



GÜNEŞ KULESİ MODELİ İLE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ İÇİN BİR UYGULAMA

Reşat SELBAŞ, A. Kemal YAKUT, Arzu ŞENCAN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Isparta

Geliş Tarihi : 12.04.2002

ÖZET

Elektrik enerjisine olan ihtiyaç, nüfusun gittikçe artması ve daha hızlı kalkınma talebi yüzünden gittikçe artmaktadır. Enerji ihtiyacı genellikle fosil kökenli yakıtların kullanılmasıyla karşılanmaktadır. Günümüzde mevcut fosil yakıt rezervlerindeki azalma ve bu yakıtların oluşturduğu çevre kirliliği gibi problemler, enerji ihtiyacının karşılanması için alternatif kaynakların kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Uygulama alanı olarak bir hayli yüksek potansiyele sahip olan güneş enerjisi, elektrik enerjisi üretiminde çevre kirliliği oluşturmayan en bol ve en umut verici enerji kaynağıdır. Bu çalışmada; güneş enerjisinden elektrik elde etme yöntemleri incelenmiş ve Güneş Enerji Santrali için en uygun metot seçilmeye çalışılmıştır. Seçilen metot, literatürde, Güneş Kulesi olarak bilinen bir elektrik üretim metodudur. Çalışmada, bu metotla yapılan bir uygulamanın teknik ve maliyet analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Güneş enerjisi, Elektrik santrali

AN APPLICATION FOR ELECTRICAL PRODUCTION WITH SOLAR TOWER SYSTEM

ABSTRACT

The requirement of electric energy rises with increasing of the population and faster improvement demands. Energy necessity generally is provided by using fossil based fuel sources. In order to supply energy requirements, today, using alternative sources became necessary because of the problems such as decreasing of available fossil fuel sources and environment pollution from this fuel. The solar energy which has a wide range of application potential is the most hopeful and unlimited energy source without environment pollution in electric energy production. In this paper, the electric production methods from solar energy are studied and the most suitable method for solar energy plant is tried to find out. The selected method, known as Solar Tower in literature is an electric production method. In this study, technical and cost analysis of an application using this method are carried out.

Key Words : Solar energy, Electrical power plant

1. GİRİŞ

Güneş enerjisinden faydalanılarak yapılan elektrik enerjisi üretiminde iki yol vardır. Birincisi; doğrudan güneş enerjisini fotovoltaik piller ile elektrik enerjisine dönüştürmektir. İkinci yol ise; güneş

enerjisi ile su buharı veya sıcak gaz üretmek ve sonra buhar veya sıcak gazı konvansiyonel yoldan buhar veya gaz türbinine sevk ederek türbine bağlı bulunan jeneratörden elektrik üretmektir. Burada, daha yüksek verime sahip olmalarından dolayı ikinci yol olan ve indirekt metot da denilen Kule tipi

Merkezi Güneş Enerjisi Elektrik Santrali incelenmektedir.

Özellikle şu günlerde ülkemizin içinde bulunduğu enerji krizinden kurtulması için, nükleer enerji santrallerine alternatif olarak güneş enerji santralleri kurulması düşünülmektedir (Anon., 1982). Bu çalışmada, kule tipi güneş enerjisi elektrik santrali incelenmiş, bu sistemin termodinamik ve ekonomik analizleri yapılmıştır. Güneş enerjili elektrik santrallerinin daha yaygın olarak kurulmasıyla, çevreye zarar vermeksizin yaşanan enerji sıkıntısının giderme imkanı sağlanacaktır.

Bu amaçla, güneş enerjisinden elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere güneş elektrik santrali uygulaması yapılarak, gerekli teknik ve maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

