

# GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN TEKNO-EKONOMİK ANALİZİ

Hüsamettin BULUT<sup>1</sup>, Hasan ŞAHİN<sup>2</sup>, Refet KARADAĞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Osmanbey kampüsü, Şanlıurfa

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, Şanlıurfa MYO, İklimlendirme ve Soğutma Programı, Şanlıurfa

## ÖZET

Güneş enerjili su ısıtma sistemi, güneş enerjisinin ülkemizdeki en yaygın uygulamasıdır. Bu çalışmada, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknik ve ekonomik analizi yapılmıştır. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerindeki mevcut teknolojiler, bölgesel tercihler ve son gelişmeler araştırılarak ülkemizdeki durumu genel hatlarıyla ortaya konulmuştur. Ekonomik analiz için Türkiye’de piyasaya arz edilen sistemlerin ortalama maliyetleri göz önüne alınarak, geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin projelendirilmesini ve ekonomik analizini yapan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Çalışma sonunda güneş enerjili su ısıtma sistemleri ile ilgili bazı sonuç ve öneriler genel olarak sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, maliyet, geri ödeme, sıcak su.

## ABSTRACT

Solar water heater system is one of the most prevalent applications of solar energy in our country. In this study, solar water heater systems are analyzed technically and economically. The current status of these systems in Turkey is putted forward in terms of new technologies, regional preferences and the latest developments. Payback time of the systems is determined by taking average market prices of the existing systems into account in the economical analysis. A new computer program is developed for designing and making economic analysis of solar water heater systems. Some findings and suggestions relevant to solar water heater systems are presented at the end of the study.

**Key Words :** Solar energy, cost, payback, hot water.

## 1.GİRİŞ

36° ve 42° Kuzey enlemleri arasındaki güneş kuşağında bulunan, yıllık ortalama güneş ışınımı 3.6 kWh/(m<sup>2</sup> gün) olan ve yıl boyunca toplam güneşlenme süresi yaklaşık olarak 2640 saat olan ülkemizde, düz yüzeyli kollektörler hariç güneş enerjisi yaygın olarak kullanılmamaktadır. Sıcak su üretiminde kullanılan bu kollektörler genellikle güneşli bölgeler olarak bilinen Akdeniz ve Ege kıyı bölgelerinde ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Güneş enerjisindeki bu potansiyele karşın, 1998 yılında, yaklaşık 3 milyon m<sup>2</sup> güneş kollektörü üretilmiştir (Kaygusuz, 2002).

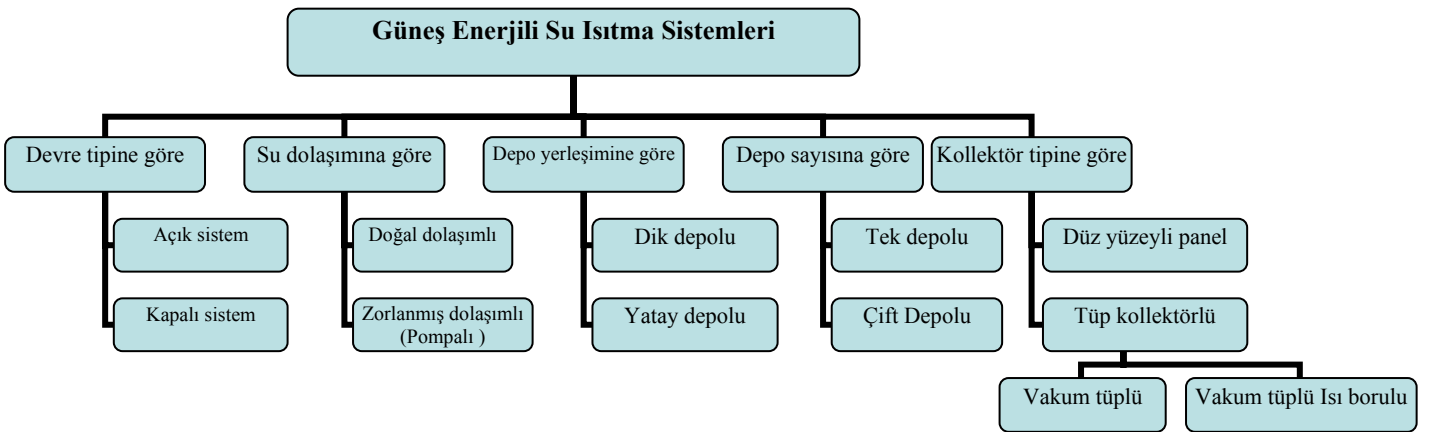
Güneş enerjisi uygulamalarından en yaygını su ısıtma sistemleridir. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanma yerine, suyun ısıtılma şekline, sistemdeki suyun dolaşımına ve amacına göre değişiklik gösterirler. Güneş enerjili su ısıtma sistem(GESIS)’leri teknolojik olarak iyi bilinmekle beraber yeni gelişmeler olmaktadır. Temiz enerji kullanımı bilincinin az olması, sadece ilk yatırım maliyetinin göz önüne alınması, teknik bilgi eksikliği ve bu konudaki bilginin son kullanıcıya ulaştırılmaması, eski sistemlerin düşük verimlere sahip olması gibi nedenler güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin önündeki engellerdir. 2001 yılı istatistiklerine göre evlerde sıcak su ihtiyacının %10.1’lik kısmı güneş enerjisinden karşılanmıştır (Hepbaşlı ve Utlu, 2004).

