

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GİZLİ ISI DEPOLAMALI İKİ FAZLI TERMOSİFON GÜNEŞ
ENERJİLİ SU ISITICISININ DENEYSEL OLARAK
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nida ÖZÇELİK
(092119103)

Anabilim Dalı: Makine Eğitimi
Danışman: Doç. Dr. Mehmet ESEN
EKİM-2012

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GİZLİ ISI DEPOLAMALI İKİ FAZLI TERMOSİFON GÜNEŞ ENERJİLİ SU
ISITICISININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nida ÖZÇELİK
(092119103)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Eylül 2012

Tezin Savunulduğu Tarih: 11 Ekim 2012

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet ESEN (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cengiz YILDIZ (F.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Celal SARSILMAZ (F.Ü)

EKİM-2012

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, beni yönlendiren ve yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Mehmet ESEN'e, deney setimin hazırlanmasında ve deneylerimin yapılışında yardımlarını esirgemeyen Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Araştırma Görevlilerine, teknisyenlerine ve de maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme ve eşim Ali İhsan ÖZÇELİK'e teşekkür ederim.

Nida ÖZÇELİK

ELAZIĞ – 2012

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLOLAR LİSTESİ	VII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Güneşin Yapısı	1
1.2. Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi	3
1.3. Güneş Enerjisi ve Dünyanın Enerji Kaynakları	4
1.4. Ülkemizin Enerji İhtiyacı ve Tüketimi	7
1.5. Dünya da Güneş Işınım Potansiyeli.....	8
1.6. Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemleri	10
1.6.1.1. Doğal Sirkülasyonlu Sistemler	10
1.6.1.1.1. Isıtıcı Akışkanlı Sistemler (Kapalı Devre Sistemler)	11
1.6.1.2. Cebri Sirkülasyonlu Sistemler	16
1.6.1.2.1. Cebri Sirkülasyonlu Güneş Enerjisi Sisteminin Teknik Hesabı	21
1.6.1.2.2. Mahal İçin Gerekli olan Toplam Isıl İhtiyacının Belirlenmesi.....	22
1.6.1.2.3. Depolama Hacmi Hesabı	27
1.6.1.2.4. Sistem Boru Çaplarının Belirlenmesi ve Planlanması.....	32
1.6.1.2.5. Güneş Enerji Sistemi Sirkülasyon Pompası	34
1.6.1.2.6. Güneş Enerjisi Sistemi Kapalı Genleşme Deposunun Seçilmesi	36
1.7. Güneş Kollektörleri	39
1.7.1. Sabit Kollektörler	39
1.7.1.1. Düzlemsel Güneş Kollektörleri	39
1.7.1.1.1. Cam Yüzey Malzemeleri	41
1.7.1.1.2. Kollektör Yutucu Yüzeyleri	42
1.7.1.2. Parabolik Güneş Kollektörleri	42
1.7.1.3. Vakumlanmış Borulu Güneş Kollektörleri.....	43
1.7.2. Odaklanabilen Güneş Kollektörleri	45

1.7.2.1.	Parabolik Çanak Kollektör	47
1.7.2.2.	Lineer Fresnel Reflektör	48
1.7.2.3	Parabolik Çukur Toplayıcılar	49
1.7.2.4.	Helisel Alan Kollektörleri	50
1.8.	Gizli Isı Depolama.....	51
1.8.1.	Faz Değiştiren Maddeler (FDM)	52
1.8.1.1.	Parafinler	54
1.8.1.2.	Yağ asitleri.....	54
1.8.1.3.	Tuz hidratları	55
1.8.1.4.	Ötektik Karışımlar	55
1.8.2.	Faz Değiştiren Madde Seçiminde Dikkat Edilmesi Gerkenler.....	56
1.8.2.1.	Faz Değişim Sıcaklığı.....	56
1.8.2.2.	Faz Değişim Isısı	57
1.8.2.3.	Faz Ayrımı ve Aşırı Soğuma	57
1.8.2.4.	FDM nin Kimyasal Özellikleri	57
1.8.2.5.	FDM nin Ekonomik Özellikleri.....	57
2.	MATERYAL VE METOD	59
2.1.	Isı Depolamalı İki Fazlı Termosifon Güneş Kollektörü ve Deneysel Çalışma	59
3.	BULGULAR, SONUÇLAR VE TARTIŞMA	63
4.	ÖNERİLER.....	67
	KAYNAKLAR.....	68
	ÖZGEÇMİŞ	74

ÖZET

Her ne kadar ısı depolama için su ucuz ve efektif bir depolama ortamı olsa da, depolama yoğunluğunu artırmak ve depolama maliyetini düşürmek için günümüzde diğer depolama ortamı seçenekleri de çalışılmaktadır. Depolama ortamı olarak kalsiyum klorür hekzahidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) içeren gizli ısı depolamalı iki fazlı termosifon güneş enerjili bir su ısıtıcısının ısı davranışı ve performansı Elazığ ilinin yaz iklim şartlarında deneysel olarak çalışıldı.

Bu çalışma, kaynama ve yoğunlaşmanın süper ısı transfer karakteristiklerini kullanan iki fazlı güneş enerjili termosifon bir su ısıtıcısındaki gizli ısı depolamanın termal performansını deneysel olarak incelemekte ve klasik güneş enerjili su ısıtıcısında bulunan dezavantajları yok etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, bir gizli ısı depolama ünitesine bağlı iki fazlı termosifon güneş enerjili bir su ısıtıcısının ısı performansını belirlemektir. Bu amaçla, faz değişimli enerji depolama ünitesine sahip iki fazlı bir termosifon güneş enerjili su ısıtıcısı tasarlanıp imal edildi ve test edildi.

Bütün deneylerin sonuçları gösterdi ki, depolama tankında faz değiştiren maddenin (FDM) kullanımı, özellikle gece saatlerinde depo suyu sıcaklığının artışına önemli bir katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjili su ısıtıcısı, İki fazlı termosifon, Gizli ısı depolama, Faz değiştiren madde (FDM)

SUMMARY

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TWO-PHASE THERMOSYPHON SOLAR WATER HEATER WITH LATENT HEAT STORAGE

Although water is a cheap and effective medium for thermal energy storage, other options are currently being studied, to increase the storage density or to reduce the cost of the storage. A thermal behavior and performance of a two-phase thermosyphon solar water heater integrated to a latent heat storage unit, tested with calcium chloride hexahydrate ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) as storage medium, have been studied experimentally, under the summer climatic conditions of Elazığ.

This study experimentally studies the thermal performance of latent heat storage in a two-phase thermosyphon solar water heater, which utilizes the superior heat transfer characteristics of boiling and condensation, and eliminates drawbacks found in the conventional solar water heater.

The objective of the study is to determine thermal performance of a two-phase thermosyphon solar water heater integrated to a latent heat storage unit. For this purpose, a two-phase thermosyphon solar water heater with phase change energy storage unit was designed, constructed, and tested.

The results of all experiments indicate that, the use of phase change material (PCM) in the storage tank provide a significant benefit in increasing of storage water temperature at especially night.

Keywords: Solar water heater, Two-phase thermosyphon, Latent heat storage, Phase change material (PCM)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Türkiye Güneşlenme Haritası	10
Şekil 1.2.	Tek Depo Görünümlü Sistem Detayı.....	12
Şekil 1.3.	Depo Görünümlü Sistem Detayı	13
Şekil 1.4.	Atmosfere Kapalı Basınçlı Sistem Detayı.....	15
Şekil 1.5.	Atmosfere Açık Basınçlı Sistem Detayı	16
Şekil 1.6.	Tek Serpantinli Cebri Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemi.....	18
Şekil 1.7.	Çift Serpantinli Cebri Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemleri	19
Şekil 1.8.	Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemi Proje Akım Şeması.....	21
Şekil 1.9.	Tek Serpantinli Boyler	28
Şekil 1.10.	Tek Serpantinli Boylerli Güneş Enerjisi Sistemi	29
Şekil 1.11.	Çift Serpantinli Boyler	30
Şekil 1.12.	Çift Serpantinli Boyler Detayı	30
Şekil 1.13.	Çift Serpantinli Boylerli Güneş Enerjisi Sistemi	31
Şekil 1.14.	Yatık Tip Serpantinli Bir Boylerin Güneş Enerjisi Sistemine Entegrasyonu	32
Şekil 1.15.	Tek Genleşme Kapının Kullanıldığı Güneşli Sıcak Su Isıtma Sistemi....	37
Şekil 1.16.	İki Kapalı Genleşme Deposunun Kullanıldığı İki Ayrı Devreli Güneşli Sıcak Su Isıtma Sistemi	38
Şekil 1.17.	Düz Plakalı Kollektörün Görünüşü.....	40
Şekil 1.18.	Düz Plakalı Kollektörün Ayrıntılı Görünüşü	40
Şekil 1.19.	Parabolik Kollektörün Şematik Şekli.....	43
Şekil 1.20.	Vakumlanmış Bir Tüp Kolektörünün Şematik Şekli	44
Şekil 1.21.	Odaklanabilen Güneş Kollektörünün Şematik Şekli.....	46
Şekil 1.22.	Parabolik Çanak Kollektörün Şematik Şekli	48
Şekil 1.23.	Lineer Fresnel Reflektör Kolektörünün Şematik Şekli	48
Şekil 1.24.	Parabolik Çukur Toplayıcısının Şematik Şekli	49
Şekil 1.25.	Merkezi Toplayıcı Sistemin Şematik Şekli.....	50
Şekil 1.26.	FdmUygulamaları	53
Şekil 2.1.	Güneş kollektörü sisteminin fotoğrafı.....	60

Şekil 2.2.	Güneş kollektörü sisteminin şematik görünüşü.	61
Şekil 3.1.	18 Temmuz 2012’de deposu FDM’siz güneş kollektörü sisteminde dış hava, depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının sıcaklıkları ile güneş ışıınının zamanla değişimi.	63
Şekil 3.2.	20 Temmuz 2012’de deposu FDM’li güneş kollektörü sisteminde dış hava, depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının sıcaklıkları ile güneş ışıınının zamanla değişimi.	64
Şekil 3.3.	Temmuz 2012’de FDM’siz ve FDM’li güneş kollektörü sisteminde günlük ortalama dış hava, ortalama depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının günlük ortalama sıcaklıkları ile günlük ortalama güneş ışıınının değişimi.	65
Şekil 3.4.	18 ve 20 Temmuz 2012’de FDM’siz ve FDM’li depo suyu sıcaklığının zamanla değişimi.	66

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Türkiye de sektörlere göre enerji tüketim oranları	7
Tablo 1.2.	Güneş enerjili sıcak su üretim sistemlerinin ilk yatırım bedellerinin geri kazanım süreleri.....	8
Tablo 1.3.	Türkiye Güneşlenme Süreleri.....	9
Tablo 1.4.	Gelir dağılımına göre su tüketim miktarları	23
Tablo 1.5.	Aylara göre şebeke giriş su sıcaklığı	24
Tablo 1.6.	Aylara göre şehir merkezlerinin güneş ışıyım değerleri.....	26
Tablo 1.7.	Güneş enerjisi sistemlerinde sıcak su depolama hacmi belirleme diyagramı	28
Tablo 1.8.	Yüksek akışlı işletim sistemi için toplam güneş kollektörü sayısına göre ortalama boru çapları	34
Tablo 1.9.	Organik Ve Anorganik FDM Lerin Avantaj ve Dezavantajları	56

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

Ta	: Dış hava sıcaklık değeri ($^{\circ}\text{C}$)
Tw	: Depo suyu sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
Tp	: Yutucu plaka sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
I	: Güneş ışıınımı (W/m^2)
ABD	: Amerika birleşik devletleri
cp	: Suyun $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasındaki ortalama özgül ısı kapasitesi ($0,001163\text{ kWh}/\text{kgK}$)
FDM	: Faz değıştiren maddeler
LPG	: Sıvılaştırılmış petrol gazı
M	: Mahalde ki harcanacak toplam sıcak su miktarı (lt)
Q	: Günlük gerekli toplam ısı yük ($\text{kWh}/\text{gün}$)
Qp	: Pompa debisi (m^3/h)
Qs	: Güneş enerjisi sisteminden transfer edilen saatlik ısı gücü (kWh)
TED	: Termal enerji depolama
TI	: Düşük fiyat ve yüksek sıcaklık resistand yalıtım malzemeleri
Δt	: İstenilen su sıcaklığı – şebeke suyu sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

1.GİRİŞ

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

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

Günümüzde özellikle petrol fiyatlarının çok hızlı yükselmesi, güneş enerjisini gittikçe cazip kılmakta ve güneş enerjisinden yararlanan sistemlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Güneş ışınımı asırlardan beri yeryüzüne geldiği halde bilinçli faydalanmaya başlanması oldukça yenidir. Kaynaklara göre, ilk defa Sokrat (M.Ö. 400) evlerin güney yönüne fazla pencere koyarak güneş ışığının içeri girmesini ve kuzey tarafını yüksek yaparak rüzgarın önlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Archimedes'in (M.Ö. 250) içbükey aynalarla güneş ışığını odaklayarak Sirakuza'ya kuşatan gemileri yakıtı iddia edilmektedir.

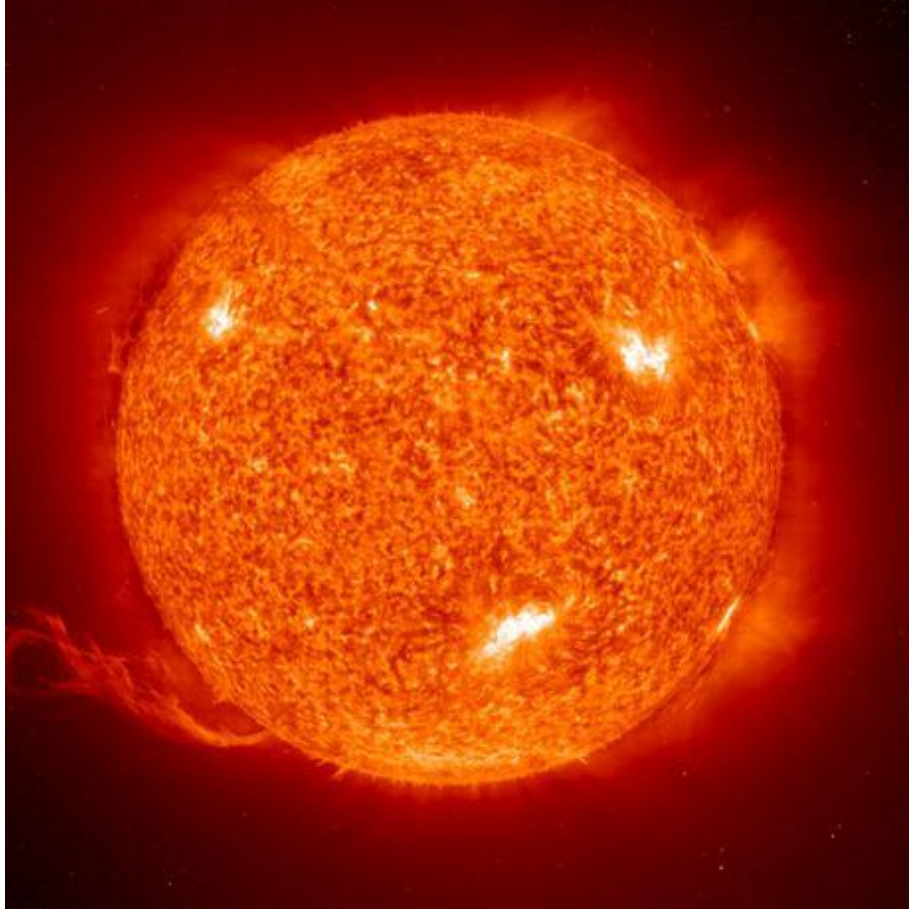
1.1.Güneşin Yapısı

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. Sıcaklığı merkez de yaklaşık $(8-40) \times 10^6$ °K' ni bulur. Yüzey sıcaklığı ise 6000 °K civarındadır. Bu yüksek sıcaklık nedeniyle elektronlar, atom çekirdeklerinden ayrılırlar. Bu sebeple, güneşte atom ve molekül yerine elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur. Bu karışıma "plazma" adı verilir. Dört hidrojen çekirdeği bir helyum çekirdeği yapar. Birleşme çok yüksek sıcaklıkta olur. Füzyon adı verilen bu olay yüksek sıcaklıkta ve atom çekirdeği yardımıyla olduğundan "Termonükleer Reaksiyon" adını alır. Güneş çok yoğun sıcak gazlarla meydana gelmiş olup ve çapı $1,39 \times 10^9$ m, kütlesi $1,99 \times 10^{30}$ kg civarında olan bir yıldızdır.

Dünyadan Uzaklığı yaklaşık $1,5 \times 10^8$ km'dir. Dünyamızın kütlesi $5,97 \times 10^{24}$ kg olduğuna göre güneşin kütsel olarak dünyamızın 332.500 katıdır. Güneş yaklaşık 4 haftada bir kendi etrafında dönmektedir. Bu dönmeyi ekvator kısmı 27 günde, kutuplar 30 günde tamamlar. Güneşin ortalama yoğunluğu 1409 kg/m^3 , dünyamızın ortalama yoğunluğu 5517 kg/m^3 , güneşin yüzeyinde ki çekim ivmesi $273,98 \text{ m/s}^2$, dünyamızın $9,81 \text{ m/s}^2$ 'dir [1,2,3].

Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark, güneşten ışın olarak çıkan enerjiyi verir (güneş radyasyonu). Güneşin merkezinde 1 saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmektedir. Arada ki 4 milyon ton fark karşılığı ısı ve ışık enerjisi halinde uzaya $386.000.000 \text{ EJ}$ (Eksa joule) enerji yaydığı tahmin edilmektedir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde dünyaya ulaşır. Güneşin 1 saniyede ürettiği enerji miktarı, insanlığın şimdiye kadar kullandığı enerji miktarından fazladır. Dünya, güneşten gelen enerjinin sadece milyarda birini alır. Bu enerji 15 dakika depo edilebilse toplam dünya nüfusunun yıllık enerji ihtiyacı karşılanır [4-7].

Atmosfere gelen güneş radyasyonunun yaklaşık %17,5'i atmosferi ısıtmak için harcanır. Yaklaşık %35'i bulutlardan ve yerden yansarak tekrar uzaya döner. Güneşten gelen radyasyonun tümü 100 birim kabul edersek atmosferi ısıtmak için harcanan ve yansarak uzaya dönen değerlerin toplamından sonra geriye 47,5 birim kalır ki bu miktar yeryüzüne düşmekte ve burada ısıya dönüşmektedir. Yeryüzüne gelen ortalama güneş ışınımı değeri mevsim ve enleme bağılı olarak yaklaşık $300\text{-}1000 \text{ W/m}^2$ 'dir [7].



1.2.Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi

Gerçek dünyamızda ki tüm enerji kaynakları güneşten türemiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtları, yüzyıllar önce güneşten aldığı enerji sayesinde başkalaşıma uğrayarak bugünkü kullanılır hale gelmişlerdir. Fosil yakıtlarının çok yakın gelecekte bitmeleri söz konusudur. Bu nedenle enerji ihtiyacın büyük bir kısmını başka enerji kaynaklarından mümkün olduğunca kısa sürede karşılanmalıdır. Tüm dünya bu arayışa girmek zorundadır. Alternatif enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri de güneş enerjisininidir.

Güneş enerjisinden istifade edebilmek için insanların yaptığı çalışmalar çok eski tarihlere dayanmaktadır. Kaynaklara göre ilk defa Sokrat (M.Ö. 400) evlerin güney yönüne fazla pencere konularak güneş ışıınının içeri alınmasını belirtmiştir. Arşimet (M.Ö. 250) içbükey aynalarla güneş ışıınınını odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yakmıştır. Çalışmalar 1600'lü yıllarda Galile'nin merceği bulmasıyla gelişme göstermiştir. İlk olarak

1725 yılında Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir su pompası geliştirilmiştir. Fransız bilim adamı Mohuchok 1860'da parabolik ayanlar yardımı ile güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerinde çalışmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerinde deney yapmıştır. Eski saraylara dikkat ederseniz (Dolmabahçe Sarayı) oldukça fazla ayna göreceksiniz, güneş enerjisinin kullanımı açısından iyi bir örnektir.

Birinci dünya savaşı esnasında petrolün önem kazanması ile güneş enerjisine yönelik çalışmalar azalmıştır. 1930 yılından itibaren ilgili çalışmalar artmışsa da fazla uygulama alanı bulamamıştır, çalışmalar araştırma kurumlarının dışına çıkmamıştır. Ancak 1960'lı yıllarda ki petrol krizinin ortaya çıkması insanları alternatif enerji kaynakları konusunda çalışma yapmaya itmiştir. Öncelikli olarak çalışmalar, temiz ve masrafsız enerji kaynakları olan güneş enerjisi üzerine yoğunlaşmıştır.

H. Buchberg ve J.R. Roulet adlı bilim adamları güneşi kolektörü ve deposu komple bir sistem yaparak, maliyetleri azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Kurdukları sistemin fiziki olarak yeterliliklerini incelemişlerdir. Y. Jalurai ve S.K. Gupta adlı bilim adamları güneş enerjisi depolama teknikleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Normal çevre şartları altında depoda sirküler olan suyun depo içerisinde sıcaklık farkına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzden deponun alt tabakasında daha soğuk, üst tabakasında ise daha sıcak su bulunmaktadır. Çalışma günümüzde de devam etmektedir [7].

1.3. Güneş Enerjisi ve Dünyanın Enerji Kaynakları

Günümüzde Nükleer enerji dışında dünyamızda, kullanılan tüm enerji kaynaklarının temeli güneş enerjisidir. Kömür, petrol, doğalgaz, LPG, odun, biyogaz gibi tüm yakıtlar ile hidrolik ,rüzgar,dalga enerjileri gibi enerji temini için kullanılan tüm kaynakların oluşum sebebi güneştir. Güneş tükenmez ve sonsuz bir enerji kaynağının olmasının yanında,yeryüzünde ki hayatın olmazsa olmazlarındandır.

Dünya nüfusunun artışı, teknolojinin gelişmesi, sanayinin ilerlemesi, beraberinde enerjiye olan ihtiyacı artırmakta ve Türkiye'nin ve tüm dünyanın enerji ihtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Enerjiye talebin sürekli artması sonucu özellikle fosil yakıt (petrol, kömür, doğalgaz, LPG) kullanımını artırmaktadır[1].

Çeşitli şekillerde enerji ihtiyaçlarının gittikçe artan oranda kullanılması, dünya atmosferine her gün daha fazla miktarda CO₂, SO₂, NO_x gibi zehirli gazların atılmasına sebep olmaktadır.

Bu gazlar, insanların çeşitli hastalıklara yakalanmasına, insan ömrünün kılmasına sebep olmasının yanı sıra, esas önemli ve olumsuz etkisi Global Isınma olarak adlandırılan dünya atmosferinin ısınmasına sebep olmasıdır. Dünya atmosferindeki bu ısınma yeryüzünde düzensiz ve şiddetli yağışlara, tayfunlara, beklenmeyen fırtınalara, aşırı ve uzun süreli kuraklıklara, hava sıcaklıklarının artmasına ve sonuçta yeryüzündeki canlı yaşamının olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır [1].

Global ısınmanın en büyük sebebi atmosfere bırakılan yüksek orandaki CO₂ gazıdır. CO₂ nin yanı sıra CFC ler, azot oksitler, metan gazları da , dünya atmosferini ısınmasına sebep olmaktadır.

Dünya atmosferinin 1700-1800 yılları arasında ki yüzyıl boyunca 0,5 °C, 1800-1900 yılları arasında 1 °C ve 1900-2000 yılları arasındaki yüz yıl boyunca ise 4 °C lik sıcaklık artışı olduğu hesaplanmıştır. Kutuplardaki buzulların erimesi bunun bir göstergesidir.

2000 -2100 yılları arasında dünya atmosferinde sıcaklık artışında ki en iyimser tahminler kaynaklara göre değişmekle birlikte 2- 8 °C civarında olacağı hesaplanmaktadır.

Geçen yüzyıl içerisinde ortalama rüzgar hızı % 5-10 aralığın da artış göstermiştir.

Deniz suyu seviyesi ise 10-20 cm civarında yükselmiştir. Global ısınmanın sebep olduğu olumsuzluklardan kurtulabilmek için yapılması gereken şey öncelikle atmosfere verilen CO₂ oranının acilen çok büyük oranda azaltılmasıdır [1].

Global ısınmanın engellenebilmesi;

Global ısınmanın engellenebilmesi ve dünyanın canlılar için yaşanılabilir bir yer olması için, günümüzde dünyada üretilen CO₂ miktarının azaltılabilmesi için neler yapılmalıdır.

Fosil yakıt tüketimi azaltılmalı, enerji üretimi için fosil kaynakların kullanımı yerine,

- Güneş ve rüzgar enerjisi kullanımlarının yaygınlaştırılması
- Dünyadaki mevcut orman varlığının artırılması
- Daha az enerji tüketen, makine, cihaz ve ekipmanların kullanılması
- Bina ve tesisatlarda yalıtım yolu ile ısı ve enerji kayıplarının azaltılması gereklidir.

Yukarıda verilen unsurlar ışığında bakıldığında günümüzde güneş enerjisinin en ekonomik ve en yaygın kullanılan türü güneş enerjisi ile sıcak su ısıtma sistemleridir.

Sadece iki adet kaliteli düzlemsel güneş kollektörüne sahip bir güneş enerji sistemi ürettiği sıcak su ile bir yılda yaklaşık olarak:

3000 kg odunun,
765 kg fuel-oil in,
1088 kWh elektrik enerjisinin,
720 kg LPG nin
960 m3 doğalgazın,
2200 kg yerli-Soma kömürünün,
1480 kg ithal taş kömürünün

Yakıt olarak yakılmasının ve bunlardan ortaya çıkacak CO₂ gazının önüne geçmiş olacaktır. Bir kg taş kömürü yakıldığında yaklaşık 3-4m³ duman ortaya çıkmakta ve bunun yarıya yakınında CO₂ den oluşmaktadır. Bu sonuçlardan hareketle iki kollektörlü bir güneş enerjisi sisteminin bir yılda yaklaşık 4000-5000 m³ dumanın ve 600-1800 m³ CO₂ gazının atmosfere verilmesi engellenmektedir.

Aynı zamanda Co₂ gazının dışında, SO₂ NO_x, toz ve partiküllerinde atmosfere verilmesi engellenmiş olmaktadır.

Atmosfere verilen CO₂ gazı herhangi bir makine veya insan yapısı sistem ile ortadan kaldırılmamaktadır. CO₂ gazı atmosfer içerisinde ağaçlar tarafından ortadan kaldırılabilmektedir.

