**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN TEKNO-EKONOMİK ANALİZİ

**Hasan ŞAHİN**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**

**2006**

Doç. Dr. Hüsamettin BULUT danışmanlığında, Hasan ŞAHİN'in hazırladığı "Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analizi" konulu bu çalışma 18/ 09/ 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Hüsamettin BULUT

Üye: Doç. Dr. Murat KAÇIRA

Üye: Y. Doç. Dr. Rafet KARADAĞ

**Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Prof. Dr. İbrahim BOLAT**
**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖZ..... i
ABSTRACT..... ii
TEŞEKKÜR..... iii
SİMGELER DİZİNİ..... iv
ÇİZELGELER DİZİNİ..... vi
ŞEKİLLER DİZİNİ..... vii
1. GİRİŞ..... 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... 6
3. MATERYAL ve YÖNTEM..... 10
3.1. Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemleri..... 10
3.2. Devre Tiplerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri..... 11
3.2.1. Açık dolaşımlı devre..... 11
3.2.2. Kapalı dolaşımlı devre..... 12
3.3. İşletme Türlerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri..... 13
3.3.1. Doğal dolaşımlı sistemler..... 13
3.3.2. Zorlamalı dolaşımlı sistemler..... 14
3.3.3. Yardımcı ısı üreticili sistemler..... 15
3.4. Depo Yerleşim Şekillerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri..... 16
3.4.1. Yatay depolu güneş enerjili su ısıtma sistemleri..... 16
3.4.2. Dikey depolu güneş enerjili su ısıtma sistemleri..... 16
3.4.3. Çatı tipi güneş enerjili su ısıtma sistemleri..... 17
3.4.4. Avustralya tipi güneş enerjili su ısıtma sistemleri..... 18
3.5. Kollektör Tiplerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri..... 19
3.5.1. Bakır veya alüminyum borulu düzlemsel kollektörlü sistemler..... 19
3.5.2. Vakum tüplü güneş kollektörleri..... 20
3.5.3. Isı borulu vakum tüplü (kapalı sistem) güneşli su ısıtıcıları..... 23
3.5.4. Vakum tüplü ( açık sistem) güneş enerjili su ısıtma sistemleri ..... 25
3.6. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması..... 27
3.6.1. Doğal dolaşımlı sistemler..... 28
3.6.2. Pompalı ( zorlama dolaşımlı ) sistemler..... 29
3.6.3. Vakum tüplü sistemler..... 29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... 31
4.1. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Projelendirmesi..... 31
4.1.1. F-Chart yöntemi..... 32
4.1.2. Kollektör yüzeyinin belirlenmesi yöntemi..... 38
4.2.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin ekonomik analizi..... 43
4.2.2. Sıcak su ihtiyacının diğer enerji kaynaklarından karşılanması..... 43
4.2.3. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin geri ödeme süresi..... 46
4.2.3.1. Panel kollektörlü kapalı zorlamalı sistem için..... 48
4.2.3.2. Vakum tüplü zorlamalı sistem için..... 56
4.3.1. Konutlarda GESIS lerin ekonomik analizi ve geri ödeme süresi..... 60
4.3.1.1. Panel kollektörlü sistem maliyeti..... 62
4.3.1.2. Vakum tüplü sistem maliyeti..... 66
. 4.2. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Pazar Analizi..... 68
4.2.1. Piyasaya en fazla arz edilen ürün çeşitleri..... 73
4.2.2. Bilgisayar programı yardımı ile GESIS analizi..... 76
4.2.3. Bir GESIS' in coğrafi bölgelere göre maliyet ve geri ödeme süreleri..... 80
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... 88
5.1. Sonuçlar..... 88
5.2. Öneriler..... 91
KAYNAKLAR..... 92

ÖZGEÇMİŞ…… 94
EK 1 .. ……..…. 95
EK 2 ……... 102
EK 3 ……... 103
ÖZET…….. 105
SUMMARY……... 106

# ÖZ

**Yüksek Lisans Tezi**

**GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN TEKNO-EKONOMİK ANALİZİ**

**Hasan ŞAHİN**

**Harran Üniversitesi**
**Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Makine Mühendisliği**
**Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Hüsamettin BULUT**
**Yıl: 2006, Sayfa: 106**

Bu çalışmada, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknik ve ekonomik analizi yapılarak bölgelere göre sistemlerin teknik ve ekonomik uygunluğu araştırılmıştır. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerindeki, yeni teknolojiler, bölgesel tercihler ve son gelişmeler araştırılarak ülkemizdeki durum genel hatlarıyla ortaya konulmuştur. Ekonomik analiz için Türkiye'de piyasada satılan sistemlerin ortalama maliyetleri göz önüne alınarak, geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Vakum tüplü sistemler, vakum tüplü ısı borulu sistemler, düzlemsel kollektörlü sistemler karşılaştırılarak biri birine göre avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Son olarak, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin seçimi ve projelendirmesi için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program ile sistemin kurulacağı yere uygunluğu, sistem tipi, sistemin tüm elemanlarının boyutları, yaklaşık maliyetleri ve geri ödeme süresi hesaplanarak rapor edilebilmektedir. Sonuç olarak, ülkemizde düzlemsel kollektörlü su ısıtma sistemlerinin tüm bölgelerde kullanıldığı, geri ödeme sürelerinin ve teknolojik seviyelerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, vakum tüplü sistemlerin piyasada yaygınlaşmaya çalıştığı görülmektedir. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknolojik ve ekonomik ömürleri ortalama on yıldır. Bu nedenle sistemlerin ülke ekonomisine katkısı küçümsenemez.

**ANAHTAR KELİMELER:** Güneş enerjisi, maliyet, geri ödeme, sıcak su.

**ABSTRACT**

**MSc. Thesis**

**TECHNO-ECONOMICAL ANALYSIS OF SOLAR WATER HEATING SYSTEMS**

**Hasan ŞAHİN**

**Harran University**
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**Department of Mechanical Engineering**

**Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hüsamettin BULUT**

**Year: 2006, Page: 106**

In this study, technical and economical feasibility of solar water heating systems for geographical regions of Turkey were investigated based on techno economical analysis. The current status of these systems in Turkey in terms of new technologies, regional preferences and latest developments were reviwed. Payback time for the systems was determined by taking average market prices of the existing systems into consideration in the economical analysis. Advantages and disadvantages of the flat plate collectors, vacuum tube and heat pipe vacuum tube systems were determined with comparisions. A computer program was developed in order to design and select the appropriate system for particular application in a region. The program is capable of reporting the system type, system characteristics, approximate costs and payback time based on the regional and applicational selections. The results showed that flat plate collector hot water systems are used commonly in Turkey and the payback time and technological status of this systems is acceptable and feasible. It was also found that the vacuum tube systems are becoming popular in the country.

**KEY WORDS** : Solar energy, cost, payback, hot water.

# TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, benden desteğini esirgemeyen, sabırla yol gösteren danışmanım sayın Doç. Dr. Hüsamettin BULUT'a, bilgisayar yazılımı konusunda, yoğun mesaisine rağmen bana zaman ayırarak yardımcı olan sayın Y. Doç. Dr. Ömer AKGÖBEK'e, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin piyasa şartları ve üretimi konusunda bilgilerini saklamayan Ortadoğu Şirketler Topluluğu satış ve pazarlama müdürü sayın İbrahim EVRAN'a, eski üretim müdür sayın Mehmet SÜZERGÖZ'e ve Baymak Güneş Enerjisi Sistemleri bayii Aktif Yapı müdürü sayın Ahmet SEZER'e, özellikle vakum tüplü sistemler ile ilgili bilgi ve belge gönderen, Jiaxing Electrical Appliances Co. Ltd. ve Fanrong Solar Co. Ltd. 'ye, tez savunma jürisinde görev alarak yapıcı katkılarından dolayı jüri üyeleri sayın Doç. Dr. Murat KAÇIRA'ya ve sayın Y. Doç. Dr. Rafet KARADAĞ'a teşekkürlerimi sunarım.

# SİMGELER DİZİNİ

| | |
|---|---|
| B | Paranın bugünkü değeri |
| f | Her faiz periyodunda faiz oranı |
| n | Faiz periyodu sayısı |
| Z | Proje için yatırılan paranın p yıl sonraki değeri |
| C | Proje için yatırılan para |
| R | Yıllık faiz oranı |
| F | Ekonomide görülen enflasyon |
| Y | Sistemden elde edilen yıllık gelir |
| D | Y nin bankaya yatırılması halinde p yıl sonra getireceği gelir |
| E | Enerji fiyatlarında görülen enflasyon |
| G | Gelecekteki bir yıldaki para miktarı |
| $m$ | Isıtılacak su miktarı |
| $c$ | Suyun ısınma ısısı |
| $f$ | Faydalanma oranı |
| L | Aylık toplam ısı yükü |
| N | Aydaki gün sayısı |
| I | Kollektör üzerine gelen güneş enerjisi |
| Q | Sıcak su ihtiyacı için gerekli enerji |
| K | Kollektör Isı Kayıp Katsayısı |
| k | Yalıtım malzemesi ısı transfer katsayısı |
| s | Kollektör eğimi |
| h | Konveksiyon ısı kayıp katsayısı |
| V | Rüzgar hızı |
| $Q_k$ | Işınım taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı |
| $Q_d$ | Depolanan enerji |
| $Q_f$ | Akışkana geçen enerji |
| $T_{çev}$ | Çevre sıcaklığı |
| $T_{su}$ | Servis suyu sıcaklığı |
| $T_{şeb}$ | Şebeke suyu sıcaklığı |
| $K_{üst}$ | Kollektörde üstten olan ısı kayıp katsayısı |
| $\varepsilon_L$ | Yutucu yüzeyin ışınım yayma oranı |

| | |
|---|---|
| $\varepsilon_s$ | Saydam örtünün ışınım yayma oranı |
| $T_y$ | Yutucu yüzey çevre sıcaklığı |
| $U_L$ | Kollektör toplam ısı kayıp kat sayısı |
| $A_c$ | Kolektör Alanı |
| $F_R{}'$ | Kolektör ısı değiştirici verim faktörü |
| $\Delta t$ | Bir aylık toplam süre |
| $T_{ref}$ | Referans sıcaklığı ( 100 ° C ) |
| $Q_s$ | Sıcak su enerji ihtiyacı |
| $TRA$ | Kollektör birim yüzeyine gelen aylık ortalama güneş enerjisi |
| $Q_G$ | Enerji ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanan kısmı |
| $Q_Y$ | Enerji ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanmayan kısmı |
| $M_Y$ | Yakıt Miktarı |
| $Q_y$ | Yıllık Enerji İhtiyacı |
| $H_y$ | Yakıtın Alt Isıl Değeri |
| $H_t$ | Kolektör birim yüzeyine gelen aylık ortalama güneş ışınımı |
| $F_Y$ | Yakıt Bedeli |
| $Y_f$ | Yakıt Fiyatı |
| $(\tau.\alpha)$ | Kollektör yutma geçirme çarpımı |
| $\eta$ | Kollektör verimi |
| $\beta$ | Kollektör eğim açısı |

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**


| | |
|---|---|
| Çizelge 1.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli…… | 3 |
| Çizelge 1.2. Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı…….. | 4 |
| Çizelge 3.1. GESIS'lerin teknolojik ve ekonomik karşılaştırılması……..... | 27 |
| Çizelge 4.1. Vakum tüplerin yaklaşık sıcak su kapasiteleri ve toplam emici yüzey alanları……. | 42 |
| Çizelge 4.2. Yakıt ısıl değerleri, yanma verimi ve birim fiyatları…..……. | 44 |
| Çizelge 4.3. Aylara göre enerji ihtiyacı karşılanma oranı..... | 44 |
| Çizelge 4.4. Yıllık yakıt miktarı ve yakıt tutarı…… ……..... | 45 |
| Çizelge 4.5. Ortalama sistem ve malzeme fiyatları……..... | 48 |
| Çizelge 4.6. Örnek konut için yıllık yakıt tutarı ve yıllık yakıt maliyetleri……... | 62 |
| Çizelge 4.7. Cam çeşitleri ve özellikleri…… | 96 |
| Çizelge 4.8. İllerin güneş ışınımı değerleri ve şebeke suyu sıcaklıkları…… | 103 |

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


| | |
|---|---|
| Şekil 1.1. Belidor güneş pompası…….. | 2 |
| Şekil 3.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması…….. | 10 |
| Şekil 3.2. Açık dolaşımlı devre……... | 11 |
| Şekil 3.3. Doğal dolaşımlı kapalı güneşli su ısıtıcıları…… | 13 |
| Şekil 3.4. Zorlamalı dolaşımlı kapalı güneşli su ısıtıcıları……. | 14 |
| Şekil 3.5. Yardımcı ısı üreticili pompa dolaşımlı kapalı güneşli su ısıtıcıları……..... | 15 |
| Şekil 3.6. Yatay depolu güneşli su ısıtıcıları……... | 16 |
| Şekil 3.7. Dikey depolu güneşli su ısıtıcıları…….. | 17 |
| Şekil 3.8. Çatı tipi depolu güneşli su ısıtıcıları……... | 18 |
| Şekil 3.9. Avustralya tipi depolu güneşli su ısıtıcıları…… | 19 |
| Şekil 3.10. Bakır veya alüminyum borulu panel kollektör……. | 20 |
| Şekil 3.11. Baryum tutucu…….. | 21 |
| Şekil 3.12. Soldaki tüp hatasız, sağdaki tüp hatalı üretilmiş…….. | 21 |
| Şekil 3.13. Vakum tüplü güneş kollektörü…….. | 22 |
| Şekil 3.14. Borosilikat vakum tüp……... | 23 |
| Şekil 3.14.a. Vakum tüp ısı borusu uygulaması…….. | 24 |
| Şekil 3.15. Bakır ısı borulu vakum tüp……... | 25 |
| Şekil 3.16. Açık sistem vakum tüp borulu güneşli su ısıtıcısı…… | 26 |
| Şekil 3.17. Vakum tüplü ısı borulu sistem kollektör yerleşimi……... | 27 |
| Şekil 4.1a. Kollektör verim eğrisi……... | 35 |
| Şekil 4.1b. Vakum tüplü kollektör verim eğrisi…….. | 35 |
| Şekil 4.2. f faydalanma oranının aylara göre değişimi…….. | 38 |
| Şekil 4.3. Fk kollektör yüzeyinin ( m² ) aylara göre değişimi…… | 42 |
| Şekil 4.4. Yakıt türlerine göre sistemin geri ödeme süresi……. | 51 |
| Şekil 4.5. Yakıt türlerine göre sistemin ( Bour yöntemi ile ) geri ödeme süresi…… | 55 |
| Şekil 4.6. Yakıt türlerine göre sistemin Bour ve basit yöntem ile geri ödeme süresi……. | 56 |
| Şekil 4.7. Yakıt türlerine göre sistemin Bour ve basit yöntem ile geri ödeme süresi……. | 59 |
| Şekil 4.8. Fk kollektör yüzeyinin ( m² ) aylara göre değişimi……... | 61 |
| Şekil 4.9. Yakıt türlerine göre sistemin geri ödeme süresi……. | 63 |
| Şekil 4.10. Bour yöntemi ile basit yöntem geri ödeme süreleri…….. | 66 |
| Şekil 4.11. Yakıt türlerine göre vakum tüplü sistemin geri ödeme süresi…….. | 67 |
| Şekil 4.12. Bilgisayar programında gerekli giriş parametreleri…….. | 77 |
| Şekil 4.13. Programın hesapladığı değerler…… | 78 |
| Şekil 4.14. Adana'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması….. | 81 |
| Şekil 4.15. İzmir'de 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması …… | 81 |
| Şekil 4.16. Ankara'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması…. | 82 |
| Şekil 4.17. İstanbul'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması… | 83 |
| Şekil 4.18. Erzurum'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması... | 83 |
| Şekil 4.19. Trabzon'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması ... | 84 |
| Şekil 4.20. Şanlıurfa'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması .. | 84 |
| Şekil 4.21. Kolektör yüzey alanının ( m² ) bölgelere göre değişimi……... | 85 |
| Şekil 4.22. Sistem maliyetinin bölgelere göre değişimi……. | 86 |
| Şekil 4.23. Sistemin geri ödeme süresinin bölgelere göre değişimi…….. | 87 |

# 1. GİRİŞ

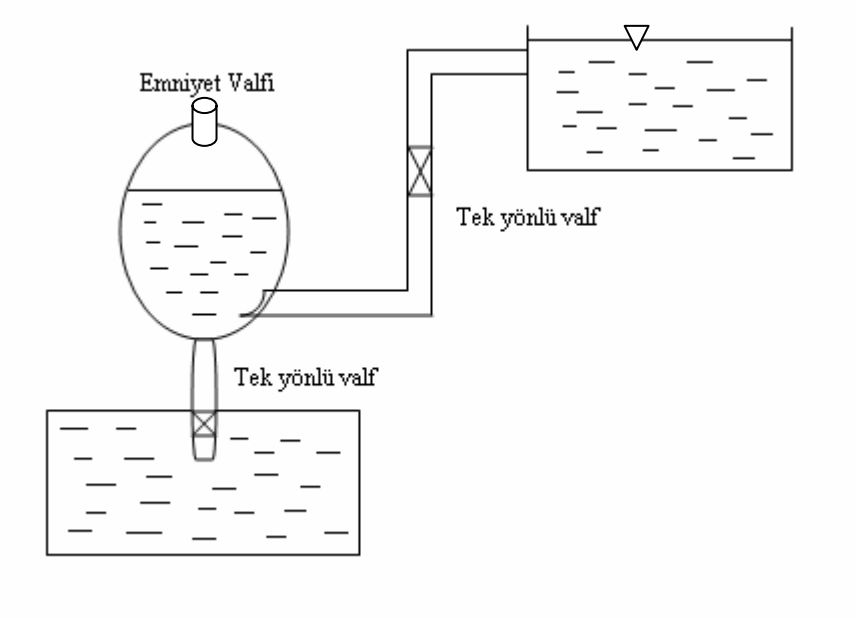
Çağımızda enerji en önemli gelişmişlik ve rekabet gücü göstergesi haline gelmiştir. Gelişmiş ülkeler enerji maliyetlerini düşürmek ve gelecekteki enerji ihtiyaçlarını garanti altına almak için araştırma geliştirme çalışmalarına büyük yatırımlar yapmaktadırlar. Son yıllarda hidrojen enerjisi ve güneş enerjisinden elektrik üretimi konularında çok yoğun çalışmalar devam etmektedir. Bununla birlikte, özellikle fosil enerji kaynaklarını kontrol altına almak için uluslararası alanda gözlenen, askeri ve siyasi hareketlenmeler, konunun önemini daha da iyi ortaya koymaktadır.

Enerji kaynakları azalırken, dünya nüfusunun sürekli artması ve enerjiye bağımlılığı, enerji açığını sürekli büyütecektir. Temel enerji kaynakları tükendiğinde, insanlık daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına yönelmek zorunda kalacaktır. Bunların en önemli ikisi, nükleer enerji ve güneş enerjisidir. Nükleer enerji için en büyük engel, yüksek teknoloji gerektirmesi, maliyetinin yüksek olması ve çevresel kaygılardır. Güneş enerjisi güvenilir bir kaynak olup, yaygın kullanımında yüksek ve özel teknoloji gerektirmemektedir ( Uyarel ve Öz,1987 ) .

Günümüzde özellikle petrol fiyatlarının çok hızlı yükselmesi, güneş enerjisini gittikçe cazip kılmakta ve güneş enerjisinden yararlanan sistemlerin sayısı her geçen gün artmaktadır (Kılıç ve Öztürk,1983) .

Güneş ışınımı asırlardan beri yeryüzüne geldiği halde bilinçli faydalanmaya başlanması oldukça yenidir. Kaynaklara göre, ilk defa Sokrat (M.Ö. 400) evlerin güney yönüne fazla pencere koyarak güneş ışığının içeri girmesini ve kuzey tarafını yüksek yaparak rüzgarın önlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Arschimed'in (M.Ö. 250) iç bükey aynalarla güneş ışığını odaklayarak Sirakuza'yi kuşatan gemileri yaktığı iddia edilmektedir. Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar 1600 yılında Galile'nin merceği bulmasıyla artmıştır. İlk defa Fransa'da, 1725 de, Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir pompa yapılmıştır. Belidor güneş pompasında, (Şekil 1.1) gündüzleri kap içindeki hava ısınarak genleşmekte ve bunun sonucu olarak suya bir kuvvet uygulamakta, tek yollu valf açılarak, su depoya dolmaktadır.

Kap geceleri soğuduğu veya gündüzleri soğutulduğu zaman, kap içindeki basınç atmosfer basıncının altına düşmekte ve valf açılarak su kaba dolmaktadır (Kılıç ve Öztürk,1983) .




Şekil 1.1. Belidor güneş pompası

Fransız bilim adamı Mouchot 1860 da parabolik aynalar yardımıyla güneş ışınımını odaklamış ve küçük bir buhar makinesi yapmıştır (Kılıç ve Öztürk,1983) .

Güneş enerjisinin bilinen üstünlüklerine rağmen günümüzde uygulamalarının az oluşunun sebepleri vardır. Bunlar (Kılıç ve Öztürk,1983) ;

1. Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç olmaktadır.
2. Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Ancak bugünkü teknoloji ile depolama imkanları da sınırlıdır.
3. Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
4. Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması, gölgelenmemesi gerekmektedir.
5. Güneş ışınımından yararlanan bir çok tesisatın ilk yatırım maliyeti yüksektir ve bugünkü teknoloji ile (su ısıtma sistemleri hariç) ekonomik değildir.

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966 - 1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Çizelge 1.1'de verilmiştir (EİE, 2005).

Çizelge 1.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

| Aylar | Aylık Toplam Güneş Enerjisi | | Güneşlenme Süresi |
|---|---|---|---|
| | (Kcal/cm$^2$-ay) | (kWh/m$^2$-ay) | (Saat/ay) |
| Ocak | 4.45 | 51.75 | 103.0 |
| Şubat | 5.44 | 63.27 | 115.0 |
| Mart | 8.31 | 96.65 | 165.0 |
| Nisan | 10.51 | 122.23 | 197.0 |
| Mayıs | 13.23 | 153.86 | 273.0 |
| Haziran | 14.51 | 168.75 | 325.0 |
| Temmuz | 15.08 | 175.38 | 365.0 |
| Ağustos | 13.62 | 158.40 | 343.0 |
| Eylül | 10.60 | 123.28 | 280.0 |
| Ekim | 7.73 | 89.90 | 214.0 |
| Kasım | 5.23 | 60.82 | 157.0 |
| Aralık | 4.03 | 46.87 | 103.0 |
| Toplam | 112.74 | 1311 | 2640 |
| Ortalama | 0.308 kcal/cm$^2$-gün | 3.6 kWh/m$^2$-gün | 7.2 saat/gün |

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge 1.2' de verilmiştir (EİE, 2005).

Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir (EİE, 2005).

Çizelge 1.2. Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

| Bölge | Toplam Güneş Enerjisi ($kWh/m^2$-yıl) | Güneşlenme Süresi (saat/yıl) |
|---|---|---|
| G.Doğu Anadolu | 1460 | 2993 |
| Akdeniz | 1390 | 2956 |
| Doğu Anadolu | 1365 | 2664 |
| İç Anadolu | 1314 | 2628 |
| Ege | 1304 | 2738 |
| Marmara | 1168 | 2409 |
| Karadeniz | 1120 | 1971 |

Türkiye, $36^o$ ve $42^o$ Kuzey enlemleri arasındaki güneş kuşağında bulunmaktadır. Yıllık ortalama güneş ışınımı 3.6 $kWh/m^2$gün ve yıl boyunca ortalama toplam güneşlenme süresi yaklaşık olarak 2640 saattir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeline karşın, düz yüzeyli kolektörler hariç güneş enerjisi yaygın olarak kullanılmamaktadır. Sıcak su üretiminde kullanılan bu kollektörler genellikle güneşli bölgeler olarak bilinen kıyı ve güneydoğu bölgelerinde yaygın olarak bulunmaktadır. 1998 yılında, yaklaşık 3 milyon $m^2$ güneş kollektörü üretilmiştir (Kaygusuz ve Sarı, 2003).

Güneş enerjisi uygulamalarından en yaygını su ısıtma sistemleridir. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanma yeri, suyun ısıtılma şekline, sistemdeki suyun dolaşımına ve amacına göre değişiklik gösterirler. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri (GESIS) 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 sistemlerinin (ki şu anda yagın olarak kullanılmaktadır) daha düşük verimli 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. Ülkemizde ve dünyada üretilmekte olan bir çok değişik sistem mevcuttur. Bu sistemlere olan talebin her geçen gün daha da artması sektörün büyümesine ve kendini teknolojik olarak yenilemesine neden olmuştur. Piyasaya arz edilen ürünler kalite bazında değerlendirildiğinde benzer sistemlerin çok farklı ekonomik ve teknik şartlarda bulunabileceği görülür. Ekonomik değerlendirme ve karşılaştırmalarda bu husus göz önüne alınmalıdır. Güneşli su ısıtma sistemlerinin ana parçası olan kolektörlerdeki gelişmeler ve yeni tip entegre sistemlerdeki değişimler incelendiğinde ortaya karmaşık bir durum çıkmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi sistemlerinin tekno-ekonomik analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amaçlarından biri GESIS'lerini tanıtıp ekonomik analizini yapmaktır. Ayrıca hazırlanan bilgisayar programı ile üretici, bayi ve kullanıcılar için sistem seçiminde yaklaşık bir fikir vermek ve doğru sistem seçimine yardımcı olmaktır. Değişik sistemlerin teknik ve ekonomik avantaj ve dezavantajlarını ortaya koyarak Türkiye şartlarına bölgesel olarak en uygun olan GESIS'leri tespit etmek de çalışmanın temel hedefleri içerisindedir.

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri üzerine yurtiçi ve dışında bir çok çalışma yapılmıştır. Aşağıda konu ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

TMMOB Makine Mühendisleri Odasının Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu Sonuç Bildirgesi'nde güneş enerjisinden daha verimli ve yeterli bir şekilde faydalanmak için ulusal ölçekte alınması gereken tedbirler belirlenmiştir.

Prado ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada Brezilya'da yaygın olarak kullanılan, tek aile için tasarlanmış güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde sıcak su deposu - kollektör optimizasyonunu incelemişlerdir. Çalışmaya göre Brezilya'da üreticilerin kolektör sayısı ve depo hacmi tespitinde kullandıkları tahmini tablolar olduğu ve bunlarında sadece aile fert sayısı ve sıcak su çıkış sayısını baz alarak hazırlandığı ancak bilimsel olmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle bir simülasyon program hazırlanarak uzun süreli iklim şartları göz önüne alınarak optimum kollektör alanı hesaplanmıştır. Doğru kolektör alanı seçimi sonucunda ise kış aylarında bile sıcak su elde edilmesinin mümkün olabileceği belirtilmiştir.

Chang ve ark. (2005), çalışmalarında Taiwan'daki güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kullanım oranı ve devlet tarafından uygulanan özendirme çalışmaları değerlendirilmiştir. Çalışmada, 1986-1990 ve 2000-2004 yıllarında hükümetler tarafından uygulanan teşvik ve özendirme çalışmalarının güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin evsel sıcak su amaçlı kullanımını %97' lere çıkardığını ve kullanılan kollektör yüzey alanı toplamının yaklaşık 1 milyon metre kare olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin ticari amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği belirtilmiştir.

Polat (2002), Erzurum koşullarında konutlar için güneş enerjili kapalı devre sıcak su sistemi kurulması ve ekonomik analizi çalışmasında, yaz-kış çalışan bir sistemin dört bloktan oluşan bir konuta yerleştirilerek performansı izlenmiştir.

Şubat ayı için 587705 kJ/gün, Mart ayı için 864266 kJ/gün, Nisan ayı için 886300 kJ/gün, Mayıs ayı için 1303620 kJ/gün, Haziran ayı için 1404139 kJ/gün ve Temmuz ayı için 1522045 kJ/gün, ortalama yakıt tasarrufu tespit edilmiştir. Çalışmada, Erzurum'da, iyi bir izolasyonla dört mevsim kullanılabilen güneş enerjili su ısıtma sistemi ve kapalı sistemle çalışan sıcak su hazırlama tesisatı kurulmasının mümkün olduğu görülmüştür.

Ülkemizde güneşli sıcak su ısıtıcılar ile ilgili olarak, Nisan 1994 tarihli ve TS 3680 numaralı "Güneş Enerjisi Toplayıcıları" adlı standart ile Aralık 1994 tarihli ve TS 3817 numaralı "Güneş Enerjisi-Su ısıtma Sistemlerinin Yapım Tesisi ve İşletme Kuralları" adlı iki temel standart bulunmakta olup, her ikisi de uyulması zorunlu olmayan biçimde yürürlüktedir. Bu sistemlerde kullanılacak boru bağlantıları için ayrı bir standart da düzenlenmiştir.

TS 3680 numaralı standart düz yüzeyli güneş enerjisi kollektörlerinin tanımına, sınıflandırılmasına ve özelliklerine, numune alma, muayene ve deneyleri ile piyasaya sunum biçimine ilişkindir.

TS 3817 numaralı standart ise, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin projelendirilmesinde, uygulanmasında ve işletilmesinde uyulması gereken kurallara aittir. Tesisatla ilgili çeşitli standartlara atıf yapan hükümler içermektedir. Ancak, temel standartlar tüm teknolojik yeniliklere açık olmadıkları gibi, sistemi bütünlük içinde ele almamakta ve ihtiyacı karşılamada yetersiz kalmaktadırlar.

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin projelendirilmesinde, uygulamasında ve işletilmesinde uyulması gereken kurallar TS 3817'de verilmektedir (TS 3817, 1994).

Sanayi uygulamalarında güneş enerjisi sistemlerinin geri ödeme süreleri Özakçay (1984) tarafından araştırılmıştır. Türkiye'de güneş enerjisi ile endüstriyel amaçlı sıcak su üretiminin ekonomik olabilirlik sınırında olduğunu belirtmiştir. Sistemlerin geri ödeme süreleri yaklaşık 3.5 yıl olarak bulunmuş ve bu sürenin sanayiciler için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu belirtilmiştir.

Bayram (2001), farklı yapım özelliklerine sahip doğal dolaşımlı güneşli su ısıtma sistemlerinin deneysel karşılaştırılmasını yapmıştır. Çalışma da, küçük konutsal su ısıtma sistemlerinde doğal dolaşımlı sistemlerin tercih edilebileceği fakat büyük endüstriyel veya merkezi güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde zorlamalı dolaşımın daha verimli olacağı sonucuna varılmıştır.

Yalçın (2002), klasik borulu tip güneş kollektörü ile prizmatik tip güneş kollektörünün enerji verimliliği açısından deneysel karşılaştırılmasını yapmıştır. Çalışma sonucunda, küçük ölçekli sistemlerde klasik borulu tip kolektörlerin kullanımı tavsiye edilirken, az güneş ışınımı alan bölgelerde kurulacak olan büyük sistemler için prizmatik tip kollektörler tercih edilmesi vurgulanmıştır.

