

## GÜNEŞ ENERJİSİ VE FAYDALANMA OLANAKLARI

Orhan Zeki Demiray  
Elk.Yük.Mih.

### I-GİRİŞ

Günümüzün primer enerji kaynaklarının başında fosil yakıtlar, özellikle petrol gelmektedir. 1973 yılından itibaren petrol üreten ülkelerin ham petrol fiyatlarını süratle artırmaları petrol tüketen ülkelerin ödemeler dengesini bozmuş ve çoğunda kalkınma hızı sıfıra ve hatta negatife düşmüştür, öte yandan alışlagelmiş enerji kaynaklarının ekolojik ve çevre kirlenmesi etkileri de giderek yoğunlaşmış ve kamu oyununda tepkilerle yol açmıştır.

Bu iki önemli nedenin etkisi ile gelişmiş ülkeler petrol tüketimini azaltıcı önlemlere baş vurmuşlar ve petrol yerine ikame edilebilecek yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Ayrıca enerji tasarrufuna gerekli önemi vererek yaygınlaşmasını sağlamışlardır.

Bu arada yoğun araştırmalarla yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının olanakları ve kullanılabilirlikleri tesbit edilmeye çalışılmaktadır. Bu araştırmalar için örneğin Federal Almanya güneşle ilgili araştırmalar için 1975-1979 yıllarında 110 milyon DM ayırmıştır.

Yapılan son çalışmalara göre 1981 yılı için yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları rezervleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Dünyamızda yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları rezervleri

Kaynaklar	Teknik Potansiyel	Gerçekleşebilir Potansiyel milyon TET/yıl
1. Biyomass (Hayvan ve bitki artıkları)	5.600	3.750
2. Jeotermal	1.400	700
3. Güneş (direkt)	Belirsiz	630
4. Rüzgar	2.100	700
5. Dalga ve okyanusların termik enerjisi	700	350

### II-GÜNEŞLE İLGİLİ ANSİKLOPEDİK BİLGİLER

Güneş, Samanyolu Galaksi'sinin merkezinden 30.000 ışık yılı kadar uzakta olup 9 gazegeni ile birlikte ufak bir sistem meydana getirmektedir. Samanyolu' içinde orta büyüklükte bir yıldız olup akkor durumundaki

kızgın gazların meydana getirdiği dev bir küreden ibarettir. Yayıdığı ışık ışınlarının tayfına göre astronomlar güneşi G2 sınıfı yıldızlar arasında sayarlar. Güneş Herkül takım yıldızında opeks adı verilen bir noktaya doğru 19,5 km/sn hızla hareket etmektedir.

Güneşi meydana getiren ana elemanlar %80 hidrojen, %18 helyum, %2 diğer elemanlardır (karbon, azot, oksijen). Molekül olarak siyanojen (karbon ve azot bileşimi) ile oksijen ve hidrojenin metallerle yaptıkları bileşikler bulunur. Yüksek ısıdan dolayı molekül yapılar pek azdır.

Dünyamız Ocak ayı başlarında güneşe en yakın mesafede bulunur. (147.000.000 km) Temmuzun ilk günlerinde ise en uzaktadır. (152.000.000 km) Ortalama uzaklık olarak 149.600.000 km esas alınmaktadır. Güneşin ışınları dünyamıza ortalama 8 dakika 18 saniyede ulaşmaktadır.

Güneşin yarıçapı 697.000 km olup dünyanınkinin 109 katıdır. Kütlesi ise 333.000 katıdır. Hacmi dünyanınkinin 1300.000 katıdır. Yani  $1408 \cdot 10^{18} \text{ km}^3$ 'dür. Yoğunluğu  $1,41 \text{ kg/dm}^3$ 'dür. Güneş yüzeyindeki çekim kuvveti dünyamızınkinin 28 katıdır.

Güneşin dış katmanlarındaki sıcaklığı yaklaşık 6.000 °C, orta katmanlarda 1 milyon °C ve iç katmanlarda 16-20 milyon °C'dir.

Güneşin yüzeyi üzerinde  $1 \text{ cm}^2$ 'lik bir yüzey parçası saniyede 1500 kalorilik ısı enerjisi yayar. Güneşin hacmi kadar hacimdeki en mükemmel yakıt bile 2.000 yılda tükenip bitecektir. Oysa güneş en az 5 milyar yıldan beri ayrı enerjisi vermektedir. 30 milyar kere milyar yıl da vermeye devam edecektir. Bunun nedeni güneşin içindeki maddelerin atomlarının çok yüksek ısı ve basınç altında çıplak çekirdek halinde bulunmasıdır. Yani madde çekirdek ve elektronları ile birlikte normal yapıda olmayıp sadece çekirdeklerden meydana gelmektedir. Hidrojen çekirdekleri yüksek ısı altında elektrik kuvvetlerini yenerek birleşir ve helyum çekirdeği teşekkül eder ve ısı açığa çıkar.

Güneşin etkinliği ortalama olarak her 11,1 yılda bir en büyük değerine, bundan 4,6 yıl sonra da en küçük değerine ulaşan devirli bir kızgınlık şeklinde değişir.

Güneşin yayınladığı tüm enerji uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır, örneğin Merkür dünyamızdan 7 kat daha fazla, Satürn Merkürden 90 kat daha az enerji alır.

### III- GÜNEŞ ENERJİSİ, HELIOTEKNİK

#### 1. Genel

Güneş enerjisi milyonlarca yılda bir hemen hemen sa-

bit ve bilinen özelliklere sahiptir. Daha milyonlarca yılda bu enerjinin dünyaya ulaşması söz konusudur. Bu nedenle insanlığın bu enerjiyi kullanmak için uğraşması çok doğaldır. Nitekim tarihin ilk çağlarından bu yana basit yöntemlerle de olsa bu enerjiden faydalanılmıştır.

Güneş enerjisini değerlendirmek üzere güneş sabiti (solar sabiti) tarif edilmiştir. Bu sabit yer atmosferi dışında güneş-dünya doğrultusuna dik olarak birim yüzeye gelen toplam ışınlama enerjisi olarak tarif edilmektedir ve değeri  $1395 \text{ W/m}^2$ 'dir. Bundan faydalanarak güneşten dünyamıza ışınlanan enerjinin  $178.10^9$  MW olduğu hesaplanabilir. Bu değer ise dünyamızın ani enerji tüketiminin takriben 26.000 katıdır. Bu enerjinin akış şeması şekil Vde, dünyanın global ışınlama haritası ise şekil 2'de verilmiştir.

