışma ile nihai teşvik oranları belirlenecektir.

Aşağıda 6094 sayılı yasa ile belirlenen “II SAYILI CETVEL”de GES yatırımlarında yerli ekipman kullanımına bağlı olarak verilecek ek destek miktarları gösterilmiştir.

Tablo 13: Yenilenebilir enerji yatırımlarında yerli ekipman kullanımına verilecek ek teşvik oranları

II SAYILI CETVEL		
C-Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışığını odaklayan malzeme	0,5
D - Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışığını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6

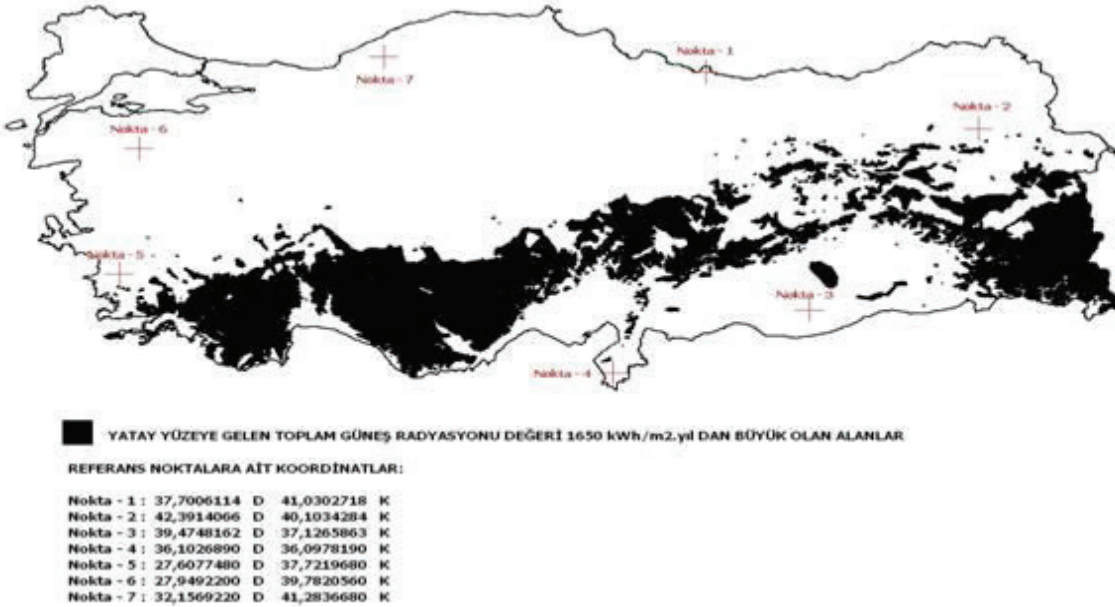
II sayılı cetvelde verilen ek teşvik oranları işletme tarihinden itibaren 5 yıl boyunca geçerlidir.

Güneş Enerjisi’nde I ve II Sayılı Cetvel’deki destek oranlarına bağlı olarak kWh başına verilecek destek oranı PV sistemlerde 13,3-20\$ cent, CSP sistemlerde ise 13,3-22,5\$

cent arasında değişmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 6094 sayılı yasa gereği 2013 yılı sonuna kadar yapılacak 600 MW'lık GES yatırımlarının yapılacağı iller 11.08.2011 tarihinde Resmi Gazete'deki ilanla belirlenmiştir. Söz konusu kota 28 ile tahsis edilmiştir. 600 MW'lık güneş enerjisi yatırım kotasında Türkiye'de Konya'nın(92MW) ardından en yüksek ikinci pay 77 MW ile Van ili'ne verilmiştir. Bitlis, Hakkari, Muş ve Van illeri'nden oluşan TRB2 Bölgesi ise toplamda 123 MW'lık pay ile Türkiye'de en yüksek payı alan ikinci Düzey 2 bölgesi olmuştur. Bu kapsamda Hakkari'ye 21 MW, Bitlis'e 16 MW ve Muş'a 9 MW'lık yatırım payı verilmiştir. Türkiye'de yatırımlar aşağıdaki haritada siyah renkle işaretlenen bölgelerde yapılacaktır.

Şekil 45: Yatay yüzeye gelen toplam güneş radyasyonu değeri 1650 kWh/m2-yıl'dan büyük olan alanlar haritası



2013 yılı sonuna kadar belirlenen 600 MW'lık yatırım limiti GES yatırımlarının önünde bir engel olarak durmaktadır. 2014 yılından itibaren söz konusu limitin kaldırılması ya da yeni kota miktarının çok daha yüksek değerlerde belirlenmesi Türkiye'de yatırımların artması ve canlanması bakımından önemlidir. Ayrıca güneş enerjisine verilen 13,3\$ cent'lik alt destek fiyatı da günümüz teknoloji maliyetlerine

göre yetersiz kalmıştır.