Menlik (1999), tabii sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama tesislerinde direkt ve endirekt sistemlerin performanslarının karşılaştırılmasını yapmıştır. Direkt su ısıtma sistemleri, kış ayalarında donma tehlikesi olmayan bölgelerde ve konutsal küçük sistemlerde tercih edilmesi gerektiği belirtilmiş. Dolaylı dolaşımlı sistemlerin ise daha büyük sanayi amaçlı veya merkezi sistem sıcak su üretim projelerinde ve kış aylarında donma tehlikesi olan bölgelerde verimli olacağı tespit edilmiştir.

Toker (1993), güneş kollektörlü su ısıtma sistemlerinin tasarım ve seçimi için geliştirilen bir tasarım otomasyonu yazılımını geliştirmiştir. Bu çalışmada, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kolektör, sıcak su deposu gibi ana elemanlarının boyutlandırılması ve farklı coğrafi bölgelerin ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde bir sistem seçimi yapılması amaçlanmıştır. Ancak bu çalışmada, sadece bir sistem seçilmiş ve boyutlandırma çalışmaları da sadece bu sistem için hesaplanmıştır. Farklı teknolojiye sahip sistemlerin karşılaştırılması yapılmamıştır.

Çomaklı (1997), düz güneş kollektörlü açık ve kapalı devreli güneş enerjili sıcak su sistemlerinin karşılaştırılmasını yapmıştır. Açık dolaşımlı su ısıtma sistemleri, kış ayalarında donma tehlikesi olmayan bölgelerde ve konutsal küçük sistemlerde tercih edilmesi gerektiği belirtilmiş. Kapalı devre sistemlerin ise daha büyük sanayi amaçlı veya merkezi sistem sıcak su üretim projelerinde ve kış aylarında donma tehlikesi olan bölgelerde kullanılmasının verimlilik ve kullanım kolaylığı açısından daha faydalı olacağı görüşü ileri sürülmüştür.

Akinoğlu ve ark. (1999), yaptıkları çalışmalarında Türkiye'de konutlardaki GESIS'in mevcut durumunu tartışmışlardır. 9 farklı yerleşim yeri için bilgisayar analizinin sonuçlarını vermişlerdi. GESIS açısından Türkiye'yi 3 farklı (Akdeniz, Karadeniz, İç ve Doğu Anadolu) bölgeye ayırmışlardır. Mevcut düşük verimli kolektörler yerine yüksek verimli kollektörlerin kullanılmasını önermişlerdir. Kollektör optimizasyonunun yapılması gerektiği vurgulamışlardır.

Samancı (2005), klasik kapalı güneşli su ısıtma sistemi ile çift fazlı güneşli su ısıtma sistemi tasarlamış ve deney tesisatları kurularak sistemlerin verimleri Konya şartlarında karşılaştırılmıştır. Aynı şartlarda çift fazlı sistemin klasik sisteme nazaran %43 daha yüksek verime sahip olduğu deneysel olarak tespit edilmiştir.

Mijovic (1999), GESIS'nin ekonomik analizini örnek bir durumu göz önüne alarak Yugoslavya şartları için yapmıştır. Bu tür sistemlere olan talebin önümüzdeki 10 yıl boyunca artan bir trentte olduğunu belirtmiştir.

Michaelides ve Kolagirou (1999), Doğal dolaşımlı GESIS'lerin maliyet ve ısıl performanslarını değişik kollektölerle Yunanistan'ın Atina ve Güney Kıbrıs'ın Nicosia şehirlerinin iklim ve sosyo-ekonomik koşulları altında incelemişlerdir.

Nahar (2001), Hindistanda alternatif malzemelerden üretilen Tabii dolaşımlı GESIS'lerin ilk yatırım ve ekonomik uygunluğunu araştırmıştır. Bu tür sistemlerin geri ödemesinin yakıt fiayatlarına bağlı olarak 2.92 ve 4.53 yıl olduğunu hesaplamıştır.

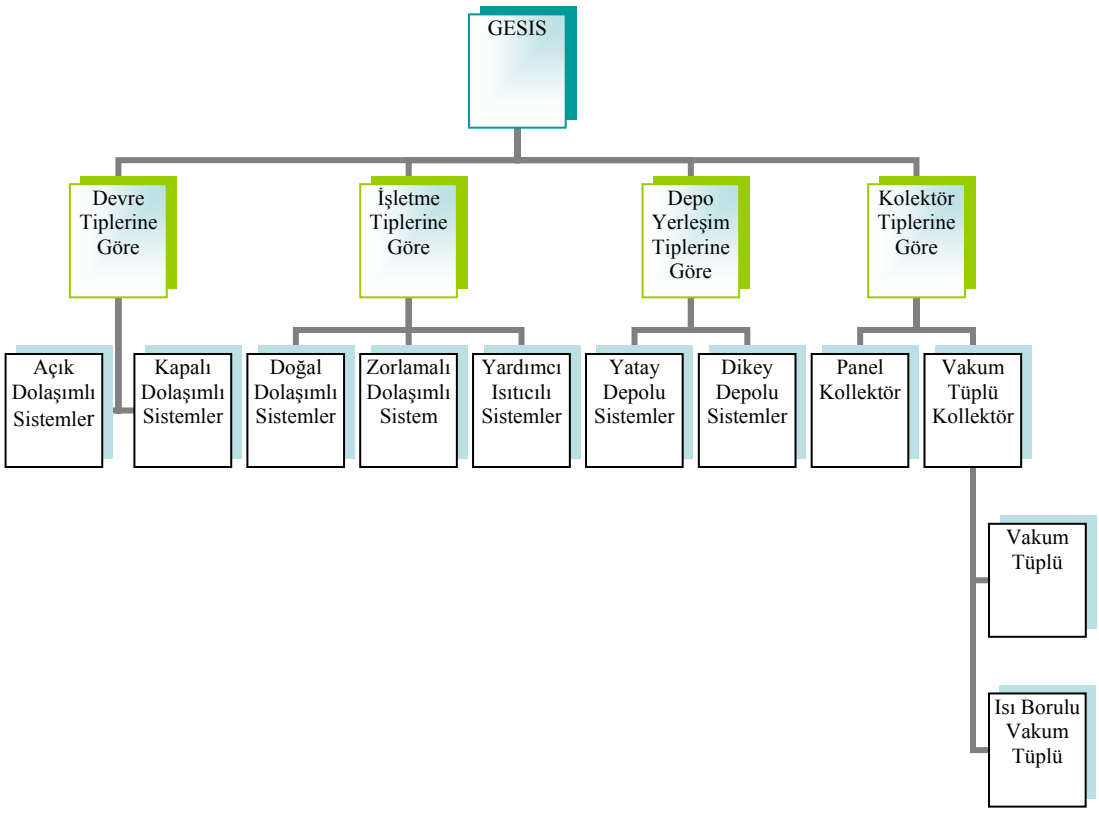
Kalogirou ve Papamarcou (2000), doğal dolaşımlı iki kollektörlü ( 2.7 $m^2$ ) ve 150 litre kapasiteli bir GESIS' nin modellenmesini TRNSYS simülasyon programı ile yapmışlardır. Nicosia, Güney Kıbrıs şartlarında sistemin geri ödeme süresini 8 yıl olarak bulmuşlardır.

Çalışmamızda, daha önceki çalışmalarda vurgulanmayan, GESIS' lerin teknolojik ve ekonomik araştırması yapılmıştır. Ayrıca bölgesel olarak farklı sistemler için gerekli olan kolektör yüzey alanı, vakum tüp sayısı, sistemin toplam maliyetleri ve geri ödeme sürelerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

Güneş enerjisinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi akışkan ısıtmasıdır. Bu akışkanların başında su ve hava gelir. Ülkemizde en yaygın kullanım alanı ise servis sıcak suyu hazırlamadır. 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 düzlemsel kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri Şekil 3.1.'de gösterildiği gibi devre şekillerine göre, işletme türlerine, depo yerleşim şekline ve panel tipine göre guruplara ayrılırlar.

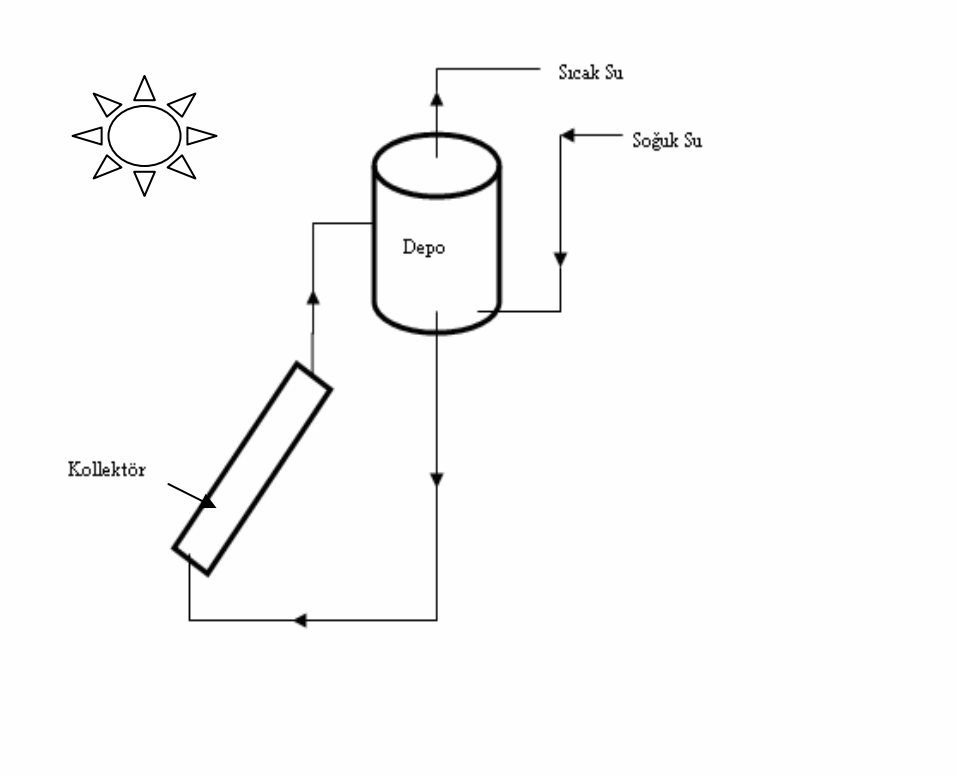



Şekil 3.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması

## 3.2. Devre Tiplerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

### 3.2.1. Açık dolaşımlı devre

Güneşli su ısıtıcısı devresinden alınan suyun direkt olarak kullanıma verildiği sistemlerdir. Şekil 3.2.'de sistemin çalışma prensibi verilmiştir.




Şekil 3.2. Açık dolaşımlı devre

Açık devreli termosifon sisteminde dikkat edilmesi gereken bir olay boru çalışması olup, bu nedenle sistem gerektiğinde tam drene olmayabilir ve kışın donmadan zarar görme tehlikesi ile karşılaşabilir. Aynı etkiden kaynaklanan hava tıkaçlarından ötürü sistem yeniden doldurulurken, tam dolmayabilir ve akım sağlanamayabilir. Bu sakıncaların önüne geçerek termosifon akımının etkili biçimde sağlanması amacıyla, borular yukarıya doğru hafif eğimli olacak biçimde konumlandırılır (Ültanır, 2000) .

Kollektörde güneş radyasyonundan kazanılan ısı su deposuna aktarılmakta, su tankı aynı zamanda sistemin ısı deposu olmakta. Sistemin etkili çalışması için kollektördeki üst su yüzeyi ile depodaki alt su yüzeyi arasında 600 mm kadar düşey yükseklik farkı olması yeterlidir. Bu sistemde kullanılacak çok uzun ve/veya çok dar boru bağlantıları, sirkülasyonu geciktirmeye neden olduğundan kaçınılması gereken koşuldur.

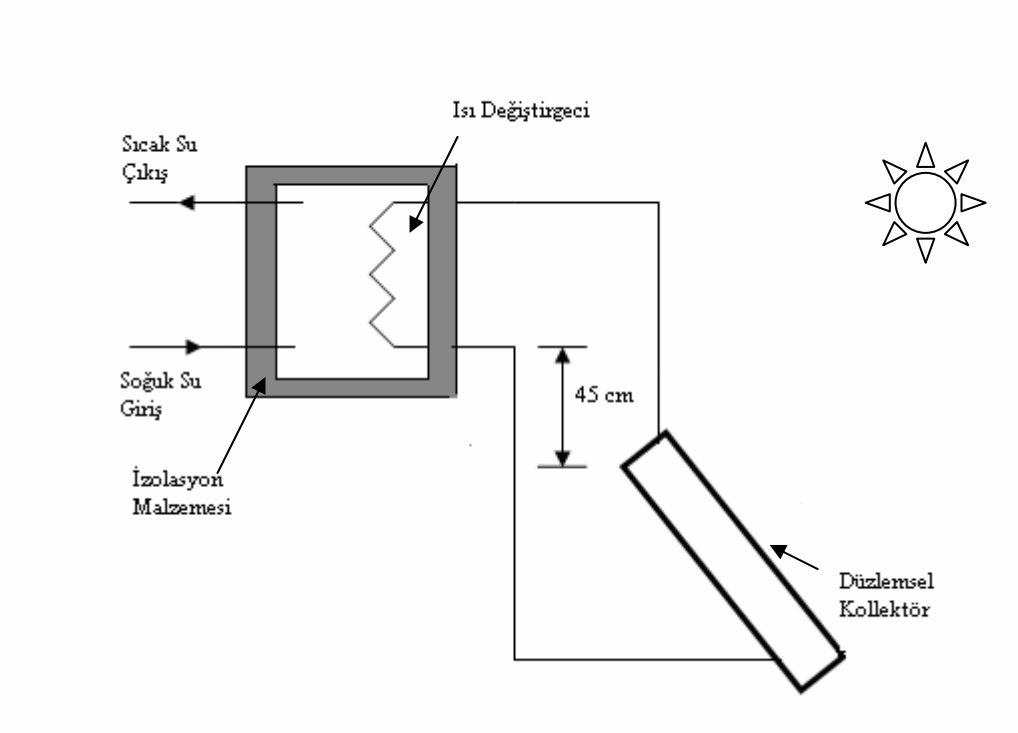
Depo tankındaki düşey sıcaklık gradyenti ile konveksiyon oluştuğundan, soğuk su girişinin deponun altından olması zorunludur. Ancak, yüksek kollektör veriminin sağlanması kollektör girişinde su sıcaklığının düşüklüğüne bağlıdır (Ültanır, 2000) .

### 3.2.2. Kapalı dolaşımlı devre

Güneşli su ısıtıcısı devresindeki akışkanın direkt boşaltma veya örnek alma dışında hiçbir zaman kullanıma verilmediği iki devreli bir sistemdir. Bu sistem zamanla kollektörlerde meydana gelebilecek kireçlenme ve kış aylarındaki donma tehlikesine karşı avantajlar sağlar. Ancak sistem (eşanjör vasıtasıyla) ısıtma yaptığı için verim açık sisteme göre daha düşüktür.

Bu sistemlerde kollektörde ısınan su, sıcak su deposunun içine yerleştirilmiş olan bir ısı eşanjöründen geçerek ısısını bırakır ve tekrar kollektöre döner. Sıcak su deposunda bulunan soğuk su ısınarak kullanıma gider. Bu sistemlerde dolaylı bir ısıtma olduğundan açık sistemlere göre verimleri daha düşüktür. Maliyet olarak ta daha pahalıdır. Ancak kış mevsiminde donma tehlikesine karşı dolaşım suyuna antifiriz eklenebilmesi bu sistemlerin bir avantajıdır. Şekil 3.3.'de görüldüğü gibi depolama tankı alt kısmı ile kollektör üst seviyesi arasındaki yükseklik 45 cm den az olmamalıdır. Donma, kireçlenme ve korozyona karşı çözüm olarak kullanılırlar (Uyarel ve Öz,1987).

Güneşli su ısıtıcı sistemlerin küçük olanları genellikle termosifon prensibi ile çalışırlar. Bu tür ısıtıcılar bir ailenin 1-2 günlük sıcak su gereksinimine yanıt verecek birkaç yüz litrelik (ya da yalnızca 100 L'lik) bir depoya ve 3-6 m² lik kollektöre sahip olurlar. Kollektör alanı güneş enerjisinin sınırlı olduğu yörelerde 10 m² ye dek çıkabilmektedir (Ültanır,2000).




Şekil 3.3. Doğal dolaşımlı kapalı güneşli su ısıtıcıları

## 3.3. İşletme Türlerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

### 3.3.1. Doğal dolaşımlı sistemler

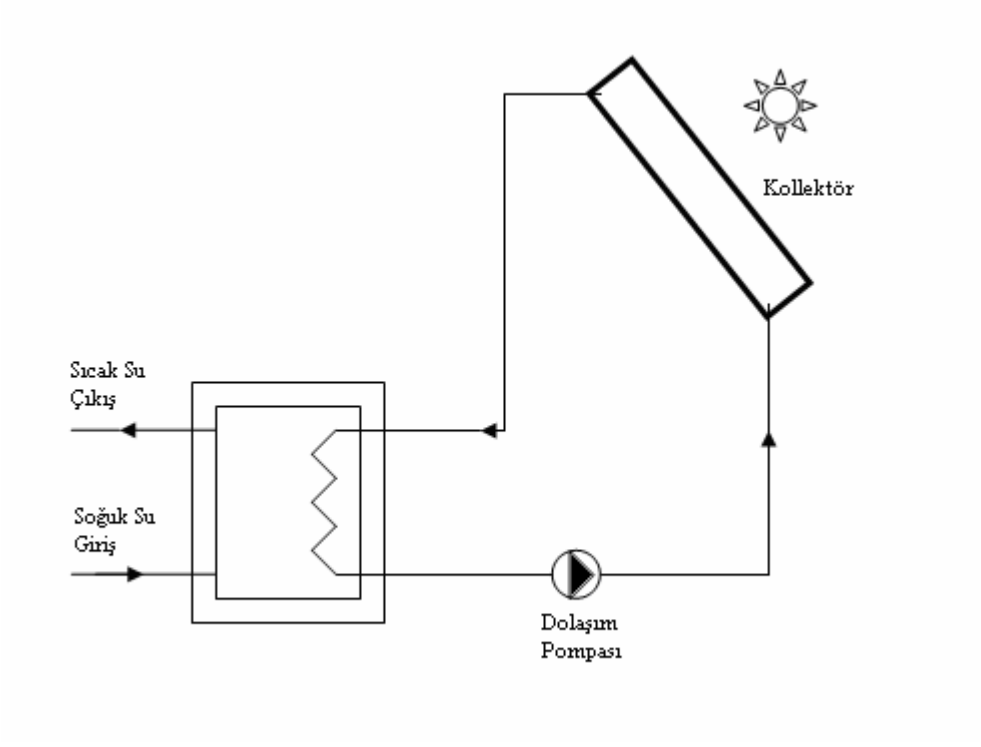
Doğal dolaşımlı sistemler ısı transfer akışkanının kendiliğinden dolaştığı sistemlerdir. Kollektörlerde ısınan suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi özelliğine dayanmaktadır. Bu tür sistemlerde deponun kollektörün üst seviyesinden en az 45 cm yukarıda olması gerekmektedir. Deponun alt seviyesinden alınan soğuk (ağır) su kollektörlerde ısınarak hafifler ve deponun üst seviyesine yükselir.

Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Tabii dolaşımlı sistemler daha çok küçük miktarda su ihtiyaçları için uygulanır. Deponun yukarıda bulunması zorunluluğu nedeniyle büyük sistemlerde uygulanamazlar. Pompa ve otomatik kontrol devresi gerektirmediği için pompalı sistemlere göre biraz daha ucuzdur. Doğal dolaşımlı sistemlerde açık ve kapalı sistemler olarak ikiye ayrılırlar Şekil 3.2. ve Şekil 3.3. ( Uyarel ve Öz,1987 ) .

### 3.3.2. Zorlamalı dolaşımlı sistemler

Isı transfer akışkanı olarak suyun sistemde pompa ile dolaştırıldığı sistemlerdir. Deposunun yukarıda olma zorunluluğu yoktur. Büyük sistemlerde su hatlarındaki direncin artması sonucu tabii dolaşımın olmaması ve büyük bir deponun yukarıda tutulmasının zorluğu nedeniyle pompa kullanma zorunluluğu doğmuştur.

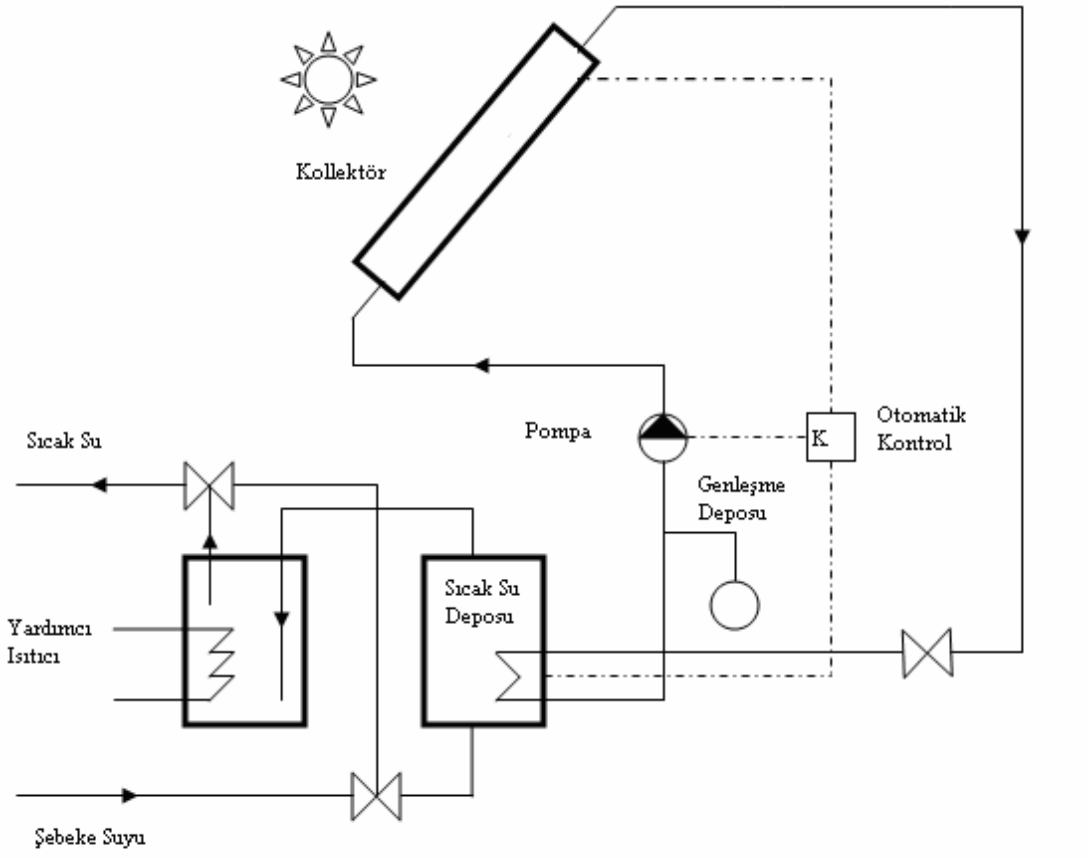
Pompalı sistemler otomatik kontrol devresi yardımı ile çalışırlar. Depo tabanına ve kollektör çıkışına yerleştirilen diferansiyel termostatın sensörleri kollektörlerdeki suyun depodaki sudan 10 $^{o}$C daha sıcak olması durumunda pompayı çalıştırarak sıcak suyu depoya alır, bu fark 3 $^{o}$C olduğunda ise pompayı durdurur. Pompa ve otomatik kontrol devresinin zaman zaman arızalanması nedeniyle işletilmesi tabii dolaşımlı sistemlere göre daha zordur ( Şekil 3.4.).




Şekil 3.4. Zorlamalı dolaşımlı kapalı güneşli su ısıtıcıları

### 3.3.3. Yardımcı ısı üreticili sistemler

Yardımcı ısıtıcılı güneş enerjisi sistemleri güneş enerjisinin tek başına yeterli olmadığı şarlarda kullanılan sistemlerdir. Yardımcı ısıtıcı elektrik enerjisi olabileceği gibi LPG veya doğal gaz ile çalışan bir sistem de olabilir. Yardımcı ısı üreticileri genellikle kapalı zorlamalı tip güneş enerjisi sistemlerinde kullanılır (Şekil 3.5.). Şekilden de görüldüğü gibi sistemde bir otomatik kontrol (diferansiyel termostat ) ünite, pompayı kumanda eder ve gerekli kullanım suyu sıcaklığına göre yardımcı ısıtıcı devreye girer veya devreden çıkar. Evsel kullanımda ise piyasada sıcak su deposuna termostatlı rezistans yerleştirilerek güneş ışınımının yeterli olmadığı durumlarda devreye girer. Rezistanslı sıcak su depoları yaygın olarak kullanılmaktadır.



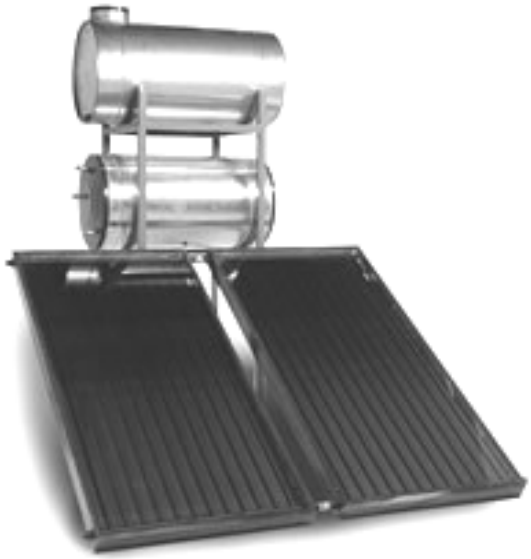

Şekil 3.5. Yardımcı ısı üreticili pompa dolaşımlı kapalı güneşli su ısıtıcıları

## 3.4. Depo Yerleşim Şekillerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri depo yerleşim şekillerine görede çeşitli sınıflara ayrılır. Sıcak su deposu dikey veya yatay olabileceği gibi, çatı uygulamalarında depo tamamen çatının altına da gizlenebilmektedir.

### 3.4.1. Yatay depolu güneş enerjili su ısıtma sistemleri

Bu sistemlerde soğuk su deposu ve sıcak su deposu yatay konumdadır ve kapalı tiplerde sıcak su deposu kollektörlerden en az 45 cm yüksekte olur. Sistem açık / kapalı veya doğal dolaşımlı / pompa dolaşımlı olabilir ( Şekil 3.6.).



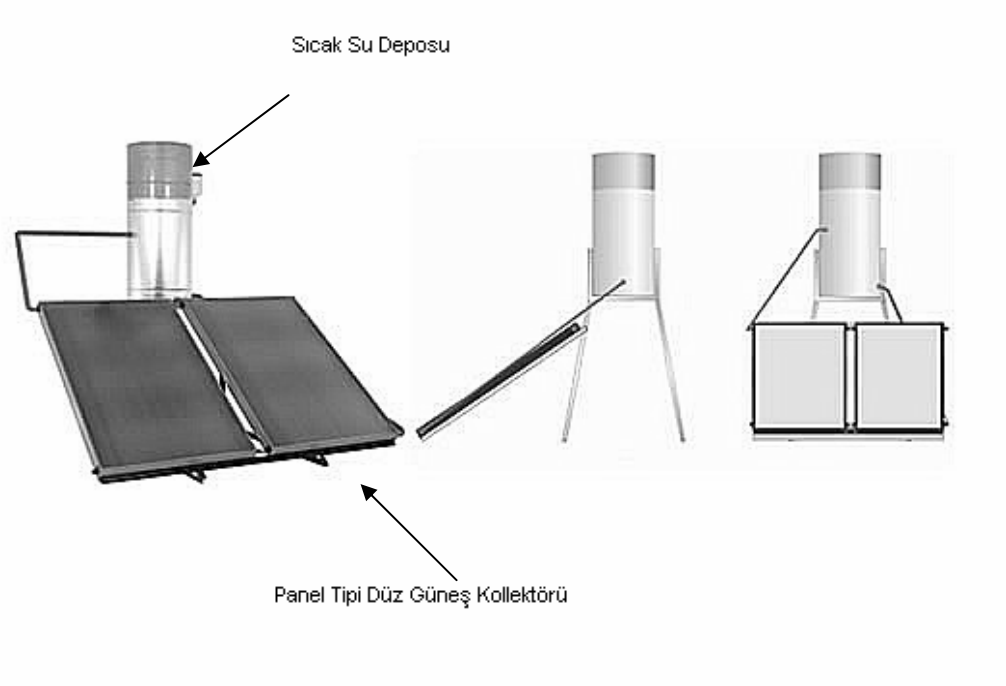
Şekil 3.6. Yatay depolu güneş enerjili su ısıtma sistemleri

### 3.4.2. Dikey depolu güneş enerjili su ısıtma sistemleri

Bu tip güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde kollektörlerle birlikte yalnızca sıcak su deposu bulunur. Dikey olarak konumlandırılan sıcak su deposu doğal sirkülasyonlu sistemdir. Sistemin çalışması için herhangi bir pompa kullanılmaz ( Şekil 3.7.).

Kapalı devre çalışır. Üretim maliyeti, yatay depolu sistemlere göre daha düşüktür ve sistemde sıcak su - soğuk su karışma süresi daha uzundur. Dışardan bakıldığında tek bir depo olarak görülür. İç gövde iki bölümden oluşmaktadır. Suyun girişini şamandıra kontrol eder. Sıcak su kullanıldığında üst bölümden alt bölüme soğuk su akışı olur ve ısınmaya başlar.

Üst bölümde soğuk su, alt bölümde sıcak su bulunur. Şebekeden gelen soğuk su ilk önce üst bölüme girer. Daha çok devamlı şebek suyu bulunan bölgelerde kullanılır. Soğuk su deposunun küçük olmasından dolayı sıkça su kesintisi olan yerlerde kullanımı uygun değildir.




