



KONYA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI MALZEME ÜRETİLEBİLİRLİK ARAŞTIRMASI

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

**Bu fizibilite çalışması,
KSO/MEVKA/DFD2011/Hizmet 1 projesi çerçevesinde
Yeryüzü Enerji Sistemleri Ltd. Şti. tarafından hazırlanmıştır.**

ŞUBAT 2012

Katkıda Bulunanlar

**Doç. Dr. Muammer Özgören, Yrd. Doç Dr. Faruk Köse,
Arş. Gör. Muharrem H. Aksoy, Arş. Gör. Eyüp Canlı,
Arş. Gör. Özgür Solmaz, Arş. Gör. Sercan Doğan, Sercan Yağmur.**

BÖLÜM ÖZETİ

Yeryüzünden 151×10^6 km uzaklıkta olan güneş, nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan yakıtların ana kaynağıdır. Ancak atmosferdeki CO₂, su buharı ve ozon gibi gazların güneş ışınımının bir kısmını soğurmasından dolayı bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Güneşten dünyaya gelen güç miktarı yaklaşık olarak 1.8×10^{11} MW’ tır. Güneşin saldığı toplam enerjiye göre çok küçük olan bu miktar, insanoğlunun bugün kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Dünya atmosferinin üst sınırında ışınların gelişine dik bir yüzey üzerine gelen ortalama güneş enerjisi yoğunluğu yaklaşık 1.37 kW/m^2 ’dir. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde güneş enerjisi en yüksek potansiyele sahip önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Burada temel sorun, güneş enerjisini uygun bir maliyetle diğer enerji türlerine dönüştürülmesidir.

Dünyada güneş enerjisinden yararlanmak için en elverişli alanlar, ekvatorun 35° Kuzey ve Güney enlemleri arasında kalan “Dünya Güneş Kuşağı” dır. Yılda 2000-3500 saat güneş görmekte olan bu bölgenin güneş enerjisi potansiyeli $3.5-7 \text{ kWh/m}^2/\text{gün}$ arasında değişmektedir. Dünyanın en hızlı büyüyen güç üretim teknolojisi olan PV kurulu güç kapasitesine 2010 yılı boyunca 100’den fazla ülke eklenmiştir. Dünya PV kapasitesinin, 2009 yılındaki artışı 7.3 GW iken 2010 yılındaki artış ise yaklaşık 17 GW olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 5 yıl öncesindeki yıllık artışın yaklaşık 7 katı kadar bir değerdir. PV sektöründe 2010 önemli bir yıl olmuştur. 2010 yılında 20 GW modül yaklaşık olarak 23.9 GW ise hücre üretilmiştir. Bazı kaynaklara göre ücretler 1.30-1.80 \$/Wp aralığındadır. Avrupa Birliğinin 2020 hedefi yenilenebilir enerji üretim payının %20 seviyelerine çıkarmaktır. 2010 yılı itibariyle rüzgârdan 83.324 GW, PV’den 3 GWp, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi CSP’den 1 GW, ısıtma/ısı pompalarından 5 GW kurulu güce ulaşılmıştır. 2010 sonunda PV kapasitesi 29 GW düzeylerine ulaşmıştır. AB’de CSP için 2035 yılında 185 TWh elektrik üretim miktarına ulaşılması öngörülmektedir.

Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 380 TWh/yıl olarak ifade edilmektedir. Mevcut durumda herhangi bir güneş enerjisi lisansı olmamasına karşın, birçoğu araştırma amaçlı kullanılan güneş pili kurulu gücü 1 MW düzeyindedir. Güneş radyasyonu yıllık metrekafe başına 1650 kWh’den fazla olan yerler en iyi alanlar olarak belirtilmiş, 4 bin 600 kilometrekare

kullanılabilir alan belirlendiği vurgulanmıştır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınlama şiddeti 1311 kWh/m²yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Güneş enerjisine 13.3 Dolar sent/kWh sabit fiyat garantisi verilmiş olması, güneş enerjisinin diğer yenilenebilir enerjilere göre yüksek maliyetinin göz önünde bulundurularak ayrıca teşvik edildiğini göstermektedir. Türkiye gibi ılıman iklimli ülkelerin ortalama sıcaklıkları göz önüne alındığında elektrik üretiminde fotovoltaik (PV) sistemlere kıyasla CSP sistemleri genel olarak daha ekonomik ve verimli çıkmaktadır. CSP sistemlerinde imalat ve kurulum teknolojileri PV'lere kıyasla daha büyük oranda konvansiyonel yöntemler içerdiği için Türkiye gibi ileri malzeme ve yüzey teknolojilerinin gelişmekte olduğu ülkelerde CSP'ler yerli imkânlarla geliştirilip kullanılabilir. Anadolu'nun bulutlu gün sayısı sınırlı güney illerinde bile yaz-kış arasında ışıma süresi yaklaşık 8 ile 16 saat arasında değişmektedir. Bu durumda enerji depolama teknolojileri henüz emekleme safhasında bulunduğu için, CSP'ler tek başına tüm elektrik ihtiyacını karşılayamayacak olup, diğer sistemlerle birlikte (örneğin doğal gaz veya diğer alternatif enerji kaynakları ile hibrit yapıda) veya dönüşümlü çalışmak durumunda kalacaklardır.

Güneş santralleri için Türkiye genelinde 600 MW bağlanabilir trafo kapasitesi olduğu belirtilmiş ve Konya'daki kapasite toplamda 92 MW olmak üzere eşit iki bölgeye ayrılmıştır. Konya'nın güney kısmında birim güç kapasitesinin yer yer 1700 kWh/m² değerinin üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Konya ortalama ışınlama süresi 7.94 saat ile Türkiye ortalaması olan 7.2 saatin üzerindedir. Temmuz ayında en yüksek güneşlenme süresi olan 12 saat düzeyine ulaşmıştır. Yine günlük toplam ışınlama değerlerine göre 4.41 kWh/m² ile Türkiye ortalaması olan günlük toplam 3.6 kWh/m² değerinin oldukça üzerindedir. Güneşten elektrik üreten bir tesisin 1 kWh'lik elektrik için belirlenen fiyatı 13.3 Dolar sent ve sistem parçalarının hepsinin yerli üretim olması durumunda bu ücrete ilave 6.7 Dolar sent ekleneceği bilinmektedir. CSP sistemlerinde ise sistem parçalarının yerli olması durumundaki ek ücretin 9.2 Dolar sent olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, T.C. Konya Valiliği'nin "Konya'yı, Türkiye'deki güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi yatırımlarının en önemli ev sahibi yapmak ve bu yatırımlar için ihtiyaç duyulan malların, hizmetlerin ve teknolojilerin üretildiği, yeni ve ileri güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirildiği ve geliştirilen teknolojilerin ihraç edildiği bir

endüstri bölgesi durumuna getirmek” vizyonunu da destekler doğrultuda Konya sanayisinde güneş enerjisi sistem parçalarının üretilebilirliği incelenmiştir. Çalışma içerisinde güneş enerjisinden, bu enerjinin faydalı hale getirilmesinde kullanılan yöntemlerden ve sistemlerden, güneş enerjisinin dünyada, Türkiye’de ve Konya’daki durumundan, bahsedilen sistemlerin bileşenlerinden ve teorik temellerden bahsedilmiştir. Konya ve bölgesinde güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretiminde kullanılacak sistemlerin yerel imkânlarla üretilebilirliği araştırılmış, yerel sanayi temsilcileri ile görüşülmüş ve sonuçlar çalışma içerisinde sunulmuştur. Yapılan araştırmaya göre özellikle CSP sistemlerinin çok önemli bir bölümünün yerel sanayi imkânlarıyla üretilebileceği anlaşılmaktadır. PV sistemleri için hücre üretimine yatırım yapılması mantıklı görünmemektedir. PV sistemleri için daha çok panel üretimi ve sistem tasarım ve montajı yerel sanayinin ilgisini çekmektedir. Bu noktada sanayi temsilcileri devlet destekleri ve kolektiflerle gerekli know-how’ın sağlanmasını talep etmektedir. Şebeke desteğinin bulunduğu Karapınar bölgesi coğrafi özelliklerinden dolayı potansiyel CSP ve PV santral alanı olarak düşünülebilir. Fakat 2023 vizyonunda güneş enerjisi için bağlanabilir trafo kapasitesinin 3000 MW’a çıkarılması planlandığından, Konya’nın 600 MW trafo kapasitesi içerisinde bulunmayan Cihanbeyli gibi coğrafi özellik bakımından uygun olan farklı bölgelerinin de ön plana çıkması beklenmektedir. Güneş elektrik santrallerinin dezavantajlarını giderecek teknolojik gelişimler ve diğer enerji kaynaklarının bu santrallerle ortak kullanımı sayesinde Konya, Türkiye’nin 2023 enerji vizyonunda toplamda 92 MW gücündeki güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan santralleriyle önemli bir rol oynayacaktır.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM ÖZETİ	ii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
2. GÜNEŞ ENERJİSİ	1
2.1. Dünya’da Güneş Enerjisi Potansiyeli	3
2.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli	7
2.3. Güneş Enerjisi Teknolojileri	17
2.3.1. Güneş enerjisi ısı teknolojileri ve uygulamaları	18
2.3.2. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri (CSP) ve Elektrik üretimi.....	25
2.3.3. Güneş enerjisinden fotovoltaik dönüşüm ile elektrik üretim teknolojileri ve uygulamaları.....	61
2.3.4. Güneş takip sistemleri	81
2.3.5. PV sistemlerinin diğer ekipmanları	87
2.3.6. PV/T Sistemler.....	89
2.4. Örnek Santraller (Evsel, Tarımsal ve Endüstriyel uygulamalar)	91
2.4.1. Dünyadaki PV uygulamaları	91
2.4.2. Dünyada CSP Uygulamaları.....	92
2.4.3. Türkiye’deki PV uygulamaları	94
2.4.4. Türkiye’deki CSP sistemi örnekleri.....	96
2.5. Güneş Enerjisi Ölçümleri.....	96
2.5.1. Silikon fotodiyot radyometreler.....	98
2.5.2. Termopil Radyometreler	98
2.5.3. Sistemlerin karşılaştırılması	99
2.5.4. Ölçüm standartları tebliği.....	100
2.6. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kullanım Sistemler (Santraller) ve Çeşitleri İçin Örnek Patentler ve Uygulamalar	101
2.7. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Üretilmesi ve Üretilen elektriğin satılması ile ilgili Mevcut “Standartlar, Kanun, Yönetmelik ve Tüzükler”	103
2.8. Dünyada Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Teşvik Modelleri	105
2.9. Güneş Enerjisi Sistemlerinin (Parçalarının) Küçük, Orta ve Büyük Kapasiteler İçin Konya’da Üretilebilirlik Potansiyelinin Belirlenmesi, İlgili Firmaların Listelenmesi	106
2.9.1. Konya’da ve Türkiye’de Üretimi Mümkün olmayan teknolojilerde yatırım maliyeti hakkında bilgi verilmesi	117
2.10. Güneş enerjisi sistemleri için Test Onayları İle İlgili Mevzuat, Uluslararası Standartlar, Test İmkânları İçin Değerlendirme.....	119
2.11. Güneş Enerjisi Elektrik Üretimi Teknolojileri Alanında Sonuç, Öneriler ve Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar.....	122
2.12. Hibrit Enerji Sistemleri, Sistem Kombinasyonları ve Uygulamalarının Değerlendirilmesi	127
2.13. KAYNAKLAR.....	129

EK-1 Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezlerinin İl bazında Global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri.....132

EK-2 Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği168

KISALTMALAR

CSP	:Yoğunlaştırılmış güneş gücü
DMİ	:Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	:Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EPDK	:Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
EVA	:Etil Vinil Asetat
GEPA	:Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
IEA	:Uluslararası Enerji Ajansı
OECD	:Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OSB	:Organize Sanayi Bölgesi
PV	:Fotovoltaik (FV)
TEP	:Ton eşdeğer petrol
TS	:Türk Standartları
YEK	:Yenilenebilir Enerji Kanunu

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

2009 yılı verilerine göre dünya toplam enerji tüketimi 11.164 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtep) olarak gerçekleşmiştir. Bugünkü verilerle bu talebin % 85'ten fazlası fosil yakıtlara dayalı kaynaklardan karşılanmaktadır. Uzun süreli eğilimler dikkate alındığında dünya enerji talebindeki yıllık artış ortalama %1.8 civarında seyretmektedir. Enerji sektörü, iklim değişikliğine neden olan sektörler arasında önlerde yer almaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2010 tarihli öngörülerine göre 2030 yılında enerji talebinin karşılanabilmesi için 20 trilyon ABD doları yatırım yapılması gerekmektedir. Gelecek için yatırımların, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimine yapılması halinde, bugünkü sera gazları düzeyinin % 50 oranında artacağı hesaplanmıştır. Oysa sürdürülebilir bir gelecek için küresel ölçekte sera gazlarının 2050 yılına kadar % 50 oranında azaltılması, vazgeçilemez bir ön koşuldur (Oktik, 2011).

Bu ön koşulun sağlanabilmesi için bütün ülkeler stratejik planlar yapmaktadırlar. Bu planlarda enerji verimliliği ve sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarının kullanımı öne çıkmaktadır. Yapılan projeksiyonlarda, CO₂ salınım düzeyinin bu günkü değerinde kararlı hale getirilebilmesi için dahi, 2050 yılına dek yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı 10 milyon MW gücünde enerji santrali kurulmasına ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Güneş, rüzgâr, biokütle, jeotermal, hidrolik, okyanus ve dalga enerjileri, yenilenebilir enerji kaynakları arasındadır. Bu kaynakların ısı, mekanik, elektromanyetik, kimyasal ve fotovoltaik dönüşümlerle kullanılmasını sağlayacak teknolojiler ile bu teknolojilere dayalı güç sistemleri, bu sektörlerin değer zincirini oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde güneş enerjisi en yüksek potansiyele sahip alternatiftir ve yapılan hesaplamalara göre dünyanın gereksinim duyduğu enerjinin çok büyük kısmı güneş tarafından sağlanmaktadır. Şekil 1'de güneş enerjisi potansiyeli diğer enerji türleri ile karşılaştırılmıştır. Burada temel sorun, güneş enerjisini ulaşılabilir bir maliyetle diğer enerji türlerine dönüştürmektir. Dönüşüm maliyetinin uygun değerlere indirilmesi halinde diğer enerji türlerine ihtiyaç kalmayacağı aşikârdır (Oktik, 2011).

Yukarıda sıralanan dezavantajlar, güneş enerjisinden elde edilen ışınlım talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise birçok sorun yaratmaktadır (İlkan, 2011).

2.1. Dünya'da Güneş Enerjisi Potansiyeli

Dünya birincil enerji kaynağı arzının %32.8'lik kısmı petrolden, %27.2'lik kısmı kömürden, %20.9'u doğal gazdan, %10.2'lik kısmı biyoyakıt ve atık enerji kaynaklarından, %5.8'i nükleer enerji kaynaklarından, %2.8'lik kısmı hidrolik enerji kaynaklarından ve geriye kalan %0.8'lik kısmı ise jeotermal, rüzgâr, güneş vb. diğer enerji kaynaklarından elde edilmektedir. OECD üyesi ülkelerdeki enerji arzı ise %36.3 petrol, %24.5 doğal gaz, %20.2 kömür, %11 nükleer enerji, %4.2 biyoyakıt ve atık, %2.1 hidrolik enerji ve geriye kalan %1.2 ise diğer enerji kaynakları olarak oluşmuştur. OECD ülkelerinde oluşan birincil enerji kaynağı arzı 5,413 milyar TEP olarak gerçekleşmiş ve toplam dünya arzının %45'e yakın bir kısmı bu ülkelerde gerçekleşmiştir.

Dünya, güneşten yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta bulunmakta, hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönden, dünyaya güneşten gelen enerji miktarında günlük değişimler yanında yıl boyunca da değişiklikler oluşmaktadır. Dünyaya, güneşten saniyede yaklaşık 1.7×10^{17} j (170 milyar MW) değerinde ışınlım gelmektedir. Güneşin saldıdığı toplam enerji göz önüne alındığında, bu çok küçük bir kesirdir. Ancak bu tutar, dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınlımlardan oluşur ve güneş-dünya arasını yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşır. Dünya atmosferinin üst sınırında (dünya yüzeyinden takriben 160 km. yükseklikte) güneş ışınlarının gelişine dik bir yüzey üzerine gelen ortalama güneş enerjisi yoğunluğu yaklaşık $1,37 \text{ KW/m}^2$ 'dir. Bu değere "güneş sabiti" denmektedir. Dünyaya gelen güneş enerjisinin bir kısmı doğal soğurulmalarla ve dönüşümlerle depolanırken, diğer bir kısmı da uzaya geri döner.

Dünyada güneş enerjisinden yararlanmak için en elverişli alanlar, ekvatorun 35° Kuzey ve Güney enlemleri arasında kalan kuşakta yer almaktadır. Bu bölge "Dünya Güneş Kuşağı" olarak adlandırılmaktadır. Yılda 2000-3500 saat güneş görmekte olan bu bölgenin güneş enerjisi potansiyeli $3.5-7 \text{ KWh/m}^2/\text{gün}$ arasında değişmektedir.

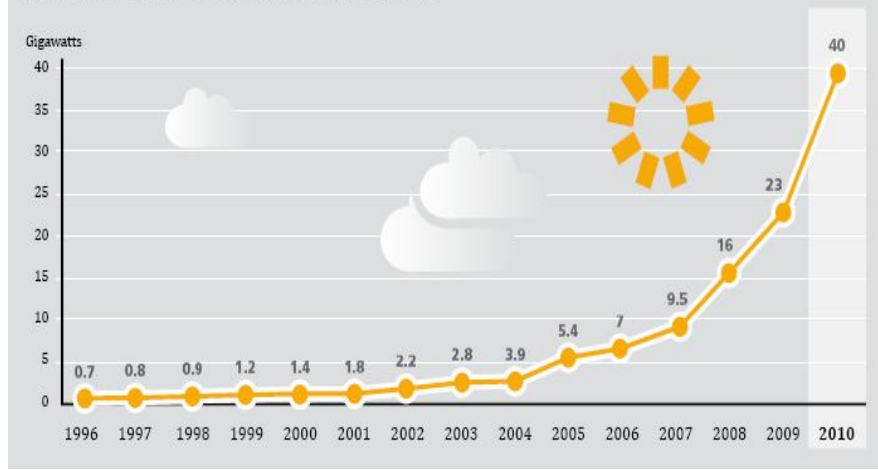
Dünya yüzeyindeki ortalama yıllık güneş radyasyonu miktarı kurak bölgelerde 2000-2500 KWh/m² ve daha üst enlemlerde ise 1000-1500 KWh/m² arasında değişmektedir. Bu radyasyon yeryüzüne doğrudan ve/veya difüz (yaygın) radyasyon olarak ulaşmaktadır. Dünya'nın çeşitli bölgelerindeki yatay yüzeylere ulaşan günlük ortalama güneş radyasyonu miktarları Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Dünyadaki Yıllık Ortalama Güneş Enerjisi Miktarı (EİE 2006)

Bölge	KWh/m²
Kuzey Avrupa	800
Orta Avrupa	1000
Akdeniz Bölgesi	1700
Ekvator (Çöl Bölgeleri)	2200

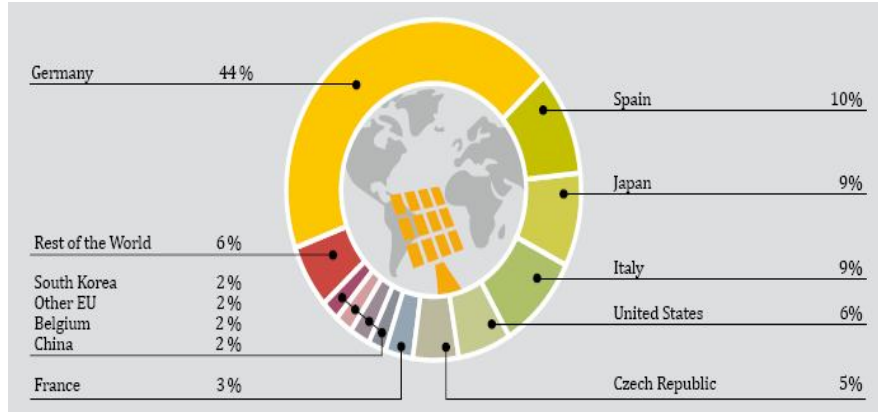
Güneş enerjisinden, enerji üretimine yönelik olarak birçok teknoloji bulunmakta, bunların günümüzde enerji üretimine yönelik kullanılan en gelişmiş güneş pilleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya'da güneş enerjisi kullanılarak elektrik elde edilmesine yönelik teknolojiler, gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmakta ve 2010 yılı itibarıyla güneş enerjisi kaynaklı elektrik üretimi, jeotermal enerji ve rüzgâr enerjisiyle birlikte dünya elektrik enerjisi üretiminin sadece %3.3'lük kısmını sağlamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yapılan 2035 yılı projeksiyonunda güneş enerjisinin de içinde bulunduğu diğer enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının %11.8'e çıkması öngörülmektedir (Mevka, World Key Statistics 2011).

Şekil 2'de dünya PV kapasitesinin 1995-2010 yılları arasındaki değişimi görülmektedir. Dünyanın en hızlı büyüyen güç üretim teknolojisi olan PV kapasitesine 2010 yılı boyunca 100'den fazla ülke eklenmiştir. Dünya PV kapasitesinin, 2009 yılındaki artışı 7.3 GW iken 2010 yılındaki artış ise yaklaşık 17 GW olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 5 yıl öncesindeki yıllık artışın yaklaşık 7 katı kadar bir değerdir. Toplam var olan PV kapasitesi 2009 yılına göre %72 büyürken, 2005-2010 yılları arasında ortalama yıllık büyüme oranı ise %49 olmuştur. Şebekeye bağlı PV sistemlerinin 2009 yılına göre artış oranı %81 ve 2005-2010 yılları arasındaki ortalama yıllık büyüme ise %60 olmuştur. Satışlardaki artışın devam etmesine rağmen market içindeki ince filmin payı ilk kez 2009'da %17'den 2010'da %13'e düşmüştür.



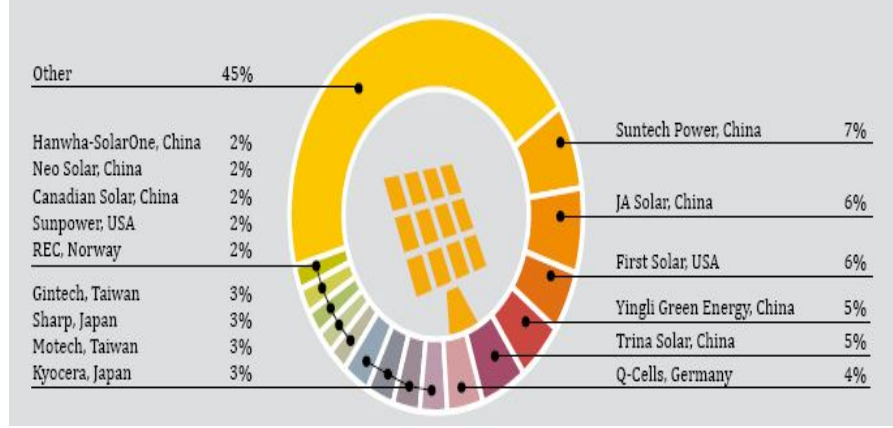
Şekil 2. Dünya PV kapasitesinin 1995-2010 yılları arasındaki değişimi (Renewables, 2011)

Dünya çapındaki PV marketine Avrupa Birliği üyesi ülkeler hâkimdir. Şekil 3'te 2010 yılı sonu itibariyle dünya PV kapasitesinde ülkelerin durumu görülmektedir. Almanya 2010 yılı sonu itibariyle 17.3GW ile Dünya PV kapasitesinin %44 sahiptir. Almanya'yı %10 ile İspanya ve %9 ile Japonya takip etmektedir.



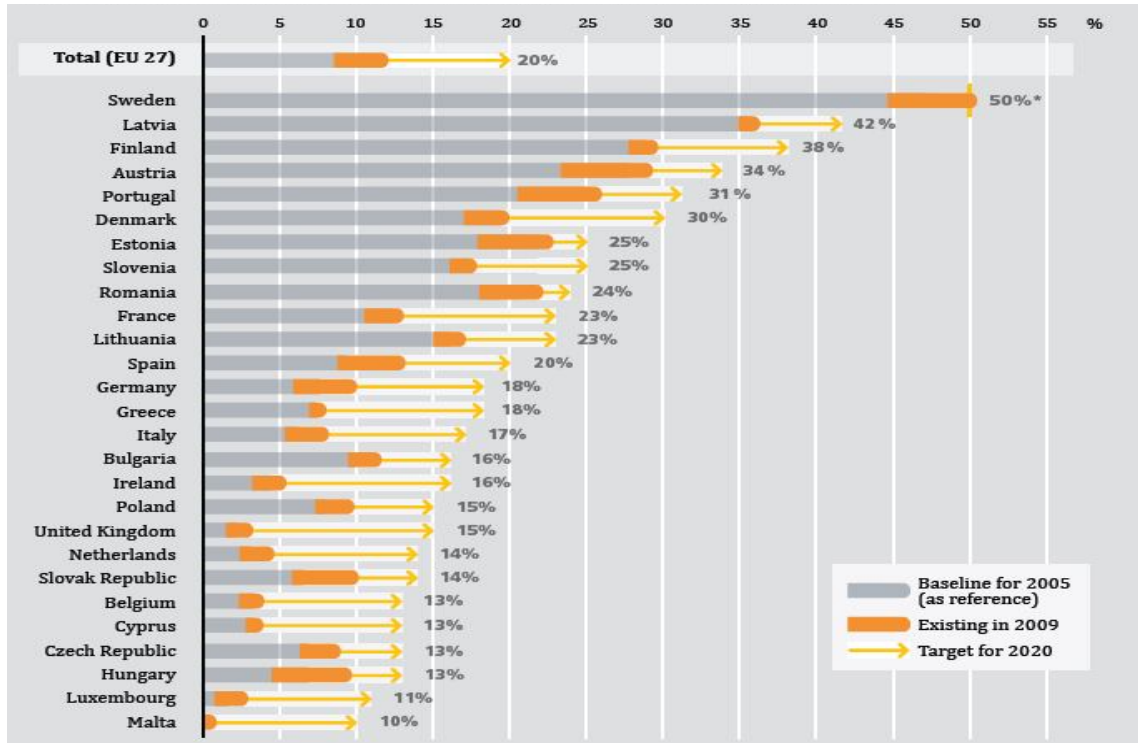
Şekil 3. 2010 yılı sonu itibariyle dünya PV kapasitesinde ülkelerin durumu (Renewables, 2011)

PV sektöründe 2010 olağanüstü bir yıl olmuştur. 2010 yılında 20 GW modül yaklaşık olarak 23.9 GW ise hücre üretilmiştir. 2009 yılında görülen PV ücretlerindeki düşüş 2010 yılında da devam etmiş ve bazı kaynaklara göre ücretler 1.30-1.80 \$/Wp aralığındadır. PV ücretlerindeki bu azalış Çin ve diğer ülkelerdeki polisilikon ve silikon pulların (wafers) üretim kapasitesinin hızla genişlemesinden kaynaklanmıştır. 23.9 GW hücre üretiminde ilk 15 PV hücresi üreticisinin payı %55'dir. Hücre üretimi 2010 yılında Asya'ya doğru yönelmiş ve hücre üreticisi ilk 15 firmanın 10'u burada kuruludur. Şekil 4, ilk 15 PV hücre üreticisinin market içerisindeki paylarını göstermektedir.



Şekil 4. İlk 15 PV hücre üreticisinin market içerisindeki payları (Renewables, 2011)

Avrupa birliğinin 2020 hedefi yenilenebilir enerjiden olan enerji üretim payının %20 seviyelerine çıkarmaktır. 2010 yılı itibariyle rüzgârdan 40 GW, solar PV'den 3 GWp, CSP'den 1 GW, ısıtma/ısı pompalarından 5 GW olmuştur. 2010 sonunda solar PV kapasitesi 29 GW düzeylerine ulaşmıştır. 2010 yılındaki bu hızlı büyümenin devam etmesi sayesinde 2020 hedeflerine ulaşmayı düşünmektedirler. Şekil 5'te Avrupa Birliği üyesi 27 ülkenin yenilenebilir enerji payları 2005 yılı, 2005-2009 arası ve 2020 hedefi olarak gösterilmektedir. Buradan sadece İsveç'in 2020 hedefine 2009 yılı itibariyle ulaştığı görülmektedir.

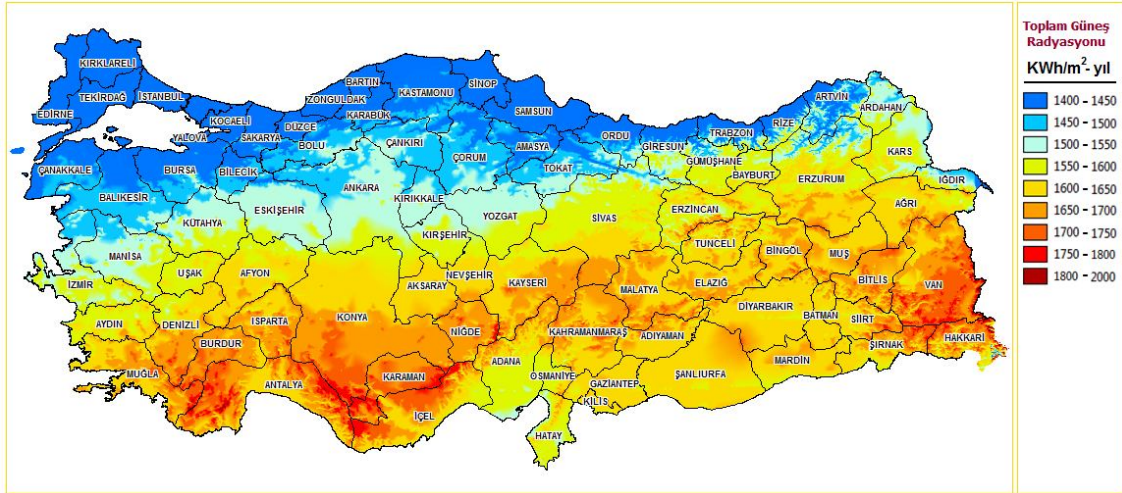


Şekil 5. Avrupa Birliği üyesi 27 ülkenin yenilenebilir enerji paylarının 2005 yılı, 2005-2009 arası ve 2020 hedefi durumu (Renewables, 2011)

2.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

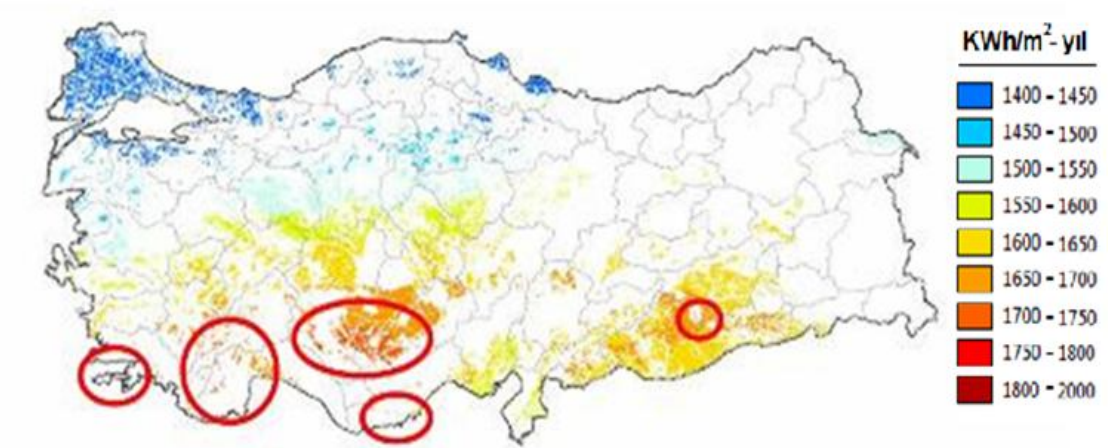
Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 380 TWh/yıl olarak ifade edilmektedir. Mevcut durumda herhangi bir güneş enerjisi lisansı olmamasına karşın, birçoğu araştırma amaçlı kullanılan güneş pili kurulu gücü 1 MW düzeyindedir.

Şekil 6’da yatırımcının hangi alanda güneş enerjisi yatırımı yapabileceğine ilişkin verileri ortaya koyan Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) verilmiştir. Türkiye’de güneş enerjisi konusunda yapılabilecek çok büyük proje imkânları olduğu kaydedilerek, Atlas oluşturulurken Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi’nin 22 yıllık güneş ölçümleri temel alındığı belirtilmiştir.



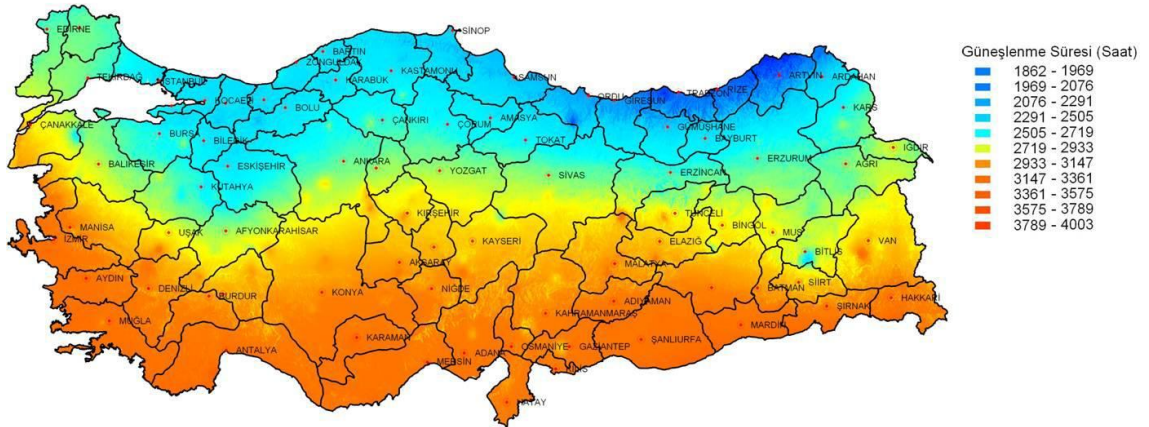
Şekil 6. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyel atlası (Anonim, 2008c)

Türkiye’nin güneş enerjisinden yıllık elektrik üretim potansiyeli 380 milyar kWh’tir. Buna karşılık güneş enerjisinden elektrik üretim maliyeti 20 Dolar sent/kWh gibi yüksek bir rakam olduğu için tüm potansiyelin değerlendirilemeyeceğini belirtilmiştir. Güneş radyasyonu yıllık metrekare başına 1650 kWh’den fazla olan yerler en iyi alanlar olarak belirtilmiş, 4 bin 600 kilometrekare kullanılabilir alan belirlendiği vurgulanmıştır. Şekil 7’de güneş enerjisi potansiyel yönünden ışınım şiddeti 1650 kWh/m² değerinden büyük alanlar gösterilmiştir. Türkiye'nin özellikle Konya ve GAP bölgesi civarında güneş enerjisinden düşük maliyetle elektrik üretme potansiyeli olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Türkiye'de ışıma şiddeti 1650 kWh/m² değerinden büyük alanlar (Anonim, 2008c)

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıma şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresini gösteren harita Şekil 8'de verilmiştir. Çizelge 2.'de görüldüğü üzere 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıma şiddeti 1311 kWh/m²yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2011a).



Şekil 8. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi

Çizelge 2. Ülkemizin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.

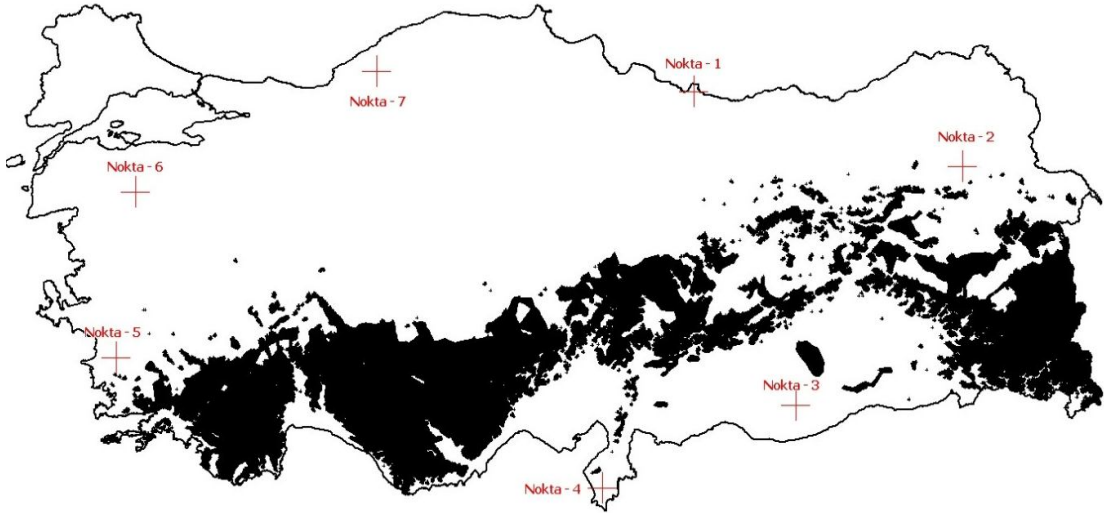
AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (saat/ay)
	kcal/cm ² -ay	kWh/m ² -ay	
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NISAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AGUSTOS	13,62	158,4	343
EYLÜL	10,6	123,28	280
EKİM	7,73	89,9	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1 311,16	2 640
ORTALAMA	308 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Coğrafi konumu sayesinde yüksek potansiyeli olan Türkiye'nin gelecek dönemlerde bu enerji kaynağından yararlanmaya yönelik çalışmalar gerçekleştireceği düşünülmektedir. Bu çalışmaların temelini oluşturmak üzere Strateji Belgesi'nde güneş enerjisi kullanımının yaygınlaştırılması ve özendirici çalışmaların başlatılması hedefi koyulmuştur. 08/01/2011 tarihli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Yenilenebilir Enerji Kanunu-YEK) ile de güneş enerjisine 13.3 Dolar sent/kWh sabit fiyat garantisi verilmiş olması, güneş enerjisinin diğer yenilenebilirler göre yüksek maliyetinin göz önünde bulundurularak ayrıca teşvik edildiğini göstermektedir. Burada, yine aynı kanun ile getirilen güneşe dayalı kurulu güç kısıtlamasından da bahsetmekte fayda vardır. Söz konusu Kanunun 6/C maddesi uyarınca, 31.12.2013 tarihine kadar iletim sistemine bağlanacak YEK belgeli güneş enerjisi tesislerinin toplam gücü 600 MW ile sınırlandırılmıştır. Bu tarihten sonra devreye girecekler için ise kurulu güç üst sınırı Bakanlar Kurulu tarafından belirlenecektir.

8 Ocak 2011 tarih ve 27809 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren 6094 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"un 4 üncü Maddesi gereği, 31/12/2013 tarihine kadar güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin

bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasiteleri Çizelge 3'te görülmektedir. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında belirlenecek olan santral sahası alanı, Şekil 9'da verilmiş olan ve siyah renk koduyla gösterilen alan içerisinde kalacaktır (Anonim, 2011g).

Bu duyurunun 2. maddesi olan “Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında belirlenecek olan santral sahası alanı, Şekil 9'da verilmiş olan ve siyah renk koduyla gösterilen alan içerisinde kalacaktır” cümlesi 4 Şubat 2012 Tarihli ve 28194 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında yapılan güncel duyuruda “Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında sunulacak olan standardına uygun ölçümlerde, yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu değerinin $1620 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$ 'a eşit veya yüksek olması zorunludur.” olarak değiştirilmiştir.



Şekil 9. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında belirlenecek olan santral sahası alanları (Anonim, 2011g)

Çizelge 3. Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasiteleri (Anonim, 2011g)

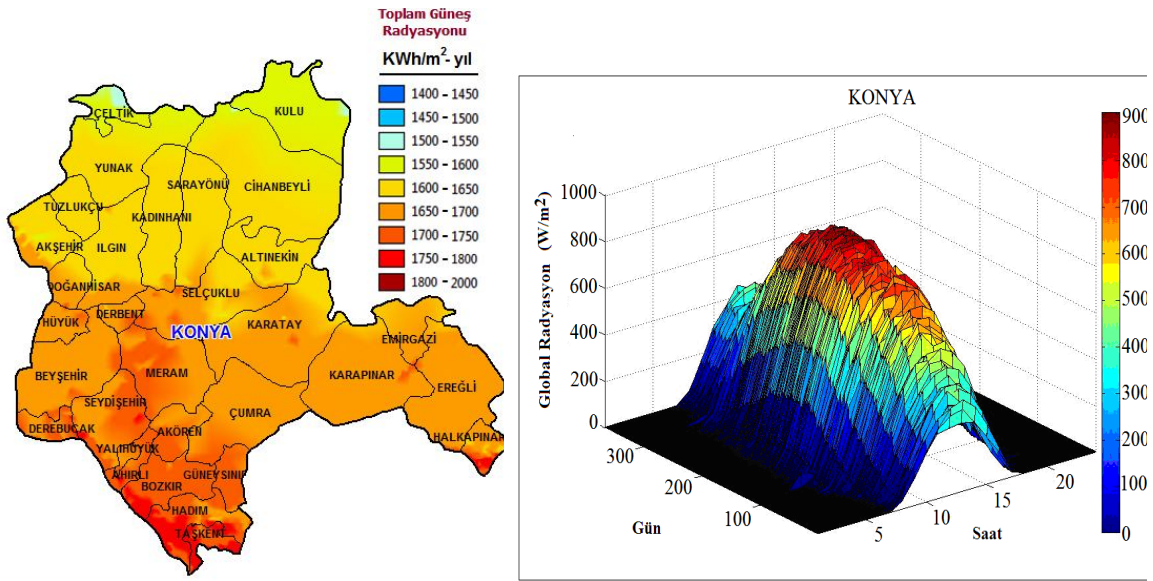
BÖLGE VE TRAFİKO MERKEZİ BAZINDA GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSİ BAĞLANABİLİR KAPASİTELERİ					
BÖLGE NO	UTM 6 DERECE KOORDİNATLAR				KAPASİTE (MW)
	TRAFİKO MERKEZLERİ	SAĞA DEĞER	YUKARI DEĞER	DİLİM	
1 KONYA	AKŞEHİR	363003,68	4244202,67	36	46
	ALİBEYHÖYÜĞÜ	468914,86	4152368,07	36	
	BEYŞEHİR	385119,41	4178209,90	36	
	ÇUMRA	477976,38	4158640,94	36	
	KONYA-3	465965,76	4201426,91	36	
	KONYA-4	478084,91	4188168,14	36	
	LADİK	448984,86	4225276,45	36	
	SEYDİŞEHİR	399320,23	4146404,44	36	
2 KONYA	ALTINEKİN	489600,00	4241126,00	36	46
	EREĞLİ	596063,21	4155309,15	36	
	GÜNEYSINIR	476806,00	4125254,00	36	
	KARAPINAR	548582,72	4176118,36	36	
	KIZÖREN	515451,42	4221725,76	36	
3 VAN AĞRI	BAŞKALE 380	422375,00	4214015,00	38	77
	ENGİL	341774,89	4250656,88	38	
	ERCİŞ	356470,71	4323712,78	38	
	VAN	356151,46	4266051,89	38	
	VAN 380	353339,00	4272418,00	38	
4 ANTALYA	AKORSAN	288284,98	4105398,68	36	29
	FİNİKE	243601,68	4022992,66	36	
	KAŞ	739819,93	4009356,82	35	
	KEMER	280848,33	4051178,88	36	
	KORKUTELİ	251423,04	4107777,90	36	
	SERBEST BÖLGE	285295,90	4080899,59	36	
5 ANTALYA	AKSEKİ	392152,86	4099905,78	36	29
	ALANYA 1	403101,84	4047677,75	36	
	ALANYA 2	421598,00	4039770,45	36	
	ALARA	382006,76	4058900,64	36	
	GAZİPAŞA	434882,94	4018240,64	36	
	GÜNDOĞDU	348585,41	4080207,22	36	
	SERİK	329845,31	4088658,25	36	
	VARSAK	295883,34	4092710,06	36	
6 KARAMAN	ERMENEK	497480,00	4046971,00	36	38
	KARAMAN	517251,94	4115608,13	36	
	KARAMAN OSB	528638,87	4118954,31	36	
7 MERSİN	AKBELEN	642238,91	4076734,87	36	35
	ANAMUR	488029,38	3994216,37	36	
	ERDEMLİ	623476,36	4061385,66	36	
	GEZENDE HES	524430,00	4046223,00	36	
	MERSİN 2	638211,30	4074606,00	36	

	MERSİN 380	651630,00	4086526,00	36	
	TAŞUCU	580282,55	4021214,33	36	
8 KAHRAMAN MARAŞ ADİYAMAN	ADİYAMAN GÖLBAŞI	382167,26	4182023,49	37	27
	ANDIRIN	267050,97	4164486,69	37	
	ÇAĞLAYAN HAVZA	294250,00	4188600,00	37	
	DOĞANKÖY	339816,60	4240831,15	37	
	GÖKSUN	284506,67	4211959,56	37	
	KAHRAMANMARAŞ	318325,74	4159659,26	37	
	KILAVUZLU	306924,48	4163770,22	37	
	NARLI	335040,33	4138942,78	37	
	SIR	287662,45	4153122,35	37	
	9 BURDUR	BUCAK	285301,82	4147289,58	
BURDUR		265275,00	4182062,81	36	
TEFENNİ		746616,45	4131937,67	35	
10 NİĞDE NEVŞEHİR AKSARAY	BOR	637055,13	4192947,76	36	26
	DERİNKUYU	650664,00	4249967,00	36	
	MİSLİOVA	653310,23	4233043,98	36	
	NİĞDE 2	651096,87	4205497,32	36	
11 KAYSERİ	ÇINKUR	697185,53	4287853,18	36	25
	KAYSERİ KAPASİTÖR	731652,26	4304550,88	36	
	PINARBAŞI	270748,38	4286429,53	37	
	SENDİREMEKE	700765,87	4254903,75	36	
	TAKSAN	690510,44	4270232,83	36	
	YEŞİLHİSAR	686546,07	4234913,69	36	
12 MALATYA ADİYAMAN	ADİYAMAN	433191,92	4178413,97	37	22
	DARENDE	368064,67	4270579,87	37	
	HASANÇELEBİ	401548,23	4315745,32	37	
	MALATYA 1	443003,20	4246805,79	37	
	MALATYA 2	449991,34	4243417,47	37	
	MALORSA	426761,63	4243431,44	37	
13 HAKKARİ	BAĞIŞLI	415269,78	4175325,53	38	21
	HAKKARİ	386391,66	4161760,65	38	
14 MUĞLA AYDIN	BOZDOĞAN	615860,48	4171161,21	35	20
	DALAMAN	660740,42	4074513,71	35	
	DATÇA	560837,75	4068096,54	35	
	FETHİYE	690567,05	4060459,75	35	
	MARMARİS	611173,42	4080002,94	35	
	MUĞLA	619632,23	4119791,11	35	
	YATAĞAN	597369,44	4132070,13	35	
	YENİKÖY	578150,67	4111153,27	35	
15 ISPARTA AFYON	BARLA	306218,17	4209359,44	36	18
	EĞİRDİR	315216,01	4190934,79	36	
	ISPARTA	280865,05	4195296,87	36	
	KEÇİBORLU	262583,91	4204507,41	36	
	KOVADA 2	308496,76	4163690,43	36	
	KULEÖNÜ	291080,79	4194079,55	36	

	ŞARKİKARAAĞAÇ	351391,79	4222500,43	36	
16 DENİZLİ	ACIPAYAM	709190,00	4143300,00	35	18
	BOZKURT	728452,31	4188557,29	35	
	TAVAS	672121,45	4165984,43	35	
17 BİTLİS	ADİLCEVAZ	305568,10	4297936,75	38	16
	TATVAN	262382,99	4266494,75	38	
18 BİNGÖL TUNCELİ	BİNGÖL	630576,45	4306512,98	37	11
	ÖZLÜCE HES	593746,48	4331589,46	37	
	PÜLÜMÜR	576928,37	4371470,93	37	
	TUNCELİ	546358,62	4327825,75	37	
19 ŞIRNAK	PS-3	270648,69	4124983,21	38	11
	ŞIRNAK	272110,39	4154418,63	38	
	ULUDERE	302013,36	4146165,11	38	
20 ADANA OSMANIYE	BAHÇE	280856,49	4118420,88	37	9
	KARAIŞALI	679557,37	4130446,16	36	
	OSMANIYE	253829,02	4105880,92	37	
	TOROSLAR	665263,14	4147840,78	36	
21 MUŞ	MUŞ	719277,11	4291321,29	37	9
22 SİİRT BATMAN MARDİN	KIZILTEPE	645487,90	4122895,43	37	9
	MARDİN	652907,89	4130656,93	37	
	SİİRT 380	747334,00	4202795,00	37	
	SİİRT ÇİM	738406,26	4204605,85	37	
	SİİRT TM	756573,14	4203396,88	37	
23 SİVAS	KANGAL	352696,65	432708,20	37	9
24 ELAZİĞ	ELAZİĞ 2	523072,47	4276260,06	37	8
	HANKENDİ	512221,90	4276806,08	37	
	HAZAR 1	531935,16	4266441,38	37	
	HAZAR 2	532376,57	4269567,27	37	
	MADEN	559742,66	4250141,68	37	
25 ŞANLIURFA DİYARBAKIR	SİVEREK	530460,27	4177950,47	37	7
26 ERZURUM	ERZURUM-1	694608,98	4422984,84	37	5
	ERZURUM-2	680208,79	4422056,56	37	
	HINIS	733851,45	4360097,29	37	
27 ERZİNCAN	ERZİNCAN	544811,57	4398734,39	37	3
	ERZİNCAN-OSB	532729,67	4402383,58	37	
<p>NOT 1: HER BİR BÖLGEDE YER ALAN TRAFİKO MERKEZLERİNİN GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSİ BAĞLANABİLİR KAPASİTELERİNİN TOPLAMI; O BÖLGENİN YUKARIDAKİ TABLODA YER ALAN KAPASİTESİNDEN FAZLA OLAMAZ.</p>					

Çizelge 3'te Türkiye genelinde 600 MW bağlanabilir kapasite olduğu görülmektedir ve Konya'daki kapasite toplamda 92 MW olmak üzere eşit iki bölgeye ayrılmıştır. Konya bölgesindeki trafoların koordinatları da Çizelge 3'te belirtilmiştir.

Şekil 10'da Konya ilinin güneş enerjisi potansiyeli görülmektedir. Şekil 10-a'da GEPA raporunda yer alan toplam güneş radyasyonu, Şekil 10-b'de ise DMİ Konya merkezde 1997-2008 yılları arasında ölçülmüş verilerin ortalaması yıl boyunca saatlik değişimi görülmektedir. Özellikle Konya ilinin güney kısmında yer yer 1700 kWh/m² değerinin üzerinde güneş radyasyonunun ölçüldüğü görülmektedir. Güneş panellerinin çok yaygın olarak kullanıldığı Avrupa ülkelerinde bu ışınım değerinin neredeyse yarısına sahip olduğu göz önüne alınırsa, Konya için bu potansiyelin ne derece önemli olduğu anlaşılmaktadır.

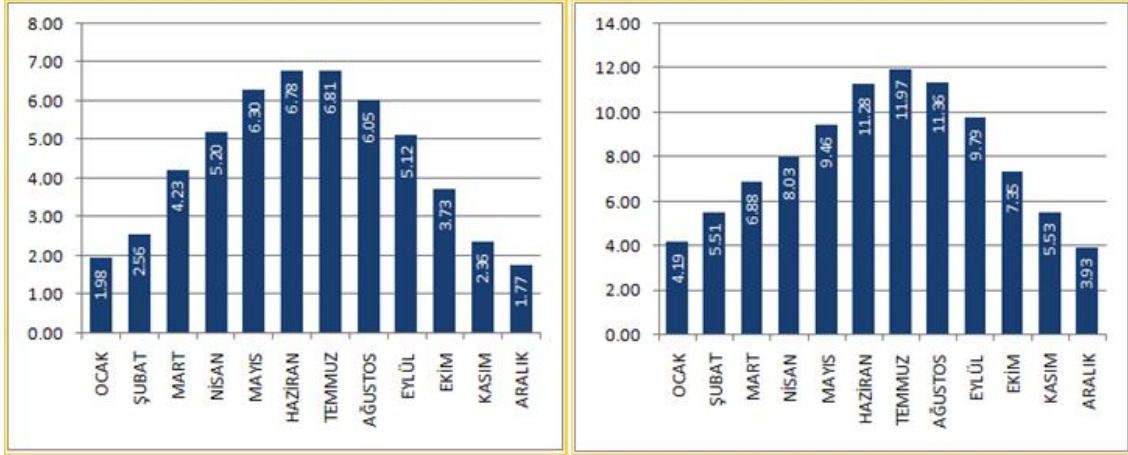


a) GEPA raporu.

b) 1997-2008 DMİ verilerinin ortalaması.

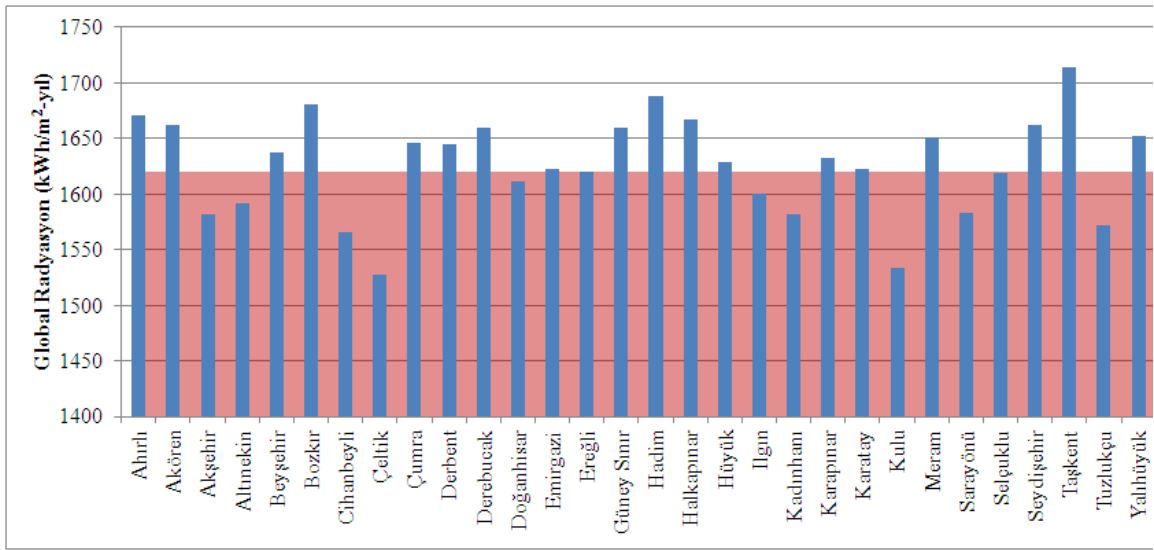
Şekil 10. Konya'nın güneş enerjisi potansiyeli (Anonim, 2008d) ve üç boyutlu ışınım grafiği (Ozgoren ve ark., 2010)

Şekil 11.a-b'de Konya bölgesi için meteorolojik ölçümlerden yararlanarak hazırlanan aylara göre ortalama günlük ışınım değeri ve günlük ışınım süresi grafikleri sırası ile verilmiştir. Konya ortalama ışınım süresi 7.94 saat ve günlük toplam ışınım değerlerine göre 4.41 kWh/m² ile Türkiye ortalamasının üzerindedir.



a.Konya global radyasyon değerleri (kWh/m²/gün)

b. Konya güneşlenme süresi (saat)



c. Konya'nın ilçelerinin yıllık global radyasyon değerleri ve 1620 kWh/m²-yıl ortalamasının üzerinde kalan ilçeler

Şekil 11. Konya ili ve ilçelerinin güneş ışınımı yönünden değerlendirilmesi.

Konya ili ilçe bazında global güneş radyasyonu bakımından değerlendirildiğinde Taşkent ilçesinin maksimum global güneş radyasyonuna sahip olduğu görülmektedir. GEPA raporundaki değerlere göre Konya ilinin global radyasyon değeri yıllık olarak 1624 kWh/m²-yıl olarak görülmektedir. İlçelere göre yıllık global radyasyonu ve 1620 kWh/m²-yıl değerinden büyük olan yerleri gösteren grafik Şekil 11.c'de görülmektedir.

4 Şubat 2012 Tarihli ve 28194 Sayılı Resmî Gazetede yapılan duyuruda; Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvurularında, yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu değerinin 1620 kWh/m²-yıl'a eşit veya yüksek olması zorunluluğu bulunmaktadır. GEPA raporuna göre yıllık 1620 kWh/m²-yıl değerine eşit ve yüksek olan Konya ilçeleri Ahırılı, Akören, Beyşehir,

Bozkır, Çumra, Derbent, Derebucak, Emirgazi, Ereğli, Güneysınır, Hadim, Halkapınar, Höyük, Karapınar, Karatay, Meram, Selçuklu, Seydişehir, Taşkent ve Yalılıhöyük'tür. Bu ilçeler arasında Taşkent yıllık 1714 kWh/m²-yıl global radyasyon değeri ile en yüksek değere sahip ilçedir. Fakat Karapınar ilçesi, arazisinin düz olmasından ve yıllık global radyasyon değerinin 1632 kWh/m²yıl olmasından dolayı güneş enerjisi santrali yatırımlarının yapılması oldukça uygundur. GEPA raporuna göre belirlenen bu sonuçlar *4 Şubat 2012 Tarihli ve 28194 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından yapılan güncel duyuruya göre güneş enerjisinden elektrik üretilecek tesisin yeri belirlenmeden önce standartlara uygun ölçümlerle tasdik edilmelidir.* Ayrıca arazi şartlarının elverişli olduğu Karapınar, Ereğli ve Cihanbeyli gibi ilçelerde standartlara uygun olarak yapılacak yeni ölçümlerle daha uygulanabilir tesis alanları belirlenebilir.

Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezlerinin İl bazında Global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri ayrı ayrı olarak EK-1'de verilmiştir. EK-1'deki sıralama kapasite miktarlarına göre olup bağlantı kapasitesi en yüksek olan 5 bölge sırasıyla Konya, Van-Ağrı, Antalya, Karaman ve Mersin bölgeleridir. Bu 5 bölge toplam kurulacak kapasitenin %50'sini oluşturmaktadır.

Buna karşın Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi şimdilik ekonomik gözükmemektedir. Avrupa ülkelerinde Güneş enerjisinden üretilen elektrik 30 ile 50 Avro sentten satın alınırken iken Türkiye'de hazırlanan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı düzenlenmiştir. 6094 Sayılı Kanun ile de Kanun'un bazı maddelerinde değişiklikler yapılmıştır. Yasa, yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin teşvikini amaçlamaktadır. Kanununda, 31/12/2015'ten önce devreye girmiş ve YEK Mekanizmasına tabi olan üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektronik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde bu tesislerde üretilen elektrik enerjisi için yerli katkı ilavesi uygulanacağı belirtilmiştir.

Yasaya göre, elektrik enerjisine yönelik kaynak alanlarının, ilgili kurum ve kuruluşların görüşü alınarak belirlenmesi, derecelendirilmesi, kullanılmasına ilişkin usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenecektir.

Ancak, özellikle PV sistemlerin, şu anki teknolojiye göre 25 yıllık ömrü bulunmaktadır. Güneş teknolojilerinde kullanılan malzemenin ithal olması maliyetleri arttırmaktadır. Yerli üretilen bazı parçalarda verimli ve ekonomik değildir. Güneş

enerjisi şu anki şartlarda ancak diğer enerji sistemleri ile birlikte kullanılırsa ekonomik olacaktır. Buna göre, tesisin tipi ve kullanılan aksamın nevine göre belirlenmiş ve Kanun ekindeki katkı miktarları belirtilmiştir. Buna göre güneşten elektrik üreten YEK kaynaklı üretim tesisinin 1 kWh'lık elektrik için belirlenen ücret 13.3 Dolar sent ve sistem parçalarının hepsinin yerli üretim olması durumunda bu ücrete ilave 6.7 Dolar sent ekleneceği görülmektedir. CSP sistemlerinde ise sadece sistem parçalarının yerli olması durumunda eklenecek ücretin 9.2 Dolar sent olduğu Çizelge 4'te görülmektedir.

Çizelge 4. Tesisin tipi ve kullanılan aksamın nevine göre belirlenmiş katkı miktarları ve satın alma ücretleri

Yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesis tipi		Yerli katkı ilavesi ile uygulanabilecek en üst fiyat ** (ABD Doları cent/kWh)
Hidroelektrik üretim tesisi	7,3	7,3+2,3=9,6
Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3	7,3+3,7=11,0
Jeotermal enerjiye dayalı üretim tesisi	10,5	10,5+2,7=13,2
Biyokütle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3	13,3+5,6=18,9
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi (fotovoltaik)	13,3	13,3+6,7=20,0
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi (yoğunlaştırılmış)	13,3	13,3+9,2=22,5

(*) Kanun ekinde yer alan I Sayılı Cetvele göre uygulanacak olan fiyattır.

(**) Kanun ekinde yer alan II Sayılı Cetvele göre, cetvelde sayılan tüm parçaların imalatının yurt içinde gerçekleşmiş olması durumunda ilave edilebilecek rakamın, I sayılı cetvelde belirtilmiş olan fiyata eklenmesi ile bulunmaktadır.

2.3. Güneş Enerjisi Teknolojileri

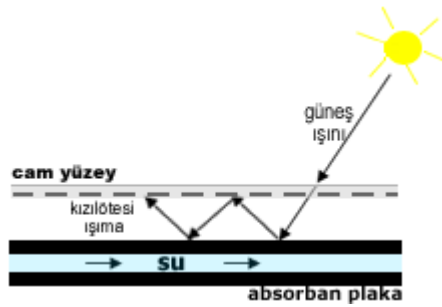
Güneş enerjisi teknolojilerini genel olarak, ısı (doğrudan ısı kullanımı ve ısıdan elektrik) ve Doğrudan Elektrik (Güneş Pilleri /Fotovoltaik Piller/PV) olarak iki grup içinde ele almak gerekir (Şekil 12). Fakat son zamanlarda iki sistemin karışımından oluşan yoğunlaştırılmış fotovoltaik uygulamaları da bulunmaktadır.



Şekil 12. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için kullanılan sistemler ve sınıflandırılmaları

2.3.1. Güneş enerjisi ısı teknolojileri ve uygulamaları

Isıl ve termodinamik dönüşüm, güneş enerjisinin ısıtma etkisinden (*sera etkisi*) yararlanılarak suyun ısıtılmasını esasına dayanır (Şekil 13). Bu su, sıcak su ihtiyacını karşılamakta kullanılabileceği gibi aynı anda elektrik enerjisi üretiminde de kullanılabilir. Bu yöntemin en basit örneğini evlerde kullanılan güneş panolarında(*kolektör*) görmek mümkündür.



Şekil 13. Güneş enerjisinin ısıtma etkisinin şematik gösterimi (Anonim, 2011b).

Güneş enerjisinin sera etkisinden yararlanmak için altta, güneş ışığını soğurmaya yarayan kara cisim(soğurucu tabaka), üstte cam tabakadan oluşan kapalı sistemler kullanılır. Soğurucu tabaka arasında, içinde suyun dolaştığı bir kanal bulunur. Güneş ışınları cam yüzeyden içeri girer ve kara cisimce soğrulur. Alınan bu enerji kızılaltı ışıma olarak dışarı verilir. Bu ışıma cam tabakayı geçip dışarı ulaşamadığından

sistemden çıkamaz ve böylece sistemin ısısı artar. Buradaki sıcaklık derecesi sistemin kalitesine göre 100 °C'ye kadar ulaşabilir (Anonim, 2011b).

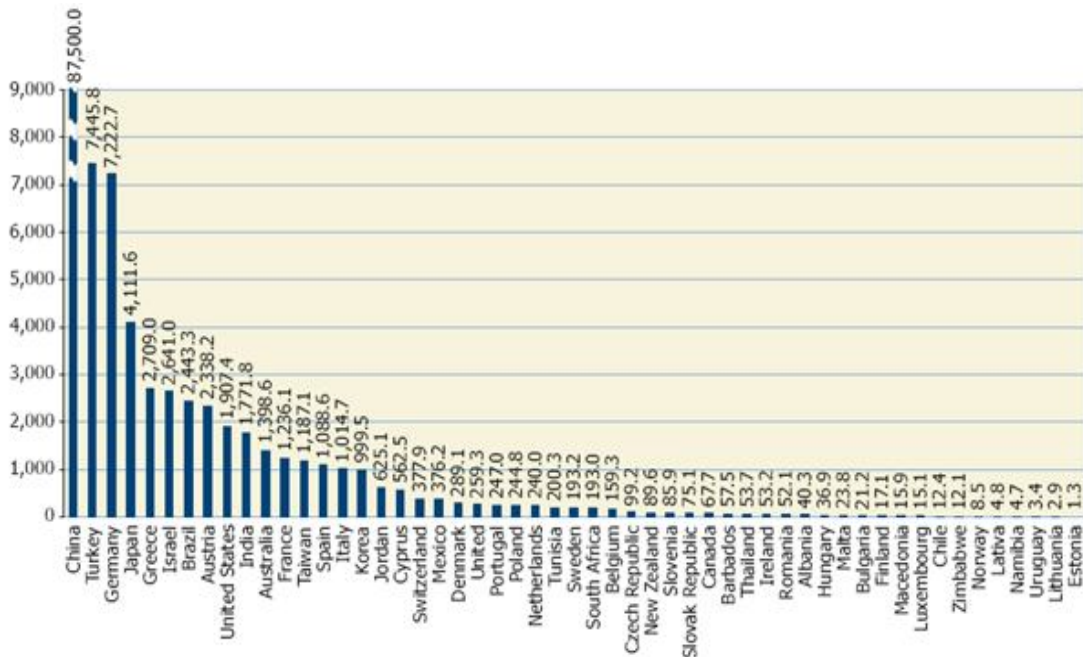
Isıl dönüşüm sistemlerini sıcaklık uygulamaları bakımından aşağıdaki gibi gruplandırabiliriz;

a) *Düşük Sıcaklık Uygulamaları:* (100 °C den az); Düzlemsel güneş kolektörleri, Güneş Havuzları ve Su Arıtma Sistemleri, Konut Isıtma, Ürün Kurutma Seralar, Güneş Ocakları vb. gibi uygulamalar,

b) *Orta Sıcaklık Uygulamaları:* (100 - 350°C arası); Vakumlu Güneş Kolektörleri kullanımı ile yapılan uygulamalar,

c) *Yüksek Sıcaklık Uygulamaları:* (350 °C den daha yüksek sıcaklıklar); Güneş fırınları ve güneş kuleleri, elektrik üretimi ve madenlerin eritilmesi amacıyla yapılan uygulamalardır.