Ayrıca 4628 sayılı kanunun 3. maddesinin 3. bendinde "Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, kurulu gücü azami beş yüz kilovatlık üretim tesisi ile mikro kojenerasyon tesisi kuran gerçek ve tüzel kişiler, lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaftır. Bu tüzel kişilerin ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisinin sisteme verilmesi halinde uygulanacak teknik ve mali usul ve esaslar kurum tarafından çıkartılacak bir yönetmelikle belirlenir." hükmü getirilmiştir. Daha önce kurulu güç ikiyüz kilovat ile sınırlı iken yapılan değişiklikle sınır beşyüz kilovata çıkartılmış ve kendi ihtiyaçları için elektrik üretecek gerçek ve tüzel kişiler yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımı konusunda teşvik edilmişlerdir. Ancak "Bu tüzel kişilerin ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik ener-

jisinin sisteme verilmesi halinde uygulanacak teknik ve mali usul ve esaslar kurum tarafından çıkartılacak bir yönetmelikle belirlenir." hükmü ile söz konusu teknik ve mali usul ve esasları belirleyen yönetmelik Enerji Bakanlığı tarafından 10 Mart 2012 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Söz konusu yönetmelik ile Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında ve yaygınlaşmasında yeni bir çağ başlamıştır.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek enerji kapasitesine sahip yenilenebilir kaynak, güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, dünyamızın bugünkü elektrik enerji ihtiyacının 10.000 katı bir ihtiyacı sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Bu bakımdan güneş enerjisi günümüzün ve geleceğimizin en önemli enerji kaynağıdır. Çevreye ve insan hayatına dost bir enerji kaynağı olması da bu önemi arttırmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların gelecek yüz yıl içerisinde biteceği uzmanlar tarafından öngörüldüğünden yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim ciddi şekilde artacaktır ve gelecekte enerji kaynak çeşitliliğinin artırılması insanoğlu için önemli bir sorun haline gelecektir. Tüm bu belirtiler güneş enerjisinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

2008 yılı sonunda tüm dünyada solar elektrik üretim teknolojilerine yapılan yatırımlar büyük boyutlara ulaşmıştır. Elektrik üretim teknolojileri içerisinde PV sistemler 17.000 MW'lık kurulu güce, CSP sistemler 600 MW kurulu güce yükselmiştir ve çeşitli ülkelerde halen proje ve inşaat aşamasında olan yaklaşık 3.000 MW'lık CSP yatırımları ise devam etmektedir.

Tüm dünyada güneş enerjisine yapılan yatırımlar artarken maalesef Türkiye'de halen bu alanda önemli bir gelişme sağlanamamıştır. 2008 sonu verilerine dünyada güneş enerjisi yatırımları yaklaşık 18.000 MW'lık kurulu güce erişirken, Türkiye'de bu oran 1 MW'lık değerdedir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi yapılmasına yönelik yatırımların Türkiye'de yaygınlaşamamasının en önemli sebeplerinden biri bu alanda verilen teşvik miktarlarının yetersizliği ve yapılan yasal düzenlemelerin geç çıkmasıdır.

4628 sayılı kanunda maksimum 500 kWh'lık kapasiteye kadar elektrik enerjisi üretimi için lisans alma ve şirket kurma zorunluluğu kaldırılmıştır. Bu karar solar elektrik üretim sistemlerinin yaygınlaşmasına olumlu ve önemli bir katkı sağlayacaktır. Lisansız elektrik üretimi yatırımlarının bir an önce başlaması ülkemiz potansiyelinin kullanılması için çok önemlidir.

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından Dünya Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'nda belirlenen altı kuşak içerisinde 4.kuşaktadır. Avrupa ülkeleri içerisinde ülkemiz İspanya, İtalya ve Yunanistan ile aynı kuşaktadır. Almanya ise beşinci kuşaktadır. Fakat Almanya ve İspanya tüm dünyada solar elektrik üretim teknolojilerine yapılan yatırımların yarısından fazlasını gerçekleştirmişlerdir. Bu tespit bile ülkemizin ciddi bir potansiyele sahip olduğunu ve bu potansiyelinden faydalanamadığını açıkça göstermektedir.

Türkiye'nin 2023 yılı güneş enerjisi hedefi 5.000 MW'lık elektrik kurulu gücüne erişmektir. Bu hedef bugünkü koşullarda gerçekçi görünmemekle birlikte bu hedefin gerçekleştirilmesi için önemli kararlara ve kararlı politikalara ihtiyaç vardır.