Şekil 3.7. Dikey depolu güneş enerjili su ısıtma sistemi

### 3.4.3. Çatı tipi güneş enerjili su ısıtma sistemleri

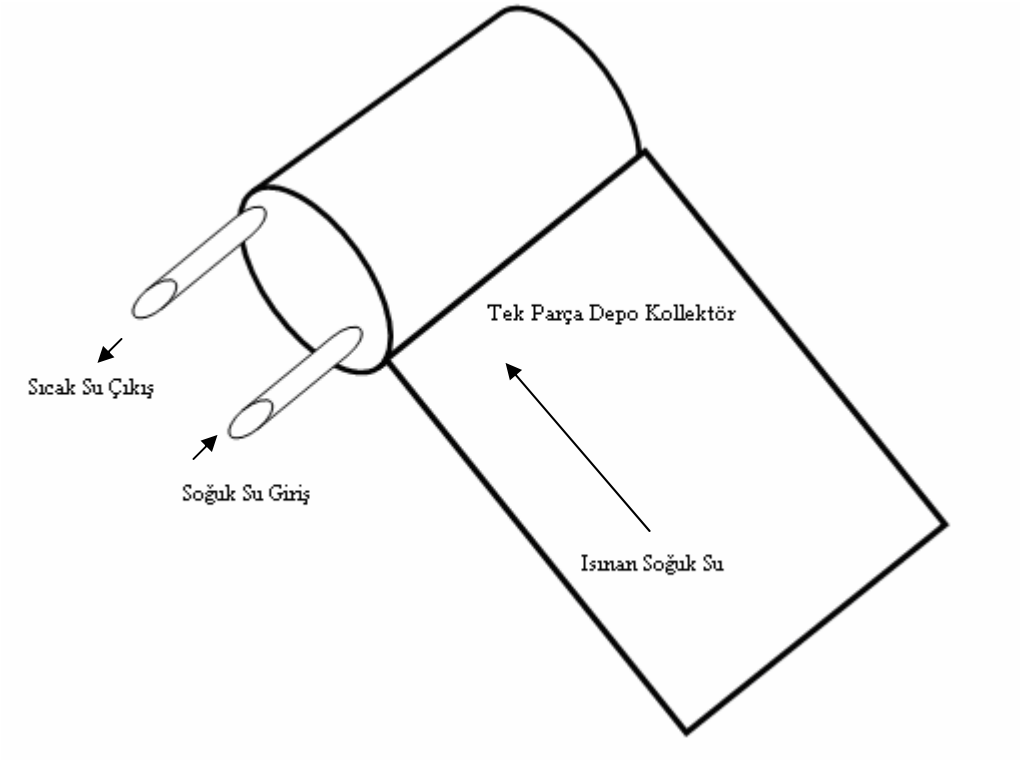
Bu sistemlerde çatıda soğuk veya sıcak su deposu olmaz. Depo çatının alt kısmına veya zorlamalı sistemlerse daha aşağıda uygun bir yere monte edilir. Şekil 3.8.'de ki sistemde depo yerleşimi görülmektedir. Sirkülasyon için pompa kullanılır. Sistemde otomatik kontrol mevcuttur.



Şekil 3.8. Çatı tipi depolu güneşli su ısıtıcıları

### 3.4.4. Avustralya Tipi Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

Avustralya'da kullanılan kendinden depolu sıcak su üreticisi toplayıcı yüzeyi siyaha boyanmış bir metaldir ve üzeri saydam bir örtü ile kaplanmıştır. Bu sistemlerde kolektör ve sıcak su deposu tek parça halinde üretilir. Panel tip olan kollektör de bulunan soğuk su ısınarak depoya gider ve yerini deponun alt kısmındaki soğuk suya bırakır. Toplayıcı ile depo birleşik olduğundan güneş ışınımının olmadığı zamanlarda, depodaki sıcak su toplayıcı kısmında dolaşarak soğuyabilmektedir. Sistem Şekil 3.9.'da şematik olarak verilmiştir ( Uyarel ve Öz, 1987 ) .



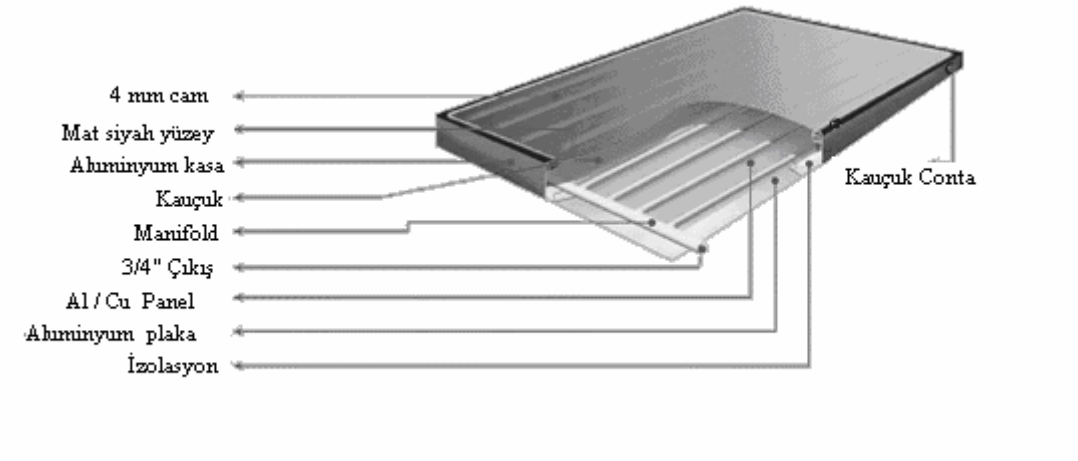

Şekil 3.9. Avustralya tipi depolu güneşli su ısıtıcıları

## 3.5. Kollektör Tiplerine Göre Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

### 3.5.1. Bakır veya alüminyum borulu düzlemsel kollektörlü sistemler

Cam örtü altındaki emici yüzey topladığı ısıyı içinde akışkan bulunan bakır borulu veya alüminyum malzemeden yapılmış olan levhaya iletir. Bakır malzeme pahalı olmasıyla birlikte alüminyuma göre daha iyi bir iletken olduğundan kollektör verimini arttırır. Düzlemsel güneş kollektörleri, güneş enerjisinin toplandığı ve herhangi bir akışkana aktarıldığı çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Malzeme cinsine göre yutucu levhası bakır veya alüminyum olabilir. Düzlemsel kollektörlerin detaylı teknik analizi Ek 1' de verilmiştir.

Düzlemsel güneş kollektörleri, Şekil 3.10.' da görüldüğü gibi üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, kollektörün en önemli parçası olan absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve yukardaki bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur (EİE, 2005 ) .




Şekil 3.10. Bakır veya alüminyum borulu panel kollektör

### 3.5.2. Vakum tüplü güneş kollektörleri

Cam vakum tüpler güneşli su ısıtıcıların ve güneş kolektörlerinin ana parçasıdır. Her vakum tüp iki cam tüpten meydana gelir. Dış tüp oldukça sağlam şeffaf borosilikat camdan üretilir ki 25 mm çaplı iç hacmin doluluk baskısına direnç gösterebilsin. İç tüp de borosilikat camdan üretilir fakat iyi bir ısıl absorbsiyon ve minimum yansıtma özelliğine sahip özel seçici bir malzeme olan Al-N/Al ile kaplanır. Her iki tüp arasında kalan hava, iletim ve taşınım yoluyla meydana gelen ısı kayıplarını önlemek için vakum edilir. İki cam tabaka arasındaki vakumu muhafaza etmek için baryum tutucular kullanılır ( Şekil 3.11.).




Şekil 3.11. Baryum tutucu

Üretim sırasında bu tutucu yüksek sıcaklığa maruz bırakılır ve vakum tüpün alt kısmının saf bir baryum tabakası ile kaplanmasına neden olur. Bu baryum tabakası tüpün içinde üretim sırasında veya depolama esnasında oluşabilecek olan CO, $CO_2$, $N_2$, $H_2O$ ve $H_2$ gibi gazları absorb ederek vakum oluşmasına yardımcı olur. Baryum tabakası aynı zamanda bir vakum durum göstergesidir. Herhangi bir nedenle vakum kaybı olduğu zaman gümüş renginde olan baryum tabakası beyaza dönüşür. Bu da tüpün hatalı üretildiğini kolayca anlamamıza yarar (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Soldaki tüp hatasız, sağdaki tüp hatalı üretilmiş

Vakum tüplü güneş enerjili su ısıtıcıları ve güneş kolektörleri bulutlu havalarda çok iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü bu vakum tüpler bulutlardan gelen yaygın ışınımı emebilme özelliğine sahiptir.

Düzlemsel güneş kolektörleri ile kıyaslandığında, vakum tüplü kolektörlerin rüzgarlı ve düşük sıcaklıklı günlerde bile vakum izolasyonundan dolayı daha verimli olduğu görülür.

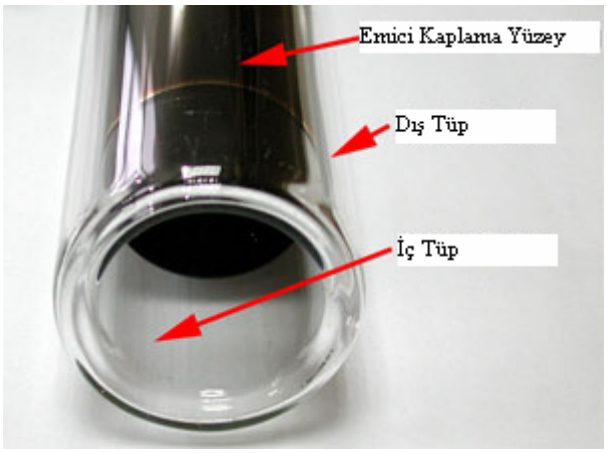
Cam vakum tüpler biri birine paralel bir şekilde ve bölgenin enlem derecesine göre bir açıyla monte edilir (Şekil 3.13.). Aşağıdaki nedenlerden dolayı, tüplerin geometrik şekilleri klasik düz kolektörlere göre daha iyi bir absorpsiyon üstünlüğü sağlamaktadır:

1. Tüpler silindirik bir yapıya sahip olduğu için, güneş ışınlarının sürekli yüzeye dik gelmesini sağlar, bu da yansımayı minimuma indirir.
2. Eğer kollektör yüzeyi düz ise güneş ışınları ancak gün ortasında yüzeye dik olarak gelebilmektedir. Sabah veya öğleden sonra ışınlar belli bir açıyla kolektör yüzeyine çarpar ve kolektörün maruz kaldığı radyasyon azalır.



Şekil 3.13. Vakum tüplü güneş kollektörü

Vakum tüplerde ise, silindirik yüzeye sahip olduğundan tüp yüzeyine güneş ışınları günün her saatinde dik çarpar ve tüpün maruz kaldığı radyasyon her zaman aynıdır. Bu özellik vakum tüplerin yüzeyinde minimum kırılma oluşmasını da sağlamış olur ( Şekil 3.14.).




Şekil 3.14. Borosilikat vakum tüp

### 3.5.3. Isı borulu vakum tüplü (kapalı sistem) güneşli su ısıtıcıları

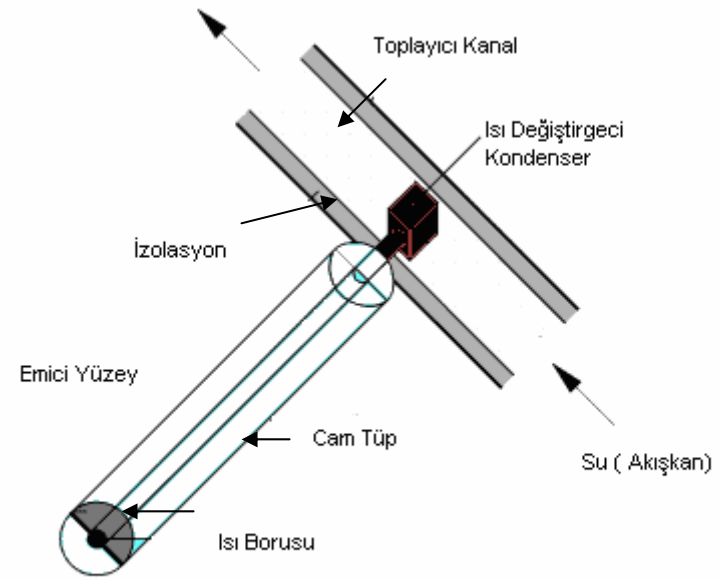
Isı borusunun içindeki akışkan evoporator (buharlaşma) bölgesinde çevreden ısı alarak buharlaşmakta ve buhar biçiminde kondensör (yoguşma) bölgesine doğru ilerlemektedir. Evaporatör bölgesi soğuk bölge, kondenser bölgesi sıcak bölge olarak da adlandırılır. İki bölge arasında izole edilmiş durumda bulunan ve ısı alışverişinin olmadığı adyabatik bölge yer alır. Bu bölgeye transport bölgesi de denir. Yoğuşma bölgesinde dışarı ısı vererek sıvı faza geçen akışkan, tekrar buharlaşma bölgesine fitilin kapilarite etkisi ve yerçekimi etkisi altında döner (Ültanır, 2000).

Isı borulu güneş kollektörlerinde absorbe edici alanı, boruların buharlaşma bölgesini kaplamaktadır. Yan yana absorbe edici plakaya monte edilen veya kanatlı borular biçiminde yapılan dizaynlar görülmektedir. Ancak, ısı borularının salt silindirik boru biçiminde olması zorunluluğu bulunmadığından, geniş yüzeyli ve birkaç mm kalınlığında zarf biçiminde de yapılabilmektedirler. Bu koşulda da yine kollektörün absorbe edici alanı buharlaşma bölgesini kapsar. Absorbe edici alan selektif kaplamalı olur (Ültanır, 2000).

İnorganik normal ısı borusu cam vakum tüp ve tüpün içine yerleştirilmiş olan bir bakır ısı borusundan meydana gelir. Bakır ısı borusu cam vakum tüpün içinden, ısı borusun baş tarafına yerleştirilen ısı değiştirgecine ısı transferi gerçekleştirir (Şekil 3.14.a.). Bu sırada ısı değiştirgeci üzerinden akan sıvıya ısısını bırakır. Bu ısı transferi çevrimi şöyle gerçekleşir;

Bakırdan yapılmış olan ısı borusu içinde zehirli olmayan inorganik bir ısı transferi akışkanı barındırır. Isı borusunun merkezi vakum olduğu için 25-30 °C de bileşim rahatlıkla buharlaşabilir. Buharlaşan akışkan ısı borusunun tepe noktasına çıkar ve ısısını vererek tekrar sıvı hale geçer. Sıvı buhar karışımı ısı borusunun alt kısmına doğru iner ve ısı alarak tekrar buharlaşır ( Şekil 3.15. ).

İnorganik akışkan kullanılan ısı borularında cam vakum tüpten suya verimli bir ısı transferi gerçekleştirilir. Isı boruları iklimlendirme ve bilgisayarlarda CPU soğutmasında yaygın olarak kullanılır (Anonim) .




Şekil 3.14.a. Vakum tüp ısı borusu uygulaması

Güneş kolektörlerinde ısı borusu kullanımı ilk olarak ABD de bir firmanın patentli bir inorganik soğutucu akışkan kullanmasıyla başladı. Bu bileşik zehirli değildi ve insanların teması halinde bile bir zarar vermiyordu.

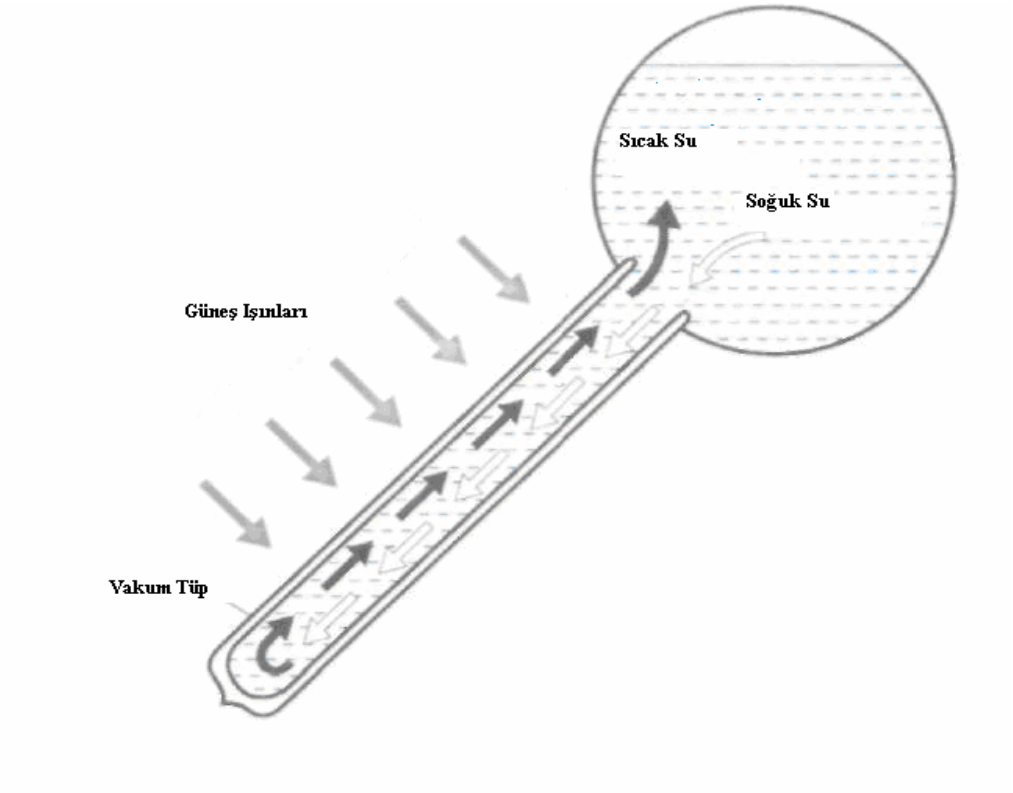
İnorganik ısı borularında basınç $4x10^{-6}\,Pa$ seviyesinde olduğu için akışkan 25-30 °C de bile buharlaşabilir ( Fanrong, 2003 ).



Şekil 3.15. Bakır ısı borulu vakum tüp

### 3.5.4. Vakum tüplü ( açık sistem) güneş enerjili su ısıtma sistemleri

Şekil 3.16.' da görülen vakum tüplü açık sistemde cam borunun içinde güneş ışınımı alarak ısınan su yoğunluğunun azalması sonucu yerini daha fazla yoğunluğa sahip olan soğuk suya bırakarak sıcak su deposuna doğru yükselir (Fanrong, 2003).




Şekil 3.16. Açık sistem vakum tüp borulu güneşli su ısıtıcısı

Açık sistem, vakum tüplü kolektör uygulamasının verimi en düşük ve en ucuz olandır. Ancak yüksek maliyetli olması nedeniyle rağbet görmemiştir. Bu durum son yıllarda ülkemize ithal yoluyla gelen sistemlerde göze çarpmaktadır.

Pazarlama firmalarının gölgede, bulutlu havada bile sıcak su üretebilen sistem olarak piyasaya tanıtmaları fakat sistemin bu beklentilere cevap verememesi ve klasik düz kollektörlü sistemlere göre çok pahalı olması talebi düşürmüştür. Kullanımı yaygınlaşmamıştır. Aslında vakum borulu güneşli su ısıtıcıları, vakum tüpün içerisine akışkan boruları yerleştirilmesi şeklindedir. Klasik düz levha kollektörlerin emici yüzeyinin ısı kayıpları tam olarak engellenememekte bazı ısı köprülerinden kayıplar olmaktadır. Bu kayıpların elimine edilmesi amacıyla, selektif yüzeyli absorbe edici ve cam örtü arasında hava boşluğu oluşturulması, böylece kollektör veriminin ulaştırılması tasarlanmıştır. Ancak, bunun düz yüzeyli kollektörlerde yapılması zor olduğundan, absorbe edicinin vakum cam tüp içine alınması yoluna gidilerek, vakum borulu kollektörler geliştirilmiştir (Ültanır, 2000), (Şekil 3.17).




Şekil 3.17. Vakum tüplü ısı borulu sistem kollektör yerleşimi.

## 3.6. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 3.1.'de güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin ekonomik ve teknolojik mukayesesi, yapılan anketlerin (Ek 2) sonuçları değerlendirilerek şematik olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknolojik ve ekonomik durum karşılaştırılması

| **Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri** | **Ticari Durum** | | | **Şikayetler** | **Kabul Görme** |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Teknoloji** | **Tedarikçi** | **Maliyet** | | |
| **Düzlemsel Kollektörlü Açık Sistemler** | İyi | Var | Ucuz | Az Var | Çok İyi |
| **Düzlemsel Kollektörlü Kapalı Sistem** | İyi | Var | Az Pahalı | Var | İyi |
| **Vakum Tüplü Isı Borusuz Sistem** | İyi | Az Var | Pahalı | Var | İyi |
| **Vakum Tüplü Isı Borulu Sistemler** | İyi | Çok Az Var | Çok Pahalı | Az Var | İyi |

Çizelge 3.1.'den 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 de fiyatlardır. Bundan dolayı da, en çok tercih edilen ürün, klasik düzlemsel kollektörlü açık sistemlerdir.

### 3.6.1. Doğal dolaşımlı sistemler

***Avantajları:*** Tasarımları basittir ve pompasız çalışırlar. Otomatik kontrol sistemi (eğer varsa) basittir bir düzenektir. Isı toplama devresine ısı değiştirgeci koymaya gerek yoktur. Maliyeti düşüktür.

***Dezavantajları:*** Yalnızca donma tehlikesi olmayan veya çok az olan bölgelerde kullanılabilir. Bazı sular çökelme 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 dolaşım yavaş olduğundan su sıcaklığı daha yüksektir. Bu nedenden dolayı da verimi daha düşüktür.

Sürtünme kayıplarının en fazla olduğu kısım kollektör olacağından kolektör boru çapı 20 mm den ( 3/4" ) den küçük olmamalıdır. Aksi halde dolaşım daha da yavaşlar ve sıcak su temininde problemler yaşanır.

### 3.6.2. Pompalı ( zorlama dolaşımlı ) sistemler

***Avantajları:*** Sistemde sirkülasyon pompası ve otomatik kontrol ünitesi olduğu için dolaşım gerektiği kadar olur ve 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.

***Dezavantajları:*** Sistemde pompa ve otomatik kontrol ünitesi olduğu için maliyeti artar. Kapalı sistemlerde ısı değiştirici kullanıldığı için ısı transferi kayıplarından dolayı verim düşük olabilmektedir.

### 3.6.3. Vakum tüplü sistemler

***Avantajları:*** Sistem iç içe geçmiş iki cam tüpten oluşmaktadır. Tüple 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.
Sıcak su tankının izolasyonu sırasında sıcak suyu çok daha uzun süre muhafaza etmek için 50 mm kalınlığında poliüretan kullanılmıştır.

Cam tüplerin yuvarlak yapısı sayesinde günün her saati güneş ışınlarını dik olarak alır. Yansıma oranı çok düşük olacağı için su sıcaklığı yaz koşullarında 97 ºC ye kış koşullarında ise 58 º C 'ye kadar çıkabilmektedir.

İki cam tabaka arasındaki vakum izolasyonundan dolayı kış aylarında -20 ° C ye kadar donma olmaz ve antifiriz gerektirmez (Kuzeysan Ltd. Şti. ürün katalogu).

***Dezavantajları:*** 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 sınırlı bir kullanım alanı bulmaktadır.

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

## 4.1. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Projelendirmesi

Sıcak sulu güneş enerjisi sistemlerinin projelendirme ve boyutlandırması ile ilgili TS 3817/Aralık 1994 standardı temel kuralları belirmiştir. Ayrıca standart, bir güneş enerjili su ısıtma sisteminde bulunan elemanlar hakkında bilgi vermektedir.

Sistemden daha iyi verim elde etmek ve daha güvenli servis imkanı sağlamak için aşağıda belirtilen standartlara uygun olarak üretim ve montaj yapılması gerekmektedir.

-Sistemlerde depo hacmi, kullanma yerindeki toplam ışımanın yıllık ortalama şiddetine bağlı olarak, toplayıcı net alanının her metrekaresi için en az 40 L olmalıdır. Bu miktar, kullanma suyunun doğrudan toplayıcılarda dolaştırıldığı açık devreli (ısı değiştiricisiz) zorlamalı (pompalı) sistemlerde 75 L'yi geçmemelidir.

-Doğal dolaşımlı sistemde depo, toplayıcı ile depo arasında doğal dolaşımı sağlamak ve ters dolaşımı önlemek amacıyla, deponun tabanı toplayıcı yüzeyinin en üst kenarı ile en az aynı yükseklikte bulunacak biçimde yerleştirilmelidir.

Kapalı devreli sistemlerde genleşme deposu hacmi, sistemin su hacmi, en küçük ve en yüksek sıcaklık farkı ve bu sıcaklıklara tekabül eden ısı taşıyıcı akışkan genleşme katsayısı göz önüne alınarak tespit edilir.

Depo hacmi olarak hesaplanan değer ile TS 713 ( Sıcak Sulu Isıtma Tesisleri Standardı) ' de verilen hacim değerleri karşılaştırılır ve TS 713'de verilen hesaplanan değerlere en yakın üst büyük değer seçilir.

Açık genleşme depolarının açık hava ile irtibatı, TS 2192 (Kalorifer Tesisatı Yerleşim Kuralları)'ye uygun olmalıdır. Genleşme depolarının taşma boruları en az 20 mm iç çapında olmalı ve taşma borusunun açık ağzı sıcak su kullanma hacmine (lavabo vs.) indirilmelidir.

Açık genleşme depolarında buharlaşma sebebi ile ısı aktarma akışkanı kayıpları zamanla önemli miktarlara ulaşabilir. Bu sebeple akışkan seviyesini zaman zaman kontrol etmek ve azalma varsa akışkan eklemek gerekir.

Doğal dolaşımlı sistemlerde depo ve toplayıcı soğuk su bağlantıları alttan, sıcak su bağlantıları üstten yapılmalıdır.

Sistemlerde depo-toplayıcı sıcak su bağlantısı, deponun tabanından depo yüksekliğinin 2/3'ü kadar yüksekten yapılır ve depo sıcak su çıkışı deponun en üst noktasına yerleştirilirse, depoda daima kullanıma hazır, depo hacminin 1/3'ü kadar sıcak su bulunur.

Depoya soğuk su girişi, deponun en alt noktasından yapılabilir. Ayrıca deponun içine soğuk su girişinin karşısına bir şapka yerleştirilerek kullanım sırasında, soğuk suyun depo içinde aniden yükselmesi ve tabakalaşmayı bozması önlenebilir.

Toplayıcılar, TS 3680; depo, TS 713; galvanizli borular, TS 301 ve TS 302; galvanizli ekleme parçaları TS 11, TS 14, TS 931 ve TS 2646'ya plastik TS 274'e uygun olmalıdır.

Sistemin ısı toplama devresinin hidrolik direnci mümkün olan en küçük değerde tutulmalıdır. Bunun için toplayıcı ile depo arasındaki bağlantıların uzunluğu en çok 15 m, çapı ise en az 19 mm olmalıdır (TS 3391).

Güneş enerjisi su ısıtma sistemlerinin projelendirmesi ve boyutlandırmasında genellikle iki yöntem kullanılır. Bunlar F-Chart yöntemi ve kolektör yüzey alanı tespit yöntemidir.

### 4.1.1. F-Chart yöntemi

Güneş enerjili sıcak su sistemlerini projelendirmede farklı yöntemler izlenebilir. Projelendirmede ihtiyacın güneşten karşılanma oranı %100 olmayacağı gibi bu oran % 10'un altında da olmamalıdır. Genel olarak Mayıs ayında ihtiyacın %70'inin karşılanacağını düşünerek projelendirmekte yarar vardır. Projelendirmede kişi başına tüketim, konutlarda 50 lt/gün, otel, motel gibi turistik tesislerde 75 lt/gün ve hastanelerde 100 litre/gün olarak alınır (TS 3817, 1994).

Güneşli su ısıtma sistemlerinin tasarımında kollektör alanı; kollektör tipi, depo kapasitesi, ısı transfer akışkanının akış hızı ve ısı değiştirgecinin boyuna bağlı olarak değişim gösterir. F-Chart yönteminde, aylık ısı ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanma oranı, iki boyutsuz değişkenle (X,Y) tanımlanmaktadır.

Projelendirme konusunda en geçerli yöntem F-Chart yöntemidir. Buna göre kollektöre ait parametreler aşağıdaki gibi olmalıdır alınır (TS 3817, 1994).

$0.6 < (\tau\alpha)_n < 0.9$ ….....Güneş ışınımının normal geliş açısında kolektörün geçirgenlik ve yutma çarpımı.

$2.1 < U_L < 8.3$ W / m² º C……..Kollektör toplam ısı kayıp kat sayısı.

$5 < F_R' A_c < 120$ …….. $A_c$ : Kolektör Alanı $m^2$

$F_R'$ : Kolektör ısı değiştirici verim faktörü

$30 < \beta < 90$ °……..Kollektör eğim açısı

$$X = F_R U_L \left(F_R' / F_R\right)\left(T_{ref} - T_a\right)\Delta t\left(A_C / L\right) \quad (4.1)$$

$$Y = F_R(\tau\alpha)_n \, F'_R / F_R\left(\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}\right) Ht * N\left(A_c / L\right) \quad (4.2)$$

$$f = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3 \quad (4.3)$$

Burada:

$A_C$ : Kollektör alanı ($m^{2)}$

$F_R' / F_R$ : Kollektör devresi eşanjör verimi (0.90-0.95)

$F_R U_L$ : kollektör ısı kayıp katsayısı ( W/$m^2$ ° C )

$\Delta t$ : Bir aylık toplam süre (saniye)

$T_a$ : çevre sıcaklığı ( ° C )

$T_{ref}$ : refarans sıcaklığı ( 100 ° C )

L : Aylık toplam ısı yükü ( Joule )

$H_t$ : Kollektör birim yüzeyine gelen aylık ortalam güneş enerjisi (Joule / $m^2$ )

$N$ : Aydaki gün sayısı

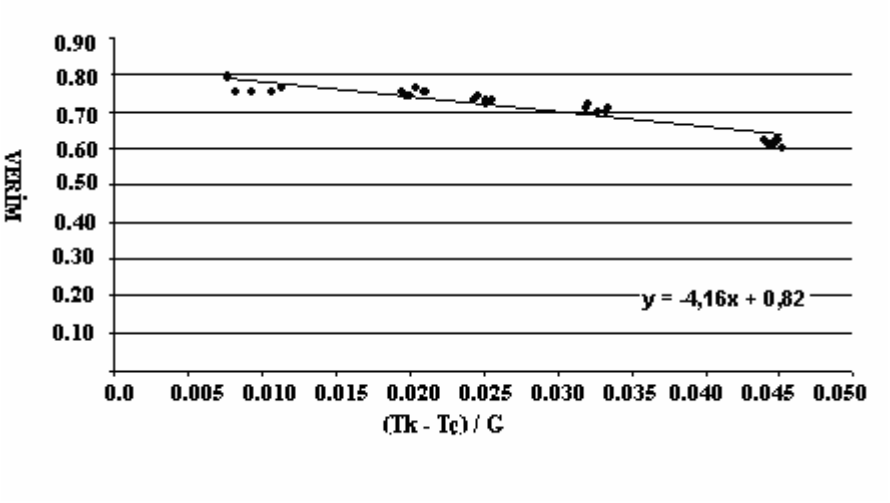
$\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}$ :Aylık ortalama yutma geçirme çarpımı ( 0.90 - 0.95 )

$f$ : Faydalanma oranı

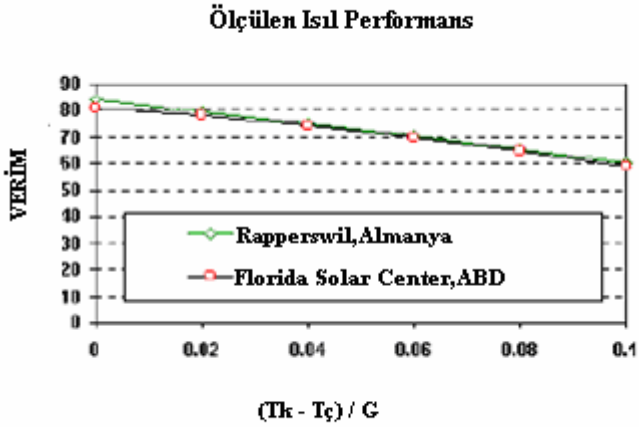
$F_R U_L$ ve $F_R(\tau\alpha)_n$ parametreleri, sistemde kullanılacak olan kollektörlere ait verim eğrisinden okunur. $F_R U_L$ kollektör verim eğrisinin eğimi, $F_R(\tau\alpha)_n$ ise Y eksenini kestiği noktadır. Şekil 3.1. $F_R' / F_R$ oranı depolama tankı ile kollektör arasındaki çeşitli sıcaklık düşüşleri için kollektör düzeltme faktörü olup değeri 0.97 dir.

