

YOĞUNLAŞTIRICI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

Celal TABAK¹
Erdal ARSLAN⁴

Hasan DİNÇER²
Mehmet H. YILDIZ⁵

Kevser KARAYAZI³
Salih KARAYAZI⁶

¹Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, celal.tabak1@kocaeli.edu.tr

²Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, hdincer@kocaeli.edu.tr

³Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, karayazi86@gmail.com

⁴Güç Mühendislik, K.K. Sanayi Sitesi 13/17, erdal.arslan@emo.org.tr

⁵Kocaeli Üniversitesi, Hereke Ö.İ.U. M.Y.O. , mehmethanifiyildiz@yahoo.com

⁶TCDD Elektrifikasyon Grup Müdürlüğü, Pendik İstanbul, salih.karayazi@gmail.com

ÖZET

Bu bildiri Türkiye’de ki enerji üretimine katkıda bulunmak amacıyla yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden buharla elektrik enerjisi elde edilmesi incelenmiştir. Prototip sistemle elde edilen buhar enerjisi ile, ilk aşamada jeneratör olarak eski buharlı lokomotif dinamosu sürülmüş, ikinci aşamada 10 KW’lık 3 fazlı alternatif gerilim jeneratörü beslenmiştir. Sistemin verimi incelenmiştir. Parabolik silindirler kullanarak güneş enerjisi bir eksen üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaştırılan enerji ısı tüpleri ile alınarak depolanmış ve buhara dönüştürülerek buhar türbinin sürülmesinde kullanılmıştır. Buhar türbini ile jeneratör sürülerek elektrik enerjisi elde edilir. Bu yoğunlaştırılmış güneş enerjisi ile elektrik elde etme sistemi, kömür veya doğal gazla çalışan büyük kapasiteli elektrik üretim sistemlerine katkıda bulunabilir.

Anahtar Kelimeler: Yoğunlaştırılmış Güneş enerjisi, buhar türbinli jeneratör, elektrik enerjisi üretimi

1.GİRİŞ

Isıl güneş enerjisi sistemleri, düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere ikiye ayrılabilir. Düşük sıcaklık uygulamaları olarak evlerin çatılarına kurulan ve sıcak su üretimine kullanılan düzlemsel toplayıcılar (kolektörlerdir) Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisi olarak bir akışkana aktaran aygıtlardır. Basit ve ucuz olması nedeniyle en yaygın kullanılan güneş enerjisi uygulamasıdır. Evlerde, yüzmeye havuzlarında ve sanayi tesislerinde sıcak su üretimi için kullanılırlar. Yüksek sıcaklık uygulamaları ise yoğunlaştırma yapan ısı sistemlerdir. Yoğunlaştırıcı sistemler güneş ışınlarını tek noktada toplayarak yüksek sıcaklıkta buhar üretirler ve elektrik üretiminde kullanılırlar. Yoğunlaştırıcı ısı sistemlerinin en yaygını parabolik oluk kolektörlerdir. Kesiti parabolik olan kolektörlerin iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş ışınlarını, odakta yer alan ısıl boruya odaklarlar.

Isıl boruda dolaştırılan sıvıda toplanan ısı ile elde edilen buhardan elektrik üretilir. Diğer bir tür yoğunlaştırıcı sistem olan parabolik çanak sistemler, iki eksende güneşi takip ederek, güneş ışınlarını odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Merkezi alıcı sistemlerde ise; tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş ışınlarını, bir kule üzerine monte edilmiş ısı santraline yansıtarak yoğunlaştırma yaparlar.[1]

Türkiye güneş kuşağı adı verilen 40° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında yer almakta ve güneş enerjisi bakımından orta zenginlikte bir ülke durumundadır. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresinin yüksek olmasına karşılık düşük ve orta sıcaklık uygulamaları sınırlı sayıda kullanılmaktadır. Sanayinin toplam enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinden yalnızca % 0.1 oranında faydalanılmaktadır.[2] Güneş enerjisinin üstünlükleri şunlardır: yakıt masrafının olmaması, işletme maliyetinin düşük olması, proses ısısının istenilen sıcaklıkta doğrudan elde edilmesi, enerji kaynağının tükenmez oluşu ve en önemlisi çevreyi kirletmemesidir. Mahsurları ise; geniş kullanım alanlarına ihtiyaç duyulması, kullanılabilir enerjileri dönüştürme teknolojinin henüz tam olarak yaygınlaşmaması, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve gelen enerjinin kesikli ve değişken olmasıdır.