GESIS'leri esasen güvenlik ve teknolojik açıdan doygunluk noktasına çok yakındır. Fakat, bir GESIS'inin teknik ve ekonomik başarısı, ihtiyaca cevap verecek boyutları yanında parçalarının kalitesine de bağlıdır. Bir çok değişik sistem mevcuttur. Bu sistemlere olan talebin 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 husus göz önüne alınmalıdır. Güneşli su ısıtma sistemlerinin ana parçası olan kollektörlerdeki gelişmeler ve yeni tip entegre sistemlerdeki değişimler incelendiğinde karmaşık bir durum ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin tekno-ekonomik analizlerinin yapılması gerekir.

Bu çalışmanın temel amaçları GESIS'lerini teknik olarak tanıtmak, ekonomik analizini yapmak ve Türkiye şartlarında değişik sistemlerin mevcut durumunu ortaya koymaktır.

## 2. GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Güneş enerjisinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi akışkan ısıtmasıdır. Bu akışkanların başında su ve hava gelir. Ülkemizde en yaygın kullanım alanı ise sıcak su üretimidir. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanılma yeri ve amacına göre değişiklikler gösterir (Uyarel ve Öz, 1987). Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, güneş enerjisini toplayan kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 1'de güneş enerjili su ısıtma sistemleri çeşitli yönlerden sınıflandırılmıştır. Şekil 2'de ise bazı güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması



Şekil 2. Sıcak su hazırlama için kullanılan bazı GESIS'ler

Çizelge 1’de güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin ekonomik ve teknolojik mukayesesi verilmiştir. Çizelge üretici ve kullanıcılarla yapılan anketlerin değerlendirilmesi ve piyasa araştırması sonucunda oluşturulmuştur. Çizelgeden de görüldüğü gibi, teknolojik yeterlik açısından tüm sistemler tatmin edici bir düzeyde bulunmaktadır. Ancak, bölge ve kullanım şartları göz önüne alınmadan yapılan yanlış ve bilinçsiz sistem seçimi tüketicilerde zaman zaman şikayetlere neden olmaktadır. Ayrıca, tüketici tercihini etkileyen en önemli faktörlerden birisi maliyettir. Bundan dolayı da, en çok tercih edilen ürün, klasik düzlemsel kollektörlü açık sistemlerdir. Çizelge 2’de yaygın olarak kullanılan mevcut sistemlerin avantaj ve dezavantajları verilmiştir.

**Çizelge 1.** Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknolojik ve ekonomik durum karşılaştırılması

GESIS	Ticari Durum			Şikayetler	Kabul Görme
	Teknoloji	Tedarikçi	Maliyet		
Düzlemsel kollektörlü açık sistemler	Çok İyi	Çok Var	Ucuz	Az Var	Çok İyi
Düzlemsel kollektörlü kapalı sistemler	İyi	Var	Az Pahalı	Var	İyi
Vakum tüplü sistemler	İyi	Az Var	Pahalı	Var	Orta
Vakum tüplü ısı borulu sistemler	İyi	Çok Az Var	Çok Pahalı	Az Var	Orta

**Çizelge 2.** Mevcut GESIS’lerin avantaj ve dezavantajları

Sistem	Avantaj	Dezavantaj
<b>Doğal dolaşimli</b>	Tasarımları basittir ve pompasız çalışırlar. Otomatik kontrol sistemi (eğer varsa) basit bir düzenektir. Isı toplama devresine ısı değiştirgeci koymaya gerek yoktur. Maliyeti düşüktür.	Don tehlikesi olmayan veya çok az olan bölgelerde kullanılabilir. Bazı sular çökme veya kabuklaşmaya sebep olabilir. Depolama tankının kollektörden daha yükseğe konması gerekir. Çatı veya üst katın depolama tankını taşıyabilmesi için takviye edilmesi gerekir. Sıcak su üretme kapasitesi azdır. Kollektörlerde su dolaşımı yavaş olduğundan su sıcaklığı daha yüksektir. Bu nedenden dolayı da verimi daha düşüktür. Sürtünme kayıplarının en fazla olduğu kısım kollektör olacağından kollektör boru çapı 20 mm den küçük olmamalıdır. Aksi halde dolaşım daha da yavaşlar ve sıcak su temininde problemler yaşanır.