$\tau\alpha / (\tau\alpha)_n$ oranı ise tek cam örtülü güneş kollektörlerinde tüm aylar için 0.96 alınabilir (TS 3817, 1994).

Yukarıda verilen $f$ faydalanma oranı mayıs ayında % 70 olacak şekilde $A_c$ kollektör alanı hesaplanır. Şekil 4.1a. ve Şekil 4.1b.'de verilen verim grafikleri ise sırasıyla düzlemsel kollektör ve vakum tüplü kolektör içindir. Her kollektör üreticisi firmanın verim eğrileri farklı olduğu için, eğriler burada örnek olarak gösterilmiştir.




Şekil 4.1a. Düzlemsel kollektör verim eğrisi (EİE web, 2005).




Şekil 4.1b. Vakum tüplü kollektör verim eğrisi (Thermotecs web. 2006)

Burada ;

Tk : Kolektör sıcaklığı ( º C )

Tç: Çevre sıcaklığı ( º C )

G: Güneş ışınımı şiddetidir ( J / m² gün ).

**F-Chart Yöntemi ile Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemi Hesabı :**

***Örnek Uygulama:***

**Uygulama İli** : Şanlıurfa
**İşletme** : Otel
**Kişi Sayısı** : 100
**İşletme Durumu** : Yıl Boyunca
**Kollektör Eğim Açısı** : 37º 08´ Enlem
**İstenen Su Sıcaklığı** : 50 °C
**Kişi Başına Su Tüketimi** : 75 lt
**Günlük Su tüketimi** **:** 100*75 = 7500 lt/gün

**Günlük Isı Yükü** : $Q_s = mc(T_{su} - T_{şeb})$

:7500 * 4186 * (50 – 19.2) = 966966000 Joule

Aylık Isı Yükü(L) : 966966000* 31 = $2.99x10^{10}$ Joule

$F_R U_L$ : 6.9 (verim eğrisinden)

$F_R(\tau\alpha)_n$ : 0.7 (verim eğrisinden)

$F_R^{'} / F_R$ : 0.95 ( sabit )

$\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}$ : 0.9 (sabit)

$H_t$ :$1787.8x10^4$ (Joule / $m^2$ )

$T_a$: 21.8 ºC

N: 31 Gün

X ve Y nin hesaplanabilmesi için $A_C$ kollektör alanının bilinmesi gerekmektedir. Bunun için başlangıç olarak kabaca 60 lt su tüketim için 1 $m^2$ kolektör alanı kabul edilir. Sistem yıl boyunca kullanılacak ise $m^2$ başına 45- 60 lt arasında bir değer alınır (TS 3817, 1994).

$A_C$ = 7500 / 60 =125 $m^2$ ise

$$X= F_R U_L \left(F_R^{'} / F_R\right)\left(T_{ref} - T_a\right)\Delta t\left(A_C / L\right) \quad (4.4)$$

X = (6.9)(0.95)(100-21.8)(2678400)(125/ $2.99x10^{10} J$ ) = 5.74

$$Y= F_R\left(\tau\alpha\right)_n F^{'}{}_R / F_R\left(\frac{\tau\alpha}{\left(\tau\alpha\right)_n}\right) Ht * N\left(A_c / L\right) \quad (4.5)$$

Y = 0.7(0.95)(0.9)(1787.8$x10^4$)(31)(125/ $2.99x10^{10} J$ ) = 1.54

$f$ faydalanma oranı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3 \quad (4.6)$$

$f$ = 1.029(1.54)-0.065(5.74)-0.245$(1.54)^2$ +0.0018$(5.74)^2$ +0.0215$(1.54)^3$

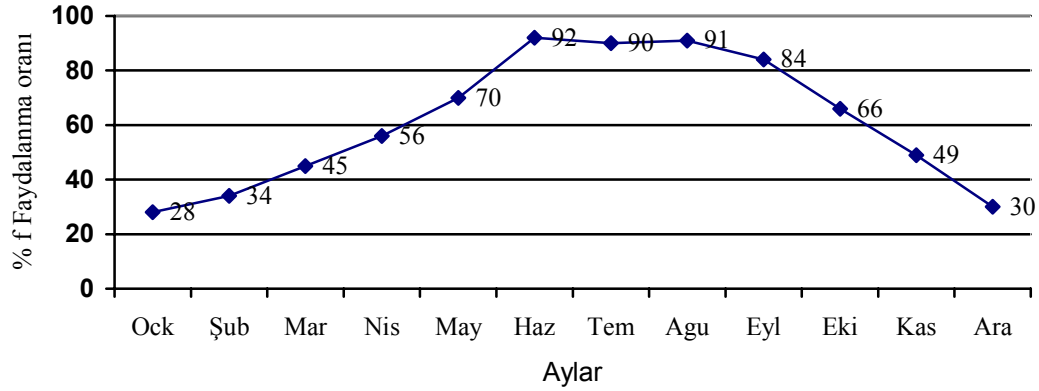
$f$ = 1.58466-0.3731-0.5810+0.0593+0.0785 = 0.768

olarak bulunur. Ortalama alanı 1.5 $m^2$ olan kolektör kullanılması durumunda 125 / 1.5 = 83.33 adet kolektör, 84 kollektörlü bir sistemle yaz dönemi en az % 77 oranında karşılar.

X , Y ve f faydalanma oranı değerleri ise;

**X = 5.74** **Y = 1.54** $f$ = **0.768** olarak bulunur.

Yukarıda verilen örnek Excel'de programlanarak Ş.Urfa da tüm aylar için ayrı ayrı hesaplandı. Şekil 4.2.'de, aylara göre f faydalanma oranı değişimi görülmektedir. F-Chart yönteminde Mayıs ayı için % 70 lik bir karşılama oranı sistemin uygulanabilirliği için yeterli bulunmaktadır.




Şekil 4.2. f faydalanma oranının aylara göre değişimi

### 4.1.2. Kollektör yüzey alanının belirlenmesi yöntemi

Meteoroloji istasyonlarının toplam güneş ışınımı ölçüm değerleri yılın her ayı için ortalama olarak hazırlanmaktadır (Uyarel ve Öz,1987). Bu değerler TS 3817 de her il için aylık olarak verilmiştir (Ek 3). Bu tablolarda her ilin, yatay, enlem, enlem-15, aylık ortalama dış hava sıcaklığı ve aylık ortalama şebeke suyu sıcaklığı bilgileri bulunmaktadır (Uyarel ve Öz, 1987).

Ülkemizde güneş enerjisi ölçümleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından yapılmaktadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünün (EİE) 1983 yılında yapmış olduğu bir çalışmada, DMİ tarafından 65 istasyonda aktinograflar yardımıyla yapılan güneş ışınımı ölçümleri değerlendirilmiş ve bir rapor halinde yayımlanmıştır. Bu rapor o tarihten beri güneş enerjisi çalışmalarında önemli bir kaynak olarak kullanılmaktadır (EİE, 2005).

Eğik yüzeylere gelen güneş radyasyonunun hesaplanmasında, yatay düzleme gelen, meteoroloji istasyonlarının kaydettiği ölçümlerden faydalanılır (Uyarel ve Öz,1987).

Güneşli ısıtmada kollektörlerin yatay düzlemle yaptığı açı, bölgenin enlem derecesinden 15° fazla alınırsa kış uygulamasında maksimum fayda sağlanabilir. Yıl boyunca uniform bir enerji talebinin karşılanabilmesi için kollektör eğim açısı enlem derecesine eşit alınmalıdır (Uyarel ve Öz,1987).

Karadeniz, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde, düşük verimli kolektörler tüm yıl için kullanımda sorunlar teşkil edebiliyor. Karadeniz kıyıları için bunun nedeni çok yağmurlu ve bulutlu iklim koşullarıdır. İç ve Doğu Anadolu için de çok soğuk ve uzun süren kış mevsimi şartlarıdır. Bu yüzden,bu bölgelerde verimi yüksek ve en az 3-4 $m^2$ lik kolektörler tavsiye edilir (Akinoğlu ve ark, 1998).

Kollektör yüzeyinin belirlenmesinde, sistemden faydalanma zamanı (ay) günlük istenen sıcak su miktarı, suyun giriş (şebeke) sıcaklığı ve kullanım suyu üst sıcaklığı rol oynar.

Sistemden hangi aylarda faydalanmak isteniyorsa bu aylardan yeryüzü güneş ışınımı değeri en düşük olanı seçilir. Bu aya ait eğik yüzeye (kollektör yüzeyine) gelen toplam güneş ışınımı değeri hesaplanır (Uyarel ve Öz,1987).

Sıcak su enerji ihtiyacı belirlendikten sonra, kollektör yüzeyi bulunur. Sıcak su enerji ihtiyacı;

$$Q_s = mC\Delta T \tag{4.7}$$

denkleminden hesaplanır.

$Q_s$ : Sıcak su enerji ihtiyacı (kcal/gün)

$m$ : Isıtılacak su miktarı (lt /gün)

Isıtılacak su miktarı, konutlarda 45 °C – 50 °C sıcaklıkta olmak üzere, ortalama 50 lt / gün kişi alınabilir (TS 3817, 1994). Endüstriyel tesisler için işin özelliğine göre tespit edilir.

$C$ : Suyun ısınma ısısı 1 ( kcal / kg °C ).
$\Delta T$ : Kullanma suyu sıcaklığı ile sisteme giren şebeke suyu sıcaklığı arasındaki fark ( °C ).

Kolektör yüzeyi : ( $m^2$ )

$$F_k = \frac{Q_s}{TRA * \eta} \tag{4.8}$$

denkleminden bulunur.

$TRA$ – Kollektör birim yüzeyine gelen aylık ortalama güneş enerjisi (kcal/ $m^2$ gün)
$\eta$ – Kollektör verimi, ortalama % 55-65 arasında alınabilir.

Örnek Uygulama:

***Uygulama İli*** *: Şanlıurfa*
***İşletme*** *: Otel*
***Kişi Sayısı*** *:100*
***İşletme Durumu*** *:Yıl Boyunca*
***Kollektör Eğim Açısı*** *:37º 08´ Enlem*
***İstenen Su Sıcaklığı*** *: 50 º C*
***Kişi Başına Su Tüketimi*** *:75 lt*
***Günlük Su tüketimi*** ***:*** *100*75 = 7500 lt/gün*

TS 3187' ye göre, sistemden yıl boyunca faydalanmak istenildiği için kollektör eğim açısı enlem açısına eşit alınır. Yıllık ortalama sistem verimini daha iyi görmek için her ay için ayrı ayrı kollektör yüzeyi ihtiyacı hesaplanacaktır.

**Mayıs Ayı İçin Gerekli Kolektör Yüzeyinin Hesaplanması:** Kişi sayısı dikkate alınarak sıcak su enerji ihtiyacı denklem 4.7'den

$Q_s = 100$ (75 lt/gün) 1( kcal/kg°C ) (50-19.2) =231000 kcal/gün olarak bulunur.

Burada TSE 3817' den Ş.Urfa için Mayıs ayı şebeke suyu sıcaklığı 19.2 °C olarak alınmıştır.

TSE 3817' den Ş.Urfa için Mayıs ayı birim kollektör yüzeyine gelen enerji miktarı TRA = 4720 kcal-/m²gün alınarak ve kolektör ısıl verimi $\eta$=0.65 tahmin edilerek gerekli kolektör yüzey alanı denklem 4.8 yardımıyla,

$$F_k = \frac{Q_s}{TRA * \eta} = \frac{231000}{4270 * 0.65} = 84\ m^2$$ olarak bulunur.

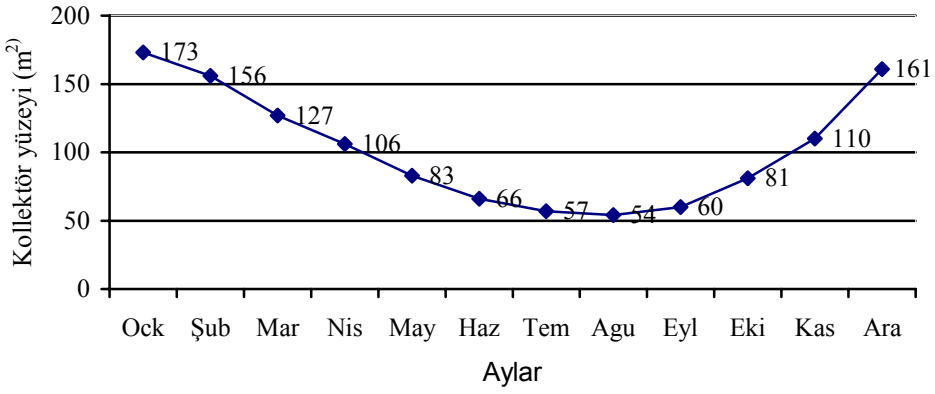
Eğer sistem vakum tüplü veya vakum tüplü ısı borulu bir sistem olacaksa, kolektör yüzeyi hesaplanırken vakum tüpün asıl emici yüzeyi olan içteki borunun kesit alanı hesaplanır. Bu alan ise 1.70 metre uzunluğunda ve 0.047 m dış çaplı bir boru için yaklaşık olarak üretici firmalar tarafından 0.047 x 1.70 = 0.08 $m^2$ olarak alınır (Fanrong, 2003).

Çizelge 4.1.' de vakum tüplerin üretici firmalar tarafından kabul edilen yaklaşık sıcak su kapasiteleri ve toplam emici yüzey alanları verilmiştir (Fanrong, 2003). Buna göre 84 $m^2$ lik bir yüzey alanı için 84 / 0.08 = 1050 adet 1.70 metre uzunluğunda ve 0.047 m çapında vakum tüp gerekmektedir.

Çizelge 4.1. Vakum tüplerin yaklaşık sıcak su kapasiteleri ve toplam emici yüzey alanları

| MODEL | Emici Yüzey Alanı (m²) | Isı Borusu | | | Sıcak Su Eldesi ( lt / °C ) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Çap(mm) | Uzunluk (mm) | Adet | |
| AKT-1500/47-12 | 0.60 | Φ47 | 1500 | 12 | 70/60 |
| AKT-1500/47-18 | 0.90 | Φ47 | 1500 | 18 | 120/60 |
| AKT-1500/47-20 | 1.00 | Φ47 | 1500 | 20 | 125/60 |
| AKT-1500/47-24 | 1.20 | Φ47 | 1500 | 24 | 150/60 |
| AKT-1500/47-30 | 1.50 | Φ47 | 1500 | 30 | 180/60 |
| AKT-1800/58-12 | 0.96 | Φ58 | 1800 | 12 | 110/60 |
| AKT-1800/58-18 | 1.44 | Φ58 | 1800 | 18 | 150/60 |
| AKT-1800/58-20 | 1.60 | Φ58 | 1800 | 20 | 175/60 |
| AKT-1800/58-24 | 1.92 | Φ58 | 1800 | 24 | 220/60 |
| AKT-1800/58-30 | 2.40 | Φ58 | 1800 | 30 | 260/60 |

Diğer aylar için, Excel de program yapılarak ayrı ayrı gerekli kolektör yüzeyleri bulundu. Şekil 4.3.'de gerekli kollektör yüzeyinin aylara göre değişimi görülmektedir.




Şekil 4.3. $F_k$ kolektör yüzeyinin (m²) aylara göre değişimi

### 4.2.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin ekonomik analizi

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

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin tercih edilmesinin bir çok değişik sebebi vardır. Birincisi finansal sebeplerdir. Çünkü sistem elektrikli su ısıtma sistemlerine göre 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).

Sıcak su ihtiyacının güneş kollektörleri ile karşılanması durumunda, sistemde kullanılacak optimum kollektör alanı ve aylara göre sistemden yararlanma oranları hesaplanmalıdır (Tırıs ve ark., 1997).

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 (Tırıs ve ark., 1997).

Doğal gazla, propanla veya petrol ürünleri ile su ısıtma işleminde verim % 60, elektrikle su ısıtmada % 90 ve fosil yakıtlarda ise verim ancak % 30-40 civarındadır (Mijovic, 1999).

### 4.2.2. Sıcak su ihtiyacının diğer enerji kaynaklarından karşılanması

Sıcak su ihtiyacının karşılanmasında yaygın olarak fosil yakıtlar ve elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan yakıt türleri ve bu yakıtların ısıl değerleri, yanma verimi, birim fiyatı Çizelge 4.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Yakıt ısıl değerleri, yanma verimi ve birim fiyatları (Dosider , 2006).

| **Yakıt Tipi** | **Isıl Değeri** | **Yanma Verimi (%)** | **Birim Fiyatı** |
|---|---|---|---|
| Doğal Gaz | 8250 kcal/$m^3$ | 90 | 0.60 YTL/ $m^3$ |
| Kömür | 6000 kcal/kg | 68 | 0.25 YTL/kg |
| LPG | 11200 kcal/kg | 88 | 2.60 YTL/kg |
| Odun | 2500 kcal/kg | 60 | 0.25 YTL/kg |
| Gazyağı | 10400 kcal/kg | 84 | 2.50 YTL/kg |
| Elektrik | 860 kcal/kWh | 99 | 0.16 YTL/kWh |

Şanlıurfa koşullarında günlük 50 ° C de 7500 lt sıcak su ihtiyacı için gerekli enerji **Q**, bu enerjinin güneş enerjisinden karşılanma oranı **f**, enerji ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanan kısmı $Q_G$, enerji ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanmayan kısmı $Q_Y$ (yakıtla karşılanan kısım) Tablo 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Aylara göre enerji ihtiyacı karşılanma oranları

| **Aylar** | $H_t$ **kcal/$m^2$ gün** | $T_{şeb}$ **°C** | **Q kcal/gün** | **f %** | $Q_G$ **kcal/ay** | $Q_Y$ **kcal/ay** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ocak** | 2566 | **11.6** | 288000 | **28** | 80640 | **207360** |
| **Şubat** | 2927 | **10.5** | 296250 | **34** | 100725 | **195525** |
| **Mart** | 3426 | **12.3** | 282750 | **45** | 127237 | **155513** |
| **Nisan** | 3813 | **15.1** | 261750 | **56** | 146580 | **115170** |
| **Mayıs** | 4270 | **19.2** | 231000 | **70** | 161700 | **69300** |
| **Haziran** | 4571 | **23.8** | 196500 | **92** | 180780 | **15720** |
| **Temmuz** | 4617 | **27.3** | 170250 | **90** | 153225 | **17025** |
| **Ağustos** | 4523 | **28.8** | 159000 | **91** | 144690 | **14310** |
| **Eylül** | 4267 | **27.8** | 166500 | **84** | 139860 | **26640** |
| **Ekim** | 3664 | **24.2** | 193500 | **66** | 127710 | **65790** |
| **Kasım** | 3150 | **20.0** | 225000 | **49** | 202500 | **22500** |
| **Aralık** | 2532 | **14.7** | 264750 | **30** | 79425 | **185325** |

Yıllık yakıt miktarı, $M_Y$,

$$M_Y = \frac{Q_y}{H_y} \text{ eşitliği ile} \quad (4.9)$$

Yıllık yakıt bedeli, $F_Y$ :

$$F_Y = \frac{M_Y}{\eta} * Y_f \text{ eşitliği ile hesaplanır} \quad (4.10)$$

Burada;

$Q_y$ : Yıllık Enerji İhtiyacı ( kcal /yıl )

$H_y$ : Yakıtın Alt Isıl Değeri (kcal / kg )

$\eta$ : Yanma Verimi

$Y_f$ : Yakıt Fiyatı (YTL)

Eşitlik 4.9 ve 4.10 yardımıyla, Şanlıurfa ili Mayıs ayı için bir yıl boyunca 50 ° C de 7500 lt sıcak su ihtiyacı için gerekli yakıt miktarı, yakıt bedeli ve güneş kollektörlerinin kullanılması durumunda gereken ilave yakıt miktarı ve yakıt bedeli hesaplanarak, Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Yıllık yakıt miktarı ve yakıt yutarı

| Yakıt Tipi | YıllıkYakıt Miktarı , $M_Y$ | Yakıt Bedeli, $F_y$ (YTL/yıl) | Güneş Kollektörü Kullanılması Durumunda Gereken İlave Yakıt Miktarı ve Yakıt Tutarı | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Yakıt Miktarı | Yakıt Tutarı (YTL/yıl ) |
| Doğal Gaz | 10220 $m^3$ / yıl | **6814** | 3066 $m^3$ / yıl | **2044** |
| Kömür | 14052 kg / yıl | **5167** | 4216 kg / yıl | **1550** |
| LPG | 7528 kg / yıl | **22242** | 2258 kg / yıl | **6673** |
| Odun | 33726 kg / yıl | **14052** | 10177 kg / yıl | **4216** |
| Gazyağı | 8107 kg / yıl | **24128** | 2432 kg / yıl | **7238** |
| Elektrik | 98040 kWh/yıl | **15845** | 29412 kWh/yıl | **4754** |

Sonuç olarak, 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.

### 4.2.3. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin geri ödeme süresi

Enerji sektöründe karar verici, yatırım açısından birçok belirsizlik nedeniyle, en iyi seçimi garanti eden bir yönteme sahip değildir. En fazla yapabileceği kendisine en iyi ve en az riskli görünen yatırım kararını vermektir. Özellikle enerji tasarrufu sağlanması amacıyla fabrikalarda yapılan büyük yatırımlar, paranın yatırılabileceği başka alanlar da düşünülerek kararsızlıklara yol açar ( Karakoç, 1997 ).

Enerji ekonomisine karar verecek yöneticinin karar vermede bir çok zorlukları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi bilgi eksikliği ile ilgili zorluklardır. Karar verici sorunun bütün parametrelerini bildiğini zannetse bile yatırım kararları belirsizlikle dolu bir gelecekte gerçekleşecektir. Karar vericinin yararlandığı bilgi düzeyi, kendi tahminleri ve alışkanlıklar ile birleşerek sonuca gidilmektedir.

Projelerin ekonomik hesabı; projelerin giderleri ve getirileri para cinsinden değerlendirilerek yapılır. Oysa kalite ile ilgili bazı etkilerin parasal olarak belirtilmesi zordur.

Çeşitli değerlerin zaman içerisinde kararlaştırılması ile ilgili zorluklar da yatırım kararını etkilemektedir. Paranın zaman içerisindeki değer değişimi çeşitli yöntemlerle hesaplanabilmektedir ( Karakoç, 1997 ) .

Paranın zaman değerini göz önüne almayan ve en sık kullanılan yöntem geri ödeme süresi yöntemidir. Bu yöntemde geri ödeme süresi yatırım miktarı yıllık net kara bölünerek bulunur.

Geri ödeme süresi bir yıldan az çıkan ve küçük miktarlardaki yatırımlarda ya da yatırımla ilgili ilk ön görüş elde edilmek istendiğinde bu yöntem kullanılabilir. Basit olması nedeni ile en sık kullanılan hesap yöntemlerinden birisidir.

Faiz oranlarının ve enflasyonun yüksek olduğu durumlarda yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bu durumlarda paranın zaman bağlı değerlerini dikkate alan yöntemler kullanılır ( Karakoç, 1997 ) .

Bunlardan en çok kullanılan yöntem "Tek Para Toplamının Bugünkü ve Gelecekteki Değeri" yöntemidir. Tek para toplamının net bugünkü değer karşılığı B için

$$B = G(1+f)^{-n} \tag{4.11}$$

ifadesi verilmektedir ( Karakoç, 1997 ) . Burada ;

G : Gelecekteki bir yıldaki para miktarı
B : Paranın bugünkü değeri
f : Her faiz periyodunda faiz oranı
n : Faiz periyodu sayısı

Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar hiçbir zaman kesin değildir. Çünkü sistemin geri dönüşüm süresini yıllar boyunca etkileyebilecek çok sayıda parametre mevcuttur. Bunların hepsini tahmin ederek sayısal bir ifadeye dönüştürebilmek çok zordur. Ancak, en azından enflasyon veya faizden dolayı meydana gelebilecek farklar tahmin edilerek yaklaşık bir amortisman ( geri ödeme süresi ) hesaplanabilir.

Sistemin yaklaşık geri ödeme süresini hesaplayabilmek için yaklaşık bir maliyet tespiti yapabilmemiz gerekecektir. Piyasalara 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.

Hesaplamalarda kolaylık olması açısından, yapılan fiyat araştırmalarının ortalama değerleri göz önüne alınmıştır. Çizelge 4.5.'te güneş enerjili sıcak su sistemlerindeki ortalama fiyatlar verilmiştir.

Çizelge 4.5. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde ortalama fiyatlar

| **MALZEME** | **Fiyat ( USD )** |
|---|---|
| Alüminyum Kollektör A Sınıfı (1.75 $m^2$ ) | 110 |
| Alüminyum Kollektör B Sınıfı (1.75 $m^2$ ) | 90 |
| 240 lt Açık Sistem Sıcak Su Deposu A Sınıfı | 150 |
| 240 lt Açık Sistem Sıcak Su Deposu B Sınıfı | 115 |
| 240 lt Kapalı Sistem Sıcak Su Deposu A Sınıfı | 195 |
| 240 lt Kapalı Sistem Sıcak Su Deposu B Sınıfı | 180 |
| 240 lt 1.25 mm İzoleli Soğuk Su Deposu | 120 |
| 220 lt Vakum Tüplü ( 30 Adet Tüp ) Sistem | 1000 |
| 220 lt Isı Borulu Vakum Tüplü Sistem | 1500 |
| Montaj, Boru, Vana, İzolasyon, İşçilik vs. | 30 / 1 Adet Kollektör |
| Sirkülasyon Pompası | 85 |
| 10 Tonluk İzoleli Sıcak Su Deposu (Cr-Ni) | 5000 |
| Vakum Tüp (uzunluk 1.70 m ,dış çap 0.047 m) | 15 / adet |

( 1 USD , 1.34 YTL olarak alınmıştır, Mayıs 2006 )

#### 4.2.3.1. Panel kollektörlü kapalı zorlamalı sistem için

Örnek F-Chart çözümlememizde ve kollektör yüzeyi bulma yönteminde elde ettiğimiz aylara göre kollektör alanı göz önüne alındığında sistemin maliyet ve geri ödeme sürelerini hesaplayabiliriz.

Ocak Ayı İçin Gerekli Kollektör Yüzeyi Alanı: 173 $m^2$ dir.

Her bir kolektör yüzeyini 1.75 $m^2$ kabul edersek yaklaşık olarak 100 adet düzlemsel kollektör gerekecektir.

Sistem için gerekli sıcak su deposu hacmi ise TSE 3817 ye göre yaklaşık olarak toplayıcı net alanının her metrekaresi için en az 60 Litre kabul edersek, 84*60 yaklaşık 5 Tonluk bir depo gerekecektir.

Sistemin kullanılacağı mekan otel olduğu için kişi başına sıcak su tüketimi günlük en az 100 lt olmalıdır. Buna göre sıcak su deposu hacmini;

V = 100 kişi * 100 litre / kişi gün = 10 000 Litre /Gün olarak alabiliriz. Deponun üretim kolaylığı ve su hacminin fazla olması nedeniyle iki adet 5000 Litrelik sıcak su deposu tercih edilir.

***Kapalı Zorlamalı Sistem Toplam Maliyeti ise;***

100 Adet Kollektör : 100 * 110 USD = 11000 USD
Toplu Alımda % 10 iskonto : **9900 USD**
10 Tonluk Sıcak Su Deposu (Cr-Ni) : **5000 USD**
Sirkülasyon Pompası İki Adet (Biri Yedek) : **170 USD**
Montaj Malzemesi Boru, Vana,İzolasyon İşçilik vs. : 30 * 100 = 3000 USD
Toplu İşlerde % 30 İskonto : 3000 – 900 = **2100 USD**
Toplam : 9900 + 5000 + 170 + 2100 = 17170 USD
( 1 USD = 1.34 YTL alınırsa ,17170*1.34) = **23000 YTL** olur.

Kuruluşun yıllık net karını hesaplamak için, güneş enerjili su ısıtma sistemi yerine doğal gaz, kömür, LPG, motorin veya elektrik ile su ısıtması yaptığını varsayarak, bölüm 4.1.2' de ki yakıt türüne göre maliyet hesapları ;

Doğal Gaz için $F_Y = \frac{M_Y}{\eta} * Y_f = \frac{10220}{0.90} * 0.60$ = **6814 YTL / yıl.**

Elektrik İçin $F_Y = \frac{M_Y}{\eta} * Y_f = \frac{98040}{0.99} * 0.16$ = **15845 YTL / yıl**

LPG İçin $F_Y = \frac{M_Y}{\eta} * Y_f = \frac{7528}{0.88} * 2.60 =$ **22242 YTL / yıl.**

Kömür İçin $F_Y = \frac{M_Y}{\eta} * Y_f = \frac{14052}{0.68} * 0.25 =$ **5167 YTL / yıl.**

Gazyağı / Motorin İçin $F_Y = \frac{M_Y}{\eta} * Y_f = \frac{8107}{0.84} * 2.50 =$ **24128 YTL / yıl.**

olarak bulunmuştu.