TRB2 bölge illeri Türkiye'de en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip yerlerin başında gelmektedir. Güneş enerjisinde Türkiye'nin 5.000 MW'lık elektrik kurulu güç hedefine yönelik kurulacak işletmelerin hem üretim verimliliği hemde teknik uygunluk açısından en uygun bölgenin Türkiye'de TRB2 bölgesi olduğu, GEPA'daki verilerden ve bölgenin sahip olduğu coğrafik ve iklim yapısından açıkça anlaşılmaktadır. Ayrıca bölgede Van Gölü'nün yansıtıcı etkide bulunarak güneş enerjisi radyasyon değerlerini kıyıya yakın yerlerde %30 artırdığı, 100.yıl Üniversitesi'nin yaptığı bilimsel araştırmalarda kanıtlanmıştır. Tüm bu veriler ve tespitler, uygun politikalar ve adımlar doğrultusunda Türkiye'de PV sistemlere yapılacak yatırımlar için TRB2 bölge illerinin, özellikle Van İli'nin, gelecekte bir cazibe merkezi olacağını göstermektedir. 2011 yılında yürürlüğe giren 6094 Sayılı Yasa ile Türkiye'de 28 ile tahsis edilen yatırım kotasında Van İli'ne 77MW ile en yüksek ikinci yatırım payının verilmesi yatırımlarda Van İli'nin önemli bir merkez olduğunu kanıtlamıştır.

TRB2 bölge illerinin güneş enerjisi potansiyelini harekete geçirmek ve Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi yapılmasına yönelik yapılacak yatırımlardan hakettiği payı alması için bölge potansiyelini tanıtabilecek faaliyetlere ve yatırımcıların dikkatini bu bölgeye çekecek çeşitli organizasyonlara ihtiyaç vardır. Ayrıca bölge illerinde yaşayanlar için solar teknolojilerinin kullanımına ve tanıtımına yönelik, bilinçlendirme ve eğitim çalışmaları da yapılmalıdır. Gelecekte yapılacak yatırımların bölgeye çekilmesi için bölgenin kamu ve özel kuruluşları, siyasetçileri, STK'ları bu hedefi belirgin bir politika haline getirmeli ve bu hedefi önemle sahiplenmelidir. Bu sebeple işbirliği, tanıtım faaliyetleri geliştirilmeli ve araştırılmalıdır. Ayrıca bölge potansiyelinin detaylı şekilde ortaya çıkarılması için bölgede yatırım yapılacak yerlerin belirlenmesine yönelik ön fizibilite çalışmaları yapılmalı ve uzman firmalar aracılığıyla belirlenen bölgelerde güneş enerjisi ölçüm çalışmalarına önem verilmelidir. Yapılacak bu çalışmalar, yatırımcıların bölgeye çekilmesinde önemli bir avantaj ve üstünlük sağlayacaktır. Aynı zamanda Bölgenin bir enerji üretim üssü olmasının yanında bir teknoloji, ekipman üretim üssü olması da hedeflenmelidir. Bu yolla özellikle Van İli ekonomik olarak önemli mesafeler katedecek ve istihdam sayısında büyük artışlar sağlanacaktır.

TRB2 bölgesinde yaşanan en önemli sorunlardan birisi elektrik enerjisi temininde yaşanan sıkıntılardır. Bu bölgede hem enerji nakil ve dağıtım hatlarında yapılacak iyileştirme ve geliştirme çalışmalarına hem de bölgenin enerji ihtiyacını karşılayacak üretim tesislerine yüksek derecede gereksinim vardır. TRB2 bölge illeri sahip olduğu güneş enerjisi potansiyelini tam olarak harekete geçirdiğinde sadece enerji ihtiyacını karşılayan bir bölge olarak kalmayacak aynı zamanda elektrik enerjisi ihraç edecek bir konuma ulaşacaktır.



KAYNAKLAR

1. 4628 sayılı “Elektrik Piyasası Kanunu”
2. 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”
3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türkiye Elektrik Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, www.eie.gov.tr
4. SEPA, Solar Electric Power Association, www.solarelectricpower.org
5. TEDAŞ “2008 Yıllık Faaliyet Raporu”, www.tedas.gov.tr
6. DSİ Genel Müdürlüğü “2008 Yılı Faaliyet Raporu”, www.dsi.gov.tr
7. “Renewables Global Status Report 2009”, ISES, International Solar Energy Society”, www.ises.org
8. GEPA, “Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası”, www.eie.gov.tr
9. “Concentrating Solar Power APS Forum March 1-2, 2008”, Mark Mehos, National Renewable Energy Laboratory, www.nrel.gov/csp
10. “Yenilenebilir Enerji Trafilerinin Desteklenmesi”, 2008, ALPER AKCA
11. “Dünya ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Bakış”, Mehmet Çağlar, mcağlar@eie.gov.tr
12. Türkiye Enerji Bakanlığı, www.enerji.gov.tr
13. Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi, “Yıllık Faaliyet Raporları”, www.euas.gov.tr

SEKTÖREL ANALİZ RAPORU GÜNEŞ ENERJİSİ



Şerefiye Mah. Cumhuriyet Cad. 943. Sok. No:1 65140 İpekyolu / Van



Tel : (0432) 215 65 55 (pbx) / Faks : (0432) 215 65 54 - (0212) 381 79 93



E-mail : bilgi@daka.org.tr / Web : www.daka.org.tr



www.facebook.com/doguanadolukalkinmaajansi
www.twitter.com/DAKA_org_tr