Güneş enerjisi ısı teknolojileri arasında en yaygın olarak kullanılan uygulama düzlemsel güneş kolektörleridir. Ülkemiz, termal kurulu güç bakımından dünyada ikinci sırada yer almasına rağmen, güneş enerjisinden elektrik üretimi, deneme ve araştırma amaçlı yatırımların ötesine geçememiştir. Bu dağılım, Şekil 14'de gösterilmektedir.



Şekil 14. Ülkeler bazında dünyada güneş ısı kurulu güç (Anonim, 2011c)

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de solar-yoğunlaştırılmalı sistemlerdir. Bu sistemler içerisinde de parabolik, kule ya da çanak sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3.1.1. Güneş kolektörlü sıcak su sistemleri

Güneş kolektörlü sıcak su sistemleri, güneş enerjisini toplayan düzlemsel kolektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır (Şekil 15).

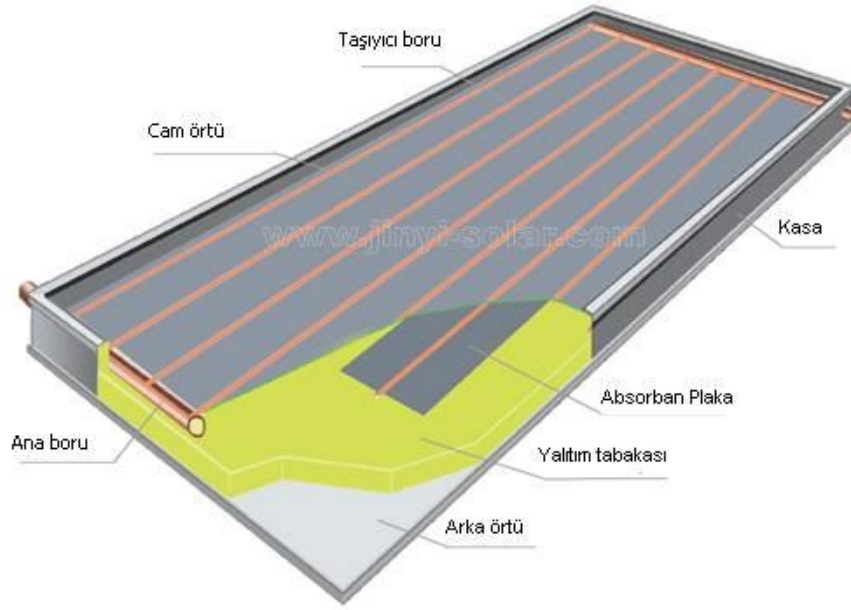


Şekil 15. Güneş kolektörlü sıcak su sistemi (Anonim, 2011d).

Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşımli ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Her iki sistem de ayrıca açık ve kapalı sistem olarak tasarlanırlar. Bunlar tabii dolaşımli sistemler, pompalı sistemler, açık sistemler ve kapalı sistemlerdir.

✓ *Düzlemsel Güneş Kolektörleri*

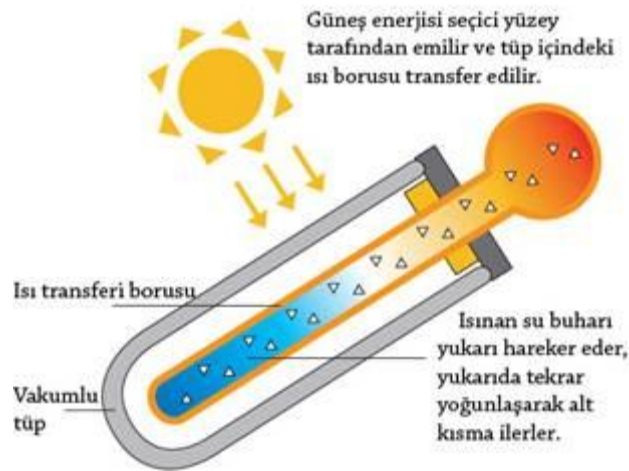
Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisinin toplandığı ve herhangi bir akışkana aktarıldığı çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, kolektörün en önemli parçası olan absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve yukarıdaki bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur (Şekil 16).



Şekil 16. Düzlemsel Güneş Kolektörü (Anonim, 2011d).

2.3.1.2. Vakumlu Güneş Kolektörleri

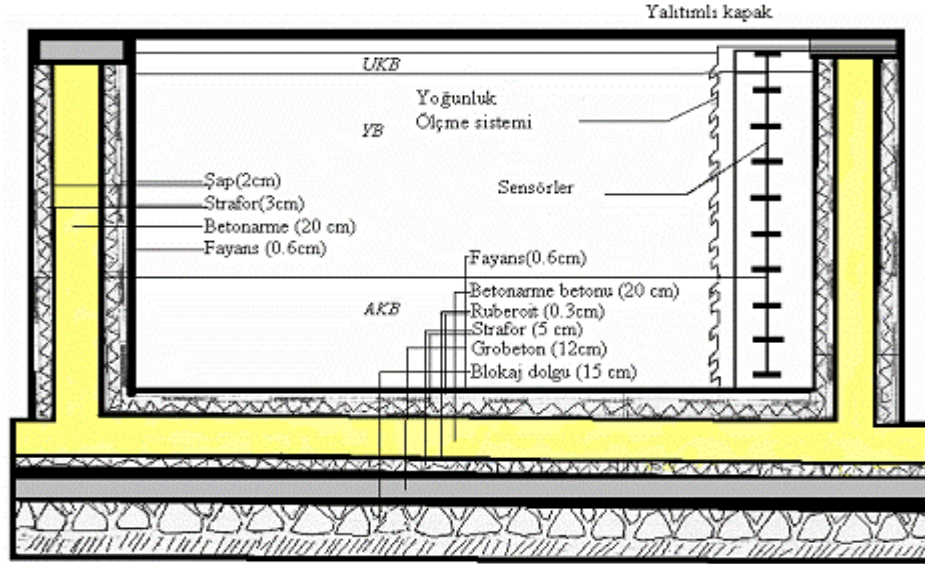
Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır (Şekil 17). Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100- 120°C), düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler.



Şekil 17. Vakumlu tüp şematik gösterimi (Anonim, 2011d)

2.3.1.3. Güneş Havuzları

Yaklaşık 5 - 6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını yakalayarak 90°C sıcaklıkta sıcak su elde etmekte kullanılır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir, tuz konsantrasyonu en üstten alta doğru artar. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulursa bile havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur (Şekil 18). Bu sıcak su bir ısı değiştiriciye pompalanarak ısı olarak yararlanılabileceği gibi Rankine çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş havuzları konusunda en fazla İsrail'de çalışma ve uygulama yapılmıştır. Bu ülkede 150 kW gücünde 5 MW gücünde iki sistemin yanında Avustralya'da 15 kW ve ABD'de 400 kW gücünde güneş havuzları bulunmaktadır.



Şekil 18. Güneş havuzu şematik gösterimi (Anonim, 2011d).

2.3.1.4. Güneş Bacaları

Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeye kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava, çevre sıcaklığından daha çok ısınacaktır. Isınan hava yükseleceği için, çatı eğimli yapıлып, hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde 15 m/sn hızda hava akışı-rüzgâr oluşacaktır. Baca girişine yerleştirilecek yatay rüzgâr türbini bu rüzgârı elektriğe çevirecektir (Şekil 19). Bir tesisin gücü 30-100 MW arasında olabilir. Deneysel bir kaç sistem dışında uygulaması yoktur.



Şekil 19. Güneş bacası (Anonim, 2011d).

2.3.1.5. Su Arıtma Sistemleri

Bu sistemler esas olarak sıg bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine eğimli şeffaf-cam yüzeyler kapatılır. Havuzda buharlaşan su bu kapaklar üzerinde yoğunlaşarak toplanır. Bu tür sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı bazı yerleşim yerlerinde yıllardır kullanılmaktadır. Su arıtma havuzları üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmaları ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına ve verimin artırılmasına yöneliktir.



Şekil 20. Su arıtma sistemi örneği (Anonim, 2011d).

2.3.1.6. Güneş Mimarisi

Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi

toplanır, depolanır ve dağıtılır. Ayrıca güneş kolektörleri, güneş pilleri vb. aktif elemanlardan da yararlanılabilir (Şekil 21).



Şekil 21. Güneş mimarisi örnekleri (Anonim, 2011d).

2.3.1.7. Ürün Kurutma, Pişirme ve Sera Uygulamaları

Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tür sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif bileşenler de içerebilir. Bu sistemler dünyada kırsal yörelerde sınırlı bir biçimde kullanılmaktadırlar.



Şekil 22. Güneş enerjisinden faydalanma sera örneği (Anonim, 2011d).



Şekil 23. Güneş ocağı (Anonim, 2011d)

2.3.2. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri (CSP) ve Elektrik üretimi

Güneş enerjisi sistemleri arasında ısı yöntemiyle elektrik üretmek ancak yoğunlaştırıcı sistemler ile mümkündür. Yoğunlaştırıcı ısı sistemler doğrusal veya noktasal olabilirken, bazen buhar türbinleri (Rankine çevrimi) için su/kızgın buhar, bazen de Stirling veya Brayton çevrimleri için gaz ısıtarak çalışmaktadır. Güneşten alınan ısı güç üretme birimine bazen kızgın yağ veya tuz aracılığı ile bazen de doğrudan buhar ile geçmektedir.

Yoğunlaştırıcı (veya yoğunlaştırıcı) güneş enerjisi teknolojileri (CSP: concentrated solar power), doğrusal yoğunlaştırıcılar ve noktasal yoğunlaştırıcılar olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrusal yoğunlaştırıcıları, parabolik oluk kolektörler; noktasal yoğunlaştırıcıları ise, çanak kolektörler ve merkezi alıcı sistemler (heliostatlar) oluşturmaktadır. Türkiye gibi ılıman iklimli ülkelerin ortalama sıcaklıkları göz önüne alındığında elektrik üretiminde fotovoltaik (PV) sistemlere kıyasla CSP sistemleri genel olarak daha ekonomik ve verimli çıkmaktadır. CSP sistemlerinde imalat ve kurulum teknolojileri PV'lere kıyasla daha büyük oranda konvansiyonel yöntemler içerdiği için Türkiye gibi ileri malzeme ve yüzey teknolojilerinin gelişmemiş bulunduğu ülkelerde yerli imkânlarla geliştirilip kullanılabilir.

İlk geliştirildiği yıllardan beri diğer güneş enerjisi teknolojileri gibi CSP sistemlerinin temel iki sorunu, kurulum maliyetinin yüksekliği ile işletme performansının yere, zamana, mevsimlere ve hava durumuna aşırı bağımlı olmasıdır. Bileşen, sistem, kurulum ve altyapı maliyetleri üretimin artması ile zaman içinde düşmeye başlamıştır. Diğer yandan başta ABD ve İspanya olmak üzere dünyanın değişik yerlerinde kurulup senelerdir işletilen CSP sistemleri üzerinde kazanılan tecrübe

ile bakım ve işletme maliyetlerinde anlamlı düşüş elde edilmiştir. Anadolu'nun bulutlu gün sayısı sınırlı güney illerinde bile yaz-kış arasında ışıma süresi yaklaşık 8 ile 16 saat arasında değişmektedir. Bu durumda enerji depolama teknolojileri henüz emekleme safhasında bulunduğu için, CSP'ler tek başına tüm elektrik ihtiyacını karşılayamamakta, diğer sistemlerle birlikte (örneğin doğal gaz veya diğer alternatif enerji kaynakları ile hibrit yapıda) veya dönüşümlü çalışmak durumunda kalmaktadırlar (Aydar ve ark., 2010).

Yoğunlaştırılmış güneş kolektörleri ile 200°C - 1500°C arasında yüksek sıcaklıklar elde edilebildiği için termodinamik güç çevrimleri kullanılarak elektrik üretmek mümkün olmaktadır. Günümüzde çalışmakta olan bütün nükleer ve termik santraller aynı elektrik üretim prensibine dayandığı için CSP sistemlerinden elde edilen ısının elektriğe dönüştürülmesi için gereken deneyim mevcuttur. CSP sistemlerinin ısı güç çevrimlerini kullanarak elektrik üretmesinin diğer bir faydası ise, aynı düzeneğin güneş ışımalarının uzun süre yetersiz düzeyde gerçekleşmesi durumunda doğal gaz ya da katı yakıt gibi fosil enerji kaynaklarını destek olarak kullanabilmesidir. Ayrıca CSP'lerde, PV sistemlerinden farklı olarak güneş enerjisinin ısı formunda depolanabileceği düzenekler mevcuttur. CSP sistemler aynı zamanda "Güneş Isıl Güç Santralleri" olarak ta bilinmektedir. Elektrik üretimi açısından yoğunlaştırılmalı sistemler için Şekil 24'deki gibi bir sınıflandırma uygun olacaktır;



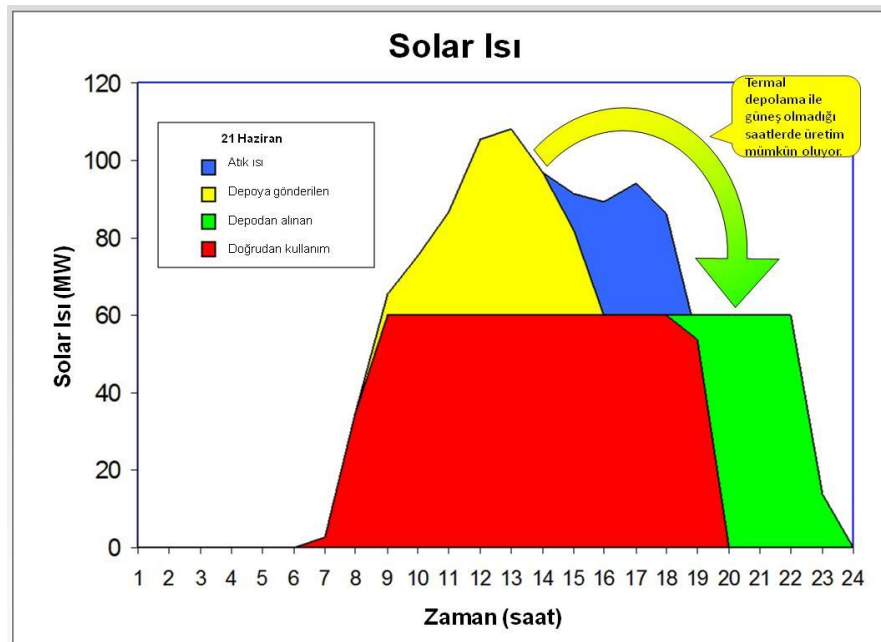
Şekil 24. Elektrik üretimi açısından yoğunlaştırılmalı sistemlerin sınıflandırılması

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojisi ile fotovoltaik sistemlerde olduğu gibi küçük hacimde elektrik üretimi mümkündür, ancak bu durum ekonomik olarak

avantajlı olmamaktadır. Avrupa'da ekonomik büyüklük 50 MW olarak belirlenmiştir. Bu teknolojinin fotovoltaik sistemlere kıyasla çok önemli iki avantajı vardır. Bunlar;

- ✓ Yakıtlı sistemlerle birlikte kullanım
- ✓ Isı depolama imkânıdır.

Yakıtlı sistemlerle birlikte kullanıldığında, santralden elektrik üretimini 24 saat mertebesine çıkararak sürekliliği sağlamaktadır. Isı depolamalı sistemler ise ergimiş tuz depolarında gündüz saklanan ısıyı besleyerek güneşli saatlerin bitiminden sonra 5-7 saat daha elektrik üretilebilmekte (CSP santraline göre bu süre 15 saate kadar uzayabilmektedir) ve böylelikle akşam saatlerinin yükselen tüketimine de cevap verebilmektedir. Şekil 25'de ısı depoya sahip bir CSP için ilk çalışmaya başlaması durumunda 24 saat süre zarfındaki güneş enerjisi kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 25. Isıl depoya sahip bir CSP'nin 24 saat süre zarfındaki güneş enerjisi kullanımı (Anonim, 2011h)

Dünyada 2008 yılı itibariyle parabolik aynalı güneş santralleri olarak toplam 400 MW bulunmaktadır. Buna ek 350 MW santral inşa edilmekte iken, 7.000 MW planlama aşamasındadır. Ortalama yatırım maliyeti 4-9 \$/W arasında değişmektedir. Kurulu güneş enerjisi sistemlerinin detaylı karşılaştırılması Çizelge 5'te, geliştirme aşamasında olan projeler ise Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Güneş enerjisi sistemlerinin karşılaştırılması

Teknoloji Türü	Sistem Verimi (%)		Maks. Çıkış Sıcaklığı (oC)	İlk Yatırım Maliyeti (\$)	Enerji maliyeti	
	Elektirik	Isı			Elektrik (\$/kWh)	Isı (\$/kWh)
Düzlemsel Kolektör	-	50-70	80	250-1000	-	0.0013-0.004
Parabolik Oluk	14	46	380	2800 kWe	0.15	0.0053
Parabolik Çanak	24	79	700	5000 kWe	0.28	-
Merkezi Alıcı	15	46	600-700	3000 kWe	0.16	0.004
Tek Kristal Silisyum	12	-	-	6000 kWe	0.29	-
Çok Kristal Silisyum	10	-	-	6000 kWe	0.29	-
Tek İnce Film	4	-	-	5000 kWe	0.25	-
Çoklu İnce Film	7	-	-	5000 kWe	0.24	-

ABD'de California Mojave çölündeki SEGS demo tesisi 20 yıldır çalışmaktadır. ABD'nin parabolik oluk kolektörlerle kurmuş olduğu en büyük santral olan SEGS, dünyanın en büyük güneş enerjisi santrali olup; dokuz üniteden oluşmaktadır. Toplam kurulu gücü 354 MW' tır ve 936,384 adet ayna ile 6.5 km²'lik bir alana sahiptir. Bu santrale ait değerler, Çizelge 7'de verilmiştir. Bir diğer parabolik oluk projesi Nevada Solar One, 260 milyon USD bütçe ile yapılmış olup; nominal kapasitesi 64 MW, maksimum kapasitesi ise 75 MW'tır. Santralde 760 olukta 219.000 ayna, 18.000 alıcı tüp olup akışkan sıcaklığı 391 °C dir (Gonzales and Liberali, 2007). California'da bir sonraki parabolik oluk CSP projesi 106.8 MW kapasitede planlanmış ve 2011'de devreye alınması planlanmaktaydı. ABD Enerji Bakanlığı tarafından deneysel amaçlı olarak 1981'de kurulan ilk güneş kulesi (heliostat) santrali yine California Mojave çölündeki Solar One tesisidir. 1995'te Solar Two adı verilerek genişletilen tesisin test edilen kapasitesi 10 MW'a ulaşmıştır. 2009 yazında daha gelişmiş ve yüksek kapasiteli bir santral kurmak üzere sökülüştür. Böylece Amerika'nın PV santralleri dâhil 2016'da 28 GW güneşten elektrik kapasitesine ulaşacağı öngörülmektedir.

Seville İspanya'da, Inabesa, Fichner, Ciemat ve DLR'ın ortaklığı ile Mart 2007'de ticarî nitelikte kurulan Planta Solar PS10 güneş kulesi santrali 11 MW kurulu güçte olup; 75,000 m²'lik bir alana sahiptir. Santralin yıllık üretimi 24,3 GWh, termal verim %27, toplam verim ise %17'dir. Santralden elde edilen sıcaklık 250 °C dir. 14,3 milyon Euro maliyetin 5 milyon kadarını AB karşılamıştır (Aydar ve ark., 2010). Aynı yerde Nisan 2009'da 20 MW kapasiteli PS20 kurulurken, genişleme planına göre toplam gücün 2013'e kadar 300 MW'a çıkarılması planlanmaktadır. Bir diğer güneş

kulesi sistemi Andulucia bölgesinde Solar Tres adıyla 15 MW kapasiteyle kurulmuş tuz eriyiği üstünde enerji depolayarak yaz aylarında 24 saat kesintisiz çalışma sağlanmış ve yıllık ortalama %65 çalışabilme süresi elde edilmiştir. 2008 yılında Granada'da kurulan parabolik oluk kolektörlü, Andasol santrali 50 MW kapasiteli olup, yılda 3.589 saatte toplam 179 GWh üretim yapmaktadır.

Çizelge 6. Geliştirilmekte olan güneş enerjisi santralleri

BÖLGE	TOPLAM KAPASİTE (MWe)	GÜNEŞ ENERJİSİ APASİTESİ (MWe)	ÇEVİRİM	FINANSMAN
Parabolik Oluk				
Cezayir	140	35		New Energy Algeria
Kuraymat, Mısır	150	30		NREA / GEF grant, JBIC loan
THESEUS - Girit, Yunanistan	50	50	Buhar Çevrimi	Solar Millennium, Flabeg Solar Int, Fichtner Solar, OADYK
Mathania, Hindistan	140	30		RREC (Rajasthan Renewable Energy Authority) / GEF grant, KfW loan
Yazd / İran	467	17		Mapna / Iranian Ministry of Energy
İsrail	100	100	Buhar Çevrimi	Israeli Ministry of National Infrastructure with Solel
İtalya	40	40	Buhar Çevrimi	ENEA
Baja California Norte, Meksika	291	30		Open
Ain Beni Mathar, Fas	220	30		ONE / GEF grant, African Development Fund
İspanya	12x50	12x50	Buhar Çevrimi	Abengoa, ACS-Cobra, EHN-Solarex, Iberdrola, HC-Genesa, Solar Millennium
Neveda, USA	50	50		SolarGenix
Merkezi Alıcılar				
İspanya	10+ 2x20	10+ 2x20	Buhar Çevrimi	Abengoa (İspanya) grubu
İspanya	15	15	Ergimiş Tuz / buhar	SENER (İspanya)
Çanak				
California, Texas ve Ar.	1.6	1.6	8-çanak, Stirling sistem	Tessera Solar - SES
Eurodish Demonstrasyon	0.1	0.1	6-çanak, Stirling sistem	SBP and Partners

PV santral yatırımlarıyla birleştirildiğinde Avrupa'nın en güneşli ülkesi İspanya'da güneşten elektrik üretme kapasitesi 2009 yılı sonunda 3 GW' a ulaşmıştır. Böylece güneş enerjisinin toplam elektrik üretimindeki payı %12'yi bulmuştur. Bu noktada yukarıda da belirtildiği üzere AB'nin mali desteği önemli yer tutmaktadır. Örneğin Planta Solar PS10 güneş kulesi santrali maliyetinin yaklaşık %35' i AB tarafından karşılanmıştır.

Parabolik çanak sistemlerinin geliştirilmesi için ABD ve AB'de çalışmalar yürütülmüştür. ABD, 1980'li yıllarda başlayan ve 500 Milyon USD' ye yakın Ar-Ge harcaması yapılan projede, her biri 25 kWp üretebilen Stirling motorlu sistemleri 2009 yılında ticarileştirmiştir. İlk alınan siparişlerle California, Texas ve Arizona'daki dört projede 1,630 MWe kurulu güç elde etmek üzere 35,000'den fazla Stirling motorlu çanak kurulacağı ilan edilmiştir. AB fonlarından desteklenen EuroDish projesinde ise çanak başına 10 kWp seviyesine erişilmiş, Alman SBP firması tarafından Avrupa'nın ve dünyanın pek çok yerinde 50 kWp altında çok sayıda demo/test ünitesi kurulduğu halde henüz büyük ticarî güneş tarlası aşamasına gelinmemiştir.

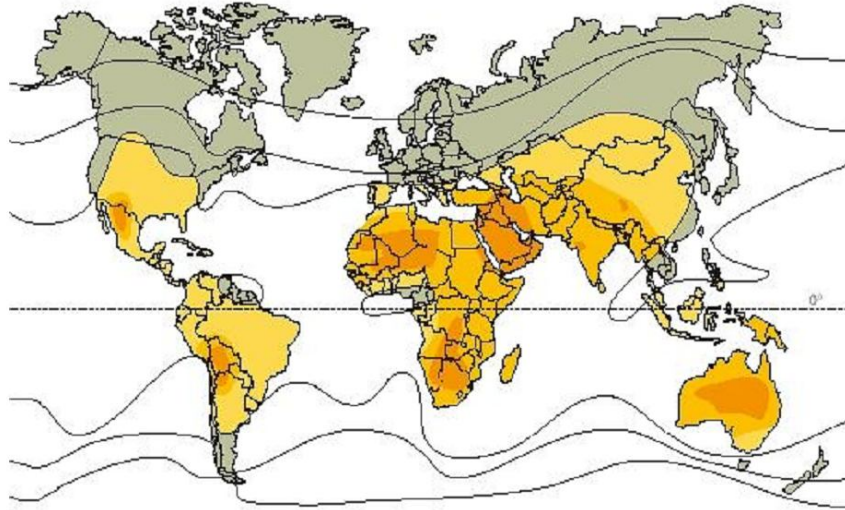
CSP sistemlerinde temel Ar-Ge hedefi elektrik maliyetinin kısa vadede 0,08-0,10 €/kWh, orta vadede 0,04-0,05 €/kWh mertebesine indirilmesidir. Bunun için kurulum maliyetinin 1000€/kWe değerini aşmaması gerekir. Bu bağlamda Ar-Ge öncelikleri için aşağıdakiler önerilmiştir (Poullikkas, 2009);

- Sistem otomasyonu
- Sistem çalışma sıcaklığının ve veriminin yükseltilmesi
- Doğrudan buhar üretim sistemlerinin geliştirilmesi
- Gelişmiş enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi
- İleri modüler sistemler
- İleri güneş-hibrit sistemler (gece saatlerinde çalışan biyogaz veya diğer yakıtlı sistem ile entegre sistemler)
- Elektrik dışı uygulamalar (su pompalama, desalinasyon vb.)
- Güneş enerjili kimyasal sistemler (çinko ekstraksiyonu, hidrojen üretimi, biokütle gazlaştırma vb.)
- İmalat ve kurulum maliyetlerinin düşürülmesi
- Sistem ömür, güvenilirlik, verim ve emniyetinin iyileştirilmesi

Avrupa Komisyonu'nun hazırladığı, güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi için dünya üzerindeki uygun bölgelerin gösterimi Şekil 26'da verilmiştir.

Çizelge 7. SEGS santraline ait değerler

Santral	Kuruluş yılı	Kurulum yeri	Net türbin kapasitesi	Alan	Yağ sıcaklığı	Elektrik üretimi (MWh)	
			(MW)			(m ²)	(°C)
SEGS 1	1984	Daggett	14	82,960	307	19,900	16,500
SEGS 2	1985	Daggett	30	165,376	316	36,000	32,500
SEGS 3	1986	Kramer Jct.	30	230,300	349	64,170	68,555
SEGS 4	1986	Kramer Jct.	30	230,300	349	61,970	68,278
SEGS 5	1987	Kramer Jct.	30	233,120	349	71,439	72,879
SEGS 6	1988	Kramer Jct.	30	188,000	391	71,409	67,758
SEGS 7	1988	Kramer Jct.	30	194,280	391	70,138	65,048
SEGS 8	1989	Harper Lake	80	464,340	391	139,174	137,990
SEGS 9	1990	Harper Lake	80	483,960		141,916	125,036



Şekil 26. Avrupa Komisyonu'nun hazırladığı, güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi için dünya üzerindeki uygun bölgelerin gösterimi (Goswami, 2010)

Goswami (2010), yakın zamanda hazırladığı raporunda Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretimi durumunu şu şekilde özetlemektedir;

“1966-82 yılları arasındaki meteorolojik ölçümlere dayanarak Türkiye yıllık 2640 güneşlenme saatine sahiptir ve yıllık ortalama ışınlama 1311 kWh/m² dir. Fakat son yapılan çalışmalar, bu değerlerin dikkate değer oranda yüksek çıktığını göstermektedir.

Ülkenin iyi orandaki güneş ışınlamından faydalanma şekli, büyük oranda düzlemsel ısı güneş kolektörleri ile gerçekleşmektedir. Pazar 1970'lerde turizmin gelişmesiyle artan sıcak su ihtiyacı ile ortaya çıkmış, 80lerdeki enerji sıkıntısı ve ekonomik durum nedeniyle gelişme imkânı bulmuştur. Çok geniş bir coğrafyada yaygın

olarak kullanıldıkları için net rakam bilinmese de 10 milyon m²'nin üzerinde düzlem güneş kolektörü olduğu düşünülmesine rağmen (bütün dünya genelinde birçok ülkeden fazla) çok az miktarda teknolojik gelişim kaydedilmiştir. Türk kullanıcılar maliyeti düşük ve basit düzenekleri tercih etmektedirler.

Türkiye'de pazarın genellikle daha çok çatı üstü güneş kolektörü ile gelişeceği fakat bunun yanında özellikle kışın tarımsal alanlardaki seralarda kurulabilecek büyük projelerle de destekleneceği düşünülmektedir. Türkiye'de güneş enerjisi ile elektrik üretimi için şuan en yaygın yöntem PV'lerdir.

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi araştırmalarında lider ülkeler arasında Almanya, İspanya, ABD, İtalya, Fransa, İsviçre ve İsrail bulunmaktadır. Bu ülkelerde üniversitelerin ve araştırma enstitülerinin yanı sıra sektörde faaliyet gösteren çok sayıda firmalarda vardır. Dünya genelinde işletmeye alınmış CSP güç santralleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Dünya genelinde işletmeye alınmış CSP güç santralleri listesi (Anonim, 2011 e).

Santral	Bölge	İşletmeye Alınma Yılı	Kurulu Güç (MW)	Çevrim Sıcaklığı (°C)	Güneş Tarlası Alanı (m ²)
Nevada Solar One	Boulder City, NV, ABD	2007	64	390	357200
APS Saguaro	Tucson, AZ, ABD	2006	1	300	10340
SEGS IX	Harper Lake, CA, ABD	1991	80	390	483960
SEGS VIII	Harper Lake, CA, ABD	1990	80	390	464340
SEGS VI	Kramer Junction, CA, ABD	1989	30	390	188000
SEGS VII	Kramer Junction, CA, ABD	1989	30	390	194280
SEGS V	Kramer Junction, CA, ABD	1988	30	349	250500
SEGS III	Kramer Junction, CA, ABD	1987	30	349	230300
SEGS IV	Kramer Junction, CA, ABD	1987	30	349	230300
SEGS II	Daggett, CA, ABD	1986	30	316	190338
SEGS I	Daggett, CA, ABD	1985	13,8	307	82960
Andasol-1	Aldiere, Granada, İspanya	2008	49,9	393	510120
Andasol-2	Aldiere, Granada, İspanya	2008	49,9	393	510120
Alvarado I	Alvarado, Badajoz, İspanya	2010	50	393	510120
Ibersol Ciudad Real	Puertollano, Castilla-La Mancha, İspanya	2010	50	391	287760
Archimede	Priolo Gargallo, Sicilya, İtalya	2010	4,72	550	31860

Türkiye'nin Güneş potansiyeli Enerji Bakanlığına bağlı Elektrik İşleri Etüt İdaresinin 2007 yılında yaptırdığı GEPA başlıklı haritalarda ortaya konulmuştur. Yüksek güneş potansiyeline rağmen, Türkiye, bu alanda yolun başında sayılabilir. Türkiye'de iki önemli proje dikkati çekmektedir.

2010 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi araştırmacıları, Türk-Alman ortaklığı olan Solitem Firması ile ortaklaşa ODTÜ Kıbrıs Yerleşkesi'nde 120 kW (ısı) gücünde bir pilot elektrik, ısıtma ve soğutma tesisi kurmuştur. Parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı bu sistem 216 m² gibi, görece küçük bir alanda güneş ışınımını toplayıp 12 kW elektrik üretecek biçimde tasarlandı. Bu sistem küçük olduğundan ısıtma, soğutma ve elektrik ihtiyaçlarının bir arada bulunduğu bina çatılarında kuruluma elverişlidir.

Hitit Solar Firması doğrudan buhar üretimi esaslı parabolik oluk bir sistem geliştirmiş ve Zorlu Enerji Firması için 500 kW gücünde buhar üreten bir pilot tesisi 2009'da Denizli Kızıldere'de kurmuştur. Sabit alıcı içinde doğrudan buhar üretimi yapılan bu sistemin yoğunlaştırıcı aynalardan, vakum tüplü alıcılara kadar tamamı, özgün tasarım unsurları taşımaktadır. 6'şar metre açıklıklı 48'er metrelik seri bağlı dört kolektörden oluşan pilot tesis istendiğinde jeotermal tesis ile kombine edilecek biçimde tasarlanmıştır.

Mevcut yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşmasında en büyük engel sistem maliyetinin yüksek oluşudur. Diğer bir problem ise, çalışma sıvısı olarak en çok tercih edilen sentetik ısıl yağların, 390°C üstündeki sıcaklıkta süratle bozdukları için kullanılamamasıdır.

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin kalbi durumundaki ısı motoru ise çalışma sıcaklığı yükseldikçe daha verimli olmaktadır. Gerek sistemi basitleştirmek ve ucuzlatmak, gerekse çalışma sıcaklığını yükselterek verimi artırmak için önerilen çözümlerden biri alıcı borular içinde doğrudan buhar üretimidir. Bu durumda çalışma sıvısı ile su arasında ısı geçişini sağlayan bir kazana gerek kalmamaktadır. Sentetik yağların çalışma sıcaklığı 350°C, çalışma basıncı 30 bar iken, doğrudan buhar üretimi ile 550°C ve 110 bar değerlerine çıkılabilmektedir.

2010 sonu itibariyle yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santral kurulum maliyeti 2,50-4,00 €/W iken, sistemin yakıtı olan güneş ise bedavadır. Kömürlü santrallere ve nükleer santrallere kıyasla çok düşük işletme gideri ile çalışan santrallerin elektrik üretim maliyeti ise 0,15-0,23 €/kWh aralığındadır. Bu şartlarda yoğunlaştırılmış güneş

enerjisi elektriği diğer kaynaklara göre daha pahalıdır. Sürmekte olan araştırmalar sonucunda 2015-2020 döneminde birim maliyetlerin mevcut düzeyin yarısına inebileceği düşünülmektedir. Böylece yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri hem dünyada hem de özellikle yurdumuzun güneşli günleri bol olan Güney bölgelerinde çok cazip bir seçenek olacaktır.

Ülkemizde de konuyla ilgili çeşitli devlet kurumu ve özel kuruluşların çalışmaları bulunmaktadır. Çalışmalar incelendiğinde genel olarak güneş enerjisinden elektrik üretiminde bugüne kadar yoğunlukla PV teknolojilerine odaklanıldığı, bununla birlikte 2023 e kadar kurulacak tesislerin içerisinde CSP sistemlerinin de yer alacağı anlaşılmaktadır.

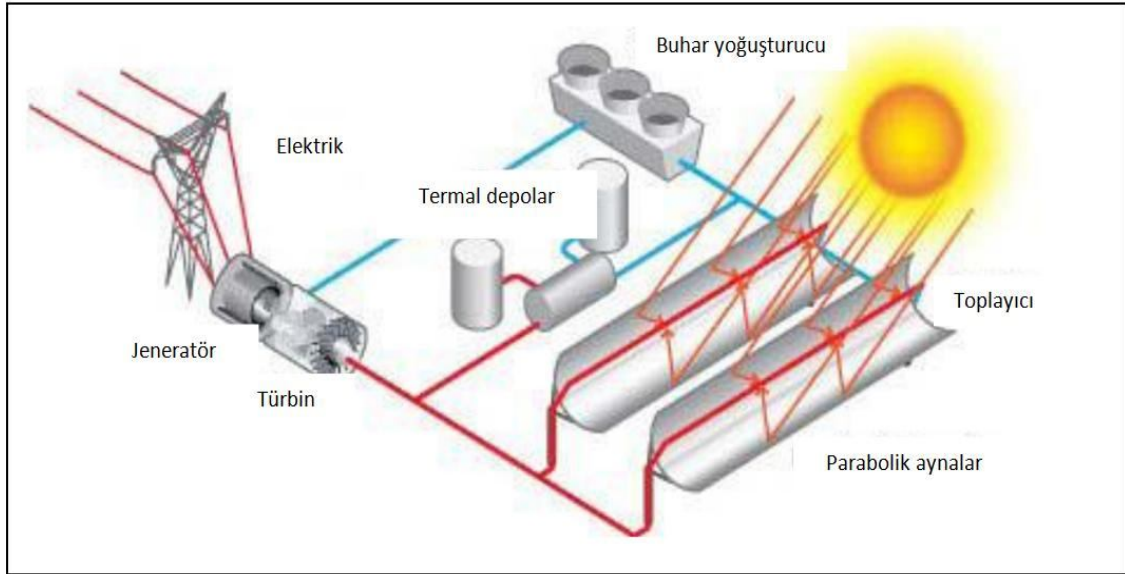
2.3.2.1. Doğrusal Yoğunlaştırıcılar: Parabolik Oluk Kolektörler

Parabolik oluk yoğunlaştırıcı sistemler en yaygın kullanılan ve teknik olarak yeterliliği kanıtlanmış sistemlerdir. Bir parabolik oluk kolektör, ışın demetlerini odak eksenine üstünde konumlandırılmış alıcı borusu üzerinde yoğunlaştıran, doğrusal parabolik bir aynadan oluşur. Parabolik oluk kolektörler, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizilerden oluşur. Oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini parabolün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya yansıtır. Alıcı parabolik aynanın orta kısmının biraz üstüne yerleştirilmiş, içinde çalışma sıvısı bulunan bir borudur. Cam tüp, yüzeyi yaklaşık %97'lik bir soğurma özelliğine 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 anti-reflektif (yansıtmayan) bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır. Genellikle kuzey-güney ekseninde yerleştirilmiş ayna gündüz saatlerinde Güneş'i doğudan batıya doğru (tek eksen) izleyerek ışınımı alıcı üstünde, eksen boyunca odaklar ve boru içinden akmakta olan çalışma sıvısını (sentetik yağ veya ergimiş tuz) 150-350°C sıcaklığa ısıtır; ısınmış çalışma sıvısı güç üretimindeki ısı kaynağı durumuna gelir. Bir sonraki aşamada çalışma sıvısı üzerindeki ısı, elektrik üretimi için düşünülen termodinamik çevrim akışkanına aktarılır ve elde edilen buhar, türbini döndürür. Parabolik oluk kolektörler,

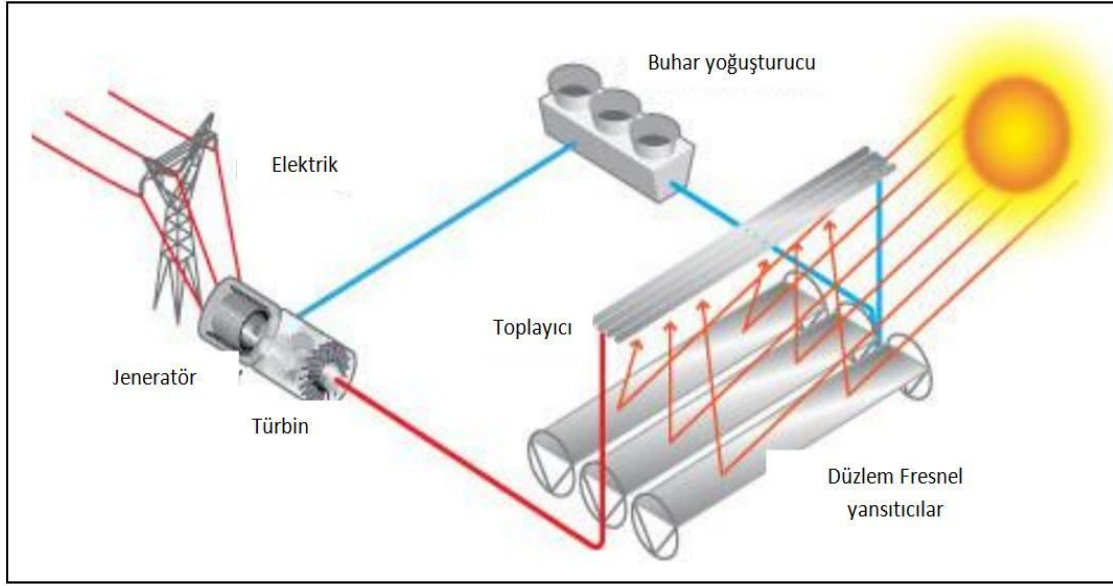
güneş tarlası üzerinde paralel ve seri bağlı sıralar halinde yerleştirilir ve böylece geniş bir alan üzerine düşen güneş enerjisi güç merkezinde toplanarak elektriğe dönüştürülür. Kaliforniya'daki SEGS ve Nevada'daki Nevada Solar One santralleri, İspanya'daki çok sayıda santral bu teknoloji ile kurulmuştur.

Buhar üretim sistemi; ön ısıtma, buhar üretimi ve kızgın buhar bölümlerinden oluşur. Bu bölümlerden geçirilerek 400°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. Işınımın en yüksek olduğu şartlarda büyüklük olarak 25-200 MW elektrik üretebilen bu sistemler genel olarak kWh başına en düşük maliyetli alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Doğrusal yoğunlaştırılmalı sistemler için parabolik yoğunlaştırıcı sistemin şematik gösterimi Şekil 27'de, fresnel yansıtıcılı sistemin şematik gösterimi ise Şekil 28'tedir.



Şekil 27. Parabolik aynaların yer aldığı, buharlı güç çevrimi kullanılan bir CSP sisteminin şematik gösterimi (Anonim, 2011)



Şekil 28. Düz Fresnel yansıtıcıların yer aldığı, buharlı güç çevrimi kullanılan bir CSP sisteminin şematik gösterimi (Anonim, 2011)

Parabolik oluk aynalı sistemlerdeki temel Ar-Ge hedefi çalışma sıcaklığının ve böylece sistem çalışma veriminin yükseltilmesidir. Güneş takip sistemlerinin parabolik oluk kolektörlere uygulanması yanında, ayna, anti-reflektif film kaplı cam tüp ve soğurucu (absorbant) kaplamalı metal tüp performansının iyileştirilmesi de gerekmektedir. Yurdumuzda Hitit Solar-Zorlu Enerji Firması Denizli ve Manisa'da birkaç pilot tesis kurmuş ve geliştirmektedir. Ayrıca birkaç KOBİ ölçekli sanayi kuruluşunda yürütülen Ar-Ge çalışmaları mevcuttur. Kısa vadede şebekeye vermek üzere elektrik üretimi mümkün görünmese de, sera ısıtma ve meyve-sebze kurutma vb. yerel ihtiyaçların karşılanması amacıyla yaygınlaşarak kullanılabilceği görünmektedir. Hassas ve kırılğan nitelikteki cam-metal tüp grubu halen ithal edilmekte olup, bu teknolojinin gelişmesi ve yaygınlaşması için ekonomik ölçekte yerli üretimin teşvik edilmesi gerekmektedir.

Fresnel aynalı yoğunlaştırıcılar doğrusal güneş ışınımı yoğunlaştıran sistemlerdir. İmal edilme süreçlerinde fresnel lenslere benzer şekilde bir düzlem üzerinde farklı yatay açılara sahip yansıtıcı çıkıntılara sahip yekpare parçalardır. Genellikle polikarbon gibi nispeten üretim maliyetinin düşük, üretiminin kolay olduğu malzemelerden yapılmaktadırlar. Parabolik oluklu yansıtıcı yüzeylerde olduğu gibi güneşi tek ekseninde takip ederler. Yan yana, çok sayıda dar ve düz aynanın doğrudan ışınımı ayrı bantlar halinde, orta üst kısımdaki alıcı boru üstünde doğrudan odaklaması ile çalışır.

2.3.2.2. Noktasal Yoğunlaştırıcılar

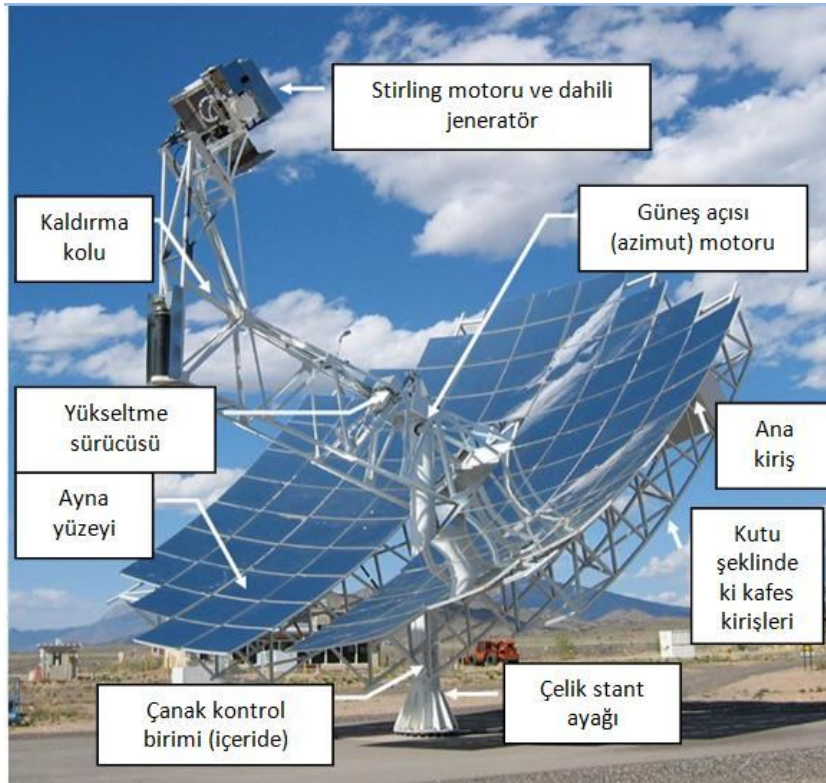
Çanak kolektörler

Çanak motor sistemleri; kolektör, toplayıcı ve bir motordan oluşan başlı başına bir ünedir. Güneş enerjisi, çanak biçimli bir yüzey tarafından bir alıcı yüzey üzerine nokta şeklinde yoğunlaştırılır. Alıcı yüzeyde toplanan ışınımın ya doğrudan ısı enerjisi olarak kullanılmasını sağlar ya da bir Stirling motoru içerisindeki çalışma akışkanına aktarır. Motor ısıyı mekanik güce çevirir. Hidrojen veya helyum gibi özgül ağırlığı, (ataleti) düşük bir gazın tercih edildiği bu sistemlerde soğukken sıkıştırılmış gaz, güneş enerjisi tarafından ısıtılır ve bir türbin veya silindir piston sisteminde genişirken iş üretir. Bu mekanik güç bir jeneratör yardımıyla elektriksel güce dönüştürülür. Çanak-motor sistemleri güneşi iki ekseninde izlerler. İdeal yoğunlaştırıcı şekli paraboliktir. Üç ya da tek bir yansıtıcı yüzeye veya birçok yansıtıcıdan oluşan bir yüzeye sahiptir. Alıcı yüzey ve motor tipi için başta Stirling motoru veya Brayton alıcısı olmak üzere birkaç seçenek vardır (Müler-Steinhagen ve Trieb, 2004). Bu sistemlerde elektrik üretimi için kullanılan motorlar doğrudan çanak üzerindedir. Bu nedenle, toplayıcı yüzeyler ile güç ünitesinin aynı birimde yer alması bakımından fotovoltaik sistemler gibi her birimden elektrik elde edilir. Stirling motorlarının yer aldığı çanak toplayıcılı sistemlere örnek bir görsel olarak Şekil 29 verilmiştir.



Şekil 29. Çanak kolektör tarlası ve stirling motorları (Anonim, 2011j)

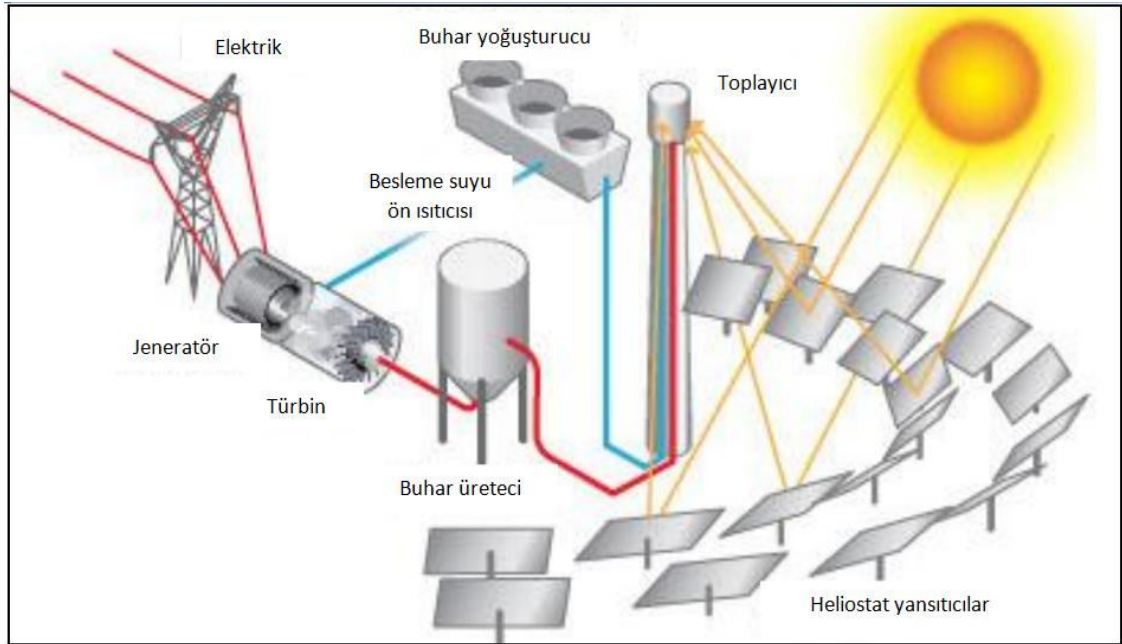
Noktasal yoğunlaştırmalı çanak kolektör sistemlerde su çevrimi kullanılmadığı için su kaynakların bulunmadığı kurak çöl ortamlarına çok uygundur. Modüler yapıda olduğu için ister tek, isterse çok sayıda çanak bir arada kullanılabilir. Ancak, güvenilir ve ekonomik bir Stirling motoru yapmak zordur. Stirling motorlarının sağlıklı işlemesi için Hidrojen veya Helyum gibi hafif ve ince bir gaz ortamın sızdırmazlığı sağlanmak durumundadır. Ayrıca, bu sistemlerde enerji depolamak da mümkün değildir. Bu nedenle, çanak/Stirling sistemlerinin hibrit yapıda başka bir enerji kaynağı ile birlikte tasarlanması önerilmektedir. Doğal gazlı, biyogazlı veya biokütleden elde edilen sentez gazlı prototipler Avrupa ve Amerika'da geliştirme ve test aşamasındadır. Bu sistemler 2009 yılı itibariyle hala yatırım maliyeti en yüksek alternatif olarak görülmektedir. Yurdumuzda bu sistemleri geliştirmek üzere on sene kadar önce Kombassan Firması tarafından bir Ar-Ge projesi başlatılmış ve Amerikan Cummins Firmasından geliştirilmekte olan bir Stirling sistemi devralınmıştır. Alanya'da bir güneş takip sistemi üzerine prototip bir çanak kurulmuş, sistem sürekli ve verimli çalışır hale getirilemeden Firmanın yaşadığı ekonomik problemler sebebiyle durdurulmuştur. Örnek bir çanak kolektör ve stirling motoru standı Şekil 30'da görülmektedir.



Şekil 30. Çanak toplayıcı ve stirling motoru (Anonim, 2011j)

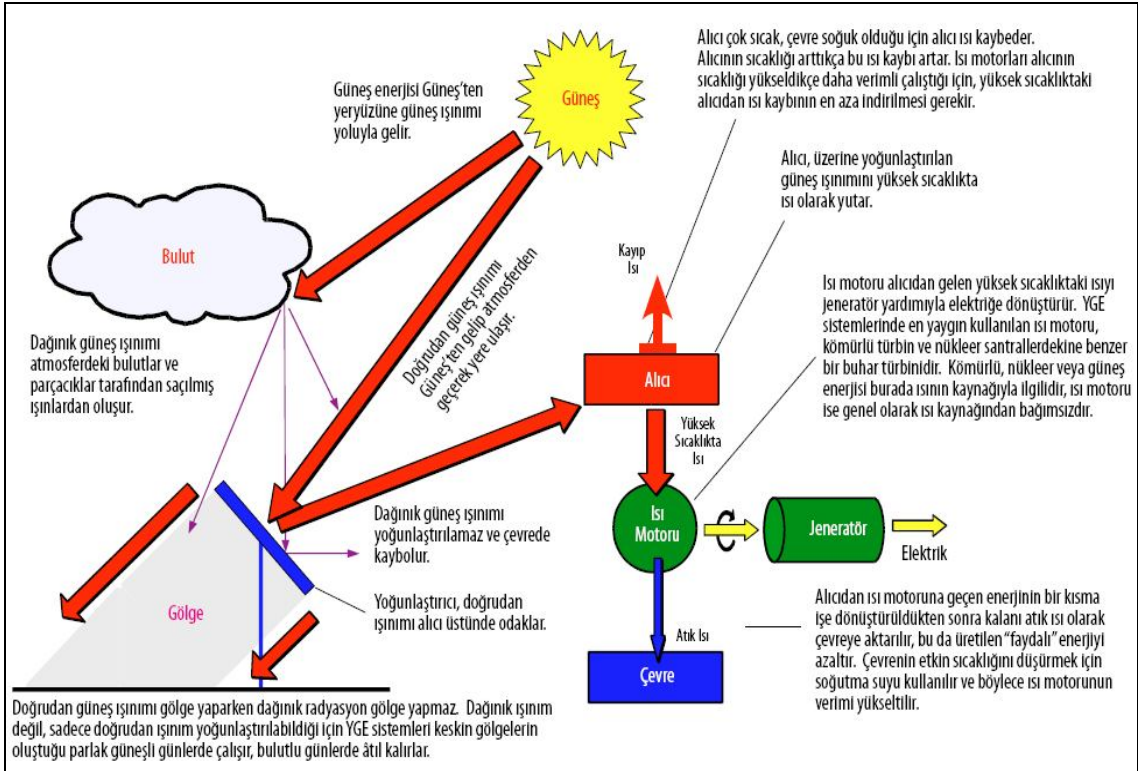
Merkezi Alıcılar

Güneşten gelen direkt ışınlar, geniş bir alana yayılmış ve iki eksenli güneş takip sistemleri ile donatılmış yüzlerce ayna (heliostatlar) yardımıyla kule üzerindeki toplayıcı üzerine yoğunlaştırılır. Toplayıcı içerisinden dolaştırılan tuz eriyiğin, bu yoğunlaşan ışınım yardımıyla sıcaklığı artırılır. Tuz eriyik ısıyı verimli bir şekilde tutar. Tuz eriyik 277°C sıcaklıkta soğuk depolama tankından kule üzerindeki bir toplayıcı içerisine pompalanır. Burada 777 °C'ye kadar ısınarak bir sıcak tanka gönderilerek depolanır. Güce ihtiyaç duyulduğunda sıcak tuzlu eriyik bir buhar kazanına pompalanarak yüksek sıcaklıkta kızgın buhar üretilmesinde kullanılır. Güneş kulesi sistemlerinde yoğunlaştırma oranı 300 ile 1500 arasında değişirken, sıcaklık 550'den 1500 °C' a kadar çıkabilir. Maksimum güç 10 MW ve üzeridir. Alternatifler arasında en verimli, ancak büyük yatırım gerektiren heliostat sistemlerdeki çalışma sıcaklığı diğerlerine göre çok yüksek bulunduğu için güvenilirlik ve emniyet en önemli faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 31'de kule tipi toplayıcı ve heliostatların yer aldığı bir CSP'nin şematik gösterimi bulunmaktadır.

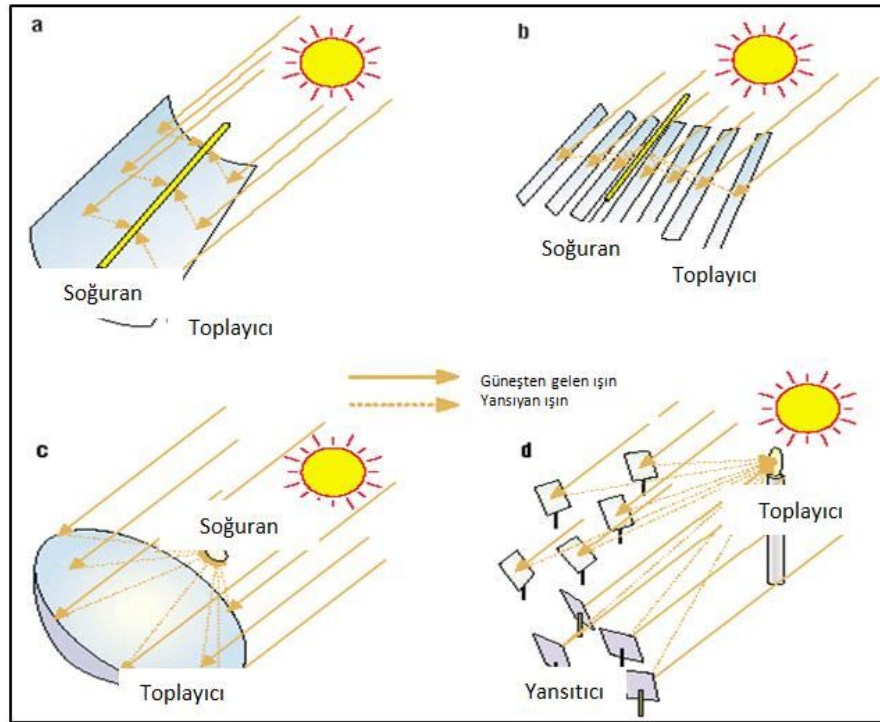


Şekil 31. Kule tipi merkezi odaklamalı bir CSP sisteminin şematik gösterimi (Anonim, 2011)

Her bir bileşenin tasarımı modelden modele çok değişse de temel amaç ve işlev değişmemektedir. Şekil 32'de yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemlerinin çalışma mantığı görülmektedir. Toplayıcılarına göre bu sistemler Şekil 33'deki gibi gruplandırılabilir.



Şekil 32. Yoğunlaştırıcı sistemlerin çalışma şeması (Livatyalı, 2011)



Şekil 33. Toplayıcılarına göre CSP sistemler (Anonim, 2011)

Fotovoltaik sistemler ve daha sonrasında güneş enerjisi ile elektrik üretimi için tasarlanan sitemlere yönelik sistem parçaları, üretilebilirlikleri v.b. konulardan önce

sistemleri görsel olarak örneklendirilmesi ve sistem boyutlarının anlaşılması için aşağıdaki şekiller verilmiştir;



Şekil 34. CSP'lerde kullanılan parabolik yansıtıcı ve toplayıcı (Anonim, 2011k)



Şekil 35. ABD Nevada Solar One CSP santrali (Anonim, 2011k)



Şekil 36. Dünyadan yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemi uygulamaları (Livatyalı, 2011).



Şekil 37. CSP santrali ısı depolarının ve soğutma kulelerinin görünümü (Anonim, 2011k)



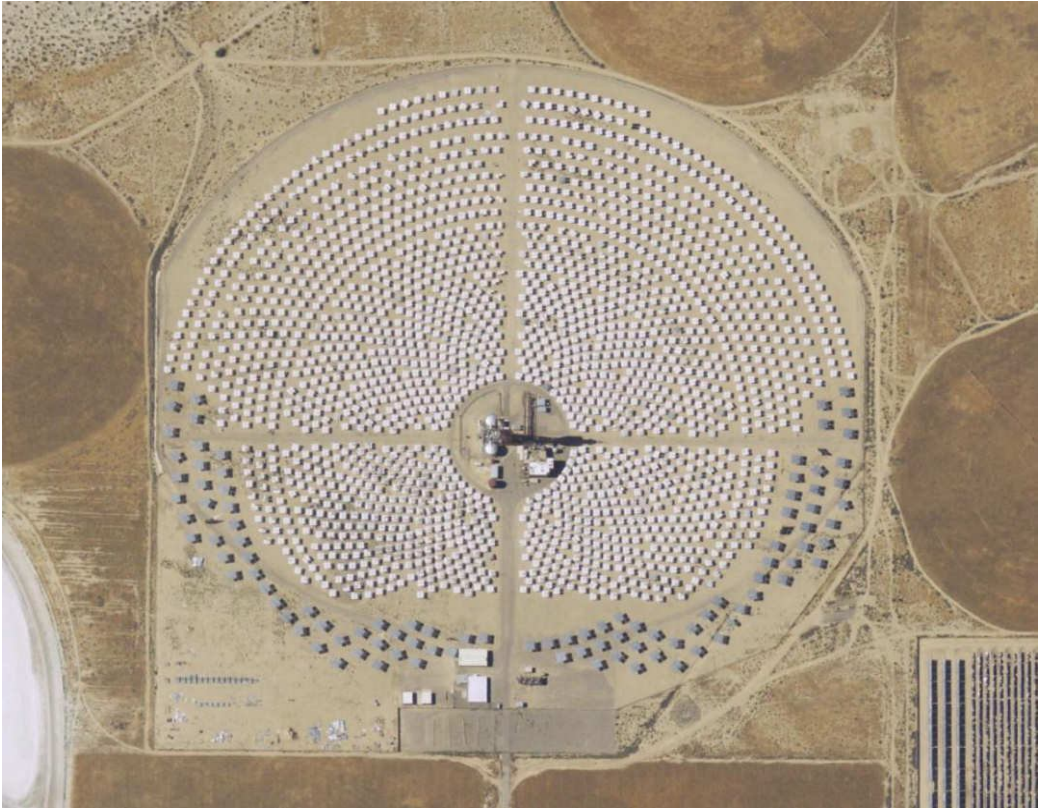
Şekil 38. Kramer Junction'da parabolik oluk toplayıcıların temizlenmesi (Anonim, 2011k)



Şekil 39. Kule tipi CSP santrali (Anonim, 2011k)



Şekil 40. Kule tipi CSP santrali ve heliostatlar (Anonim, 2011k)



Şekil 41. Kule tipi CSP santrali ve heliostatların uydu görüntüsü (Anonim, 2011k)



Şekil 42. Çanak tipte CSP yansıtıcıları ve stirling motorları (Anonim, 2011k)



Şekil 43. Tipik bir çanak toplayıcı ve stirling motoru (Anonim, 2011k)



Şekil 44. Fresnel toplayıcılar ve odaklarında yer alan soğurucu (Anonim, 2011k)



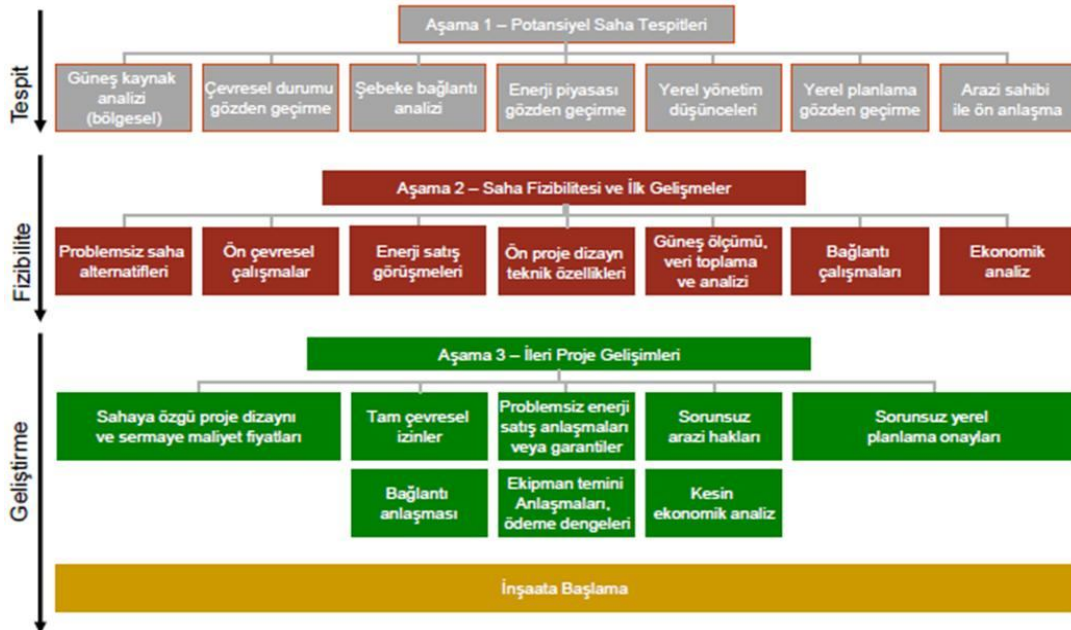
Şekil 45. Fresnel toplayıcılar ve odaklarında yer alan soğurucu (Anonim, 2011k)

2.3.2.3. CSP sistem parçaları

Bu bölümde CSP sistemlerinde kullanılan tipik parçalar ve bu parçalar hakkında bilgilere yer verilmektedir. CSP sistemlerinin büyüklüğüne, kurulduğu bölgeye, mali imkânlar, teknoloji seviyesine ve diğer bazı parametrelere bağlı olarak belirli bir sistem parçasında farklı sistemler için çeşitli değişiklikler bulunabilmektedir. Bütün bu değişikliklerin tek bir çalışma altında toplanmasının maliyet ve zaman açısından çok güç olduğu düşünülerek sistem parçalarının temel özelliklerine değinilmiştir.