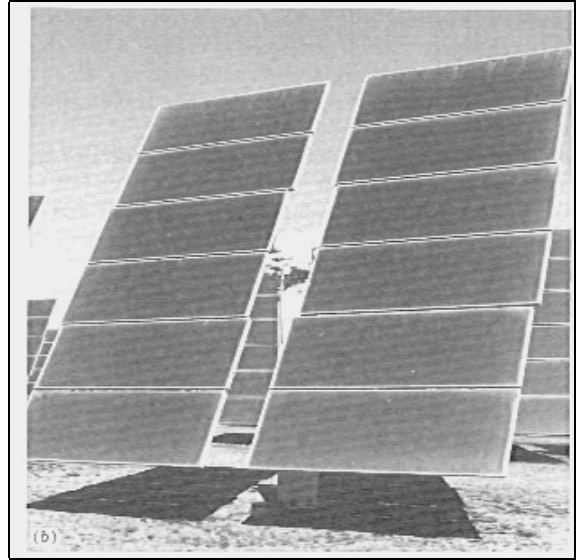
2. KULE TİPİ MERKEZİ GÜNEŞ ENERJİSİ ELEKTRİK SANTRALİ

Güneş enerjisi; kule tipi, parabolik, silindirik, fresnel mercekli gibi sistemler kullanılarak çok değişik şekillerde yoğunlaştırılabilir. Bunlardan kule tipi yoğunlaştırıcılarda çok büyük elektrik güçleri sağlanabilir (Evcimen,1984). Büyük bir tarla içine yerleştirilmiş güneşe göre ayarlanabilen çok sayıdaki yansıtıcı (heliostat), kule üzerine yerleştirilmiş alıcıya (buharlaştırıcıya) güneş ışınlarını gönderir. Böylece, güneş ışınlarının 300 ila 2000 defa yoğunlaştırılması mümkündür. Böylece, alıcıda elde edilen kızgın buhar türbinde elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sistemin diğer yoğunlaştırıcı sistemlere göre; her bir yansıtıcının bağımsız hareket imkanına sahip olması ve büyük boyutlardaki toplayıcılara göre daha az rüzgar yüküne maruz kalması gibi üstünlükleri vardır. EURELIOS adı verilen bu tür bir güneş santrali, ilk defa, 1981'de Sicilya Adrano'da Ortak Pazar ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Sistemde güneşi izleyen ve toplam yüzeyi 6216 m² olan heliostat kullanılarak 55 m yüksekliğindeki kulenin tepesinde bulunan kazanda 64 atmosfer basınçta 512 °C sıcaklıkta kızgın buhar elde edilmiştir. Santral 1 MW elektrik ve 4.8 MW termik gücünde olup verimi %21 civarındadır (Meinel and Meinel, 1977). Daha sonra 1982 yılında Kaliforniya'da 10 MW'lık bir santral daha kurulmuştur. Bu santral 1818 yansıtıcıdan oluşmuş olup her bir yansıtıcı grubun toplam alanı 39.13 m²'dir. Bu alıcı 13.7 m yüksekliğinde, 7 m çapında ve topraktan 90 m yüksekliktedir. Alıcıda maksimum absorblama yüzeyi sıcaklığı 620 °C olup 516 °C'de 50900 kg/h buhar üretilmiştir. Bu

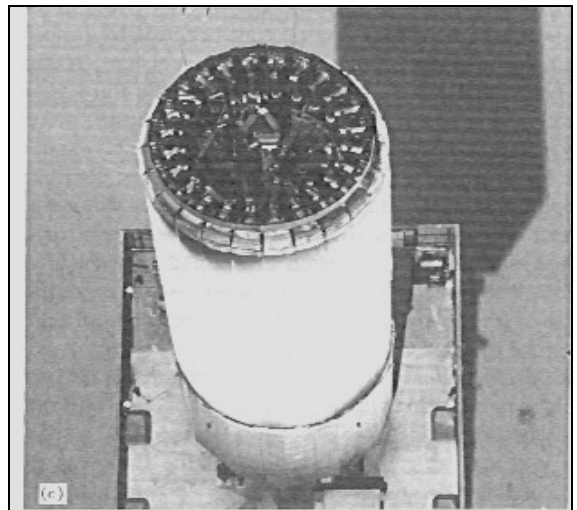
santralin fotoğrafları Şekil 1, 2 ve 3'de görülmektedir.



Şekil 1. Heliostat alanı ve alıcı kulesi üzerinden görünüş (sistem çalışmazken)



Şekil 2. Heliostat



Şekil 3. Alıcının yukarıdan görünüşü

Türkiye’de ise bu konuda ilk ciddi araştırma, 1982 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü bünyesinde yapılmıştır. Tasarlanan santral için 20 m yüksekliğinde kule inşa edilmiş olup, 300 kW’lık güç sağlanması amaçlanmıştır. Bu santral için 5000 m² alan üzerine 1875 m² yansıtıcı yüzey kullanılması gerektiği hesaplanmıştır. Santral maliyeti ise 150000 \$ olarak belirlenmiştir (Eltez, 1984). Ancak bu proje hayata geçirilememiştir.