Basit hesaplama yöntemiyle;

**Geri Ödeme Süresi = Yatırım Miktarı / Yıllık Net Kar**

Doğal Gaz İçin Geri Ödeme Süresi = 23000 / 6814 = **3.375 yıl.**

Elektrik İçin Geri Ödeme Süresi = 23000 / 15845 = **1.45 yıl.**

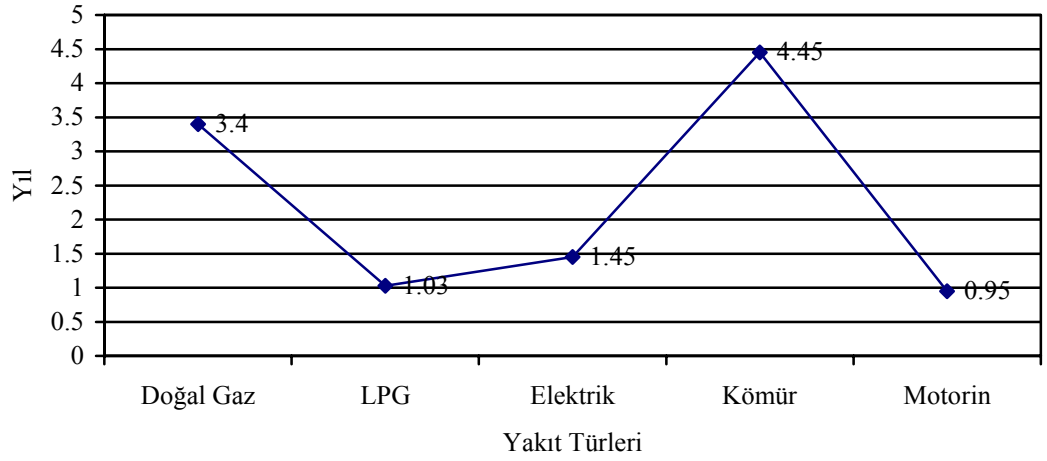
Kömür İçin Geri Ödeme Süresi = 23000 / 5167 = **4.45 yıl.**

LPG İçin Geri Ödeme Süresi = 23000 / 22242 = **1.03 yıl.**

Gazyağı / Motorin İçin Geri Ödeme Süresi = 23000 / 24128 = **0.95 yıl.**

İşletmenin güneş enerjili su ısıtma sistemi kullanmadan önce tercih ettiği yakıt türüne göre farklı geri ödeme süreleri olacaktır.

Şekil 4.4.'de sistemin geri ödeme süreleri yakıt türüne göre gösterilmiştir. 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 5 yılı aşmamaktadır.




Şekil 4.4. Yakıt türlerine göre sistemin geri ödeme süresi

Yukarıda yaptığımız geri ödeme süresi hesaplarında basit olarak sadece yatırım miktarı ve yıllık net karı göz önüne aldık. Aslında sistemin geri ödeme süresini etkileyen yıllık faiz, yıllık enflasyon oranı, yakıt fiyatlarında meydana gelebilecek ani değişimler gibi bir çok farlı parametre mevcuttur.

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).

Ekonomide, gerek işletmenin maliyeti gerekse işletmeden elde edilecek kazanç, tamamen faiz ve enflasyon gibi değişken parametrelere bağlıdır. Bu tür hesaplamalarda elde edilen sonuçlar hiçbir zaman kesin değildir.

Bour'un geliştirdiği bir yöntemle proje için yatırılan paranın p yıl sonraki değeri Z,

$Z = C(1+R)^p$ olarak hesaplanır (Kayalı,1992). (4.12)

Burada, C proje için yatırılan parayı ve R de yıllık faiz oranını göstermektedir.

Projeye yapılan ilk yatırımdan başka birde, işletme esnasında yapılacak işletme harcamaları vardır.

İşletme gideri olarak bilinen bu para, tahmini olarak hesaplanır ve ana paraya göre kesri, q ile tanımlanır. Bu paranın da, yine aynı ana para gibi, işletme yerine bankaya yatırılması halinde, p yıl sonra getireceği gelir

$$B = \frac{(1+R)^p - (1+F)^p}{(R-F)} qC \tag{4.13}$$

eşitliğinden bulunur.

Burada F, ekonomide görülen genel enflasyonu göstermektedir (Kayalı, 1992).

Diğer taraftan, yapılan bu harcamalara karşı, sistemden elde edilecek yıllık gelir vardır. Y ile ifade edilen bu paranın da bankaya yatırılması halinde p yıl sonra getireceği gelir D,

$$D = \frac{(1+R)^p - (1+E)^p}{(R-E)} Y \tag{4.14}$$

eşitliğinden elde edilir.

Burada E, enerji fiyatlarında görülen enflasyondur. Sistemin kendini amorti etme süresi, yatırılan paranın, elde edilen gelirle karşılandığı süredir.

Buna göre D nin Z ve B nin toplamına eşitlik sağladığı yıl, sistemin kendini amorti etme süresidir (Kayalı, 1992).

$$D = Z + B \tag{4.15}$$

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde işletme maliyeti yok denecek kadar az olduğu için B yi sıfır olarak kabul ederiz. Sonuç olarak $D = Z$ eşitliği sağlandığı yıl, sistemin kendini amorti etme süresidir.

Örnek otel işletmesi sistemini ele alırsak;

$C = 23000$ YTL ( proje için yatırılan para )

$R =$ % 25 ( yıllık faiz oranı ) dir.

$E =$ % 15 ( Enerji fiyatlarında görülen enflasyon )

$Y = 15845$ YTL / yıl ( Elektrik enerjisi kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

D ve Z, p = 1 den başlayarak eşitlik sağlanıncaya kadar ( $D = Z$ ) hesap yapılır.

| p (yıl) | 1 | 1.5 | 1.7 | ***1.88*** | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 28750 | 32143 | 33610 | ***35011*** | 35937 | 44921 |
| D ( YTL ) | 15875 | 26034 | 30601 | ***35046*** | 38028 | 68490 |

Tablodan da görüleceği gibi eğer işletme, su ısıtma ihtiyacı için elektrik enerjisi yerine güneş enerjisi kullanırsa güneş enerjili su ısıtma sistemi kendini 1.88 yıl sonra amorti etmiş olacak ki sistemin kullanım ömrü 10 yıl olarak düşünülürse, çok ekonomik bir değer olduğu anlaşılır.

Eğer işletme doğal gaz kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y = 6814$ YTL / yıl ( Doğal Gaz kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 2 | 3 | 4 | ***4.941*** | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 28750 | 35937 | 44921 | 56152 | ***69272*** | 70190 |
| D ( YTL ) | 6814 | 16353 | 29453 | 47180 | ***69298*** | 70892 |

Bu durumda sistem yaklaşık 5 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Eğer işletme kömür kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y = 5167$ YTL / yıl ( Kömür kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ***7.11*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 28750 | 35937 | 44921 | 56152 | 70190 | 87738 | ***112398*** |
| D ( YTL ) | 5167 | 12400 | 22334 | 35776 | 53757 | 77589 | ***112931*** |

Bu durumda sistem yaklaşık 7 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Eğer işletme LPG kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y = 22242$ YTL / yıl ( LPG kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 1.2 | ***1.31*** |
|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 28750 | 30062 | ***30809*** |
| D ( YTL ) | 22242 | 27680 | ***30829*** |

Bu durumda sistem yaklaşık 1.3 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

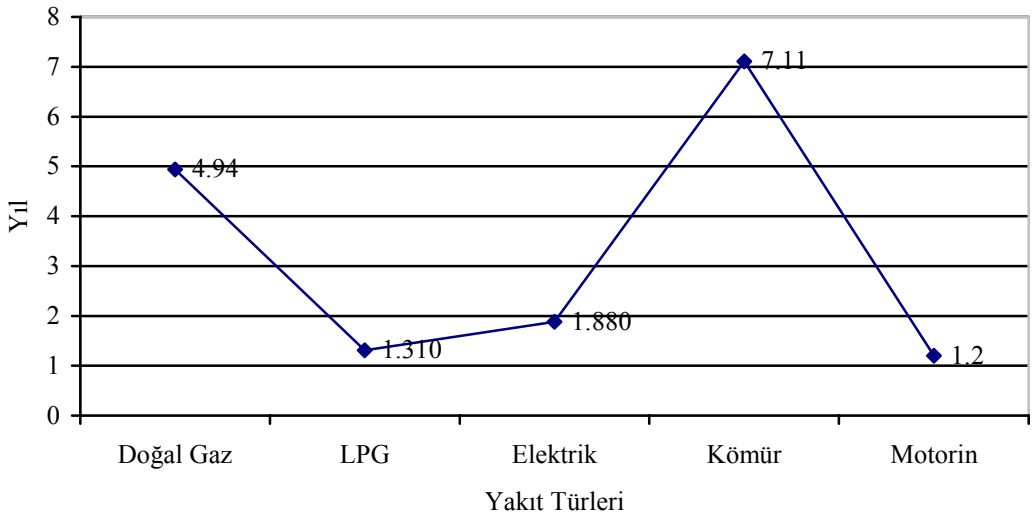
Eğer işletme motorin kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y = 24128$ YTL / yıl ( Motorin kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 1.1 | ***1.2*** |
|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 28750 | 29398 | ***30062*** |
| D ( YTL ) | 24128 | 27028 | ***30027*** |

Bu durumda sistem yaklaşık 1.2 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

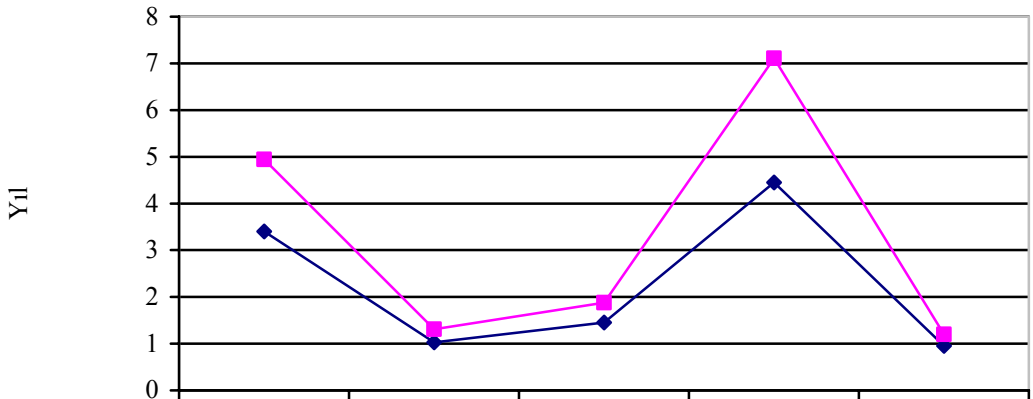
Basit hesaplama yönteminde elde edilen geri ödeme süreleri ile Bour'un geliştirdiği yöntemle yapılan hesaplama sonucu elde ettiğimiz geri ödeme süresi değerleri arasında çok fark olmamasına rağmen, faiz ve enflasyon değerlerinin çok yüksek olması gibi durumlarda Bour modeli daha sağlıklı sonuçlar verecektir.




Şekil 4.5. Yakıt türlerine göre sistemin (Bour yöntemi ile) geri ödeme süresi

100 kişilik bir otel için tasarladığımız 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 geri ödeme süresi hesaplandı.

Her iki hesap yöntem arasındaki farklılıkları daha iyi görebilmek için aşağıdaki Şekil 4.6.'da değerler birlikte verilmiştir.




| | Doğal Gaz | LPG | Elektrik | Kömür | Motorin |
|---|---|---|---|---|---|
| Basit | 3.4 | 1.03 | 1.45 | 4.45 | 0.95 |
| Bour | 4.94 | 1.31 | 1.88 | 7.11 | 1.2 |

Şekil 4.6. Yakıt türlerine göre sistemin Bour ve basit yöntem ile geri ödeme süresi

### 4.2.3.2. Vakum tüplü zorlamalı sistem için

Hesaplamalar sonucu 84 $m^2$ lik bir yüzey alanı için 84 / 0.08 = 1050 adet 1.70 metre uzunluğunda ve 0.047 m çapında vakum tüp gerekmektedir.

***Toplam Sistem ( Vakum Tüplü Zorlamalı ) Maliyeti ise;***

1050 Adet Vakum Tüp : 1050 * 15 USD = 15750 USD
10 Tonluk Sıcak Su Deposu (Cr-Ni) : **5000 USD**
Sirkülasyon Pompası İki Adet (Biri Yedek) : **170 USD**
Montaj Malzemesi Boru, Vana,İzolasyon İşçilik vs. :**1000 USD**
Toplam : 15750 + 5000 + 170 + 1000 = 21920 USD
( 1 USD = 1.34 YTL alınırsa , 21920 * 1.34) = **29373 YTL** olur.

**Geri Ödeme Süresi = Yatırım Miktarı / Yıllık Net Kar**
Doğal Gaz İçin Geri Ödeme Süresi = 29373 / 6814 = **4.31 yıl.**

Elektrik İçin Geri Ödeme Süresi = 29373 / 15845 = **1.85 yıl.**
Kömür İçin Geri Ödeme Süresi = 29373 / 5167 = **5.68 yıl.**
LPG İçin Geri Ödeme Süresi = 29373 / 22242 = **1.32 yıl.**
Gazyağı / Motorin İçin Geri Ödeme Süresi 29373/ 24128 = **1.21 yıl.**

Bour'un geliştirdiği bir yöntemle proje için yatırılan paranın p yıl sonraki değeri Z ve D, eşitlik 4.12 ve 4.14'ten

$$Z = C(1+R)^p \quad \text{dir.} \tag{4.16}$$

$C = 23000$ YTL ( proje için yatırılan para ) ve
$R =$ % 25 ( yıllık faiz oranı ) dir.
$E =$ % 15 ( Enerji fiyatlarında görülen enflasyon )

$$B = \frac{(1+R)^p - (1+F)^p}{(R-F)} qC \quad \text{eşitliğinde bulunur.} \tag{4.17}$$

Burada F, ekonomide görülen genel enflasyonu göstermektedir (Ege Üniversitesi GEE, 1992 ).

$Y =$ **15845 YTL / yıl** ( Elektrik enerjisi kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

Buna göre p = 1 den başlayarak eşitlik sağlanıncaya kadar ( $D = Z$ ) hesap yapılır.

| p (yıl) | 1 | 1.5 | 2 | ***2.45*** |
|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 36716 | 41050 | 45895 | ***50743*** |
| D ( YTL ) | 15845 | 26034 | 38028 | ***50557*** |

Tablodan da görüleceği gibi eğer işletme, su ısıtma ihtiyacı için elektrik enerjisi yerine güneş enerjisi kullanırsa güneş enerjili su ısıtma sistemi kendini 2.45 yıl sonra amorti etmiş olacak ki sistemin kullanım ömrü 10 yıl olarak düşünülürse, çok ekonomik bir değer olduğu anlaşılır.

Eğer işletme doğal gaz kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **6814 YTL / yıl** ( Doğal Gaz kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | ***6.75*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 36716 | 45895 | 71711 | 89639 | 112049 | ***132462*** |
| D (YTL ) | 6814 | 16353 | 47180 | 70892 | 102231 | ***132258*** |

Bu durumda sistem yaklaşık 7 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Eğer işletme kömür kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **5167 YTL / yıl** ( Kömür kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 5 | 8 | ***10.10*** |
|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 36716 | 89639 | 175077 | ***280355*** |
| D(YTL ) | 5167 | 53753 | 149917 | ***280900*** |

Bu durumda sistem yaklaşık 10 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Eğer işletme LPG kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **22242 YTL / yıl** ( LPG kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 1.5 | ***1.71*** |
|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 36716 | 41050 | ***43019*** |
| D ( YTL ) | 22242 | 36544 | ***43287*** |

Bu durumda sistem yaklaşık 2 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

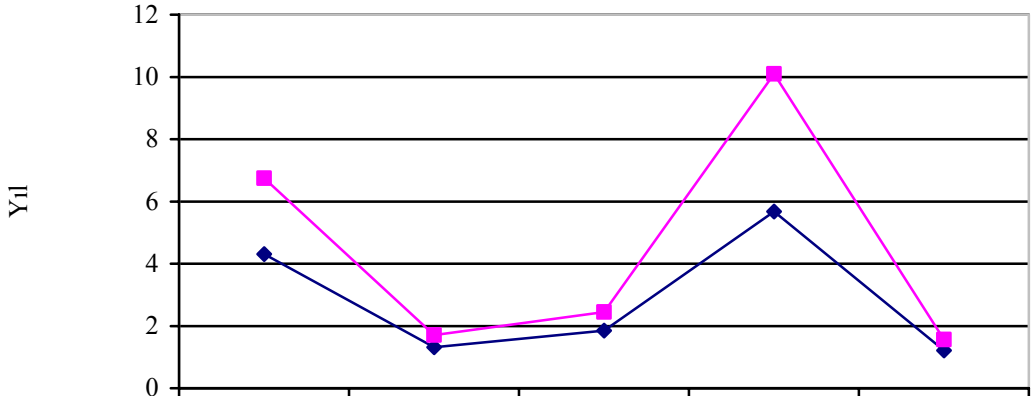
Eğer işletme motorin kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **24128 YTL / yıl** ( Motorin kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| | | | |
|---|---|---|---|
| p (yıl) | 1 | ***1.56*** | 2 |
| Z (YTL) | 36716 | ***41603*** | 45985 |
| D ( YTL ) | 24128 | ***41682*** | 57907 |

Bu durumda sistem yaklaşık 1.5 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Şekil 4.7.'de, işletmede vakum tüplü sistem tercih edildiği durumda yakıt türüne göre basit ve Bour yöntemiyle elde edilen geri ödeme süreleri gösterilmiştir.




| | Doğal Gaz | LPG | Elektrik | Kömür | Motorin |
|---|---|---|---|---|---|
| Basit | 4.31 | 1.32 | 1.85 | 5.68 | 1.21 |
| Bour | 6.75 | 1.71 | 2.45 | 10.1 | 1.56 |

Şekil 4.7. Yakıt türlerine göre sistemin Bour ve basit yöntem ile geri ödeme süresi

### 4.3.1. Konutlarda GESİS' lerin ekonomik analizi ve geri ödeme süresi

Ülkemizde güneş enerjili su ısıtma sistemleri daha çok konutlarda tercih edilmektedir. Sanayide ve büyük işletmelerde genellikle elektrik ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarından faydalanılmaktadır.

Konutlar için güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin bölgelere göre, maliyeti ve geri ödeme sürelerinin fizibilitesi için örnek bir sistem tasarımı ve ekonomik analiz çözümlemesi aşağıda verilmiştir.

***Uygulama İli*** *: Şanlıurfa*
***İşletme*** *: Konut*
***Kişi Sayısı*** *:5*
***İşletme Durumu*** *:Yıl Boyunca*
***Kollektör Eğim Açısı*** *:37º08´ Enlem*
***İstenen Su Sıcaklığı*** *: 50 °C*
***Kişi Başına Su Tüketimi*** *:75 lt*
***Günlük Su tüketimi*** ***: 5****75 = 375 lt/gün*

**Mayıs Ayı İçin Gerekli Kolektör Yüzeyinin Hesaplanması:**

Kişi sayısı dikkate alınarak sıcak su enerji ihtiyacı denklem 4.7'den sıcak su enerji ihtiyacı ;

$Q_s = 5$ (75 lt/gün) 1 ( kcal/kg°C ) (50-19.2) =**11550** kcal/gün olarak bulunur.

Burada, TSE 3817' den Ş.Urfa için Mayıs ayı şebeke suyu sıcaklığı 19.2 olarak alınmşıtır.

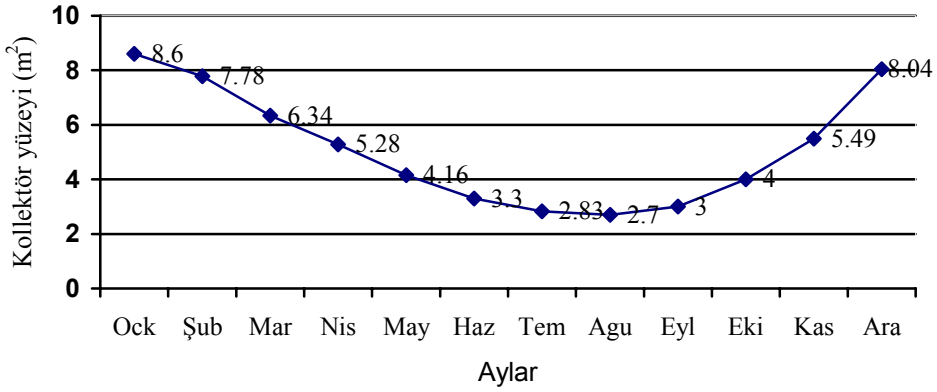
$Q_s = 11550$ kcal/gün.

$TRA = 17878$ Kj/$m^2$ gün (4270 kcal/$m^2$)

TSE 3817' den, Şanlıurfa için Mayıs ayı birim kollektör yüzeyine gelen enerji miktarı $TRA = 4270$ kcal/$m^2$ alınarak ve kolektör ısıl verimi $\eta$=0.65 tahmin edilerek gerekli kolektör yüzey alanı denklem 4.8 yardımıyla,

$F_k = \frac{Q_s}{TRA * \eta} = \frac{11550}{4270 * 0.65} = 4.16\ m^2$ kolektör alanı bulunur.

Diğer aylar için, Excel de program yapılarak ayrı ayrı gerekli kolektör yüzeyleri bulundu. Şekil 4.8.'de gerekli kollektör yüzeyinin aylara göre değişimi görülmektedir.




Şekil 4.8. $F_k$ kollektör yüzeyinin ( m² ) aylara göre değişimi

Örnek konut çözümlemesinde, 50° C, günlük 375 lt sıcak su için Mayıs ayında gerekli olan ısı miktarı $Q_s = 11550$ kcal/gün olarak bulmuştuk. Bir yıl boyunca gerekli, ısı miktarı ise $Q_s = 365*11550 = 4215750$ kcal dir.

Bir yıl boyunca 50 ° C de 375 lt sıcak su ihtiyacı için gerekli yakıt miktarının ve yıllık işletme maliyeti hesaplanarak Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Örnek konut için yıllık yakıt tutarı ve yıllık yakıt maliyetleri.

| Yakıt Türleri | Yıllık Yakıt Miktarı | Yıllık Yakıt Tutarı ( YTL ) |
|---|---|---|
| Doğal Gaz | 511 m³/yıl | 341 |
| LPG | 377 kg | 1114 |
| Elektrik | 4902 kWh | 793 |
| Motorin | 405 lt | 1206 |
| Kömür | 703 | 259 |

Yıllık yakıt tutarları bulunduktan sonra sistemin geri ödeme süresini hesaplayabiliriz.

Sistemin toplam maliyeti ise;

#### 4.3.1.1. Panel kollektörlü sistem maliyeti;

***Sistem ( Açık Sistem Panel Kollektörlü )Toplam Maliyeti ise;***

3 Adet Kollektör : 3 * 110 USD = 330 USD

240 lt Açık Sistem Sıcak Su Deposu A Sınıfı = 150 USD

Montaj Malzemesi Boru, Vana,İzolasyon İşçilik vs. : 40 USD * 3 = 120 USD

Toplam : 330 + 150 + 120 = 600 USD

( 1 USD = 1.34 YTL alınırsa ,600*1.34) = **804 YTL olur.**

Basit hesaplama yöntemiyle;

**Geri Ödeme Süresi = Yatırım Miktarı / Yıllık Net Kar**

Doğal Gaz İçin Geri Ödeme Süresi = 804 / 341 = **2.35 yıl.**

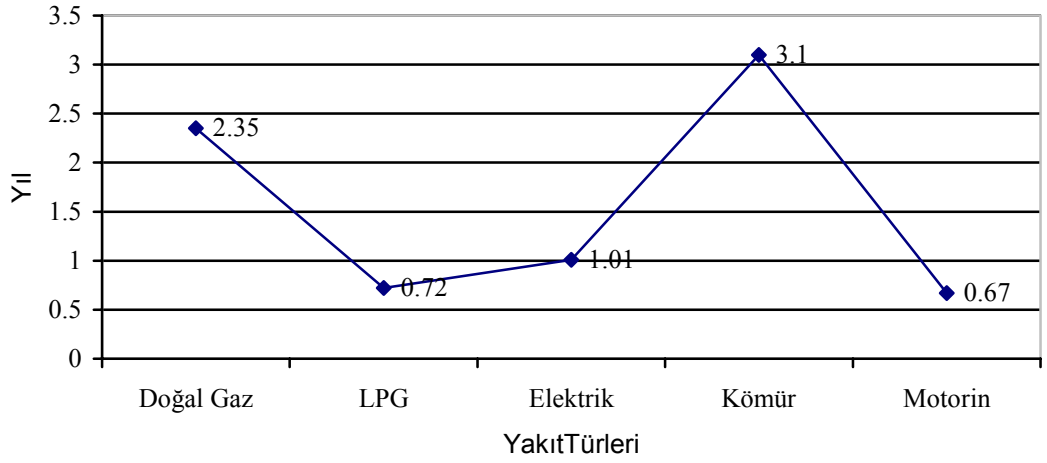
Elektrik İçin Geri Ödeme Süresi = 804 / 793 = **1.01 yıl.**

Kömür İçin Geri Ödeme Süresi = 804 / 259 = **3.10 yıl.**

LPG İçin Geri Ödeme Süresi = 804 / 1114 = **0.72 yıl.**

Gazyağı / Motorin İçin Geri Ödeme Süresi = 804 / 1206 = **0.67yıl.**

İşletmenin güneş enerjili su ısıtma sistemi kullanmadan önce tercih ettiği yakıt türüne göre farklı geri ödeme süreleri olacaktır. Şekil 4.9.'da sistemin geri ödeme süreleri ( yıl ) olarak gösterilmiştir.




Şekil 4.9. Yakıt türlerine göre sistemin geri ödeme süresi

Sistemin geri ödeme süresini Bour modeline göre hesaplayıp, basit yöntemle elde ettiğimiz sonuçlarla karşılaştırılması aşağıda verilmiştir..

Örnek konut için bulduğumuz sistemi ele alırsak;

$Z = C(1+R)^p$ de

$C = 804$ YTL ( proje için yatırılan para ) ve

$R =$ % 25 ( yıllık faiz oranı ) dir.

$$D = \frac{(1+R)^p - (1+E)^p}{(R-E)} Y \quad \text{de ise}$$

$E =$ % 15 ( Enerji fiyatlarında görülen enflasyon )

$Y =$ **793 YTL / yıl** ( Elektrik enerjisi kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

Buna göre p = 1 den başlayarak eşitlik sağlanıncaya kadar ( $D = Z$ ) hesap yapılır.

| p (yıl) | 1 | 1.2 | ***1.28*** | 1.5 |
|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 1005 | 1050 | ***1069*** | 1123 |
| D ( YTL ) | 793 | 987 | ***1068*** | 1303 |

Tablodan da görüleceği gibi eğer işletme, su ısıtma ihtiyacı için elektrik enerjisi yerine güneş enerjisi kullanırsa güneş enerjili su ısıtma sistemi kendini 1.28 yıl sonra amorti etmiş olacak ki sistemin kullanım ömrü 10 yıl olarak düşünülürse, çok ekonomik bir değer olduğu anlaşılır.

Eğer işletme doğal gaz kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **341 YTL / yıl** ( Doğal gaz kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 2 | 3 | ***3.38*** | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 1005 | 1256 | 1570 | ***1710*** | 1963 | 2453 |
| D ( YTL ) | 341 | 818 | 1474 | ***1780*** | 2361 | 3548 |

Bu durumda sistem yaklaşık 3.38 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Eğer işletme kömür kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **259 YTL / yıl** ( Kömür kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 1 | 2 | 3 | 4 | ***4.53*** | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 1005 | 1256 | 1570 | 1963 | ***2210*** | 2453 |
| D ( YTL ) | 259 | 621 | 1120 | 1793 | ***2238*** | 2695 |

Bu durumda sistem yaklaşık 4.5 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Eğer işletme LPG kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **1114 YTL / yıl** ( LPG kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | 0.5 | ***0.9*** | 1 |
|---|---|---|---|
| Z (YTL) | 899 | ***983*** | 1005 |
| D ( YTL ) | 508 | ***984*** | 1114 |

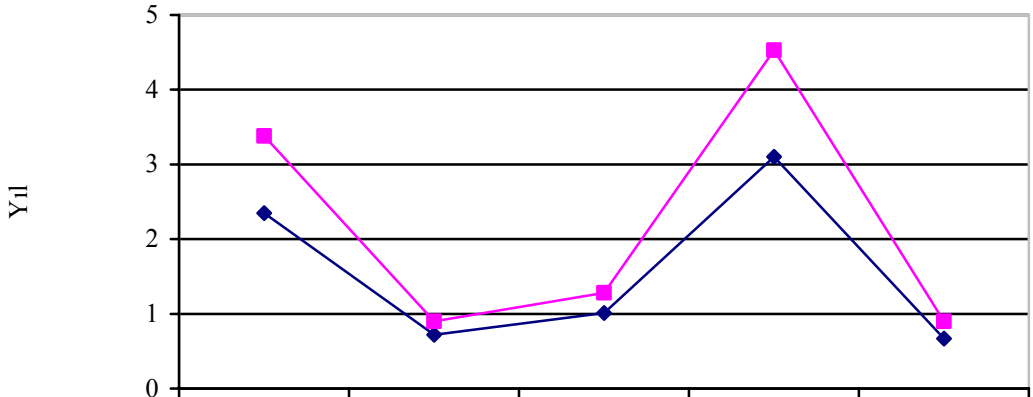
Bu durumda sistem yaklaşık 1 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Eğer işletme motorin kullanmak yerine güneş enerjisi ile sıcak su ihtiyacını temin etmeye çalışır ise;

$Y =$ **1206 YTL / yıl** ( Motorin kullanan işletmenin bir yıllık gideri ) dır.

| p (yıl) | ***0.9*** | 1 | 2 |
|---|---|---|---|
| Z (YTL) | ***983*** | 1005 | 1256 |
| D ( YTL ) | ***1065*** | 1206 | 2895 |

Bu durumda sistem yaklaşık 1 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.




| | Doğal Gaz | LPG | Elektrik | Kömür | Motorin |
|---|---|---|---|---|---|
| Basit | 2.35 | 0.72 | 1.01 | 3.1 | 0.67 |
| Bour | 3.38 | 0.9 | 1.28 | 4.53 | 0.9 |

Şekil 4.10. Bour yöntemi ile basit yöntem geri ödeme süreleri

Bour yöntemi ile basit hesaplama yöntemi sonuçları birbirine çok yakın olmalarına rağmen, faiz ve yıllık enflasyon oranlarını yüksek olduğu durmlarda fark dah iyi ortaya çıkacaktır. Böyle bir durumda mutlaka faiz ve enflasyon değerleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalıdır.

#### 4.3.1.2. Vakum tüplü sistem maliyeti;

$F_k = \frac{Q_s}{TRA * \eta} = \frac{11550}{4270 * 0.65} = 4.16\ m^2$ **kolektör alanı bulunmuştu;**

Buradan 1 adet vakum tüpün emici yüzeyi 0.08 $m^2$ alırsak, 4.16 / 0.08 = 52 adet vakum tüp bulunur.

