

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ\*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ YARDIMIYLA GERÇEKLEŞTİRİLEN ISITMA  
SİSTEMLERİNİN KOCAELİ BÖLGESİ İÇİN  
UYGULANABİLİRLİĞİNİN TEORİK ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Mak. Müh. Muradiye BAYRAKTAR

Ana Bilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ  
Programı : ISI VE ENERJİ

OCAK 1997

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ YARDIMIYLA GERÇEKLEŞTİRİLEN ISITMA  
SİSTEMLERİNİN KOCAELİ BÖLGESİ İÇİN  
UYGULANABİLİRLİĞİNİN TEORİK ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

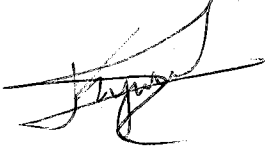
Mak. Müh. Muradiye BAYRAKTAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Ocak 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 4 Şubat 1997

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr.K.Süleyman YİĞİT



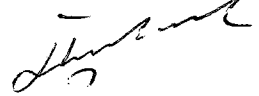
Üye

Prof.Dr.Mehmet UYSAL



Üye

Yrd.Doç.Dr.Ünal UYSAL



OCAK 1997

# **GÜNEŞ ENERJİSİ YARDIMIYLA GERÇEKLEŞTİRİLEN ISITMA SİSTEMLERİNİN KOCAELİ BÖLGESİ İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN TEORİK ARAŞTIRILMASI**

Muradiye BAYRAKTAR

**Anahtar Kelimeler :** Güneş Enerjisi, Pasif Sistemler, Aktif Sistemler

**Özet :** Bilindiği üzere güneş enerjisinin dünyadaki uygulamaları doğrudan veya dolaylı elektrik üretimi ve termal uygulamalar olmak üzere iki kola ayrılabilir.

Termal uygulamalar, güneş enerjisinden ısı elde etmek amacıyla kullanılan çeşitli teknolojilerdir. Bu uygulamalar arasında, binalarda güneş enerjisinin maksimum kullanılmasını sağlayacak şekilde tasarlanmasını içeren pasif mimari ile günümüzde sıcak su temininde yaygın olarak kullanılmakta olan düzlemsel güneş kolektörleri ve daha yüksek sıcaklıklara (150-300°C) ulaşmayı sağlayan parabolik odaklayıcı kolektörler bulunmaktadır.

Özellikle gelişmiş ülkelerde, güneş enerjisi teknolojileri konusunda sürdürülen araştırma-geliştirme ve uygulama çalışmaları paralelinde, Ülkemizde de bu konularda çeşitli kamu kurum ve kuruluşları ile bazı Üniversitelerde çalışmalar sürdürülmektedir.

Bu çalışmanın son bölümünde Kocaeli Bölgesi için güneş enerjisinden faydalanma oranı araştırılmıştır.

# **HEATING SYSTEMS TO BE REALIZE BY SOLAR ENERGY FOR KOCAELİ REGION OF APPLICABLE TEORICAL RESEARCH**

Muradiye BAYRAKTAR

**Keywords** : Solar Energy, Passive System, Active System

**Abstract** : As in known, the applications of the solar energy in the world can be divided into two groups; director indirect electricity generation and the thermal applications.

Thermal applications are the various technologies used for obtaining heat from solar energy among these applications, there are passive architecture which consists of constructing the buildings in such a way as to get the maximum use of solar energy, flat plate solar collectors which are today widely used in supplying hot water and the parabolic co centrator collectors which can provide higher temperatures (150-300°C)

In our country, various state organizations and some Universities have been carrying out studies in the field, in parallel with the research development and application studies which are especially carried out in the developed countries.

Of this study at the last chapter, researched ratio to benefit from solar energy for region Kocaeli.

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları, çevre kirliliğini önlemeleri ve düşük işletme maliyetleri nedeniyle konvansiyonel enerji kaynaklarına tercih edilmektedir. Bunlardan hacim ısıtmasında en yaygın olarak kullanılanlardan biriside Güneş enerjisidir.

Halen güneş enerjisinin, toplam enerji üretimindeki yeri, yıllık ortalama güneş ışınımının değişimi %1'in çok altında olmasına rağmen gelişmiş ülkelerin ileriye yönelik enerji planlarında güneş enerjisine oldukça önem verilmiştir.

Güneş enerjisinin en yaygın kullanılma şekli yapılarda sıcak kullanma suyu hazırlama ve yapıların ısıtılmasıdır. Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesinde Aktif ve Pasif sistemler görev alır.

Güneş ışınlarının doğrudan kullanımını sağlayan sistemler pasif sistemlerdir. Bu sistemlerde Güneş radyasyonunun kullanılabilmesi için hiçbir ara işleme yoktur. Enerjinin alınışı doğal şekildedir. Aktif sistemlerde ise kütle akışı zorlanarak yapılmaktadır.

Binaların Güneş enerjisi sistemleriyle konforlu ısıtılması pek çok bakımdan su ısıtma sistemlerine benzer. Sistemdeki temel elemanlar; Kollektör, depolama ünitesi, ısıtılacak binanın ısı yükü ve yardımcı enerji kaynağıdır. Dizayn, güneş enerjisi ve yardımcı enerjinin optimum kombinasyonu ile gerçekleştirilir.

Yapılan bu çalışmanın aynı konuda çalışacak meslektaşlarıma ışık tutmasını dilerim.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. K. Süleyman YİĞİT'e (KOÜ) teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI.....	4
2.1. Güneş Enerjisinin Aktif Sistemlerle Isıtma Amaçlı Kullanılması.....	4
2.1.1. Hava Akışkanlı Düzlemsel Güneş Kollektörleri İle Hacim Isıtma.....	7
2.1.2. Sıvılı Düzlemsel Güneş Kollektörleri İle Hacim Isıtma.....	8
2.1.3. Güneş Enerjili Isı Pompası Sistemleri.....	10
2.1.4. Güneş Enerjili Döşemeden Isıtma Sistemi.....	12
2.2. Güneş Enerjisinin Pasif Sistemlerle Isıtma Amaçlı Kullanılması.....	14
2.2.1. Güneş Alanları.....	16
2.2.2. Birleşik Duvar İçin Dizayn Seçimi.....	17
2.2.2.1. Isıl İletici Ağır Duvar.....	17
2.2.2.2. İç Trombe Duvarı (Camlı Ağır Duvar).....	18
2.2.2.3. İzolasyonlu Duvar İle Geniş Birleşik Menfezler.....	18
2.2.2.4. Camlı ve İzolasyonlu Duvar.....	19
2.2.3. Güneş Alanı İçinde Isıl Kütle.....	19
2.2.4. Güneş Alanlarının Kullanılabilirliği.....	19

2.3 Pasif Sistem Tipleri.....	20
2.3.1. Direk Kazanç Sistemleri.....	20
2.3.1.1. Isıtılmış Odalarla Bağıntılı Güneş Camlarının Yönelmesi ve Durumu.....	21
2.3.1.2. Güneş Camlarının Tip ve Boyutları.....	21
2.3.1.3. Isıl Kütle ve Günlük Isı Depolama Kapasitesi.....	23
2.3.2. İndirek Kazanç Sistemleri.....	24
2.3.2.1. Isı Depolayıcı Duvarlar.....	24
2.3.2.2. Çatı Havuzları.....	30
2.3.2.3. Entegre Sera Sistemleri.....	30
2.3.2.4. Barra Sistemi.....	32
2.3.3. Ayrılmış Kazanç Sistemleri.....	34
2.4. Pasif Sistemle Isıtılan Binaların Tasarım Parametreleri.....	35
2.4.1. Binaların Yerleştirilmesi.....	35
2.4.2. Yapı Şekli ve Yönlendirme.....	36
2.4.3. Hacimlerin Yerleştirilmesi.....	37
2.4.4. Pencerelerin Alanlarının Tesbiti.....	37
2.4.5. Sistem Seçimini Etkileyen Faktörler.....	38
2.5. Kollektörler.....	41
2.5.1. Düzlemsel Kollektörler.....	43
2.5.2. Yoğunlaştıran (Odaklı) Güneş Kollektörleri.....	43
2.6. Saydam İzolasyonlu Aktif ve Pasif Güneş Isıtma Sistemlerinin Mukayese Analizleri.....	43
2.6.1. Yaz Sonuçları.....	48
2.6.2. Sonbahar Sonuçları.....	48
2.6.3. En Soğuk Periyod Sonuçları.....	50
2.6.4. Sonuçlar ve Görüşler.....	51
<b>BÖLÜM 3. LİTERATÜR TARAMASI.....</b>	<b>52</b>
<b>BÖLÜM 4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMINDAKİ SON GELİŞMELER.....</b>	<b>54</b>

4.1. Bir Üniversite Binasında Uygulanan ATEŞ Güneş İle Isıtma Sistemi.....	54
4.1.1. ITW Isıtma ve Depolama Sistemi.....	54
4.1.2. Isıtma Operasyonları.....	57
4.1.2.1. Kısa Dönem Testleri.....	57
4.1.2.2. Uzun Dönem Testleri.....	61
4.1.2.3. Sonuçlar.....	65
4.2. Danimarka'da Büyük Güneş DHW Sistemli Deney-Nordic Güneşli Isıtma Gösteren Proje.....	66
4.2.1. Güneş Isıtma Sisteminin Tanıtımı.....	66
4.2.2. Simulasyon Sonuçları.....	68
4.2.3. Yapılan Gözlem Sonuçları.....	72
<b>BÖLÜM 5. KOCAELİ BÖLGESİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİNİN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ.....</b>	<b>78</b>
5.1. Eğik Yüzeyle Gelen Güneş Radyasyonunun Hesaplanması.....	78
5.1.1. R Dönüşüm Faktörünün Çıkarılması.....	78
5.1.2. Azimut Açısı.....	80
5.2. Güneşli Su Isıtıcılarının Ön Projelendirilmesinde İş Sırası.....	80
5.3. Kocaeli Bölgesinde 4 Kişilik Bir Aile İçin Uygulama.....	83
5.4. Grafiklerin Yorumlanması.....	87
5.5. Güneşli Su Isıtıcılarının Yakıt Ekonomisine Katkısının Hesaplanması.....	90
5.6. Sonuçlar ve Öneriler.....	92
<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>137</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>141</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>143</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>144</b>



## SİMGELELER ve KISALTMALAR

- A : Alan ( $m^2$ )
- COP : Performans katsayısı
- C : Suyun ısınma ısısı ( $1Kcal/kg^{\circ}C$ )
- e : Çıkış
- $\bar{E}_L$  : Güneşle ısıtılmış DHW tankındaki enerji
- $E_F$  : Gazla ısıtılmış DHW tankındaki enerji
- $F_K$  : Kollektör alanı ( $m^2$ )
- H : Güneş ışınımı
- i : Giriş
- $K_s$  : Kapasite faktörü
- L : Kayıp
- m : Kütle
- m : Kütleli debi ( $Kg/h$ )
- $M_{SF}$  : İki güneş kolektör devresinin her birisindeki akış ( $m^3$ )
- $M_{SL}$  : DHW Tüketimi ( $m^3$ )
- $M_W$  : Isıtılacak su miktarı ( $lt/gün$ )
- R : Dönüşüm faktörü
- $r_s$  : Kazanç faktörü
- r : Yeniden elde edilen (kazanılan)
- s : Depo
- Q : Isı
- $Q_i$  : Isı girişi (MWh)
- $Q_e$  : Isı çıkışı (MWh)
- $Q_G$  : Zemin ısısı (MWh)
- $Q_r$  : Kazanılan ısı (MWh)
- $Q_L$  : Isı kaybı (MWh)
- $Q_S$  : Güneş kolektöründe toplanan enerjinin günlük değerleri
- $Q_{SF}$  : İki güneş kolektörünün her birinden elde edilen enerji

- $Q_{SL}$  : Güneşle ısıtılmış DHW tankından gaz ile ısıtılmış tanka boşalan enerji  
 $Q_F$  : Gaz ile ısıtılan tankta elde edilen enerji  
 $Q_G$  : Gaz fırında tüketilen gazın ölçümü  
 $Q_B$  : DHW'nin tüketimi  
 $Q_X$  : Sirkülasyon kayıpları  
 $Q_k$  : Kollektör yüzeyine gelen güneş ışınım şiddeti ( $W/m^2$ )  
 $Q_N$  : Faydalı ısı ( $W/m^2$ )  
 $Q_d$  : Sıcak su hazırlanması için gerekli ısı miktarı (W)  
 $\Delta Q_S$  : Ekstra depolanmış ısı (MWh)  
 $T_{DHW}$  : DHW sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $T_{soğuk\ su}$  : Soğuk suyun sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $T_W$  : Erişilmesi istenilen su sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $T_F$  : Şebeke suyu sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $u$  : Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )  
 $u$  : Ortalama sıcaklık  
 $u_S$  : Depo sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $u_{BS}$  : Tampon depo sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $u_A$  : Alan sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $V$  : Sıcak su deposu hacmi ( $m^3$ )  
 $\rho$  : Yoğunluk ( $Kg/ m^3$ )  
 $\eta$  : Verim  
 $\theta$  : Güneş geliş açısı  
 $\phi$  : yüzey eğim açısı  
 $\psi$  : Güneş zenit açısı  
ITW : Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kollektörden alınan enerjinin depoya aktarılması.....	5
Şekil 2.2. Kollektörden alınan enerjinin hacme aktarılması.....	5
Şekil 2.3. Depoda toplanan enerjinin hacme aktarılması.....	6
Şekil 2.4. Yardımcı enerji kaynağından alınan enerjinin hacme aktarılması.....	6
Şekil 2.5. Basit bir havalı ısıtmanın şematik gösterimi.....	7
Şekil 2.6. Isı transferi olarak hava kullanılan bir güneşli ısıtma sisteminin detaylı Gösterimi.....	7
Şekil 2.7. Basit bir sıvılı ısıtma sisteminin şematik gösterimi.....	9
Şekil 2.8. Güneşli sıvı ısıtmalı bir sistemin detaylı gösterimi.....	9
Şekil 2.9. Seri bağlı güneş enerjisi-ısı pompası sistemi.....	11
Şekil 2.10. Paralel bağlı güneş enerjisi-ısı pompası sistemi.....	12
Şekil 2.11. Güneş kolektörlerinin ısı kaynağı olarak kullanıldığı döşemeden ısıtma sistemi.....	12
Şekil 2.12. Güneş kolektörü+sıcak su kazanı kullanılan döşemeden ısıtma sistemi.....	13
Şekil 2.13. Mekanik tahrikli ısı pompasının döşemeden ısıtma sisteminde kullanımı.....	14
Şekil 2.14. Trombe duvarı, şematik.....	25
Şekil 2.15. Sulu Trombe duvarı.....	26
Şekil 2.16. Beton ve su duvarlarında ısı transfer mekanizması.....	27
Şekil 2.17. Trombe-Michel duvarı kış ve yaz kullanımı.....	28
Şekil 2.18. Pasif ısıtılan bir binanın yıllık enerji sağlmasına ısı depolama kütlelerinin etkisi.....	29
Şekil 2.19. Cam alanı/ev alanına göre yıllık ısıtmada güneş enerjisini karşılama yüzdesinin değişik pasif sistemler için değişimi.....	29
Şekil 2.20. Çatı havuzu sistemi.....	30
Şekil 2.21. Entegre sera sistemi.....	31
Şekil 2.22. Kaya depolamalı ve fan zorlamalı sistem.....	31
Şekil 2.23. Barra sistemi.....	33
Şekil 2.24. Ayrılmış kazanç sistemi.....	35

Şekil 2.25. Bina konumu ve güneş enerjisi ilişkisi.....	36
Şekil 2.26. Hacimlerin yerleştirilmesine bir örnek.....	37
Şekil 2.27. Pencerelerin yerleşim düzeni.....	38
Şekil 2.28. Boyutsuz gölge uzunluğu-gün sayısı değişimi.....	41
Şekil 2.29. Boyutsuz gölge uzunluğu-gün sayısı değişimi.....	42
Şekil 2.30. Hava kollektörlü, Aktif sistem.....	45
Şekil 2.31. Pasif sistem, Trombe duvarı.....	45
Şekil 2.32. 25 Ekim-1Kasım1992 dönemine ait Mouzon sonbahar iklim şartları.....	49
Şekil 2.33. 25 Ekim 1992-1Kasım 1992 dönemine ait Aktif sistemin kollektörlerindeki emme sıcaklıkları (Mouzon).....	49
Şekil 2.34. 25 Ekim1992-1 Kasım 1992 dönemine ait pasif sistemin Trombe duvarındaki sıcaklıkları.....	50
Şekil 2.35. Soğuk fakat güneşli bir kış günü süresince pasif bir evde ısıtma yükünün azalması.....	51
Şekil 4.1. ITW Isıtma ve depolama sistemi.....	54
Şekil 4.2. Isı değiştirme sistemleri (boruları).....	55
Şekil 4.3. Direk su değiştirme “ Çember Sistemi “.....	56
Şekil 4.4. Kısa dönem testleri: Doldurma ve yardım sırasında depoda sıcaklık dağılımı.....	58
Şekil 4.5. Kısa süreli test: Doldurma sırasında depoda sıcaklık dağılımı.....	59
Şekil 4.6. Kısa dönem testi: Boşaltma sırasında depoda sıcaklık dağılımı.....	60
Şekil 4.7. Kısa dönem testleri: Yardım esnasında depoda sıcaklık dağılımı.....	61
Şekil 4.8. Isıtma ve depolamada kontrol stratejisi.....	62
Şekil 4.9. 1986-87 ve 1987-88 Sezonlarında ısıtma sistemi için enerji akış tablosu.....	62
Şekil 4.10. Deponun ortalama sıcaklığı ve ısı dengesi.....	64
Şekil 4.11. Ballerup, Egebjergvang’da yapılan Nordic güneşle ısıtma projesini gösteren diyagram.....	67
Şekil 4.12. Egebjergvang’da 150 apartman için evin güneye bakan çatısında yerleştirilen güneş kollektörünün fotoğrafı.....	68
Şekil 4.13. Büyük güneşle ısıtmalı DHW sistemi için depolama hacmi ve günlük DHW tüketiminin güneş kollektör alanının bir fonksiyonu olarak	

hesaplanmasıyla elde edilen güneş oranını gösteren diyagram.....	69
Şekil 4.14. 16m <sup>3</sup> hacmindeki DHW'nin 10°C'den 55°C'ye ısıtılmasının aylık sonuçları.....	70
Şekil 4.15. Egebjergvang'daki güneş ısıtma sisteminin diyagramı.....	71
Şekil 4.16. Ağustos 1985-Temmuz 1986 dönemine ait Ballerup, Egebjergvang da Nordic güneş ısıtma sisteminin aylık verimleri.....	75
Şekil 4.17. İki farklı güneş kolektörünün aylık verim değerleri.....	75
Şekil 4.18. 27 Haziran 1986 sıcaklık ölçümleri.....	76
Şekil 4.19. Güneş kolektöründe birinci devre için iki farklı kavramın şekli.....	77
Şekil 5.1. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Ocak 1995).....	95
Şekil 5.2. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Şubat 1995).....	95
Şekil 5.3. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Mart 1995).....	96
Şekil 5.4. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Nisan 1995).....	96
Şekil 5.5. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Mayıs 1995).....	97
Şekil 5.6. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Haziran 1995).....	97
Şekil 5.7. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Temmuz 1995).....	98
Şekil 5.8. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Ağustos 1995).....	98
Şekil 5.9. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Eylül 1995).....	99
Şekil 5.10. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Ekim 1995).....	99
Şekil 5.11. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Kasım 1995).....	100
Şekil 5.12. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Aralık 1995).....	100
Şekil 5.13. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Ocak 1996).....	101
Şekil 5.14. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Şubat 1996).....	101
Şekil 5.15. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Mart 1996).....	102
Şekil 5.16. Maksimum güneş ışınım şiddetinin günlük değişimi (Nisan 1996).....	102
Şekil 5.17. Günlük sıcaklık değişimi (Ocak 1995).....	103
Şekil 5.18. Günlük sıcaklık değişimi (Şubat 1995).....	103
Şekil 5.19. Günlük sıcaklık değişimi (Mart 1995).....	104
Şekil 5.20. Günlük sıcaklık değişimi (Nisan 1995).....	104
Şekil 5.21. Günlük sıcaklık değişimi (Mayıs 1995).....	105
Şekil 5.22. Günlük sıcaklık değişimi (Haziran 1995).....	105
Şekil 5.23. Günlük sıcaklık değişimi (Temmuz 1995).....	106

Şekil 5.24. Günlük sıcaklık değişimi (Ağustos 1995).....	106
Şekil 5.25. Günlük sıcaklık değişimi (Eylül 1995).....	107
Şekil 5.26. Günlük sıcaklık değişimi (Ekim 1995).....	107
Şekil 5.27. Günlük sıcaklık değişimi (Kasım 1995).....	108
Şekil 5.28. Günlük sıcaklık değişimi (Aralık 1995).....	108
Şekil 5.29. Günlük sıcaklık değişimi (Ocak 1996).....	109
Şekil 5.30. Günlük sıcaklık değişimi (Şubat 1996).....	109
Şekil 5.31. Günlük sıcaklık değişimi (Mart 1996).....	110
Şekil 5.32. Günlük sıcaklık değişimi (Nisan 1996).....	110
Şekil 5.33. 1995 (Ocak-Aralık) dönemine ait güneş ışınım şiddeti değişim grafiği.....	111
Şekil 5.34. 1995 (Ocak- Aralık) dönemine ait sıcaklık değişim grafiği.....	112
Şekil 5.35. 1996 (Ocak-Nisan) dönemine ait güneş ışınım şiddeti değişim grafiği....	113
Şekil 5.36. 1996 (Ocak-Nisan) dönemine ait sıcaklık değişim grafiği.....	114
Şekil 5.37. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	115
Şekil 5.38. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi .....	115
Şekil 5.39. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi .....	116
Şekil 5.40. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	116
Şekil 5.41. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi .....	117
Şekil 5.42. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	117
Şekil 5.43. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	118
Şekil 5.44. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	118
Şekil 5.45. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	119
Şekil 5.46. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	119
Şekil 5.47. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	120
Şekil 5.48. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	120
Şekil 5.49. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	121
Şekil 5.50. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	121
Şekil 5.51. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	122
Şekil 5.52. Güneş tarafından kollektöre aktarılan enerjinin günlük değişimi.....	122
Şekil 5.53. 1995 (Ocak-Aralık) dönemine ait kollektörde toplanan faydalı enerji....	123
Şekil 5.54. 1996 (Ocak-Nisan) dönemine ait kollektörde toplanan faydalı enerji.....	124

Şekil 5.55. Azimut açısı sapma faktörü $A_1$ 'in kolektöre gelen güneş ışınımına etkisi.....	125
Şekil 5.56. Sistem veriminin kolektörde toplanan faydalı enerjiye etkisi $A_1=0.80$ ....	126
Şekil 5.57. Sistem veriminin kolektörde toplanan faydalı enerjiye etkisi $A_1=0.85$ ....	126
Şekil 5.58. Sistem veriminin kolektörde toplanan faydalı enerjiye etkisi $A_1=0.90$ ....	127
Şekil 5.59. Sistem veriminin kolektörde toplanan faydalı enerjiye etkisi $A_1=0.95$ ....	127
Şekil 5.60. Sistem veriminin kolektörde toplanan faydalı enerjiye etkisi $A_1=0.99$ ....	128
Şekil 5.61. Sistem veriminin kolektörde toplanan faydalı enerjiye etkisi $A_1=1$ .....	128
Şekil 5.62. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Ocak 1995).....	129
Şekil 5.63. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Şubat 1995).....	129
Şekil 5.64. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Mart 1995).....	130
Şekil 5.65. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Nisan 1995).....	130
Şekil 5.66. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Mayıs 1995).....	131
Şekil 5.67. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Haziran 1995).....	131
Şekil 5.68. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Temmuz 1995).....	132
Şekil 5.69. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Ağustos 1995).....	132
Şekil 5.70. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Eylül 1995).....	133
Şekil 5.71. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Ekim 1995).....	133
Şekil 5.72. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Kasım 1995).....	134
Şekil 5.73. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Aralık 1995).....	134
Şekil 5.74. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Ocak 1996).....	135
Şekil 5.75. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Şubat 1996).....	135
Şekil 5.76. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Mart 1996).....	136
Şekil 5.77. Kolektör alanının zamana göre değişimi (Nisan 1996).....	136
Şekil 5.78. Yatay düzleme gelen direk güneş ışınımı.....	79
Şekil 5.79. Eğik düzleme gelen direk güneş ışınım.....	79
Şekil 5.80. Kolektör azimut açısı ve enlem derecesine göre kolektör düzeltme faktörünün bulunması.....	80
Şekil 5.81. Enlem derecesi ve aylara göre en çok güneş enerjisi alacak kolektör eğim açısının bulunması.....	81



## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Bölgesel güneşlenme süresi.....	2
Tablo 1.2. Aylara göre ortalama güneş enerjisi dağılımı.....	2
Tablo 2.1. Güneşli hava ısıtılmalı sistemler için tipik dizayn parametreleri.....	8
Tablo 2.2. Güneşli sıvs ısıtılmalı sistemler için tipik dizayn parametreleri.....	10
Tablo 2.3. Pasif sistem türlerinin karşılaştırılması.....	39
Tablo 2.4. İki tip saydam örtü için fiziksel değerler.....	44
Tablo 2.5. 1992 dolar fiyatlarına göre herbir sistem için maliyet.....	46
Tablo 2.6. Farklı sistemler için simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması.....	47
Tablo 4.1. Kısa süreli testlere ait bilgiler.....	58
Tablo 4.2. İki ısıtma sezonunda deponunısı dengesi.....	64
Tablo 4.3. İki farklı güneş kolektörünün herbiri için yıllık güneş üretiminin karşılaştırılması.....	72
Tablo 4.4. Güneşlenme ile beraber aylık sistem etkisini ve güneş verimini gösteren ölçümler.....	73
Tablo 5.1. Değişik kolektör tiplerine ve mevsimlere göre kolektör verimleri.....	82
Tablo 5.2. Kolektör eğim açısı ( $\phi$ ) ve enlem derecelerine göre dönüşüm faktörü R değerleri.....	84
Tablo 5.3. Değişik kullanma yerleri ve kullananların sosyal durumuna göre 45°C sıcaklığındaki sıcak su ihtiyaçları.....	86
Tablo 5.4. Aylık maksimum faydalı ısı (QN) ve gerekli kolektör alanları.....	88
Tablo 5.5. Aylık kolektör yüzeyi ile faydalanma oranı.....	89
Tablo 5.6. 1995 yılına ait mevsimlere göre enerji bilançosu.....	91
Tablo 5.7. İzmit'te 4 kişilik bir ailenin sıcak su ihtiyacının güneşli su ısıtıcılarıyla karşılanması halinde enerji bilançosu.....	93
Tablo 5.8. 3 m <sup>2</sup> kolektör alanıyla elde edilen ısı miktarından faydalanabilen kişi sayısı.....	94
Tablo A.1. Saatlik güneş ışınları şiddetinin saatlik ortalama değerleri (Ocak).....	143



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

1973 yılında tüm dünya ülkelerinde ortaya çıkan enerji bunalımından sonra enerji konusu dünyada ve Türkiye’de büyük önem kazanmıştır. Ülkemizde toplam enerji tüketiminin sektörel dağılımında konut ve diğer hizmet binalarında tüketilen enerji 1992 yılı itibarıyla ortalama % 30.23 civarındadır. Konutlarda kullanılan enerjinin %90’ının ısıtma amacıyla kullanıldığı gözönüne alınırsa yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji tasarrufu konusunda ısıtmada kullanılan enerji öncelik kazanmaktadır.

ABD ve İsrail, 2000’li yıllara doğru enerji gereksinimlerinin %20’sini, güneş enerjisinden sağlamayı hedeflemişlerdir. Benzer programları benimseyen diğer bir ülke ise Japonya’dır. Orta Avrupa’da yılda yaklaşık 2000 saat, Afrikada, Sahra çölünde yılda yaklaşık 4000 saat güneş ışınlarından yararlanma olanağı bulunurken, ülkemizde ise yıla ortalama 2400 saat bu enerjinin kullanımından söz edebiliriz. Bir başka deyişle 1m<sup>2</sup>’ye yaklaşık 1740 kW/h’lik enerji düşmektedir. Bu değer hiçte azımsanacak bir değer değildir. Ülkemizde bu enerjinin yoğunluğu, bölgelere ve mevsimlere göre değişmektedir.

Güneş enerjisinden yüksek oranda yararlanmaya elverişli coğrafi konuma sahip ülkemizde, güneşten en az yararlanabilecek bölgemiz olan Doğu Karadeniz Bölgesi bile, birçok Avrupa ülkesine göre, daha şanslı durumdadır.

**Tablo 1.1. Bölgesel Güneşlenme Süresi**

Bölge	Yıllık Güneşlenme Süresi (Saat)
G.D. Anadolu	3016
Akdeniz	2923
Ege	2726
İç Anadolu	2712
Doğu Anadolu	2693
Marmara	2528
Karadeniz	1966

**Tablo 1.2. Aylara göre ortalama Güneş enerjisi dağılımı**

Aylar	Güneşlenme Süresi (Saat)	Güneş Radyasyon Şiddeti (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	109	75
Şubat	112	80
Mart	155	130
Nisan	199	176
Mayıs	164	210
Haziran	321	240
Temmuz	362	245
Ağustos	351	220
Eylül	271	182
Ekim	218	190
Kasım	150	80
Aralık	98	65

Tablo 1.1 ve Tablo 1.2’de, ülkemizde bölgelerin güneşlenme süreleri, yıl/saat ve aylara göre yaklaşık güneş enerji dağılımı, ay/saat-watt-m<sup>2</sup> olarak verilmektedir.

Konut ısıtmasında ikinci önemli konu, istenilen oda içi ısıtma konfor koşullarının sağlanmasıdır. Enerjinin ekonomik kullanımı ve oda içi ısıtma konfor koşullarının sağlanmasında uygulanan ısıtma sistemlerinin önemli ölçüde katkısı vardır.

Hacim ısıtma amacıyla kullanılan 4 tip konvansiyonel ısıtma sistemi vardır.

1. Ilık Hava Sistemleri : Isı kaynağı olarak bir ısı depolama fırınına sahiptirler. Ilık hava, hava kanalları ile bir fan yardımıyla hacimlere dağıtılır.

2. Sıcak Sulu Isıtma Sistemleri : Suyu ısıtmak için bir boylere ve ısıtılmış suyu hacimlere dağıtmak için dağıtım borularına sahiptirler. Hacim içerisinde ya radyatörler yada radyan ısıtma panelleri kullanılır. Bu sistemlerde su doğal taşınım ile dolaşır fakat çoğu sıcak su sisteminde zorlanmış taşınım geçerlidir.

3. Buharlı Isıtma Sistemleri : Sıcak su sistemlerine benzer. Yakıncı geçmişte buharlı ısıtma sistemleri çok yaygın olarak kullanılmaktaydı, fakat günümüzde bu sistem diğer sistemlerle yer değiştirme durumundadır.

4. Elektrikli Isıtma : Her hacimde ayrı ısıtma ünitesi kullanılır. Bunlar; Radyan ısıtma panelleri, levha tipi ısıtıcılar veya zorlanmış hava ısıtıcıları olabilir.

İlk üç tip ısıtma sistemi ısı kaynağı açısından büyük bir çeşitliliğe sahiptir. Gaz, petrol, kömür yakıcıları, elektrik rezistans elemanları, ısı pompaları hatta odun yakıcılarının hepsi yaygın olarak kullanılan ısı kaynaklarıdır. Güneş kolektörleride bu listeye eklenebilir.

## **BÖLÜM 2**

### **GÜNEŞ ENERJİSİNİN ISITMA SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI**

Binalarda güneş enerjisi uygulamalarında iki tür uygulama yaklaşımı vardır. Bunlar aktif ve pasif ısıtma sistemleridir. Aktif sistemde; güneş enerjisi toplayıcıları, depolama birimleri, enerji transfer mekanizmaları ve enerji dağıtım sistemleri (pompa, fan) kullanılır. Bu tip bir sistemde genelde bir veya birden fazla çalışma akışkanı, toplanan güneş enerjisinin transfer, depolama ve dağıtımında kullanılır. Çalışma akışkanları fan veya pompa yardımıyla dolaştırılır.

Genelde güneş enerjisi, hacim ıstmasında ekonomik olarak toplam %30-50'si kadar katkıda bulunabilir. Bugün ısı enerjisinin %60'ı 100°C'nin altındaki sıcaklıklarda tüketilmektedir. Güneş enerjisi de genelde 100°C'nin altındaki sıcaklıklarda verimli ve etkin olabilmektedir. Özellikle yüksek enlem bölgelerinde kış aylarında sıcaklık gereksinimi arttığı, elde edilen enerji azaldığından ve güneş enerjisinin sürekli bir enerji kaynağı olmaması nedeniyle güneş enerjisi sistemlerini destek ısıtma sistemleriyle birleştirmek veya depolama tesisatı eklemek zorunluluğu vardır.

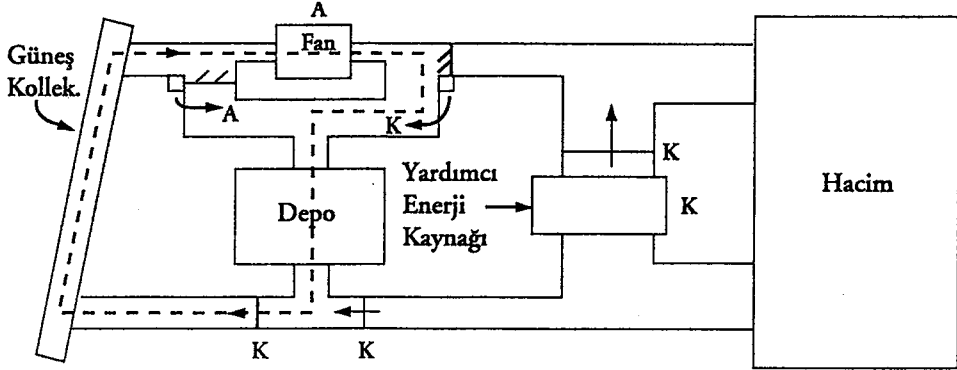
Binaların güneş enerjisi sistemleriyle konforlu ısıtılması pek çok bakımdan su ısıtma sistemlerine benzer. Sistemdeki temel elemanlar; kolektör, depolama ünitesi, ısıtılacak binanın ısı yükü ve yardımcı enerji kaynağıdır. Dizayn, güneş enerjisi ve yardımcı enerjinin optimum kombinasyonu ile gerçekleştirilir.

#### **2.1. Güneş Enerjisinin Aktif Sistemlerle Isıtma Amaçlı Kullanılması**

Aktif güneş enerjisi sistemlerinin amacı bir akışkanı kolektör kullanarak ısıtmak, ihtiyaç oluncaya kadar ısıtılmış akışkanı depolama ünitesinde depolamak, bir kontrol mekanizması yardımıyla ısıtılacak hacimlere bu enerjiyi dağıtım ekipmanları aracılığı

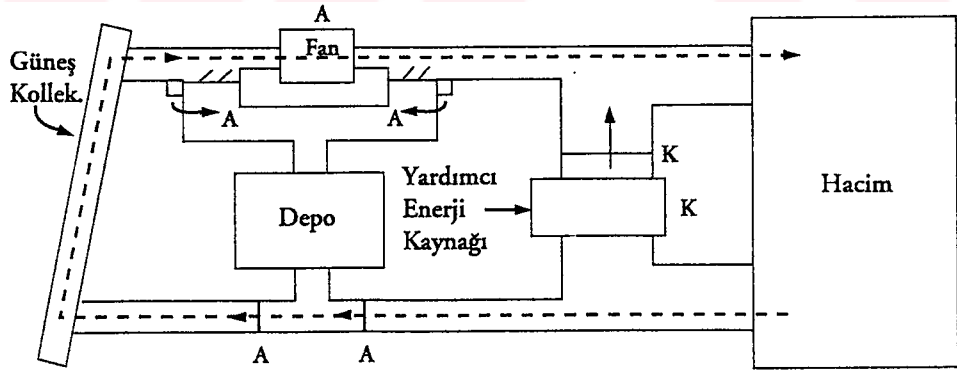
ile sağlamaktadır. Enerjinin sistemden çıkış şekline bağlı olarak güneşli sistemlerde 4 basit çalışma şekli kullanılabilir.

A) Eğer güneş enerjisi var ve binanın ısıya ihtiyacı yoksa, kolektörden olan enerji kazancı depoda toplanır. (Şekil 2.1)



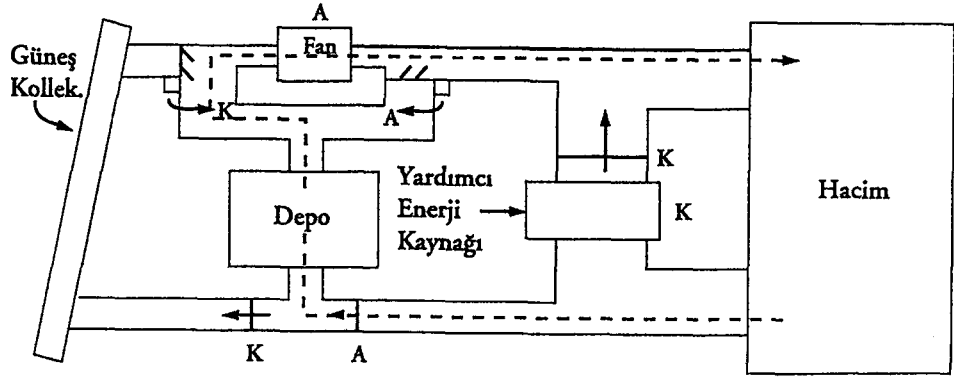
Şekil 2.1. Kolektörden alınan enerjinin depoya aktarılması

B) Eğer güneş enerjisi var ve binanın ısıya ihtiyacı varsa, Kolektörden olan enerji kazancı binanın ihtiyacını karşılamada kullanılır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Kolektörden alınan enerjinin hacme aktarılması

C) Eğer güneş enerjisi yok, binanın ısıya ihtiyacı var ve depolama ünitesinde enerji depolanmış ise depolanmış enerji binanın ihtiyacını karşılamada kullanılır. (Şekil 2.3)

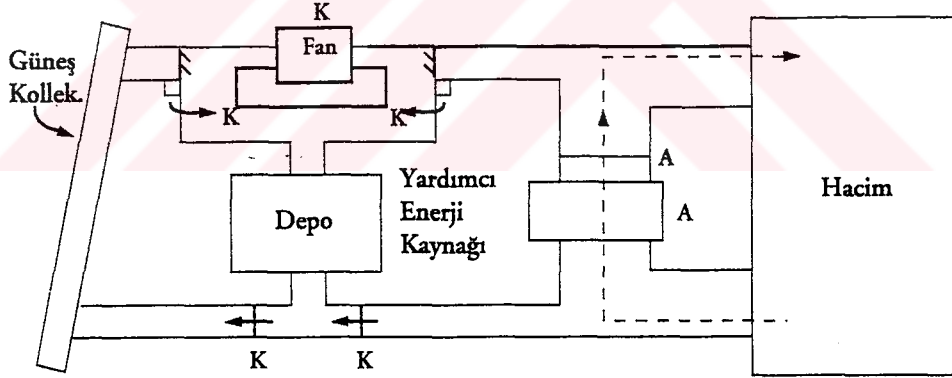


**Şekil 2.3.** Depoda toplanan enerjinin hacme aktarılması

□ : Damper Motoru, A: Açık; K: Kapalı

←: Yardımcı Enerji Damperi

**D)** Eğer güneş enerjisi yok, binanın ısıya ihtiyacı var ve depolama ünitesinde enerji tükenmiş ise yardımcı enerji binanın ihtiyacını karşılamada kullanılır. (Şekil 2.4)

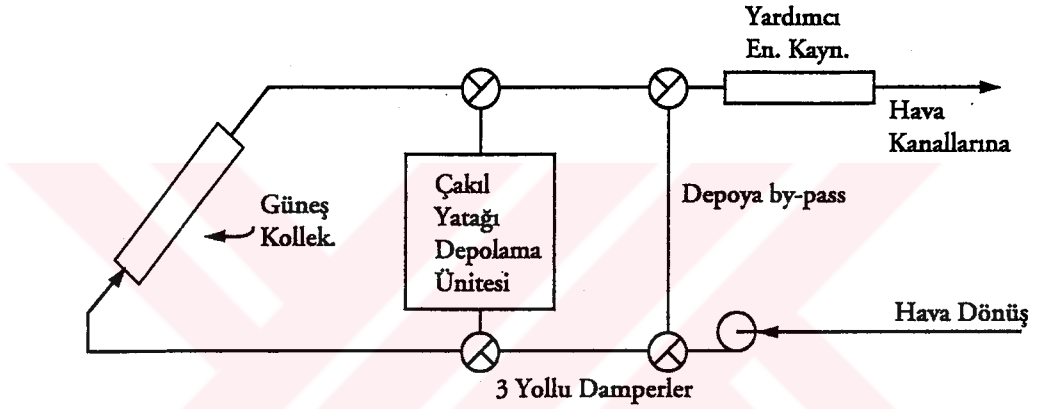


**Şekil 2.4.** Yardımcı enerji kaynağından alınan enerjinin hacme aktarılması

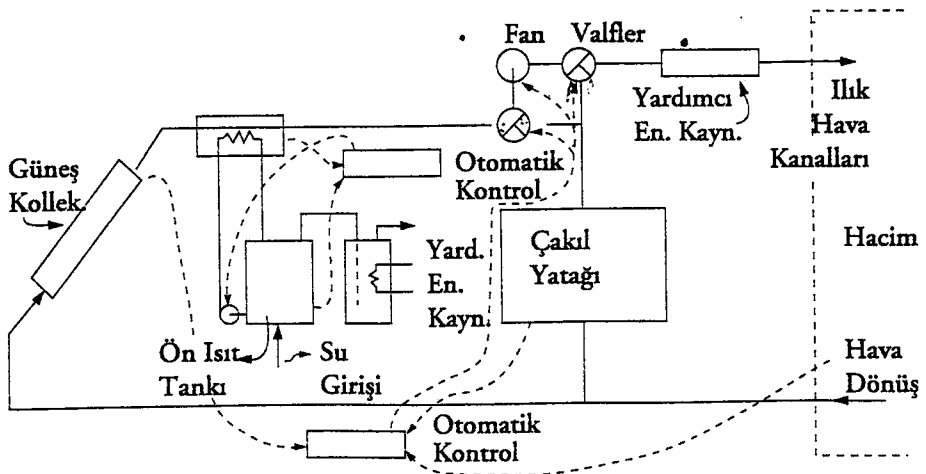
Depolama ünitesi tamamen ısıtılmış, binanın ısıya ihtiyacı yok ve kollektör gece gök radyasyonuna maruz yada gündüz güneş yok ve çevre sıcaklığı kollektör ve depo sıcaklığından düşükse sistem ters çalışıp bu kez enerji kaybeder. Bunu önlemek için, ısıya ihtiyaç olmadığı zamanlarda devreye girecek bir sıcak su sağlama ünitesi konulabilir.

### 2.1.1. Hava Akışkanlı Düzlemsel Güneş Kollektörleri İle Hacim Isıtma

Şekil 2.5'te ısı transferi akışkanı olarak hava kullanılan, çakıl yatağı depolama ünitesi ve yardımcı ısıtıcıya sahip basit bir güneşli ısıtma sistemi şematik olarak verilmiştir. Damper pozisyonlarına göre çeşitli işletme koşulları oluşturulabilir. Gerekli ısı yükü kollektörlerden karşılanmazsa yardımcı ısıtıcı devreye girer ve sistemle kombine çalışır. Bu sistem konfigürasyonunda kollektöre ve depolama ünitesine by-pass yapılabilir. Hava ısıtmalı kollektör sistemi için daha detaylı bir şema Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.5. Basit bir havalı ısıtmanın şematik gösterim



Şekil 2.6. Isı transferi olarak hava kullanılan bir güneşli ısıtma sisteminin detaylı gösterim

**Tablo 2.1.** Güneşli hava ısıtmalı sistemler için tipik dizayn parametreleri

Kollektör Hava Akış Hızı	5-20 lt / m <sup>2</sup> s
Kollektör Eğimi	( $\phi+15^\circ$ ) $\pm 15^\circ$
Kollektör Yüzey Azimut Açısı	0 $^\circ$ $\pm 15^\circ$
Depo Kapasitesi	0.15-0.35 m <sup>3</sup> çakıl/m <sup>2</sup>
Çakıl Boyutları	0.01-0.03 m
Akış Doğrult. Yatak Uzunluğu	1.25-2.5 m
<b>BASINÇ DÜŞÜMLERİ :</b>	
Çakıl Yatağı	55 Pa min.
Kollektörler	50-200 Pa
Kanallar	10 Pa
Çakıl Yatağına Havanın Maksimum Giriş Hızı ( 50 Pa Basınç Düşümünde)	4 m/s
Su Ön Isıtma Tank Kapasitesi	1.5xKonveksiyonla Su Isıtma

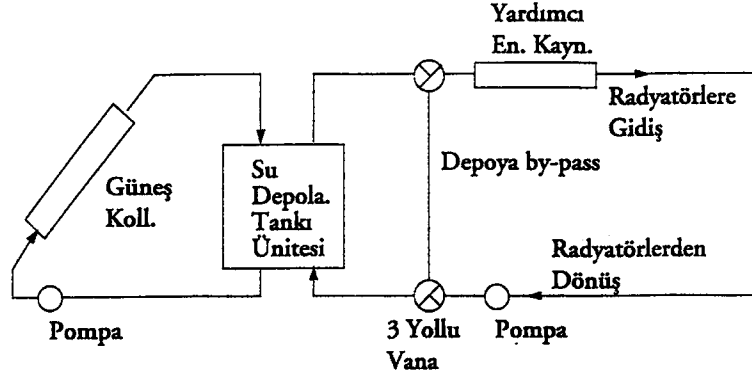
Hava ısıtmalı sistemlerin sıvılı sistemlere göre avantajları:

Kollektördeki ve kaynama problemlerinin ortadan kalkması ve korozyon problemlerinin azalmasıdır. Dezavantajları ise sistem dikkatli dizayn edilmezse akışkan pompalama harcamaları yükselir, büyük depolama hacmi gerektirir ve sistemde dolaşan havayı geri toplamak zordur. Hava ısıtmalı sistemlerinin kontrolü zor olduğu için kollektörlerden ve kanallardan sızan ısınmış hava, sistemden önemli bir enerji kaybına neden olur.

### 2.1.2. Sıvılı Düzlemsel Güneş Kollektörleri İle Hacim Isıtma

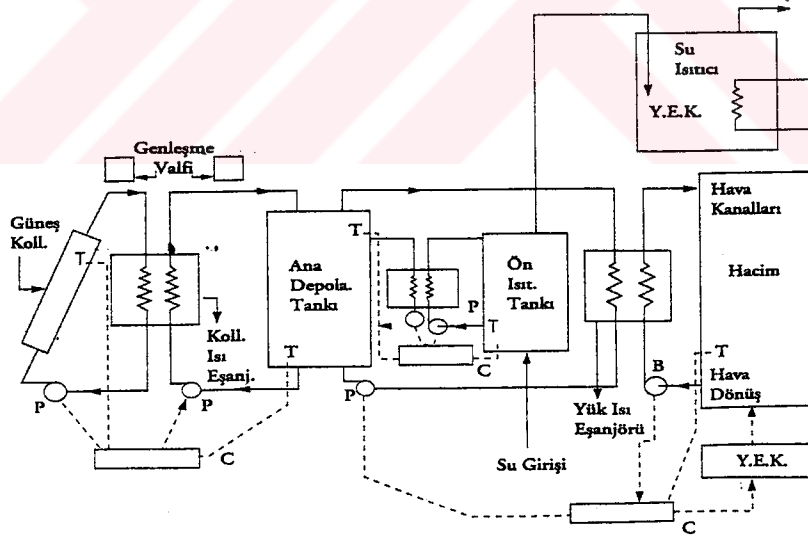
Şekil 2.7’de su depolama tankı ve yardımcı enerji kaynağına sahip basit bir su ısıtmalı sistem şematik olarak verilmiştir. Bu sistem, bir yandan sistemin depolama bölümü güneş kollektörü kısmı ile depo yardımcı ısıtıcı-yük bölümlerinin bağımsız kontrolüne izin verirken, diğer yandan sıcak su hazırlama sistemlerinde olduğu gibi kollektörde ısıtılan su depoda toplanırken aynı anda binanın ısı yükü için depodan sıcak su çekilebilir.





Şekil 2.7. Basit bir sıvılı ısıtma sisteminin şematik gösterimi

Sıvı esaslı bu sistemin daha detaylı bir şeması Şekil 2.8’de verilmiştir. Şekilde görülen kollektör ısı değiştirgeci, kollektör ile depolama tankı arasında gösterilmiştir. Bu, kollektör hattında antifriz kullanımına izin verir. Genleşme valfleri, yüksek sıcaklıklarda kollektörden fazla enerjinin atılması için kullanılır. Yükl ısı değiştirgeci ise, enerjiyi tanktan alıp ıstılacak hacme verir.



Şekil 2.8. Güneşli sıvılı ısıtmalı bir sistemin detaylı gösterimi

P: Pompa, C: Otomatik Kontrol, T: Sıcaklık Sensörü, B: Fan, Y.E.K.: Yardımcı Enerji Kaynağı

Bu tip sistemler için dizayn parametreleri Tablo 2.2.'de verilmiştir.

**Tablo 2.2.** Güneşli sıvı ısıtma sistemleri için tipik dizayn parametreleri

Kollektör Akış Hızı	0.010-0.020 kg/m <sup>2</sup> s
Kollektör Eğimi	( $\phi+15^\circ$ ) $\pm 15^\circ$
Kollektör Yüzey Azimut Açısı	0 $^\circ$ $\pm 15^\circ$
Kollektör Isı Değiştirgeci	$F_R / F_{R0} > 0.9$
Depo Kapasitesi	50-100 lt/m <sup>2</sup>
Yük Isı Değiştirgeci	$1 < L_{c_{min}} / (UA)h < 5$
Su Ön Isıtma Tank Kapasitesi	1.5xKonveksiyonlu Isıtma Kapasitesi

Şekilde görülen yük ısı değiştirgeci, büyük sıcaklık düşümlerinden yada tank ve kollektör sıcaklıklarının büyük miktarda artışından korunmak için uygun şekilde dizayn edilmelidir.

Sıvılı sistemlerin avantajı, yüksek  $F_R$  ( kollektör verim faktörü ), küçük depo hacminin olmasıdır. Sistemde su kullanılması problemler oluşturur. Kollektörlerin donma sorunu vardır. Güneşli ısıtma sistemlerinde kullanılan sıvılar, sistemi diğer konveksiyonel sistemlere göre daha düşük sıcaklıklarda çalıştıracığından daha büyük ısıtma yüzeylerine ihtiyaç doğar. Bahar aylarında güneşli ısıtıcılar yüksek sıcaklıklarda çalışır. Basınç artışı ve kaynamaya sebebiyet vermemek ve korozyon problemini önlemek için enerjiyi kısmak gerekir.

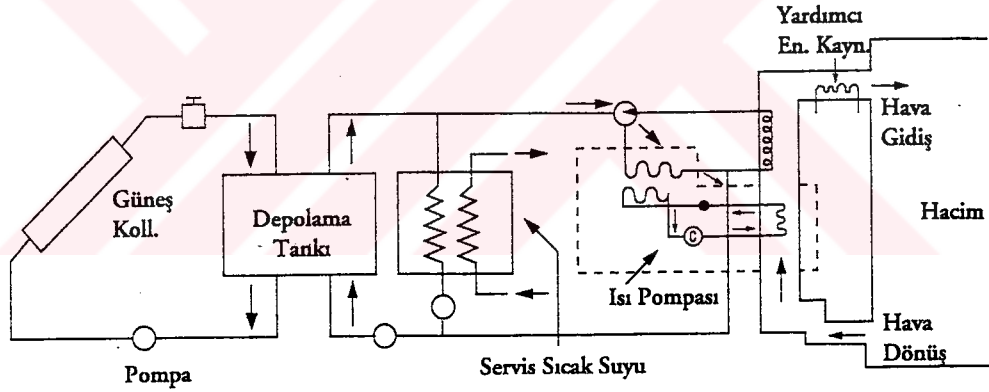
### 2.1.3. Güneş Enerjili Isı Pompası Sistemleri

Isı pompaları, mekanik enerjiyi ısı enerjisine çeviren sistemlerdir ve elektrikle ısıtmaya nazaran 3-6 misli daha iyidirler. Çevre kirliliğine neden olmamaları, aynı tesisatla hem ısıtma hem soğutma yapabilmeleri ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilmesi gibi özellikleri nedeniyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapılan bir konu haline gelmişlerdir. Elektrik kaynaklı ısı pompalı ısıtma sistemleri, elektrikli ısıtıcılar ve pahalı yakıtlara bir alternatif olarak geniş bir ilgi uyandırmıştır. İki avantajı vardır.

Birincisi, COP (Isıtma kapasitesi/Elektrik girdisi) bütün ısıtma sistemlerinden büyüktür; diğeri yazın air condition sistemi olarak kullanılabilirler.

Soğuk kış aylarında buharlaşma sıcaklığının, evaporatörü havalı olan sistemlerde şebeke suyu sıcaklığından düşük olması, yoğuşma sıcaklığının da elden geldiğince yüksek tutulması gerekliliği nedeniyle yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları arasındaki fark büyür, bu yüzden kompresör daha sık devreye girer ki, bu daha fazla elektrik enerjisi harcamak demektir. Bu nedenle buharlaşma sıcaklığının başka bir kaynak yardımıyla yükseltilmesi gerekir ki, bu iş için en uygun kaynak güneş enerjisidir.

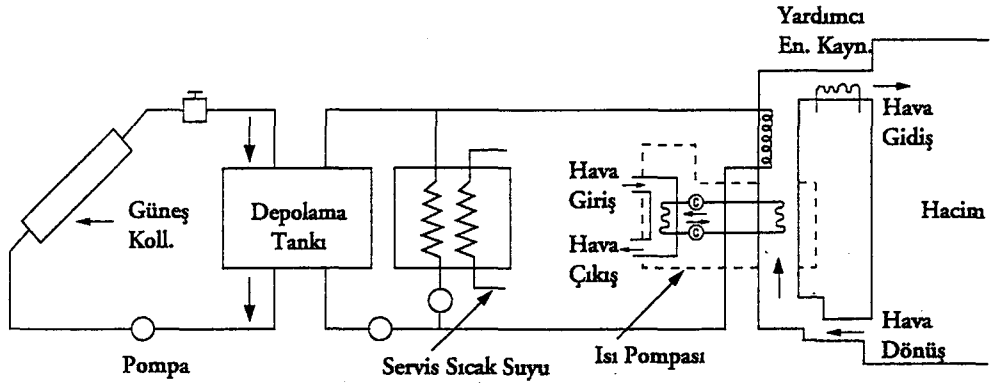
Güneş enerjisinin yetmediği anlarda devreye girecek yardımcı ısıtma sistemlerinden biri de ısı pompasıdır. Yüksek buharlaşma sıcaklıklarında ısı pompasının performansı iyidir. Güneş enerjisi sistemlerinden sağlanan enerji ile ısı pompasının evaporatör kısmı oluşturulur. Bu seri sistemlere örnek Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Seri bağlı güneş enerjisi-ısı pompası sistemi

Bu sistem, depo sıcaklığı yeterince yüksek olduğunda, binaya depodan direkt olarak enerji sağlanabilecek şekilde dizayn edilmelidir. Sistemde su-hava çiftli ısı pompası kullanılmıştır.

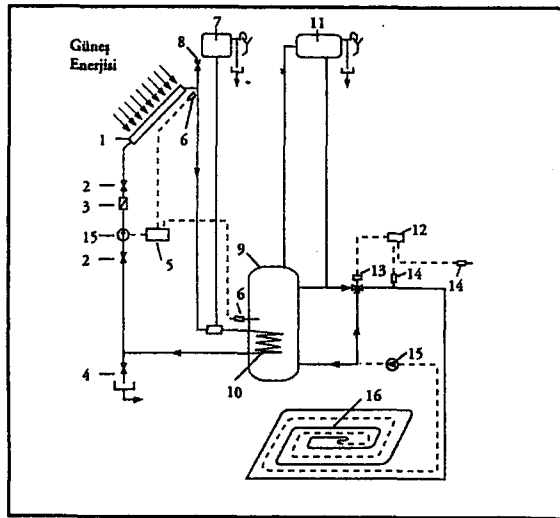
Şekil 2.10'da ise bir paralel sistem görülmektedir. Burada hava-hava ısı pompası kullanılmıştır. Bu sistem, konvansiyonel yardımcı enerjinin kullanıldığı bir ısıtma sistemine benzemektedir. Isı pompası, yardımcı ısıtıcı yerine kullanılmıştır. [5]



Şekil 2.10. Paralel bağlı güneş enerjisi-ısı pompası sistemi

#### 2.1.4. Güneş Enerjili Döşemeden Isıtma Sistemi

Döşemeden ısıtma sistemi, döşeme içine yerleştirilmiş ve içinden sıcak su geçen serpantin şeklindeki ısıtıcılar aracılığı ile uygulanan bir ısıtma şeklidir. Bu sistem de, diğer sistemlere göre daha düşük hacim sıcaklığı ve çalışma akışkanı sıcaklıkları kullanıldığı için güneş enerjisi kullanımına uygundur. Döşemeden ısıtma sisteminde güneş enerjisi toplayıcıları ile belirli büyüklüklerde bir sıcak su deposunda su hazırlanır. Aynı anda ikinci bir dolaşım pompası aracılığı ile döşemeden ısıtma sistemine sıcak su gönderilir. (Şekil 2.11)



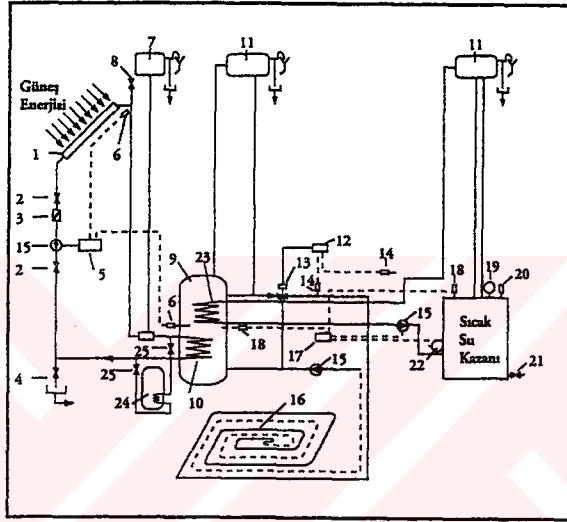
Şekil 2.11. Güneş kolektörlerinin ısı kaynağı olarak kullanıldığı döşemeden ısıtma sistemi

Direkt güneş enerjisi ile döşemeden ısıtma sistemi yanında, güneş enerjisine yardımcı ısıtma sistemleri de kullanılabilir.