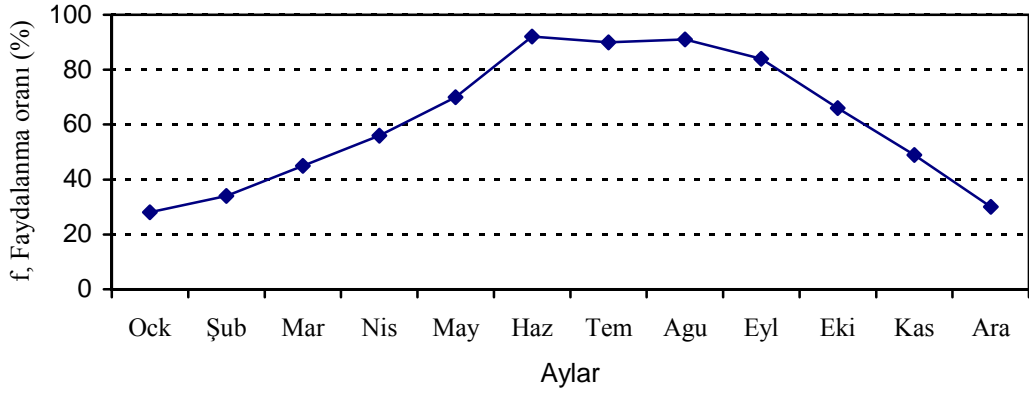
<b>Pompalı (Zorlanmış dolaşım)</b>	Sistemde sirkülasyon pompası ve otomatik kontrol ünitesi olduğu için dolaşım debisi gerektiği kadar olur, sistemin verimi artar ve sürtünme kayıpları en aza iner. Kapalı tip sistemlerde dolaşım suyuna antifiriz eklenerek kışın olabilecek donma tehlikesi ortadan kalkar ve sistemin kullanım ömrü artar.	Sistemde pompa ve otomatik kontrol ünitesi olduğu için maliyeti artar. Kapalı sistemlerde ısı değiştirgeci kullanıldığı için ısı transferi kayıplarından dolayı verim düşük olabilmektedir.
<b>Vakum tüplü</b>	Sistem iç içe geçmiş iki cam tüpten oluşmaktadır. Tüpler arasındaki hava, vakumlama teknolojisi sayesinde boşaltılmış, böylece ısı kaybı azaltılmıştır. Dıştaki özel yapılmış cam her türlü hava koşuluna dayanıklıdır. İçteki cam tüpün yüzeyi güneş ışınlarını en iyi şekilde toplamak için üretilmiş, siyah renkli bir maddeyle kaplanmıştır. Cam tüpler yuvarlak yapısı sayesinde günün her saati güneş ışınlarını dik olarak alır. Yansıma oranı çok düşük olacağı için su sıcaklığı yaz koşullarında 97 °C ye kış koşullarında ise 58 °C'ye kadar çıkabilmektedir. İki cam tabaka arasındaki vakum izolasyonundan dolayı kış aylarında donma riski yoktur ve antifiriz gerektirmez.	Vakum tüplü güneş enerjili su ısıtma sistemleri panel kollektörlü sistemlere göre daha pahalıdır. Isı borulu olmayan tiplerinde, suyun sadece cam tüp içerisinde termosifon etkisi ile doğal dolaşıma maruz kalması sistemin verimini düşürmektedir. Özellikle bulutlu havalarda ve kış aylarında yüksek verim beklentisinin gerçekleşmemesi pahalı olan bu sistemlere olan talebi azaltmaktadır. Isı borulu olan tipler ise çok daha maliyetli olduğundan ve yurt dışından ithal edildiklerinden sınırlı bir kullanım alanı bulmaktadır.

### 3. GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN PROJELENDİRİLMESİ

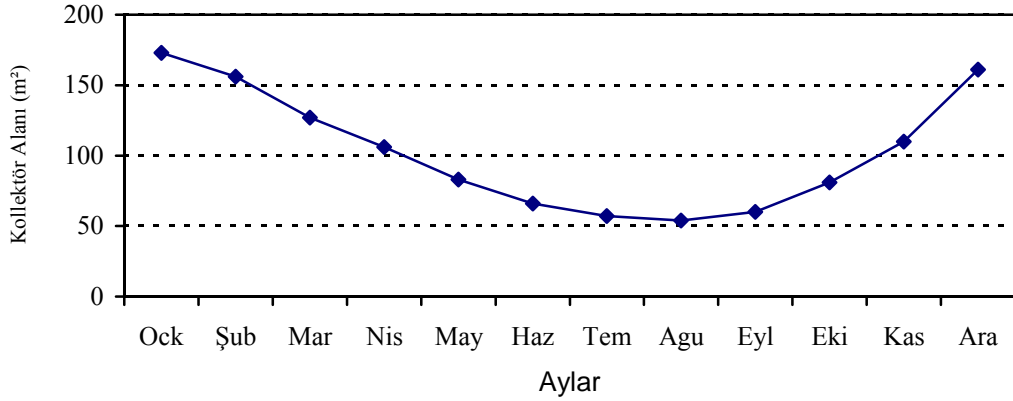
Sıcak sulu güneş enerjisi sistemlerinin projelendirilme ve boyutlandırılması ile ilgili TS 3817 “Güneş Enerjisi-Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları” standardı güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin projelendirilmesinde, uygulanmasında ve işletilmesinde uyulması gereken kuralları vermektedir (TS 3817, 1994). Ayrıca standartta, bir güneş enerjili su ısıtma sisteminde bulunan elemanlar hakkında temel bilgiler yer almaktadır.

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin projelendirilmesi ve boyutlandırılmasında genellikle iki yöntem kullanılır. Bunlar f-chart yöntemi ve kollektör yüzey alanı tespit yöntemidir (Hesieh, 1986; Uyarel ve Öz, 1985; Tırıs ve ark. 1997).

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde 100 kişilik bir otel işletmesi için 50 °C’de ve kişi başına günlük 75 lt sıcak su ihtiyacı kabul edilerek örnek bir uygulama yapılmıştır. Şekil 3’te f-chart yöntemi ile hesaplanan aylık faydalanma oranının (f) değişimi verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Mayıs ayı için % 70’lik bir faydalanma oranı sistemin uygulanabilirliği için yeterli görülebilir. Örnek uygulama için yüzey alanı yöntemine göre gerekli kollektör yüzey alanının aylık değişimi ise Şekil 4’te gösterilmiştir. Hesaplamalarda Şanlıurfa için aylık güneş ışınımı değerleri TS 3817’den alınmıştır ve kollektör verimi 0.65 kabul edilmiştir.



