

# TERMAL GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ VE GAP BÖLGESİNE YÖNELİK FIRSATLAR \*

**Bülent YEŞİLATA**<sup>1</sup>

Prof. Dr.,  
byesilata@harran.edu.tr

**Hüsamettin BULUT**<sup>1 \*\*</sup>

Prof. Dr.,  
hbulut@harran.edu.tr

**Cuma ÇETİNER**<sup>1</sup>

Yrd. Doç. Dr.,  
ccetiner@harran.edu.tr

**Ahmet ERSAVAŞ**<sup>1</sup>

Arş. Gör.,  
a.ersavas@harran.edu.tr

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi  
Makine Mühendisliği Bölümü,  
Osmanbey Kampüsü, 63190, Şanlıurfa

## ÖZET

Ülkemizde araştırma kurumları ve endüstriyel firmalar son yıllarda 'Fotovoltaik Güneş Hücresi' üretimine yönelmişlerdir. Termal güneş enerjisi sistemleri kapsamında ise nispeten düşük teknoloji kullanılarak imal edilebilen düz plaka ve vakum borulu tip kolektörler oldukça yaygındır ve çok sayıda ulusal firma bu tür imalatları gerçekleştirmektedir. Termal güneş enerjisi potansiyelini etkin bir şekilde kullanmada; yoğunlaştırılmalı güneş kolektörlerinin önemi büyük olmasına karşın; bu konuda gerek akademik araştırmalarda ve gerekse endüstriyel üretim bazında ülkemizde önemli bir boşluk söz konusudur. Bu nedenle bu çalışmada; 'Termal Güneş Kolektörü Teknolojileri' incelenerek; ülkemizde ve özellikle güneş enerjisi potansiyeli en yüksek bölge olan GAP Bölgesi'nde endüstriyel uygulamalara yönelik fırsatlar irdelenmiştir. Yoğunlaştırılmalı termal kolektör teknolojileri kapsamında ise; imalat ve işletimi ile endüstriyel sistemlere entegrasyon kolaylığı nedeniyle Parabolik Çukur Kolektör Teknolojisi'ne ağırlık verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, parabolik kolektör, ısı uygulamalar, GAP Bölgesi

## Solar Thermal Energy Technologies and the Opportunities for the Southeastern Anatolia Project (GAP) Region

## ABSTRACT

Research institutions and industrial firms in Turkey are mostly focused on production of photovoltaic solar cell in the recent years. Solar thermal collectors of either flat plate or evacuated tube solar are more common and many national firms make these products because of their relatively easier production. Although concentrated solar power systems have special importance in view of using the potential of thermal solar energy more efficiently, there are still major gaps from both academic and industrial perspectives. Thermal solar collector technologies are therefore reviewed here focusing on manufacturing issues of parabolic trough concentrated solar collectors. High industrial manufacturing potential of those collectors for the South Eastern Anatolia Region is also discussed in detail since the region receives remarkable level of direct solar radiation and production and operation can well be managed by local capacity.

**Keywords :** Solar energy, parabolic trough, thermal applications, GAP Region

\*\* İletişim Yazarı

\* Geliş tarihi : 19.08.2011  
Kabul tarihi : 13.10.2011

## GİRİŞ

Son yıllarda; enerji dönüşüm teknolojilerinde sağlanan gelişmelere bağlı olarak, güneş enerjisi çok geniş uygulama alanları kazanmıştır. Yeryüzüne gelen güneş ışığından ısı ve elektrik üreten güneş enerjisi teknolojileri; tasarım, uygulama alanı ve teknoloji düzeyi bakımından büyük çeşitlilik göstermekle birlikte, güneş enerjisi uygulamaları esas olarak fotovoltaik (PV) ve ısı (termal) sistemler olarak ikiye ayrılır. Fotovoltaik sistemler güneş ışınlarından yararlanarak doğrudan elektrik üretimini mümkün kılarken; termal sistemler güneş ışınlarıyla direkt ısı üretimini (eğer arzu edilirse, bir sonraki aşamada ise elektrik üretimini) mümkün kılarlar.

Ülkemizde araştırma kurumları ve endüstriyel firmalar son yıllarda 'Fotovoltaik Güneş Hücresi' üretimine yoğunlaşmıştır. Termal güneş enerjisi sistemleri kapsamında ise; nispeten düşük teknoloji kullanılarak imal edilebilen düzlemsel kolektörler (plaka ve vakum borulu tip) oldukça yaygındır ve çok sayıda ulusal firma bu tür imalatları gerçekleştirebilmektedir. Bu sayede Türkiye; düzlemsel güneş kolektörlerinin kullanımı açısından, dünyada oldukça iyi bir konumdadır. 2007 verilerine göre Türkiye'deki termal güneş gücü 7.105 MW ve 10.150.000 m<sup>2</sup> olup, Çin ve Amerika'dan sonra üçüncü ülke durumundadır. Ancak belirtilen rakamlar, nüfus ile oranlandığında; kişi başına düşen güneş enerjisi olarak dünyada en çok kullanımda; 0.65 kW/kişi ile Kıbrıs, 0.49 kWth/kişi ile İsrail ve 0.22 kWth/kişi ile Avusturya ilk sıraları almaktadır. Türkiye ise 0.09 kW/kişi ile sıralamada oldukça gerilere düşmektedir [1]. Ülkemiz termal güneş enerjisi potansiyeli olarak; Avrupa'da en iyi; dünyada ise en iyilerden biri konumundadır. Termal güneş enerjisi potansiyelini etkin bir şekilde kullanmada; yoğunlaştıran güneş kolektörlerinin önemi büyük olmasına karşın; bu konuda gerek akademik araştırmalarda ve gerekse endüstriyel üretim bazında ülkemizde önemli bir boşluk söz konusudur.

Bu nedenle bu çalışmada; 'Termal Güneş Kolektörleri' ele alınmış ve ülkemizde, özellikle güneş enerjisi potansiyeli en yüksek bölge olan GAP Bölgesi'nde bu alandaki teknolojik fırsatlara yönelik bir irdeleme yapılmıştır.

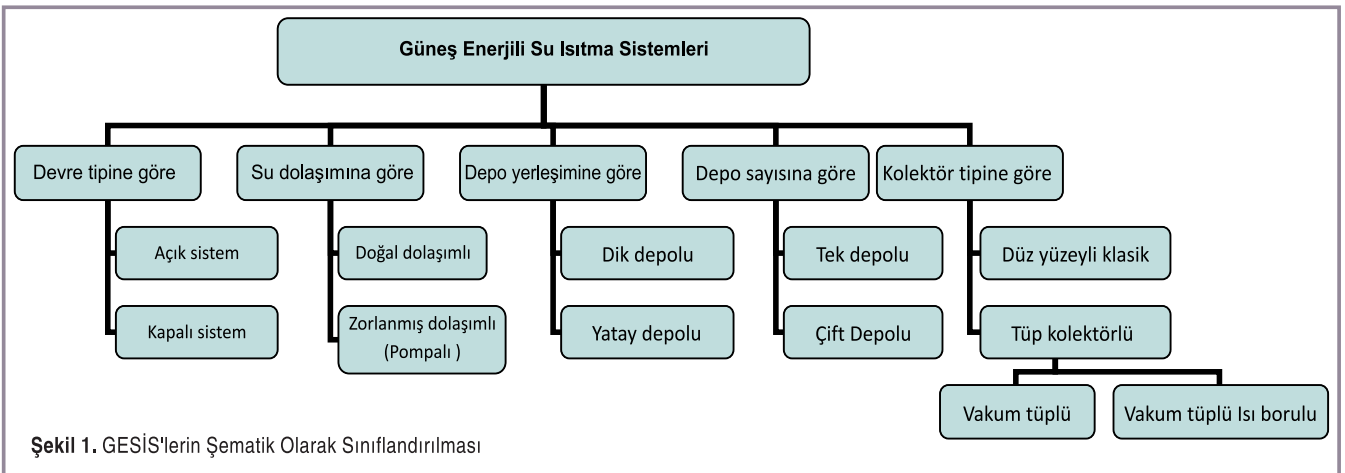
## TERMAL GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