### Güneş Enerjisi Toplayıcıları + Sıcak Su

**Kazanlı Döşemeden Isıtma :** Bu sistemde güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda sıcak su kazanı devreye girerek sistemin kesintisiz çalışmasını sağlar.

(Şekil 2.12)



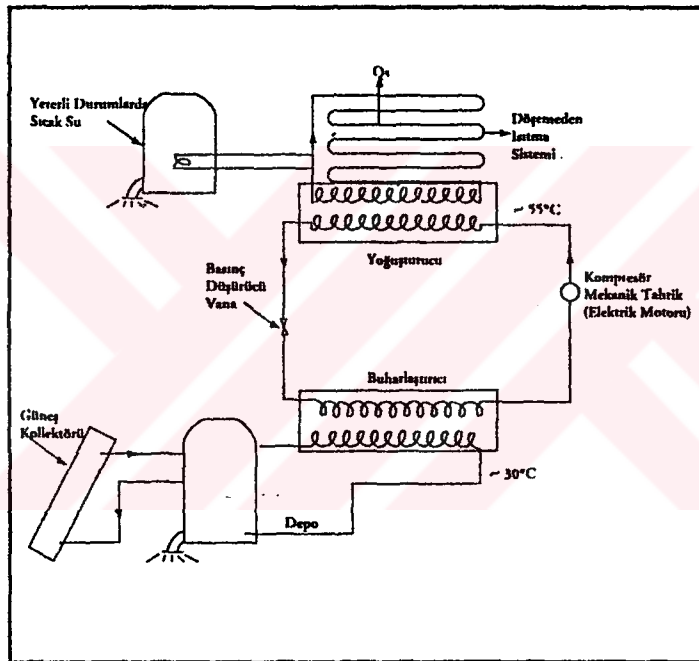
**Şekil 2.12.** Güneş kolektörü + sıcak su kazanı kullanılan döşemeden ısıtma sistemi Donanımlar:

1. Güneş Kolektörü	14. Sıcaklık Duyar Eleman
2. Kapama Vanası	15. Dolaşım Pompası
3. Çek Valf	16. Döşemeden Isıtma Sistem Boruları
4. Boşaltma Vanası	17. Brülör Kontrol
5. Diferansiyel Termostat	18. Sıcaklık Duyar Eleman
6. Sıcaklık Duyar Elemanı	19. Hidrometre
7. Genleşme Deposu (Toplayıcı Devr.)	20. Termometre
8. Havalık	21. Sıcak Su Kazanı Doldurma Vanası
9. Sıcak Su Deposu	22. Brülör
10. Isı Eşanjörü (Toplayıcı Devresi)	23. Yardımcı Isı Eşanjörü
11. Genleşme Deposu (Sıcak Su Dep.)	24. Sıcak Su Hazırlama Deposu (Kullanım İçin)
12. Üç Yollu Vana Kontrol Ünitesi	25. Sıcak Su Hazırlama Devresi Açma- Kapama Vanaları
13. Üç Yollu Vana	

## Güneş Enerjisi Toplayıcıları + Pasif Isıtma Teknikleri:

Güneşli günlerde pasif ısıtma tekniklerinin kullanımı ile, gündüzleri güneş enerjisi toplayıcıları ile sıcak su deposundaki enerji miktarı üst seviyelere ulaştırılır. Depolanan enerji geceleri yada bulutlu günlerde enerji sağlanmasında kullanılır.

Güneş enerjisi sistemi ile çalışan mekanik tahrikli ısı pompasının döşemeden ısıtma sisteminde kullanımı Şekil 2.13'te verilmiştir. Isı pompasının buharlaştırıcı kısmı, yazın soğutmada kullanılırken yoğuşturucu kısmından da sıcak su elde edilir.



Şekil 2.13. Mekanik tahrikli ısı pompasının döşemeden ısıtma sisteminde kullanımı

## 2.2. Güneş Enerjisinin Pasif Sistemlerle Isıtma Amaçlı Kullanılması

Bilindiği gibi yapılar insanları doğal afetlerden koruyan ve barınmalarını sağlayan birer sığınak vazifesi görürler. Yapılar bu görevlerini yerine getirmek için insanların ihtiyaçlarına ve konforlu yaşama özelliklerine göre dizayn edilirler.

Özellikle binalarda, ısıtma, soğutma ve aydınlatma için kullanılan enerji kaynaklarına alternatif olarak düşünülen yeni ve temiz enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden faydalanmanın bir yolu da pasif güneş enerjili sistemlerdir.

Pasif güneş enerjisi sistemleri, binaların yapı elemanlarını birer toplayıcı gibi kullanarak ve herhangi bir ekipmana ihtiyaç duymadan ısıyı depolayan, muhafaza eden ve ileten fonksiyonel bir mekanizmadır. Ayrıca bu mekanizma, yukarıda sayılan özelliklerini yerine getirirken herhangi bir ek enerjiye gerek duymadan yazın minimum ısı kazancı, kışın ise maksimum ısı kazancı sağlayacak şekilde dizayn edilirler. Bunun içinde güneşe doğru yönlendirilmiş geniş cam alanlarından ve sistem performansını artırıcı malzemelerden meydana gelen ısı kütlelerinden ve enerji korunumlu binalardan yararlanır. Yukarıdaki özelliklere göre pasif sistemleri iki grupta inceleyebiliriz.

1. Pasif Güneş Enerjisiyle Isıtma Sistemleri
2. Doğal Soğutma Sistemleri

Pasif sistem dizaynında bu iki grup yukarıda da belirtildiği gibi beraber olarak düşünülerek binayı yazın soğutmada, kışın da ısıtmada işlev görecektir şekilde uygulanır. Pasif güneş enerjili sistemlerin önemli avantajlarından bazıları aşağıda belirtildiği gibidir.

1. Çalışmaları doğal ve bakımları basittir.
2. Prensipleri kolay ve anlaşılabilirliktedir.
3. Sistem maliyetleri, pasif depolayıcı elemanları destekleyen uygun zemin şartları mevcutsa aktif sistemlerden daha düşüktür.
4. Pasif dizaynların bazıları estetik yönünden alışlagelmiş güneş toplayıcılarından daha ilgi çekici ve kullanıcıları tarafından daha çok tercih edilir.
5. Sistem, faydalı sistemin devre dışı kalmasında bile çalışmasına devam eder.

Pasif sistemlerin temel dezavantajı ise yapının mimarisi içinde depolama ve güneş enerjisi toplama fonksiyonunun genellikle bu dizaynlarla bütünleştirilmesine yöneliktir.

Fonksiyonların birbirleriyle bütünleştirilmesi mimariye dayalı dizaynlarda çağdaş bir yaklaşım olmamaktadır.

Pasif güneş enerjisi ile ısıtma sistemleri, genelde güneye yönlendirilmiş cam alanlarının içinde enerji toplama bina kütledeki veya özel depolama elemanlarında depolanımı mekanik ekipmanlardan (pompalar, düşük güçlü fanlar) minimal faydalanarak radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyon gibi doğal yollarla enerjinin dağıtımı, yüksek ve düşük sıcaklıklardaki enerji akımını yine doğal yollarla kontrol edebilme olgularını içeren uygulama türüdür. Pasif güneş enerjisiyle ısıtılan bir binada mekanik ekipmanların ve geleneksel enerji kaynaklarının minimize edilmesi gerekir ve doğal enerji akımlarının karlılığı maksimize edilerek dizayn yapılmalıdır. Buna da pasif sistemlerin dizayn dengesi diyebiliriz.

### 2.2.1. Güneş Alanları

Güneş alanları binanın iç ve dış kısmı arasında uygun yerde olur. Binanın esas alanından ayrı olan, güneş alanı içinde büyük sıcaklık ilerlemesi olabilir. Güneş alanları konutlarda ısı konforuna 3 şekilde yardım eder. [4]

1. Güneş alanları tampon vazifesi görüp, maruz kalınan aşırı ısıdan korur. Böylece potansiyel sıcaklık değişimini, parlaklığı azaltır ve iç alanın aşırı güneş ışığına maruz kalmasından dolayı mobilya ve nesnelerin renk atmasını önler.
2. Güneş alanları direkt kazanç ile arzu edilen ve kullanılabilen, ısı toplama potansiyelini geniş cam alanı ile artırır.
3. Güneş alanının kendisi kışın ve geçiş sezonunda oturma alanı meydana getirebilir. Yazın havalandırma ve gölgelemek için uygun olur. Hatta kışın bulutlu günlerde, güneş alan sıcaklığı iç konfor seviyesinden aşağı olduğu zaman ve böyle bir binaya pozitif ısı sağlamak için, güneş alanında hava sıcaklığı çevre sıcaklığından daha yüksek olacağı anlaşılabilir. Bunun sonucunda güneş alanından pozitif ısıtma olmadığı zaman bile enerji korunumu için bina içinden ısı kaybı azaltılabilir.



Diğer taraftan bütün değerler daha yüksek, camın her ünite alanında biriken enerji daha düşük olur ve direkt kazanç ile karşılaştırıldığında güneş alanının konstrüksiyonunda yatırımın geri ödemesi daha uzun olur.

Isıl karakteristik ve bina dizaynı etraflıca düşünüldüğünde iki tip güneş alanı seçilebilir.

**1. Değiştirilmiş Sera;** Bu şekilde, eğik veya eğrilmiş üstteki cam ile, kışın son zamanlarında çatı güneş ışınına maruz kaldığından radyasyon geçişi maximum olur. Seranın cam çatısı, verilen yükseklik ve genişlikteki güneş alanının güneş enerjisini biriktirme miktarını artırır. Diğer taraftan böyle bir şekilde, kışın güneşsiz günlerde ısı kayıpları daha yüksek olur. Yazın cam çatıda çok yüksek güneş ısı kazancı olur. Bu yüzden seralar, yazın ve kışın güneş çıkmalarına nazaran daha geniş sıcaklık dalgalanmalarına sahiptir

**2. Güneş Çıkmaları;** Bu tip güneş alanında saydam olmayan izolasyonlu çatı, aşırı ısınma olasılığını azaltır ve üstteki cam günlük sıcaklık sapmalarına sebep olur. Potansiyel ısı kazancı kışın seradan daha düşük olur. Bu tip güneş alanı sıcak yazlar ile sıcak bölgelerde uygun olur.

## 2.2.2 Birleşik Duvar İçin Dizayn Seçimi

Güneş alanı esas binaya bir duvar tipiyle birleştirilebilir. Her tip güneş alanının kendisi içinde ısıl çevre gibi içerinin ısıl şartlarında ve aydınlatma şartlarında esas alana ısı transferinin oranı ve çevreye etkisi farklı olur.

Birleştirilmiş duvarların bazı tiplerinin sırası şöyledir.

### 2.2.2.1. Isıl İletici Ağır Duvar

Bu tip duvarların herbiri klasik duvar malzemelerinden yapılabilir. Böyle bir duvar aynı zamanda binanın yükünü taşır. Bu duvar cam olmadığından, aynı çevre şartları altında bir Trombe duvarından, kendi yüzey sıcaklığı daha düşük olur. Bunun

sonucunda içeriye ısı transferi daha düşük olacaktır. Bu yüzden geniş menfezler odalara gerekli ısıyı duvardan sağlayabilir. Böylece gün boyunca bu odalar için gerekli olan ısının çoğu ısı transferi ile sağlanabilir. Her ünite alanında, elektrostatik ısı transferi duvardan olan iletimden daha yüksek olur. Elektrostatik akışın gerçek miktarı kapının boyutuna ve duvarla pencerelerin oranına, onların şekline bağlıdır. Havanın durumuna göre menfezler güneşli saatlerde açılır ve geceleri kapatılır.

Yapılan ısı akışının analizleri ile odalara ısı akışının en fazla konveksiyon ile sağlandığı görüldü. [4]

#### **2.2.2.2. İç Trombe Duvarı (Camlı Ağır Duvar)**

Bir ağır iletken duvar üzerine yarı şeffaf plastik veya sabit saydam bir tabaka yerleştirilmesiyle güneş alanı içinde bir iç Trombe duvarı meydana getirilir. Duvar yüzeyine çarpan güneş enerjisi, Trombe duvar örtüsünde daha düşük olur, diğer termal avantajı daha fazla dengeyi sağlayabilmesidir. Güneş alan sıcaklığının dış sıcaklıktan daha yüksek olduğu gün ve gece de o, Trombe duvarının dışarıya verdiği yüksek ısı kaybını azaltır. Böylece yüksek yüzey sıcaklığını muhafaza etmek için yardımcı olur. Bir Trombe duvarında cam ve duvar arasındaki boşlukta daha yüksek hava sıcaklıkları mümkün olabilir. Bu, duvardan ısı transferinin etkisini artırır. Binada uzak odalara boşluktaki sıcak hava doğal veya konveksiyon gücü ile yayılabilir.

#### **2.2.2.3. İzolasyonlu Duvar İle Geniş Birleşik Menfezler**

Bir toprak duvardan iletim ile ısı transferi, elektrostatik ısı transferi ile karşılaştırıldığında daha küçük olur. Binaya elektrostatik ısı transferi bitişik odalar ile güneş alanında, geniş birleşik kapılar ile sağlanabilir. Hava akışı klasik kapılardan ziyade yüksek tavanlı kapıların kullanılmasıyla çoğaltılabilir. [4]

Gece, birleşik kapılar kapatıldığı zaman izolasyonlu duvarda içeriden ısı akış iletimi minimum olur. Güneş alanının sıcaklık düşüşü güneş alanı içinde ısıl depolama

elementleri ile azaltılabilir. Yazın gün boyunca, eğer birleşik duvarlar kapatılır ve gölgelenirse binaya ısı kazancı minimum olur.

#### **2.2.2.4. Camlı ve İzolasyonlu Duvar**

Bir cam tabakası izolasyonlu birleşik duvarın önüne yerleştirilebilir. İzolasyonlu duvarın kendisi, ısının iletilerek taşınımında rol oynamaz. Bu prensipte amaç, içeriye sıcak hava sağlamaktır. Camsız izolasyon ile veya camlı iletken toprak duvar ile daha yüksek sıcaklık sağlanabilir. Okullar ve ofislerde kullanılabilir. Diğer bir alternatifte, sıcak hava tavanda hava kanallarının içinden konveksiyon ile uzak alanları ısıtmak için gönderilebilir.

#### **2.2.3. Güneş Alanı İçinde Isıl Kütle**

Eğer ısıtma havası için güneş alanından herhangi biri kullanılıyorsa, bu alan sıcaklık sapmalarını azaltmak için bazı ısıl kütleleri ihtiva etmelidir. Isıl depolama olmazsa, günlük sıcaklık dalgalanmaları açık kış günlerinde 30°C'den az olmayacaktır. Gerekli depolama kütlesi birçok şekilde sağlanabilir. Örneğin yerde, birleşik duvarlarda veya diğer yapısal özelliklerde, elementlerin özelliklerinde ve su tanklarında depolama sağlanabilir.

#### **2.2.4. Güneş Alanlarının Kullanılabilirliği**

Güneş alanları hemen hemen her tip yükseklik ve boyuttaki binalara uygulanabilir. Fakat farklı binalara uygulandığında çeşitli tipler arasında bazı farklılıklar olur. İki veya üç katlı konutlarda hava akışı, tek katlı bir binadaki güneş alanından daha fazladır. Güneş çıkmaları her binanın güneş kaplı yüzeyine uygulanabilir. Yüksekliği önemsizdir çünkü bütün camlar dikey olur. Güneş çıkmaları çok katlı binalarda diğerinin bir üstüne yerleştirilebilir. Güneş çıkmaları her iklimde kullanılabilir. Sıcak yazlarda seralar aşırı ısıtmaya sebep olabilir. Böyle bir zamanda güneş alanının karşı havalandırma etkisi arzu edilebilir.

## **2.3. Pasif Sistem Tipleri**

### **2.3.1. Direk Kazanç Sistemleri**

### **2.3.2. İndirek Kazanç Sistemleri**

#### **2.3.2.1. Isı Depolayıcı Duvarlar**

#### **2.3.2.2. Çatı Havuzları**

#### **2.3.2.3. Entegre Sera Sistemleri**

#### **2.3.2.4. Barra Sistemi**

### **2.3.3. Ayrılmış Kazanç Sistemleri**

#### **2.3.1 Direk Kazanç Sistemleri**

Güneş enerjisini toplamak ve depolamak için kullanılan en basit sistemdir. Güneş radyasyonunun direk güneye doğru yönlendirilmiş geniş cam alanlarına vurması, camın fiziksel özelliğinden yararlanılarak hacme kısa dalga boylu ısı ışınları şeklinde geçmesi prensibine dayanmaktadır. Güneye yönlendirilmiş geniş cam alanlarından geçen enerji gündüzleri mimarinin izin verdiği ölçüde yapının duvarlarında, döşemesinde veya çatısında yada hepsinde birden depolanır. Geceleri bu enerji hacme konveksiyonla dağılır.

Binalarda direk kazancın verimini etkileyen faktörleri şöyle sıralayabiliriz. [4]

Güneş camının durumu ve yönelmesi.

Güneş camının tip ve boyutu.

Isıl depolama için kullanılabilir kütlelerin dizayn detayları ve miktarı.

Tüm binanın ısı kayıp katsayısı.

Güneş odalarında mobilyaların düzeni.

Güneşli ve güneşsiz odalar arası ısı bağlantı kurmak.

Camdan ısı kazancı ve kaybının kontrol teçizatı.

### 2.3.1.1. Isıtılmış Odalarla Bağıntılı Güneş Camlarının Yönelmesi ve Durumu

Güneş cam yüzeyi kışın güneşe doğru olmalıdır. Bununla beraber gerçekte tam bir yönelme olması daima mümkün olmasa bile, sistemlerin direk kazançları binanın kendi yönü ile belirlenir. Güneyden kuzeye doğru sapma yaklaşık 30° olur. Cama çarpan güneş radyasyon etkisi kuzeyde ve güneyde ayrı ayrı çok büyük olmaz. [4] Bundan başka bazı bölgelerde kış sabahları sis olur ve böyle yerlerde kuzeye ve güneye yönelme daha iyi olabilir.

Direk kazanç sisteminin esas avantajı, ısıtılmış odalarda elementlerin içinde güneş enerjisinin önemli miktarının biriktirilebilir olmasıdır. Bu binada pencereler ve güneşe bakan çatı monitörlerinde dikey cam ile gün ışığı sağlanabilir. Çatı monitörleri güneş aydınlatması olmayan pencereci odalara aynı zamanda direk kazanç sağlanmasını mümkün kılar. Böylece direk kazanç güneşe bakan cephesi olmayan binalar için güneyden kuzeye uzatılır ve tek katlı binalarda uygulanabilir. Bina katlarında hiçbir sınırlama olmaksızın binanın güneşe bakan kısımlarında pencereler güneş ısıyı sağlayabilir. Çatı monitörleri çok katlı binaların en üst katında veya tek katlı binalarda uygulanabilir.

Çatı monitörleri pencerelerden daha az hassastır. Bununla beraber enerji bakımından çatı monitörleri pencerelerden daha az yeterli olur. Givoni [4] USA'da çatı monitörleri ile binalarda kışın yardımcı ısıtma ve yazın soğutma yük ölçümlerini karşılaştırdı. Soğutma yükünün daha düşük ve yardımcı ısıtmanın daha yüksek olduğu bulundu. Binalarda en iyi konvansiyonel direk kazancı tesis etti. Konvansiyonel pencereler ile karşılaştırıldığı zaman çatı monitörlerinde ısı kaybı daha yüksek veya efektif güneş ısı kazancının daha düşük olduğu açıklanabilir.

### 2.3.1.2. Güneş Camlarının Tip ve Boyutları

Gün boyunca binalarda direk kazanç, güneş cam alanlarının artmasıyla orantılı olarak artar. Kışın geceleri cam alanından ısı kaybını arttırdığı gibi, yazın istenmeyen ısı kazancını da arttırır. Bu oran, bölgenin yazın ve kışın şiddetine bağlı olarak farklı ısı

etkilere bağılı olur. Güneş camının detayları ve özellikleri, camın ısı iletkenliğı ve güneş iletimi, yazın gün boyunca izolasyonun kullanılabilirliğı ve güneş aydınlatması, kışın gece izolasyonunun kullanılabilirliğı bu orana etki eder.

İç sıcaklığın konfor limit sıcaklığından fazla olduğı zaman veya güneşin direk aydınlatmasından doğan konforsuzluk ve parlaklık problemleri, pencerelerin gölgelendirilmesi (panjurlar) veya fazla ısının havalandırılıp atılmasıyla engellenebilir.

Bina dizaynı kadar geniş güneşe bakan cam alanının yapılmasıyla ısıtma sezonunda güneş enerjisinin düzenli olarak maximum olması sağlanır. Bununla beraber böyle giren güneş radyasyonu iç sıcaklığı arttırabildiğı gibi kışın güneşli günlerde konfor şartları artabilir. İlkbahar, yaz ve tüm sezonlarda ciddi problemler olabilir, özellikle sıcak yaz bölgelerinde. Çok fazla geniş cam alanının negatif iki etkisi olur.

Birincisi; Cam genellikle binanın, gece en fazla ısı kaybına sebep olan ısıl noktaya kaplanır. Gece camdaki ısı kaybı camın alanıyla orantılı olurken, güneş enerjisinin kullanımında cam boyutunun artmasından yararlanır. Cam boyutu arttığı zaman, cam ısı kaybına sebep olduğundan cam, gece işleyen izolasyon ile donatılır.

İkincisi; Sıcak yazlarda güneş camının güneş alanından, ısı kazancı iletilir. Eğer cam boyanırsa kışın daha büyük yararlar sağlayabilir. Camdan ısı kaybı ile ve geniş havalandırma pencereleriyle akşamları hızlı soğutma olurken bina gün boyunca aşırı ısıtmadan korunur.

İstenen cam boyutunun basit hesaplama metodu tek değildir. Bu hesaplamada çeşitli faktörler hesap içine alınır. Fakat direk kazancı kullanan konutlarda oturanların tecrübelerinin yaklaşık hesabı kılavuzluk edecek dizaynı verebilir.

Sıcak yazlarda toplam ısıtılmış zemin alanının yaklaşık %10-15'i güneş camının alanı olabilir. Güneş odalarında %30'a erişebilir. Hızlı sıcaklık artışı ve aşırı ısıtmaya engel olmak için eğer yeterli ısıl depolama olursa, dokuların ışığa dayanıklılığı ve parlaklığı

zorlaştır. Havalandırmanın gücü ile veya iç menfezlerden doğal hava akışı ile güneşsiz odalar ve güneş arasında ısı transferi etkili olur.

Yüksek ısı rezistanlı camların kullanılmasıyla (çift cam gibi) soğuk bölgelerde geniş güneş cam alanının kullanımı uygun olabilir. (Toplam ısıtılmış zemin alanının %20'si) ve çok soğuk bölgelerde ilave edilen gece izolasyonu etkili olur.

### 2.3.1.3. Isıl Kütle ve Günlük Isı Depolama Kapasitesi

Gece boyunca kullanılmak için enerjiyi termal kütle depolar. Günlük devirde yalnız depolama elementlerinin limit kalınlığı yararlı olur. Sonuç olarak güneş enerjisinin depolanması için etkili olan, binanın nominal kütleleri değil, depolama elementlerinin kalınlığının durumudur. Termal depolama için en genel ve en etkili malzemeler duvar malzemeleri olur. Bunlar; tuğla, taş, beton gibi malzemelerdir. Bu malzemeler en iyi iş gören yapı malzemeleridir. Isı kapasitesi spesifik ısının ve kütlenin bir fonksiyonu olur.

Bununla beraber tesirlilik, ısının absorblanması ve oda içine geri verilmesi oranına bağlı olur. Bu oran malzemenin ısı iletkenliği gibi iç alanda maruz kalan depolama elementlerinin yüzey alanına bağlı olur.

Bir güneş alanının etkili kapasitesi, gün boyunca güneş enerjisinin depolanması ve gece boyunca iç alana bırakılması şeklinde ifade edilir. Bu durum güneş alanının günlük ısı kapasitesi olarak belirtilir. Günlük ısı kapasitesi kavramı Balcomb tarafından geliştirildi ve orijinali İngiltere'de gelişti.[4] Bu kavram, her bir ünitenin yüzey alanında, depolama elementlerinin yüzey sıcaklığındaki bir derecelik sapmayla (Wh/mk) malzeme depolanmış enerjiyle ve günlük devirde iç alana dönüş ile sınırlandırılır.

Binalarda asıl ısı depolamanın binayı oluşturan elementlerde olduğu düşünülür. Bunlar direk güneş radyasyonuna daha fazla maruz kalır. Gerçekte döşemelerin ısı kapasitesi hesaplarda kabul edilen kapasiteden daha düşük olur. Bunun sebebi döşeme



alanının geniş bir kısmının mobilyalar ve halılar ile kaplı olması, döşemeyi direk güneş enerjisinden izole eder. Birçok evde toplam döşeme alanının küçük bir oranı güneş radyasyonunu maruz kalır.

Güneş radyasyonunun depolanması için iç yüzeylerin renklerinin etkili olacağı düşünülmelidir. U.S.A'da binaların çoğunda düşük kütleli, ağaç-iskelet konstrüksiyonu kullanılır. U.S.A'da binalarda beton yerler genellikle halı kaplanır.

Böyle binalarda ısı kapasitesinin limit değerinde etkili olan esas faktör, direk kazanç ile alan ısıtması için güneş enerjisinin kullanım limiti olabilir.

### **2.3.2. İndirek Kazanç Sistemleri**

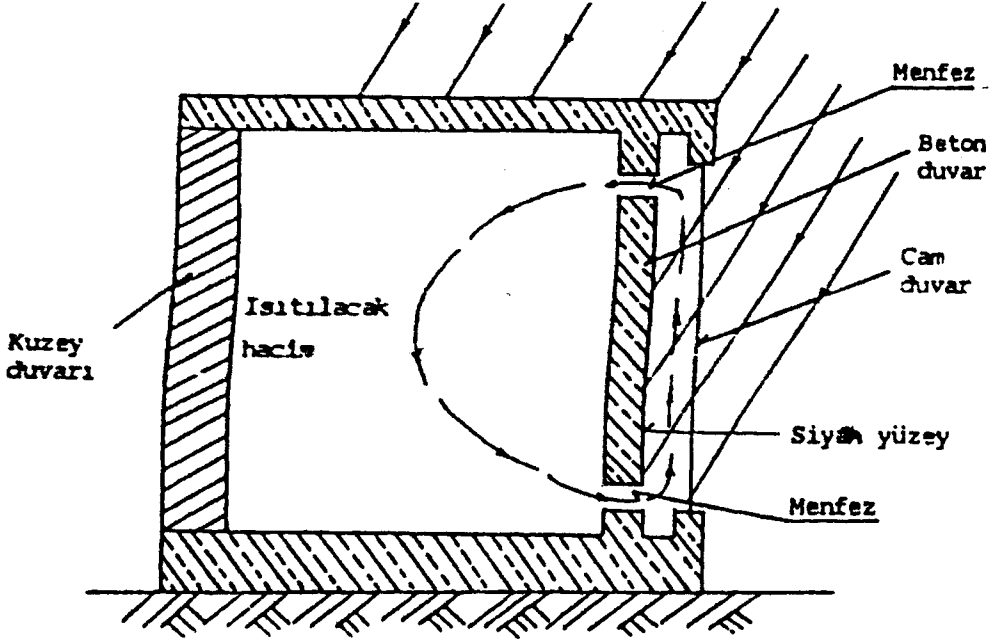
#### **2.3.2.1. Isı Depolayıcı Duvarlar**

Isı depolayıcı duvarlar, yapıların güney cephesine yerleştirilmekte ve önü bir miktar (10-20cm) hava boşluğu kalacak şekilde tek veya çift camla kapatılmaktadır. Isı depolayıcı duvarlar mimarinin izin verdiği ölçüde beton tuğla, taş, kerpiç gibi malzemelerin yanında su tanklarından da imal edilmekte ve güneş radyasyonunu en yüksek düzeyde absorblamak amacıyla koyu bir renkle boyanmış masif duvarlardan oluşturulmaktadır. Camdan geçen ve duvarla cam arasında kalan ısıyı konveksiyonla yaşam hacmine iletebilmek için masif duvarın alt ve üst kısımlarına transfer kanalları açılır. Güneş enerjisi ile kazanılan ısı, depolayıcı duvardan yaşam hacmine radyasyon ve konveksiyon ile, yaşam hacmindeki soğuyan hava da cam ve masif duvar arasındaki hacme doğal veya zorlanmış konveksiyonla transfer edilir.

İlk defa 1967 yılında Fransa' da Odeillo' da mimar Jacques Michel ve Felix Trombe Tarafından dizayn edildi. Bu ısı depolama duvarı Trombe duvarı diye adlandırılmıştır.

Michel-Trombe duvarının çalışma prensibi, evin güney cephesindeki masif duvarın gündüz ısıyı depolaması, geceleyinde bu ısıyı masif duvardan yaşam hacmine radyasyon ve konveksiyon ile iletilmesi şeklindedir.





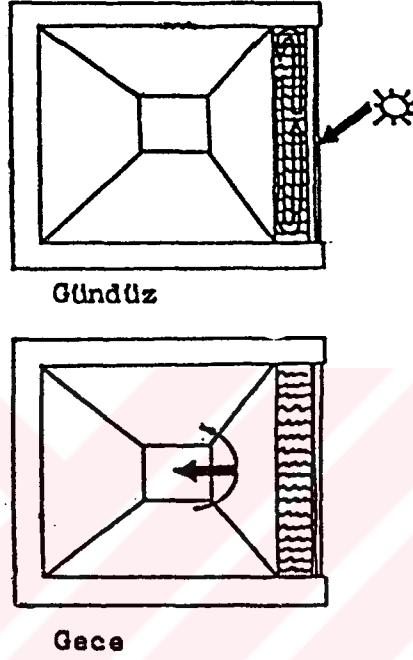
Şekil 2.14. Trombe- Duvarı, şematik

Gündüz yaşam hacmindeki soğuk hava masif duvarın alt tarafındaki transfer kanallarından ara hacme girer, ara hacimde soğuk hava ısınarak yukarıya doğru çıkar. Masif duvarın üst tarafındaki transfer kanallarından tekrar yaşam hacmine dönerek doğal bir sirkülasyonu sağlar. Yazın Michel-Trombe duvarının aşırı ısınması evin kuzey cephesinde mevcut olan duvardaki havalandırma kanallarının açılmasıyla yaşam hacmine soğuk hava alınarak giderilmektedir. Trombe duvarı uygulamasında dış yüzeyi siyah boyalı olan kalın bir duvar, bir kollektör gibi güneş ışınlarını toplar ve enerjiyi kendi bünyesinde depolar. Enerjiyi depolayan duvar taşıma ve ışıma yolu ile binayı ısıtır.

Güneşsiz periyotlarda ve geceleri ısı kayıplarını önlemek için hareketli izolasyonlar faydalı olabilir. Gölgelekler, perdeler izolasyon için hareketli plastik köpük veya cam yünü panelleri veya Harrison (1975) tarafından geliştirilen "BEADWALL" gibi uygulamalar kullanılır. Beadwall yönteminde ara hacme çok hafif plastik toplar pnömatik olarak doldurulur.

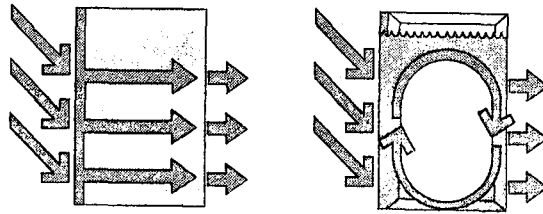
Eğer izolasyon mekanik hareketli ise mutlaka kontrolü gerekir. Kabul edilen limitler içerisinde iç şartlar korunurken, kontrol noktaları ve dedektörler, elde edilebilecek net kazancın maximize edilebilmesi için düzenlenebilirler. Etketif ısı depolama elemanı

olan bir duvar yüksek ısı depolama kapasitesine ve yüksek ısıl iletkenliğe sahip olmalıdır. Su duvarı uygulamasında ise ısı depolayıcı malzeme olarak teneke kutular, variller, şişeler veya çeşitli kaplara konan su kullanılır. Koyu renkle boyanmış bu su duvarına gelen güneş ışınları absorblanarak suda depolanır. Şekil 2.15'te gösterildiği gibidir.



Şekil 2.15. Sulu Trombe duvarı

Isı depolayıcı duvarlar iç yüzeylerine ısıyı yavaş iletirler. Betonun ısıl ataletinden dolayı duvar yüzeyi hızla ısınmasına rağmen iç yüzeyler soğuk kalır. Buna rağmen su duvarında ısınan su yukarı doğru çıkarken bir konveksiyon akımı oluşturur. Hacme sürekli ve anında ısı verilir. Şekil 2.16.'da verilmiştir.



Şekil 2.16. Beton ve su duvarlarında ısı transfer mekanizması

Trombe duvarlarının esas avantajları; [4]

İç sıcaklıklar diğer pasif sistemlerden daha fazla sabit kalır.

Aşırı güneş parlaklığı ve buna bağlı problemler oturma alanının içine girmez veya oturma alanının içini etkilemez.

Trombe duvarının bazı eksiklik ve dezavantajları;

- a) Yazın aşırı ısıtma problemi olabilir. Efektif ısıtma yalnızca yüksek duvar dibinde yaklaşık 1.5 satte hissedilir.
- b) Doğal konveksiyonlu hava akımı sınırlanmış derinlikte uygun olur.
- c) Güneş yüzeyli duvarda sıcaktan yayılan ısı akışı azalır.

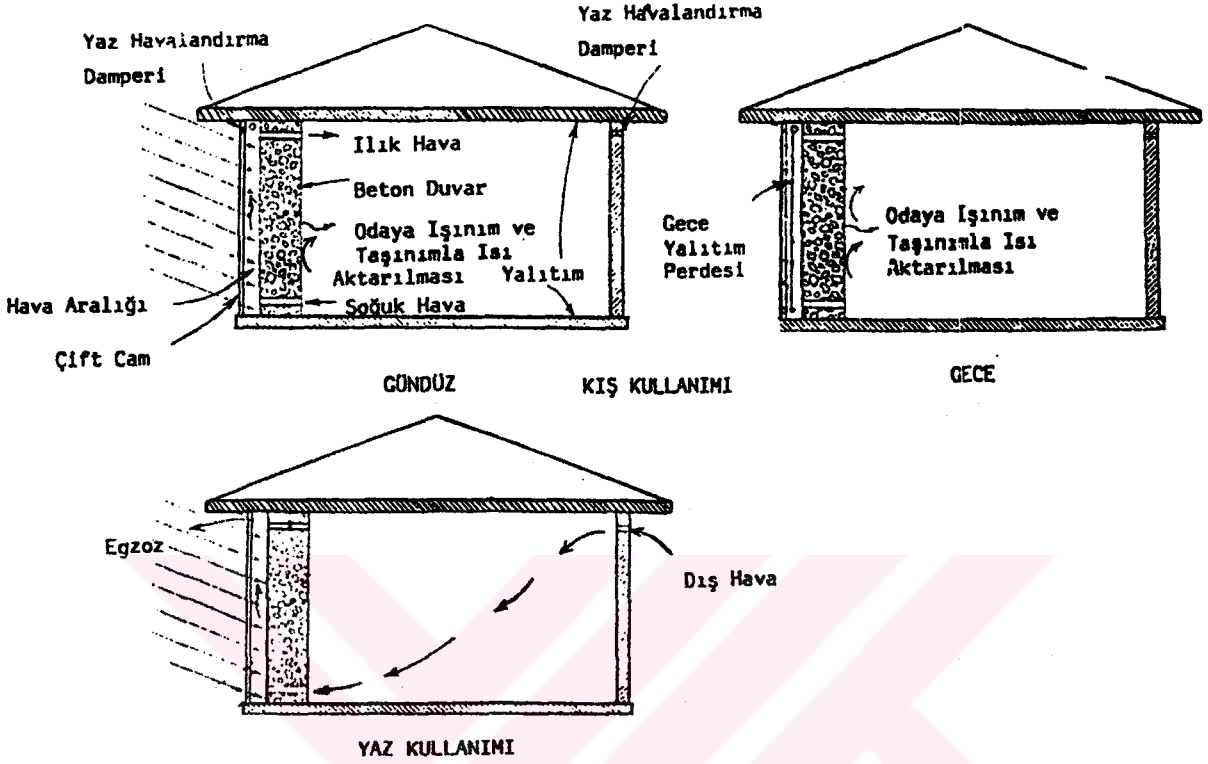
Binalarda balkon girişi gerekli olabilir. Çünkü camın bakım problemlerini gidermek gerekiyor. Bununla beraber böyle balkonlar cam duvarın altında gölgeleme çıkıntısı görevi yaparlar. Eğer pencereler boydan boya yapılırsa, duvar içinde direk kazanç ışık ile sağlanabilir. Sabahları alanın ısıtması hızlı bir şekilde olur.

Isı toplayıcı-depolayıcı duvar sistemi, direk kazanç sisteminin dezavantajlarını ortadan kaldırır. Fakat binanın güney cephesinin bir duvarla kapanması, bu sistem için dezavantajdır.

Yaz aylarında güneşe bakan duvarın üst dışa bakan havalandırma penceresi açılarak baca etkisi olur. Böylece iç hacimden hava çekimi ve yapay hava hareketi oluşturulur. Bu kullanım biçiminde Trombe duvarı üst içe bakan havalandırma kanalı kapalı ve hacimde uygun bir cephede açık havalandırma kanalı bulunan ve bu açıklıktan taze hava girişi sağlanmış durumdadır. Trombe- Michel duvarının kışın ısıtma ve yazın havalandırma etkili kullanımları Şekil 2.17’de gösterilmektedir.

Pasif ısıtma sistemini kullanan evlerden örnekler Fransa’da Pireneler’de ve Amerikanın güney batısında inşa edilmiştir. Ürdünde 1983-1984 yıllarında böyle bir

ev inşa edilmiştir. Bu ev iki ayrı hacim olarak ayrılmış olup, ısıtılan hacim  $64,84\text{m}^2$  ve ısıtılmayan hacim  $43,3\text{m}^2$  'dir.

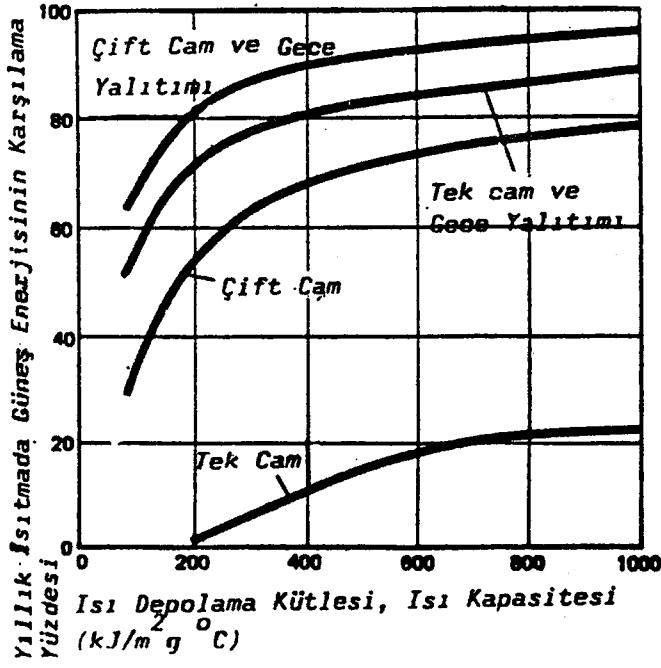


Şekil 2.17. Trombe - Michel duvarı kış ve yaz kullanımı

Bu sistem hacim ısıtma için bir kolektör devresine ve evsel sıcak su gereksinimini sağlamak için  $40\text{m}^2$ 'lik tek camlı düzlem levha boru tip toplayıcı 2,5 $\text{m}^3$  depolama tankı kapasiteli güneş enerjili sıcak su hazırlama ünitesine sahiptir. Bu evde ısı yük gereksinmesinin %22 toplayıcı sistem verimiyle, %54'ü karşılanmıştır. [6]

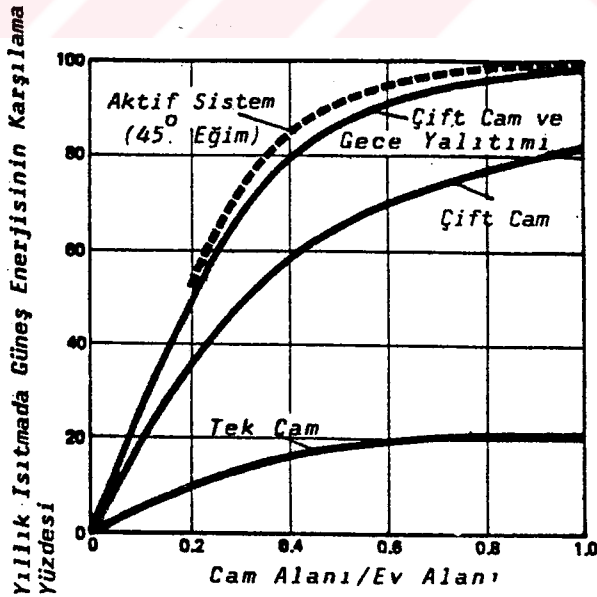
Balcomb ve Hedstrom'un pasif güneş enerjili ısıtma sisteminin verimliliği üzerindeki araştırmalarında, tek camlı güney-duvar sistemi yalıtımsız uygulamasında en verimsiz bir sistem olarak ortaya çıkmaktadır.

Şekil 2.18'de gösterildiği gibi çift camlı, gece yalıtımlı ve kabul edilebilir büyüklükte bir enerji depolama kütlesiyle binanın hemen hemen bütün ısınma gereksinimi yalnızca güneş enerjisiyle sağlanabilir.



Şekil 2.18. Pasif ısıtılan bir binanın yıllık enerji sağlamasına ısı depolama kütleinin etkisi

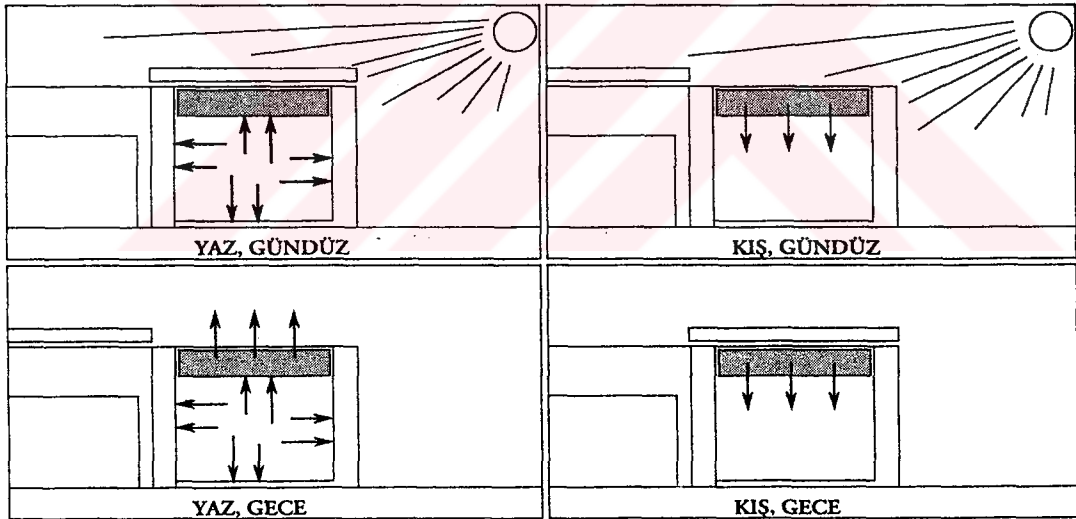
Şekil 2.19'da cam alanının ev alanına oranının yıllık ısıtmada güneş enerjisini karşılama yüzdesine etkisini göstermektedir. Bu şekilden görülmektedir ki iyi tasarlanmış pasif sistem (çift cam ve gece yalıtımlı) optimum açılı eğimli bir aktif sisteme yakın verimlilikte olabilmektedir.



Şekil 2.19. Cam alanı /ev alanına göre yıllık ısıtmada güneş enerjisini karşılama yüzdesinin değişik pasif sistemler için değişimi

### 2.3.2.2. Çatı Havuzları

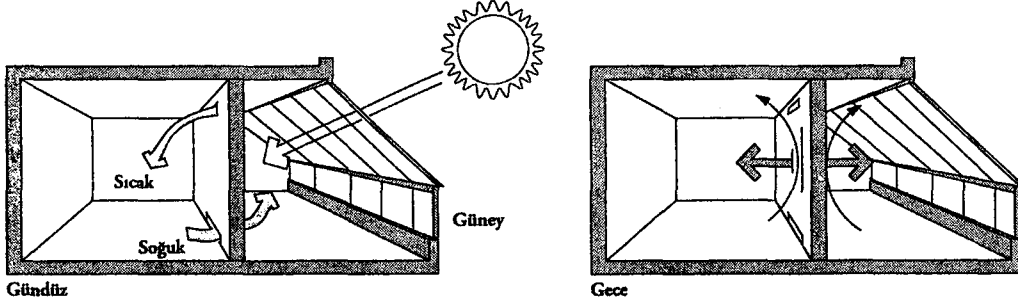
Literatürde Dam havuz sistemi olarak ifade edilen bu sistem aslında bir ısı depolama sistemidir. Ancak sistem çok özgün bir fikre sahip olduğu için, ayrı başlık altında sunulmaktadır. Çatı havuzları ile ısınan bina içinde konfor şartlarının çok iyi düzeyde olduğu söylenmektedir. Evin çatısına yerleştirilmiş içi su dolu havuzun veya plastik torbaların doğrudan depoladığı enerjiyi, geceleri binaya vererek ısı kaynağı oluşturmaktadır. Ayrıca bunların üstüne açılıp kapanabilen kepenkler konmuştur. Kışın gündüzleri kepenkler açılarak su dolu torbalar güneş enerjisi ile ısıtılmakta, geceleyin ise örtü örtülerek ısının dışarıya kaçması önlenmektedir. Gündüz ısıtılan torbalar gece radyasyonla içerisini ısıtmaktadır. Yazın ise gündüzleri üzeri kapalı olduğundan güneşin olumsuz etkileri önlenmekte gece ise kepenkler açılmakta ve bina içinden dışarıya doğru bir ısı geçişi ile soğutma yapılabilmektedir.



Şekil 2.20. Çatı Havuzu Sistemi

### 2.3.2.3. Entegre Sera Sistemleri

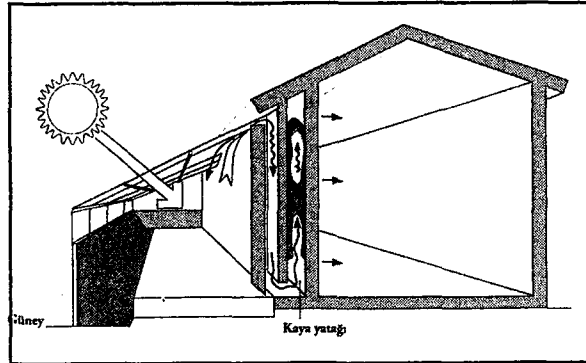
Pasif güneş enerjisi sistemlerinden olan entegre seralar, direkt ve indirekt sistemlerin kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır.



**Şekil 2.21.** Entegre sera sistemi

Sera ısıtılacak hacme bitişik olarak binanın güney yönü boyunca, genellikle doğu-batı yönünde uzatılır. Sera fonksiyonu gören direkt kazanç sistemleri güneş ışınları ile direkt olarak ısıtılır. Temelde güneş ışını seranın içinde depolanarak ısıya dönüştürülür. Buradaki ısının bir kısmı veya tamamı yapının diğer hacimlerine veya yapı dışına gönderilir. Sistem, özellikle güneye bakan cephelere ve ısıtılması düşünülen hacimlere doğru orantılı olarak yerleştirilir. Başka hacimlere ısı transferi de entegre seralar ile ısıtılması düşünülen hacimle arasına açılacak olan küçük transfer kanalları yardımıyla gerçekleştirilir.

Birleştirilmiş sera uygulamalarında dizayn esnekliğinin izin verdiği ölçüde çeşitli olasılıklar mümkündür. Örneğin seralardaki sıcak hava kanallarında, hacimlerde oluşan ısı, seranın kuzey duvarına yerleştirilen kaya yatağında depolanır. Isı daha sonra zemin yüzeyinden konveksiyonla ve radyasyonla hacimlerden geçirilerek dağıtılır.



**Şekil 2.22.** Kaya depolamalı ve fan zorlamalı sistem



Bazı uygulamalarda bu bitişik duvarın bir kısmı pencere biçiminde gerçekleştirilir ki bu durumda, güneş enerjisinin bir kısmı direkt olarak iç hacme kadar ulaşabilmektedir. Ancak böyle bir uygulamada bu pencerenin gece periyodunda yalıtım perdesi ile kapatılması gerekir. Yaz aylarında da seranın aşırı ısınmasına engel olunması için, seranın ısısının atmosfere atılmasını sağlayacak dış havalandırma açıklığını sağlayan pencerelerinin bulunması gereklidir. Bu uygulamalarda kullanılan özel geçirgen örtülerde geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

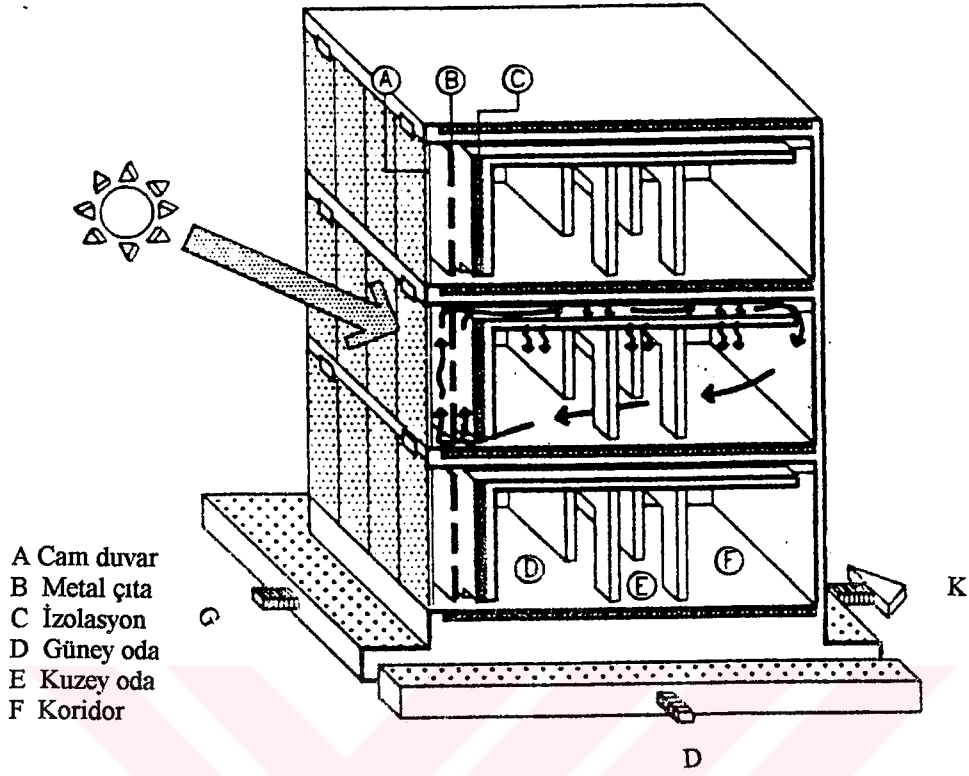
Entegre seralar hem daha önce yapılmış binalara, hemde yeni yapılacak olan binalara monte edilebilme özelliklerine sahiptirler. Ancak yeni yapılacak olan binalara sera entegre etmek pek fazla sorun çıkarmamaktadır. Çünkü binalar dizayn edilirken bu kez entegre seralarında fonksiyonel avantajları dikkate alınacak ve ona göre projelendirilecektir. Fakat yapılmış olan bir binaya entegre edilmeye çalışılacak seralarda bazı problemler doğmaktadır.

#### **2.3.2.4. Barra Sistemi; İzoleli Cam Güneş Duvarı ve Beton Tavanda Depolama**

Bu sistem İtalya'da Horazio Barra tarafından geliştirildi. [4] Şekil 2.23'te Havayı ısıtan güneş kollektörü bir termosifon gibi donatılır ve güneydeki duvar izolasyonlanır. İzoleli birleşik duvardan meydana çıkan sıcak hava beton tavan içindeki araya koyulan (ankastre) yatay kanallar içinde akar. Aynı zamanda ısı depolama gibi hizmet görür. Beton tavanda depolanmış ısının bir kısmı henüz hava sıcakken, binanın soğuk kısmında, (güneşsiz yüzeyinde) kanallardan çıkar. Hava böylece ilk önce uzak odaları ısıtır. Daha sonra güneş yüzeyli birleşik duvarın alçak kısımlarına girişe bina alanından geri akar. Bu bütün ev içindeki sıcaklık dağılımını garanti eder ve diğer pasif güneş sistemleri ile yapılabilen sıcaklık dağıtımından daha iyi olur

Bunun sebebi ise hava akışının güneş duvarında termosifonik olmasıdır. Dönüşte çarpan güneş radyasyonunun yoğunluğuna bağlı olur. Beton tavanın kanalları içinde akan havanın yüksek sıcaklığı, kanalların geniş yüzey alanına bağlı olarak, havadan betona yüksek ısı transferini muhafaza etmek için yardımcı olur. Gerçekte depolama elementlerinin tamamı izolasyonlu duvarlarla kaplıdır.





Şekil 2.23. Barra Sistemi

Kışın izoleli duvarlarla çevrilen oturma alanında ısı kayıpları istenmez. (özellikle uzun bulutlu günlerde) ve yazın ısı kazançları minimum düzeyde olur. Eğer bunu bir ısı depolama duvarı ile karşılaştırırsak bunu görebiliriz.

Barra sistemi çok katlı binalara uygulanabilir. Hatta binaların güneşe bakmayan odaları için yararlı olabilir. Bir binanın güneşe bakan cephesi olmadığı zaman, birleşik duvar gibi güneydeki cephede veya arkada kullanmak mümkün olur. Çünkü güneş ısıısının esas kısmı ilk önce binanın kuzeyine konveksiyon ile transfer edilir.

Bu sistemin termal performansı doğal konveksiyon akımının hassaslığına, düzgünlüğüne bağlıdır. Yüksek işletme (çalıştırma) sıcaklıklarından dolayı (diğer pasif sistemlerden daha yüksek) kolektör duvarı geniş ısı gerilime maruz kalır. Polistren izolasyon kullanılmamalıdır. Çünkü kolektör sıcaklıkları onun erime noktasını geçebilir. Hava alanından olan infiltrasyon kayıpları cam duvar etrafının

sızdırmazlığının sağlanmasıyla minimuma indirilebilir. Özellikle cam etrafında ısı hareketleri için toleranslı olmalıdır.

Kollektör sıcaklığı iç alan sıcaklığından daha soğuk olduğu zaman, gece hava akış yönü ters döner. Böyle ters dönüşlü konveksiyonu önlemek için giriş ve çıkış menfezlerinin herikisine uygun olan otomatik geri çekme kapağı (damperi) konulur. Bunların en basiti, geri çekme damperinin hafif plastik kapaktan olması şeklindedir. Bu sistem aynı bir valf gibi çalışır.

Yapılan incelemelerin sonucunda, eğer damperlerin (akım kapağı) tamamı sızdırmaz olmazsa, geceleri soğuk esnasında cam duvarın iç yanlarında yoğunlaşma olabilir.

Bir ısı depolama duvarı ile Barra sistemindeki güneş yüzeyli duvar arasındaki fark ihmal edilebilir ısı kapasitesi ile bir izolasyonlu duvar olur. Bu yüzden bulutlu periyotlarda hassas değildir. Güneşli saatlerde, güneş ısı çatıya ve sonra odaya transfer edilir. Gece ve bulutlu periyotlarda termosifonik akış durdurulur ve duvar izolasyonu güneş yüzeyli duvardan olan ısı kaybını minimum yapar. Yazın duvarın izolasyonu indirekt güneş ısı kazancını minimum yapar. Bunun sonucunda bu sistem ısı depolama duvarlarından daha geniş iklim şartlarında uygulanabilir.

Soğuk gecelerde camın iç tarafında yoğunlaşma problemi olabilir. Eğer damperler olursa geri akış önlenir.

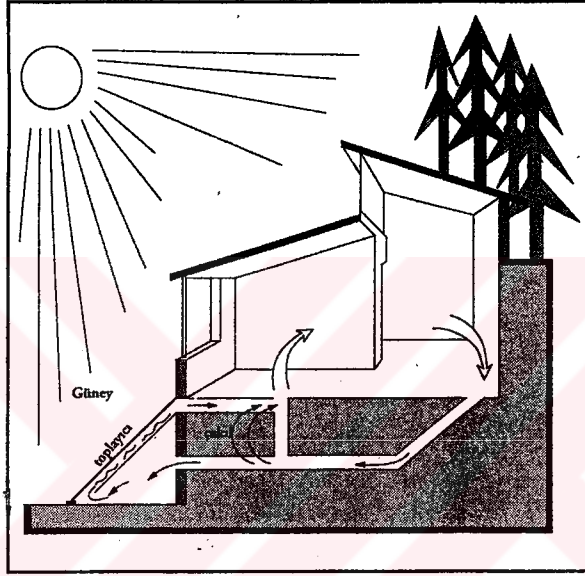
Barra sisteminde depolama bir beton tavanda olur. Pratikte yalnızca yüksek kitleli yapılar ile binalara uygulanabilir. Herbir katta kendi biriktirici duvar ve tavan depolama elementleri olduğundan, bu sistem her katlı binalara uygulanabilir.