52 Adet Vakum Tüp : 52 * 15 USD = 780 USD
240 lt Açık Sistem Sıcak Su Deposu A Sınıfı = 150 USD
Montaj Malzemesi Boru, Vana,İzolasyon İşçilik vs. : 50 USD
Toplam : 780 + 150 + 50 = 980 USD
( 1 USD = 1.34 YTL alınırsa , 980 * 1.34) = **1313 YTL olur.**

Basit hesaplama yöntemiyle hesaplanan geri ödeme süreleri değişimi Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

**Geri Ödeme Süresi = Yatırım Miktarı / Yıllık Net Kar**

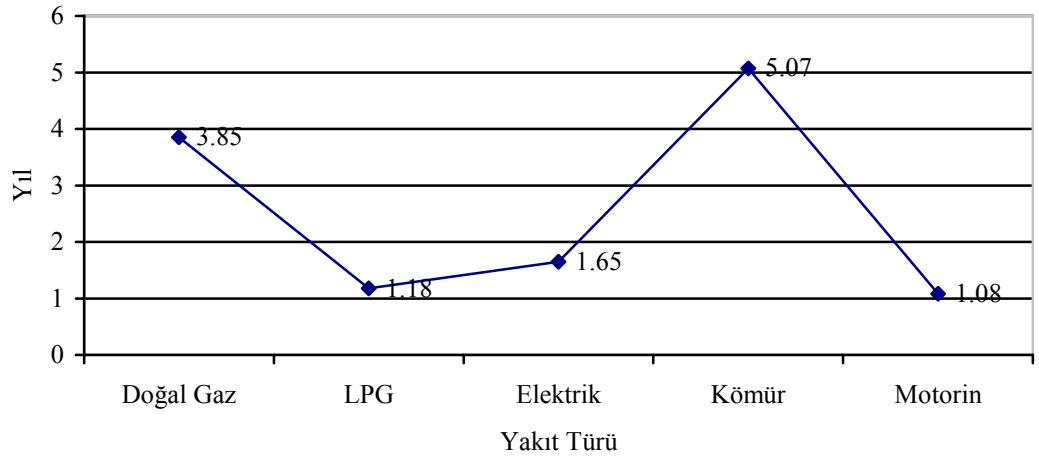
Doğal Gaz İçin Geri Ödeme Süresi = 1313 / 341 = **3.85 yıl.**

Elektrik İçin Geri Ödeme Süresi = 1313 / 793 = **1.65 yıl.**

Kömür İçin Geri Ödeme Süresi = 1313 / 259 = **5.07 yıl.**

LPG İçin Geri Ödeme Süresi = 1313 / 1114 = **1.18 yıl.**

Gazyağı / Motorin İçin Geri Ödeme Süresi = 1313 / 1206 = **1.08 yıl.**




Şekil 4.11. Yakıt türlerine göre vakum tüplü sistemin geri ödeme süresi

## 4.2. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Pazar Analizi

GESİS'lerin arz talep dengesi, fiyatları, teknolojileri, malzeme kalitesi ve tüketici istek ve şikayetleri ile ilgili konularda üretici firmalar ve bayilerle çeşitli yazışma ve görüşmeler yapıldı (Ek 2).

Ürün çeşitliliğinin yanı sıra çok farklı ekonomik düzeylere göre şekillenen bir arz durumu olduğu gözlendi. 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 de küçük çaplı imalathanelerde, üretim sırasında herhangi bir standart göz önüne alınmadan tamamen daha çok kar 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 Bölgesinde, genel olarak düzlemsel kollektörlü, açık sistemler tercih edilmektedir. Hem düşük maliyetli olması hem de bölgemizin güneşlenme açısından zengin olması tüketicinin verimlilik ve kaliteden çok, düşük fiyata önem verdiği tespit edilmiştir.

Üretici firmalar ile bire bir yapılan görüşmelerde değişik sistemler için alınan fiyatlar örnek olarak aşağıda verilmiştir (Aktif Yapı, 2006). Bizim hesaplamalarda kullandığımız ürün fiyatları, ortalama piyasa fiyatları olup malzeme kalitesine ve üretici firmaya göre değişiklik arz etmektedir.

| | | |
|---|---|---|
| VAKUM TÜPLÜ PAKET SİSTEM | 15 adet cam tüplü | 1724 YTL |
| VAKUM TÜPLÜ PAKET SİSTEM | 15 adet cam tüplü | 1758 YTL |

| | |
|---|---|
| 200 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 724 YTL |
| 300 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 1034 YTL |
| 400 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 1249 YTL |
| 500 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 1349 YTL |

| | | |
|---|---|---|
| Seri Sellektif Düz Camlı Kollektör | 2 | 1168 YTL |
| 2'li Seri Düz Zemin Ayak Takımı | 1 | 177 YTL |
| Seri 1 Bağlantı Kiti | 1 | 33 YTL |
| Seri 2 Bağlantı Kiti | 1 | 16 YTL |
| **Paket Fiyatı - YTL** | | **1395** |

| | | |
|---|---|---|
| Seri Sellektif Prizmatik Camlı Kollektör | 3 | 1640 YTL |
| 1'li Seri Düz Zemin Ayak Takımı | 1 | 150 YTL |
| 2'li Seri Düz Zemin Ayak Takımı | 1 | 158 YTL |
| Seri 1 Bağlantı Kiti | 1 | 29 YTL |
| Seri 2 Bağlantı Kiti | 2 | 29 YTL |
| **Paket Fiyatı - YTL** | | **2008 YTL** |

| | | |
|---|---|---|
| Seri Sellektif Düz Camlı Kollektör | 2 | 1042 YTL |
| 2'li Seri Düz Zemin Ayak Takımı | 1 | 158 YTL |
| Seri 1 Bağlantı Kiti | 1 | 29 YTL |
| Seri 2 Bağlantı Kiti | 1 | 14 YTL |
| **Paket Fiyatı - YTL** | | **1246 YTL** |

| | | |
|---|---|---|
| Seri Sellektif Prizmatik Camlı Kollektör | 2 | 1093 YTL |
| 2'li Seri Düz Zemin Ayak Takımı | 1 | 158 YTL |
| Seri 1 Bağlantı Kiti | 1 | 29 YTL |
| Seri 2 Bağlantı Kiti | 1 | 14 YTL |
| **Paket Fiyatı - YTL** | | **1296 YTL** |

| | | |
|---|---|---|
| Seri Sellektif Düz Camlı Kollektör | 4 | 2085 YTL |
| 2'li Seri Düz Zemin Ayak Takımı | 2 | 317 YTL |
| Seri 1 Bağlantı Kiti | 1 | 29 YTL |
| Seri 2 Bağlantı Kiti | 3 | 44 YTL |
| **Paket Fiyatı - YTL** | | **2477 YTL** |

| **2K PK Emayeli Depo / Bakır – Prizmatik** | **Adet** | **Peşin** |
|---|---|---|
| | | |
| 200 lt Emayeli Depo | 1 | |
| Depo Aksesuar Kiti | 1 | |
| Genleşme Tankı TM 15 lt | 1 | |
| 2K Bakır Prizmatik Camlı Kollektör | 2 | |
| Emayeli Güneş Koll 2K Şase | 1 | |
| **2K Emayeli depo Bakır bağlantı Seti** | 1 | |
| **Paket Fiyatı - YTL** | | **2379** |

| | | |
|---|---|---|
| 100 lt Emayeli Depo | 1 | |
| Depo Aksesuar kiti | 1 | |
| Genleşme Tankı TM 7,5 lt | 1 | |
| 1K Bakır Düz Camlı Kollektör | 1 | 491 |
| Emayeli Güneş Koll 1K Şase | 1 | |
| 1K Emayeli Depo Bakır Bağlantı Seti | 1 | |
| **Paket Fiyatı - YTL** | | **1543** |

| | |
|---|---|
| 200 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 572 YTL |
| 300 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 1043 YTL |
| 400 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 1207 YTL |
| 500 lt BOYLER.ÇİFT.SERP. ( EMY.POL.KAP. ) | 1596 YTL |

SS-S2/ 20 Tüplü Basınçlı Tip Modelimiz

Tüm metal aksamı paslanmaz çelik olup, basınçlı tip güneş kolektörü.

Tank Dış Cidar Malzemesi: 304 BA Paslanmaz Çelik Levha
Tank Dış Çapı: Φ 480 mm
Tank Malzemesi: 304 2B, kalınlığı 0.5 mm.
Tank Çapı: Φ 370 mm
İzolasyon Malzemesi: 55 mm kalınlıklı Polyurethane.
Yansıtıcı Plaka Malzemesi: 304 BA Paslanmaz Çelik Levha
Destek Konstrüksiyon Malzemesi: 304 2B Paslanmaz Çelik

Kolektör Tüpler: L= 1500 mm uzunluklu,
Φ 47/37 mm Çaplı 20 adet Vakum Tüp ve Isı Borusu
Tank Kapasitesi: 165 lt.

Yukarıdaki Modül İçin Fiyatlar :

( 10 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) 473 .- Euro / Modül

( 20 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) 415 .- Euro / Modül

( 40 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) 371 .- Euro / Modül

ALT 2: SS-S1/ 21 Tüplü Basınçsız Tip Modeli :

Tüm metal aksamı paslanmaz çelik olup, basınçsız (gravity) tip güneş kolektörü.

| | |
|---|---|
| Tank Dış Cidar Malzemesi: | 304 BA Paslanmaz Çelik Levha |
| Tank Dış Çapı: | Φ 480 mm |
| Tank Malzemesi: | 304 2B, kalınlığı 0.5 mm. |
| Tank Çapı: | Φ 380 mm |
| İzolasyon Malzemesi: | 55 mm kalınlıklı Polyurethane. |
| Yansıtıcı Plaka Malzemesi: | 304 BA Paslanmaz Çelik Levha |
| Destek Konstrüksiyon Malzemesi: | 304 2B Paslanmaz Çelik |

Kolektör Tüpler: L= 1500 mm uzunluklu,
Φ 47/37 mm Çaplı 21 adet Vakum Tüp ve Isı Borusu
Tank Kapasitesi: 165 lt.

Yukarıdaki Modül İçin Fiyat :

| | |
|---|---|
| ( 10 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 404 .- Euro / Modül |
| ( 20 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 351 .- Euro / Modül |
| ( 40 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 311 .- Euro / Modül |

ALT 3: AL-ZN-/ 21 Tüplü Basınçsız Tip Modeli :

Tüm metal aksamı Alüminyum ve Çinko malzeme olup, basınçsız (gravity) tip güneş kolektörü.

| | |
|---|---|
| Tank Dış Cidar Malzemesi: | Alüminyum-Çinko kaplamalı, 0.5 mm kalınlıklı Çelik Levha |
| Tank Dış Çapı: | Φ 420 mm |
| Tank Malzemesi: | 304 2B, kalınlığı 0.5 mm. |
| Tank Çapı: | Φ 310 mm |
| İzolasyon Malzemesi: | 55 mm kalınlıklı Polyuretha |
| Yansıtıcı Plaka Malzemesi: | 304 BA Paslanmaz Çelik Levha |
| Destek Konstrüksiyon Malzemesi: | Alüminyum Profil |
| Kolektör Tüpler: | L= 1500 mm uzunluklu, Φ 47/37 mm |
| Çaplı 21 adet Vakum Tüp ve Isı Borusu | |
| Tank Kapasitesi: | 120 lt. |

Yukarıdaki Modül İçin Fiyat :

| | |
|---|---|
| ( 10 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 394 .- Euro / Modül |
| ( 20 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 318 .- Euro / Modül |
| ( 40 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 269 .- Euro / Modül |

Yukarıdaki tekliflerimiz, kullanıma hazır Vakum Tüplü Güneş Kolektörlerimiz içindir.

Fakat, bu kolektörlerin, vakum tüpleri + ısı boruları + silikon contaları + toz contaları ve kolektörlerin ucuna konan ve değdiği yüzeyle arasına izole eden ABS malzemeleri dahil olmak üzere 20 tüplü kolektör için gerekli malzeme paketi fiyatı şöyledir.

| | |
|---|---|
| ( 10 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 217 .- Euro / Paket |
| ( 20 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 165 .- Euro / Paket |
| ( 40 Modül için Tek Sipariş Olduğunda ) | 133 .- Euro / Paket |

Ayrıca istenirse, ısınan suyun genleşme sırasında genleşmesini absorbe eden ‘Kontrol Valfı’ ve sistemin sıcaklık ve debi kontrolü ile sirkülasyon pompasını çalıştıran ‘PC Kontrol Ünitesi’ fiyatları şöyledir.

| | |
|---|---|
| Kontrol Valfi: | 31 .- Euro/ adet |
| PC Kontrol Ünitesi: | 56 .- Euro/ adet |

* Fiyatla KDV ve nakliye ücreti dahil değildir.

### 4.2.1. Piyasaya en fazla arz edilen ürün çeşitleri

**1-** *Düzlemsel Kollektörlü Galvaniz Malzemeden İmal Edilmiş Açık Sistemler*

Bu tip sistemlerde malzeme kalınlığından kaynaklanan farklılıktan dolayı A kalite ve B kalite olarak tüketiciye fiyat verilmektedir. Ayrıca sıcak su deposunun izolasyon malzemesinin cam yünü olması veya poliüretan olması da fiyatları etkilemektedir.

Genel olarak en ucuz ve bundan dolayı da piyasada en çok tercih edilen sistemlerdir. Özellikle Güneydoğu ve Akdeniz gibi yüksek güneşlenme oranına sahip olan bölgelerde çok sayıda tüketici tarafından tercih edilmektedir.

**2-** *Düzlemsel Kollektörlü Galvaniz Malzemeden İmal Edilmiş Kapalı Sistemler*

Kapalı sistemler açık sistemlere göre daha maliyetli olduğundan çok fazla tercih edilmemektedir. Dolaylı ısıtmanın neden olduğu bir verim kaybı yaşandığı için, kış aylarında çok fazla donma tehlikesi olmayan yerlerde tercih edilmemektedir.

Ayrıca dolaşım suyuna antifriz gerektiği ve tüketiciler tarafından 'iyi ısıtmıyor' şeklinde bilindiği için açık sistemlere göre daha az bir kitleye hitap etmektedir. Daha çok İç Anadolu ve kısmen de Doğu Anadolu Bölgesinde yaygın kullanım alanı bulmaktadır.

**3-** *Düzlemsel Kollektörlü Krom Malzemeden İmal Edilmiş Açık Sistemler*

Bu sistemlerin klasik galvanizden üretilen açık / kapalı sistemlerden tek farkı paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş olmasıdır. Bu özelliğinden dolayı kullanım suyunun içilebilir kalitede olması sağlamış ve son yıllarda tercih edilen bir ürün olmuştur. Ancak malzeme kalitesinden dolayı meydana gelen maliyet farkı ise piyasa arzında bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

**4-** *Düzlemsel Kollektörlü Krom Malzemeden Mamul Kapalı Sistemler*

Düzlemsel kollektörlü krom malzemeden üretilen ve kapalı devre çalışan bu sistemler, kış aylarının çok soğuk ve güneşsiz olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Fakat, malzemenin yüksek maliyeti ve kapalı sistemin dezavantajlarını beraber taşıdığı için. Güney Doğu ve Akdeniz bölgelerinde çok fazla tercih edilmemektedir. Ayrıca, pahalı ve standartlara uygun üretilmiş olan bu tip sistemler genellikle kamu kuruluşları tarafından tercih edilmektedir.

**5-** *Vakum Tüplü Sıcak Su Depolu Sistemler*

Vakum tüplü güneşli su ısıtma sistemleri, vakumlanmış iç içe iki cam borudan oluşan ve vakum tabakasının izolasyonu sayesinde ısı kaybı az olan cam tüplerin içinde suyun dolaşması ile ısıtma yapar.

Bu sistemlerin üretiminde kullanılan cam tüpler ülkemizde üretilmeyip ithal edilmektedir. Bundan dolayı piyasa arz fiyatları klasik düzlemsel kollektörlere göre daha yüksektir. Ayrıca, pazarlama firmalarının ve üreticilerin vakum tüplü güneş enerjisi sistemlerini müşterilere gereğinden fazla abartılı olarak tanıtmaları tüketicilerin aşırı beklentiler içine girmesine neden olmuştur. Pahalı olan ve abartılı beklentilere cevap veremeyen bu sistemler piyasada beklenen pazar payına sahip olamamıştır.

Tüketiciye pratikte çok fazla yansımayan, yüksek verimlilik, donma tehlikesinin olmaması gibi avantajları olan yeni bir teknoloji üründür. Ancak, yüksek maliyetler ve yanlış tanıtımdan dolayı çok yavaş kabul gören sistemlerdir.

**6-** *Vakum Tüplü Isı Borulu Sıcak Su Depolu Sistemler*

Isı borulu ve vakum tüplü sistemler ise normal vakum tüplü sistemlere göre çok daha pahalı olduğu için ülkemizde pek fazla bilinmemektedir. Bu tip sistemler, çok düşük sıcaklıklarda ( -50 ° C gibi ) donma yapmadan çalışabildiği için daha çok soğuk fakat kış aylarında iyi güneşlenmeye sahip bölgeler için idealdir.

Sonuç olarak yukarıda saydığımız farklı uygulamaların hepsi de 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.

Ne yazık ki 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. Bazı ülkelerde yeni yapılan konutlara güneş enerjili su ısıtma sistemi zorunluluğu getirilerek güneş enerjisinden daha çok faydalanma sağlanmaktadır.

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.

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin daha yaygın kullanılması ve ekonomiye katkı sağlaması için tüketici bilincinin yanı sıra, bazı ülkelerde uygulanan ekonomik teşvikler de devreye girmelidir.

Mimari açıdan görüntü kirliliği oluşturulmaması için açısından GESIS'lerin yerleri projelendirme aşamasında belirlenmesi ve mimari projelendirme ile beraber bir bütün olarak ele alınmalıdır.

### 4.2.2. Bilgisayar programı yardımı ile GESİS' lerin analizi

Program Delphi Borland programlama dili ile yazılmış olan programın amacı, tüketiciye veya imalatçıya bölgesel farklılıklarda göz önüne alınarak, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin maliyeti, boyutları ve geri ödeme süreleri hakkında yaklaşık bir fikir vermektir.

Şekil 4.12.'de görüldüğü gibi, program kullanıcıdan bazı parametreler isteyecek ve sistemin maliyetini ve geri ödeme sürelerini hesaplayacaktır.

*Programda istenen parametreler;*

-*Sistemin Kullanılacağı Yer* ; Konut, Otel, Atölye.

-*GESİS Yerine Sıcak Su İhtiyacı İçin Kullanılmakta Olan Enerji Türü*; Elektrik, LPG, Doğal Gaz, Kömür, Motrin.

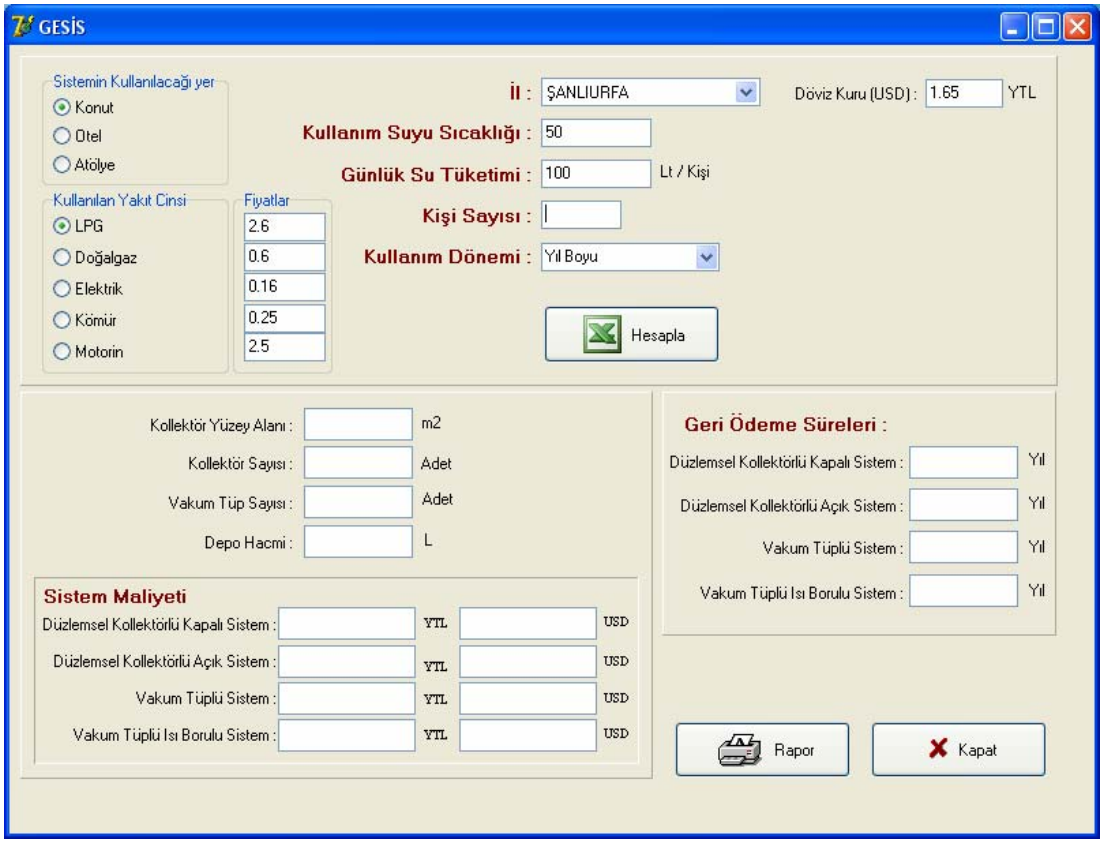
-*Sistemin Kurulacağı İl*; Listeden İl Seçilir.

-*İstenen Su Sıcaklığı* ; İstenen kullanım suyu sıcaklığı girilir.

-*Kişi Başına Günlük Sıcak Su İhtiyacı* ; Program konut için 100 L, oteller için 150 L, atölyeler için 50 L olarak seçer. Eğer kişi başına kullanım suyu miktarı bunlardan farlı bir değer ise kullanıcı bu değeri kendisi de girebilmektedir.

-*Sistemin Kullanılacağı Dönem*.

-*Döviz Kuru.*




Şekil 4.12. Bilgisayar programında gerekli giriş parametreleri.

Yukarıda belirtilen veriler girildikten sonra program aşağıdaki değerleri bulur:

-İhtiyaç Duyulan Kolektör Yüzey Alanı : $m^2$ olarak bulunur.

-Kollektör Sayısı : Gerekli kollektör (1 kollektör yaklaşık olarak 1.70 $m^2$ alınmıştır.) sayısı bulunur.

-Vakum Tüp Sayısı : Vakum tüplü sistem için ise gerekli vakum tüp sayısı bulunur.

-Sıcak Su Deposu Hacmi : Sıcak su deposu hacmi hesaplanır (L).

-Sistem Maliyetleri,

1-Düzlemsel Kolektörlü Kapalı Sistem

2-Düzlemsel Kolektörlü Açık Sistem

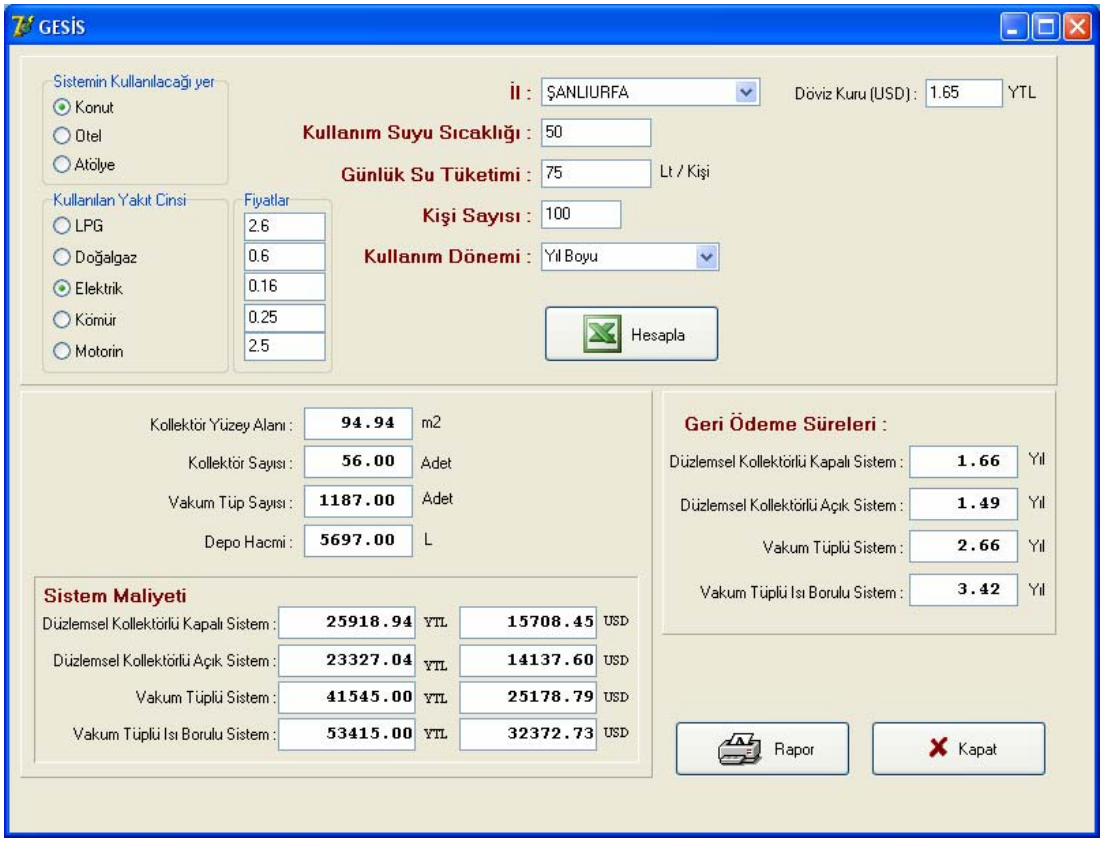
3-Vakum Tüplü Sistem

4-Vakum Tüplü Isı Borulu Sistem,

olmak üzere dört faklı sistemin maliyet hesaplaması yapılır.

Maliyetlere yaklaşık olarak montaj ve işçilik giderleri de eklenmiştir. Piyasaya arz edilen çok farklı kalitede ve tipte sistem bulunduğu için maliyetler hesaplanırken yaklaşık fiyatlar alınmıştır. Kesin maliyet hesabı yapmak için , sistemin kurulacağı bölge ve sistemin monte edileceği konum belirlendikten sonra, üretici firmaya kullanıcı sayısı ve istenen kullanım suyu sıcaklıklarının net olarak bildirilmesi gerekmektedir.

-Sistemlerin Yakıt Türlerine Göre Geri Ödeme Süreleri gibi sonuçlar hesaplanarak rapor edilebilecek duruma gelir.
Örnek veriler girilerek elde edilen sonuçlar Şekil 4.13.'de görülebilmektedir.




Şekil 4.13. Programın hesapladığı değerler.

Program, sistemin geri ödeme sürelerini yakıt türüne göre ayrı ayrı hesaplamaktadır. "Kullanılan Yakıt Cinsi" seçeneğinde; LPG, doğal gaz, elektrik, kömür ve motorin den herhangi biri seçilerek güneş enerjili su ısıtma sistemi yerine kullanılmakta olan yakıtla sistem maliyetini karşılaştırarak yaklaşık bir geri ödeme süresi bulunur.

Güneş enerjili su ısıtma sisteminin maliyet, boyut, sistem tipi ve geri ödeme süreleri değerleri hazırladığımız bilgisayar programı yardımı ile elde edilen değerler Rapor tuşu ile yazıcıdan çıktı olarak alınabilmektedir.

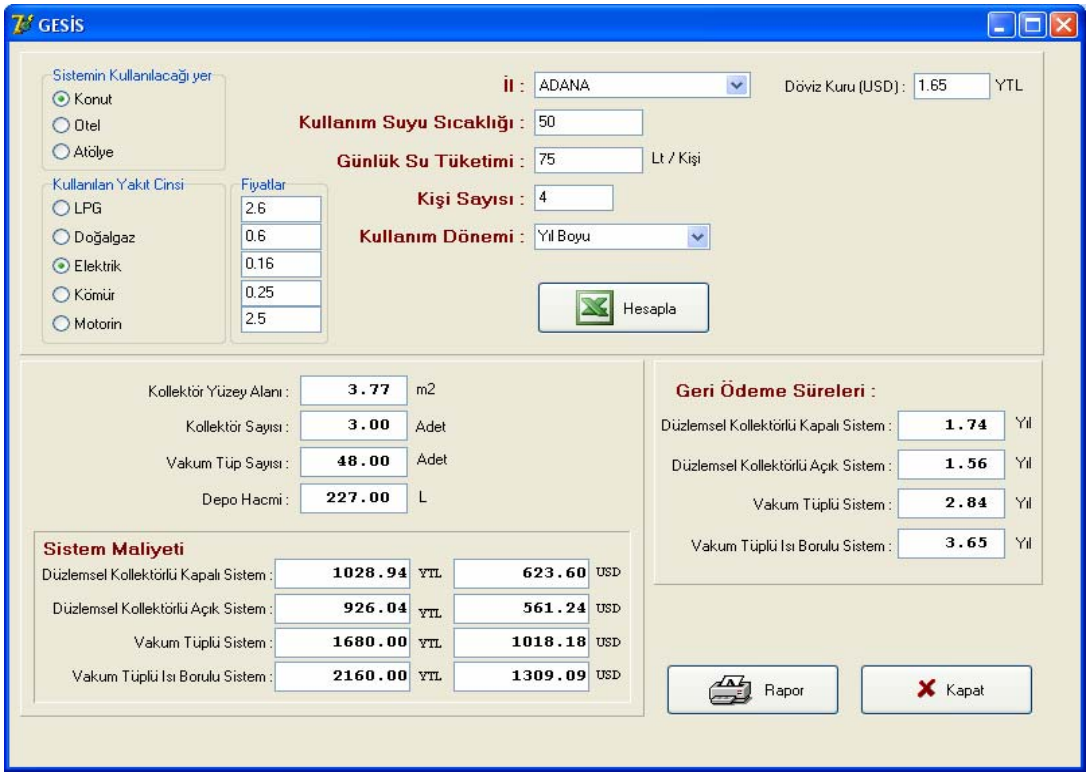
### 4.2.3. Bir GESIS' in coğrafi bölgelere göre maliyeti ve geri ödeme süreleri

Örnek olarak 4 kişilik bir konutun, farklı bölgelerde bulunan iller için gereken kolektör yüzey alanı, sistem maliyeti ve geri ödeme sürelerini hesaplanarak bölgeler arasındaki farklar daha belirgin olarak ortaya çıkacaktır. Her coğrafi bölgeden bir il için hesaplama yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1-Akdeniz Bölgesi : Adana
2-Ege Bölgesi : İzmir
3-Marmara Bölgesi : İstanbul
4-Karadeniz Bölgesi : Trabzon
5-İç Anadolu Bölgesi : Ankara
6-Doğu Anadolu Bölgesi : Erzurum
7-Güney Doğu Anadolu Bölgesi : Şanlıurfa

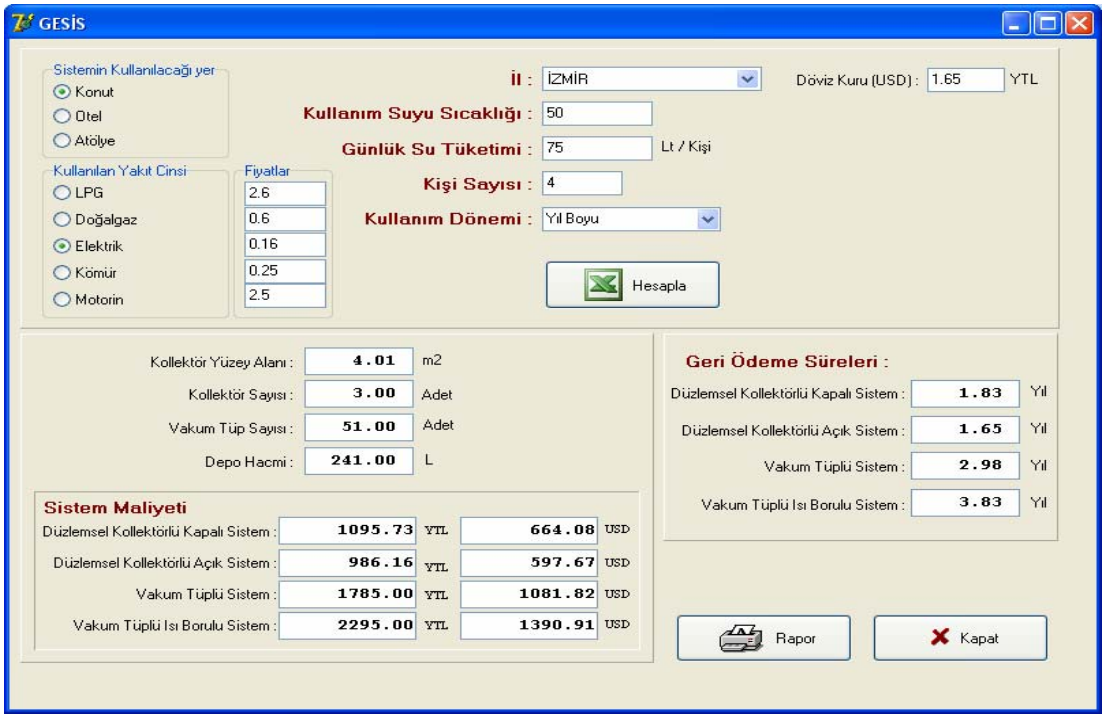
Dört kişilik bir konutun sıcak su ihtiyacını ( kişi başına günlük 75 litre su tüketimi ve güneş enerjisi yerine elektrik enejisi ile sıcak su temini yapıldığı varsayılarak ) tasarlanan bir GESİS'in her bölge için ayrı ayrı hesaplanırsa:

İlk olarak Adana ili için, Şekil 4.14.'te görüldüğü gibi kollektör yüzeyi, kollektör sayısı, maliyet ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.