Kule tipi merkezi güneş enerjisi elektrik santrallerinde genellikle hareketli aynalar kullanılarak yüksek sıcaklık ve verim değerleri elde edilebilmektedir. Ancak, bu sistemlerde aynalar, hareket düzeneği ve bunlar için gerekli olan taşıyıcı yapı elemanları, maliyeti önemli ölçüde arttırmakta ve diğer konvansiyonel santrallere oranla ekonomik olmamaktadır. Bu sebeple, tasarlanan sistemde maliyeti düşürmek için, sabit aynalı konsantrasyon sistemi düşünülmüştür.

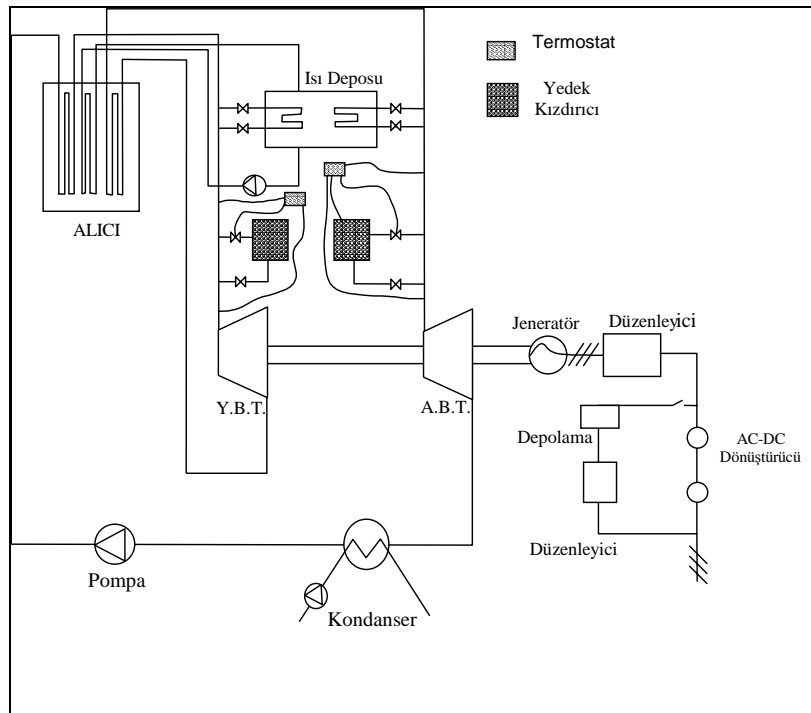
Hareketli ayna maliyeti 40-75 dolar/m² arasında değişmektedir. Sabit ayna maliyeti ise 10-20

dolar/m² arasındadır. Buradan görüleceği üzere, aynı güçteki bir güneş enerjisi elektrik santrali için ayna tarlasında sabit aynalı sistemin kullanılması halinde, hareketli sisteme göre % 40’a yakın bir tasarruf sağlanacaktır. Zira, ayna tarlasının maliyeti toplam santral maliyetininin % 50-85’ini oluşturmaktadır (Sobin et al.,1976).

3. GÜNEŞ KULESİ METODUYLA ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN BİR UYGULAMA

3. 1. Teknik Özellikler:

Bu uygulamada, çalışma akışkanı olarak su/buhar kullanılması ve sistem veriminin artırılması için, ara kızdırmalı Rankine Çevrimi ile çalışan bir güç tesisi düşünülmüştür. Bu güneş enerjisi elektrik santralinin prensip şeması Şekil 4’de gösterilmektedir.