CSP sistem parçaları tanıtılırken öncelikle toplayıcı yüzeyler ve metal taşıyıcılarından bahsedilecek, daha sonra ışınımı soğuran parçalar ve ısı taşınım akışkanı ile akış tertibatı incelenecek, ardından ısı depolama ve ısı değiştirme birimleri hakkında bilgi verilecek ve son olarak elektrik üretim sistemi ve destek altyapısı tanıtılacaktır. CSP sistemleri için “concentrated solar” anahtar kelimeleri ile dünya çapında 30,000’e yakın patent ve 100,000’den fazla doküman çıkmaktadır. İlk patent başvurularının yoğun olarak yapılmaya başlandığı 1950’lerden bu yana her sistem bileşeni için çok sayıda başvuru yapılmıştır. Bu nedenle çalışmanın devamında sistem parçalarıyla ilgili örnek bazı patentler verilecektir. Bir sistem bileşeninin tasarımı için kesin sonuç daha özel bir aralıkta gerçekleştirilecek aramalarla elde edilebilir.

Bir CSP santrali kurulumu için araştırma başlangıcından inşaat başlangıcına kadar geçen süre Şekil 46’da gösterilmiştir.



Şekil 46. Bir CSP santrali kurulumu için araştırma başlangıcından inşaat başlangıcına kadar geçen süre

Parabolik Toplayıcılar

Yansıtıcı yüzey özellikleri:

Boyutlar: Maksimum 1700 mm (uzunluk) x 1900 mm (en)

Kalınlık: 3.2 ile 6 mm arasında

Cam paneli: Fiberglas (Fiber kısmı demir)

Tamamen temperlenmiştir

Lazer ile ölçülen yoğunlaştırma oranı: >%99

Yansıtma oranı: >%92

Mekanik mukavemeti: 69-90 MPa ---- Ömrü: 15 ile 20 yıl arası

Test standartları:

DIN EN ISO 6270-2 CH 2005: 480 saat (Neme direnç)

DIN EN ISO 9227 NSS 2006: 480 saat (Tuz spreyine direnç)

DIN EN ISO 9227 CASS 2006: 120 saat (CASS testi)

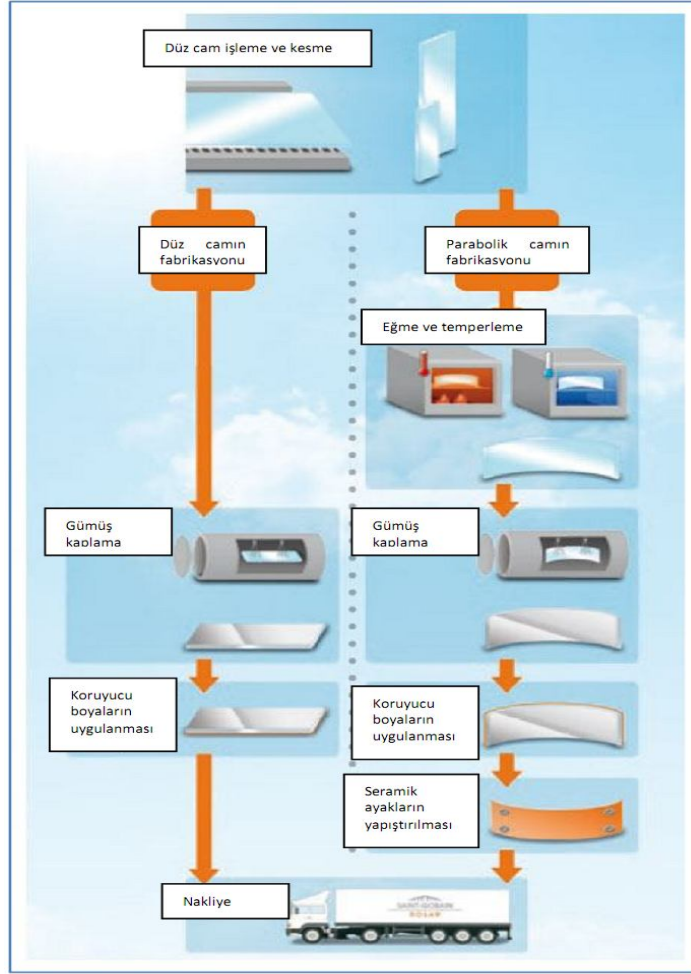
10 döngü boyunca; – 4 saat 90 °C sıcaklıkta, 4 saat -40 °C sıcaklıkta, 16 saat DIN EN ISO 6270-2 CH 2005

UVA 340: 39W/m² (UV direnci)



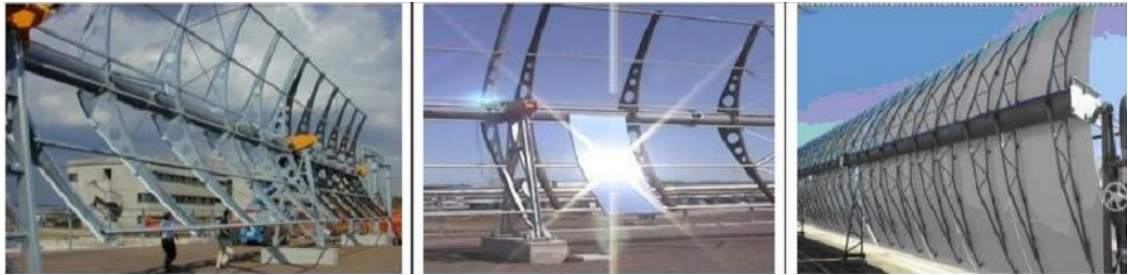
Şekil 47. Parabolik yansıtıcı yüzey görselleri

Parabolik toplayıcılarda kullanılan camın işlenme adımları Şekil 48'deki gibidir. Bu şekilde temperlemesi yapılarak şekillendirilen ve yansıtıcı katmanları yüzeye işlenen toplayıcılar kullanılarak istenen ebatlarda yoğunlaştırıcılar inşa edilebilmektedir.



Şekil 48. Parabolik ve düz yansıtıcı düzlemlerin işlenme süreçleri

Güneş ışınlarını toplayan yüzeyleri taşıyan çelik yapılar, yansıtıcı yüzeylerin boyutlarına göre yerel sanayi imkânları kullanılarak farklı tasarımlarla üretilebilir. Dikkat edilmesi gereken husus, aynaların tutturulacakları noktaların, ayna odaklarını toplayıcı borulardan saptırmayacak şekilde hassas hesaplanması gerektiğidir. Parabolik aynaları taşıyan tipik bir çelik konstrüksiyon Şekil 49'da görülmektedir.



Şekil 49. Parabolik yansıtıcıların monte edildikleri tipik çelik çerçeveler

Vakumlu Soğurucu Borular

Tipik soğurucu borularla ilgili olarak aksenal ısı akışı yoğunluğu $> 28\text{MW/m}^2$, toplam ışıma aktivitesi $a:1.4 \cdot 10^{-1}\text{Bq/g}$, etkin çalışma ömrü > 150000 saat, ısı akışı $> 14\text{MW/m}^2\text{C}$ verilmektedir. Şekil 50'de bu borular daha net görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapılan pazar araştırmasında elde edilen soğurucu boru tipleri ve fiyatları Çizelge 9'da verilmiştir.



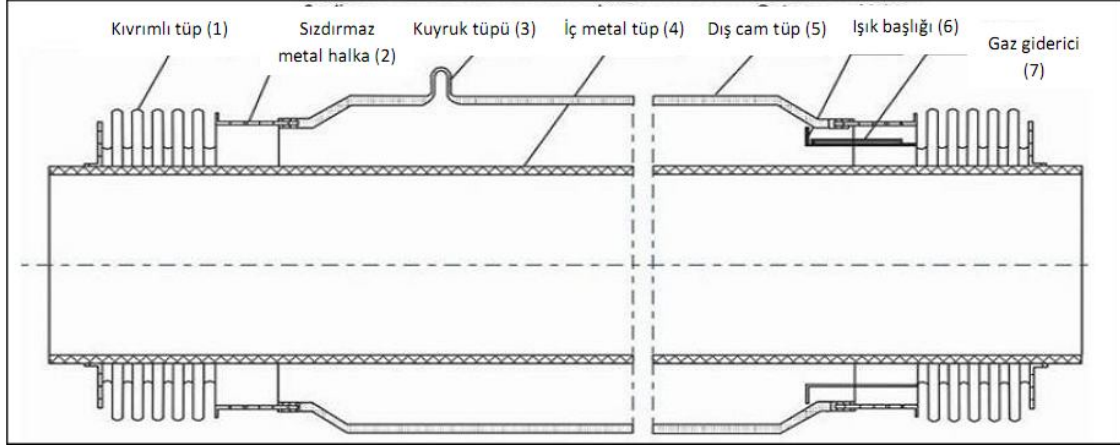
Şekil 50. Doğrusal yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılan soğurucu boru

Şekil 50'de gösterilen numaraların açıklamaları Şekil 51'deki kesit görünüm üzerinde gösterilmiştir. Bu çizimde kullanılan borunun bileşenleri daha iyi anlaşılmaktadır.

Çizelge 9. Soğurucu CSP borusuna ait teknik özellikler

Tip	Toplayıcı tüp		
Cam	Yüksek borosilikat cam 3.3		
Çelik	SS316	SUS304	SUS304
Dış çap ve kalınlık	Ø125 mm – t=3mm	Ø120 mm – t=3mm	Ø70 mm – t=3mm
İç çap ve kalınlık	Ø70 mm – t=2mm	Ø70 mm – t=2mm	Ø40 mm – t=2mm
Uzunluk	4000mm	2000mm	2000mm

Etkin absorbe etme uzunluğu	3860mm	1800mm	1800mm
Biriktirme yöntemi	DC Reaktif Püskürtme		
Absorbe etme katsayısı	0.95		
Sıcaklık emisyonu katsayısı	<0.14 (400 °C)		
Cam tüpün geçirgenliği	%92		
Vakum	P<0.01 Pa		
Isı kaybı	295 W/m (400 °C)		
Çalışma sıcaklığı	400 °C (Yağ) ya da 500 °C (Erimiş tuz)		
FOB Türkiye (Çin'den)	1500 \$	530 \$	250 \$



Şekil 51. Soğurucu boru kesit görünümü



Şekil 52. Soğurucu boruların parabolik toplayıcı üzerindeki konumu (Anonim, 2011)

Fresnel yansıtıcıların bulunduğu doğrusal yoğunlaştırıcı CSP sistemlerdeki tipi bir çelik borunun çapı 70mm, uzunluğu 2000mm ve duvar kalınlığı 4 mm'dir. Malzemesi SUS304'dür. %97 ışın absorpsiyonu, 300 °C sıcaklıkta %10 ısı emisyonu bulunmaktadır. FOB fiyatı Türkiye-Çin 420\$ olarak alınmıştır. Bu boruya ait görsel Şekil 53'de verilmiştir.



Şekil 53. Fresnel sistemlerde kullanılan kaplanmış çelik boru

Eriyik Tuz ve Yüksek Sıcaklık Pompaları

CSP'lerde doğrudan buhar üretilebileceği gibi, hem ısı depolama hem de yüksek sıcaklıklar düşünülerek ikinci bir ısı taşıma akışkanı da kullanılmaktadır. Çizelge 10'da ısı depolama tercihleri arasında yapılan bir kıyaslama verilmiştir.

Çizelge 10. CSP'ler için ısı depolama tercihleri arasında yapılan bir kıyaslama

	200 MW bir tesisin ısı depolamasının maliyeti (\$/kWh)	Depolama sisteminin ömrü (yıl)	Gidiş dönüş depolama verimi (%)	Maksimum çalışma sıcaklığı (°C)
Eriyik tuz – Güneş kulesi	30	30	99	567
Sentetik yağ – Parabolik yans.	200	30	95	390
Akü – Şebeke bağlantısı	500-800	5-10	76	-

CSP'lerde ısı depolama ve ısı taşınımı için özellikle kule sistemlerinde eriyik tuz kullanımının yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla bu alanda çalışmalar devam etmektedir. Örnek olarak Alabama Üniversitesi'nde yürütülen bir çalışmadan alınan ve kullanımda olan tuz malzemeleri ile yeni geliştirilmekte olan tuz karışımlarının karşılaştırılması içeren Çizelge 11 verilebilir. Aynı çalışmada yeni geliştirilen ve termal ısı depolama için kullanılacak aday tuzların bir listesi Çizelge 12'de gösterilmektedir.

Çizelge 11. Kullanımdaki tuzlar ve geliştirilmekteki tuzların karşılaştırılması (Reddy, 2011)

Salt System		Melting Point (°C)	Density (g/cc)	Heat Capacity (J/g.K)	Energy Density (MJ/m ³)
UA baseline ternary	(#1) LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃	116 (117)	1.72	2.32	1524*
Solar Salt	NaNO ₃ -KNO ₃	222	1.75	1.54	756
Hitec Salt	NaNO ₃ -NaNO ₂ -KNO ₃	142	1.87	1.42	955

Çizelge 12. Geliştirilmekte olan aday tuz listesi (Reddy, 2011)

Salt #	SALT SYSTEM	Melting Point °C	Density g/cc	Heat Capacity J/g.K	Energy Density MJ/m ³	Thermal Stability % wt loss
Group 1 (70 – 80 °C)						
9	LiNO ₂ -LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -KNO ₂	70.7	1.68	1.58	1141	
8	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -LiNO ₂	77	1.68	1.61	1146	
3	LiNO ₂ -NaNO ₃ -KNO ₂ -KNO ₃	79	1.69	1.50	1073	
7	Li(metal)-LiNO ₃ -NaNO ₃	80.7	0.63	2.39	632	
Group 2 (80 – 100 °C)						
12	LiNO ₂ -LiNO ₃ -KNO ₂ -KNO ₃	90.7	1.67	1.57	1070	
11	LiNO ₂ -NaNO ₃ -KNO ₃	92.7	1.68	1.57	1075	
6	LiNO ₃ -NaNO ₂ -NaNO ₃ -KNO ₂ -KNO ₃	95.7	1.78	1.54	1110	
10	LiNO ₂ -LiNO ₃ -KNO ₃	98.4	1.67	1.61	1076	
5	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -NaNO ₂	98.6 (99)	1.78	1.56	1114	0.38
4	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -MgK	98.6 (101.2)	1.71	1.66	1211	0.05
Group 3 (100 – 116 °C)						
14	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -AgNO ₃	103 (107)	2.79	1.08	1192	
13	LiNO ₂ -LiNO ₃ -NaNO ₃	108.4	1.66	1.73	1125	
1	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃	116 (117)	1.72	2.32	1524	0.08
18	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -Ca(NO ₃) ₂	113 (108.8)	1.73	1.58	1055	0.09
17	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -Mg(NO ₃) ₂	113.5 (111.6)	1.73	1.61	1081	0.07
15	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -LiCl	114.1 (115.5)	1.71	1.60	1057	0.02
16	LiNO ₃ -NaNO ₃ -KNO ₃ -LiF	115.9	1.72	1.60	1057	
2	KNO ₃ -NaNO ₂ -NaNO ₃	123 (99)	1.84	1.46	1080	

Büyük maliyetlere sahip CSP sistemleri için üretilen çözümlerde maliyet faktörü önem arz etmektedir. Dolayısıyla eriyik tuzların kullanıldığı sistemler için seçilecek tuzlarda da maliyet faktörü incelenmelidir. Yukarıda bahsedilen eriyik tuz malzeme adaylarının maliyet tahminleri Çizelge 13'te verilmiştir.

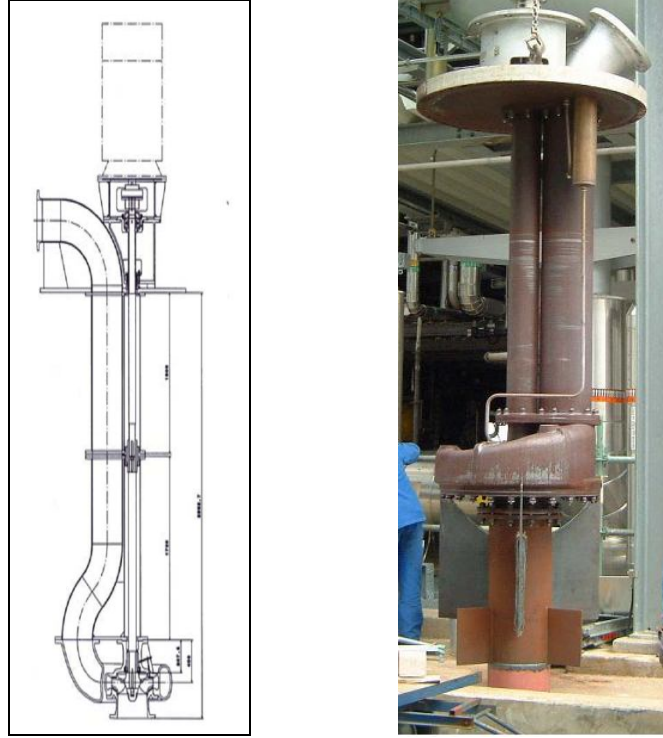
Çizelge 13. Maliyet tahminleri ile beraber geliştirilmekte olan tuzlar (Reddy, 2011)

Salt #	Material	Composition	Melting Point	Heat Capacity	Energy Density (500C-M.P.)	Salt Compd. Price	2 Tank System Cost / Stored Energy
		Wt%	(°C)	(J/g-K)	(MJ/m ³)	(\$/kg)	(\$/kW-h _{thermal})
	Today's Solar Salt	40% KNO ₃ 60% NaNO ₃	222	1.5381	756	\$1.080	\$31.21
1	Baseline Ternary (in proposal)	KNO ₃ – LiNO ₃ – NaNO ₃	117*	2.32	1524*	\$2.206	\$14.66
2	Nitrate- nitrite Ternary	KNO ₃ – NaNO ₂ – NaNO ₃	99	1.4623	1080*	\$1.266	\$15.87
3	UA K-Nitrate-nitrite Quaternary	KNO ₃ – NaNO ₂ – LiNO ₂ – NaNO ₃	79	1.5048	1073	\$1.928	\$19.11
4	"AB" nitrate compound	KNO ₃ – LiNO ₃ NaNO ₃ – MgK* * 2KNO ₃ .Mg(NO ₃) ₂	101	1.5788	1181	\$1.537	\$16.15
5	UA Na- nitrate-nitrite Quaternary	LiNO ₃ – NaNO ₂ NaNO ₃ – KNO ₃	99	1.5569	1114	\$1.809	\$18.27
6	UA Na-K-nitrate-nitrite Quinary	LiNO ₃ – NaNO ₂ NaNO ₃ – KNO ₂ – KNO ₃	95.7	1.5455	1110	\$1.797	\$18.23

Erimiş tuz çok yüksek sıcaklıklara ulaşabildiği için bu akışkanın pompalanmasında özel mekanik tertibatlar kullanılmaktadır. Bu pompalar yüksek sıcaklık pompaları olarak anılmaktadır. Yüksek sıcaklık pompalarını tahrik etmekte kullanılan motorlar, sıcak akışkandan uzakta konumlandırılmaktadır. Akışkanı pompalayan makine elemanı yüksek sıcaklığa dayanıklı olarak tasarlanıp imal edilmektedir. Dolayısıyla bu pompalar karakteristik olarak çok uzun gövdelere sahiptirler. Şekil 54'de 17 metre uzunluğundaki yüksek sıcaklıkta erimiş tuz pompası görülmektedir. Şekil 55'da ise bir yüksek sıcaklık pompasının teknik çizimi görülmektedir.



Şekil 54. 17m uzunluğundaki yüksek sıcaklık pompası (Anonim, 2011m)

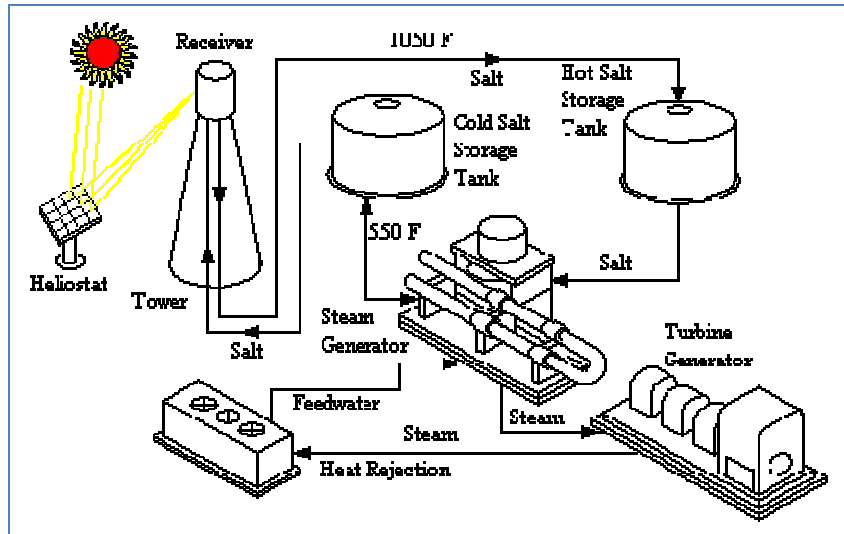


Şekil 55. Yüksek sıcaklık pompasının teknik çizimi ve bir saha örneği (Anonim, 2011m)

Isıl depolar ve seramikler

CSP sistemlerinde güneş ışınlarıyla ısıtılan akışkandaki ısının, güneşlenmenin olmadığı zamanlarda da kullanılması için ısı depolar ve bu depolarda yüksek sıcaklığa ve ısıya dayanacak ısı depolama malzemelerine ihtiyaç bulunmaktadır.

Şekil 56'de ise sıcak ve soğuk tuz depolarının sistem içerisindeki yerleşim çizimi gösterilmiştir. Şekil 57'de bu depolara ait fotoğraf görülmektedir.



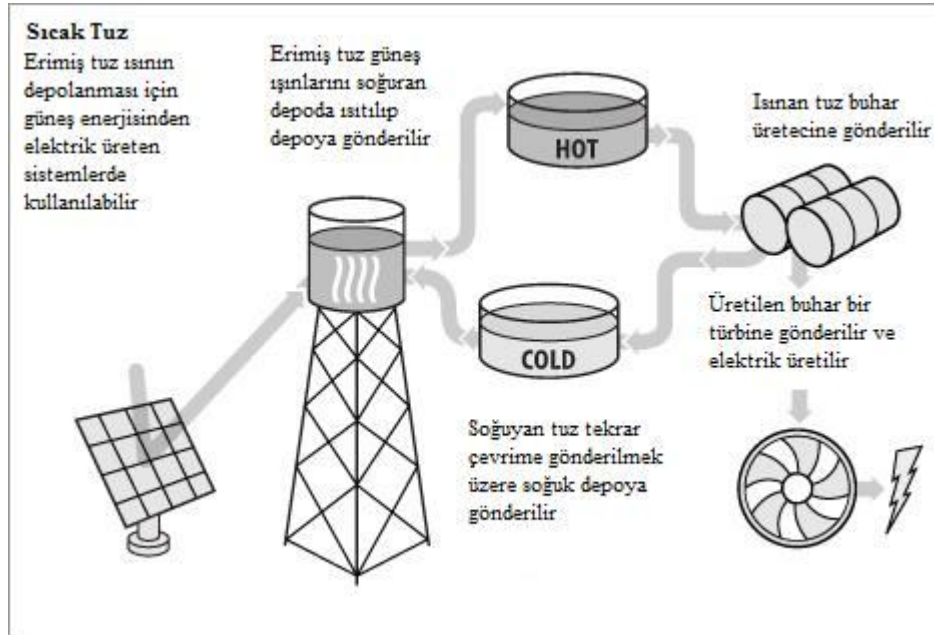
Şekil 56. Sıcak ve soğuk tuz depolarının sistem içerisindeki yerleşimi (Anonim, 2011n)



Şekil 57. Sıcak ve soğuk tuz depoları (Anonim, 2011n).

Isı değiştiriciler (Buhar üreteleri)

Buhar üretme çevrim süreci ile CSP sistemler içerisinde buhar üreticisinin yerleşimi Şekil 58'de verilmiştir. Buhar üretelerinin görünüşleri ise Şekil 59'da görülmektedir.



Şekil 58. Buhar üreteci (Anonim, 2011o)



Şekil 59. Buhar üretici

Türbin

CSP sistemlerinde üretilen yüksek sıcaklık ve basınçtaki buharın mekanik işe dönüştürüldüğü türbinler, Şekil 65'de gösterildiği gibi çok sayıda kanada sahip dev türbin rotorlarını barındırmaktadırlar. Örnek olarak Siemens firması bu türbinleri üretmektedir. Yaklaşık 175 MW'lık üretim tesislerinde bu türbinler kullanılmaktadır.



Şekil 60. Türbinin yataklanması (Anonim, 2011p)

Bu türbinlerin ataletinin az olması ve yüksek hızlarda çalışabilmeleri için olabildiğince sağlam ve hafif olmaları gerekmektedir.

Türbinlerin kullanıldığı bazı ticari örnekler;

Nevada Solar Bir (ABD)

- 64 MW'lık ölçülmüş gücü ile parabolik yansıtıcı CSP tesis
- SST-700 buhar türbini
- Ticari işlevine 2007'de başlamıştır

Andasol Bir ve Andasol İki (İspanya)

- 50 MW'lık ölçülmüş gücü ile parabolik yansıtıcı CSP tesis
- 2 SST-700 buhar türbini
- Ticari işlevine 2008-2009'de başlamıştır

Ivanpah Solar Güç Kompleksi (ABD)

- 123 MW'lık ölçülmüş gücü ile kule CSP tesis
- SST-900 buhar türbini
- 2010 yılı için planlanmıştır

Siemens türbinlerinin kullanıldığı güç aralığı Şekil 61'de gösterilmiştir.

Type	Steam parameters	Output (MW)				
		50	100	150	200	250
SST-110	130 bar, 530°C					
SST-120	130 bar, 530°C					
SST-300	120 bar, 520°C					
SST-400	140 bar, 540°C					
SST-600	140 bar, 540°C					
SST-700	165 bar, 585°C					
SST-800	140 bar, 540°C					
SST-800 & SST-500	140 bar, 540°C					
SST-900	165 bar, 585°C					

Şekil 61. Siemens türbinlerinin güç aralığı (Anonim, 2011p)



Şekil 62. Küçük kapasiteli CSP türbini (Anonim, 2011p)

CSP sistemlerde kullanılan buhar türbinlerinin, CSP sistemlerinin değişen güneş ışınımından kaynaklanan buhar üretimi nedeniyle, geniş bir buhar debisi aralığında çalışabilmeleri gerekmektedir.



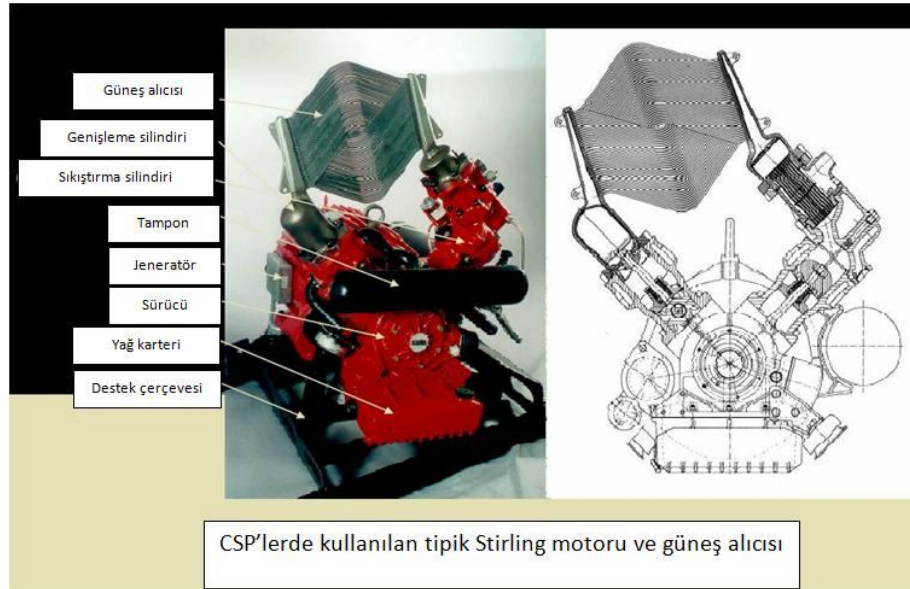
Şekil 63. Türbin muhafazası (Anonim, 2011p)

Stirling Motorları

Stirling motorları dıştan yanmalı motorlardır ve ısı alıcısına bir ısı kaynağından ısı verilmesi gerekmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretilen sistemlerde stirling motorlarının kullanılabilmesi için güneş ışınlarının stirling motorunun ısı alıcısına yoğunlaştırılması gerekmektedir.



Şekil 64. Ticari olarak satışı yapılan bir stirling motoru (Anonim, 2011r)



Şekil 65. Stirling motoru bileşenleri (Anonim, 2011r)

Bu motorların yedek parçaları yerel sanayi imkânlarıyla üretilebilir. Fakat bütün sistemin tasarımı ve imalatı çok ağır bir Ar-Ge süreci ve yatırımı gerektirmektedir.

Dolayısıyla bu sistemlerin hazır olarak tedarik edilmesi ya da bir yurtdışı ortaklığı ile ülkemizde üretilmesi düşünülebilir.

2.3.3. Güneş enerjisinden fotovoltaik dönüşüm ile elektrik üretim teknolojileri ve uygulamaları

Güneş pili, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren bir yarı iletken diyottur. Güneş pillerindeki ana prensip, fotovoltaik dönüşümdür. Günümüze kadar üretilmiş ve çeşitli kullanım alanları bularak ticarî ortama girmiş olan güneş pilleri, Si (silikon), GaAs (gallium arsenide), CIS (indiyum diselenit) ve CdTe (kadmiyum telurit) 'katı hal' teknolojisi tabanlıdır. IEA-PVPS bünyesinde yapılan çalışmalarda fotovoltaik güç sistemleri 4 ana başlıkta tanımlanır.

2.3.3.1. Eysel bağımsız fotovoltaik güç sistemleri

Şebeke bağlantısı olmayan bir evin ya da küçük yerleşim alanının (köy v.b.) ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini akülerde depolayarak karşılayan bağımsız güç sistemleridir.



Şekil 66. Eysel bağımsız fotovoltaik güç sistemleri (Anonim, 2011s)

2.3.3.2. Eysel olmayan bağımsız fotovoltaik güç sistemleri

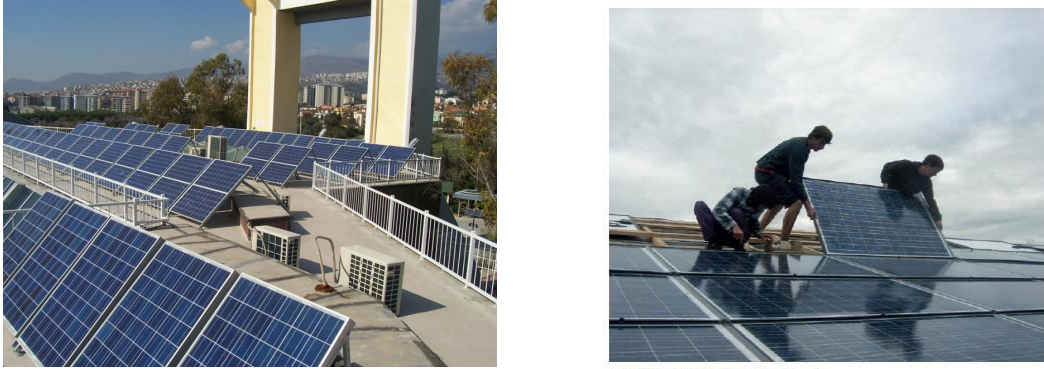
Su pompalama, sokak aydınlatma, baz istasyonları, sinyalizasyon sistemleri v.b. şebekeden uzak bağımsız fotovoltaik güç sistemleri. Enerjisini akülerde depolayabileceği gibi, depolamadan doğrudan da kullanabilir.



Şekil 67. Esvsel olmayan bağımsız fotovoltaik güç sistemleri (Anonim, 2011s)

2.3.3.3. Dağıtık şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemleri

Kişisel (ev, bina v.b.), kamuya ait (üniversiteler v.b.) veya ticari işletmelerin (süpermarketler v.b.) şebekeye bağlı fotovoltaik güç sistemleridir.



Şekil 68. Dağıtık şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemi (Anonim, 2011s)

2.3.3.4. Merkezi şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemleri

Güneş tarlaları olarak geniş alanlarda merkezi olarak kurulan şebeke bağlantılı sistemlerdir.



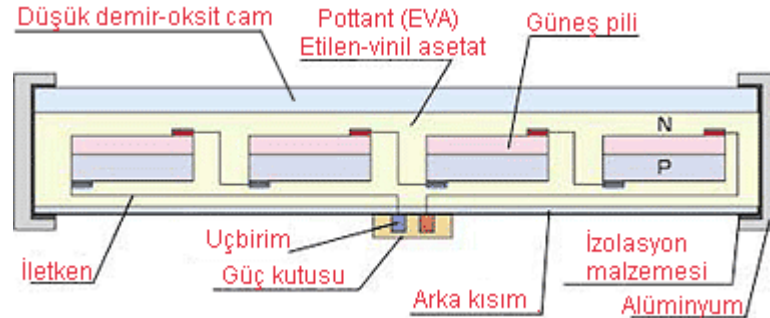
Şekil 69. Merkezi şebekeye bağlantılı fotovoltaik güç sistemi (Anonim, 2011s)

Bu 4 ayrı fotovoltaik sistemi oluşturan sistem elemanları birbiri ile aynı olmakla birlikte sadece kapasiteleri (Güç değerleri) farklıdır. Farklı büyüklükte fotovoltaik sistemleri ayrı ayrı gruplandırılarak kurulabileceği gibi tek bir sistem üzerine bağlanarak ta kurulabilir. Küçük güçlü sistem elemanları ile kurulan bir fotovoltaik güç sistemi gün geçtikçe arttırılabilmesi sayesinde genelde tercih edilmektedir. Tipik bir fotovoltaik sistemi oluşturan elemanlar şunlardır;

- Fotovoltaik modüller,
- Güç şartlandırıcılar (Evirici ve diğer dönüştürücüler, kontrol elemanları),
- Aküler,
- Güç kabloları, insanları ve sistemi elektriksel tehlikelerden korumak için alınan önlemler (sigortalar v.b.).

2.3.3.5. Fotovoltaik Hücreler ve Paneller

PV paneller komple bir birimdir. Bir panel PV hücresi, üst katman, hücreyi koruyan kapsül, arka katman, fiberglas ve çerçeveden oluşmaktadır. Bu malzemeler içerisinde sadece PV hücresi için oldukça yüklü bir yatırıma ihtiyaç vardır (yaklaşık 500 milyon USD). Fakat küçük yatırımlarla PV hücreleri alınarak PV paneller sadece laminasyon makinesi kullanılarak üretilebilmektedir. Şekil 70 'de bir PV panelinde bulunan bölümler şematik olarak görülmektedir.

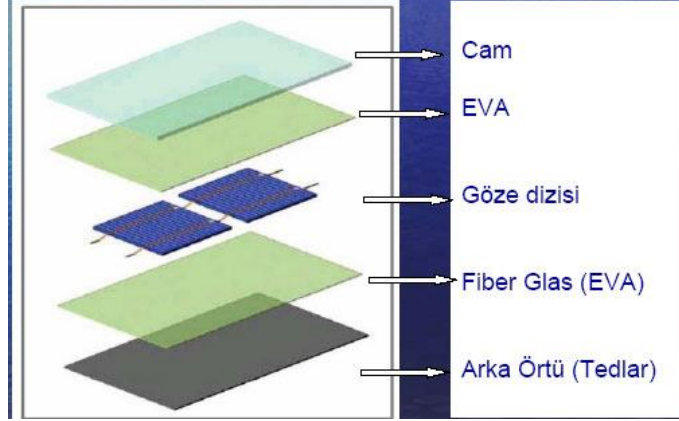


Şekil 70. PV panelin şematik gösterimi (Anonim, 2011s)

PV panellerin en üst katmanın da ışığın rahatlıkla PV hücrelerine kadar ilerleyebileceği geçirgenliği %90-95 düzeyinde temperlenmiş cam kullanılmaktadır. Temperlenmiş cam kullanılmasının sebebi dış etkenlerden etkilenmemesi içindir.

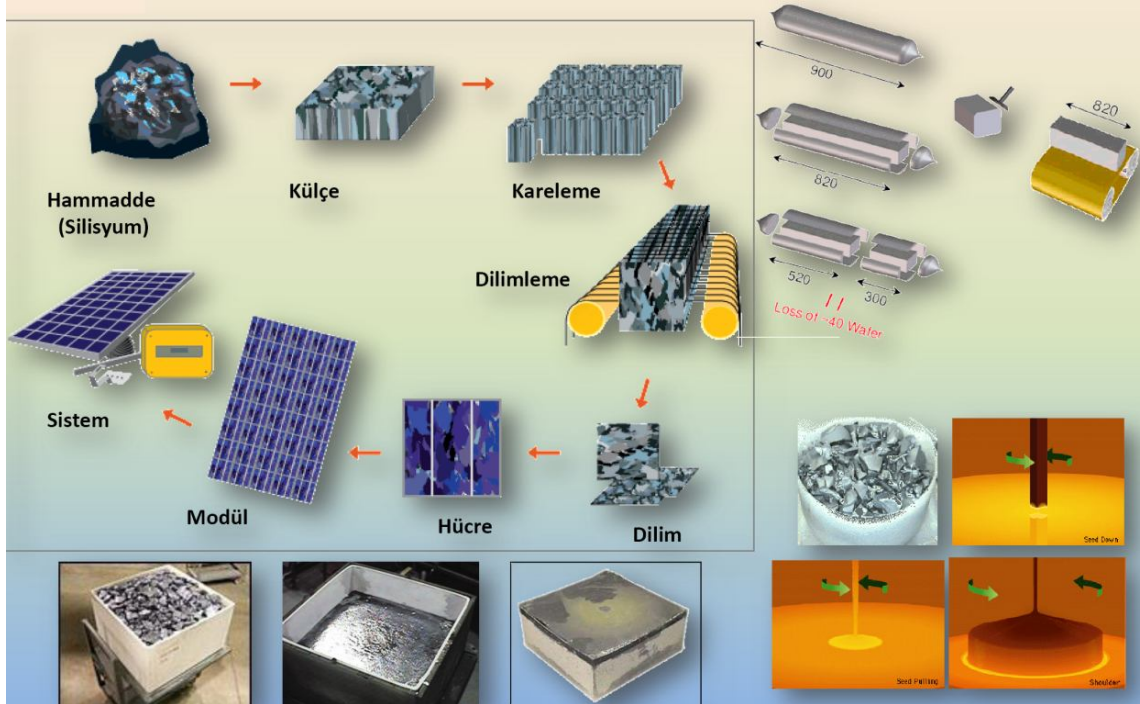
Camın altından PV hücrelerinin altında ve üstünde EVA (Etil vinil asetat) kullanılır. Bu EVA kapsülleri PV hücreleri üst katman ile arka katman arasında tutarak PV hücrelerini korur.

Arka örtü, PV hücrelerinin alt katmanını korur. Isıyı daha iyi atabilmek için düşük termal dirence sahip olmalıdırlar. Çünkü PV hücrelerinin verimleri artan ısıyla birlikte azalmaktadır. Arka katman için kullanılan materyal genellikle TEDLAR'dır.



Şekil 71. PV modül katmanları (Anonim, 2011s)

PV panellerin en önemli elemanı PV hücresi veya güneş gözesi dediğimiz silisyum pullardır. Silisyum ham maddeden PV panellerin oluşturulması için üretim aşamaları Şekil 72'de görülmektedir.



Şekil 72. PV panelin üretim aşamaları (Kristal Silisyum Hücre Üretimi) (Anonim, 2011s)

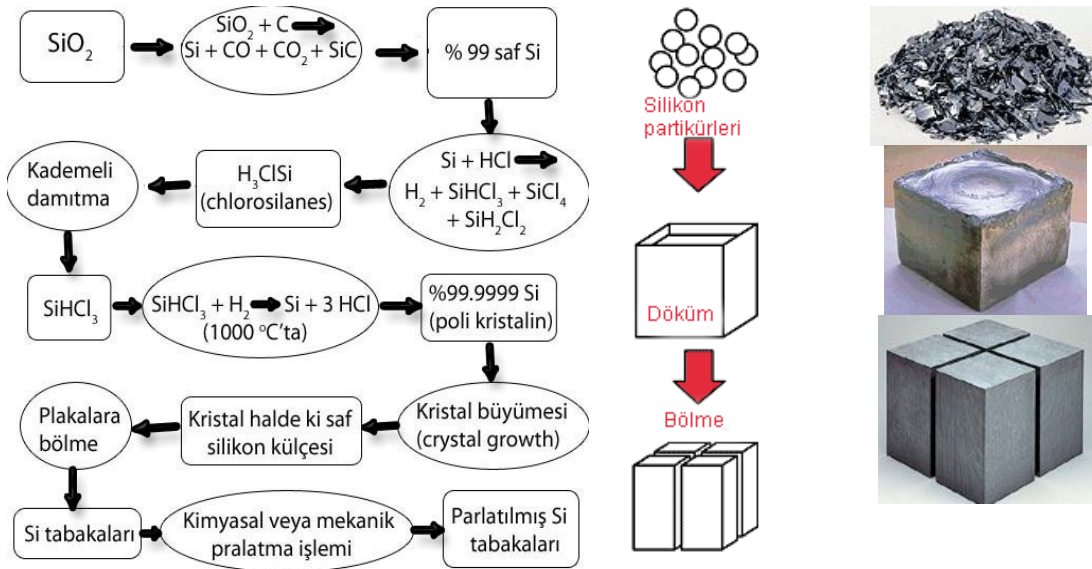
Öncelikle saf halde (%99.99 saflıkta) Si elde edilmesi gerekmektedir. Fakat saf halde olmayan Si, genel olarak silisyum dioksit (SiO_2 , kuvars) halde bulunur (şekil 73)

ve saflaştırma işlemi oldukça maliyetlidir. Bu yüzden güneş pillerinin maliyeti de yükselmektedir



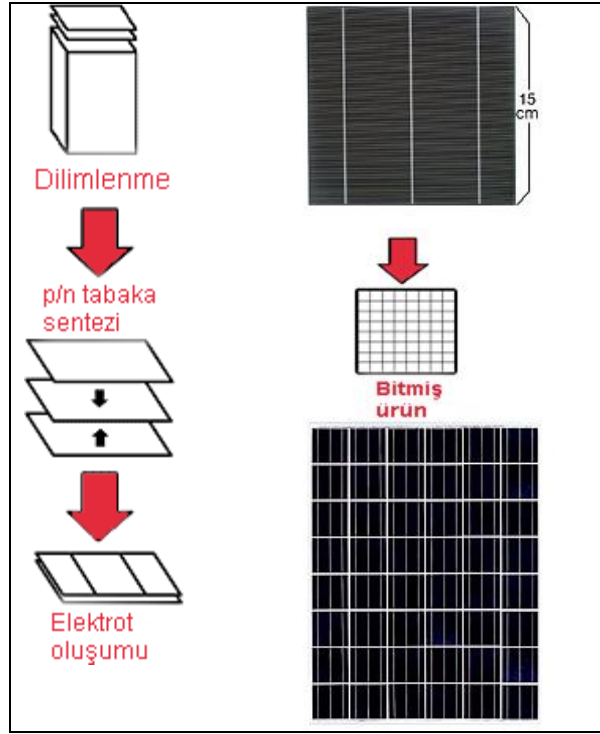
Şekil 73. Saf haldeki kuvarsin görünüşü (Anonim, 2011s)

Yukarıda görünen kuvars, Şekil 74'daki akış diyagramı ile %99.99 saflıkta Si haline getirilir ve sonrasında plakalara ayrılmaktadır. Silisyumun saf hale getirilmesi Şekil 75'da görüleceği üzere oldukça fazla ve maliyetli işlem gerektirmekte, sonrasında tabakalara ayrılması, güneş pili için kullanılabilir hale getirilmesi sırasında da masraflar artarak 3.5 \$/W civarında satılmaktadırlar. Plakalar oluşturulurken öncelikle ham haldeki silikon saf hale getirmek için eritilir. Cüruf tabakası oluştuktan sonra temiz kısım ayrılmaktadır. Oluşan bu blok külçeler halinde kesilerek silisyum bloklar oluşur.



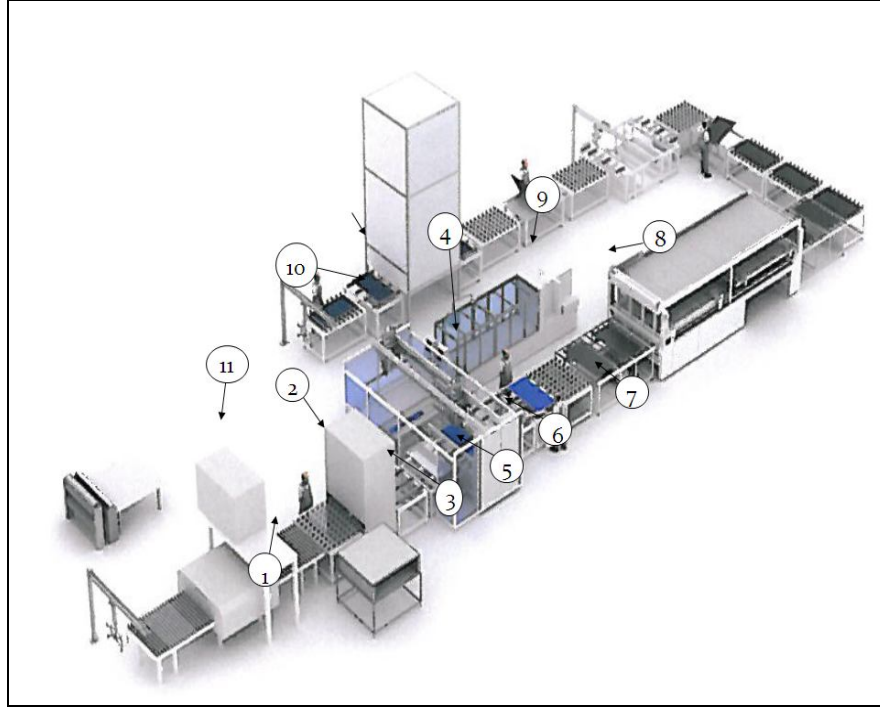
Şekil 74. SiO₂'den Si el edilmesi için akış şeması (Anonim, 2011s)

Sonrasında külçe halinde ki bloklar dilimlenir. Dilimlenmiş olan plakalardan, n-tipi ve p-tipi silikon yonga tabakası üretilir. Böylece elektrik üretimi olabilir. Güneş pili elektrik üretimi için hazırdır fakat gerekli olan voltajı artırmak için plakalar seri bağlanmalıdır. Bunun için cam ve kapsül ile desteklenerek "Güneş Panelleri" üretilmiş olur (Şekil 75) (Anonim, 2011s).

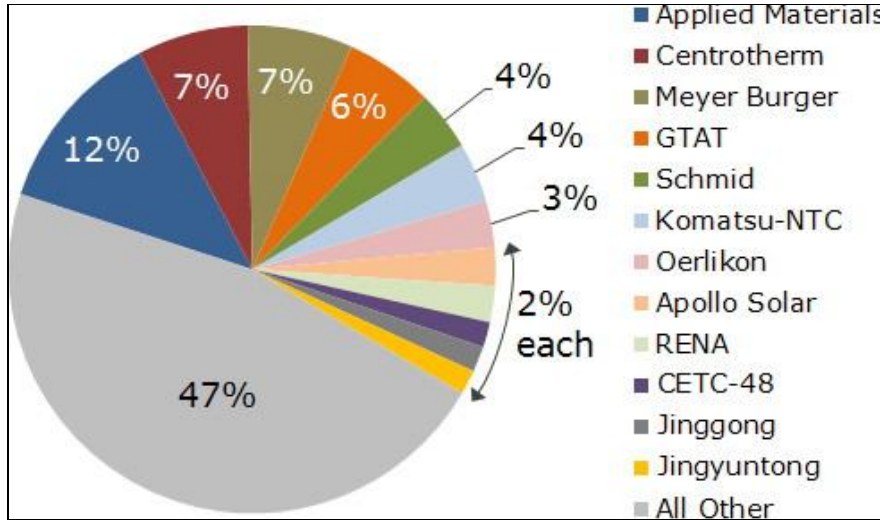


Şekil 75. PV panel oluşum süreci (Anonim, 2011s)

PV hücreler üretilirken ileri teknoloji kullanıldığı için ve hücrelerin verimleri panel verimini doğrudan etkilediği için çok titiz yapılmaktadırlar. Bunun için PV panel üretim hatları bulunmaktadır. PV paneli oluşturan elemanlar otomatik olarak sırasıyla Şekil 76'de görülen hattı takip ederek PV paneller oluşturulur. PV panel üretim hattının bulunduğu ortam çok temiz ve nemi ayarlanmış olmalıdır. Zira PV hücresi üzerinde oluşabilecek en ufak bir toz PV hücresinin verimini etkilemektedir.



a) PV panel üretim hattı



b) Dünya'da Güneş paneli üreten makinelerin üreticilerinin dağılımı.

Şekil 76. PV panel üretimi ve makine üreticilerinin dağılımı (Anonim, 2011t)

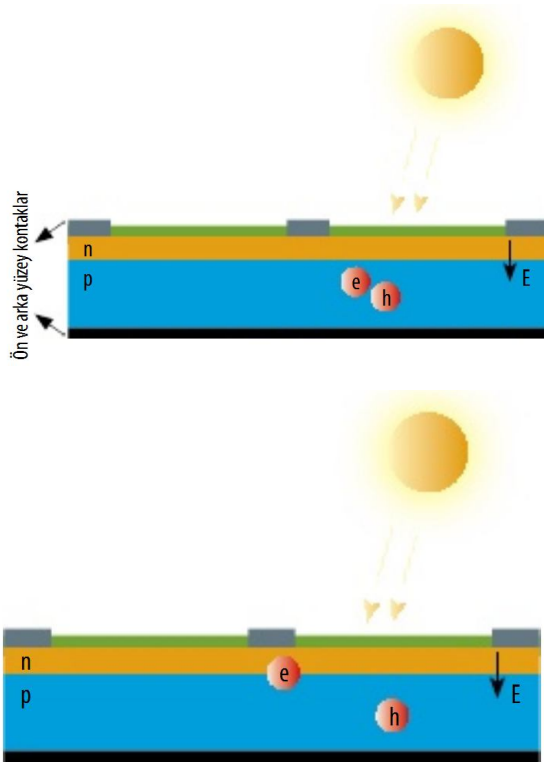
Şekil 76'de PV panel üretimi hattı ve panel üreten makinelerin üreticilerinin dağılımı görülmektedir. Şekil 76-a'daki üretim hattında görülen parçalar aşağıdaki gibidir.

1. Yıkama makinesi
2. Operatör tarafından EVA levha uygulaması
3. Depolama gözleri
4. Hücreleri dizi haline getirme
5. Hücre dizilerini cam üzerine yerleştirme
6. Hücre dizileri test edilerek EVA ve Tedlar yerleştirilmesi

7. Laminatör, ısı altında vakumlanarak paneller oluşturulması
8. Kesme, kenarlarındaki kısımların düzeltilmesi
9. Elektrik kutusunun ve çerçevenin yerleştirilmesi
10. Güneş simülatörü
11. EVA levha kesme makinesi

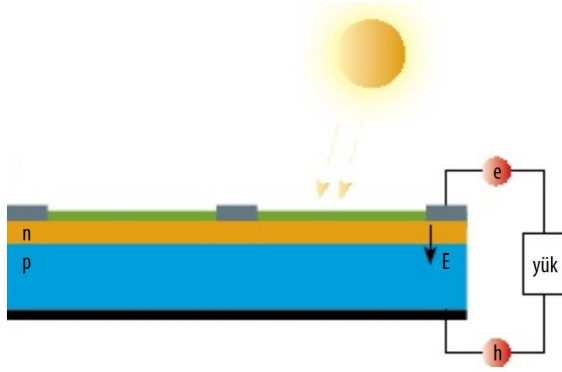
Güneş paneli üreten makinelerin üreticilerinin dağılımı Şekil 76-b'de verilmektedir. Bu dağılıma göre Applied Materials ve Centrotherm firmaları ilk iki sırayı almaktadır.

Güneş gözeleri diğer bir deyimle hücreler, ışığın fotovoltaik etki ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi esasına dayanarak çalışır (Şekil 77). Fotovoltaik etkinin gözlemlenebilmesi için güneş gözesi içinde, kendiliğinden oluşmuş, sabit bir elektrik alan bulunması gerekir. Güneş gözesinin kalbi olarak da düşünebileceğimiz bu elektrik alanın oluşturulması için silisyum pullar üzerinde katkılama işlemleri yapılır. Katkılama esnasında bor ile katkılanmış olan (p-tipi) silisyum pul, 850-900°C sıcaklıkta fosfor içerikli bir gaz altında fırınlanır ve böylece pulun ön yüzeyi, difüzyon mekanizması sayesinde fosfor katkılanmış hale (n-tipi) dönüşür. Katkılama sonucunda silisyum pullarda p-n eklemi yani diyot yapısı sağlanmış olur.



Fotovoltaik güneş gözesi tarafından emilen fotonlar, silisyum kristalindeki elektronları uyararak, elektron-boşluk çiftleri oluşturur. “Boşluk”, silisyum kristalinde uyarılarak üst seviyeye çıkan negatif yüklü elektronun ardında bıraktığı pozitif yüke verilen isimdir.

Kristal içinde serbestçe hareket eden elektron-boşluk çifti, p-n eklemi civarında oluşan elektrik alan sayesinde birbirinden ayrılır ve elektron n tipi bölgeye, boşluk da p tipi bölgeye doğru yol alır. Buna fotovoltaik etki denir.



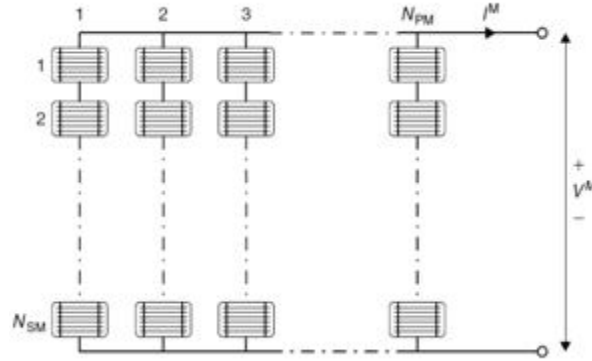
Ayrılan elektron-boşluk çiftleri metal kontaklar yardımıyla devreye akım olarak aktarılır.

Şekil 77. Fotovoltaik etki ve elektrik üretimi (Turan 2011)

Katkılama ardından, güneş gözelerine bilinen mavi rengini veren yansıma engelleyici kaplama işlemi uygulanır. Yansıma engelleyici kaplamalar, silisyum yüzeyinden ve kaplama yüzeyinden yansıyan güneş ışınlarının yıkıcı girişime uğraması ve böylece göze yüzeyinden yansıyan ışın miktarının en aza indirilmesi esasına dayanır. Bu amaçla pul yüzeyine plazma teknikleri kullanılarak ince Si_3N_4 filmler kaplanır. Bu kaplama, görünür dalga boylarından sarı ışık için yıkıcı girişim koşullarını sağlarken, tayfin mavi kısmına doğru yapıcı girişim koşullarını sağlar ve bu yüzden güneş gözeleri mavi dalga boylarını daha fazla yansıtarak alışılmış rengini alır.

Diyot özelliği kazanan ve yansıma engelleyici işlemlerden geçen güneş gözesi artık ışık altında ön ve arka yüzeyi arasında bir potansiyel fark oluşturabilecek hale ulaşmış durumdadır. Bu andan itibaren yapılması gereken, ön ve arka yüzeyden elektrik kontaklar alarak, göze tarafından üretilen akımı kullanmaktır. Bu amaçla güneş gözesinin ön yüzeyi gümüş, arka yüzeyi ise alüminyum metalleri ile kaplanır. Gözenin ön yüzeyi, Güneş'ten gelen ışığı kullanabilmesi için kısmi olarak metal kaplanır. Arka yüzey ise güneşe bakmadığı için tamamen kaplanarak kontak alma işlemi tamamlanmış olur. Güneş gözesinin ön ve arka yüzeyi, aralarında potansiyel bir fark bulunan iki elektriksel kutup halindedir. Göze üretimi sırasında meydana gelen çeşitli aksaklıklar, ön ve arka yüzey arasında pul kenarlarında kısa devrelerin oluşmasına neden olarak göze performansını düşürür. Göze üretiminde son aşama olarak bu kaçaklar giderilir. Bu amaçla güneş gözesinin kenarlarında, güçlü bir lazer ışını ile derin oyuklar açılır ve böylece ön ve arka yüzey birbirinden tamamen izole edilir. Artık göze elektrik üretimine hazırdır. Üretimi tamamlanan güneş gözeleri, güneş simülatörüne yerleştirilir ve performansı sınanır. Tipik bir kristal silisyum güneş gözesi, yaklaşık % 16'lık bir verime sahiptir ve 0,6 Volt gerilim ve 8 amper akım üretebilir. Ölçümleri bitirilen gözeler çıkış voltajları, akımları ve verimlilik değerlerine göre sınıflandırılıp güneş

paneli yapımı için ayrılır. Kullanım amacına göre seri veya paralel bağlanan gözeler, panel haline getirilip kullanıcıya sunulur (Turan 2011). Paralel ve seri bağlı hücrelerden oluşan bir PV panel Şekil 78'de gösterilmiştir.



Şekil 78. Paralel ve Seri Bağlı Hücrelerden Oluşan PV Panel (Kalogirou 2009).

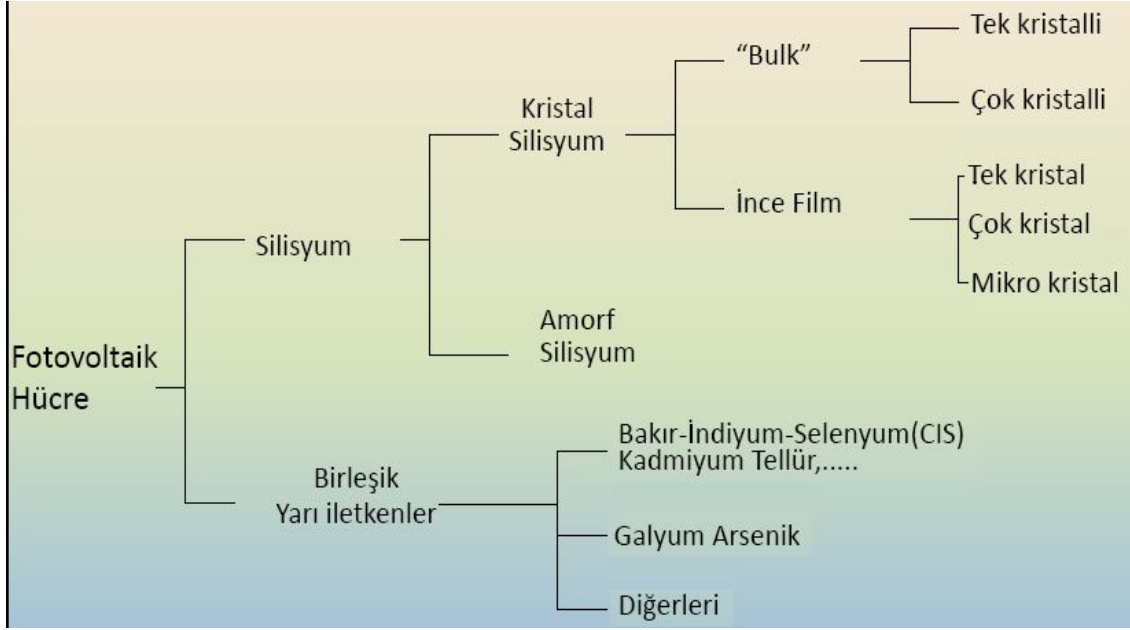
1980'li ve 1990'lı yıllarda güneş pili sistemleri, ulusal elektrik şebekesinden uzak kırsal alanlardaki güç sistemlerinde, sinyalizasyon, hesap makineleri ve oyuncaklar gibi küçük güç gerektiren yerlerde kullanılıyordu. 1990'ların ortalarında binalara entegre edilerek veya ulusal elektrik şebekesine güç verecek şekilde üretilmeye başlanmıştır. Günümüzde ise birçok enerji uygulamasında PV uygulamaları görülebilmektedir.

2.3.3.6. Fotovoltaik panellerde kullanılan malzemeler

Fotovoltaik panellerde kullanılan hücreler Şekil 79'de görüldüğü sınıflandırılabilir. Genel olarak silisyum ve birleşik yarı iletkenler olmak üzere 2 ana grupta toplanırlar.

Fotovoltaik hücreler üç kategoriye ayrılabilir;

- ✓ Birinci Nesil: Kristal silisyum güneş hücreleri (c-Si ve mc-Si)
- ✓ İkinci Nesil: İnce film güneş hücreleri (a-Si, CdTe, CIS veya CIGS)
- ✓ Üçüncü Nesil: Nano teknolojiye dayalı güneş hücreleri (Tandem, Supertandem, Intermediate Band Solar Cells vs.) (Anonim, 2011s)



Şekil 79. Fotovoltaik hücrelerin sınıflandırması.

Kristal silisyum güneş hücreleri

Güneş ışınlarını yutma oranı düşük olmasına karşın verimlerinin %12-16 arasında olması üreticiler için caziptir. Üretici firmaların tercih ettiği fotovoltaik hücre tiplerindedir. Pazar payının %93'nü oluşturmaktadırlar, genel olarak 25 yıllık garanti ömürleri bulunmaktadır. Wafer denen ince silikon dilimlerin kalınlıkları 0.17 mm'ye kadar düşürülmüştür. Mono kristal (c-Si veya SIN) ve Poli kristal (mc-Si) olarak ikiye ayrılabilirler.

Tek Kristalli Silisyum Fotovoltaikler: Fotovoltaik panel üretiminde yüksek verimli olduğu için kullanılan malzemelerden biridir. Elektrik, optik ve yapısal özelliklerinin uzun süre değişmemesi ve silisyum üretim teknolojilerinin gelişmesine bağlı olarak bu malzeme popülerlik kazanmıştır. Saf silisyum elde edilmesi zor ve maliyetli olmaktadır. Bu bakımdan üretim maliyetleri yüksek olmaktadır. Çeşitli uygulamalar için n- tipi ve p- tipi olarak katkılarırlar. Katkı maddesi olarak Arsenik, Boron, Galyum, Fosfor ve Alüminyum kullanılır (Anonim, 2007a). Laboratuar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir (Anonim, 2010c).

Çok Kristalli Silisyum Fotovoltaikler: Çok kristalli malzemede damarların kristal yapılarının yönlendirmeleri dışında elektrik, optik ve yapısal özellikleri özdeştir. Damarların büyüklükleri kristalin kalitesi ile doğru orantılı olarak

değişmektedir. Elektriksel yük değişikliklerinin aktarılmasında damarlar arasında süreksizlik önemli bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Elektriksel özelliklerin küçülen damar büyüklüğü ile orantılı olması tek kristalli malzemeler ile karşılaştırıldığında verimin daha düşük olmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra çok kristalli malzemelerin üretim teknolojileri basittir ve maliyetleri de önemli ölçüde küçüktür (Anonim, 2007a).

Önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlıktaki ince tabakalar halinde dilimlenen tek kristal silisyum bloklarından üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen çok kristal silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verimleri daha düşük olmaktadır. Verim laboratuvar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır (Anonim, 2007a).

İnce film güneş hücreleri (a-Si, CdTe, CIS veya CIGS)

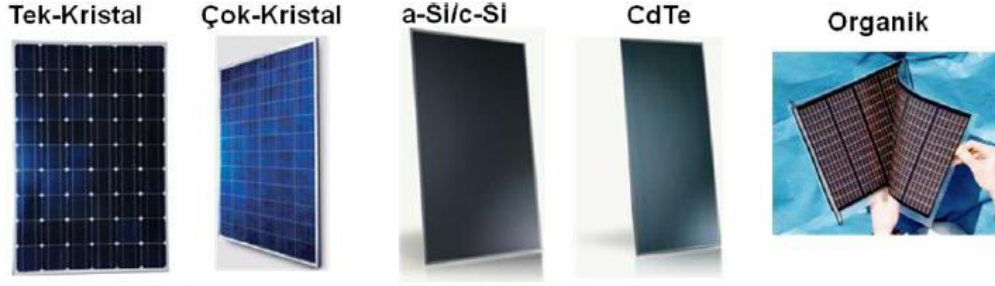
Işık yutma oranı yüksek olan bu hücreler, düşük verimlilikleri nedeni ile pazar payının sadece %7'ni oluştururlar. Oldukça ince yapıda ki (1-4 μm arasında) bu paneller %7-14 arasında verimlilik sunmaktadırlar. Fiyatları yaklaşık 1 \$/W gibi düşük değerdedir.

Galyum Arsenit (GaAs): Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında %25 ve %28 verim elde edilmektedir. Diğer yarı iletkenler ile oluşturulan çok eklemli GaAs pillerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır (Anonim, 2007a).

Amorf Silisyum: Kristal yapı özelliği göstermeyen bu silisyum pillerinden elde edilen verim %10 dolaylarında, ticari modüllerde ise %5-7 düzeyindedir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulama sahasının, binalara entegre yarı saydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılabileceği tahmin edilmektedir (Anonim, 2007a).

Kadmiyum Tellürid (CdTe): Çok kristal yapıda bir malzeme olana CdTe güneş pilli maliyetlerinin çok aşağılara çekilebileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.

Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂): Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17.7, enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.