### **2.3.3. Ayrılmış Kazanç Sistemleri**

Bu sistemde güneş enerjisini toplayıp depolayan kısım yaşam hacimlerinden ayrı olarak ve ısı kayıplarını minimum düzeyde tutacak şekilde izole edilerek imal edilmiştir. Doğal dolaşım tekniğinde, ısınan akışkan kendiliğinden yükselip yer

değiştirmesi özelliğinden yararlanılmıştır. Bu teknik güneye eğimli arazilerde kolayca uygulanabilir.

Zira toplayıcı yüzeyi (en az 50 m<sup>2</sup> lik bir kollektör alanı) ile ısı depo binanın altında olacak şekilde yerleştirilmiştir. Toplayıcıda ısınan hava, yükselerek depoya veya doğrudan binaya gitmekte ve burada soğuyarak tekrar toplayıcıya dönmektedir. Isı depolama malzemesi olarak çakıl taşları veya kaya bloklarından yararlanılmaktadır. Isı transfer akışkanı olarak su veya hava kullanılmaktadır.



Şekil 2.24. Ayrılmış kazanç sistemi

## 2.4. Pasif Sistemle Isıtılan Binaların Tasarım Parametreleri

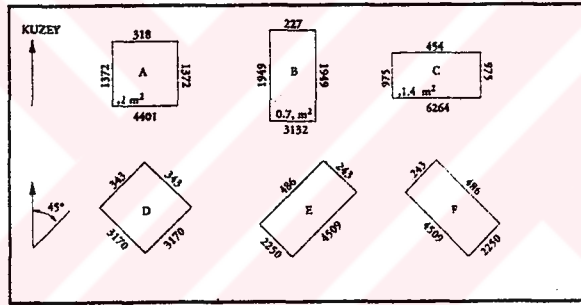
Enerji Korunumlu binaların güneş enerjisinden optimum düzeyde yararlanabilmesi için aşağıda belirtilen özelliklere uyması gerekmektedir. Bu özellikler, enerji korunumlu binaların kullanım amaçlarına göre tasarlanmasını, yerleştirilmesini ve şekillendirilmesini sağlayacaktır.

### 2.4.1. Binaların Yerleştirilmesi

Kış ayları esnasında, güneş zamanına göre saat 9.00 ve 15.00 saatleri arasında güneş enerjisinin yaklaşık %90'ından yararlanılmaktadır. Bu nedenle bu saatler arasında

maximum güneş enerjisinden yararlanılacak olan alanlar saptanır ve yapının ön yüzleri daima güneşe bakacak şekilde tasarlanır. Şekil 2.25.'de değişik yapı formlarının güneşe göre konumları verilmiştir.

Yukarıdaki şekilde iki farklı formda ve altı ayrı konumda düşünülen bina çeşitlerinin, birbirlerine göre güneş enerjisi ile olan ilişkileri vurgulanmaya çalışılmıştır. Burada güneş enerjisinden optimum şekilde faydalanılan bina formu ve konumu C tipi'dir. Buradan da şu sonucu çıkarmak mümkündür; Pasif sistemle bina ısıtılmasında, binayı doğu-batı uzantısında ve dikdörtgen formunda tasarlamak en iyi sonucu verecektir. Bununla birlikte binaların düşey yada yatay gelişimlerinin de iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Düşey gelişimler sonucu binaların birbirlerini gölgeleme oranları artacağından, bu tip binaların gölge analizleri yapılarak birbirlerini gölgelemeyecek şekilde araziye applike edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.25. Bina konumu ve güneş enerjisi ilişkisi

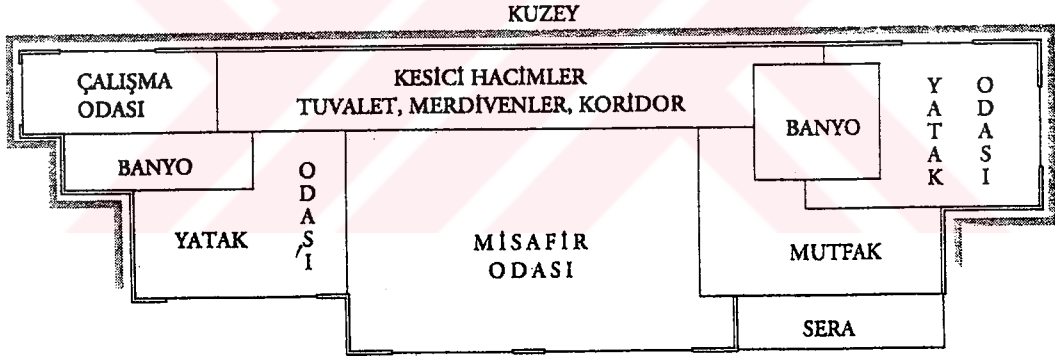
#### 2.4.2. Yapı Şekli ve Yönlendirme

Düzgün olmayan bir binanın şekillendirilmesine karar verildiğinde, binanın içine girmesine izin verilen güneş ışını hakkında ister istemez düşünülür. Doğu-Batı yönü boyunca uzatılan bir bina kışın güneş radyasyonunun toplanması için güney kısmından daha fazla yüzey alanına sahip olması gerekmektedir. Bundan dolayı iklimlerin çoğunda, etkin şekillendirmeye yazın soğutmada, kışın da ısıtmada ihtiyaçlar minimize edilir. Kuzey yüzü boyunca ısı kesici alanlar ve binanın güney yönü boyunca maksimum ışıklandırma ve ısıtma ekipmanları olan hacimler yerleştirilir. Bir binanın

optimum şekli, yazın ısıdan minimum kazanç ve kışın ise minimum kayıp sağlanması yönündedir.

### 2.4.3. Hacimlerin Yerleştirilmesi

Bir hacim kış aylarında ısıtma için güneş ışınlarından direkt olarak faydalanamazken, güneş enerjisinden daha fazla geleneksel enerji kullanılır. Bir hacmin dizaynı sırasında aktif güneşle ısıtma sistemlerine göre oransal olarak daha pahalı olduğundan ısıtma ihtiyaçlarının sağlanması sırasında kış güneşinin avantajları direkt olarak alınmaz. İç taraftaki hacimlerin günün değişik zamanlarında güneş enerjisinin tutulması binanın güney yüzü boyunca yerleştirilmesiyle ısıtma ve ışık ihtiyacının sağlanması fazlaşır. Kuzey cephedeki hacimlerin güney-doğu, güney ve güney-batı tarafındaki hacimlere göre ısı istemleri fazladır. Kuzey cephesine garaj, çamaşır odası, tuvalet ve koridor gibi minimal ısıtma ve ışıklandırma isteyen hacimler yerleştirilir.



Şekil 2.26. Hacimlerin yerleştirilmesine bir örnek, şematik

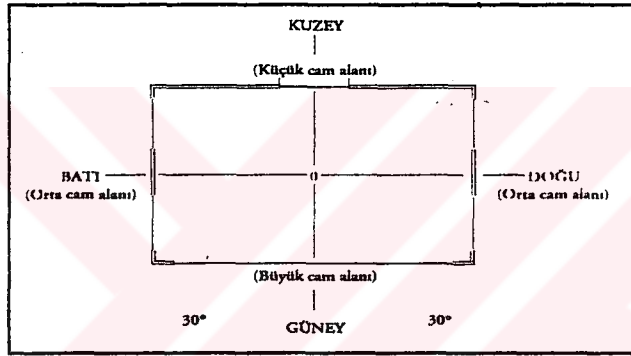
### 2.4.4. Pencere Alanlarının Tesbiti

Binaların enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörlerden biride, pencerelerin büyüklükleri ve yerleştirilme şekilleridir. Güneye yönlendirilmiş bir bina için, güneş enerjisinden optimum düzeyde faydalanabilmek amacıyla binanın güney cephesine büyük (max) pencere alanları, doğu ve batı cephelerine de orta (middle) pencere

alanları yerleştirmek gerekmektedir. Kışın ısı kayıplarının minimize edilmesi için kuzey cephesine de küçük (min) pencere alanları yerleştirilmelidir. (Şekil 2.27)

Binanın güney cephesindeki 30 °C'ye kadar olan sapmalar sistem verimini pek fazla değiştirmemektedir. Bu yüzden binaların konumu, şehir yerleşim düzenine göre bu sapma değerinin içinde kalacak şekilde applike edilebilir.

Pasif güneş enerjili sistemlerin seçiminde bize bir fikir veren binaların tasarım parametrelerinin yanı sıra, sistem seçimini etkileyen bazı faktörler mevcuttur.



Şekil 2.27. Pencerelerin yerleşim düzeni

#### 2.4.5. Sistem Seçimini Etkileyen Faktörler

Pasif güneş enerjili sistemlerin herbiri, bina tasarım parametrelerine göre özel bir dizayna sahiptirler. Sistemlerin birbirlerine göre avantajlarının belirlenebilmesi için, aşağıda belirtilen özellikler çerçevesinde irdelenmesi gerekmektedir.

Bu özellikler;

1. Bina formu ve konumu
2. Camların yeri alanları
3. Yapı materyali
4. Sıcaklık kontrolü

5. Verimlilik
6. Yeniden değerlendirilebilme

Yukarıda özelliklerle, sistemlerin birbirlerine göre olan üstünlüklerini verilen Tablo 2.3'le özetlemek mümkündür.

Tablodaki bilgilerin ışığında, seçilen sistemin ve uygulanan binanın performansını, aşağıda belirtilen aşamalarla altı adımda hesaplamak mümkündür:

1. Hacim Isı Kayıp Oranlarının Hesaplanması,
2. Hacim Isı Kazancının Hesaplanması,
3. Günlük Ortalama İç Sıcaklığın Belirlenmesi,
4. Günlük Dış Sıcaklık Değişiminin Belirlenmesi,
5. Hacimde Yardımcı Isı İhtiacının Belirlenmesi,
6. Sistemin Maliyet Etkinliğinin Belirlenmesi.

**Tablo 2.3. Pasif Sistem Türlerinin Karşılaştırması**

<b>S.SE.F.</b> (Sistem seçimini etkileyen faktörler)	<b>DİREKT KAZANÇ SİSTEMLERİ</b>	<b>İNDİREKT KAZANÇ SİSTEMLERİ</b>	<b>AYRILMIŞ KAZANÇ SİSTEMLERİ</b>
<b>BİNA FORMU VE KONUMU</b>	Güneye yönlendirme, dikdörtgen formlu bina, Dikey veya yatay gelişim.	Hacim derinliğinde asınırlandırma, Bütün hacimler güneye bakacak	Toplayıcı binanın güneyine yerleştirilecek, Toplayıcı binadan ayrı.
<b>CAMLAMA VE ALANLARI</b>	Güneye yönlendirme, Cam alanı taban alanının 1/10-1/8'den büyük olmalı.	Güneye yönlendirme, Işık sağlama fonksiyonu yok, Cam alanı taban alanının	Bina zeminin 1m <sup>2</sup> 'si için ısıtmada yaklaşık 1.30 saat'lik zaman için sera

		1/16'sı kadar.	camına ihtiyaç var.
<b>YAPI MATERYALİ</b>	Isı depolamak için; Su, beton, kaya, tuğla kullanılır. Kalınlığı 1.016 m'den kalın olmalı.	Çift cam kullanılmalı. Gece pancur/perde kullanılmalı. Isı depolama ünitesi Su: 1.524+m Kerpiç: 2.03-3.04 m Tuğla : 2.54-3.55 m Beton: 3.04-4.57 m kalınlığında olmalı.	Seranın genel yapı materyali çift cam ve geçirgen örtü türleri. Bina ile sera arasındaki ısı duvar su, taş olabilir.
<b>SICAKLIK KONTROLÜ</b>	Sıcaklık değişimi, iç taraftaki yüzeylerin rengi, ısı küteller, pencerelerin alanıyla karakterize edilebilir.	İçerideki akım, duvar kalınlığı ile kontrol edilebilir. Duvarın ısı çıkış kontrolü, iç tarafa yerleştirilen kumaş veya sürgülerle yapılır.	Sera sıcaklığı, ısı kitle ve toplayıcı alanın hacmi ve büyüklüğü ile kontrol edilir.
<b>VERİMLİLİK</b>	%30-%75	%30-%45	%60-%75
<b>YENİDEN DEĞERLENDİRME</b>	Bu sistemde, mevcut binalarda ısı kazanımı zordur. Sistem iyi bir bina izolasyonu ile desteklenmelidir.	Sistem, güney yönünün açık bırakılması ile bir hacimin güney duvarına kolayca eklenir.	Sistem, güney yönünün açık bırakılması ile bir hacimin güney duvarına kolayca eklenir.

**Tablo 2.3. (Devam) Pasif Sistem Türlerinin Karşılaştırılması**

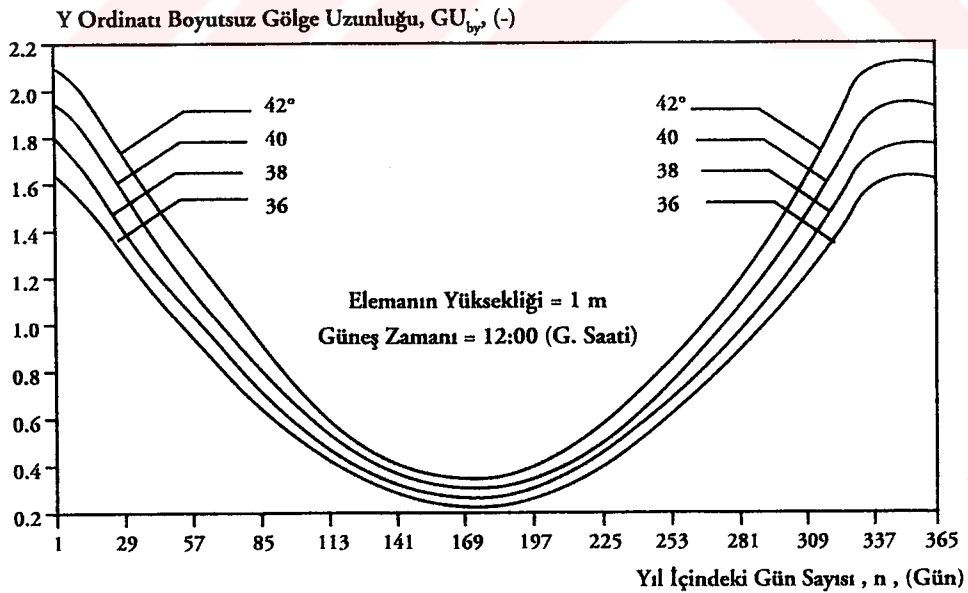


## 2.5. Kollektörler

Güneş enerjisiyle su üretiminde, kollektör ve sıcak su tesisatı hesaplamalarında, imalatında ve montaj aşamalarında dikkat edilecek önemli konular, kuralları vardır. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

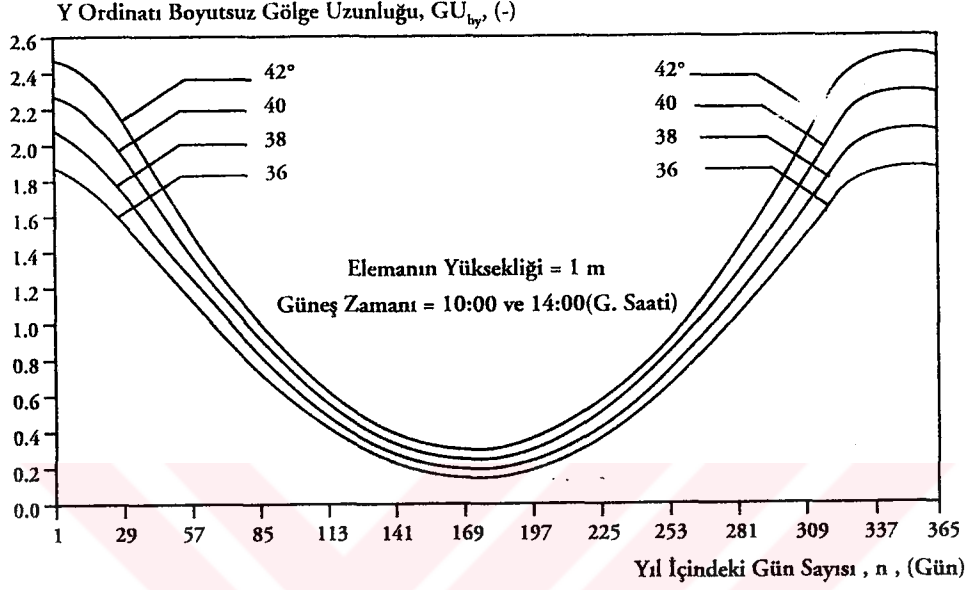
Güneş kollektörlerinden maksimum verim elde etmede en önemli konulardan biri, çatılara ve zemine yerleştirilen kollektörlerin birbirini gölgelememesi için iki kollektör arası minimum uzaklığın belirlenmesidir. Kollektörler minimum uzaklıktan daha az mesafeye konduğunda gölgeleme nedeni ile belli bir miktar kollektör alanı yalnız difüz radyasyon alacağından efektif kullanılmamış olacaktır. Diğer yandan minimum uzaklıktan büyük mesafe seçilecek olursa, kollektör yerleşim alanı büyüyecektir. Eğer bu alan değerli ise, maddi kayıp olacak ve mesafe uzadıkça, aynı alana yerleştirilecek kollektör sayısı, dolayısı ile sistemin kapasitesi azalacaktır.

Güneş enerjili sistemler için, elemanlar arasındaki gölge uzaklığı seçiminde, Y ordinatı gölge uzunluğu etkili olmaktadır.



Şekil 2.28. Boyutsuz gölge uzunluğu - gün sayısı değişimi

Şekil 2.28’de, Y ordinatı gölge uzunlukları, 36°, 38°, 40° ve 42°’lik enlem daireleri, açıları dikkate alınarak, 12:00 (güneş saati) güneş zamanı için, günler üzerine taşınmıştır. Şekil 2.29 10:00 ve 14:00 (güneş saati) güneş zamanları içindir.



Şekil 2.29. Boyutsuz gölge uzunluğu - gün sayısı değişimi

Şekil 2.28 ve 2.29’den okunan değerler ( $GU_{by}$ ), elemanın boyu (H; elemanın üst uç noktasının yerden olan yüksekliği) ile çarpıldığında gerçek Y ordinatı gölge uzunluğu değerine ulaşılır. ( $L_g$ ), denklem (2.1) öndeki kollektörün alt uç noktasından, arkadaki kollektörün alt uç noktası arası uzaklık içindir. L kollektör boyu, B ise kollektör eğim açısıdır.

$$L_g = (L \cdot \cos\beta) + (GU_{by} \cdot H) \quad m \quad (2.1)$$

Kış aylarında güneş enerjisinden en iyi şekilde yarar sağlayan optimum kollektör eğim açısı değeri, enlem dairesi açısının  $16^\circ$  fazlasına eşit olan, yaz ayları için ise enlem dairesi açısının  $16^\circ$  eksiğine eşit olan değerdir. Bütün yıl uygulamalarında ise, kollektör eğim açısı, enlem dairesi açısına eşit alınmalıdır. Kollektörler her zaman “Güney” yönüne bakmalıdırlar. Kollektör bakımı için yürütme platformları ile kollektöre kolayca ulaşma imkanı sağlanmalıdır. Güneşli sıcak su sistemlerinde, bir

sıcak su tesisatı ne gerektiriyorsa bulunacağından, olaya yalnız kollektörler olarak bakmamalı, bağlantılar, su borularının çapları ve uzunlukları, kritik devre hesapları, pompa seçimi, genişleme depoları, sıcak ve soğuk su depoları, vanalar, kontrol cihazları ve yalıtım için ayrı ayrı özen gösterilmelidir ki, tüm güneş enerjisi sıcak su sisteminin sistem verimi yüksek olsun.

Güneş ışınımı kollektörler yardımıyla toplanarak bir akışkana ısı enerjisi şeklinde çevrilir.

Kollektörleri iki şekilde inceleyebiliriz.

### **2.5.1. Düzlemsel Kollektörler**

Düz yüzeyli kollektörler ısı değiştirgeçlerine benzerler. Isı değiştirgeçinde sıcak ve soğuk iki akışkan arasında ısı transferi olur. Kollektörlerde ise güneş ışınımı ile ısınan siyah yüzeylerden akışkana ısı transferi olur. Güneşli su ısıtma sistemlerinde kullanılan kollektörler güneş ışınımını absorblama kabiliyeti yüksek olan siyah bir tabaka ile kaplı, ısı iletkenliği yüksek metal bir levha altına borular yerleştirilmiştir. Boruların alt ve yan tarafları ısı kayıplarına karşı izole edilmiştir. Düz toplayıcılar direkt ışınımdan başka yaygın ışınımını da absorblarlar.

### **2.5.2. Yoğunlaştıran (Odaklı) Güneş Kollektörleri**

Odaklı kollektörler 100°C' nin üzerinde sıcaklık elde etmek için kullanılmakta olup, güneş ışınlarını yansıtarak bir odakta toplarlar ve odakta da bir absorblayıcı bulunur. Fransa'da 900 aynalı bir odaklı kollektör ile 3000°C sıcaklık elde edilmiş ve metal ergitmede kullanılmıştır. Bu kollektörlerde ancak direkt güneş ışınımdan faydalanılabilir ve güneşlenme süresi önemli rol oynar.

## **2.6. Saydam İzolasyonlu Aktif ve Pasif Güneş Isıtma Sistemlerinin Mukayese Analizleri**

Mouzonda klasik duvar inşaatı ile 1971'de Jacques Michel tarafından güneş evleri yapıldı. Bu evlerin 4'ü pasif sistem ile, 2 ev aktif hava kollektörleri ile donatıldı. 3 evde saydam izolasyon ve polikarbonat plakalar kullanıldı. (2 pasif ve 1 aktif)

Saydam izolasyon Leslie Jesch (1986) ve A Goetzberger (1984, 1992) tarafından Fraunhofer-Enstitüsü Freiburg'un araştırma çalışmalarından sonra Alman firması Okalux tarafından üretilir. Saydam izolasyon çok ince tel bir yapıdan meydana gelir. Bu teller iki cam arasında kapsüllü ve emici yüzeye dikey monte edilir. Bu ileri teknoloji Fransız firması Celair tarafından üretilen daha ucuz saydam örtü ile karşılaştırıldı. Bu saydam örtüler sızdırmaz bağlantı ile 3 katlı cam şeklinde polikarbonat plakalarda sıkılır.

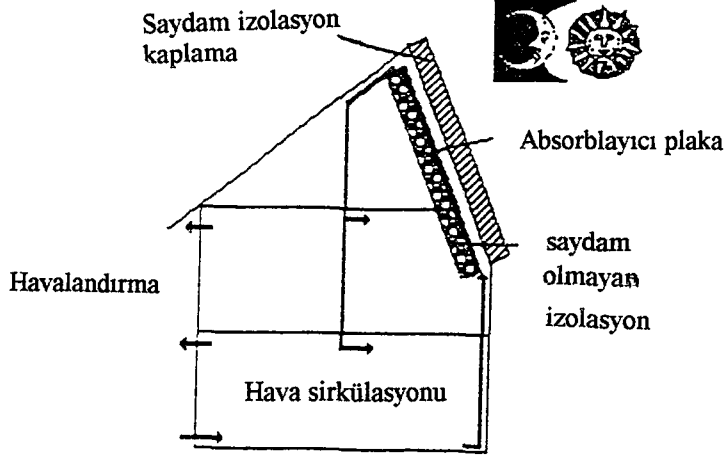
Tablo 2.4'de bu saydam örtülerin fiziksel özellikleri verilir. Ayrıca Soler ve Chevalier tarafından açıklandığı gibi Optora testinde CSTB tarafından güneş iletim değerleri ölçüldü. Her iki malzeme tek veya çift cam ile kaplıyken Trombe duvarının verimini iyileştirir.

**Tablo 2.4.** İki tip saydam örtü için fiziksel değerler

Malzeme	Isı Kayıp Faktörü ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )	Güneş Radyasyonunun iletimi
10 cm Kapsüllü tel yapı	0.8	0.67
16mm Polikarbonat Plaka	2.4	0.64

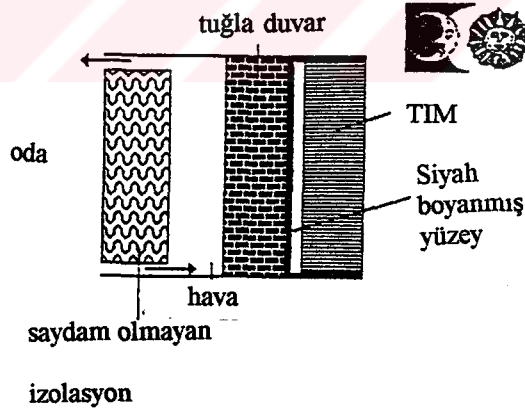
Aktif sistemde çatıda saydam örtü şeklinde bir güneş hava kollektörü vardır. (Şekil 2.30)

Kollektörlerin herbiri 5 cm'lik Okalux tel yapısı veya Celair tarafından üretilen 16mm'lik üç katlı polikarbonat plaka duvardan oluşur. Sıcak hava bir kontrol fanı ile konut içine üflenir. Yüksek değer performansın arttığı anlamına gelmez ama gürültü ve çekişe izin verir. Eğer kollektör sıcaklığı konut sıcaklığından daha yüksek olursa kontrol sistemi hava akışına izin verir. (0 ve 20°K arasında ayarlanabilir.)



Şekil 2.30. Hava kolektörlü ,Aktif sistem

Eğer iç sıcaklık çok yüksek olursa termostat anahtarı fanı kapatır. Yazın fan kapalı olur ve kolektör iki menfezle havalandırılır. Saydam olmayan izolasyon aşırı ısınma karşısında kolektör altında bulunan odaları korur. Pasif sistemde ise “Trombe-Michel” duvarları yapılır. (Şekil 2.31) ve evin güney yüzeylerine monte edilir.



Şekil 2.31. Pasif sistem, Trombe duvarı

Bu duvar 4 tabakadan meydana gelir. Bir saydam tabaka, tuğla duvar, bir hava boşluğu ve saydam olmayan izolasyon tabakasından oluşur. Dış saydam tabaka güneş radyasyonunu geçirir ama ısıyı arkada tutar. Tuğla duvar 11cm kalınlığında ve absorblayıcı görevi yapan dış yüzey siyah boyalıdır. Bu duvar ve saydam olmayan

izolasyon arasındaki hava tabakasına günlük ısı depolanır ve bir sonraki zamana bırakılır. Hava, tuğla duvar ile temas ettiğinde ısınır ve odaya doğru sirkülasyonu artar. (Kışın iyi havalarda pancurlar açılır). Yazın pancurlar oturanlar tarafından kapatılır. Pancurlar kapatıldığı zaman hava sirkülasyonu durdurulduğu gibi, aşırı ısınma saydam olmayan iç izolasyon tabaka ile önlenir. Bu cihazların korunması için bir alternatiftir.

**Tablo 2.5.** 1992 dolar fiyatlarına göre herbir sistem için maliyet \* [10]

Konum (2x50m <sup>2</sup> oturma alanı )	Yüksek değerli güneş	Toplam Maliyet	Oturma alanının her m <sup>2</sup> 'sinin maliyeti
Trombe duvarı, Polikarbonat	5,000\$	72,000\$	720\$
Trombe duvarı, 10cm OKALUX	12,000\$	79,000\$	790\$
Aktif sistem, Polikarbonat	9,000\$	76,000\$	760\$
Aktif sistem, 5cm OKALUX	16,000\$	83,000\$	830\$

\* 1992 yılında 1\$ 6 FF eşit ve 0.9 ECU civarındadır

Comfie Peuportier ve Blanc-Sommereux tarafından geliştirilen simülasyon aleti ile çeşitli olasılık dizaynları karşılaştırıldı. Bu olasılıklar:

Saydam örtü (Tekli veya çiftli cam, polikarbonat plaka, 5 veya 10 cm teller)

Kargir duvarın kalınlığı (Beton, tuğla, 5, 11, 16 cm)

Duvar rengi (Açık veya koyu)

Aktif sistemin kontrolü, hava akış oranı.

Simülasyon 2 sezon, 8 hafta gibi bir sürede ısıtma sezonunda yapıldı ve iklim şartları gözönünde tutuldu. Kontrol sisteminde fonksiyonların doğruluğu ve hava

kollektöründe hava sızıntısının olmadığı kabul edilir. Her ne kadar konstrüksiyon dikkatli yapıldıysa da, gerçekte hava kollektöründe hava sızıntısının olduğunu ilk ölçümler gösterdi. Bu simülasyon sonuçlarına göre yıllık ısıtma tüketimi azalır ve güneş oranı %30-45'e erişebilir. (Tablo 2.6.) tahmini simülasyon sonuçlarını gösterir.

**Tablo 2.6.** Farklı sistemler için simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Konum (2x50m2 oturma alanı)	Isıtma yükü (kWh/a)	Her m2'nin yükü (kWhm <sup>-2</sup> /a)	Güneş Oranı (%)
Trombe duvarı, Polikarbonat	7,700	64	31
Trombe duvarı, 10cm OKALUX	7,000	58	35
Aktif sistem, Polikarbonat	6,000	50	40
Aktif sistem, 5cm OKALUX	5,300	44	44

Elektrik, nükleer tesisler tarafından kısmen sağlanabilir. Ama kömür güç tesisleri iş saati sırasında düşük randıman ve yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu verir. Bölgesel şartlar altında güneş yardımıyla her yıl CO<sub>2</sub>'in iki tonunun emisyon olarak atılmasından kaçınılır. (6 ev için ortalama değer)

Pasif sistemlerin performansı kısmen azaltılır, çünkü radyoaktif ısı transferi içteki çift duvar tarafından durdurulur. Bunun avantajı, cihazları korumaksızın (gölgelendirmeksizin) aşırı ısıtmadan kaçınılır. Aynı zamanda çok düşük ataletli evlerin güneş kazancının kullanımı azalır. Özellikle aktif sistemde tuğla duvarlar, her ısıtma sezonunda termal performansı iyileştirebilir. Güneş kazancının kullanılabilirliği ve yazın aşırı ısıtmanın nemi artar. Ama ısı ataleti endüstriyel ahşap konstrüksiyon ile başarmak çok zor olur. Bu simülasyon aynı zamanda yazın konforsuzluk riskini gösterdi. Oturanlar (sakinler) bu problemi uygun güneşlik ve gece havalandırmayla

çözebilir.

Mayıs 1992'nin sonundan haziran 1993 başına kadar kontrol sistemi çalıştı. Yaz konforunun değerlendirilmesi için toplanan bilgiler kullanıldı. Sonbaharda bir hafta ve kışın bir hafta çalışıldı. Sonuçta tüm ısıtma sezonunun analizleriyle uygun toplam performans bulundu.

### 2.6.1. Yaz Sonuçları

Normal sıcaklık periyodları esnasında sıklık konfor sıcaklık limitine erişilir. (Dış sıcaklık 30°C, iç sıcaklık 27-28°C). Bu durum güneş sistemi olmayan ve çok hafif konstrüksiyona uygun olur. (Ahşap duvarlar, ahşap döşemeler). Kuzey ve güney odaları arasında sıcaklık farkı 1°K'den daha düşük olur. Dış sıcaklığın 30°C'nin üstünde olduğu günlerde konfor uzun süreli garanti edilmeyebilir.

Elbette güneş sistemlerinde oluşan en yüksek absorbe sıcaklığı dikkatle verildi. Polikarbonat için limit değer olarak kabul edilen 130°C'ye erişilemedi. Ölçümler aktif sistem için en yüksek absorbe (emme) sıcaklığının 105°C ve pasif sistem için 80°C olduğunu gösterdi. Polikarbonat sıcaklığı daha düşük olur. Yapılan deneylerde Trombe duvarları, tuğla duvarda sıcaklığın zararsız bir şekilde değişebileceğini gösterir.

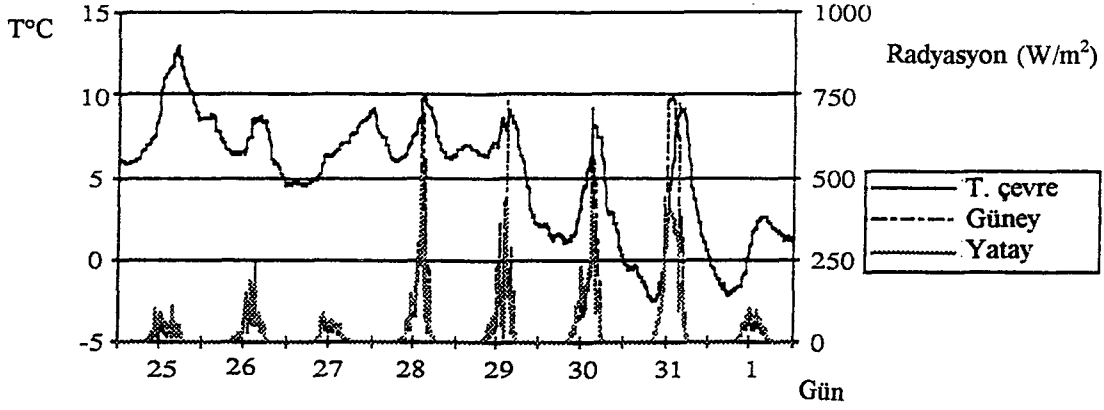
### 2.6.2. Sonbahar Sonuçları

1992 Ocak 25'den Kasım 1'e kadar detaylı bir çalışma yapıldı. (Şekil 2.32.) 3 gün bulutlu, 4 gün güneşli ve son 1 gün hava kapalı oldu. Bu yüzden bu periyotta sezon ortasında hava durumu mümkün olduğunca iyi temsil edilmiş oldu.. Bu çevrede dış sıcaklık periyodun başlangıcında 5°C'den (gece minimum) 12°C'ye (gündüz maksimum) sıralanır. Son günde +3°C ve -2°C'ye düştü.

Aktif sistemde gerçek ısıtma sistemi hava iyi olduğu zaman meydana gelir. Absorblama sıcaklıkları polikarbonat plaka (PC) için 43°C'ye erişebilir. Hatta saydam

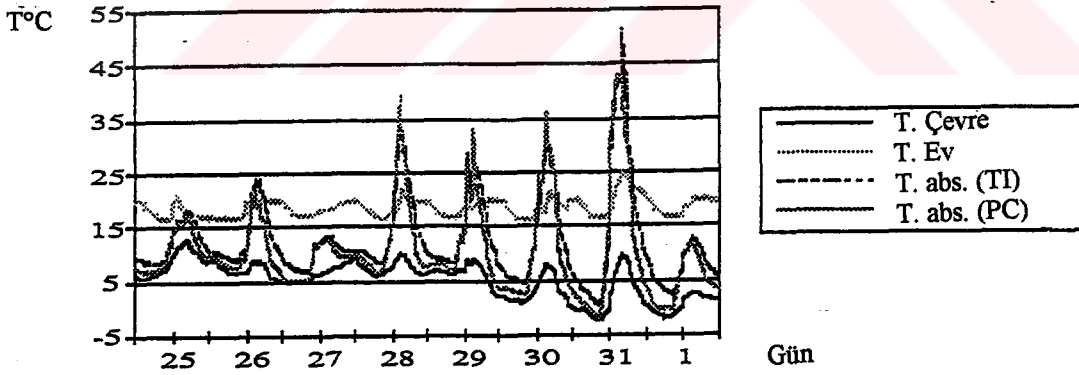


izolasyon elemanı ile  $52^{\circ}\text{C}$  olur. (Şekil 2.33) Bu sistem kötü havada çalışmaz, çünkü sıcaklıklar  $25^{\circ}\text{C}$ 'den daha yüksek olmaz.



Şekil 2.32. 25 Ekim- 1 Kasım 1992 dönemine ait Mouzon sonbahar iklim şartları

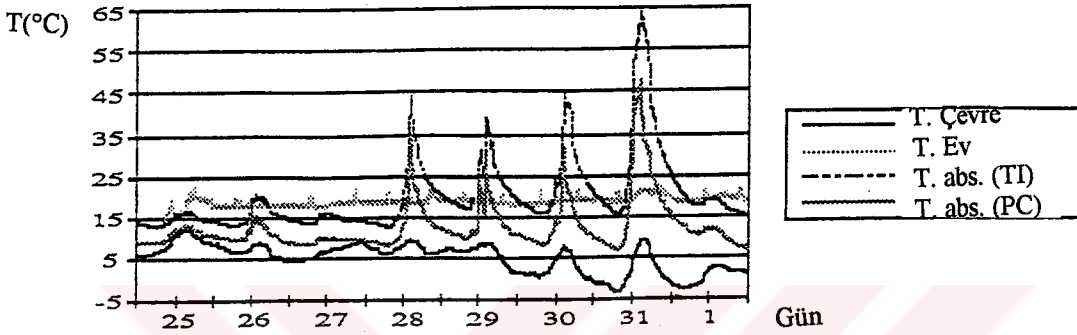
Sıcaklık gece  $3^{\circ}\text{C}$ 'ye düşer, hatta son iki gece dondurucu soğuya düşüyor. Ev sakinleri tarafından seçilen ayarlanabilir ısı termostatına güneş ısısının yayılmasına bağlı olarak evlerin iç sıcaklıkları  $15\text{-}25^{\circ}\text{C}$  arasında değişir.



Şekil 2.33. 25 Ekim 1992-1 Kasım 1992 dönemine ait Aktif sistemin kollektörlerindeki emme sıcaklıkları (Mouzon).

Pasif sistemler için güneş yardımı böyle açık olmaz, çünkü duvarlar güneş kazançlarını gündüzden geceye kadar stok eder. Bu yüzden aktif sistemdeki gibi ısıtma havasının akış oranı önemli olmaz. Kollektörün emme yüzeyinde sıcaklık  $47^{\circ}\text{C}$ 'ye erişebilir. Hatta saydam izolasyonlu elementler ile  $64^{\circ}\text{C}$  olur. (Şekil 2.34). Tuğla içinde ısı

depolanır ve bu yüzden sıcaklık hava boşluğunda 15-25°C arasında ılık olur. Isı kayıpları azaltıldığı gibi, enerji ekonomisinde sağlanır. Sıcaklık trombe duvarında odadan daha yüksek olursa, doğal hava sirkülasyonu sağlanır. (Eğer pancur açık olursa). Yazın pancurlar kapatıldığı zaman Trombe duvarının iç hava boşluğunda max sıcaklık 45°C olur ve saydam olmayan izolasyon konutu yüksek ısı akışından korur.



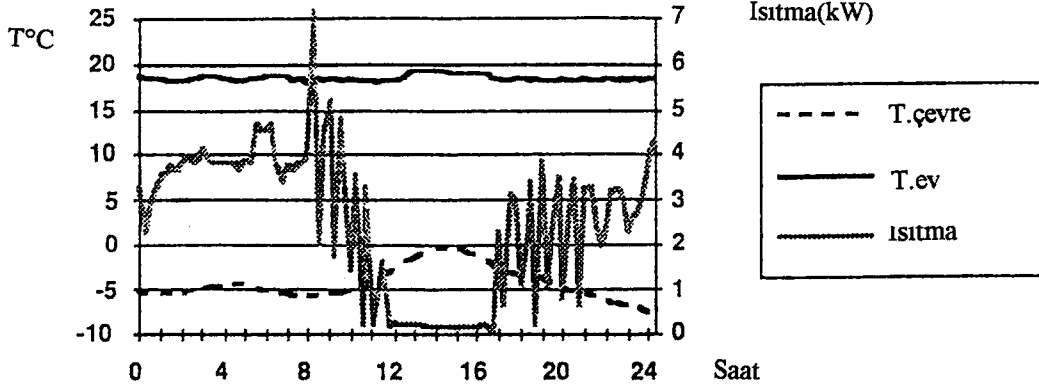
**Şekil 2.34.** 25 Ekim 1992-1 Kasım 1992 dönemine ait pasif sistemin Trombe duvarındaki sıcaklıkları

### 2.6.3. En Soğuk Periyod Sonuçları

31 Aralık 1993'den 7 Ocak 1993 tarihine kadar bir hafta analiz yapıldı. Bu periyodun ilk 4 günü güneşli ve sıcaklık -12°C'ye düştü. Sonraki iki gün düzelmedi ve son iki gün çok bulutlu oldu ve sıcaklıklar arttı. (5°C ve 7°C arasında). Aktif sistemin emme sıcaklığı ilk 4 gün 30-35°C (fan açık olduğu zaman), 5. gün 25°C, 6.gün 20°C ve sonraki 2 bulutlu gün yaklaşık 10°C' de kaldı. (Fan kapalıyken). Çeşitli oda sıcaklıkları oturanlar tarafından seçilen kontrole bağlıdır. Güneşli günlerde saat 12 ve 18 arası fan açık olur. Hatta bu soğuk periyod esnasında ısıtma amacıyla kullanılan enerji büyük miktarda azaltıldı. Tam aksine bulutlu günlerde fan çalışmadı, çünkü hava sıcaklığı kollektörlerde çok düşük oldu.

Pasif sistemle ilgili olarak sıcaklık tuğla duvar ve saydam tabaka arasında (siyah boyanmış yüzeyin düz yerinde), aynı periyod da tel yapının kullanımıyla 55°C'ye ve

polikarbonat tabaka kullanımıyla da 40°C'ye ulaşır. Isıtma yükü profili Şekil 2.35'de verilir.



**Şekil 2.35.** Soğuk fakat güneşli bir kış günü süresince pasif bir evde ısıtma yükünün azalması

Hesaplamalar ve ölçümler aktif sistemin avantajlı olduğunu göstermektedir. (4 ve 5. ev). Bu evlerde güneş oranı %40'a ulaşır. Fakat bu sistemlerin bir yılda iki defa bakıma ihtiyacı vardır. Mayıs ayında kolektörlere doğal olarak içeriden ve dışarıdan hava sirkülasyonu olmaktadır ki bu sirkülasyon durdurulmalıdır. Ekim ayında sistem kış pozisyonunda hazırlanmalıdır ve kontrol sistemi gözden geçirilmelidir. Aktif sistemin tersine pasif sistemin bakıma ihtiyacı yoktur.

#### 2.6.4. Sonuçlar ve Görüşler

Burada, test edilen güneş sistemlerinin verimlilikleri gösterilmektedir. Ucuz örtü ile karşılaştırıldığı zaman, saydam izolasyon hava kolektörünün verimini %25 arttırdığı ve trombe duvarının kazancının iki kat olduğu görülür. İnşaat alanında saydam izolasyonun yerleştirilmesi esnasında herhangi bir probleme rastlanmamıştır. Çünkü elemanlar kapsüllendiği (kaplandığı) için toz ve sudan korunmuştur. Bununla beraber her malzemede biraz çığı görülmektedir. Bundan dolayı malzemelerin iletimi sabahları bir miktar azalır. Trombe duvarında cam duvarın kullanımı estetik açısından en iyisidir çünkü dış yüzey siyah olmaz.

## BÖLÜM 3

### LİTERATÜR TARAMASI

Güneş enerjisiyle ısıtma konusuyla ilgili literatür taraması yapıldığında bu konuyla ilgili pekçok deneysel ve teorik çalışmaya rastlanmıştır.

Konu ile ilgili kaynaklar tarandıktan sonra güneş enerjisinin kullanımıyla yapılan ısıtma sistemlerindeki son gelişmeler hakkında bilgiler toplanmıştır. Açıklanacak olan literatür taraması için, yayınlanan yayınlar uygun şekilde tanzim edilecektir.

Bu konu üzerinde yapılan çalışmalara birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

P.V.PEDERSEN tarafından 1984 yılında bu konuda bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma Copenhagen yakınında Ballerup'da bir binada gerçekleştirildi. 150'ye yakın apartman dairesi için gerekli DHW ev sıcak suyunun bir kısmını sağlamak için evin güneşe bakan yüzeyinin çatısına 156 m<sup>2</sup> güneş kolektörü kuruldu. Bu proje gerçekleştirilmeden planlanan güneş ısıtma sisteminin performans analizinin kompüter simülasyonu yapıldı. Bu projede iki farklı tipte güneş kolektör emicisi kullanıldı. Bunlardan biri İsveç Kanatlı- Serpantin emicisi ve diğeri Maxorb selektif yüzeyli Danimarka kanal plaka emicisidir.

E. Hahne ve M. Hornberger tarafından 1985 yılında bu konuda bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma Institut Fur Thermodynamik Und Wärmetechnik (ITW), Stuttgart Üniversitesinde gerçekleştirildi. Bu ısıtma sistemi bina ofisi ile laboratuvarlar ve dersaneler için tesis edildi. Burada 211m<sup>2</sup> camsız güneş kolektörleri, 1050m<sup>3</sup> hacminde su akışının olduğu çakıl taşı ısı depolama yatağı ve ısı pompası kullanılmıştır.

Güneş enerjisiyle ısıtma konusunda yapılan diğler bir çalışmada 1971 yılında Jacques Michel tarafından Mouzon'da klasik duvar inşaati ile yapılan güneş evleri ile ilgili bir çalışmadır. Bu evlerin 4'ü pasif sistem ile, 2 ev aktif sistem olarak dizayn edilmiştir. Bu çalışmada Alman firması Okalux tarafından üretilen saydam izolasyon ile Fransız firması Celair tarafından üretilen ve daha ucuz olan saydam örtünün mukayesesi yapılmıştır.



## BÖLÜM 4

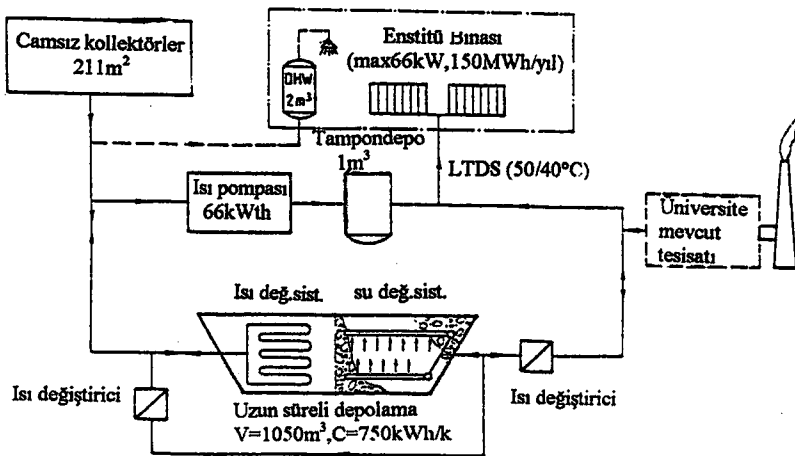
### GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMINDAKİ SON GELİŞMELER

#### 4.1. Bir Üniversite Binasında Uygulanan ATES Güneş İle Isıtma Sistemi

1985 yılında Stuttgart Üniversitesinde bina ofisi, laboratuvarlar ve sınıflar için bir güneş ısıtma sistemi yapıldı. Bu sistemde 211 m<sup>2</sup> camsız güneş kolektörleri, 1050 m<sup>3</sup> su akışının olduğu çakıl taşı ısı depolama yatağı ve ısı pompası kullanıldı. Isı, güç santralinden veya güneş kolektöründen depoya sağlanabilir. Tüm sistem çeşitli stratejiler altında beş yıl başarıyla çalıştı. Böylece istenen ısının yaklaşık %60'ı güneş enerjisi ile sağlandı, fakat yıllık ısı pompası performans katsayısı (COP) yaklaşık 2.76 oldu. Isı pompasının düzeltilmesi ile aylık COP 3.6 olarak elde edildi. Depodan ısı kayıplarının miktarı yaklaşık %20 olur.

##### 4.1.1. ITW Isıtma ve Depolama Sistemi

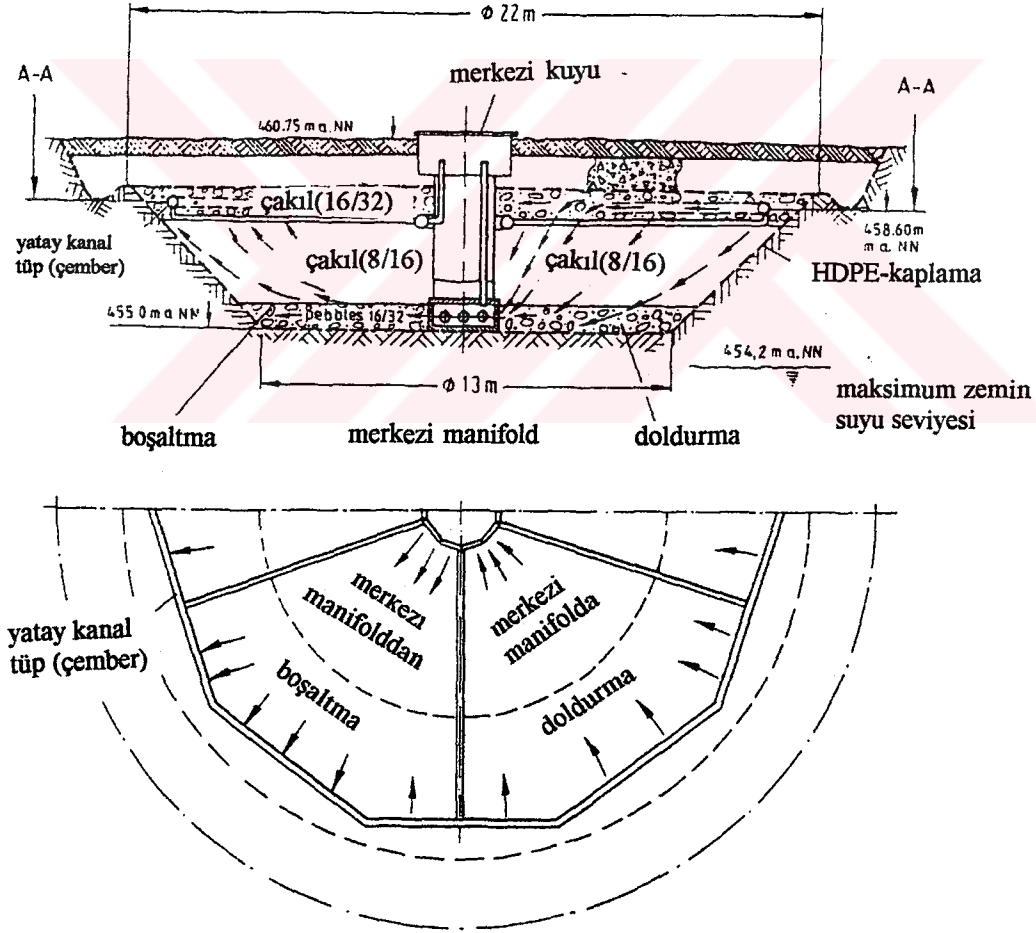
Isıtma sisteminin bir şeması Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. ITW Isıtma ve depolama sistemi



Bu depo farklı boyutta çakıl ile doldurulur. Çapı 16-32 mm olan büyük çakıl parçacıkları alt ve üstte, çapı 8-12 mm olan küçük çakıl parçacıkları bu iki tabaka arasındaki bölüme doldurulur. Böylece en üst tabakada hidrolik geçirgenlik daha yüksek ve akma direnci daha küçük olur. Alçak tabakalarda daha üniform akış dağılımı sağlanır. Bu çakıl tabakası 4 m yüksekliğinde, bunların 3.72 m'si suya batırılmış bir haldedir. 956 m<sup>3</sup> hacmindeki su dolu deponun 354 m<sup>3</sup> yani %37'si su bölümüdür. Deponun tam hacmi 1050 m<sup>3</sup> ve ısı kapasitesi 750 kWh/k ve deponun derinliği 5,75 m'dir. Zemindeki su seviyesi yalnızca 80 cm' dir, bu seviye şiddetli yağış sonrası artabilir. Depo üç farklı olasılık ile ısıyla doldurulabilir veya boşaltılabilir. İki sistem sıcak veya soğuk suyun direk değişimini sağlar ve bir ısı değiştirme sistemi 4853 m plastik boru ile olur. Şekil 4.3'de direk su değiştirme sistemi gösterilir.



Şekil 4.3. Direk su değiştirme "çember sistemi"



Depo doldurulduğu zaman, sıcak su, boruların içinden üste çıkar ve soğuk su depo içinden zemindeki santrale gider. Boşaltma için akış yönü değiştirilir. Isı değiştirme sistemini şekil 4.2 gösterir. Depoda polietilen tüblerin (32/26 mm) boruları 8 farklı seviyede yerleştirilir. Bir antifiriz etilen-glikol/su karışımı bu tüplerin içinden akar, bu akış herbir bobin için ayrı düzenlenebilir

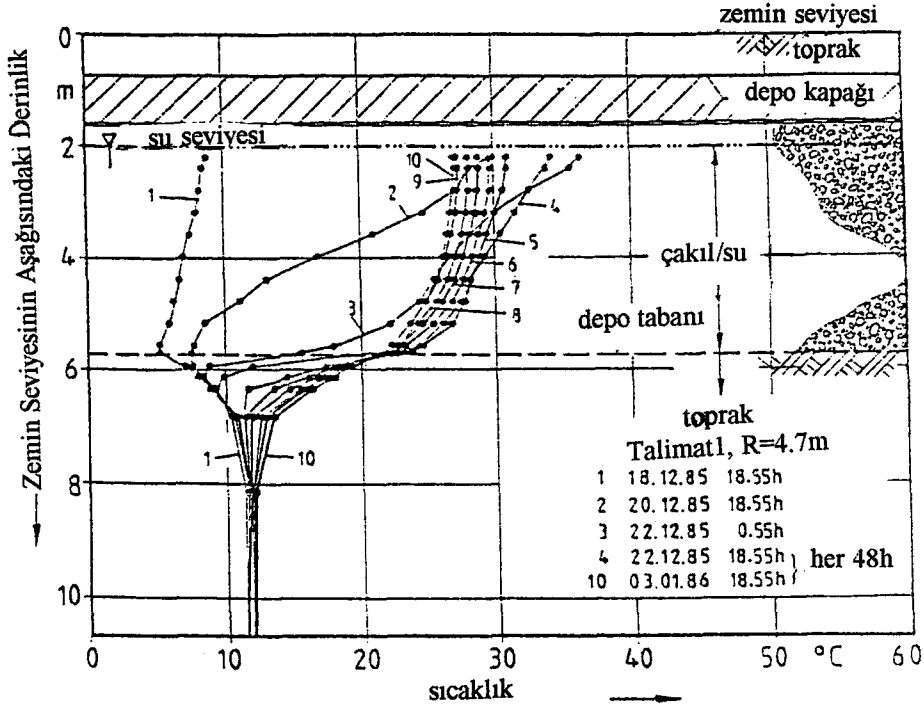
Bu sistemde depo kışın camsız kollektörlerden doldurulabilir ve suyun donma noktasının altındaki sıcaklıklarda boşaltılabilir. Bu depo, tam ölçülü deney ve gözlemlerle yapıldı. Bunun için depo altında ve etrafında 415 termo elemanlar ve 9 adet ısı akış sayacı kullanıldı. Depodaki suyun seviyesi özel bir boru ile kontrol edilir, böylece kimyasal değişiklik olasılığı ve bakterilerin çoğalma kontrolü yapılır.

#### **4.1.2. Isıtma Operasyonları**

##### **4.1.2.1. Kısa Dönem Testleri**

Yüklü ve yüksüz zamanlarda gözlem yapılarak deponun iki kısa dönem zamanındaki sıcaklık dağılımı ve depo içindeki karışım kontrol edilir. Depo ilk olarak üniversitenin mevcut tesisinden ısı ile 18 Aralık 1985'te dolduruldu. Merkezi borunun dibinde soğuk su geri çekilirken, 30 °C'de sıcak su sonuçta 40°C' de üstteki halka içinden depo içine pompalanır. Kütle akışı 8000kg/h olur. Doldurmanın yapıldığı 4 gün sırasında farklı sıcaklıkta katmanlar oluşur. Şekil 4.4.'de 3. eğride gösterilen 16°C alt sıcaklık ve 36°C üst sıcaklık gibidir. Bu durum çakılın yüksek ısı transfer katsayısını gösterir. 1 ve 2 eğrileri arasındaki geniş sıcaklık artışıyla üst kısımda ısının çoğu hemen transfer edilir.

Birbirini takip eden 2 gün süresinde (20.12'den 22.12'ye kadar) deponun orta ve alçak kısımlarında ısının kazanıldığı görüldü. (Eğri 2 ve 3) Bununla beraber depoya 20.4 mWh ısı sağlandığı ve çevreye de 3.7mWh ısı kaybolduğu görüldü. 22 Aralıkta öğle vakti ısıtma kapandı ve depo içindeki su sirkülasyonu saat 18..55'e kadar oldu. (Eğri4). Sıcaklık 29°C'ye eriştiğinde sıcaklıkların dengesi bulundu.