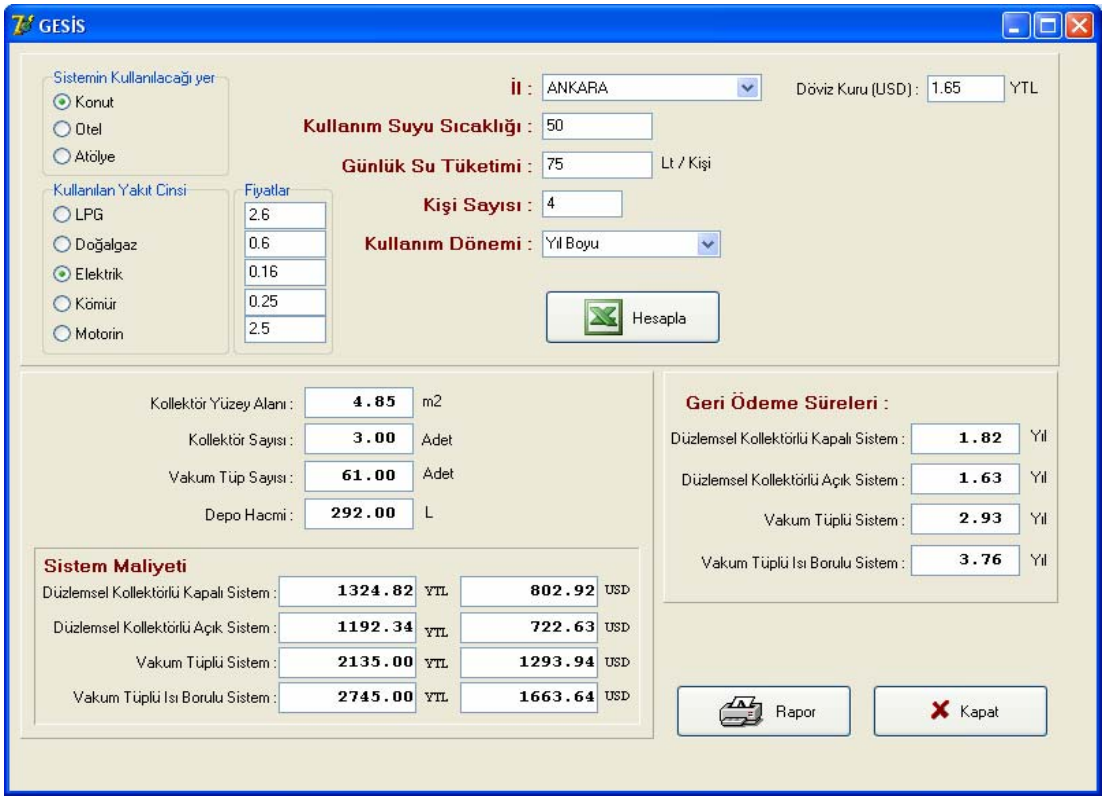

Şekil 4.14. Adana'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması

Aynı örnek konut için, Ege Bölgesi İzmir ili için gerekli maliyet ve geri ödeme süreleri hesaplanırsa Şekil 4.15.'teki sonuçlar elde edilir.



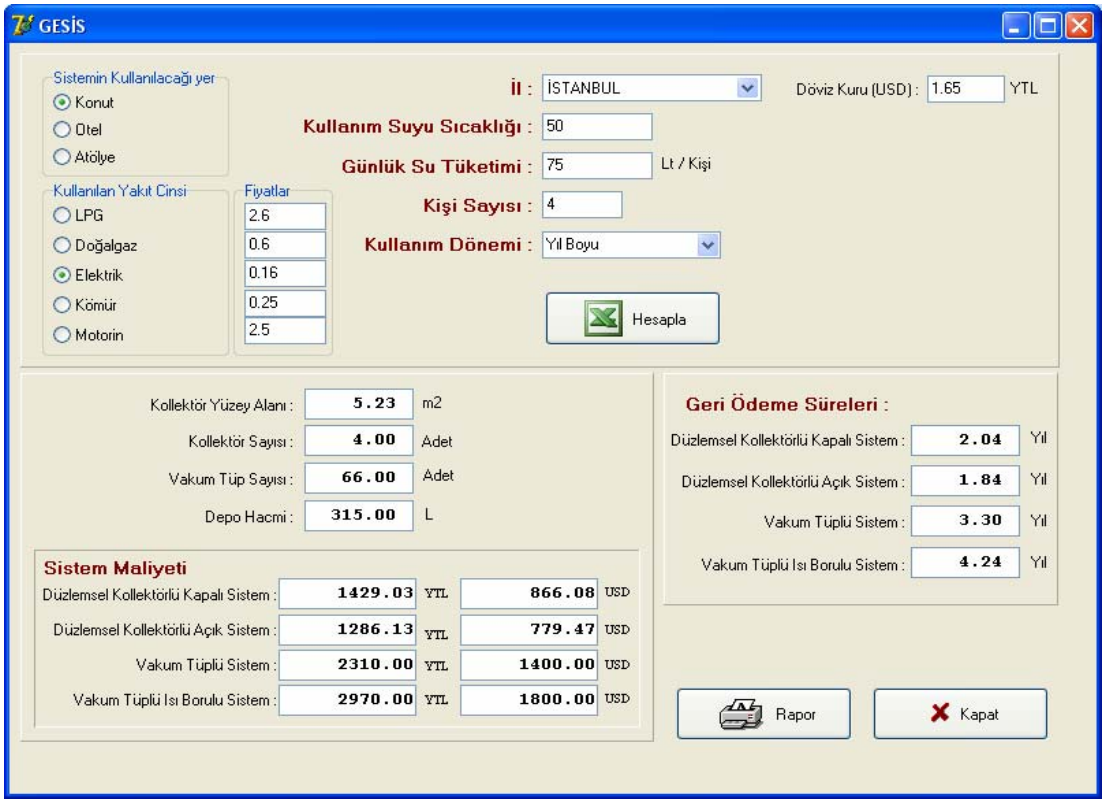

Şekil 4.15. İzmir'de 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması

İç Anadolu Bölgesi Ankara ili için gerekli maliyet ve geri ödeme süreleri hesaplanırsa Şekil 4.16.'daki sonuçlar elde edilir.

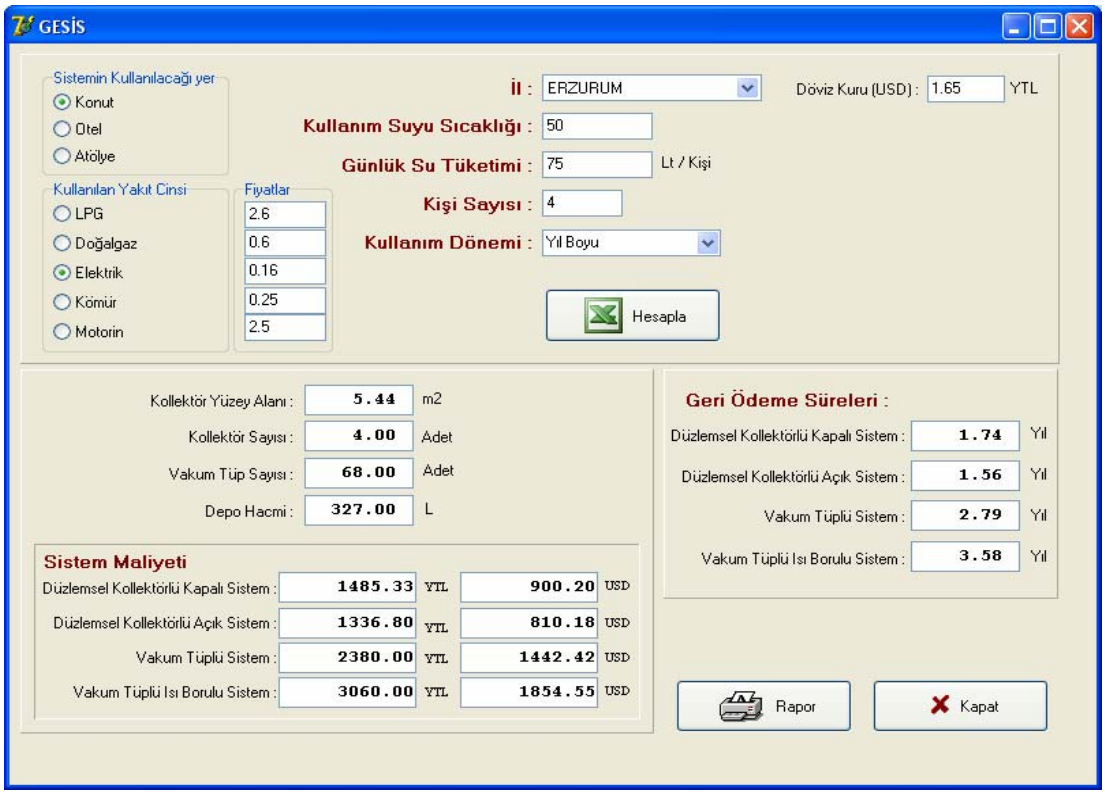



Şekil 4.16. Ankara'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması

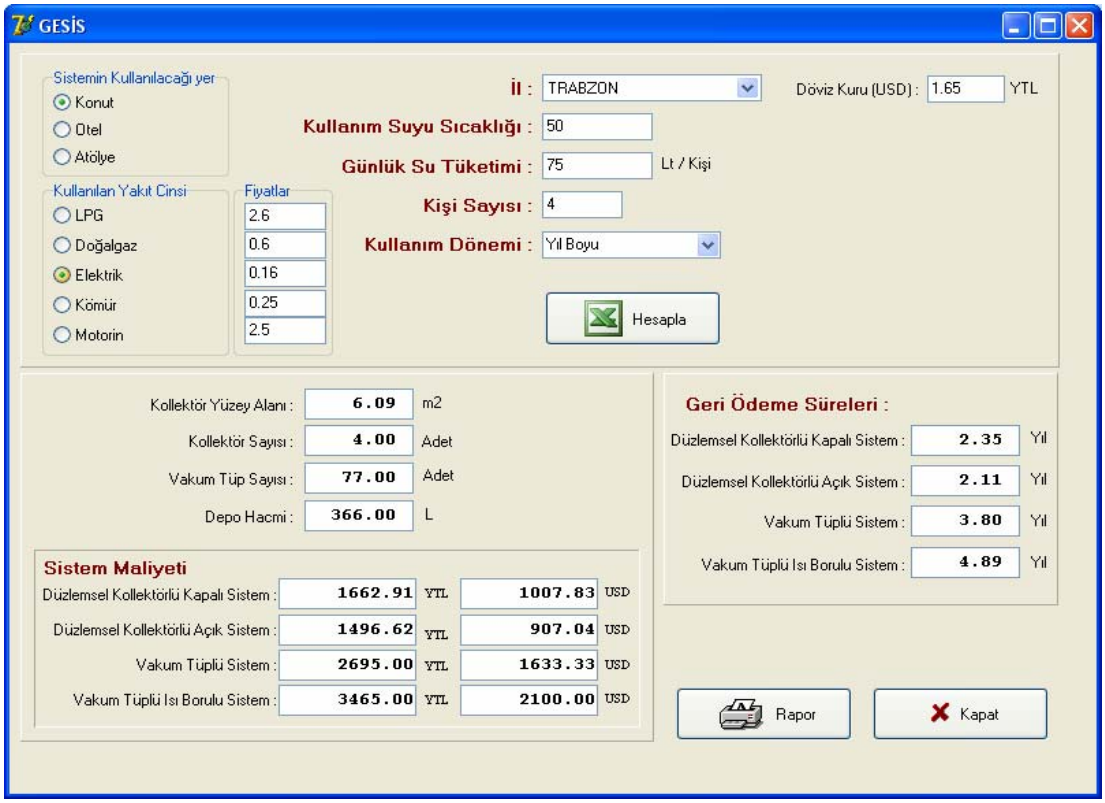
Aynı şekilde İstanbul, Erzurum, Trabzon ve Şanlıurfa için yapılan hesaplamalar sırası ile Şekil 4.17. , Şekil 4.18. , Şekil 4.19. , Şekil 4.20.'de görülmektedir.



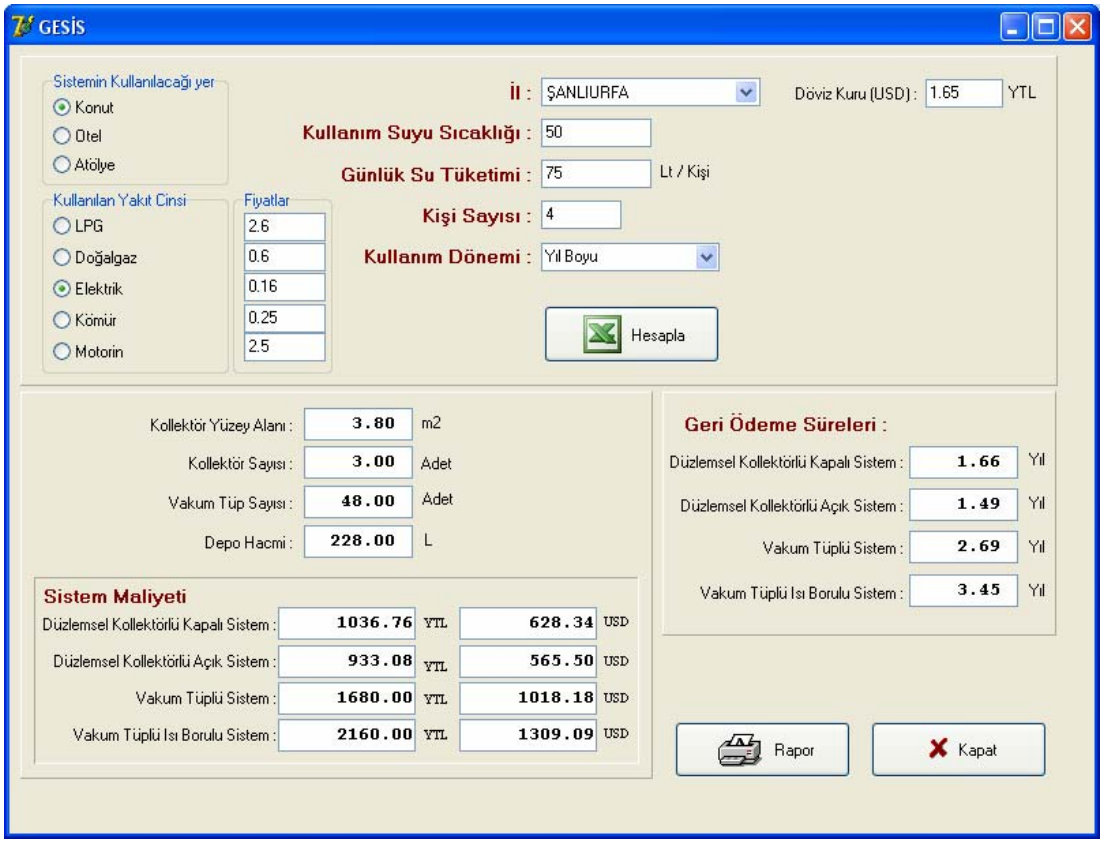

Şekil 4.17. İstanbul'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması




Şekil 4.18. Erzurum'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması

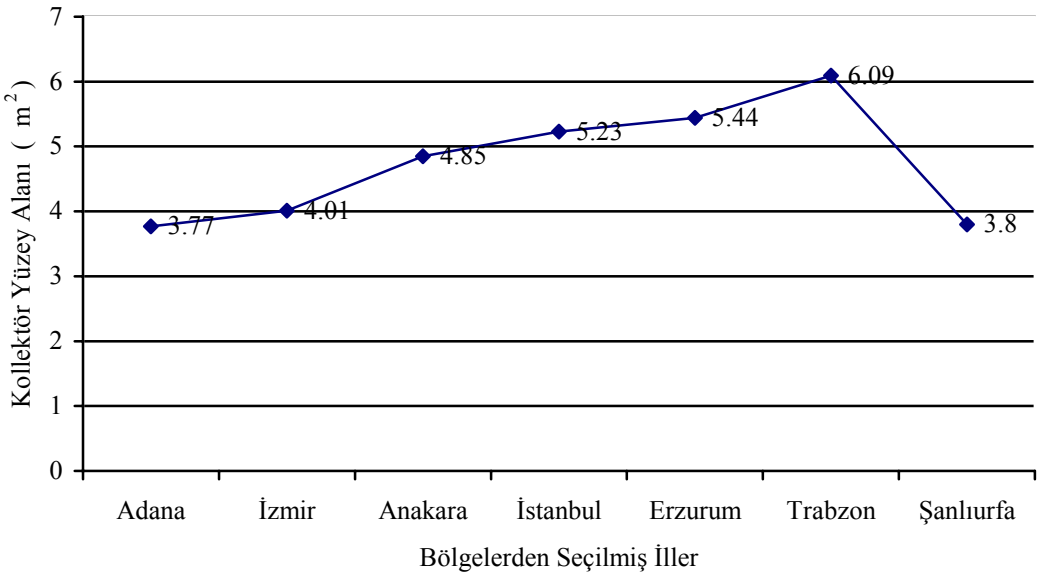



Şekil 4.19. Trabzon'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması



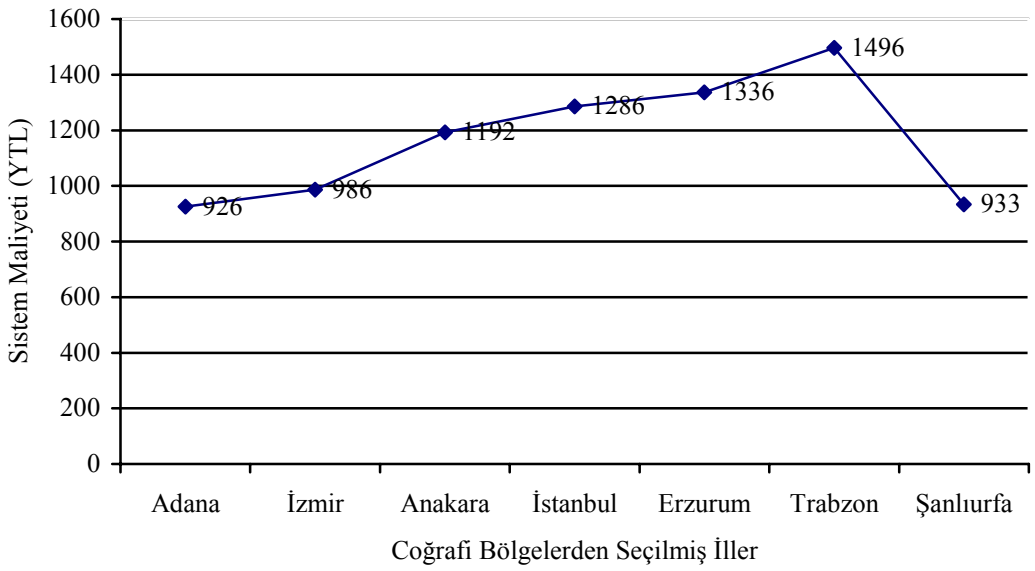

Şekil 4.20. Şanlıurfa'da 4 kişilik bir konutun GESIS'i için gerekli değerlerin hesaplanması

Coğrafi bölgelere göre faklılık gösteren kolektör yüzey alanı, maliyet ve geri ödeme sürelerini karşılaştırmak için grafik kullanılarak sonuçlar daha iyi analiz edilebilecektir.



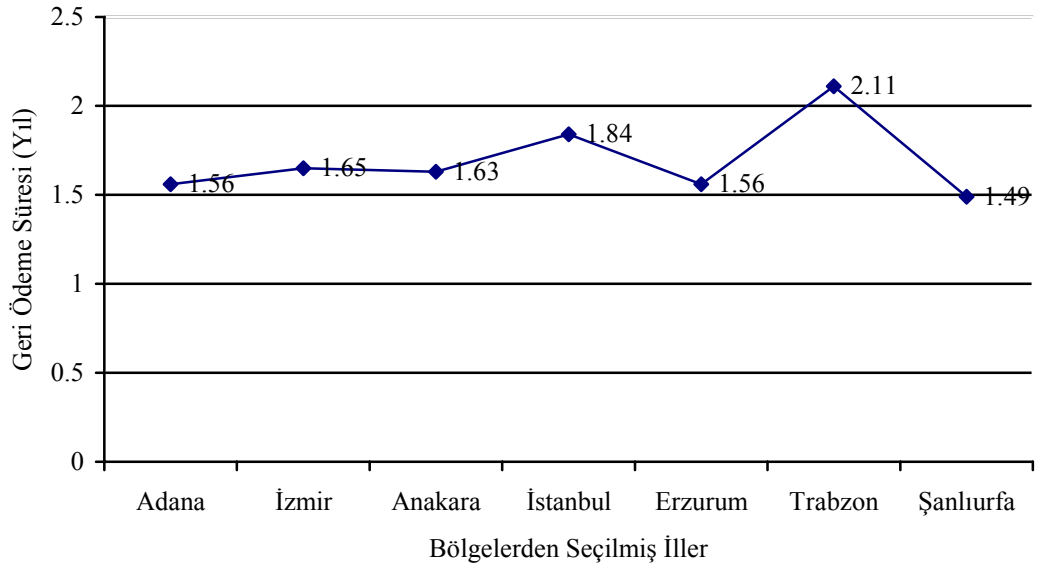

Şekil 4.21. Kolektör yüzey alanının (m² ) bölgelere göre değişimi

Şekil 4.21.'den de görüleceği gibi bir GESIS, bölgeden bölgeye faklılık arz eden bir kollektör yüzey alanına ihtiyaç duymaktadır. Daha az kollektör yüzey alanı gereken bölgeler daha çok güneş ışınımı alan yerlerdir. En düşük kollektör alanı Adana için 3.77 m², en yüksek kollektör alanı ise 6.09 m² ile Trabzon' da elde edilmiştir. Yani güneyden kuzeye doğru yıllık güneş ışınımı şiddeti düşmekte ve gerekli kolektör yüzey alanı ihtiyacı da artmaktadır. Bunun sonucunda yıllık güneş ışınım şiddeti fazla olan bölgelerde daha düşük maliyetli GESIS ile sıcak su elde etmek mümkün olmaktadır.




Şekil 4.22. Sistem maliyetinin bölgelere göre değişimi

Kollektör yüzey alanı ihtiyacına paralel olarak bir GESIS'in maliyeti de bölgeler arasında farklılıklar oluşturmaktadır. Şekil 4.22.'de ki değerlere baktığımızda, Adana ve Şanlıurfa illeri için bir GESIS'in maliyeti yaklaşık olarak aynıdır ve 900 YTL civarındadır. Ancak Trabzon ve İstanbul için bu rakam 1330 ile 1500 YTL arasında değişmekte ve yaklaşık olarak % 50 daha fazla bir maliyet gerektirmektedir. Bu da güneş ışınım şiddeti daha az olan bölgelerde GESIS'lerin kullanım oranını düşürmektedir. Bu durumu önlemek ve GESIS'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.




Şekil 4.23. Sistemin geri ödeme süresinin bölgelere göre değişimi

Bir GESIS'in kullanımını cazip yapan etkenlerden birisi de sistemin kendini amorti ettiği (amortisman süresi veya geri ödeme süresi) süredir. Bu geri ödeme süresi bir işletmenin veya konutun GESIS kullanmadan önce sıcak su elde etmek için kullandığı enerji kaynağına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan enerji birim maliyeti arttıkça geri ödeme süresi azalacak (Şekil 4.5 ), kömür ve doğal gaz gibi düşük birim maliyeti olan enerji kaynakları da daha uzun bir geri ödeme süresi gerektirecektir. Konut kullanımı için en ucuz yakıt olan kömür kullanıldığında bile bu süre 5 yılı geçmemektedir. Bir GESIS'in ortalama ömrü 10 yıl civarında kabul edilirse 5. yıldan sonra maliyetsiz bir sıcak su temini söz konusu olduğu görülecektir. Tüketicinin geri ödeme süresi konusunda bilinçlenmesi GESIS kullanımını arttıracak ve ekonomik katkı sağlanmış olacaktır.

# 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

## 5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknik ve ekonomik analizi yapılarak, bölgelere göre GESIS'lerin uygunluğu araştırılmıştır. Sonuçlar 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 fiyatlardır. Bundan dolayı, en çok tercih edilen ürün, en ucuz olan klasik düzlemsel kollektörlü açık sistemlerdir.

2- Vakum tüplü sistem uygulamaları son yıllarda ülkemize ithal yoluyla gelerek yaygınlaşmakta olup genellikle ısı borusuz vakum tüp-depo şeklinde piyasaya arz edilmektedir. Vakum tüplü kolektör uygulamasının verimin çok 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.

4- 100 kişilik bir otel için tasarladığımız model 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 hesaplandı. Basit hesaplama yönteminde elde edilen geri ödeme süreleri ile Bour'un geliştirdiği yöntemle yapılan hesaplama sonucu elde ettiğimiz geri ödeme süresi değerleri arasında çok fark olmamasına rağmen, faiz ve enflasyon değerlerinin çok yüksek olması gibi durumlarda Bour modeli daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Çünkü yüksek faiz ve enflasyon değerleri göz önüne alındığında, yatırım maliyetinin geçen süre içerisindeki değer kaybı da hesaba katılmış olacaktır ve geri ödeme süresi daha sağlıklı olacaktır.

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- GESİS'lerin arz talep dengesi, fiyatları, teknolojileri, malzeme kalitesi ve tüketici istek ve şikayetleri ile ilgili konularda üretici firmalar ve bayilerle çeşitli yazışma ve görüşmeler yapıldı.Ürün çeşitliliğinin yanı sıra çok farklı ekonomik düzeylere göre şekillenen bir arz durumu olduğu gözlendi. 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 de küçük çaplı imalathanelerde, üretim sırasında herhangi bir standart göz önüne alınmadan tamamen daha çok kar 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 Bölgesinde, genel olarak düzlemsel kollektörlü, açık sistemler tercih edilmektedir. Hem düşük maliyetli olması hem de bölgemizin güneşlenme açısından zengin olması tüketicinin verimlilik ve kaliteden çok, düşük fiyata önem verdiği tespit edilmiştir.

7- Tasarlanan bilgisayar programı yardımı ile GESIS'lerin maliyet, boyutlandırma ve geri ödeme sürelerinin hesaplandı. Değişik coğrafi bölgelerden seçilen iller için maliyet, kolektör yüzeyi alanı ve geri ödeme süreleri karşılaştırıldı.

8- Bir GESIS, bölgeden bölgeye faklılık arz eden bir kollektör yüzey alanına ihtiyaç duymaktadır. Daha az kollektör yüzey alanı gereken bölgeler doğal olarak daha çok güneş ışınımı alan yerlerdir. Şanlıurfa için 3.8 m² olan gerekli kolektör yüzey alanı Trabzon için 6.09 m² dir. Yani güneyden kuzeye doğru yıllık güneş ışınımı şiddeti düşmekte ve gerekli kolektör yüzey alanı ihtiyacı da artmaktadır. Bunun sonucunda yıllık güneş ışınım şiddeti fazla olan bölgelerde daha düşük maliyetli GESIS ile sıcak su elde etmek mümkün olmaktadır.

9- Kolektör yüzey alanı ihtiyacına paralel olarak bir GESIS'in maliyeti de bölgeler arasında farklılıklar oluşturmaktadır. Şekil 4.22' de ki değerlere baktığımızda, Adana ve Şanlıurfa illeri için bir GESIS'in maliyeti yaklaşık olarak aynıdır ve 900 YTL civarındadır. Ancak Trabzon ve İstanbul için bu rakam 1330 ile 1500 YTL arasında değişmekte ve yaklaşık olarak % 50 daha fazla bir maliyet gerektirmektedir. Bu da güneş ışınım şiddeti daha az olan bölgelerde GESIS'lerin kullanım oranını düşürmektedir. Bu durumu önlemek ve GESIS'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.

## 5.2 Öneriler

Sonuç olarak GESIS'lerin farklı uygulamalarının hepsi de 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.

Ne yazık ki 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.

Bazı ülkelerde uygulandığı gibi, yeni yapılan konutlara güneş enerjili su ısıtma sistemi zorunluluğu getirilerek güneş enerjisinden daha çok faydalanma sağlanmalıdır.

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.