Şekil 80. Çeşitli tiplerde PV paneller (Anonim, 2007a)

ARGE aşamasında olan diğer hücre teknolojileri (üçüncü nesil);

Araştırmaları devam eden teknolojilerde henüz sonuca tam olarak ulaşılmış değildir. Sunacakları yüksek verimden dolayı üretime başlanması halinde enerji konusunda büyük bir atılım yapacaklardır. Ön görülen maliyetleri 0,4 \$/W civarındadır.

Supertandem Cells: Teorik olarak %86,8 verime sahip olan bu hücre tipi için 1 cm²'de ulaşılmış olan değer %35,4'tür.

Intermediate Band Solar Cells: Teoride %63,2'lik verimleri vardır ama ulaşılmış bir değer henüz yoktur.

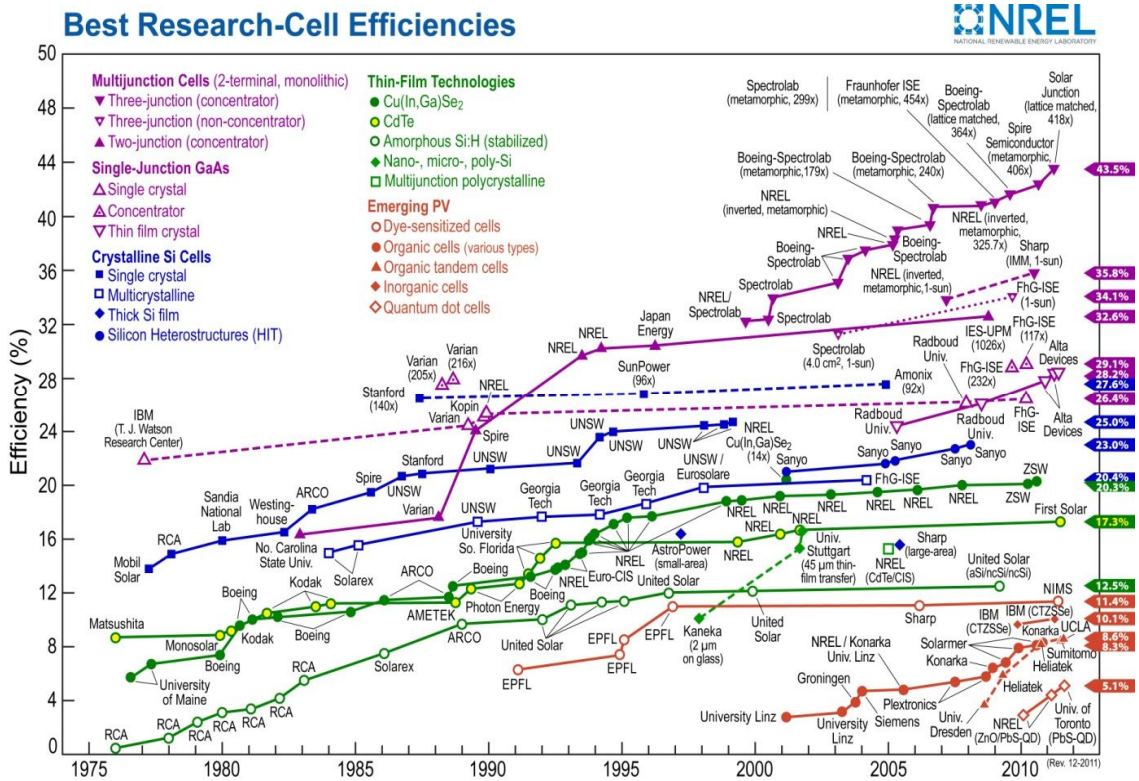
Hot Carrier Cells: Üretimi sorunları çözülememiş olan bu hücrede, üretilebildiği takdirde supertandem hücresine yakın bir verim elde edilecektir.

Optik Yoğunlaştırıcı Hücreler: Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarda modül verimi %17'nin pil verimi ise %30'un üzerine çıkarılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemelerden yapılmaktadır.

Çizelge 15. Farklı fotovoltaik teknolojilerin hücre ve panel verimlerinin karşılaştırılması

Güneş Pili Malzeme/Yapı	Teorik Verim (%)	Panel Verimi (%)
Tek-kristal silisyum (c-Si)	24-25	13-20
Çok-kristal silisyum (mc-Si)	15-20,3	12-18
Amorf Silisyum (a-Si)	12,1	5-7
Kadmiyum Tellürid (CdTe)	13-18	9-11,1
Bakır-indiyum-diselenit Bakır-indiyum-sülfid (CIS) Bakır-indiyum-galyum-selenit (CIGS)	7-19,9	7-11
Çok jonksiyonlu (multijunction, tandem) (MJ)	42,8	
DSSc/DSC/DYSC Duyarlı Boya (Dye- sensitized)	8-10	
Organik/Polimer (OP)	6,5	

Fotovoltaikler üzerine günümüzde çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle verimlerinin artırılması konusunda çalışmalar mevcuttur. Concentrix firması ışığın yoğunlaştırılması ve güneş pilinin konumlandırılmasında gösterilen özenin de yardımıyla, modül verimliliğinde %26'nın üzerinde sonuç elde etmiştir. Ayrıca Flatcon teknolojisiyle daha önce sadece uzayda kullanılan yüksek verimli güneş enerjisi pillerini yeryüzünde kullanmak için ilk adımı atan firma olmuştur. Bu güneş pilleri günümüz ölçülerine göre dikkat çekici şekilde %35'lik bir verimlilik düzeyine ulaşabilmektedirler. (Anonim, 2008b). Gelişen teknolojiyle Laboratuvar ortamında farklı hücre tiplerinin verimlerindeki artış Şekil 81'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere gün geçtikçe bütün PV tiplerinin verimleri artmış ve halen artmaya devam etmektedir. Grafikte görülen verim değerleri laboratuvar ortamında elde edilen hücre verimleri olup panel uygulamalarında verimlerinin düşeceği aşikârdır. Fakat gelişen teknolojiyle laboratuvar ortamındaki verimlerde gelecek yıllarda elde edilecektir.



Şekil 81. Gelişen teknolojiyle Laboratuvar ortamında farklı hücre tiplerinin verimlerindeki artış (Anonim, 2011)

Fraunhofer ISE bilim insanları tarafından 2003 yılında başlatılan FP6-Full Spectrum proje kapsamında %32'lik bir verim elde edilmiş, Ekim 2008'de proje sonunda %35'lik verim üzerine çıkmıştır.

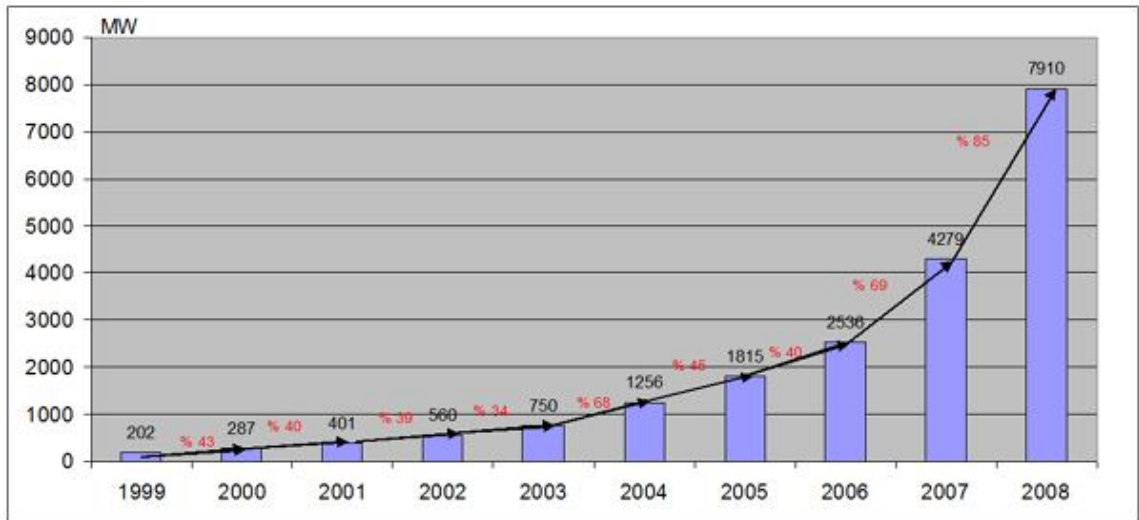
ABD Enerji Bakanlığı Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvar'ındaki (NREL) bilim insanları üzerine düşen ışığın %40,8'ini elektriğe dönüştüren bir fotovoltaiik aygıt geliştirdiklerini duyurmuşlardır (Anonim, 2008a).

Benzer bir yaklaşımı kullanan Delaware Üniversitesi bilim insanları %42,8 oranında verimlilik aldıkları başka bir aygıt geliştirerek NREL'in rekorunu kırmışlardır (Anonim, 2008a).

Yapılan araştırmalar sonucu farklı teknolojilerin de geliştirilmesi ile verim değerlerinin daha da artacağı beklenmektedir. PV teknolojileri yanında dikkate alınması gereken diğer bir teknoloji ise CSP (Concentrated Solar Power) teknolojisidir. CSP için 2035 yılında 185 TWh elektrik üretim seviyelerine ulaşılması öngörülmektedir (Anonymous, 2010a).

Dünya çapında PV pazarı hızla büyümektedir ve yapılan çalışmalar önümüzdeki yıllarda bu büyümenin devam edeceğini göstermektedir. 2007 sonunda küresel toplam kapasite 9 GW miktarını aşmıştır. Avrupa'da yaklaşık 1,5 milyon konut elektriğini PV sisteminden üretmektedir (Marinova and Balaguer, 2009).

Dünyada üretilen fotovoltaiik hücre miktarı 2008 yılında % 85 gibi büyük bir oranda artarak 7,9 GW olmuştur. Şekil 82'de yıllık üretim rakamları ve yıldan yıla artış oranları gösterilmektedir. 2009 yılında solar hücre üreticileri sıralamasında ilk 20 içindeki bütün Japon firmaları gerilerken, Çin firmaları ya yükseldiler ya da en azında yerlerini korumuşlardır. Çin dünyanın en büyük solar hücre üreten ülkesi sıfatını korumuş ve üretim rakamlarını bir önceki senenin iki katının üzerine çıkarmıştır. Bu alanda lider ülke Çin olmasına rağmen lider firma Alman Q-Cells'dir.



Şekil 82. Dünya PV üretiminin yıllara göre değişimi (Anonymous, 2011d)

Ülkemizde PV hücresi üretici firma bulunmamaktadır. Fakat PV hücrelerinden laminasyon yöntemi ile PV panel üretimi yapan firmalar vardır. Türkiye’de PV teknolojileri için yatırımların teşvik edilmesi gerektiği, ileride bugünkü durumundan çok daha fazla ekonomik hacme sahip olacak bu pazarda güneş enerjisi potansiyeli ile Türkiye’nin aktif bir rol üstleneceği düşünülmektedir. PV üretim yatırımlarının fizibil olması hâlihazırda yatırım yapan yabancı ortaklı firmalarla birlikte oluşacak iş birlikleri ile olabilir.

Akü Şarj Regülâtörü

Fotovoltaik panelden gelen akımı düzenleyerek aküye iletilmesini sağlar. Akünün tam dolmasını ve aşırı kullanımlarda deşarj (boşalmasını) olmasını engeller. Bir regülâtör seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli parametre, regülâtörün gerekli olan maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Seçilen regülâtörün, kullanılan batarya voltajı ile uyumlu olmasına da dikkat edilmelidir.

Çizelge 16. Şarj regülâtörünün panel gücü ve nominal voltaj değerine göre seçimi

Nominal Gerilim Değeri	Panel Gücü	Maksimum Akım
12 V	153 W	9 Amper
	374 W	22 Amper
	544 W	32 Amper
	748 W	44 Amper
	1020 W	60 Amper
24 V	216 W	9 Amper
	748 W	22 Amper
48 V	340 W	5 Amper
	1088 W	16 Amper

Şarj regülâtörleri kullanılacak sisteme göre 12V/24V/48V ve/veya 10A/20A/40A/60A gibi değerlerde değişir. Şarj regülâtörleri aynı zamanda DC voltaj çıkışları olduğundan doğru akımla çalışan cihazlara direk gerilim verirler. Şarj regülâtörlerinin LCD göstergeli modelleri de mevcuttur. LCD göstergelide anlık akü ve panel akım, akü ve panel voltajını ve akünün şarj durumunu gösterir. Sisteme şarj regülâtör seçerken maksimum akımı göz önünde bulundurmamak gerekir. Çizelge 16’da kullanılan sisteme uygun şarj regülâtörü çeşitleri sunulmuştur. Tasarlanan sistem saatlik 1 kW güç üreten ve 12 V nominal gerilim değerine sahip olduğundan seçilecek şarj regülâtörü 12 V 60 A değerlerine sahip olmalıdır ve piyasada 200 Avro gibi bir fiyata temin edilebilir.

Şarj regülatörleri iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- ✓ **PWM Şarj Regülatörleri:** Basit şarj kontrolörleri bağımsız solar sistemleri için en uygun çözümdür. Üzerindeki LCD ekran veya LED'ler sayesinde akü durumu şarj durumu gibi bilgileri görülebilmektedir. Açık ve kapalı kurşun aküleri optimum biçimde doldurabilmekte, 12V ve 24V her türlü akü veya akü gruplarını şarj edebilmekte, şase hem duvara hem de bir DIN rayına monte edilebilmektedir. Verimleri ise MPPT'lere göre daha düşüktür.



Şekil 83. Değişik markaların PWM şarj regülatörleri (Anonim, 2011f).

- ✓ **MPPT Şarj Regülatörleri:** Profesyonel şarj denetleyiciler MPPT (Maksimum Güç Noktası İzleme) tekniğine göre çalışır. MPPT şarj regülatörleri uygun gerilim aralıklarında %98 verimlerde çalışmaktadırlar. Akü özelliklerine göre en uygun şekilde şarj ettiği için akü ömürlerini %50 uzatmaktadır. Bu nedenle sistem ömrü uzadığı için sistem maliyeti de düşmektedir.

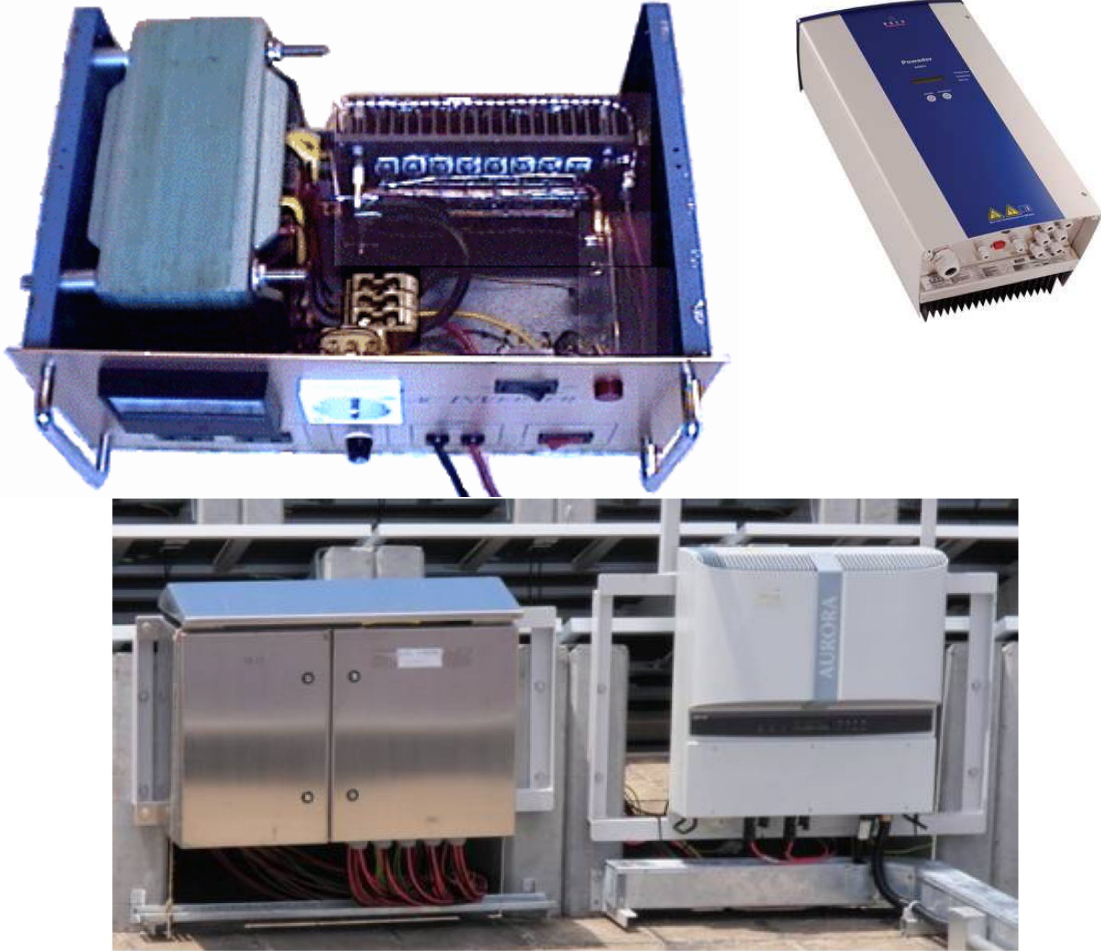


Şekil 84. Değişik markaların MPPT şarj regülatörleri (Anonim, 2011f)

Evirici (İnverter)

İnverterler (eviriciler) temel yapı olarak, doğru gerilimden genliği ve frekansı ayrı olarak ayarlanabilen alternatif gerilim üreten güç elektroniği çeviricileridir. İnverter çalışmada temel ilke, IGBT, MOSFET, GTO, BJT gibi güç elektroniği yarı iletken anahtarlama elamanlarının uygun şekilde bağlanmaları ve uygun sıra ve zamanda iletim ve kesime sokularak, girişteki doğru gerilimi çıkışta alternatif gerilime dönüştürmektir.

Panellerin ürettiği DC enerjiyi evlerde kullanılan AC enerjiye (220V-50 Hz) çevirir. Tam sinüs özelliği de çamaşır makinesi, bulaşık makinesi ve buzdolabı gibi endüktif yükleri karşılamak ve bozmamak için gereklidir. İnverterin gücü aynı anda çalışacağı düşünülen cihazların anlık toplam gücüne göre seçilmelidir. Örnek vermek gerekirse 2 kW çamaşır makinesi, 300 W televizyon ve 200 W'lık lamba aynı anda çalıştırılmak istenirse 2500 W'lık bir inverter seçimi gerekecektir. Kimi tasarımlarda inverter seçimi saatlik üretilen miktarla aynı yapılmaktadır. Örneğin saatlik üretim 1 kW ise inverter 1 kW güçte çalışacak şekilde seçilmiştir. Ancak saatlik üretim 1 kW olmasına rağmen aküde biriken güçten yararlanarak daha fazla güç tüketen bir cihaz kullanma ihtiyacı doğabileceğinden daha yüksek güçte çalışabilen bir inverter seçimi daha mantıklıdır. İnverter seçimi daha da yüksek tutabilir ancak fiyat yönünden de uygun bir seçenek arandığından ortalama 2500 W'lık bir inverter kullanım için idealdir. Piyasada bu güçteki inverter fiyatı 460 Avro civarındadır. PV sistemlerinde kullanılan değişik kapasitede ve markaların invertörlerin görüntüleri Şekil 85'de verilmiştir.

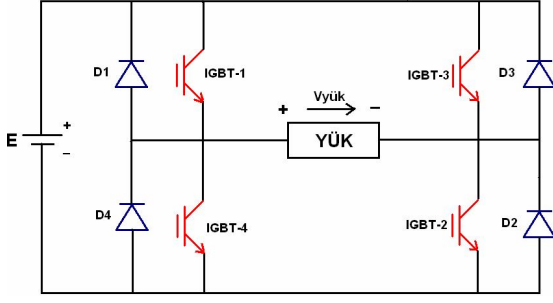




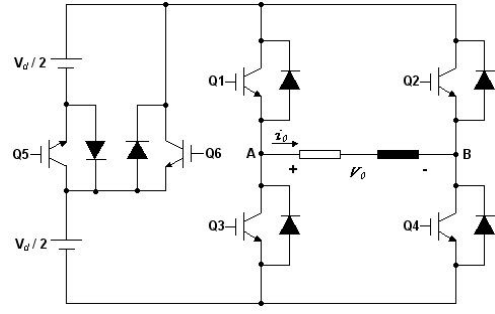
Şekil 85. PV sistemlerinde kullanılan invertörler ve teknik özellikleri (Anonim, 2011f)

İnverterler günümüzde birçok endüstriyel uygulama için vazgeçilemez bir unsur haline gelmiştir. Çeşitli motor tiplerinin denetiminde ve güç sistemlerinde inverterler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı inverterler üzerinde yapılan çalışmalar giderek artmakta ve buna bağlı olarak inverter teknolojisi hızlı bir şekilde gelişmektedir. Tüm yapılan çalışmalarda asıl hedeflenen çıkış gücünün ve yük akımının daha kaliteli olarak elde edilmesidir.

Daha önceleri yapısının ve denetiminin basit olmasından dolayı birçok endüstriyel uygulamada bilinen geleneksel H köprü inverterler (Şekil 86) kullanılmaktaydı. Fakat bu inverter ile elde edilen çıkış yük gerilimi ve akımı büyüklüklerindeki harmoniklerin fazla olması sonucu hassas uygulamalarda bu inverterin kullanılmasının uygun olamayacağı düşünülerek H köprü inverterlerden birçok uygulama için vazgeçilmiştir. Bunların yerine çok katlı inverter teknikleri (Şekil 87) geliştirilmiş ve tek ve üç fazlı çok katlı inverterler birçok uygulama için popüler hale gelmeye başlamıştır. Yapılan çalışmalarda çıkış gerilimdeki seviye sayısının artmasına bağlı olarak yük akımı harmoniklerinin azaldığı ve bunun da inverter performansını oldukça arttırdığı izlenmiştir. Çıkış gerilimindeki seviye sayısını arttırmak için birçok yeni yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yeni anahtarlama teknikleri ile aynı anahtarlama frekansında H köprü inverterlere göre daha az harmonikli çıkış gerilimi ve akımı elde edilmiştir.



Şekil 86. Geleneksel H Köprü İnverterin yapısı.



Şekil 87. Tek faz beş seviyeli inverterin yapısı

- ✓ *On-Grid (Şebeke içi)*: Güneş panellerinden gelen doğru akımı alternatif akıma çevirerek şebekeye satış yapabilen veya şebekeye verebilen inverterlerdir.



Şekil 88. Değişik markaların On-Grid inverterleri (Anonim, 2011f)

- ✓ *Off-Grid (Şebeke dışı)*: Güneş panellerinden gelen doğru akımla aküleri şarj edip, akülerden aldığı doğru akımı alternatif akıma çeviren inverterlerdir.



Şekil 89. Değişik markaların Off-Grid inverterleri (Anonim, 2011f)

Akü

Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, istenildiğinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihazlardır. Güneş Enerjisi ile üretilen enerjinin depolanmasında en çok aşağıdaki akü tipleri kullanılmaktadır.

- ✓ **OPzS Akü:** Az bakımlı, Tüplü Sabit Tesis (OPzS) Akümülatörleri sistemlere kesintisiz enerji kaynağı olarak bağlanmak üzere üretilmiş sabit tesis (stand-by) akülerdir. Kullanıcı için yüzdürme gerilimiyle çalışma sistemiyle minimum bakım gerektirir ve düşük enerji maliyetlidir. Temel özelliği olan düşük antimonlu kurşun alaşımı, kendi kendine deşarjını azaltarak su kaybı oranını büyük ölçüde düşürür. Aktif maddeyi tutuşu ve şarj-deşarj kabiliyeti aynı seviyededir.
- ✓ **Jel Akü:** Soğuk ortam sıcaklıklarında daha uzun kullanım ömrü ve daha iyi performans sağlayan silikon jel teknolojisi ile üretilmektedir. Jel Akü modelleri özel seperatör ile donatılmış olup, tam kapalı, bakım gerektirmeyen akülerdir. Jel Akülerin derin deşarj döngüsü AGM aküler ile kıyaslandığında %50 daha fazladır. Yüksek güvenilirlik ve kaliteye sahiptir.
- ✓ **Kuru Akü:** Kuru aküler, TP ve TPD (yüksek akım kapasiteli) modelleriyle, performansı ve uygun fiyatlarıyla yaygın bir kullanıma sahiptir. Tamamıyla kapalı, bakımsız kuru tip akülerdir. Çok geniş bir ısı yelpazesinde çalışabilir. Emniyet valfleriyle teçhiz edilmiştir. Uzun ömürlü, sağlam ve uygun dizayn yapısına sahiptir. Çok döngülü çalışma imkânı ve yatay, dikey herhangi bir pozisyonda çalıştırılabilirler. Ters çevrilse bile asit sızdırmazlar. Yeni nesil AGM VRLA teknolojisi Kurşun - Kalsiyum gaz yeniden şekillendirilmesine ve yüksek performanlara sahiptirler (Anonim, 2011f).



Şekil 90. PV sistemlerinde kullanılan akü ve akü grubu.

2.3.4. Güneş takip sistemleri

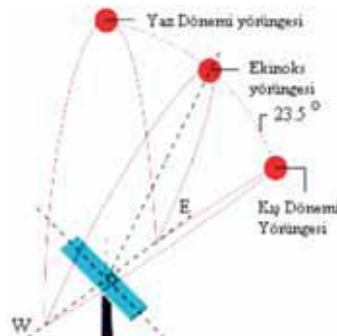
Güneş izleme sistemleri güneş ışınlarından faydalanma oranının aktif olarak yüksek tutulması amacı ile yapılmış sistemlerin tamamına verilen genel isimdir. Güneş

izleme sistemleri güneş termal enerji sistemlerinde, PV sistemlerinde ve gün ışığı ile aydınlatma projelerinde kullanılmaktadır. PV sistemleri ile üretilen elektriğin şebekeye verildiği durumlarda güneş izlemeli sistemlerin sabit sistemlere nazaran daha kararlı olması çoğu yenilenebilir enerji kaynağında olduğu gibi güneş enerjisi için de bir problem olan devamlılık zaafının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Güneş izleme sistemleri yıllık olarak %35'e varan enerji üretim verim artışı sağlamaktadır. Verim değerleri mevsimlere göre farklılık göstermekte; özellikle kış aylarında güneş izlemeli sistemlerin verimleri sabit sistemlerin verimlerine göre daha yüksek olmaktadır.

Güneş izleyen sistemlerin ticari kullanımının yaygınlaşabilmesi için bu sistemlerin güneşten elde edilen toplam enerjiyi artırmasının yanı sıra dayanımlarının yükseltilmesi ve maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir. İzleme sisteminin tükettiği enerjinin, sağlayacağı enerji artırımının %2-3'ü olduğu düşünülürse bu sistemlerin özellikle büyük güneş panelleri veya ısı dönüşüm sistemlerinde kullanılması uygun olacaktır. Dolayısıyla, izleme sistemlerinin tasarımında güç tüketimi önemli bir kıstas olarak dikkate alınmalıdır.

Güneş izlemesi yapılırken kuramsal olarak kazanç çok yüksek gibi görünse de, pratik uygulamalarda kazanç sadece tatmin edici düzeydedir. Genellikle izleme sistemleri yıllık olarak en az %33 gibi bir enerji üretim verim artışı sağlar. Tabii bu değer tek veya çift eksenli izleme yapılması ve sistemin izleme için ne kadar enerji harcadığına, meteorolojik şartlara, kullanılan PV türüne, dünya üzerinde bulunulan konuma göre değişiklikler göstermektedir.

Şekil 91'de görüldüğü gibi güneş ışınlarının dünyaya geliş açısı iki etkenle değişmektedir. Bunlardan ilki dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinden dolayı güneş ışınlarının gün içerisindeki geliş açılarının değişmesidir. İkincisi ise dünyanın güneş etrafında dönüşü sırasında güneş ışınlarının geliş açısıdır. Bu açı mevsimsel olarak değişmektedir. Bu nedenle bu iki değişimi de doğru olarak takip etmek gerekir. Takip edecek sistemin en az iki eksenli hareket ediyor olması gereklidir.



Şekil 91. Güneşin yerküre üzerindeki gözlemciye göre hareketi

2.3.4.1. Güneş izleme sistemleri çeşitleri

İzleme sistemleri çalışma prensiplerine göre üçe ayrılabilir. Pasif, algılayıcı ve astronomik veriler ile izleme.

Pasif izleme sistemleri

Pasif izleme sistemleri aynı zamanda akışkanlı sistemler olarak da adlandırılmaktadır. Bu sistemlerde hiç bir elektronik eleman veya motor kullanılmamaktadır. Borular içindeki akışkan güneş ışınları ile ısınarak genişir, genişen akışkan pistonları hareket ettirir ve güneş izlemesi yapılır. Genellikle akışkan olarak freon kullanılan sistemlerde, çok hassas bir izleme gerçekleştirilemez de, izleme için gereken enerji güneşten sağlandığı için avantajlıdır.

Algılayıcı izleme sistemleri

Pasif izleme sisteminin dışında kalan diğer iki sistem izlemelerini elektronik olarak gerçekleştirir. Algılayıcı olarak LDR, LED, foto diyot kullanılabileceği gibi küçük bir PV de kullanılabilir. Algılayıcı sistemlerde, ışığın şiddetine duyarlı algılayıcılar uygun şekilde konumlandırılır. Bir elektronik karşılaştırıcı devre algılayıcıların ürettiği sinyalleri birbirleri ile kıyaslar. Işık şiddetinin fazla olduğu yöne doğru yönelim motor yardımıyla sağlanır. İzleme doğruluğu algılayıcı hassasiyeti ve elektronik devre ile ayarlanabilir. Bu sistemlerde 0,5°-1° doğruluk elde etmek mümkündür. Yüksek doğruluk özellikle güneş-ısı dönüşümlerinde odaklama prensibi ile çalışan sistemler için önemlidir. PV'ler için ise 1°'lik doğruluğa gerek duyulmaz.

Algılayıcı sistemlerde ışık şiddetleri birbirleri ile kıyaslandığı için düşük ışık şiddetlerinde bile izleme devam eder. Bu hem olumlu hem de olumsuz bir özellik olabilir. Gün doğumu, gün batımı, yağmur, kar, sis gibi durumlarda sistem doğrudan gelen ışınım ne olursa olsun, en çok ışınım gelen yöne dönme eğilimindedir. Bu da en yüksek enerji üretimini sağlasa da, en çok ışık gelen yönün bulunması için sistemin tarama durumunda kalmasını ve izleme için motorun daha çok enerji harcaması anlamına gelir. Uzun süreli yağışlarda ve çok bulutlu günlerde sistem ürettiğinden daha fazla enerjiyi kendisi için harcamak zorunda kalabilmektedir. Buna ek olarak ise, az bulutlu günlerde, hem doğrudan gelen ışınım, hem de bulutlardan yansıyan ışınım ile 1300 – 1400 W/m²'lik değerlere çıkan ışınım şiddetlerinde hassas izleme sayesinde

PV'nin katalog değerleri bile aşılabilmektedir. Bu duruma “Eye of Cloud” etkisi denilmektedir. Tek eksenle izleme yapan çoğu izleme sistemi, doğu batı ekseninde izleme gerçekleştirirken güneş yükseklik açısını sabit tutmaktadır. Bunun sebebi Türkiye için yükseklik açısı sadece 72° değişirken, doğu batı ekseninde 240° 'lik bir değişimin olmasıdır.

Astronomik veriler ile izleme

Astronomik verilerle izleme sistemleri algılayıcı sistemler ile benzer prensipte çalışır ancak, motorların hareketi için gereken sinyal algılayıcılardan gelen sinyallerin kıyaslanması sonucu değil, bir algoritma tarafından üretilir. En büyük artısı, doğrudan güneş ışınımının soğurulması için istenilen hassasiyette izleme yapabilmesidir. İzleme için kullanılan program istenirse 0.01° , istenirse 25° hassasiyet ile doğrudan gelen ışınları, hem de güneşi hiç görmeden, algılamadan yapabilir. En büyük eksisi ise, dolaylı ışınları algılamak mümkün olmadığı için bu ışınları bilinçli olarak değerlendirmek mümkün değildir. Yani “Eye of Cloud” etkisi olduğu durumda algılayıcı sistemlere göre daha az verim sağlamaktadır. Ancak unutulmamalıdır ki “Eye of Cloud” etkisi kısa sürelidir ve ardından bulutluluk durumuna girilmesi muhtemeldir.

2.3.4.2. Güneş İzleme Sistemlerinin Karşılaştırılması

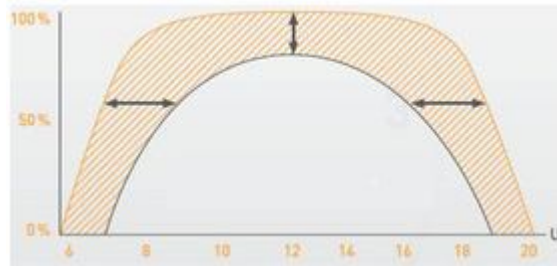
Astronomik verilerle izleme sistemlerinde geliştirilecek bir yazılım ile sistemin kullanılmak istendiği yer için güneşin yıl boyu konumunun bilinmesi ve programa eklenmesi, astronomik verilerle yapılacak izleme için yeterlidir. Algılayıcı sistemler çok hassas bir şekilde güneşi izledikleri için motora fazla dur/kalk yaptırmaktadır. Bu da astronomi değerleriyle yapılan izlemeden daha fazla enerji tüketimine yol açmaktadır.

Astronomi verileri ile yapılan izlemelerde 15° 'lik hassasiyet değerlerini elde etmek mümkündür. Bu hassasiyet PV sistemleri için yeterlidir. Kosinüs 15° değeri bize ışınımdan faydalanma oranını verir, bu da 0,966'dır. Yani 15° hassasiyetle izleme yapan bir PV sistemi güneş ışınımından %96,6 veya daha fazla oranda faydalanacaktır. Sistemin az hareket etmesi demek, az enerji tüketmesi anlamına geldiğinden sistemin genel veriminin artmasını sağlar.

Algılayıcı sistemler özellikle yağmurlu havalarda tarama durumuna gelerek, hangi yönde ışığın daha fazla olduğunu anlamak amacı ile hareket etmekte, yani fazladan enerji tüketmektedir. İzleme sistemlerinin kurulumu aşamasında algılayıcı sistemler, kolay kurulumları sayesinde, rahatlık sağlamaktadır. Astronomik değer ile izleme sistemlerinin güney değeri kurulum sırasında doğru olarak ayarlanmalıdır. Ayrıca kurulumun ardından sisteme enlem, boylam, saat, tarih bilgileri doğru şekilde girilmelidir. Aksi durumlarda izleme düzgün bir şekilde yapılamayacaktır. Buna karşın algılayıcı sistemlerde kurulum rahatlıkla yapılabilir, teknik olarak dikkat edilmesi gereken bir bileşen yoktur, sistem güneyin neresi olduğundan, saatin ve tarihin değişiminden bağımsız olarak çalışmaktadır. Algılayıcı sistemlerde, algıcının zedelenmesi, bozulması durumunda sistem artık düzgün olarak çalışamayacaktır. Algıcın üstünün tozlanması, pislenmesi olası durumlardır. Aynı zamanda, kıyaslanan algılayıcıların özdeş olmaması sistemde sürekli hatalara yol açabilir.

2.3.4.3. Güneş izleme sistemlerinin faydası

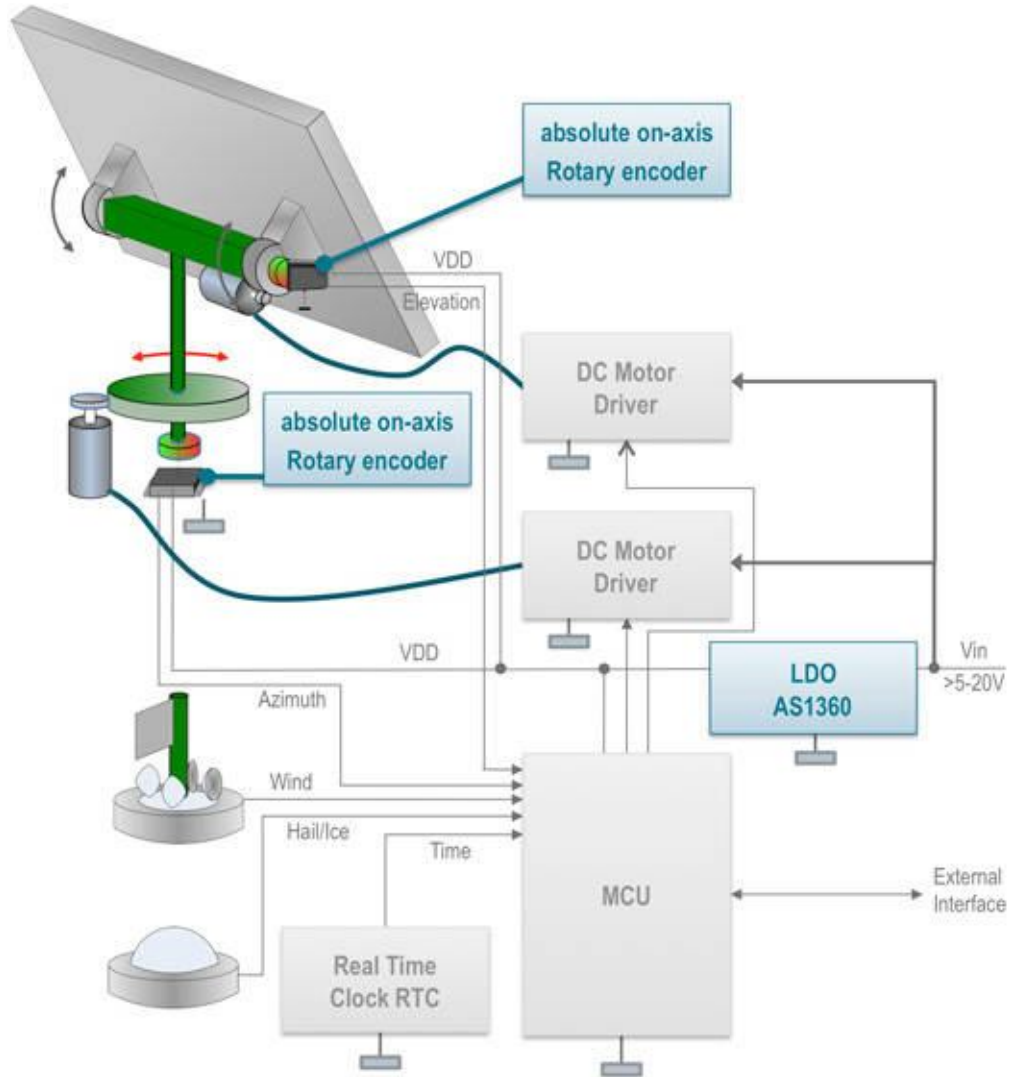
Deger Energie firmasının izleme sistemlerinin kullanıldığı Almanya'daki Solar Park Horb'dan enerji üretim değerleri internet üzerinden yayınlanmaktadır. Şekil 92'de bir gün içerisinde optimum açı ile sabit yerleştirilmiş bir sistem ile güneş izleyen eşdeğer iki sistemin karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 92'de taralı alan güneş takip sisteminden faydalanma oranını göstermektedir.



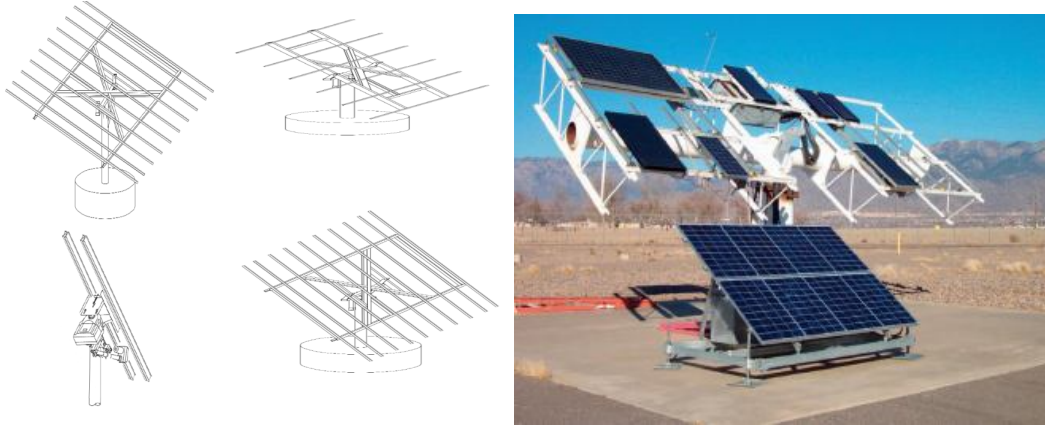
Şekil 92. Güneşli bir yaz gününde sabit sisteme göre izleme sistemi ile faydalanma oranı değişimi (Anonim, 2011u)

Sabit sistem kesikli çizgiler ile gösterilmiştir. 12 adet 150 Wp'lik PV panel taşıyan çift eksenli algılayıcı yardımcı izleme gerçekleştiren bir sistem ile sabit konumlandırılmış bir sistemde üretilen enerjiler arasında %50'den fazla farkın olduğu günler mevcuttur. Sistem ile elde edilen değerlerin iki yıllık toplamına bakıldığı zaman ise izleme sistemi % 39 civarında bir artış sağlamaktadır.

Şekil 93'te çift eksenli güneş takip sisteminin elemanları şematik olarak gösterilmiştir. Sistemde güneşi takip için 2 adet DC motor ve sürücüsü vardır. Ayrıca sensör sisteminden gelen bilgiye göre DC motorları süren bir elektronik kart mevcuttur. Sistemde rüzgâr hızı da ölçülmektedir. Rüzgâr hızının ölçülmesinin sebebi, sistemin kurulduğu bölgede oluşabilecek aşırı rüzgârlarda sistemin zarar görmesini önlemektedir.



Şekil 93. Güneş izleme sistemi şematik görünüşü (Anonim, 2011v)

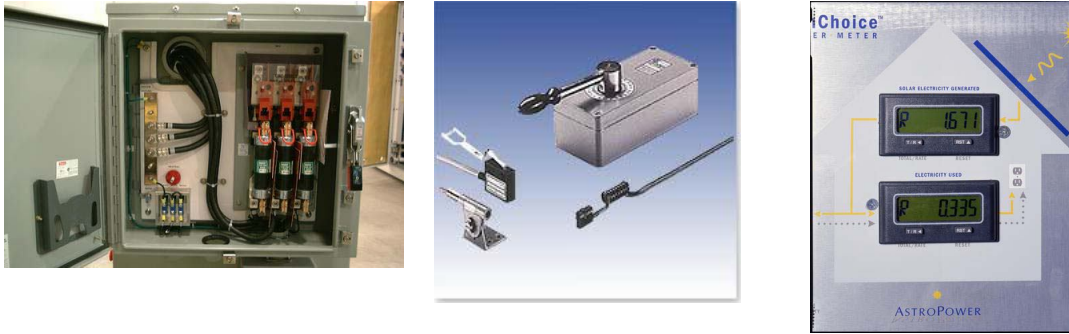


Şekil 94. Güneş takip sistemi ve mekanik kısmı (Anonim, 2011v)

2.3.5. PV sistemlerinin diğer ekipmanları

2.3.5.1. Elektrik Devre Elemanları

PV sistemlerinde ayrıca devre kesiciler, anahtarlar, sigortalar, çift yönlü sayaç ve kablolar gibi elektrik devre elemanları kullanılmaktadır (Şekil 95).



Şekil 95. Elektrik devre elemanları (Anonim, 2011f)

Fotovoltaik sistemlerde kablonun seçimi ihmal edilmemelidir. Bilhassa DC (doğru akım) sistemlerin hesaplanmasında dikkat edilmesi gereken ana faktörlerinden birisidir ve dikkat edilmediğinde oluşan zararın maliyeti yüksektir. Fotovoltaik sistem kurumunda sistemin hesaplanması ve gereken ürünlerin seçimi kolay değildir ama genelde ihmal edilen bağlantı ürünlerinin önemi fazlasıyla yüksektir. Bir sistemin maliyetini incelendiğinde, bağlantı parçalarının değeri yaklaşık %5 ile sınırlıdır. Fakat

bağlantı ürünlerinde yanlış seçim yapıldığında, yangın tehlikesi ile karşı karşıya kalarak maddi zarara uğranabilir ve daha önemlisi insan hayatına zarar verebilir. Solar sistem iki bölüme ayrılabilir: Sistem-Akü [SA] ve Akü-Tüketici [AT]. SA bölümü DC (doğru akım) bölümüdür ve genelde 12, 24 veya 48 V DC olarak kurulur. SA bölümünde güneş pilleri sayesinde üretilen elektrik akım, şarj regülatörü üzerinden akülere depolanır. Sistemin gücü 1000 W olarak alındığında ve sistem 12 VDC olarak kurulmuş ise; $I = 1000 \text{ W} / 12 \text{ V} = 83.3 \text{ A}$. Burada akım panel gücünün panelde oluşan ve şarj regülatöründe düzeltilmemiş gerilime (17V) bölünerek hesaplanmıştır. Sistemde şarj regülatör bulundurulmasının temel sebebi de bu çıkış geriliminin regüle edilerek akünün nominal değerinde (12V) şarj olmasını sağlamaktır. Bu sistem için seçilmesi gereken bağlantı kablosunu en az 58 A akım taşıma gücüne sahip olması gerekmektedir.

Çizelge 17'de çeşitli amper ve kablo uzunlukları için gereken ve standart olan kablo kesitleri sunulmuştur. Çizelge 17'de görüldüğü gibi saatte 58 A akım taşıma gücüne sahip olması gereken saatte 1 kW güç üretecek şekilde tasarlanan güneş paneli sistemi için 4 metreden uzun mesafeler için 35 mm² kesitinde kablo kullanılması uygun görülmektedir.

Çizelge 17. Solar panel sistemlerinde kablo seçimi

Kablo Uzunluğu [m]	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-9
Amper [A]	Kablo Kesiti [mm ²]							
0-20	2,5	6	6	6	10	10	10	10
21-36	6	6	10	10	20	20	20	35
37-50	6	6	10	10	20	20	20	35
51-65	10	10	20	35	35	35	35	35
66-85	20	20	35	35	35	35	35	35
86-105	20	20	35	35	35	35	35	35
106-125	35	35	35	35	35	35	35	35
125-150	35	35	35	35	35	35	35	35
151-200	35	35	50	50	50	50	50	50

2.3.5.2. Mekanik Bağlantı Elemanları

Mekanik bağlantı elemanları, PV panellerin yerleştirileceği yere montaj edilmesinde kullanılmaktadır. Genellikle hafif olmasından dolayı alüminyum malzemedен üretilirler. Panelleri tutan raylar, vidalama veya beton bloklar kullanılarak zemine tutturulur. Daha sonra rayların üzerine panelleri tutturmak için değişik tiplerde

vidalı alüminyum parçalar kullanılır. Bunlar panellerin arasında, başlangıç ve bitiş kısımlarında bulunurlar.

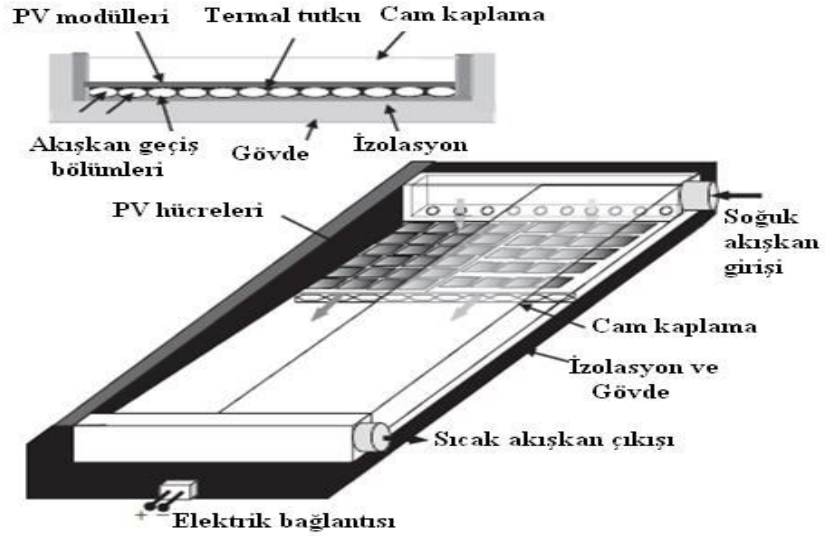


Şekil 96. Mekanik Bağlantı Elemanları

2.3.6. PV/T Sistemler

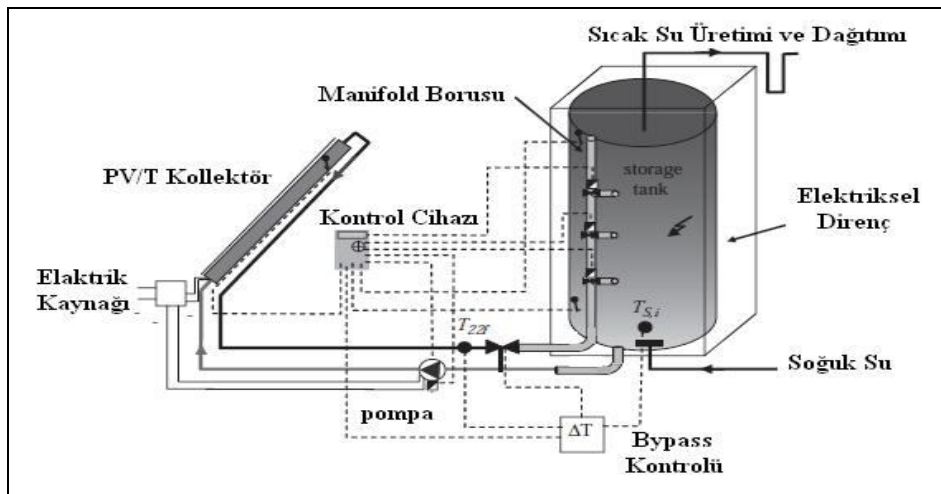
PV/T sistemler, PV modüllerin ve geleneksel güneş panellerinin tek bir parçaya indirgenmiş halidir. PV panel üzerine düşen ışınım miktarının % 80'den fazlası elektrik enerjisine dönüştürülememekte ve kullanılmayan bu ışınım miktarı ya yansıtılmakta ya da ısı enerjisiye çevrilmektedir. Bunun sonucunda PV modülün yüzey sıcaklığı artar ve genellikle PV veriminde düşüş meydana gelir. PV sistemlerde çıkış gücü; ışınım miktarına, ortam sıcaklığına, rüzgâr hızına ve çalışma sıcaklığına bağlıdır. PV/T sistemlerde öncelik, artan çalışma sıcaklığına bağlı olarak azalan PV verimini arttırmaktır. PV sistemlerde her bir °C sıcaklık artışına karşılık PV verimi % 0.4-0.5 arasında düşer. Bu düşüşü önlemek için yüzeyden bu ısıyı çekmek ve çalışma sıcaklığını optimum düzeyde tutmak gereklidir. Bu ısıyı çekmek için güneş panelinin alt kısmında bir akışkan dolaştırılır. Genellikle akışkan olarak hava veya su tercih edilir.

Bu yolla PV panel yüzeyindeki fazla ısı akışkana ısıl enerji olarak depolanır ve kullanılabilir hale getirilir (Tiwari ve Dubey, 2010).



Şekil 97. Fotovoltaik-termal solar kolektör (Cristofari ve ark., 2009)

Tüm ekipmanlarıyla bir PV paneli ve su ısıtma sistemi Şekil 98'de gösterilmiştir. Burada, güneşten gelen ışınım PV/T kolektörün üst yüzeyinde bulunan fotovoltaik hücrelere çarpar ve elektrik üretimi başlar. Süreç devam ederken ısınan fotovoltaik hücrelerin arkasında dolaşan su, bu ısıyı alır ve pompa vasıtasıyla boylerin serpantininde dolaştırılırken boylerin haznesindeki suyu ısıtır. Isınan bu su, kullanım sıcak suyu olarak değerlendirilir.



Şekil 98. Solar elektrik sistemi ile su ısıtma sisteminin beraber kullanımı (Cristofari ve ark., 2009)

2.4. Örnek Santraller (Evsel, Tarımsal ve Endüstriyel uygulamalar)

Bu bölümde güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan büyük santraller ve küçük uygulamaları dünya ve Türkiye için ayrı ayrı ele alınarak çeşitli görselleri gösterilmiştir.

2.4.1. Dünyadaki PV uygulamaları



Şekil 99. Kaohsiung Stadyumu (Tayvan) 3.300 m²'lik alanın aydınlatması, 1,140 MW/yıl (Anonim, 2011k)



Şekil 100. Montalto di Castro Güneş Santrali (İtalya) (33 MW kurulu güç, 16,000 konutun elektrik ihtiyacı karşılanmakta) (Anonim, 2011k)

2.4.2. Dünyada CSP Uygulamaları

Elektrik üretimi için dünyadaki bazı kurulu CSP santralleri Çizelge 18'de verilmiştir. Çizelge 19'da ise, inşaat aşamasındaki bazı CSP santralleri sunulmuştur. Şekil 101'de Solnova, PS10, PS20 santrallerinin beraber görüldüğü bir görsel bulunmaktadır.

Çizelge 18. Elektrik üretimi için dünyadaki bazı kurulu CSP santralleri (Anonim, 2011k)

Kapasite (MW)	İsim	Ülke	Konum	Teknoloji tipi
354	Solar Energy Generating Systems	ABD	Mojave Desert, California	Parabolik yansıtıcı
150	Solnova Solar Power Station	İspanya	Sanlúcar la Mayor	Parabolik yansıtıcı
150	Andasol Solar Power Station	İspanya	Guadix	Parabolik yansıtıcı
100	Extresol Solar Power Station	İspanya	Torre de Miguel Sesmero	Parabolik yansıtıcı
100	Palma del Rio Solar Power Station	İspanya	Palma del Río	Parabolik yansıtıcı
100	Manchasol Power Station	İspanya	Alcázar de San Juan	Parabolik yansıtıcı
100	Valle Solar Power Station	İspanya	San José del Valle	Parabolik yansıtıcı
75	Martin Next Generation Solar Energy Center	ABD	Indiantown, Florida	ISCC
64	Nevada Solar One	ABD	Boulder City, Nevada	Parabolik yansıtıcı
50	Ibersol Ciudad Real	İspanya	Puertollano, Ciudad Real	Parabolik yansıtıcı



Şekil 101. Solnova'ya ait üç parabolik güneş enerjisi santrali ve PS10 ile PS20 güneş kule sistemleri (Anonim, 2011k)

Çizelge 19. Elektrik üretimi için dünya üzerinde kurulmakta olan bazı CSP santralleri (Anonim, 2011k)

Kapasite (MW)	İsim	Ülke	Konum	Teknoloji tipi
370	Ivanpah Solar Power Facility	ABD	San Bernardino County, California	Kule sistemi
280	Solana Generating Station	ABD	West of Gila Bend, AZ	Parabolik yansıtıcı
250	Mojave Solar Park	ABD	San Bernardino County, California	Parabolik yansıtıcı
250	Ashalim Power Station	İsrail	Negev Desert	Parabolik yansıtıcı
110	Crescent Dunes Solar Energy Project	ABD	Nye County, Nevada	Kule sistemi
100	Solaben 2, 3	İspanya	Logrosan	Parabolik yansıtıcı
100	Helios 1+2	İspanya	Ciudad Real	Parabolik yansıtıcı
100	Shams	BAE	Abu Dhabi	ISCC
100	Solacor 1+2	İspanya	Madinat Zayad El Carpio	Parabolik yansıtıcı
100	Termosol 1+2	İspanya	Navalvillar de Pela (Badajoz)	Parabolik yansıtıcı

2.4.3. Türkiye'deki PV uygulamaları

Türkiye'de güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapan santral bulunmamaktadır. Fakat binaya entegre şebekeye bağlı güneş-PV uygulamaları küçük ölçekte bazı sistemlerde kullanılmakta olup bu sistemlerin toplam gücü yaklaşık 1500 kW'tır. Kurulmuş bazı örnekler şu şekildedir;

- ✓ Toyota Türkiye Sakarya Fabrikası girişinde 14 kW'lık şebeke bağlantılı sistem (176 adet x 80 W güneş paneli),
- ✓ Türkiye'deki binaya entegre şebeke bağlantılı en büyük PV sistem uygulaması Muğla Üniversitesi Rektörlük Binası'nda cephe kaplaması olarak gerçekleştirilmiştir. Amorf silisyum tek-eklemlili ve üç-eklemlili ince film modüllerden oluşan PV sistemi 40 kWp (210 adet 140 Wp, 10 adet 75 Wp binada, 64 Wp kulelerde) kurulu güce sahiptir. Muğla Üniversitesi Yerleşkesinde toplam 94 kWp güç ile elektrik enerjisi ihtiyacının % 3,5'i karşılanmaktadır.
- ✓ Toplam 300 kW gücünde güneş enerjili sistem Türk Telekom'un toplam 28 değişik ildeki 324 SDH merkezinde (SDH; Synchronous Digital Hierarchy) radyolink istasyonu kullanılmaktadır.
- ✓ GSM istasyonlarında (Çeşme GSM istasyonu vb) Halen çeşitli ölçekte yapılmış güneş enerjili aydınlatma sistemleri bazı belediyelerde park ve bahçe aydınlatmalarında (Konya, Isparta, Etimesgut, Esenler ve Avcılar Belediyeleri vb.) bazı fabrikalarda (Toyota, Kent ve Şişecam fabrikaları vb.) otopark aydınlatmalarında kullanılmaktadır.
- ✓ Su arıtma sistemleri bazı otellerde (Fethiye Hillside, toplam 5,6 kWp güneş-PV sistem (72 adet 80 Wp gücünde) kullanılmaktadır.



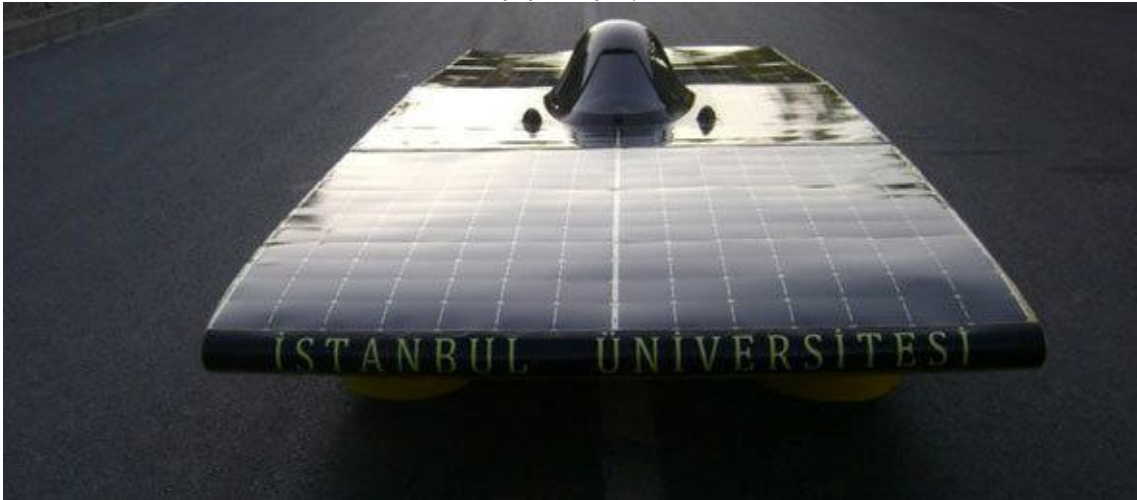
Şekil 102. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir (Anonim, 2011y)



Şekil 103. Muğla üniversitesi Rektörlük



Şekil 104. Güneş izleyicisi sistemi ile destekli, yenilenebilir enerji ile çalışan ilk baz istasyonu (İzmir'in Çeşme ilçesi)



Şekil 105. İstanbul Üniversitesi Güneş Arabası SOCRAT



Şekil 106. Muhtar Evleri Solar Elektrik Üretim Sistemi Uygulama Projesi

2.4.4. Türkiye'deki CSP sistemi örnekleri

Ülkemizde CSP sistemleri daha çok araştırma amaçlı olup proses akışkanı ısıtılmasında kullanılmaktadır. Hitit Solar- Zorlu CSP projesi örnek verilebilecek bir parabolik toplayıcı CSP santralidir. Şekil 107'de Hitit Solar- Zorlu CSP projesi görülmektedir. Ayrıca TÜBİTAK-MAM'ın ve bazı üniversitelerimizin test ve ölçüm amaçlı çok küçük kapasiteli CSP düzenekleri mevcuttur. Bu düzeneklerde daha çok güneş takip sistemlerine odaklanılmaktadır.

Güneş Enerjisi:
Hitit Solar- Zorlu CSP Projesi
Yer: Denizli Kızıldere Jeotermal Santrali
Kapasite: 500 kWt buhar
6 M açıklıklı 200 m uzunlukta seri bağlı kolektör
4. nesil prototip
Özgün tasarım



Denizli pilot projesi

Şekil 107. Hitit Solar- Zorlu CSP projesi

2.5. Güneş Enerjisi Ölçümleri

Güneş enerjisi ile çalışan aletlerin ve güneş enerjisi santrallerinin planlanması ve kurulumu için belirlenen noktalardaki güneş ışınım verilerinin hassasiyeti çok

önemlidir. Güneş ışınımı güneşten elektrik üreten sistemler için yakıt sayılabileceği için maliyetler üzerinde güçlü bir etkisi bulunmaktadır. Güneş ışınımının yıllık toplamdaki değişimleri, yapılması planlanan bir santralin kaderini belirleyebilmektedir. Ne yazık ki uygun yerler için geçerli meteorolojik veriler de sıklıkla bulunmamaktadır. Elde bulunan imkânlarla, seçilen belirli alanlar için ışınım değerleri genişçe yayılmış verilerden çeşitli interpolasyonlar sonucunda hesaplanabilmektedir. Fakat bu değerler yüksek hata oranları içerdiği için kurulması planlanan güç santrallerinin hesaplamalarında kullanılması için yeterli değildir. Uydulardan alınan verilerle birlikte yerinde yapılan kesin ölçümlerle santral planlamaları gerçekleştirilebilir.

Güneş ışınımı ölçümleri veya güneş enerjisi dönüşüm santrallerinin verimliliği ve enerji üretim tahminleri gibi çalışma ihtiyaçlarını destekleyecek iki sistem bulunmaktadır. Her iki konfigürasyonda direk ışınım, yayılı ışınım ve toplam ışınım için değerleri vermektedir. Güneş ışınımını ölçen aletler ve özel isimleri Şekil 108'de verilmiştir. İstenildiği takdirde sisteme ek meteorolojik ölçüm cihazları da eklenebilmektedir.

Direct Normal Işınım	Yataya Gelen Toplam (Global) Işınım	Yayıllı (Diffüz) Işınım
Pirheliyometre tarafından güneş izleyici yörünge sistemleri yardımıyla ölçülmektedir	Yatayda Piyranometre ile ölçülmektedir	Gölgelendirilmiş Piyranometre ile ölçülmektedir. Aynı zamanda İzleyici Topları da Bulunmaktadır

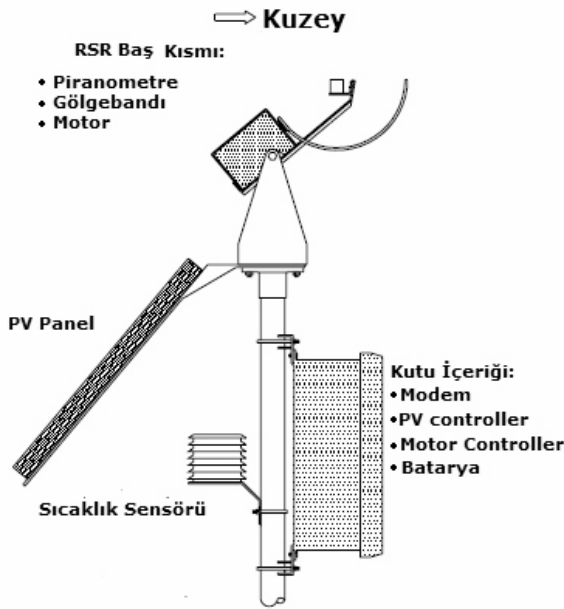


Şekil 108. Güneş ışınımını ölçen aletler (Şahin, 2008)

Her iki sistem içinde yerleştirileceği alanı iyi temsil edebileceği ve tüm yıl boyunca güneş ışınımını ölçebileceği yerler seçilmelidir. Bu alanlarda cihazları gölgeleyebilecek veya ışınımı yansıtabilecek herhangi bir engel bulunmamalıdır.

2.5.1. Silikon fotodiyot radyometreler

Düşük maliyetleri nedeniyle birçok uygulama için yeterlidir. “Rotating Shadowband Radiometer” (RSR) yani Dönen Gölgebantlı Radyometre denilen bu sistem piranometrede kullanılan yüksek hızlı tepki özelliğine sahip silikon fotodiyot detektörün özelliklerinden yararlanılarak tasarlanmıştır (Şekil 109). RSR sistemi ek meteorolojik cihazlarında bağlanabileceği bir veri kaydedici içermektedir. Sistem küçük güçlü PV panellerle kendi elektriğini üretmektedir ve elektrik bağlantısı olmayan alanlar için uygun bir sistemdir.