Termal güneş enerjisi teknolojileri; düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üçe ayrılabilir. Düşük sıcaklık uygulamalarının en yaygın örneği; düzlemsel güneş kolektörleridir. Orta sıcaklık uygulamaları; çizgisel yoğunlaştırma yapan sistemleri (parabolik çukur kolektörler, fresnel kolektörler), yüksek sıcaklık uygulamaları ise; noktasal yoğunlaştırma yapan sistemleri (parabolik çanak ve merkezi alıcılar) içerir.

## Güneş Enerjili Sıcak Su Isıtma Sistemleri (GESİS)

Termal güneş enerjisi uygulamalarından en yaygın su ısıtma sistemleridir. Güneş enerjili sıcak su ısıtma sistemleri (GESİS), hazırlanacak suyun kullanma yerine, suyun ısıtılma şekline, sistemdeki suyun dolaşımına ve amacına göre değişiklik gösterirler. Bir GESİS'in teknik ve ekonomik başarısı, ihtiyaca cevap verecek boyutları yanında, parçalarının kalitesine de bağlıdır. Birçok değişik sistem mevcuttur ve bu sistemler Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir [2].

GESİS teknolojik olarak iyi bilinmekle beraber, kalite ve performanslarında son yıllarda önemli iyileşmeler sağlanabilmiştir. Örneğin evlerde sıcak su ısıtma amacıyla yıllardır kullanılmakta olan klasik plaka tipi düzlemsel güneş kolektörleri; güneş enerjisini toplayarak bir akışkana ısı olarak aktarmakta ve günümüzde artık çok çeşitli tür ve biçimlerde imal edilebilmektedir. İçerisinde dolaşan akışkanın sıcaklığını 70-80°C mertebesine kadar çıkarabilen bu tür sistemler; günümüzde artık evlerin sıcak su ihtiyacı dışında; yüzme havuzları ve küçük sanayi tesislerinde de sıcak su temini



Şekil 1. GESİS'lerin Şematik Olarak Sınıflandırılması

amacıyla yaygın kullanılmaktadırlar. Ayrıca son dönemlerde ülkemizde de kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve vakumlu ısı borularından oluşan düzlemsel toplayıcılarda ise akışkan sıcaklığı 120°C mertebesine kadar ulaşabilmekte ve bu sayede bina ısıtması ile endüstriyel buharın ön ısıtılmasında kullanılabilir. GESİS'e olan talebin dünyada artan bir eğilim göstermesi, sistemi büyüyen bir sektör haline getirmiştir. Piyasada kalite bazında değerlendirildiğinde aynı sistemler çok farklı ekonomik ve teknik şartlarda bulunabilmektedir. Ekonomik değerlendirme ve karşılaştırmalarda bu hususun göz önüne alınması oldukça önemli hâle gelmiştir. GESİS'in ana parçası olan kolektörlerdeki gelişmeler ve yeni tip entegre sistemlerdeki değişimler incelendiğinde gerçekte oldukça karmaşık bir durum ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu yeni gelişen GESİS'lerin tekno-ekonomik analizlerinin yapılması ihtiyacı söz konusudur ve sistem kurulmadan önce bu analizlerin yapılması giderek önemli hâle gelmeye başlamaktadır.

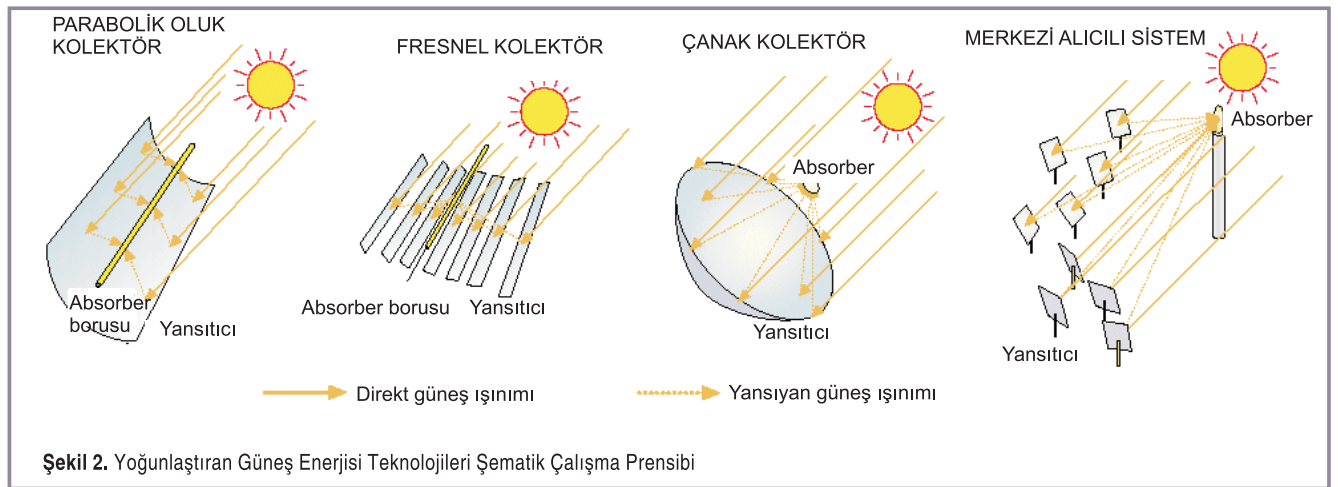
### Yoğunlaştırıcı Güneş Kolektörü Sistemleri