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin daha yaygın kullanılması ve ekonomiye katkı sağlaması için tüketici bilincinin yanı sıra, bazı ülkelerde uygulanan ekonomik teşvikler de devreye girmelidir.

Mimari açıdan görüntü kirliliği oluşturulmaması için açısından GESIS'lerin yerleri projelendirme aşamasında belirlenmesi ve mimari projelendirme ile beraber bir bütün olarak ele alınmalıdır.

**KAYNAKLAR**


AKINOGLU, B. G., ECEVIT, A. ve SHARIAH A., 1998. Solar Domestic Water Heating in Turkey, Energy, 24:363-374.

AKINOĞLU, B.G., SHARIAH, M., ve ECEVIT, A., 1999. Solar Domestic Water Heating in Turkey. Energy, 24: 363-374.

AKTİF YAPI Ltd., Şti., 2006. www.aktifyapi.com.tr.

BAYRAM, A., 2001. Farklı Yapım Özelliklerine Sahip Doğal Dolaşımlı Güneşli Su Isıtma Sistemlerinin Deneysel Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

CHANG, K., LEE T., and CHUNG K., 2005. Solar Water Heaters in Taiwan, Renewable Energy 31;1299-1308.

ÇOMAKLI, K., 1997. Düz Güneş Kollektörlü Açık ve Kapalı Devreli Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. 132s.

DOĞAN, H., 2002. Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği. Seçkin Yay., Ankara, 304s.

DOSİDER, Mayıs 2005. www.dosider.org.tr.

ELEKTRİK İŞLERİ ETÜT İDARESİ, 2005. www.eie.gov.tr.

FANRONG ELECTRICAL APP. CO., 2003. Solar Water Heaters Operating Instructions. www.fanrong.com.

HEPBASLI, A., and UTLU, Z., 2004. Evaluating The Energy Utilization Effiency of Turkey's Renewable Energy Sources During 2001. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8:237–255.

JIANGSU SOLAR ENERGY TEHCNOLOGY CO., LTD., 2006. www.jiangsu.com.

KALOGIROUA, S.A. and PAPAMARCOU, C., 2000. Modelling of a Thermosyphon Solar Water Heating System and Simple Model Validation. Renewable Energy, 21:471-493.

KARAKOÇ, T. H.,1997. Enerji Ekonomisi. Demirdöküm Yayınları, İstanbul, 123s.

KAYALI, R., 1992. Yalıtımlı ve Yalıtımsız Güneş Havuzlarının Çukurova Bölgesi Şartlarında Ekonomik Analizi. Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi, Cilt I, 4:95-100.

KAYGUSUZ, K., ve SARI, A., 2003. Renewable Energy Potential and Utilization in Turkey. Energy Conversion and Management, 44: 459–478.

KILIÇ, A., ve ÖZTÜRK, A., 1983. Güneş Enerjisi. Kipaş Dağıtımcılık, Cağaloğlu-İstanbul 331s.

KUZEYSAN Ltd. Şti. www.kuzeysan.com.tr.

MENLİK, T., 1999. Tabii Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Tesislerinde Direk ve Endirek Sistemlerin Performanslarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi,Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

MICHAELIDES, I.M., and KALOGIROU, 1999. Comparison of Performance and Cost Effectiveness of Solar Water Heaters at Different Collector Tracking Modes in Cyprus and Greece. Energy Conversion & Management, 40: 1287-1303.

MIJOVIC, S., 1999. Solar Water Heating Analysis for Yuoslavia. Renewable Energy, 17: 49-59.

NAHAR, N.M., 2002. Capital Cost and Economic Viability of Thermosyphonic Solar Water Heaters Manufactured From Alternate Materials in India. Renewable Energy, 26:623–635.

ÖZAKÇAY, L., 1984. Sanayi uygulamalarında Güneş Enerjisi Sistemlerinin Geri Ödeme Süreleri. Mühendis ve Makina, 290:6-7.

ÖZTÜRK A. , KILIÇ A. ,1983. Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtım, İstanbul, 331s.

POLAT, H.S., 2002. Erzurum Koşullarında Konutlar İçin Güneş Enerjili Kapalı Devre Sıcak Su Sistemi Kurulması ve Ekonomik Analizi, Erzurum, 134s.

PRADO, R., BENONI, J. and LIMA, A., 2005. Optimization of tank and flat plate collector of solar water heating system for single family household to assure economic efficiency through the TRNSYS program. Renewable Energy, 31:1581-1595.

SAMANCI, A., 2005. Çift Fazlı ve Klasik Tek Fazlı Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Deneysel İncelenmesi. III. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 229-234, MMO Yayın No: E/2005/374, Mersin.

ŞİŞE CAM A.Ş. , 2006. www.sisecam.com.tr.

THERMOTECS CO., LTD.,2006. www.thermotecs.com

TIRIS, M., TIRIS, Ç. ve ERDALLI, Y., 1997. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri. Tübitak-Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırmaları Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, 151s.

TOKER, O., 1993. Development of a Design Automation Software for the Design and Selection of Solar Water Heating Systems. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

TSE 3817, 1994. Güneş Enerjisi- Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE, TS 3817 Güneş enerjisi-Su ısıtma sistemlerinin yapım Tesis ve İşletme Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1994.

ULTANIR, M., Ö., 2000. Güneşli Su Isıtıcıların Yapısal Özellikleri, Ankara Üniversitesi Enerji Çalışma Grubu, Ankara.

UYAREL, A.Y. ve ÖZ, E., 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. Birsen Yayınevi, İstanbul, 239s.

YALÇIN, K., 2002. Klasik Borulu Tip Güneş Kollektörü ile Prizmatik Tip Güneş Kollektörünün Enerji Verimliliği Açısından Deneysel Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

# ÖZGEÇMİŞ

Hasan ŞAHİN, Şanlıurfa' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladı. Üniversite eğitimine ODTÜ Gaziantep Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde başladı. Buradaki eğitimini yarıda bırakarak, 1994'te Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne girdi. Makine Mühendisliği bölümünden 1997 yılında birincilikle mezun oldu. Kısa bir süre Şanlıurfa Çimento Fabrikasında çalıştı. Daha sonra ithalat-ihracat danışmanlığı ve serbest tercümanlık yaptı. Halen Serbest Mühendislik Müşavirlik yapmakta ve ticaretle uğraşmaktadır.

**EK 1**

## DÜZLEMSEL KOLLEKTÖRLERİN TEKNİK ANALİZİ

### 1-Üst örtü

Kollektörlerin üstten olan ısı kayıplarını en aza indirgeyen ve güneş ışınlarının geçişini engellemeyen bir maddeden olmalıdır. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca absorban plakadan yayınlanan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak son derece uygun bir maddedir. Bilinen pencere camının geçirme katsayısı 0.88'dir. Son zamanlarda özel olarak üretilen düşük demir oksitli camlarda bu değer 0.95 seviyesine ulaşmıştır. Bu tür cam kullanılması verimi % 5 oranında arttırır.

Cam, güneş kollektörlerinde ısıl verim açısından en önemli elemanlardan biridir. Güneş kollektörlerinde ürün tipine bağlı olarak çeşitli tip camlar kullanılmaktadır.

Bunlardan bazıları:

-Standart kollektör camı,
-Temperli cam (Mandarin desenli cam)
-Düşük demiroksitli temperli cam (Su beyazı- Prizmatik cam)

Düz pencere camları % 10 demir oksit içermektedir. Demir oksit cama mukavemet kazandırmakla birlikte camın güneş ışığını geçirme oranını düşürmektedir. Düşük demirli (su beyazı) camlarda demir oksit yerine, cam içerisine farklı maddeler ilave edilerek gerekli mukavemeti sağlamanın yanı sıra güneş ışığı geçirgenliği % 92'ye çıkmaktadır. Su beyazı-düşük demirli cam da demir oksit oranı % 0.15 civarındadır.

Normal pencere camları, standart imalat işlemlerinin dışında ekstra olarak temperleme işlemine tabi tutulduğunda, mukavemeti artmakta ve kırılganlığı azalmaktadır. Çizelge 4.7.

Temperli camların ışık geçirgenlik oranı, normal pencere camları ile aynıdır (Şişe Cam,2006) .

Çizelge 4.7. Cam çeşitleri ve özellikleri (Şişe Cam A.Ş).

| **Cam türleri** | **Kalınlığı (mm)** | **Işık geçirgenliği (%)** | **Sıcaklığa dayanıklılığı(°C)** | **Darbeye dayanıklılığı** |
|---|---|---|---|---|
| Normal pencere camı | 4 | 81 | 730 | Düşük |
| Temperli cam | 4 | 81 | 230 - 260 | Çok yüksek |
| Düşük demirli temperli cam | 3 | 92 | 200 | Çok yüksek |

## 2-Yutucu Plaka

Yutucu plaka kollektörün en önemli bölümüdür. Güneş ışınları, absorban plaka tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve sistemde dolaşan sıvıya aktarılır.

Güneş Kolektörlerinde kullanılan yüzeyler uygulama açısından temelde iki gruptur. Bunlar;

a-Siyah boyalı yüzeyler
b-Selektif (seçici) yüzeyler.

İdeal siyah yüzey, ideal ışınım yutucudur. Bütün dalga boylarındaki, her açı altında üzerine gelen ışınımın tamamını yutar. Ancak, gerçek cisimler (yüzeyler), ideal siyah yüzey gibi değildirler, üzerlerine gelen ışınımın tümünü yutmayıp bir kısmını geliş açısına bağlı olarak yansıtırlar, tamamını yutamazlar. İdeal siyah cisim aynı zamanda ısıl ışınım için ideal yayıcıdır.

Kollektörlerde kullanılan yutucu yüzeyler de, güneş ışınımını yutma oranının büyük olması ve neşrediciliğinin (yansıtıcılığının) olmaması istenir.

Kısa dalga boylu ışınımın, yani güneş ışınımının tamamına yakını yutan ve yuttuğu ışınım ile kendi yüzey sıcaklığı da arttığı için yüzeyinden çevresine minimum oranda ışınım yayan yüzeylere seçici yüzey denir. Yuttuğu ışınımın maksimum %30'unu yayan yüzeyler seçici yüzey olarak adlandırılır.

Genelde kollektörlerde kullanılan seçici yüzeyler, bakır panel levhası üzerine yapılan siyah krom kaplamalardır. Yuttuğu ışınımın %30'dan fazlasını tekrar çevreye yayan siyah kaplama veya siyah boyalı panel tipleri semi yarı selektif yüzey gruplarına girmektedir. Özellikle alüminyum levha üzerine yapılan siyah nikel veya siyah krom kaplamalar bu gruptandır.

Siyah boyalı yüzeylerin güneş ışınımını yutma oranları yüksek olduğu gibi ışınım neşretme oranları da yüksektir. Mat siyah yüzeylerin ışınım yutma oranları 0.90 - 0.98 civarında olup, yutulan bu ışınımın tekrar siyah yüzey tarafından yayılma oranı ise 0.85 - 0.92 civarındadır.

Düşük çalışma sıcaklıklarında seçici olmayan kaplamalar (siyah boyalı) daha uygun görülmektedir. Fakat yüksek sıcaklık çalışmalarında seçici yüzeylerin verimleri daha yüksektir.

Absorban plaka tabanda ve üstte birer manifold ile bunların arasına yerleştirilmiş akışkan boruları ve yutucu plakadan oluşur. Yutucu plaka ışınları yutması için koyu bir renge genellikle siyaha boyanmıştır. Kullanılan boyanın yutma katsayısının (absorptivite) yüksek uzun dalga boylu radyasyonu yayma katsayısının (emissivite) düşük olması gerekmektedir. Bu nedenle de bu özelliklere sahip seçici yüzeyler kullanılmaktadır. Mat siyah boyanın yutuculuğu 0. 95 gibi yüksek bir rakam iken yayıcılığı da 0.92 gibi istenmeyen bir değerdedir. Yapılan seçici yüzeylerde yayma katsayısı 0.1'in altına inmiştir. Seçici yüzey kullanılması halinde kollektör verimi ortalama % 5 artar.

Absorban plaka, borular ile sıkı temas halinde olmalıdır. Alüminyumda olduğu gibi, akışkan borularının kanatlarla bir bütün teşkil etmesi en iyi durumdur.

Bakır ve sacda bu mümkün olmadığı için akışkan boruları ile plakanın birbirine temas problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problem ya tamamen ya da belli aralıklarla lehim veya kaynak yapmakla çözülebilir ( EİE, 2005 )

### 3-Isı Yalıtımı

Kollektörün arka yüzeyden olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için absorban plaka ile kasa arası uygun bir yalıtım maddesi ile yalıtılmalıdır. Absorban plaka sıcaklığı, kollektörün boş kalması durumunda 150 °C kadar ısınması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin sıcak yalıtım malzemesi olması gerekmektedir.

Isı iletim katsayıları düşük ve soğuk yalıtım malzemesi olarak bilinen poliüretan kökenli yalıtım malzemeleri tek başına kullanılmamalıdır. Bu tür yalıtım malzemeleri, absorban plakaya bakan tarafı sıcak yalıtım malzemesi ile takviye edilerek kullanılmalıdır.

### 4-Kollektör Kasası

Kasa, yalıtkanın ıslanmasını önleyecek biçimde yapılmalıdır. Özellikle kollektör giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Kasanın her yanı 100 kg/m² (981 Pa=N/m$^2$) basınca dayanıklı olmalıdır.

Sıvılı kollektörlerde sızdırmazlığın yüzde yüz sağlanamadığı durumlarda camda yoğunlaşan su buharını dışarıya atmak amacıyla kasanın iki yan kenarına tam karşılıklı ikişer adet 2-3 mm çapında delik açılmalıdır.

### 5-Kollektör Enerji Dengesi

Kollektör üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüde yansır, bir kısmı yine saydam örtüde yutulur ve geri kalan kısmı absorban plakaya (yutucu yüzeye) ulaşır. Absorban plakaya gelen enerjinin, bir kısmı ısı taşıyıcı akışkana geçerken bir kısmı absorban plakada depolanır, geri kalan kısmı ışınım, taşınım, ve iletimle çevreye gider.

Işınım taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı $Q_k$, depolanan enerji $Q_d$,akışkana geçen enerji $Q_f$, olmak üzere, düzlemsel kollektörler için enerji dengesi ( EİE, 2005 ) .

$$I.A(\tau.\alpha) = Q_f + Q_k + Q_d \qquad (2.1.)$$

Şeklinde yazılabilir. Burada (τ.α) kollektör yutma geçirme çarpımı, I kollektör üzerine gelen güneş enerjisi ve A faydalı yüzey alanı olmak üzere $I.A(\tau.\alpha)$ çarpımı absorban plaka üzerine gelen güneş enerjisini verir ( EİE, 2005 ) .

**6-Kollektör Verimi**

Kollektörlerde ısı taşıyıcı akışkanda toplanan güneş enerjisinin, kollektöre gelen güneş enerjisine oranına kollektör verimi denir. Kollektör giriş suyu sıcaklığı arttıkca verim düşme eğiliminde olacağından genel bir verim yerine anlık verimden yani verim eğrisinden bahsetmek daha doğru olacaktır. Kollektör verimi ısı taşıyıcı akışkanın giriş, çıkış sıcaklıkları ve debi değerlerinin sağlıklı ölçülebildiği durumlarda ve en önemlisi çevre sıcaklığının sabit olduğu durumlarda

$$\eta = (mC_p(T_ç - T_g))/(AI) \qquad (2.2.)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Fakat verim eğrisi oluşturulurken çevre sıcaklığı da değişeceğinden verim bağıntısında $T_{çev}$ çevre sıcaklığı da değişken parametre olarak bulunmalıdır.

Buna bağlı olarak verim,

$$Q_k = kA(dt/dx) \qquad (2.3.)$$

genel ısı transfer denklemi kullanılarak ve $Q_k$ kollektöre gelen toplam güneş enerjisi olmak kaydı ile

$$\eta = Q_f / Q_g = (Q_g(\tau\alpha) - Q_k)/Q_g = (\tau\alpha) - (Q_k/Q_g)$$

$$\eta = (\tau\alpha) - (KA(T_{ort} - T_{çev})/(IA)$$

$$\eta = (\tau * \alpha) - K(T_{ort} - T_{çev}) / I \tag{2.4.}$$

formülüyle hesaplanması daha mantıklıdır. Burada kullanılan K kollektör için ısı kayıp katsayısıdır.

'K' Kollektör Isı Kayıp Katsayısı

Düzlemsel kollektörlerde çevreye olan ısı kaybı kollektörlerin üst alt ve yan yüzeylerinden olur.

$$K = K_{üst} + K_{alt} + K_{yan} \tag{2.5.}$$

Şeklinde yazılabilir. Kollektör alt ve yan yüzeylerinden olan ısı kayıpları yalıtım malzemesinin kalınlığına ve ısı transfer katsayısına bağlıdır. Değeri 'Küst' parametresine göre oldukça küçüktür. Çünkü kollektör üst yüzeyi saydam örtüden dolayı izolasyon yapılamamaktadır ve toplam ısı kayıplarının % 70' i bu yüzeyden olmaktadır. 'k' yalıtım malzemesi ısı transfer katsayısı, L yalıtım malzemesi kalınlığı h konveksiyon ısı kayıp katsayısı olmak üzere

$$Kalt = 1/((1/h) + (L/k)) \tag{2.6.}$$

bağıntısıyla hesaplanabilir (EİE, 2005) .

Üstten olan ısı kayıp katsayısının iteratif metotlarla hesaplanması uzun işlemleri gerektirmektedir. Pratikte basit bağıntılar tercih edilir. Agarwal ve Larson (1981), Küst değerinin

$$Küst = \left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_y}\left[\frac{T_y - T_{çev}}{N+f}\right]^{0.33}} + \frac{1}{h_{td}} \right\}^{-1} + \frac{\sigma\left(T_Y + T_{çev}\right)\left(T_y{}^2 + T_{çev}{}^2\right)}{\left[\varepsilon_L + 0.05N\left(1-\varepsilon_L\right)\right]^{-1} + \frac{2N+f-1}{\varepsilon_s} - N} \tag{2.7.}$$

bağıntısı ile maksimum ±0,25 $W/m^{2\circ}K$ hata ile bulunabileceğini belirtmektedir.

Burada,

$$h_{td} = 5{,}7+3{,}8\mathrm{V} \tag{2.8.}$$

$$f = \left(1 - 0.04 * h_{td} + 0.0005 * h_{2td}\right)\left(1 + 0.091N\right) \tag{2.9.}$$

$$C = 250 * \left(1 - 0.0044 * \left(s - 90\right)\right)\ \mathrm{C} \tag{2.10.}$$

olup, V (m/s) rüzgar hızı, s (derece) kollektör eğimi, N saydam örtü sayısı, $\varepsilon_L$ yutucu yüzeyin ışınım yayma oranı, $\varepsilon_s$ saydam örtünün ışınım yayma oranı $T_y$ ve $T_{çev}$ sırası ile yutucu yüzey ve çevre sıcaklıklarıdır. Saydam örtü sayısının birden fazla olduğu durumlarda yukarıdaki denklemin kullanılabilmesi için saydam örtülerin aynı tip olması gerekir. Fiziksel özellikleri farklı saydam örtü kullanılması durumunda iteratif metotlar kullanılmalıdır ( EİE, 2005 ) .

Teorik olarak hesaplanması çok zor olan K kollektör kayıp katsayısı, kollektör test çalışması sonucunda elde edilen verim eğrisinden kolayca tespit edilebilmektedir. Kollektörün verimi, giriş suyu sıcaklığı, çevre sıcaklığı, debi ve radyasyon değerlerine bağlı olarak değişmektedir.

Toplam ısı kayıp katsayısı da bu parametrelere bağlı olarak değişim gösterir. Pratik olarak verim eğrisinin eğimi toplam ısı kayıp katsayısı değerini verir. Toplam ısı kayıp katsayısı ve bu eğrinin verim eksenini kestiği noktadaki maksimum verime (ısı yalıtım katsayısının 0 kabul edildiği yani hiç ısı kaybının olmadığı durum) göre kollektörlerin iyi veya kötü olduğuna karar verilmektedir (EİE, 2005) .

## EK 2. ÜRETİCİ ve BAYİLERE YÖNELTİLEN ANKET SORULARI

1-Vakum tüplü sistemlerde kullandığınız tüpleri ithal mi ediyorsunuz, yerli üreticilerden mi temin ediyorsunuz?

Evet. Türkiye de imalat fiyatları şu anki liste fiyatlarından yüksek rakamlara ulaştığı için.

2-Vakum tüplü sistemleri tercih eden kesim kamu kuruluşlarımı özel sektör mü? Yüzde olarak bir oran verebilir misiniz ?

Genel olarak müstakil ya da daire sahipleri çok tercih ediyor. Özel olarak oteller %10 civarında.

3-Perakende satış fiyatlarınız nasıl, peşin veya taksitli değişiyor mu, fiyat listesi verebilir misiniz ?

Fiyatlar toptan ve perakende ve de taksit olarak değişiyor. Piyasadaki düzlemsel kollektörlü sistemlere göre pahalı ama kalite olarak yüksektir.

4-Vakum tüplü sistemlerle ilgili olarak montaj sonrası şikayetler nelerdir?

Sadece kireç problemleri yaşanıyor. Bu da kullanıcının ek olarak bir kireç tutucu kullanmamasından kaynaklanıyor. Sistemin diğer güneş enerjilis su ısıtma sistemleri enerjiler gibi donma, çatlama gibi bir problemi yoktur.

5-Vakum tüplü ve vakum tüplü ısı borulu sistemlerin bölgesel olarak tercih durumları nasıl? Hangi bölge hangi tip sistem tercih etmektedir?

Genelde kullanıcılara açık sistem tavsiye ediyoruz. Nedeni verimin çok yüksek olmasıdır. Açık sistemlerde su direk tüplerin içinde ısınıyor. Tüpler Al/N/Al kaplıdır. Borisilikat camdan yapılır ve iç içe geçirilmiş 2 cam tüp den oluşur. Isı borulu sistemlerde ise tüplerin içinde ısı borusu (bakır ısı borusu) bulunur. Bu tür sistemlerde bakır ısı borusunun içinde bir gaz vardır. Gaz ısınarak borunun en uç noktasına ulaşır. Ve dolayısı ile su ile buluştuğu yerde dolaylı ısıtma yapar. Bu yüzden açık sisteme göre verimi düşüktür. Kullanım alanları merkezi ısıtma sistemlerindedir. Otel, yurt, hastane gibi.

# EK 3. BAZI İLLERİN GÜNEŞ IŞINIMI ve ŞEBEKE SUYU SICAKLIKLARI

Çizelge 4.8. İllerin güneş ışınımı değerleri ve şebeke suyu sıcaklıkları (TS 3817,1994).

| İller | Aylar | Enlem (Kj/m²gün) | Enlem-15º (Kj/m²gün) | Tş (ºC) |
|---|---|---|---|---|
| **Adana** | 1 | 10854 | 9615 | 14.5 |
| | 2 | 12026 | 11201 | 13.4 |
| | 3 | 12771 | 12604 | 15.1 |
| | 4 | 14475 | 15023 | 17.4 |
| | 5 | 17468 | 18766 | 20.7 |
| | 6 | 18276 | 19938 | 24.3 |
| | 7 | 18435 | 19988 | 27.3 |
| | 8 | 18690 | 19678 | 29.0 |
| | 9 | 16693 | 16727 | 28.6 |
| | 10 | 14420 | 13600 | 25.9 |
| | 11 | 12591 | 11239 | 21.2 |
| | 12 | 10297 | 8987 | 17.4 |
| **Ankara** | 1 | 9950 | 8803 | 8.2 |
| | 2 | 10595 | 9892 | 6.6 |
| | 3 | 12725 | 12554 | 7.8 |
| | 4 | 15555 | 16158 | 10.7 |
| | 5 | 16032 | 17238 | 14.5 |
| | 6 | 18418 | 20132 | 18.0 |
| | 7 | 18071 | 19624 | 20.9 |
| | 8 | 17602 | 19569 | 22.8 |
| | 9 | 16154 | 16204 | 21.3 |
| | 10 | 13579 | 12813 | 18.1 |
| | 11 | 12077 | 10754 | 14.6 |
| | 12 | 8611 | 7539 | 10.9 |
| **Erzurum** | 1 | 9511 | 8431 | 2.7 |
| | 2 | 11486 | 11009 | 1.5 |
| | 3 | 14291 | 14040 | 1.1 |
| | 4 | 15555 | 16158 | 3.2 |
| | 5 | 16711 | 17975 | 7.5 |
| | 6 | 17657 | 19281 | 11.8 |
| | 7 | 18146 | 19704 | 14.8 |
| | 8 | 17979 | 18693 | 16.8 |
| | 9 | 16773 | 16807 | 16.1 |
| | 10 | 14710 | 13835 | 12.5 |
| | 11 | 12575 | 11117 | 8.5 |
| | 12 | 11203 | 9699 | 5.3 |
| **İstanbul** | 1 | 8154 | 7263 | 10.2 |
| | 2 | 8565 | 8058 | 9.0 |
| | 3 | 10432 | 10356 | 9.5 |
| | 4 | 12922 | 13466 | 11.8 |
| | 5 | 15032 | 16166 | 15.4 |
| | 6 | 16957 | 18510 | 19.2 |
| | 7 | 17037 | 18494 | 21.9 |
| | 8 | 16585 | 17510 | 22.9 |
| | 9 | 15509 | 15576 | 22.4 |
| | 10 | 11583 | 10992 | 19.8 |
| | 11 | 9695 | 8703 | 16.9 |
| | 12 | 8167 | 7146 | 13.2 |

| İl | Aylar | Enlem (Kj/m²gün) | Enlem-15º (Kj/m²gün) | Tş (ºC) |
|---|---|---|---|---|
| **İzmir** | 1 | 9567 | 8502 | 12.3 |
| | 2 | 10766 | 10063 | 11.5 |
| | 3 | 12788 | 12617 | 13.1 |
| | 4 | 14517 | 15082 | 16.6 |
| | 5 | 16359 | 17513 | 21.2 |
| | 6 | 17288 | 18850 | 26.2 |
| | 7 | 17966 | 19486 | 29.8 |
| | 8 | 18188 | 19168 | 31.0 |
| | 9 | 16715 | 16752 | 29.0 |
| | 10 | 13437 | 12700 | 24.9 |
| | 11 | 10988 | 9850 | 20.4 |
| | 12 | 9280 | 8121 | 15.1 |
| **Trabzon** | 1 | 8246 | 7342 | 10.6 |
| | 2 | 9879 | 9239 | 9.5 |
| | 3 | 10871 | 10779 | 10.1 |
| | 4 | 12215 | 12742 | 11.9 |
| | 5 | 12918 | 13872 | 14.8 |
| | 6 | 14471 | 15735 | 18.2 |
| | 7 | 12612 | 13621 | 20.7 |
| | 8 | 12106 | 12801 | 21.8 |
| | 9 | 10997 | 11152 | 21.3 |
| | 10 | 10603 | 10097 | 18.8 |
| | 11 | 8874 | 7995 | 16.0 |
| | 12 | 7364 | 6459 | 13.0 |
| **Şanlıurfa** | 1 | 10471 | 9515 | 11.6 |
| | 2 | 12257 | 11407 | 10.5 |
| | 3 | 14345 | 14103 | 12.3 |
| | 4 | 15965 | 16551 | 15.1 |
| | 5 | 17878 | 19214 | 19.2 |
| | 6 | 19138 | 20909 | 23.8 |
| | 7 | 19138 | 20980 | 27.3 |
| | 8 | 18937 | 19942 | 28.8 |
| | 9 | 17866 | 17870 | 27.8 |
| | 10 | 15342 | 14433 | 24.2 |
| | 11 | 13190 | 11742 | 20.0 |
| | 12 | 10599 | 9239 | 14.7 |

# ÖZET

Güneş enerjili sıcak su sistemleri, güneş enerjisini toplayan düzlemsel kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri devre şekillerine, işletme türlerine, depo yerleşim şekline ve panel tipine göre guruplara ayrılırlar. Teknolojik ve ekonomik olarak farlılıklar arz eden GESIS'ler her bölgenin ihtiyacına göre avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Teknolojik olarak ihtiyaca karşılık verebilecek düzeyde olmasına rağmen ülkemizde yeterli bir kullanım alanı bulamamıştır.

Güneş enerjisi su ısıtma sistemlerinin projelendirmesi ve boyutlandırmasında genellikle iki yöntem kullanılır. Bunlar F-Chart yöntemi ve kollektör yüzey alanı tespit yöntemidir. Güneş enerjili sıcak su sistemlerini projelendirmede farklı yöntemler izlenebilir. Projelendirmede ihtiyacın güneşten karşılanma oranı %100 olmayacağı gibi bu oran % 10'un altında da olmamalıdır. Genel olarak Mayıs ayında ihtiyacın %70'inin karşılanacağını düşünerek projelendirmekte yarar vardır. Çalışmamızda, GESIS'lerin ekonomik analizi yapılarak diğer yakıt türleri ile karşılaştırıldı ve bu sonuçlar kullanılarak bir sistemin maliyeti ve geri ödeme süresi hesaplandı. Bölgelere göre ve güneş enerjili su ısıtma sistemleri yerine tercih edilen yakıt türlerine göre farklı maliyet ve geri ödeme süreleri elde edildi.

Hazırlanan bilgisayar programı ile bir ildeki konut veya tesise ait parametreler girilerek tasarımı yapılan GESIS 'in tipi, gerekli kolektör yüzey alanı, maliyeti ve geri ödeme süreleri hesaplanarak sonuçlar bölgesel olarak karşılaştırıldı. En fazla maliyet ve kollektör yüzey alanı gerektiren bölge, Karadeniz Bölgesi, en az kollektör alanı ve maliyet gerektiren bölge ise Güney Doğu Anadolu bölgesidir.

## SUMMARY

Solar water heating systems consists of solar energy collecting units, tank for hot water, isolated pipes connect the tanks, collectors, pump and control unit etc. There are many kinds of solar water heating systems, according to their service types, circulation types, hot water tank replacement types and collector types. Solar water heating systems has some of advantages and disadvantages for different geographical regions. In spite of it's technological satisfaction, in Turkey the solar water heating systems has not been used widely.

Generally, two different calculation methods has been used for the desigin of the solar water heater systems. One of them is F-Chart method, and the other one is calculation of the collector surface area method. For the project calculations the solar energy may not be adequate for % 100 of energy requirement, but also should not be under %10 of energy needs. In general, % 70 of hot water supplying perfrmance from solar energy system during May is satisfactory for project success. During the study we use both methods for the calculations and compared the results. After the economical analysis of the solar water heating systems the cost, payback and necessary collector surface area has been calculated. And the results compared with each other for different geographical regions of Turkey. The geographical result also shows the differences for geographical regions of Turkey.

Finally, a computer software developed in order to design and selection of the solar water heating systems. With this software, the right system for the region, the system type, the size of system parts, the approximate cost and payback time can be calculated. The study shows that, minimum collector surface area and cost is necessary for South Anatolia and maximum collector surface, cost and payback time found for Black Sea region.