## 2. Güneş enerjisinden faydalanma olanakları b. İkel Yöntemler

Bu yöntemler arasında zirai ürünlerin güneşte kurutulması, tuz tarlalarında tuz üretilmesi gibi hususlar sayılabilir. Bu yöntemler mümkün olduğunca mekanize edilmekte ve etkin hale getirilmektedir. Ortalama güneş ışınlaması yüksek olan ülkeler için uygun olmaktadır. Bununla birlikte ekonomik sınırları çok dardır. Bu metodların ucuz ve basit kaldıkları sürece düzeltilmeleri olanak dahilindedir.

### b- Seralar (tutucu kutular)

Seralarda güneş ışığı ve pek az da kırmızı ötesi ışın cam pencere yardımıyla altta bulunan toprağa düşürülür, emilerek ısıya çevrilir ve ısının dağılması önlenir. Güneş ısı için bu tip "tutucu kutular" pek çok seneden beri başka amaçlar için de kullanılmaktadır. Özellikle güneşli gün sayısı fazla olan ülkelerde evlerin sıcak su ihtiyaçları bu yöntemle sağlanmaktadır. Güneş ısı ile birlikte ilave ısıya  $40^\circ\text{C}$  kuzey ve güneş enlemleri arasındaki az yağışlı bölgelerde gerek yoktur.

Bazı ülkelerde bu yöntemle çalışan "güneş evi" ve "sıfır enerjili ev" prototipleri yapılmıştır.

### c- Konsantrasyon (yoğunlaştırma)

Güneş ışığı ve ısısından faydalanmada ana sorun enerji yoğunluğunun az oluşudur. Güneş sabiti (solar sabiti) atmosfer dışında yaklaşık  $1400 \text{ W/m}^2$ 'dir. Güneş tam kuzeyde iken deniz seviyesinde dünyaya yaklaşık  $900 \text{ W/m}^2$  isabet eder. Güneş, örneğin kuzeyde  $60^\circ$  lik bir açı yaparsa, bu değer  $780 \text{ W/m}^2$ 'ye, bulutlu günlerde ve yağışlarda  $120 \text{ W/m}^2$ 'ye düşer. Bu değerler bir hayli düşük değerlerdir, örneğin modern buhar

kazanlarındaki borular yaklaşık  $5 \text{ W/m}^2$  ile, roketlerin yanma hücrelerindeki cidarlar ise yaklaşık  $50 \text{ W/m}^2$  ile, yüklenir. Düşük enerji yoğunluğu büyük yüzeyleri ve yüksek yatırım masraflarını gerektirmektedir.

Bu nedenle, daima tekrar tekrar, yakıcı camlar, iç bükey aynalar, içten yansıtıcı huniler veya iç bükey silindirlere (tercihan yarım silindir), ayna olukları v.s.nin kullanılması önerilmektedir. Güneş ışınlarını yönlendirici basit parabolik oluklarla ışınlama yoğunluğu 25 ile 30 misli artırılabilir. Parabolik aynalarla odak noktasında, hatta 600 ila 900 misli ve bir yoğunlaştırma ef. de edilebilir. Bu tip aynaların güneşi takip etmesi ne kadar eş zamanlı olursa, yoğunlaştırma da o nisbette büyük olur. Diğer taraftan iyi bir reflektör (yansıtıcı) kullanılmadığı takdirde kW başına yaklaşık  $2 \text{ m}^2$ 'lik bir yüzeye ihtiyaç vardır ve tesis ancak güneş varken güç verebilir.

Güneş makinalarının mucitlerinden biri olan Augustin Mouchot 1864 yılında Cezayir'de beş metre açıklığında konik bir reflektör tesis etmiş, bununla buhar üreterek bir buhar makinasını çalıştırmış ve  $2,5 \text{ m}^3$  suyu h yüksekliğine basmıştır. Basma yüksekliği 10 m olduğuna göre faydalı güç 100 W bile değildir. Daha sonra güneş makinaları ile, pompaların, zirai makinaların v.s. tahrik edilmesi önerilmiş ise de bir sonuç alınamamıştır.

De Sanssure 1776 yılında güneş ışınları yardımıyla pişirmeyi ilk defa önermiş, astronom Herschel öneriyi 1837'de tekrarlamış, daha sonra 1878'de Mouchot ileri sürmüştü ve Langley 1884'de Paris'te uluslararası fuarda bir güneş ocağını sergilemiştir. Bugün ise Japonya, Hindistan ve Kaliforniya'da dar bir çevrede güneş ocağı kullanılmaktadır.

### d - Güneş fırınları

Araştırma amacı ile dünyanın birkaç yerinde, ekseriya sabit olarak monte edilmiş iç bükey aynaları ve güneş takip edecek şekilde döndürülebilen düz aynaları ihtiva eden büyük tesisler vardır. Bu tesislerde birkaç yüz kilowatt'lık güçler ve yansıtma derecesine göre ısıtılacak malzemede 4000 K derecelik sıcaklıklar elde edilebilir. Bununla birlikte ısınma sıfır ışınlama yardımıyla olur, örneğin havası boşaltılmış Kuartz veya Korund'dan yapılmış şeffaf kutularda. Bu fırınlar ayrıca pratik hammadde araştırmasında da kullanılmaktadır. 17. Asrın sonlarında Herschel Londrada ve E. W. V. Tschirnhaus Dresden'de çapı 1 m kadar olan bir yakıcı camla yakma deneyini gerçekleştirmiştir. İlk aynalı güneş fırını Rudolf Straubel tarafından 1925 yılında Jena'da inşa edilmiştir. Tokyo Üniversitesinin 75 kW verebilecek böyle bir fırını vardır.

Bu fırının maliyeti yaklaşık 100.000 \$'dir. Amerikan Donanması Natick/Mass da, atom parçalanmasındaki ısı ışınlamasını taklit eden 2,5 ile 7,5 kW gücünde birkaç güneş fırını çalıştırmaktadır. Fransız ilmi araştırmalar milli merkezi Pireneler'de Mont Luis mevkiinde 80kW verebilen 90 m<sup>2</sup> yüzeyli bir güneş fırınına işletmeye açmıştır, ayrıca Odeillo'da, birkaç desimetrekarelik yüzeyde IMW'lık bir gücü yoğunlaştıran devasa bir tesis bulunmaktadır.

#### e - Elektrik enerjisi üretimi

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi için çalışmalar ancak 1973 yılında ani bir şekilde yoğunlaşmış ve kısa süre içinde büyük gelişmeler elde edilmiştir.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin teorik olanakları üç grup halinde toplanmaktadır.