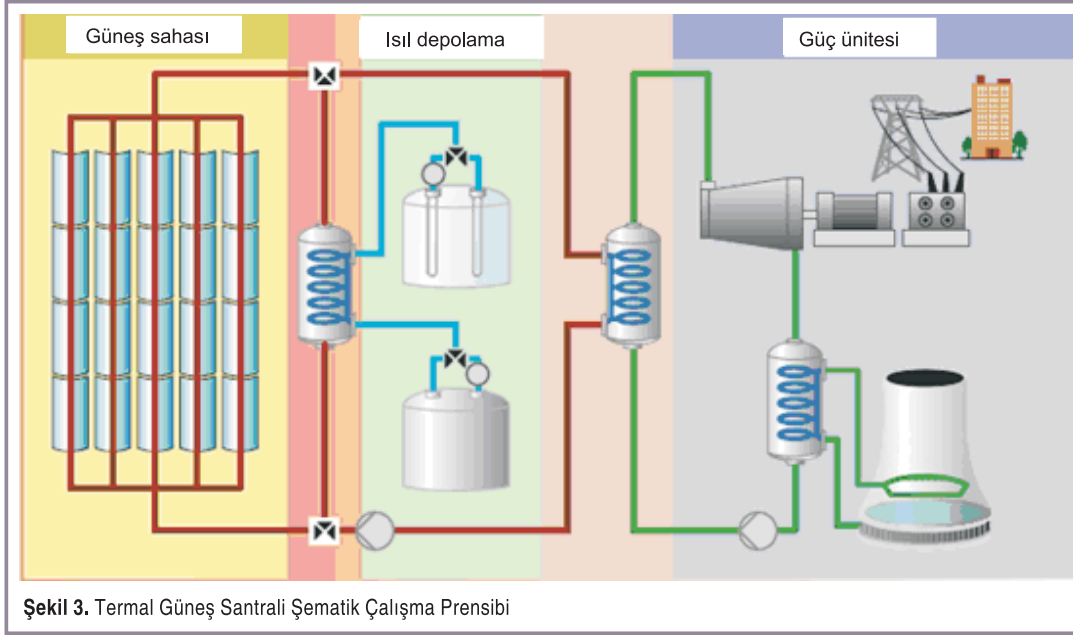
Termal güneş enerjisi uygulamalarının ikinci büyük grubu olan yoğunlaştırıcı kolektörlerde; ileri teknoloji kullanılarak, fresnel ve parabolik oluk (çukur) kolektörlerle 300-400°C sıcaklığa, merkezi alıcılar (güneş kuleleri) ve parabolik çanak kolektörlerle ise 1400°C sıcaklığa kadar çıkılabilmektedir. Güneş ışınlarının yoğunlaştırılmasının herkes tarafından bilinen örneği, bir mercekle veya çukur ayna kullanılarak kağıt vb. malzemelerin tutuşturulmasıdır. Yoğunlaştırıcı toplayıcılarda, direkt güneş ışınlarının mümkün olan en yüksek oranda kullanılabilmesi hedeflenmektedir. Bunun için güneş yoğunlaştırıcıları, güneşin sürekli izlenebilmesini sağlayan bir izleme mekanizmasıyla donatılmışlardır. Sözkonusu teknolojilerin şematik çalışma prensibi Şekil 2'de gösterilmiştir.

Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi teknolojileri ile yüksek

sıcaklıklara çizgisel (Fresnel ve parabolik çukur için) ya da noktasal odaklama (çanak ve merkezi alıcı için) yapmak suretiyle ulaşılır. Yoğunlaştırma işlemi yaygın olarak çizgisel ve noktasal odaklama olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Çizgisel (doğrusal) yoğunlaştırmada; güneşten belirli bir yüzeye (yansıtıcı yüzey) gelen ışınlar, bir odak çizgisine sahip yüzey (alıcı yüzey) üzerinde toplanarak, yüzeyi oluşturan boru içerisinden geçen akışkan ısıtılır. Burada çizgi olarak bahsedilen odak, pratikte şerit şeklinde dar ve uzun bir alandır. Akışkanın ulaşacağı sıcaklık; akış hızı, yoğunlaştırma oranı ve anlık güneş ışınım değerine bağlı olarak değişmektedir. Noktasal yoğunlaştırmada ise; güneşten yansıtıcı yüzeye gelen ışınların tamamı, alıcı yüzeydeki bir nokta üzerinde (odak noktası) toplanarak, yoğunlaştırılma yapılmaktadır. Burada nokta olarak bahsedilen odak, pratikte bir nokta olmaktan çok, alıcı yüzeyi oluşturan küçük bir alandır.

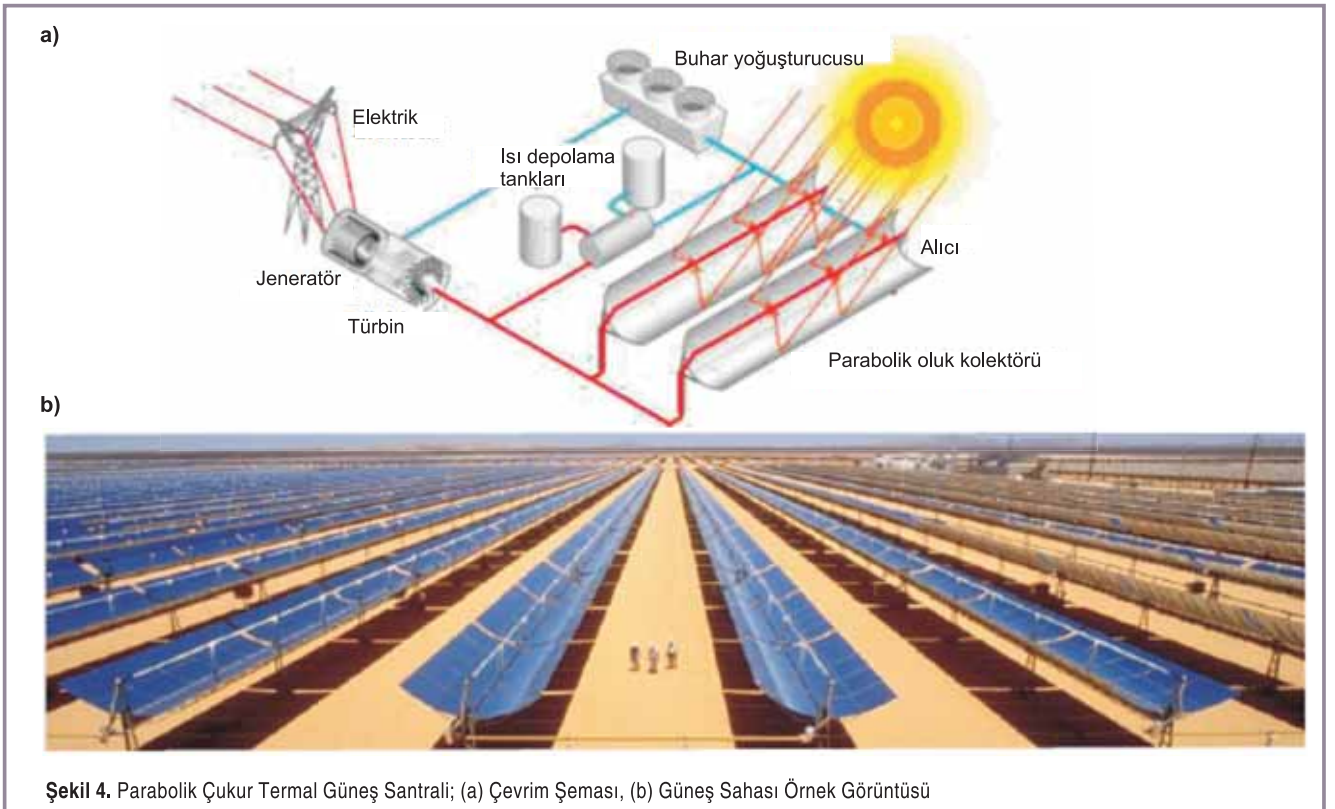
Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi kolektörleriyle, orta ve yüksek sıcaklıklarda elde edilebilen doymuş ya da kızgın buhar, endüstriyel tesislerde direkt olarak ısı amaçlı kullanılabilir gibi; uygun bir termodinamik bir çevrimden geçirilerek elektrik üretiminde de kullanılabilir. Termal Güneş Enerji Santrali olarak adlandırılan bu tür tesislerin genel çalışma prensibi Şekil 3'te gösterilmiştir. Bu tür santrallerin birinci fazında dolaşan ısı transfer akışkanı (genellikle yüksek sıcaklıkta çalışabilen sentetik yağ); güç devresinde bulunan suya bir ısı değiştirgeci vasıtasıyla ısısını aktararak buhar fazına ulaştırır ve buhar türbini + jeneratör vasıtasıyla elektrik üretilir. Sürekli elektrik üretimini temin amacıyla; çevrimde bir ısı depolama devresi de bulunur. Kolektörlerin bir kısmı depolama devresindeki ısı depolama akışkanının (genellikle ısı depolama yeteneği yüksek tuz eriyiği) ısıtılmasını temin ederek, güneş ışınlarının yetersiz olduğu anda, güç devresindeki suyun buhar haline getirilmesinde destekleyici rol oynar.