Şekil 3. f, faydalanma oranının aylara göre değişimi



Şekil 4. Gerekli kollektör yüzey alanının (m²) aylara göre değişimi

#### 4. GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Güneş enerjili sistemlerden elde edilecek suyun ısıtma maliyeti sadece tesis ilk yatırım maliyetidir. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde işletme maliyeti ve bakım onarım masrafları da yok denecek kadar azdır. Ayrıca güneş enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağı olması ve çevre kirliliği oluşturmaması diğer üstünlükleridir. (Tırıs ve ark., 1997).

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin tercih edilmesinin bir çok değişik sebebi vardır. Bunlardan birincisi finansal sebeplerdir. Çünkü sistem elektrikli su ısıtma sistemlerine göre daha ekonomiktir. Ama yine de bir çok kullanıcı elektrikli su ısıtıcılarını tercih etmektedir. Çünkü ilk yatırım maliyeti güneş enerjili su ısıtma sistemlerine göre daha düşüktür ve montajı çok kolaydır. Ancak araştırmalara göre bir konut için, elektrikle su ısıtma, güneş enerjili sistemlere göre % 20 daha pahalıdır (Mijovic, 1999).

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin ekonomik olmaları bakımından, hiçbir zaman ihtiyacın %100'ünü karşılamak amacıyla projelendirme yapılmaz. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin yardımcı enerji kaynakları ile desteklenmesi gerekmektedir. Sıcak su ihtiyacının güneş kollektörleri ile karşılanması durumunda, sistemde kullanılacak optimum kollektör alanı ve aylara göre sistemden yararlanma oranları hesaplanmalıdır (Tırıs ve ark., 1997). Bu çalışmada yapılan analizlere göre, güneş enerjili sıcak su sistemlerinin yeterli olmadığı durumlarda ek enerji kaynağı olarak kömür ve doğal gaz kullanılması daha ekonomik

gözükmektedir. Çevresel sorunlar ve doğal gazın kullanılmasındaki yaygınlaşma göz önüne alındığında, ek sistemin doğal gazlı olması daha avantajlı ve ekonomik olacaktır.

Türkiye’de GESIS’lerde ürün çeşitliliğinin yanı sıra çok farklı ekonomik düzeylere göre şekillenen bir arz durumu olduğu gözlenmiştir. Bölgesel gelir farklılıkları ve güneşlenme sürelerine bağlı olarak tüketici profili de her bölgede farklı olabilmektedir. Aynı zamanda farklı bölgeler için farklı ürün talebi de olmaktadır. Bir bölgede çok fazla tercih edilen bir ürün başka bir bölgede tercih edilmeyebilmektedir.

Üretici firmalar, özellikle küçük çaplı imalathanelerde faaliyet gösterenler, üretim sırasında herhangi bir standart göz önüne alınmadan tamamen daha çok kâr ve daha ucuz maliyet anlayışıyla çalıştıkları gözlenmiştir. Bu durum, kalitesiz ve kısa ömürlü ürünlerin piyasaya sunulması ve müşteri memnuniyetsizliği gibi sonuçlar doğurmaktadır.

Güneşlenme süresi ve güneş ışınımı şiddetinin yüksek olduğu Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde, genel olarak düzlemsel kollektörlü açık sistemler tercih edilmektedir. Hem düşük maliyetli olması hem de bölgenin güneşlenme açısından zengin olması tüketicinin verimlilik ve kaliteden çok, düşük fiyata önem verdiğini göstermiştir.

#### **4.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin geri ödeme sürelerinin hesabı**

Paranın zaman değerini göz önüne almayan ve basit olması nedeni ile en yaygın olarak kullanılan yöntem, geri ödeme süresi yöntemidir. Bu yöntemde geri ödeme süresi, yatırım miktarının yıllık net kâra bölünmesiyle bulunur. Geri ödeme süresi yöntemi, küçük miktarlardaki yatırımlarda veya yatırımla ilgili ilk ön görüş elde edilmek istendiğinde rahatlıkla kullanılabilir. Ancak faiz oranlarının ve enflasyonun yüksek olduğu durumlarda yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bu durumlarda paranın zamana bağlı değerlerini dikkate alan yöntemler kullanılmalıdır ( Karakoç, 1997 ).

Enerji ekonomisinde hiçbir zaman yüzde yüz kesin bir ekonomik analiz veya geri ödeme süresi hesaplaması yapılamaz. Ancak sistemin ve yatırım miktarının maliyet büyüklüğüne göre çeşitli parametreler bir arada ele alınarak ve risk faktörü de eklenerek sağlıklı bir analiz yapılabilir (Kayalı, 1992).

Sistemin yaklaşık geri ödeme süresini hesaplayabilmek için yaklaşık bir maliyet tespiti yapabilmemiz gerekecektir. Piyasaya arz edilen güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin, bölgesel ihtiyaçlara göre, farklı malzeme ve farklı tasarım seçenekleri mevcuttur. Bu farklılıklar ise fiyatlara doğrudan yansımaktadır. Örnek olarak, Güneydoğu Anadolu bölgesi için üretilecek bir güneş enerjili su ısıtma sistemi ile Doğu Anadolu veya Karadeniz bölgesi için üretilecek sistemler tip, malzeme ve fiyat olarak farklılıklar arz etmektedir. Bu çalışmada, hesaplamalarda yapılan fiyat araştırmalarının ortalama değerleri göz önüne alınmıştır.