Şekil 4.4. Kısa dönem testleri: Doldurma ve yardım sırasında depoda sıcaklık dağılımı

Bunun sonucunda depo yalnız 14 günlük bir periyod için boşaltıldı. Bu yardımcı periyod esnasında sıcaklık yaklaşık  $5^{\circ}\text{K}$ 'e düştü. Daha sonra ısı pompası yolu ile ısı değiştirici borular tarafından 17 gün ısı elde edildi ve sıcaklık  $14^{\circ}\text{C}$ 'ye düştü. Bu teste ait bilgileri Tablo 4.1.'de gösterilir

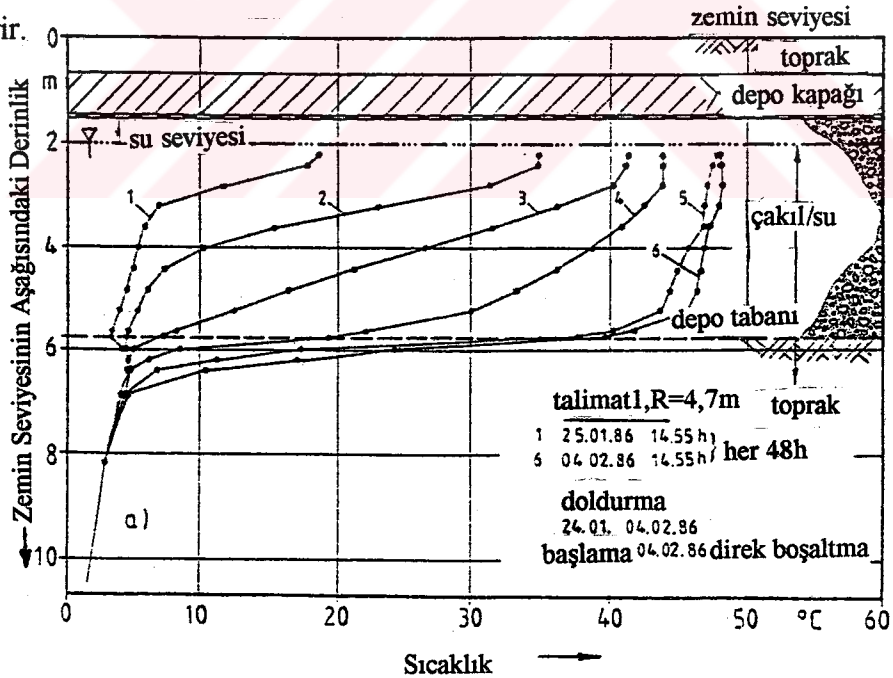
Tablo 4.1. Kısa süreli testlere ait bilgiler

Birinci Periyod			
Periyod	Operasyon modu	Isı kaynağı veya kanalı	Bilgi
18.12-22.12.1985	Doldurma çember sistemi	Güç-Merkezi	$Q_i=20,4\text{MWh}$ $Q_i-Q_l=16,7\text{Mwh}$ $\dot{m}=8000\text{kg/h}$ $u_s=30^{\circ}\text{C}$
22.12.85-23.12.85	Sirkulasyon		$u_s=29^{\circ}\text{C}$
23.12-07.01.86	Yardım (destek)		$u_s=24^{\circ}\text{C}$
07.01-24.01.86	Boşaltmada ısı değişimi	Isı Pompası	$Q_e=5,5\text{MWh}$ $u_s=14^{\circ}\text{C}$

İkinci Periyod			
24.01-04.02.86	Doldurma çember sistemi	Güç-Merkezi	$Q_i=34,7\text{MWh}$ $Q_i-Q_l=26,4\text{MWh}$ $\dot{m}=4000\text{kg/h}$ $\nu_s=50^\circ\text{C}$
04.02-13.02.86	Boşaltmada çember sistemi	Direkt ev ısıtması	$Q_e=5,5\text{MWh}$ $\nu_s=35^\circ\text{C}$
13.02-20.03.1986	Boşaltmada çember sistemi	Isı Pompası	$Q_e=12\text{MWh}$ $\nu_s=16,5^\circ\text{C}$
20.03-18.04.86	Yardım (Destek)		$\nu_s=15^\circ\text{C}$

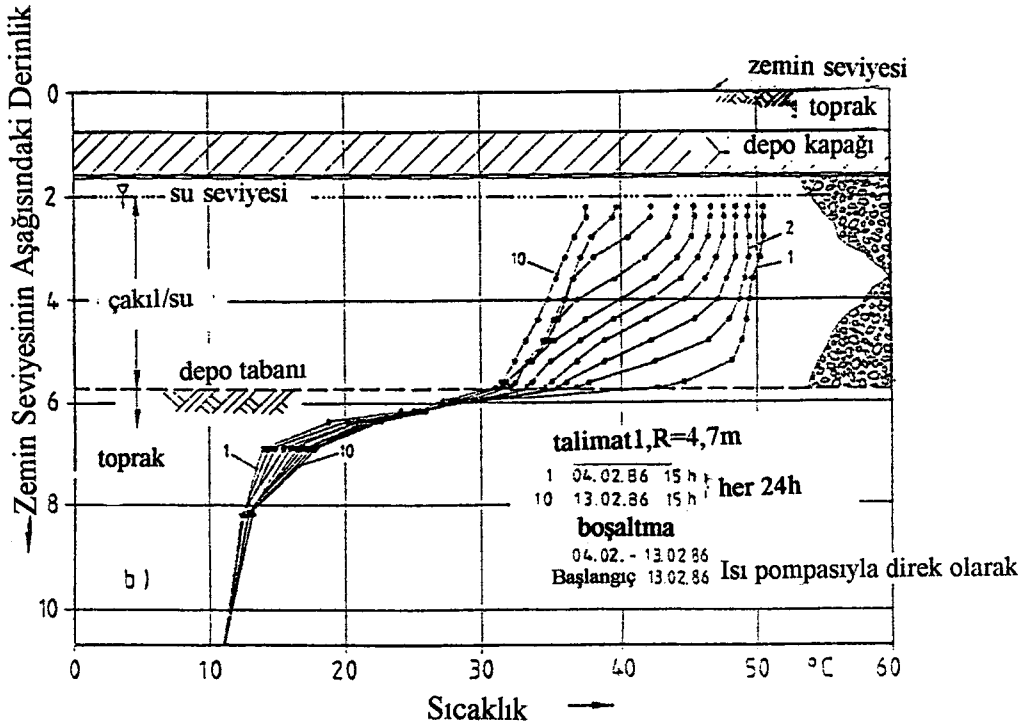
**Tablo 4.1.** (Devam) Kısa süreli testlere ait bilgiler

İkinci devirde kütle akış oranı  $4000\text{ Kg/h}$ 'e düşürüldü, fakat doldurma sıcaklığı yaklaşık  $55^\circ\text{C}$ ' ye artırıldı. Depo için ve deponun çevresi için sıcaklık dağılımını şekil 4.5. verir.



**Şekil 4.5.** Kısa süreli test : Doldurma sırasında depoda sıcaklık dağılımı

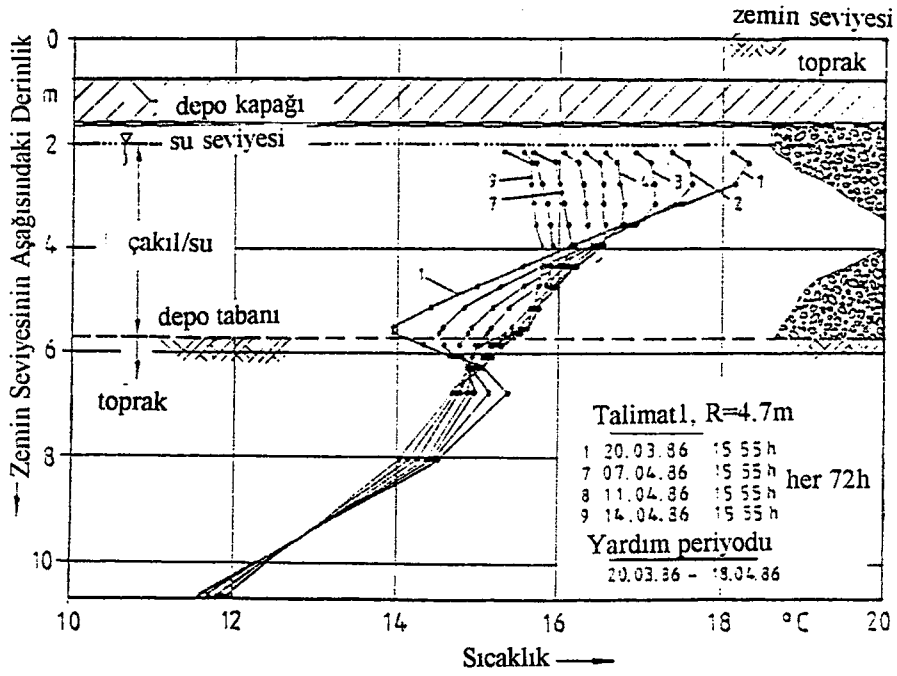
11 gün içinde eşit yayılmış olarak yaklaşık  $50^\circ\text{C}$ ' de depo dolduruldu. (Eğri 6). Bunu takip eden doldurma periyodunda, depo 9 günde binanın direkt ısıtması için boşaltıldı. Bu periyodu Şekil 4.6. gösterir.



Şekil 4.6. Kısa dönem testi : Boşaltma sırasında depoda sıcaklık dağılımı

Yaklaşık 5,5 Mwh güç depodan çekildi ve depo sıcaklığı 35°C'ye düştü. Alttan soğuk su beslenir ve üstten sıcak su alınır. (Eğri 10). Bu periyod esnasında, deponun yaklaşık 1m altında toprak 14°C' den 18°C' ye ısıtılır. Kısa dönem sıcaklık etkisi yalnızca deponun 5 m altında gözlemlendi. Neticede ısı pompası yolu ile boşaltma periyodunda katmanlaşma olur. Bu Şekil 4.7'de gösterilir. 1. eğri 29 günlük yardımcı periyod başında ve sona erdiğinde boşaltmanın olduğu zamanki sıcaklık dağılımını verir. Bu periyod esnasında herbir iç ısı değişiminden deponun kayıpları kazanılabilir. (Uygun olan iç konveksiyon ve termal iletimden dolayı). Fakat aynı zamanda ısı kazançları deponun dip kısmında sağlanabilir. (zeminde 1 eğrisinde). Isı kazancından dolayı dipteki sıcaklık 14°C'den 15,5°C' ye artar.

Şekil 4.7'de dışarıya olan küçük kayıplar kabaca değerlendirilmiştir. Deponun üst kısmındaki sıcaklık azalması deponun güç kısmındaki sıcaklık artışı ile dengelenir. 25 günde sıcaklık değişimi yaklaşık 3°K oldu. Bu değer oldukça küçük olmuştur.



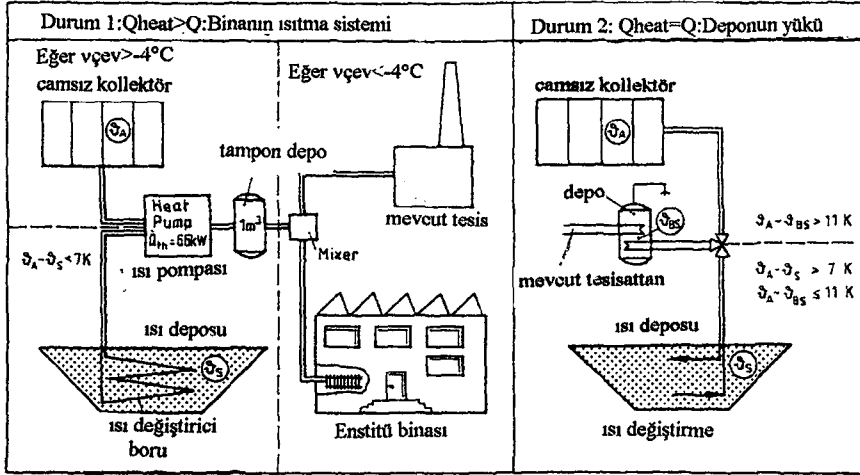
Şekil 4.7. Kısa dönem testleri : Yardım esnasında depoda sıcaklık dağılımı

#### 4.1.2.2. Uzun Dönem Testleri

Bu testler ile binaların güneş yardımıyla ısıtılması için sezonluk ısı depolama imkanları araştırıldı. Detaylı ısı dengeleri verimliliği ve deponun uzun dönemdeki davranışını kayıplar ve kazançları ile birlikte göstermelidir. Onun çevreye etkisi ve su kalitesi üzerine çalışma yapılmıştır.

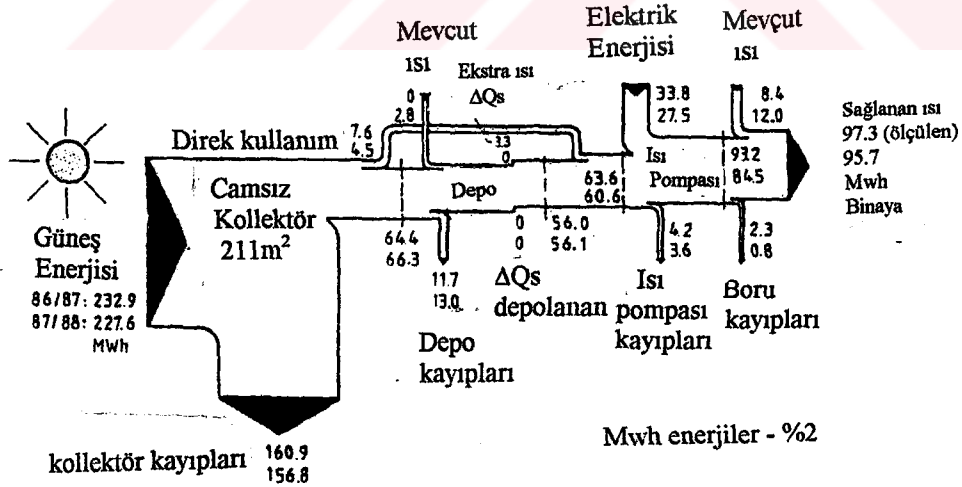
Nisan 1986'da başlayıp, uzun dönem testleri iki ardarda ısıtma sezonu 1986-1987 ve 1987-1988 için yapıldı. Bu testler ısının camsız kolektörlerden toplanması ve hepsinin depolanması veya ev ısıtması için ısı pompası ile dağıtılması şeklinde olur. Yalnız kolektörlerden veya depodan yeterli ısı elde edilmediği zaman, mevcut tesisattan yardımcı ısı dağıtılır. Şekil 4.8.'de ısıtma sistemi için kontrol stratejisi gösterilmiştir. Binanın ısıtması için gerekli olan çevre sıcaklığının  $-4^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olması istenir. Eğer camsız kolektörün sıcaklık farkı en az  $7^{\circ}\text{K}$ 'nin üstünde olursa, güneş ısısi direk olarak ısı pompasına irtibatlanır. (Transfer sıvısı etilen glikol / su karışımı). Bu sıcaklık farkına varılmadığında, ısı pompası ısıyı depodan sağlar. Bunu ısı değiştirici borular ile sağlar. Eğer gerekiyorsa depoda dondurucu sıcaklığa erişilebilir. Düşük çevre sıcaklığında ( $-4^{\circ}\text{C}$ 'nin altında), ısı pompası mevcut tesis tarafından geriye basar. Kışın ve yazın ısıtma gerekmediği zaman, eğer sıcaklık farkı kolektör çıkışı ile depo

arasında  $7^{\circ}\text{K}$  olduğunda, güneş ısı direkt olarak depoya gelir. Küçük tamir operasyonu ile bu yapılabilir. Depoya sıcak su sağlama akma ile mümkün olabilir, fakat bunun çok küçük olması istenir.



Şekil 4.8. Isıtma ve Depolamada Kontrol Stratejisi

İki ısıtma sezonunun sonuçları Şekil 4.9'deki enerji akış diyagramında toplanmıştır.



Şekil 4.9. 1986-1987 ve 1987-1988 Sezonlarında ısıtma sistemi için enerji akış tablosu

1986-1987 için güneş oranı f

$$f = \frac{\text{Güneşten sağlanan ısı}}{\text{Binaya sağlanan ısı}} = \frac{63,6-3,3}{97,3} = 0,62 \quad (4.1)$$

ve ikinci çevrimde 0,60 olmuştur. Bunun anlamı ısıtma sistemindeki enerjinin % 60'ı güneş enerjisi tarafından sağlanmıştır. %50-60 arasındaki güneş oranı enerji fiyatını yarıya düşürür. Isı pompası işlemi 1986-1987'de pek öyle başarılı olmamıştır. Elektrik enerjisinin giriş değeri 33,8 Mwh ve ısının çıkış değeri 93,2 Mwh olmuştur. Buna göre yıllık COP miktarı;

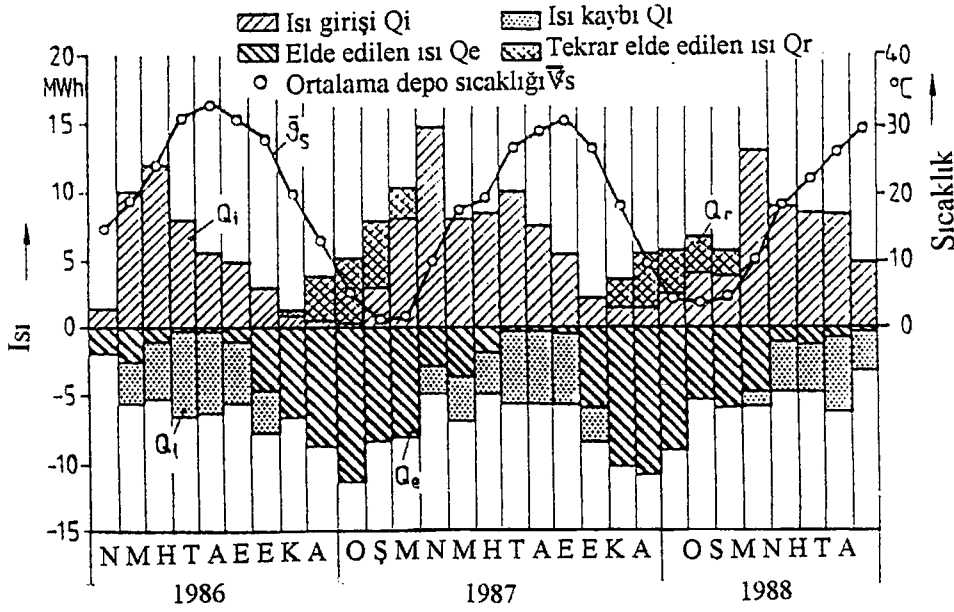
$$\text{COP}_{\text{Yıllık}} = \frac{\text{çıkan ısı}}{\text{Giren elektrik enerjisi}} = \frac{93,2}{33,8} = 2,76 \quad (4.2)$$

Burada COP Performans Katsayısını gösterir.

15-30°C sıcaklığa iyi adapte edilmemiş ısı pompası evaporatörü tarafından yüksek elektrik enerjisi girişine neden olunmuştur. Depodan sıcak etilen glikol/ su karışımı ısı pompasına, ısı pompasından soğuk geri dönüş akışı ile karıştırılması başarılı oldu. Şubat 1988' de geliştirilmiş güç kontrollü ve soğutan süper ısıtıcı ve daha geniş evaporatörlü bir yeni ısı pompası kuruldu. İkinci ısıtma sezonu için COP geliştirilerek 3,1 olarak elde edildi. 1986-87 sezonunda oda sıcaklığı gece boyunca düştüğü zaman, soğuk gecelerden sonra ekstra ısıya ihtiyaç olduğundan ısının çoğu tam teşekküllü üniversiteden dağıtıldı. 1987-1988 sezonunda yardımcı ısının çoğu (12 MWh) şubatta kullanıldı. Bu, yeni ısı pompası yerleştirildiği zaman oldu.

Deponun durumu ve birbirine bağlı kollektörleri ile, deponun aylık ısı dengesi ve sıcaklıkları Şekil 4.10'da gösterilir.





**Şekil 4.10.** Deponun ortalama sıcaklığı ve ısı dengesi

Depolanmış ısılar halen düşük olduğunda en büyük ısı girişleri olduğu bulundu. Yaz aylarında güneş kazançları en geniş olabileceği zamanlarda kıyasla çok az ısı depolandı. Çünkü camsız kolektörler  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin çok üstünde ısı sağlayamaz. Camlı kolektörlerin ekstra alanı bu durumu geliştirebilir. Böyle bir çoğalma için çatı alanı sağlandı. Yüksek depolama sıcaklıkları ile ısı kayıpları yaz aylarında yüksek olur. Ancak kış aylarında bu durum düzelir.

Aslında depoda yalnız üst kısım izole edilip, dip ve yan kısımlar izole edilmemiştir. Bu durum yazın ısının yaklaşık olarak %40'nın dışarıya akışına sebep olur. (Isı kaybına). Fakat kışın depolama kapasitesinin artması veya büyük depo kullanılmasıyla kışın bu ısının çoğu yeniden elde edilir. (Tablo 4.2)

**Tablo 4.2.** İki ısıtma sezonunda deponun ısı dengesi

Mwh	Isı Girişi $Q_{in}$	Isı Çıkışı $Q_{ex}$	Zemin Isısı $Q_G$	Kazanılan Isı $Q_r$	Isı Kaybı $Q_L$	Depolana Isıda Sapma $\Delta Q_s$
1986/87	64.4	56.0	27.4	15.7	11.7	3.3
1987/88	69.1	56.1	27.4	14.4	13.0	0
				1986/87	1987/1988	
Depolama Katsayısı	$\eta_s = (Q_{iin} - Q_1) / Q_{in}$			%82	%81	



Kapasite Faktörü	$K_s = Q_{ex} / [(mc_p)_s \Delta T] = Q_{ex} / 750 \Delta T =$	2.20	2.60
Kazanç Faktörü	$r_s = Q_r / Q_g$	0.57	0.53

**Tablo 4.2.** (Devam) İki ısıtma sezonunda deponun ısı dengesi

Etkin depolama verimi % 80'den daha fazladır.  $K_s$  Kapasite faktörü ısı depolama kapasitesinin gerçekte ne kadar sıklıkla kullanıldığını gösterir. Su/ çakıl taşı bileşimi için ısı kapasite 750 kWh/ °k olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.2.'de  $K_s$  için, sıcaklık farklılığı ( $\Delta T=31^\circ K$ ) olarak verilmiştir. Buna göre depo, en yüksek sıcaklığından donma noktasına kadar soğutulabilir. Bu buzun ergime ısı hesabı için kullanılmaz. 1987 yılı şubatında sadece küçük bir miktar buz oluşmuştur. Kapasite faktörü gerçekte elde edilen ısının ( $Q_{ex}$ ), depolanan ısıya oranını verir. Burada depolanan ısı olarak; deponun teorik olarak şarj ve deşarj olduğu an (yılda bir kez burada 750x31kWh) gözönüne alınır.  $K_s$ 'nin yüksek değerleri; düşük maliyet ile enerjinin yüksek dönüşümünü ifade eder. Kazanç faktörü ( $r_s$ ); kayıp ısının ( $Q_g$ ), kazanılan ısıya oranını ifade eder. Bu %57-53 arasındadır. Yüksek  $r_s$  değeri, kullanımda daha fazla depolama kapasitesinden faydalanılabileceğini ifade eder.

#### 4.1.2.3. Sonuçlar

Bu ısıtma sistemi çok başarılı olarak çalıştı. Isı pompasının değiştirilmesi hariç, birbirini takip eden 2 ardışık ısıtma döneminde herhangi bir kesinti veya bozukluk meydana gelmedi. Gerekli olan ısı için kollektör boyutu ve depolama kapasitesi çok iyi bir şekilde uyumlu oldu. Camsız kollektör alanına camlı güneş kollektörleri ilave edilmesi ile depodaki sıcaklıklar daha yüksek dereceye getirilerek ısı pompasının COP ve güneş sürtünmesi (kayıp) iyileştirilir.

Suyun değişimindeki ve ısının değişimindeki yükleme ve boşaltma işlemleri istendiği gibi çalıştı. Suyun kimyasal ve biyolojik yapısında bir bozulma olmadı ve herhangi bir koruyucu işlem yapmaya gerek kalmadı.

## 4.2. Danimarka'da Büyük Güneş DHW Sistemli Deney-Nordic Güneşli Isıtmayı Gösteren Proje

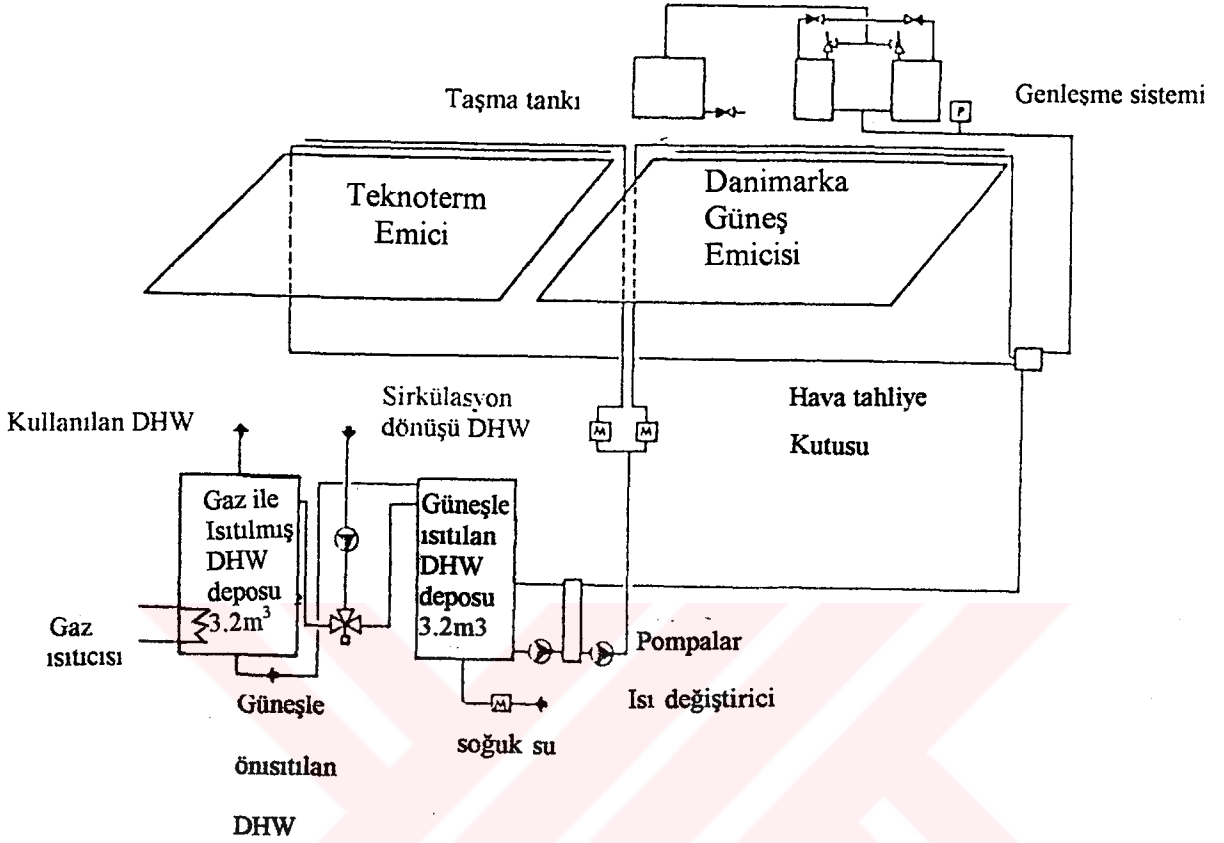
1984 yılında bir binada Nordic güneşle ısıtma projesi gerçekleştirildi. Bu proje Copenhagen yakınında Ballerup' da Egebjergvang'da yapıldı. 150' ye yakın apartman için gerekli (DHW) ev sıcak suyunun bir kısmını kaplamak için evin güney yüzeyinin çatısında 156 m<sup>2</sup> güneş kollektörü kuruldu. Güneşle ısıtma projesi için Egebjerg ısıtma santralindeki DHW normal tesisatının çoğunun kullanımı mümkün oldu. Burada kullanılan iki adet 3,2 m<sup>3</sup>'lük DHW tankları değiştirildi. Bir tank yalnızca güneşle ısıtılan DHW depolama tankı olarak ve diğer tank gaz ile ısıtılmış DHW tankı olarak kullanılır.

Nordic güneşle ısıtma projesi yapıldığı zaman yeni inşa edilen konut alanlarında güneş enerjisiyle ısıtma uygulaması çok azdı. Çünkü güneş ısıtma teknolojisi birçok mimar ve inşaatçı tarafından önemsenmedi. Ballerup' daki projenin arkasındaki çalışan grup özellikle yeni projelerde ve yeni inşaa edilen konut alanlarında bu tür güneş ısıtma sistemlerinin büyük bir potansiyele sahip olduğunu belirtir.

### 4.2.1. Güneş Isıtma Sisteminin Tanıtımı

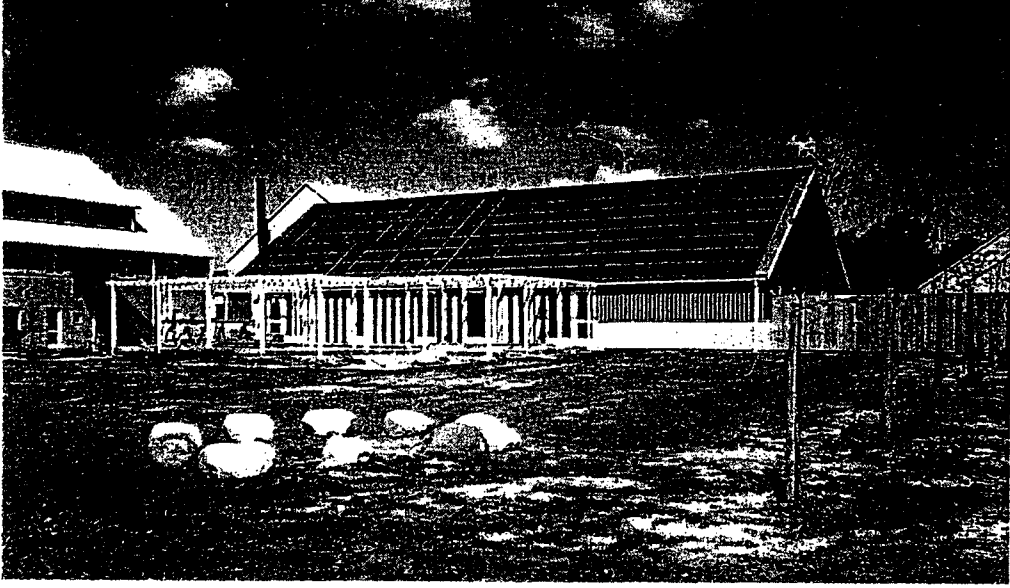
Ballerup'daki Nordic Güneşle ısıtma projesinin prensibi Şekil 4.11'de gösterilir. Burada iki tane hazır 3,2 m<sup>3</sup> DHW tankları depo gibi kullanılır. Bu yöntemde önce DHW, birinci DHW tankında güneş enerjisiyle ısıtılır, sonra ikinci DHW tankına geçer, burada gaz fırın ile ısıtılır. DHW sirkülasyon dönüşünde gaz ile ısıtılmış DHW tankına daha uzun sürede gönderilir

Bu diyagramda 2 adet 3,2m<sup>3</sup>'lük DHW tankı güneş deposu olarak kullanılır. İki farklı tipte güneş kollektör emicisi kullanıldı. Aynı tip saydam akrilik cam sisteminden faydalanılır. Biri İsveç kanatçıklı- serpantin emicisi ve diğeri Maksorb selektif yüzeyli paslanmaz çelik Danimarka kanal plaka emicisidir. Toplam güneş kollektör alanı 156m<sup>2</sup>' dir.



**Şekil 4.11.** Ballerup, Egebjergvang'da yapılan Nordic güneşle ısıtma projesini gösteren diyagram

Şekil 4.12'de teknoterm akrilik cam sistemli güneş kollektörünün site inşasının çatısına yerleşim dizaynı gösterilir. Burada güneş kollektör dizaynı ve çatı altında emicinin sızıntılarına karşı koruyucu olarak ekstra emniyet olarak trapez alüminyum kullanılır. Güneş kollektör konstrüksiyonu için aynı boyutta iki farklı tip emici kullanıldı. Bunlardan biri alüminyum ve bakırdan yapılan İsveç kanatlı serpantin emicisi ve diğeri Maxorb ayırıcı yüzeyli paslanmaz çelikten yapılan Danimarka kanal plaka emicisidir.



**4.12.** Egebjergvang'da 150 apartman için evin güneye bakan çatısında yerleştirilen güneş kolektörünün fotoğrafı

1. Alüminyum içerisindeki cam şerit sistemi
2. Su boşaltma sistemi
3. Bütil kauçuk kanal
4. Bütil kauçuk bağlantı sistemi
5. Vakumlandırılmış akrilik plakalar kiremit gibi yerleştirilmiş bir durumda
6. Selektif emici 1mx8m
7. 40 mm mineral izolasyon maddesi (cam yünü)
8. Trapez alüminyum plakanın altındaki çatı

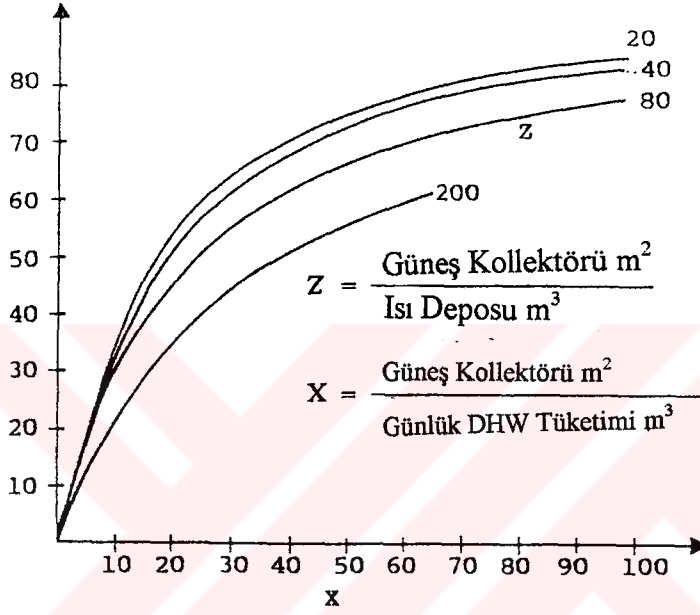
#### **4.2.2. Simulasyon Sonuçları**

Ballerup'da gerçekleştirilen Nordic projesinden önce planlanan güneş ısıtma sisteminin ısı depolama hacmi, günlük DHW tüketimi ve güneş kolektörü alanına bağlı olarak performans analizinin bilgisayar simülasyonu yapıldı. EEC geliştirilen simülasyon programı, EMGP2, Danimarkanın hava bilgileri kullanılarak yapılan hesaplardan çıkan sonuçlar Şekil 4.13'de gösterilir. Bu diyagramda X ve Z değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak güneş oranı verilir.

$$X = \frac{\text{Güneş Kolektörü (m}^2\text{)}}{\text{Günlük DHW Tüketimi (m}^3\text{)}} \quad (4.3)$$

$$Z = \frac{\text{Güneş Kolektörü (m}^2\text{)}}{\text{Güneş Depolama Tankı (m}^3\text{)}} \quad (4.4)$$

Güneş oranı %



**Şekil 4.13.** Büyük güneşle ısıtılmalı DHW sistemi için depolama hacmi ve günlük DHW tüketiminin güneş kolektör alanının bir fonksiyonu olarak hesaplanmasıyla elde edilen güneş oranını gösteren diyagram

Evin çatısındaki güneş kolektör alanının max değeri  $156 \text{ m}^2$ , her bir DHW tankının  $3,2 \text{ m}^3$  ve günlük DHW tüketimi nin her gün için  $16 \text{ m}^3$  olduğu bilinmektedir. Buna göre X ve Z'yi hesaplamak mümkündür.

$$x = \frac{156}{16} = 9,75 \quad (4.5)$$

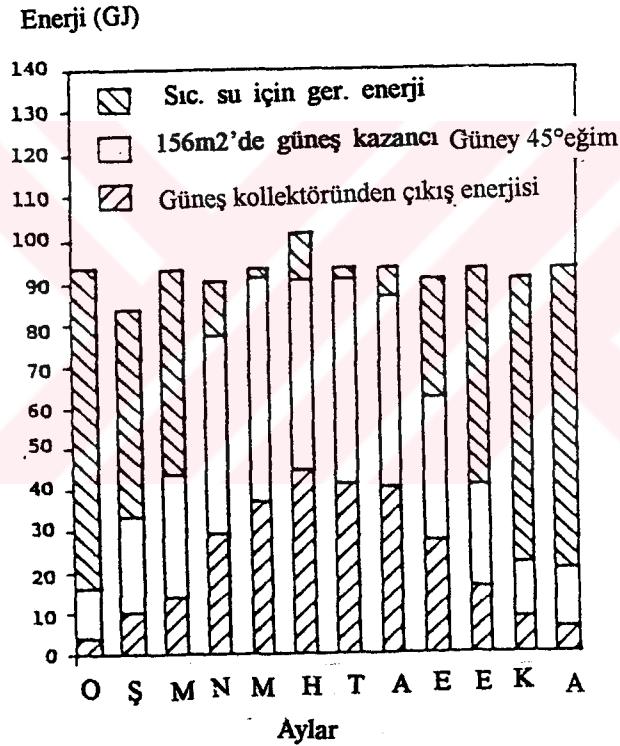
$$Z = \frac{156}{3,2} = 48,8 \quad (4.6)$$

Yıllık güneş oranının %33 olması mümkün olabilir. Bunu şekil 4.13.'deki diyagram gösterir. Eğer DHW 12°C' den 50°C' ye ısıtılırsa, gerekli olan yıllık DHW şu formülle bulunabilir.

$$\rho_{\text{sux}} C_{\text{psux}} (T_{\text{DHW}} - T_{\text{soğuksu}}) = 992 \text{kg/m}^3 \times 1,16 \text{wh/kg}^\circ\text{C} \times (50 - 12)^\circ\text{C} = 257,427 \text{kWh} \quad (4.7)$$

A güneş oranının %33 olması, heryıl için m<sup>2</sup>'de 545 kWh güneş enerjisi üretimine eşit olduğu anlamındadır.

Hesaplardan çıkan aylık sonuçlar Şekil 4.14'de gösterilir.



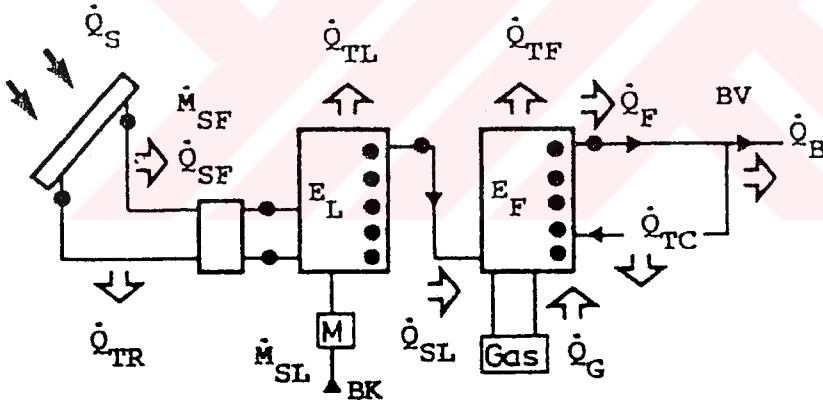
Şekil 4.14. 16 m<sup>3</sup> hacmindeki DHW' nin 10°C'den 55°C'ye ısıtılmasının aylık sonuçları

50 mm izolasyonlu 3.2m<sup>3</sup> güneş deposu ve 10 mm izolasyonlu 160 m boyundaki güneş kolektör boru sisteminden meydana gelmiştir. Güneş kolektöründeki debi 4.3 m<sup>3</sup>/h'tir. Her m2 güneş kolektöründe yıllık güneş kazancı 485 kWh olur.

Burada güneş emicili aynı tip güneş kolektörleri kullanılır. DHW tüketimi aynı

olmakla beraber suyun 10°C'den 55°C'ye ısıtılacağı umulmuştu. Bu durumda güneş oranının %25 olabileceği ve heryıl her m2 güneş kollektöründen 485 kWh güneş üretilir. Ayrıca Maxorb güneş plakalı paslanmaz çelikten yapılmış kanal plakalı diğer tip güneş emicisi ile yapılan hesaplamada yıllık kazanç %12 daha fazla ve m2'de 546 kWh yıllık güneş toplanması sağlandı.

1 Ağustos 1985'den 1 Ağustos 1986'ya kadar geçen bir yıl boyunca Ballerup' ta yapılan Nordic Güneş Isıtma projesinin performansı izlendi. Buradaki en önemli şey enerji akışının sürekli olarak ölçülmesi oldu. Aynı zamanda kısa periyotlarda 40 farklı sıcaklık ölçümü yapıldı. İki güneş kollektörünün herbiri için iki enerji ve akışı ölçümleri için tesis yapıldı. Güneşle ısıtılmalı DHW tankına güneş ısısının sağlanmasını izleme imkanı bulmak için akışını ölçen sistem kuruldu. Güneş ısıtma sisteminin en önemli enerji akışının şeklini Şekil 4.15 gösterir. Ölçümler enerji akışının ve akışın önemini belirtir.



Şekil 4.15. Egebjergvang' daki güneş ısıtma sisteminin diyagramı

Q<sub>S</sub> = Güneş kollektöründe toplanan enerjinin günlük değerleri

Q<sub>SF</sub> =İki güneş kollektörünün herbirinden elde edilen enerji

M<sub>SF</sub> =İki güneş kollektör devresinin her birisindeki akış (m<sup>3</sup>)

E<sub>L</sub> =Güneşle ısıtılmış DHW tankındaki enerji

E<sub>F</sub> =Gazla ısıtılmış DHW tankındaki enerji

QSL =Güneşle ısıtılmış DHW tankından gaz ile ısıtılmış tanka boşalan enerji (QSF-QTL-QTR)

MSL=DHW tüketimi (m<sup>3</sup>)

QSL=Güneşle ısıtılmış DHW tankından gaz ile ısıtılmış tanka boşalan enerji (QSF-QTL-QTR)

MSL=DHW tüketimi (m<sup>3</sup>)

QF =Gaz ile ısıtılan tankta elde edilen enerji (QSL+QG)

QG =Gaz fırınında tüketilen gazın ölçümü

QB =DHW'nin tüketimi (MHW)

QX =Sirkulasyon kayıtları (QF-QB)

QTR,QTL,QTF=DHW tanklarındaki ve borulardan olan ısı kayıpları

#### 4.2.3. Yapılan Gözlem Sonuçları

İzlenen periyoddaki aylık ve yıllık ölçüm sonuçlarını Tablo 4.3. ve Tablo 4.4 gösterir.

**Tablo 4.3.** İki farklı güneş kolektörünün herbiri için yıllık güneş üretiminin karşılaştırılması

Yıllık Değerler:1 Ağustos 1985-31 Temmuz 1986	Kanatlı Serpantin Emici	Ayrıncı Tabakalı Kanal Plaka Emicisi
Suda Ölçülen Enerji Akışı	43.807	52.413
Gerçek sıvıda ölçülen enerji akışı (Düzeltilme faktörü 0.8692)	38.077	45.599

Toplam güneş üretimi : 83.676 kwh



**Tablo 4.4.** Güneşlenme ile beraber aylık sistem etkisini ve güneş verimini gösteren ölçümler

Nordic Güneş Isıtma Projesinin Gözlem sonuçları	Güneşe maruz kalma (kWh)		Ölçülen güneş verimi (kWh)	Sistem etkisi (%)
	Her m <sup>2</sup>	156m <sup>2</sup>		
1985 Ağustos	144	22.464	11.103	49
Eylül	97	15.464	6.672	44
Ekim	70	10.970	4.876	45
Kasım	42	6.552	1.291	20
Aralık	22	3.432	1.005	29
1986 Ocak	34	5.304	1.005	19
Şubat	76	11.856	3.387	33
Mart	67	10.452	3.596	34
Nisan	113	17.628	7.214	41
Mayıs	150	23.400	8.384	36
Haziran	166	25.896	11.406	44
Temmuz	153	23.868	11.575	48
Bir yıl 1985-1986	1134	176.904	71.514	40.4

Tablo 4.3. ile karşılaştırıldığı zaman, DHW ve boru şebekesindeki kayıpların 12.162 kWh olduğu görülür. Bu, hesaplardan umulandan %50 daha fazla oldu. Gözlemin yapıldığı yılda güneş verimi 83.676 kWh olur. Buda heryıl her m<sup>2</sup> güneş kollektöründen 468 kWh'lik güneş kazancının olduğunu ve sistem etkisinin %40.4 olduğunu ifade eder.

Mayıs 1986'da hava kilitlenmelerinden dolayı bazı operasyon problemleri oldu. Bu, hesaplarda gözönüne alındı ve güneşlenme normalden % 4 daha az oldu. Eğer Mayıs

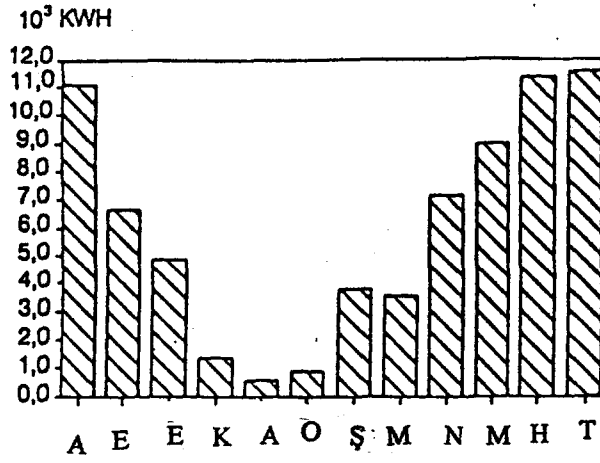
1986'da meydana gelen problemlerden sakınılırsa, her yıl her m<sup>2</sup> güneş kolektöründeki güneş veriminin 500 kwh olabileceğini yapılan hesaplar gösterir. Eğer güneşlenme normal şekilde olursa yıllık her m<sup>2</sup> kolektördeki güneş veriminin 526 kWh olması mümkündür.

İki güneş kolektörünün sirkülasyon analizlerinde akış ölçümleri ve iki enerjiden elde edilen sonuçlar gözlemlendiği zaman ilk olarak gerekli olan şey, güneş kolektörünün %35 ağırlığında propilen-glikolun kullanımı için dengeyi sağlamak olur.

Çarpma faktörü yapılan hesaplar sonucunda 0.8692 olarak bulunur. Yapılan ölçümlerde güneş veriminin İsveç Kanatlı-Serpantin emicide 38.077 kWh olduğu ve Danimarka güneşle ısıtma kanal plaka emicisinde 45,599 kwh olduğu ölçüldü. Bu eşitlikler aynı çalışma şartlarında iki güneş kolektörü tipi için her yıl her m<sup>2</sup> güneş kolektöründe 501 kWh ve 568 kWh olur. Kanatlı serpantin emici ile karşılaştırıldığında kanal plaka emicisinden elde edilen ekstra kazanç %13 olur. Aylık değerlerin analizlerinden farklı bazı periyotlarda çok yüksek değerler olduğu görüldü. Ocakta % 44 kadar oldu ve Ağustosta %17 oldu. Mayıs ve Haziran 1986 tarihlerinde havanın bloke edilmesi ile kanal plaka emicisinde akışın azalması yüzünden çok küçük fark oldu. Akışlar iki kolektörde yılın çoğu gününde eşit oldu. Fakat Mayısta kanal plaka güneş kolektöründe akış normalden % 60 azaldı ve iki güneş kolektörünün verimi bu periyotta aşağı yukarı eşit oldu.

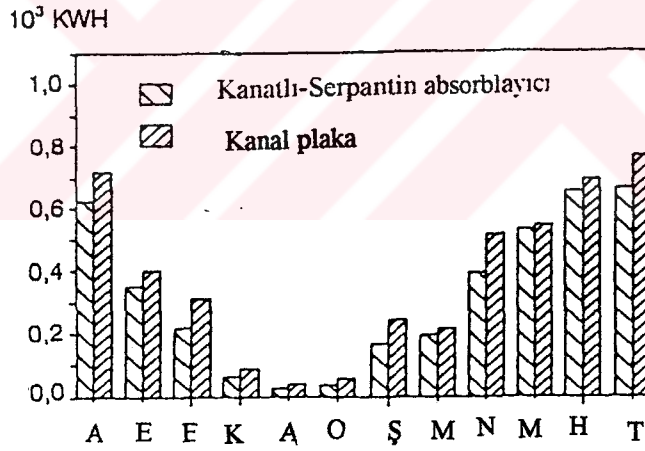
Ön ısıtılmalı DHW tankından dağılan güneş enerjisi ölçüldüğünde 71.514 kWh olduğu görülür. Bunun anlamı güneş kolektöründen 2 x 50 m boru donanımının ve tanktan toplam kayıplarının 12.162 kWh olduğunu gösterir. Bu, hesaplardan beklenenden % 50 daha fazla oldu. Buradaki gözlem sonuçları ve hesaplar arasındaki fark, izolasyonsuz birkaç valf ve pompadan dolayı olabilir. Fakat izolasyon her zaman ideal olmaz.

DHW tüketimi yıl boyunca sürekli sabit olur ve miktarı 20m<sup>3</sup> /gün olur.

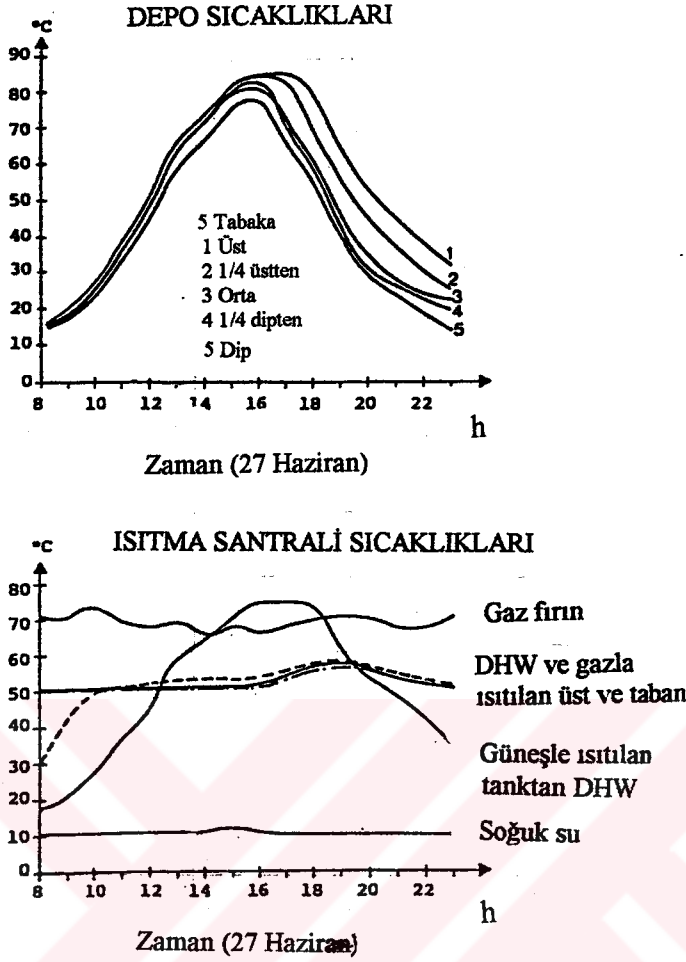


**Şekil 4.16.** Ağustos 1985-Temmuz 1986 dönemine ait Ballerup, Egebjergvang'da Nordic güneş ısıtma sisteminin aylık verimleri

Şekil 4.17'de kullanılan iki güneş kolektörünün herbiri için aylık ölçülen verimi gösterir. (Kanatlı Serpantin ve Kanal Plaka)



**Şekil 4.17.** İki farklı güneş kolektörünün aylık verim değerleri



Şekil 4.18. 27 Haziran 1986 sıcaklık ölçümleri

Bu şekilde DHW ön ısıtıcı tankının beş tabakasındaki sıcaklıklar, soğuk suyun sıcaklıkları ve ön ısıtıcı tankında DHW çıkış sıcaklığı (20-75°C), DHW sıcaklığı yaklaşık 50°C olur (noktalı çizgi). Ayrıca fırında suyun çıkış sıcaklıkları gösterilir. Yazın gaz fırında ve ısıtma tesisatının etkisi oldukça düşük olur. Gazın %55'i kullanılır, geri kalan kayıp olur.

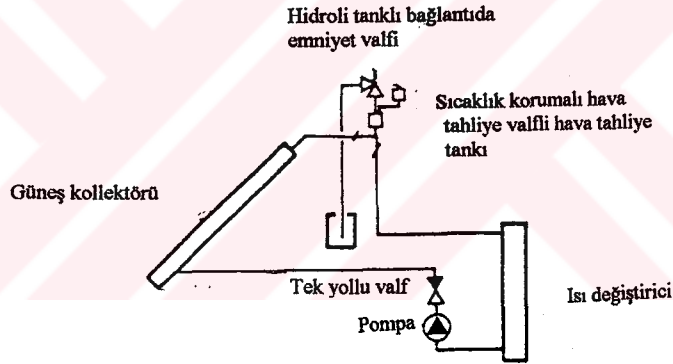
Operasyonun yaklaşık 18 ayından sonra izlenen periyotta bazı akış problemleri ortaya çıktı. Şekil 4.19. İsveç sisteminin dizayn teoremine göre güneş ısıtma sistemi için genişleme sisteminin nasıl olduğunu gösterir. Bu İsveç dizaynı normal Danimarka sistem dizaynı ile karşılaştırılır. Burada basınçlı genişleme tanklı kapalı sistem kullanılır ve bir hava tahliye tankı güneş kollektör devresinin üstüne yerleştirilir. Herbiri otomatik hava tahliye valfi ile korunur veya elle kumandalı valf kullanılır. İsveç sistem

dizaynın da operasyonun başlaması bir otomatik sistemle mümkün olabilir. Kullanılan yarı açık sistemde hava güneş kollektörünün dışına preslenir ve hava tahliye tankı boşaldığında genişleme tankında hava kabarcıkları oluşur

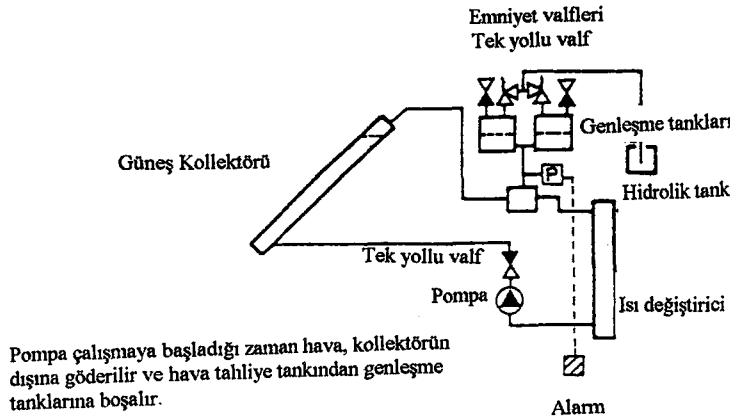
Ne yazık ki bir hata yapıp ilk olarak hava tahliye tankı genişleme tankından daha yüksek bir yere yerleştirildi. İki yıl sonra bunun yeri değiştirildi. Bu hata, operasyonun ilk 2 yılı esnasında bazı işletme problemlerine sebep oldu. Orjinal olarak sistemin hiçbir yardım almaksızın çalışması planlandı. Bugün ise sistemin çalışmasının yetkili biri tarafından yılda en az bir defa denenmesi tavsiye edilir. Aynı zamanda glikolün kontrol edilmesi ve belkide tekrar doldurulması gerekir

Burada Danimarka' da yapılan yeni DHW güneş ısıtma projeleri ve DHW güneş sisteminin genel ekonomisi ve fonksiyonları sunuldu.

#### DANİMARKA SİSTEM DİZAYNI



#### İSVEÇ SİSTEM DİZAYNI



Şekil 4.19. Güneş kollektöründe birinci devre için iki farklı kavramın şekli

## BÖLÜM 5

### KOCAELİ BÖLGESİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİNİN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

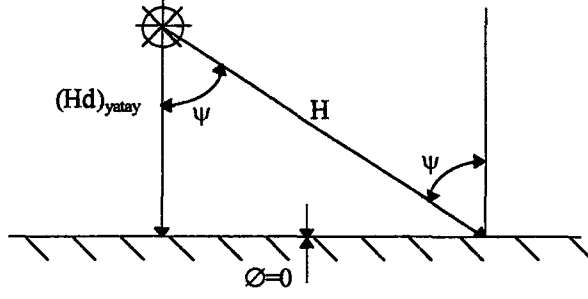
#### 5.1. Eğik Yüzezlere Gelen Güneş Radyasyonunun Hesaplanması

Eğik yüzeylere gelen güneş radyasyonunun hesaplanmasında, yatay düzleme gelen meteoroloji istasyonlarının kaydettiği ölçümlerden faydalanılır. Yatay düzlemle belirli bir açı yapan kollektörler, yatay düzleme göre daha çok direkt güneş radyasyonu alır. Her yönden geldiği için yayılmış radyasyonun (difüz) alınmasında yönlendirme önemli değildir. Direkt radyasyonu güneş ışınları oluşturduğundan kollektörün pozisyonu, bu ışınları alabilmek için önemlidir. Kollektörler öyle bir şekilde yerleştirilmelidir ki, güneş enerjisinden maksimum düzeyde fayda sağlanabilsin.