- 1- Foto - voltaik üretim tesisleri
- 2- Dağınık kollektör sistemi (DCS = distributed collector - system) olarak sembolize edilen solar-termik küçük santraller
- 3- Merkezi kuleli aynalı (SCR = Central receiversystem) olarak sembolize edilen solar - termik büyük santraller

Bu üç olanağa özellikle İsrail'de uygulanmakta olan,

#### 4- Güneş havuzları üretim tesisleri de eklenebilir.

##### 1- Foto - voltaik sistemler

Fotosentez etkisinden faydalanarak ışın enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirebilen güneş pilleri özellikle bir merkeze bağlı olmadan elektrik enerjisi sağlama için uygundur.

Bu piller, verimi düşürmeden veya özgül fiyatı yükseltmeden çok küçük güçlerde doğru akım üretmektedirler.

Güneş pilleri karakteristikleri bakımından zayıf ışınlamalarda bile - örneğin dağılan (difüze) ışık - faydalanma özelliğine sahiptir. (Şekil 3) Boşta çalışma gerilimi minimum ışınlamada bile tam değerine ulaşır, bundan dolayı tampon bataryanın gerilimini kısmi yüklerde bile aşabilir; şarj akımı ışınlama ile çok iyi bir doğru orantıya sahiptir.

Çok küçük güçlerin gerektiği sapa yerlerde enerji bugün bile bir şebekeden daha ucuz olarak sağlanmaktadır, sinyal tesisleri, PTT röle istasyonları v.b. halen bu şekilde beslenmektedir. Güneş pilleri ayrıca uzay araçlarında, saatlerde ve hesap makinalarında kullanılmaktadır.

Silisyum asıllı güneş pillerinin fiyatı halen ABD'de takriben 5 ila 6 \$/W dir. Avrupa'da da parakende fiyatı bu değerlerin bir kaç kat üzerindedir. Tahminlere göre ABD'de yeni imalat teknolojilerinin uygulanması ile 0,5 US \$/Wa düşmesi beklenmektedir.

#### 2- Solar - termik küçük santraller

Solar - termik küçük santraller orta büyüklükteki güçler için nüfus yoğunluğu az olan bölgelerde merkezi bir şebekeye bağlı olmaksızın enerji temin edilmesini sağlamaktadır. Geliştirilmiş ve sürekli deneme işletmesinde bulunan örnekler göre 50 ila 100 kW'a kadar olan güçlerde diğer tekniklerle elde edilenleri nazaran rakipsiz denecek kadar ekonomiktir.

Güneşten faydalanma olanakları fazla olan pek çok ülkede yerel elektrik enerjisi ihtiyaçlarını karşılamak üzere tesisler kurulmaktadır.

Solar - termik küçük santraller 50 ila 100 kW güçler arasında seri imalat geliştirdiği takdirde 6 \$/W özgül maliyetle imal edilebilmektedir. Daha düşük maliyetler ise parabolik kollektörlerin geliştirilmesine bağlıdır.

#### 3 - Solar - termik büyük santraller

Solar - termik büyük santraller elektrik enerjisinin merkezi üretimi ve bir elektrik şebekesi üzerinden dağıtım için uygundur; gerektiğinde böyle bir santralin bütün gücü uzak mesafelere enerji nakil hatları ile taşınabilir.

Büyük güçler için enerjinin toplanması büyük bir araziye yayılmış çok sayıda aynalar yardımıyla yapılır. Aynalar, bir kulenin tepesine yerleştirilen merkezi bir buhar üreticisine (ingilizce "receiver..") ışınları her an yansıtılmak için güneşin durumuna göre iki eksenli olarak yerleştirilir. Isı transferi ışınlama ile gerçekleştirilir.

Heliostatlar (güneş aynaları) kule tipi bir santralin toplam masraflarının %30-60'ını teşkil etmektedir. Bu nedenle aynaların ekonomik kullanılması önem kazanmaktadır.

Kule tipi santrallerde 150 \$/m<sup>2</sup>'lik heliostat kullanılması halinde özgül maliyetin 2 200 \$/kW olacağı hesaplanmaktadır. Heliostat fiyatları ucuzlatılabildiği takdirde özgül maliyetin çok azalacağı, yılda 3000 saat güneşli günü olan bölgelerde üretimin 0,06 \$/kWh olabileceği beklenmektedir.

Aynaların geniş yer kaplıyacağı düşüncesinden hareketle, atmosfer dışında güneş enerjisinden faydalanmak da düşünülmektedir. Soletta tasarısı adı verilen bu tasarıda, güneş enerjisinin atmosfer dışında elektrik enerjisine dönüştürülerek mikrodalgalarla dünyaya nakledilip tekrar elektrik enerjisine çevrilmesi düşünülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre verimin düşük, maliyetin yüksek olduğu görülmektedir.

#### 4 - Güneş havuzları

özellikle İsrail'de uygulanan bu yöntemle ilgili son gelişmeler aşağıda verilmiştir.

içindeki su güneşle ısıtılan normal bir havuzda termik bir sirkülasyon vardır. Su ısını yüzeyi vasıtası ile havaya verir, bir kısmı buharlaşır, dolayısı ile su soğur, yoğunlaşır ve dibe doğru çöker, bu esnada hafif olan su (ısısı az olduğundan) alttan yüzeye doğru yükselir.

Güneş havuzları iki çeşit su ile doldurulmaktadır. Altta ölü denizin %27 tuz ihtiva eden suyundan 1,5 m kalınlığındaki bir tabaka ve bunun üzerinde %2-5 tuz ihtiva eden normal deniz suyundan 1 m kalınlığında bir tabaka bulunmaktadır. Bu durumda güneş ışınlanmasında termik sirkülasyon gerçekleşmemektedir. Alttaki ağır tuzlu su tabakası yukarı çıkamayacak ve ısını da yukarıya veremeyecektir. Zira üstteki deniz suyu tabakası termik izolator olarak etki etmekte ve ısının alt tabakadan çıkmasını engellemektedir. Böylece alttaki su tabakasında 90°C'ye kadar sıcaklıklara erişilmektedir. Isınan su güneş havuzunun zemininden bir ısı transfer kazanına pompalanır, burada ısını verirken, bilahare türbini tahrik edecek olan özel bir sıvı buharlaştırır. Sıvı buharları, güneş havuzunun üst tabakasındaki deniz suyu yardımıyla soğutulmak ve yoğunlaştırılmak üzere, ikinci bir ısı transferine sevk edilir.