Örnek olarak yetişkin bir kayın ağacı tek başına 40 kişinin teneffüs yolu ile ürettiği CO₂ yok etmektedir. Bir hektar ladin ormanı 32 ton, kayın ormanı 68 ton, çam ormanı 40 ton toz emebilmektedir. Bu son örneklerde ağacın önemi ve özellikleri dikkate alındığında temiz hava ve sağlıklı yaşam için mevcuttan daha fazla orman alanına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Ormanların birkaç günde veya yılda yetişemeyeceği dikkate alındığında sağlıklı bir hayat için global ısınmanın en kısa sürede önüne geçmenin yollarından biri CO₂ üretimine sebep olmayan, güneşli sıcak su üretim sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasıdır[1].

1.4. Ülkemizin Enerji İhtiyacı ve Tüketimi

Türkiye'nin sanayi, konut, ısıtma, soğutma, ulaşım, tarım gibi değişik alanlarda kullandığı her türlü enerjinin toplam maliyeti, özellikle petrol fiyatlarına bağlı olarak değişmekle birlikte; yıllık toplam olarak 38-52 milyar usa doları arasında değişmektedir.

Bu miktara: petrol, doğalgaz, hidrolik, LPG, kömür, odun, ithal elektrik, jeotermal gibi tüm enerji kaynakları dahil dir. Maalesef Türkiye'nin tüm enerji ihtiyacının %69-71 arasındaki büyük bir oranı ithalat yolu ile yurtdışından karşılandığı için, yıllara göre Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için yurt dışına 30 – 42 milyar usa doları arasında para ödemektedir [8].

Türkiyede; tüketilen tüm enerjinin sektöre ve kullanım yerlerine göre dağılımı aşağıdaki gibidir;

Tablo 1.1. Türkiye de sektörlere göre enerji tüketim oranları

Sektörel enerji tüketim oranları					
Kullanım yeri	Konut	Sanayi	Ulaştırma	Tarım	Diğer
%	33	37,5	21,2	5,3	3

Konutlarda kullanılan enerjinin tahminen %3-5 i ve sanayide kullanılan enerjinin % 3-4 ü sıcak su ihtiyaçları için harcanmaktadır.

Buradan çıkan sonuçlara göre Türkiye de harcanan enerjinin % 6-9 u sıcak su ihtiyaçları için harcandığı anlaşılmaktadır.

Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinin işletme masraflarının hemen hemen yok denecek seviyede olmasının yanında bu konuda en büyük maliyet, ilk yatırım maliyetidir. Güneş enerjisi sistemleri için sarf edilen ilk yatırım maliyeti kısa bir süre içinde kendini geri ödemekte ve yıllar boyunca maliyetsiz olarak bu sistemler sıcak su temin etmektedirler.

Kıyaslandıkları yakıt türüne ve piyasada geçerli olan yakıt birim fiyatlarına göre değişmekle birlikte, güneş enerjili sıcak su üretme sistemleri kendini yaklaşık olarak tablo 2 de ki süreler içinde geri ödemektedir[8].

Tablo 1.2. Güneş enerjili sıcak su üretim sistemlerinin ilk yatırım bedellerinin geri kazanım süreleri

Yakıt-Enerji türü	Doğal sirkülasyonlu Sistemler	Cebri sirkülasyonlu sistemler
Elektrik	5-7 ay	8-10 ay
12 kg LPG tüp	8-10 ay	12-18 ay
Dökme LPG	1-1,5 yıl	1,5-2 yıl
Fuel-oil	1,5-2,5 yıl	2-3 yıl
Soma- yerli kömür	2-2,5 yıl	2,5-3 yıl
İthal kömür	2,5 yıl	3 yıl
Doğalgaz – konut	3-4 yıl	3,5-4,5 yıl
Doğalgaz sanayi	4- 4,5 yıl	4,5-5 yıl

1.5. Dünya da Güneş Işınım Potansiyeli

Dünya da güneş ışıınımı, ekvator çizgisine yakın, yağış oranı düşük ve yılın çok uzun bir döneminde havanın açık olduğu bölgelere en yüksek oranda gelmektedir. Bu bölgeler:

- Kuzey Afrika
- Büyük Sahra Çölü
- Suudi Arabistan dır.

Güneş ışıınınının en yüksek oranda geldiği bu bölgeler maalesef insan yaşamının sınırlı olduğu ve enerji kullanımı veya ihtiyacının çok düşük olduğu bölgelerdir.

Güneş ışıınınını en az alan bölgeler ise güney ve kuzey kutuplarıdır.

Bu bölgelere güneş ışıınımı mevsimsel olarak gelmekte ve ışıınım çok yatık geldiği için çevrenin aydınlanması dışında enerji ve faydalanma değeri yok gibidir.

Güneş ışıınınından faydalanmada ekvatorun güneyinde ve kuzeyinde bir kuşak-bölge bulunmaktadır. Kuzey yarım küredeki güneş enerjisinde faydalanma kuşağında; Meksika, Japonya, Kore, Çin, Hindistan, Pakistan, İran, Türkiye, Yunanistan, Mısır, Suriye, Suudi Arabistan, İsrail, Libya, Cezayir, Tunus, İtalya, Fransa, ispanya, Portekiz, Fas, ABD gibi ülkeler bulunmaktadır. Bu ülkelerin bazıları petrol zengini ülkeler olduğu için güneş enerjisinden yeterince faydalanma konusunda fazla bir gayretleri bulunmamaktadır.

Enerji ihtiyaçlarını giderme açısından özellikle; İsrail, Yunanistan, İtalya, İspanya, Fransa, Portekiz, ABD, Kore, in, Japonya, Türkiye gibi ülkelerde güneş enerjisinden faydalanma geniş çapta yaygındır.

Güneş kuşağı içinde bulunmamasına rağmen Almanya, Hollanda, Danimarka, Avusturya, İsveç gibi ülkelerde ise hkmetlerin sağlamış oldukları teşvikler sayesinde güneş enerjisinden faydalanma son zamanlarda iyice yaygınlaşmıştır.

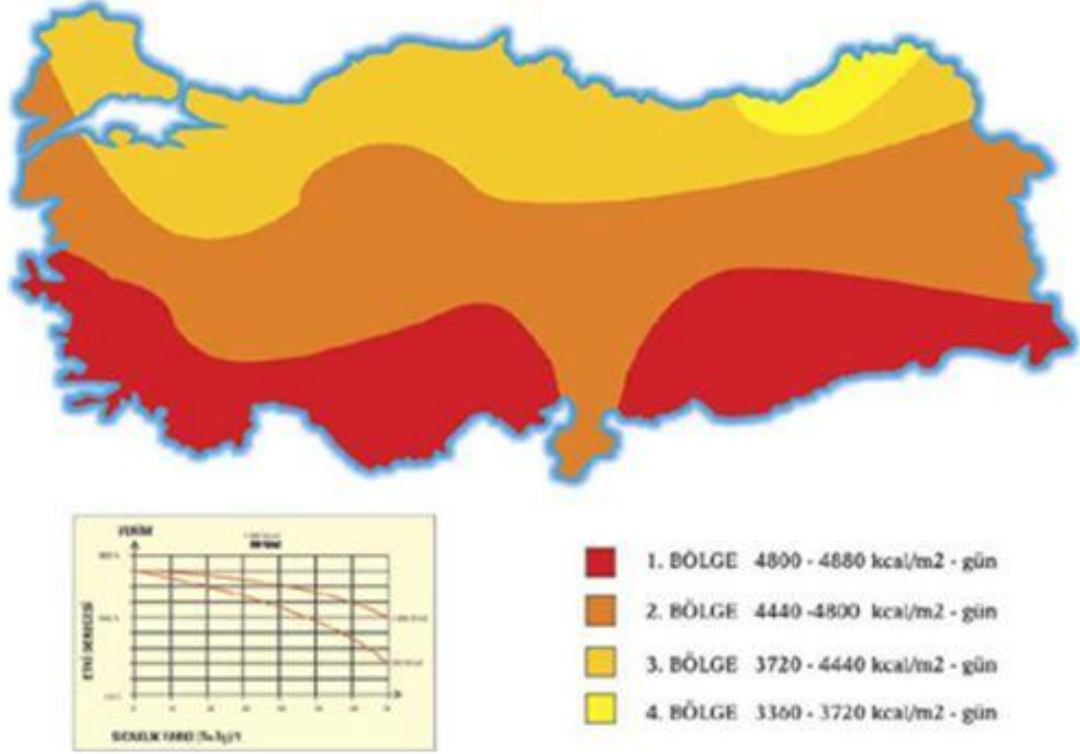
Bu listelerde yer alan Almanya, Danimarka, İsveç, Hollanda gibi ülkeler, bulundukları yer açısından Türkiye nin almış olduğu güneş ışınımının oldukça az bir miktarını alabilmektedirler. Buna rağmen enerji açıklarının büyük bir kısmını güneşten karşılama yolundadırlar.

Ülkemizde güneşlenme miktarı en fazla olan bölgelerimiz; güney Anadolu bölgesi ve ege bölgesinin güneyi olarak belirtmek mümkündür. Ancak belirtilen bölgelerden daha az güneşlenme miktarına sahip olmalarına rağmen, başta iç Anadolu, iç ege, doğu Anadolu , Marmara ve Karadeniz bölgelerimizde de güneş enerjisi kullanımı çok ciddi bir potansiyele sahiptir[9].

Tablo 1.3. Türkiye Güneşlenme Süreleri



TÜRKİYE GÜNEŞLENME HARİTASI



Şekil 1.1. Türkiye Güneşlenme Haritası

1.6. Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemleri

Güneş enerjisi sistemlerini 2 ana sınıfa ayırmak mümkündür.

1. Doğal sirkülasyonlu sistemler
2. Cebri sirkülasyonlu sistemler

1.6.1.1. Doğal Sirkülasyonlu Sistemler

Doğal sirkülasyonlu güneş enerji sistemleri, sistem içerisinde bulunan ve ısının taşınmasını sağlayan, ısıtıcı akışkanın (kapalı devre) veya ısıtılacak akışkan (açık devre) , herhangi ilave bir pompa veya hareket mekanizması olmadan, güneş kolektörü ile depolama hacmi arasında ki sirkülasyonun kendiliğinden gerçekleştiği sistemlerdir.

Güneş enerji sistemi içinde bulunan ısıtıcı akışkan, güneş kolektörü yardımı ile güneşten aldığı ısı enerjisi ile birlikte yoğunluğu azalır ve sistemde üst kısma doğru yönelir. Yoğunluğu yüksek olan ve depolama hacminde bulunan soğuk ısıtıcı akışkan ise aşağıya doğru yönelerek sistemde alt kısımda toplanır ve daha önceden ısı alarak

yoğunluğu azalan ısıtıcı akışkana doğal bir itme kuvveti uygular. Böylece sistem içerisinde doğal bir sirkülasyon gerçekleşmiş olur.

Bu durum sistem içerisinde ısıtıcı akışkanın ısınması ve tekrar soğuması arasında ki yoğunluk farkından kaynaklanan bir durumdur.

Bu hareket güneş kolektörü ile depo arasında günde 8-10 defalık bir dolaşımın oluşmasını sağlamaktadır[1].

1.6.1.1.1. Isıtıcı Akışkanlı Sistemler (Kapalı Devre Sistemler)

Isıtıcı akışkanlı (kapalı devre) doğal sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri birbirinden bağımsız çalışan iki ayrı devreden oluşur. İlk devre güneş kolektörü ile depo dış cidarı arasında ki ısıtıcı akışkan devresi, ikinci devre ise şehir şebekesinden gelen soğuk suyun içerisinde depo edildiği ve ısıtıldıktan sonra kullanıldığı sıcak su devresidir.

Isıtıcı akışkan devresinde bulunan ısıtıcı akışkan güneş ten aldığı ısı enerjisini şehir şebekesinden gelen ve güneş enerjisi deposunda depo edilen, kullanım suyu devresinde bulunan, soğuk suya, güneş enerjisi deposunda ki cidar(ısı değiştiricisi – eşanjör) yardımı ile transfer eder böylece kullanım sıcak suyu elde edilmiş olur.

Isıtıcı akışkan devresinde (kapalı devrede) ki ısıtıcı akışkan genellikle kış aylarında donma riskinin bulunduğu bölgelere bağlı olarak uygun oranda antifriz su karışımından oluşmalıdır. Sistemin bulunduğu yerin metalorjik bilgilerine göre antifriz –su oranları tayin edilip uygulanmalıdır[1].

Isıtıcı akışkanlı sistemler (kapalı devre) kendi arasında ikiye ayrılır.

- Şamandıralı sistemler
- Basınçlı sistemler

Şamandıralı Sistemler

Kapalı devre şamandıralı sistemlerde üst tarafta soğuk su, alt tarafta sıcak su bulunmaktadır. Soğuk su deposunda bir adet şamandıra (flatör) bulunur. Şamandıra soğuk su deposunda ki şebeke soğuk su girişine bağlıdır. Şamandıranın sistemde bulunma nedeni depodan eksilen soğuk suyun takviye edilmesidir.

Bu tür sistemler de kullanım sıcak suyunun depolandığı hazneler ve ısı transferini sağlayan cidarlar basınç altında çalışmamaktadır. Bu sebepten dolayı depo dizaynı, gövde

b) İki depo görünümlü sistemler

Ezgesem in Akdeniz sistemi olarak adlandırdığı iki depolu sistemler doğal sirkülasyonlu sistemlerdir. Sisteme dışarıdan bakıldığında birbirinden bağımsız iki ayrı depo olarak görünür. Üst bölümde bulunan depo soğuk su alt bölümde bulunan depo sıcak

su deposudur. Şebeke suyu ilk önce soğuk su deposuna girer. Suyun girişi bir şamandıra yardımı ile kontrol edilmektedir.

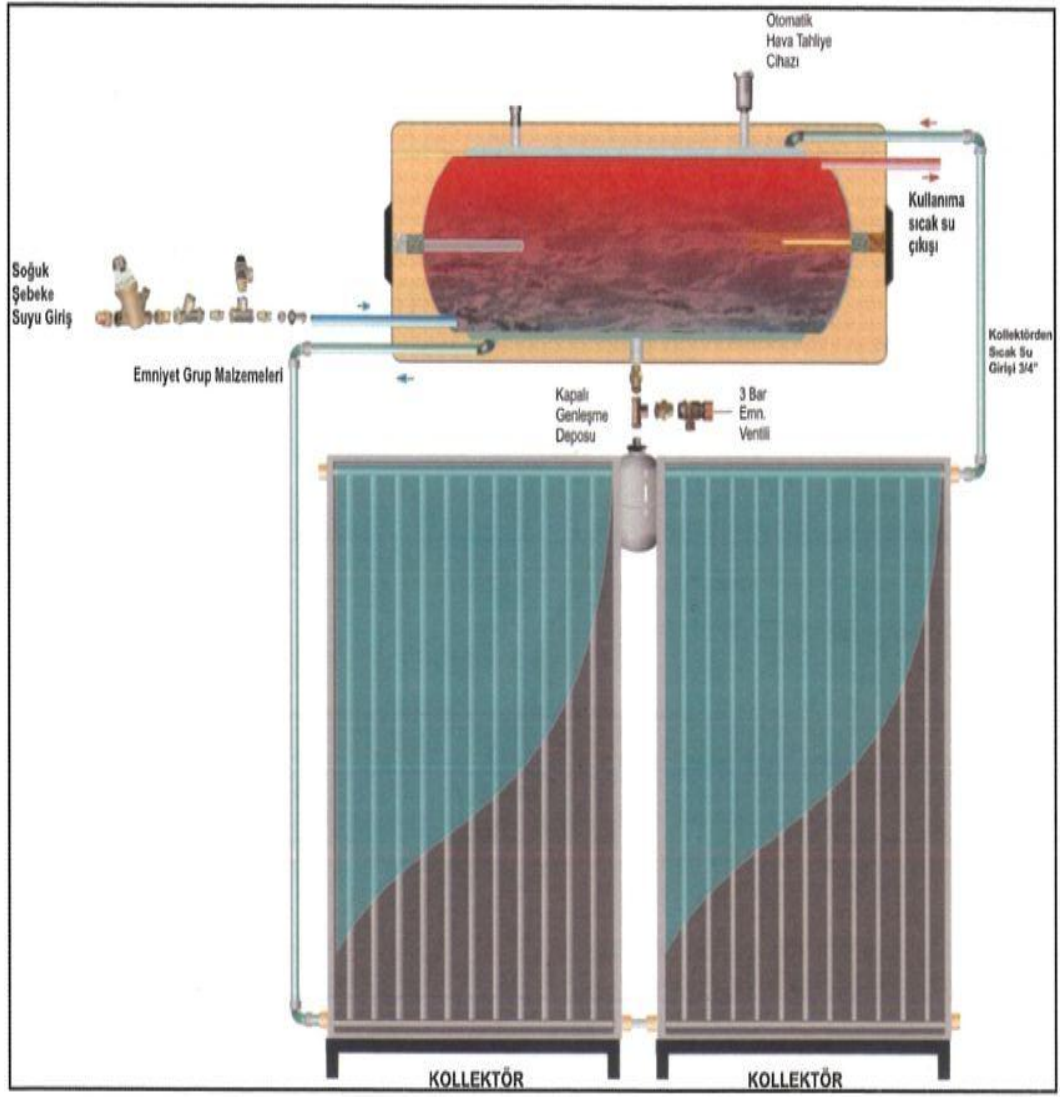
Sıcak su kullanıldığında üst depodan alt depoya soğuk su akışı olur. Alt depoda iç cidar haricinde dışta bir cidar bulunmaktadır. Bu cidar içerisinde güneş kolektörlerinde ısınmış ısıtıcı akışkan sıvı bulunmaktadır. Isıtıcı akışkan almış olduğu ısı enerjisini cidar yardımı ile sıcak su deposunun içinde bulunan kullanım suyuna aktarır ve alt depo ısınmaya başlar. Bu sayede güneş enerjisinden sıcak su elde edilmiş olur[1].

Basınçlı Sistemler

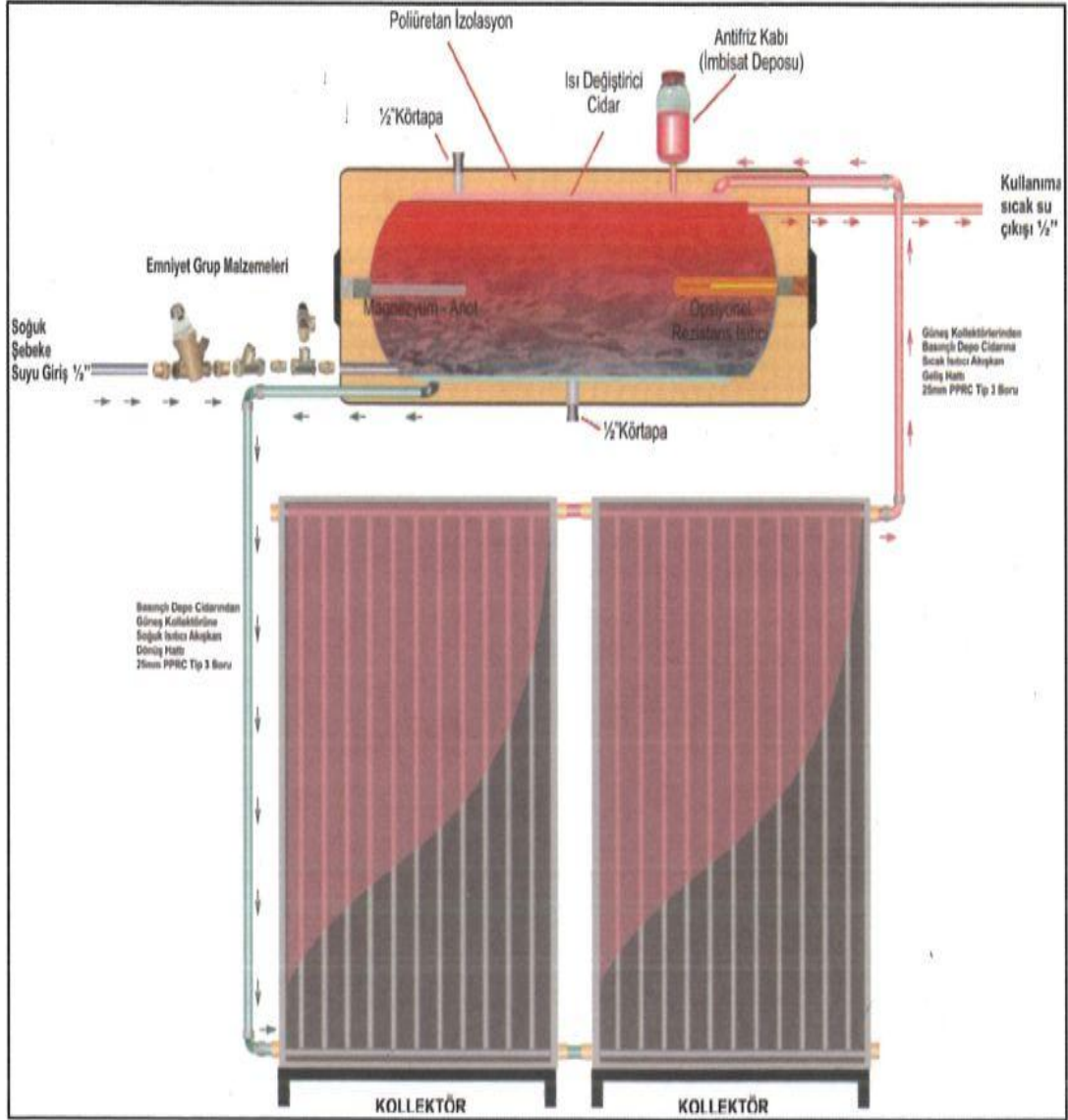
Kapalı devre basınçlı sistemler de soğuk su beslemesi, ek bir şamandıralı depo olmadan direkt şebekeden basınçlı şekilde sıcak su deposu içerisine yapılır.

Böylece sistem daha çalışmaya başlamadan şebeke basıncına ulaşmış olur. Sistem çalışmaya başladığında da sıcaklık arttıkça basınç da artmaktadır. Kapalı kaplar prensibine göre de basınç arttıkça deponun içinde ki suyun sıcaklığı basıncın etkisi ile diğer şamandıralı sistemlere göre daha çok artacaktır. Bu tür depolar basınç altında çalışan depolardır. Bu yüzden depo dizaynı ve gövdenin saç kalınlığı;2,5 mm ve üzeri kalınlığındadır.

Ezgesem in gökkuşağı sistem olarak adlandırdığı bu sistemlerde doğal sirkülasyon ile çalışan ısıtıcı akışkan devresi, atmosfere kapalı basınç altında çalışabilmekle beraber atmosfere açık şekillerde de çalışabilmektedirler. Genelde atmosfere kapalı sistemler yurt dışında yaygın olmakla birlikte, atmosfere açık sistemler ise ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır[1].



Şekil 1.4. Atmosfere Kapalı Basıncılı Sistem Detayı



Şekil 1.5. Atmosfere Açık Basıncılı Sistem Detayı

1.6.1.2.Cebri Sirkülasyonlu Sistemler

Cebri sirkülasyonlu güneş enerji sistemlerinde sistem içerisinde bulunan ve ısıнын taşınmasını sağlayan ısıtıcı akışkanın, bir pompa ile sirkülasyonu sağlanır. Böylece doğal sirkülasyonlu sistemlerde olduğu gibi depolama hacminin güneş kolektöründen daha üst bir noktada olma zorunluluğu ortan kalkmış olur. Artık depolama hacmi istenilen yükseklikte ve kolektörden daha aşağıda olabilir.

Cebri sirkülasyonlu sistemlerin verimleri, doğal sirkülasyonlu sistemlerin verimlerinden daha yüksektir. Çünkü kollektörde dolaşan ısıtıcı akışkanın debisi ve hızı kontrol edilebildiğinden güneş kollektörü ve sistem verimliliği daha yüksek seviyelerdedir.

Cebri sirkülasyonlu sistemler iki grupta incelenebilir[1].

- Lokal cebri sirkülasyonlu sistemler
- Endüstriyel tip cebri sirkülasyonlu sistemler

Lokal (bireysel-evsel) cebri sirkülasyonlu sistemler

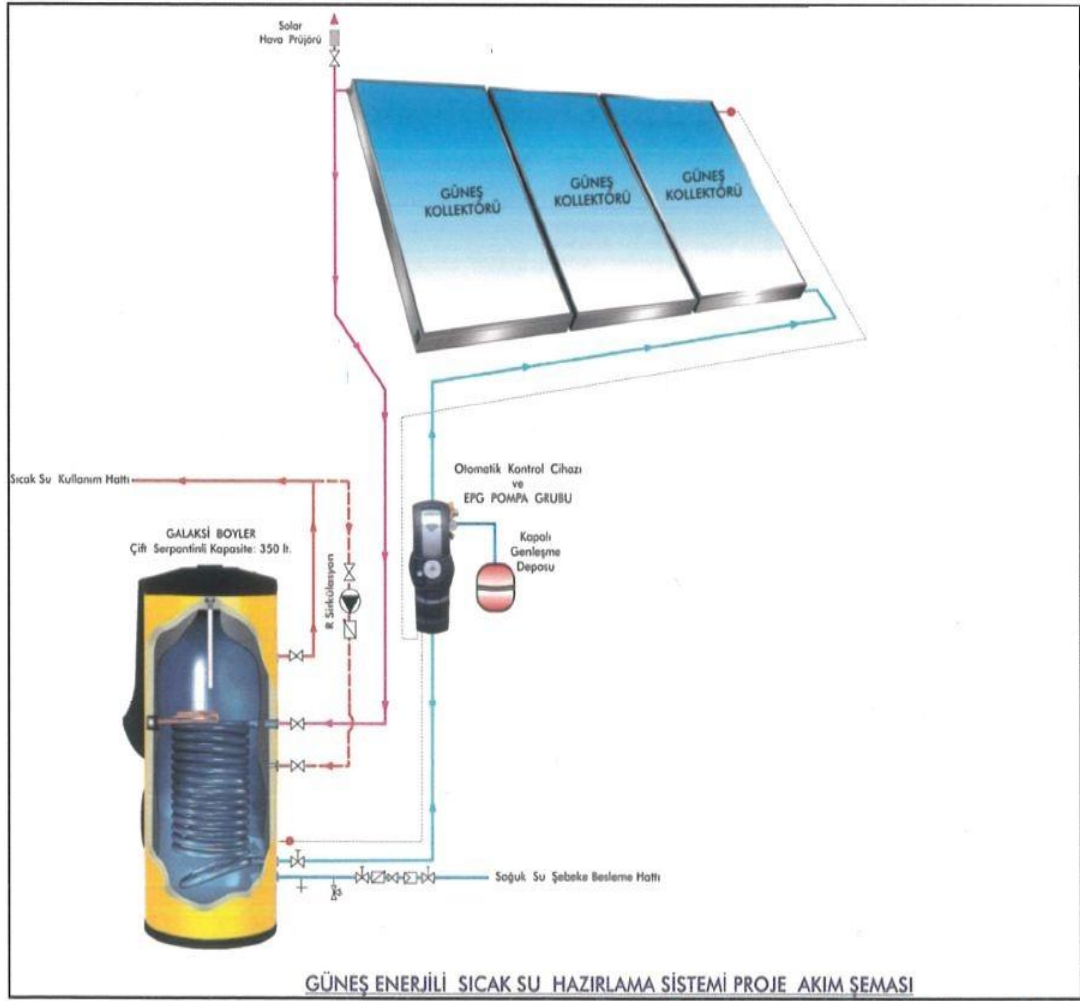
Lokal cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri kendi arasında iki grupta inceleyebiliriz. Bu gruplar tek serpantinli ve çift serpantinli cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleridir.