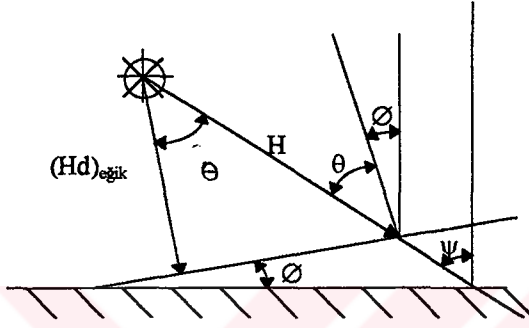
Güneşli ısıtmada kollektörlerin yatay düzlemle yaptığı açı, bölgenin enlem derecesinden 15° fazla alınırsa kış uygulamasında maksimum fayda sağlanabilir. Yıl boyunca üniform bir enerji talebinin karşılanabilmesi için kollektör eğim açısı enlem derecesine eşit alınmalıdır. [12]

##### 5.1.1. R Dönüşüm Faktörünün Çıkarılışı

$\frac{\cos\theta}{\cos\psi} = R$  Dönüşüm faktörünün çıkarılışı Şekil 5.78 ve Şekil 5.79'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.78.** Yatay düzleme gelen direkt güneş ışınımı



**Şekil 5.79.** Eğik düzleme gelen direkt güneş ışınımı

$$(Hd)_{yatay} = H \cdot \cos \psi$$

$$H = \frac{(Hd)_{yatay}}{\cos \psi} \quad (5.1)$$

$$(Hd)_{eğik} = H \cdot \cos \theta$$

$$H = \frac{(Hd)_{eğik}}{\cos \theta} \quad (5.2)$$

Bu bağıntılar birbirine eşitlendiğinde:

$$\frac{(Hd)_{yatay}}{\cos \psi} = \frac{(Hd)_{eğik}}{\cos \theta} \text{ yazılır}$$

Buradan

$$\frac{(Hd)_{eğik}}{(Hd)_{yatay}} = \frac{\cos \theta}{\cos \psi} \text{ bulunur} \quad (5.3)$$

$\left( \frac{\cos \theta}{\cos \psi} \right)$  oranı, (R) harfiyle gösterilir. Buna göre

$$\frac{\cos \theta}{\cos \psi} = R \quad (5.4)$$

Böylece yatay yüzeye gelen direkt güneş ışınımı bilindiği takdirde eğik yüzeye gelen direkt güneş ışınımı (5.5) bağıntısıyla bulunabilir.

$$(Hd)_{\text{eğik}} = (Hd)_{\text{yatay}} \cdot R \quad (5.5)$$

$\theta$  Güneş geliş açısı (Güneş ışınının kollektör düzleminin dikeyi ile yaptığı açı)

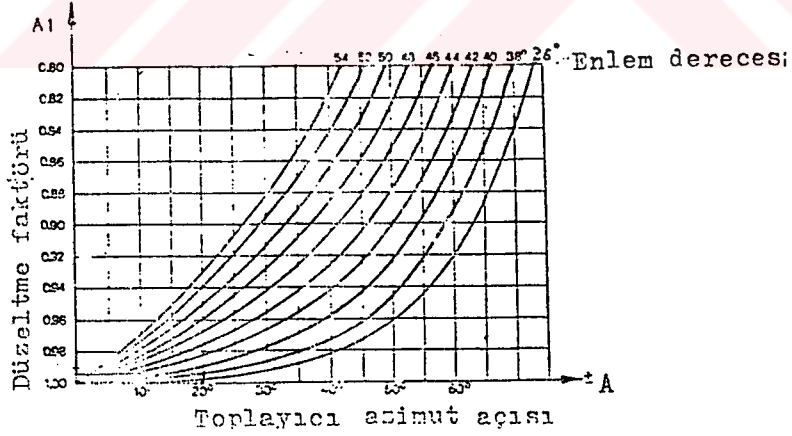
$\phi$  Yüzey eğim açısı (Kollektör eğim açısı, kollektör düzleminin yatayla yaptığı açı)

$\psi$  Güneş zenit açısı (Güneş ışınının, güneş başucu yüksekliği eksenine ile yaptığı açı)

### 5.1.2. Azimut Açısı

Azimut açısı herhangi bir bölgede ve zamanda güneşe doğru varsayılan doğrunun yatay düzlemdeki izdüşümü ile güney doğrultusu arasındaki açıdır. Kollektör azimut açısı (Kollektör düzleminin tam güneyden batı veya doğuya sapma açısı olup tam güneyde  $A:0^\circ$  dir) [11]

Kollektörün azimut açısının tam güneyden sapsmalar göstermesi halinde ( $A_1$ ) düzeltme faktörünün alacağı değerler Şekil 5.80'de görülmektedir.  $A_1$  düzeltme faktörü dünyanın yörüngesinde ve dönüşündeki düzensizlik için alınır.



Şekil 5.80. Kollektör azimut açısı ve enlem derecesine göre kollektör düzeltme faktörünün bulunması

### 5.2. Güneşli Su Isıtıcılarının Ön Projelendirilmesinde İş Sırası

Güneşli su ısıtıcılarının ön projelendirilmesinde aşağıdaki sıranın takibi faydalıdır:



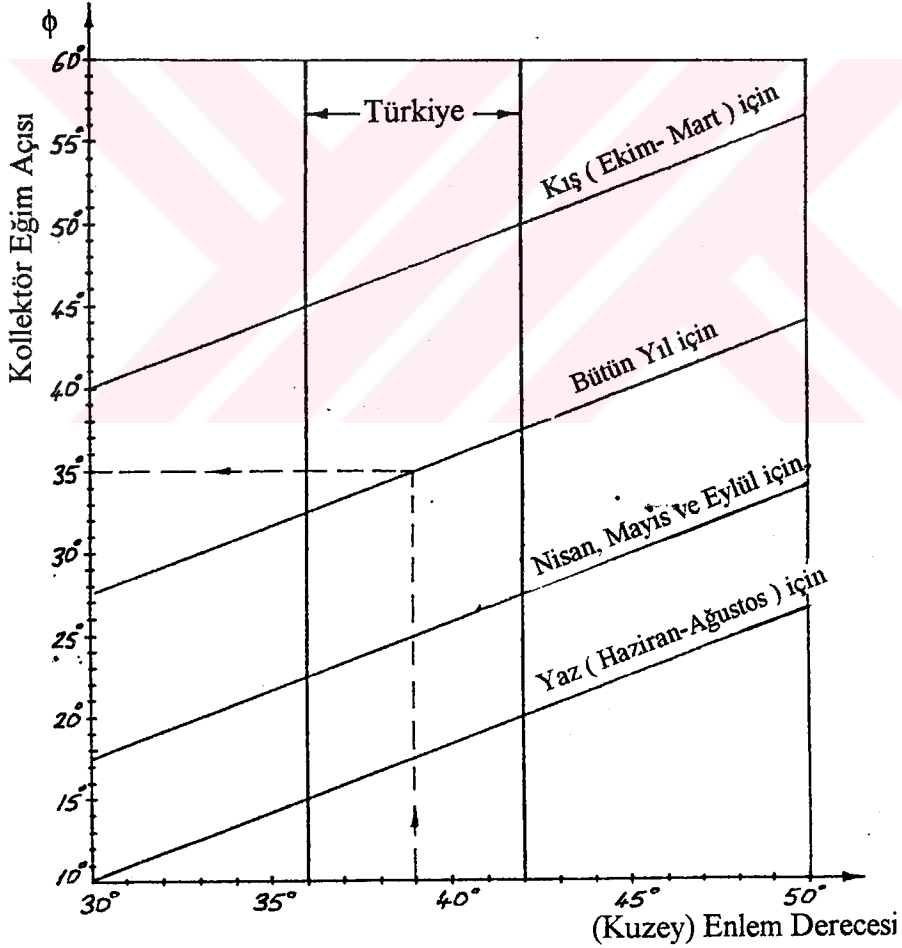
1.a) Güneşli su ısıtıcısının planlandığı yerin enlemi haritadan veya Meteoroloji Bülteni kitabından alınır. [3]

b) Güneşli su ısıtıcısının planlandığı yerde meteoroloji istasyonu yoksa, en yakın meteoroloji istasyonunun verileri kullanılır.

2. Güneşli su ısıtıcısının planlandığı mevsim saptanır.

3.a) Kollektör azimut açısı saptanır.

b) En uygun kollektör eğim açısı; Planlanan yerin eğimi ve mevsime göre Şekil 5.81'den bulunur.



Şekil 5.81. Enlem derecesi ve aylara göre en çok güneş enerjisi alacak kollektör eğim açısının bulunması

4. a) Yatay yüzeye gelen güneş ışınımının değeri, planlanan yere en yakın meteoroloji istasyonu ve mevsime göre tablolardan alınır. Bu tablolar Ek A'da sunulmuştur.

b) Eğik kolektör yüzeyi için dönüşüm faktörü, planlanan yerin enlemi , eğim açısı ve mevsime göre Tablo 5.2'den bulunur.

c) Kolektör azimut açısının düzeltme faktörü, planlanan yerin enlemi ve azimut açısına göre Şekil 5.80'den saptanır.

5. Kolektör yüzeyine gelen Güneş ışınım şiddeti (5.6) no.lu bağıntıdan bulunur. [11]

$$(Q_t)_{\text{eğik}} = Q_k = Q_{t_{\text{yatay}}} \cdot R \cdot A_1 \quad (\text{w} / \text{m}^2) \quad (5.6)$$

6. a) Kolektör verimi, kolektör tipine ve mevsime göre Tablo 5.1'den alınır. [11]

**Tablo 5.1.** Değişik kolektör tiplerine ve mevsimlere göre kolektör verimleri

Mevsimler	Tek tab. cam örtülü ve seçlektif absorber yüzeyli kolektör	Çift tabaka cam örtülü ve seçlektif absorber yüzeyli kolektör
Yaz (Haziran-Ağustos)	0,65	0,60
Nisan, Mayıs, Eylül	0,50	0,45
Kış (Ekim-Mart)	0,25	0,35
Bütün Yıl	0,40	0,45

b) Kolektör dışında, sistemin ortalama verimi olarak  $\eta = 0.60$  alınabilir. [11]

c) Faydalı ısı (5.7) nolu bağıntıdan bulunur. [11]

$$QN = Qk \cdot \eta k \cdot \eta \quad (W/m^2) \quad (5.7)$$

7. Sıcak su hazırlanması için gerekli ısı miktarı (5.8) bağıntısı yardımıyla bulunur. [9]

$$Qd = Mw \cdot C \cdot (Tw - TF) \quad (W) \quad (5.8)$$

8. Gerekli kollektör alanı (5.9) no lu bağıntı kullanılarak hesaplanır. [11]

$$Fk = \frac{Qd}{QN} \quad (m^2) \quad (5.9)$$

9. Sıcak su deposu hacmi (5.10) bağıntısı yardımıyla bulunur.

$$V = B_1 \times Fk \quad (m^3) \quad (5.10)$$

$B_1$ :  $0.06 \text{ m}^3 / \text{m}^2$  kollektör alanı alınabilir. [11]

10. Su dolaşım pompası için gerekli debi (5.11) bağıntısı yardımıyla bulunur.

$$Q = B_2 \times Fk \quad \text{lt/ dak} \quad (5.11)$$

$B_2$ :  $1 \text{ lt/ dakm}^2$  kollektör alanı alınabilir. [11]

### 5.3. Kocaeli Bölgesinde 4 Kişilik Bir Aile İçin Uygulama

1. a) Ailenin oturduğu yer : İzmit

Enlemi :  $40^\circ 51'$  [3]

b) En yakın meteoroloji istasyonu

İzmit, Merkez

**Tablo 5.2.** Kollektör eğim açısı ( $\phi$ ) ve enlem derecelerine göre dönüşüm faktörü R değerleri

Aylar	$\phi$	$\phi$			
		15°	30°	45°	60°
40°K Enlem için R Faktörleri					
Nisan,Mayıs ,Eylül	29,84°	1,114	1,153	1,113	0,997
Haziran- Ağustos	22,84°	1,075	1,077	1,005	0,865
Nisan-Eylül	26,34°	1,094	1,114	1,057	0,929
Ekim-Mart	53,44°	1,315	1,540	1,661	1,668
Bütün yıl	40,00°	1.183	1.286	1,301	1,227

2. Güneşli su ısıtıcısının planlandığı mevsim

Bütün aylar için yapılacak

3. a) Kollektör azimut açısı  $A=20^\circ$  [11]

b) Kollektör eğim açısı Şekil 5.81'den  $40^\circ 51'$  enlem ve bütün yıl için  $\phi = 36^\circ$  bulunur.

4. a) Yatay yüzeye gelen güneş ışınımı değerleri Ek A'da sunulan tablolardan bütün aylar için maksimum değerler alınır.

b) Eğik yüzey için dönüşüm faktörü Tablo 5.2'den  $40^\circ$  enlem, bütün yıl için  $\phi = 30^\circ$  için  $R = 1,286$  bulunur.

c) Kollektör azimutu düzeltme faktörü Şekil 5.80'den  $40^\circ$  enlem ve  $A = 20^\circ$  için  $A_1 = 0,99$  bulunur.

5. Kollektör yüzeyine gelen güneş ışınım şiddeti her ay için (5.6) bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır.

Bu hesaplar sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 5.1'den Şekil 5.16'ya kadar olan grafiklerle gösterilmiştir.

6. a) Kollektör verimi Tablo 5.1'den çift tabaka cam örtülü ve selektif absorber yüzeyli kollektör ve bütün yıl için  $\eta_k = 0,45$  bulunur.

b) Kollektör dışında, sistemin ortalama verimi  $\eta = 0,60$  alınır.

c) Faydalı ısı (5.7) formülünden bütün aylar için bulunur.

Tüm aylar için bulunan faydalı ısının sonuçları Şekil 5.53'de ve Şekil 5.54'de toplu olarak gösterilmiştir.

7. Sıcak su hazırlamak için gerekli ısı miktarı Tablo 5.3'de belirtildiği gibi orta halli ailelerde kişi başına kullanılan su miktarı 60-100 lt/gün kişi olarak gösterilir.

$Q_d = M_w \times C \times (T_w - T_F)$  (W) formülünde

$M_w$  : Isıtılacak su miktarı (lt/gün)

$C$  : Suyun ısınma ısısı 1 kcal/kg °C

$T_w$  : Erişilmesi istenilen su sıcaklığı (°C)

$T_F$  : Şebeke suyu sıcaklığı (°C) ifade eder.

Buna göre 4 kişilik bir aile için  $4 \times 60 = 240$  lt/gün bulunur.

Burada  $T_w = 45^\circ\text{C}$  olarak alınır. Konutlarda genellikle banyoda  $40^\circ\text{C}$  ve mutlaka  $60^\circ\text{C}$  sıcaklığında su kullanılır.[11] Dolayısı ile kullanım suyu sıcaklığı olarak  $50^\circ\text{C}$  alınabilir. Ancak enerji tasarrufu açısından  $5^\circ\text{C}$  fedakarlıkla kullanım suyu sıcaklığının  $45^\circ\text{C}$  olarak alınması tavsiye edilmektedir. [11]  $T_F$  değeri ise Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık ayları için  $2^\circ\text{C}$ . Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ayları için  $10^\circ\text{C}$  olarak kabul edilirse (5.8) nolu bağıntı yardımıyla;

**Yaz dönemi için;**

$$Q_d = 240 \times 1 \times (45 - 10) = 8400 \frac{\text{kcal}}{\text{gün}} = 407,05 \text{ W}$$

**Kış dönemi için;**

$$Q_d = 240 \times 1 \times (45 - 2) = 10320 \frac{\text{kcal}}{\text{gün}} = 500,09 \text{ W}$$

**Tablo 5.3.** Değişik kullanma yerleri ve kullananların sosyal duruma göre 45°C sıcaklığındaki sıcak su ihtiyaçları [11]

1) Konutlarda kalanların sıcak su ihtiyacı :

Fakir ailelerde	40-60 lt/gün,kişi
Orta halli ailelerde	60-100 lt/gün,kişi
Zengin halli ailelerde	100-150 lt/gün,kişi

2) Otel, pansiyon ve misafirhanede kalanların sıcak su ihtiyacı :

Ortalama değer	100 lt/gün,kişi
Lüks oteller için	200 lt/gün,kişi

3) Atelye ve Endüstri tesislerinde çalışanların sıcak su ihtiyacı :

Ortalama değer	50 lt/gün,kişi	Küvetli duşlarda	80 lt/gün,kişi
Lavabolarda	30 lt/gün,kişi	Açık duşlarda	50 lt/gün,kişi

8. Bu değerlerden faydalanılarak her aya ait kollektör alanı (5.9) formül yardımıyla bulunur.

Bulunan bu sonuçlara göre her ay için zaman ve kollektör alanı grafikleri çizilmiştir (Şekil 5.62-5.77).

9. Sıcak su deposu hacmi (5.10) bağıntısı yardımıyla

$$V = 0,06 \times 1,634 = 0,098 \text{ m}^3$$

bulunur.

#### 5.4. Grafiklerin Yorumlanması

1995 Ocak ayından 1996 Nisan ayına kadar yapılmış olan aylık meteorolojik ölçümler sonucunda yatay yüzeye gelen güneş ışınım şiddeti değerleri bulunmuştur. Bu güneş ışınım şiddeti değerlerinin bir günlük maksimum değerleri göz önüne alınıp zamana bağlı olarak grafikleri çizildi.

Şekil 5.17'den Şekil 5.32 ye kadar olan grafiklerden ortam sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimi grafikleri çizilmiştir. Şekil 5.33'de görüldüğü gibi 1995 Ocak-Aralık dönemine ait güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı grafiğinde Nisan ayının güneş ışınım şiddetinin diğer aylara göre maksimum olduğu görülür. 1995 Ocak-Aralık dönemine ait sıcaklık değişim grafiğinde Temmuz ayının ortam sıcaklığının maksimum olduğu görülür (Şekil 5.34). 1996 Ocak-Nisan dönemine ait güneş ışınım şiddeti değişim grafiği incelendiği zaman Nisan ayının güneş ışınım şiddeti maksimumdur. (Şekil 5.35) Bu değer  $650 \text{ W/m}^2$  civarındadır. Bu durum saat 11:00 ve 12:00 arasında geçerlidir.

Yatay yüzeye gelen güneş ışınım şiddeti kollektör yüzeyine gelirken R dönüşüm faktörü ve  $A_1$  düzeltme faktörünün etkisi olur. Yani kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımı (5.6) bağıntısıyla elde edilir.

Kollektörlerde verim, kollektörün topladığı kullanılabilir enerji miktarının kollektör üzerine düşen enerji miktarına oranı şeklinde bulunur. Birim kollektör yüzeyine düşen direkt ve difüz güneş ışınlarının bir yüzdesi faydalı ısıya dönüşürken geri kalanı da çevreye kaybolmaktadır. Kayıplar ışınım (Radyasyon), yansıma ve taşınım (konveksiyonla) oluşmaktadır. Güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek için örtü malzemesinin (cam) ışık geçirgenliğini arttırmak, kollektör plakasının emiciliğini arttırıp yayıcılığını azaltmak (seçici yüzey kullanmak), plakalardan akışkana ısı geçişini iyileştirmek ve uygun yalıtım yapmak gerekir.

Faydalı ısı plakanın absorbladığı ısıdan çeşitli kayıpların çıkarılmasıyla bulunabilir. Güneş kollektörlerinden çeşitli şekillerde oluşan ısı kayıpları bulunduktan sonra kayıp

olan bu ısı miktarının kollektörün absorbladığı enerjiden çıkarılmasıyla faydalı ısı bulunmuş olur.

Bu tanımların ışığında faydalı ısı (5.7) bağıntısıyla bulunabilir. Kollektörün eğik yüzeyine gelen ışınım şiddeti, yatay yüzeyine gelen ışınım şiddetiyle R dönüşüm faktörünün çarpılmasıyla bulunduğundan bu değer bizim faydalı ısı dediğimiz  $Q_N$  değerinden daha büyüktür. Şekil 5.37'den Şekil 5.52'ye kadar çizilmiş olan grafiklerde bunlar açıkça görülmektedir. 1995 yılına ait grafikler incelendiğinde saat 12:00'da en yüksek faydalı ısının Mayıs ayında olduğu, saat 11:00'de Nisan ayında olduğu görülmüştür (Şekil 5.53). En düşük değer ise Aralık ayına aittir. Şekil 5.54'de ise 1996 Ocak-Nisan döneminde maksimum değer Nisan ayına aittir.

$A_I$  düzeltme faktörünün değeri değiştirildiği zaman orantılı olarak kollektör yüzeyine gelen güneş ışınım şiddeti de değişmektedir (Şekil 5.55).

Faydalı ısının bulunuşunda sistem veriminin etkisi çok önemlidir. Değişik  $A_I$  düzeltme faktörü değerleri göz önüne alınarak, her biri için sistem verimi değiştirilerek ( $\eta$ ) kollektörde toplanan faydalı enerji sonuçları karşılaştırıldığında  $\eta = 0.90$  değeri için bulunan faydalı enerji maksimum değerdedir (Şekil 5.56 - 5.61).

Gerekli kollektör alanı (5.9) bağıntısı yardımıyla bulunduktan sonra her aya ait kollektör alanının zamana göre değişim grafikleri çizilmiştir (Şekil 5.62 - 5.77).

Tablo 5.4'de bütün aylara ait faydalı ısı ve gerekli kollektör alanları verilmiştir.

**Tablo 5.4.** Aylık maksimum faydalı ısı ( $Q_N$ ) ve gerekli kollektör alanları

Aylar	Faydalı Isı $Q_N$ ( $W/m^2$ ) Maksimum Değerleri	Gerekli Kollektör Alanları ( $m^2$ )	Sıcak Su Hazırlamak için Gerekli Isı (W)
1995 Ocak	155.73	3.211	500.09
Şubat	167.634	2.98	500.09



Mart	213.134	2.346	500.09
Nisan	249	1.634	407.05
Mayıs	234.688	1.73	407.05
Haziran	237	1.72	407.05
Temmuz	222.71	1.82	407.05
Ağustos	222.71	1.82	407.05
Eylül	217.92	1.87	407.05
Ekim	186.79	2.67	500.09
Kasım	150.87	3.314	500.09
Aralık	119.738	4.176	500.09
1996 Ocak	136.5023	3.66	500.09
Şubat	153.2657	3.262	500.09
Mart	201.16	2.486	500.09
Nisan	227.87	1.78	407.05

**Tablo 5.4. (Devam) Aylık Maksimum Faydalı ısı ( $Q_N$ ) ve gerekli kollektör alanları**

Faydalı ısının maksimum olduğu değer Nisan ayıdır. Bu ayda sıcak su ihtiyacının karşılanabilmesi için gereken kollektör alanı  $1.634 \text{ m}^2$ 'dir. Bunu göz önüne aldığımızda Nisan ayı için hesaplanan kollektör yüzeyi diğer aylar için de hesaplanmış ve toplu halde Tablo 5.5'de verilmiştir.

**Tablo 5.5. Aylık kollektör yüzeyi ile faydalanma oranı**

Aylar	$1.634 \text{ m}^2$ kollektör alanı ile faydalanma oranı (%)	%100 Faydalanma istenirse gerekli kollektör alanı
1995 Ocak	51	3.211
Şubat	54	2.98
Mart	69	2.35
Nisan	100	1.634
Mayıs	94	1.73
Haziran	95	1.72

Temmuz	90	1.82
Ağustos	90	1.82
Eylül	87	1.87
Ekim	61	2.67
Kasım	49	3.314
Aralık	39	4.176
1996 Ocak	44	3.66
Şubat	50	3.26
Mart	65	2.486
Nisan	92	1.78

**Tablo 5.5. (Devam) Aylık kolektör yüzeyi ile faydalanma oranı**

Tablo 5.5’de görüldüğü gibi faydalı ısının maksimum olduğu Nisan ayı için tesis edilen 1.634 m<sup>2</sup>’lik kolektör yüzeyi ile sadece nisan ayında %100 verim elde edilmektedir. Bütün aylarda % 100 ve üzerinde faydalanma oranı istenirse kolektör yüzeyleri tablodaki değerlerde olmalıdır.

### **5.5. Güneşli Su Isıtıcıların Yakıt Ekonomisine Katkısının Hesaplanması**

İzmit’te oturan 4 kişilik bir ailenin sıcak su ihtiyacının güneşli su ısıtıcısı ile karşılanması halinde sağlanacak yakıt ekonomisinin bulunması:

Bölüm 5.2’de belirtilen güneşli su ısıtıcılarının ön projelendirilmesindeki iş sırası aynı şekilde yapıldığında Tablo 5.6 elde edilir. Bu tablo mevsimlere göre düzenlenmiştir. Bu tablodaki Fk kolektör alanı yaz (Haziran-Ağustos) dönemi için hesaplanmış ve bu değere göre karşılaştırma yapılmıştır.

**Tablo 5.6** 1995 Yılına ait mevsimlere göre enerji bilançosu

Mevsimler	Yaz (Haziran-Ağustos)	Nisan, Mayıs, Eylül	Kış (Ekim-Mart)
$Q_t$ yatay ( $W/m^2$ )	661.83	680.41	481.89
R	1.075	1.114	1.661
$A_t$	0.99	0.99	0.99
$Q_k$ ( $W/m^2$ )	704.35	750.39	792.42
$\eta_k$	0.60	0.45	0.35
$\eta$	0.60	0.60	0.60
$Q_N$ ( $W/m^2$ )	253.55	202.607	166.41
$F_k$	1.61	1.61	1.61
$Q_d$ (W)	408.21	326.19	267.9
Gerekli $Q_d$ (W)	407.05	407.05	500.09
İhtiyacı karşılama Yüzdesi (%)	~100	~80	~53

Bu kazanlarda 6 no'lu fuel-oil yakıldığına göre yakıtın alt ısıl değeri  $H_u=10000$  kcal / kg'dır.

Alışılmış usulle sıcak su hazırlayan sistemlerde yıllık fuel-oil tüketimi;

Yaz yarı yılında (183 gün)

$$(183.8400) / (10000) = 153,72 \text{ lt fuel-oil} \quad (5.12)$$

Kış yarı yılında (182 gün)

$$(182. 10320) / (10000) = 187,824 \text{ lt fuel-oil} \quad (5.13)$$

Toplam = 341,544 lt fuel-oil/yıl

Tablo 5.6'dan görüldüğü gibi, örnekteki güneşli su ısıtıcısı sistemiyle; yaz yarı yılında yakıt ihtiyacının % 90'ı, kış yarı yılında ise %53'ü karşılanır ve

Yaz yarı yılında :

$$153,72 \times 0,90 = 138,348 \text{ lt fuel-oil}$$

Kış yarı yılında :

$187,824 \times 0,53 = 99,546$  lt fuel-oil olmak üzere, bütün yıl için 237,894 lt/yıl fuel-oil yakıt ekonomisi sağlanmış olur. Kollektör alanı başına düşen yakıt ekonomisi ise :

$$237,894/1,61 = 147,76 \text{ lt/m}^2 \text{ yıl}$$

Yılda 1 m<sup>2</sup> kollektör yüzeyi başına 147,76 lt fuel oil olarak bulunur. 6 no'lu fuel-oil'in bugünkü resmi satış fiyatı 30000 TL/lt 'dir. Buna göre ;

$$237,894 \times 30000 = 7136820 \text{ TL/yıl bulunur.}$$

Doların 106346 değeri üzerinden karşılığı bulunduğunda 67109\$'a eşit olduğu görülür.

## 5.6 Sonuçlar ve Öneriler

Nisan ayındaki kollektör alanı 1,634 m<sup>2</sup>'ye göre, Kollektörün konumunda ve tesisiatta bir değişiklik yapmaksızın yılın tüm aylarında, bu güneşli su ısıtıcısı ile sıcak su ihtiyacının % kaçının karşılanabileceği bölüm 5.2' de anlatılan işlem sırasına göre hesaplar yapılarak bulunabilir. Tablo 5.7'de bu sonuçlar gösterilmektedir.

1995 Ocak ayından 1996 Nisan ayına kadar tüm aylara ait kollektör alanlarının ortalama değeri olarak 3 m<sup>2</sup> alındığı takdirde sıcak su için gerekli ısı miktarı ve bu

ıııdan yararlanabilecek kişi sayısı Tablo 5.8.'de gösterilmiştir. Burada (5.8) ve (5.9) bağıntısı yardımlarıyla hesaplar yapılmıştır.

Tablo 5.8.'e bakıldığında İzmit'te oturan 4 kişilik bir aile göz önüne alındığında İzmit Şartlarında 1995 Ocak, Kasım, Aralık, 1996 Ocak, Şubat aylarında gerekli olan sıcak su için yeterli ısı elde edilememektedir.

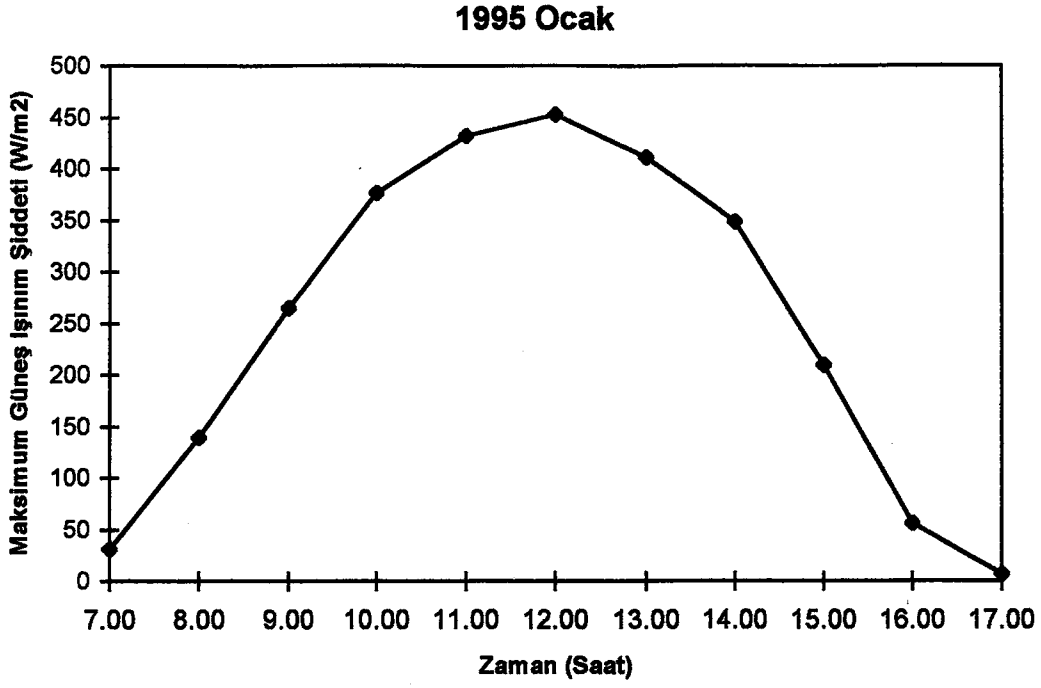
Faydalı ısının minimum olduğu Aralık ayına ait kollektör alanı  $4.176 \text{ m}^2$ 'dir, 4 kişilik bir ailenin standartlara göre kullanabileceği bir günlük sıcak su miktarı  $240 \text{ kg}$ 'dir. Bu suyun  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ısıtılabilmesi için gerekli olan en az kollektör alanının  $4.176 \text{ m}^2$  olduğu görölmektedir. Buna göre bu kollektör alanı ile diğer tüm aylarda % 100 ve daha fazla verim elde edilmektedir.

**Tablo 5.7.** İzmit'te 4 kişilik bir ailenin sıcak su ihtiyacının güneşli su ısıtıcılarıyla karşılanması halinde enerji bilançosu

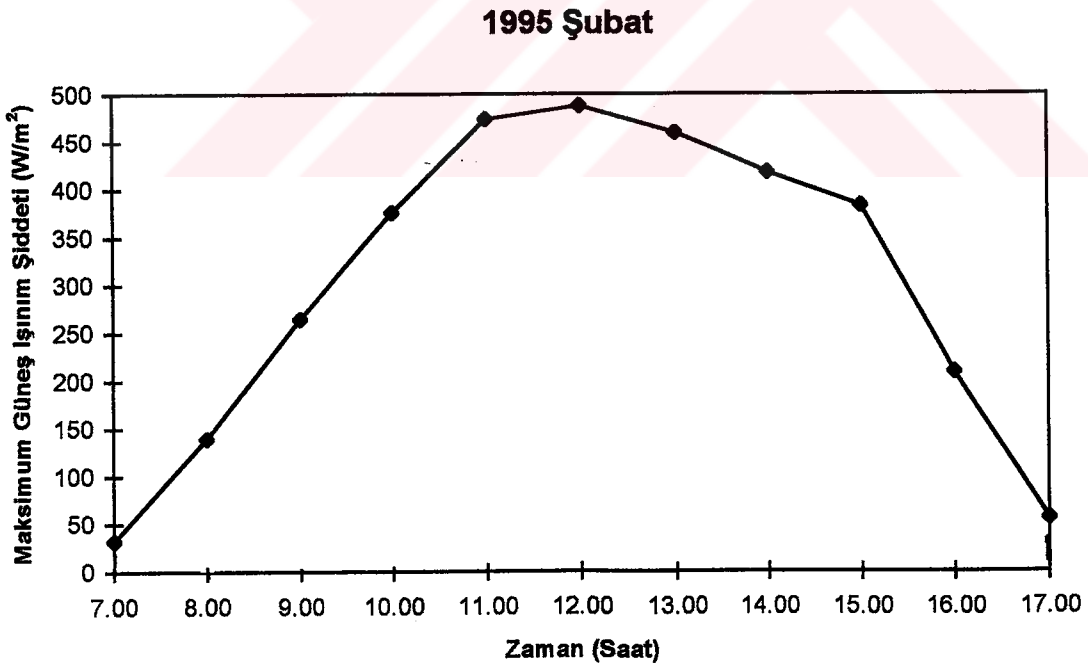
Aylar	Max Qtyatay ( $\text{W/m}^2$ )	Max Qk ( $\text{W/m}^2$ )	$Q_N$ Max ( $\text{W/m}^2$ )	$F_k$ ( $\text{m}^2$ )	Qd (W)	Gerekli Qd (W)	İhtiyacı karşılama Yüzdesi (%)
1995							
Ocak	453.05	576.79	155.73	1.634	254.463	500.09	51
Şubat	487.666	620.86	167.634	1.634	273.91	500.09	55
Mart	620.033	789.38	213.13	1.634	348.26	500.09	70
Nisan	724.533	922.43	249	1.634	406.95	407.05	100
Mayıs	682.733	869.21	234.68	1.634	383.48	407.05	94
Hazir.	689.7	878	237	1.634	387.38	407.05	95
Temm.	647.9	824.86	222.71	1.634	363.91	407.05	89
Ağust.	647.9	824.86	222.71	1.634	363.91	407.05	89
Eylöl	633.966	807.12	217.92	1.634	356.08	407.05	87
Ekim	543.4	691.82	186.79	1.634	305.22	500.09	61
Kasım	438.9	558.78	151	1.634	246.52	500.09	49
Aralık	348.33	443.47	119.74	1.634	195.65	500.09	39
1996							
Ocak	397.1	505.6	136.50	1.634	223.04	500.09	44
Şubat	445.86	567.64	153.26	1.634	250.43	500.09	50
Mart	585.2	745	201.16	1.634	328.69	500.09	66
Nisan	662.91	844	227.87	1.634	372.34	407.05	91

**Tablo 5.8.** 3m<sup>2</sup> kolektör alanıyla elde edilen ısı miktarından faydalanabilen kişi sayısı

Aylar	Kollektör alanı (m <sup>2</sup> )	Faydalı ısı $Q_{N(max)}$ (W/m <sup>2</sup> )	Sıcak su için gerekli ısı miktarı $Q_d$ (W)	Kişi sayısı
1995 Ocak	3	155.73	467.19	3
Şubat	3	167.63	502.90	4
Mart	3	213.13	639.40	5
Nisan	3	249	747	7
Mayıs	3	234.69	704	6
Haziran	3	237	711	7
Temmuz	3	222.71	668.14	6
Ağustos	3	222.71	668.14	6
Eylül	3	217.92	653.76	6
Ekim	3	186.79	560.37	4
Kasım	3	150.87	452.61	3
Aralık	3	119.74	359.21	2
1996 Ocak	3	136.50	409.50	3
Şubat	3	153.26	459.79	3
Mart	3	201.16	603.48	4
Nisan	3	227.87	683.61	6

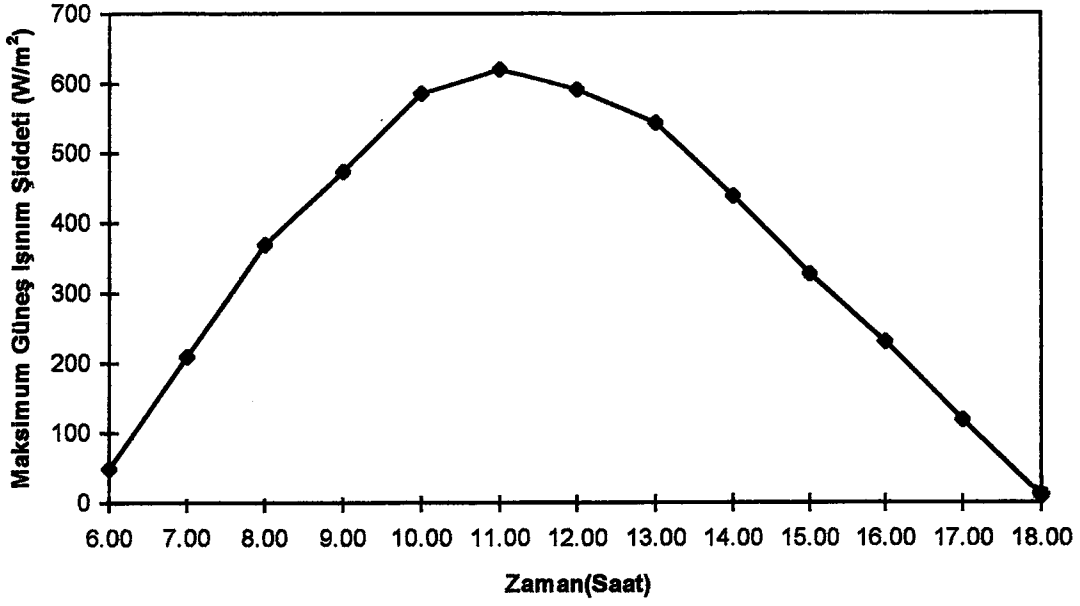


Şekil 5.1. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi



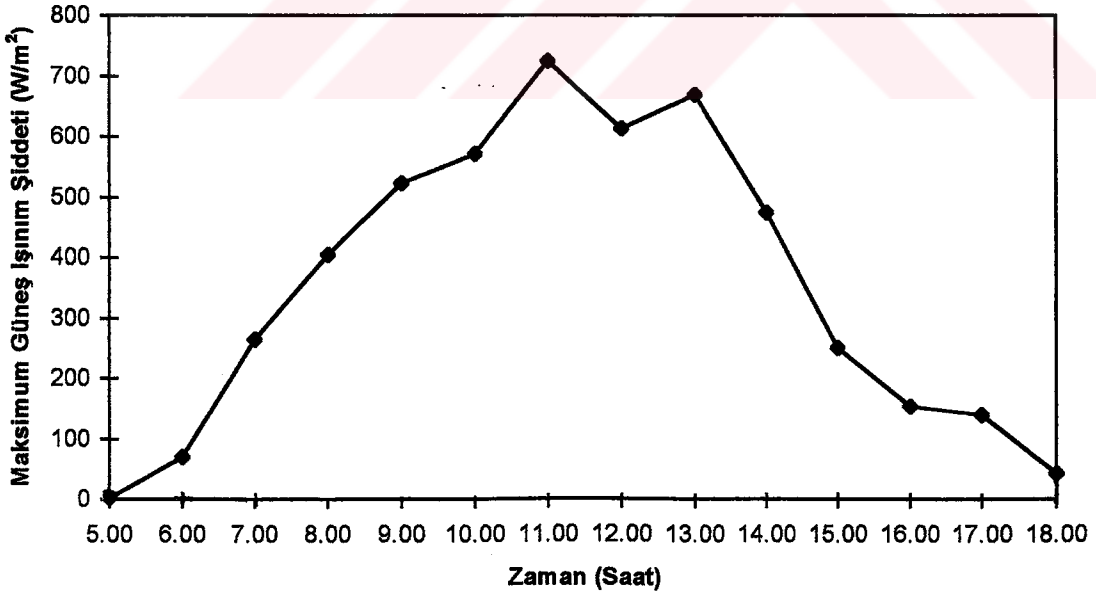
Şekil 5.2. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Mart



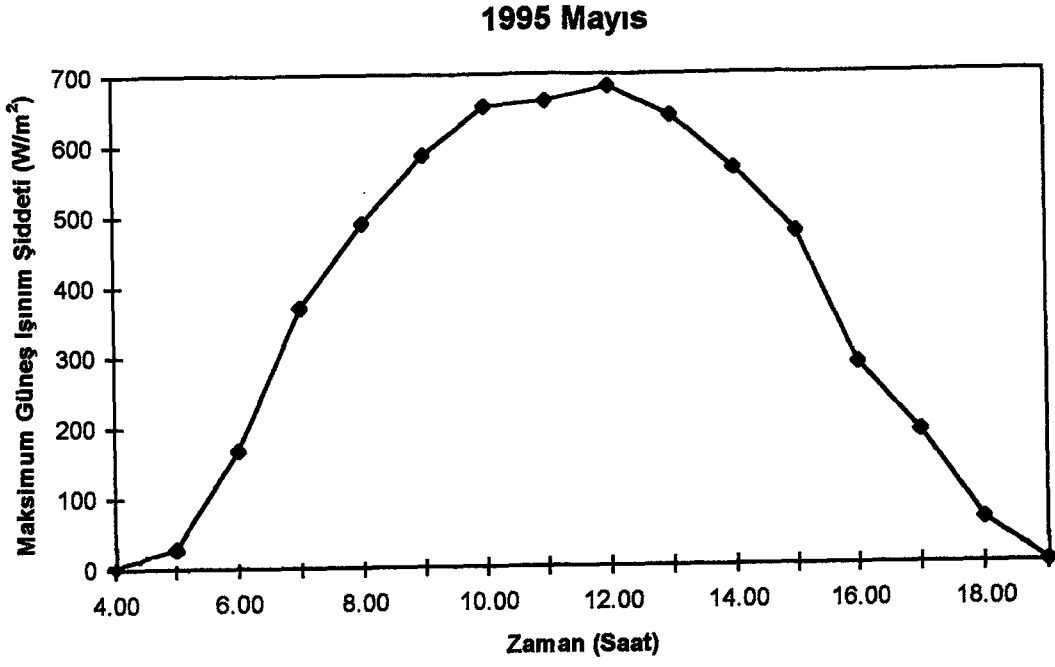
Şekil 5.3. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Nisan

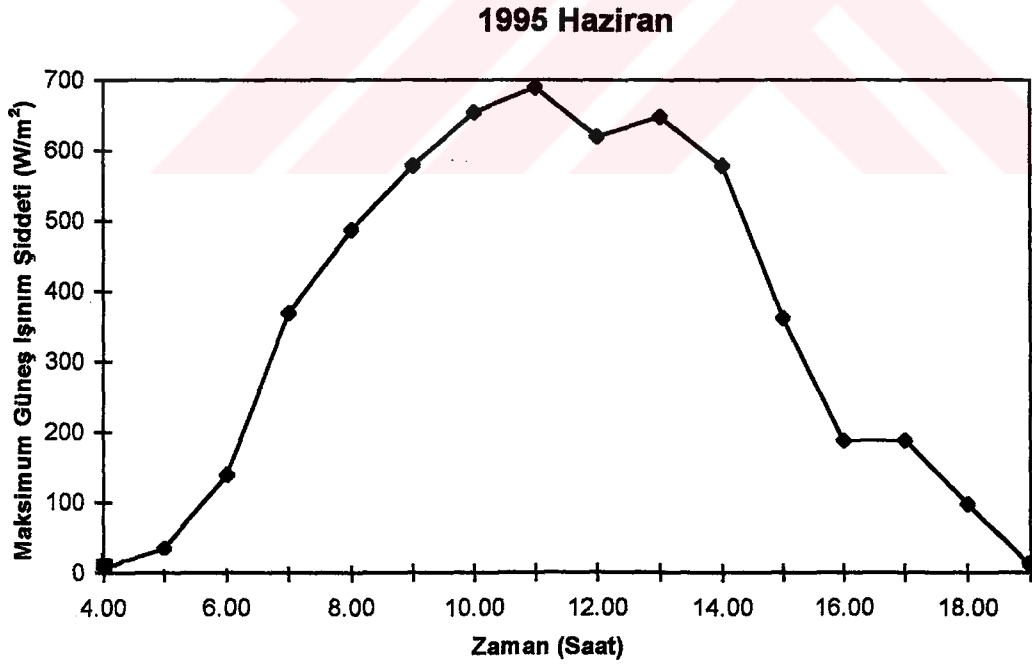


Şekil 5.4. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi



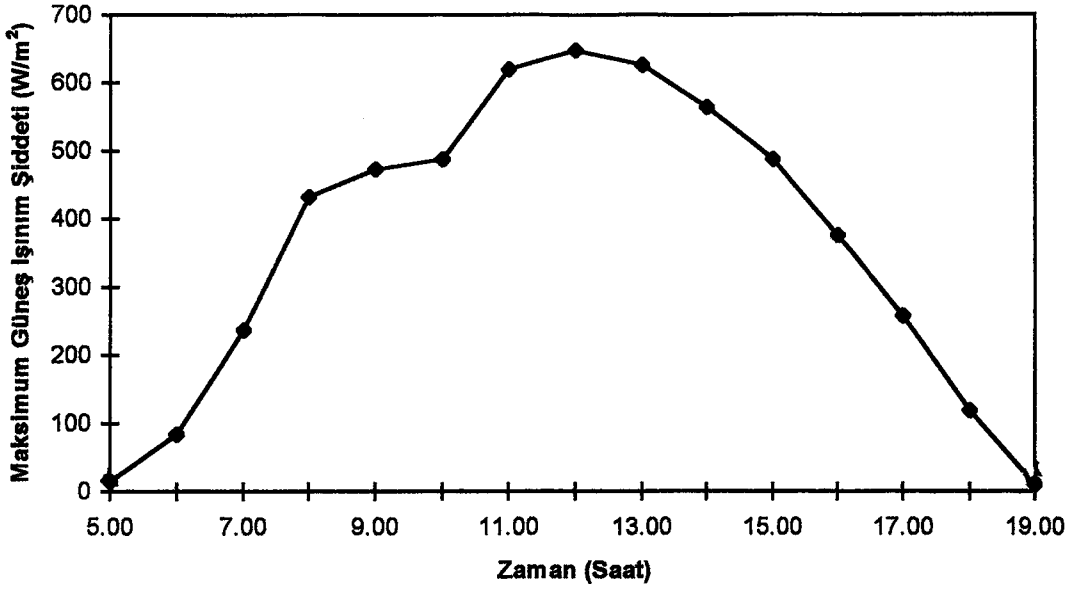


Şekil 5.5. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi



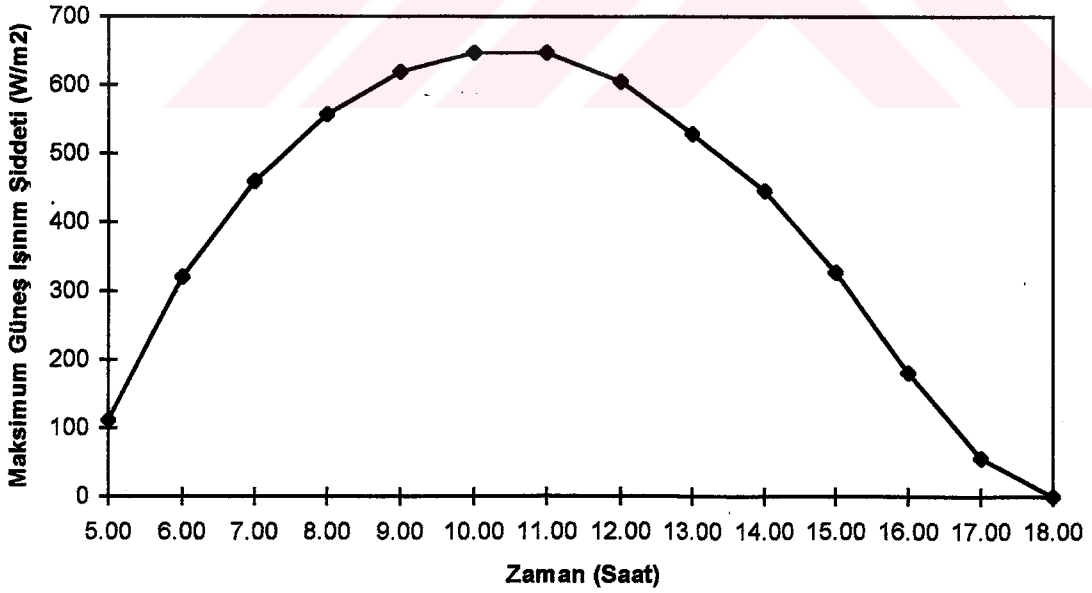
Şekil 5.6. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Temmuz



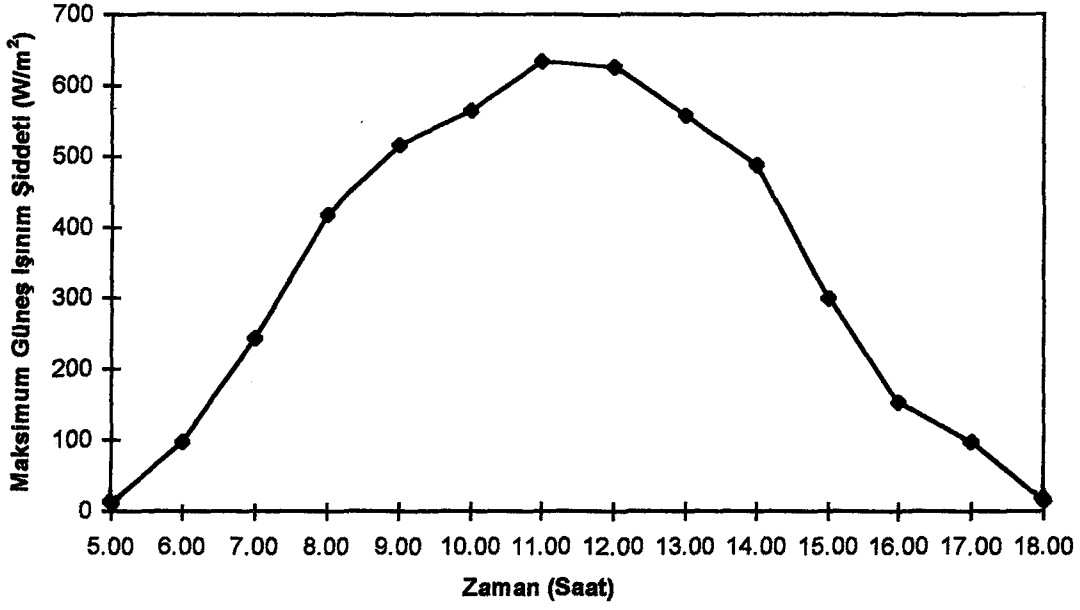
Şekil 5.7. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Ağustos



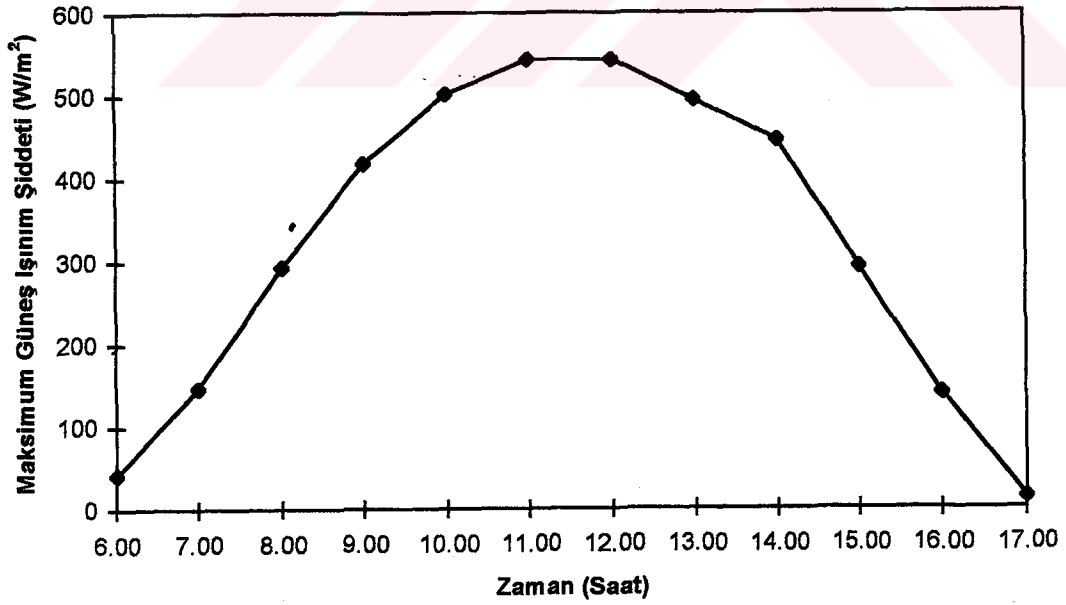
Şekil 5.8. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Eylül



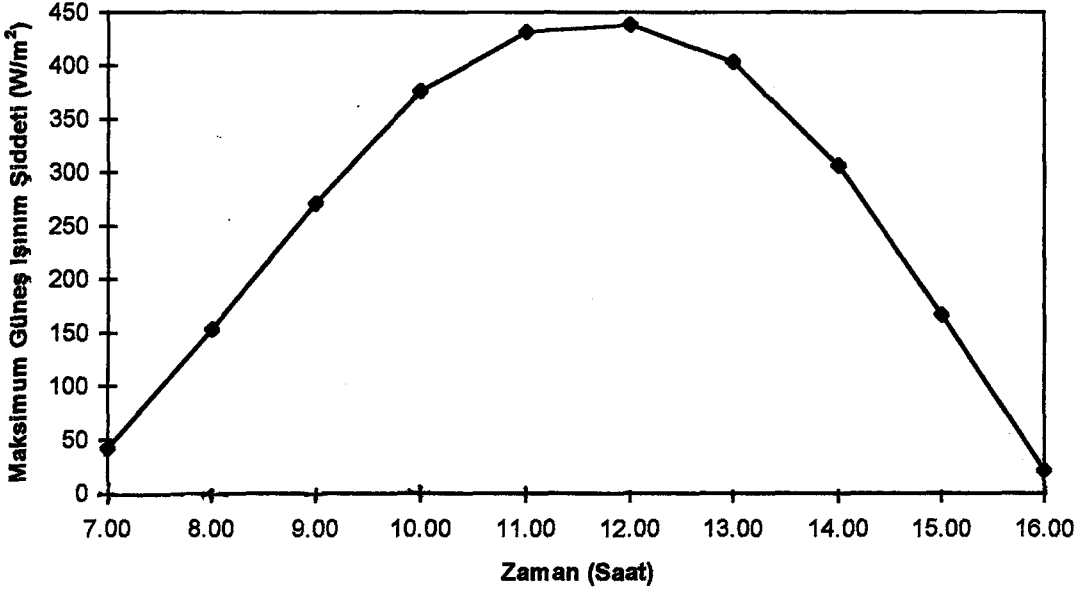
Şekil 5.9 . Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Ekim



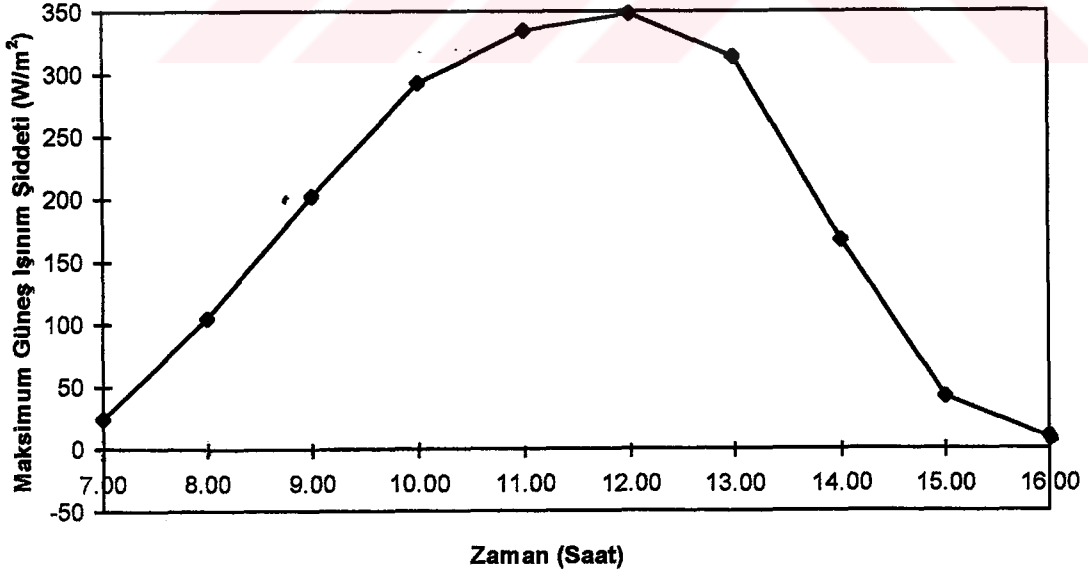
Şekil 5.10. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Kasım



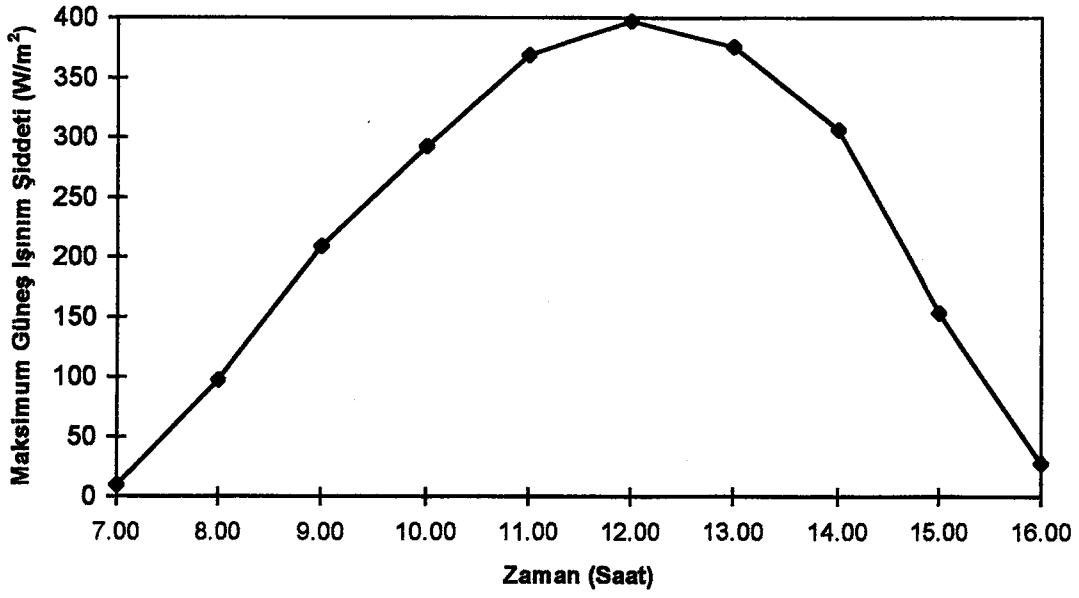
Şekil 5.11. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Aralık