Şekil 4. Güneş enerjisi elektrik santrali prensip şeması

3. 2. Alıcı Sistemi

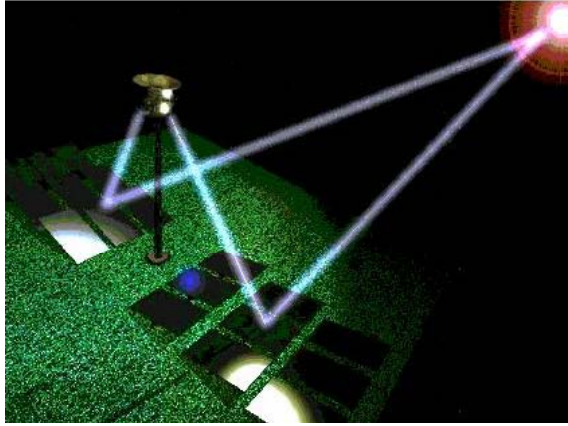
Alıcı, boşluk tipi olup su/buhar soğutmalıdır. Ayrıca, termal depolama yapmak üzere ergimiş Na-K tuzlarının dolaştığı üçüncü bir kapalı devre oluşturulmuştur. Sistem; 6 metresi toprak altında, 60 metresi toprak üstünde olmak üzere 66 m

yüksekliktedir. 7 m çapındaki kule üzerine yerleştirilen alıcı, 7 m yüksekliğinde ve 3.5 m çapında tasarlanmıştır.

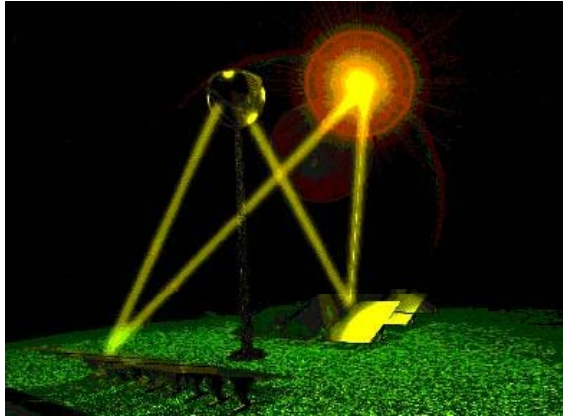
Alıcı içinde aktif ısı transfer yüzeyini teşkil eden boru demetinin içinden, çevrim akışkanı su/buhar geçmektedir. Oluşturulan üçüncü bir çevrim

sayesinde, alıcıda kaybolacak enerjinin bir kısmı daha faydalı hale getirilir.

Sıvı haldeki Na-K tuzları, aynı zamanda çok iyi bir ısı depolama özelliğine sahiptir. Alıcıya gelen besleme suyu, içinden sıcak erimiş tuz geçen bir ısı değiştiricisinden geçirilerek, ön ısıtma işlemi yapılabilir. Ayna tarlasının çalışma prensibi, Şekil 5 ve 6'dan görüleceği üzere, aynalar aracılığı ile yüksekte bulunan kule üzerindeki bir alıcıya enerji konsantre edilmesi ve alıcıda elde edilen buhar türbin-alternatörlerle elektrik enerjisi üretilmesi şeklinde olmaktadır (Eltez, 1984; Barslow and Nevezhin, 1970).



Şekil 5. Ayna tarlasının çalışma prensibi



Şekil 6. Ayna tarlasının çalışma prensibi

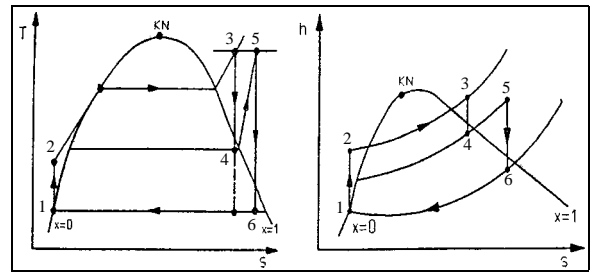
3. 3. Güç Dönüşüm Sistemi

Güç dönüşüm sistemi, rejeneratif su/buhar ara kızdırmalı Rankine çevrimidir. Kondense türbin ile akuplajı yapılmış olan elektrik jeneratöründen alınan elektrik enerjisi ana dağıtım merkezinden geçtikten ve gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra, bir trafo vasıtası ile kampüsün iç kullanımına verilecektir. Sistemin genel karakteristikleri Tablo 1'de belirlenmiştir.