Yirmi yıllık gelişmeye göre, ölü deniz'de 6.500 m<sup>2</sup> havuz yüzeyli, altı saat süreli 150 MW'lık tepe gücü veya 30 MW'lık sürekli gücü üretebilecek bir deneme tesisi geliştirilmiştir. Şimdiye kadar elde edilen ümit verici sonuçlar müteakip gelişmeler için büyük bir teşvik unsuru teşkil etmektedir. İkinci adım 0,25 km<sup>2</sup> faydalanma yüzeyli, yılda 30.10<sup>6</sup> kWh üretecek ve 1988 yılında işletmeye alınacak daimi gücü 5 MW olan tesistir. Masraflar 2.000 Dolar/kWh'in altında olacaktır.

Tesisin kademeli olarak tevsi planlanmıştır ve uygun sonuçlar alınır, hepsinden önce masraflarda bir hayli düşme olursa, belki yüzyılın sonunda 400 - 500 km<sup>2</sup> faydalanma yüzeyinde 3.000 MW üretebilecek

ve dolayısı ile İsrail'in elektrik enerji ihtiyacının büyük bir bölümü karşılanabilecektir. Bunun için ölü Deniz'den kanalla getirilen deniz suyunun katkısı gereklidir. İki çeşit suyun, ölü Deniz suyunun ve normal deniz suyunun mevcudiyeti, ölü Deniz'in büyük yüzeyinin (750 km<sup>2</sup>) güneş havuzu olarak kullanılmasını mümkün kılacaktır.

#### IV- GÜNEŞ ENERJİSİ ALANINDA YAPILAN ULUSLARARASI ÇALIŞMALARIN SON DURUMU

Dünyadaki güneş enerjisi ile ilgili son çalışmalar ve örnekler aşağıda sıralanan biçimde özetlenebilir:

9 ülkeden oluşan (B. Almanya, Belçika, İtalya, Avusturya, İsveç, İsviçre, İspanya, ABD ve Yunanistan) Uluslararası Enerji örgütü (IEA) Güney İspanya'da Almeria yakınında Small Solar Power System (SSPS) adını taşıyan bir girişimde bulunmuştur.

Bu proje her biri 0,5 MW gücünde farklı teknoloji ile kurulan iki güneş santralını kapsamaktadır. Temelleri 17 Ocak 1980'de atılan tesisler işletmeye alınmış olup, deney yapılmadığı zamanlar yörenin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Santrallerin yapımı 30,4 milyon dolar tutmuştur.

İspanya Sanayi bakanlığı, yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve bu konuda üretime geçilmesi için 1979 yılında 553 milyon pasata (5,7 milyon dolar) harcamıştır. Geçen yıl bu rakam, 4,2 milyar pasetaya çıkmıştır. 1984 hedefi ise 8,5 milyar pasetadır.

ABD'de 10 MW gücündeki "Solar One" adlı güneş santralının yapımı Barstow, California'da sürmektedir. Gelecek yıl haziran ayında işletmeye alınacak olan Solar One, başarılı olduğu takdirde 100 MW'lık "Solar Two" projesine başlanacaktır. Bu tür merkezi güneş santrallerinde (CRS) kullanılan heliostat adlı güneş ışınını yansıtıcı cihazların maliyeti 300-400 dolar/m<sup>2</sup> dolayındadır. Kitle üretimine geçildiği takdirde, 200-300 dolar/m<sup>2</sup>'ye düşmesi beklenmektedir.

Avusturya'nın ilk büyük güneş gölü geçen ay işletmeye açılmıştır. 2 m. derinlikte, 200 m<sup>2</sup> yüzey alanı olan güneş gölü 26 cent/kwh maliyetle yılda 60.000 kwh elektrik enerjisi üretmektedir.

Japonya'da güneş pilleriyle elektrik üretecek olan 1 MW gücündeki ilk büyük fotovoltaik jeneratörün yapımına başlanmıştır. 1986 da tamamlanacak olan sistemin yapım maliyeti, alışılmış termik santrallerin 30 katı, nükleer santrallerin 15 katı, hidroelektrik sistem-

lerin ise 9 katına ulaşmaktadır. Ancak bu aşamada maliyet önemli bir etken olmamakta fotovoltaik sistemlerin çalışabildiğinin denenerek tesbit edilmesi ilk hedef olarak görülmektedir.

Alman ve Yunan hükümetlerinin anlaşmasıyla Atina yakınında kurulacak olan "güneş köyü" 435 binadan oluşacak ve binaların ısıtma, soğutma, sıcak su ve elektrik gereksinmesi güneş enerjisinden sağlanacaktır. 32 milyon dolara çıkacak olan güneş köyü 2 yıl sonra hizmete girecektir.

Fransa'da 60'ın üzerinde yüzme havuzu güneş enerjisi ile ısıtılmaktadır. COMES(Güneş Enerjisi Komiserliği) Genel Müdürünün resmi açıklamasına göre güneşten sıcak su sağlayan ev sayısı 60.000'i aşmıştır.

ABD'e 1981 sonunda 56.000 pasif sistemle donatılmış bina, 300.000 aktif güneşle su ısıtıcısı kurulması hedeflenmiştir.

Kurulmuş sistemlerdeki düzlemsel güneş kolektörü sayısı Avusturalya'da 500.000, Japonya'da 2.000.000 civarındadır.

ABD'de güneş enerjisiyle çalışan buzdolabı yapılmıştır ve fiyatı 1000 dolardır. SSCB ve Çin Halk Cumhuriyeti'nde ise güneşle çalışan mutfak fırınlarının üretimine geçilmiştir.

İsrail, güneş endüstrisini yaklaşık 30 yıldır geliştirmektedir. Şimdiden tüm konutların %30'u güneşle ısıtılmış sıcak su kullanmakta, yeni yapılan binaların ise güneşli ısıtıcı ve soğutucu teçhizat bulundurmaları gerekmektedir.

İsrail'in geliştirdiği en büyük güneş sistemi olan "güneş gölü" ise ihraç edilmeye başlanmıştır. İsrail Enerji Bakanlığı Solmat şirketi ile 1983 yılına kadar 20 M W kapasiteli bir güneş gölü geliştirmesi için 20 milyon dolarlık bir mukavele yapmıştır.

Mısır'ın elektrik otoritesi, 700 adet güneşli su pompası temini için Kanada Petrosunla mukavele yapmıştır. Siparişin tutarı 115.860.- Dolardır.