Buhar çevrimli termal güç santralleri parabolik çanak kolektör teknolojisi hariç, diğer yoğunlaştırıcı kolektör teknolojilerinin her üçü için de uygulanabilmektedir. Örnek olmak üzere Şekil 4(a)'da parabolik çukur (oluk) tip teknolojiye yönelik santralin şematik çevrimi gösterilmiştir. Bu tip santrallerde, güneş

sahası, bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik kolektör gruplarından oluşmaktadır. Şekil 4(b)'de örnek görüntüsü verilen bu üniteler, gelen güneş enerjisini yüksek yansıtma oranına (%94 ve üzeri) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru üzerine yansıtırlar.



Borular vakumludur. Parabolik kolektör grupları, yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör ve otomasyon-takip sistemi bulunur.

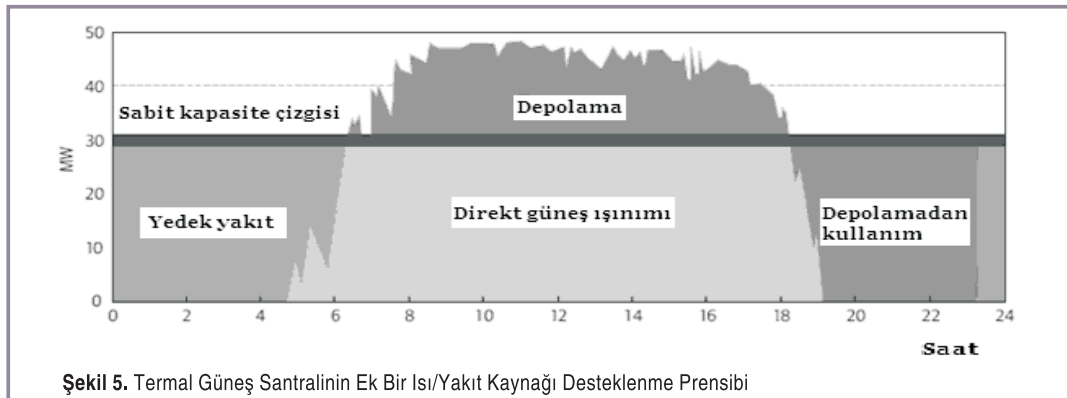
Fresnel santrallerde ise, tek boyutlu parabolik bir yapıya eşdeğer şekilde; çukur yerine düzlemsel aynalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aynaların odak noktası boyunca yine bir ısı toplama borusu yerleştirilmiştir. Aynaların güneşi takip edebilmesi için gerekli destek yapısı ve yataklama elemanları da mevcuttur. Son olarak merkezi alıcılı güç santrallerinde ise; tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı denilen bir kule üzerine monte edilmiş ısı değiştiricisine yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş

enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makinesinde (buhar güç santralinde) elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir, bu durumda sıcaklık 800°C seviyelerinde sınırlı kalır. Heliostatlar ise bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Sözü edilen bu üç farklı güneş santrali teknolojisinin teknik ve ekonomik kıyaslamaları Çizelge 1'de verilmiştir [3].

Termal Güneş Santrallerinde, kesintisiz ve düzenli elektrik üretimi için son yıllarda uygulanan en önemli tedbirlerinden biri de; Şekil 5'te prensip olarak gösterildiği üzere ek bir ısı kaynağı (hibrid sistem) kullanımınıdır. Hibrid enerji kaynağı kullanımı santralin kesintisiz çalışmasını temin etmede önemli rol oynamaktadır.

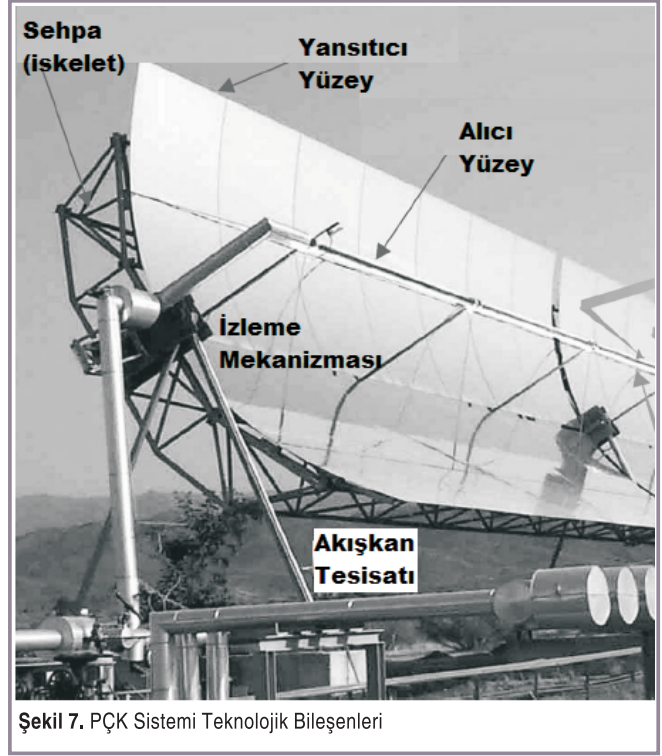
Çizelge 1. Yoğunlaştırıcı Kolektör Teknolojilerinin Kıyaslanması

	Parabolik Çukur	Fresnel	Merkezi Alıcı
Teknolojik	Tek ekseninde takip ve çizgisel yoğunlaştırma yapıldığından verimleri düşüktür. Takip sistemi ucuz ve basittir. Küçük veya büyük tüm uygulamalarda kullanılabilir. Kullanılan ısı toplama borusu ve aynaların imalatı özel teknolojiler gerektirmektedir.	Tek ekseninde takip ve çizgisel yoğunlaştırma yapıldığından verimleri düşüktür. Takip sistemi ucuz ve çok basittir. Küçük veya büyük tüm uygulamalarda kullanılabilir. Yapısında özel teknoloji gerektiren herhangi bir eleman bulunmamaktadır.	İki ekseninde takip ve noktasal yoğunlaştırma yapıldığından verimleri yüksektir. Takip sistemi pahalı ve karmaşıktır. Küçük boyutlarda gerçekleştirilemez. Heliostatları taşıyan destek yapısı büyük ve hantalıdır.
Ekonomik	Isı toplama borusu ve aynaların özel teknoloji gerektirmesi maliyetlerini yükseltmektedir. Elektrik veya orta-yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etmek amacıyla kullanılabilir.	Hiçbir özel teknoloji gerektiren parçasının olmaması ve basit/sade yapısı nedeniyle tüm sistemler içerisinde birim maliyeti en düşük sistemdir. Elektrik veya orta-yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etmek için kullanılabilir.	Isı toplaması amacıyla kullanılan kule ve aynalardan oluşan heliostatların hantal yapısı nedeniyle pahalı bir sistemdir. Elektrik üretim amaçlı kullanımı uygundur.