-Tek serpantinli cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri

Tek serpantinli cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri, sadece güneş enerjisi sistemi ve ilave rezistans ile kullanım sıcak suyunun elde edildiği güneş enerji sistemidir.

Genel olarak sistem ekipmanları güneş kollektörü, tek serpantinli hızlı boyler, kollektör boyleri arasındaki ısıtıcı akışkanın sirkülasyonunu sağlayacak pompa grubu ve pompa grubunu kontrol edecek, güneş enerjisinin yeterli olduğu durumlarda çalışacak, yetersiz olduğu durumlarda devre dışı bırakacak otomatik kontrol cihazlarından oluşur.

Sistemin çalışması, güneş kollektör sıcaklık sensörü, boyler sıcaklık sensöründen daha önce otomatik kontrol ünitesinde ayarlanmış olan fark sıcaklığından fazla ise sirkülasyon pompası çalışır ve boyler ısınmaya başlar. Aksi halde sirkülasyon pompası durur. Güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumda rezistans (ısıtıcı) devreye girerek, kullanılacak sıcak suyun elde edilmesi gerçekleştirir. Bu durumda kullanım suyu sıcaklığı tamamen kullanıcının isteğine bağlıdır. Bu sistemler genelde atmosfere kapalı şekilde tasarlandığından dolayı ısıtıcı akışkanlı devre olarak tahsis edildiğinden dolayı her türlü iklim şartlarında kullanıma uygundur[10].



Şekil 1.6. Tek Serpantinli Cebri Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemi

- Çift serpantinli cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri

Çift serpantinli cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri, hem güneş enerjisi sistemi, hemdekazan ısıtma sistemi kullanılarak kullanım sıcak suyunun elde edildiği güneş enerji sistemidir.

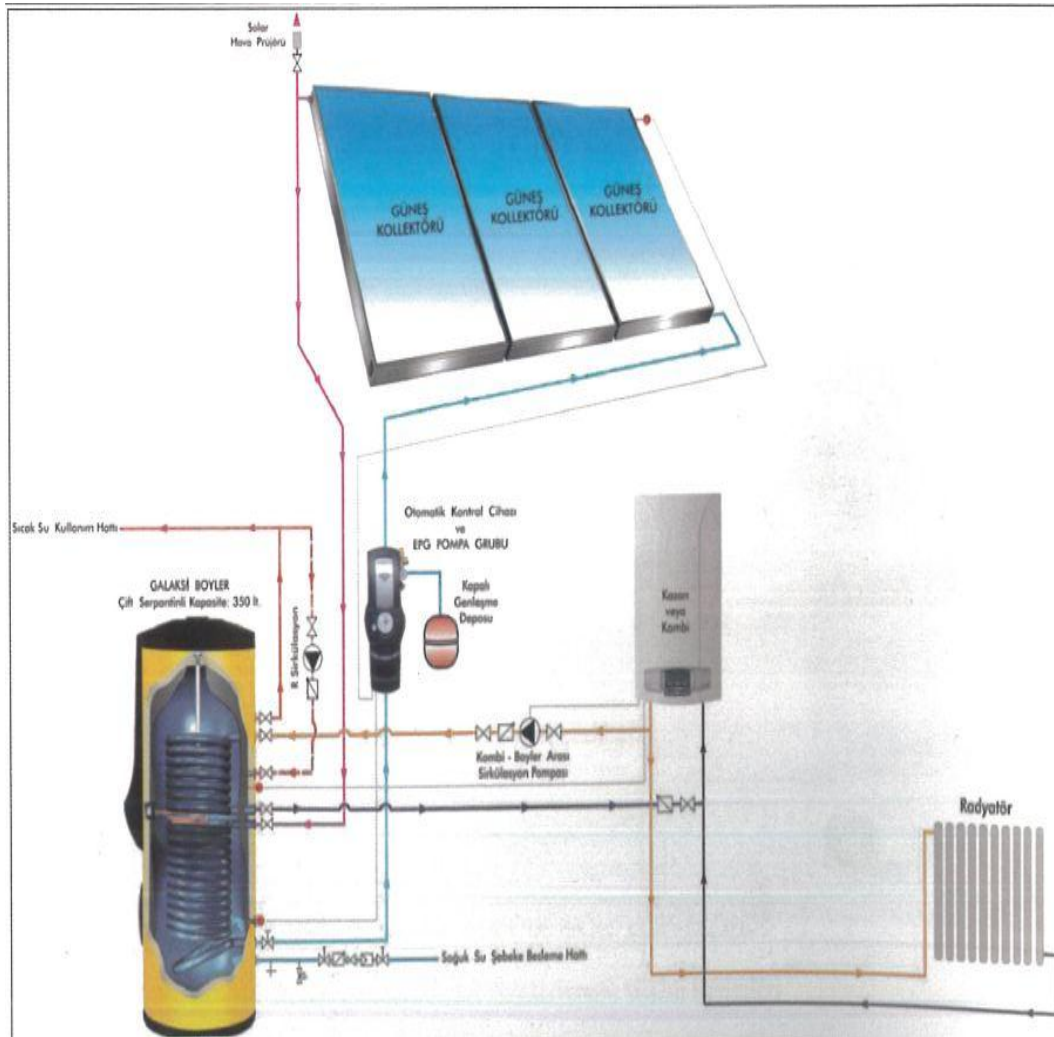
Genel olarak sistem ekipmanları güneş kollektörü, çift serpantinli hızlı boyler, kollektör boyleri arasında ki ısıtıcı akışkanın sirkülasyonunu sağlayacak pompa grubu, kazan ısıtma sistemi ve bu pompa gruplarını kontrol edecek, güneş enerjisinin yeterli olduğu durumlarda kollektör boyler arasında ki pompa grubunu çalıştıracak, güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda devre dışı bırakarak, kazan boyler arasında ki pompa grubunu çalıştıracak otomatik kontrol cihazından oluşmaktadır.

Sistemin çalışma şekli; güneş kollektör sıcaklık sensörü, boyler alt sıcaklık sensöründen daha önce otomatik kontrol ünitesinde ayarlanmış olan fark sıcaklığından fazla

ise kollektör boyler arasında ki sirkülasyon pompası çalışır ve boyler ısınmaya başlar. Aksi takdirde sirkülasyon pompası durur.

Güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda kazan sıcaklık sensörü, boyler üst sensöründen yine daha önce otomatik kontrol ünitesinde ayarlanmış olan, fark sıcaklığından daha fazla ise kazan boyler arasında ki sirkülasyon pompası devreye girerek kullanılacak sıcak suyun elde edilmesi gerçekleşir. Tek serpantinli sistemlerde olduğu gibi çift serpantinli sistemlerde de kullanma suyu sıcaklığı tamamen kullanıcının isteğine bağlıdır.

Çift serpantinli sistemler genelde atmosfere kapalı şekilde oluşturulmaktadır, ısıtıcı akışkan olarak tahsis edilmektedir, böylece her türlü iklim şartlarında kullanıma uygundur[10].



Şekil 1.7. Çift Serpantinli Cebri Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemleri

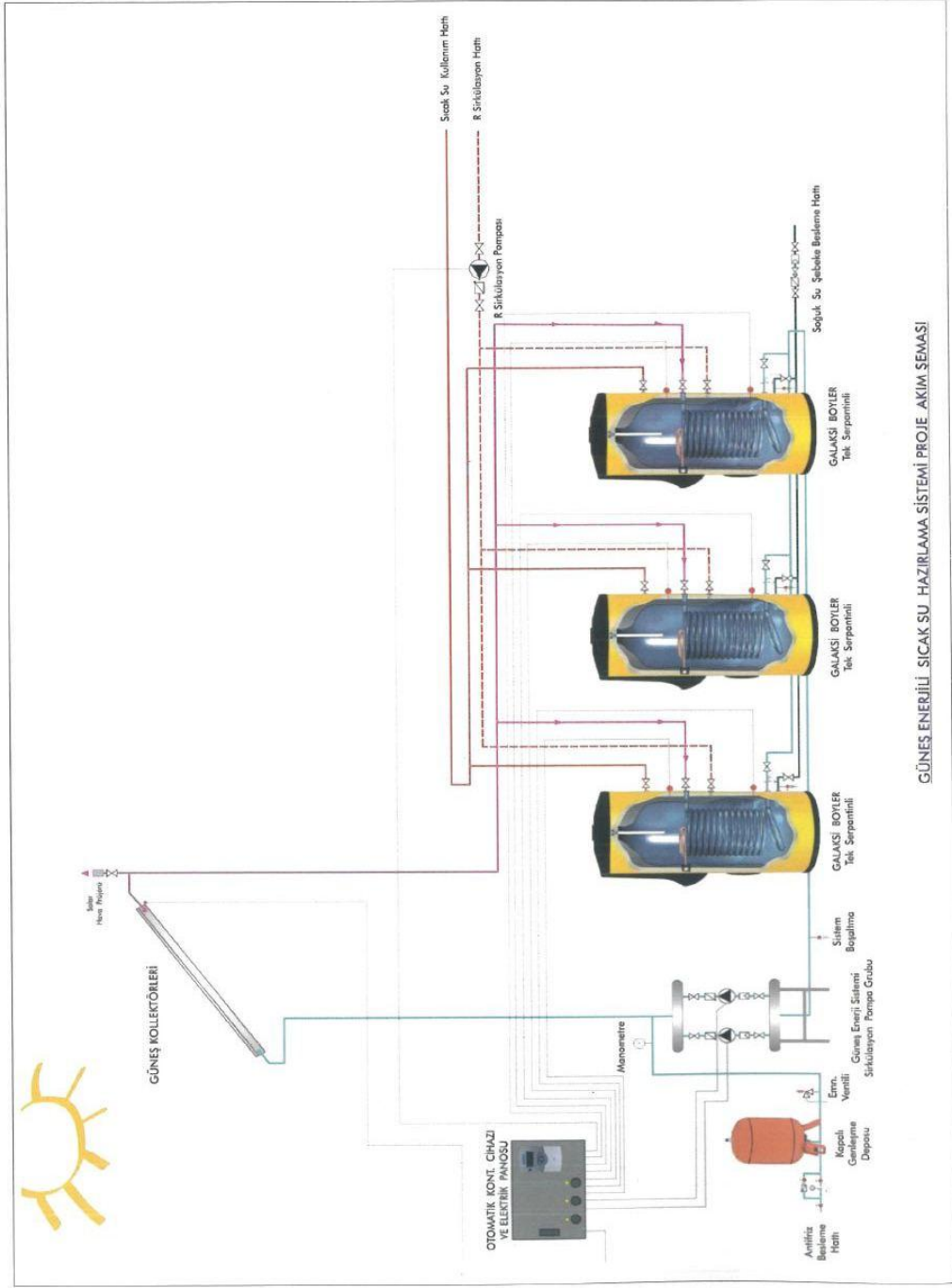
Endüstriyel tip cebri sirkülasyonlu sistemler

Endüstriyel tip cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri;

otel, tatil köyü, pansiyon, okul yurt, misafirhane, sosyal tesis, hastane, fabrika, iş merkezi, yemekhane, çamaşırhane gibi büyük tesislerin sıcak su ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır.

Endüstriyel sistemlerin boyutlandırılmasında sistemin kurulacağı bölgenin güneş ışınlam değerleri, şebeke suyu sıcaklıkları ve sıcaklığa bağlı su tüketim miktarları kullanılan önemli unsurlardır. Kurulacak sistemlerin büyüklüğü tüketicinin istediği aylara göre yapılabilmektedir. Yıl ortalaması baz alınarak kurulan sistemlerde Nisan-Ekim ayları arasında tesis ihtiyacının %100 ve üzeri sağlanmakta, diğer aylarda ise ön ısıtma yapılarak optimum bir kullanım sağlanmaktadır.

Endüstriyel cebri sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri; kullanılan güneş kollektörü, sirkülasyon pompaları, sıcak su depolama tankları (boylerler) , boru çapları plakalı eşanjörler, kapalı genleşme tankı gibi elemanların projelendirilmesi ve teknik hesaplarının yapılması sonucu neticelendirilir[1].



Şekil 1.8. Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemi Proje Akım Şeması

1.6.1.2.1. Cebri Sirkülasyonlu Güneş Enerjisi Sisteminin Teknik Hesabı

Hesaplama sistem kurulumunun temelini oluşturmaktadır. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan güneş kolektörleri, sirkülasyon pompaları, sıcak su depolama tankları(boylerler), boru çapları, plakalı eşanjörler, kapalı genleşme tankı gibi elemanlar hesaplamalar sonucunda seçilip sistem oluşturmaya gidilir.

Hesaplanacak yer hakkında genel bilgilere ihtiyaç duyulur. Örneğin günlük su ihtiyacı, mahalde yaşayan kişi sayısı, sıcak suyun ne amaçla kullanılacağı, istenilen sıcak su derecesi, bu sıcak suyu kaç kişinin kullanacağı, kullanılacak kollektörün verimi, kullanılacak kollektörün alanı, genel sistem verimi ve güneş enerji sisteminin kurulacağı yere ait mahalin güneş ışıyım miktarının bilinmesi gerekir. Endüstriyel sistemin kurulacağı bölgenin güneş ışıyım değerleri, şebeke suyu sıcaklıkları ve sıcaklığa bağılı su tüketim miktarları kullanılan temel değerlerdir.

Endüstriyel güneş enerjisi sistemlerinin projelendirilmesinde sistemin hazırlandığı yere ve zamana (ay olarak) ait şebeke suyu sıcaklığı ve solar ışıyım değerlerinin belirlenmesi gerekir. Hesaplarda baz alınan aylar; yıl boyu sıcak su kullanılan yerler için Nisan, sadece yaz ve bahar aylarında sıcak su kullanılan yerler için Mayıs, sadece kış ve bahar aylarında sıcak su kullanılan yerler için Mart olmalıdır. Dolayısı ile hangi dönemlerde sıcak su kullanımının istenildiğinin analizi de yapılmalıdır[10].

1.6.1.2.2. Mahal İçin Gerekli olan Toplam Isıl İhtiyacının Belirlenmesi

Mahal için gerekli olan kollektör sayısının belirlenmesi için öncelikli olarak mahal için gerekli ısı ihtiyacı belirlenir.

Bu ihtiyacı belirleme maddenin ısı ile sıcaklık arasında ki doğru orantı değişimini gösteren

$Q = m \times cp \times \Delta T$ formülü ile yapılmaktadır.

Q = günlük gerekli toplam ısı yük (kWh/gün)

m = mahalde ki harcanacak toplam sıcak su miktarı (lt)

cp = suyun 0 °C- 100 °C arasındaki ortalama özgül ısı kapasitesi (0,001163 kWh/kgK)

Δt = istenilen su sıcaklığı – şebeke suyu sıcaklığı (°C)

Bu formülün uygulanması için kullanım şartları ve bazı sabitlerden veri alınır.

Hesaplanacak ayın belirlenmesi için sistemin kullanım aralığı belirlenir. Çünkü Mevsimsel değişimlerden dolayı şebeke suyu sıcaklığı değişim gösterir. Bu değişimden olumsuz yönde etkilenmemek için bu analizin yapılması önemlidir. Sistem sadece yaz aylarında çalışacaksa temmuz yada haziran , sadece kışın çalışacaksa aralık yada ocak , dört mevsim çalışacaksa nisan ayı temel alınarak şehir şebeke sularının sıcaklığı tayin edilir[10].

Harcanacak toplam su ihtiyacını (m) belirlemek için, mahalde yaşayan kişi sayısı belirlendikten sonra kişi başına harcanabilecek günlük su tüketim miktarı ile kişi sayısı çarpılarak ‘m’ bulunur.

Toplam günlük su tüketimi = kişi sayısı×ortalama bir kişinin tükettiği su miktarı (lt)

Sıcak su tüketim miktarı tüketim biriminde ki insanların hayat standartları, alışkanlıkları, kültür ve eğitim düzeyleri ile ilişkili olmakla birlikte, en önemli gösterge ekonomik gelir seviyeleridir. Yapılan araştırmalar gelir gurubu arttıkça su tüketiminin arttığını da gösteriyor. Bu nedenle tasarrufun eğitim hayatına girmesi gerekliliği bir kez daha karşımıza çıkıyor[10].

Tablo 1.4. Gelir dağılımına göre su tüketim miktarları

Ekonomik gelir seviyesi	Kişi başına sıcak su tüketimi (lt/gün,kişi)
Dar gelir grubu	30/50
Orta gelir grubu	50/70
Üst gelir grubu	70/90
En üst gelir grubu	90/150

Suyun özgül ısı kapasitesi; maddenin birim kütesinin sıcaklığını 1°C değiştirmek için maddeye verilmesi veya maddeden alınması gereken ısı miktarıdır ve maddelerin ayırt edici özelliğidir. İstenen birim cinsine göre suyun özgül ağırlığı değişmektedir. Genelde Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan kW cinsinden oluşu için ortalama su özgül ısısı 1,163 Wh/kgK=0,001163 kWh/kgK olmalıdır[10].

Toplam ısı ihtiyacının belirlenmesi için gerekli olan son veri de sıcaklık farklarıdır. Burada bilinmesi gereken sistemin kurulacağı ilin şehir şebeke suyu sıcaklığıdır.

Tablo 1.5. Aylara göre şebeke giriş su sıcaklığı

Aylara göre Şebeke Giriş Su Sıcaklığı (°C)													
	Şehir adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Tem.	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	Adana	14.5	13.4	15.1	17.4	20.7	24.3	27.3	29.0	28.6	25.9	21.2	17.4
2	Adıyaman	9.4	8.2	9.7	13.2	17.1	22.0	26.2	28.2	27.0	23.2	18.2	12.9
3	Afyon	8.4	6.9	7.2	9.1	12.2	15.4	18.3	20.2	19.7	17.2	14.2	11.0
4	Ağrı	2.90	1.7	1.3	3.5	7.8	12.1	15.2	17.3	16.4	12.8	8.8	5.7
5	Amasya	9.1	7.3	8.5	11.1	15.0	17.7	21.5	22.6	22.0	18.0	15.1	12.8
6	Ankara	8.2	6.6	7.8	10.7	14.5	18.0	20.9	22.8	21.6	18.1	14.6	10.9
7	Antalya	13.8	12.7	13.9	16.1	19.5	23.5	26.8	28.5	27.8	25.2	21.5	17.0
8	Artvin	8.5	7.3	8.7	11.3	14.8	17.8	19.5	21.6	21.0	17.5	15.0	11.8
9	Aydın	12.8	11.6	12.4	15.1	19.1	23.2	26.6	28.3	27.2	23.9	20.1	16.2
10	Balıkesir	11.0	9.6	10.2	12.0	15.6	18.9	21.4	22.4	22.0	19.8	16.8	13.6
11	Bilecik	12.3	10.5	12.2	15.6	19.8	24.6	28.0	29.6	28.6	25.0	20.2	15.3
12	Bingöl	3.8	1.8	3.1	6.4	10.8	15.5	18.8	20.9	19.7	15.2	11.5	6.9
13	Bitlis	3.8	1.9	3.0	6.3	10.6	15.4	18.6	20.7	19.5	15.9	11.4	6.8
14	Bolu	7.0	5.9	7.1	10.0	14.1	17.8	20.9	22.1	20.6	16.6	12.9	9.2
15	Burdur	8.7	7.2	8.0	10.4	13.9	17.9	21.4	23.1	22.1	18.7	14.7	11.3
16	Bursa	9.2	8.0	9.2	12.2	16.6	21.2	24.2	25.6	23.9	19.7	15.9	11.9
17	Çanakkale	11.7	10.7	11.0	13.0	16.9	20.5	23.3	24.7	23.6	20.7	17.7	14.0
18	Çankırı	7.7	6.3	8.0	11.4	15.6	19.9	23.4	25.0	23.2	19.0	14.6	10.3
19	Çorum	7.8	6.8	8.3	11.5	15.5	19.5	22.8	24.6	23.1	18.7	14.9	10.5
20	Denizli	10.8	9.8	11.1	13.9	18.0	22.3	25.9	27.2	25.2	20.9	16.8	13.1
21	Diyarbakır	10.5	8.9	9.8	12.3	15.7	21.1	24.3	26.3	24.7	21.5	17.4	13.2
22	Edirne	11.3	9.5	11.2	14.6	20.8	21.6	27.0	28.6	27.6	24.0	19.2	14.3
23	Elazığ	6.7	5.7	7.5	11.7	16.4	21.5	25.2	26.4	24.6	20.3	14.7	9.6
24	Erzincan	6.5	5.1	6.1	9.4	13.3	17.2	20.6	22.5	21.7	18.4	13.7	9.2
25	Erzurum	2.7	1.5	1.1	3.2	7.5	11.8	14.8	16.8	16.1	12.5	8.5	5.3
26	Eskişehir	7.6	6.1	7.0	9.6	13.8	17.1	20.0	21.7	20.8	17.5	13.8	10.0
27	Gaziantep	10.3	8.7	9.6	12.1	15.5	20.9	23.3	25.3	24.7	21.5	17.4	13.2
28	Giresun	11.8	10.5	11.0	12.2	15.0	18.0	20.8	21.8	21.7	19.2	15.8	13.3
29	Gümüşhane	6.5	5.1	6.1	9.4	13.3	17.2	20.6	22.5	21.7	18.4	13.7	9.2
30	Hakkari	4.6	2.3	3.8	7.1	11.4	16.3	20.3	22.5	21.3	16.9	12.2	7.7
31	Hatay	14.6	13.6	15.3	17.6	20.9	24.5	27.5	29.3	28.8	25.9	21.3	17.6
32	Isparta	8.6	7.2	8.1	10.6	14.1	18.5	22.2	24.2	23.4	19.7	15.7	11.4
33	Mersin	14.8	13.8	15.4	17.7	20.9	24.6	27.5	29.3	28.9	26.2	21.5	17.7
34	İstanbul	10.2	9.0	9.5	11.8	15.4	19.2	21.9	22.9	22.4	19.8	16.9	13.2
35	İzmir	12.3	11.5	13.1	16.6	21.2	26.2	29.8	31	29.0	24.9	20.4	15.1
36	Kars	3.0	1.4	1.2	3.6	7.5	10.8	13.2	14.9	14.6	12.2	9.0	6.1
37	Kastamonu	6.2	4.8	5.8	9.0	13.0	16.6	19.6	21.1	19.5	15.9	12.1	8.6
38	Kayseri	7.5	6.1	7.0	9.9	13.9	18.0	21.3	23.2	22.2	18.2	14.4	10.4
39	Kırklareli	9.4	8.2	9.7	13.2	16.5	21.0	24.2	25.2	25.0	22.2	17.2	12.5
40	Kırşehir	7.9	6.4	7.6	10.4	14.0	17.9	21.2	22.8	21.6	17.8	14.0	10.3
41	Kocaeli	11.0	10.0	10.0	12.3	15.7	19.5	22.7	24.1	23.3	20.1	16.5	12.6
42	Konya	8.1	6.7	7.7	10.1	13.4	17.1	20.1	22.2	21.0	17.9	14.2	10.4
43	Kütahya	8.4	6.9	7.2	9.1	12.2	15.4	18.3	20.2	19.7	17.2	14.2	11.0
44	Malatya	7.7	6.2	7.9	11.7	16.1	20.8	24.6	26.3	24.7	20.5	15.5	10.8
45	Manisa	12.3	11.1	11.9	14.6	18.6	23.0	26.6	28.1	26.8	23.4	19.3	15.2
46	Kahramanmaraş	10.8	9.8	11.1	13.9	18.0	22.3	25.9	27.2	25.2	20.9	16.8	13.1
47	Mardin	8.7	6.9	8.1	10.9	14.4	19.7	24.0	25.9	25.0	21.2	16.4	11.8
48	Muğla	9.6	8.5	9.6	12.3	15.8	20.4	23.8	25.5	24.4	20.5	16.4	12.2
49	Muş	3.6	1.6	2.8	6.1	10.4	15.3	18.3	20.5	19.3	14.9	11.2	6.7
50	Nevşehir	7.6	6.1	6.3	8.4	11.6	15.5	18.7	20.6	19.3	16.7	13.2	10.0
51	Niğde	7.5	6.1	6.7	8.9	12.9	17.0	21.3	22.8	22.2	17.2	14.6	10.7
52	Ordu	11.8	10.5	11.0	12.2	15.0	18.0	20.8	21.8	21.7	19.2	15.8	13.3
53	Rize	9.3	8.1	9.3	11.7	14.9	17.7	20.3	21.2	19.9	17.8	14.8	11.8

Aylara göre Şebeke Giriş Su Sıcaklığı (°C)													
	Şehir adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Tem.	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
54	Sakarya	10.5	9.5	9.5	11.8	16.2	19.8	23.2	24.6	22.8	18.6	15.6	11.7
55	Samsun	11.2	10.7	10.8	12.4	16.0	21.0	23.2	24.3	23.8	20.6	17.0	13.5
56	Siirt	8.7	7.5	9.0	12.1	16.2	21.9	26.0	28.1	27.0	23.0	17.6	12.1
57	Sinop	10.1	9.1	9.5	11.6	15.2	17.2	21.5	23.6	22.0	19.0	16.1	12.8
58	Sivas	4.1	2.3	2.3	5.5	9.5	13.5	15.8	17.6	17.1	14.0	10.6	6.5
59	Tekirdağ	10.5	9.1	9.7	11.5	15.1	18.4	20.9	21.9	21.5	20.3	16.3	13.1
60	Tokat	8.9	7.9	8.6	11.3	14.8	18.6	21.4	22.9	22.1	18.8	14.8	11.2
61	Trabzon	10.6	9.5	10.1	11.9	14.8	18.2	20.7	21.8	21.3	18.8	16.0	13.0
62	Tunceli	5.7	4.7	6.5	10.7	15.4	20.5	24.2	25.4	23.6	19.3	13.7	8.6
63	Şanlıurfa	11.6	10.5	12.3	15.1	19.2	23.8	27.3	28.8	27.8	24.2	20.0	14.2
64	Uşak	10.4	8.9	9.2	11.1	14.2	17.4	20.3	22.2	21.7	19.2	16.2	13.0
65	Van	4.6	2.3	3.8	7.1	11.4	16.3	20.3	22.5	21.3	16.9	12.2	7.7
66	Yozgat	6.1	4.3	4.3	7.5	11.5	14.5	17.8	19.6	19.1	16.0	12.6	8.5
67	Zonguldak	10.5	9.5	9.5	11.8	15.2	19.0	22.2	23.6	22.8	19.6	16.0	12.1
68	Aksaray	7.5	6.1	6.7	8.9	12.9	17.0	21.3	22.8	22.2	17.2	14.6	10.7
69	Bayburt	6.5	5.1	6.1	9.4	13.3	17.2	20.6	22.5	21.7	18.4	13.7	9.2
70	Karaman	8.6	7.2	8.2	10.6	13.9	17.6	20.6	22.7	21.5	18.4	14.7	10.9
71	Kırıkkale	8.7	7.1	8.3	11.2	15.0	18.5	21.4	23.3	22.1	18.6	15.1	11.4
72	Batman	11.1	10.0	11.8	14.6	18.7	23.3	26.8	28.3	27.3	23.7	19.5	13.7
73	Şırnak	8.2	6.4	7.5	10.4	13.9	19.2	23.5	25.4	24.5	20.7	15.9	11.3
74	Bartın	10.5	9.5	9.5	11.8	15.2	19.0	22.2	23.6	22.8	19.6	16.0	12.1
75	Ardahan	3.0	1.4	1.2	3.6	7.5	10.8	13.2	14.9	14.6	12.2	9.0	6.1
76	Iğdır	7.7	6.2	7.9	11.7	16.1	20.8	24.6	26.3	24.7	20.5	15.5	10.8
77	Yalova	11.0	10.0	10.0	12.3	15.7	19.5	22.7	24.1	23.3	20.1	16.5	12.6
78	Karabük	9.5	8.5	9.3	11.9	14.8	19.6	22.6	23.6	22.6	20.0	17.2	11.3
79	Kilis	10.8	9.2	10.1	12.6	16.0	21.4	23.8	25.8	25.2	22.0	17.9	13.7
80	Osmaniye	14.5	13.4	15.1	17.4	20.7	24.3	27.3	29.0	28.6	25.9	21.2	17.4
81	Düzce	9.5	8.5	8.5	10.8	15.2	18.8	22.2	23.6	21.8	17.6	14.6	10.7

Kollektör sayısının belirlenmesi; ısıl ihtiyacın belirlenmesinin ardından kollektör adedi belirlenir. Kollektörlerin alanı, verimi, güneş ışınlam değeri ve sistem verimi belirlenip ihtiyaç duyulan kollektör adedi bulunur[10].