Japonya'nın Uluslararası ve Ticaret Bakanlığı geçen yıl içinde güneş sistemi üretici ve tüketicilerini teşvik maksadıyla borç vermeye başlamıştır.

Bakanlık kişilere 2 milyon yene kadar 5 yıl vade ile %5,5 faizle, sanayie ise 100 milyon yene kadar 10 yıl vade ile %6,5 faizle borç vermeyi önermektedir.

ABD Washington'da evine güneş sistemi kuranlara sis-

tem maliyetinin %40'ı gelir vergisinden düşürülerek bir teşvik kredisi sağlanmıştır.

Portekiz'de ise güneş sistemi kurdurmak isteyenler, Portekiz Ulusal Tasarruf Bankasından 800 dolara kadar 10 yıl vade ile %10 faizle borç alabilmektedirler. Faiz oranı kredi faiz oranının 1/2'si olduğu için halkın büyük ilgi gösterdiği görülmektedir.

Güneş enerjisi sanayi giderek çok uluslu petrol şirketlerinin kontrolüne girmektedir. 1979 yılında petrol şirketlerinin güneşten enerji elde eden çalışmalar için ayırdıkları toplam miktar 80 milyon doları aşmıştır. Atlantik kıyası petrol kaynaklarını işleten Atlantic Richfield (ARCO) şirketi bu yıl güneş enerjisine 25 milyon dolar yatırımla, en büyük özel sektör kuruluşu niteliğini kazanmıştır. ARCO, diğer petrol şirketleri gibi bu amaçla kendi özel "ARCO Solar" grubunu oluşturmuştur ve güneş pili imalatının %25'ine sahip bulunmaktadır.

Güneş enerjisi sanayiinde söz sahibi Daystar ve Solar Power şirketlerinin en büyük hissedarı çok uluslu EXXON petrol şirkettir.- Güneş pili üretiminde EXXON üçüncü sırada gelmektedir.

Güneş pili üretiminde dünyanın lideri olarak kabul edilen SOLAREX şirketinin %20,9 hissesine ise Standard Oil of Indiana (AMOCO) sahip bulunuyor. Aynı alanda çalışan Mobil-Tyco laboratuvarlarının %80 hissesi ise Mobil'e aittir.

Güneş enerjisi sanayii, çok uluslu petrol şirketlerinin dışında General Elektrik, Westinghouse, IBM, Honeywell, Boeing, Renault ve Mitsubishi gibi şirketlerin de ilgisini çekmektedir. Hükümetlerin güneş enerjisi için ayırdıkları ödeneklerden en büyük payı da dev şirketler almakta ve bu alanda faaliyet gösteren küçük şirketleri satın alarak büyük yatırımlara girmektedirler.

Petrol fiyatlarının süratle yükselmesi sonucu elde edilen karları geleceğin muhtemel enerji alternatiflerinin araştırılmasına ve geliştirilmesine ayıran petrol şirketleri, böylece hem enerji darlığının önüne geçmekte hem de geleceğin enerji sektörünün kontrolları altına almaktadırlar.

## V- ÜLKEMİZDEKİ DURUM

### 1- Ülkemizin güneşlenme durumu

Türkiye coğrafi konumundan dolayı önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahip bulunmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün yıllardan beri yapmakta olduğu güneşlenme süreleri ve güneş ışınları

şiddeti ölçümlerinden yapılan hesaplar güneş enerjisi potansiyelimizin yılda  $1.2 \times 10^6$  milyon ton taşkömürüne eşdeğer olduğunu göstermiştir. Bir noktaya düşen güneş enerjisinin binde birinin başka bir enerji türüne dönüştürülmesinin ekolojik dengeyi bozmadığı dikkate alınır, çevirim oranı da ortalama %30 kabul edilirse ülkemizde güneş enerjisinden bir yılda  $36 \times 10^6$  TET'e eşit faydalı enerji elde edilebileceği görülmüştür. Yurdumuzun hemen hemen her bölgesi yılda ortalama 2000 saatin üzerinde güneş enerjisi almakta olup,  $\text{cm}^2 \cdot \text{y}^{-1}$  dakikada 100 kaloriden fazla enerji düşmektedir. Bu değerler, güneş enerjisinin her türlü uygulama alanı için uygun bulunmaktadır.

Ülkemizin %63'ünde güneş enerjisinden yılda en az 10 ay süresince, %17'sinde ise bir yıl boyunca yararlanma olanağı bulunmaktadır. Güneşlenme bakımından en düşük bölge olan Doğu Karadeniz Bölgesinde bile 6 ayı aşan bir süre içinde yararlanmak mümkündür.

Türkiyede güneş enerjisi uygulamalarının yaygınlık kazanabilmesi için öncelikle güneş enerjisi potansiyeli gerçek sayılarla bilinmelidir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün meteoroloji istasyonlarında yapılan rasatlarda eski model ölçüm aletleri kullanılmakta ve bu yüzden sonuçlar güvenilir olmamaktadır. Yeni tip ölçüm aletlerinin temini için TÜBİTAK'ın bir girişimi olmuştur ve önümüzdeki yıllarda bazı yörelerimize ait sağlıklı veriler almak mümkün olabilecektir. Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsüne hazırlanan güneşlenme haritası şekil 4 de verilmiştir.

## 2- Yapılan çalışmalar

Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalara 1960 yıllarında başlanmıştır, özellikle son 4-5 yılda bu konuda araştırmada geliştirme ve üretim faaliyetleri önemli gelişmeler göstermiştir. Araştırma kurumları içinde Ankara Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, ODTÜ, İTÜ, TÜBİTAK Gebze Araştırma Merkezi ve MTA Marmaris Güneş Enerjisi Araştırma Merkezi sayılabilir.

Bugüne kadar ülkemizde güneş enerjisi ile ilgili çeşitli toplantı, sempozyum ve kongereler düzenlenmiştir. Başlıcaları şunlardır:

- Uluslararası Güneş Enerjisi Simpozyumu I ve II, Ege Üniversitesi İzmir, 1977 ve 1979.
- X. Dünya Enerji Konferansı Alternatif Enerji Kaynakları bölümü, İstanbul, 1977.
- 3. Türkiye Genel Enerji Kongresi Yeni Enerji Kaynakları, Ankara, 1978.