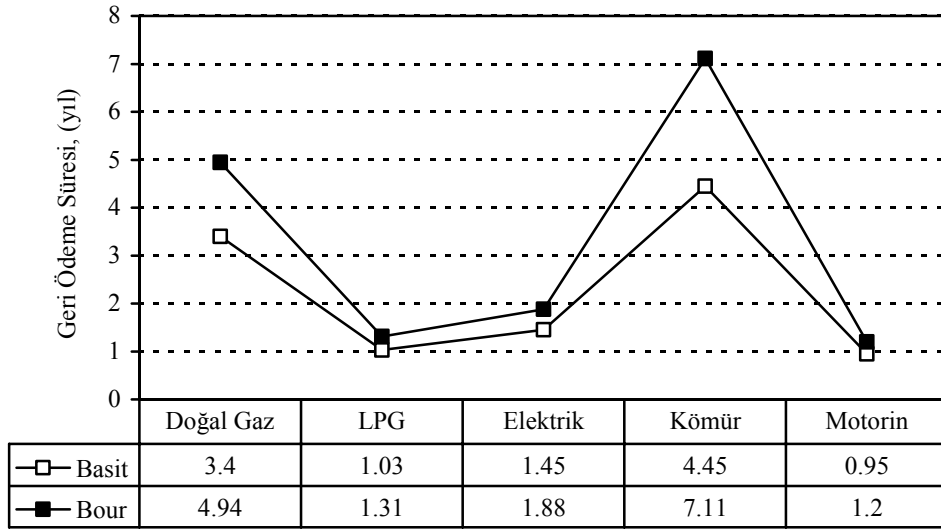
İşletmenin güneş enerjili su ısıtma sistemi kullanmadan önceki tercih ettiği yakıt türüne göre farklı geri ödeme süreleri olacaktır. Örneğin seçilen uygulamada kapalı tip zorlamalı sistem toplam maliyeti 23000 YTL’dir ve su ısıtma için doğal gazlı bir sistem kullanıldığında yıllık toplam yakıt bedeli de 6814 YTL’dir. Bu durumda;

Geri Ödeme Süresi = Yatırım Miktarı / Yıllık Net Kâr ifadesinden  $23000 / 6814 = 3.4$  yıl olarak tespit edilir.

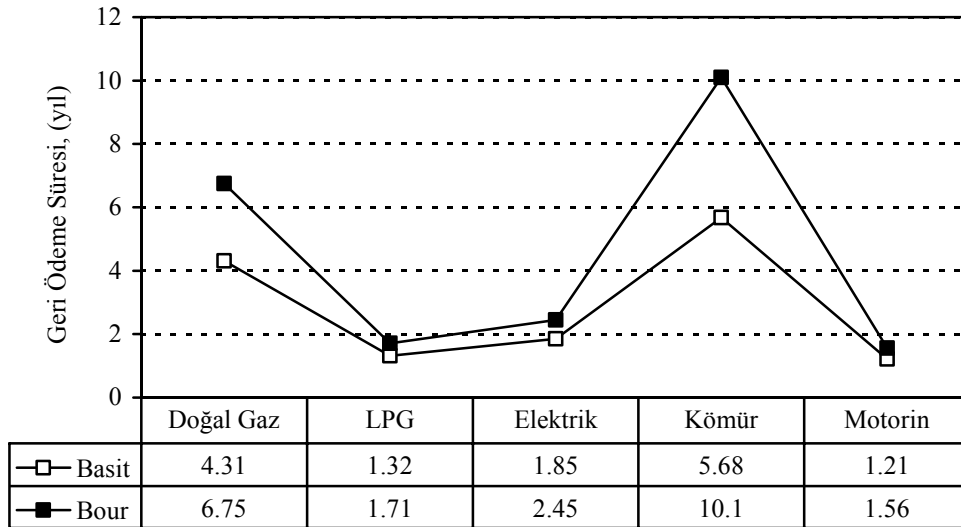
Örnek uygulamada güneş enerjili su ısıtma sisteminin, yakıt türlerine göre geri ödeme süresi, basit hesap yöntemi ve yıllık faiz ve enflasyon oranlarını da göz önüne alan Bour yöntemiyle (Kayalı,1992) hesaplanmıştır.

Basit hesaplama yönteminde elde edilen geri ödeme süreleri ile Bour’un geliştirdiği yöntemle yapılan hesaplama sonucu elde edilen geri ödeme süresi değerleri arasında çok fark olmamasına rağmen, faiz ve enflasyon değerlerinin çok yüksek olması gibi durumlarda Bour modeli daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Örnek uygulama için basit ve Bour yöntemine göre

geri ödeme sürelerinin kullanılan yakıtta göre değişimi, panel kollektörlü ve vakum tüplü GESIS için sırasıyla; Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



**Şekil 5.** Yakıt türlerine göre pompalı düzlemsel kollektör sistemin basit ve Bour yöntemi ile hesaplanan geri ödeme süreleri



**Şekil 6.** Yakıt türlerine göre vakum tüplü sistemin basit ve Bour yöntemi ile hesaplanan geri ödeme süreleri

Şekil 5'ten de görüleceği gibi işletmenin güneş enerjili su ısıtma sistemi kullanmadan önce tercih ettiği yakıt türüne göre farklı geri ödeme süreleri olacaktır. Enerji ihtiyacı motorin veya LPG kullanan bir sistemle karşılandığında geri ödeme süresi 1 yıl gibi kısa bir süre olmaktadır. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin ortalama ekonomik ve teknolojik ömürleri 10 yıl olduğu düşünülürse, en ucuz yakıt olarak görülen doğal gaz ve kömürde bile geri ödeme süresi basit yöntemle göre 5 yılı aşmamaktadır. Vakum tüplü GESIS tercih edildiğinde ise geri ödeme sürelerinin arttığı Şekil 6'dan görülebilir.