Şekil 109. Silikon Fotodiyot Radyometre şematik gösterimi ve görünüşü (Bağcı, 2009)

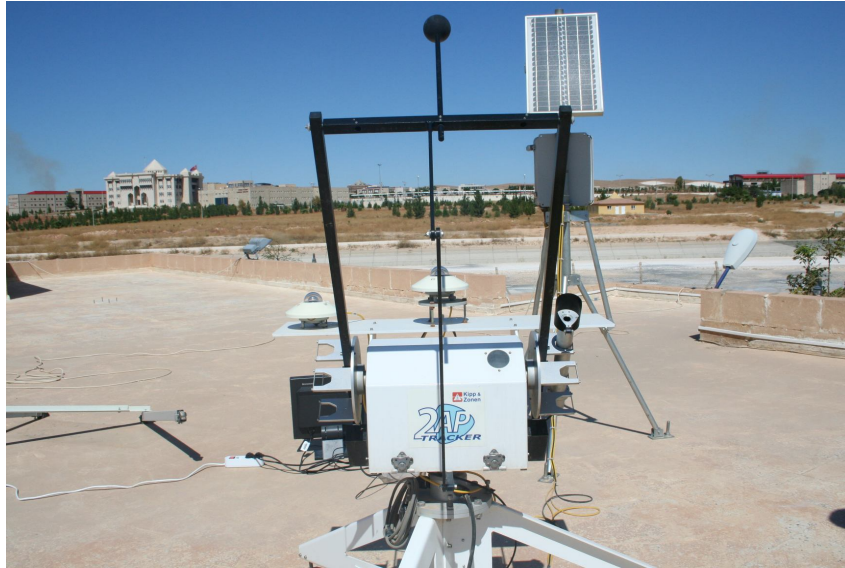
2.5.2. Termopil Radyometreler

Yüksek maliyetinin ve bakım gerekliliğinin yanında, toplam yayılı ve direk ışınım için en iyi ölçümleri sunan bir sistemdir. Bu sistem enerji yatırımları için projelendirme ve santral verimliliğini belirlemede kullanılabilecek en iyi seçenektir. Sistem hiçbir zaman kesintiye uğramaması gereken bir elektrik kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Bu kaynakta, kurulacak şebekeden bağımsız PV panel sistemiyle elde

edilebilir. Fakat akü, regülatör ve evirici ile birlikte bu sisteme artı bir maliyet getirmektedir.

RSR sistemlerine göre daha fazla bakım gerektiren bu sistemde günlük sensör temizliği ve güneş takip cihazının hizasının kontrol edilmesi şarttır. Eğer bakım gereklilikleri yerine getirilmezse yüksek tutarlar ödenerek elde edilmeye çalışılan yüksek hassasiyet oranının yakalanması zorlaşacaktır (Bağcı, 2009).

Yüksek hassasiyetli güneş takip sistemli, güneş ışınımı ölçüm sistemi Şekil 110'da gösterilmiştir. Sistem, toplam ışınımı ölçmek için 1 adet piranometre, difüz ışınımı ölçmek için 1 adet piranometre ve gölge topu ve direkt güneş ışınımını ölçmek için 1 adet pirheliyometre ve güneş takip sisteminden oluşmaktadır. Ölçülen veriler datalogger cihazına kaydedilmektedir. Veriler daha sonra belirlenen formatta bilgisayara aktarılmaktadır. Datalogger cihazının güç beslenmesi için bir adet PV panel ve batarya kullanılmıştır. Güneş izleyici gücünü şebeke elektriğinden almaktadır. Datalogger ise PV panelle beslenen bataryadan enerji çekmektedir. Güneş izleyici, güneşi izlemeyi doğu-batı yönünde ve güneş azimut yüksekliğine göre aşağı-yukarı yönünde olmak üzere iki eksende yapmaktadır.



Şekil 110. Güneş ışınımının tüm bileşenlerini ölçen takip sistemli ölçüm istasyonu (Karacadağ, 2010)

2.5.3. Sistemlerin karşılaştırılması

RSR sistemde kullanılan piranometre çok basit bir cihazdır. Hareketli gölge bandı gibi çeşitli mekanizmalarla desteklenmesiyle toplam ışınım ve yayılı ışınımı ölçüp direk ışınımı hesaplamaktadır. Laboratuar ortamında en iyi koşullarda %5

hassasiyeti yakalayan bu sistemin hata oranı arazi koşullarında %8-10'a çıkabilmektedir.

Termopil radyometreli sistemde ise iki piranometre ve bir piheliyometre kullanılmaktadır. Bu cihazlar WMO ve ISO standartlarına göre "First Class" kabul edilen birinci sınıf cihazlardır. Bu cihazların ölçümlerinde ki hata oranı laboratuvar ortamında %1 civarındadır. Arazi koşullarında ise %5 lik sınırı yakalayabilmektedir.

Enerji yatırımlarında ölçümlerin akredite olup geçerlilik kazanabilmesi için %5'lik sınır aşılmamalıdır. Bu yüzden enerji yatırımı gibi hassas konularda ikinci sistemin tercih edilmesi gerekmektedir.

2.5.4. Ölçüm standartları tebliği

Bilindiği üzere 6094 sayılı kanun EPDK'ya yapılacak olan güneş enerjisi başvurularına ölçüm zorunluluğu getirilmiştir. Daha sonra da EPDK 5 Nisan 2011 deki lisans yönetmeliği değişikliğiyle güneş ve rüzgâr ölçümlerinin yapılma zorunluluğunu getirmiş ve 5 Nisan 2011'deki resmi gazete ile ilan etmiştir.

Bilindiği üzere harita verileri şehir merkezlerine kurulmuş, çevresi yapı ve engelleyicilerle kaplanmış meteoroloji istasyonlarının verileridir. Meteorolojik anlamda veriler doğru olabilir ama enerji planlaması açısından yeterli olmayabilmektedir. Bakanlık güneş enerjisi santral yerlerini, belirli bölgeleri yayınlamıştır. Böylelikle sadece yatırımcıya bölge gösterilmiştir, bire bir santral sahası gösterilmemiştir. Santral sahasının bulunması, yatırıma karar verilmesi, yatırımcının da yapacağı gerçek ölçümlerle ilan edilen bölgeler içerisinde kalmak şartı ile bizzat yatırım yapılacak sahanın seçilmesi önemlidir. Bu da saha içerisine bizzat ölçüm yapılarak anlaşılabilir.

Enerji piyasası düzenleme Kurumu'nun internet sitesinde yayınlanan 11.08.2011 tarihli taslak, Rüzgâr ve Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak amacıyla yapılan lisans başvurularında kaynak bazında standardına uygun ölçüm yapılmasına ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır. Bu taslakta güneş enerjisine ilişkin yükümlülükler, ölçüm cihazlarının özellikleri ve ölçüm süreleri belirtilmiştir. EK-2'de verilen taslak yapılan görüş ve önerilerle son hali verilerek önümüzdeki günlerde yürürlüğe gireceği belirtilmektedir.

2.6. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kullanım Sistemler (Santraller) ve Çeşitleri İçin Örnek Patentler ve Uygulamalar

Çalışmanın bu kısmında güneş enerjisinden elektrik üretimi için geliştirilen sistemlerle ilgili olarak dünya çapında alınan patentlerin kaydedildiği veri tabanları araştırılmıştır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi anahtar kelimeleriyle 30,000'in üzerinde patent bulunmaktadır. Bu sayı PV ve termal elektrik üretim sistemlerinin dâhil edilmesiyle çok artmaktadır. Bulunan patentlerin içerisinde örnekler rapor içerisinde açıklanmıştır. Örnekleri verilen patentlerin başlıkları ve numaraları verildikten sonra patentin içeriğinden kısaca bahsedilmiştir.

Çizelge 20. Örnek patentler

WO2011/157804A1	Üçgen tork askısı ile birlikte güneş kolektörü	Parabolik kolektörlerin üretimi için alternatif bir yöntemle beraber parabolik kolektörlerin hareket sistemleri için üçgen tork askısı sistemi tanıtılmıştır
WO2011/055306A3	Isı transfer ve depolama sistemi	Heliostatlar ile güneş enerjisini odaklayarak ısı üreten bir sistemde grafit temelli ısı depolama ve transfer sistemi tanıtılmaktadır.
WO2010/086430A2	Güneş ışınımını soğuracak bir seramik modül elemanı üretim yöntemi	Güneş termal güç santralleri için seramik soğurucu bir modüle ait iki muhafaza tarif edilmiştir. Ayrıca bu muhafazaların üretimi ve bir destek yapısına bağlanması açıklanmıştır.
WO2009/129167A3	Güneş buhar üretici	Belirli bir kütleli debide buharın aktığı, 100-2850 psia basınç aralığında, belirli bir ısı akısı değerinin üzerinde, güneş yoğunlaştırıcı kolektörlerin odakladığı güneş enerjisini kullanarak buhar üreten bir sistem tarif edilmiştir.
WO2012/006288A2	CSP ile üretilen ısıyı depoladığı yüzey altı TES	Kısmen ya da tamamen tükenmiş yüzey altı bir petrol kaynağı içerisinde CSP sistemi ile üretilen buharın enjekte edilmesi ve bu sayede bir ısıl depolama yapılması anlatılmaktadır.
US2011/0164329A1	Fresnel lensin kaplanma süreci	Fresnel lensin yapısından kaynaklanan boşluğunun kaplanması için bir yöntemden bahsedilmektedir. Kaplama, fresnel lens yapısının yüksekliğinin 1.5 katı ile 5 katı arasında bir yüksekliğe sahiptir.
US2011/0120448A1	Kamerallı heliostat kontrol sistemi	Güneş ışınlarını toplayan hacim üzerine yerleştirilen optik bir port ve bu porta bağlı, ışık şiddetini tespit edebilen kameralarla çalışan yönlendirme ve güneş takip sistemi tanıtılmaktadır.
US2010/0229948A1	Daha az bakım gerektiren yoğunlaştırılmış güneş enerjisi modülü	Lens içeren bir solar parça, bir ışık plakası, bir güneş enerjisinden elektrik üreten eleman ve bir ısı dağıtıcı eleman yer almaktadır. Lens, güneş ışınımının, kendi kendini temizleme özelliğine sahip bir kaplama yüzey üzerine odaklamakta, ışık plakası sadece odaklanmış ışınımı geçirecek şekilde bir açıklığa sahipken plakanın altında bir güneş hücresi yer almaktadır. Bu düzenek sayesinde güneş hücresi kirlenmeden ve yoğunlaşma olmadan çalışabilmektedir.
US2010/0206294A1	Heliostat alanı temizleme sistemi	Heliostat alanlarına yerleştirilecek bir araç ile heliostat yansıtıcıların temizlenmesi için sistemler ve yöntemler patent içerisinde verilmiştir.

US2010/0175738A1	Bir heliostat sistemi	Bağıl olarak daha çok sayıda ve daha küçük boyutlarda heliostatların yer aldığı bir sistem anlatılmıştır. Patent içerisinde yüksek performans, düşük maliyet, uzun dayanım ömrü gibi iddialar yer almaktadır.
US2010/0089391A1	Elektrik üretimi için güneş ışınımını kullanmak için sistem ve süreç	Değişken oranlardaki güneş ışınımından sabit oranda ısı sağlayarak elektrik üretimi için bir sistem ve süreç tarif edilmiştir. Sistem içerisinde iki veya daha fazla ısı deposu ve bunların koordinasyon işlevi bulunmaktadır.
US2009/0212743A1	Tuz eriyiği bileşimi ve kullanımı	Basit tuzlara göre daha düşük erime noktası ve daha geniş çalışma aralığına sahip alkali metal M katotlu ve imit TFSI anyonlu MTFSI erimiş tuzunun bileşimi verilmektedir.
US2011/0277469A1	Güneş termal güç santrali	Buhar çevrimi ile elektrik üreten bir güç birimi, bir buhar üretici, buhar üretici için ısı sağlayan yoğunlaştırılmalı güneş birimi ve güneşe dayalı olmayan bir ısı üretim birimi ile ısı geri kazanım birimi tarif edilmektedir. Ayrıca sistem, duruma göre karar veren bir kontrol konfigürasyonu içermektedir.
US2010/0218807A1	Bir boyutlu yoğunlaştırılmış PV sistemi	Güneş enerjisinin odaklanmasıyla elektriğin üretilebileceği bir fotovoltaik sistemin sistemleri, yöntemleri ve bileşenlerinden bahsetmektedir.
US2010/0206296A1	Parabolik güneş kolektörü	Toplayıcı ve yansıtıcı yüzeyin yapısını ve kalibrasyonunu kolaylaştırmak için hassas biçimde işlenmiş köpükten bir destek gövdesi kullanan pasif güneş kolektörü anlatılmaktadır. Sistemle ilgili diğer iyileştirmeler, bir güneş sensörü vasıtasıyla konumlama ve birden fazla kullanılan soğurucu eleman ile içe ve dışa akış sayesinde ısıl verimin iyileştirilmesidir.
US2007/0157923A1	Çok borulu güneş kolektörü yapısı	Birden fazla tüp kullanan güneş kolektör sisteminden bahsedilmektedir. Bu sistem içerisinde bir yansıtıcı alanında üst seviyeye ters olarak yerleştirilmiş birden fazla oluk ve bu oluklar içerisinde yerleştirilmiş birden fazla soğurucu boru bulunmaktadır. Bu borular içerisinde ısı taşıyıcı akışkan akmaktadır.
EP2390920A2	Monolitik olarak entegre edilmiş solar modüller ve üretim yöntemleri	Bir monolitik PV modül sunulmuştur ve bu modül bir ilk elektriksel iletken katmana ve yalıtım katmanına sahiptir. Ayrıca modül içerisinde arka temas metal katmanı, bir p tipi yarı iletken katmanı, altında kadmiyum ve telluriyum içeren 5µm büyüklüğünde orta taneli bir iç yarı iletken katmanı ve bir n tipi yarı iletken katmanı barındırmaktadır. İçsel yarı iletken katmanı, p tipi ve n tipi yarı iletken katmanları arasında yerleştirilerek aktif yarı iletken yığı oluşturulmaktadır. Arka metal temas katmanı, yalıtım katmanı ile aktif yarı iletken yığını arasında yerleştirilmektedir.
US7714260B2	Üst üste dizilebilir heliostat çerçeve yapısı	Patent içerisinde heliostat çerçevelerinin nakliye ve depolama için istiflenebilir bir biçimde tasarlandığından bahsedilmektedir.
EP2390598A1	Güneş yansıtıcılarının destek yapılarına düzenli şekilde birleştirilmesi için sistem ve yöntemler	Patent içerisinde, yoğunlaştırılmalı güneş enerjisi santrallerinde kullanılan yansıtıcıların destek yapılarına düzenli biçimde tutturulacakları bir sistemle bildirilmiştir. Bu sistem, yansıtıcıların açılma hareketinden dolayı sistem üzerinde gerilmeler oluşturmayacak biçimde bütün bağlantı noktalarından yansıtıcı ile destek yapısının birleştirilmesini kapsamaktadır.
WO2006/039156A2	Dolaylı güneş ışınları ile bir güneş hücresinin	Dolaylı güneş ışınlarını kullanarak bir güneş hücresinin yüzeyini aydınlatan bir aparatı ve bu

	aydınlatılması için bir aparat ve yöntem	apararla ilgili yöntemi tarif etmektedir. Bu şekilde güneydeki bölgelerden yada doğrudan güneş ışığı alan bölgelerden farklı olan alanlarda güneş panelleri için bir temel teşkil edilebilir. Güneş ışınları, ışık kılavuzu içerisindeki optik fiberin yüzeyine, bir küresel lens ile odaklanmaktadır. Optik fiber kablo ile ışınlar güneş görmeyen hacimlerin içerisine taşınabilmektedir.
WO2011/151488A1	Stirling çanağı için içbükey soğurucu ve imalat yöntemi	Güneş ışınlarının düştüğü tüplerden, bu tüplerin bağlandığı kolektörlerden ve kolektörlerin içerisindeki tüplerden oluşan, stirling çanağı için tasarlanmış bir alıcı bahsedilmektedir.
WO2003/018986A1	Döner tipte stirling motoru	Döner tipte bir stirling motorundan, parçalarından ve çalışma şekliinden bahsedilmektedir.
WO2011/016687A2	Bir güç şebekesine PV modüllerinden elektrik enerjisi sağlamak için kullanılan araç	Belirli sayıdaki PV modüllerinin bağlantılarından ve elektrik düzeneğinden bahsedilmektedir.
EP2501821A1	İki ekseninde güneş takibi için güneş konum sensörü	Güneş konum sensörü içerisinde birden fazla sensör bulunmaktadır. Bu aygıt, iki ekseninde güneş konumunun takip edilebilmesi için tasarlanmıştır.
WO2011/157795A1	Parabolik yansıtıcı, yansıtıcı tutucu ile birlikte güneş kolektör parçası imalat yöntemi ve kullanımı	Bir parabolik yansıtıcı ve bir yansıtıcı tutucu tarif edilmektedir. Bu düzenek içerisinde tutucu en az bir kenarından yansıtıcıya tutturulmuştur. Tutucu yansıtıcıya ters olarak konumlandırılmıştır. Ayrıca bu düzeneğin imalatıyla ilgili bir yöntem tarif edilmiştir.

2.7. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Üretilmesi ve Üretilen elektriğin satılması ile ilgili Mevcut “Standartlar, Kanun, Yönetmelik ve Tüzükler”

Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Belgesi'nde 2020 yılına kadar elektrik üretiminde doğal gazın payının %30'un altına düşürülmesi, yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının ise en az %25 düzeyinde olması yer almaktadır. Bunun yanı sıra 2023 yılına kadar teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek hidroelektrik potansiyelinin tamamının elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasının sağlanacağı, güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanımını yaygınlaştırarak, ülke potansiyelinin azami ölçüde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu belgeyi destekleyici tedbirlerden biri 2010 yılı sonlarında EPDK tarafından yayımlanan “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” olmuştur.

Yenilenebilir Enerji Kanunu yasalaşması ile belirsizlikler ortadan kalkmış ve teşvikler ile yenilenebilir enerji sektöründe yeni yatırımların önü açılmıştır. Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretme potansiyeli 380 milyar kW olmasına rağmen bu potansiyelden yararlanılmamaktadır.

Güneş enerjisinin su ısıtma amacıyla kullanılmasında dünyada ilk üç içinde yer alan Türkiye, elektrik üretme amaçlı kullanılan sistemlere yatırıma ancak 2007'de başlamış ve 29 Aralık 2010 tarihinde de yeni YEK (Yenilenebilir Enerji Kanunu) (Kanun No: 6094 Kabul Tarihi : 29.12.2010) yasalaşmıştır.

Daha sonra 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına” ilişkin yasanın yeterli gelmemesinden kaynaklanan eksiklikler giderilerek yeni bir teşvik planı oluşturulmuştur. Yenilenebilir Enerji Kanununda, 31/12/2013 tarihine kadar iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünü 600 MW'dan fazla olamayacağını ve 31/12/2013 tarihinden sonra iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünü belirlemeye ise Bakanlar Kurulu'nun yetkili olduğu belirtilmiştir.

Yenilenebilir Enerji Kanunu artılarından biri ise yerli üretime teşvik sunmasıdır. Yenilenebilir enerji sistemlerinin Türkiye'de üretilen parçalarına göre sisteme ekstradan teşvikler sunulmaktadır. Güneş enerjisi için Yenilenebilir Enerji Kanununda belirtilen teşvikler Çizelge 21'de gösterilmiştir.

Çizelge 21. YEK (Yenilenebilir Enerji Kanunu) Türkiye'de üretilen aksamlar için teşvik fiyatları (ilk 5 yıl)

Tesis tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi ABD Doları sent/kWh
Fotovoltaik güneş enerjisine 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) İnvvertör	0,6
	5) PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
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 ışınını toplayarak buhar	2,4

	üretim sisteminin mekanik aksamı	
	6) Stirling motoru	1,3
	7) Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6

Yurt içinde gerçekleşen imalatlar ile yerli üreticinin kalkınmasına yardımcı olmak ve bu sayede Türkiye'nin de yenilenebilir enerji sektöründe kendi firmaları ile temsil edilmesini sağlamak hedeflenmektedir. Ayrıca aynı kanunda 18/5/2005 tarihinden 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek YEK Destekleme Mekanizmasına tabi üretim lisansı sahipleri için fiyatlar yer almaktadır. Burada Güneş enerjisi için satın alma bedeli 13,3 ABD Doları sent/kWh olup PV sistemlerde güneş hücreleri dışında tüm imalat Türkiye'de yapılabilmekte ve PV sistemlerdeki teşvik miktarı 16,5 \$ sent /kWh, hücre imalatı ile 20 \$ sent/kWh civarına gelmektedir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinde ise tüm aksamlar Türkiye'de üretilebilir lakin sıfırdan imalat yerine ilk başlarda ithalat yolu seçileceği aşikârdır. Toplam teşvik miktarı 22,5 \$ sent/kWh'dir.

2.8. Dünyada Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Teşvik Modelleri

Yenilenebilir enerjiden elektrik üretmek için verilecek olan teşvikler

- ✓ Yatırım tabanlı teşvikler,
- ✓ Üretim tabanlı teşvikler,
- ✓ Yasal çerçeveler,

olmak üzere 3 kategoriye ayrılmaktadır.

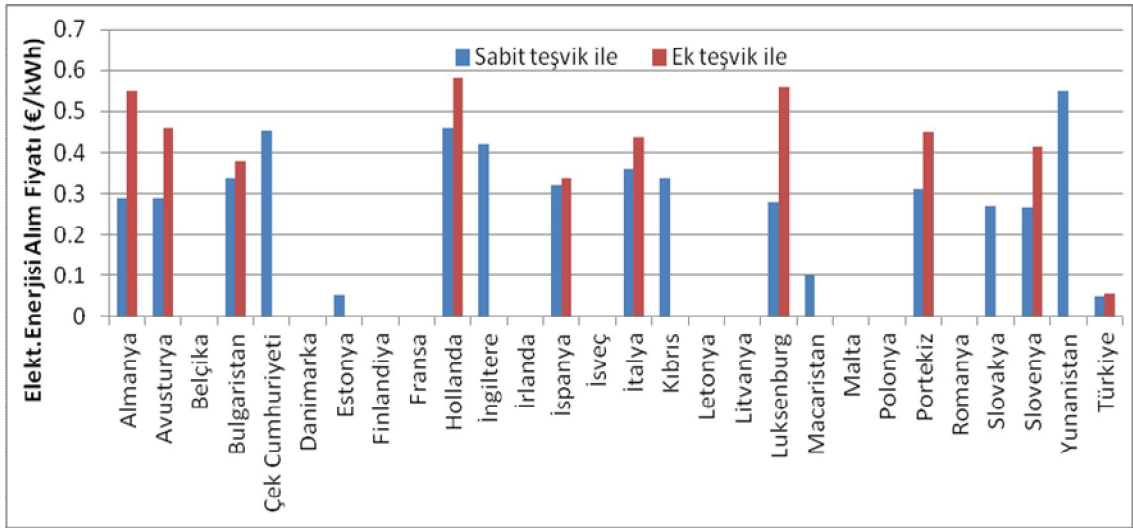
Yatırım tabanlı teşvikler: Bu tür teşvikler, ne kadar elektrik ürettiğine bakılmaksızın başlangıç yatırımını destekleyen teşviklerdir. Bunlar, yatırım vergi indirimi (Investment tax credits), KDV istisnası (VAT exemption), hızlandırılmış amortisman (Accelerated Depreciation), faizsiz krediler (Interest-free loans) ve kredi garantileri (Loan Guarantees) olarak görülmektedir.

Üretim tabanlı teşvikler: Bu tür teşvikler, reel olarak üretilmiş olan enerji miktarıyla doğru orantılı olarak destek veren teşviklerdir. Bunlar, minimum FiT, vergi indirimi (Production tax credit) ve kota sistemi (quota system) olarak görülebilir.

Yasal Çerçeveler (Robust Legal Framework): Yasal düzenlemeler, doğrudan nakdi teşvik olmamasına rağmen, yatırımcıların ilgisini çekmek adına çıkarılan kanunlardır. Bunlarda Kurumsal Planlama Süreci (Streamlined Planning Process), Arazi

planlama süreci (Spatial Planning Process) ve Binalarla ilgili yönetmelikler (Building Regulation) olarak görülebilir.

Renewables 2010 Global Status Report'a göre dünyada yenilenebilir enerjide en çok yatırım yapılan ülke Almanya olmuştur. Almanya'da yapılan yatırımlarda en büyük payı güneş enerjisi sistemleri almaktadır. Yenilenebilir enerjide özel sektör yatırımlarını çekmeyi başarmış başlıca Avrupa ülkeleri sırasıyla Almanya, İtalya ve İspanya'dır. Bunun en önemli sebebi Şekil 111'de yer verilen elektrik enerjisi alım fiyatlarıdır.



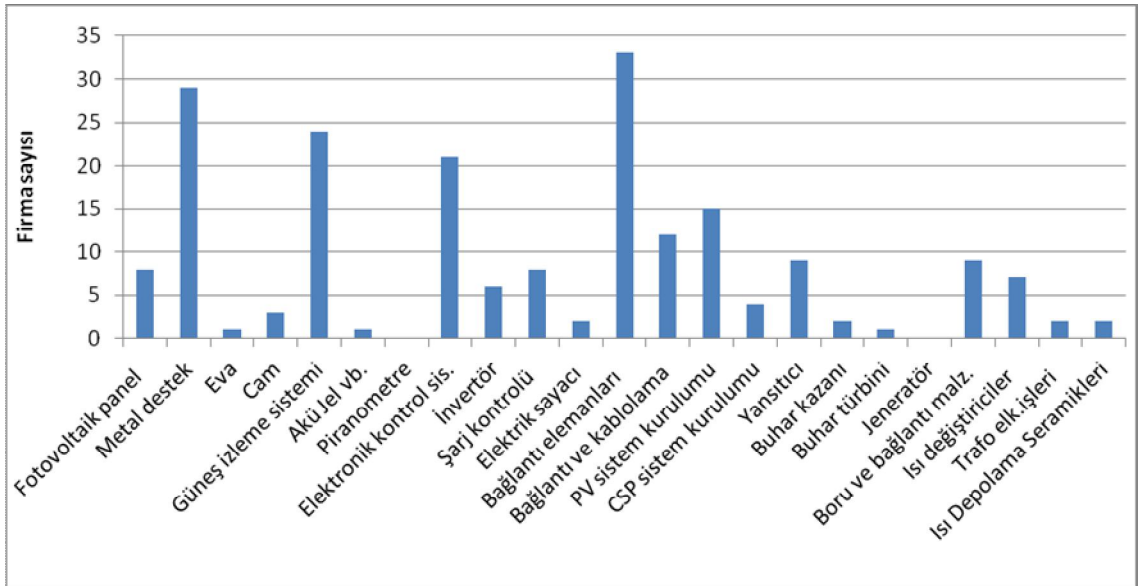
Şekil 111. AB üyesi ülkelerde elektrik enerjisi alım fiyatları.

Avrupa Birliği ülkeleri ile kıyaslandığında ülkemizde yenilenebilir elektrik enerjisi için uygulanan alım fiyatları genel olarak düşük olmakla beraber, özellikle güneş enerjisi sistemleri için uygulanan tarife, maliyetleri karşılayabilecek tutarlardan uzaktır. Fotovoltaik sistemlerde diğer ülkelerde uygulanan yüksek alım fiyatının temel sebebi, bu sistemlerin yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır.

2.9. Güneş Enerjisi Sistemlerinin (Parçalarının) Küçük, Orta ve Büyük Kapasiteler İçin Konya'da Üretilebilirlik Potansiyelinin Belirlenmesi, İlgili Firmaların Listelenmesi

Bu çalışma kapsamında Konya'da güneş enerjisinden elektrik üretilen sistemlerin ve parçalarının imalat potansiyeli ve olası yatırımlarla ilgili olarak bir saha araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırmanın sonuçlarından biri olan üretilebilecek sistem bileşenlerine ait grafik Şekil 112'de sunulmuştur. Yerel sanayinin karakteristik yapısına bağlı olarak metal konstrüksiyona ve makine elemanlarına dönük parça ve

makine imal edilebilecek firma sayısının bütün firma sayısına oranı %31'e tekabül etmektedir. Bu grup aynı zamanda en büyük imal edilebilirlik değerine sahip gruptur. Konya sanayisinde güneş enerjisinde dönük imalat yapabilecek alt yapıya sahip firmalar çoğunlukla otomotiv yan sanayi imalatçıları, makine imalatçıları ve metal konstrüksiyon ile uğraşan firmalardır. Dolayısıyla metal konstrüksiyon ve makine elemanlarının üretiminde böyle bir sonuç çıkması doğal karşılanmıştır. Otomasyon ve endüstriyel elektroniğe dönük imalat ve sistem entegrasyonu yapan firmaların sayısı toplam firma sayısının %30'unu oluşturmaktadır. Küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşan Konya sanayisinde belirli sayıda müşteri portföyüne sahip küçük ölçekli çok sayıda endüstriyel elektrik, elektronik ve otomasyon firması bulunmaktadır. Bu firmalar özellikle küçük ve orta ölçekli güneş enerjisi sistemlerinde kullanılacak elektrik, elektronik ve otomasyon ihtiyacına cevap verebileceklerini belirtmişlerdir. Konya Şeker Fabrikası, Ova Un Fabrikası gibi büyük firmaların endüstriyel otomasyonunun bir kısmı Konyalı firmalarca yapılmaktadır. Araştırma sonuçları incelendiğinde bilgi ağırlıklı üretim altyapısı gerektiren ölçüm cihazlarının üretilmesinde bir yetersizlik olduğunu gözlemlenmiştir. Ayrıca bölge sanayisinde büyük ölçekli jeneratör yapan firma bulunmamaktadır. Bu durum, özellikle CSP santralleri için %100 bölgesel yerli üretimi engellemektedir.



Şekil 112. Konya'da ziyaret edilen firmalar dikkate alınarak güneş enerjisinden elektrik üretilen sistemlerin ve parçalarının imalat potansiyeli

Sistem kurulumuyla ilgili olarak firmalar PV sistemlere daha çok ilgi göstermişlerdir. Firmalarla yapılan bireysel görüşmelerde bunun arkasında yatan sebebin, PV sistemlerinin nispeten sistem kurulumunun kolay olması, küçük

kapasitelerde sistem kurulabilmesine imkân tanınması ve CSP'lere göre daha az bakım ve teknik bilgi gerektirmesi olduğu anlaşılmıştır. Konya'da güneş enerjisinden elektrik üretecek sistemlere mali olarak katkı gösterebilecek firmalar Çizelge 22'de, teknik altyapısıyla katkı gösterebilecek firmalar Çizelge 23'de verilmiştir.

Çizelge 22. Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlere mali olarak katılım sağlayabilecek Konya firma listesi

1	Konya Şeker Sanayi	Gıda
2	Adese Alışveriş Merkezleri	Ticaret-Hizmet
3	Eti Alüminyum A.Ş	Metal
4	Pakpen Plastik Boru	Lastik-Plastik
5	Konya Çimento	Çimento
6	Helvacızade Gıda ve İhtiyaç Mad.	Gıda
7	Akova Süt	Gıda
8	Ova Un Fabrikası	Gıda
9	Hekimoğlu Un Fabrikası	Gıda
10	Altınapa Değirmencilik Tic. ve San.	Gıda
11	Kombassan Kağıt Matbaa	Ağaç-Orman
12	Enka Süt ve Gıda Mamülleri	Gıda
13	Selva Gıda Sanayi	Gıda
14	Atiker Metal İth.İhr.ve İml.Sanayi	Metal
15	Oğuz Gıda Sanayi	Gıda
16	Büyük Hekimoğulları Gıda Sanayi	Gıda
17	Akbel Süt ve Süt Ürünleri	Gıda
18	Safa Tarım A.Ş	Gıda
19	Aydınlar Yedek Parça Sanayi	Otomotiv
20	Kompen PVC Yapı ve İnşaat	Lastik-Plastik
21	Tosunoğulları Mobilya Sanayi	Mobilya
22	Seha İnşaat	İnşaat

2009 verilerine göre firma büyüklük sırası dikkate alınarak düzenlenmiştir.

Çizelge 22'de yer alan 22 Konya firması ortak yada bireysel olarak orta ve büyük kapasiteli bir güneş enerjisi elektrik santrali kurabilir. Bu firmalar gerek mali güçleriyle gerekse uzun vadede elektrik maliyetlerini düşürme ihtiyaçlarıyla güneş enerjisinden elektrik üretimine uygundur. Teşvik edici devlet destekleriyle özellikle CSP sistemlerin tasarım ve entegrasyon süreçleri, danışmanlık hizmetleri alınarak bahsedilen 22 firma tarafından gerçekleştirilebilir. Bu noktada AB projelerinin etkin bir biçimde kullanılması önemlidir. İspanya'da kurulan CSP santrallerinin bazılarında %40 oranlarına kadar kurulum masrafları AB desteklerinden karşılanmıştır. Özel sektör

temsilcilerinin konuyla ilgili olarak eğitilmesi gerekmektedir. 22 firmanın öncülüğünde Çizelge 23'de yer alan firmalar teknik altyapılarıyla gerekli sistem parçalarının tasarlanıp imal edilmesinde önemli rol oynayacaklardır.

Çizelge 23. Yapılan çalışma kapsamında güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlere teknik altyapısı ile katılım sağlayabilecek Konya'lı firmaların listesi

Teknik altyapısı ile katılım sağlayabilecek firmalar		
1	Acar MPG A.Ş.	Hidrolik iş makineleri
2	Akaner Mühendislik Makine İnşaat San.ve Dış Tic. Ltd. Şti.	Yeraltı Ve Yer Üstü Akaryakıt Tankları Ve Çelik Konstrüksiyon İmalı.
3	AK Alüminyum Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Alüminyum Levha,Plaka Ve Rulo İmalatı
4	Akbaba Taahhüt İnşaat İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Çimento,Hazır Beton Ve Yapı Elemanları (Parke Taşı Ve Bordür Taşı) İmalı
5	Akkaya Isı A.Ş.	Kalorifer Kazanı, Brülör İmalatı
6	Aydınlar Yedek Parça Sanayi	Otomotiv
7	Azak Soğutma Ltd. Şti.	Evaporatör ve Kondenser Üretimi
8	Bağdaş Alüminyum A.Ş.	Alüminyum
9	Betokav Beton Mamülleri İnşaat San.ve Tic. A.Ş.	Beton Direk, Prefabrik Bina, Parke, Bordür İmalı
10	Beykrom Madencilik Ticaret ve Sanayi A.Ş.	Olivin Madeni İşletmeciliği
11	Bilir Metalurji A.Ş.	Sfero ve Çelik Döküm
12	Canan Altun	İnşaat
13	Çağlayan Kimya ve İnşaat Sanayi Ticaret A.Ş.	Sıvı Deterjan, Krem Deterjan, Çamaşır Suyu, Tuz Ruhu,Arap Sabunu Ve Toz Deterjan İmalı
14	Çamtaş İnşaat Madencilik Dış Tic. Ltd. Şti.	Andezit,Çimento Kili Ocakları İşletmesi
15	Çavuş Demir Metal İşleri Gıda ve İhtiyaç Maddeleri İnşaat Taahhüt San.ve Tic. Ltd. Şti.	Müh. Elektrik Direkleri İmalı
16	Delta Değirmen ve Tarım Mak. Gıda San.Dış Tic. A.Ş.	Motor ve jeneratör
17	Dersolar Dış Ticaret Ltd. Şti.	Güneş Enerjisi
18	Derviş Sümer-Sümer Elektrik	Elektrik Panoları İmalı Ve Galvaniz Kaplama
19	Derya Güneş Kolektörleri A.Ş.	Güneş Enerjisi Sistemleri İmalı
20	Dönmez Beton Ürünleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	Büz ve Bordür Taşı İmalı
21	Durmak Rakor Otom. Hortum Tarım Gıda Mad. San. Tic. Ltd. Şti.	Demir çelik
22	EEM Mühendislik A.Ş.	Asansör Kumanda ve Otomasyon Sistemleri
23	Emniyet Galvaniz Çit Sistemleri ve Tel Endüstrisi San.ve Tic. A.Ş.	Tel ve Tel Ürünleri,Çit Sistemleri Ve Galvanizli Ürünler İmalı
24	Endüstriyel Elektrik Elektronik San.ve Tic. Ltd. Şti	Elektrik Panosu İmalı
25	Erdiç Hazır Beton ve Mamülleri Nakliyat Ltd. Şti.	Hazır karma beton imalatı
26	Erdirenler Dişli Ltd. Şti.	Dişli imalatı
27	Erreksan Rakor Hortum Hidrolik Mak. Oto. San. Tic. Ltd. Şti.	Demir çelik
28	Eti Alüminyum A.Ş.	Alüminyum İstihracı Ve Alüminyum Mamülleri İmalatı üretilmesi

29	Gülmez Makine Ltd. Şti.	Talaşlı İmalat
30	Güneydere Çelik Konstrüksiyon İnşaat Taahhüt San. ve Tic. Ltd. Şti.	Çelik Konstrüksiyon (Çatı) İmalı
31	Hasan Tarhan Elektrik Elektronik ve Makine San.Tic. Ltd. Şti.	Elektrik Ve Elektronik Makine Ve Cihazların Aksam Ve Parçalarının İmalı
32	Has Pompa Ltd. Şti.	Soğutma Kulesi, Devir daim pompaları
33	Heray Banyo Kazanları Güneş Enerjisi ve Sulama Sistemleri San.ve Tic. Ltd. Şti.	Güneş Enerjisi Sistemleri,Banyo Kazanları,Sıcak Ve Soğuk Boyler İmalı
34	Hidrokon Ltd. Şti.	İş Makineleri Hidrolik Sistemleri
35	Hidrosan Hidrolik Makine	Hidrolik İş Makineleri
36	Husan Metal Teknolojileri San. Tic. Ltd. Şti.	Demir çelik
37	Isıl Çelik Döküm Ltd. Şti.	Metal Döküm
38	Kablomar Kablo ve Ham madd. San ve Tic. Ltd. Şti.	Alüminyum
39	Kameks İç ve Dış Ticaret A.Ş.	Alüminyum
40	Koçsan Isı Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	Güneş Enerjisi Sistemleri, Plastik Doğrama(Kapı,Pencere) İmalı
41	Komyapı Hazır Beton Prefabrik İnşaat Taahhüt San.ve Tic. A.Ş	Prefabrik Yapı Elemanları İmalı
42	Kondöksan A.Ş.	Metal Döküm
43	Konya Çimento Sanayi A.Ş.	Çimento,Hazır Beton,Prefabrik Yapı Elemanları, Beton Agregaları Ve Her Türlü İnşaat Malzemeleri İmal
44	Konya Metalurji	Metal Döküm
45	Koyuncu Nakliye Pazarlama ve Ticaret A.Ş.	Buz Çözücü Solüsyon İmal
46	Lukas Ltd. Şti.	Tarım makineleri ve dış ticaret
47	Makkon Müh. Makine San.Tic. Ltd. Şti.	Aküler, piller ve bataryalar
48	Manpet Petrol Ürünleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	Madeni Yağ, Gres Yağı Ve Antifriz İmalı
49	Mar İnşaat Turizm Madencilik San.ve Tic. Ltd. Şti.	Çakıl taşının kırılması ve parçalanması
50	Meram Kablo-Şükrü Ertuğrul	Elektrik Kabloları İmalı
51	Mesa Mak. Dok. Gıd. San.ve Tic. A.Ş.	Elektrik
52	MLB Petrol Cihazları Mak.Turizm San.ve Tic. A.Ş.	Alüminyum
53	Motorcu Yasin Yasinoğulları Elek. Mot. Tic. ve San.Ltd. Şti.	Motor ve jeneratör
54	Necipoğulları İnşaat Beton Taş Yapı Elemanları İnş. Malzemeleri Taahhüt Gıda Maddeleri Kırtasiye Taşı	Beton Mamülleri, Kilitli Parke Taşı,Bordür,Büz Çeşitleri Ve Oluk) İmalı
55	NE-KA Yapı İnşaat Petrol Ürünleri Tic. ve San.A.Ş.	Çakıl taşının kırılması ve parçalanması
56	Nirvana Hidrolik Ltd. Şti.	İş makineleri Hidrolik Sistemleri
57	OSR Robotics	Endüstriyel kaynak otomasyonu
58	ÖRS Makine Ltd. Şti.	Endüstriyel havalandırma
59	Özgençoğlu Metal Alüminyum İnşaat San.ve Tic. Ltd. Şti.	Alüminyum
60	Öztefken Redüktör Motor San.ve Tic. A.Ş.	Motor ve jeneratör
61	Presan Prefabrik İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	Soket, Kolon, Merdiven Plağı, Prefabrik Kiriş, Prefabrik Açık Oluk, Makas Kirişi, Bordür Taşı
62	Samur Elektrik ve Elektronik Sanayi ve Ticaret	Elektrik Ve Elektronik Yedek Parça İmalı

	Ltd. Şti.	
63	Solimpeks Enerji San. ve Tic. A.Ş.	Güneş Enerjisi
64	Soliren Enerji Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	Güneş Enerjisi Kolektörleri, Çatı Setleri Ve Aksesuarlarının İmali
65	Şalt Otomasyon Elektrik Elektronik Sanayi Ticaret Ltd. Şti.	Elektrik, Elektronik Proje, Otomasyon Sistemleri, Kumanda Ve Güç Panoları İmali
66	Tasaş Alüminyum Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Alüminyum Alaşımli Ve Alaşimsız Külçe Dökümü, Profil İmalatı Boya İşleri Ve Profil Çekme
67	Taşbeton Madencilik İnşaat Nakliyat Taahhüt San.ve Tic. Ltd. Şti.	Çakıl taşının kırılması ve parçalanması
68	Taşcan Nakliye Turizm İnşaat Madencilik San.Tic. Ltd. Şti.	Çakıl taşının kırılması ve parçalanması
69	Tekelioğlu Civata San.ve Tic. Ltd. Şti.	Demir çelik
70	Telefoncular Makine Madencilik Metal San.ve Tic. Ltd. Şti.	Çelik Konstrüksiyon (Bina Yapımı Ve Çatı İçin) İmalatı, Profil İmalatı
71	Toros Madeni Yağ. Nak. ve San.ve Tic. A.Ş.	İnşaat
72	Uzman Prefabrik İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Beton Kiremit, Beton Tuğla, Parke Ve Bordür Taşları İmali, Prefabrik Yapı Elemanları İmali
73	Üçel Ltd. Şti.	Paslanmaz Süt Soğutma Tankları
74	YAĞ-SAN Petrol Ürünleri Gıda Madencilik San.ve Tic. Ltd. Şti.	Oto Bakım Ürünleri (Oto Şampuanı, Oto Cilaları Ve Genel Temizlik Ürünleri) İmali.
75	Yakar Güneş Enerji Sanayi Ticaret Ltd. Şti.	Güneş Enerjisi Sistemleri, PVC Kapı Ve Pencere İmali
76	Yardımcı Prefabrik Yapı Elemanları A.Ş.	Çimento, beton ya da suni taştan bina ya da bina dışı inşaat amaçlı prefabrik temel yapısal elemanların imalatı
77	YPS İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.	Demir çelik

* Harf sıralamasına göre verilmiştir

Sistem parçaları ve yapılan araştırmada bu parçaları üretebilecek firmalarla ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir;

Fotovoltaik panel: Fotovoltaik panellerin çeşitli sistemlere ve kurulacakları yere göre tasarlanması gerekmektedir. Bu şekilde ithalatı zor olduğu için fotovoltaik hücrelerin ithal edilmesi ve sisteme özel olarak panellerin yerel üretimi gerekmektedir. Bu süreçte laminasyon işlemi ve panellerin metal konstrüksiyonu kullanılmaktadır. Panel üretimi yapabilecek firmalar; Solimpeks, Derya Güneş Kolektör, Bağdaş Alüminyum, EEM Mühendislik, Heray Güneş, Kamer Elektrik, Ne Mutlu Pompa, Sunstrip Anıtcam, Akdeniz Cam, Çıraylar Cam ve AYD olarak görülmektedir.

Metal destek: Hem PV hem de CSP sistemlerin güneş kolektörleri ve diğer sistem bileşenlerinin konumlandırılması, güneş takibi ve diğer işletme parametrelerinden dolayı metal konstrüksiyon kullanılmaktadır. Konya'da bu sistemlere özgü metal konstrüksiyon yapabilecek firmalar; Acar MPG Makine, Hidrokon, Has Pompa, Betokav, AYD, Isıl Çelik döküm, Telefoncular, Derya Güneş Kolektör, Kondöksan, Üçel Paslanmaz Çelik, Gülmez Makine, Bağdaş Alüminyum, BAF Enerji,

Kamer Elektrik, Heray Güneş, Özden Makine, Nirvana Hidrolik, Öztefen Redüktör, Tuncay Reklam, Tavsan Sac, Sunstrip Anıtcam olarak görülmektedir.

Eva: PV sistemleri için Derya Güneş Kolektör eva üretebileceğini ifade etmiştir.

Cam: CSP sistemlerinde yansıtıcı yüzeylerde cam kullanılmaktadır. PV panellerde ise kullanılan malzeme çeşitlerinden bir tanesi camdır. Ülkemizde Şişe Cam gibi büyük bir cam üreticisi bulunmaktadır. Fakat camın uygulamaya dönük olarak işlenmesi gerekmektedir ve bu süreç yerel firmalarca gerçekleştirilmektedir. Konya'da da bu işle ilgilenen ve faaliyet gösteren firmalar bulunmaktadır. Bu firmalar; Derya Güneş Kolektör, Akdeniz Cam, Çıraylar Cam, Konkar Cam'dır.

Güneş Takip Sistemi: Hem CSP sistemleri hem de PV sistemleri güneş ışınlarını dik ve yoğun aldığı daha verimli çalışmaktadırlar. Güneşin gün içerisindeki konumuna göre kolektörlerin konumlarının değiştirilmesi sayesinde sistemin verimli çalıştığı süre uzatılabilir. Güneş takip sistemleri güneşin konumunu algılayan, bu konumu dijital süreçlerle işleyen ve sonuçlara göre mekanik aksama komut gönderen sistemlerdir. Konya'da güneş takip sistemleri için üretim yapabilecek firmalar genellikle endüstriyel elektronik ve otomasyon alanlarında faaliyet gösteren firmalardır. Bu firmalara örnek olarak; Erdirenler Dişli, OSR Robotics, Hidrokon, Lukas Süt, Has Pompa, Anka Kalıp, AYD, Hidrosır, Telefoncular, Derya Güneş Kolektör, Yasinoğulları, Tuncay Reklam, Tavsan Sac, Solimpeks, Hantaş, Zafer Dişli, Şalt Otomasyon, Samur Elektronik, Özsamur Elektronik, EEM Mühendislik, Endüstriyel Elektrik Elektronik ve Konya Enerji verilebilir.

Akü ve Jel v.b: Şebeke bağlantısının olmadığı ve özellikle küçük uygulamaların yer aldığı PV sistemlerinde elektriğin kimyasal olarak depolandığı elemanlar kullanılmaktadır. Bu elemanları üretebilecek Konya firmaları; Has Pompa, Makkon Mühendislik Makine, Derman Akü, Aktif Akü ve Öztürk Aküdür.

Elektronik kontrol sistemi: Otomasyon ve kontrol işlemlerinin bulunduğu birçok sistemde olduğu gibi güneş enerjisinden elektrik üretecek sistemlerinde otomasyonu ve otomatik kontrolü elektronik kontrol sistemleri ile gerçekleştirilecektir. Elektronik kontrol sistemleri için görüşülebilecek firmalar; Erdirenler Dişli, OSR Robotics, Hidrokon, Lukas Süt, Has Pompa, Anka Kalıp, AYD, Hidrosır, Telefoncular, Derya Güneş Kolektör, Yasinoğulları, Tuncay Reklam, Tavsan Sac, Hantaş, Zafer Dişli, Şalt Otomasyon, Samur Elektronik, Özsamur Elektronik, EEM Mühendislik, Endüstriyel Elektrik Elektronik ve Konya Enerji'dir.

İnvertör: PV sistemlerinde üretilen doğru akımın şebekeye verilmesi yada kullanılması için alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Konya'da invertör üretebilecek yada bu alanda yatırım yapabilecek firmalar; EEM Mühendislik, Samur Elektronik, BAF Enerji, Tuncay Reklam, Atiker Metal ve Şalt Otomasyon olarak görülmektedir.

Sarj Kontrolü: Küçük ölçekli sistemlerde akülerin şarj kontrolünü yapmak için kullanılan bu sistem bileşeni için Konya'da üretim yapabilecek yada bu alanda yatırım yapabilecek firmalar; EEM Mühendislik, Samur Elektronik, Konya Enerji, BAF Enerji, Tuncay Reklam, Atiker Metal, Has Pompa ve Şalt Otomasyon olarak görülmektedir.

Elektrik Sayacı: Güneş enerjisi kullanılarak üretilen elektriğin kullanım fazlasının elektrik şebekesine satılabilmesi ve gerektiğinde şebekeden elektrik alınabilmesi için bu işleme uygun çift yönlü elektrik sayacı kullanılmalıdır. Yapılan sanayi araştırmasında iki firma bu alanda faaliyet gösterebileceğini bildirmiştir. Bunlar Samur Elektronik ve EEM Mühendisliktir.

Bağlantı Elemanları: PV ve CSP sistemlerinde destek yapılarıyla sistem bileşenlerinin bir bütün haline getirmek için kullanılacak bağlantı elemanlarını Konya'da üretebilecek firmalar; Acar MPG Makine, Konya Metalurji, AYD, Telefoncular, Derya Güneş Kolektör, Akkaya Isı, Bilir Metalurji, Yıldız Pul, Üçel Paslanmaz Çelik, Gülmez Makine, Bağdaş Alüminyum, BAF Enerji, Hidrosan, Samur Elektronik, Kamer Elektrik, Heray Güneş, Solimpeks, Konya Enerji, Tuncay Reklam, Kayahan, Hantaş ve Mor Çelik' tir.

Bağlantı ve Kablolama: Üretilen elektriğin şebekeye iletilmesi, uygun gerilim ve akıma getirilmesi ve birimler arasında elektriksel bağlantının kurulması için endüstriyel boyutta elektriksel bağlantı ve Kablolama yapılması gerekmektedir. Bu işleri yapacak firmalar; Lukas, Derya Güneş, Nirvana Hidrolik, Üçel Paslanmaz, Bağdaş Alüminyum, Hidrosan, Samur Elektronik, Solimpeks, BAF enerji, Kamer Elektrik, Heray Güneş, Konya Enerji ve Tavsan Sac'tır.

PV Santralinin Kurulumu: Bütün sistem bileşenlerinin bulunması halinde PV elektrik santrallerinin gerekli altyapıya sahip bir firma yada kurum tarafından kurulması gerekmektedir. Bu iş için yeterli teorik altyapı, personel ve mali güce ihtiyaç duyulacaktır. Bu özellikleri taşıyan yada bu özellikler için yatırım yapabilecek Konya firmaları Çizelge 22'deki 22 firmanın dışında Has Pompa, AYD, Telefoncular, Derya Güneş, Kondöksan, Üçel Paslanmaz, Bağdaş Alüminyum, Hidrosan Hidrolik, Özden

Makine, BAF Enerji, Kamer Elektrik, Solimpeks, Heray Güneş, Tuncay Reklam, Hantaş ve Zafer Dişli'dir.

CSP Santral Kurulumu: CSP santrali kurulumu ve sistem entegrasyonu için gerekli mali, teknik ve personel altyapısına sahip firmalar; Has Pompa, AYD, Derya Güneş, Sunstrip Anıt Cam ve Çizelge 22'de gösterilen 22 firmadır.

Kolektörler ve Yansıtıcılar: CSP santrallerinde kullanılan kolektör ve yansıtıcı yüzeyleri imal edebilecek Konya'lı firmalar: Isıl Çelik Döküm, Telefoncular, Derya Güneş, Bağdaş Alüminyum, Çıraylar Cam, Akdeniz Cam, Heray Güneş, Tavsan.

Buhar Kazanı: Akkaya Isı, Has Pompa ve Azak Soğutma firmaları, CSP sistemlerde kullanılan türde buhar kazanı üretebileceklerini belirtmişlerdir. Bu firmaların haricinde Konya'da pek çok firmada buhar kazanı üretmek için yeterli altyapı bulunmaktadır. Fakat firmalar teorik altyapılarındaki yetersizlikleri öne sürerek bugünkü aşamada bu bileşeni üretemeyeceklerini ifade etmişlerdir.

Buhar Türbini: CSP sistemlerinde güneş enerjisinin önce mekanik sonra elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi için üretilen buharın bir türbinde enerjisini bırakması gerekmektedir. İleri teknoloji gerektiren türbinler genellikle yurtdışından ithal edilmektedir. Fakat orta ölçekli CSP santrallerinde kullanılacak türbinleri Bilir Metalurji'nin üretebileceği düşünülmektedir. Ayrıca Lukas Ltd. Şti. Konya sanayi imkânlarını kullanarak buhar türbini üretimini organize edebilecek potansiyele sahiptir.

Akış Hatları, Boru ve Bağlantı Elemanları: AYD, Telefoncular, Derya Güneş, Bilir Metalurji, Kondöksan, Üçel Paslanmaz, Kamer Elektrik, Heray Güneş ve Tuncay Reklam, CSP santrallerinde gerek eriyik tuz ve yüksek sıcaklık yağlarının gerekse su ve buharın dolaşacağı akış hatlarını, borularını ve bağlantı elemanlarını üretebilecek altyapıya sahiptir.

Isı Değiştiriciler: CSP sistemlerde güneş ışınımından elde edilen ısının elektrik üretiminde kullanılacak akışkanlara aktarılmasında ısı değiştiricileri kullanılmaktadır. Konya'da belli başlı ısı değiştiricisi imal eden firmalar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Azak Soğutma, Akkaya Isı, Örs Makine, Nirvana Hidrolik, Nurtoprak, Tavsan, Kayahan, Hantaş'tır.

Konya'da üretilebilecek sistem parçalarına ait NACE kodları Çizelge 24'te verilmiştir. Bu çizelgede ana parçalar ve alt kategorilerine ait kodlar bulunmaktadır.

Çizelge 24. Güneş enerjisinden elektrik üretilen sistemlerin parçalarına ait NACE kodları

PARÇA	ALT PARÇALAR (VARSA)	NACE KODU	KOD AÇIKLAMASI
DİŞLİ KUTUSU	Dışliler	49.C.28.1.5.03	Dışliler/dişli takımları, bilyeli ve makaralı vidalar, şanzımanlar, vites kutuları ve diğer hız değiştiricilerin imalatı (motorlu kara taşıtlarında kullanılan vites kutuları ve diferansiyelleri hariç)
	Kaplin	49.C.28.1.5.02	Debriyajlar (kavramalar) ve mil (şaft) kaplinlerin imalatı (üniversal mafsallar dahil) (motorlu kara taşıtlarında kullanılan debriyajlar hariç)
	Rulman	49.C.28.1.5.01	Rulmanlar ve mekanik güç aktarma donanımları imalatı (bilyeli ve makaralı rulmanlar, aktarma milleri (şaftları), kam ve krank milleri, kranklar vb. ile rulman yatakları, düz mil rulmanları vb.)
KULE	Kule	79.F.42.2.2.04	Kısa mesafe (yerel) elektrik ve telekomünikasyon (iletişim) hatlarının inşaatı (anten dahil iletim kuleleri ve trafo istasyonları ve yerel sınırlar içerisinde dağıtım alt istasyonları vb.)
		46.C.25.1.1.06	Metalden köprü ve köprü kısımları, kule, kafes direk, yapı iskelesi, beton kalıplar ve maden ocağı için destekler, bent, havuz ve bent kapağı, dok, vb. yapı ve yapı parçalarının, yapılar için tabaka, çubuk, köşebent, yüksek fırın iskeleti, vb. imalatı
	Kule Bağlantısı, Flanş	42.C.24.5.2.20	Çelik dökümü (yarı mamul çelik ürünlerin dökümü, dökme çelik dökümü, dikişsiz çelik boru ve boru bağlantılarının santrifüjlü dökme yöntemi ile üretimi ve dökme çelik tüp veya boru bağlantılarının imalatı)
JENERATÖR	JENERATÖR	52.C.27.1.1.01	Elektrik motorları, jeneratörleri ve transformatörlerin imalatı (deşarj ampulleri ve tüpleri için balastlar, statik konvertörler, endüktörler, güç kaynakları, redresörler, invertörler, akümülatör şarj ediciler, vb. dahil)
TRAFO ELK.İŞLERİ	ELEKTRİK HATTI	79.F.42.2.2.04	Kısa mesafe (yerel) elektrik ve telekomünikasyon (iletişim) hatlarının inşaatı (anten dahil iletim kuleleri ve trafo istasyonları ve yerel sınırlar içerisinde dağıtım alt istasyonları vb.)
	ELEKTRİK KABLoları	57.C.27.3.2.03	Diğer elektronik ve elektrik telleri ve kablolarının imalatı (koaksiyel kablo ve diğer koaksiyel elektrik iletkenleri, yalıtılmış bobin telleri, izolasyonlu toprak su altı iletkenler, asetatlı ve silikonlu bakır iletkenler, vb.) (fiberoptik kablo hariç)
AKIŞKANLARIN TAŞINDIĞI BORULAR		45.G.46.7.2.09	Demir/çelikten bar ve çubukların, profillerin, levha kazıkların (palplanş), tüp ve boruların toptan ticareti (filmaşın, inşaat demiri, sondaj borusu, petrol, gaz vb. hatlar için borular, vb. ile tel dahil)
OTOMASYON		77.C.26.5.1.03	Sanayide kullanılan işlem kontrol amaçlı

			teçhizat imalatı
BAĞLANTI ELEMANLARI	PLASTİK BAĞLANTI	50.C.22.2.1.03	Plastikten mamul halde tüp, boru, hortum ve bunların bağlantı elemanlarının imalatı
	ÇELİK MALZEMELİ BAĞLANTILAR	42.C.24.2.2.09	Çelikten yapılmış tüp, boru, içi boş profiller ve ilgili bağlantı parçalarının imalatı
	KABLO BAĞLANTILARI	57.C.22.3.3.03	Kablolamada kullanılan gereçlerin imalatı (fiş, soket, baskılı, düğmeli vb. anahtar, priz, duy, plastikten elektrik boru ve kablo tablaları, makine ve cihazları izole edici plastik bağlantı parçaları, vb.) (elektronik bileşenlerde kullanılanlar hariç)
	DEMİR DÖKÜM MALZEMELİ BAĞLANTILAR	42.C.24.5.1.03	Demir döküm (yarı mamul demir ürünlerin dökümü, gri demir dökümü, küresel grafit demir dökümü, dövülebilir dökme demir ürünleri dökümü, tüpler, borular ve içi boş profiller ile dökme demirden tüp ve borular ile bunların bağlantı parçalarının imalatı)
	ALÜMİNYUM MALZEMELİ BAĞLANTILAR	43.C.24.4.2.21	Alüminyum bar, çubuk ve profil, tüp, boru ve bağlantı parçaları imalatı (alaşımdan olanlar dahil)
BUHAR ÜRETİMİ İÇİN BORU DEMETLİ VB ISI DEĞİŞTİRİCİLER	DEMİR BORULAR	45.G.46.7.2.09	Demir/çelikten bar ve çubukların, profillerin, levha kazıkların (palplanş), tüp ve boruların toptan ticareti (filmaşın, inşaat demiri, sondaj borusu, petrol, gaz vb. hatlar için borular, vb. ile tel dahil)
	GÖVDE ELEMANI	42.C.24.1.0.03	Demir ve çelikten sıcak veya soğuk çekilmiş yassı hadde ürünleri imalatı (demir veya çelik alaşımlı levha, şerit, sac, teneke sac, vb. dahil)
SOĞUTMA KULESİ	SOĞUTMA KULESİ	49.C.28.2.9.20	Maddelerin ısı değişimi yoluyla işlenmesi için makine imalatı (su sirkülasyonu yoluyla doğrudan soğutma için soğutma kuleleri ve benzerlerinin, metallerin buhar biriktirme yoluyla kaplanması için vakum-buhar tesisleri vb.)
SİRKÜLASYON POMPALARI	SİRKÜLASYON POMPALARI	49C.28.1.3.02	Sıvı pompaları ve sıvı elevatörleri imalatı (yakıt, yağlama, soğutma ve diğer amaçlar için) (deplasmanlı ve santrifüjlü pompalar ile benzinliklerde kullanılan akaryakıt pompaları dahil) (tulumba dahil, içten yanmalı motorlar için olanlar hariç)
İZOLASYON KAPLAMA VE BAĞLANTI PLAKALARI	İZOLASYON KAPLAMA VE BAĞLANTI PLAKALARI	57.C.27.3.2.03	Diğer elektronik ve elektrik telleri ve kablolarının imalatı (koaksiyel kablo ve diğer koaksiyel elektrik iletkenleri, yalıtılmış bobin telleri, izolasyonlu toprak su altı iletkenler, asetatlı ve silikonlu bakır iletkenler, vb.) (fiberoptik kablo hariç)
BUHAR TÜRBİNİ	BUHAR TÜRBİNİ	48.C.28.1.1.08	Türbin ve türbin parçalarının imalatı (rüzgar, gaz, su ve buhar türbinleri ile su çarkları ve bunların parçaları) (hava taşıtları için turbo jetler veya turbo pervaneler hariç)
GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ	YANSITICI	48.C.28.2.1.10	Güneşle ısıtma sistemleri (güneş kolektörleri), buharla ısıtma sistemleri, yağla ısıtma sistemleri ile benzeri ocak ve

			ısıtma donanımları gibi elektriksiz ev tipi ısıtma donanımları imalatı
	ELEKTRİKLİ	52.F.43.2.1.01	Elektrik tesisatı (bina ve bina dışı yapıların elektrik tesisatı, kablolu televizyon ve bilgisayar ağı tesisatı ile konut tipi antenler, elektrikli güneş enerjisi kolektörleri, elektrik sayaçları, yangın ve hırsızlık alarm sistemleri vb. kurulumu)

Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlerde, özellikle CSP santrallerinde çok sayıda sistem bileşeni ve parçası bulunmaktadır. Tam anlamıyla bir sistemin kurulumu için Know-How alınmaması durumunda nispeten çok uzun süreler boyunca tasarım ve deneme çalışmaları yapılması gerekebilir. Çalışma kapsamında belirtilen parçalar sistemlerin genel parçalarıdır ve ortak bir görüş oluşturmak amacıyla burada verilmişlerdir.

2.9.1. Konya'da ve Türkiye'de Üretimi Mümkün olmayan teknolojilerde yatırım maliyeti hakkında bilgi verilmesi

CSP santrallerinde kullanılan hemen hemen bütün bileşenlerin yerel sanayi imkânlarıyla üretilebilme potansiyeli bulunmasına rağmen özellikle yarı iletken teknolojisinin gerektiği PV hücreleri için ülkemizde büyük ilk yatırım maliyetleri oluşmaktadır. PV hücrelerinin üretim süreci bölüm 2.3.3.'te ve Şekil 72, 74 ve 75'te gösterilmişti. Bu süreç için yurtdışında harcanan Ar-Ge ve ilk yatırım maliyetlerinin incelenmesi konu hakkında fikir verebilir.

1991 yılında ABD Enerji Departmanı (DOE) ve ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL), kendi yerel pazarlarında kaybolmakta olan PV üretim teknolojisini iyileştirmek ve geliştirmek için yeni bir proje başlatmışlardır. Fotovoltaik Üretim Teknolojisi (PVMaT) projesi, 5 yıl olarak planlanmış, devlet ve endüstri ortaklığıyla maliyetlerin paylaşıldığı ve PV sistemleri ve bileşenlerinin üretiminde ABD'yi PV endüstrisinin liderliğine taşıyacak bir proje olarak öngörülmüştür; Bu süreçte NREL'in malzemeye dönük Ar-Ge anlayışından farklı olarak süreç mühendisliği ve endüstriyel mühendislik Ar-Ge çalışmalarına odaklanılmıştır. Proje zamanla bu ilk başlangıç planından saparak PV üretim Ar-Ge çalışmasına dönüşmüştür.

Aşağıda Çizelge 25'te PVMaT projesi kapsamında 1991 yılından 2005 yılına kadar DOE ve özel girişimin PV üretimi için yaptığı Ar-Ge yatırımı özetlenmektedir.

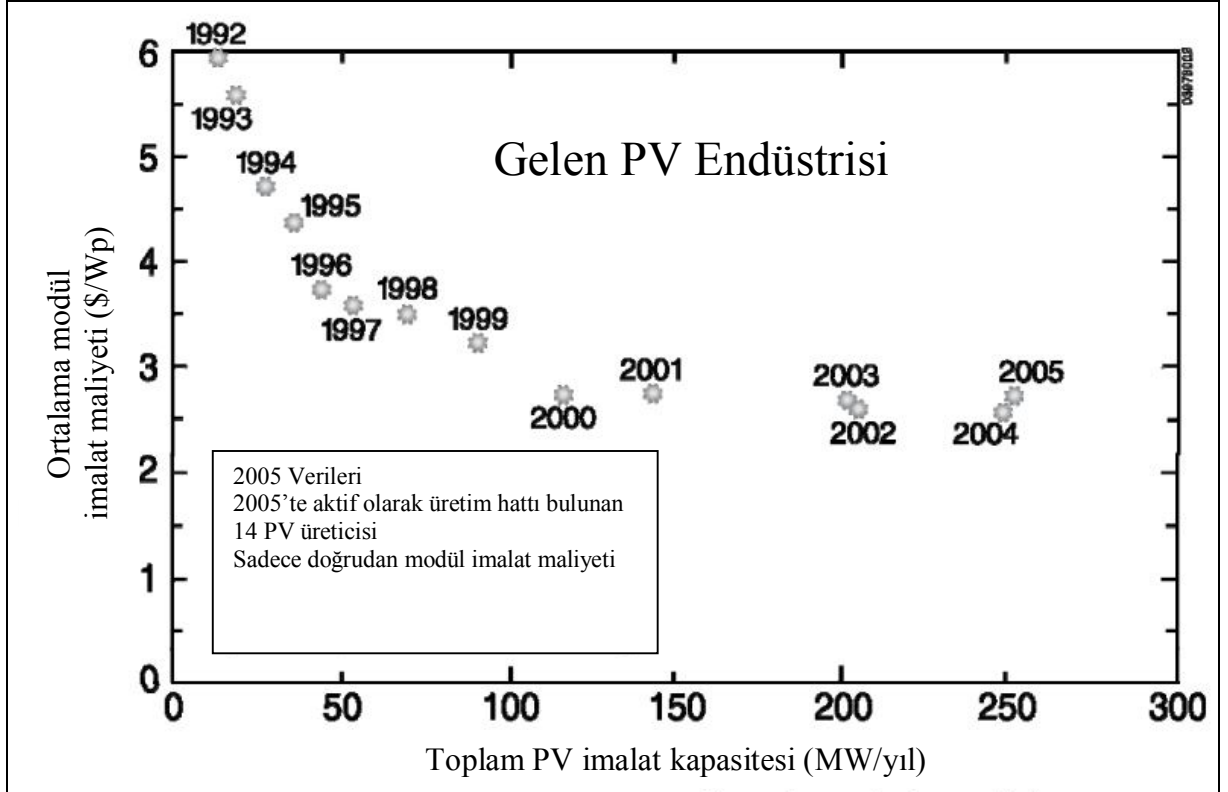
Yaklaşık 14 yıllık bir süreç zarfında 151.4 milyon USD DOE tarafında, 137.5 milyon USD özel teşebbüsten olmak üzere toplam 288.9 milyon USD yatırım yapılmıştır. Ayrıca özel teşebbüs harcamaları sadece araştırmada kullanılan personel ve malzemeler için alınmıştır. Sermaye olarak sayılabilecek ekipman satın alımları dahil edilmemiştir (Margolis ve ark., 2006). 14 yıl gibi nispeten uzun bir Ar-Ge sürecinde harcanan 288.9 milyon USD kapital düşünüldüğünde, ülkemizde PV hücre üretimi için daha kısa zaman diliminde sonuç alınabilmesi için çok daha büyük sermayelere ihtiyaç duyulacağı anlaşılmaktadır.