2.YOĞUNLAŞTIRICI SİSTEMLER

Bugüne kadar güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki sistem kullanılmıştır. Birincisi, güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaiik sistemlerdir. Fakat geçen 20 yıl içerisinde fotovoltaiik sistem uygulamalarının artışına rağmen, teknolojinin karmaşıklığı ve maliyetinin yüksek oluşu, geniş çapta elektrik üretimi için yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. İkinci seçenek ise, güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, bilinen yöntemlerle elektrik üretimidir.

Güneş ısı güç santralleri, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, yani kullanılan kolektörler bakımından farklılık gösterirler. Toplama elemanı olarak parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde, çalışma sıvısı kolektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan ısı boru içerisinde dolaştırılır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan elde edilen buhar ile elektrik enerjisi elde edilir. Parabolik çanak kolektörler kullanılan sistemlerde de ya aynı yöntem kullanılır ya da merkeze yerleştirilen bir motor yardımı ile direkt olarak elektrik üretilir. Merkezi alıcılı sistemlerde ise, güneş ışınları düzlemsel aynalar yardımı ile alıcı denilen ısı santraline yansıtılır. Alıcıda ısıtılan çalışma sıvısından konvansiyonel yollarla elektrik elde edilir. Güneş enerjisini yoğunlaştıran kolektörlerde en önemli kavramlardan biri "yoğunlaştırma oranı" dır. Yoğunlaştırma oranı; açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40000 mertebesindedir. Bu tür kolektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir. Çizelge 1'de güneş enerjisi teknolojileri ve özellikleri hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

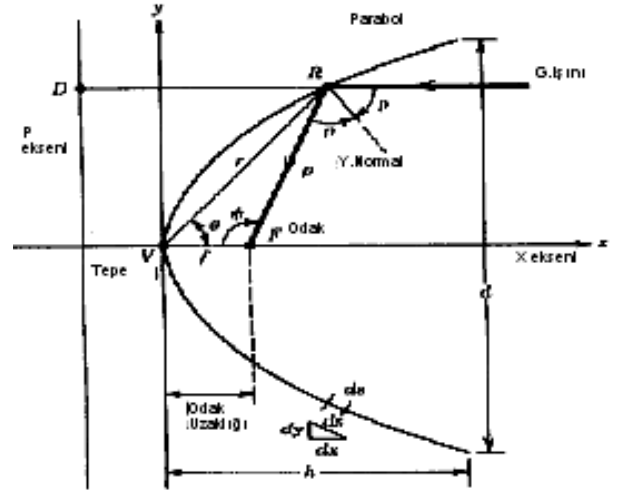
Güneş ısı güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler şunlardır; [3]

- Bölge seçimi
- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi
- Parametrelerin uygunlaştırılması
- Bölge Seçimi
- Santralin tesis edileceği ideal bölge seçilirken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yıllık yağış miktarının düşük olması,
- Bu lutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması,
- Hava kirliliğinin olmaması,
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması,
- Rüzgâr hızının düşük olması.

2.1.PARABOLİK OLUK SİSTEMLERİ

Güneş enerjisi; tekne şeklinde parabolik eğri yüzeye sahip bir yansıtıcı eleman yardımıyla bir eksene yoğunlaştırılır. Yansıtıcı yüzey üzerinde parabolik eğri boyunca hareket eden yutucu bir ısı boru mevcuttur. Şekil 2'de Parabol büyüklüğü verilmiştir. Güneşten gelecek boru üzerine yoğunlaştırılan ışınlar ile boru içerisindeki çalışma sıvısı ısıtılır. Çalışma sıvısının ısıyı bakır boru yardımıyla dışarı alınır ve kapalı bir ortamda suyun ısıtılması için kullanılır. Isıtılan sudan elde edilen buhar, buhar kazanında depo edilir. Buradan bir buhar türbini ile sürülen jeneratör sisteminden geçirilerek elektrik enerjisi üretilir. Yansıtıcı yüzey 4 mm kalınlığında ve yüksek yansıtma oranına (% 94) sahip malzeme ile kaplanır. Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık % 97'lik bir soğurma oranına sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur.[6]

İlk aşamada jeneratör olarak eski buharlı lokomotif dinamosu kullanıldı. İkinci aşamada 10 KW'lık 3 fazlı alternatif gerilim jeneratörü kullanıldı. Gerçekleştirilen prototip sistemde $f/d = 0.25$, $d = 1,306$ m seçilerek parabol oluk gerçekleştirildi.(Şekil. 1)