## 5. BİLGİSAYAR PROGRAMI YARDIMI İLE GESİS'LERİN ANALİZİ

GESİS'lerin analizi için Delphi Borland programlama dili ile yazılmış olan bir program geliştirilmiştir. GESİS ismindeki programın amacı, bölgesel farklılıkları da göz önüne alarak, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin maliyeti, boyutları ve geri ödeme süreleri hakkında yaklaşık bir fikir vermektir. Şekil 7'de görüldüğü gibi, program kullanıcıdan bazı parametreler isteyerek sistemlerin yaklaşık maliyetini ve geri ödeme sürelerini aynı ekranda vermektedir. Program istenirse sonuçları rapor halinde de sunabilmektedir.

The screenshot shows the GESIS software interface with the following data:

**Sistem Kullanılacağı yer:** Konut (selected), Otel, Atölye

**Kullanılan Yakıt Cinsi:** LPG, Doğalgaz, Elektrik (selected), Kömür, Motorin

**Fiyatlar:** 2.6, 0.6, 0.16, 0.25, 2.5

**İl:** ŞANLIURFA

**Döviz Kuru (USD):** 1.65 YTL

**Kullanım Suyu Sıcaklığı:** 50

**Günlük Su Tüketimi:** 75 Lt / Kişi

**Kişi Sayısı:** 100

**Kullanım Dönemi:** Yıl Boyu

**Hesapla** (button)

**Kollektör Yüzey Alanı:** 94.94 m<sup>2</sup>

**Kollektör Sayısı:** 56.00 Adet

**Vakum Tüp Sayısı:** 1187.00 Adet

**Depo Hacmi:** 5697.00 L

**Geri Ödeme Süreleri:**

- Düzlemsel Kollektörlü Kapalı Sistem: 1.66 Yıl
- Düzlemsel Kollektörlü Açık Sistem: 1.49 Yıl
- Vakum Tüplü Sistem: 2.66 Yıl
- Vakum Tüplü Isı Borulu Sistem: 3.42 Yıl

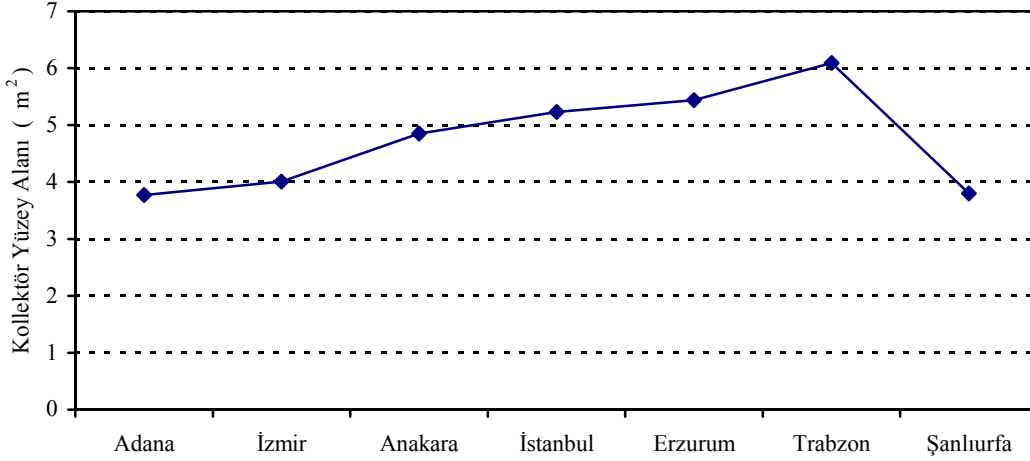
**Sistem Maliyeti:**

Sistem	YTL	USD
Düzlemsel Kollektörlü Kapalı Sistem	25918.94	15708.45
Düzlemsel Kollektörlü Açık Sistem	23327.04	14137.60
Vakum Tüplü Sistem	41545.00	25178.79
Vakum Tüplü Isı Borulu Sistem	53415.00	32372.73

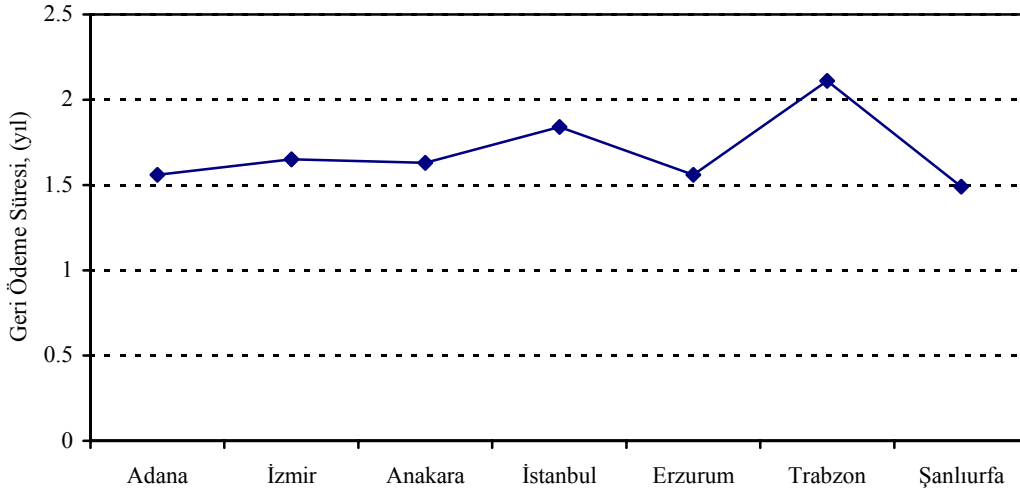
**Rapor** (button) **Kapat** (button)

Şekil 7. Geliştirilen GESİS Programı.