Çizelge 25. PVMaT projesi kapsamında 1991 yılından 2005 yılına kadar DOE ve özel girişimin PV üretimi için yaptığı Ar-Ge yatırım (Margolis ve ark., 2006)

Yıl	Çalışmanın odağı	DOE'ye ait harcama (Bin \$)	Endüstriye ait harcama (Bin \$)	Özel teşebbüsün harcamadaki payı
1991	Sorunların tanımlanması	1,053	0	%0.0
1992	Sürece özel imalat	30,738	21,316	%40.9
1993	Sürece özel imalat	13,384	14,557	%52.1
1993	Sınıflandırılmış araştırma	2,220	752	%25.3
1994	Üretimin yönlendirdiği sistem & bileşenler	5,343	1,812	%25.3
1994	Üretimin yönlendirdiği modül imalatı	14,349	10,167	%41.5
1998	Üretimin yönlendirdiği sistem & bileşenler	4,261	4,700	%52.5
1998	Üretimin yönlendirdiği modül imalatı	26,451	20,689	%43.9
2001	Sıralı hata bulma ve akıllı süreç işleme – Sistem dengesi	3,553	3,708	%51.1
2001	Sıralı hata bulma ve akıllı süreç işleme – Modül imalatı	23,352	30,426	%56.6
2004	Modül ve bileşen üretim miktarı, ömrü ve güvenilirliği – Sistem dengesi	2,996	5,326	%64.0
2004	Modül ve bileşen üretim miktarı, ömrü ve güvenilirliği – Modül imalatı	23,667	23,998	%50.3
	TOPLAM	151,377	137,451	%47,6

Ayrıca bu projeye katılan 14 PV üreticisinin 1990'lardan 2005 yılına kadar birim hücre imalatı başına maliyetteki azalmanın gösterimi Şekil 113'te verilmiştir. Kabaca 14 yıllık süre içerisinde yapılan Ar-Ge çalışmalarıyla PV maliyeti %54 azaltılmıştır. Elde edilen bu gelişmelerden dolayı firmaların rekabet gücü arttırılmıştır. Örneğin Margolis ve ark. (2006), Evergreen firmasının 2006'nın ilk 4 ayında, sonraki 4 yıl için 380 milyon USD değerinde satış sözleşmesi imzaladığını bildirmiştir.

Sonuç olarak PV hücre üretiminde marjinal faydanın elde edilebilmesinin ülkemiz için güçleştiği ve kısa zamanda büyük sermayeler gerektireceği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla küçük ve orta ölçekli işletmeler için PV hücre üretimi yerine diğer sistem bileşenlerinin üretimi, sistem entegrasyonu ve güneş enerjisinden elektrik üretimine odaklanılmalıdır. Olası bir PV hücre üretimi için know-how alınmalı, üretim ve Ar-Ge çalışmaları bu know-how üzerine kurulmalıdır.



Şekil 113. 1992-2005 arasında birim hücre imalatı başına maliyetteki azalma (Margolis ve ark., 2006)

2.10. Güneş enerjisi sistemleri için Test Onayları İle İlgili Mevzuat, Uluslararası Standartlar, Test İmkânları İçin Değerlendirme

Modüllerin ve sistemlerin belgelendirilmesi önemlidir. Yatırım yapılan alanlarda; idari merciler, bankalar, finansman kuruluşları tarafından bu sertifikalar kabul görmektedir. Belgelerin finansal kurallar çerçevesinde ve yetkili kurullar tarafından kabul edilmesi için, akredite bir test belgelendirme kuruluşu tarafından testlerin gerçekleştirilmesi gerekir.

29 Haziran 2011 tarihli resmi gazetede 27969 sayı ile yayımlanan “Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisleri hakkında yönetmelikte güneş enerjisine dayalı

elektrik üretim tesislerinde kullanılan aksamın sahip olması gereken standartlar, test yöntemleri isimli başlıkta aşağıdaki maddeler belirtilmiştir.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin projelendirilmesinde kristal veya ince film PV modülleri ile odaklamalı PV modüllerinin;

a) Performans testleri ve tip kabulleri için TS EN 61215, TS EN 61646 ve TS EN 62108 standartları,

b) Emniyet testleri için TS EN 61730 standardı uygulanır.

(2) CSP sistemlerde ısı (termal) performans TÜBİTAK tarafından kurulum yerinde yapılır ve Bakanlığa rapor edilir.

Yönetmelikte geçen standartlar, uluslar arası standartlardan aynı numara ile çevrilmiş standartlar olup kısa açıklaması aşağıdaki gibidir;

TS EN 61215

Bu Uluslararası Standart, IEC 60721-1 de tanımlandığı gibi genel ve açık hava klimaların uzun süreli çalışmalarında tasarım şartlarında ve kristal silikon karasal fotovoltaik modüllerin tip onayında IEC şartlarını sağlar.

TS EN 61646

TS EN 61215 deki aynı yaklaşımla bu standart, ince film modüllerinde olduğu gibi, IEC 61215 tarafından kapsamaz ve tüm karasal düz plaka modüler malzemeler içindir. Test sırası tasarım için IEC 61215 den türetilmiştir.

TS EN 62108

TS EN 61215 deki aynı yaklaşımla bu standart, Odaklayıcı Fotovoltaik (CPV) Modüller Ve Tertibatlar içindir.

TS EN 61730

Bu standart, fotovoltaik modüllerin tahmini çalışma süresince elektriksel ve mekanik çalışma emniyetini sağlamak için gerekli oluşum şartlarını tanımlar. Mekanik ve çevre etkilerinden kaynaklanan elektriksel şokların, yangın tehlikesi ve kişisel yaralanmaların önlenmesini değerlendirmek için özel başlıklar verilmiştir.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinde kullanılan aksamın sahip olması gereken Uluslar arası standartlar ve numaraları ise Çizelge 26'daki gibidir. Bu standartlar 2011 yılı itibariyle birçoğu TSE'de de bulunmaktadır.

Çizelge 26. Fotovoltaik aygıtlar ile ilgili uluslararası standartlar.

Standart No	Tanımı
IEC 60904-1	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 1: Fotovoltaik akım-gerilim karakteristiklerinin ölçülmesi.
IEC 60904-2	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 2: Referans güneş aygıtları için gereklilikler.
IEC 60904-3	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 3: Spektral ışınım dataları ile ilgili olarak yersel fotovoltaik güneş aygıtlarının ölçüm prensipleri.
IEC 60904-4	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 4: Referans güneş aygıtlarının kalibrasyonunun izlenebilirliğini sağlamak için prosedürler.
IEC 904-5	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 5: Açık devre gerilim yöntemiyle fotovoltaik aygıtların eşdeğer hücre sıcaklığının belirlenmesi.
IEC 60904-7	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 7: Fotovoltaik aygıtların ölçülmesi için spektral yanlış eşleşme düzeltmesinin hesaplanması.
IEC 60904-8	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 8: Fotovoltaik aygıtların spektral tepkilerinin ölçülmesi.
IEC 60904-9	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 9: Güneş simülatörü performans gereklilikleri.
IEC 60904-10	Fotovoltaik aygıtlar- Parça 10: Lineerlik ölçüm metotları.
IEC 60891	Kristal silikon fotovoltaik aygıtlarının ölçülen I-V karakteristikleri için sıcaklık ve ışınım düzeltme prosedürleri.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak amacıyla yapılacak lisans başvurularında ölçüm yapılmasına ilişkin usul ve esasları belirlemiştir. Buna göre özel şirketler yatırım yapacakları alanda şartlara uygun olarak elde edilmiş, en az 6 ay yerinde ölçüm yapılmış olmak kaydıyla, asgari bir yıl süreli veri sunulması zorunluluğu getirilmiştir. Yatırım yapılacak sahada, yeryüzünün yatay düzleminde bir metrekareye saatlik gelen toplam güneş radyasyonu ölçülüp kaydedilerek en fazla üretilebilecek enerji miktarı belirlenecektir. Şirketler, ölçüm sonuçlarını Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne onaylatarak EPDK'ya lisans başvurusu yapacaktır. Ölçüm tebliğinin tamamlanmasının milyarlarca dolarlık yeni güneş santralının yatırıma dönüşmesi için çok kritik bir aşama olduğunu anlaşılmaktadır. Güneşte kısa vadede 600 MW hedef bulunmaktadır. Bugünkü yatırım değerlerinden hesaplandığında toplam 1,5 milyar Euro'luk bir yatırım için ölçüm

yapılacaktır. Ancak güneşte 600 MW başlayıp 10,000 MW'a kadar çıkabilecek bir potansiyel bulunmaktadır. EPDK düzenlemesine göre, ölçüm istasyonları, güneş enerjisine dayalı üretim tesisinin kurulacağı lisans başvurusu yapılacak santral sahası alanında yer alacaktır.

2.11. Güneş Enerjisi Elektrik Üretimi Teknolojileri Alanında Sonuç, Öneriler ve Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar

Bu çalışmada, T.C. Konya Valiliği'nin "Konya'yı, Türkiye'deki güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi yatırımlarının en önemli ev sahibi yapmak ve bu yatırımlar için ihtiyaç duyulan malların, hizmetlerin ve teknolojilerin üretildiği, yeni ve ileri güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirildiği ve geliştirilen teknolojilerin ihraç edildiği bir endüstri bölgesi durumuna getirmek" vizyonunu da destekler doğrultuda Konya sanayisinde güneş enerjisi sistem parçalarının üretilebilirliği incelenmiştir. Çalışma içerisinde güneş enerjisinden, bu enerjinin faydalı hale getirilmesinde kullanılan yöntemlerden ve sistemlerden, güneş enerjisinin dünyada, Türkiye'de ve Konya'daki durumundan, bahsedilen sistemlerin bileşenlerinden ve teorik temellerden bahsedilmiştir. Konya ve bölgesinde güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretiminde kullanılacak sistemlerin yerel imkânlarla üretilebilirliği araştırılmış, yerel sanayi temsilcileri ile görüşülmüş ve sonuçlar çalışma içerisinde sunulmuştur. Yapılan araştırmaya göre özellikle CSP sistemlerinin çok önemli bir bölümünün yerel sanayi imkânlarıyla üretilebileceği anlaşılmaktadır. PV sistemleri için hücre üretimine yatırım yapılması mantıklı görünmemektedir. PV sistemleri için daha çok panel üretimi ve sistem tasarım ve montajı yerel sanayinin ilgisini çekmektedir. Bu noktada sanayi temsilcileri devlet destekleri ve kolektiflerle gerekli know-how'ın sağlanmasını talep etmektedir. Şebeke desteğinin bulunduğu Karapınar bölgesi coğrafi özelliklerinden dolayı potansiyel CSP ve PV santral alanı olarak düşünülebilir. Fakat 2023 vizyonunda güneş enerjisi için bağlanabilir trafo kapasitesinin 3000 MW'a çıkarılması planlandığından, Konya'nın 600 MW trafo kapasitesi içerisinde bulunmayan Cihanbeyli gibi coğrafi özellik bakımından uygun olan farklı bölgelerinin de ön plana çıkması beklenmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üreten santrallerin dezavantajlarını giderecek teknolojik gelişmeler ve diğer enerji kaynaklarının bu santrallerle hibrit kullanımı sayesinde Konya, Türkiye'nin 2023 enerji vizyonunda toplamda 92 MW

gücündeki güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan santralleriyle önemli bir rol oynayacaktır.

Konya ili ilçe bazında global güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi bakımından değerlendirildiğinde Taşkent ilçesinin maksimum global güneş radyasyonuna sahip olduğu görülmektedir. GEPA raporundaki değerlere göre Konya ilinin global radyasyon değeri yıllık olarak 1624 kWh/m²yıl'dır. 4 Şubat 2012 Tarihli ve 28194 Sayılı Resmi Gazetede yapılan duyuruda; *Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvurularında, yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu değerinin 1620 kWh/m²yıl'a eşit veya yüksek olması zorunluluğu bulunmaktadır.* GEPA raporuna göre 1620 kWh/m²yıl değerine eşit ve yüksek olan Konya ilçeleri Ahırılı, Akören, Beyşehir, Bozkır, Çumra, Derbent, Derebucak, Emirgazi, Ereğli, Güneysınır, Hadim, Halkapınar, Höyük, Karapınar, Karatay, Meram, Selçuklu, Seydişehir, Taşkent ve Yalıhöyük'tür. Bu ilçeler arasında Taşkent 1714 kWh/m²-yıl değeri ile en yüksek değere sahip ilçedir. Fakat Karapınar ilçesi, arazisinin düz olmasından ve yıllık global radyasyon değerinin 1632 kWh/m²yıl olmasından dolayı güneş enerjisi santrali yatırımlarının yapılması daha gerçekçi olacaktır. GEPA raporuna göre belirlenen bu sonuçlar 4 Şubat 2012 Tarihli ve 28194 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında yapılan güncel duyuruya göre güneş enerjisinden elektrik üretilecek tesisin yeri belirlenmeden önce standartlara uygun ölçümlerle tasdik edilmelidir. Ayrıca arazi şartlarının elverişli olduğu Karapınar, Ereğli ve Cihanbeyli gibi ilçelerde standartlara uygun olarak yapılacak yeni ölçümlerle daha uygulanabilir tesis alanları belirlenebilir.

Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezlerinin İl bazında Global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri ayrı ayrı olarak EK-1'de verilmiştir. EK-1'deki sıralama kapasite miktarlarına göre bağlantı kapasitesi en yüksek olan 5 bölge sırasıyla Konya, Van-Ağrı, Antalya, Karaman ve Mersin bölgeleridir. Bu 5 bölge toplam kurulacak kapasitenin %50'sini oluşturmaktadır.

Avrupa ülkelerinde Güneş enerjisinden üretilen elektrik 30 ile 50 Avro sentten satın alınırken, Türkiye'de hazırlanan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı düzenlenmiştir. 6094 Sayılı Kanun ile de Kanun'un bazı maddelerinde değişiklikler yapılmıştır. Yasa, yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin teşvikini amaçlamaktadır. Kanununda, 31/12/2015'ten önce devreye girmiş ve YEK Mekanizmasına tabi olan üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektronik

aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde bu tesislerde üretilen elektrik enerjisi için yerli katkı ilavesi uygulanması düzenlenmiştir.

Yasaya göre, elektrik enerjisine yönelik kaynak alanlarının, ilgili kurum ve kuruluşların görüşü alınarak belirlenmesi, derecelendirilmesi, kullanılmasına ilişkin usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenecektir. Buna göre, tesisin tipi ve kullanılan aksamın nevine göre belirlenmiş ve Kanun ekindeki katkı miktarları belirtilmiştir. Buna göre güneşten elektrik üreten YEK kaynaklı üretim tesisinin 1 kWh'lik elektrik için belirlenen ücret 13,3 Dolar sent ve sistem parçalarının hepsinin yerli üretim olması durumunda bu ücrete ilave 6,7 Dolar sent ekleneceği görülmektedir. CSP sistemlerinde ise sadece sistem parçalarının yerli olması durumunda eklenecek ücretin 9,2 Dolar sent olduğu görülmektedir. Ölçümlerin başlayıp tamamlanması ile bu yılın sonunda güneş lisans başvurularının alınması planlanmaktadır. Güneşte kısa vadede 600 megavatlık bir hedef bulunmaktadır. Bugünkü yatırım değerlerinden hesaplandığında toplam 1,5 milyar Euro'luk bir yatırım için ölçüm yapılacaktır. Ancak güneş enerjisinden elektrik üretilmesinde 600 megavatla başlayıp 10 bin megavata kadar çıkabilecek bir potansiyel bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Konya'da güneş enerjisinden elektrik üretilen sistemlerin ve parçalarının imalat potansiyeli ve olası yatırımlarla ilgili olarak yapılan araştırmada yerel sanayinin karakteristik yapısına bağlı olarak metal konstrüksiyona ve makine elemanlarına dönük parça ve makine imal edilebilecek firma sayısının bütün firma sayısına oranı %31'e tekabül etmektedir. Konya sanayisinde güneş enerjisinde dönük imalat yapabilecek alt yapıya sahip firmalar çoğunlukla otomotiv yan sanayi imalatçıları, makine imalatçıları ve metal konstrüksiyon ile uğraşan firmalardır. Otomasyon ve endüstriyel elektroniğe dönük imalat ve sistem entegrasyonu yapan firmaların sayısı toplam firma sayısının %30'unu oluşturmaktadır. Küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşan Konya sanayisinde belirli sayıda müşteri portföyüne sahip küçük ölçekli çok sayıda endüstriyel elektrik, elektronik ve otomasyon firması bulunmaktadır. Bu firmalar özellikle küçük ve orta ölçekli güneş enerjisi sistemlerinde kullanılacak elektrik, elektronik ve otomasyon ihtiyacına cevap verebileceklerini belirtmişlerdir. Konya Şeker Fabrikası, Ova Un Fabrikası gibi büyük firmaların endüstriyel otomasyonunun bir kısmı Konyalı firmalarca yapılmaktadır. Bilgi ağırlıklı üretim altyapısı gerektiren ölçüm cihazlarının üretilmesinde bir yetersizlik olduğunu gözlemlenmiştir. Ayrıca, entegre bir PV hücre üretim tesisinin kurulması Konya

sanayicisi için know-how teknolojisi ve üretim bandı maliyetinin yüksek olmasından dolayı fizibil değildir.

Sistem kurulumuyla ilgili olarak firmalar PV sistemlere daha çok ilgi göstermişlerdir. Firmalarla yapılan bireysel görüşmelerde bunun arkasında yatan sebebin, PV sistemlerinin nispeten sistem kurulumunun kolay olması, küçük kapasitelerde sistem kurulabilmesine imkân tanınması ve CSP'lere göre daha az bakım ve teknik bilgi gerektirmesi olduğu anlaşılmıştır. Konya'da güneş enerjisinden elektrik üretecek sistemlere mali olarak katkı gösterebilecek 22 firma ve teknik altyapısıyla katkı gösterebilecek 77 firma önerilmiştir.

Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre aşağıdaki projeksiyon ve önerilerde bulunulabilir;

Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlerin dezavantajları çeşitli hibrit sistem düzenlemeleri ile iyileştirilebilir.

Konya'daki elektronik ve otomasyon firmaları düşünüldüğünde özellikle küçük ve orta ölçekli PV sistemleri için güneş takip sistemleri ile yeni bir iş alanı oluşturulabilir.

Konya sanayisi teknolojik bilgi altyapısını geliştirmesi için çeşitli teşvik formları geliştirilmelidir. Avrupa Birliği projeleri bu konuda etkin kullanılmalı ve konu hakkında yurtdışında bulunan uzman firmalar ile işbirlikleri geliştirilmelidir.

Fotovoltaik (PV) sistemlerin küçük işletmelerde kullanılması teşvik edilmelidir. Bu konuda bölge üniversitelerinde yapılacak AR-GE çalışmaları desteklenmelidir.

Üretim altyapısının uygunluğu nedeniyle CSP sistemler konusunda farkındalık artırılmalı ve yerel sanayinin sistemle ilgili önyargıları yıkılmalıdır.

Organize sanayi bölgeleri (OSB) elektrik ihtiyacını karşılamak için özel anlaşmalar yapabilmektedir. OSB'lerin güneş tabanlı elektrik üretim tesislerine yönlendirilmesi için uygun teşvikler geliştirilmelidir.

Güneş enerjisinden elektrik üretilen santrallerin sarf malzemelerine ve yedek parçalarına yönelik yan sanayi oluşturulmalıdır. Bu nedenle bölge sanayisinde tecrübe oluşturmak için devlet eliyle pilot uygulama santralleri kurulabilir.

Dağıtım şirketlerinin konuyla ilgili olarak bilinçlendirilmeleri ve gelecekteki olası taleplere hazır hale getirilmeleri gerekmektedir.

Yakın gelecekteki PV ve CSP santralleri düşünülerek nitelikli eleman yetiştirilmeli ve ilgili mesleklerin iş tanımları yapılmalıdır. Ayrıca gerekli elemanların eğitilebilecekleri bölümler açılmalı veya hali hazırda kullanılmakta olan bölümlerin

öğretim içeriği revize edilmelidir. Kısa vadede güneş enerjisi sistemlerine nitelikli eleman yetiştirebilecek kurumların öğretim altyapısının geliştirilmesi için mali destek verilmelidir. Ayrıca bu kurumlarda görev yapan eğitimcilerin ön kurslar ve eğitimlerle eğitilmesi düşünülebilir.

Kırsal kesimdeki küçük yerleşim birimlerinde, tarımda, hayvancılıkta, yeterli sayıda yerleşimin olduğu sitelerde özellikle PV tesislerinin kullanımı teşvik edilebilir ve şebekeye bağlı sistemlerin sayısı arttırılabilir.

Bölgede ve Türkiye genelinde daha güvenilir ve ayrıntılı bir güneş haritası elde edilebilmesi için kapsamlı yerel güneş ölçümleri yapılmalıdır.

Ulusal finans kuruluşlarının ilgisi konuya çekilmeli ve uzun vadeli krediler sağlanması için uygun şartlar oluşturulmalıdır. Bu noktada karşılıklı taraflar ortak platformlarda toplantılar düzenleyebilir.

Uluslararası alanda konuyla ilgili olarak çok sayıda patent bulunmaktadır. Yerli tasarım çalışmalarının ve patent başvurularının arttırılması için üniversite sanayi işbirliklerinin ve teknokent bölgelerinin etkinlikleri arttırılmalıdır.

Devlet kurumları güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlerin kullanılmasında model olabilir.

Güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda gerekli inşaat, montaj, veri izleme, bakım sektörünün geliştirilmesine yönelik yatırımların desteklenmesi beklenmektedir.

Konya'da güneş enerjisi santralleriyle ilgili olarak bölge üniversiteleri, sanayi ve ticaret odaları, belediyeler, devlet organları ve özel teşebbüsün yer aldığı bir güneş enerjisi kümelenmesi veya mükemmeliyet merkezi kurulabilir.

Bölgesel farkındalığı arttırmak için bölgede ulusal ve uluslararası fuar, sempozyum, kongre v.b. organizasyonlar düzenlenebilir.

Bölgede TÜBİTAK-MAM benzeri, doğrudan güneş enerjisi ve enerji verimliliği teknolojisi konularına odaklanmış ileri teknoloji hedefli ulusal bir araştırma merkezi kurulabilir.

Küçük ve orta ölçekli sistemlerin kurulum öncesi etüt işleri için test, ölçüm ve araştırma kuruluşları teşvik edilebilir.

Yapılan araştırmaya göre özellikle CSP sistemlerinin çok önemli bir bölümünün yerel sanayi imkânlarıyla üretilebileceği anlaşılmaktadır.

PV sistemleri için hücre üretimine yatırım yapılması mantıklı görünmemektedir. Bu sistemlerde daha çok panel üretimi ve sistem tasarım ve montajı yerel sanayinin ilgisini çekmektedir.

Sanayi temsilcileri devlet destekleri ve kolektiflerle gerekli know-how'ın sağlanmasını talep etmektedir. Bu nedenle ilgili sanayicileri bir araya getirmek için ilgili odalara ve meslek gruplarına görev düşmektedir.

Güneş enerjisinden elektrik üretilebilmesi için orta ve büyük kapasiteli santrallerin kurulmasında organizasyonu şekillendirecek ve gerekirse uzun vadeli yatırım yapabilecek yerel özel teşebbüse de ihtiyaç duyulacaktır. Konya'da faaliyet gösteren 22 büyük firma bunu gerçekleştirebilir.

Şebeke desteğinin bulunduğu Karapınar bölgesi coğrafi özelliklerinden dolayı potansiyel CSP ve PV santral alanı olarak düşünülebilir. Güneş enerjisi için bağlanabilir trafo kapasitesinin 3000 MW'a çıkarılması durumunda, Konya'nın 600 MW trafo kapasitesi içerisinde bulunmayan Cihanbeyli gibi coğrafi özellik bakımından uygun olan farklı bölgelerinin de ön plana çıkması beklenmektedir.

Güneş elektrik santrallerinin dezavantajlarını giderecek teknolojik gelişmeler ve diğer enerji kaynaklarının bu santrallerle ortak kullanımı sayesinde Konya, Türkiye'nin 2023 enerji vizyonunda toplamda 92 MW gücündeki güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan santralleriyle önemli bir rol oynayacaktır.

2.12. Hibrit Enerji Sistemleri, Sistem Kombinasyonları ve Uygulamalarının Değerlendirilmesi

Güneş ışınımının gün içerisinde ve yıl içerisinde değişiminden dolayı güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlerin başka sistemlerle ortak olarak kullanılması araştırılan konular arasında yer almaktadır. Özellikle bireysel kullanıma dönük küçük ölçekli PV elektrik sistemleri için bu ortak sistemler genellikle rüzgâr türbinleri olurken, orta ve büyük güneş enerjisi elektrik üretimi sistemleri için fosil yakıt kaynaklı sistemlerde hibrit olarak kullanılabilir. Bu sisteme örnek olarak US2011/0131988A1 numaralı patent verilebilir. Patent içerisinde, bir güneş yoğunlaştırıcı alanı, fosil yakıt ile çalışan bir buhar üretici ve bu iki birimden üretilen buharı kombine eden sistem bileşeni ve elektrik üretim birimi bulunmaktadır.

US2010/0237291A1 numaralı patentte ise yoğunlaştırılmış güneş enerjisinin biyogaz üretiminde kullanıldığı bir sistem tarif edilmektedir. Biyogazın oluşturulabilmesi için yerleştirilen reaktör tüplerine yansıtılan güneş ışınlarının ısıtıcı etkisinden faydalanılarak hidrojen ve karbon monoksit gibi yanıcı gazlar elde edilebilmektedir.

İsraili temiz enerji firması AROA, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi ve biyokütle yakıttan 7/24 enerji üreten “Solar Tulip” adlı ikinci hibrit güneş elektrik santralini faaliyete geçirmiştir. Görünüşü ve teknik özellikleriyle mevcut tüm yoğunlaştırılmış güneş enerji kulelerinden farklı yapıya sahip CSP, hem modüler hem de hibrit hibrit özelliklere sahiptir. Bir kule ve 50 yansıtıcı aynadan oluşan güneş enerji santrali topografyaya ve enerji ihtiyacına göre ölçeklendirilebilmektedir. Solar Tulip’in kurulum maliyeti 550,000 USD’dir.

2.13. KAYNAKLAR

- Aksoy, MH., 2011, Güneş ve Rüzgar Enerjisi ile Hibrit su pompalama sisteminin deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Anonim, 1998, Genç Habitat Derneği, Güneş Enerjisi, Genç Habitat Türkiye, İstanbul, 38-84
- Anonim, 2007a, <http://www.eie.gov.tr/YEK.html>, [Ziyaret Tarihi: 20 Şubat 2011].
- Anonim, 2008a, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Bölgesel Göstergeler TR 52 Konya-Karaman, ISSN 1307-0894 2008.
- Anonim, 2008b, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2007-2008 Türkiye Enerji Raporu.
- Anonim, 2008c, <http://www.eie.gov.tr/YEK.html>, [Ziyaret Tarihi: 13 Haziran 2011].
- Anonim, 2008d, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/42.aspx>, [Ziyaret Tarihi: 13 Haziran 2011].
- Anonymous, 2010a, International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2010.
- Anonim, 2010c, TEİAŞ, Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2010- 2019).
- Anonim, 2011a, www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html, [Ziyaret Tarihi: 13 Haziran 2011].
- Anonim, 2011b, <http://www.alternaturk.org/gunesisil.php>, [Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2011].
- Anonim, 2011c, www.estif.org, [Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2011].
- Anonim, 2011d, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/guneskollektor.html>, [Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2011].
- Anonim, 2011e, http://www.nrel.gov/csp/troughnet/power_plant_data.html, [Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2011].
- Anonim, 2011f, <http://www.belgeler.com/blg/29ci/pv-elektrik-uretimi>, [Ziyaret Tarihi: 30 Ekim 2011].
- Anonim, 2011g, www.enerji.goc.tr, [Ziyaret Tarihi: 30 Ekim 2011].
- Anonim, 2011h, http://www.cres-consulting.com/icerik/fotovoltaik_pv_ve_isil_termal_proje_gelistirme/314, [Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2011].
- Anonim, 2011i, <http://spie.org/x37901.xml>, [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2011].
- Anonim, 2011j, <http://www.solarfeeds.com/doe-invests-60m-towards-csp/>, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].
- Anonim, 2011k, <http://www.wikipedia.org>, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].

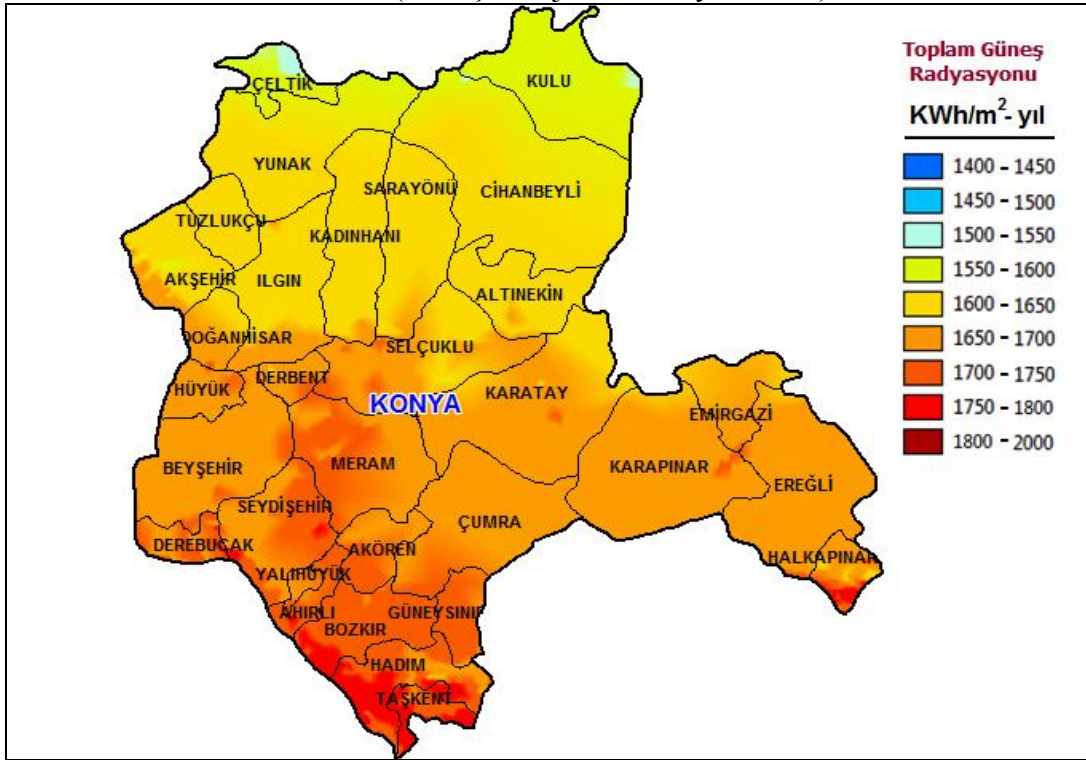
- Anonim, 2011l, www.nrel.gov, [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2011].
- Anonim, 2011m, www.flowserve.com, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].
- Anonim, 2011n, <http://www.reuk.co.uk/Molten-Salt-for-Heat-Storage.htm>, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].
- Anonim, 2011o, <http://www.treehugger.com/corporate-responsibility/molten-salt-as-solar-heat-battery.html>, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].
- Anonim, 2011p, www.siemens.com/energy, [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2011].
- Anonim, 2011r, www.sbp.de, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].
- Anonim, 2011s, www.gunessistemleri.com, [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2011].
- Anonim, 2011t, <http://www.solarbaba.org/gunes-paneli-ureten-makinalar/?ref=nf>, [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2011].
- Anonim, 2011u, www.degerenergie.com, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].
- Anonim, 2011v, www.austriamicrosystems.com, [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2011].
- Anonim, 2011y, <http://eusolar.ege.edu.tr/>, [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2011].
- Anonymous, 2011d, www.photon-magazine.com, [Ziyaret Tarihi: 30 Haziran 2011].
- Atagündüz, G., 1989, Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları, E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü Yayınları, No:2, Ege Üniversitesi Basımevi, 372 s.
- Aydar, E., Livatyalı, H., Üresin, E. ve Günal, A., 2010, Yoğunlaştırılmalı güneş enerjisi teknolojileri, SOLAR FUTURE 2010, 65-70.
- Bağcı, E., 2009, Güneş enerjisi potansiyel belirlenmelerinde kullanılan cihazlar ve özellikleri, Mühendis ve Makine, 50(593)
- Cıtıroğlu., A, Haziran 2000, Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi, Mühendis ve Makine, 485, 32-37 s
- Deriş, N., 1979, Güneş Enerjisi Sıcak su ile ısıtma tekniği, Sermet matbaası, İstanbul.
- Cristofari, C., Notton, G. ve Canaletti J.L., 2009, Thermal behavior of a copolymer PV/Th solar system in low flow rate conditions, Solar Energy, 83(8), 1123-1138
- Gilbert, M. M., 2004, Renewable and Efficient Electric Power Systems, John Wiley & Sons Hoboken, USA, 471-486.
- Gonzalez, F. A. ve Liberali, R., 2007, Concentrating solar power: from research to implementation, European Communities, ISBN 978-92-79-05355-9.
- Goswami, D.Y., 2010, Solar Energy, 2010 Survey of Energy Resources World Energy Council, 408-452.
- İlkan Mustafa, Erişim: 10.11.2011, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ders Notları
- Kalogirou, S.A., 2009. Solar Energy engineering Process and Systems. Elsevier, USA.

- Karacadağ Kalkınma Ajansı, Yenilenebilir Enerji Raporu, 2010
- Livatyalı, H., Baker D., Haziran 2011, Güneşten Elektrik Üretmenin Termal Yolu: Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi, Bilim ve Teknik Dergisi, sayı 523, syf 66-69.
- Margolis, R., Mitchell, R. ve Zweibel, K., 2006, Lessons Learned from the Photovoltaic Manufacturing Technology/PV Manufacturing R&D and Thin-Film PV Partnership Projects, Technical Report NREL/TP-520-39780
- Marinova, D. and Balaguer, A., 2009, Transformation in the photovoltaics industry in Australia, Germany and Japan: Comparison of actors, knowledge, institutions and markets, Renewable Energy, 34, 2, 461-464.
- Müler-Steinhagen H. and Trieb, F., 2004, Concentrating Solar Power, Part 1. Royal Academy of Engineering.
- Nelson, J., 2004, The physics of solar cells, 1st ed., Imperial College Press, 66-83.
- Oğulata, T., Oğulata, N., 2002, Solar energy potential in Turkey, Energy Sources, 24,1055-1064 p
- Oktik Ş., Haziran 2011, Türkiye'nin ve Dünya'nın Enerji Sorununa Nihai Çözüm: Güneş Enerjisi, Bilim ve Teknik Dergisi, sayı 523, syf 44-49.
- Özğören M., Solmaz Ö., Kahraman A, "Prediction of Hourly Cooling Load Capacity of An Automotive Air-Conditioning System", International Ege Energy Symposium and Exhibition (IEESE-5), 27-30 June 2010, Pamukkale University, Denizli-Turkey
- Poullikkas, A., 2009, Economic analysis of power generation from parabolic trough solar thermal plants for the Mediterranean region-A case study for the island of Cyprus, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2474-2484.
- Reddy R.G., 2011, Novel Molten Salts Thermal Energy Storage for Concentrating Solar Power Generation, University of Alabama
- Renewables 2011 Global Status Report
- Tiwari, G. N. ve Dubey, S., 2010, Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications, Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology (IIT) Delhi, New Delhi, India, RSC publishing
- Turan, R., Es F., Haziran 2011, Kristal Silisyum Güneş Gözeleri: En çok Bildiğimiz Fotovoltaik Dönüştürücü, Bilim ve Teknik Dergisi, sayı 523, syf 52-55.
- Şahin, A.D., 2008, Güneş Enerjisi Ölçümleri ve Fizibilite Süreci, Ulusal Temiz Enerji Günleri

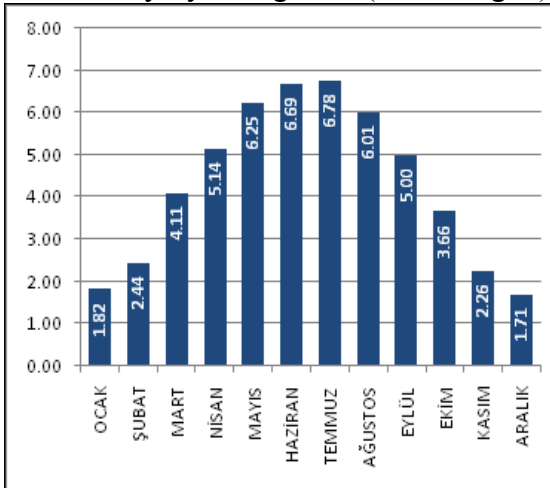
EK-1 Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezlerinin İl bazında Global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri

Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezlerinin İl bazında Global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri ayrı ayrı olarak bu bölümde verilmiştir. Sıralama, kapasite miktarlarına göre olup bağlantı kapasitesi en yüksek olan 5 bölge sırasıyla Konya, Van-Ağrı, Antalya, Karaman ve Mersin bölgeleridir. Bu 5 bölge toplam kurulacak kapasitenin %50'sini oluşturmaktadır (www.eie.gov.tr).

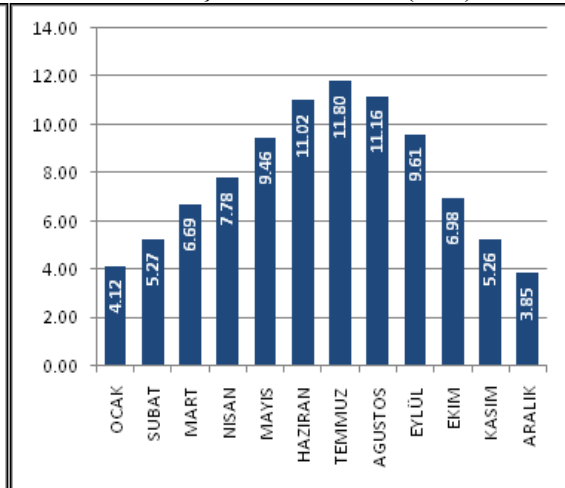
KONYA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



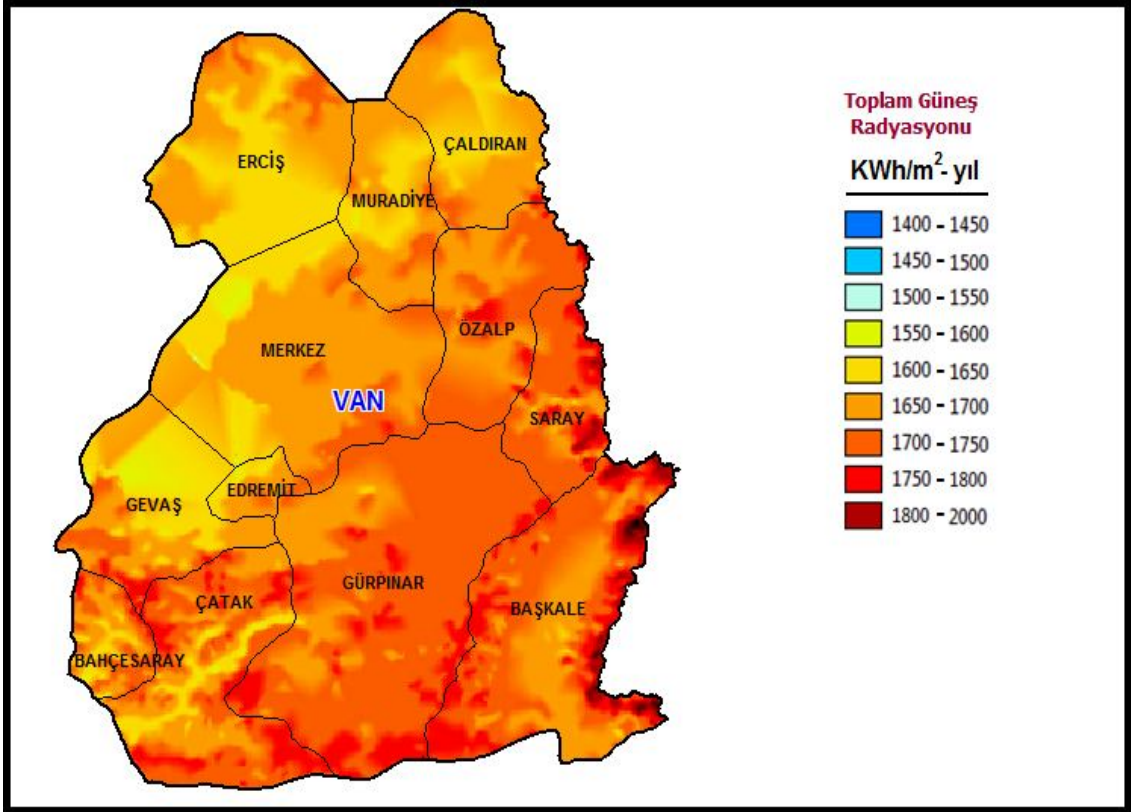
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



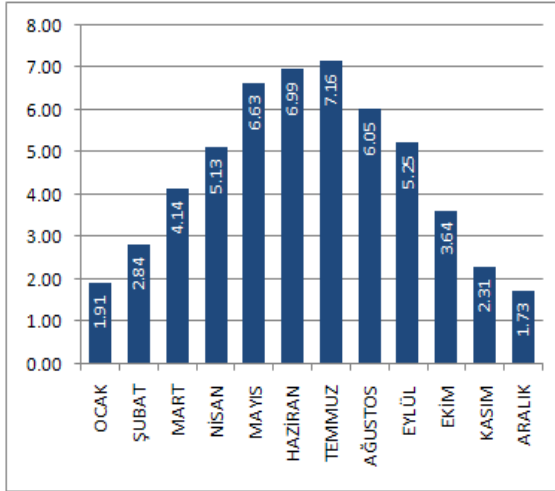
Güneşlenme süreleri (saat)



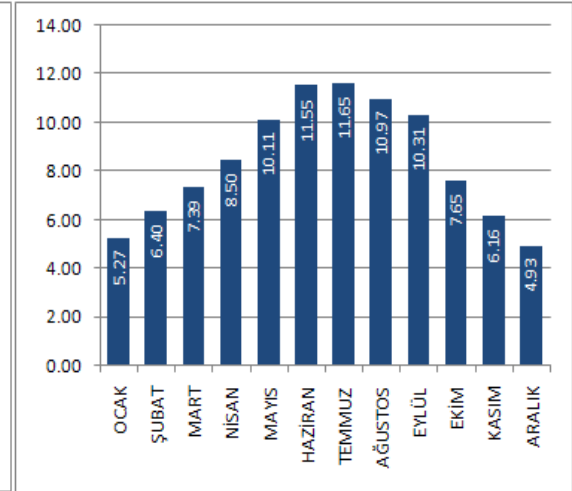
VAN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



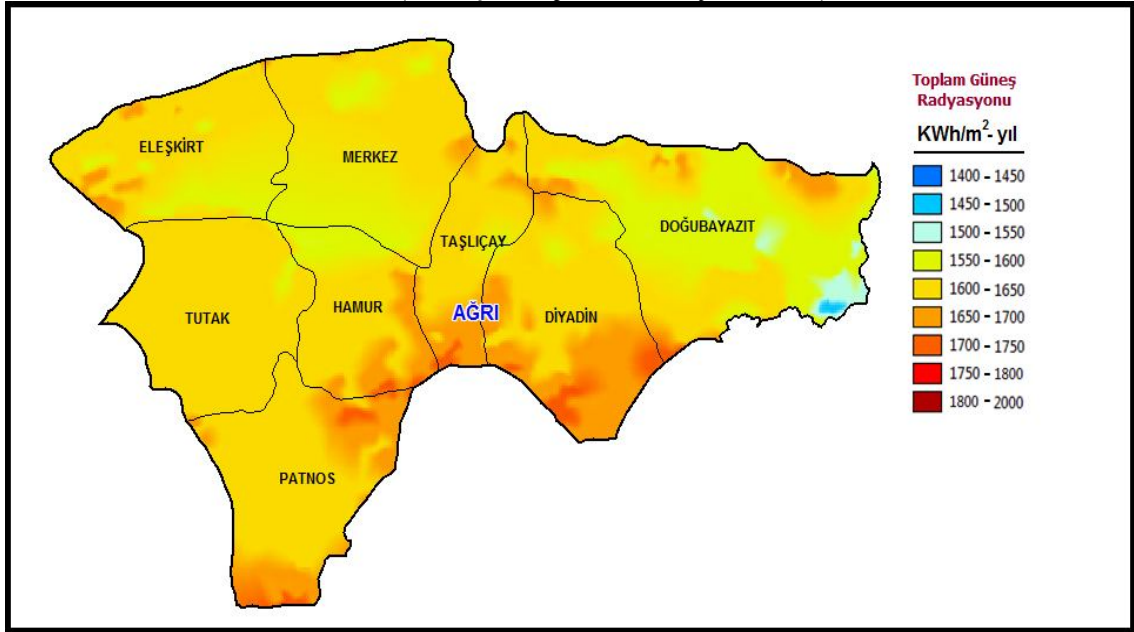
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



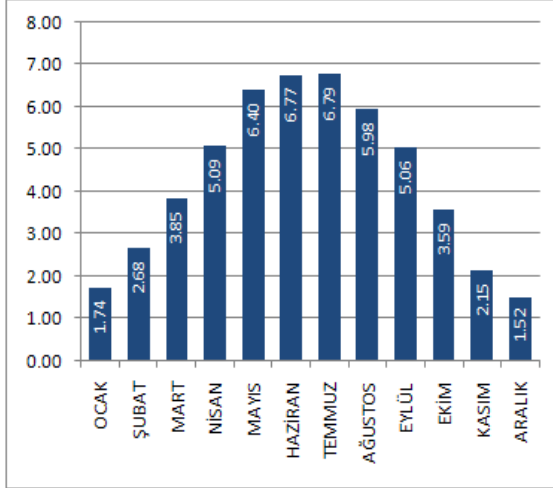
Güneşlenme süreleri (saat)



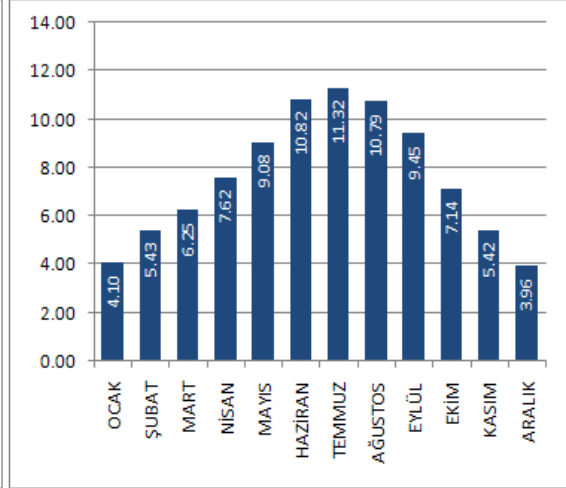
AĞRI (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



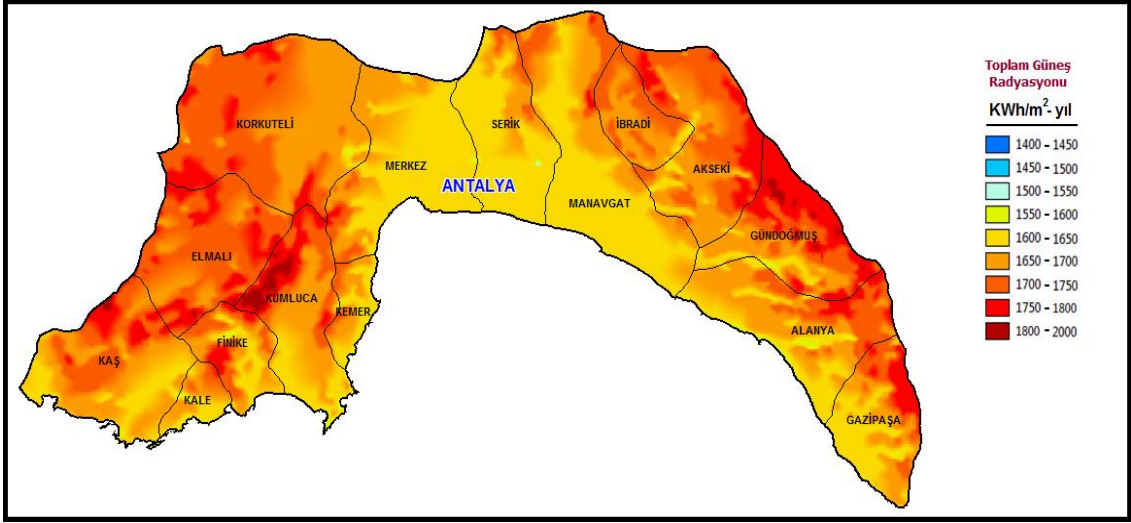
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



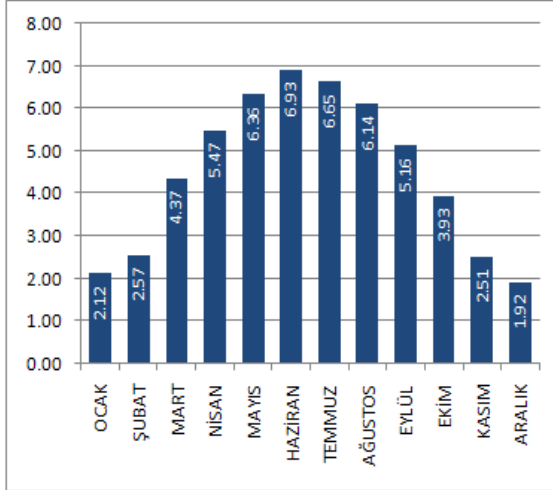
Güneşlenme süreleri (saat)



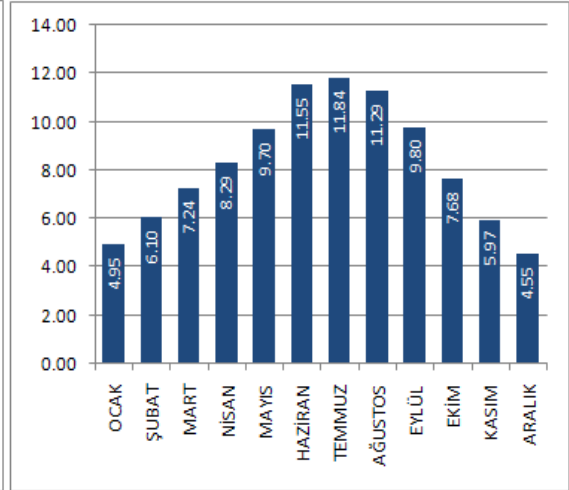
ANTALYA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



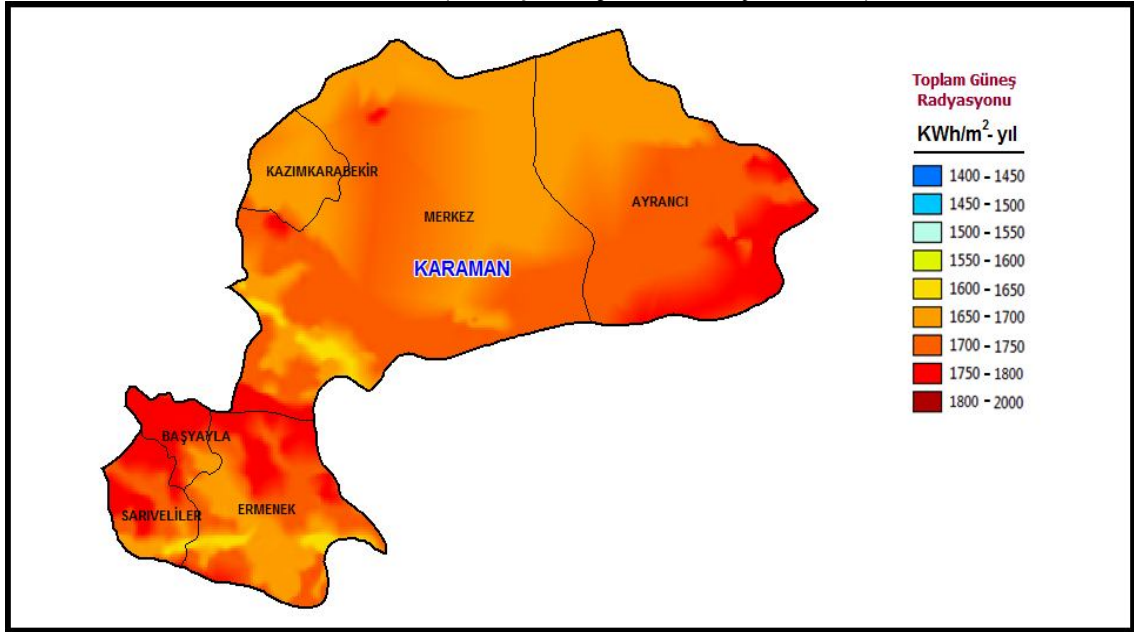
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



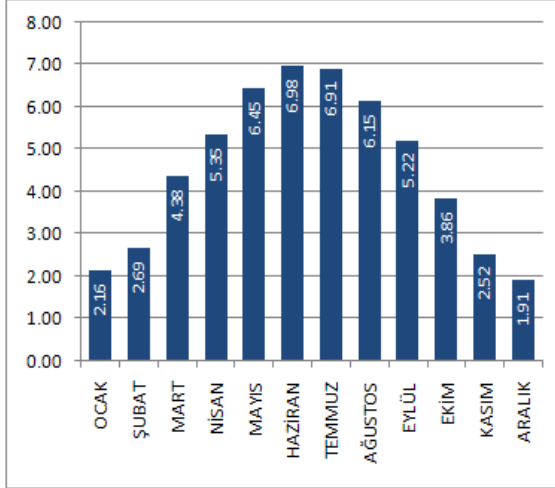
Güneşlenme süreleri (saat)



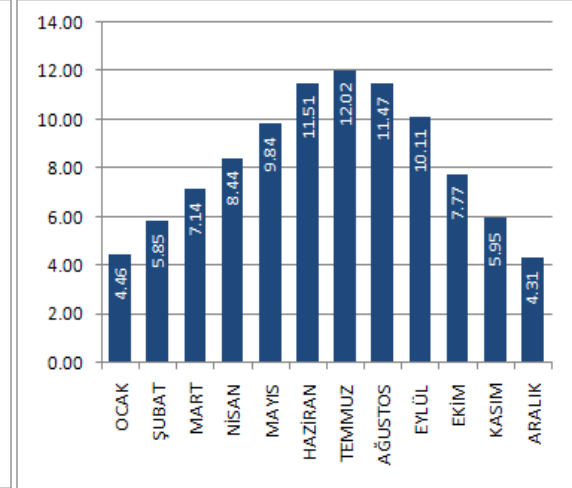
KARAMAN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



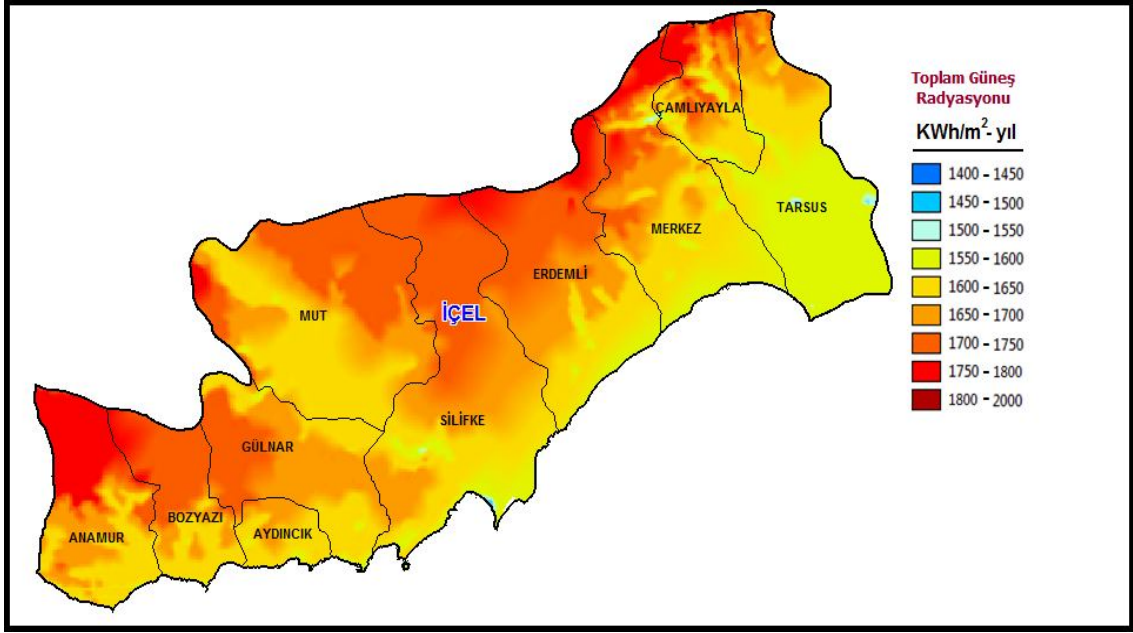
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



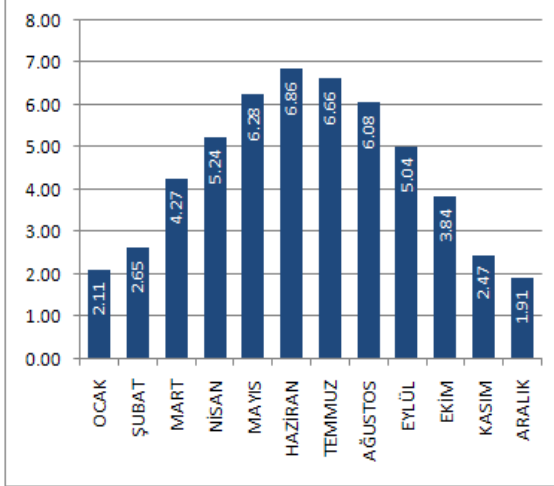
Güneşlenme süreleri (saat)



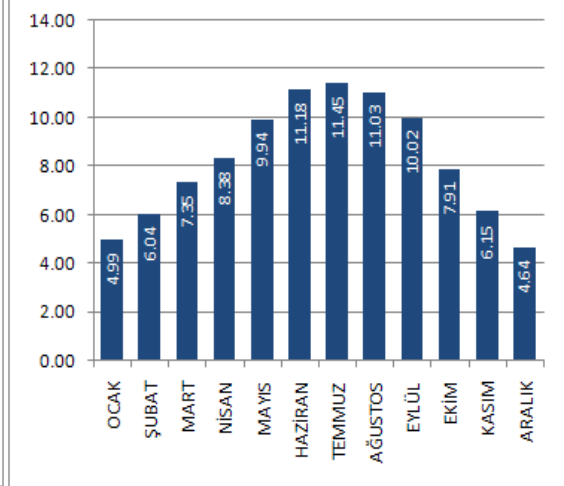
MERSİN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



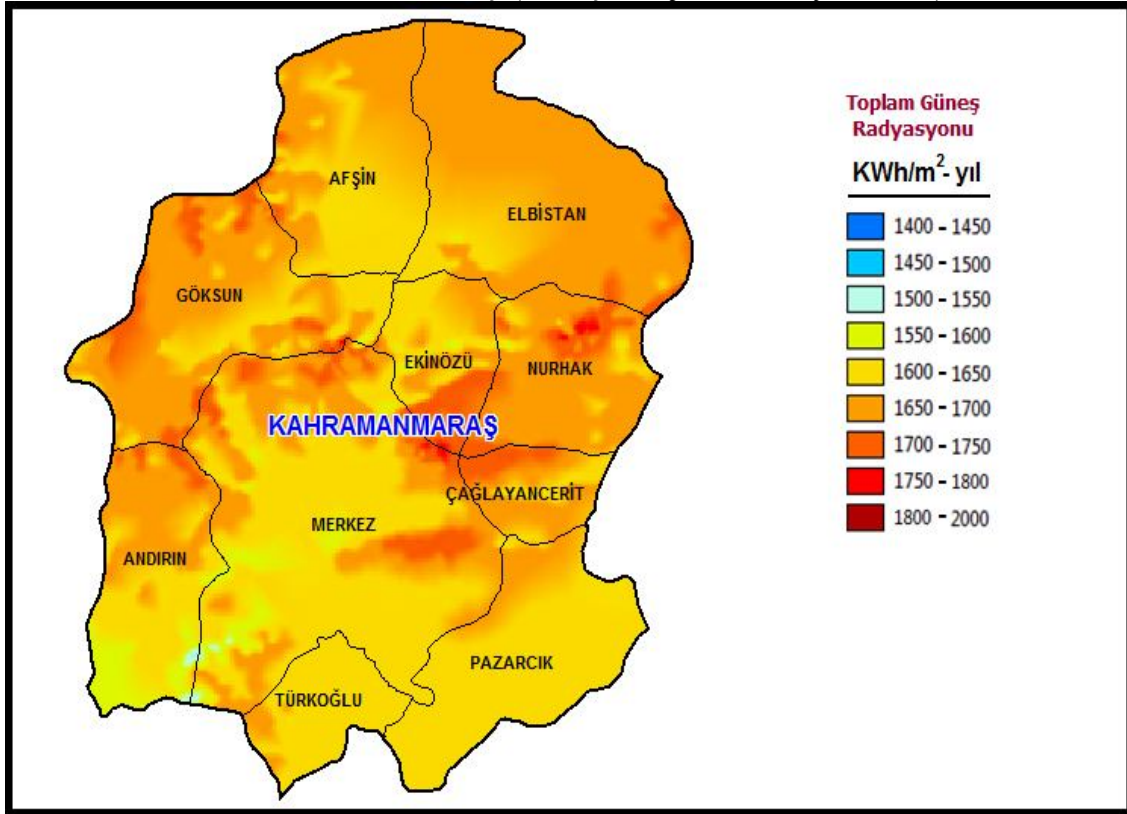
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



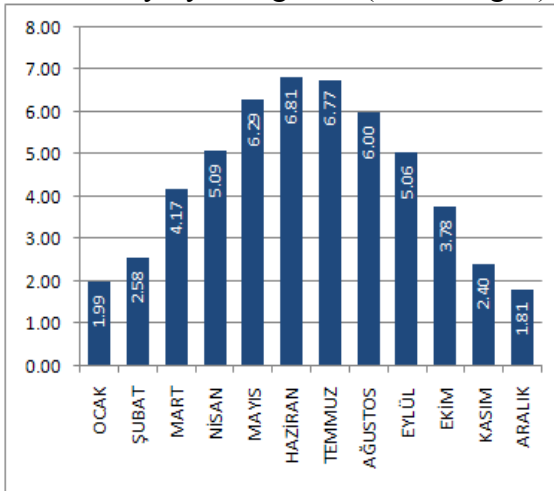
Güneşlenme süreleri (saat)



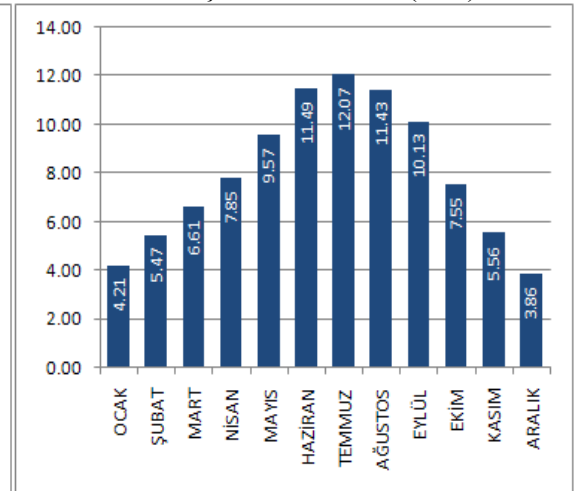
KAHRAMAN MARAŞ (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