Tablo 1.6. Aylara göre şehir merkezlerinin güneş ışınlam değerleri

Aylara göre Şehir Merkezlerinin güneş ışınlam değerleri (kWh/m ² -gün)													
	Şehir adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	Tem.	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	Adana	1,98	2,42	4,12	4,98	6,07	6,68	6,46	5,91	4,90	3,78	2,33	1,81
2	Adıyaman	1,95	2,51	4,16	5,12	6,23	6,82	6,63	5,97	5,06	3,80	2,40	1,80
3	Afyon	1,85	2,47	4,00	5,10	6,21	6,63	6,70	5,94	4,92	3,53	2,19	1,66
4	Ağrı	1,74	2,68	3,85	5,09	6,40	6,77	6,79	5,98	5,06	3,59	2,15	1,52
5	Aksaray	1,90	2,48	4,13	5,03	6,22	6,67	6,76	6,00	5,03	3,66	2,29	1,71
6	Amasya	1,50	2,51	3,45	4,48	5,78	6,14	6,07	5,42	4,38	2,97	1,78	1,36
7	Ankara	1,69	2,47	3,75	4,74	6,01	6,35	6,32	5,71	4,70	3,26	1,97	1,47
8	Antalya	2,12	2,57	4,37	5,47	6,36	6,93	6,65	6,14	5,16	3,93	2,51	1,92
9	Ardahan	1,45	2,92	3,55	4,88	6,18	9,38	6,65	5,83	4,72	3,18	1,82	1,23
10	Artvin	1,43	2,47	3,36	4,64	5,89	6,18	6,25	5,59	4,48	3,09	1,77	1,20
11	Aydın	1,99	2,30	4,01	5,18	6,03	6,61	6,35	5,92	4,86	3,77	2,38	1,79
12	Akdeniz Bölgesi	2,07	2,55	4,24	5,24	6,26	6,83	6,64	6,04	5,05	3,83	2,44	1,86
13	Balıkesir	1,61	2,15	3,54	4,75	5,83	6,29	6,01	5,53	4,42	3,18	1,93	1,39
14	Bartın	1,37	2,17	3,21	4,21	5,58	5,90	5,83	5,18	4,03	2,71	1,59	1,19
15	Batman	1,80	2,46	4,04	5,07	6,22	6,78	6,62	5,91	5,02	3,79	2,34	1,77
16	Bayburt	1,68	2,90	3,77	4,96	6,31	6,61	6,65	5,88	4,83	3,31	1,97	1,41
17	Bilecik	1,62	2,37	3,49	4,66	5,84	6,24	6,09	5,46	4,43	3,04	1,85	1,34
18	Bingöl	1,83	2,61	4,04	5,13	6,43	6,86	6,80	6,01	5,07	3,66	2,26	1,65
19	Bitlis	1,87	2,70	4,09	5,15	6,46	6,87	6,99	6,01	5,16	3,71	2,32	1,73
20	Bolu	1,55	2,62	3,50	4,56	5,94	6,21	6,23	5,46	4,46	2,96	1,77	1,31
21	Burdur	2,14	2,56	4,25	5,38	6,34	6,86	6,74	6,09	5,12	3,84	2,47	1,86
22	Bursa	1,54	2,28	3,43	4,64	5,77	6,20	5,97	5,43	4,37	3,03	1,83	1,32
23	Çanakkale	1,51	2,18	3,43	4,47	5,78	6,19	5,91	5,48	4,24	2,95	1,79	1,28
24	Çankırı	1,60	2,66	3,57	4,56	5,95	6,24	6,27	5,54	4,54	2,99	1,82	1,36
25	Çorum	1,59	2,55	3,53	4,54	5,87	6,21	6,17	5,50	4,48	3,03	1,82	1,38
26	Denizli	2,01	2,45	4,11	5,26	6,22	6,73	6,62	5,00	4,99	3,75	2,39	1,79
27	Diyarbakır	1,84	2,45	4,05	5,09	6,25	6,82	6,66	5,95	5,02	3,79	2,34	1,77
28	Doğu Anadolu Bölgesi	1,81	2,67	3,99	5,08	6,39	6,80	6,83	5,97	5,06	3,62	2,23	1,63
29	Edirne	1,44	2,23	3,18	4,26	5,61	5,90	5,77	5,36	4,13	2,73	1,60	1,18
30	Elazığ	1,83	2,47	4,10	5,12	6,33	6,84	9,76	5,99	5,06	3,73	2,30	1,71
31	Ege Bölgesi	1,83	2,30	3,86	5,02	6,04	6,53	6,39	5,80	4,73	3,50	2,18	1,62
32	Erzincan	1,78	2,54	3,95	5,05	6,37	6,74	6,65	5,95	4,96	3,47	2,13	1,55
33	Erzurum	1,67	2,79	3,78	5,01	6,35	6,67	6,73	5,94	4,93	3,45	2,05	1,45
34	Eskişehir	1,74	2,33	3,74	4,83	6,03	6,38	6,31	5,68	4,67	3,25	1,98	1,47
35	Gaziantep	2,02	2,49	4,13	5,04	6,14	6,78	6,56	5,92	4,98	3,77	2,40	1,80
36	Giresun	1,56	2,57	3,54	4,67	5,98	6,30	6,26	5,59	4,47	3,07	1,82	1,35
37	Gümüşhane	1,59	2,79	3,71	4,88	6,24	6,53	6,56	5,80	4,72	3,21	1,92	1,39
38	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	1,92	2,48	4,08	5,08	6,19	6,81	6,60	5,93	5,02	3,79	2,40	1,80
39	Hakkâri	1,17	2,80	4,22	5,03	6,50	6,85	6,73	5,97	5,18	3,60	2,32	1,79
40	Hatay	1,99	2,42	4,01	4,87	5,96	6,63	6,31	5,82	4,75	3,63	2,35	1,79
41	Iğdır	1,59	2,40	3,63	4,88	6,12	6,54	6,51	5,76	4,76	3,38	2,00	1,34
42	Isparta	2,00	2,57	4,20	5,28	6,30	6,79	6,79	6,07	5,09	3,74	2,37	1,80
43	Mersin (İçel)	2,11	2,65	4,27	5,24	6,28	6,86	6,66	6,08	5,04	3,84	2,47	1,91

44	İç Anadolu Bölgesi	1,86	2,50	4,02	4,99	6,21	6,62	6,64	5,92	4,94	3,53	2,20	1,66
45	İstanbul	1,40	2,19	3,13	4,36	5,57	5,92	5,74	5,22	4,09	2,74	1,62	1,19
46	İzmir	1,81	2,16	3,79	4,99	5,94	6,50	6,27	5,76	4,63	3,54	2,20	1,62
47	Karadeniz Bölgesi	1,56	2,52	3,51	4,60	5,93	6,25	6,23	5,53	4,47	3,03	1,81	1,34
48	Kars	1,58	2,98	3,55	4,88	6,21	6,51	6,65	5,83	4,84	3,40	1,99	1,33
49	Kastamonu	1,45	2,41	3,35	4,35	5,80	6,11	6,11	5,34	4,26	2,76	1,67	1,24
50	Kayseri	1,93	2,59	4,10	5,04	6,33	6,74	6,86	5,98	5,03	3,62	2,28	1,73
51	Kırklareli	1,44	2,22	3,17	4,34	5,63	5,89	5,81	5,32	4,15	2,69	1,61	1,17
52	Kırşehir	1,78	2,38	3,89	4,83	6,09	6,47	6,42	5,85	4,84	3,43	2,08	1,58
53	Kocaeli	1,42	2,27	3,20	4,38	5,59	5,98	5,80	5,23	4,14	2,82	1,68	1,21
54	Konya	1,98	2,56	4,23	5,20	6,30	6,78	6,81	6,05	5,12	3,73	2,36	1,77
55	Kütahya	1,77	2,36	3,75	4,93	6,08	6,48	6,38	5,72	4,69	3,28	2,04	1,51
56	Malatya	1,88	2,52	4,14	5,13	6,36	6,84	6,82	6,01	5,09	3,73	2,33	1,74
57	Manisa	1,78	2,20	3,77	4,96	5,94	6,44	6,29	5,72	4,63	3,45	2,13	1,57
58	Kahramanmaraş	1,99	2,58	4,17	5,09	6,29	6,81	6,77	6,00	5,06	3,78	2,40	1,81
59	Mardin	1,91	2,52	4,07	5,08	6,23	6,83	6,62	5,92	5,04	3,80	2,41	1,80
60	Marmara Bölgesi	1,49	2,24	3,31	4,47	5,68	6,06	5,87	5,36	4,23	2,89	1,73	1,25
61	Muğla	2,11	2,42	4,24	5,40	6,22	6,81	6,47	6,05	5,05	3,96	2,56	1,88
62	Muş	1,81	2,61	4,01	5,12	6,41	6,83	6,83	6,00	5,10	3,69	2,25	1,66
63	Nevşehir	1,87	2,48	4,03	4,95	6,20	6,61	6,71	5,94	4,95	3,56	2,22	1,68
64	Niğde	2,03	2,65	4,23	5,11	6,37	6,84	6,92	6,06	5,10	3,76	2,39	1,81
65	Ordu	1,54	2,41	3,38	4,48	5,57	6,12	6,05	5,42	4,28	2,96	1,76	1,32
66	Rize	1,34	2,36	3,42	4,65	5,91	6,21	6,21	5,59	4,43	3,08	1,73	1,22
67	Sakarya	1,42	2,29	3,28	4,41	5,64	6,01	5,84	5,27	4,19	2,86	1,69	1,23
68	Samsun	1,50	2,23	3,25	4,29	5,60	5,99	5,87	5,27	4,13	2,82	1,68	1,27
69	Siirt	1,89	2,54	4,09	5,10	6,27	6,78	6,71	5,93	5,07	3,79	2,37	1,79
70	Sinop	1,42	2,27	3,25	4,23	5,64	6,01	5,94	5,23	4,13	2,71	1,63	1,23
71	Sivas	1,79	2,57	3,90	4,94	6,29	6,62	6,62	5,87	4,88	3,40	2,10	1,60
72	Tekirdağ	1,50	2,24	3,22	4,46	5,61	5,97	5,80	5,33	4,14	2,82	1,69	1,20
73	Tokat	1,63	2,55	3,55	4,61	5,91	6,25	6,20	5,53	4,48	3,08	1,86	1,42
74	Trabzon	1,43	2,37	3,42	4,61	5,84	6,17	6,40	5,53	4,35	3,06	1,73	1,25
75	Tunceli	1,82	2,53	4,05	5,12	6,34	6,82	6,68	6,00	5,05	3,62	2,24	1,63
76	Türkiye	1,79	2,50	3,87	4,93	6,14	6,57	6,50	5,81	4,81	3,46	2,14	1,59
77	Şanlıurfa	1,94	2,48	4,09	5,08	6,18	6,83	6,58	5,94	5,02	3,79	2,42	1,80
78	Uşak	1,83	2,41	3,93	5,09	6,13	6,58	6,63	5,88	4,83	3,51	2,19	1,65
79	Van	1,91	2,84	4,14	5,13	6,63	6,99	7,16	6,05	5,25	3,64	2,31	1,73
80	Yozgat	1,76	2,43	3,80	4,79	6,09	6,43	6,41	5,76	4,76	3,32	2,03	1,55
81	Zonguldak	1,41	2,15	3,13	4,26	5,58	5,90	5,80	5,10	4,07	2,77	1,62	1,20
82	Karaman	2,16	2,69	4,38	5,35	6,45	6,98	6,91	6,15	5,22	3,86	2,52	1,91
83	Kırıkkale	1,68	2,38	3,72	4,69	5,95	6,31	6,25	5,69	4,68	3,26	1,95	1,47
84	Şırnak	1,95	2,63	4,14	5,12	6,29	6,78	6,73	5,93	5,10	3,74	2,44	1,81
85	Yalova	1,40	2,23	3,24	4,44	5,63	6,05	5,82	5,30	4,20	2,90	1,70	1,22
86	Karabük	1,49	2,36	3,39	4,40	5,79	6,08	6,07	5,36	4,29	2,83	1,72	1,24
87	Kilis	2,08	2,55	4,10	4,99	6,10	6,76	6,49	5,89	4,93	3,70	2,40	1,81
88	Osmaniye	1,96	2,35	4,09	4,95	6,01	6,67	6,41	5,88	4,86	3,30	2,34	1,81
89	Düzce	1,38	2,30	3,31	4,39	5,68	6,00	5,91	5,28	4,20	2,86	1,67	1,23

1.6.1.2.3. Depolama Hacmi Hesabı

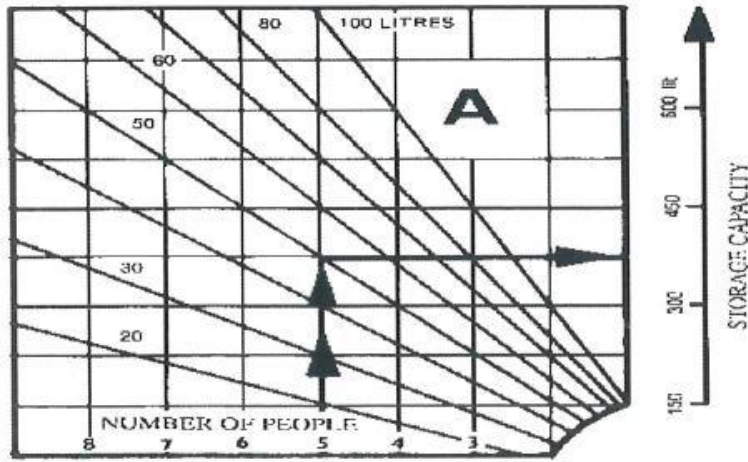
İstenilen su miktarı arttıkça onu depolayacak olan alanda aynı oranda artar. Isınan suyu depolamak için boyler veya akümülayon tankı denilen depolama tankları kullanılır.

Boylar hesabı, kullanılan güneş kollektörü net ısıtım alanı (açıklık alanı) ile doğru orantılıdır. Boyler hacmi kullanılacak güneş kollektörünün cinsine göre değişim gösterir.

Selektif yüzeyli kollektörde toplam net kollektör alanının metrekaresi başına 60 litre depolama hacmi alınırken, bu değer bakır siyah boyalı kollektörlerde ise metrekaresi başına 55 litre, alüminyum siyah boyalı kollektörlerde de bu 50 litre olarak alınmaktadır[10].

Sıcak su depolama hacminin belirlenmesi için aşağıda ki diyagramlarda kullanılmaktadır.

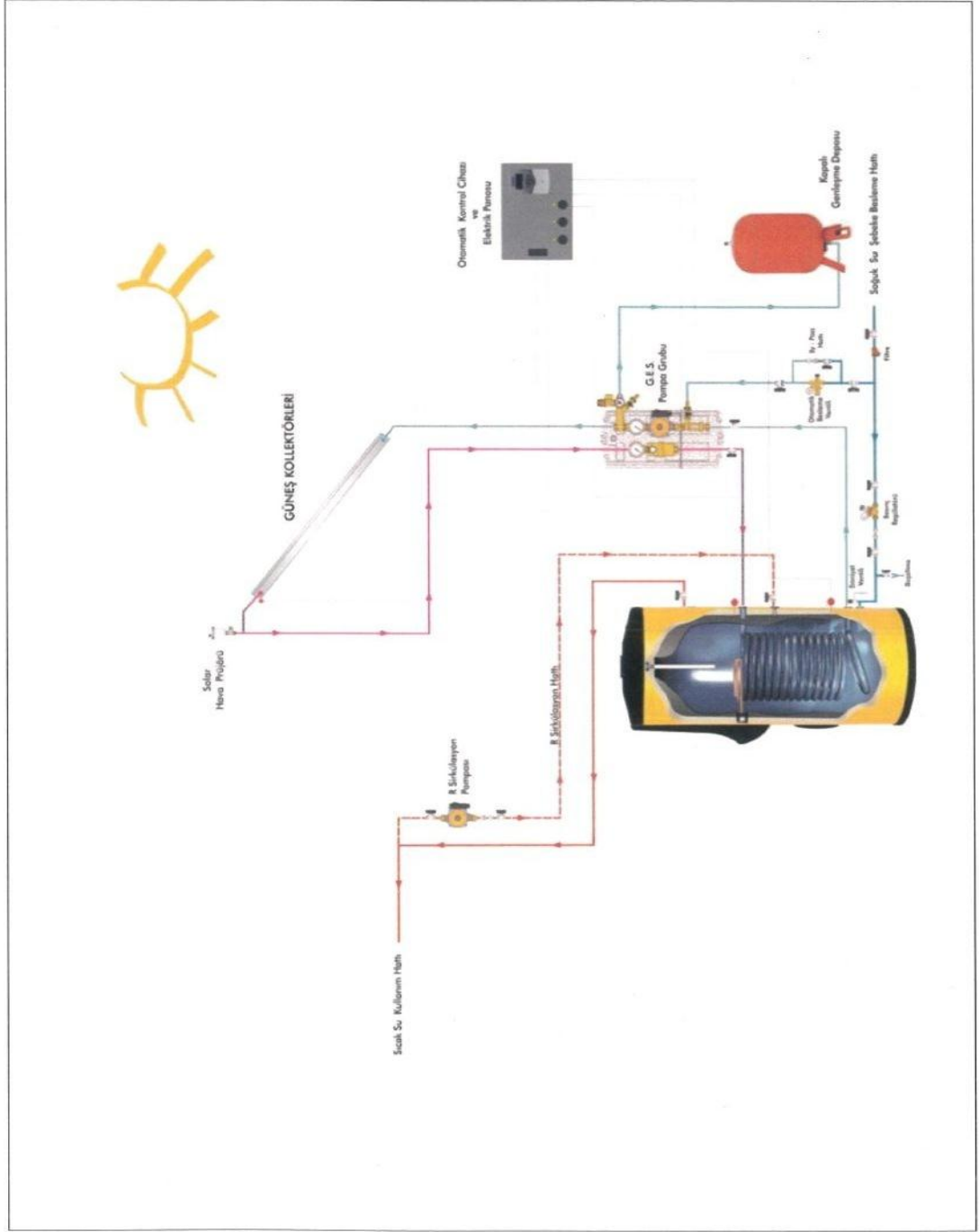
Tablo 1.7. Güneş enerjisi sistemlerinde sıcak su depolama hacmi belirleme diyagramı



Tek serpantinli boylerler; güneş enerjisi ve kazan ısıtma sistemlerinden birinin kullanılması sonucunda elde edilen ısıнын yüksek verimli serpantin yardımı ile kullanma suyunu aktarılmasını ve kesintisiz şekilde kullanım suyunun elde edilmesini sağlayan boylerlerdir.



Şekil 1.9. Tek Serpantinli Boyler

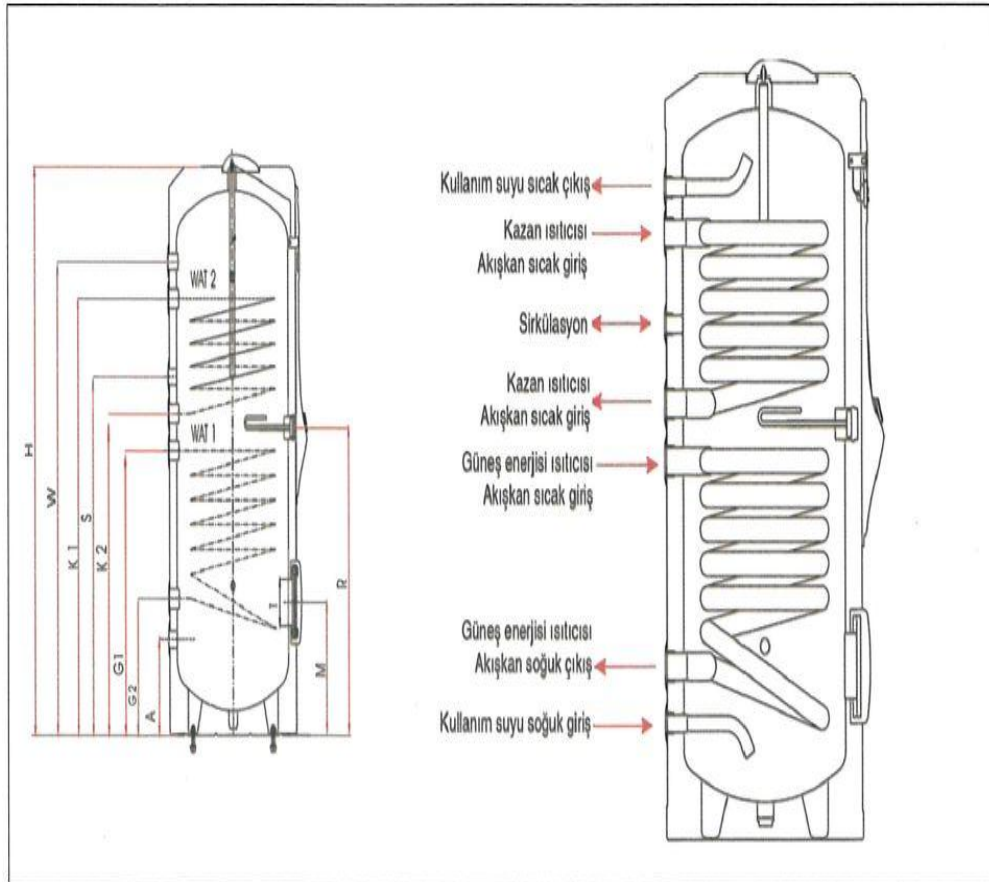


Şekil 1.10. Tek Serpantinli Boylerli Güneş Enerjisi Sistemi

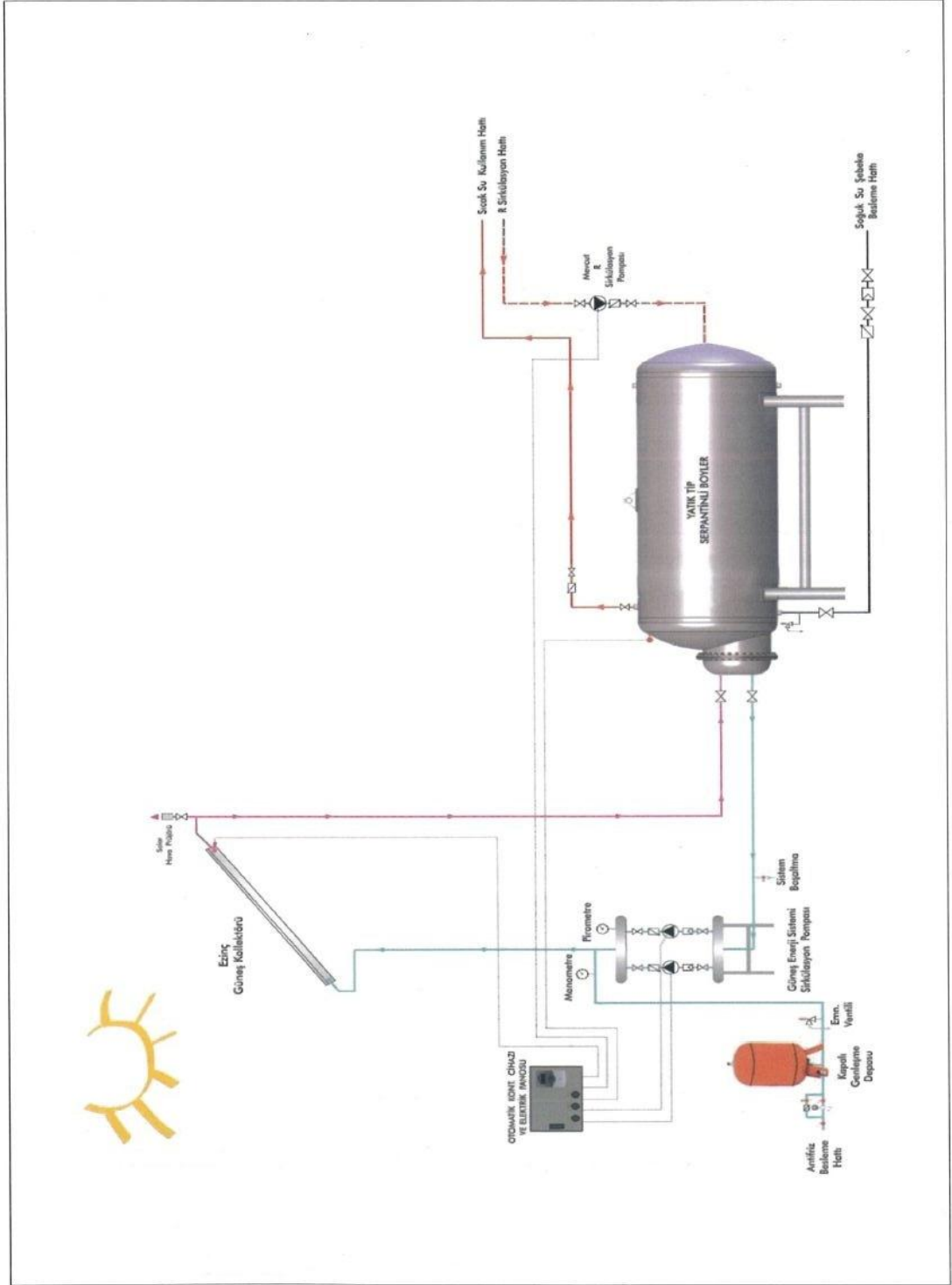
Çift serpantinli boylerler; güneş enerjisi sistemi ile kazan ısıtma sistemlerinin ortak kullanıldığı boylerlerdir. Boyler içerisinde altta ve üstte olmak üzere iki adet serpantin bulunur. Güneş kollektörlerinde elde edilen ısı alt serpantin yardımı ile kullanım suyuna aktarılabilmektedir. Güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda ise kazan veya kombiden elde edilen ısı üst serpantin yardımı ile kullanım suyuna aktarılır. Böylece kesintisiz şekilde kullanım suyunun elde edilmesi sağlanmış olur.