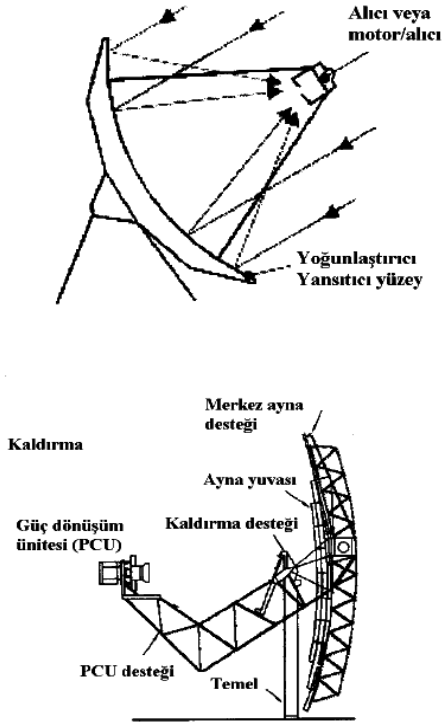
Şekil 1. Parabol Tasarımı

Teknoloji Türü	Sistem Verimi %		Maks. Çıkış Sıcaklığı °C	İlk Yatırım Maliyeti \$	Enerji maliyeti	
	Elekt.	Isı			Elekt. \$/kWh	Isı \$/kWh
Düzlemsel Koll.	-	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	-

Çizelge.1 Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Özellikleri[3]

2.2. PARABOLİK ÇANAK SİSTEMLERİ

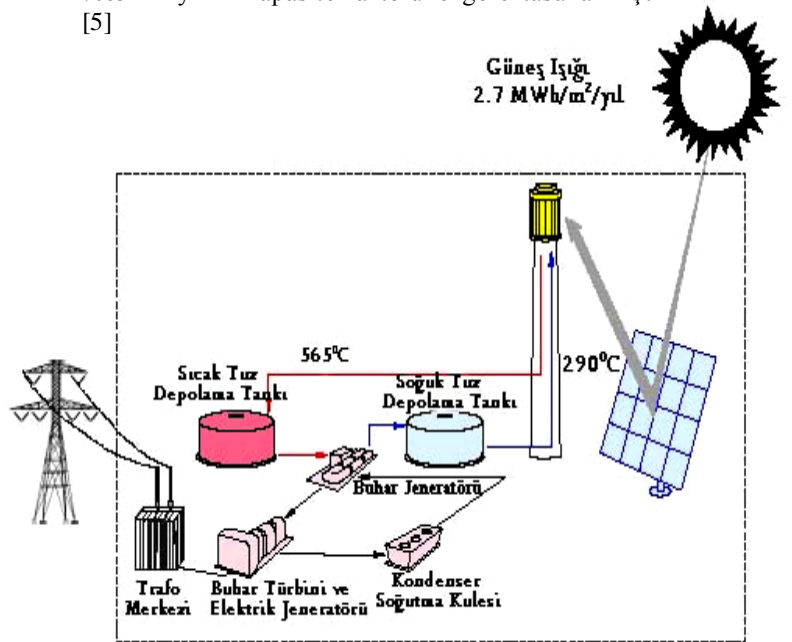
Çanak motor sistemleri başlıca; yansıtıcı, toplayıcı ve bir motordan oluşan başlı başına bir ünedir. Güneş enerjisi, çanak biçimli bir yüzey tarafından bir alıcı yüzey üzerine nokta şeklinde yoğunlaştırılır. Alıcı yüzeyde, bu toplanan enerji ya termal enerjiye dönüştürülüp direkt ısı enerjisi olarak kullanılır ya da bir motor içerisindeki çalışma akışkanına aktarılır (Şekil 2). Motor ise ısıyı mekanik güce çevirir. Soğukken sıkıştırılmış akışkan güneş enerjisi yardımıyla 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 eksende 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 başlıca Stirling motor ve Brayton alıcısı gibi birçok seçenek vardır. Çanak motor sistemleri bugün ticari olarak üretilmemektedir. Tek bir çanak motor sistemleri ile 25kW kadar güç üretmek mümkündür.