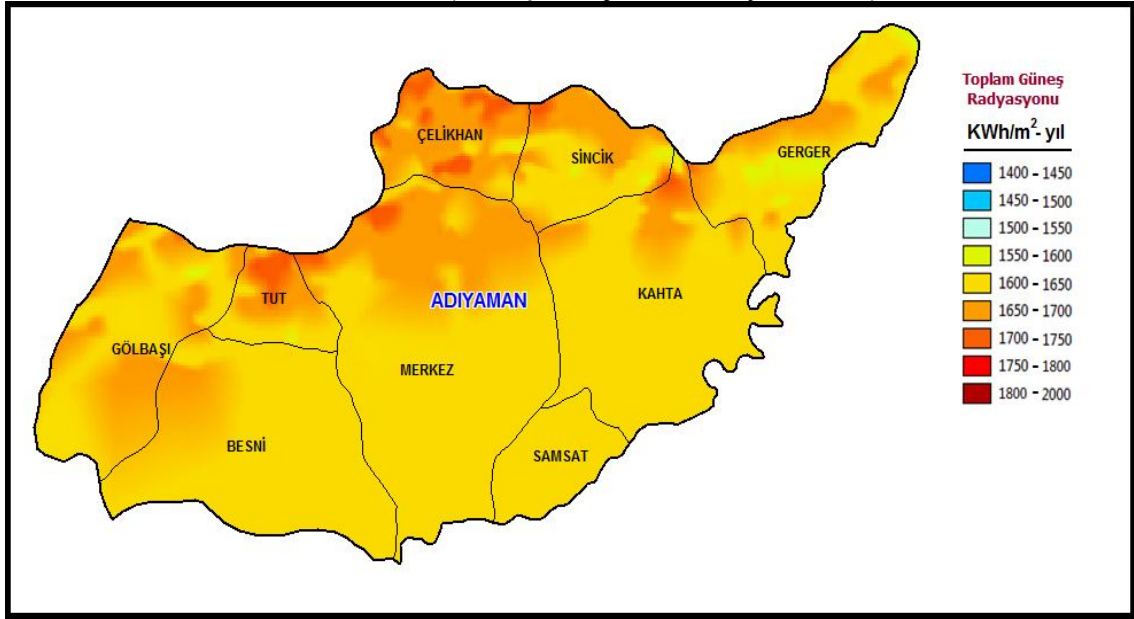
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



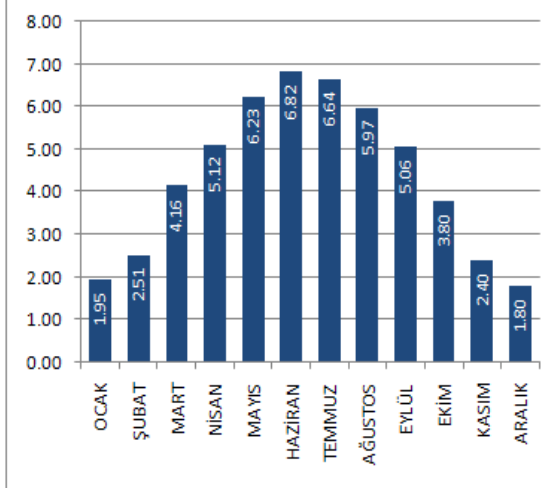
Güneşlenme süreleri (saat)



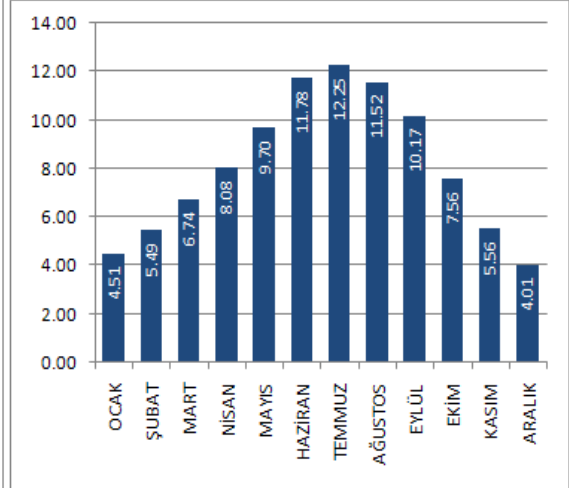
ADİYAMAN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



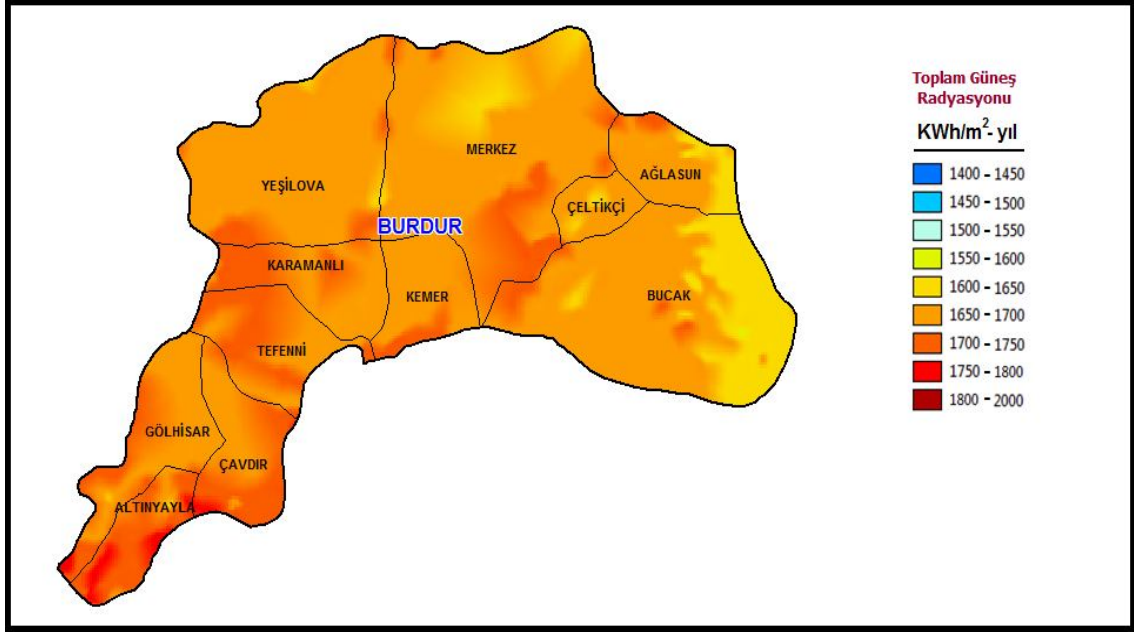
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



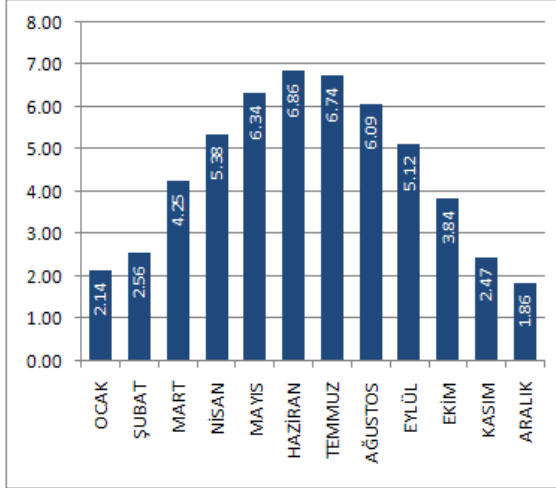
Güneşlenme süreleri (saat)



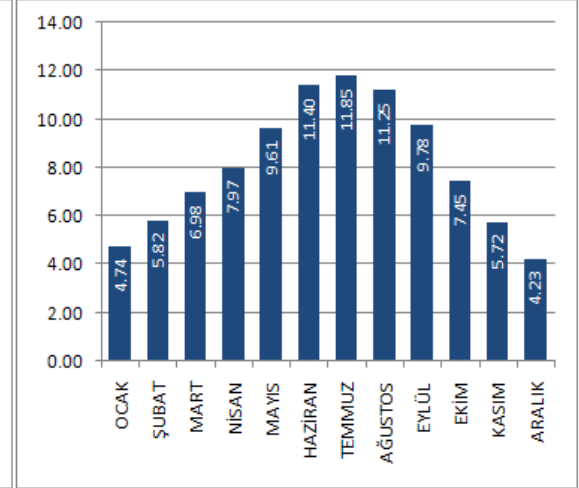
BURDUR (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



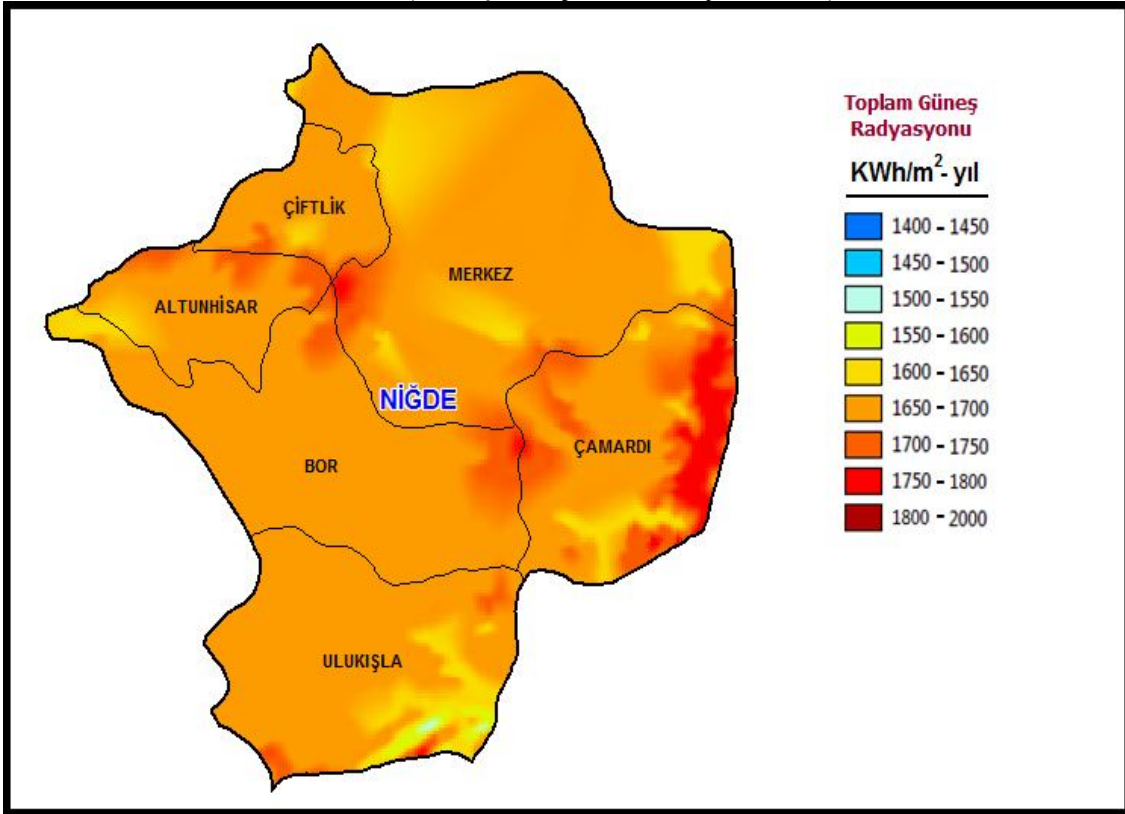
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



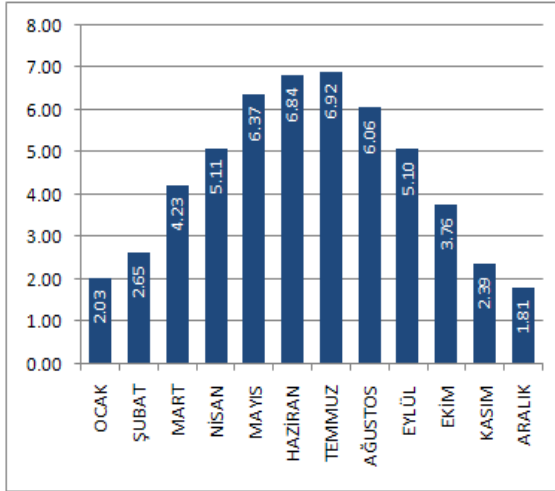
Güneşlenme süreleri (saat)



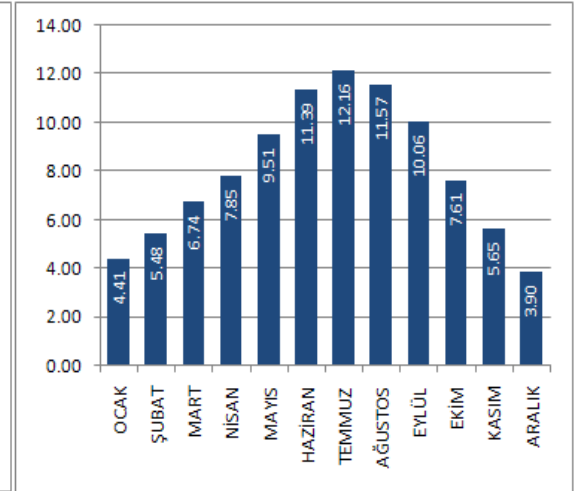
NİĞDE (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



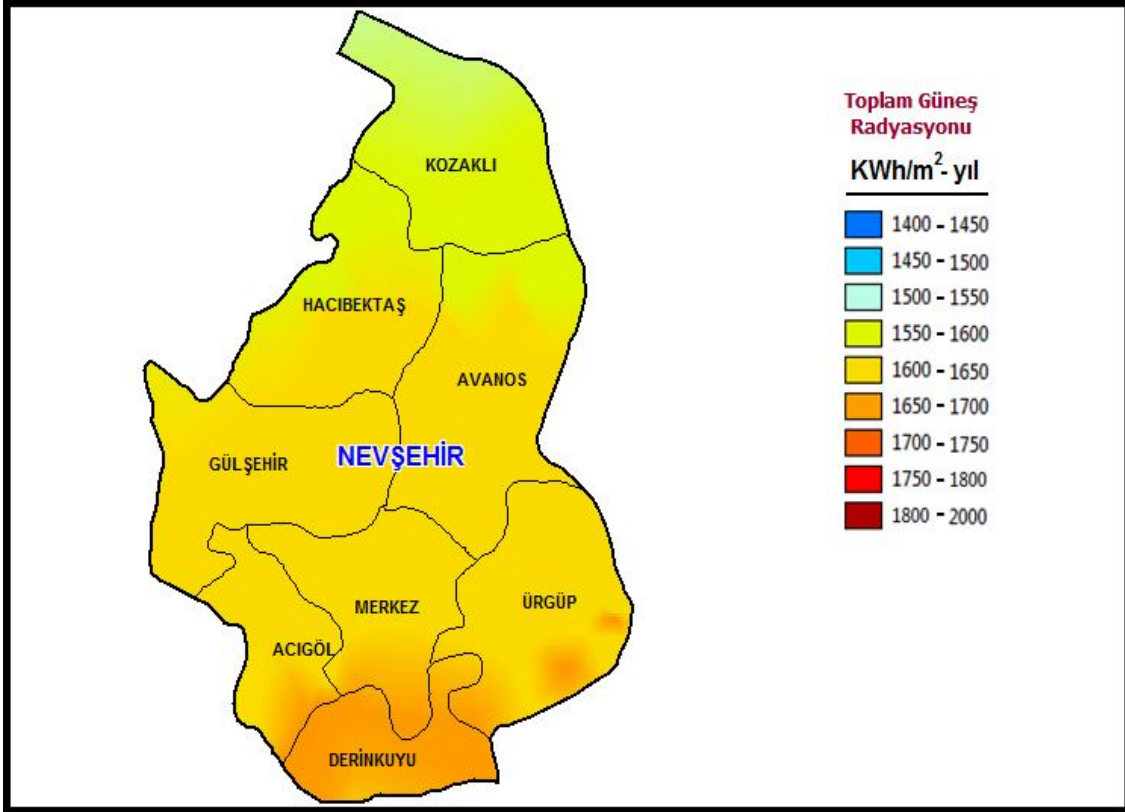
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



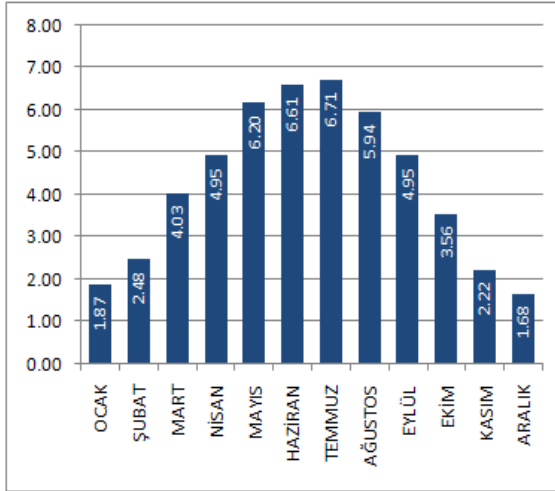
Güneşlenme süreleri (saat)



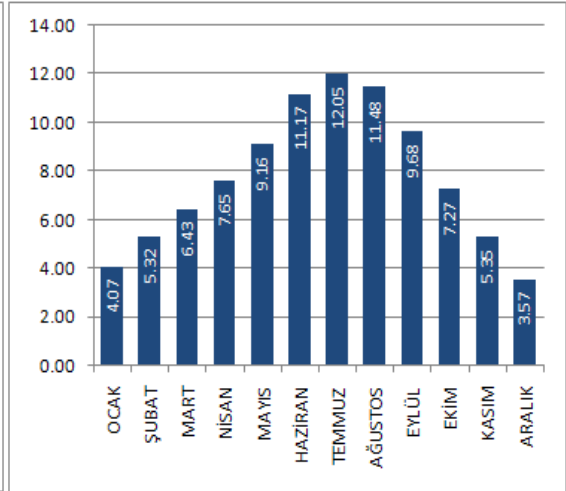
NEVŞEHİR (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



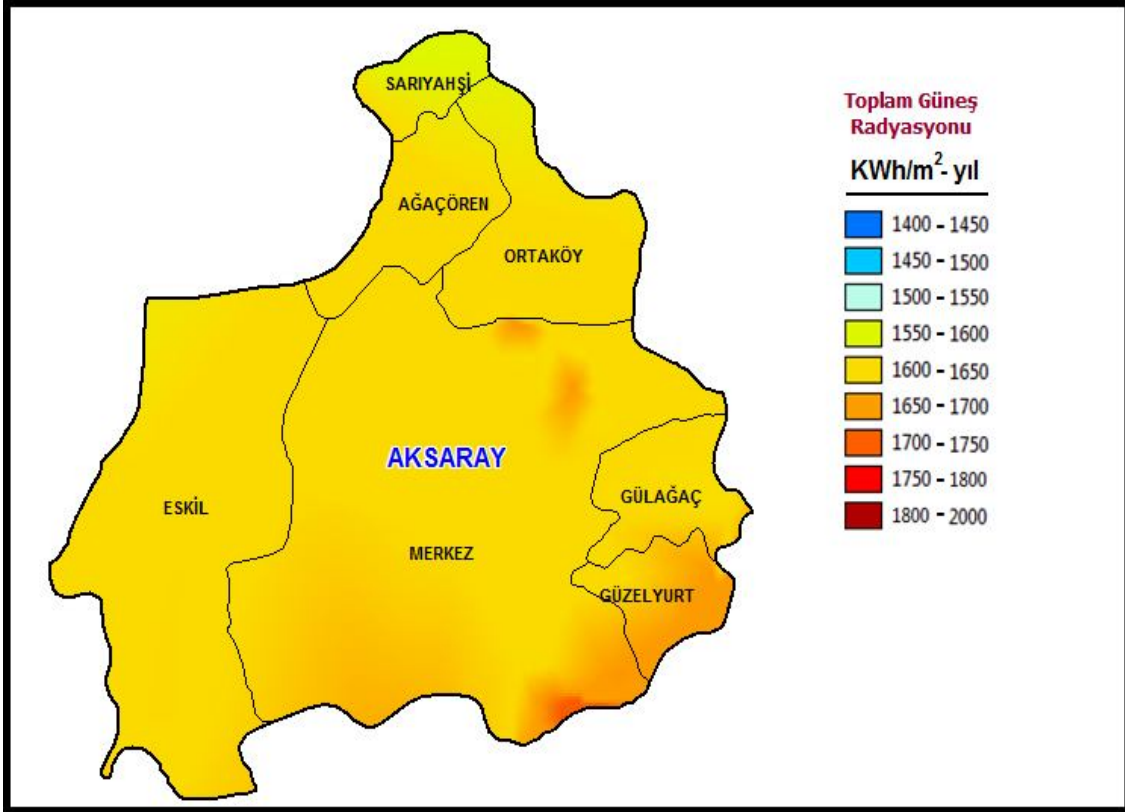
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



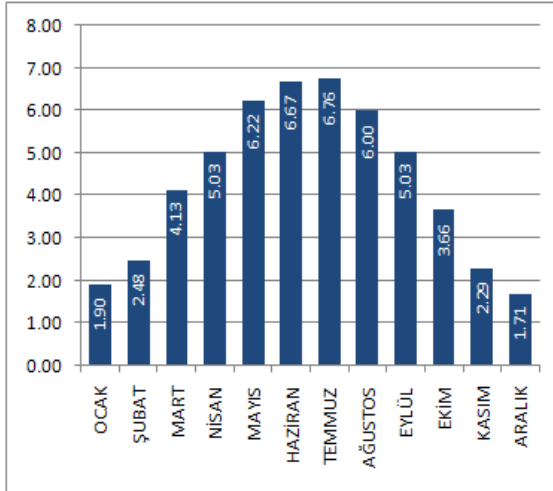
Güneşlenme süreleri (saat)



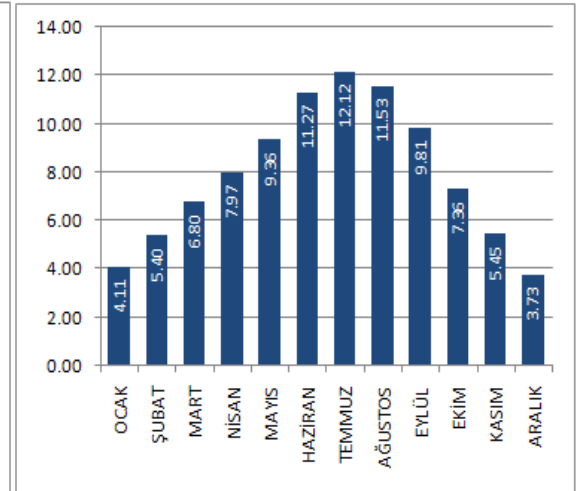
AKSARAY (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



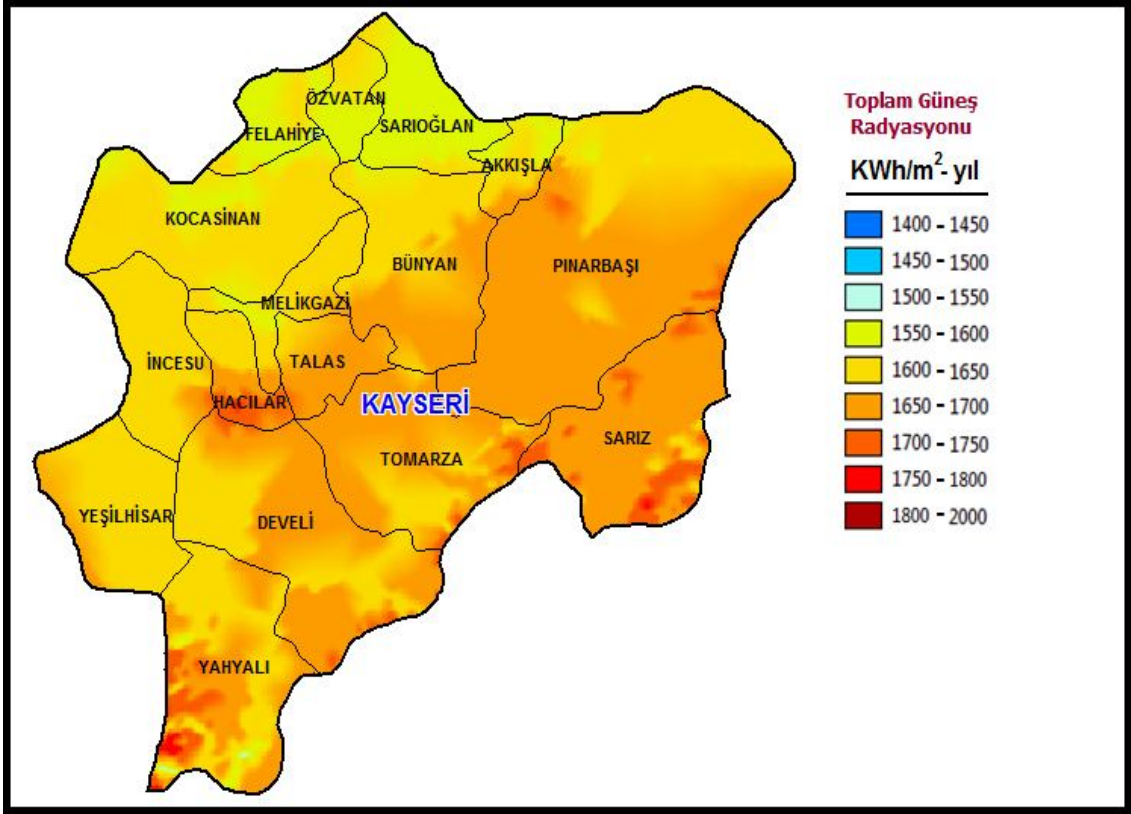
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



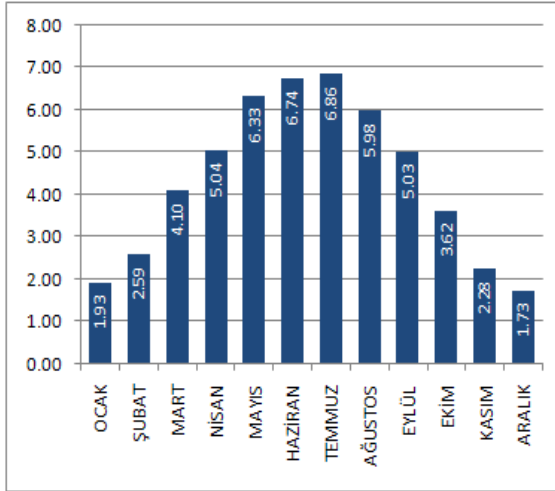
Güneşlenme süreleri (saat)



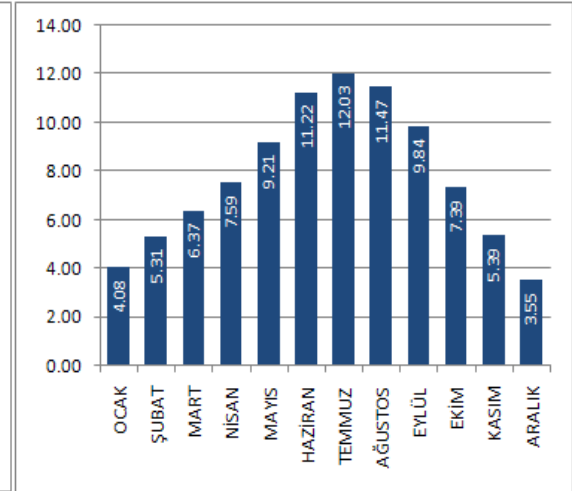
KAYSERİ (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



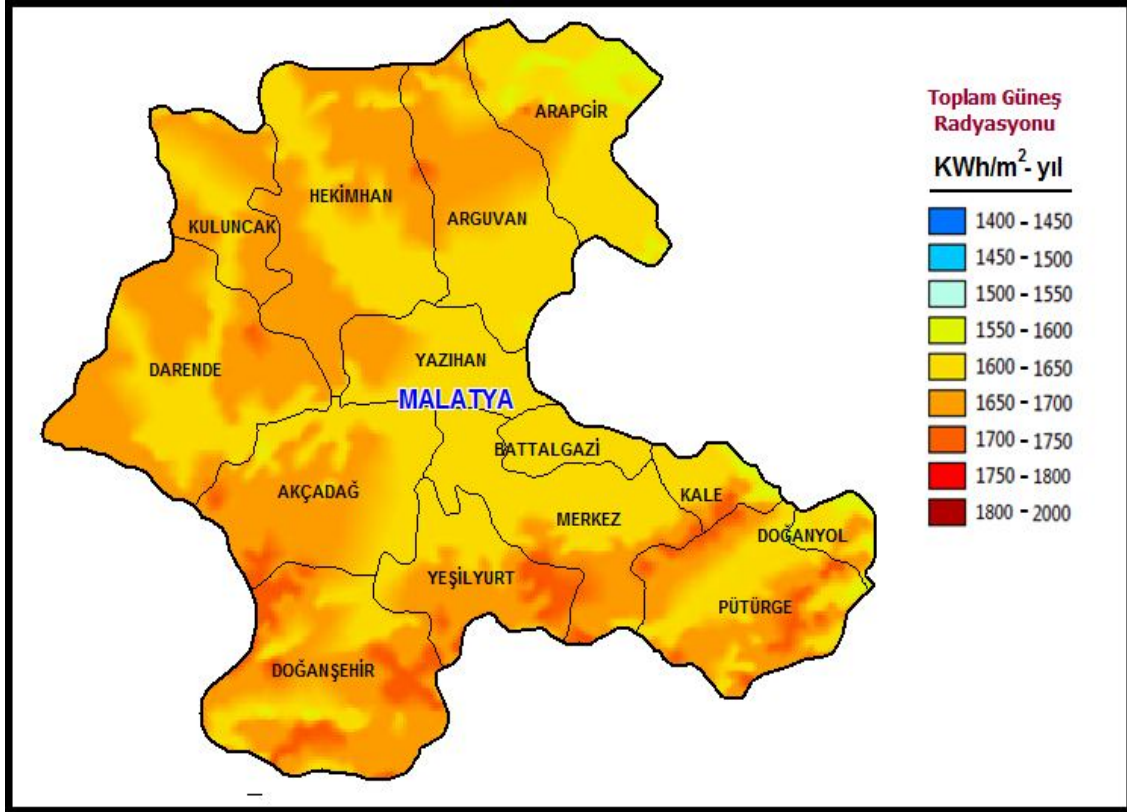
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



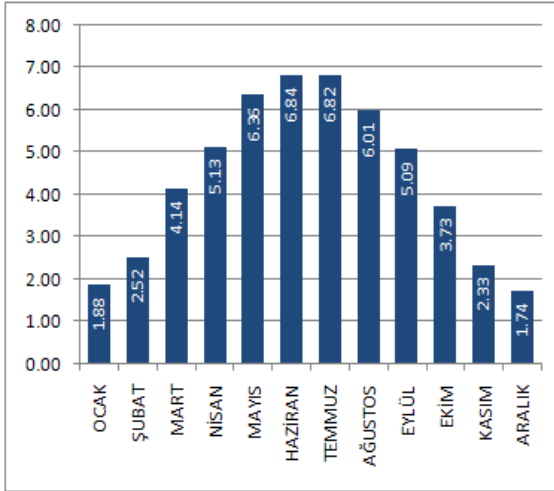
Güneşlenme süreleri (saat)



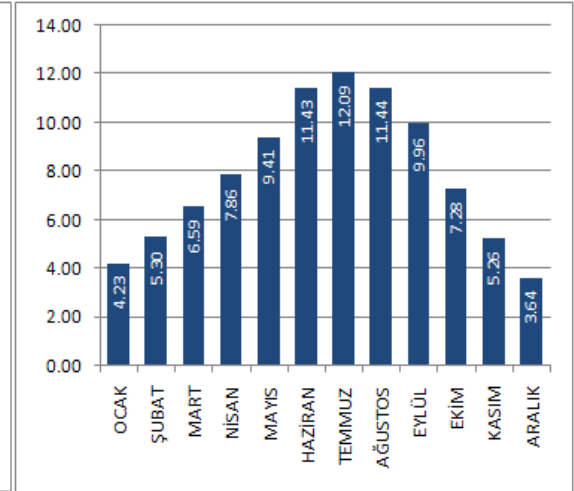
MALATYA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



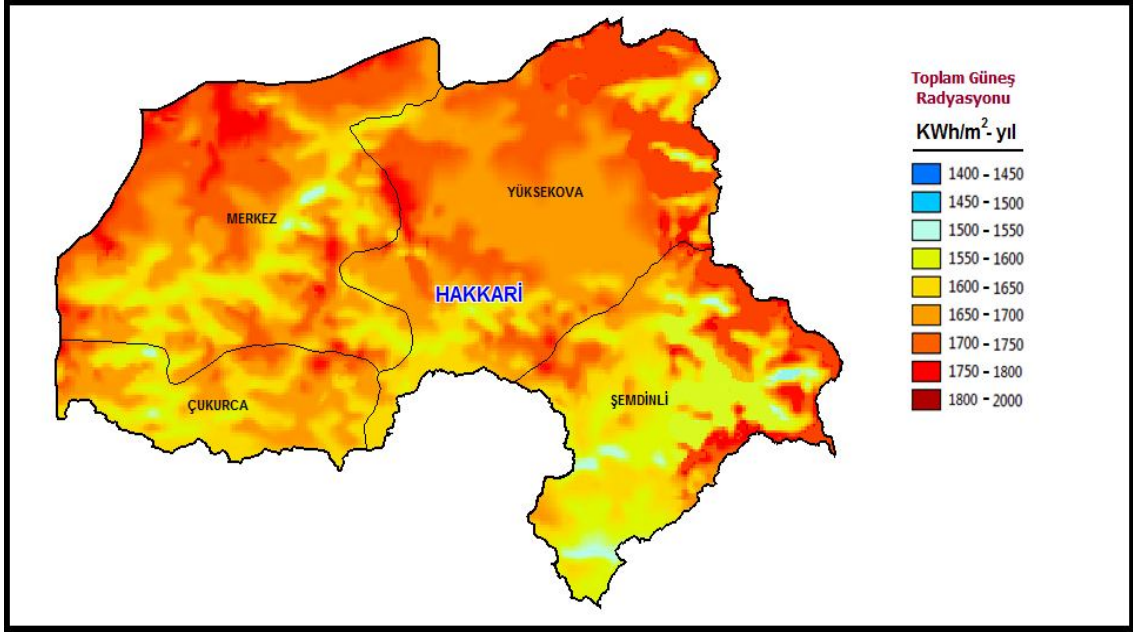
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



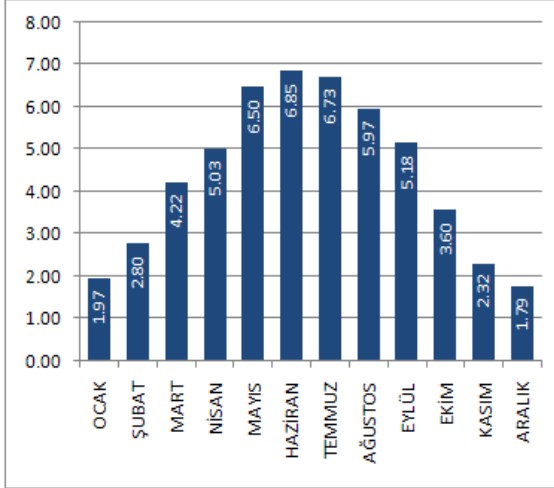
Güneşlenme süreleri (saat)



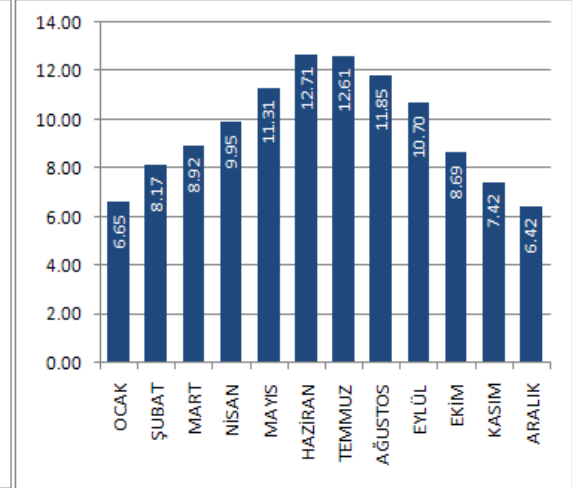
HAKKARİ (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



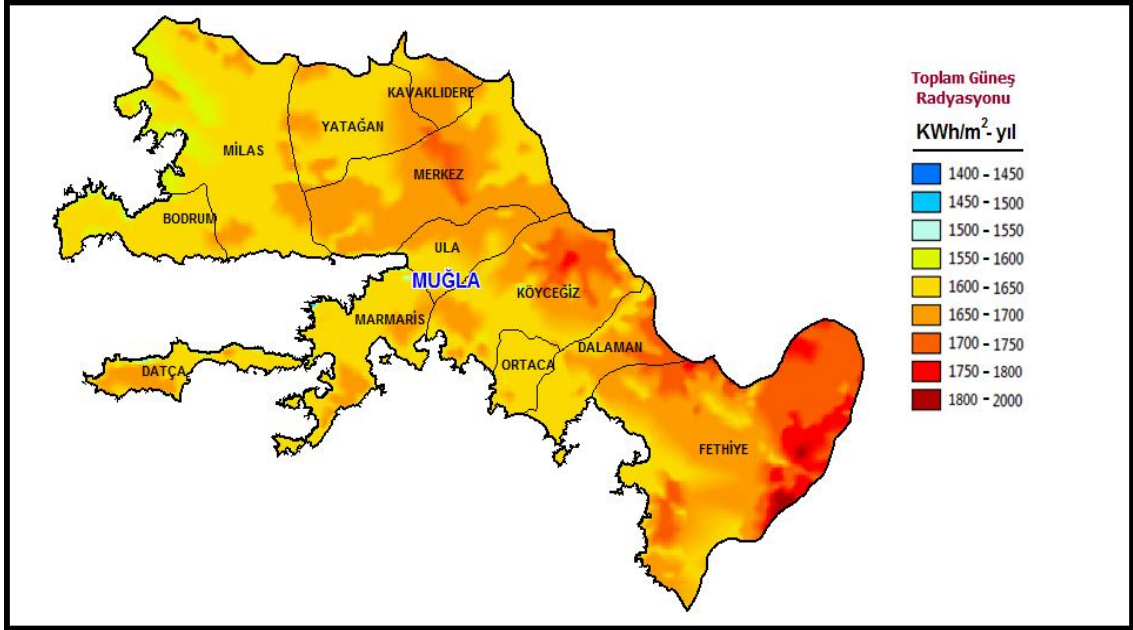
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



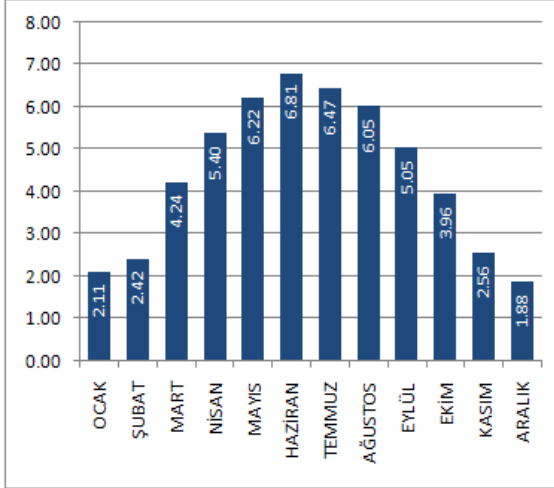
Güneşlenme süreleri (saat)



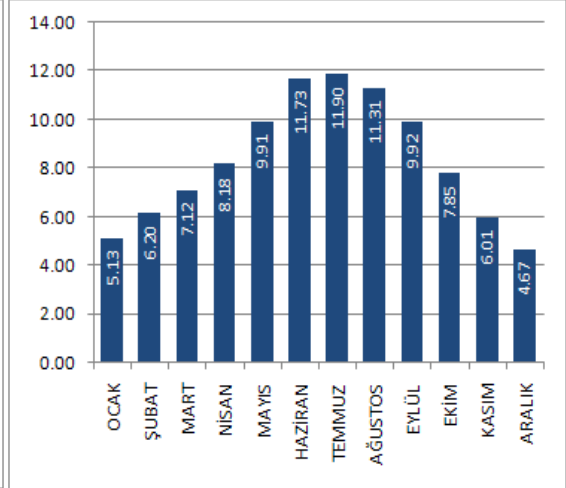
MUĞLA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



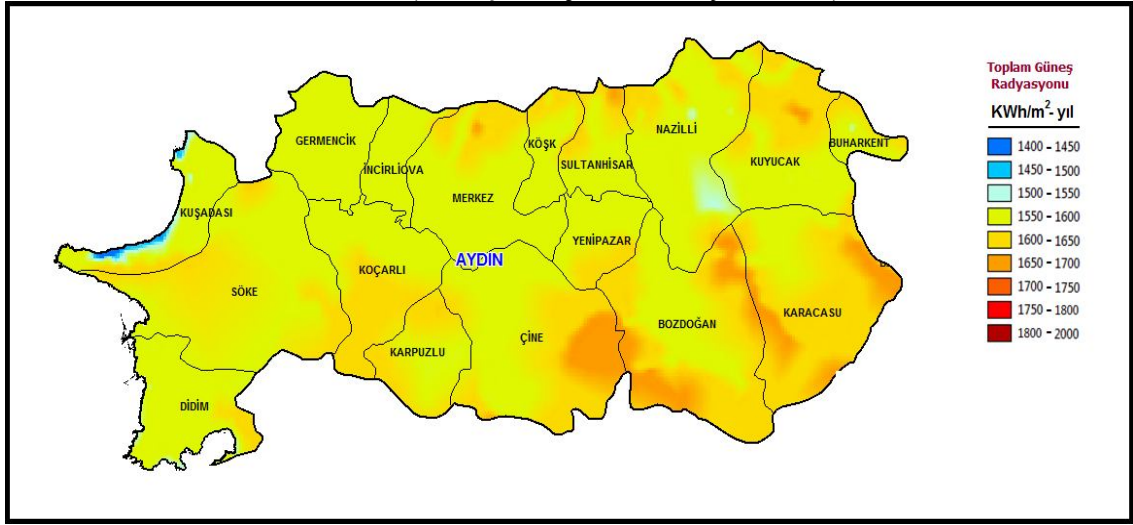
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



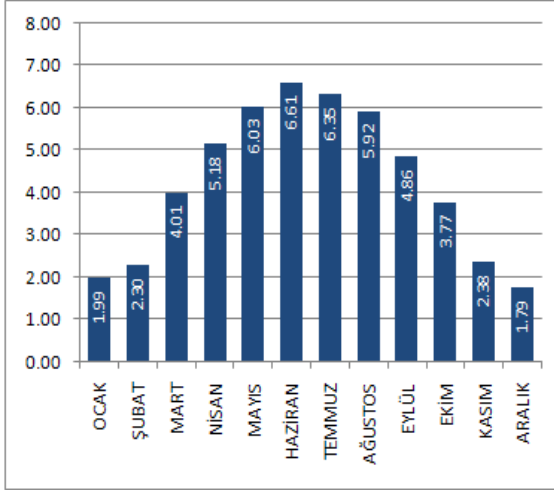
Güneşlenme süreleri (saat)



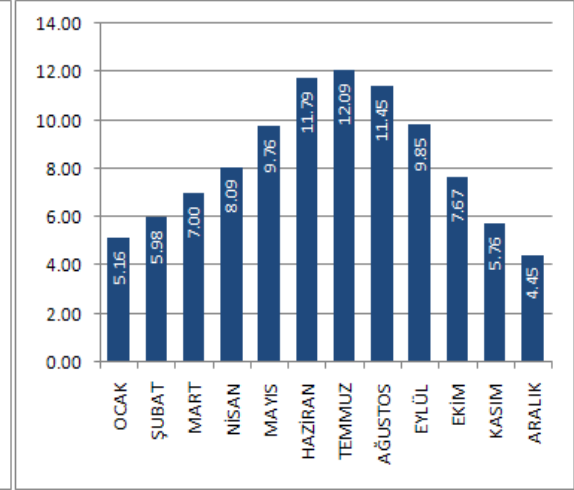
AYDIN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



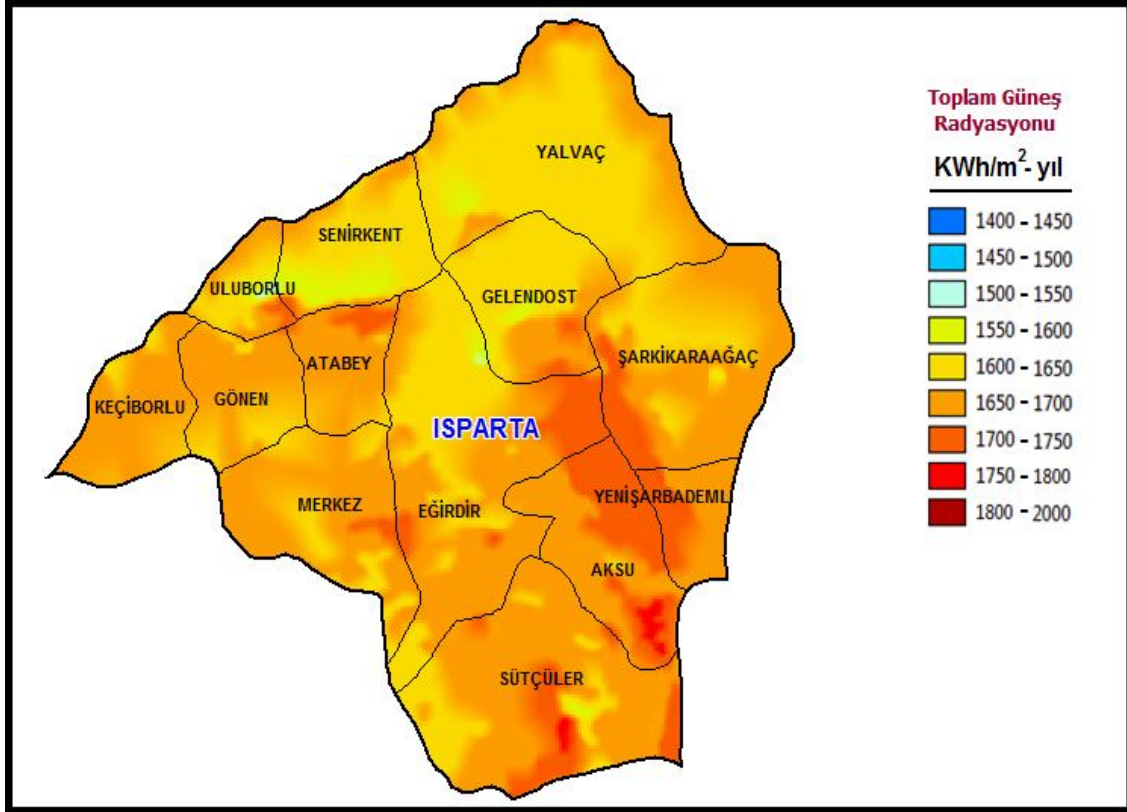
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



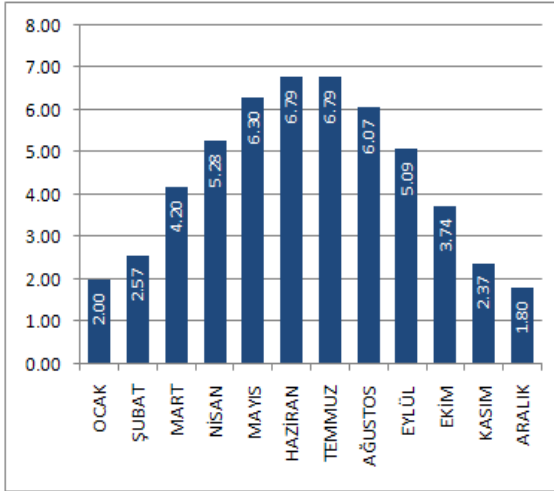
Güneşlenme süreleri (saat)



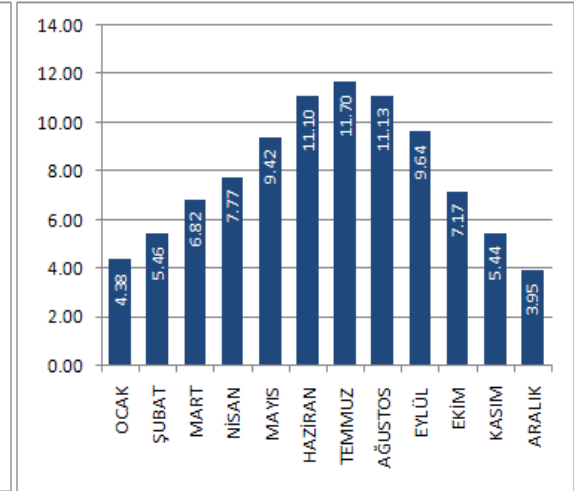
ISPARTA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



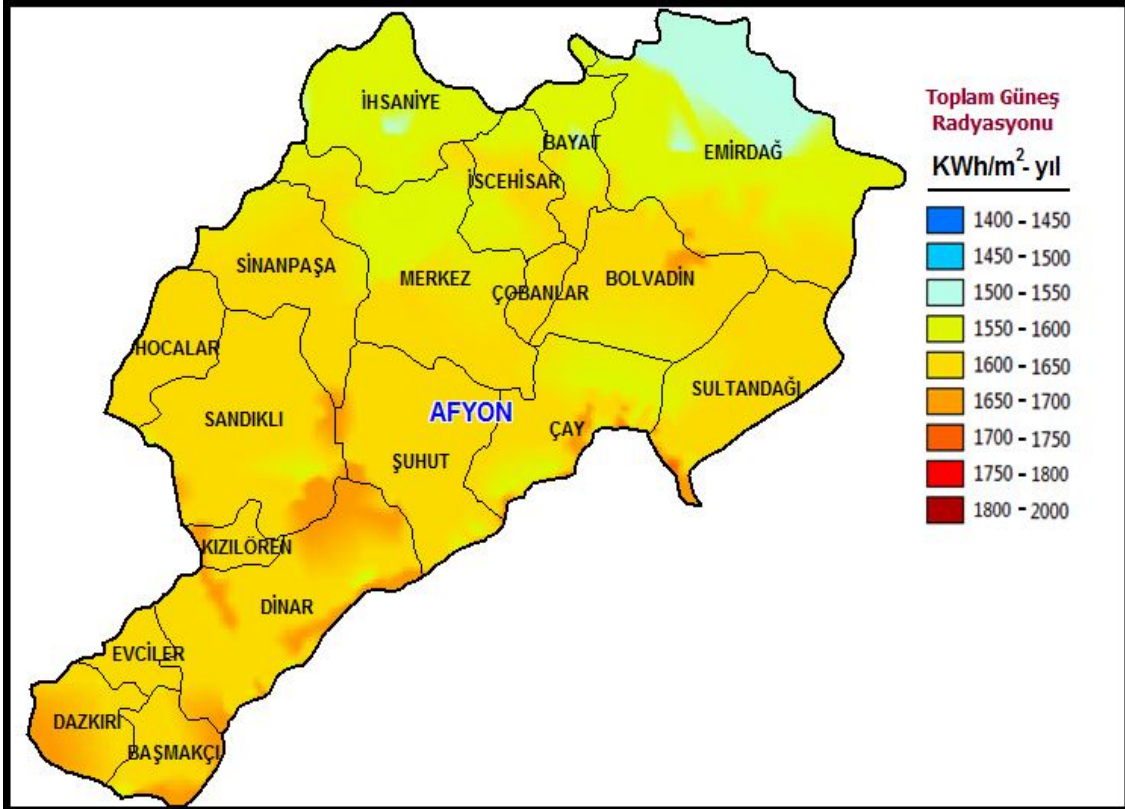
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



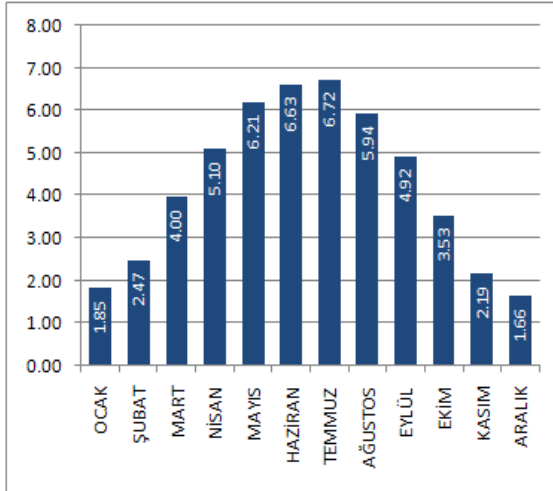
Güneşlenme süreleri (saat)



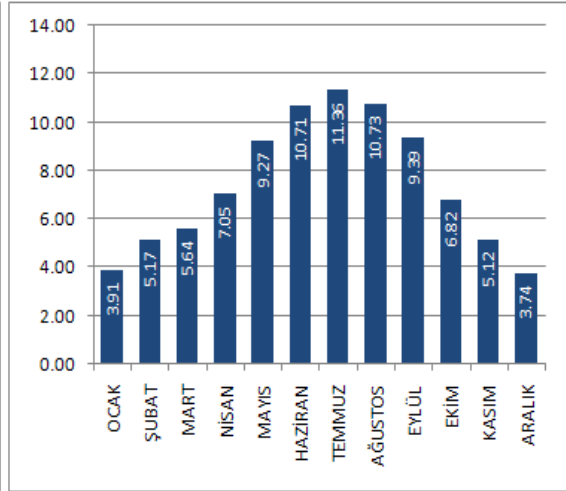
AFYON (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



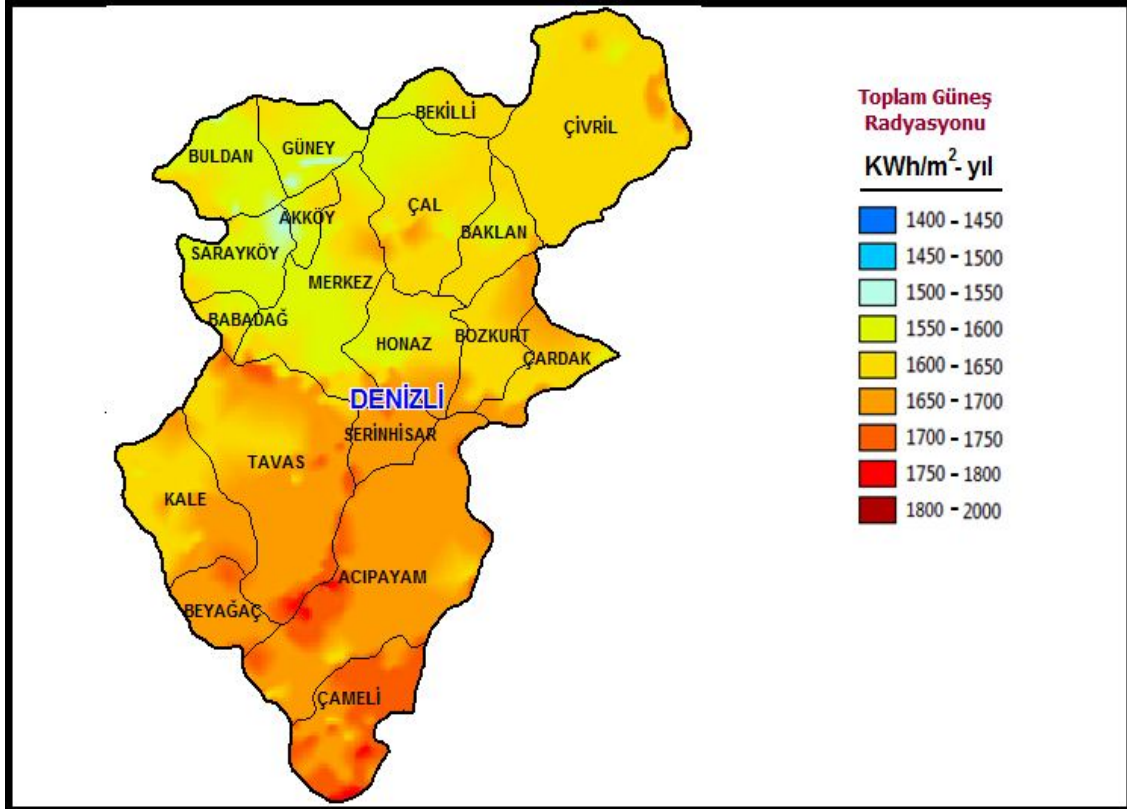
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



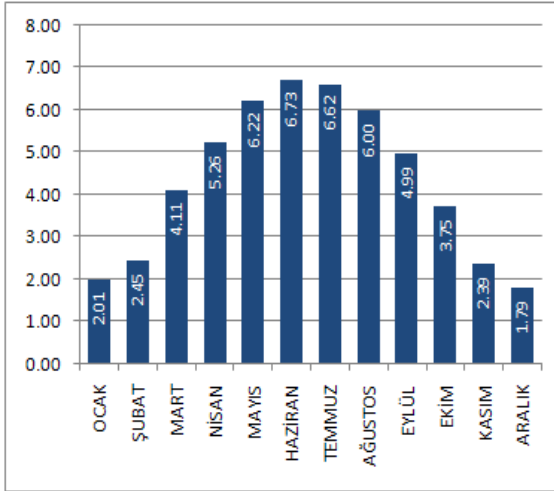
Güneşlenme süreleri (saat)



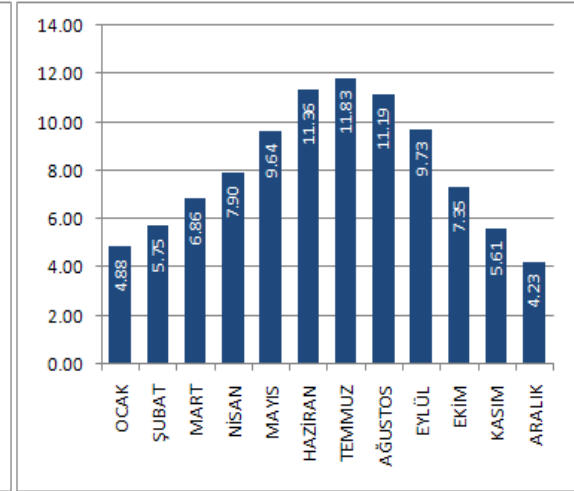
DENİZLİ (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



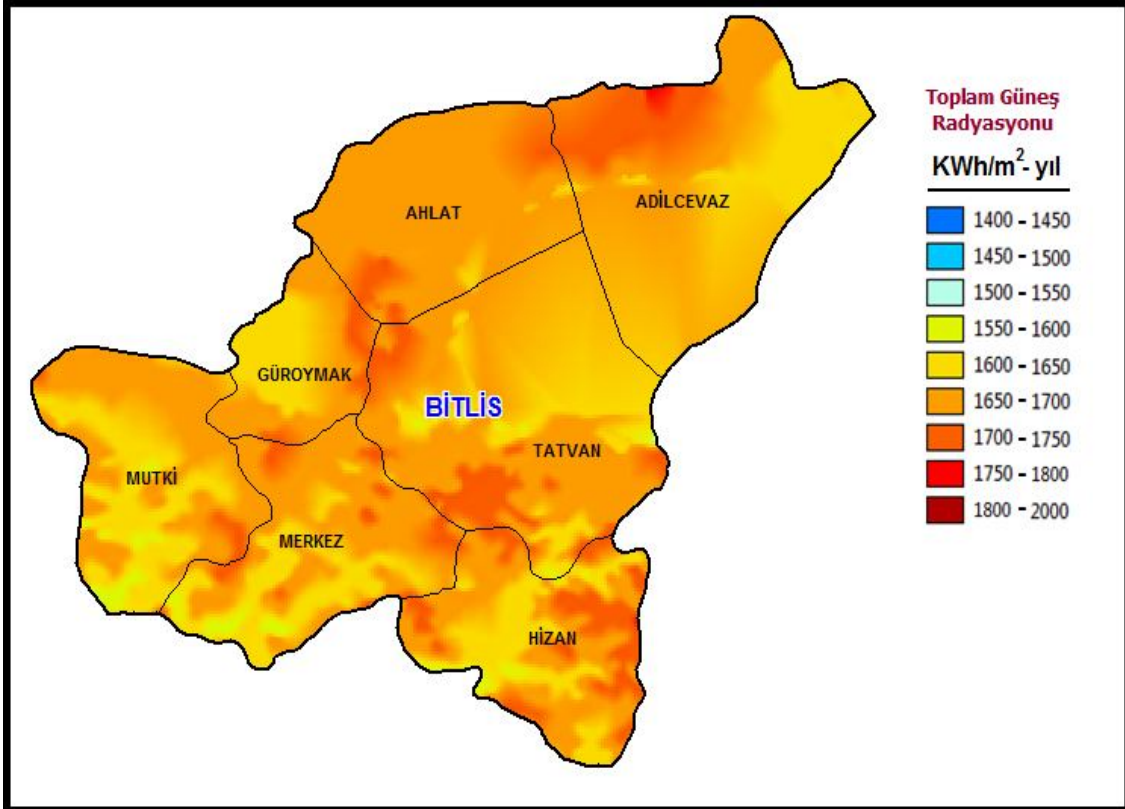
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



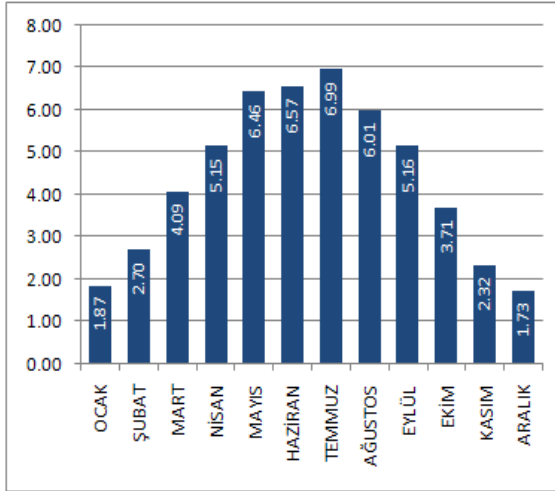
Güneşlenme süreleri (saat)



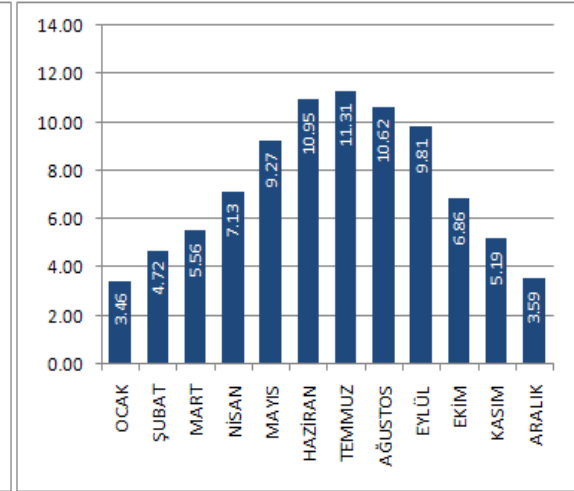
BİTLİS (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



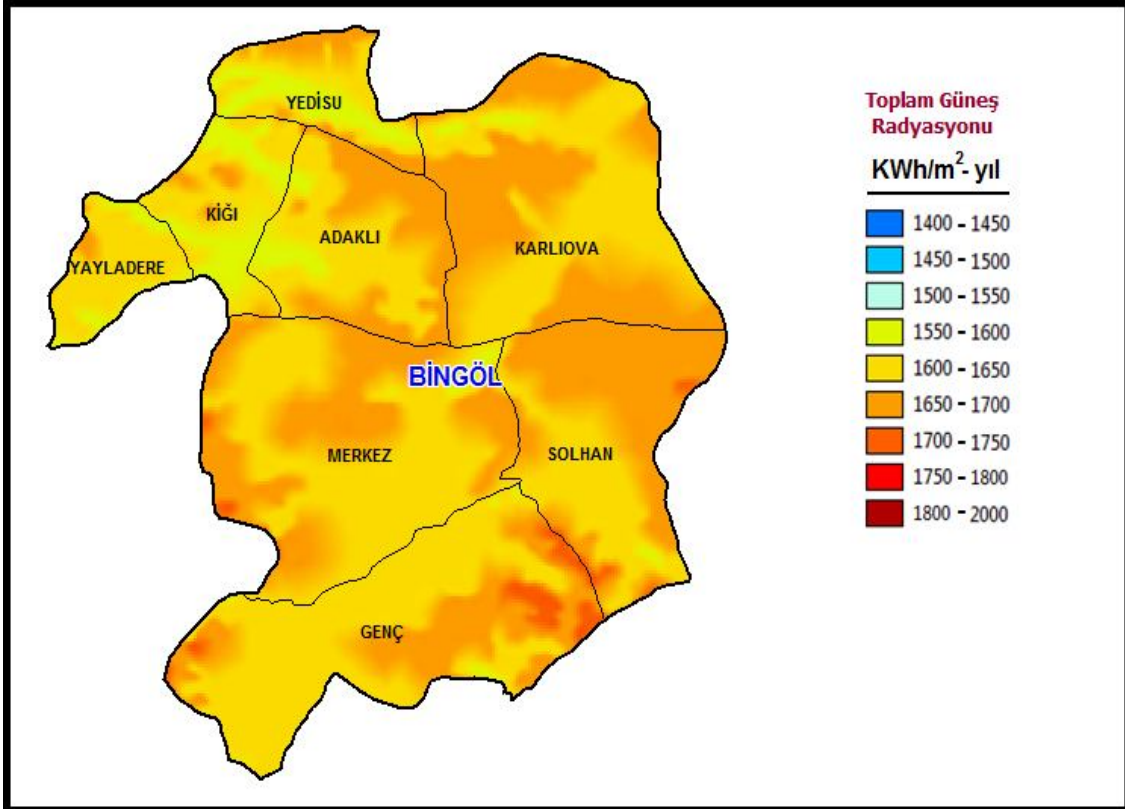
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



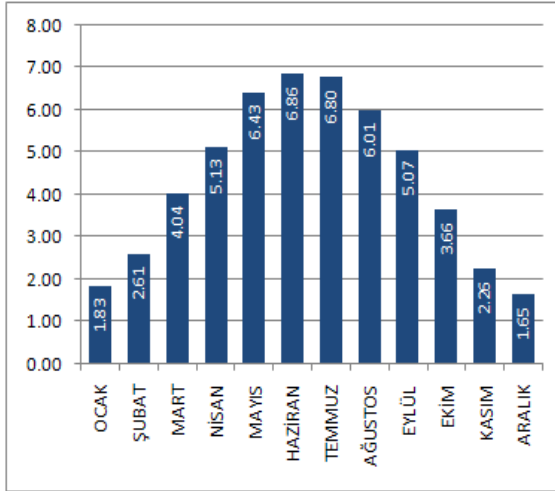
Güneşlenme süreleri (saat)