Şekil 1.11. Çift Serpantinli Boyler



Şekil 1.12. Çift Serpantinli Boyler Detayı



Şekil 1.14. Yatık Tip Serpantinli Bir Boylerin Güneş Enerjisi Sistemine Entegrasyonu

1.6.1.2.4. Sistem Boru Çaplarının Belirlenmesi ve Planlanması

Güneş enerjisi tesisatlarında ana boruda ki hızın 0,75 metre/saniye değerini aşmaması gerekmektedir. Ana boruda ki hız bu değerde iken kollektöre doğru hızın belli

bir oranda azalması gerekmektedir. Güneş kollektörlerinin boru çaplarının belirlenmesinde güneş kollektörü işletim şekillerinin de büyük önemi bulunmaktadır.

Güneş kollektörü, işletim şekli olarak üç işletim şeklinde gerçekleştirebilmektedir. Bu işletim şekilleri;

Low-flow (düşük akışlı), high-flow (yüksek akışlı), matched-flow (uyumlu akışlı değişken hacimsel debili), güneş enerji sistemi işletme olarak ayrılmaktadır.

Low-flow (düşük akışlı) işletme şeklinde güneş kollektörünün 1 m² den geçmesi gereken minimum debi miktarı 15 litre/h m², maksimum debi miktarı 30 litre/h m², high-flow (yüksek akışlı) işletme şeklindeki güneş kollektöründe ise 1 m² den geçmesi gereken minimum debi miktarı 50 litre/h m², maksimum debi miktarı 75 litre/h m² olarak belirlenmiştir.

Low-flow (düşük akışlı) işletme şeklindeki güneş kollektörlerinin ısı taşıyıcı boruları kıvrımlı ve tek kanal bakır boru şeklinde (serpantin şeklinde) imal edilmektedir. High-flow (yüksek akışlı) işletme şeklindeki güneş kollektörlerinde ise ısı taşıyıcı boruları ızgara tipi şeklinde imal edilmektedir[10].

Tablo 1.8. Yüksek akışlı işletim sistemi için toplam güneş kolektörü sayısına göre ortalama boru çapları

Kolektör sayısı	Boru çapı							
	¾"		1"		1 ¼"		1 ½"	
	Kesit: 3.142 x10 ⁴ m ²		Kesit: 5.725 x10 ⁴ m ²		Kesit: 8.04 x10 ⁴ m ²		Kesit: 12.566 x10 ⁴ m ²	
	Debi (lt/h)	Su hızı (m/s)	Debi (lt/h)	Su hızı (m/s)	Debi (lt/h)	Su hızı (m/s)	Debi (lt/h)	Su hızı (m/s)
2	240	0.21	240	0.12	240	0.08	240	0.05
3	360	0.32	360	0.17	360	0.12	360	0.08
4	480	0.42	480	0.22	480	0.17	480	0.11
5	600	0.53	600	0.27	600	0.21	600	0.13
6	720	0.64	720	0.35	720	0.25	720	0.16
7	840	0.74	840	0.41	840	0.29	840	0.19
8	960	0.85	960	0.47	960	0.33	960	0.21
9	1 080	0.96	1 080	0.53	1 080	0.37	1 080	0.24
10	1 200	1.06	1 200	0.60	1 200	0.41	1 200	0.27
11	1 320	1.17	1 320	0.66	1 320	0.46	1 320	0.29
12	1 440	1.27	1 440	0.71	1 440	0.50	1 440	0.32
13	1 560	1.38	1 560	0.76	1 560	0.54	1 560	0.34
14	1 680	1.49	1 680	0.82	1 680	0.58	1 680	0.37
15	1 800	1.59	1 800	0.87	1 800	0.62	1 800	0.40
16	1 920	1.70	1 920	0.93	1 920	0.66	1 920	0.42
17	2 040	1.80	2 040	0.99	2 040	0.70	2 040	0.45
18	2 160	1.91	2 160	1.05	2 160	0.75	2 160	0.48
19	2 280	2.02	2 280	1.11	2 280	0.79	2 280	0.50
20	2 400	2.12	2 400	1.16	2 400	0.83	2 400	0.53
21	2 520	2.23	2 520	1.22	2 520	0.87	2 520	0.56
22	2 640	2.33	2 640	1.28	2 640	0.91	2 640	0.58
23	2 760	2.44	2 760	1.34	2 760	0.95	2 760	0.61
24	2 880	2.55	2 880	1.40	2 880	1.00	2 880	0.64

1.6.1.2.5. Güneş Enerji Sistemi Sirkülasyon Pompası

Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde, özelliklerine göre bir veya iki ayrı devreden oluşur. Burada her devre ayrı ayrı pompalara sahip olmalıdır. Küçük tesisatlarda her devre için birer adet pompa önerilir, büyük tesisatlarda ise biri asıl diğeri yedek olmak üzere, ikişer adet pompa kullanılması önerilir.

Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde kullanılan pompa tipleri,

Uygulamada pompalar rotor tiplerine göre;

- Kuru rotorlu
- Islak rotorlu

olarak sınıflandırılır.

Kuru rotorlu pompalar gürültülü, ıslak rotorlu pompalar sessiz olarak çalışmaktadır. Aynı debi ve basma yüksekliğine sahip pompalar kıyaslandığında ıslak rotorlu olanlar daha pahalıdır. Bu sebepten dolayı güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde, pompa ünitesi, sessiz olması gereken kapalı ortamlar içinde ise ıslak rotorlu pompa, tersi durumunda kuru rotorlu pompalar tercih edilmelidir. Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde genelde ıslak rotorlu pompaların kullanımı daha yaygındır.

Islak rotorlu pompalar piyasada,

- Tek devreli
- İki devreli
- Üç devreli
- Frekans hız kontrollü olarak bulunur

Tek devreli pompa yerine iki veya üç devreli veya frekans hız kontrollü pompa seçimi elektrik enerjisi sarfiyatını önleyebilir.

Güneşli sıcak su ısıtma sistemlerinde pompalar basma yüksekliği (Hm) ve su debisi(Q=litre/h veya m³/h) değerine göre seçilmektedir.

Güneş enerjisi sisteminde kullanılacak sirkülasyon pompasının debisi aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$Q_p = \frac{Q_s}{1,163 \times \Delta T} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Q_p= pompa debisi (m³/h)

Q_s= güneş enerjisi sisteminden transfer edilen saatlik ısı gücü (kWh)

1,163 = suyun 0-100 °C arasında ki ortalama özgül ısı kapasitesi (Wh/kgK)

Δt = ısıtma sisteminde gidiş ve dönüş arasında ki sıcaklık farkı (K) güneş enerjisi sisteminde 5-10 K alınabilir.

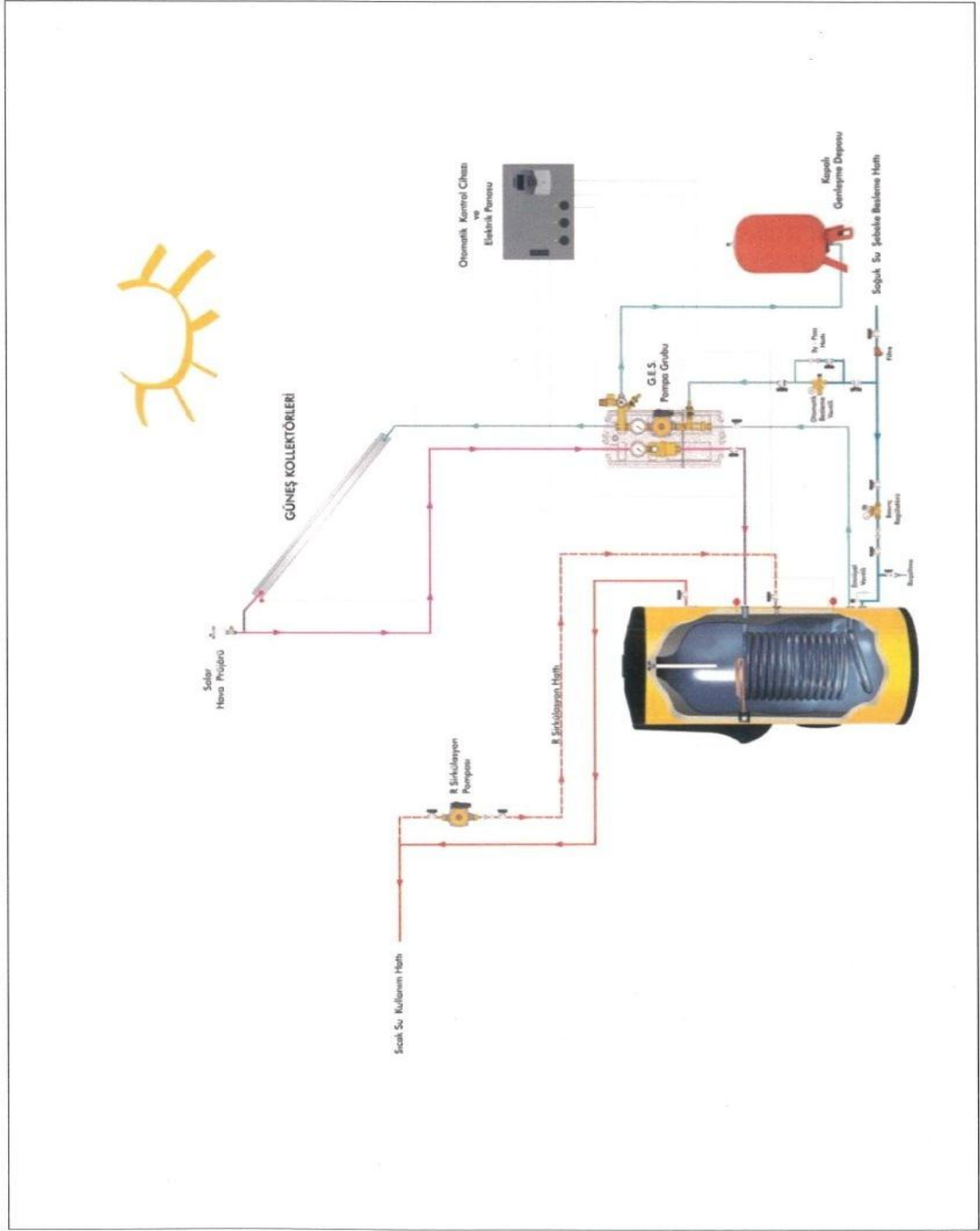
Pompa basma yüksekliği ise sistemde kullanılan elemanlara (serpantin, plakalı eşanjör, boru metrajı gibi) göre değişecektir.

Pompalı güneş enerjisi sistemlerinde, vana, çekvalf, dirsek, manşon, nipel, rekor, kruva, inguva gibi tesisat elemanları, sistem çalışması için değişik sayılarda kullanılmaktadır[10].

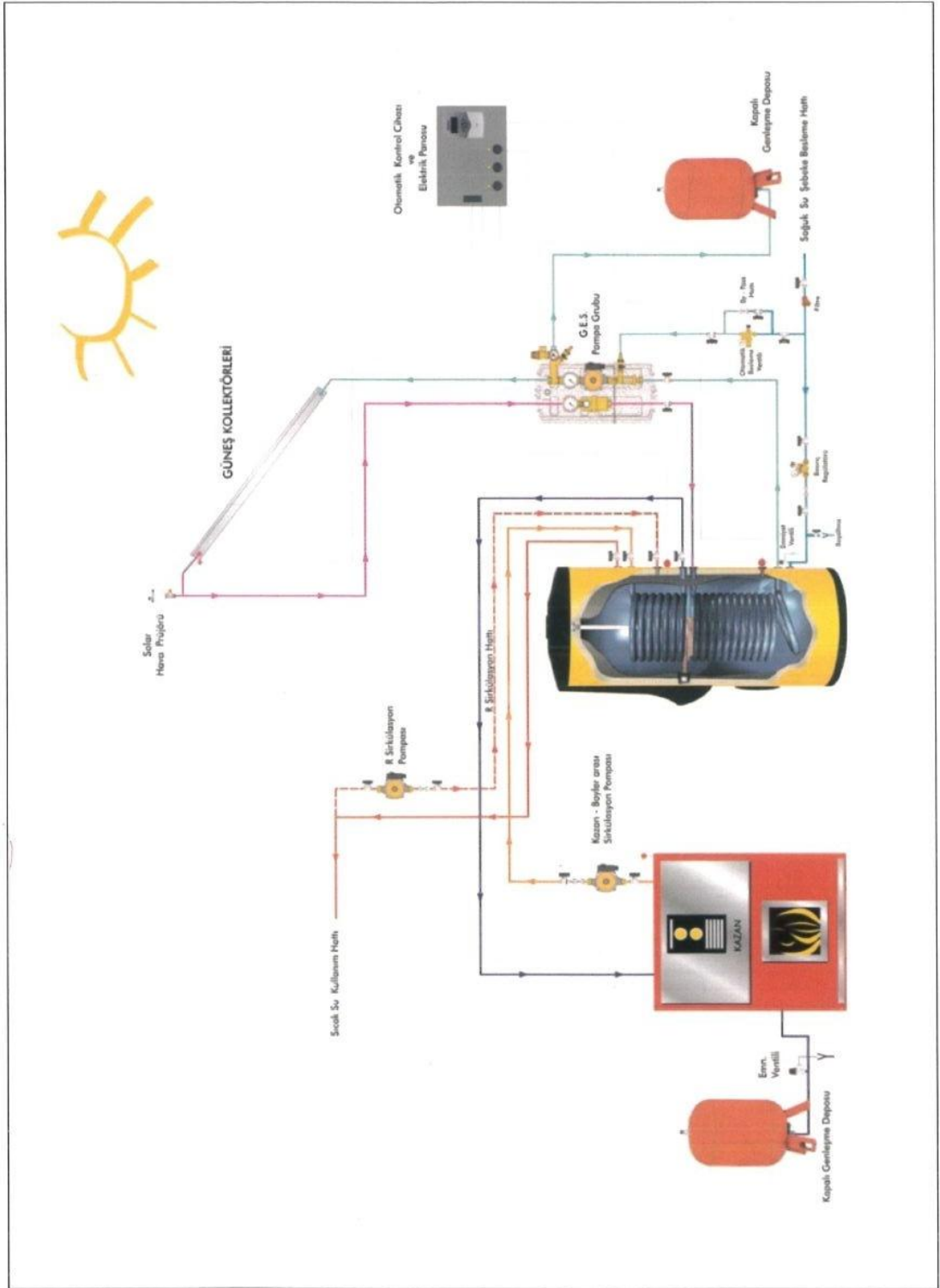
1.6.1.2.6. Güneş Enerjisi Sistemi Kapalı Genleşme Deposunun Seçilmesi

Güneş enerjili sıcak su ısıtma sistemlerinde, soğuk suyun ısınması sonucunda ortaya çıkan hacimsel genişlemeyi telafi etmek için genleşme kapları kullanılmaktadır. Su 10 dereceden 90 dereceye ısıtıldığında, hacminde % 3,5 civarında bir artış meydana gelmektedir. Genleşme kapları bu artışı karşılamak için kullanılmaktadır. Uygulamada genleşme kaplarının kapalı ve açık olarak iki tipi olmakla birlikte, güneş enerjisi uygulamalarında genellikle kapalı genleşme kapları kullanılmaktadır.

Güneş enerjisi tesisatlarında, tesisatın tek devreli veya iki devreli olarak tasarlanmasına göre bir veya iki adet genleşme kapı kullanılmaktadır[10].



Şekil 1.15. Tek Genleşme Kapının Kullanıldığı Güneşli Sıcak Su Isıtma Sistemi



Şekil 1.16. İki Kapalı Genleşme Deposunun Kullanıldığı İki Ayrı Devreli Güneşli Sıcak Su Isıtma Sistemi

1.7.Güneş Kollektörleri

Güneş kollektörleri, güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlar güneş kollektörleri olarak adlandırılır, güneş radyasyon enerjisini iç enerjiye dönüştüren ısı değiştiricilerinin özel bir çeşididir. Güneş kollektörleri gelen güneş radyasyonunu yutar, ısıya dönüştürür ve bu ısıyı akışkana iletir (genellikle hava, su ya da yağ).

Genel olarak iki tip güneş enerjisi vardır. Odaklanamayan ya da sabit ve odaklanabilen güneş kollektörleri. Odaklanamayan güneş kollektörleri düz yüzeyli olup, güneş ışığını odaklamazlar. Odaklanabilen güneş kollektörleri genellikle içbükey bir yüzeye sahiptir ve güneş ışınının merkezi, artan radyasyon değişimi sebebiyle çok küçük bir bölgede ışın radyasyonuna maruz kalır. Sadece direkt radyasyondan faydalanırlar, yüksek sıcaklık temin edebilirler. Çalışabilmeleri için güneşi görmek zorundadırlar, bu nedenle odaklı kollektörler, güneşlenme yönünden zengin yörelerde, daha verimli olarak kullanılırlar.

1.7.1.Sabit Kollektörler

Güneş enerjisi kollektörleri, temelde onların hareketlerine göre seçilir. Sabit, tek eksenli izleyen, çift eksenli izleyen gibi.. Sabit olan güneş kollektörleri güneşi izlemezler. Bu kategoride 3 tip kollektör incelenmiştir:

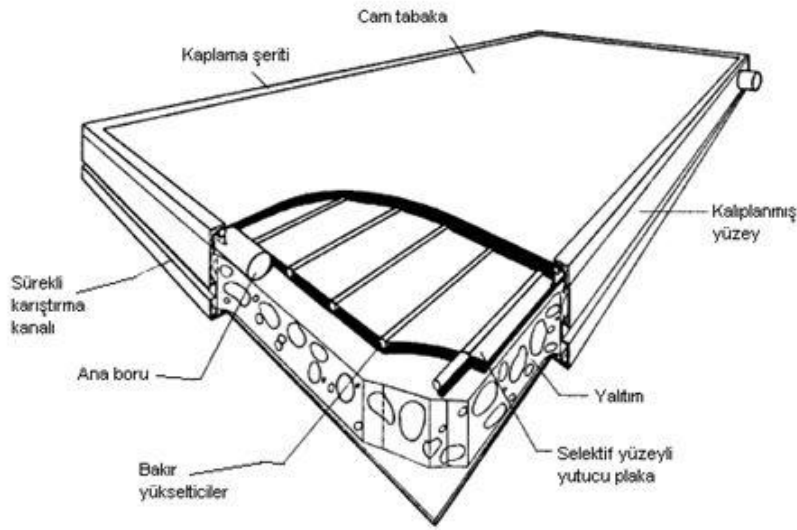
- 1.Düzlemsel güneş kollektörleri
- 2.Parabolik güneş kollektörleri
- 3.Vakumlanmış borulu kollektörler

1.7.1.1.Düzlemsel Güneş Kollektörleri

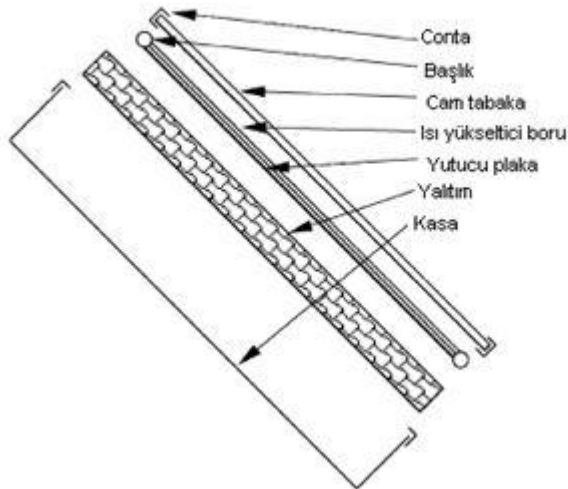
Tipik bir düz tabaka güneş kollektörü Şekil 17’de verilmiştir. Güneş radyasyonu bir cam yüzeyden geçer, yüksek yutuculuğa sahip siyah yutucu yüzeye çarpar ve bu enerjinin büyük bir bölümü tabaka tarafından yutulur. Daha sonra akışkan tüpüne, depolanmak ya da kullanılmak amacıyla transfer edilir. Yutucu yüzeyin alt tarafı ve koruyucu bölgenin yan tarafı kondüksiyon kayıplarını azaltmak için yalıtılmıştır. Akışkan tüpleri yutucu yüzeye kaynakla birleştirilebilir ya da yüzeyin gerekli bir bölgesinde olabilir. Geçirgen yüzey,

yutucu yüzeyden konveksiyon kayıplarını azaltmak için kullanılmıştır ve yutucu yüzey ile cam yüzey arasındadır.

Düzlemsel güneş kolektörleri genellikle sürekli sabit pozisyonudadır ve güneşi izlemez. Bunlar ekvatora doğru direkt olarak, kuzey yarımkürede güneye doğru, güneyde kuzeye doğru yönlendirilirler. Kollektörün optimum eğim açısı uygulamaya az ya da çok bağlı olarak $10-15^{\circ}$ açı değişimleri ile yerin enlemine eşittir [11].



Şekil 1.17. Düz Plakalı Kollektörün Görünüşü



Şekil 1.18. Düz Plakalı Kollektörün Ayrıntılı Görünüşü

Bir düz tabaka güneş kollektörü Şekil 18’de verilen parçalardan oluşmuştur. Bunlar:

a.Güneş ışınımını geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen bir veya daha çok sayıdaki saydam örtü

b.Enerji toplayan yutucu yüzey

c.Isı taşıyan akışkanın dolaştığı borular

d.Siyah yüzeyden ve kollektörün çevresinden ısı kayıplarını en aza indiren yalıtım

e.Toplayıcıyı dış etkilere koruyan ve yukarıda belirtilen kısımları bir araya getiren kasa

Düzlemsel güneş kollektörleri, çeşitli şekillerde ve çok farklı malzemelerden dizayn edilebilirler. Su, suya katılan antifriz maddesi ya da hava gibi akışkanlar kullanılır. Cam yüzey ve yutucu yüzeyin malzemeleri aşağıda verilmiştir:

1.7.1.1.1.Cam Yüzey Malzemeleri

Cam yüzeyler, gelen kısa dalga güneş radyasyonunun % 90’ından fazlasını geçirebilirler, yutucu yüzey tarafından neşredilen uzun dalga radyasyonunun neredeyse hiçbirini geçirmezler. Düşük demir içerikli camlar, güneş radyasyonu için yüksek geçirgenliğe sahiptir (yaklaşık 0.85-0.90), fakat güneş ısıtıcı yüzeyler tarafından neşredilen uzun dalga termal radyasyonlarını (5.0-50 μm) geçirmez.

Plastik film ve tabakaların kısa dalga boylu güneş ışınlamalarını geçirmeleri daha yüksektir, fakat bazıları, 0.40 kadar büyük olan uzun dalga boylu ışınlamaları da geçirmektedir. Plastikler camdan daha ucuzdur, kolay şekil verilebilir ve sızdırmazlık sağlanabilir. Buna karşı yüksek sıcaklıklarda deforme olurlar ve morötesi güneş ışınımına dayanıklı değildirler. Sadece birkaç tipi uzun periyotlar için güneşin ultraviyole radyasyonlarına direnebilirler. Bunlar dolu ya da taşlar tarafından kırılmazlar, esnektirler ve düşük kütleye sahiplerdir. Pencere camları ve sera camlarının normal yutuculuk oranları sırasıyla 0.87 ve 0.85 dir [12]. Teflon ve kapton gibi plastik esaslı saydam malzemeler yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır ama pahalıdır.

Çeşitli prototiplerde yalıtılmış düzlemsel ve parabolik güneş kollektörleri inşa edilmiştir ve bunlar son 10 yılda test edilmiştir [13-21]. Düşük fiyat ve yüksek sıcaklık resistant yalıtım malzemeleri (TI) geliştirilmiştir. TI ile örtülmüş düzlemsel güneş kollektörü prototipi Benz ve diğ. [15] tarafından geliştirilmiştir.