Dört kişilik bir konutun sıcak su ihtiyacını ( kişi başına günlük 75 litre su tüketimi ve güneş enerjisi yerine elektrik enerjisi ile sıcak su temini yapıldığı varsayılarak ) karşılayacak bir düzlemsel kollektörlü bir GESİS'in her bölgeyi temsil eden illere göre, GESİS programı yardımıyla hesaplanan kollektör yüzey alanlarının ve geri ödeme sürelerinin değişimi Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi en düşük kollektör alanı ve geri ödeme süreleri Adana ve Şanlıurfa illerinde çıkmasına karşın, en yüksek değerler Trabzon'da tespit edilmiştir.



**Şekil 8.** Kollektör yüzey alanının bölgelere göre değişimi



**Şekil 9.** Sistemin geri ödeme süresinin bölgelere göre değişimi

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknik ve ekonomik analizi Türkiye şartları için yapılmış ve GESIS'lerin genel durumları araştırılmıştır. Bu çalışma sonucu elde edilen araştırma sonuçları ve öneriler aşağıda özetlenmiştir;

- 1- Teknolojik olarak tüm güneş enerjili su ısıtma sistemleri ülkemizde tatmin edici bir düzeyde bulunmaktadır. Ancak, bölge ve kullanım şartları göz önüne alınmadan yapılan yanlış ve bilinçsiz sistem seçimi tüketicilerde zaman zaman şikayetlere neden olmaktadır. Ayrıca, tüketici tercihini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de maliyettir. Bundan dolayı, en çok tercih edilen ürün, en ucuz olan klasik düzlemsel kollektörlü açık sistemlerdir.
- 2- Ülkemize ithal yoluyla gelmekte olan vakum tüplü sistem uygulamaları son yıllarda yaygınlaşmakta olup, genellikle ısı borusuz vakum tüp-depo şeklinde piyasaya arz edilmektedir. Vakum tüplü kollektör uygulamasının veriminin düşük olması, yeterli

- sıcak su deposu hacmine sahip olmaması ve bunun da kalabalık aileler için veya sıcak su tüketimi fazla olan yerler için yetersiz olması nedeniyle rağbet görmemiştir. Pazarlama firmalarının gölgede, bulutlu havada bile sıcak su üretebilen sistem olarak piyasaya yanlış tanıtım yapmaları, fakat sistemin bu beklentilere cevap verememesi ve klasik düz kollektörlü sistemlere göre çok pahalı olması talebi düşürmüştür. Kullanımı yaygınlaşmamıştır.
- 3- GESIS'lerin yeterli olmadığı durumlarda ek enerji kaynağı olarak kömür ve doğal gaz kullanılması daha ekonomik gözükmektedir. Çevresel sorunlar ve doğal gazın kullanılmasındaki yaygınlaşma göz önüne alındığında, ek sistemin doğal gazlı olması daha avantajlı ve ekonomik olacaktır. Fakat mevcut şartlarda ise ek enerji kaynağı olarak elektrik kullanılmaktadır.
  - 4- Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin, yakıt türlerine göre geri ödeme süresi, basit hesap yöntemi ve yıllık faiz ve enflasyon oranlarını da göz önüne alan Bour yöntemiyle hesaplanmıştır. Basit hesaplama yönteminde elde edilen geri ödeme süreleri ile Bour'un geliştirdiği yöntemle yapılan hesaplama sonucu elde edilen geri ödeme süresi değerleri arasında çok fark olmamasına rağmen, faiz ve enflasyon değerlerinin çok yüksek olması gibi durumlarda Bour modeli daha sağlıklı sonuçlar verecektir.
  - 5- Ülkemizde güneş enerjili su ısıtma sistemleri daha çok konutlarda tercih edilmektedir. Sanayide ve büyük işletmelerde genellikle elektrik ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarından faydalanılmaktadır.
  - 6- GESIS'lerin arz talep dengesi, fiyatları, teknolojileri, malzeme kalitesi ve tüketici istek ve şikayetleri ile ilgili konularda üretici firmalar ve bayilerle çeşitli yazışma ve görüşmeler yapılmıştır. Ürün çeşitliliğinin yanı sıra çok farklı ekonomik düzeylere göre şekillenen bir arz durumu olduğu gözlenmiştir. Bölgesel gelir farklılıkları ve güneşlenme sürelerine bağlı olarak tüketici profili de her bölgede farklı olabilmektedir. Farklı bölgeler için farklı ürün talebi de olmaktadır. Bir bölgede çok fazla tercih edilen bir ürün başka bir bölgede tercih edilmeyebilmektedir. Üretici firmalar, özellikle de küçük çaplı imalathanelerde, üretim sırasında herhangi bir standart göz önüne alınmadan tamamen daha çok kâr ve daha ucuz maliyet anlayışıyla çalışmaktadır. Bu durum, kalitesiz ve kısa ömürlü ürünlerin piyasaya sunulması ve müşteri memnuniyetsizliği gibi sonuçlar doğurmaktadır. Güneşlenme süresi ve güneş ışınımı şiddetinin yüksek olduğu Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde, genel olarak düzlemsel kollektörlü açık sistemler tercih edilmektedir. Hem düşük maliyetli olması hem de bölgelerin güneşlenme süresi açısından zengin olması, tüketicinin verimlilik ve kaliteden çok, düşük fiyata önem verdiğini göstermiştir. Bölgelerde yerel firmalara ait ürünlerin daha çok kullanıldığı ve tercih edildiği belirlenmiştir. Yerel firmaların çoğunun küçük atölyelerde sistem montajı yaptığı, Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin olmadığı gözlenmiştir. Bunun yanında ülkemizde güneş enerjisi uygulamaları alanında araştırma ve geliştirme birimleri olan ciddi firmalar da bulunmaktadır. Bazı firmaların ise yurtdışından basit sistemler de dahil olmak üzere karmaşık sistemleri ithal ederek sektörde faaliyet gösterdiği belirlenmiştir.
  - 7- Geliştirilen GESIS bilgisayar programı yardımı ile GESIS'lerin maliyet, boyutlandırma ve geri ödeme süreleri rahatlıkla hesaplanabilir.
  - 8- Bir GESIS, bölgeden bölgeye farklılık arz eden bir kollektör yüzey alanına ihtiyaç duymaktadır. Daha az kollektör yüzey alanı gereken bölgeler doğal olarak daha çok güneş ışınımı alan yerlerdir. Örneğin aynı sıcak su ihtiyacına sahip bir konut için Şanlıurfa'da 3.8 m<sup>2</sup> olan gerekli kollektör yüzey alanı Trabzon'da 6.09 m<sup>2</sup>'dir. Yani güneyden kuzeye doğru yıllık güneş ışınımı şiddeti düşmekte ve gerekli kollektör