## PARABOLİK ÇUKUR KOLEKTÖRLER TEKNOLOJİSİNİN ENDÜSTRİYEL KULLANIM GEREKÇE VE FIRSATLARI

Önceki kısımlarda bahsedildiği üzere; termal (ısı) güneş enerjisi sistemleri günümüzde yaygın olarak evlerde sıcak su temininde kullanılmaktadır. Diğer taraftan konut sektörü, ısı güneş uygulamaları için büyük bir potansiyel teşkil etmesine karşın, sanayi sektöründe uygulanma potansiyeli de iki nedenle göz ardı edilmemelidir: Birincisi; sanayi sektörü nihai kullanım bakımından, toplam asli enerji tüketiminde büyük önem taşımaktadır. İkincisi, sanayi sektöründe tüketilen ısının önemli bir bölümü, düşük ve orta sıcaklık aralığındadır [4]. Şekil 6'da bu durum iki farklı grafikte gösterilmektedir. Şekil 6(a)'da; "ECOHEATCOOL" başlıklı AB projesi verileri [4] doğrultusunda hazırlanmış grafikten; %30'luk kısım 100°C'nin altında olmak üzere, toplam endüstriyel ısı talebinin toplamda %57'sinin 400°C'nin altında ısı kaynaklarına ihtiyaç duymakta olduğu görülmektedir. Şekil 6(b)'de ise; düşük/orta sıcaklıkta ısı enerjisi gerektiren bazı temel sektörlerde; sıcaklık düzeyine göre endüstriyel ısı talebi payı gösterilmektedir. Belirtilen sektörler için ısı enerjisi ihtiyacının önemli yüzdesinin 160°C'den daha düşük sıcaklık uygulamalarına yayıldığı görülmektedir. Uygun sayı ve boyutlarda yüksek

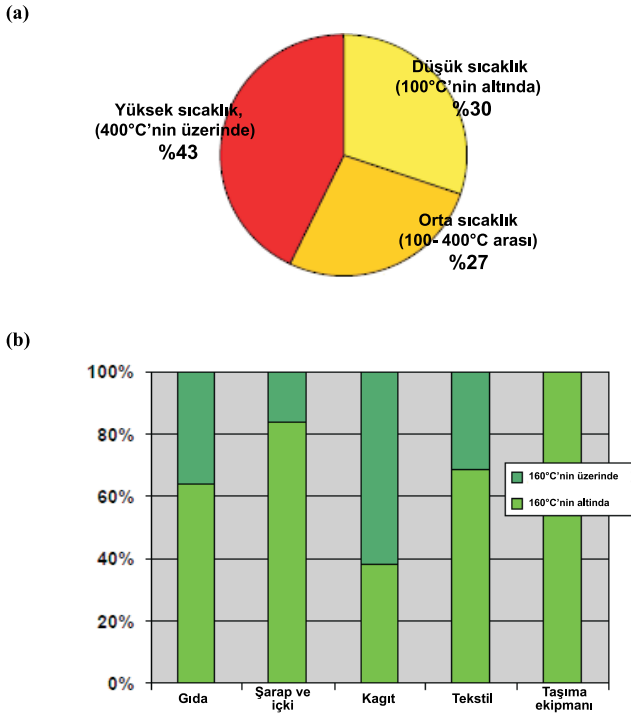


Şekil 7. PÇK Sistemi Teknolojik Bileşenleri

performanslı parabolik çukur yoğunlaştırıcı güneş kolektör dizileriyle, 300°C'ye kadar sıcaklıklarda, ısı üretilebileceği bilinmektedir. Söz konusu sıcaklık aralıklarındaki ısı enerjisi; buhar üretimi, yıkama, kurutma, damıtma, pastörizasyon gibi birçok endüstriyel proses için gereklidir.

Belirtilen sıcaklık aralıklarında güneş enerjisinden yararlanarak ısı üretimi için en uygun yoğunlaştırıcı kolektör tipinin; çizgisel odaklama tekniği ile çalışan parabolik çukur kolektör (PÇK) olduğu literatürdeki çalışmalardan bilinmektedir. Teknolojisinin yerleşmiş olması ve istikrarlı performansı nedeniyle PÇK'ler dünyada belli başlı firmalar tarafından imal edilmekte ve ticari piyasada geniş bir pazar payı bulunmaktadır [5]. Bir önceki kısımda fiziksel çalışma mekanizması verilen PÇK; temel olarak bir parabolik kesitli yüzey (yansıtıcı) ile bu yüzeyin odağında yer alan ve boydan boya uzanan silindirik bir borudan (toplayıcı) oluşmaktadır. Bu fiziksel çalışma mekanizması teknolojiye aktarılırken; kolektörü oluşturan temel bileşenlere; kolektör iskeleti, güneş izleme mekanizması ve ısı transfer akışkanı tesisat devresi de eklenmektedir. Şekil 7'de söz konusu bu bileşenlerin tümü, çalışır durumda bir sistemden alınan resim üzerinde gösterilmiştir.

PÇK sistemine yönelik çalışmaların başlangıcı çeyrek asırdan daha eski olmakla birlikte; teknoloji geliştirmeye yönelik çalışmalar hâlen aktif olarak devam etmektedir [6-9]. Literatürdeki ilk çalışmalarda ağırlıklı olarak PÇK temel bileşenlerinin kolektör ısı performansları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Örneğin; Rabl, (1982), çeşitli yoğunlaştırıcı



Şekil 6. (a) 32 Ülkeye Ait Sıcaklık Düzeyine Göre Endüstriyel Isı Talebi Payı (b) 34 Endüstriye İlişkin Veriler Doğrultusunda; Düşük/Orta Sıcaklık Gerektiren Bazı Sanayi Sektörleri İçin, Sıcaklık Düzeyine Göre Endüstriyel Isı Talebi Payı [4].

tipleri üzerinde yaptığı araştırmada, çizgisel ve noktasal odaklamalı toplayıcılarda, yoğunlaştırma oranı ve izleme yöntemlerinin etkisini incelemiştir [10]. Edburn (1976), silindirik parabolik bir yansıtıcı, dairesel kesitli ve onu saran bir zarftan oluşan bir yutucu yüzeyi deneysel olarak incelemiştir [11]. Barra ve Franceschi (1982), endüstriyel ısı işlemlerinde kullanılmak üzere 50 m<sup>2</sup> alana sahip parabolik bir yüzey ve içi oyuk çizgisel odaklamalı bir yutucu kullanarak; deneysel ve sayısal araştırma yapmıştır [12]. Odeh vd. (1998) güneş enerjisiyle elektrik üretmek amacıyla; parabolik bir yansıtıcı ve içerisinden sentetik yağ geçen bir yutucu yüzey kullanılarak elde edilen buharla bir Rankine türbinini çalıştıran bir termodinamik çevrimi modelleyerek, sayısal bir araştırma gerçekleştirmişlerdir [13]. Kalogirou (1996) ise, toplayıcı açıklık alanı 3.5 m<sup>2</sup>, uzunluğu 1.46 m, yutucu çapı 22 mm, yoğunlaştırma oranı 21.2 olan PÇK imal etmiş ve deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu kolektörle, düşük sıcaklıkta buhar üreterek, sistem dizaynı ve performans davranışını araştırmışlardır [14]. Eck vd. (2003); güneş enerjisiyle elektrik üretmek amacıyla imal edilen ticari bir PÇK'ün çalışma koşullarını araştırmışlardır. Sabit ve kısa süreli şartlar altında, sıralı ve tek dizili PÇK sistemi kullandığı zaman; yutucu boruda oluşan zorlanma ve gerilme problemlerini gidermek amaçlı, çözüm önerileri geliştirmişlerdir [15].