- Isı Bilimi ve Tekniği tarafından düzenlenen kongreler TÜBİTAK İzmir kongreleri, 1977 ve 1978
- SEGEM tarafından düzenlenen "Güneş Enerjisi Sistemleri ve Isıtmada Uygulaması" seminerleri, Ankara 1980 ve İstanbul 1981
- Türkiye Güneş Enerjisi Vakfı tarafından düzenlenen Uluslararası Güneş Haftası İstanbul, 1981

Türkiye'de düzlemsel güneş kolektörü imal eden firma sayısı 50'nin üzerine çıkmıştır. İlk akla gelen şunlardır: Aygaz, Prosen, Teba, Termoteknik, Günsa, Deka, Desa, Klima, Akdeniz, Doğu Mercek, Yürekliiler, Sam Solair, İmper, İrtek, Senses, Vural, Sebat, Umut-su.

Paralık Kolektörleri 1,5-2 m<sup>2</sup> net alana sahip, ortalama 20.000.-TL/Adet maliyetindedir. 2 kolektörlü, bir ailenin sıcak su ihtiyacını karşılayan sistem montajı dahil ortalama 100.000.-TL civarındadır.

Daha büyük sistemler de bu aşamada düşük sıcaklıkta su üretmekten öteye gidememektedir. İlk yatırımı yüksek ise de, geri ödeme süresi 4-7 yıl arasında değişmektedir.

Üretilen güneş kolektörlerinin standartları mevcut değildir. Ancak, Türk Standartları Enstitüsü bu konudaki çalışmaları hızlandırmış ve "güneş toplayıcıları" standardı tasarısının 11. mütalaasını yayınlayarak çeşitli kamu ve özel kurumun son görüşlerini alma aşamasına gelmiştir.

## 3- MTA'nın çalışmaları

Güneş enerjisi uygulamalarının ülkemizde etkin bir biçimde değerlendirilmesine yönelik çalışmalar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı koordinatörlüğünde MTA Enstitüsünde yürütülmekte olup, söz konusu kaynağın kısa sürede uygulama alanına konulmasına ilişkin çalışmaları yürütmek üzere 1976 yılında Datça yarımadası üzerinde "Marmaris Güneş Enerjisi Araştırma Merkezi" kurulmuştur.

Araştırma Merkezinin ana amacı, çeşitli enerji ihtiyaçlarının güneş enerjisi ile karşılanmasına yönelik en uygun kullanım şartları ile ilgili sistem ve yöntemler geliştirmektir.

Merkezde halen mekanik, elektroliz, elektronik, teknik resimhane ve ölçü laboratuvarları olarak kullanılan 4 laboratuvar binası, ayrıca çeşitli heliometrik ve meteorolojik ölçümlerin yapıldığı bir gözlem istasyonu ile çeşitli uygulamaların ve testlerin yapıldığı bir deney alanı operasyonel haldedir.

Çalışmaların biri kısa, diğeri uzun vadede olmak üzere iki ana hedefi vardır;

#### a- Kısa Vadeli Hedef

Düzlem ve odaklı kollektörlerle düşük sıcaklıkta ısı elde etmek ve söz konusu enerjiyi su ısıtma, ev ısıtma, proses ısı, kurutma vb. gibi çeşitli amaçlarla kullanmak,

#### b- Uzun Vadeli Hedef

Kollektörlerle yüksek sıcaklıklı ısı elde ederek elektrik üretmek ve ayrıca söz konusu ısı enerjisini kimyasal reaksiyonlarda kullanmak, fotopil çalışmaları uzun vadeli diğeri bir hedeftir.

#### Kısa vadeli çalışmalar

İlk çalışmalar daha çok düz toplayıcıların uygulaması biçimindedir. Söz konusu düz toplayıcılar su ve ev ısıtma ve damıtma, kurutma, sera ısıtma gibi tarımsal uygulamalarda kullanılmaktadır.

önemli bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir;

Eksiksiz ölçü istasyonu dört yıldan beri çalışmakta olup, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden sağlanan verilerle Türkiye'nin güneşlenme süresi, güneşleme şiddeti haritaları ve rüzgar durumu diyagramları hazırlanmıştır.

Araştırma merkezinin atölyelerinde imal edilmiş bulunan çeşitli tipte düz ve yoğun toplayıcıların, aynı merkezde kurulmuş bulunan test standardın da verim testleri yapılmakta, fiziksel özellikleri saptanmaktadır.

Elektroliz yoluyla daha çok nikel üzerine siyah krom kaplamanın denendiği seçici yüzey yapımı ve fiziksel parametrelerin ölçülmesine ilişkin çalışmalarda bugüne kadar 30cm x 40 cm ebadında 50'ye yakın kaplama yapılmış, ayrıca kimyasal yollarla da bazı prosesler denenmiştir.

Seracılık konusunda, hem aktif hem de pasif yöntemler kullanılarak yapılan araştırmalar sonucunda aktif yöntemin pek geçerli olmayacağı sonucuna varılmış, halen yeni geometriye sahip iki yeni seranın gerçekleştirilmesi ve bu sıralarda kayıp-kazanç analizlerinin yapılması öngörülmüştür.

Tarımsal kurutma alanında kırmızı biber, üzüm ile endüstriyel kurutma alanında bentonit, kil ve sodyum sülfat kurutulmasına ilişkin çalışmalar yapılmaktadır.

Evlerin güneş enerjisi ile ısıtılması konusunda, pasif sistemle (Trombe duvarlı) bina ısıtılması konusunda hayli tecrübe birikimi sağlanmış olup, aktif sistemlere ilişkin olarak havalı düz toplayıcılar ile bina ısıtılması konusunda çalışılmaktadır. Söz konusu projede, Araştırma Merkezi Seçici Yüzey Laboratuvarlarının ısıtılması öngörülmüştür.

Düzlem kollektörlerin standardize edilmesine ilişkin standart taslağı Türk Standartlar Enstitüsüne iletilmiş olup üzerinde çalışılmaktadır.

Diğeri taraftan güneş havuzları, kombine (aktif, pasif) sistemler konsantre kollektör yapımı (endüstrininin 90°C üzerindeki sıcak su ihtiyacını karşılamak için) kırsal yöreler için enerji kompleksleri geliştirilmesi kısa vadede ele alınması planlanan çalışmalar arasında yer almaktadır.

Yapılması planlanan çalışmalar

#### a) Güneş Havuzları

Endüstriyel uygulamalar için oldukça sabit sıcaklıkta sıcak su eldesi için iki temel tip (tatlı su veya deniz suyu ve üstü açık veya kapalı) geliştirilmesi konusunda optimizasyon çalışmaları yapılması ve uygun görülecek tipin Araştırma Merkezinde uygulanması öngörülmüştür.