Şekil 2. Parabolik Çanak Sistemi[2]

2.3 GÜNEŞ GÜÇ KULELERİ

Güneş güç kuleleri, güneş ışınlarını kule tepesine monte edilmiş olan ısı değiştiriciye (alıcı) yoğunlaştırarak elektrik gücü üretirler. Sistemde, gelen güneş ışınlarını yansıtan ve heliostat diye adlandırılan, yüzlerce ya da binlerce güneş izleme aynaları kullanılır. Bu tesisler, 30 ile 400MWe arası uygulamalar için en uygun tesislerdir. Güneş güç kulesindeki 290°C' da (545°F) sıvı haldeki tuz eriyiği soğuk depolama tankında alıcıya doğru pompalanır, burada sıcaklığı 565°C' ye (1049°F) kadar çıkarılarak sıcak depolama tankına gönderilir. Tesisten güç çekileceği zaman, sıcak tuz, klasik bir türbin/jeneratör sistemi için aşırı kızdırılmış buhar üreten bir buhar üretme sistemine pompalanır. Buhar jeneratöründeki tuz soğuk tanka geri döner, burada depolanır ve sonunda da alıcıda yeniden kızdırılır. Şekil 3'te eriyik tuzlu bir güneş güç tesisindeki akış şemasının şematik diyagramı görülmektedir. Sevk edilecek güç gereksinimi karşılayacak olan en uygun depolama kapasitesini belirlemek sistem tasarımı projesinin önemli bir kısmıdır. Depolama tankları, 13 saat kadar tam üretimdeki bir türbin gücüne yeterli kapasite ile tasarlanabilir. Heliostat kuleyi çevreleyen alan, tesisin yıllık verimini uygun hale getirecek şekilde düzenlenir. Alan ve alıcının boyutları işletmenin ihtiyaçlarına da bağlı olarak değişir. Tipik bir kurulumda güneş enerjisinin toplanması, türbine buhar sağlayacak maksimum gereksinim oranının aşılmasıyla meydana gelir. Sonuç olarak, tam kapasite üretim yapan tesis ile aynı anda ısı depolama sistemi de yüklenebilir. Kolektör sistemi tarafından (heliostat alan ve alıcı) karşılanan ısı güç oranının türbin jeneratörünün ısı güç gereksinimine oranına Güneş çarpanı denir. Yaklaşık olarak 2,7'lik bir Güneş çarpanı ile, California'da Mojave çölünde tesis edilmiş olan tuz eriyikli bir güneş kulesi, yaklaşık %65'lik yıllık kapasite faktörüne göre tasarlanmıştır [5]



Şekil 3. Tuz eriyikli güç kulesi şematigi[5]

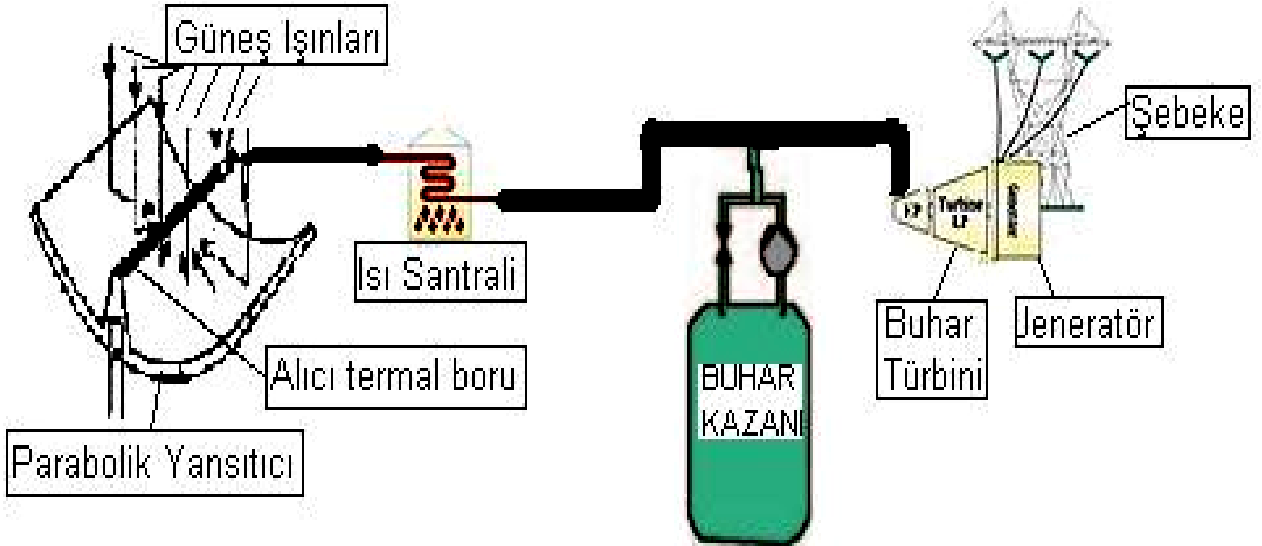
3. ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjili (GYE) elektrik enerjisi üretimi, büyük buhar türbinli sistemlere güneş enerjisinin katkısı göstermek amacıyla geliştirilmiştir. Sistemin blok şeması Şekil.4'de verilmiştir. Yoğunlaştırıcı sistemin yansıtıcı yüzeyleri, 1,5x3 m boyutlu krom nikel kaplı malzemeden yapılmıştır. Parabolik oluğun boyutları ise $f/d = 0.25$, $d = 1,306$ m ve $l=3$ m' dir. Isı alıcısı vakum cam tüple gerçekleştirilmiştir. Isı alıcısı şekil 5'de verilmiştir.