Ülkemizde termal güneş enerjisi sistemlerindeki araştırmalar yukarıda bahsedildiği üzere genellikle düzlemsel toplayıcılara yöneliktir. Güneşin bol olduğu Güneydoğu, Ege ve Akdeniz bölgeleri, düzlemsel toplayıcıların kullanımı açısından büyük ölçüde gelişme kaydetmiş olmakla birlikte, PÇK kullanımı yok denecek kadar azdır. Farklı üniversitelerimizde yapılan yüksek lisans ve doktora tezi çalışmalarıyla farklı dergilerde yayımlanan bildiri ve makale çalışmalarına son yıllarda daha sık rastlanılmakla birlikte, endüstriye uygulanabilen çalışmalardaki boşluklar devam etmektedir.

Bu konudaki ilk yerli imalat çalışmalarından biri Yeşilata (1990) tarafından gerçekleştirilmiştir [16]. Söz konusu bu çalışmada; biri güneş hareketini otomatik ve diğeri el yardımıyla takip eden aynı boyutlarda iki parabolik yoğunlaştırıcı tip kolektör imal edilerek; ısı verimleri deneysel ölçümlerle kıyaslanmıştır. Tunç (1982); silindirik parabolik bir yansıtıcı yüzey, yutucu boru ve onu saran silindirik cam zarftan meydana gelen bir silindirik parabolik yoğunlaştırıcının verimliliği üzerinde teorik ve deneysel araştırma yapmıştır [17]. Karaduman (1989), odak mesafesi 28 cm, uzunluğu 145 cm bir boru ve bu borunun dışı cam zarfla etrafı çevrili olan bir yutucu ile 146x114 cm ebatlarındaki çizgisel odaklamalı toplayıcının etkenliğini bulmak için deneysel bir çalışma yapmıştır [18]. Söz konusu çalışmada sistemin verimini bulmak için pompalı sistemle çalışan ve doğrudan akışkanı ısıtan bir güneş toplayıcının

tasarımı, imalatı ve deneysel çalışması yapılmıştır. Halıcı (2000), yüzeyi 2x3 m ebatlarında flotal aynalı - hareketli silindirik parabolik bir yansıtıcı ile odak mesafesi 6 m olan sabit – silindirik yutucu boru imal ederek; sistemin deneysel performansını incelemiştir [19]. Çetiner (2005) ise, 54 m<sup>2</sup> alanına sahip silindirik aynalar üzerinde deneysel ve teorik analizler yapmıştır [20]. Yürütülen bu çalışmada; söz konusu sistem kullanılarak 15 kW mertebesinde buhar enerjisi elde edilebildiği rapor edilmiştir.

PÇK dizileri kullanarak termal güneş enerjisinden yararlanma konusunda çalışmalar günümüzde hızlı bir şekilde sürdürülmesine karşın; ticari pazar payından çok az sayıda ülke ve şirket yararlanmaktadır. Örneğin: PÇK konusunda faaliyet gösteren LUZ International (ABD), dünyada termal güneş enerjisiyle üretilen toplam elektriğin % 92'sini gerçekleştirmektedir. Bu şirket, 1984 yılında başlattığı çalışmalar ile günümüze kadar dokuz termal güç santralini (SEGS: Solar Electric Generating System) işletmeye almayı başarmıştır. SEGS teknolojisi, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankine çevrimli buhar türbin sistemine dayanır. Güneş Santrali, PÇK gruplarından meydana gelmiştir. Güneşi iki boyutlu olarak takip eden ve yansıtıcı yüzeyleri vasıtasıyla güneş ışınlarını odaklayarak, çelik boru üzerinde yoğunlaştıran kolektörler, kolonlar üzerine kurulmuş olup, esnek hortumlarla birbirine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kayıplarını en düşük seviyeye getirmek için, alıcı yüzey olarak kullanılan ve özel bir maddeyle kaplı olan bu çelik boru, içi vakumlanmış cam bir tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı (sentetik yağ), 380°C civarına kadar ısıtılmakta ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli olan buhar üretilmektedir. ABD'de yürütülen SEGS projelerinin toplam kurulu gücü 680 MW ve toplam yatırım maliyeti iki milyar dolardır. Bu maliyetin bir milyar dolarlık kısmı çalışır durumdaki santraller için harcanmıştır. Her biri büyük bir yatırım olan bu santraller, özel şirketler tarafından finanse edilmiştir [21, 22, 23].

PÇK sistemleri önceki kısımda belirtildiği üzere endüstriyel uygulamalar açısından geniş bir kullanım alanına sahiptir. Termal güneş enerjisi kullanım potansiyeli oldukça yüksek olan ülkemizde; imalatının yapılması ve kullanımının yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Birçok endüstriyel uygulama için kullanılacak orta ölçekteki parabolik çukur yoğunlaştırıcı kolektörlerin imalatı gerçekte çok ileri teknoloji gerektirmemektedir. Bu nedenle yerel (örneğin GAP Bölgesi) sanayi olanaklarıyla geliştirilmesi mümkündür. Örneğin; kolektörün ağırlıkça %70'lik kısmını metal işçiliği (kolektör iskeleti) oluşturmaktadır. GAP Bölgesi kapsamında bulunan birçok organize sanayi; metal işleme ve şekillendirme konusunda yerleşmiş bir altyapıya sahiptir. Kolektörün ileri teknoloji gerektiren vakumlanmış cam borulu alıcı yüzeyi ise ulusal piyasadaki temin edilebilir durumdadır.

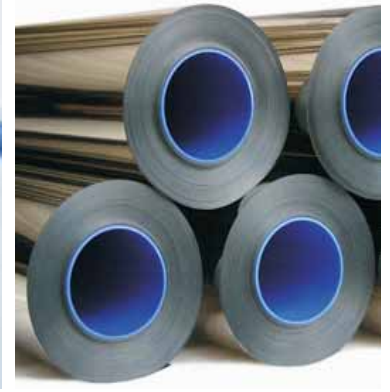
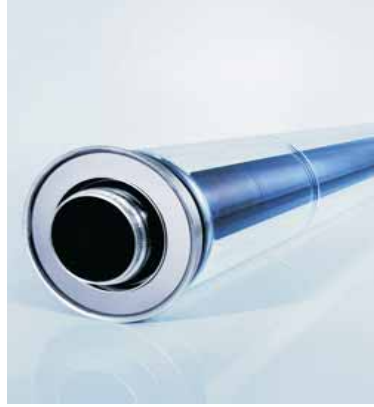
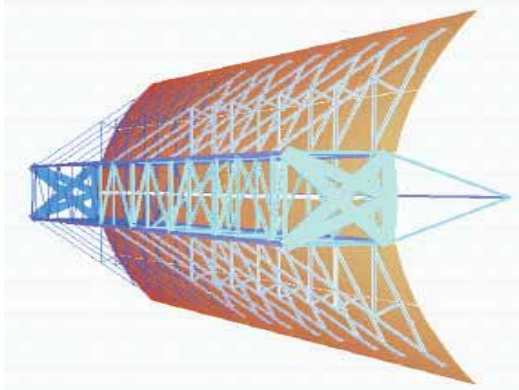
## PÇK İskelet Örnekleri



Yansıtıcı yüzey

Alıcı yüzey

Gümüş polimer kaplama



Şekil 8. Parabolik Çukur Kolektör Bileşenlerine Ait İmalatı Destekleyici Görüntüler [23].