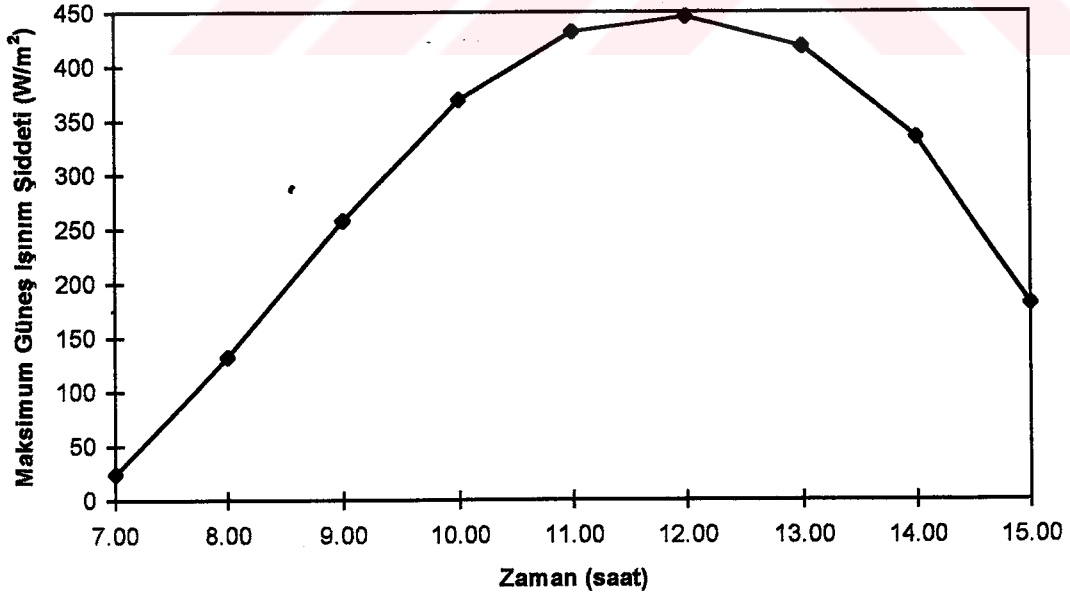
Şekil 5.12. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1996 Ocak



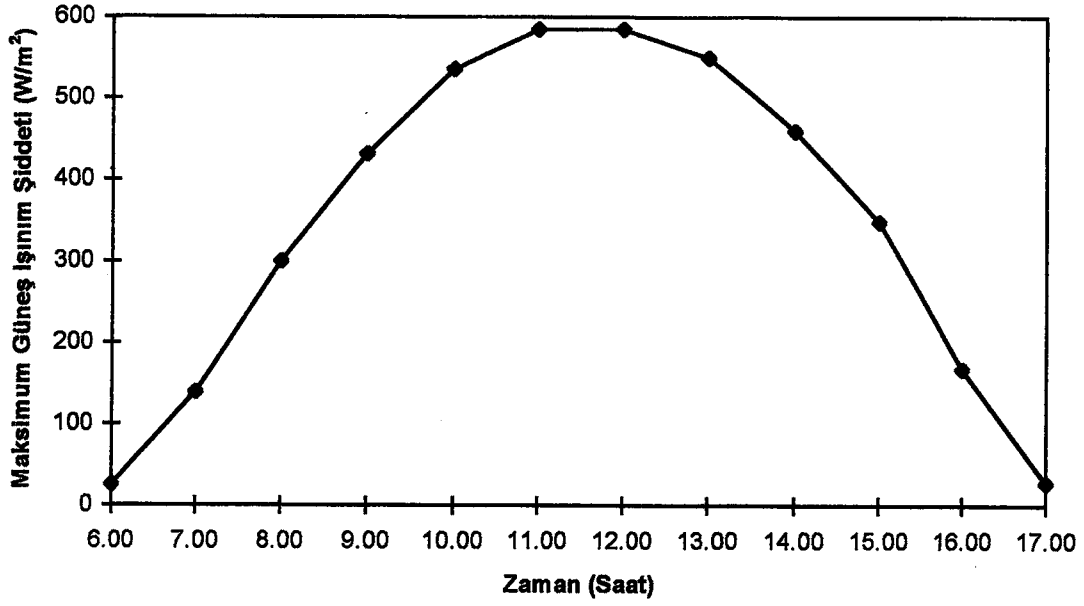
Şekil 5.13. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1996 Şubat



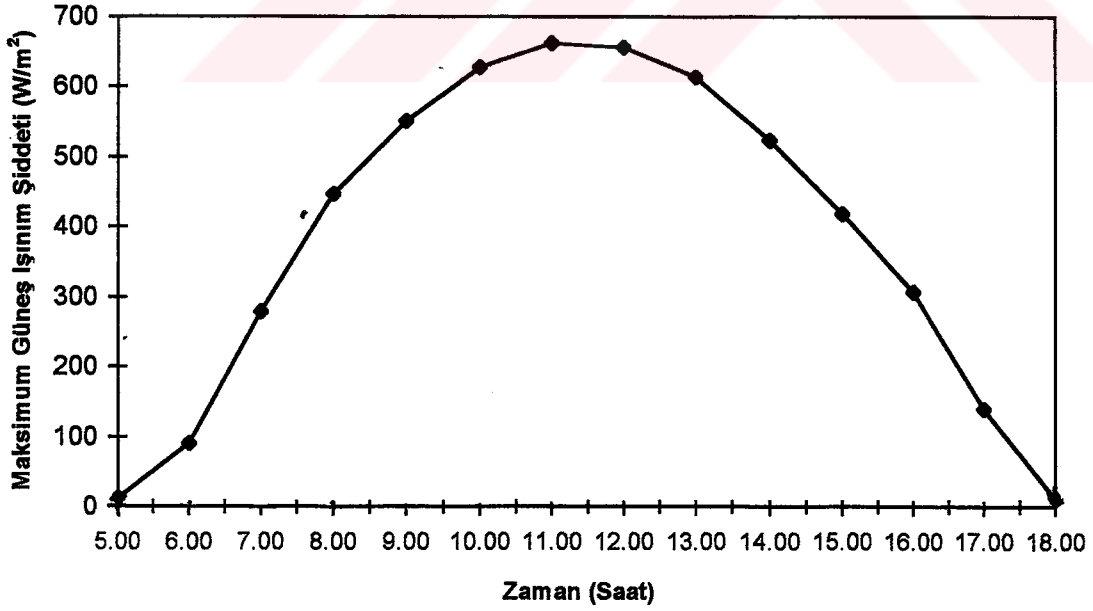
Şekil 5.14. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1996 Mart



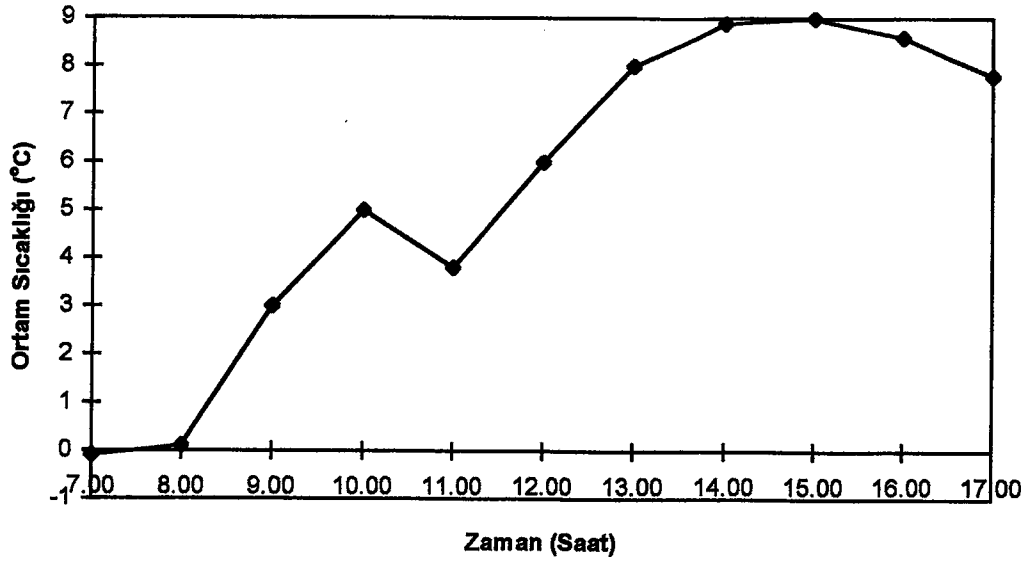
Şekil 5.15. Maksimum Güneş Işınım Şiddetinin Günlük Değişimi

## 1996 Nisan



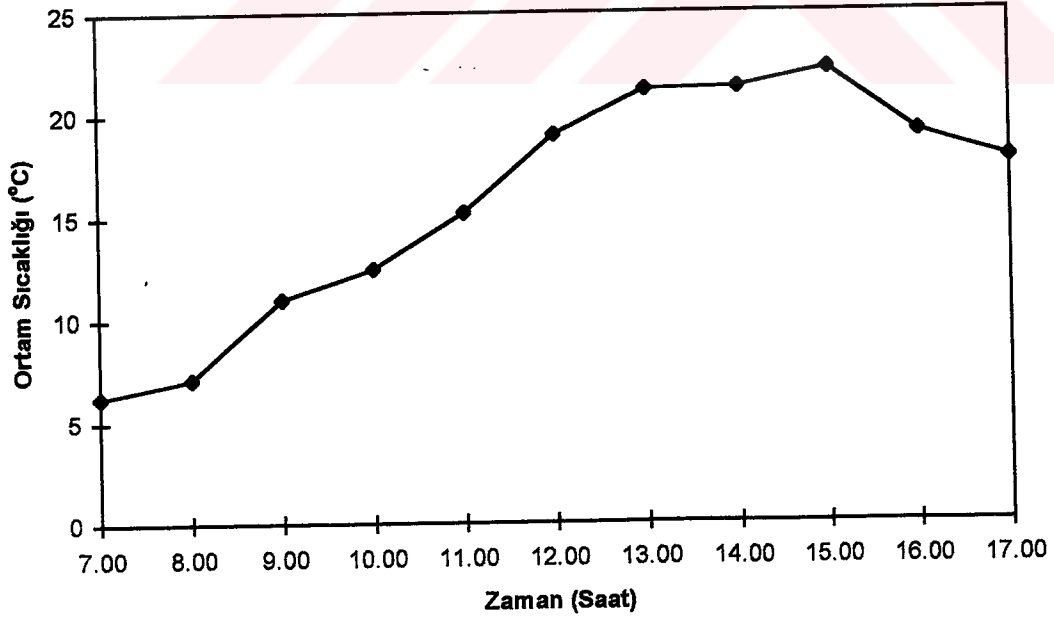
Şekil 5.16. Maksimum Güneş Işınım şiddetinin Günlük Değişimi

## 1995 Ocak



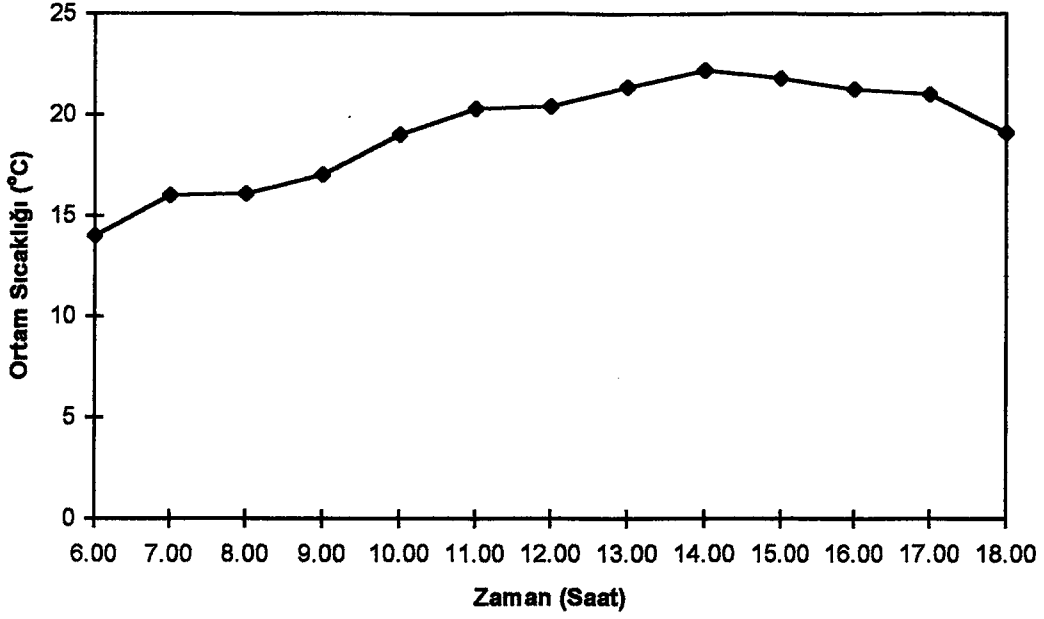
Şekil 5.17. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 Şubat



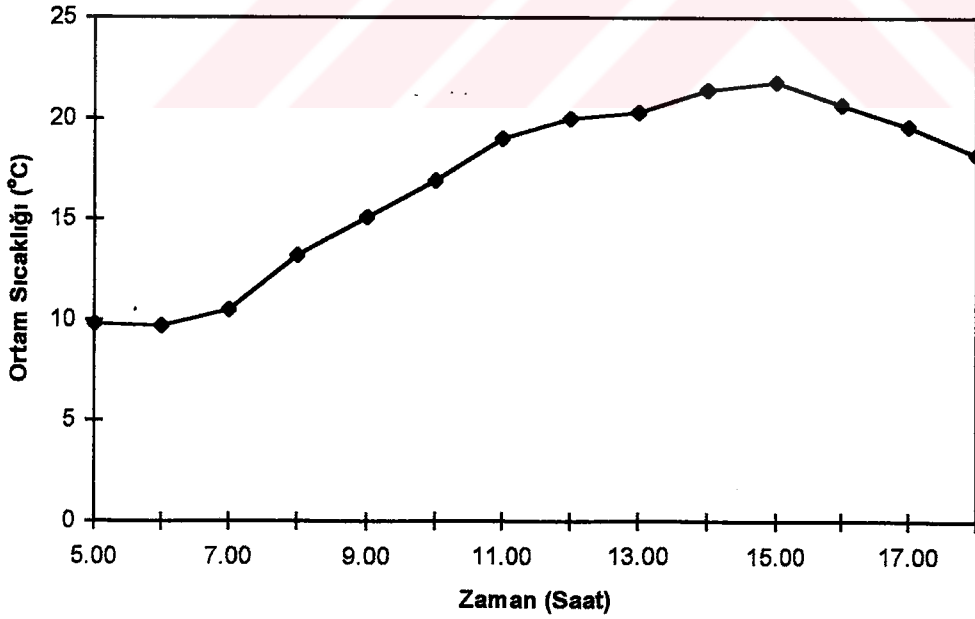
Şekil 5.18. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 Mart



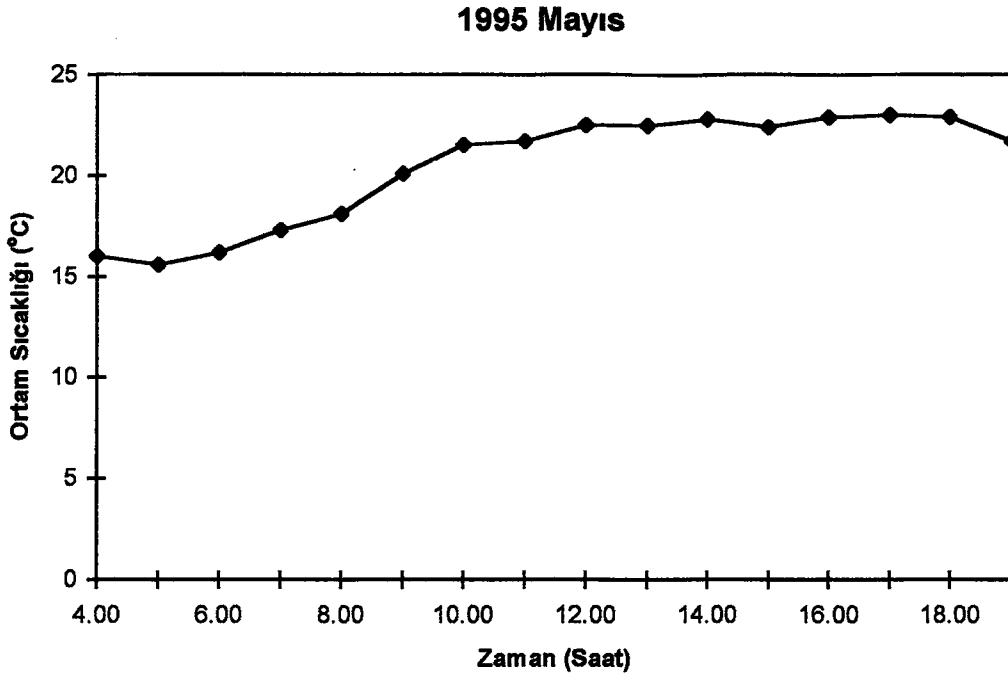
Şekil 5.19. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 Nisan

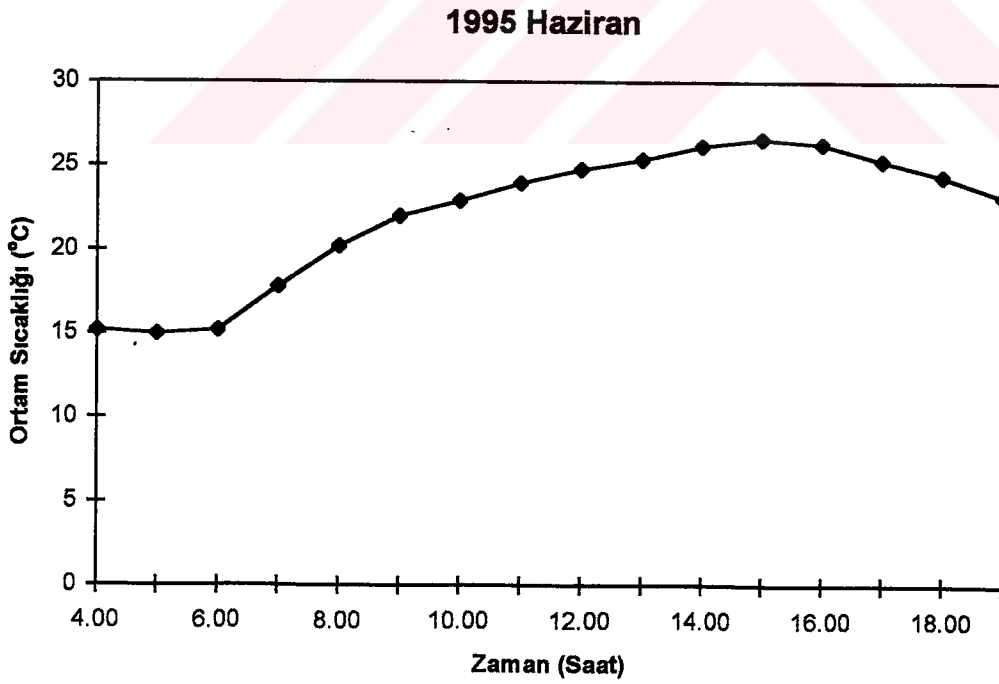


Şekil 5.20. Günlük Sıcaklık Değişimi

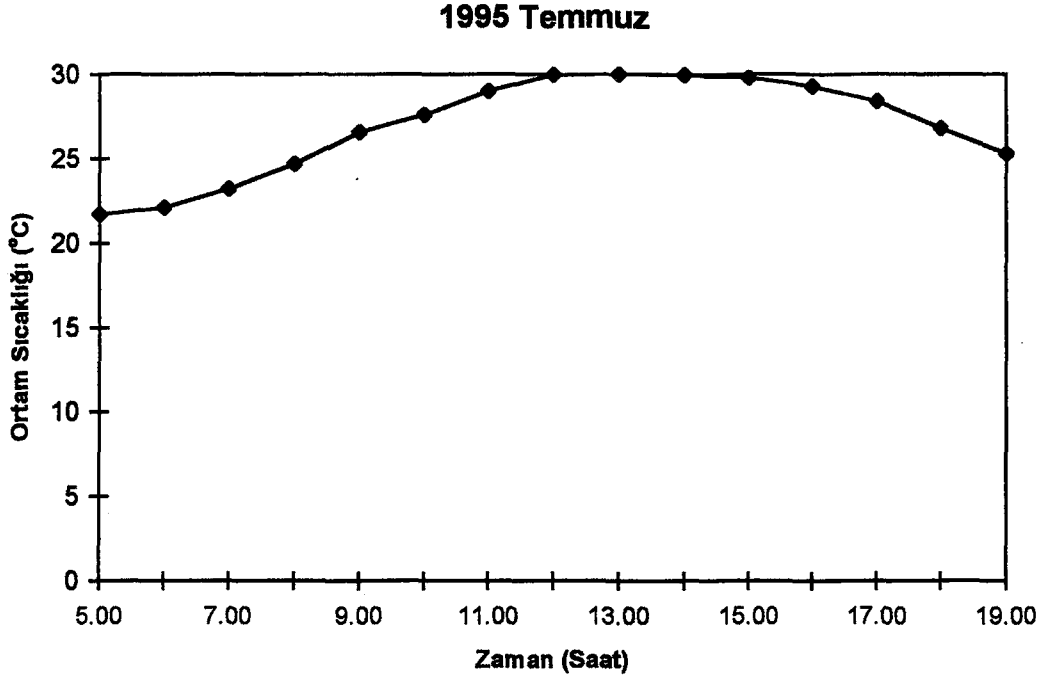




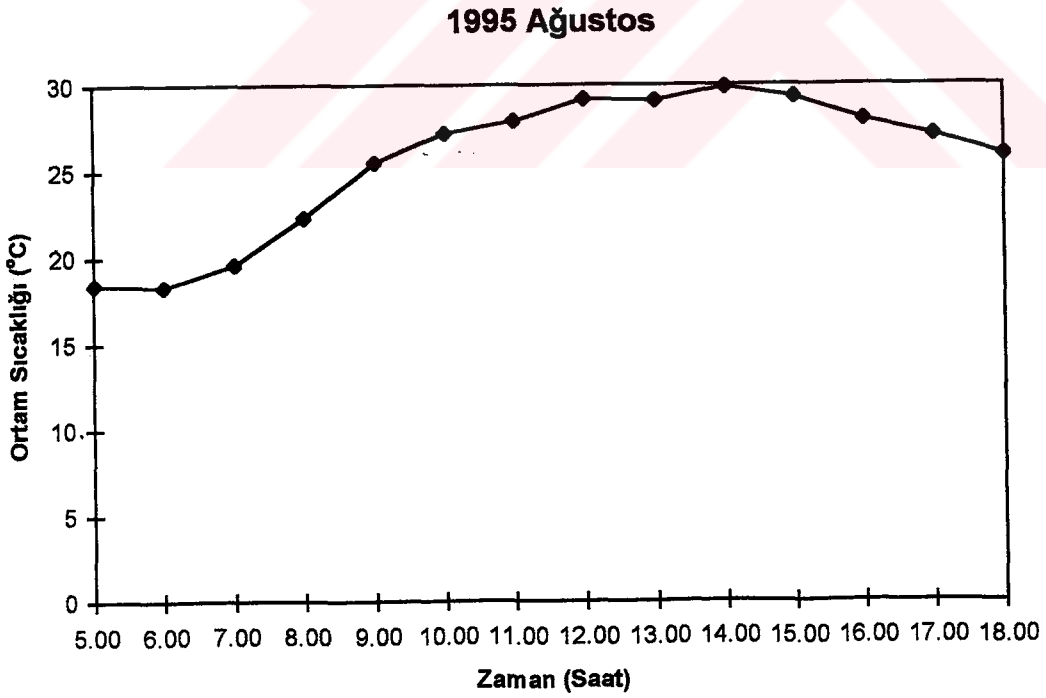
Şekil 5.21. Günlük Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.22. Günlük Sıcaklık Değişimi

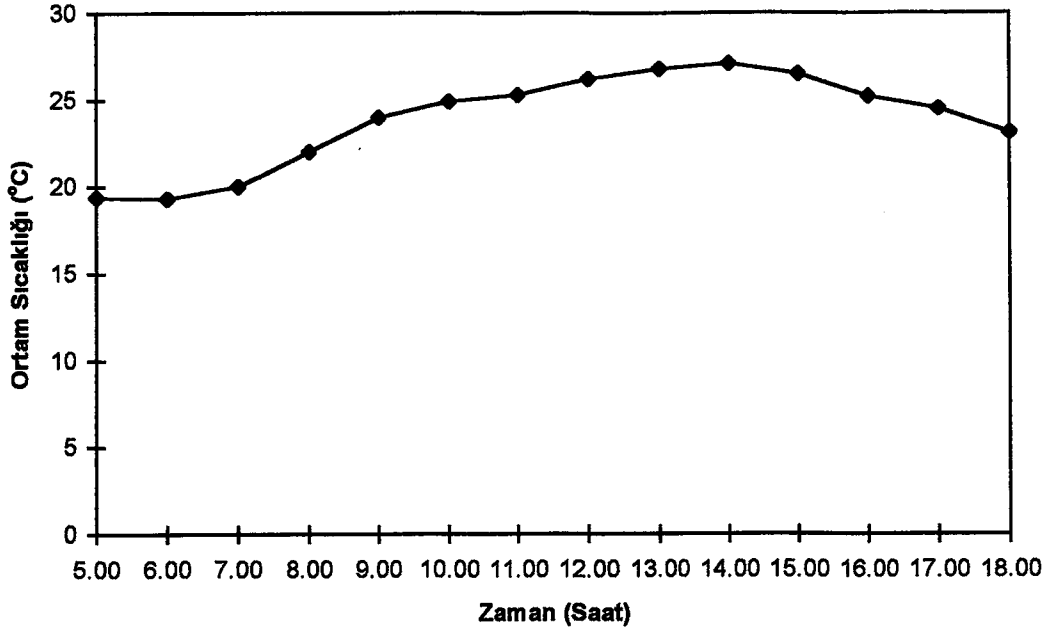


Şekil 5.23. Günlük Sıcaklık Değişimi



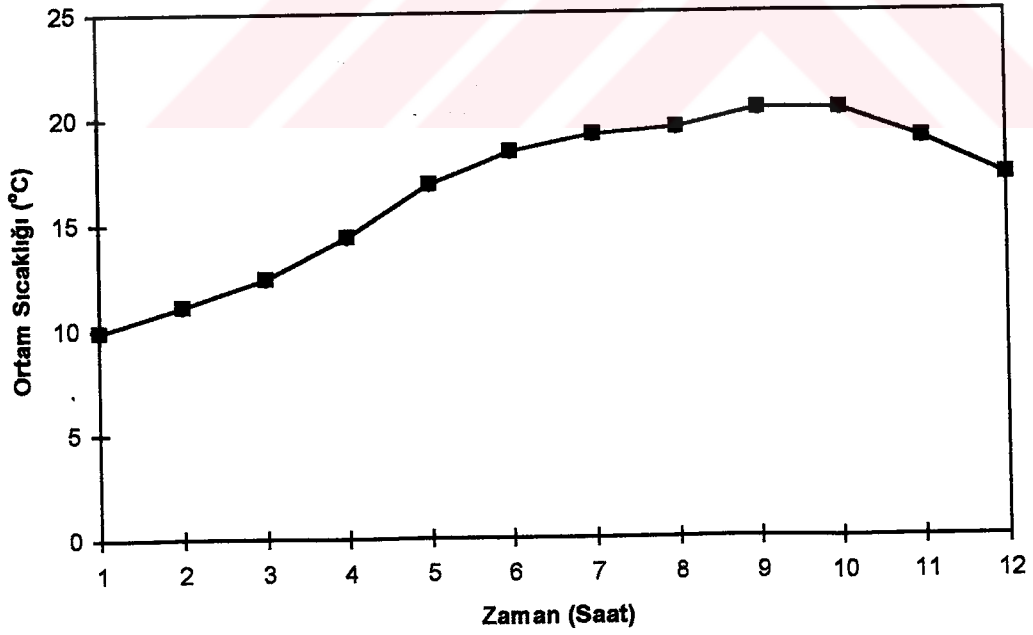
Şekil 5.24. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 Eylül



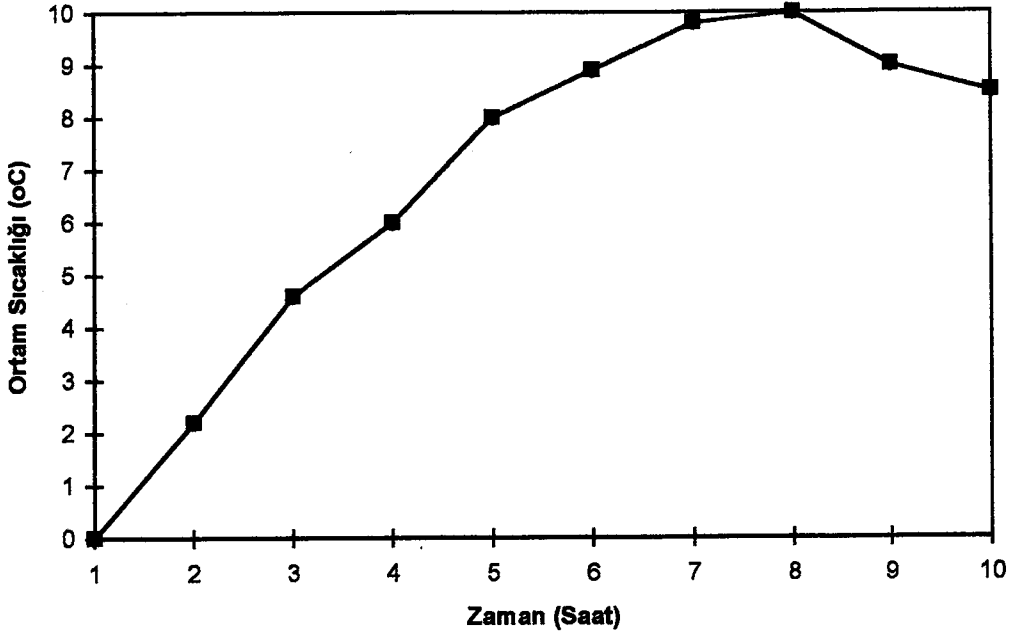
Şekil 5.25. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 Ekim



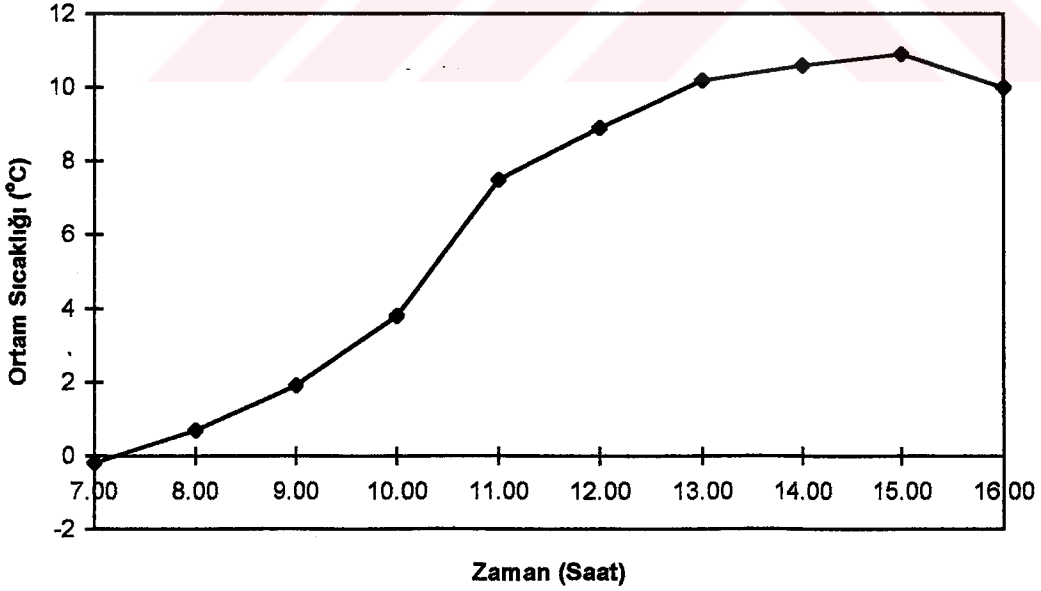
Şekil 5.26. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 Kasım



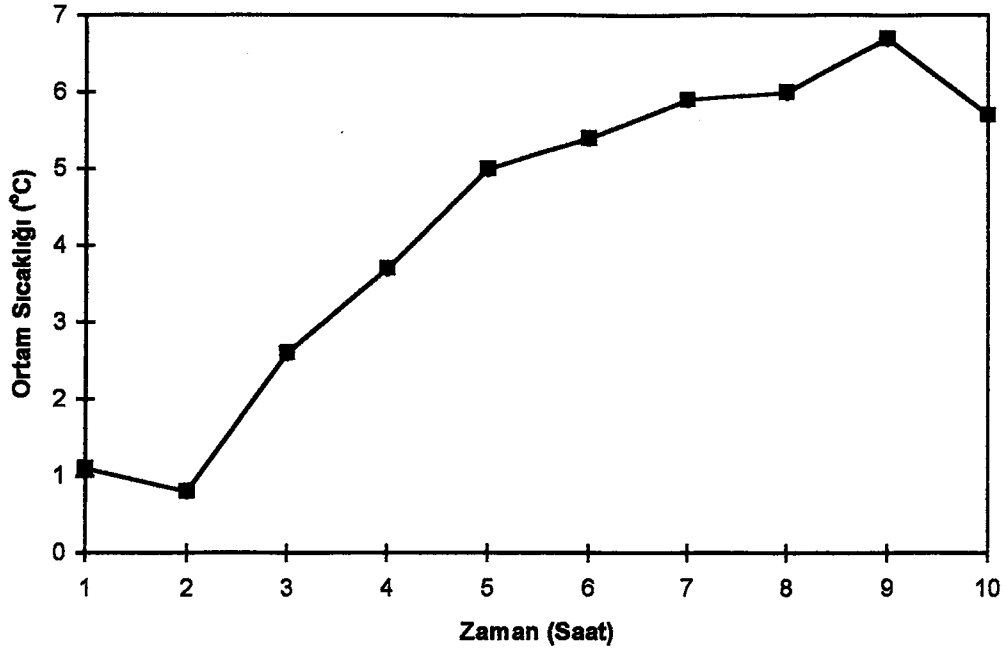
Şekil 5.27. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 Aralık



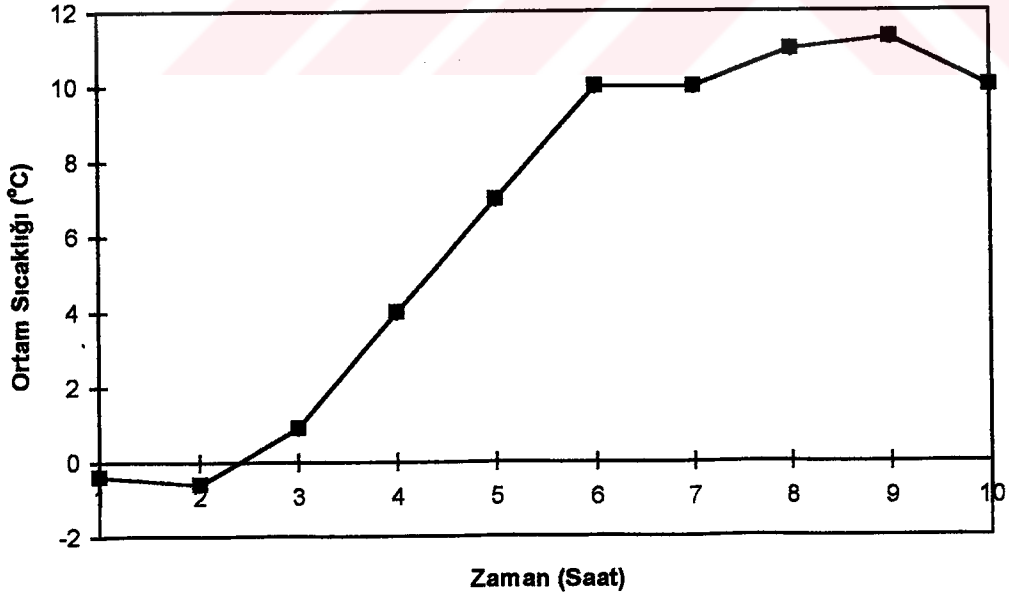
Şekil 5.28. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1996 Ocak



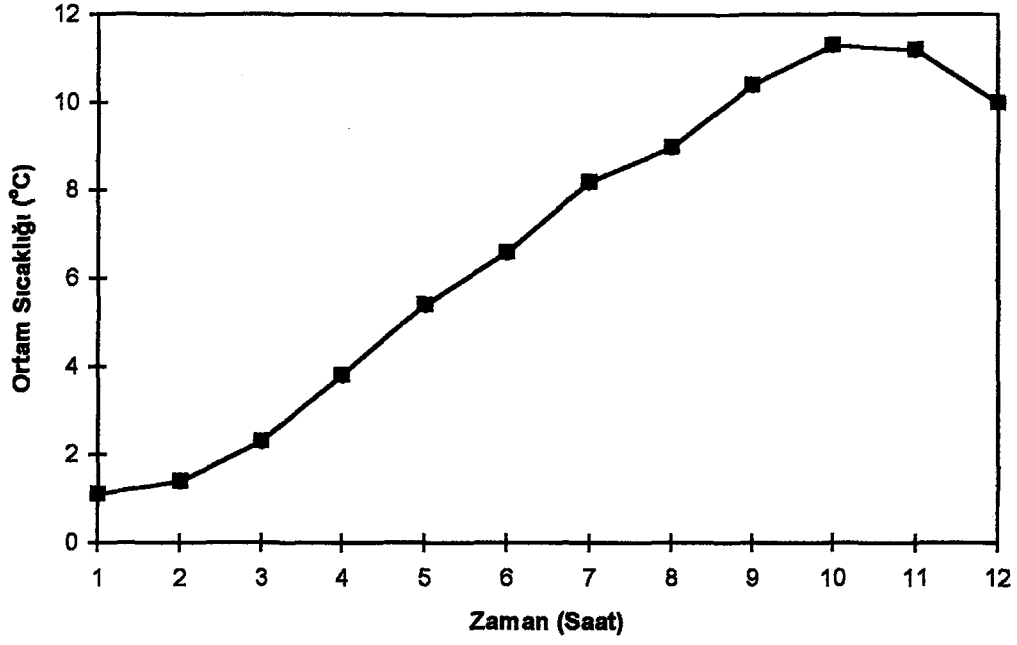
Şekil 5.29. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1996 Şubat



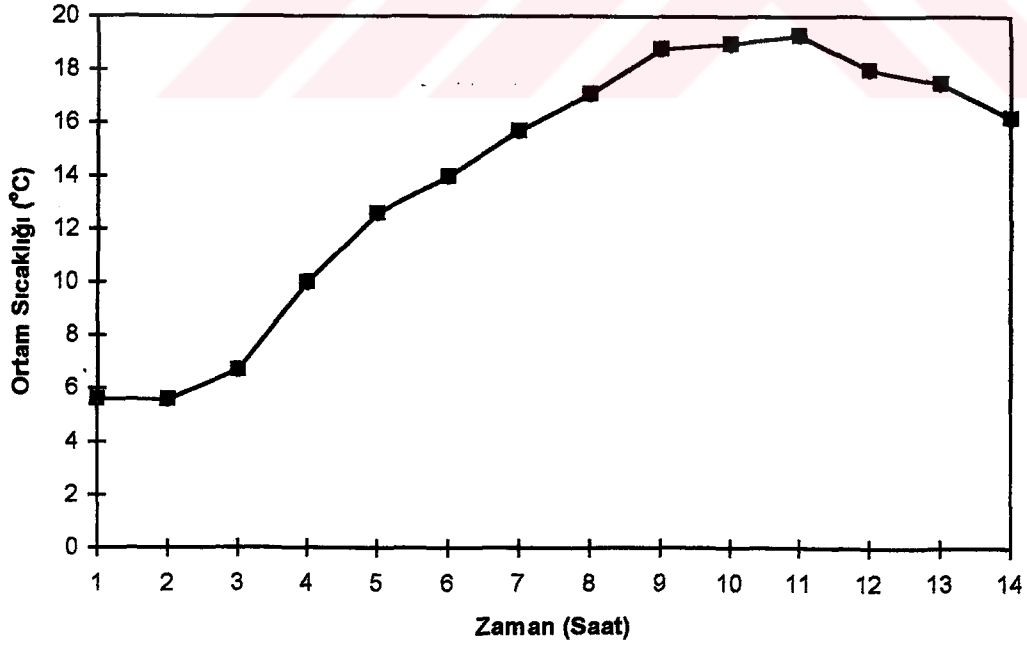
Şekil 5.30. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1996 Mart



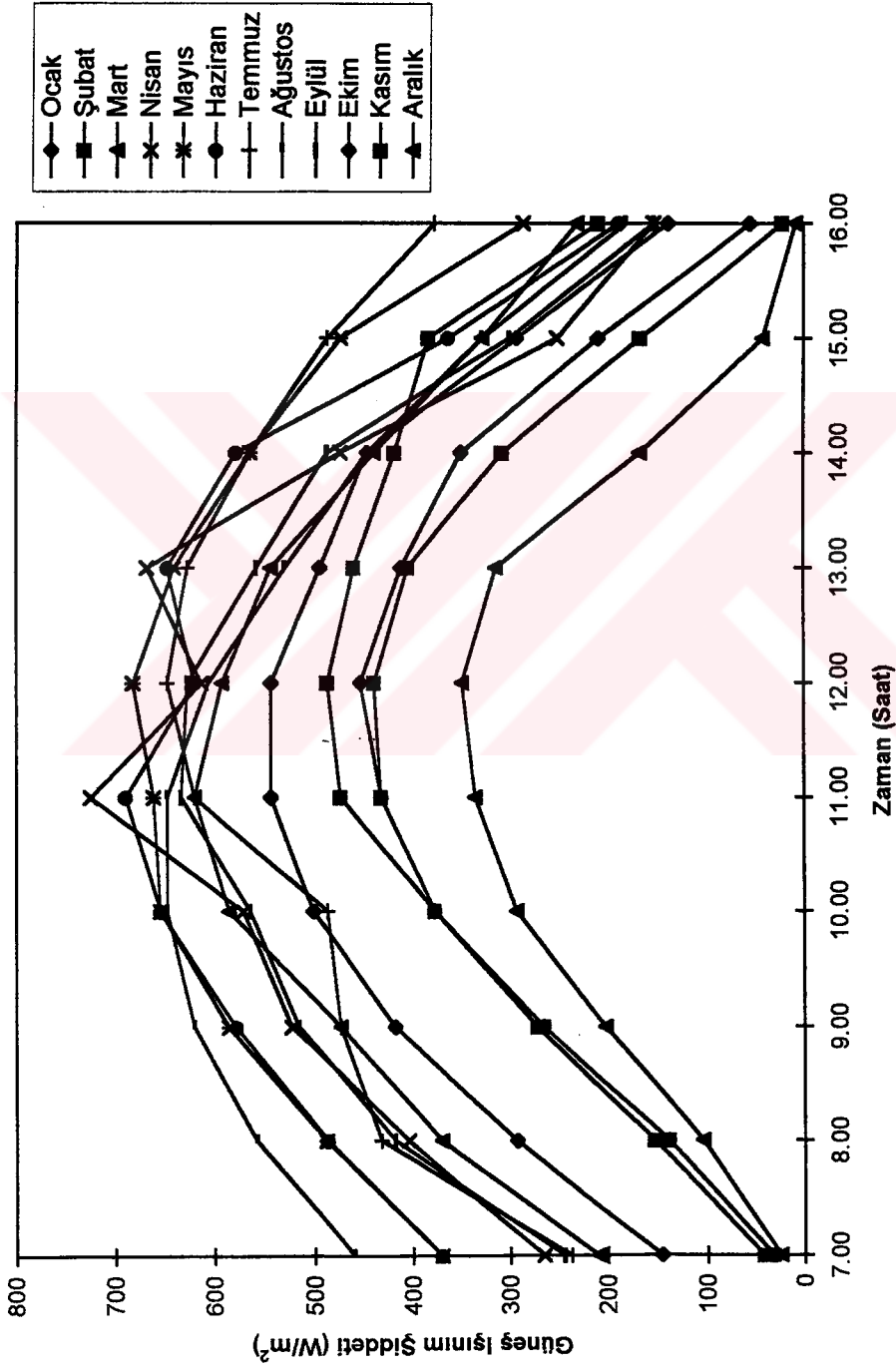
Şekil 5.31. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1996 Nisan



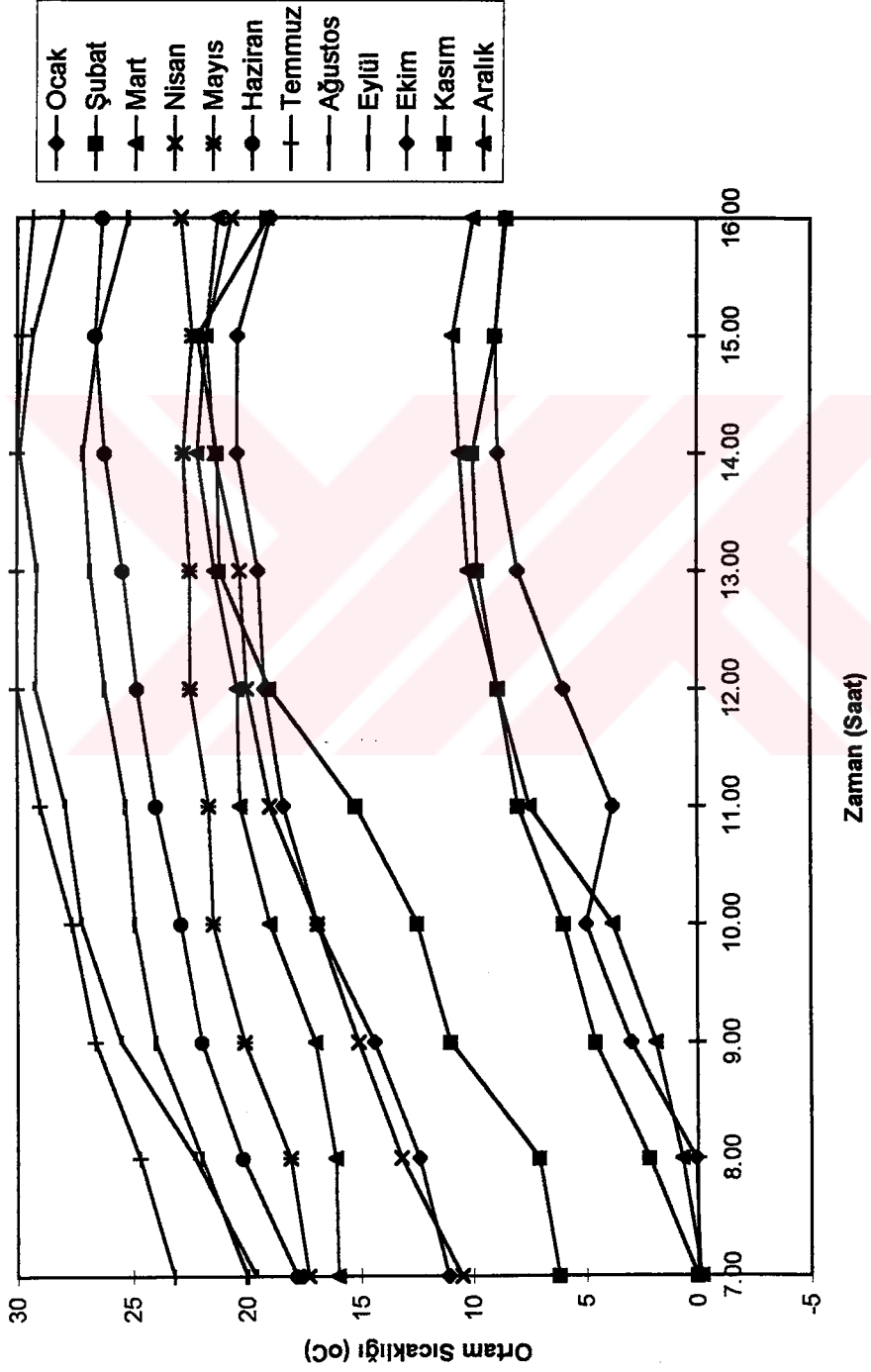
Şekil 5.32. Günlük Sıcaklık Değişimi

## 1995 (Ocak-Aralık) Dönemi



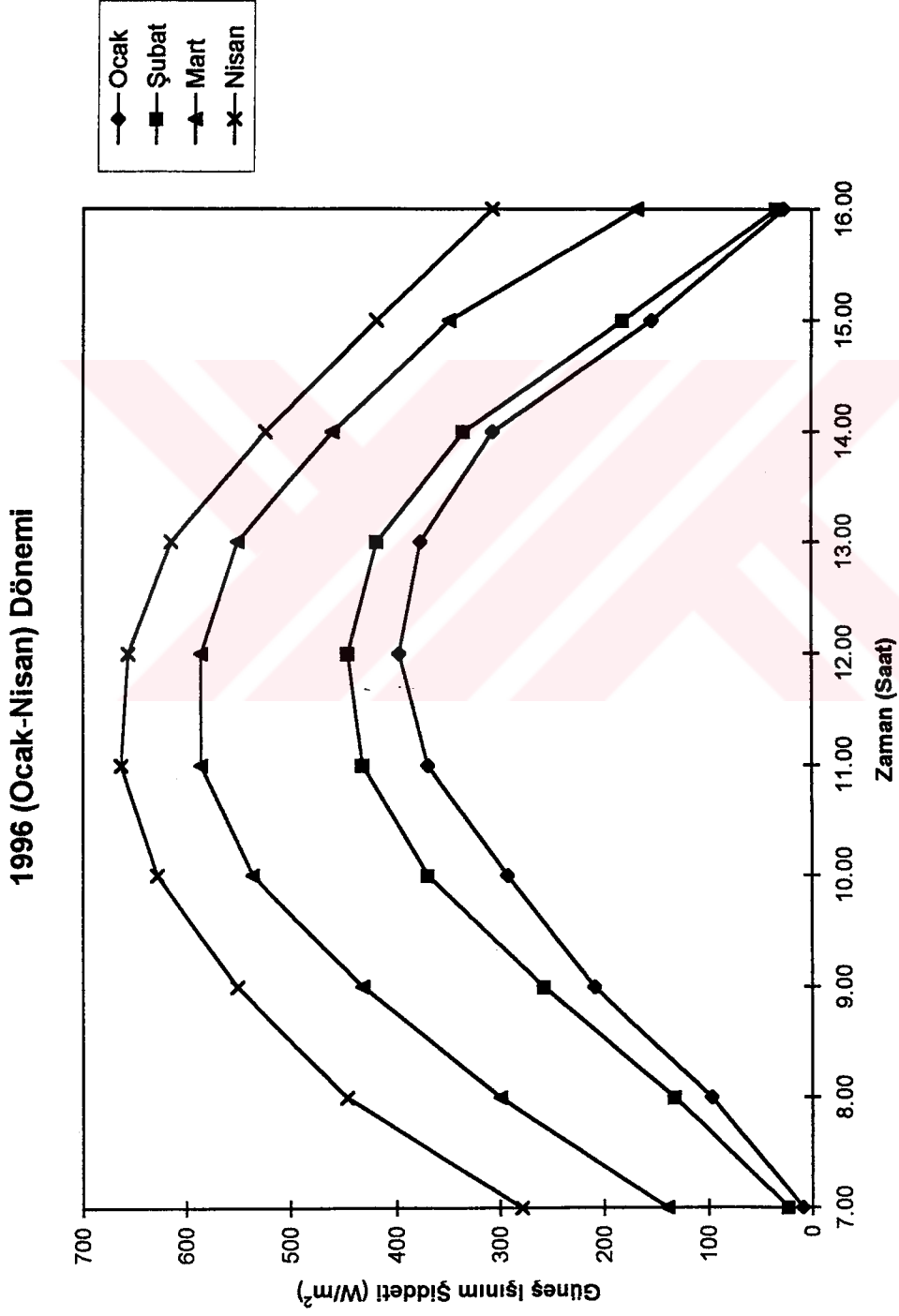
Şekil 5.33. 1995 Ocak-Aralık Dönemine Ait Güneş Işınım Şiddeti Değişim Grafiği

## 1995 (Ocak-Aralık) Dönemi



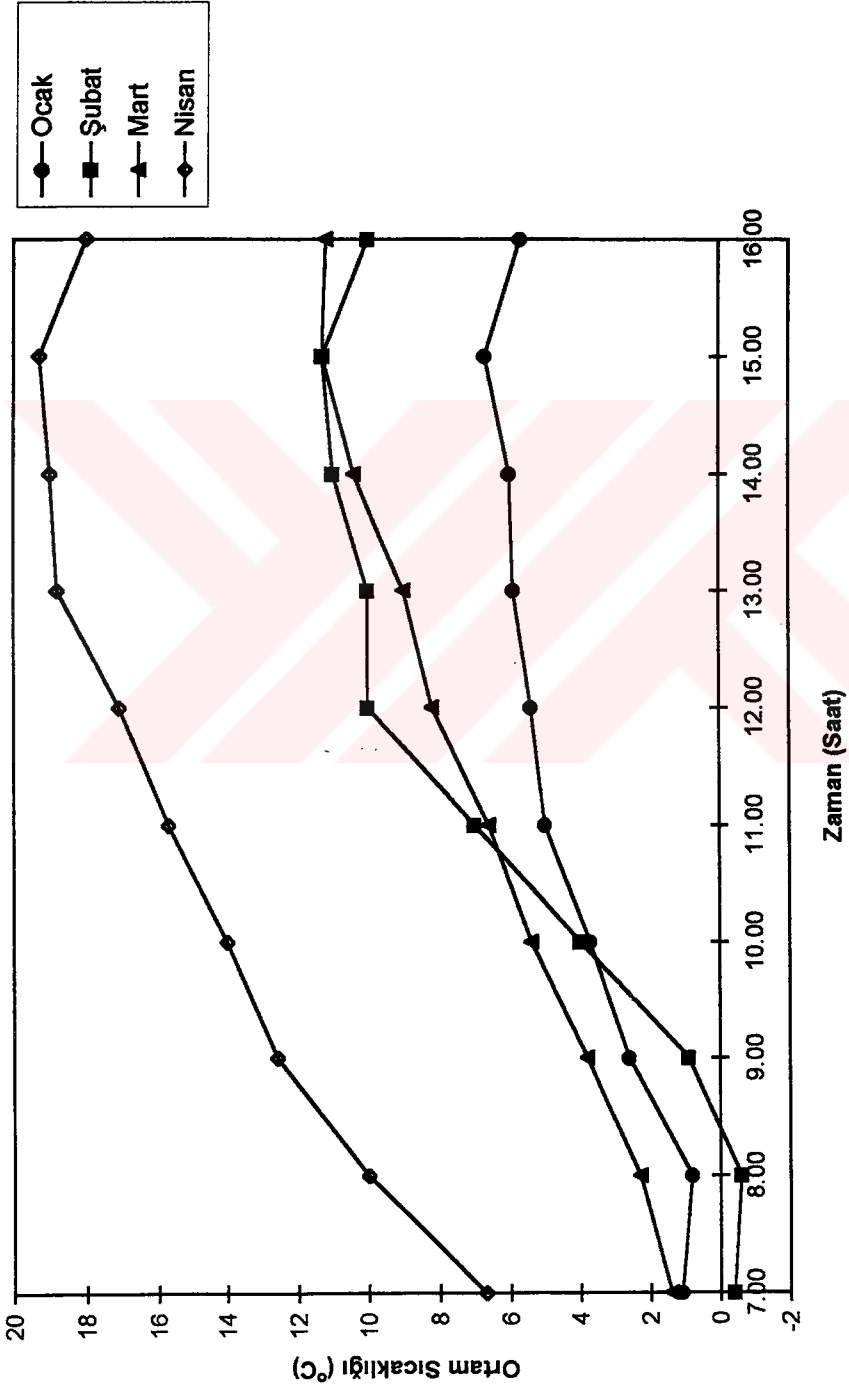
Şekil 5.34. 1995(Ocak-Aralık)Dönemine Ait Sıcaklık Değişim Grafiği





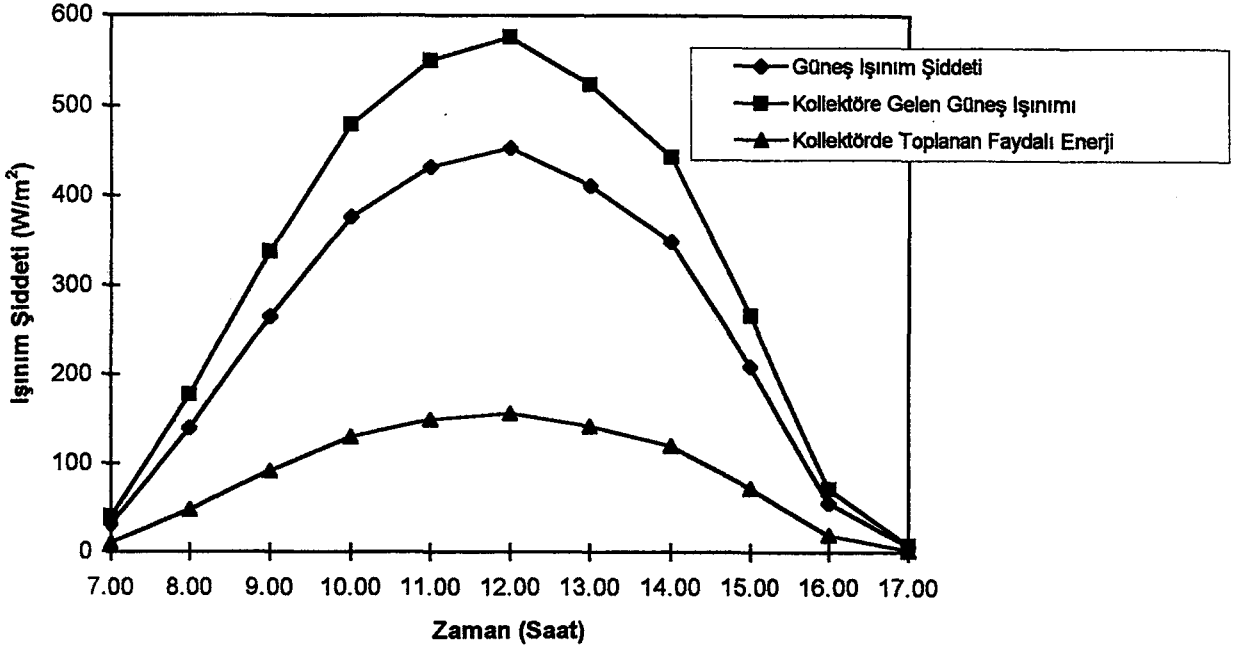
Şekil 5.35. 1996(Ocak-Nisan )Dönemine Ait Güneş Işınım Şiddeti Değişim Grafiği