yüzey alanı ihtiyacı da artmaktadır. Bunun sonucunda yıllık güneş ışınım şiddeti fazla olan bölgelerde daha düşük maliyetli GESİS ile sıcak su elde etmek mümkün olmaktadır. Kollektör yüzey alanı ihtiyacına paralel olarak bir GESİS'in maliyeti de bölgeler arasında farklılıklar oluşturmaktadır. Bu da güneş ışınım şiddeti daha az olan bölgelerde GESİS'lerin kullanım oranını düşürmektedir. Bu durumu önlemek ve GESİS'lerin kuzey, doğu ve iç bölgelerde de daha yaygın kullanımını sağlamak için bu bölgelerdeki üreticilere teşvik amaçlı vergi indirimi uygulanarak ulusal düzeyde enerji tasarrufuna katkı sağlanabilir.

- 9- GESİS'lerin farklı uygulamalarının tümü şüphesiz bir kazanım sağlamaktadır. En basit ve en düşük maliyetli sistemin bile yaptığı yıllık enerji tasarrufu küçümsenemez. Burada asıl önemli olan bütün konutlarda (düşük verimli, ucuz ve basit sistem bile olsa) bir güneş enerjili su ısıtma sisteminin kullanılmasıdır. Fakat güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kullanım oranı ülkemizdeki konut sayısına göre çok geridedir. Bazı ülkelerde uygulanan ekonomik teşvikler veya vergi indirimi uygulamaları ile ülkemizde de güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kullanılması teşvik edilebilir.
- 10- Bazı ülkelerde uygulandığı gibi, yeni yapılan konutlara güneş enerjili su ısıtma sistemi zorunluluğu getirilerek güneş enerjisinden daha çok faydalanma sağlanmalıdır.
- 11- Ülkemizde güneş enerjili su ısıtma sistemleri konusunda maliyetler ve teknolojiler açısından herhangi bir sıkıntı yoktur, fakat tüketicilerin bilinçlenmesi için daha çok tanıtım ve teşvik gerekmektedir. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin bir lüks değil bir ihtiyaç olduğu bilinci geliştirilmelidir. Çevresel sorunlara duyarlılık geliştirilerek bu tip sistemlerin kullanılması özendirilmelidir.
- 12- Mimari açıdan görüntü kirliliği oluşturmaması için GESİS'lerin binadaki konumları projelendirme aşamasında belirlenmeli ve mimari projelendirme ile beraber bir bütün olarak ele alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Hepbaşlı A., Utlu Z., 2004. Evaluating the energy utilization efficiency of Turkey's renewable energy sources during 2001. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8:237–255.
- Hsieh J.S., 1986. *Solar Energy Engineering*, Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA.
- Karakoç T.H., 1997. *Enerji Ekonomisi*, Demirdöküm Yayınları, İstanbul.
- Kayalı R., 1992. Yalıtımlı ve yalıtımsız güneş havuzlarının Çukurova bölgesi şartlarında ekonomik analizi. *Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi*, 4(1):95-100.
- Kaygusuz K., 2002. Renewable and sustainable energy use in Turkey: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6:339–366.
- Kılıç A., Öztürk, A., 1983. *Güneş Enerjisi*. Kipaş Dağıtımçılık, Cağaloğlu-İstanbul.
- Mijovic S., 1999. Solar water heating analysis for Yugoslavia. *Renewable Energy*, 17: 49-59.
- Tırıs M., Tırıs Ç., Erdallı Y., 1997. *Güneş enerjili su ısıtma sistemleri*, Tübitak-MAM, Gebze.
- TS 3817, 1994. *Güneş Enerjisi- Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uyarel Ay., Öz E., 1987. *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*. Birsan Yayınevi, İstanbul.