Alıcı yüzey, nispeten düşük ağırlıkta, nakliye masrafı iskelete nazaran çok düşük olan bir parça olduğundan, bölge dışından tedariki (örneğin Şişe Cam AŞ) mümkündür. Yansıtıcı yüzeyler ise artık sac-metal-plastik zemin üzerine yapıştırılan ve rulo şeklinde satın alınabilen ince gümüş polimer kaplamalar (yansıtma oranı %94) vasıtasıyla oluşturulabilmektedir. Söz konusu açıklamaları destekleyici görüntüler Şekil 8'de gösterilmiştir.

### GAP BÖLGESİ TERMAL GÜNEŞ UYGULAMALARI POTANSİYELİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, yıllık ortalama güneş ışınım şiddeti  $1460 \text{ kWh/m}^2$  ve güneşlenme süresi yıllık 2993 saattir. Bu değerlerle GAP Bölgesi yüksek güneş enerjisi potansiyeliyle Türkiye'de lider, dünyada ise sayılı bölgelerden biridir [3].

GAP Bölgesi tarıma dayalı bir bölge olduğu için kurulan sanayi tesisleri de yoğunlukla tarıma dayalıdır. Türkiye'de Güneş enerjisinin daha fazla olduğu GAP Bölgesi'nin tarım ve endüstrisinin gelişmesine katkıda bulunmak için güneş enerjisinden yararlanılabilir. Çünkü Bölgede endüstrinin

gelişimine paralel olarak enerji talebi de sürekli artmaktadır. Bu Bölgede; kurutma, soğutma, ısıtma, sulama ve elektrik üretim uygulamalarında güneşin ısı enerjisi kullanılabilir.

### GAP Bölgesi Güneş Enerjili Endüstriyel Proses Uygulamaları

Mısır ve pamuk gibi ürünlerin bölgede yetiştirilmesi sonucu yağ endüstrisi de buna paralel olarak gelişecektir. Yağ elde etmede kullanılan elektrik enerjisi yerine güneşin ısı enerjisinden yararlanılabilir. Parabolik toplayıcılarla buhar elde edilerek, direk buhar kullanan tekstil ve bulgur fabrikalarında kullanılıp ekonomik yönden fayda sağlanabilir.

### GAP Bölgesi Güneş Enerjili Soğutma Uygulamaları

Bölgede yapılan projelerle hayvancılık, sebze ve meyve üretimi artmaktadır. Bölgede hayvansal ürünlerin, sebze ve meyvelerin daha uzun ömürlü olmaları için muhafaza amaçlı soğutma depolarına ihtiyaç duyulmaktadır. Burada soğutma amaçlı tüketilen enerji yerine termal güneş enerjisi kullanılabilir.

GAP Bölgesi soğutma ihtiyacı en çok olan bölgelerden biridir.



Bölge, yaz aylarında sıcak ve kurak bir iklime sahiptir. Bölgede soğutma sezonu mayıs- ekim ayları arasındadır. Bu mayıs-ekim aylarında kullanılabilir güneş enerjisi de en yüksek seviyededir. Şehirdeki yapılaşmadan ayrık büyük alışveriş merkezleri ve otellerde güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde teknoloji olarak dışa bağımlılık söz konusudur. Ama güneş kolektörleri yerli kaynaklar kullanılarak yapılabilir.

### **GAP Bölgesi Güneş Enerjili Kurutma Uygulamaları**

GAP'la birlikte tarım ürünlerindeki artış meydana gelecektir. Tarım ürünlerinin kurutulmasında GAP'ın güneş enerjisi potansiyeli kullanılabilir. Bu amaç için güneş enerjili kurutma sistemleri kullanılabilir.

Bölge illeri önemli bulgur üretim merkezleridir. Bulgurun kurutulması yazın açık alanda ve güneş altında yapılmaktadır. Toz ve hayvan pislikleri bulgura karışabilmektedir. Bu yüzden açık alanda bulgur kurutma sağlığa uygun olmamaktadır. Bulgur fabrikalarında kule tipi kurutma sistemleri kışın veya kapalı günlerde kullanılmaktadır. Bu kurutma sistemleri önemli miktarda enerji harcamakta ve bulgur maliyetine yansımaktadır. Güneş enerjisinden elde edilecek buharın bulgur kurutma uygulaması için, bulgur fabrikalarında kullanılması önemli bir potansiyeli taşımaktadır.

Bölgede diğer kurutulmuş ürün mısırdır. Mısır kurutma, genellikle LPG ile çalışan mısır kurutma kulelerinde yapılmaktadır. Güneş enerjili buharlı sistemle sıcak havanın elde edilmesi ve mısırın kurutulması önemli bir uygulama olacaktır.

Bölgede bitkisel ürünler hava kolektörlü sera tipi kuruturucu sistemlerde kurutulabilir. Benzer şekilde bölgede cam seracılığın geliştirilmesiyle seranın ısıtılmasında ısı güneş enerjisi kullanılabilir.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de yenilenebilir enerji (özellikle güneş enerjisi) sektörüne yönelik yeni pazar arayışları yoğun olarak çalışılan konulardan biridir. Sektör, uygulamanın tür ve önemine göre, bir taraftan ileri teknolojiyle üretilen güneş enerjisi sistemlerine (örneğin fotovoltaik hücre ve panel, parabolik çanak kolektör ve Stirling motoru) ihtiyaç duyarken, diğer taraftan yerel olanaklarla ve yerleşmiş teknolojilerle üretilen sistemlerin (örneğin düzlemsel plaka ve boru tipi kolektörler, güneşli pişiriciler ve parabolik yoğunlaştırıcılar) daha düşük maliyetle imalatına yönelik arayışlar içerisindedir. Yerel teknolojiyle imalat konusundaki AR-GE çalışmaları, ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler açısından büyük önem arz etmektedir. Çünkü, işçilik, nakliye ve gümrük

masraflarındaki düşüş, ülkemizde yenilenebilir enerji sektörü piyasasında bir hareketlilik ve iç dinamiklik yaratacaktır.

Termal güneş enerjisi teknolojilerine yönelik Türkçe literatür eksikliği, genç araştırmacıların bu konuya yoğunlaşması ve yerel olanaklarla imalat teknolojisinin geliştirilmesi yönündeki arayışların önünü kapatmaktadır. PÇK'ün bölgede diğer sektörlerle (gıda, tekstil, konaklama vb.) entegrasyonu konusunda potansiyel belirleme çalışmasının yapılması gerekmektedir. Bu sayede ülkemizde güneş enerjisinin endüstriyel amaçlı kullanımı konusunda yapılan araştırmalara hız kazandırılması mümkün olabilecektir.