## 1996 (Ocak-Nisan) Dönemi



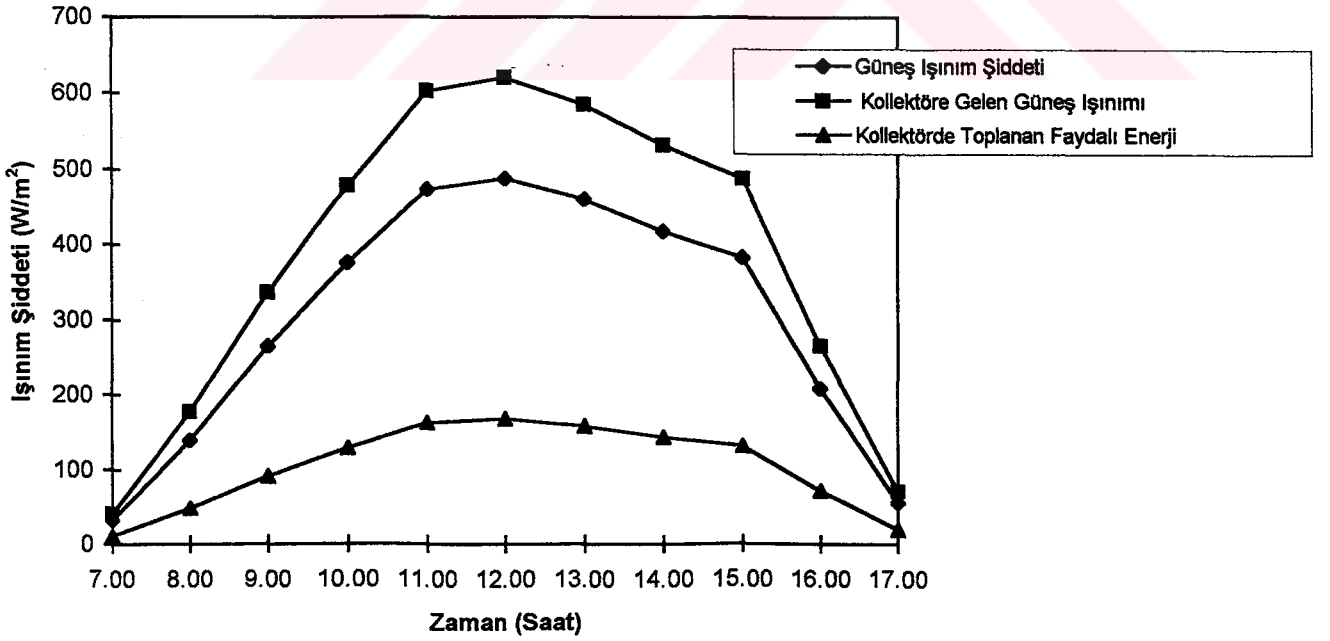
Şekil 5.36. 1996 (Ocak-Nisan) Dönemine Ait Sıcaklık Değişim Grafiği

## 1995 Ocak

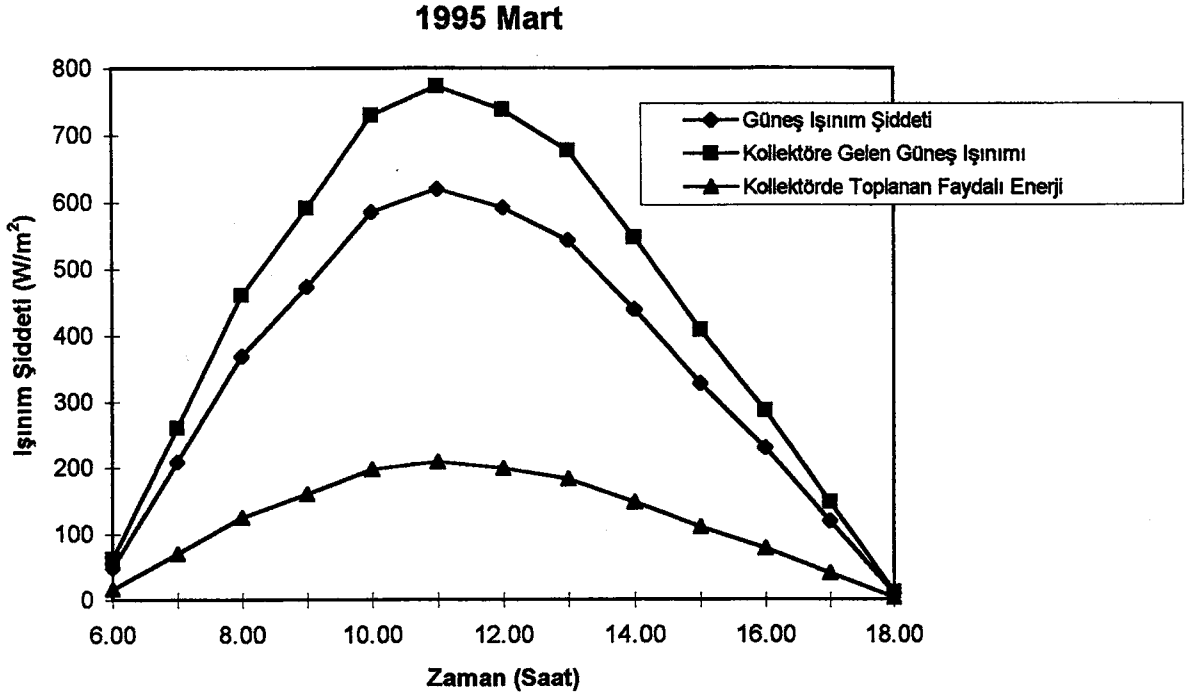


Şekil 5.37. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi

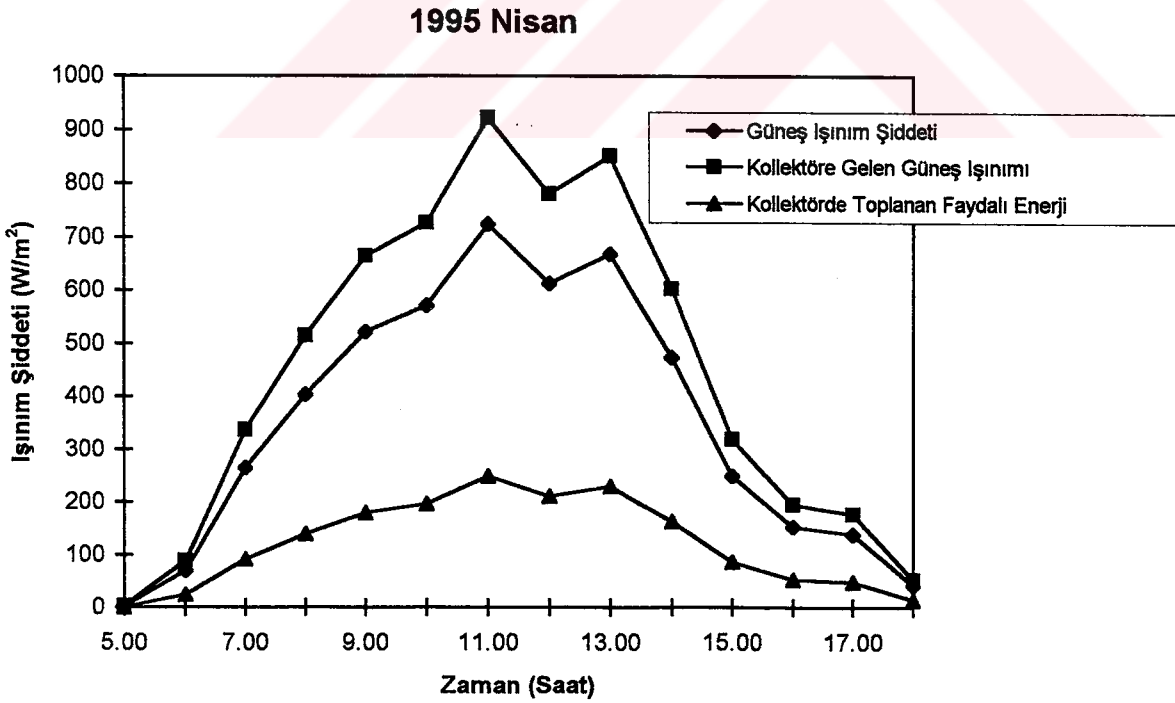
## 1995 Şubat



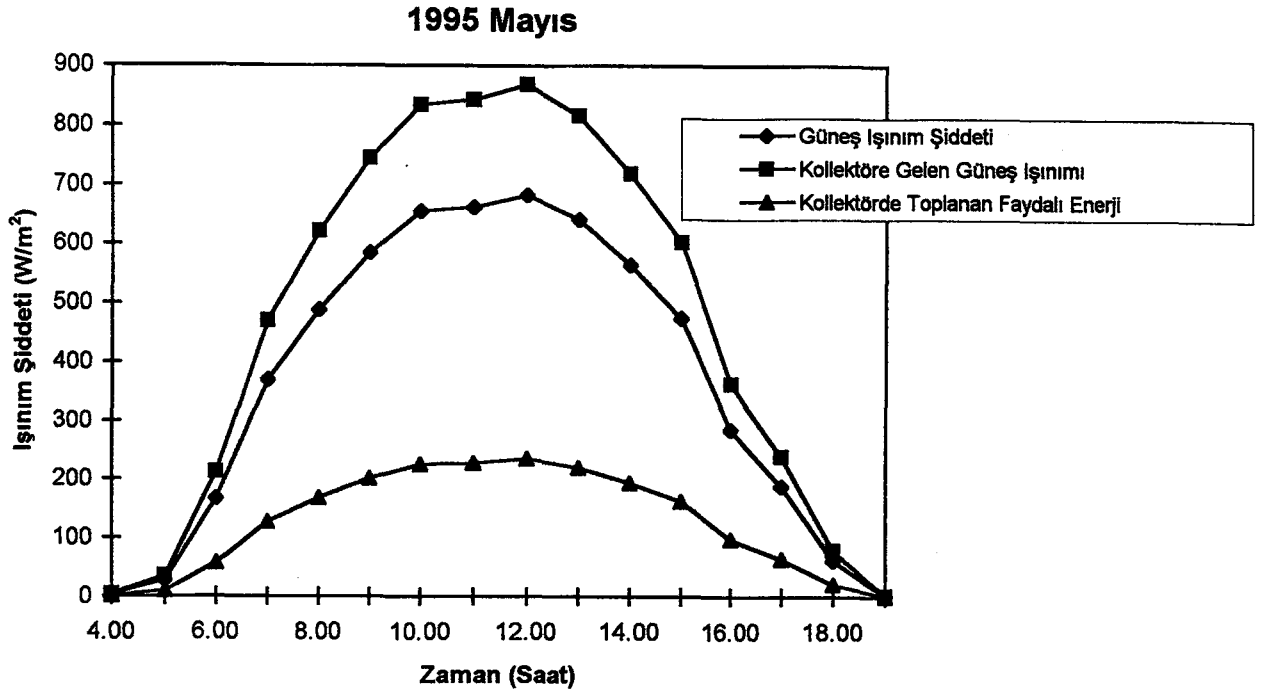
Şekil 5.38. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



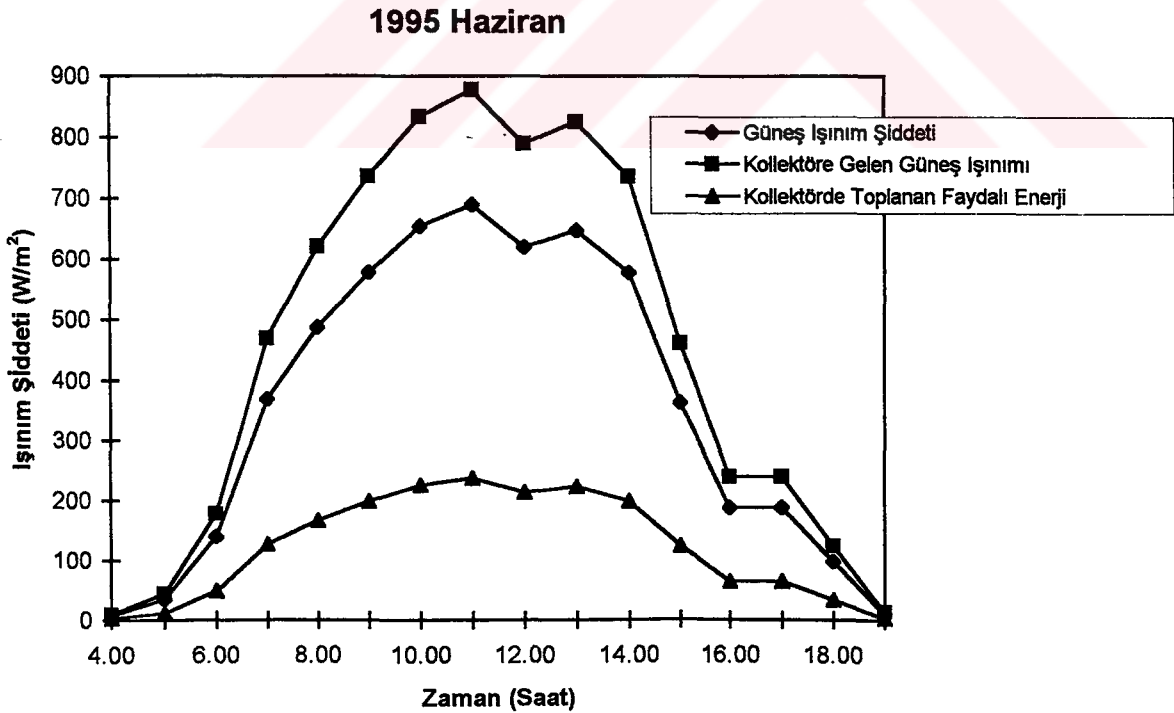
Şekil 5.39. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



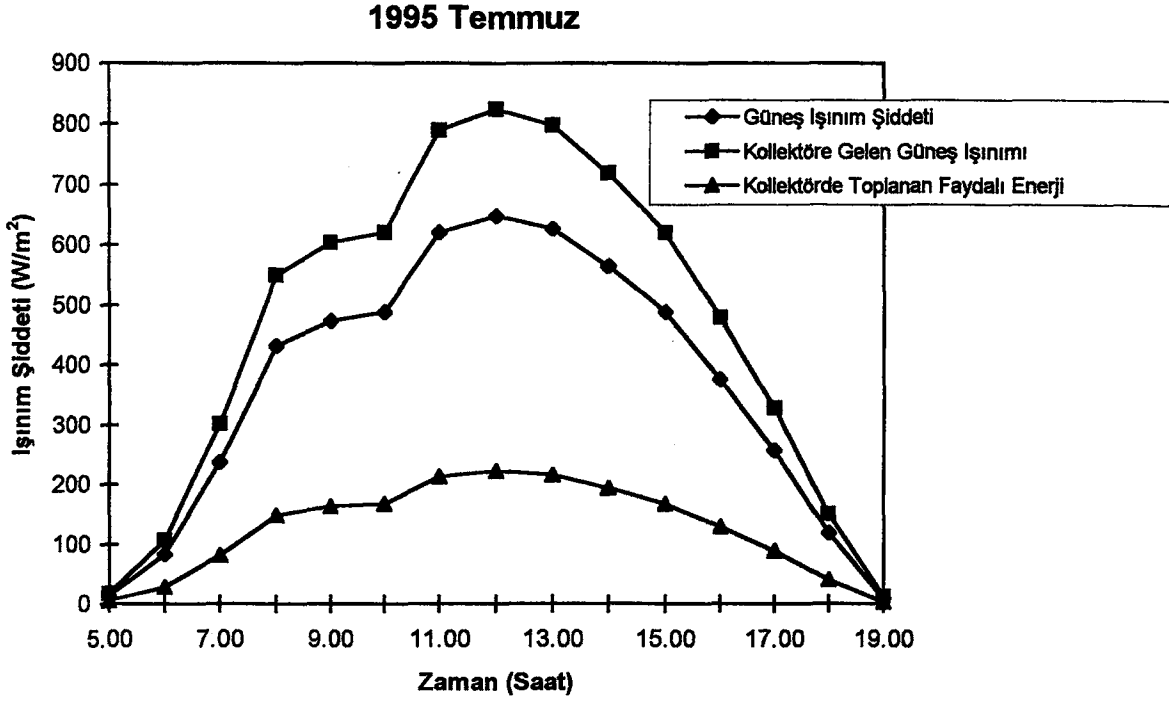
Şekil 5.40. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



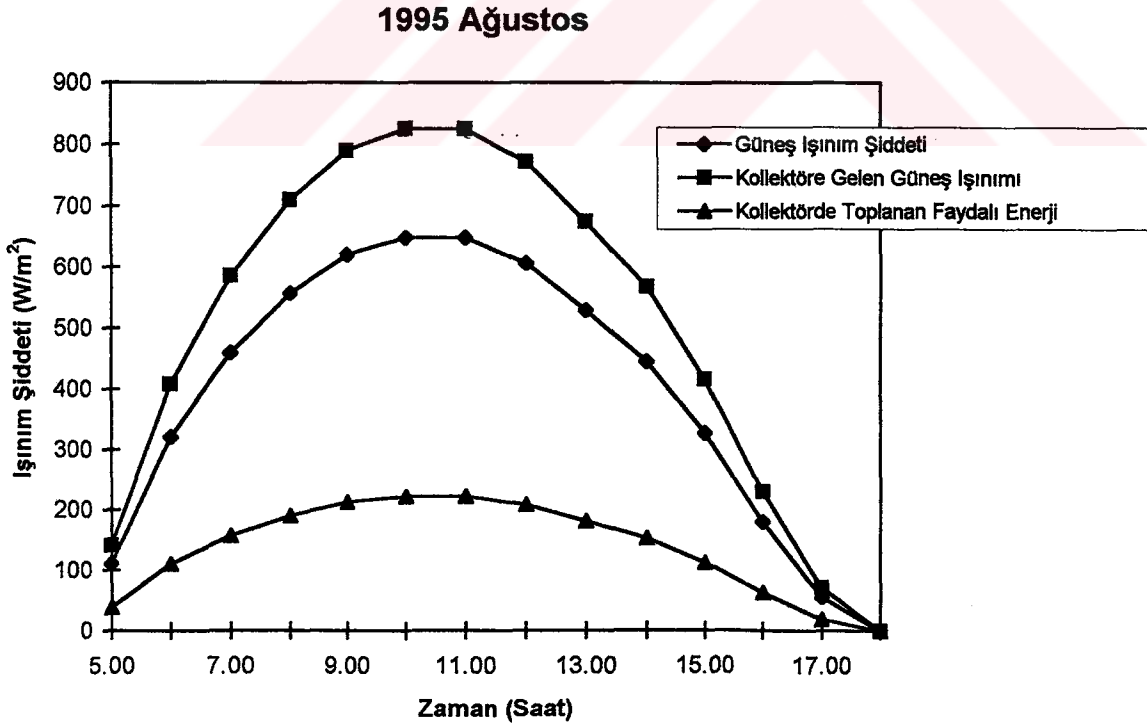
Şekil 5.41. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



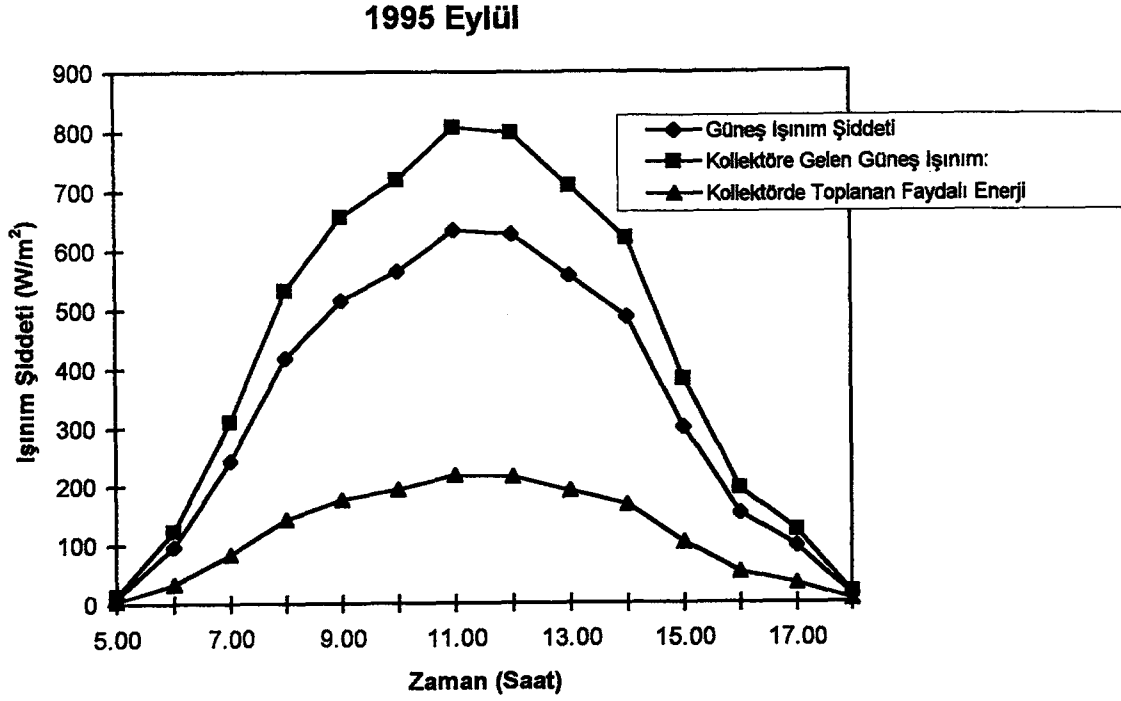
Şekil 5.42. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



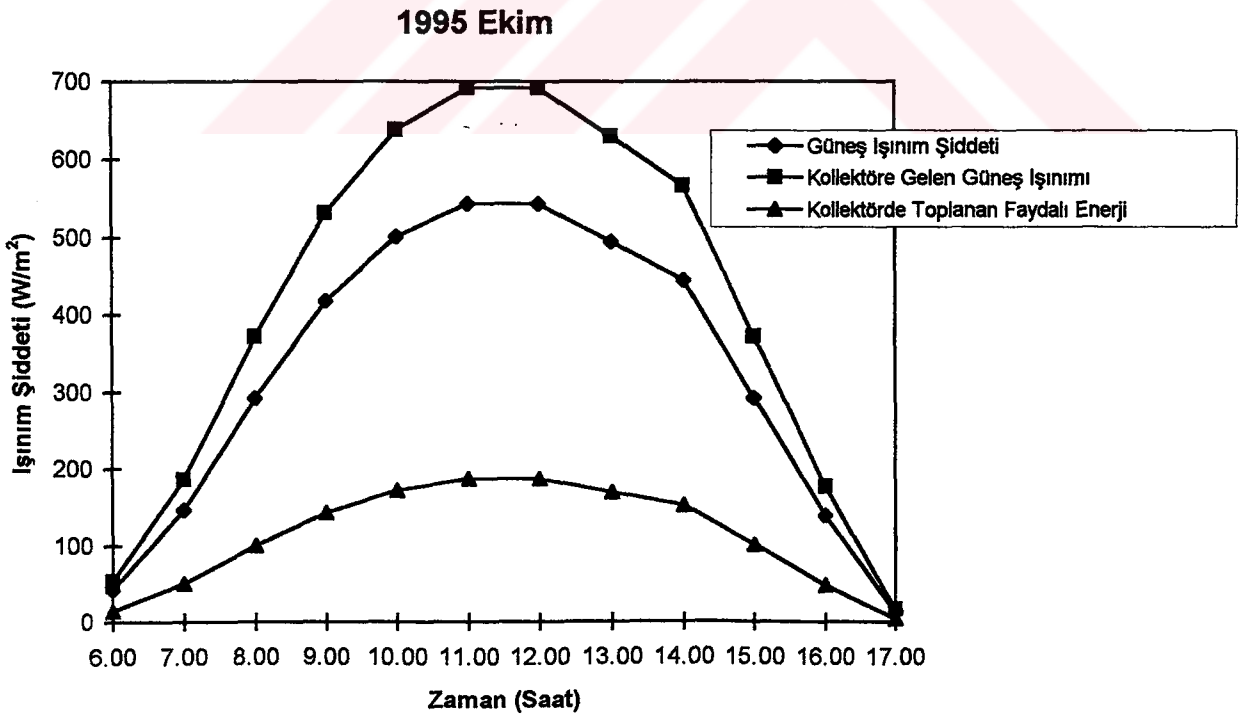
Şekil 5.43. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



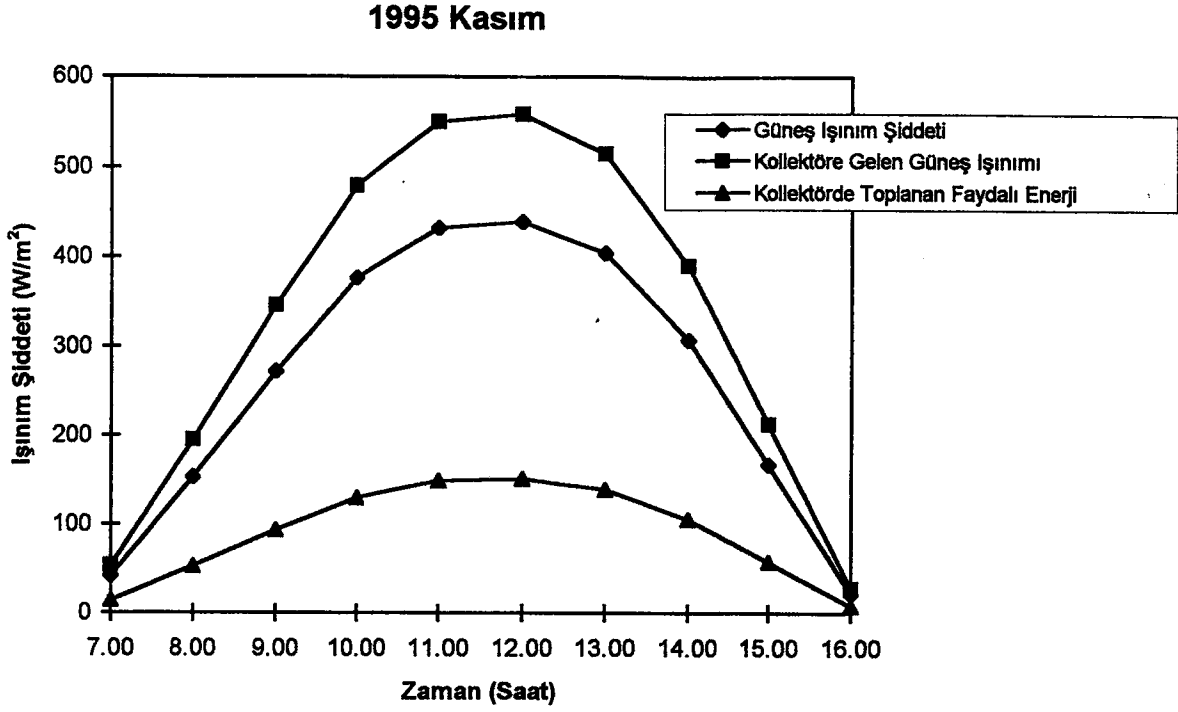
Şekil 5.44. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



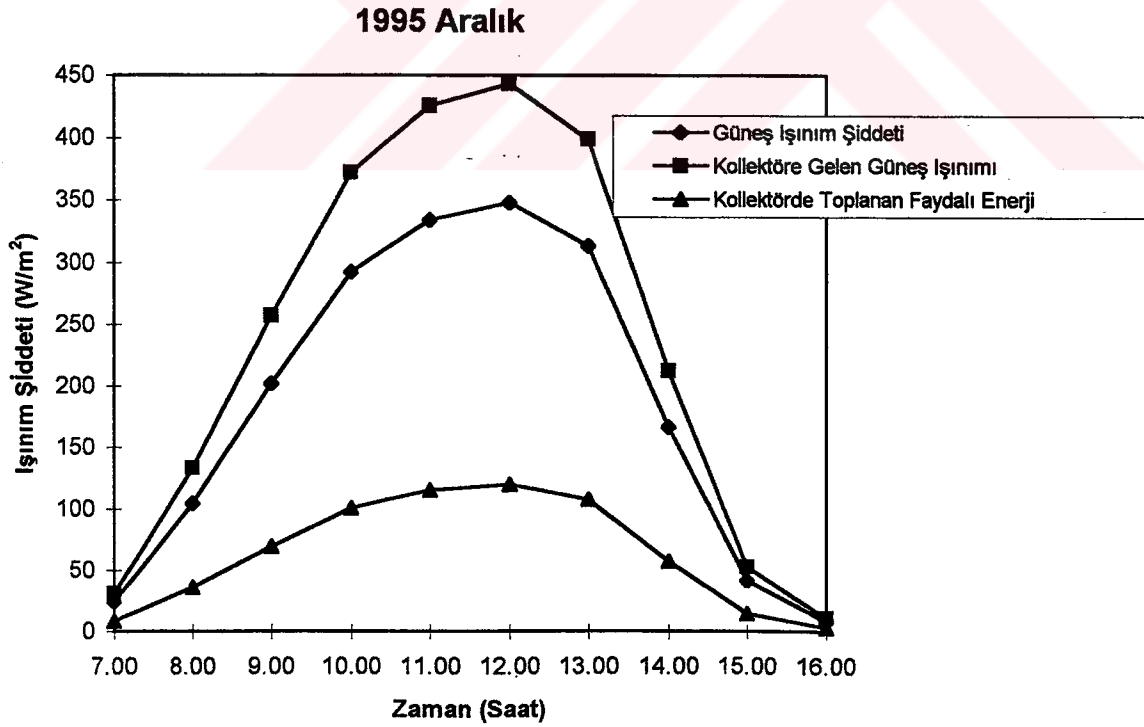
Şekil 5.45. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



Şekil 5.46. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi

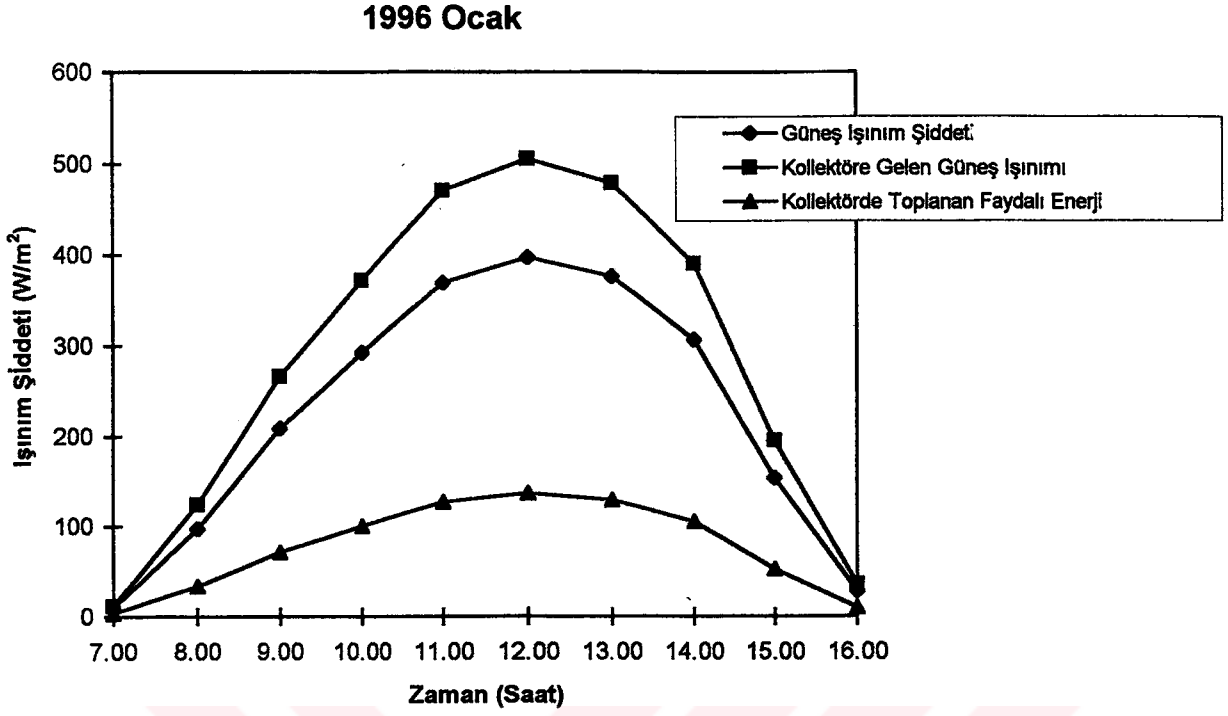


Şekil 5.47. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi

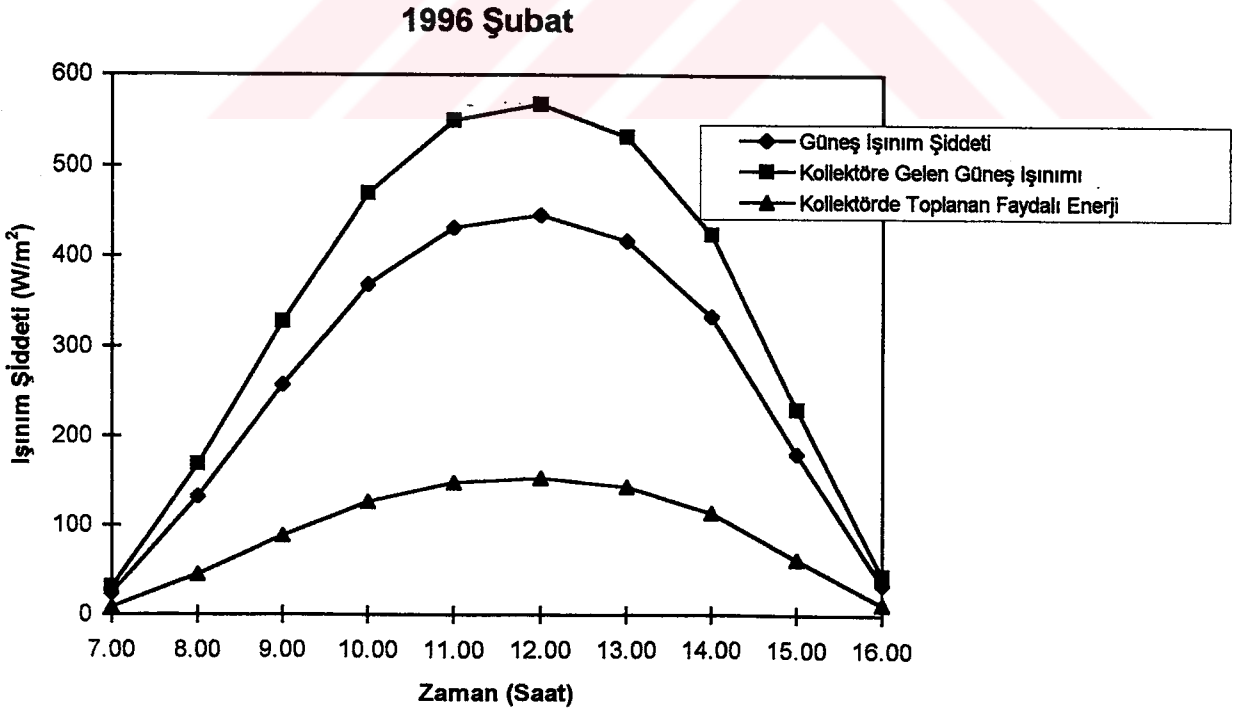


Şekil 5.48. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



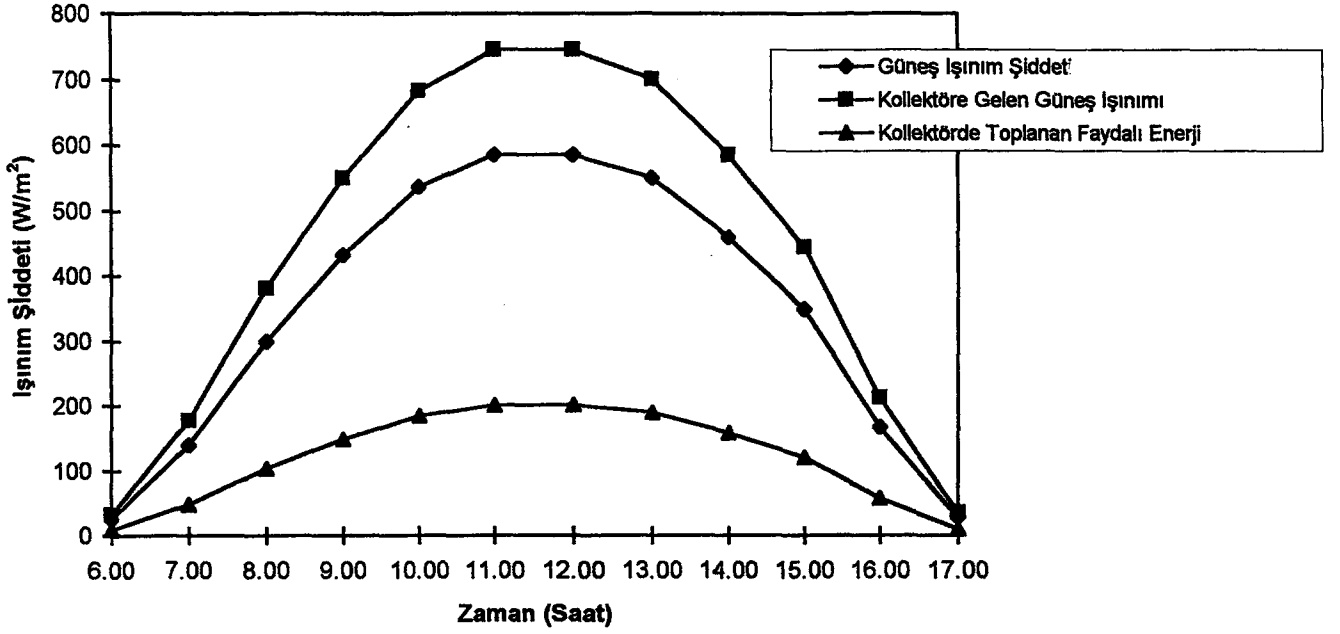


**Şekil 5.49.** Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



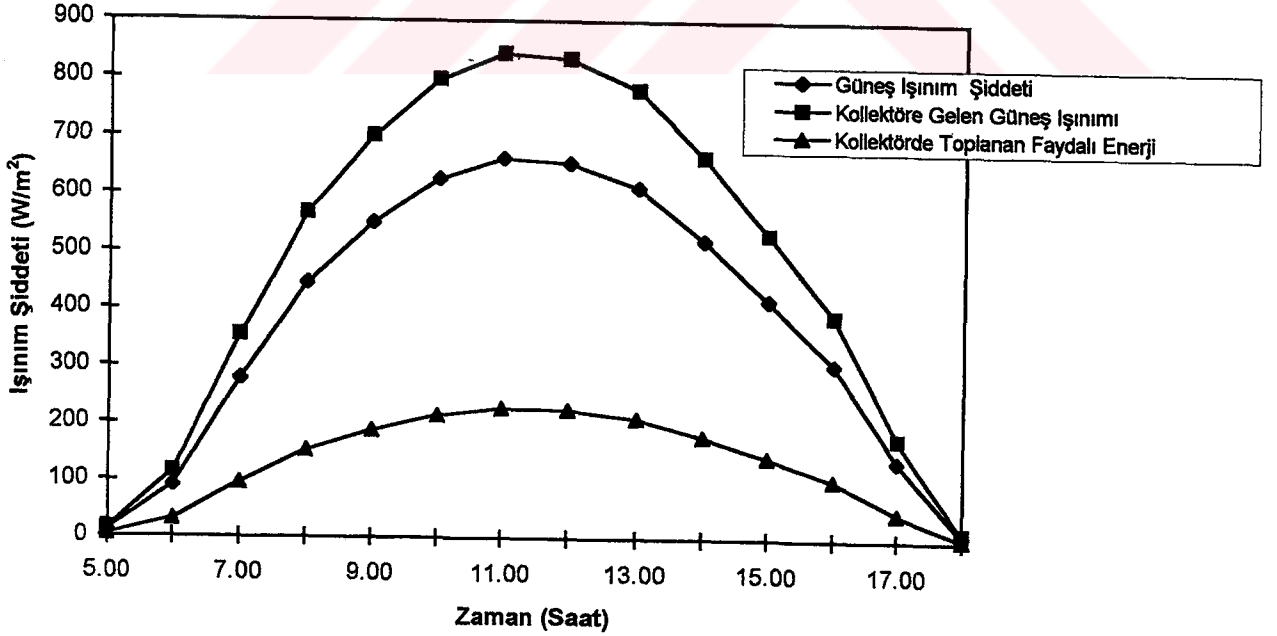
**Şekil 5.50.** Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi

## 1996 Mart

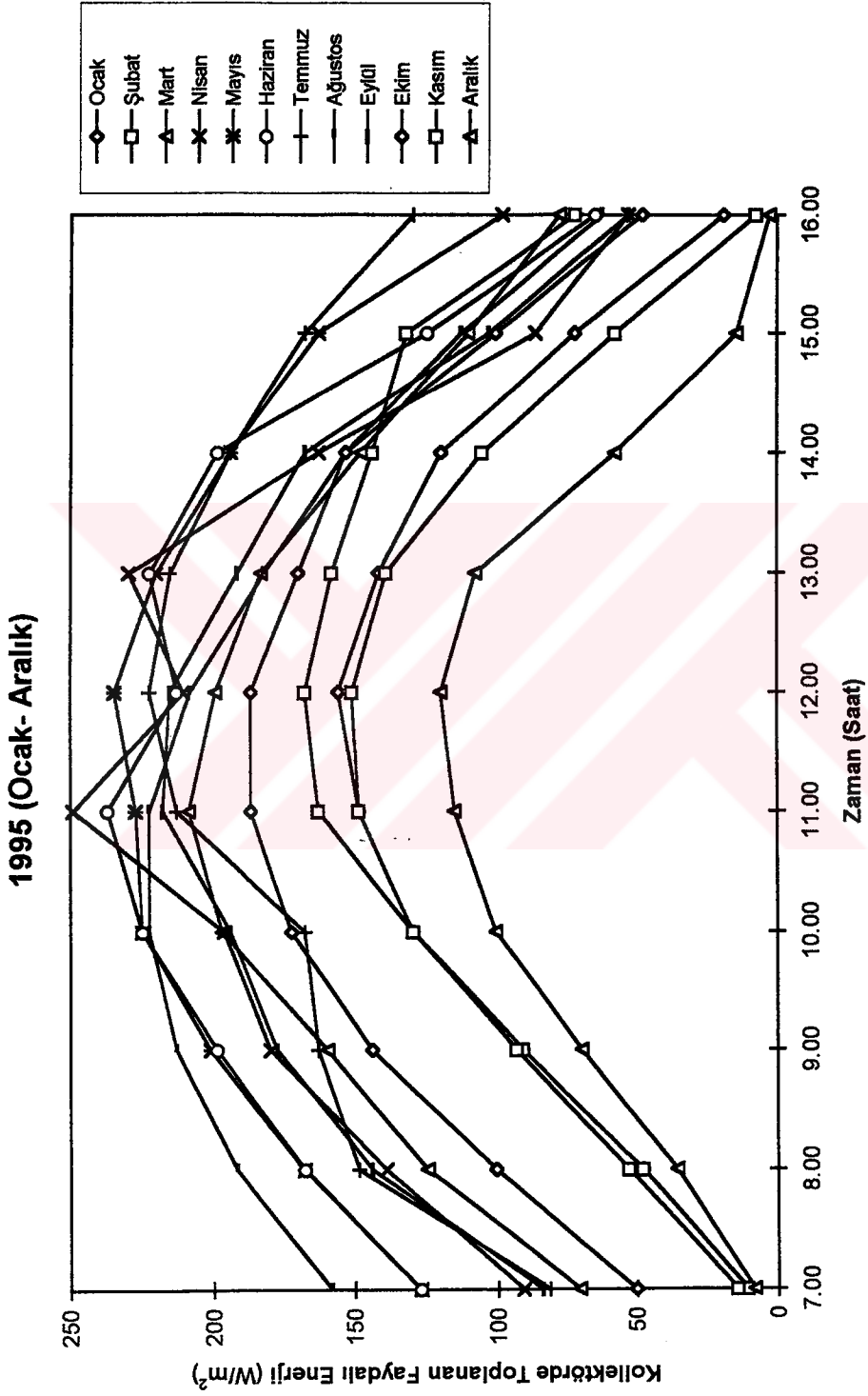


Şekil 5.51. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi

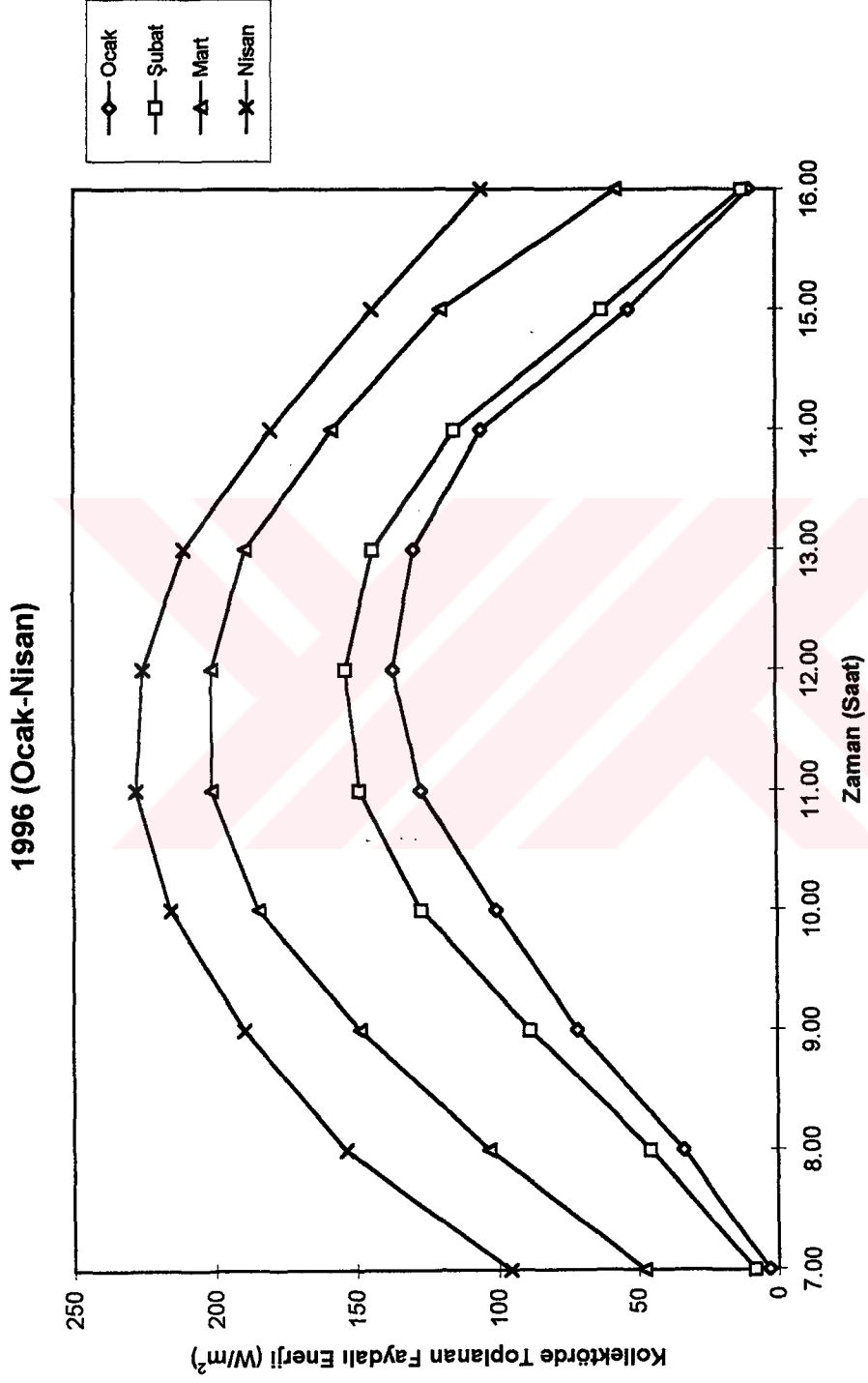
## 1996 Nisan



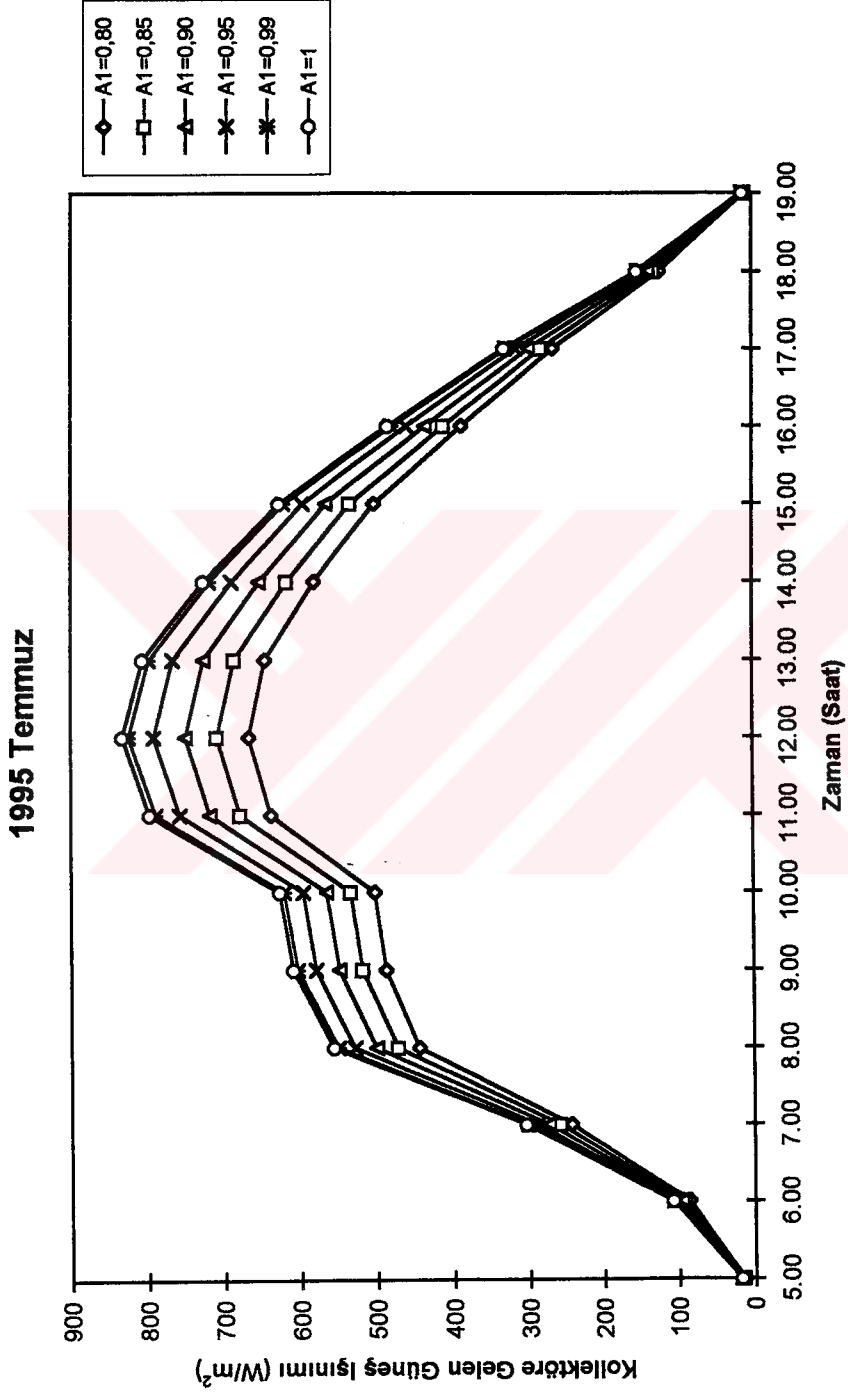
Şekil 5.52. Güneş Tarafından Kollektöre Aktarılan Enerjinin Günlük Değişimi



Şekil 5.53. 1995 (Ocak -Aralık) Dönemine Ait Kollektörde Toplanan Faydalı Enerji

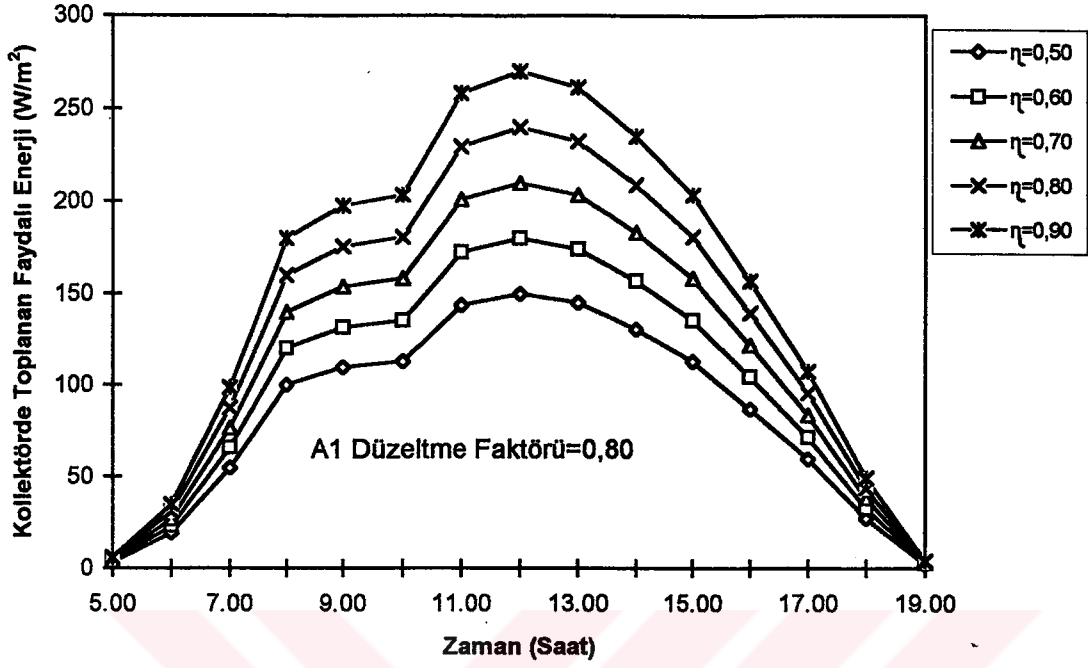


Şekil 5.54. 1996 Ocak-Nisan Dönemine ait Kolektörde Toplanan Faydalı Enerji



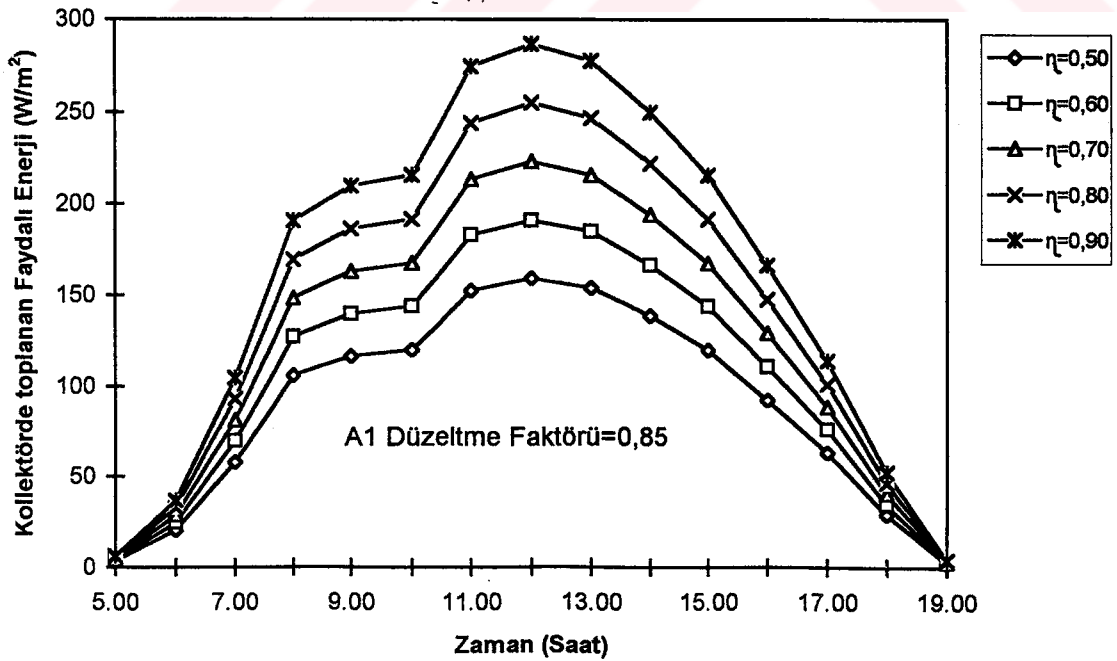
**Şekil 5.55.** Azimut Açısı Sapma Faktörü A1'in Kollektöre Gelen Güneş Işınımına Etkisi