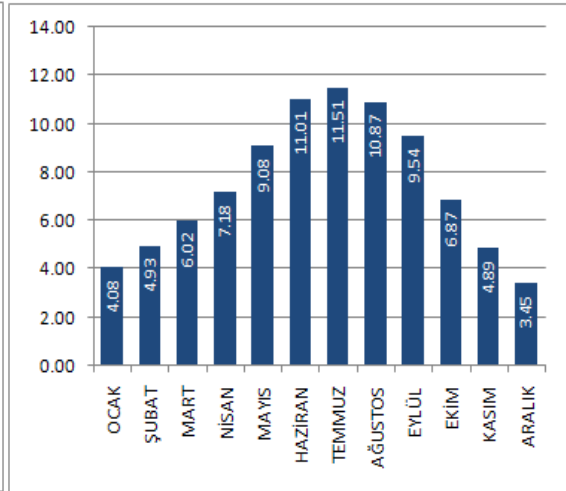
BİNGÖL (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



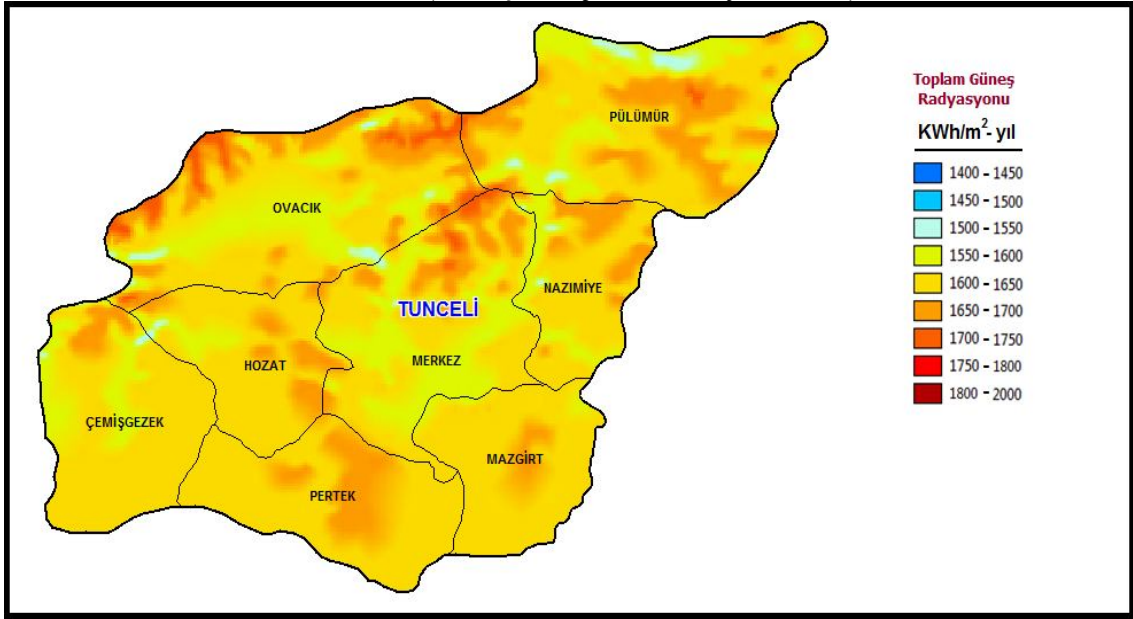
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



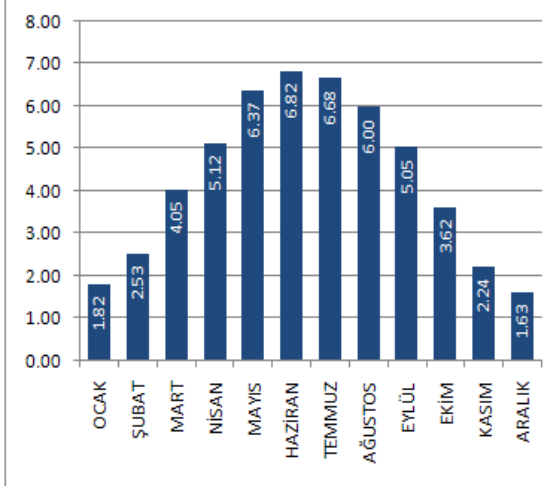
Güneşlenme süreleri (saat)



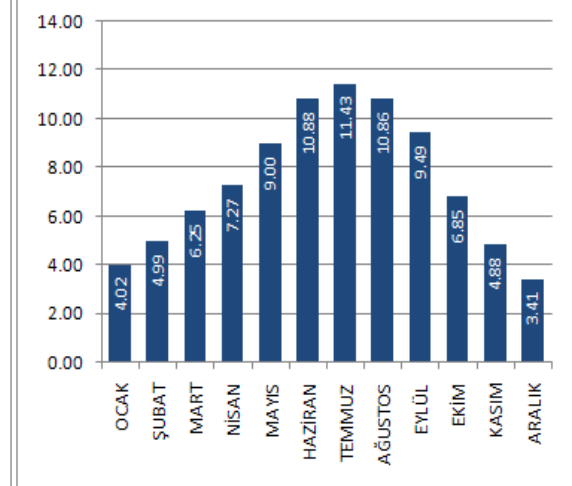
TUNCELİ (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



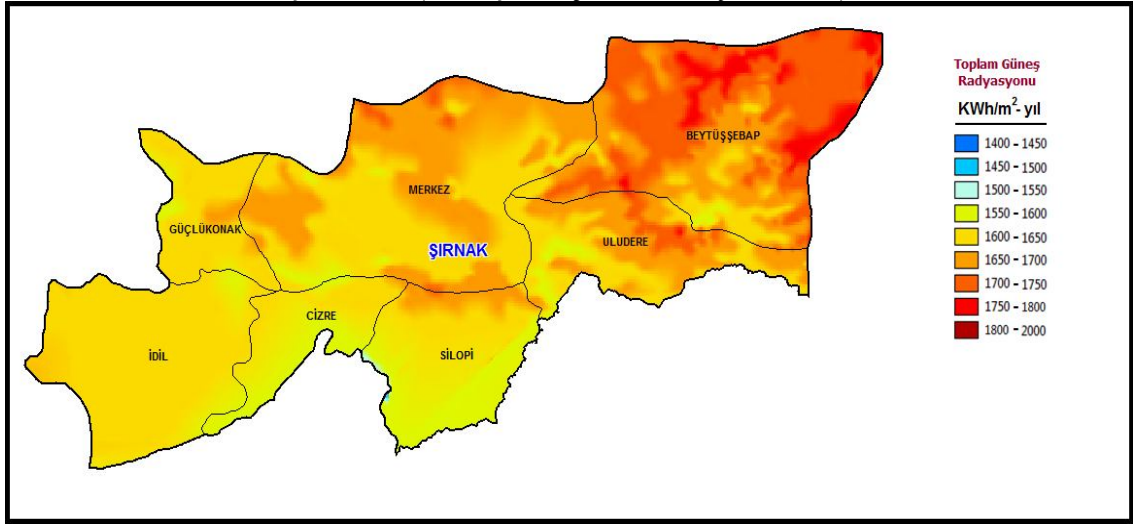
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



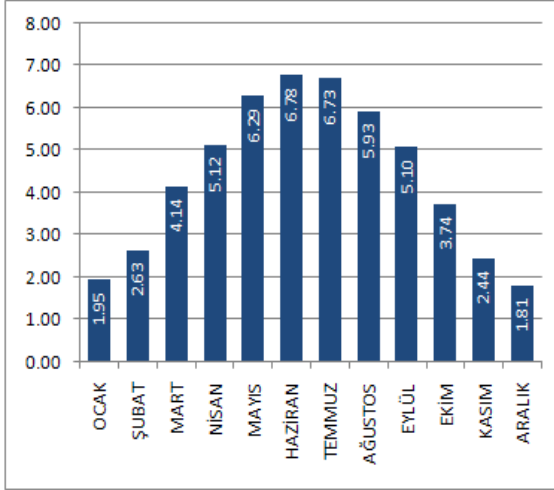
Güneşlenme süreleri (saat)



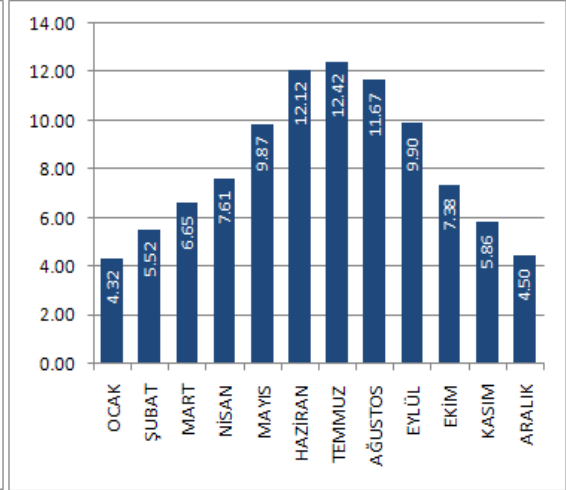
ŞIRNAK (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



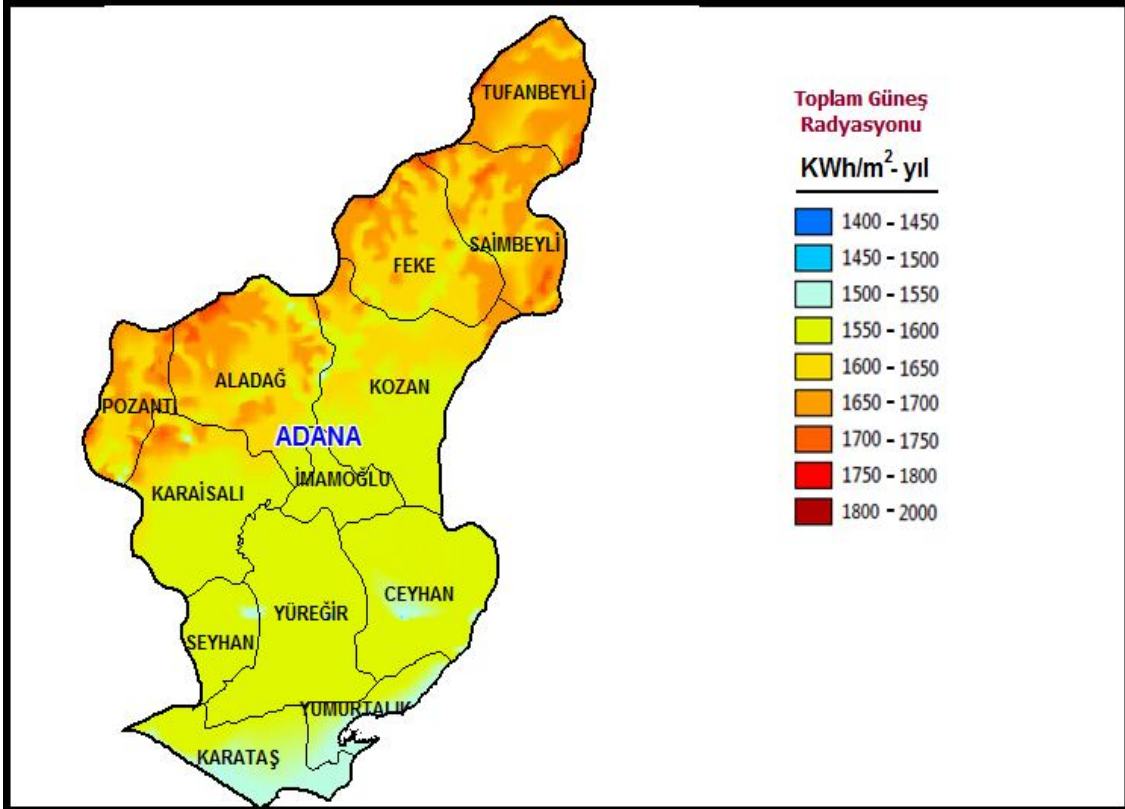
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



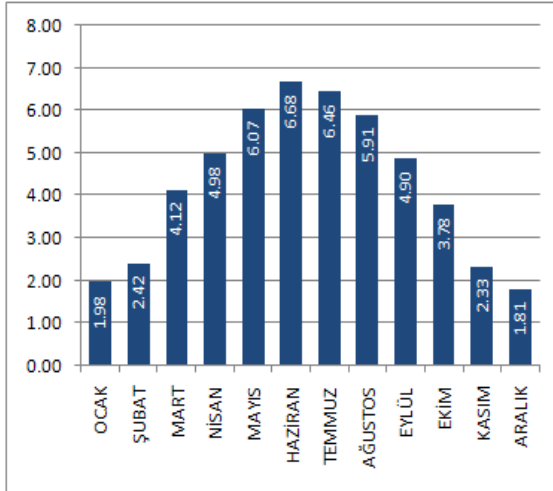
Güneşlenme süreleri (saat)



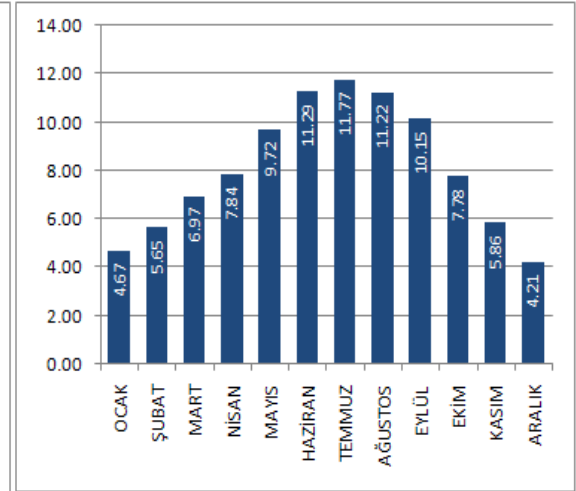
ADANA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



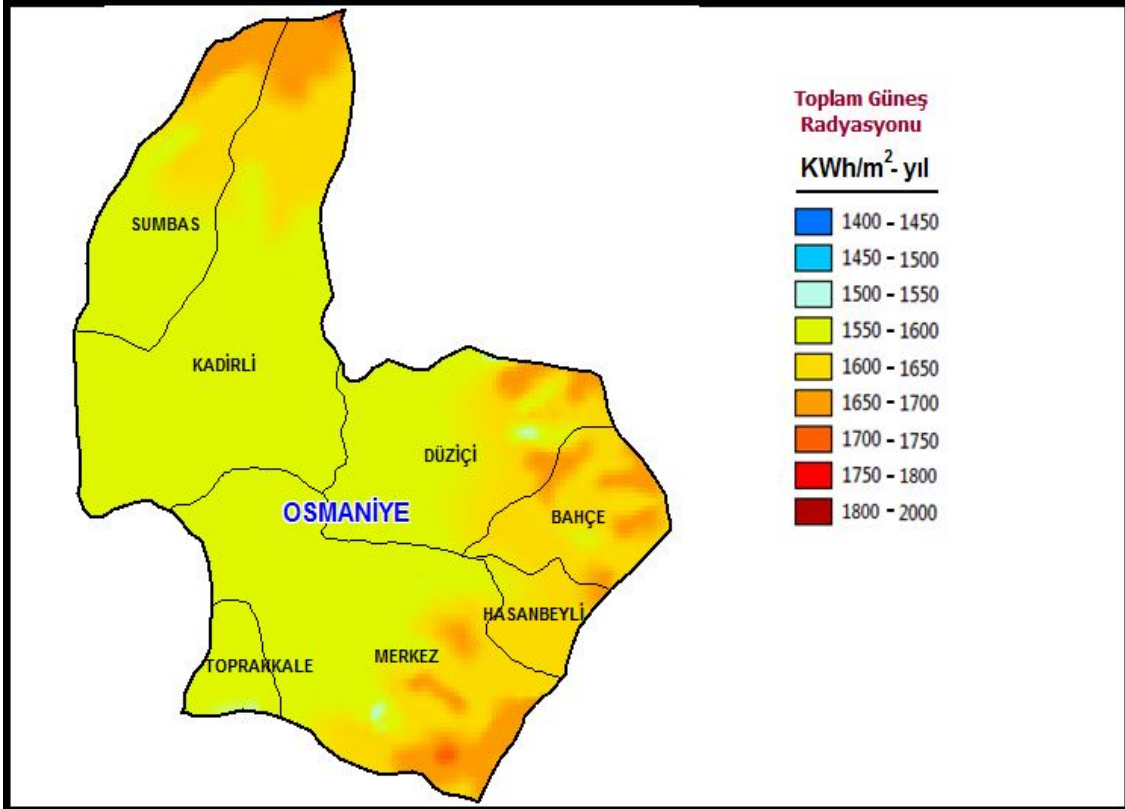
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



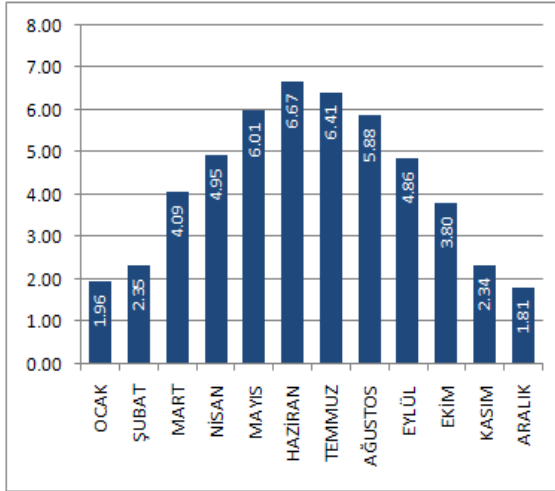
Güneşlenme süreleri (saat)



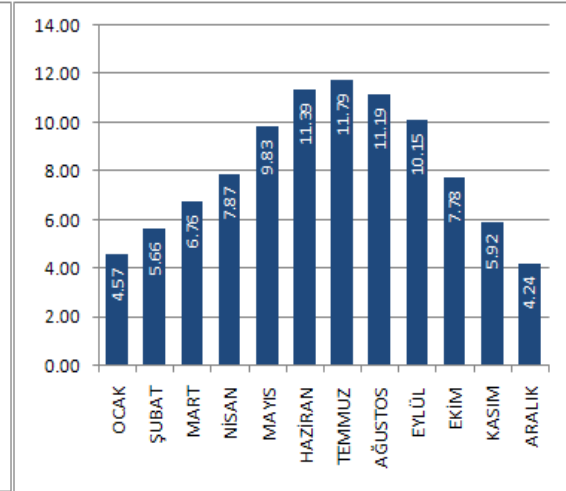
OSMANİYE (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



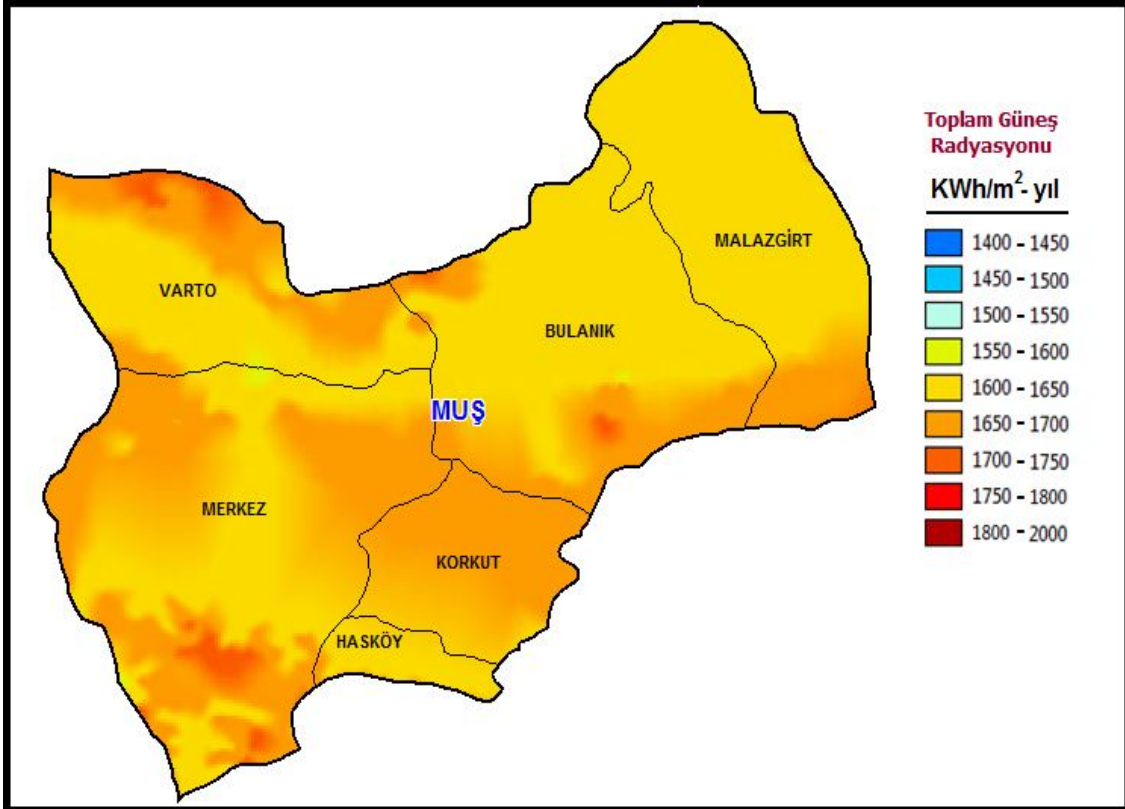
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



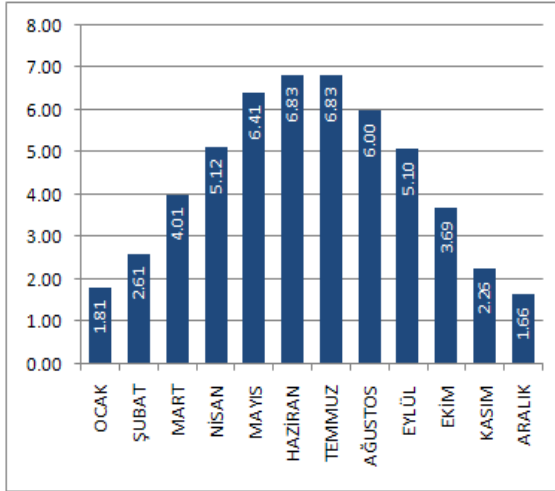
Güneşlenme süreleri (saat)



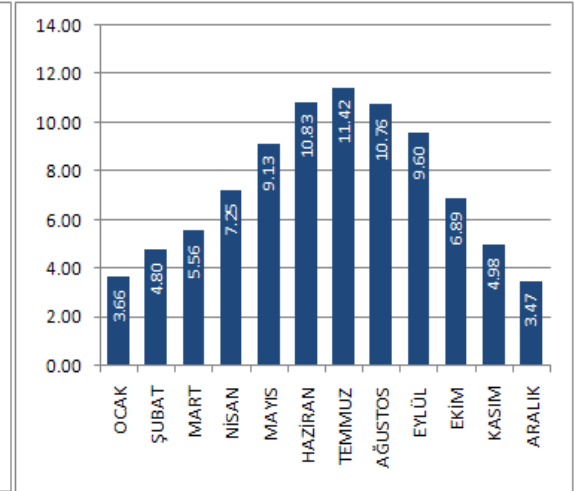
MUŞ (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



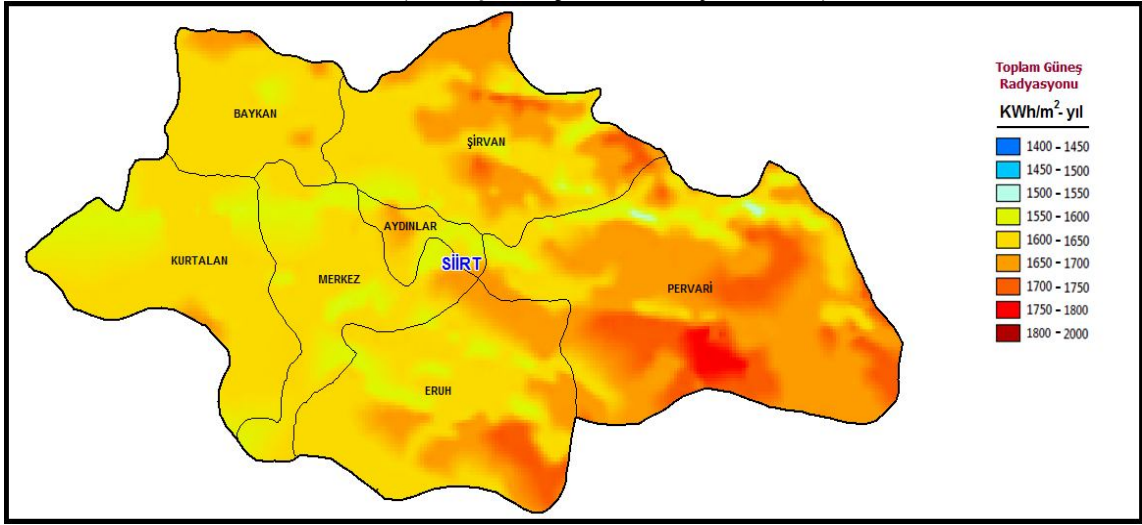
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



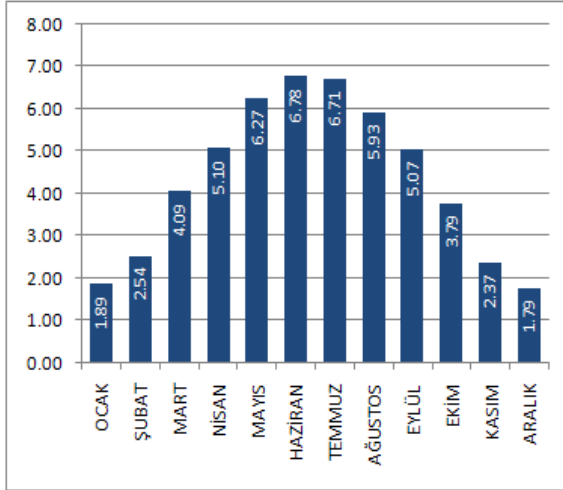
Güneşlenme süreleri (saat)



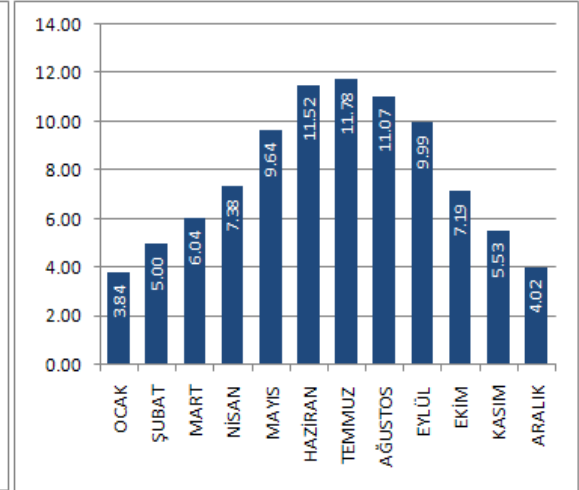
SİİRT (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



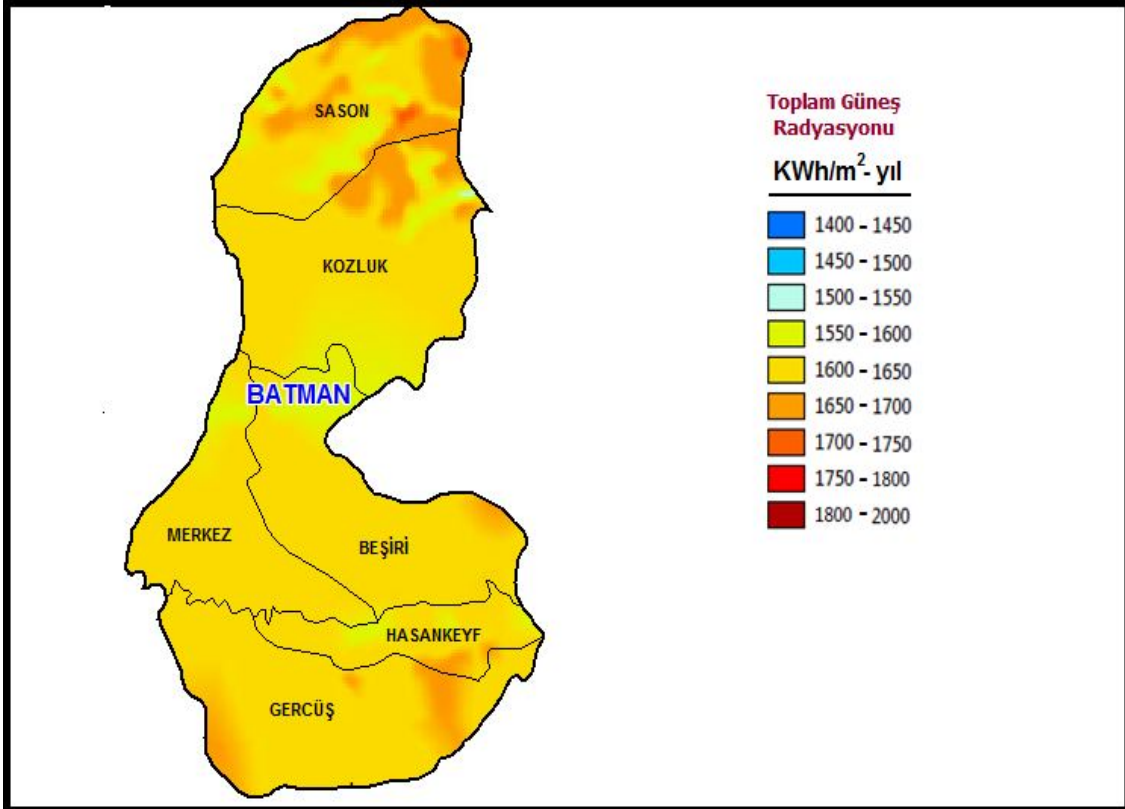
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



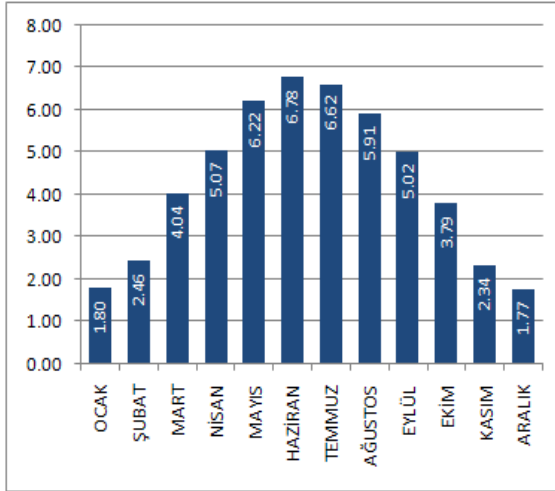
Güneşlenme süreleri (saat)



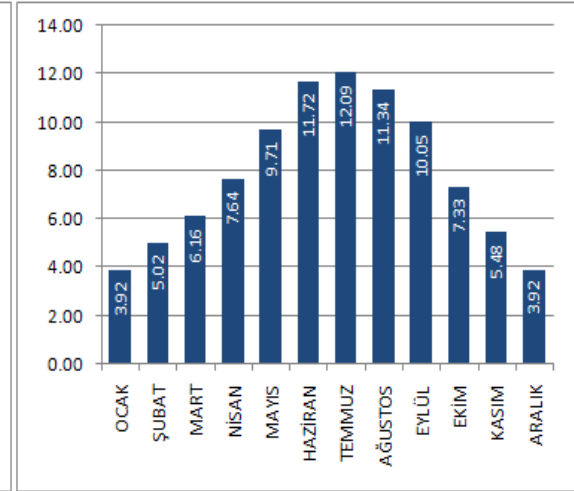
BATMAN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



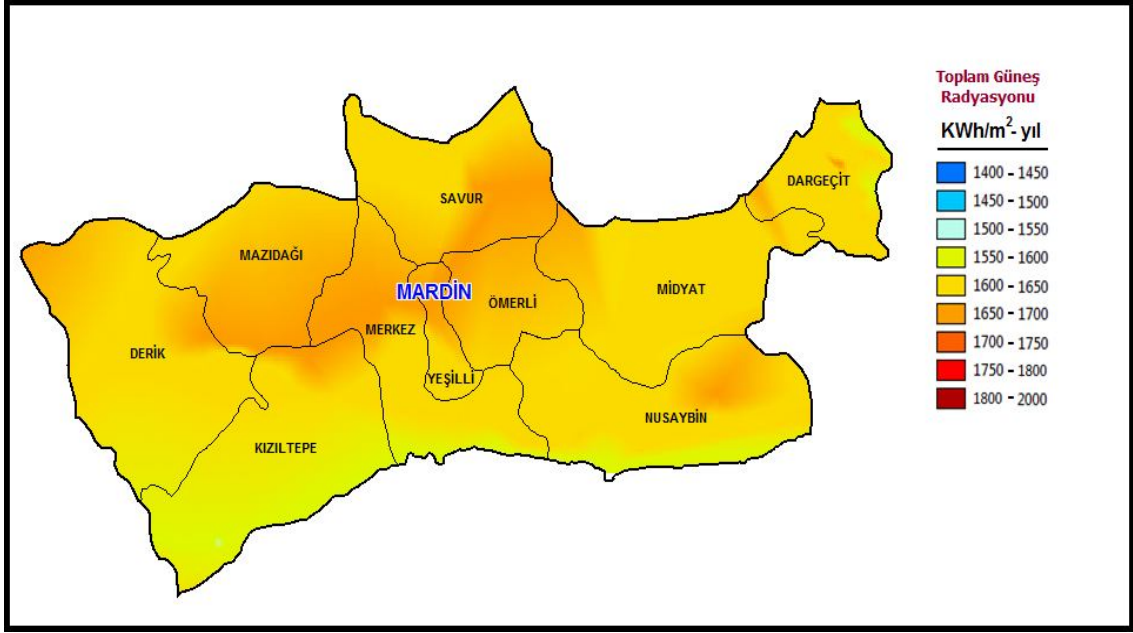
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



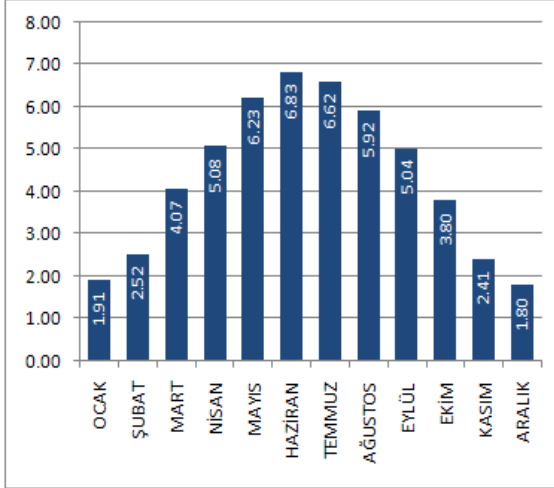
Güneşlenme süreleri (saat)



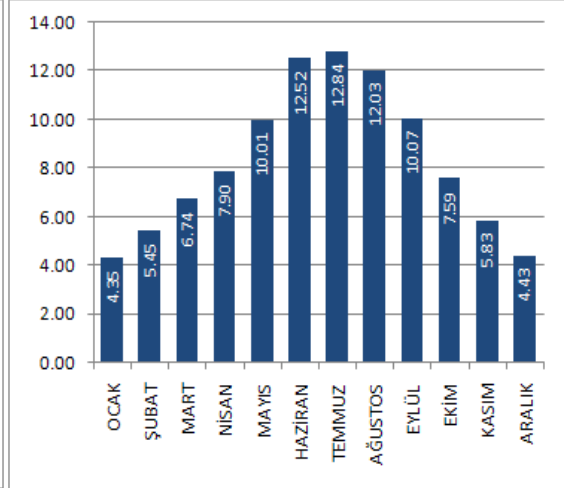
MARDİN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



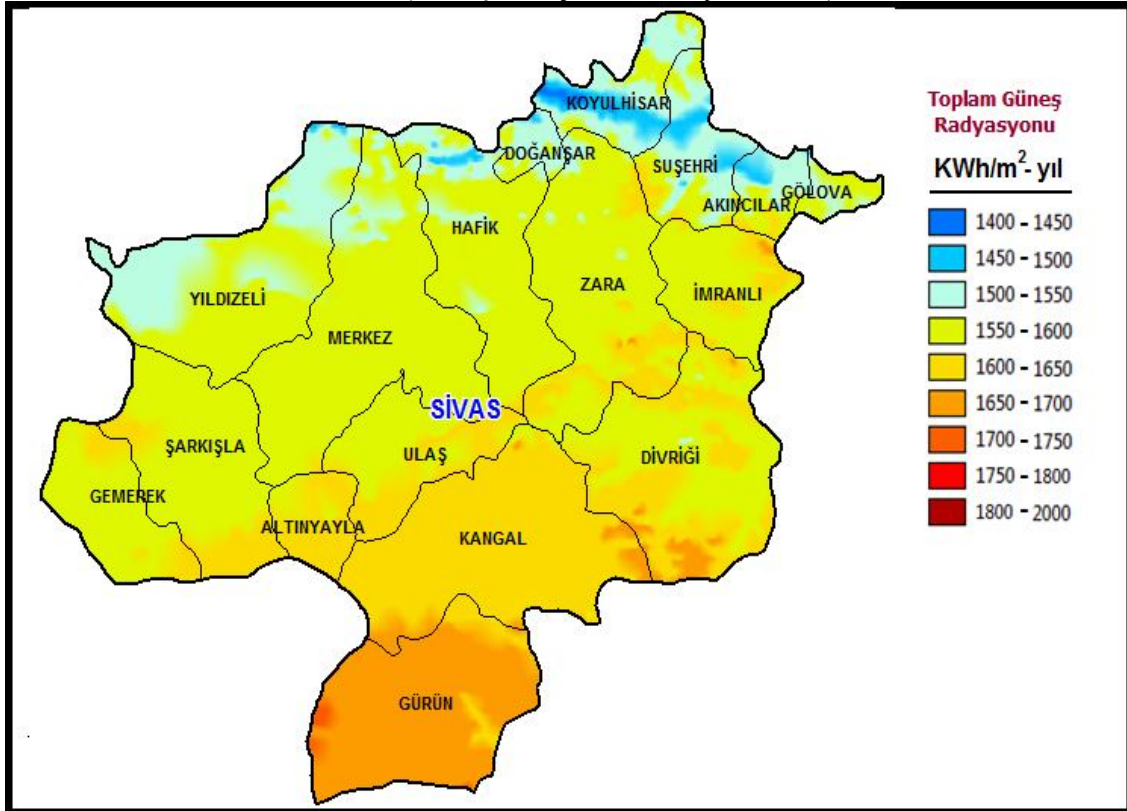
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



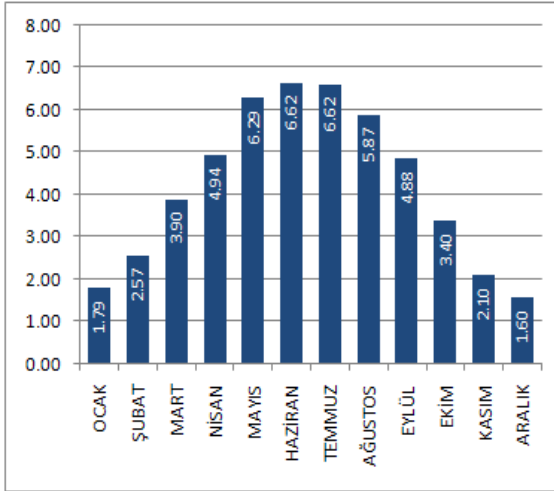
Güneşlenme süreleri (saat)



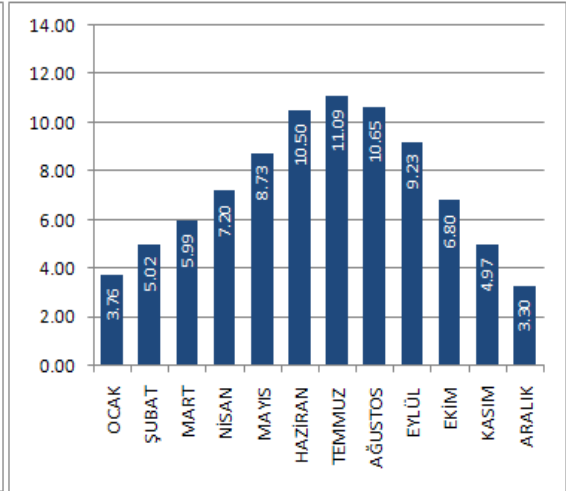
SİVAS (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



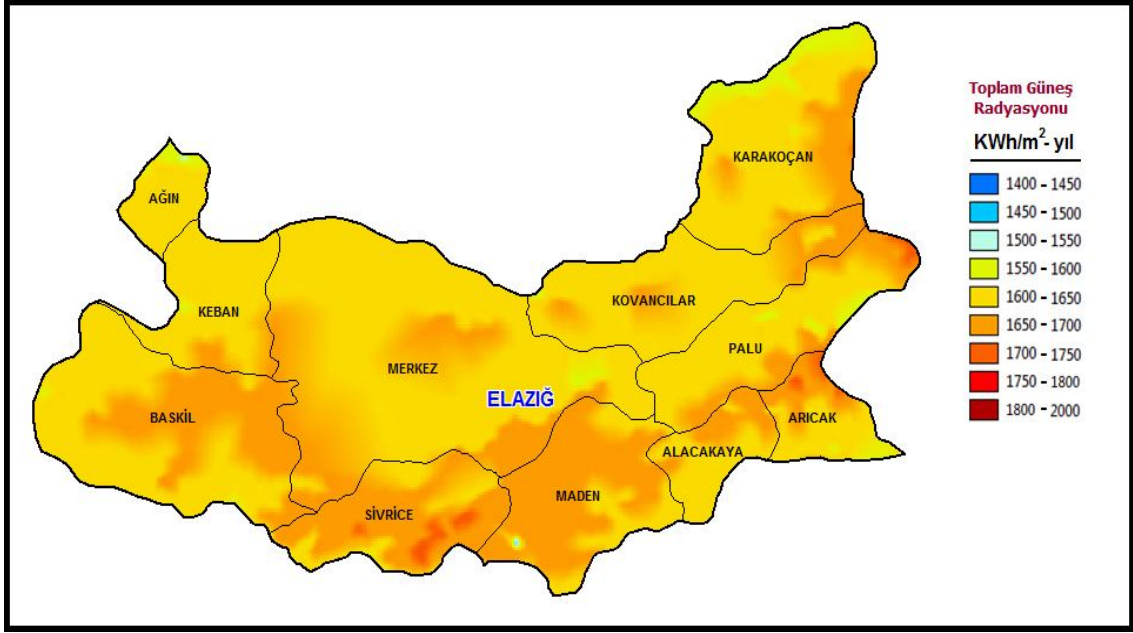
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



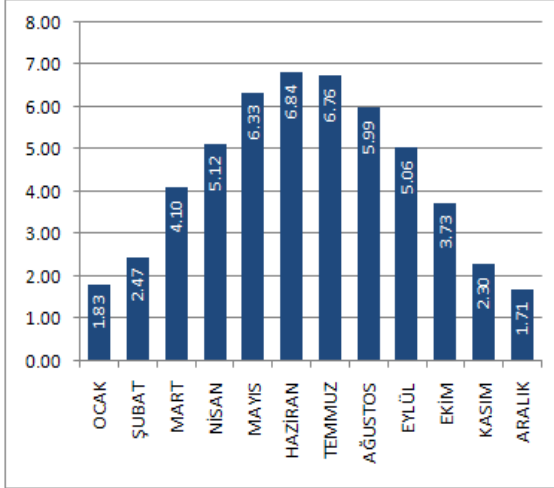
Güneşlenme süreleri (saat)



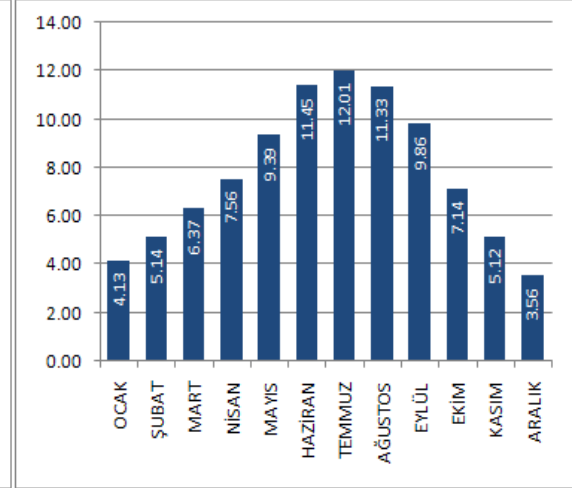
ELAZIĞ (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



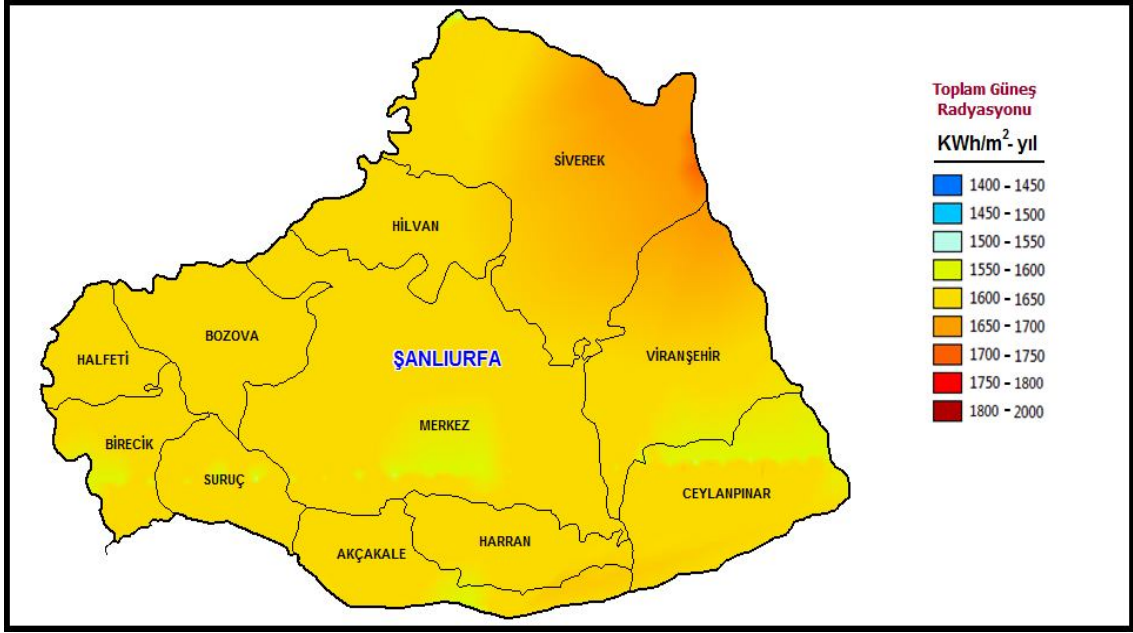
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



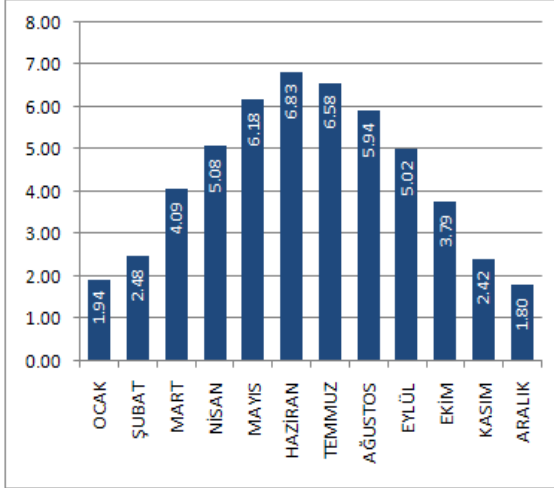
Güneşlenme süreleri (saat)



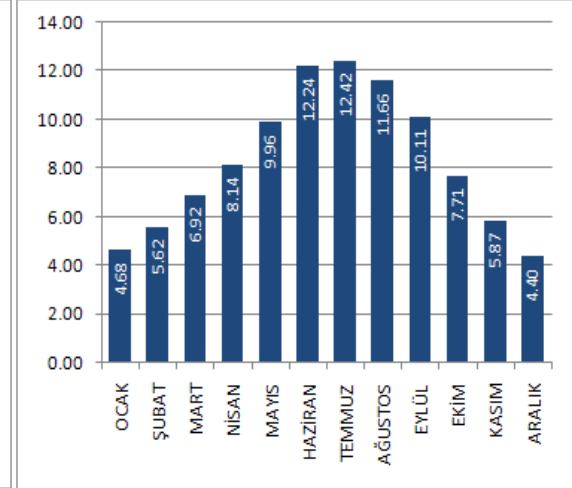
ŞANLIURFA (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



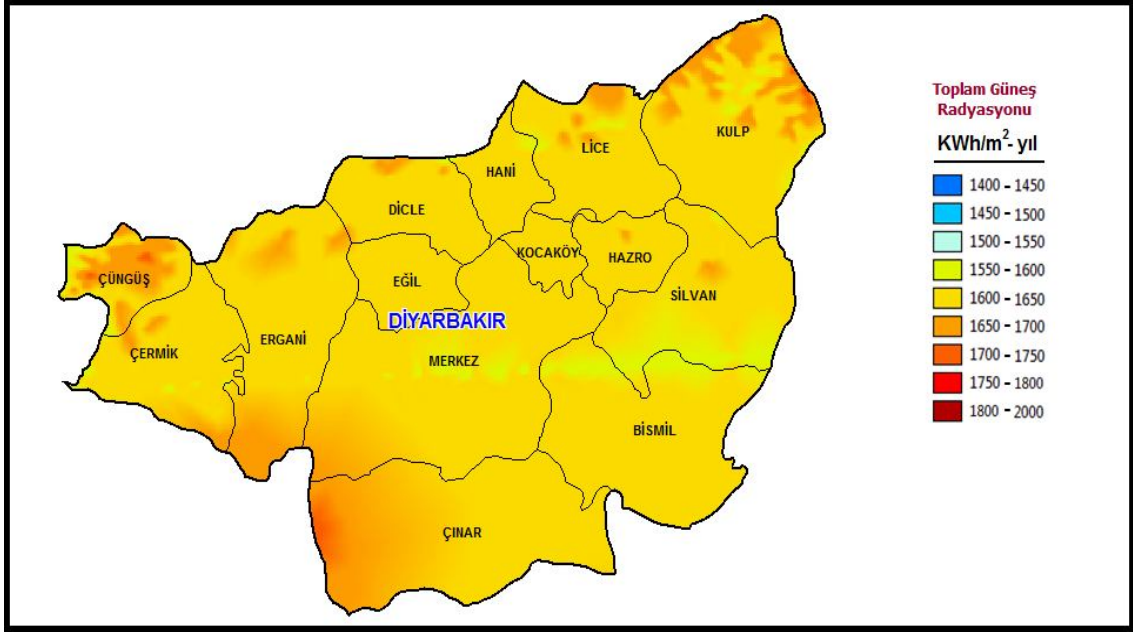
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



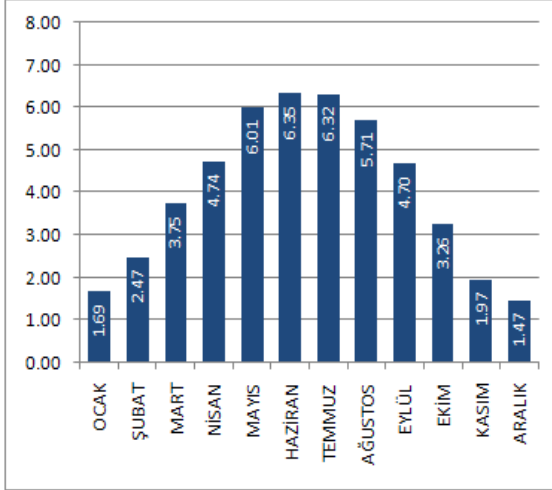
Güneşlenme süreleri (saat)



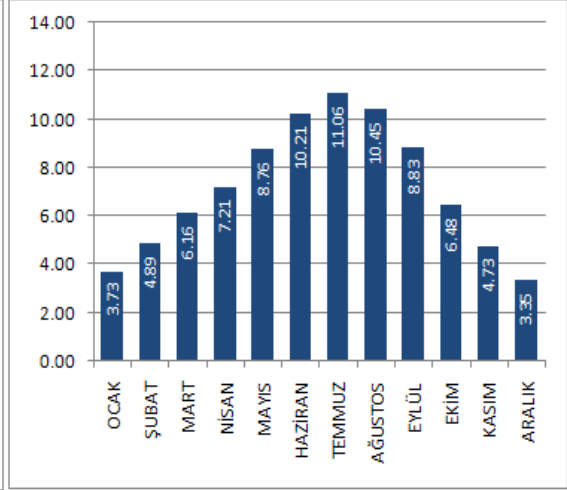
DIYARBAKIR (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



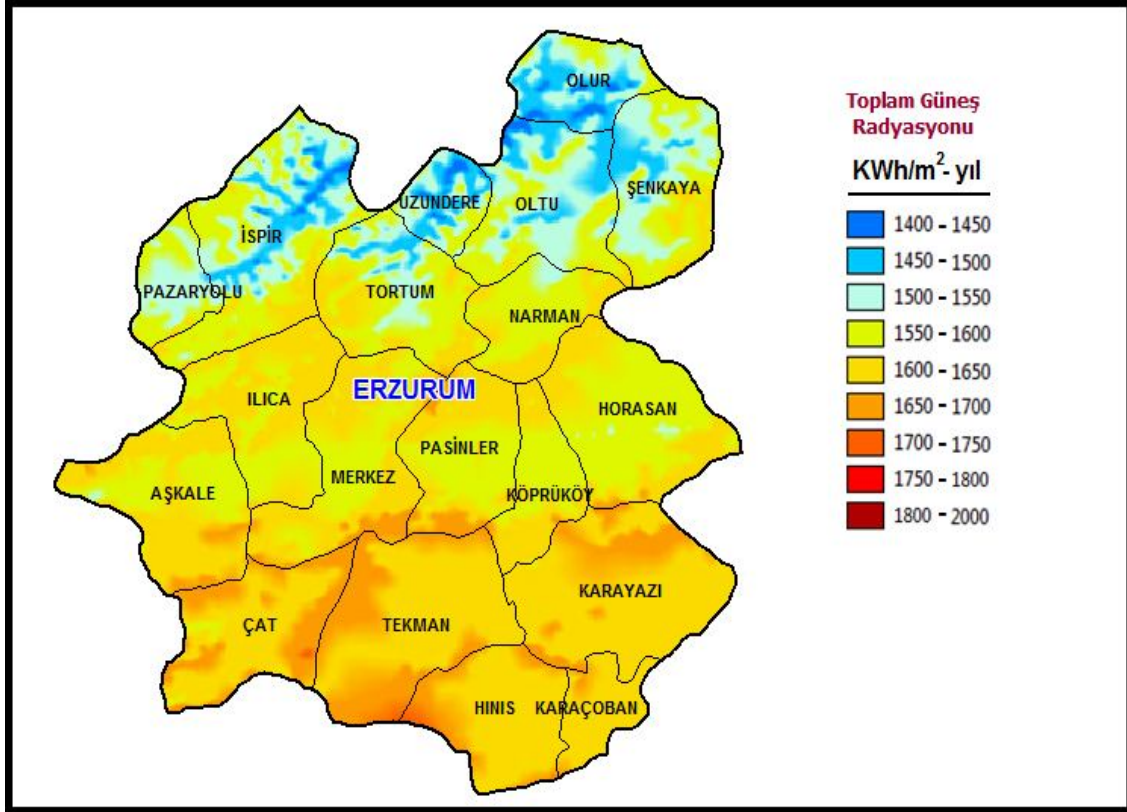
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



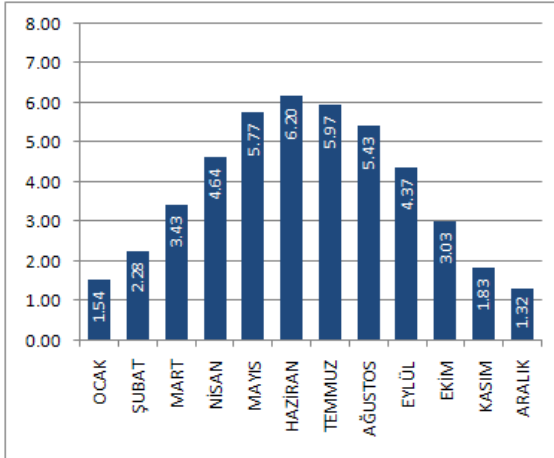
Güneşlenme süreleri (saat)



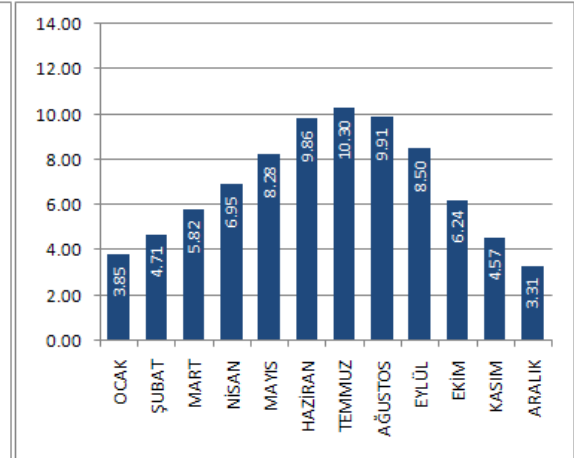
ERZURUM (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



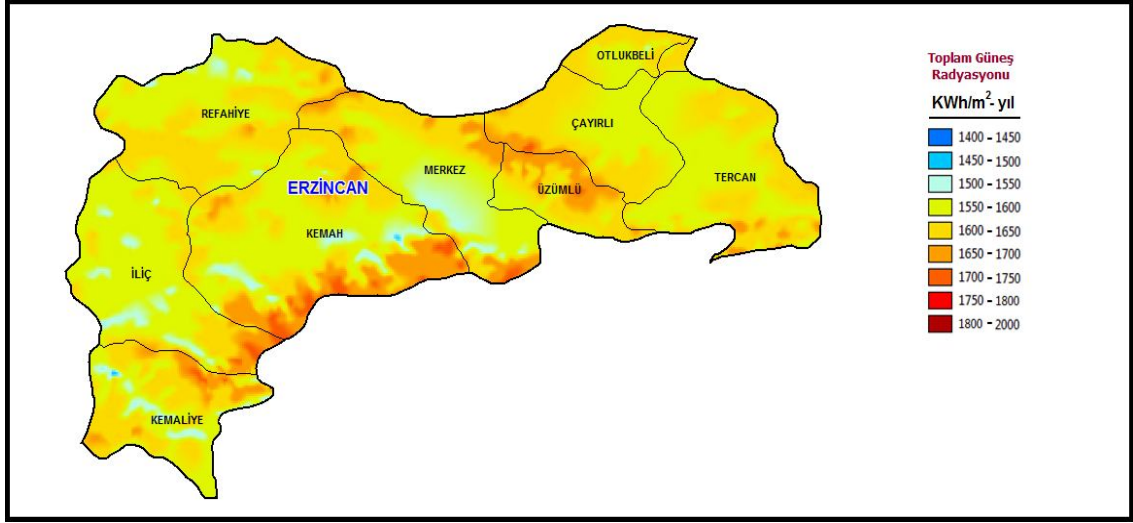
Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



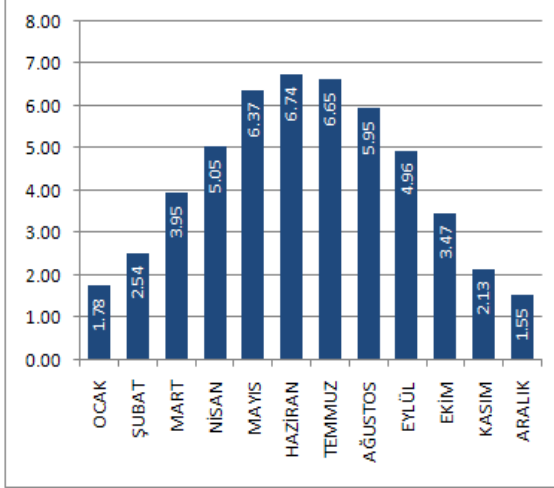
Güneşlenme süreleri (saat)



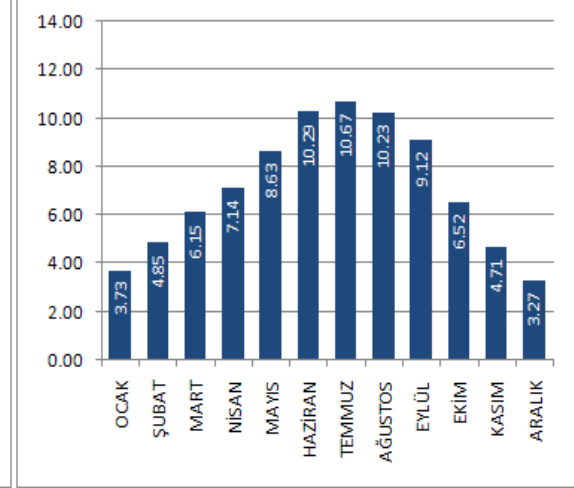
ERZİNCAN (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası)



Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)



Güneşlenme süreleri (saat)



EK-2 Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan :

RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI LİSANS BAŞVURULARINA İLİŞKİN ÖLÇÜM STANDARDI TEBLİĞİ

Amaç ve kapsam

MADDE 1 - (1) Bu Tebliğ; Rüzgâr ve Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak amacıyla yapılan lisans başvurularında kaynak bazında standardına uygun ölçüm yapılmasına ilişkin usul ve esasları kapsar.

Dayanak

MADDE 2 - (1) Bu Tebliğ, 10/05/2005 tarih ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun 6/C ve 4/8/2002 tarihli ve 24836 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinin 8 inci maddesi hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 3 - (1) Bu Yönetmelikte geçen;

- 1) **İlgili mevzuat:** Elektrik piyasasına ilişkin kanun, yönetmelik, tebliğ, genelge, Kurul kararları ile ilgili tüzel kişilerin sahip olduğu lisans veya lisansları,
- 2) **Kurum:** Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunu,
- 3) **Standart ölçüm:** Lisans başvurusunda bulunan tüzel kişiler tarafından tesisin kurulacağı saha üzerinde, bu Tebliğ kapsamında düzenlenen şartlara uygun olarak elde edilmiş ölçüm,
- 4) **UTM Koordinatı:** “Universal Transversal Mercator” izdüşümünde altı derecelik dilim esasına göre verilen koordinatı (ED 50 Datum),

ifade eder.

(2) Bu Yönetmelikte geçmekle birlikte tanımlanmamış diğer terim ve kavramlar ilgili mevzuattaki anlam ve kapsama sahiptir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Güneş Ölçümlerine İlişkin Hükümler

Güneş ölçümlerine ilişkin yükümlülük

MADDE 11 - (1) Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere lisans başvurusunda bulunan tüzel kişiler, tesisin kurulacağı saha üzerinde, bu Tebliğ kapsamında düzenlenen şartlara uygun olarak elde edilmiş en az bir yıl süreli ölçüm yapılması zorunludur. Ölçümün bitmesine müteakip Ek-3’teki formata göre hazırlanan Güneş Ölçüm Sonuç Raporu lisans başvurusu esnasında Kuruma sunulur.

(2) Ölçüm istasyonu kurulması için gerekli olan izinlerin alınması ilgili tüzel kişinin sorumluluğundadır.

(3) Ölçüme esas istasyonda mücbir sebebe ilişkin nedenlerle veri sağlanamaması durumunda 10 işgünü içerisinde mücbir sebebe ilişkin durum Kuruma bildirilir ve mevcut ölçüm verileri kullanılarak mücbir sebebe ilişkin dönemdeki veriler elde edilir.

Güneş ölçümlerinin sahayı temsil etmesi

MADDE 12 - (1) Ölçüm verileri, güneş enerjisine dayalı üretim tesisinin kurulacağı sahanın özelliğine göre, lisans başvuru sahasının tamamını temsil edecek nitelikte olmalı ve ölçüm istasyonunun yeri, başvuru sahibi tüzel kişi tarafından lisans başvurusuna esas proje sahası içerisinde yer almalıdır.

Güneş enerjisi ölçümleri

MADDE 13 – (1) Başvuru sahibi ölçüm istasyonunun 1/25.000'lik harita üzerindeki yeri ile Ek-4'te yer alan Güneş Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu formatına uygun şekilde düzenleyerek Kuruma başvuruda bulunur. Başvurunun eksiksiz ve usulüne uygun olması halinde ölçüme başlama tarihi olarak Kuruma yapılan başvuru tarihi esas alınır. Başvurunun usulüne uygun olmaması halinde ise başvuru evrakı iade edilir

(2) Söz konusu ölçüm istasyonunda Kurum tarafından yerinde inceleme yapılabilir. Yerinde yapılan incelemelerde başvuruda beyan edilen bilgi ve belgelere aykırı bir durum tespit edildiğinde başvuru geçersiz sayılır.

(3) Herhangi bir nedenle ölçümlerden vazgeçilmesi hâlinde ise otuz gün içerisinde Kuruma yazılı bildirimde bulunulur.

(4) Güneş enerjisine dayalı lisans başvurularında aşağıdaki esaslar doğrultusunda ölçüm verileri bulundurulur:

a) Lisans başvurusu kapsamındaki tesisin kurulacağı alandaki güneş ölçüm istasyonunda ISO 9060:1990 (E) standardına uygun ve kalibrasyon sertifikalı piranometre kullanılarak saatlik bazda kayıt edilen, yeryüzünün yatay düzlemindeki bir metre karesine gelen toplam güneş radyasyonu ölçülür,

b) Ölçüm istasyonda kullanılan piranometrenin ISO 9060:1990 (E) standardı kapsamındaki sertifikası, kalibrasyon sertifikası vb. belgeler başvuru dosyasında yer alır.

Güneş ölçüm süresi

MADDE 14 - (1) Güneş ölçüm istasyonunda, en az bir yıl ölçüm yapılması zorunludur.

(2) Ölçüm süresi içerisinde, işletme ve/veya bakım veya sair nedenlerle veri kaybı yüzde 10'dan daha fazla olamaz.