PÇK teknolojisini geliştirme konusunda bugüne kadar gerek akademik seviyede, gerekse endüstriyel seviyede sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Söz konusu boşluğun doldurulması için, PÇK teknolojisiyle ilgili ulusal/bölgesel AR-GE çalışmalarına yoğunlaşılması gerekmektedir. Ülkemizde PÇK dizilerinden oluşan güneş enerjisi santrallerinin kurulması kaçınılmaz olup; bu konuda ilk adım Birecik Termal Güneş Santrali fizibilite çalışmasının başlatılmasıyla halihazırda EÜAŞ tarafından atılmıştır [24]. GAP Bölgesi'nde yıl boyu direkt güneş ışınım potansiyelinin yüksek olması gerçekte bu adımı isabetli kılmaktadır. Ayrıca; yazları aşırı yükselen dış sıcaklıklardan dolayı PV sistemlerde verim olumsuz etkilenirken, termal sistemlerde atmosfere ısı kaybını azaltacağından ısı verim kaybı bu durumdan olumsuz etkilenmeyecektir.

GAP Bölgesi, Türkiye'de en fazla güneş enerjisi alan bölgedir. GAP Bölgesi'nin bu güneş enerjisi potansiyelinin iyi değerlendirilmesi gerekir. Bölgede, sıcak su temini için düz toplayıcı güneş enerji sistemleri yaygın olarak konutlarda uygulama alanı bulmaktadır. Fakat güneş enerjisinden sağlanan termal enerjinin endüstride kullanımına yönelik bir uygulama bulunmamaktadır. GAP'taki sulama projesinin uygulamaya konulmasıyla tarım ürünlerinde üretim ve çeşitlilikte artış görülmüş ve bunun sonucunda bu ürünlerle ilgili sanayiler gelişmeye başlamıştır. Bu sanayilerde ürünlerin kurutulmasına ve soğuk muhafazasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kurutma ve soğutma işlemleri için yoğun olarak elektrik enerjisi ve LPG, fuel-oil ve doğal gaz gibi yakıtlardan elde edilen ısı enerjisi kullanılmaktadır. Endüstrinin ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bir kısmı parabolik toplayıcılarla karşılanabilir. Sonuçta güneş enerjisi, kurutma, soğutma ve ısıtma işlemlerinde doğrudan veya dolaylı kullanılabilir.

## **KAYNAKÇA**

1. **Güneş sistemleri**, 2011. "Dünya'da ve Türkiye'de Termal Güneş Enerjisi Kapasite Kullanımı," <http://www.gunessistemleri.com/ulkemizde.php>, son erişim tarihi: 18.08.2011.
2. **Bulut, H., Şahin, H. Karadağ, R.** 2007. "Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analizi,"

- TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi, sayı: 101, s. 23-33.
3. **Yeşilata, B., Bulut, H., Şahinkaya, E., Uyanık, S., Aktacir, M.A., Nacar, M. A., Divitçi, E. U.** 2010. "TRC2 (Diyarbakır-Şanlıurfa) Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu," Karacadağ Kalkınma Ajansı, Diyarbakır.
  4. ECOHEATCOOL (IEE ALTENER Projesi), Euroheat & Power, Avrupa Isı Piyasası, İş Paketi 1, 2006. <http://www.euroheat.org/Files/Filer/ecoheatcool/download.htm>, son erişim tarihi: 18.08.2011.
  5. OECD/IEA, 2010. Technology Road Map, Concentrating Solar Power, OECD/IEA Report.
  6. **Wazed, M.A., Nukman, Y., Islam M.T.** 2010. "Design and Fabrication of a Cost Effective Solar Air Heater for Bangladesh," Applied Energy, vol. 87, Issue 10, p. 3030-3036
  7. **Fernández-García A., Zarza, E., Valenzuela, L., Pérez, M.** 2010. "Parabolic-Trough Solar Collectors And Their Applications," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, Issue 7, p.1695-1721.
  8. **Gong, G., Huang, X., Wang, J., Hao, M.** 2010. "An Optimized Model and Test of the China's First High Temperature Parabolic Trough Solar," Solar Energy vol. 84, Issue 12, December 2010, p. 2230-2245.
  9. **Mittelman, G., Epstein, M.** 2010. "A Novel Power Block For CSP Systems," Solar Energy, Vol.84, Issue 10, p.1761-1771.
  10. **Rabl, A., Bendt, P.** 1982. "Optimization of Parabolic Through Collectors," Solar Energy, vol.29, p.407-417.
  11. **Edenburn, M. W.** 1976. "Performance Analysis of a Cylindrical Parabolic Focusing Collector and Comparison with Experimental Results," Solar Energy, Vol.18, p.437-444.
  12. **Barra, A., Franceshi, L.** 1982. "The Parabolic Through Plants Using Black Body Receivers: Experimental and Theoretical Analysis," Solar Energy, vol.28, no.2, p.163-171.
  13. **Odeh, S. D., Morrison, G. L.** 1998. "Modelling of Parabolic Trough Direct Steam Generation Solar Collector," Solar Energy, vol. 62, no.6, p.395-406.
  14. **Kalogirou, S.** 1996. "Parabolic Trough Collectors System for Low Temperature Steam Generation: Desing, and Performance Characteristic," Applied Energy, Vol.55, No.1, p.1-19.
  15. **Eck, M.** 2003. "Applied Research Concerning the Steam Generation in Parabolic Troughs," Solar Energy, vol. 74, no:4, p. 341-351.
  16. **Yeşilata, B.** 1990. "Güneş Hareketini İzleyen Parabolik Yoğunlaştırıcı Tip Güneş Toplayıcının Tasarımı, Dizaynı ve Isıl Veriminin Araştırılması," Y.Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi.
  17. **Tunç, M.** 1982. "Silindirik Parabolik Güneş Işını Toplayıcılarının Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi," Doktora Tezi, İTÜ.
  18. **Karaduman, A.** 1989. "Parabolic Trough Solar Collector System Desing and Construction," Master Thesis, ODTÜ.
  19. **Halıcı, F., Çakır, K., Çoban, M., Çaçur, H.** 2000. "Sabit Odaklı Parabolik Bir Yoğunlaştırıcının Performansının İncelenmesi," ULIBTK'99, Sakarya, cilt 1, s.119-124.
  20. **Çetiner, C., Halıcı, F., Çaçur, H., Taymaz, İ.** 2005. "Generating Hot Water By Solar Energy and Application of Neural Network," Applied Thermal Engineering, vol.25, Issues 8-9, p.1337-1348.
  21. **Demeo, E.A., Galdo, JF.** 1997. "Renewable Energy Technology Characterizations," Tech. Rep. No. NREL/TR-109496. Golden: NREL.
  22. **Pharabod, F., Philibert, C.** 1991. "LUZ Solar Power Plants. Success in California and Worldwide Prospects," Tech. Rep. DLR for IEA-SSPS. SolarPACES.
  23. NREL, 2011. [http://www.nrel.gov/csp/troughnet/power\\_plant\\_data.html](http://www.nrel.gov/csp/troughnet/power_plant_data.html), son erişim tarihi: 18.08.2011.
  24. EUAŞ, 2011. [http://www.euas.gov.tr/\\_EUAS/ArgeWeb/Proje\\_Solar.html](http://www.euas.gov.tr/_EUAS/ArgeWeb/Proje_Solar.html), son erişim tarihi: 18.08.2011.