## 1995 Temmuz

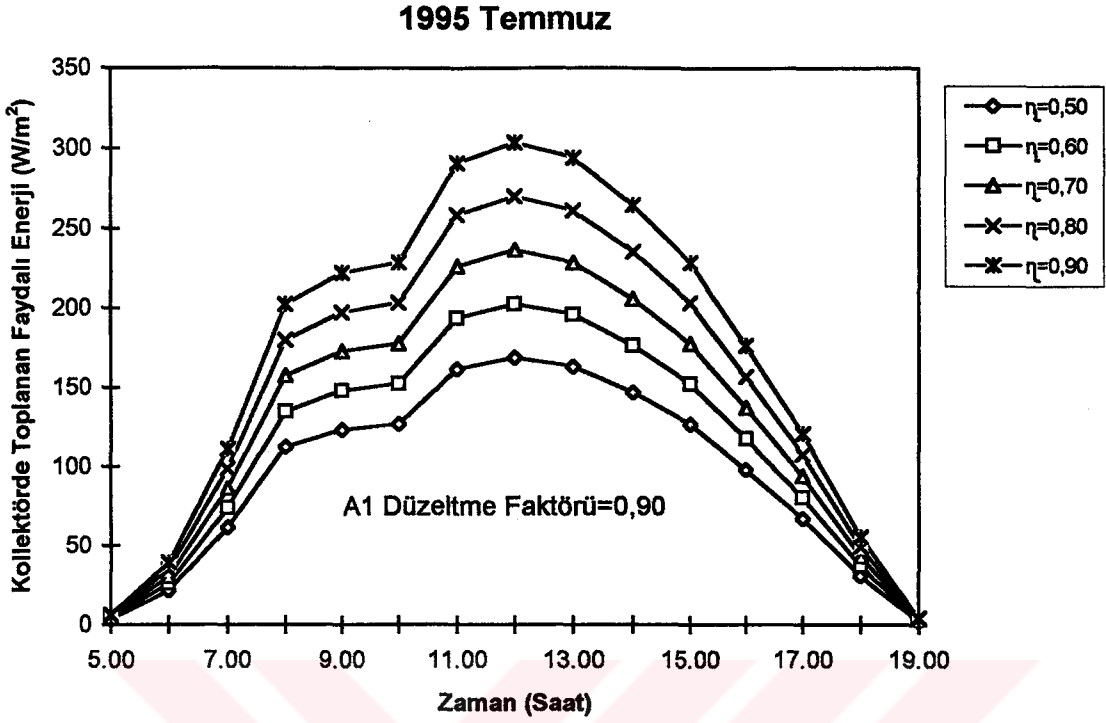


Şekil 5.56. Sistem Veriminin Kollektörde Toplanan Faydalı Enerjiye Etkisi

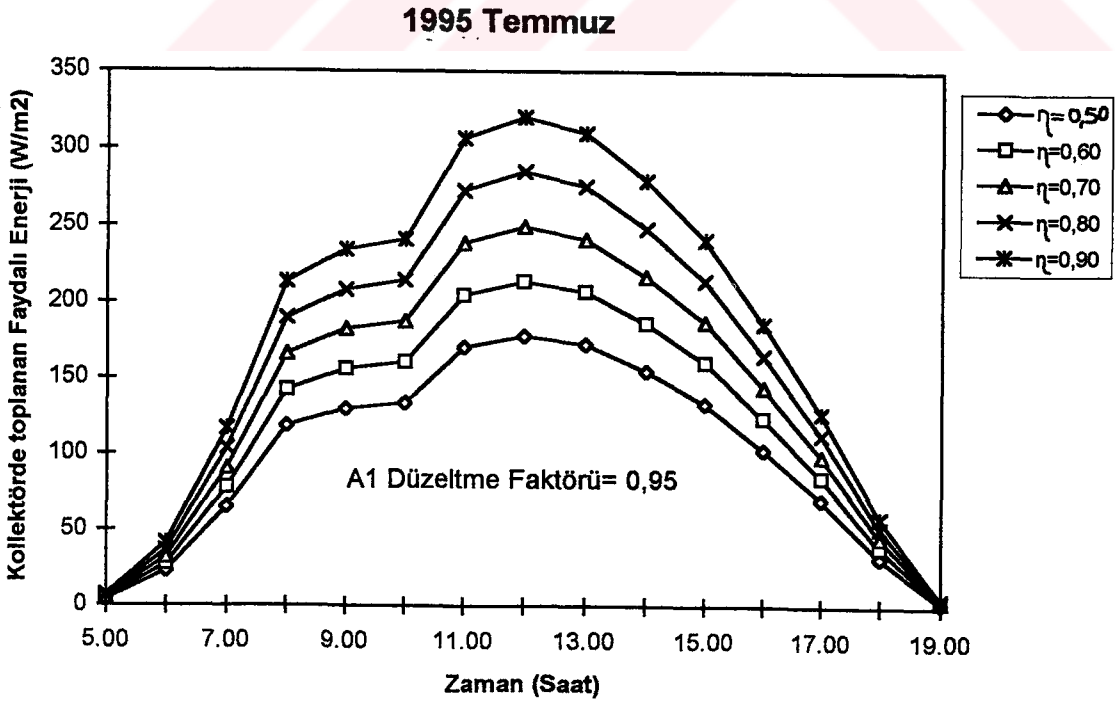
## 1995 Temmuz



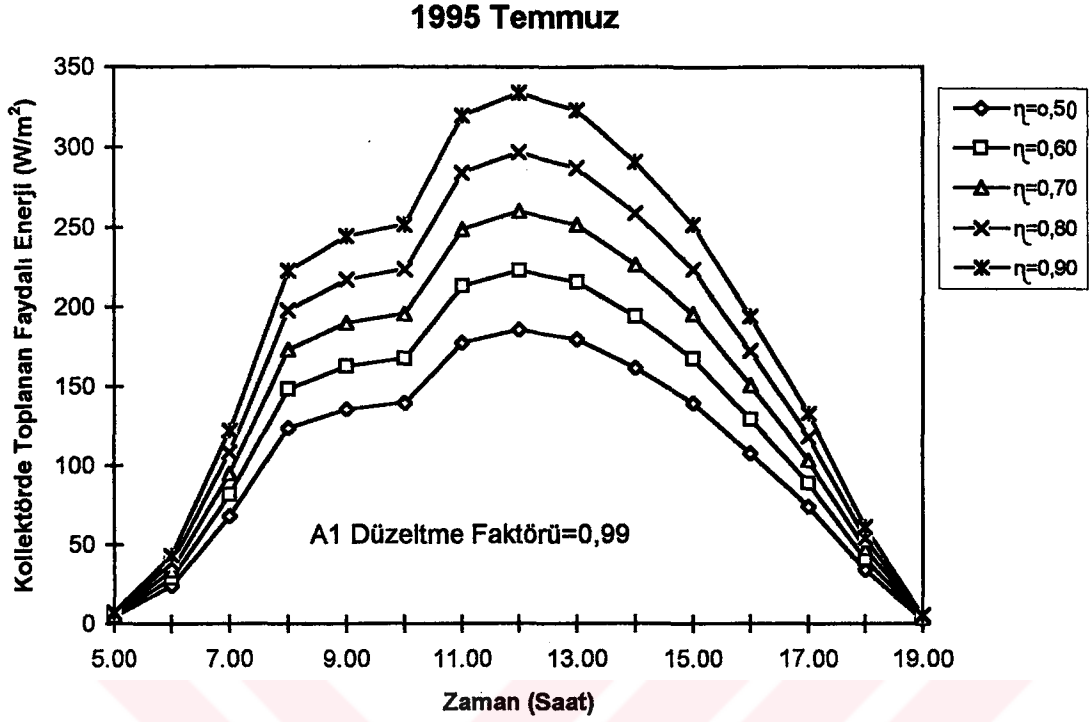
Şekil 5.57. Sistem Veriminin Kollektörde Toplanan Faydalı Enerjiye Etkisi



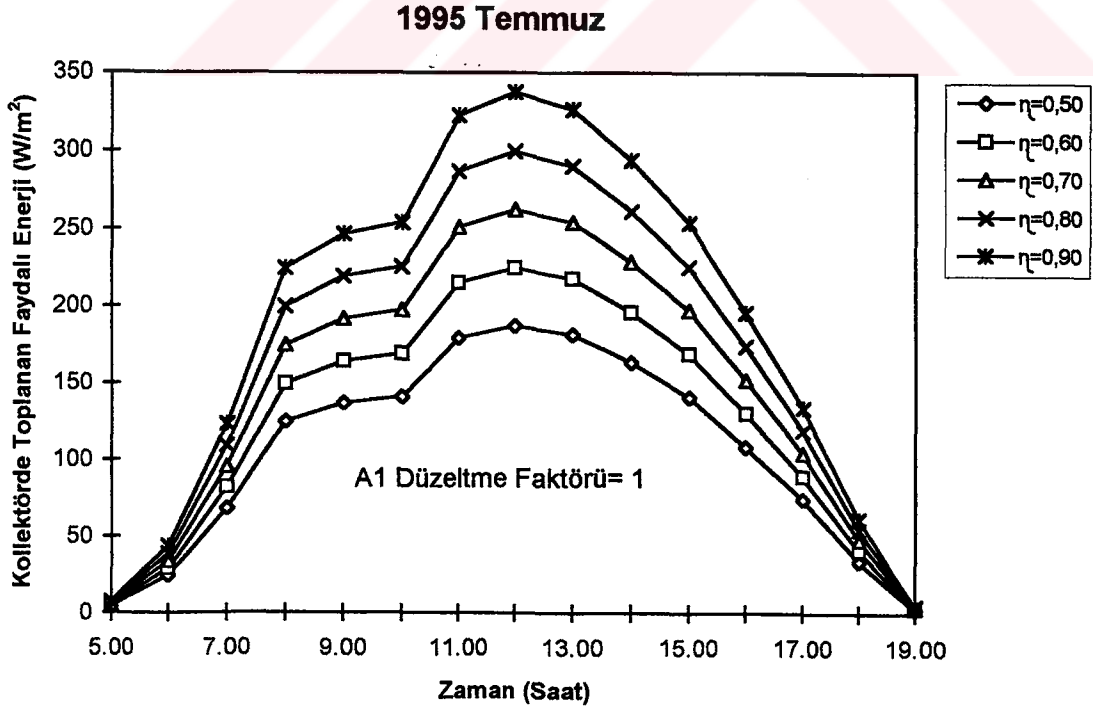
Şekil 5.58. Sistem Veriminin Kollektörde Toplanan Faydalı Enerjiye Etkisi



Şekil 5.59. Sistem Veriminin Kollektörde Toplanan Faydalı Enerjiye Etkisi

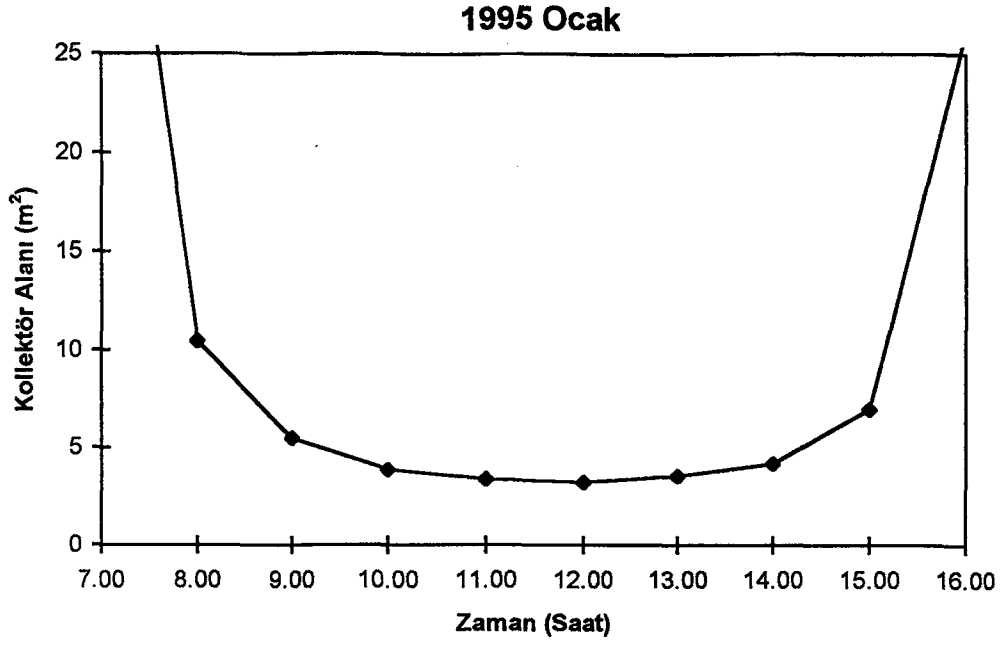


Şekil 5.60. Sistem Veriminin Kollektörde Toplanan Faydalı Enerjiye Etkisi

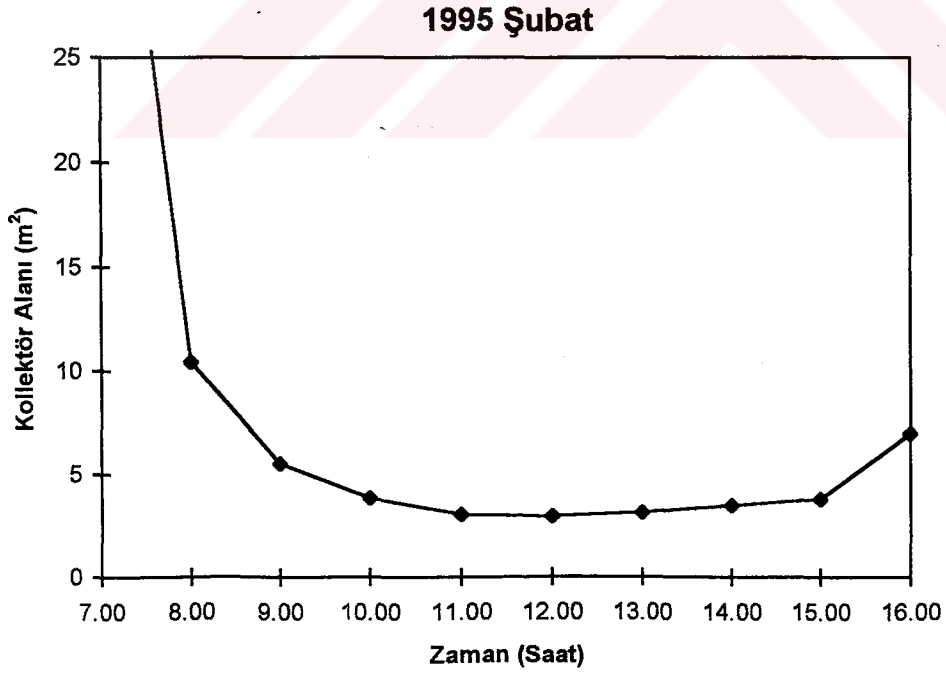


Şekil 5.61. Sistem Veriminin Kollektörde Toplanan Faydalı Enerjiye Etkisi

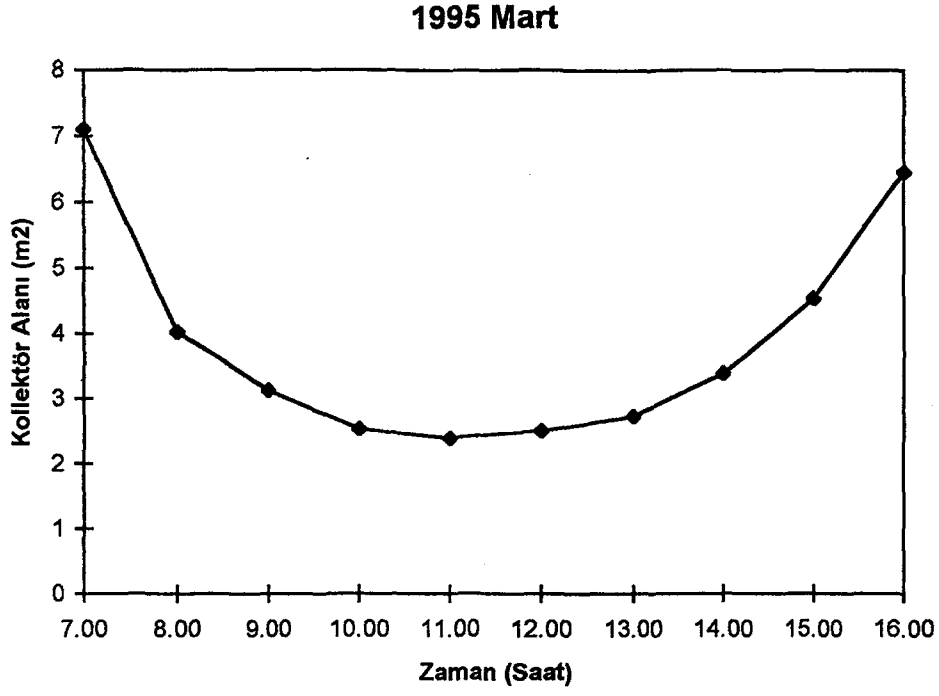




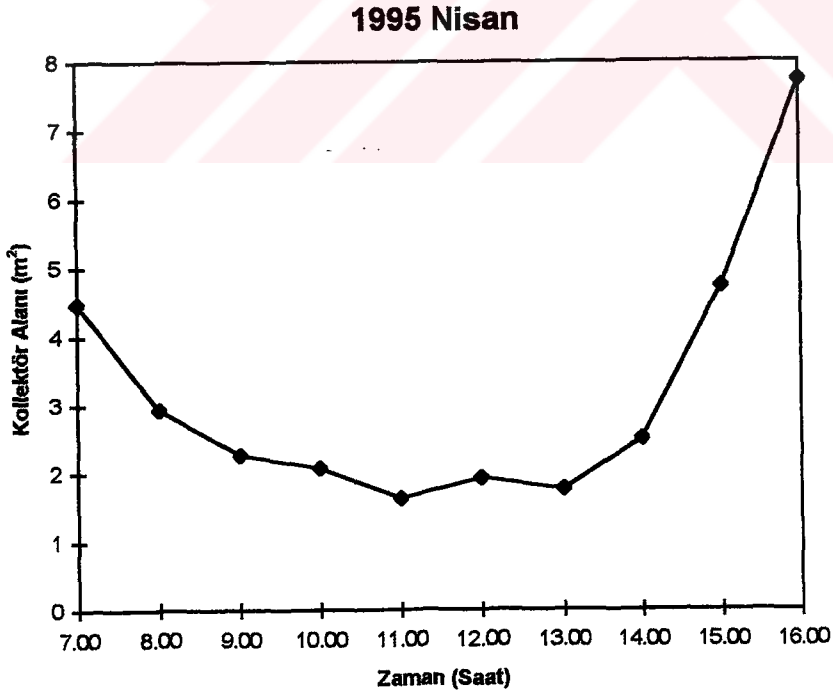
Şekil 5.62. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



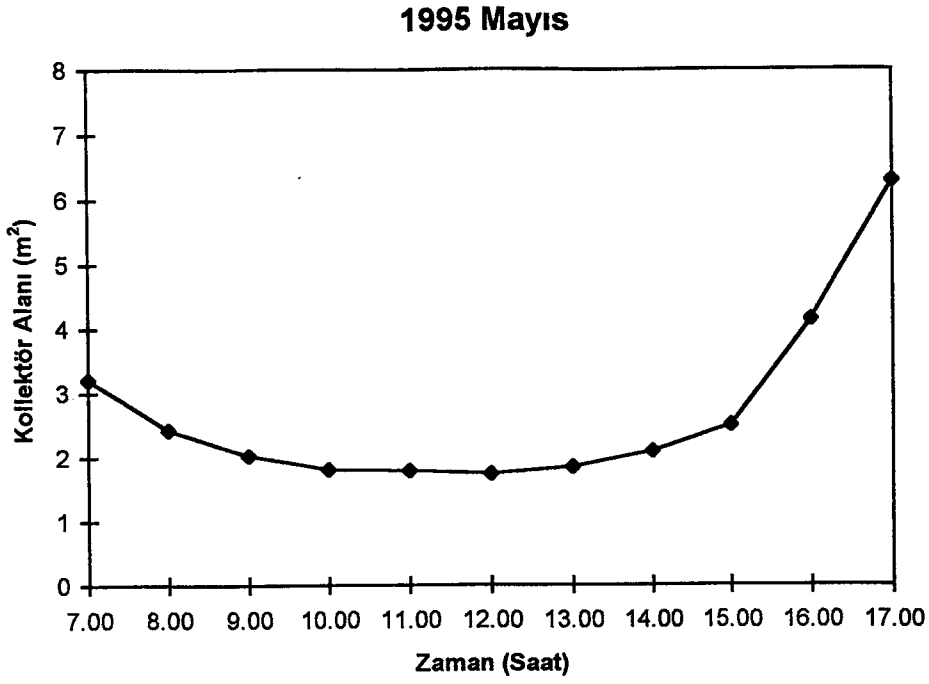
Şekil 5.63. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



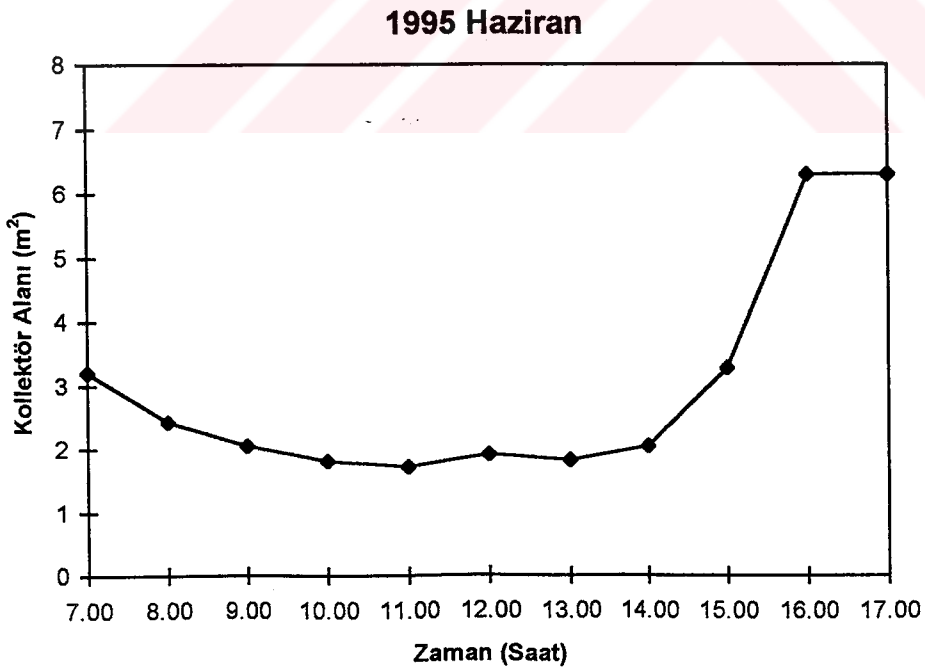
Şekil 5.64. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



Şekil 5.65. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi

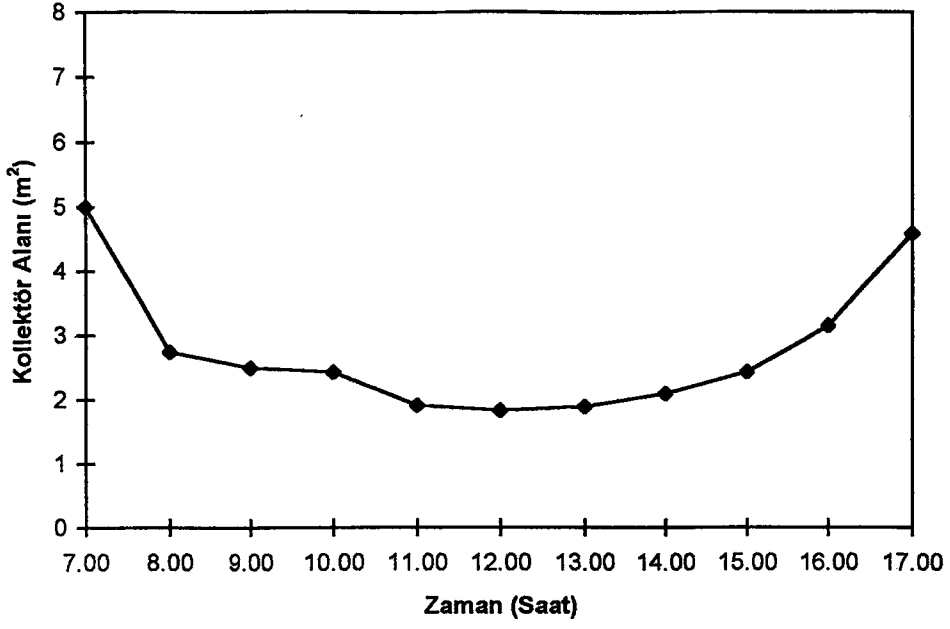


Şekil 5.66. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



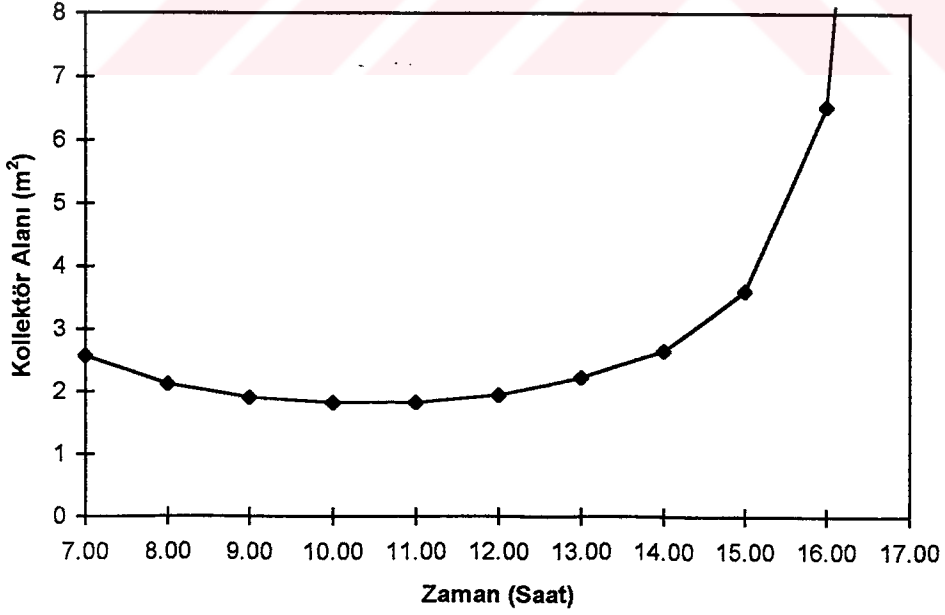
Şekil 5.67. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi

## 1995 Temmuz

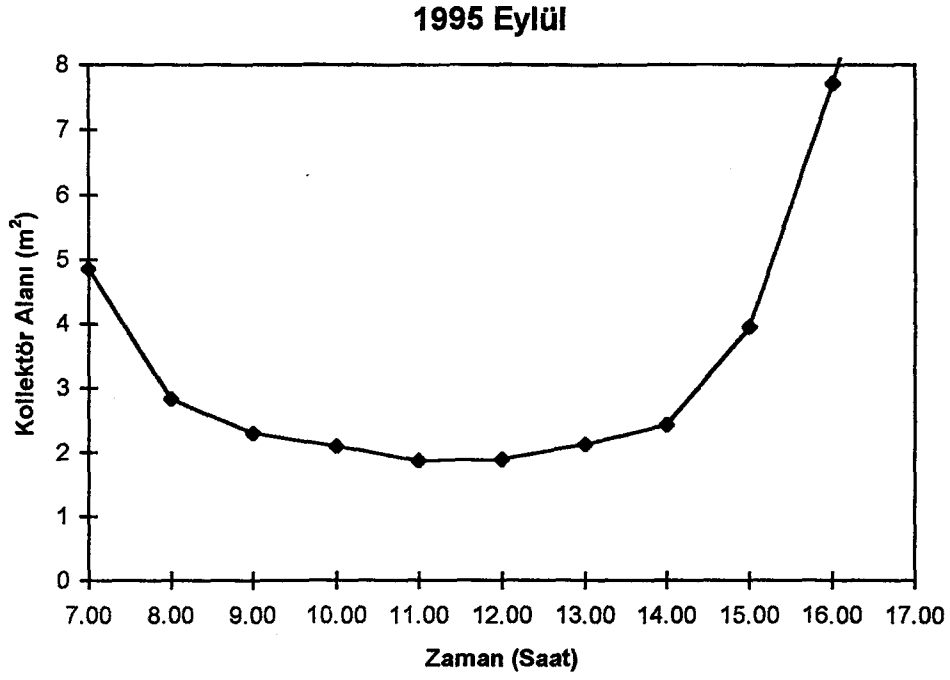


Şekil 5.68. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi

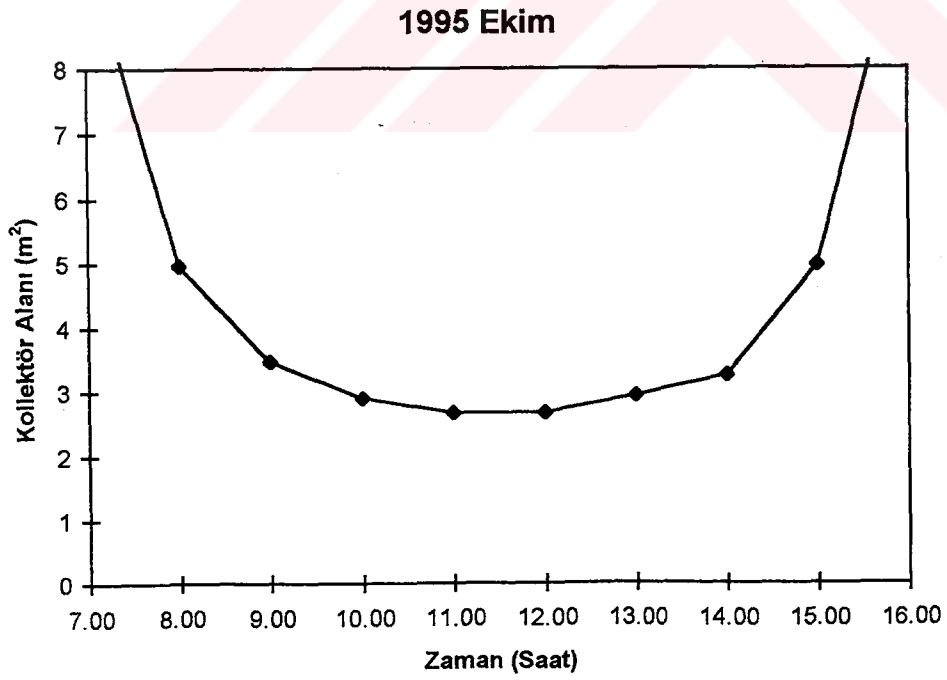
## 1995 Ağustos



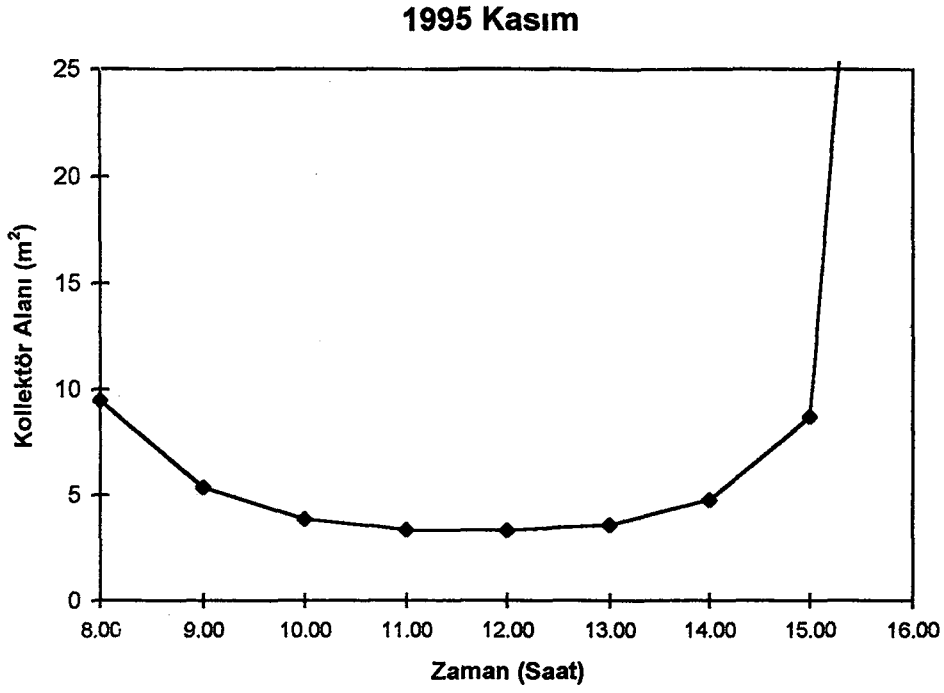
Şekil 5.69. Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



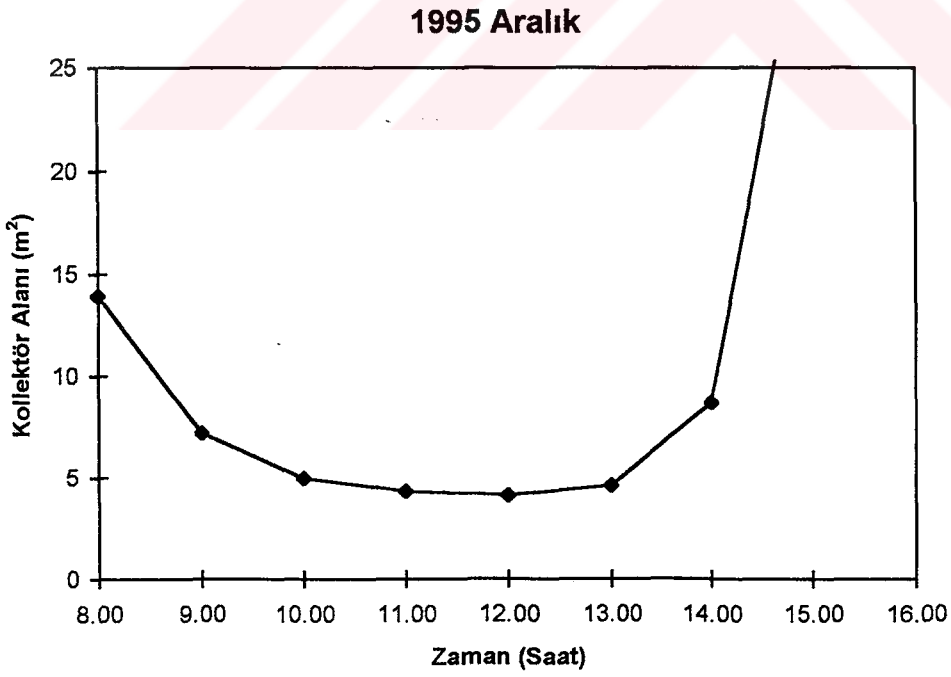
**Şekil 5.70.** Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



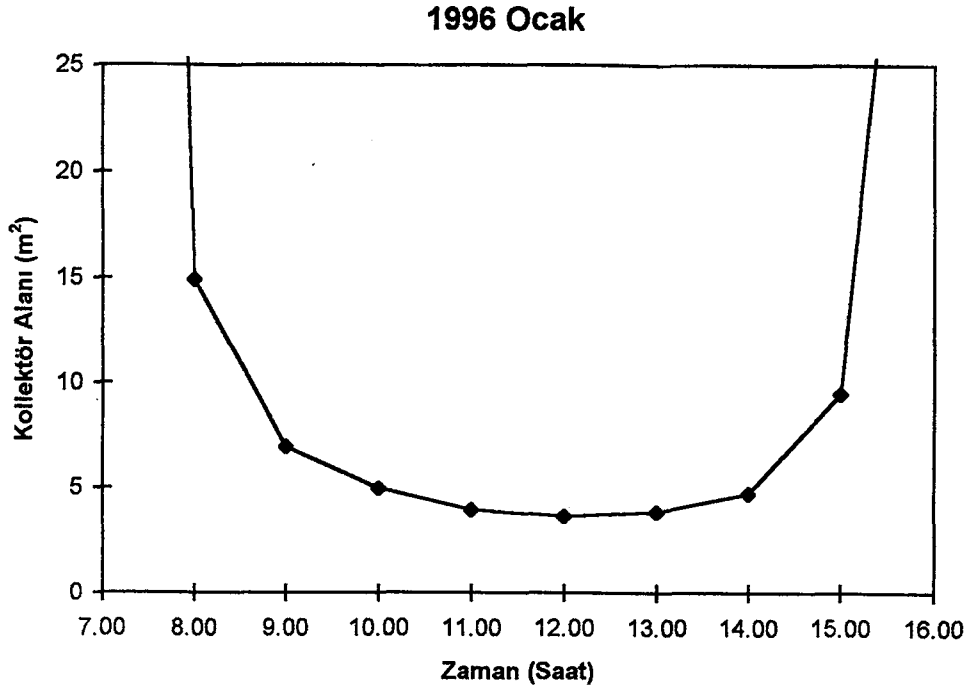
**Şekil 5.71.** Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



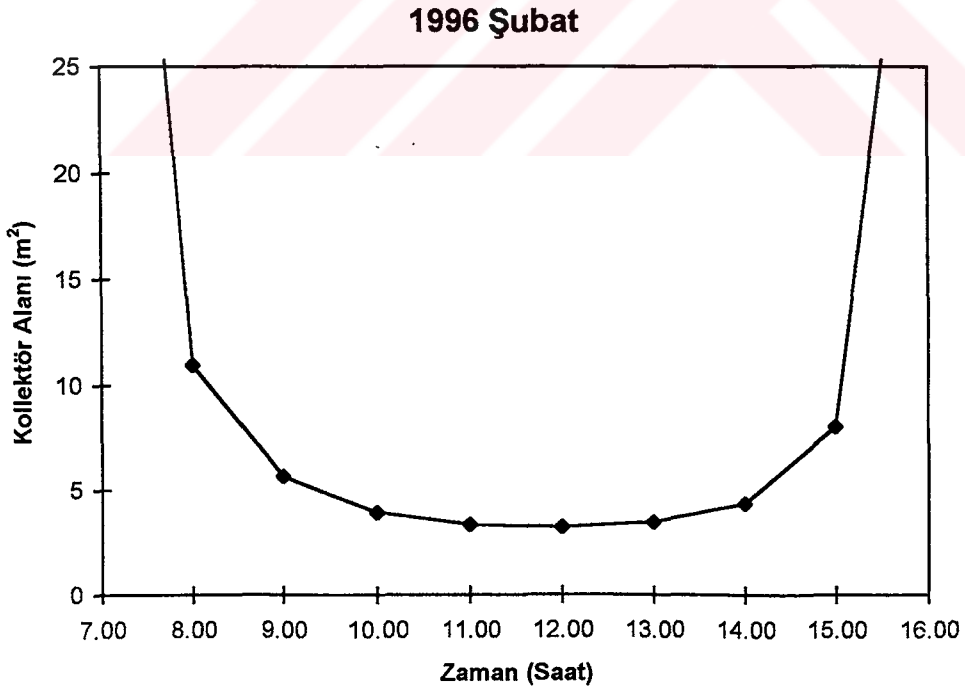
**Şekil 5.72.** Kolektör Alanının Zamana Göre Değişimi



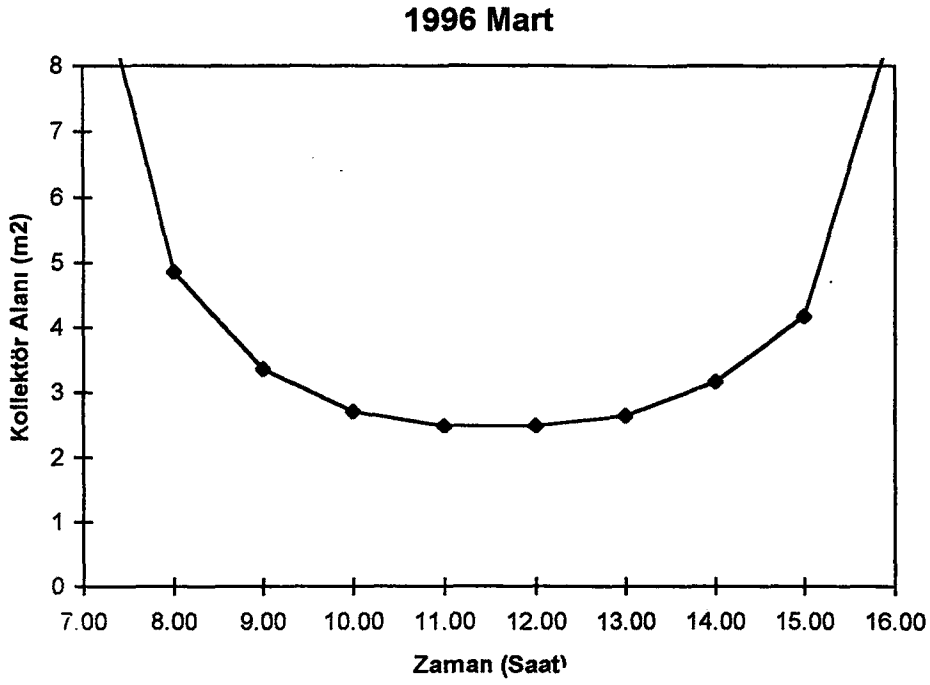
**Şekil 5.73.** Kolektör Alanının Zamana Göre Değişimi



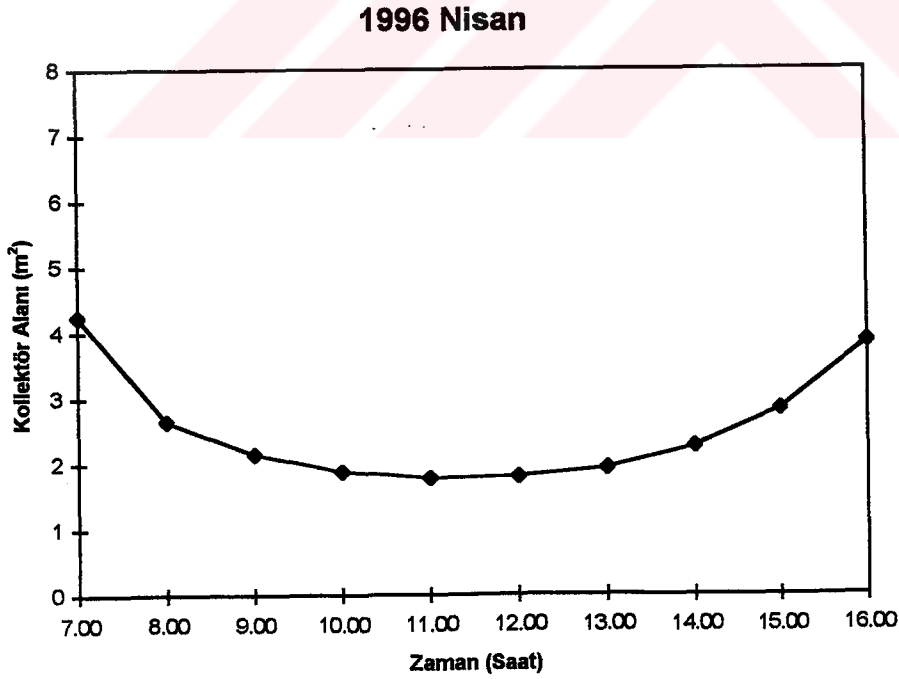
**Şekil 5.74.** Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



**Şekil 5.75.** Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



**Şekil 5.76.** Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



**Şekil 5.77.** Kollektör Alanının Zamana Göre Değişimi



## SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Binalarda güneş enerjisi uygulamalarında aktif ve pasif sistem kullanılır. Pasif güneş enerjili sistemlerin önemli avantajlarından bazıları şöyledir.

1. Çalışmaları doğal ve bakımları basittir.
2. Prensipleri kolay ve anlaşılabilirliktedir.
3. Sistem maliyetleri, masif depolayıcı elemanları destekleyen uygun zemin şartları mevcutsa aktif sistemlerden daha düşüktür.
4. Pasif dizaynların bazıları estetik yönünden alışlagelmiş güneş toplayıcılarından daha ilgi çekici ve kullanıcıları tarafından daha çok tercih edilir.

Bu sistemin temel dezavantajı ise yapının mimarisi içinde depolama ve güneş enerjisi toplama fonksiyonunun genellikle bu dizaynlarla bütünleştirilmesine yöneliktir. Bu sistemlerde ısı akışının odalara en fazla konveksiyon ile sağlandığı görülmüştür.

Pasif sistemlerde ışığı depolayan güneş alanlarının hemen hemen her tip yükseklik ve boyuttaki binalara uygulanabilir olduğu gözlemlendi. İki veya üç katlı konutlarda hava akışı, tek katlı bir binadaki güneş alanından daha fazladır. Güneş çıkmaları her binanın güneş kaplı yüzeyine uygulanabilir ve her iklimde kullanılabilir.

Pasif sistemle güneş enerjisi elde etme yöntemlerinden olan direk kazanç sistemlerinde ısıtılmış odalarda elementlerin içinde güneş enerjisinin önemli miktarının biriktirilebilir olmasıdır. Bu binada pencereler ve güneşe bakan çatı monitörlerinde dikey cam ile gün ışığı sağlanabilir. Çatı monitörleri çok katlı binaların en üst katında veya tek katlı binalarda uygulanabilir. Konvansiyonel pencereler ile karşılaştırıldığı zaman çatı monitörlerinde ısı kaybı daha yüksek veya efektif güneş ısı kazancının daha düşük olduğu açıklanabilir.

İndirek kazanç sistemlerinden barra sisteminde hava ilk önce uzak odaları ısıtır. Daha sonra güneş yüzeyli birleşik duvarın alçak kısımlarına girişe bina alanından geri akar. Böylece ev içindeki sıcaklık dağılımını garanti eder ve diğer pasif sistemler ile yapılan sıcaklık dağıtımından daha iyi olur. Çok katlı binalara uygulanabilir. Hatta binaların güneşe bakmayan odaları için yararlı olabilir. Herbir katta kendi biriktirici duvar ve tavan depolama elementleri olduğundan, bu sistem her katlı binalara uygulanabilir.

Pasif sistem türlerini karşılaştırdığımızda direk kazanç sistemlerinin verimi %30-75 arası, indirek kazanç sistemlerinin %30-45, ayrılmış kazanç sistemlerinin ise %60-75 olduğu görülmüştür.

Alman firması Okalux tarafından üretilen saydam izolasyon ile Fransız firması Celair tarafından üretilen daha ucuz saydam örtünün aktif ve pasif güneş ısıtma sistemlerinde yapılan mukayese analizlerinde her iki malzemenin tek veya çift cam kaplıyken trombe duvarının verimini iyileştirdiği görülür. Yapılan ölçümlerde aktif sistem için en yüksek emme sıcaklığının 105°C ve pasif sistem için 80°C olduğu görülmüştür.

Sonbaharda yapılan çalışma sonucunda aktif sistemde gerçek ısıtma sistemi hava iyi olduğu zaman meydana gelir. Absorblama sıcaklıkları polikarbonat plakada (PC) için 43°C' ye erişebilir. Sadyam izolasyon ile 52°C olur. Bu sistem kötü havada çalışmaz.

En soğuk periyotta aktif sistemin emme sıcaklığı 30-35°C maksimum değere çıkmıştır. Pasif sistemde Okalux tel yapısının kullanımı ile 55°C'ye ve polikarbonat tabaka kullanımı ile 40°C'ye ulaşılmıştır.

Hesaplamalar ve ölçümler aktif sistemin avantajlı olduğunu gösterir. Bu evlerde güneş oranı %40' a ulaşır. Fakat bu sistemlerin bir yılda iki defa bakıma ihtiyacı vardır.

Fransız firması Celair tarafından üretilen ucuz saydam ile saydam izolasyon malzemesi karşılaştırıldığı zaman hava kollektörünün veriminin %25 arttığı ve Trombe duvarının kazancının iki kat olduğu görülür.

Camsız kolektörlerden, çakıldan oluşan depolama yatağı ve ısı pompasından oluşan ATEŞ güneş ile ısıtma sisteminde yapılan çalışmalar sonucunda 1986-1987 dönemi için ısıtma sistemindeki enerjinin %60'nın güneş enerjisi tarafından sağlandığı gözlenmiştir. %50-60 arasındaki güneş oranı enerji fiyatını yarıya düşürür.

Danimarkada gerçekleştirilen DHW güneş sisteminde İsveç kanatlı-serpantin emicisi ile Danimarka kanal-plaka emicisi karşılaştırılır. Yapılan ölçümlerde güneş veriminin İsveç kanatlı serpantin emicide 38.077 kWh olduğu ve Danimarka kanal plaka emicisinde ise 45.599 kWh olduğu ölçüldü. Aynı çalışma şartlarında iki güneş kolektörü tipi için her yıl her m<sup>2</sup> güneş kolektöründe güneş verimi 501 ve 568 kWh olur. Kanatlı-serpantin emicisi ile kanal plaka emicisi karşılaştırıldığında, kanal plaka emicisinden elde edilen ekstra verim %13 olur. Yani kanal plaka emicisinin aylık ölçülen verimi daha yüksektir.

Güneş enerjisinin Kocaeli bölgesi için yapılan incelemesi sonucunda 1995 Ocak-Aralık dönemine ait güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı grafiğinde Nisan ayının güneş ışınım şiddetinin diğer aylara göre maksimum olduğu görülmüştür. Bu ay için gerekli olan kolektör alanı 1,634 m<sup>2</sup>'dir. 1995 yılına ait grafikler incelendiğinde saat 12'de en yüksek faydalı ısı Mayıs ayında, saat 11'de Nisan ayında olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplarda en küçük kolektör alanı Nisan ayında 1,634 m<sup>2</sup> olduğu, en büyük kolektör alanının Aralık ayında 4,176 m<sup>2</sup> olduğu ve 1996 Nisan ayına ait kolektör alanının 1,78 m<sup>2</sup> olduğu bulunmuştur.

Mevsime göre yapılan hesaplarda yaz dönemi için (Haziran-Ağustos) bulunan kolektör alanı 1,61 m<sup>2</sup>'dir. Kolektörün konumunda ve tesisatta bir değişiklik yapmaksızın diğer mevsimler için de hesaplandığında güneşli su ısıtıcısı sistemiyle yaz yarıyılında yakıt ihtiyacının % 90'ı, kış yarıyılında ise %53'ü karşılanabilir.

İzmitte oturan 4 kişilik bir aile gözönüne alındığında 1995 Ocak, Kasım, Aralık, 1996 Ocak, Şubat aylarında gerekli olan sıcak su için yeterli ısı elde edilememiştir.

Ayrıca faydalı ısının minimum olduğu Aralık ayına ait kollektör alanı 4,176 m<sup>2</sup>'dir. 4 kişilik bir ailenin sıcak su ihtiyacının karşılanabilmesi için gerekli olan en az kollektör alanının 4,176 m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Bu kollektör alanı ile diğer tüm aylarda %100 verim elde edilmektedir.

Kocaeli Bölgesi için aktif ve pasif sistemlerinin verimliliğini karşılaştırdığımızda aktif sistemin daha uygun olduğu görülmüştür. Çünkü İzmit bölgesinin almış olduğu güneş ışınım şiddetinin miktarı yüksek oranda olmamaktadır.



**KAYNAKLAR**

- 1- ARINÇ, Ü.D., 1979. Güneşli su ısıtıcılarının yakıt ekonomisine katkısı ve güneşli sera ısıtıcıları konusunda bir araştırma. Doçentlik tezi, İstanbul
- 2- AKDENİZ, H.A., 1992. Pasif güneş sistemleri. Güneş enerjisi enstitüsü dergisi, cilt.1, sayı. 4, nisan, s. 87-94, İzmir.
- 3- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü “ Meteoroloji Bülteni “,1974. Ankara.
- 4- GIVONI, B., 1991. Characteristics, design implications, and applicability of passive solar heating system for buildings. Solar energy, vol. 47, no. 6, pp. 425-435, USA.
- 5- GÜNERHAN, G. G., 1995. Güneş enerjisinin aktif sistemlerle ısıtma amaçlı kullanımı. Tesisat mühendisliği dergisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, özel sayı ekim, sayı. 22, s. 17-24, İstanbul.
- 6- GÜNGÖR, A., 1993. Binaların doğal ısıtma ve soğutulması için güneş enerjili pasif sistemlerin kullanımı. Tesisat mühendisliği dergisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Temmuz, s. 20-23, İstanbul.
- 7- HAHNE, E. and HORNBERGER, M., 1994. Experience with a solar heating ATEŞ system for a University building. Journal of solar energy engineering transactions of the ASME, vol. 116, pp. 88-93, Germany.
- 8- İzmit Meteoroloji Müdürlüğü “Saatlik Güneş Işınları Şiddetinin Ortalama Değerleri”., ölçüm tabloları.
- 9- KILIÇ, A. ve ÖZTÜRK, A., 1983. Güneş enerjisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, kipaş dağıtımçılık, mart, s. 62-105, İstanbul.

- 10- PEDERSEN, P.V., 1993. Experience with a large solar DHW system in Denmark- The Nordic solar heating demonstration project. Solar energy, vol. 50, no. 3, pp.259-266, USA.
- 11- PEUPORTIER, B. and MICHEL, J., 1995. Comparative analysis of active and passive solar heating systems with transparent insulation. Solar energy, vol. 54, no. 1, pp. 13-18, USA.
- 12- Sıhhi tesisat proje hazırlama teknik esasları., 1987. TMMOB Makina Mühendisleri Odası yayını, no. 122, s.110-128, İstanbul.
- 13- UYAREL, A. Y. ve ÖZ, E. S. , 1987. Güneş enerjisi ve uygulamaları. s.16-57, kısım, emel matbaacılık sanayi, Ankara.
- 14- YILDIZ, M., 1994. Güneş enerjisi. Türkiye enerji bülteni, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayını, ocak,cilt.1, sayı. 1, s.67-71, Ankara.

## EKA

Tablo A.1.

İstasyon : Kocaeli

Ayı : Ocak

Yılı : 1995

Saatlik Güneş Işınları Şiddetinin Saatlik Ortalama Değerleri  
Cal / cm<sup>2</sup> (dakikada)

GÜNLER	S A A T L E R (30'lik)																			Günlük Toplam	Saatlik ort. cal/ cm <sup>2</sup> (Dakikada)	Günlük ortalama Toplamı (cal/cm <sup>2</sup> )	Maksimum Cal/ cm <sup>2</sup> (Dakikada)
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20							
1				-	1.20	1.80	2.40	3.60	3.00	1.620	18.00	3.60	1.20	-						57.08	0.46		
2				-	6.00	18.00	28.40	27.20	22.40	16.20	13.80	8.40	1.80	-						148.20	0.52		
3				-	1.80	1.20	4.20	4.80	6.00	5.40	5.40	4.20	1.35	-						31.95	0.12		
4				-	2.40	4.20	5.40	4.20	15.60	12.60	3.60	1.20	-	-						49.20	0.46		
5				-	2.00	4.80	9.00	11.40	10.20	6.60	5.40	2.40	2.20	-						54.00	0.23		
6				-	0.90	2.40	5.40	14.40	16.20	14.40	10.20	3.60	0.60	-						63.10	0.35		
7				-	-	2.40	5.40	15.60	27.60	27.60	24.00	11.40	4.80	0.30						112.10	0.52		
8				-	-	0.55	1.80	4.20	9.60	6.60	2.40	1.20	0.45	-						26.30	0.22		
9				-	0.60	1.20	1.80	4.20	7.20	4.80	4.20	2.40	0.51	-						36.91	0.13		
10				-	1.80	3.00	4.20	4.80	4.20	4.20	6.00	4.20	1.56	-						33.66	0.14		
Toplam 1-10				-	16.20	39.55	66.00	95.40	135.00	114.60	93.00	43.20	14.47	0.30						682.20	X		
11				0.38	2.40	13.80	28.20	27.60	27.00	19.80	4.20	3.00	1.57	-						132.77	0.57		
12				-	1.80	7.40	15.00	22.80	20.40	16.20	11.60	7.80	2.60	0.45						102.65	0.57		
13				-	0.20	1.80	2.40	2.40	1.80	4.20	2.40	1.20	0.30	-						12.30	0.12		
14				-	0.30	1.20	2.40	2.40	2.40	1.80	0.60	0.60	0.30	-						12.00	0.07		
15				-	0.55	1.80	1.80	1.80	3.00	4.80	4.80	2.00	1.20	-						22.75	0.10		
16				-	-	-	2.40	4.20	4.80	7.80	8.40	6.00	2.25	-						36.55	0.15		
17				-	1.80	7.20	14.40	4.20	7.80	6.00	8.40	3.60	1.80	-						51.60	0.39		
18				-	1.20	4.20	7.80	9.60	13.80	18.00	18.60	8.40	3.00	-						84.60	0.42		
19				0.05	6.00	14.40	22.20	20.00	26.60	30.00	18.60	12.00	5.40	0.70						185.35	0.66		
20				0.30	3.00	10.20	15.60	18.00	13.20	15.00	13.20	7.20	3.60	1.20						113.70	0.40		
Toplam 11-20				0.73	17.25	60.00	115.20	133.00	137.40	126.60	87.00	54.20	22.54	2.35						746.07	X		
21				0.30	0.60	1.20	1.80	3.00	6.60	6.40	4.20	3.00	1.20	-						22.10	0.14		
22				0.15	5.60	12.60	20.40	26.60	31.20	34.20	32.00	14.40	4.20	0.60						122.15	0.65		
23				0.17	5.40	13.80	19.80	27.60	38.20	32.00	26.40	18.00	7.20	0.85						186.40	0.60		
24				-	1.20	4.20	7.80	13.80	31.20	28.20	28.80	15.60	4.20	0.28						135.08	0.75		
25				-	2.40	10.80	16.20	28.20	25.20	22.20	22.20	13.80	3.00	0.18						144.18	0.65		
26				0.10	1.20	13.20	24.00	31.20	35.00	35.00	21.20	13.20	3.60	1.30						203.60	0.43		
27				0.70	7.80	10.20	26.40	32.40	35.40	32.60	27.00	16.60	4.80	0.60						202.10	0.61		
28				-	0.60	2.40	4.20	7.20	7.20	6.00	3.60	3.00	2.60	0.50						37.30	0.17		
29				0.20	12.00	22.50	32.40	32.20	23.00	35.40	30.00	18.00	14.80	0.60						272.70	0.66		
30				0.00	1.20	1.80	12.00	15.00	25.80	27.60	25.80	13.80	10.20	0.25						133.35	0.65		
31				1.47	10.20	13.80	25.80	28.20	22.20	22.20	22.80	16.80	7.20	0.51						178.38	0.57		
Toplam 21-31				5.19	51.60	171.80	190.80	251.40	294.40	281.40	254.40	182.40	56.40	6.57						1669.50	X		
Aylık Toplam				5.92	85.55	221.35	322.30	469.80	557.00	525.60	434.40	248.40	93.41	9.22						3033.80	X		
Aylık Ortalama				0.19	2.76	7.14	12.00	15.16	18.00	16.40	14.01	8.05	3.01	0.30						97.37	X		

R. Fuess 58 d. Aktinografına ait her ayın 15. günü için düzeltme faktörü .....

## ÖZGEÇMİŞ

1969 Yılında İzmit'te doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini İzmit'te tamamladı. 1987 yılında girdiği Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1991 yılında Makina Mühendisi olarak mezun oldu.

Ocak 1993 tarihinden itibaren Kocaeli Üniversitesi, Yapı ve Teknik Daire Başkanlığı'nda kontrol Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