1.7.1.1.2. Kollektör Yutucu Yüzeyleri

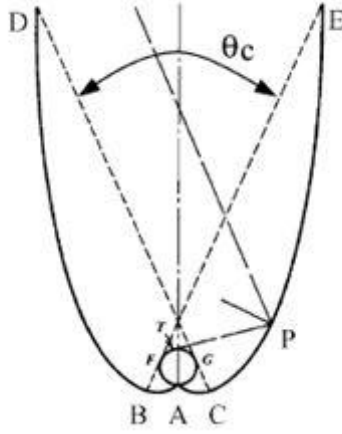
Güneş kollektörlerinin en önemli kısmını yutucu yüzey oluşturmaktadır. Saydam kollektör örtüyü geçerek yutucu yüzeye gelen ışıının büyük bir kısmı yüzey tarafından yutulur ve geri kalan kısmı yansıtılır. Kısa dalga güneş radyasyonu için kollektör yüzeyinin yutuculuğu, kaplamanın rengine ve olay açısına bağlıdır. Genellikle siyah renk kullanılır. Her nasılsa bazı referanslarda çeşitli renk kaplamaları estetik sebepler için önerilmiştir [23,24].

Uygun elektrolit ya da kimyasal davranışlara göre, yüzeyler, güneş radyasyon yutuculuğunun en yüksek değerleri (α) ve uzun dalga yayılımının en düşük değerleri ile (ε) üretilebilir. Kollektörün verimi, yutucu yüzey kaplamasına, geometrisine ve yüzey için seçilen malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir. Bu yüzey sıvısı, düzlemsel güneş kollektörlerinde, bakır, alüminyum, paslanmaz çelik, sac, plastik vb. ısı iletkenliği uygun herhangi bir malzemedan imal edilebilir.

Üzerine gelen güneş ışıının yutarak ısınan levhanın, ısıyı temas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletebilmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilir ve ısı geçişinin daha çabuk ve daha iyi olması için levhalar ince yapılır. Bunun yanında imalat kolaylığı, kolay bulunabilirliği, elde edilebilme imkanları ve fiyatı da göz önüne alınmalıdır.

1.7.1.2. Parabolik Güneş Kollektörleri

Parabolik tip güneş kollektörleri yüksek sıcaklık uygulamalarında, yoğunlaştırma yapan termal sistemlerde kullanılmaktadır. Görüntü vermeyen toplayıcılarıdır. Bu tip güneş enerjisi kollektörlerinin potansiyeline Winston tarafından dikkat çekilmiştir [25]. Bunlar yutuculuğu ve yansıtma yeteneği yüksek olan kollektörlerdir. Şekil 19' da bu tip bir kollektör gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, parabolik güneş kollektörünün üst bölümü (BD ve CE) parabolik iken, reflektörün en düşük parçası (AB ve AC) daireseldir. Bunlar kısaltılabilir ve böylece daha ucuz versiyonlar da parabolik güneş kollektörleri elde edilebilir. Bu kollektör, genellikle toz ve diğer malzemelerden korunmak için cam örtü ile örtülmüştür.



Şekil 1.19. Parabolik Kollektörün Şematik Şekli

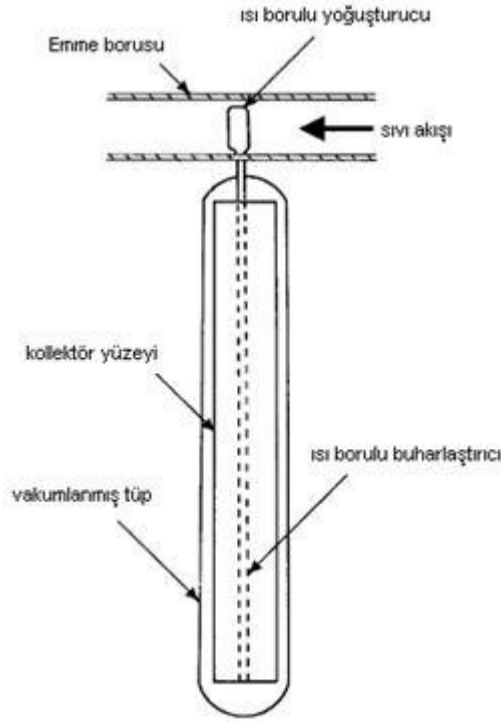
Parabolik güneş kollektörünün kabul edilen yönlendirme açısı θ_c ' dir. Bu açıya bağlı olarak kollektör sabit ya da güneşi izleyen olabilir. Parabolik güneş kollektörünün ordinatları, ya kuzey-güney ya da doğu-batı doğrultusu boyuncadır ve ekvatora doğru yönelir. Kuzey-güney doğrultusuna yönlendirildiğinde, kollektör devamlı güneş ışını alabilir. Sabit parabolik güneş kollektörleri için, minimum kabul edilen açı 47° ye eşittir. Bu açı güneşin eğimini yaz gündönümünden kış gündönümüne dönüştürür ($2 \times 23.5^\circ$). Uygulamada büyük açılar düşük odaklaşma oranı harcamalarında kollektörün yayılan ışınlamayı toplamasını mümkün kılar.

2 tip parabolik güneş kollektörü dizayn edilmiştir: Simetrik ve asimetrik. Genellikle yutucuların 2 ana tipi kullanılmıştır. Borulu yüzgeç tipler ve tüp şeklindeki yutuculardır [26,27].

1.7.1.3. Vakumlanmış Borulu Güneş Kollektörleri

Düz tabaka güneş kollektörleri, güneşli ve sıcak iklimlerde kullanılmak için geliştirilmiştir. Her nasılsa onların faydası, rüzgarlı ve soğuk günlerin aksi durumlarında büyüktür. Vakumlu tip ısı güneş kollektörleri diğerlerinden farklıdır. Bu güneş kollektörleri Şekil 20 'de gösterildiği gibi iç içe geçmiş iki adet cam tüpün arasında ki havanın vakumlanarak ısı transferinin dış ortama verilmesinin engellendiği kollektörlerdir. İç de bulunan cam tüpün ortasında boru veya ısı taşıyıcı bakır çubuklar bulunmaktadır. Bu

Çubuklar veya borular yardımı ile güneşten gelen ışınım ısıya dönüştürülerek, ısı transferi sağlanmaktadır..



şekil 1.20. Vakumlanmış Bir Tp Kolektörünün şematik şekli

Kollektör her zaman cam tüp grubundan oluşur. Tp içinde yapılan vakum işlemi ile konveksiyon ve kondüksiyon yolu ile olabilecek ısı kayıpları azaltılır. Kullanılan camlar vakum nedeniyle oluşan basınç farkına dayanabilecek mukavemettedir. Bağlantı borularının tüpe bağlanabilmesi için bir veya iki manifold bulunur.

Vakumlanmış borulu kollektörler göstermiştir ki seçici bir yüzey ve efektif konveksiyon parazit gidericilerinin birleşimi, yüksek sıcaklıklarda iyi bir performansla sonuçlanabilir [24]. Vakum rt, konveksiyon ve kondüksiyon kayıplarını azaltır, bu yüzden bu kollektörler, düzlemsel güneş kollektörlerinden daha yüksek sıcaklıklarda çalıştırılabilir. Düzlemsel güneş kollektörleri gibi bu kollektörler de hem direk hem de dağınık gelen radyasyonu toplar. Her nasılsa onların verimi ihmal edilebilen düşük açılarında daha yüksektir. Bu etkilerle, gün boyunca olan performansta vakumlanmış borulu kollektörler, düzlemsel kollektörlerden daha avantajlıdır.

Vakumlanmış borulu kollektörlerde sıvı buhar kullanılır. Bu kollektörler bir vakum sızdırmaz tp içinde, bir ısı borusuna yer verir. Bu boru bakır borudur, siyah yüzeyle kaplanmıştır (yutucu tabaka). Diğer tüpten dışarı çıkarılan ve sızdırmazlık borusu ile

birleştirilen metal kısım kondenserdir. Isı boruları, yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcıya uğrayan akışkanın küçük bir miktarını içerir.

1.7.2.Odaklanabilen Güneş Kollektörleri

Odaklanabilen güneş kollektörleri, güneş radyasyonunu merkezlendirmeye yararlar. Odaklı kollektörlerin yapıları çoğunlukla iç bükey ayna şeklindedir. Bunun yanında konik ve silindir şeklinde olanları da vardır. Ancak bunların da kesitleri içbükeydir. Bazı özel hallerde merkezlendirme için merceklerden yararlanılırsa da geniş çapta uygulamalar için düşünülemez. Değişik bir düzenleme tarzı olan düz plakalı yansıtıcılardan yararlanılarak da, odaklı kollektörler yapılabilir. Güneş radyasyonunun geniş bir kısmı çok küçük bir bölge üzerine yoğunlaştırılarak sıcaklık arttırılabilir. Bu, radyasyon kaynakları ve enerji yutucu yüzeyi arasına koyulan bir optik alet tarafından yapılabilir.

Odaklı güneş kollektörlerinin avantajları, düz tabaka güneş kollektörü ile karşılaştırılabilir [28]. En önemlilerinden bazıları:

a.Çalışma akışkanı, düz plakalı sistemlerle karşılaştırıldığında, odaklayıcı sistemlerde daha yüksek sıcaklıklara sahiptir. Böylece daha yüksek termodinamik verim elde edilebilir.

b. Toplayıcı bölgedeki küçük ısı kayıplarından dolayı termal verim çok büyüktür.

c. Yansıtıcı yüzeyler daha az malzemeye ihtiyaç duyarlar ve yapısal olarak düzlemsel kollektörlerden daha basittirler. Bir odaklayıcı kollektör için, güneş toplama yüzeyinin birim alan başına düşen maliyeti düzlemsel kolektörlere oranla çok daha azdır.

d. Toplam birim güneş enerjisinin küçük alanlı toplayıcılarda toplaması, seçici yüzey davranışı, vakum yalıtımı ile ısı kayıplarının azaltması ve kollektör etkinliğini arttırması nedeniyle ekonomik olarak uygundur.

Odaklı güneş kollektörlerinin dezavantajları:

a. Odaklanabilen sistemler, yoğunlaştırıcı oranına bağlı az yayılmış radyasyonları toplar.

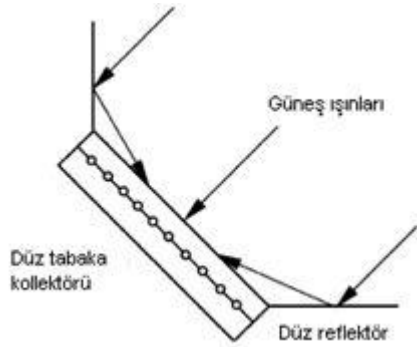
b. İzleme sistemlerinin bazılarının, güneşi takip eden kollektörlere imkan tanınması gerekir.

c. Güneş yansıtıcı yüzeyler zamanla yansıtıcılıklarını kaybedebilirler ve periyodik temizliğe ve bakıma ihtiyaç duyarlar.

Çoğu dizaynlar, odaklanabilen kollektörler için düşünülmüştür. Yoğunlaştırıcılar, ışığı yansıtıcı ya da ışığı kırıcı, silindirik ya da parabolik, bütün ya da parçalara ayrılmış olabilir. Toplayıcılar konveks, düz, silindirik ya da konkav olabilir ve camla örtülmüş ya da örtüsü açık olabilir [29-33].

Geleneksel odaklanabilen kollektörler güneşin günlük hareketini takip etmelidir. Güneşin hareketini kolayca izlemek için 2 metot vardır: Birincisi altazimut metodudur ki bu metot, hem denizden yükseklikte hem de eğik düzlemin güneyle yaptığı açıdagüneşi izleyen bir aygıtlı yapılır. Paraboloid güneş kollektörleri genellikle bu sistem için yapılır. İkinci metot tek eksenli güneş izleme metodudur. Bu kollektörler, tek doğrultuda ya doğu-batı, ya da kuzey-güney doğrultusunda güneşi izlerler. Parabolik çanak tipi kollektörler genellikle bu sistemde kullanılır. Bu sistemler devamlıdır ve bütün halindedir.

Odaklanabilen 1. tip güneş kollektörünün şematik şekli, Şekil 21' de gösterilmiştir. Düz tabaka kollektörü, düz reflektörlerle donatılmıştır ve güneş radyasyonu direk olarak kollektöre ulaşır. Aradaki boşluk yutucu yüzeyden daha büyüktür fakat sistem sabittir. Bu sistemin ayrıntılı analizi Ref [34]'da açıklamıştır. Düzlemsel güneş kollektörleri daha önce 1966'da Tabor tarafından önerilmiştir. Bu konu ile ilgili diğer önemli çalışmalar Seitel [35] ve Perers ve diğ. [36] tarafından tanıtılmıştır.



Şekil 1.21. Odaklanabilen Güneş Kollektörünün Şematik Şekli

Kollektörlerin diğer bir tipi de sabit kollektörlerden parabolik olanlarıdır. Bunlar odaklayıcı kollektör gibi de sınıflandırılabilir ve sabit ya da güneşi izleyen kollektörler olabilir. Güneşi izledikleri zaman çok kaba ya da aralıklıdır. Odaklama oranı genellikle küçüktür ve radyasyon parabolik yüzey üzerindeki yansılardan daha sakin ve yoğun olabilir.

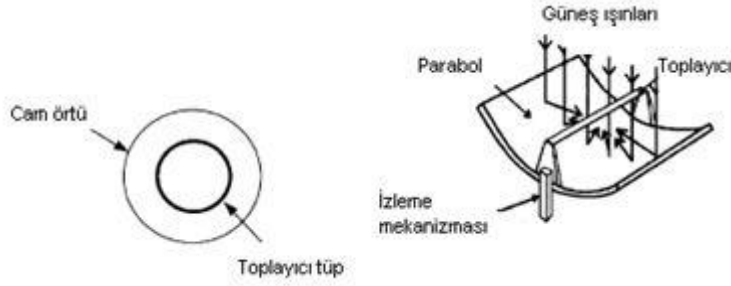
Odaklı kollektörlerin bir dezavantajı görülmüştür ki, düşük yoğunlaştırma oranlarında, onlar sadece güneş radyasyonunun direk bileşenlerini kullanırlar. Çünkü yayılan bileşenler, çoğu tipler tarafından yoğunlaştırılmazlar. Odaklayıcı kollektörlerin bir avantajı yazın, güneş doğu-batı çizgisinin kuzeyinden yükseldiğinde kuzey-güney ordinatlarında güneşten direk olarak radyasyon almasıdır. Düz tabakanın güney yüzeyi, yayılan diğer radyasyonların hiçbirini toplayamaz. Böylece odaklayıcı kollektörler, düzlemsel kollektörlerden daha fazla radyasyon toplayabilir.

Bu kategorideki kollektörler:

- 1.Parabolik çanak kollektörler
- 2.Lineer Fresnel reflektör
- 3.Parabolik çukur toplayıcı
- 4.Merkezi alıcı

1.7.2.1.Parabolik Çanak Kollektör

İyi verimli yüksek sıcaklıklar elde etmek için, yüksek performanslı bir güneş kollektörü gereklidir. Aydınlik yapılı sistemler ve 400 C^0 ye kadar olan uygulamalar için düşük fiyat teknolojileri, parabolik kollektörler ile elde edilebilir. Bu kollektörler 50 ve 400 C^0 arasındaki sıcaklıklarda ısı üretebilir ve parabolik yüzeyin, reflektör malzemesinin bükülmesiyle yapılmıştır. Şekil 22’de görüldüğü gibi bir metal siyah tüp, ısı kayıplarını azaltan cam tüplü bir örtü, toplayıcının merkezi boyunca yerleştirilmiştir. Parabol güneşe doğru odaklandığında, reflektöre gelen paralel ışınlar toplayıcı tüpe geçer. Güneş tek eksenli yönde izlenir ve böylece uzun bir kollektör modülü üretilmiş olur. Kollektör doğu-batı doğrultusunda olduğunda, güneş kuzeyden güneye izlenir ya da kuzey-güney doğrultusunda güneş doğudan batıya izlenir. Güneşi izleme modunun avantajı, gün içinde çok küçük kollektör ayarlarının gerektirilmesidir ve öğlen vakitlerinde güneş daima boşluğu doldurur, fakat kollektör performansı, günün erken ve geç saatlerinde geniş ihmal edilecek kadar düşük açılardan dolayı azalır (kosinüs kayıpları). Kuzey-güney yönlendirmelerinde öğlen vakti en yüksek kosinüs kayıplarına sahiptir ve güneş tam doğuda ya da tam batıda iken sabahları ve akşamları en düşüktür.



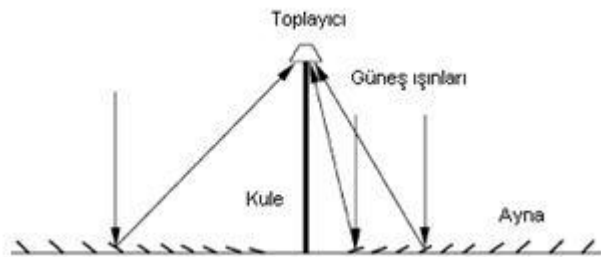
Şekil 1.22. Parabolik Çanak Kollektörün Şematik Şekli

Bir yılın üzerindeki periyotlara bakıldığında, yatay bir kuzey-güney alanı genellikle, yatay doğu-batı alanından biraz daha fazla enerji toplar. Kuzey-güney alanı yazın pek çok enerji toplar, kışın daha az toplar. Doğü-batı alanı kışın kuzey-güney alanından daha fazla enerji toplar ve yazın daha az toplar. Burada yönlendirmelerin seçimi genellikle uygulamalara bağlıdır ve yazın ya da kışın daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur [37].

Parabolik çanak kolektörleri, güneş termal elektrik üretimi ya da ısı uygulamalar için $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ye kadar olan sıcaklıklarda oluşturulur. Bu tip sistemlerin en büyük uygulamaları, güneş elektrik üretim sistemleri olarak bilinen Güney Kaliforniya güç fabrikalarıdır (SEGS) ki bunların toplam kurulu kapasiteleri 354 MW_e dir [38]. Parabolik çanak kolektörlerinin toplam kurulu kapasitesi 1.2 MW a eşittir [39]. Parabolik kısmın toplayıcısı lineerdir.

1.7.2.2. Lineer Fresnel Reflektör

Bir lineer fresnel reflektör kolektörünün parçalarının şekli Şekil 23' de gösterilmiştir. Sistemin bu tipinin en büyük avantajı düz ya da elastik kavisli bir reflektör olarak kullanılmasıdır. Parabolik cam reflektörlerle kıyaslandığında daha ucuzdur. Zemine monte edilir, böylece minimum malzemeye ihtiyaç duyulur.



Şekil 1.23. Lineer Fresnel Reflektör Kolektörünün Şematik Şekli

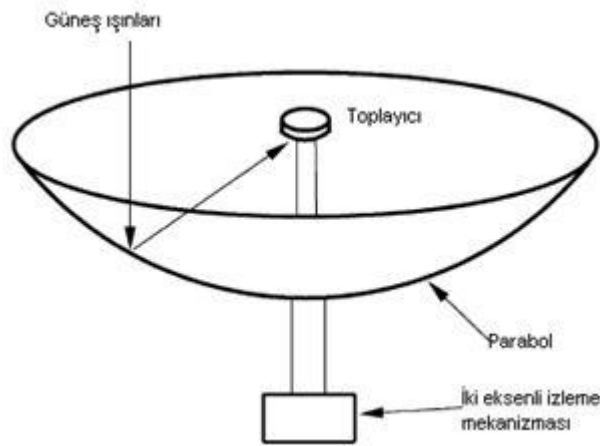
Bu prensibin ilk uygulaması, en büyük güneş öncüsü Giorgio Francia [41] tarafından yapılmıştır ki o, hem lineer hem de 2 eksenli güneşi izleyen Fresnel reflektör sistemini geliştirmiştir (Genoa'da, 60 yıllarında İtalya'da).

1979'da FMC kuruluşu, 10 ve 100 MW_e lineer fresnel güç fabrikasına detaylı bir proje üretmiştir. En büyük fabrika 1.68 km lik lineer çukur yutucu yüzeyi, 61 m kule üzerine monte etmişlerdir. Yalnız bu proje uygulamaya koyulmamıştır [42-49].

Daha sonra güneşi izleyen lineer fresnel reflektörü, Feuermann ve Gordon tarafından 90. yılların başında İsrail Paz şirketi tarafından yapılmıştır [50]. Klasik lineer fresnel reflektör sistemleri sadece bir toplayıcıya sahiptir.

1.7.2.3 Parabolik Çukur Toplayıcılar

Bir parabolik çukur toplayıcısının şekli, Şekil 24' de gösterilmiştir. Bir noktada odaklanan kollektör 2 eksenle güneşi izleyebilir. Yüzeyin merkez noktasındaki bir toplayıcısının üzerine yoğunlaşmış şekilde güneş enerjisi gelir. Parabolik çukur sistemleri 1500 C⁰ nin üzerindeki sıcaklıklara ulaşabilir. Çünkü toplayıcı, güneş ışınlarını kollektör alanının her tarafına dağıtır.



Şekil 1.24. Parabolik Çukur Toplayıcısının Şematik Şekli

Bu kollektörlerin birkaç önemli avantajı vardır:

1.Daima güneşe odaklandıklarından, bütün kollektör sistemlerinden daha fazla verime sahiptir.

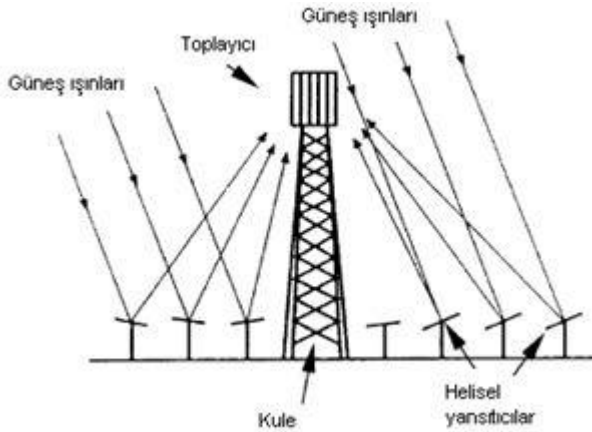
2.Onların yoğunlaştırıcı oranı 600-2000 arasındadır. Böylece yüksek verimli termal enerji ve güç değişim sistemleridir.

3.Parabolik çukur toplayıcılar ya bağımsız fonksiyon ya da tüm toplayıcı sisteminin bir parçası şeklinde modüler kollektör ve alıcı ünitelerine sahiplerdir.

Odaklı kollektörlerin bu tipi, parabolik çanak makineleri için kullanılır. Bir parabolik çanak makine sistemi elektrik jeneratörüdür ki bunlarda benzin ve kömür yerine güneş ışığı kullanılır.

1.7.2.4.Helisel Alan Kollektörleri

Bu tip bir kollektör Şekil 25’ de gösterilmiştir. Düz ya da helisel olarak monte edilen aynalara, güneş ışınları belli bir açı ile direk olarak gelir ve toplayıcıya iletilir. Bu kollektörler helisel alan ya da merkezi toplayıcı kollektörler olarak adlandırılır. Helisel kısım üzerindeki küçük konkav bir ayna kullanılarak, termal enerjinin büyük bir kısmı, yüksek sıcaklık ve basınçta güce dönüştürülebilir. Toplayıcı tarafından yutulan yoğunlaşmış ısı enerjisi akışkana transfer edilir ve güç elde edilir.



Şekil 1.25. Merkezi Toplayıcı Sistemin Şematik Şekli

Merkezi yoğunlaştırıcılar birkaç avantaja sahiptir:

1.Bunlar güneş enerjisini toplayıp bir tek toplayıcıya gönderirler, böylece minimum termal enerji gerektirirler.

2.Odaklayıcı oranları 300-1500’ e ulaşır ve böylece hem toplanan enerjide hem de elektriğe dönüşen enerjide yüksek verim elde edilir.

3.Bu kollektörler termal enerjiyi depolamaya uygundur.

4. Tamamen büyüktürler (genel olarak 10 MW dan daha fazla), bu yüzden ekonomik aralıktan dolayı faydalıdırlar.

Yoğunlaşmış güneş ışığı, toplayıcıların üzerine gelir. Yutulan güneş ışığı enerji olarak akışkana transfer edilir. Isı transport sistemi boru, pompa ve valflerden oluşmuştur. Güneş ışığı, toplayıcı, depo ve güç dönüşüm sistemleri arasındaki bir kapalı bölgede akışkana direk olarak transfer edilir. Termal depolama sistemleri enerjiyi toplar ve sezilebilen ısıyı daha sonra güç dönüşüm sistemlerine iletir. Depolama sistemleri güneş enerjisinin toplamını elektriğe dönüştürür. Güç dönüşüm sistemleri buhar jeneratörü ve türbin jeneratöründen oluşmuştur. Toplayıcıya çarpan ortalama güneş değişimi 200-1000 kw/m² arasındaki bir değere sahiptir. Bu değişim 1500 C⁰ den daha fazla sıcaklıklarda çalışma imkanı sağlar ve yüksek verimde termal enerji elde edilir.

1.8. Gizli Isı Depolama

Gizli ısı, maddenin faz değişimi esnasında aldığı ya da verdiği ısıdır. Depolama katı-sıvı, katı-katı, sıvı-buhar ve buhar-katı dönüşümleri kullanılarak gerçekleştirilebilir [51]. Ancak en fazla kullanılan sıvı-katı dönüşümüdür. Ayrıca farklı kristal örgülere sahip katıların bir kristal örgü durumundan diğerine geçişte aldıkları ve verdikleri ısılar katı-katı dönüşümüyle depolamada kullanılabilir. Katı-gaz ve sıvı-gaz dönüşümlerinin gizli ısıları yüksek olmasına rağmen, gazların hacim değişimleri çok fazla olduğundan enerji depolama için uygun değildir [52,53].

Gizli ısı depolama yöntemleri için gerekli depo hacmi, duyulur ısıya göre 4-5 kat daha küçüktür. Örneğin suyun gizli ısısının duyulur ısısına oranı 80'dir; bunun anlamı şudur: 1 kg buzun erimesi için gerekli enerji miktarı 1 kg suyun sıcaklığını 1⁰C artırmak için gerekli ısıdan 80 kat daha fazladır. Bu durum depo tasarımında önemli bir avantajdır. Depolama ve enerji dönüşümü için maliyeti de düşürür. Faz değiştiren maddeler (FDM) sabit bir sıcaklık aralığında depolama olanağı sağlar ve erime sıcaklığına bağlı olarak hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilirler[54-60].

Gizli ısı depolama aşağıdaki durumlarda uygulanmaktadır;

- Kısa süreli depolamada
- Yüksek enerji yoğunluğu veya yüksek enerji kapasitesi gerektiğinde,
- Depo hacminin küçük olması gereken yerlerde,

- Sabit veya küçük bir sıcaklık aralığında enerji depolamaya ihtiyaç duyulduğu zamanlarda[61].
- Gizli ısı depolamanın diğer termal enerji depolama tekniklerine göre üstünlükleri şöyledir:
- Termal enerji depolama kapasitesi duyulur ısı depolamaya göre yüksektir, ısı deposu hacmi daha küçüktür.
- FDM olarak kullanılan maddelerin birim kütlelerinin termal enerji depolama kapasiteleri daha yüksektir. Faz değiştirme sıcaklıkları, sabit sıcaklıkta depolama ve geri kazanma için uygundur.