Tablo 1. Sistemin Genel Karakteristikleri

Rejeneratif Su/Buhar Ara Kızdırmalı Rankin Çevrimi İki Kademeli Kondenser Türbin	
Birinci kademe (yüksek basınç) buhar giriş sıcaklığı	440 °C
Birinci kademe (yüksek basınç) buhar giriş basıncı	60 bar
İkinci kademe (alçak basınç) buhar giriş sıcaklığı	440 °C
İkinci kademe (alçak basınç) buhar giriş basıncı	5 bar
Ekzost buhar sıcaklığı	46 °C
Ekzost buhar basıncı	0.1 bar
Ortalama güç	2000 kW
Türbin devir sayısı	4500 d/d

Sistemde kullanılan çevrimin T-s ve h-s diyagramları Şekil 7'de gösterilmiştir. Çevrime göre; alıcıdan çıkan 440 °C ve 60 bar basınçtaki kızgın buhar (3), yüksek basınç türbininde sabit entropide genişler (4). Buharın iç enerjisi adyabatik genişleme sonunda mekanik işe dönüşür. Basınç değeri, 5 bara düşer. Yüksek basınç türbininden $X=0.974$ kuruluk derecesinde çıkan ıslak buhar tekrar alıcıya gönderilerek, burada 440 °C'ye kadar ısıtılır (5). Alıcıda bu şartlara ($P=5$ bar, $T=440$ °C) getirilen buhar alçak basınç türbininde 0.1 bara kadar adyabatik olarak genişler (6). Bu genişleme sonucunda, buharın iç enerjisi yine mekanik işe dönüşür. Alçak basınç türbininden $X=0.968$ kuruluk derecesinde çıkan çürük buhar kondensere girer (1). Kondenserde buharın yoğunlaşması, soğutma suyu taşıyan boruların buhardan ısı alması ile olur. Burada ısı transferi olayına en büyük etken, ısı transfer katsayısının yüksek olması ve buna bağlı olarak da boruların temizliğidir. Böylece, kondensere $X=0.968$ kuruluk derecesinde giren çürük buhar, 46 °C'de su olarak çıkar. Santrifuj pompaya gelen su alıcıya 60 barda basılır (2). Alıcıda 440 °C'ye kadar ısınarak buhar fazına geçen su, türbine girerek çevrimi tamamlamış olur (3).



Şekil 7. Sistemin şematik olarak T-s ve h-s diyagramları

Güneş enerji santrali analizinin yapılabilmesi için gerekli olan değerler, Şekil 7'de gösterilen T-S ve h-s çevrim diyagramları ile Isparta İli için yapılan güneş radyasyonu hesaplamaları yardımıyla bulunmuştur. Hesaplamalarda kullanılan bağıntılardan bazıları aşağıda verilmiştir:

Türbinden elde edilen iş W_T ;

$$W_T = W_{T1} + W_{T2}$$

Yüksek basınç türbininden elde edilen iş W_{T1} ;

$$W_{T1} = h_3 - h_4$$

Açık basınç türbininden elde edilen iş W_{T2} ;

$$W_{T2} = h_5 - h_6$$

Kondenserden çekilen ısı Q_K ;

$$Q_K = h_6 - h_1$$

Pompa işi W_p ;

$$W_p = h_2 - h_1 = v (P_2 - P_1)$$

Alıcıya olan ısı transferi Q_A ;

$$Q_A = (h_3 - h_2)$$

Çevrim verimi η ;

$$\eta = \frac{W_T - W_p}{Q_A}$$

Isparta İli için Nisan ayına ait (heliostat ortalama eğim açısı 22° için), difüz ve direkt radyasyon değerleri hesaplanmıştır (Uyarel ve Öz, 1987; Kılıç ve Öztürk, 1983). Buna göre, bir günde 1 m^2 heliostat yüzeyine, 10717.78 kJ direkt radyasyonun geldiği hesaplanmıştır. Sabit heliostatlı sistemlerde, heliostat yüzeyine gelen direkt radyasyonun % 78-88'i alıcıdaki ısı taşıyan akışkana transfer edilir (Duffie and Beckman, 1991). Bu sebeple; çalışmada, enerjinin % 83'ünün alıcı tarafından absorbe edildiği düşünülmüştür. Geri kalan enerjinin bir kısmı yansiyarak, bir kısmı heliostat yüzeyini ısıtarak ve büyük bir kısmı da alıcıdan çevreye kaybolmaktadır (Kreith, 1981).