#### b) Odaklı Kollektör Yapımı

Söz konusu kollektörler öncelikle sanayinin proses ısı (90°C üzerinde sıcak su) üretiminde yararlanılmak üzere geliştirilecektir.

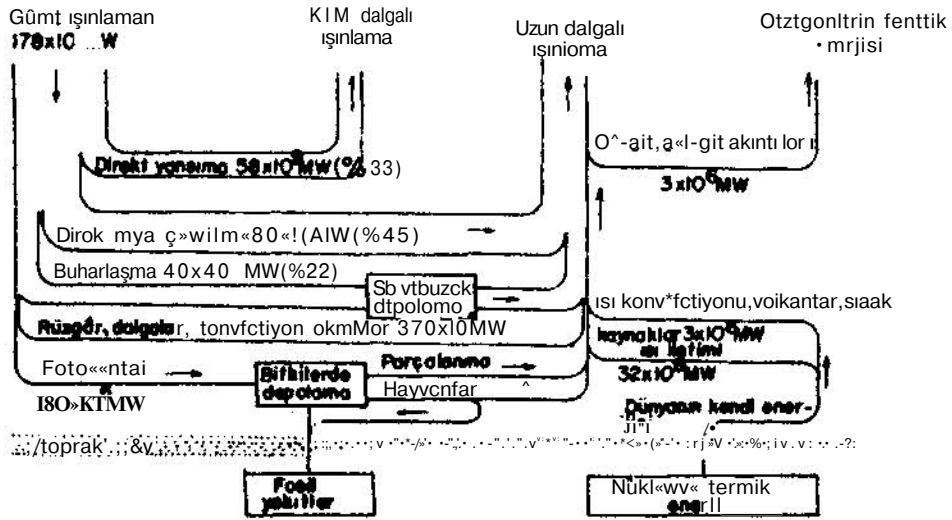
#### c) Kombine (Aktif-Pasif) Sistemler

Bina ısıtılması konusunda aktif sistemlerin tek başına pek verimli olmadığı gözönüne alınarak hybrid (pasif-aktif) sistemlerin uygulanması ele alınacaktır.

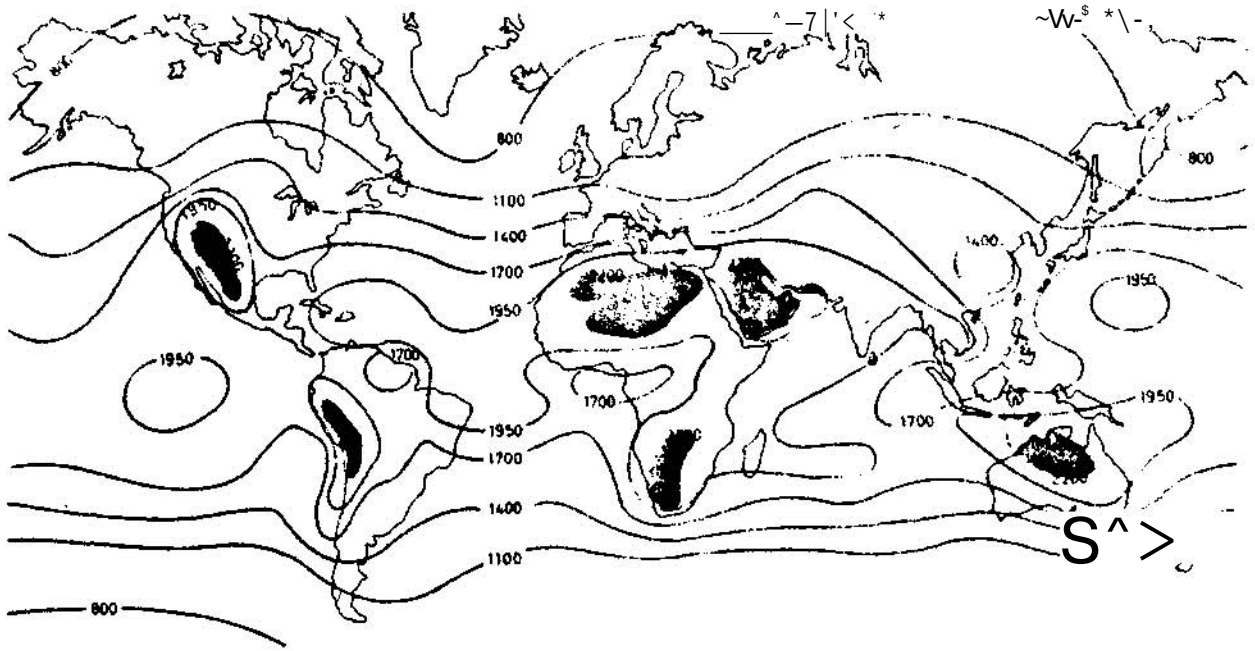
#### d- Kırsal Yöreler İçin Enerji Kompleksleri Geliştirilmesi

Devlet-Üretim Çiftliklerinin çeşitli enerji gereksinimlerinin (günlük sıcak su, ahır ve bina ısıtılması, su pompası) güneş enerjisi ve biogaz ile karşılanmasını amaçlayan bir demanstrasyon projesinin UNDP desteği ile 1982 yılı içinde ele alınmasına ilişkin görüşmeler sürdürülmektedir.

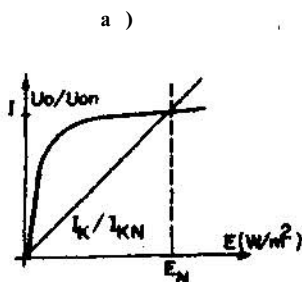
Diğeri taraftan, rüzgar ve güneş enerjisi kompleksleri geliştirilmesine ilişkin olarak İspanya'da 50x100 kW gücünde denenmesine başlanmış bulunan bir sistemin benzerinin ilk projesi ve dizaynı tamamlanmıştır. 5 kW gücünde tasarılan ve tamamen yerli olanaklar ile tesis edilecek olan söz konusu sistemin 1982 yılı içinde monte edilmesi öngörülmüştür.



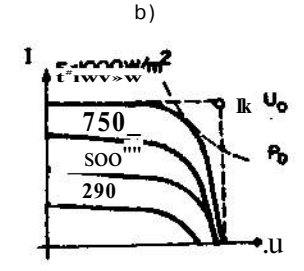
ŞEKİL I. Dünyadaki enerji akışı şeması.