Gizli ısı depolama sistemleri;

- FDM olarak kullanılacak maddenin seçimi
- FDM de depolanan ısıнын uygulama ortamına aktarımı için ısı değiştirici olarak iki aşamadan oluşur[62].

1.8.1. Faz Değiştiren Maddeler (FDM)

FDM belirli miktarda ısıyı alarak faz değiştirir. Maddenin faz değiştirmesine olanak veren ısıya gizli ısı denir. Bunun tersi durumunda, yani gaz fazından sıvıya veya sıvı fazdan katı faza geçtiğinde, ilk alınan ısı, madde saf ise izotermal olarak açığa çıkmaktadır. Maddelerin FDM olarak kullanılabilmesi için, faz değiştirmedeki sabitlik ve maddenin hacminde az bir değişim meydana gelmesi gerekir[63].

Faz değişimi esnasında maddeye verilen veya maddeden alınan ısı enerjisine 'Gizli ısı veya faz değişim ısısı' adı verilir. Katı-sıvı faz dönüşümüyle ısı depolama uygulamaları için birçok organik ve anorganik FDM'ler vardır[53].

FDM lerin en çok kullanım alanları;

- Binaların ısıtma soğutma yükünün azaltılması için çeşitli yapı malzemelerinde,
- Elektronik cihazların aşırı ısınmasının önlenmesinde,
- Tekstil endüstrisinde,
- Gıda nakliyesinde,
- Medikal alanda (kan ve organ nakli), olarak sıralanabilir [64].

Şekil 26’ da da görüldüğü gibi FDM ler farklı uygulama şekilleriyle, farklı alanlarda enerji tasarrufu amacıyla kullanılmaktadırlar.



Şekil 1.26. FdmUygulamaları

Faz değıştiren maddeler, organik ve anorganik olmak üzere iki gruba ayrılırlar ve bu maddeler;

- Parafinler,
- Yağ asitleri,
- Anorganik tuz hidratları
- Ötektik karışımlar şeklinde sınıflandırılırlar[65].

1.8.1.1. Parafinler

Organik FDM sınıfına girerler. Ham petrolden elde edilen, çok sayıda alkandan oluşan doymuş hidrokarbon karışımlardır. Yapıları mumsudur. parafinler arıtma prosesinden sonra kokusuz, tatsız ve toksik olmayan maddelere dönüşürler. Parafinler düz zincirli ve dallanmış zincirli olmak üzere basit bir yapıda bulunurlar. Genellikle düz zincirli alkan karışımlarından oluşan parafinler kristallenmeleri esnasında büyük miktarda gizli ısı yayarlar. Parafinlerde zincir uzunluğu arttıkça erime ve donma sıcaklığı ile erime ısıları da artar. İsveç de ki Royal teknoloji enstitüsünde enerji grubu soğucu depolama ve bölgesel soğutma için parafin karışımları ve bunların ikili karışımlarını geliştirmiştir. Termal enerji depolama uygulamaları için, yüksek ısı depolama kapasitelerinden dolayı ve geniş bir sıcaklık aralığında kullanılabilir olmasından dolayı parafinler en çok kullanılan maddeler arasındadır. Parafinlerin belirli bir erime aralığında erimeleri TED uygulanacak alan içinde önemlidir. Parafinler ucuz, bol ve kimyasal olarak kararlı olduklarından, genel olarak ısı depolama için tercih edilirler. Korozyon ve toksik etkiye sahip değildirler ve ileri düzeyde aşırı soğuma göstermezler, kendi kendilerine çekirdek halini alabilirler[66,67,68].

Parafinlerin FDM olarak kullanılmasındaki en temel sorun termal iletkenliklerinin düşük olmasıdır. Bu yüzden parafinlerin FDM olarak kullanılmasında ısı transferini iyileştirmek için bazı yöntemler geliştirilmektedir[53,66]. Bu yöntemlerden birisi, parafinin yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) gibi bir polimerin ağ yapısı içindeki gözeneklerde grafit ile birlikte tutuklanmasıdır[53]. Parafinin ısı özelliklerini geliştirmek ve kullanım esnekliği sağlanması için mikrokapsülleme de yapılabilmektedir [51].

1.8.1.2. Yağ asitleri

Yağ asitlerinin kimyasal yapıları genelde $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{2n}\text{COOH}$ şeklindedir. Gizli ısıları parafinlerle karşılaştırılabilir düzeyde organik bileşiklerdir. Düşük sıcaklıkta gizli ısı depolama için idealdirler[65].

Hayvansal ve bitkisel yağlar FDM olarak kullanılmaya uygundur. Yemelik ve soya yağları büyük oranda palmitik, stearik, oleik ve linoleik asit içerirler[69]. Yağ asitleri organik ve anorganik FDM lere alternatif olarak kullanılabilirler [70].

1.8.1.3. Tuz hidratları

Anorganik sınıfına girerler. 0-150 °C sıcaklık aralığında kullanılırlar. Termal enerji depolama kapasiteleri yüksektir bu sebeple FDM olarak önemli bir yere sahiptirler. Erime ve donma sonucunda hacim değişimleri azdır ve termal enerji depolama kapasiteleri yüksektir. Isıl iletkenlikleri organik FDM lere göre yüksektir. Örnek olarak $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ verilebilir[66].

Ancak, pratikte faz değiştiren maddelerin bazı özelliklerinden ötürü zorluklar meydana gelir. Bu zorlukları, Farid ve arkadaşlarının 2004 yılında yayınlanan çalışmalarında şöyle açıklanmıştır: Tuz hidratları parafinlere göre daha fazla enerji depolama kapasitesine ve daha yüksek termal iletkenliğe sahiptirler, ancak erime -donma sürecinde aşırı soğuma ve faz ayrışması meydana gelmektedir. Bu yüzden bazı çekirdekleştirici maddelerin ve kalınlaştırıcı ajanların kullanımlarını gerektirmektedir. Bo He ve arkadaşlarının 1999 yılında yaptığı çalışmada da tuz hidratlarının çekirdekleşme problemine dikkat çekilirken, düzgün kristal yapıda erimeme ve korozif olmalarına da dikkat çekmişlerdir [68,71].

1.8.1.4. Ötektik Karışımlar

Ötektik karışımlar organik ve anorganik maddelerle hazırlanabilirler. Elde edilen ötektik karışımlar saf madde gibi sabit bir erime ve donma noktasına sahiptirler. Enerji depolama amacına uygun olarak iki veya daha fazla FDM karıştırılarak ötektik bileşime sahip karışımlar hazırlanabilir. İkili karışımlarda her iki bileşen ile de doygün olan ve en düşük donma sıcaklığına sahip olan bu çözeltiye ötektik sıvı, bu sıvının bileşimine ötektik bileşim ve bileşimi sabit kalarak bu sıvının tümünün donduğu sabit sıcaklığa ötektik sıcaklık denir[53,66,72].

Ötektik bileşimdeki bir karışım saf bir FDM'nin sahip olduğu ısı özelliklerine benzer davranış gösterir. Bundan dolayı ötektik karışımlar termal enerji depolama uygulamaları için uygun görülür[52,63]. Tablo 9 da Organik ve anorganik FDM'lerin avantaj ve dezavantajları kısaca gösterilmiştir.

Tablo 1.9. Organik Ve Anorganik FDM Lerin Avantaj ve Dezavantajları

Organikler	Anorganikler
<i>Avantajlar</i> Korozyon değildirler, Düşük veya hiç aşırı soğuma göstermezler, Kimyasal ve termal olarak kararlıdır.	<i>Avantajlar</i> Daha büyük faz değiştirme entalpisine sahiptirler.
<i>Dezavantajlar</i> Daha düşük faz değiştirme entalpisine sahiptirler, Düşük termal iletkenliğine sahiptirler, Yanıcıdır.	<i>Dezavantajlar</i> Aşırı soğuma gösterirler, Korozyondur, Faz ayrışması meydana getirirler.

1.8.2. Faz Değiştiren Madde Seçiminde Dikkat Edilmesi Gerekenler

Faz değiştiren maddelerin depolamada kullanılabilir olması için erime noktası, toksik etkiler, kimyasal kararlılık, korozyon etkisi, yanıcılık, aşırı soğuma ve maliyete ilişkin özelliklerin uygun olması gerekmektedir.

1.8.2.1.Faz Değişim Sıcaklığı

Faz değiştiren maddenin depolama yapacağı sistem sıcaklığı ile maddenin erime sıcaklığı birbiri ile aynı veya yakın olmalıdır. Isıtma veya soğutma uygulamalarının çoğu için ısı depolama yapılabilir. Bu uygulamaların FDM seçiminde esas olan faz dönüşüm sıcaklığı ile sistem sıcaklığının karşılaştırılmasıdır[52,53]. Uygulama sıcaklığına yakın erime noktasına sahip FDM ler literatürden veya ticari firmalardan sağlanabilir.

1.8.2.2.Faz Değişim Isısı

Faz değiştiren maddelerde aranan en önemli özellik yüksek faz dönüşüm ısısına sahip olmalarıdır. Tuz hidratları diğer faz değiştiren maddelere göre daha fazla faz değişim ısısına sahiptir. Erime ve donma esnasında meydana gelebilecek faz ayrımı veya aşırı soğuma gibi dezavantajlardan dolayı düşük erime ısısına sahip fakat düzenli eriyen bir madde de tercih edilebilir[52].

1.8.2.3.Faz Ayrımı ve Aşırı Soğuma

Faz değiştiren maddenin erime anında düzgün erimesi gerekir. Maddenin inkongruent erimesi durumunda, katı ve sıvı olarak iki faz oluşumu göstererek, farklı kristal yapıda çökme olur. Böylece madde farklı bir yapı ve sıcaklıkta donar. Bu olay da depolamada istenmeyen bir durumdur. Ayrıca madde donarken düzensiz kristalleşerek donma noktasından düşük bir sıcaklıkta donmaya başlarsa aşırı soğuma olur. Bu nedenle depolama yapılacak sıcaklık değişir. Aşırı soğuma sorununu giderebilmek için FDM ile benzer kristal örgüye sahip çekirdekletiriciler kullanılabilir[66].

1.8.2.4.FDM nin Kimyasal Özellikleri

FDM nin kimyasal yapısı kararlı olmalıdır. Tekrar tekrar kullanılacağı için kimyasal yapısı bozulmamalıdır. Kimyasal yapıda ki bozulmalar termal kararlılık deneyleri sonunda, FTIR analizleri ile değerlendirilir. FDM korozyon etki göstermemelidir. Yanıcı, zehirli veya patlayıcı özellikte olmamalıdır. Isı depolama sistemlerinde kullanılacağı için FDM'nin ısı iletkenliği yüksek olmalıdır [66,74].

1.8.2.5.FDM nin Ekonomik Özellikleri

Geliştirilecek FDM ler çok farklı uygulamalarda ve ticarileştirilmiş ürünlerde kullanılacağı için pahalı bir ürün olmamalıdır. Ayrıca bol miktarda bulunmalıdır[75].

Ülkemizde kullanılan güneş kolektörlerinin çoğunluğu açık veya eşanjörlü kapalı su ısıtma sistemleridir. Açık sistemli güneş kolektörleri özellikle kış aylarında donabilmektedirler. Ayrıca suyun kullanılması nedeniyle korozyon oluşmakta ve

kollektörün verimi düşmektedir. Kapalı sistemlerde ise eşanjörden dolayı verim azalmaktadır.

Yapılacak olan bu çalışmada ısı deposu ilaveli bir kollektör sistemi imal edilerek, güneş enerjisinin toplanıp ihtiyaç için kullanılması ve depolanması eş zamanlı olarak ve aynı ünite içerisinde yapılacak, netice olarak bu güneş kollektörünün ısı performansını tespit edilecektir.

2. MATERYAL VE METOD

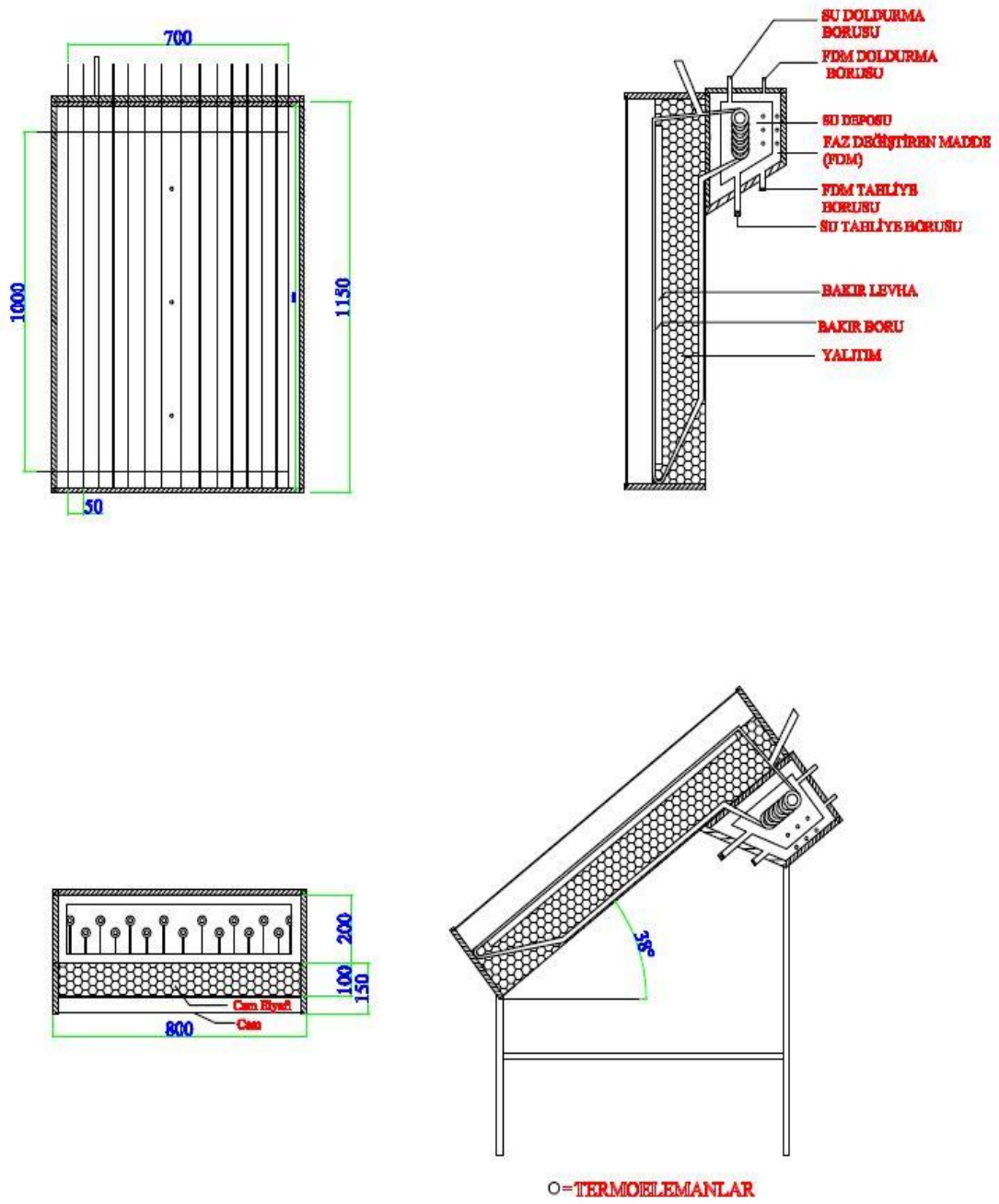
2.1. Isı Depolamalı İki Fazlı Termosifon Güneş Kollektörü ve Deneysel Çalışma

Su ısıtma için kullanılan klasik termosifon ya da pompalı güneş enerjili su ısıtıcılarında, güneş kollektörünün emici plakasına kaynak edilmiş borular vardır ve bu boruların içerisinde de ısıtılacak su ya da antifrizli su dolaşmaktadır. Pompalı sistemlerin ekstra elektrik enerjisi tüketimi, termosifonlu sistemlerin fazla yer işgal etmesi, gece soğuyan sudan dolayı suyun ters yönde sirkülasyonu, soğuk havalarda suyun donması ve güneş kollektörü borularında dolaşan akışkanın su olmasından dolayı oluşan paslanmanın ısı transferini azaltması gibi dezavantajlar, günümüzde iki fazlı ısı borulu termosifon güneş kollektörleri ile giderilmeye veya azaltılmaya çalışılmaktadır. Ayrıca güneş ışıınımı değerinin yüksek olduğu gündüz saatlerinde fazla ısı enerjisinden bulutlu zamanlarda ve geceleyin suyu ısıtmada yararlanmak amacıyla sıcak su depolarında ısı depolayıcı faz değiştiren maddeler (FDM) kullanılmaktadır. Bu amaçla su ısıtma için imal edilen FDM'li iki fazlı ısı borulu termosifon güneş kollektörünün fotoğrafı ve şematik görünüşü sırasıyla Şekil 2.1.1 ve Şekil 2.1.2'de görülmektedir. FDM' ler ile gizli ısı şeklinde büyük miktarda ısı enerjisi depolanabilmekte ve daha sonra depolanan bu enerji ısı transfer akışkanına (ITA) salıverilmektedir. Sistemde evaporatör görevini üstlenecek güneş kollektörü kısmında kollektör boruları içerisindeki iki fazlı çalışma akışkanı güneş enerjisi ile buharlaşacak, daha sonra termosifon etkisi ile üst taraftaki kondenser gibi görev yapacak olan ısı değiştiricisi ünitesinde ısısının bir kısmını ısıtılacak suya bir kısmını ise FDM'ye aktaracaktır. Isısını terk ederek yoğunlaşacak olan çalışma akışkanı yerçekimi etkisi ile yine güneş kollektörüne (evaporatöre) dönecektir. Böylece bulutlu (kapalı) havalarda ve geceleri de FDM'de depolanan ısı enerjisi ile kullanım suyu ısıtılacaktır.

Test ünitelerinde FDM ve kullanım suyunun sıcaklıkları, güneş kollektöründe yutucu plaka sıcaklığı ilgili noktalara belirli aralıklarla yerleştirilen Cu-Co (bakır-konstant) ısı çiftler (termo elemanlar) yardımıyla tespit edilmiştir. Belirli zaman aralıklarıyla ölçülen sıcaklıklar bu termo elemanların diğer uçlarının bağlandığı bir veri kaydedici (datalogger) cihazında kaydedilmiştir. Güneş ışıınımı değerleri ise bir solarimetre cihazı ile deney yapılan her gün için belirli zaman aralıklarıyla ölçülmüştür. Isı depolamalı ve iki fazlı bu yeni güneş enerjili su ısıtıcısının ısı performansını böylece belirlenmektedir.



Şekil 2.1. Güneş kollektörü sisteminin fotoğrafı.



Şekil 2.2.Güneş kollektörü sisteminin şematik görünüşü.

İki fazlı çalışma akışkanı olarak etil alkol ve FDM olarak da Kalsiyum Klorür Hekzahidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kullanılan bu ısı borulu güneş enerjili su ısıtıcısının ısı performansını aynı çalışma şartları (güneş ışınımı, çevre hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, kollektör malzemesi, kollektör boyutları) altında belirlemek için, yutucu plakası 15 adet fitilsiz ısı borusu içeren bir güneş kollektörü sistemi imal edilmiştir. Kollektörün güneş ışınımını alan ve evaporatör görevi üstlenen yutucu plakası 0.8 mm kalınlığında, 1000 mm uzunluğunda ve 800 mm genişliğinde bakır plakadan yapıldı ve siyah mat boya ile boyandı. Isı boruları yutucu plaka üzerine 50 mm eşit aralıklarla gümüş kaynağı lehimini ile tutturulmuştur. İki fazlı akışkanın buharlaşması ile oluşan buharın evaporatör kısmında yoğunlaşması için yutucu plakanın uzunluğu 1000 mm'den fazla seçilmedi. Evaporatör kısmında termosifon ısı boruları olarak 1050 mm uzunluğunda ve 6.32 mm (1/4 inç) dış çapında bakır borular kullanıldı. Kollektör kasası 1150x800x150 mm ebatlarında galvanizli çelik sacdan yapıldı. Yutucu plakanın arka tarafı 100 mm kalınlığında camyünü ile izole edildi ve plakanın üst tarafı ise 4 mm kalınlığında cam ile örtüldü. Kollektörün üst tarafında ısı borularının ısı transfer yüzeyini artırmak için kangal şeklinde bükülmüş olduğu su deposu ünitesi ise, iki fazlı akışkanın evaporatör kısmında buharlaşarak aldığı ısıyı yoğunlaşarak suya ve FDM'ye bıraktığı bir ünite olarak sistemin kondenser görevini görmektedir. Bu ünite içerisinde kangal şeklinde bükülmüş ısı boruları içerisindeki etil alkol buharı ısınıp yoğunlaşarak önce suya daha sonra da suyun dışındaki ceketle bulunan FDM'ye vermektedir. FDM ısı depolarken erimekte ve geceleyin ya da bulutlu saatlerde ise depoladığı bu ısıyı tekrar katılaşmaya başlayarak daha soğuk olan depodaki suya vermektedir.

EtilAlkol'ün fiziksel özellikleri:

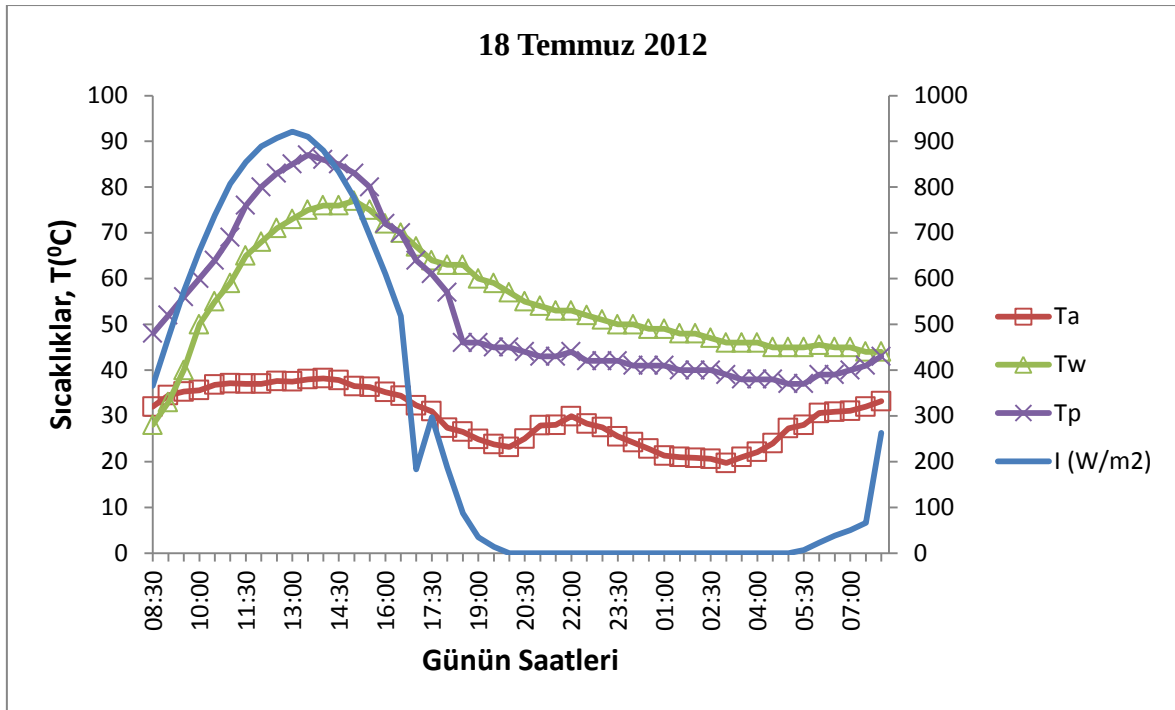
Erime Noktası:	-117.3 °C
Kaynama Noktası:	78.5 °C
Yoğunluğu:	0.79 gr/cm ³

Kalsiyum klorür hekzahidrat'ın ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) fiziksel özellikleri:

Erime Noktası:	30 °C
Erime gizli ısısı	187.5 kJ/kg
Yoğunluğu:	1.71 gr/cm ³

3.BULGULAR, SONUÇLAR VE TARTIŞMA

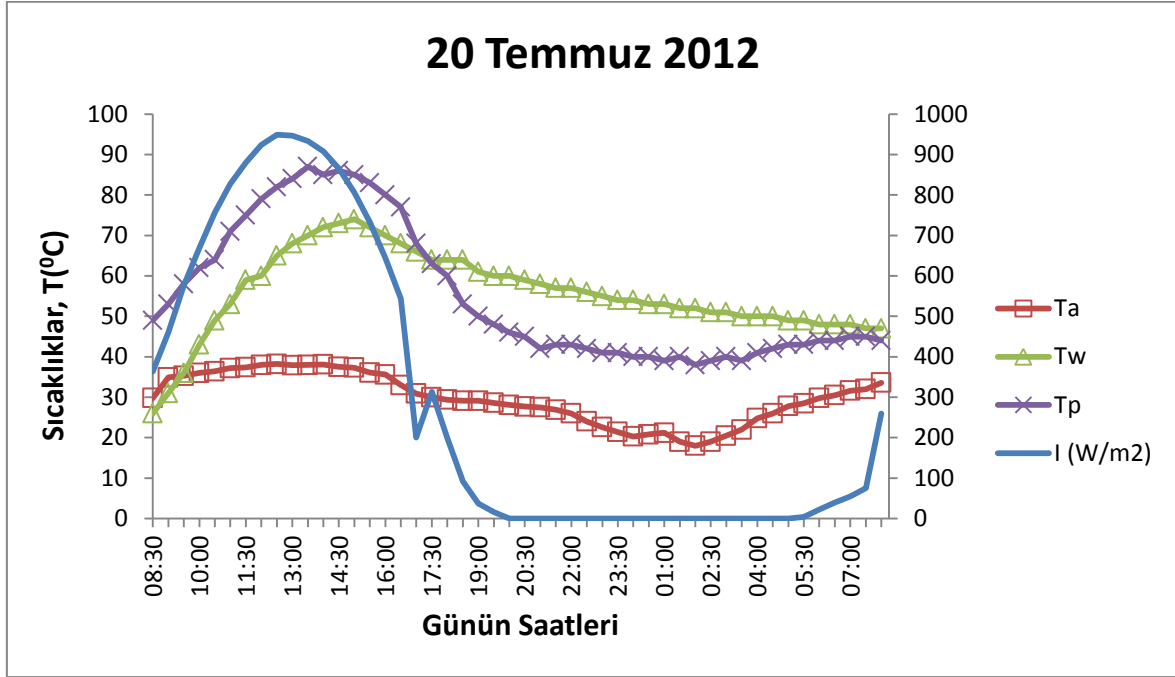
Şekil 3.1.'de 18 Temmuz 2012'de FDM'siz güneş kollektörü sisteminde dış hava, depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının sıcaklıkları ile güneş ışınımının zamanla değişimi gösterilmiştir. Ortalama dış hava sıcaklığının 29.8°C ve ortalama güneş ışınımı şiddeti değerinin 520 W/m^2 olduğu bu günde, güneş ışınımı şiddeti, yutucu plaka ve depo suyu sıcaklık değerleri öğle saatlerinde maksimum olmakta ve daha sonra sabah saatlerine kadar yutucu plaka sıcaklığı depo suyu sıcaklık değerinin altında seyretmektedir.