Yapılan hesaplamalardan sonra tasarlanan güneş enerjisi santralının termodinamik hesaplarının sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Güneş Enerjisi Santralının Hesaplanan Parametreleri

Santral Ortalama Gücü (kW)	2000
Türbinden elde edilmesi gereken iş (kWh)	4500
Sistemde dolaşan akışkan debisi (kg/s)	3.1363
Kondenserden çekilmesi gereken ısı yükü (kW)	7264.203
Pompaya verilmesi gereken iş (kW)	18.974
Alıcının ayna tarlasından alması gereken ısı yükü (kW)	966425
Çevrim verimi (%)	46
Sistem verimi (%)	21
Ayna tarlası verim (%)	83

3. 4. Güç Kontrolü

Güneş ışınımının maksimum olduğu öğle saatlerinde üretilen alternatif akım, bir redresörden geçirilerek akülerde depolanır. Depolanan bu enerji, güneş ışınımının olmadığı saatlerde bir invertörden geçirilerek kullanıma verilir.

Yük talebinde devreye girecek akü grubu gücü bir bilgisayar kontrolünde belirlenecektir. Yükteki değişimler bilgisayara verilerek, gerekli miktarda akü grubunu devreye sokacaktır.

4. SONUÇ

Tasarlanan güneş enerjisi elektrik santrali projesi, Nisan ayı şartlarına göre hazırlanmıştır. Isparta'da bütün aylar için yapılan difüz ve direkt güneş radyasyonu ile heliostat yüzey hesaplamaları sonucunda 2000 kW elektrik gücünü karşılamak üzere tasarlanan santralin Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında sadece güneş enerjisi ile elektrik ihtiyacını karşılayacağı hesaplanmıştır. Diğer aylarda ise güneş enerjisine ilave olarak diğer enerji türleri kullanılarak eksik enerji giderilecektir. Ayrıca bulutlu havalarda, sıvı Na-K tuzlarına depolanmış ısı vasıtasıyla, buhar türbin şartlarına hazırlanacaktır.

Isparta için yapılan güneş radyasyonu hesaplamaları sonucu 2000 kW ortalama gücü için 13000 m^2 sabit yansıtıcı yüzey kullanılması planlandığından, Mayıs 2000 için, santralin yaklaşık ilk yatırım maliyeti $400000 \text{ \$}$ olarak hesaplanmıştır. Yıllık elektrik tüketimi 500000 kWh olan sistemin elektrik ihtiyacını temin etmek için böyle bir güneş enerjisi elektrik santrali kurulması durumunda kendisini yaklaşık 15 yılda amorti edeceği hesaplanmıştır (İlk yatırım maliyeti/yıllık elektrik enerjisi tüketimi).

Günümüzde yaşanan enerji sıkıntısını gidermek için yeni enerji kaynaklarının aranması, uygun kaynağın seçilmesi ve teknolojisinin hayata geçirilmesi uzun bir süreç gerektirmektedir (Anon., 1982). Bu yüzden, elektrik enerjisi üretiminde en avantajlı yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneşten faydalanılarak güneş elektrik santrali kurulması çalışmalarına biran önce başlanması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

Anonim, 1982. EİEİ ve TAEK Proje Grupları Bildirileri.

Barslow, V. I., Nevezhin, O. N. 1970. Temperature Field of the Cylindrical Cavity Receiver Conthode of a Solar Thermionic Converter, Geliotekhnike.

Duffie, J. A., Beckman, W. A. 1991. Solar Engineering of Thermal Processes, NewYork: John Wiley & Sons.

Eltez, M. 1984. "Güneş Enerjisi Konferans Tebliğleri", s. 311-315, 16-18. Mayıs 1984, Ankara.

Evcimen, T. H. 1984. "Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri", 108, 16-18 Mayıs 1984, Ankara.

Kılıç, A., Öztürk, A. 1983. Güneş Enerjisi, Kipaş

Dağıtımçılık, İstanbul.

Kreith, F. 1981. Solar Energy Handbook, Boulder, Co.

Meinel, A., Meinel, M. 1977. Applied Solar Energy. Addison and Wesley.

Sobin, A., Wagner, W., Easton, C. R. 1976. Cantral Collektor Solar Energy Receivers, Solar Energy, Vol. 18.

Uyarel, A. Y., Öz, E. S. 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, Ankara.