ŞEKİL 2. Dünya üzerindeki ortalama yıllık ışınlanma miktarı (E<sub>g</sub>) şeması. (E<sub>g</sub> = MF.r.l.r.i b.r.l.ş.t.r.r.) çirgiler dik bir yüz. iiiariM kWt/m<sup>2</sup> yıl ok**g** l'n yıllık ortalama ışınlanmayt ööft'rm<kt>dir)

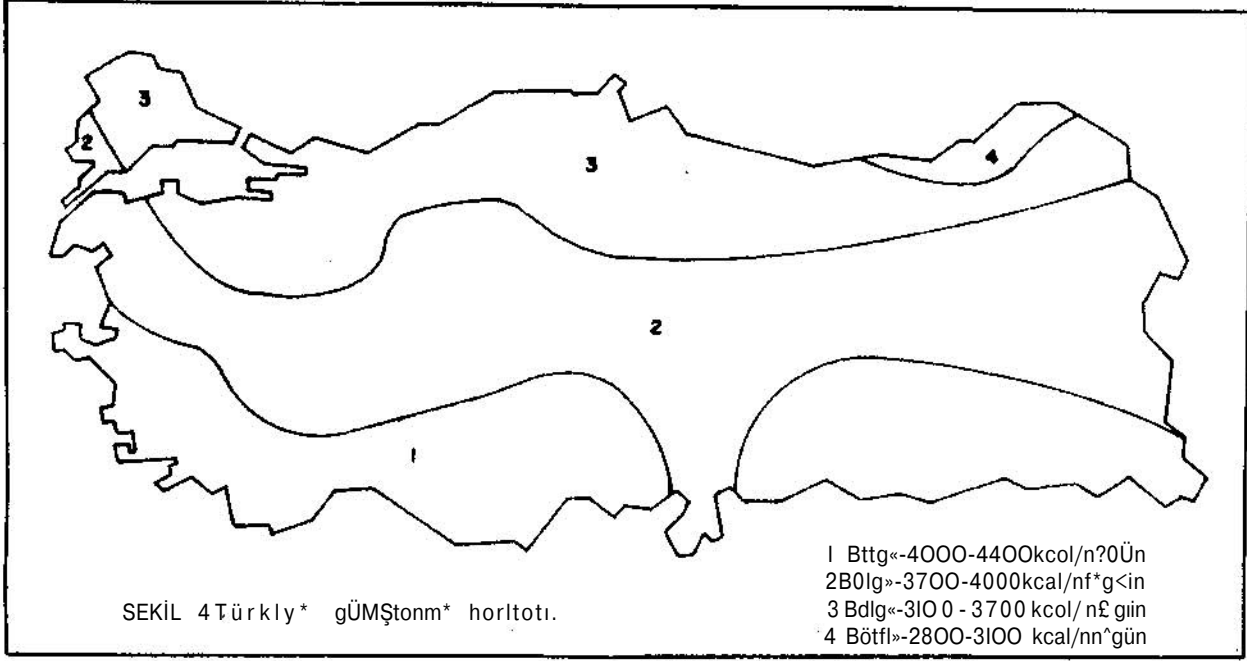


ŞEKİL 3a - Bir günış pünin E ışınlanma miktarının toplam ışınlanma miktarına oranı olarak bağıta eşitlenmiş olarak k<sub>g</sub> akını.



ŞEKİL 3b-Günış piferinin muhtelif E ışınlanmaları için a kim-gorilim koroitoistiklori.





#### e) Damıtma Projesi

Projenin amacı güneş enerjisi kullanarak Denizli Acıgöl'de tuzlu ve acı suların distilasyonu yoluyla Sodyum Sülfat ve Magnezyum Sülfat elde edilmesidir.

Diğer yandan TÜBİTAK (Gebze Araştırma Enstitüsü ve Yapı Araştırma Enstitüsü) ve çeşitli üniversitelerde güneş enerjisinin özellikle düşük sıcaklıklı uygulamaları konusunda yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. (Güneş enerjisinin mimari yönden değerlendirilmesi, pasif ev ısıtma, kolektörler ve ısı depolama, kurutma, Türkiye'nin güneş haritasının geliştirilmesi, bina ısıtma, su ısıtıcılar, güneş havuzları, güneş pilleri)

Evler, toplu konutlar veya endüstriyel tesislerde günlük sıcak su ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanmasına dönük güneşli su ısıtıcılar ülkemizde de ticari kullanım alanına girmiş bulunmaktadır. Söz konusu aygıtlar halen 50'den fazla özel firma tarafından imal edilmekte ve pazarlanmaktadır. Uygulamalar giderek yaygınlaşmakta, özellikle Akdeniz sahil şeridi ve Ege Bölgesinde yoğunlaşmaktadır. (Adana, Mersin, İzmir, Çeşme, Bodrum gibi)

Güneşli su ısıtıcıları, tüm dünya ülkelerinde halen en yaygın ve verimli uygulama alanı olup, ülkemizin endüstriyel düzeyi söz konusu teknolojinin ulusal imalat bazında geliştirilmesi için yeterlidir.

Diğer uygulama alanlarına ilişkin çalışmalar ise ülkenin ekonomik, teknik ve sosyal koşullarına uygun prototiplerin geliştirilmesini amaçlamaktadır.

#### VI - SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş, bedava, çevreyi kirlilemeyen, ulaşım sorunu ve dışa bağımlılığı olmayan, tükenmez bir enerji kaynağıdır. Bu üstün özellikleri nedeniyle, insanoğlunun araştırdığı, bulmaya çalıştığı diğer enerji türleri arasında farklı ve önemli bir yer tutar.

Yurdumuz güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanabilen bir konuma sahiptir. Bu olanakta faydalanabilmek için;

- Dağınık olarak yürütülmekte olan çalışmaların organize edilmesi
- Halen 50'nin üzerinde bulunan firma imalatlarının standardize edilmesi
- Sağlıklı güneş radyasyonu ölçümlerinin yapılması
- Ve devletin öncülüğü ve teşviki hususlarının bir merkezden yürütülmesinin uygun olacağı anlaşılmaktadır.

#### Faydalanılan Kaynaklar

1. Enerji raporu 1981  
Dünya Enerji Konferansı Türk Milli Komitesi
2. Enerji Kaynaklarına İlişkin Makaleler  
TEK-PKD-150 Nisan 1976
3. Güneşten elektrik enerjisi üretiminde gelişmeler ÖZE dergisi 1980 yılı 5. sayısı
4. İsrail'in enerji ekonomisi ve güneş enerjisinin önemli payı  
ETZ dergisi 1981 yılı 8. sayısı
5. Güneş Gazetesinin 10 Haziran 1982 tarihli sayısı