Şekil 3.1. 18 Temmuz 2012'de deposu FDM'siz güneş kollektörü sisteminde dış hava, depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının sıcaklıkları ile güneş ışınımının zamanla değişimi.

Şekil 3.2'de 20 Temmuz 2012'de FDM'li güneş kollektörü sisteminde dış hava, depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının sıcaklıkları ile güneş ışınımının zamanla değişimi gösterilmiştir. Ortalama dış hava sıcaklığının 29.8°C ve ortalama güneş ışınımı şiddeti değerinin 521 W/m^2 olduğu bu günde, güneş ışınımı şiddeti, yutucu plaka ve depo suyu sıcaklık değerleri öğle saatlerinde maksimum olmakta ve daha sonra güneş ışınımının azaldığı akşam saatlerinden itibaren sabah saatlerine kadar depo suyu sıcaklığı yutucu plaka sıcaklık değerinin üstünde seyretmektedir. Ortalama dış hava sıcaklık değeri ile

ortalama güneş ışınlı şiddeti hemen hemen aynı olan 18 ve 20 Temmuz günlerinde FDM'siz ve FDM'li çalışma şartlarında elde edilen deneysel sonuçlar Şekil 3.4'de karşılaştırılmıştır.



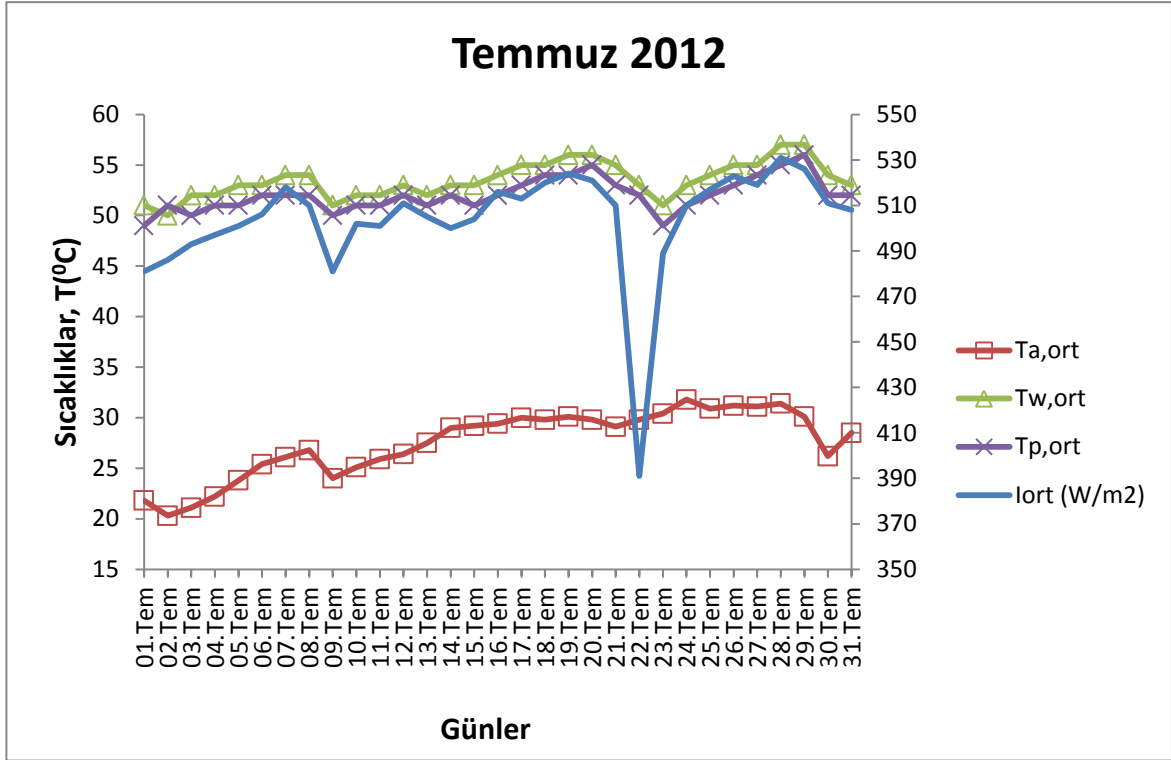
Şekil 3.2. 20 Temmuz 2012'de deposu FDM'li güneş kollektörü sisteminde dış hava, depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının sıcaklıkları ile güneş ışınlı şiddetinin zamanla değişimi.

Şekil 3.3'de Temmuz 2012'de FDM'siz ve FDM'li güneş kollektörü sisteminde günlük ortalama dış hava, ortalama depo suyu ve güneş kollektörü yutucu plakasının günlük ortalama sıcaklıkları ile günlük ortalama güneş ışınlı şiddetinin değişimi verilmektedir. Bütün günler için ortalama depo suyu sıcaklığı ortalama yutucu plaka sıcaklık değerinin üstünde seyretmektedir.

Söz konusu bu iki değer ortalama dış hava sıcaklık değeri arttıkça yükselmekte, ayrıca güneş ışınlı şiddeti değeri düştükçe da azalmaktadır.

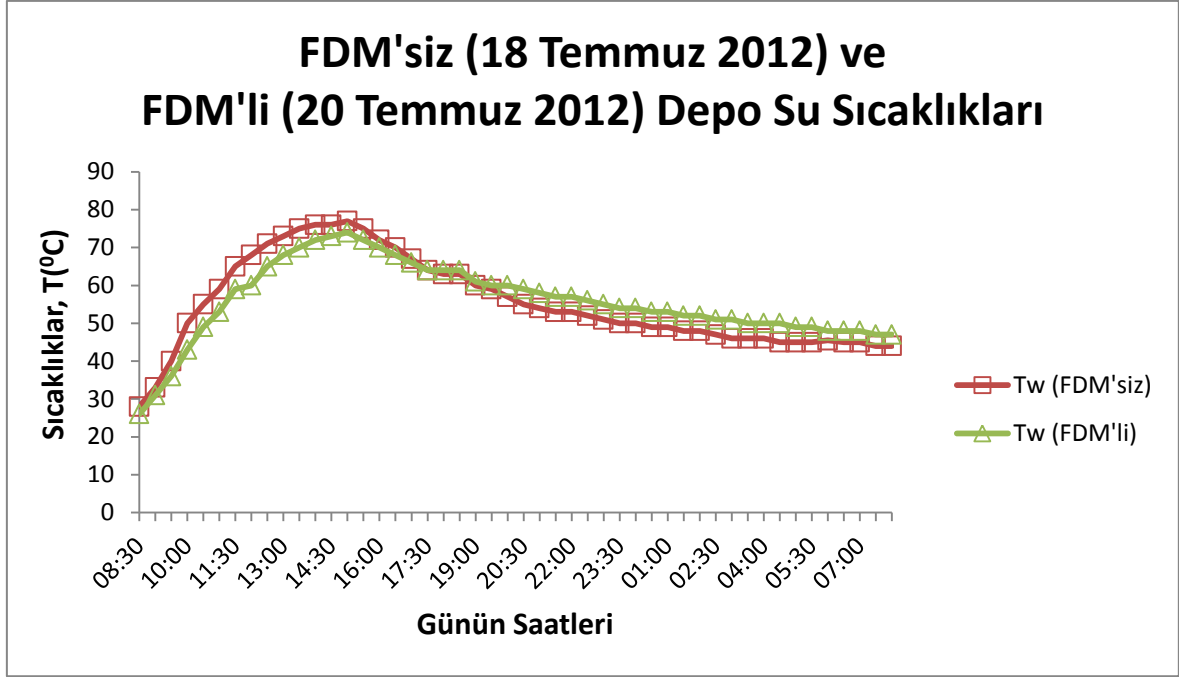
Şekil 3.4'de ise ortalama dış hava sıcaklık değeri ile ortalama güneş ışınlı şiddeti hemen hemen aynı olan 18 ve 20 Temmuz günlerinde sırasıyla FDM'siz ve FDM'li çalışma şartlarında ölçülen depo suyu sıcaklık değerleri karşılaştırılmaktadır. Şekilden açıkça görüldüğü gibi akşam saatlerine kadar FDM'siz depo su sıcaklığı FDM'li depo suyu sıcaklığına göre daha yüksek seyretmekte, akşam saatlerinden sabah saatlerine kadar ise FDM'li depo suyu sıcaklığı FDM'siz depo su sıcaklığından daha yüksek seyretmekte ve aradaki fark 5 °C'ye kadar ulaşabilmektedir. Bu fark FDM ile depolanan ısınn depo

suyuna akşam saatlerinden itibaren aktarılması ile elde edilmekte ve böylece depo suyu sıcaklığı daha yüksek tutulabilmektedir. Dolayısı ile gündüz FDM vasıtasıyla depolanan güneş enerjisi sayesinde, depo suyu akşam saatlerinden itibaren sabaha kadar daha sıcak tutulabilmektedir.



Şekil 3.3. Temmuz 2012’de FDM’siz ve FDM’li güneş kolektörü sisteminde günlük ortalama dış hava, ortalama depo suyu ve güneş kolektörü yutucu plakasının günlük ortalama sıcaklıkları ile günlük ortalama güneş ışınımının değişimi.

Yukarıdaki bulgulardan da görüldüğü gibi günümüzde özellikle diğer ülkelere göre ülkemizdeki enerjinin daha pahalı ve çoğunluğunun dışarıdan döviz ödenerek alındığı düşünülürse, bu FDM’li güneş enerjili su ısıtıcılarının ülkemiz açısından ne denli faydalı olacağı anlaşılr.



Şekil 3.4. 18 ve 20 Temmuz 2012’de FDM’siz ve FDM’li depo suyu sıcaklığının zamanla değişimi.

4. ÖNERİLER

Çevre kirliliği ile ilgili problemler arttıkça dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme hızlanmıştır ve bu yenilenebilir kaynaklarla ilgili projeler de daha çok destek görmeye başlamıştır. Özellikle son yıllarda tüm dünyada, güneş enerjisinden faydalanmanın birçok yöntemi bulunmuş ve bu yöntemler her geçen gün daha da geliştirilmiştir. Özellikle güneş ışınlarını yoğun şekilde alan dünya ülkeleri, bu temiz enerji kaynağından faydalanarak enerji ihtiyaçlarından bir bölümünü gidermektedir. Ancak güneş enerjisinden, sadece güneş ışınımının geldiği zamanlarda faydalanabilmektedir. Yani geceleri ve gündüz bulutlu anlarda bu enerji kaynağı kullanılamamaktadır. Bu nedenle güneş enerjisinden sürekli yararlanabilmek için bu enerjinin ısı enerjisi şeklinde depolandığı çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Bu çerçevede, güneş enerjili su ısıtıcılarında faz değiştiren madde kullanımı ile güneş enerjisinin arz ve talep zamanları arasındaki uyumsuzluğu gidermenin sağlanması tekniği üzerine çalışmalar çok yeni olup, az sayıda ve henüz araştırma safhasındadır. Su ısıtması için gerekli olan güneş enerjili kollektör sistemleri için mevcut olan bilgi ve ilgi eksikliğini ortadan kaldırmak için yapılacak çalışmalarla insanlar aydınlatılmaya çalışılacak ve yol gösterici olunacaktır. Ülkemizde yeni ve daha verimli güneş enerjili kollektör sistemleri son yıllarda yaygınlaşmaya devam etmektedir. Bu çalışmada ısı deposu ilaveli bir kollektör sistemi imal edilerek, güneş enerjisinin toplanıp ihtiyaç için kullanılması ve depolanması eş zamanlı olarak ve aynı ünite içerisinde yapılmış, netice olarak bu güneş kollektörünün ısı performansını deneysel olarak araştırılmıştır.

Bu konuda yapılacak ileriki çalışmalarda FDM ile gizli ısı depolamalı tip güneş enerjili kollektör sistemlerinin teorik olarak modellenmesi deneysel çalışmalar için faydalı olacaktır.

Ayrıca FDM ile gizli ısı depolamalı tip güneş enerjili kollektör sistemleri için daha farklı faz değiştiren maddeler, iki fazlı çalışma akışkanları ve farklı tasarımlar araştırılabilir ve kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Alp, I.**, 2011. *Ezgesem Teknik Eğitim Yayınları No: 2011-1, Eziç.*
- [2] **Akyurt, M.**, 1984. Development of heat pipes for solar water heaters. *Solar Energy* 32 (5), 625-631.
- [3] **Bansal, N. K., Buddhi, D.**, “Performance Equations of a Collector Cum Storage System Using Phase Change Materials”, *Solar Energy* , Vol. 48, pp. 185-194, 1992.
- [4] **Bottum, E.W.**, 1981. Refrigerant charged phase change solar water and space heating systems. *ASHREA Transactions* 87 (Pt 2), 397-404
- [5] **Bourdeau, L. E.**, “Study of Two Passive Solar Systems Containing Phase-change Material for Thermal Storage”, *Proceedings of the 5th National Passive Conference*, 1980
- [6] **Buddhi, D., Kishore, J. K., and Bansla, N. K.**, “An Experimental Study of a Solar Collector Cum Storage System with Phase Change Material”, *NSEC-87*, pp. 51-58, 1987
- [7] www.gunesenerjisisistemleri.com
- [8] **Sarıkaya S.**, 2011, *Güneş Enerjisi Sektörel Analiz Raporu*
- [9] *Renewables Global Status Report 2009*, ISES, International Solar Energy Society, www.ises.org
- [10] **Altıntop N.**, 2002, *Güneşli sıcak su üretim sistemlerinin tasarım ve uygulamasında bazı pratik bilgiler, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü*
- [11] **Kalogirou, S.**, 2003. *The potential of solar industrial process heat applications. Appl Energy*; 76:337-61.
- [12] **ASHRAE**, 1995, *Handbook of HVAC Applications*, Atlanta.
- [13] **Spate, F., Hafner, B., Schwarzer, K.**, 1999, *A system for solar process heat for decentralised applications in developing countries. Proceeding of ISES Solar World Congress, Jerusalem, Israel on CD-ROM.*
- [14] **Schwiger, H.**, 1997, *Optimisation of solar thermal absorber elements with transparent insulation, Spain.*
- [15] **Chun, W., Kang, Y.H., Kwak, H.Y., Lee, Y.S.**, 1999. *An experimental study of the utilization of heat pipes for solar water heaters. Applied Thermal Engineering* 19, 807-817.

- [16] **Fanney, A.H., Terlizzi, C.P.**, 1985. Testing of refrigerant-charged solar domestic hot water systems. *Solar Energy* 35 (4), 353-366.
- [17] **Ghaddar, N., Nasr, Y.**, 1998. Experimental study of a refrigerant charged solar collector. *International Journal of Energy Research* 22, 625-638.
- [18] **Ghoneim, A. A., Klein, S. A., and Duffie, J. A.**, “Analysis of Collector-Storage Building Walls Using Phase-Change Materials”, *Solar Energy*, Vol. 47, pp. 237-242, 1991
- [19] **Hale, D. V., Hoover, M. J., O’neill, M. J.**, “Phase Change Materials Hand Book”, Marshal Space Flight Center, Huntsville, 1971.
- [20] **Hale, N. W., Viskanta, R.**, “Solid Liquid Phase Change Heat Transfer and Interface Motion in Materials Cooled or Heated from Above or Below”, *Int. J. Heat Mass Trans.*, Vol. 23, pp. 283-292, 1980
- [21] **Hamdan, M. A., Elwerr, F. A.**, “Thermal Energy Storage Using A Phase Change Material”, *Solar Energy*, Vol. 56, pp. 183-189, 1996
- [22] **Benz, N., Haster, W., Hetfleish, J., Tratzky, S., Klein, B.**, 1998, Flat-Plate solar collector with glass TI. *Proceeding of Eurosun’98 Conference on CD-ROM*, Portoroz, Slovenia.
- [23] **Y., Souliotis, M., Nousia, Th.**, 2000, Tripanagnostopoulos, Solar collector with colored absorbers. *Solar Energy*; 68:343-56.
- [24] **Orel, ZC., Gunde, MK., Hutchins, MG.**, 2002, Spectrally selective solar absorbers in different non-black colours. *Proceedings of WREC VII, Cologne on CD-ROOM*.
- [25] **Winston, R.**, 1974, Solar concentrators of novel design. *Solar Energy*; 16:89-95.
- [26] **Mills, DR., Giutronich, JE.**, 1978, Asymmetrical non-imaging cylindrical solar concentrators. *Solar Energy*; 20:45-55.
- [27] **Ronnelid, M., Perers, B., Karlsson, B.**, 1996, Construction and testing of a large-area CPC-collector and comparison with a flat plate collector. *Solar Energy*; 57(3):177-84.
- [28] **Kalogirou, S., Eleftheriou, P., Lloyd, S., Ward, J.**, 1994, Desing and performance characteristics of a parabolic-trough solar collector system. *Appl Energy*; 47:341-54.
- [29] **Hammad, M.**, 1995. Experimental study of the performance of a solar collector cooled by heat pipes. *Energy Conversion and Management* 36 (3), 197-203.

- [30] Hussein, H.M.S., Mohamad, M.A., El-Asfour, A.S., 1999a. Transient investigation of a thermosyphon flat-plate solar collector. *Applied Thermal Engineering* 19, 789-800.
- [31] Hussein, H.M.S., Mohamad, M.A., El-Asfour, A.S., 1999b. Optimization of a wickless heat pipe flat plate solar collector. *Energy Conversion and Management* 40, 1949-1961.
- [32] Hussein, H.M.S., Mohamad, M.A., El-Asfour, A.S., 2001. Theoretical analysis of laminar-film condensation heat transfer inside inclined wickless heat pipes flat-plate solar collector. *Renewable Energy* 23, 525-535.
- [33] Hussein, H.M.S., 2002. Transient investigation of a two phase closed thermosyphon flat plate solar water heater. *Energy Conversion and Management* 43, 2479-2492.
- [34] Garg, H.P., Hrishikesh, D.S., 1998, *Enhancement of solar energy on flat-plate collector by plane booster mirrors. Solar Energy*;40(4):295-307.
- [35] Seitel, S.C., 1975, *Collector performance enhancement with flat reflectors. Solar Energy*;17:291-5.
- [36] Perers, B., Karlsson, B., Bergkvist, M., 1994, *Intensity distribution in the collector plane from structured booster reflectors with rolling grooves and corrugations. Solar Energy*;53(2):215-26.
- [37] Kalogirou, S., 1991, *Solar energy utilisation using parabolic trough collectors in Cyprus.*
- [38] Kearney, D.W., Price, H.W., 1992, *Solar thermal plants-LUZ concept. Proceedings of the Second Renewable Energy Congress, Reading UK, vol.2.;p.582-8.*
- [39] Grasse, W., 1995, *Solar PACES Annual Report, DLR Germany.*
- [40] Dudley, V., 1995, *SANDIA Report test result for industrial solar technology parabolic trough solar collector. SAND94-1117, Albuquerque, USA: Sandia National Laboratory.*
- [41] Francia, G., 1968, *Pilot plants of solar steam generation systems. Solar Energy*;12:51-64.
- [42] Joudi, K.A., Al-Tabbakh, A.A., 1999. Computer simulation of a two phase thermosyphon solar domestic hot water heating system. *Energy Conversion and Management* 40, 775-793.
- [43] Klein, S. A., "Calculation of Collector Loss Coefficients", *Solar Energy, Vol. 17, 1975*

- [44]Korin, E., Pasternak, D., Rappaport, E., Roy, A., Wolf, D., “A Novel Passive Solar Greenhouse Based on Phase-change Materials”, *Int. J. Solar Energy*, Vol. 5, pp. 201-212, 1987.
- [45]Mathioulakis, E., Belessiotis, V., 2002. A new heat-pipe type solar domestic hot water system. *Solar Energy* 72 (1), 13-20.
- [46]Mills, A.F., 1999. *Heat Transfer*. Prentice Hall: New Jersey.
- [47]Payakaruk, T., Terdtoon, P., Ritthidech, S., 2000. Correlations to predict heat transfer characteristics of an inclined closed two-phase thermosyphon at normal operating conditions. *Applied Thermal Engineering* 20, 781-790.
- [48]Pluta, Z., Pomierny, W., 1995. The theoretical and experimental investigation of the phase-change solar thermosyphon. *Renewable Energy* 6 (3), 317-321
- [49] Mills, DR., 2001, *Solar thermal electricity*. In Germany:ISES;p.577-651.
- [50] Feuerman, D., Gordon, JM., 1991, *Analysis of a two-stage linear Frensel reflector solar concentrator*. *ASME J Solar Energy Engng*;113:272-9.
- [51] Özönur (Konuklu) Y., 2004, *Düşük sıcaklıkta termal enerji depolamasına uygun faz değiştiren maddelerin mikrokapsüllenmesi*, Yüksek lisans tezi, Ç.Ü. Fen Bil. Ens., Adana
- [52] Lane G. A., 1983, *Solar energy latent heat material* , Volume I, CRC Pres Inc.
- [53] Sarı A., 2000, *Bazı yağ asitleri ve ötektik karışımlarının enerji depolayıcı madde*
- [54]Radhwan, A.M., Zaki, G.M., Jamil, A., 1990. Refrigerant-charged integrated solar water heater. *International Journal of Energy Research* 14, 421-432.
- [55]Schreyer, J.M., 1981. Residential application of refrigerant charged solar collectors. *Solar Energy* 26, 307-312.
- [56]Soin, R.S., Sangameswar Rao K., Rao, D.P., Rao, K.S., 1979. Performance of flat plate solar collector with fluid undergoing phase change. *Solar Energy* 23, 69-73.
- [57]Soin, R.S., Raghuraman, S., Murali, V., 1987. Two-phase water heater model and long-term performance. *Solar Energy* 38 (2), 105-112.
- [58]Sokolov, M., Keizman, Y., “Performance Indicators For Solar Pipes with Phase Change Storage”, *Solar Energy*, Vol. 47, pp. 339-346, 1991.
- [59] Suva Refrigerants, 2004. www.dupont.com/suva/na/usa/literature/
- [60] Feldman D., Shapiro M. M. , Banu D., 1986, *Conversion & management*, 45 pp. 1597-1615 *Organic phase change materials*

- [61] **Abhat A.**, 1983, *Low temperature latent heat thermal energy storage materials*, *Solar Energy* 30, 313-332 **AZZOUZ K., LEDUCQ D., GOBİN D.**, 2007. *Performance Enhancement of a*
- [62] **Öztürk H.**, 1997, *Adana Fen Bilimleri Enstitüsü, Sera ısıtma için güneş enerjisinin faz değiştiren maddelerde*
- [63] **Büyükbiçakcı E.**, 2006, *Busineness forum, Yverdon-les-Bains, Switzerland Faz değiştirici maddelerin transformatörlerin soğutulmasında kullanılması*
- [64] **Özonur (Konuklu) Y.**, 2004, *Düşük sıcaklıkta termal enerji depolamasına uygun faz değiştiren maddelerin mikrokapsüllenmesi, Yüksek lisans tezi, Ç.Ü. Fen Bil. Ens., Adana*
- [65] **Abhat A.**, 1983, *Low temperature latent heat thermal energy storage materials*, *Solar Energy* 30, 313-332 **AZZOUZ K., LEDUCQ D., GOBİN D.**, 2007. *Performance Enhancement of a*
- [66] **Mazman M.**, 2006, *Ambient Energy I*, 155-168. *Gizli ısı depolaması ve uygulamaları, Doktora tezi, Ç.Ü. Fen Bil. Ens., Adana*
- [67] **Gök Ö.**, 2005, *Faz değiştiren maddelerin destekleyici maddelerde tutuklanması vetermal performansı, Yüksek lisans tezi, Ç.Ü. Fen Bil. Ens., Adana*
- [68] **He B., Gustaffson M.E., Setterwall, F.**, 1999. *Conversation & Management, 1709-1723 Tetradecane and Hexadecane Binary Mixtures as Phase Change Materials (PCMs) for Cool Storage District Cooling Systems, Energy*, 24, 1015-1028.
- [69] **Cedeno F.O., Prieto M.M., Espina A., Garcia J.R.**, 2001, *Measurement of Temperature and melting heat of some pure fatty acids and their binary and ternary mixtures by differential scanning calorimeter, Thermochimica* 369, 39-50
- [70] **Suppes G. J., Goff M.J., Lopes S.**, 2003, *Latent heat characteristic of fatty acid derivatives pursuant phase change material applications, Chemical Engineering Science*, V. 58, 1751-1763
- [71] **Farid M. M., Khudhair A. M., Razack S. A. K., Al-Hallaj S.**, 2004, *A review on phase change energy storage materials and applications, Energy*
- [72] **Sarıkaya Y.**, 2000, *Fizikokimya, Gazi kitabevi*

- [73] **Hasnam S.M.**,1998, *Review on sustainable thermal energy storage technologies, Part I: Heat storage materials and techniques*, *Energy Conversion & Management* 39, 1127-1138.
- [74] **Zalba B.,Marin J. M., Cabeza L.F., Mehling H.**, 2003, *Review on thermal energy storage with phase change materials, heat transfer analysis and applications*,*Applied Thermal Engineering*,23,pp. 251-283
- [75] **Dinçer İ, Rosen M.A.**,2002, *Thermal energy storage, Systems and applications*,John Wiley & Sons. Chicheser (England)

ÖZGEÇMİŞ

Nida ÖZÇELİK 03.10.1985 tarihinde Elazığ ilinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ da tamamladı. 2004 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümünden 2008 yılında mezun oldu ve 2009 yılında Fırat Üniversitesi'nde halen devam etmekte olan Lisansüstü eğitimine başladı.