Bu prototip GYE sistem ile önce buharlı lokomotifin 24 VDC dinamosu ve daha sonra 3 fazlı jeneratör sürülmüştür. Şekil.6'da ve Şekil.7'de 24 VDC dinamonun ve 3 fazlı jeneratörün resimleri verilmiştir. Bu prototip sistemin verimi az olmasına rağmen büyük buhar türbinli sistemlere katkısı olacaktır.



Şekil.6 24 VDC Dinamo



Şekil.4 Parabolik Oluk Sistem ile Elektrik Enerjisi Üretimi



Şekil.5 Isı Alıcısı



Şekil.7 3 Fazlı Jeneratör

4.SONUÇ

Güneş enerjisi ısı uygulamaları için parabolik oluk sistemler, parabolik çanak sistemleri ve güneş güç kulesi teorik olarak incelendiğinde en büyük kapasite oranına güç kulesi modeliyle ulaşılabileceği görülmektedir. Güneş kulelerinde sıcaklık 1000°C 'ye kadar çıkarılabilmektedir. Bütün bu üstünlüklerinin yanında alan gereksinimi bakımından da ($21\text{m}^2/\text{KW}$) oldukça uygun olduğu görülmektedir. Verimlilikleri yaklaşık olarak %13 - %15 arası değişen bu sistemlerde, günümüz teknolojisinde ulaşılan seviyede verim değerinin artırılması mümkündür. Çanak/Motor sistemleri, alan gereksinimi ($20\text{m}^2/\text{KW}$), verim (%15 - %17) ve işletme sıcaklığı (800°C) bakımından güç kulelerine göre daha üstün görünse de uygulamada pek çok sorunla karşılaşmaktadır. Aslında pratikte Çanak/Motor sistemlerinin güç kulelerine göre tek bir üstünlüğü vardır. O da yerel olarak çalışabilmesi ve küçük kapasiteli güç talepleri için uygun olmasıdır (Örneğin, 25 KW'lık bir Çanak/Motor sistemi ile bir köyün elektrik ihtiyacı karşılanabilir). Parabolik oluk sistemler ise çanak/motor sistemlerine göre daha yüksek bir kapasiteye sahiptir. Parabolik oluk tesislerde ise alan gereksinimleri ($18\text{m}^2/\text{KW}$) düşük olmasına rağmen işletme sıcaklığı (350°C) ve kapasite oranı da (30 - 100 MW) düşük olduğundan güneş kulelerine göre dezavantajlıdır.

Parabolik oluklar kullanılarak orta sıcaklıkta ısı enerjisi elde edilebilir. Elde edilen ısı enerjisi buhara dönüştürülerek buhar türbinli jeneratör ile elektrik enerjisi üretilebilir. Bu sistemde yaklaşık olarak KW başına 18 - 19 m^2 alan gerekmektedir.

TEŞEKKÜRLER

Eski buharlı lokomotifin 24 VDC dinamosunun teminine ve kullanılmasına izin veren TCDD 3.Bölge Müdürlüğü'ne ve personeline katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] www.gap.gov.tr/Turkish/Dergi/D581997a/gunes.html
- [2] www.kimyamuhendisi.com
- [3] <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/yogunlastiricilar.html>
- [4] janapod.anadolu.edu.tr/groups/mim423acabuk/wiki/welcome/attachments/2dc0f/info_articles07.pdf
- [5] <http://www.eere.energy.gov>
- [6] gunesenerjisi.uzerine.com/index.jsp?objid=653