

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNDE
DÜZ TOPLAYICI VERİM FAKTÖRÜNÜN
SİMÜLASYONLA İNCELENMESİ

AHMET TUĞRAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

MALATYA
Şubat 2010

Tezin Başlığı : Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinde Düz Toplayıcı Verim
Faktörünün Simülasyonla İncelenmesi

Tezi Hazırlayan : Ahmet TUĞRAL

Sınav Tarihi : 01.02.2010

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Makina Mühendisliği Anabilim
Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi Üyeleri

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Suat CANBAZOĞLU
(Makina Mühendisliği)

Danışman : Yrd. Doç.Dr. Abdulmutalip ŞAHİNASLAN
(Makina Mühendisliği)

Üye : Yrd. Doç.Dr. İshak Gökhan AKSOY
(Makina Mühendisliği)

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Asım KÜNKÜL
Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinde Düz Toplayıcı Verim Faktörünün Simülasyonla İncelenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ahmet TUĞRAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNDE DÜZ TOPLAYICI VERİM FAKTÖRÜNÜN SİMÜLASYONLA İNCELENMESİ

Ahmet TUĞRAL

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği
Anabilim Dalı

32 + vii sayfa

2010

Danışman: Yrd. Doç.Dr. A.Mutalip ŞAHİNASLAN

Kaynakların sınırlı ve sanayileşmenin çok hızlı olduğu dünyada artan enerji talebi ve bununla birlikte ucuz ve yenilenebilir enerji kaynağı arayışı ülkelerin uzun zamanını almaktadır. En ucuz yenilenebilir enerji kaynağı arayışı akla ilk olarak güneş enerjisini getirmektedir. Güneş enerjisi doğal ve yenilenebilir bir kaynaktır. Bundan faydalanmak belki de en basit çözümdür. Güneş'in sağladığı enerji miktarı dünya yüzeyi toplamı düşünüldüğünde büyüktür. Ancak sınırlı bir alanda bundan yeteri kadar faydalanmak zordur.

Bu tez güneş enerjisinin yaygın şekilde kullanıldığı su ısıtma sistemlerini ele almaktadır. Güneş enerjisiyle çalışan düz toplayıcıların yapısı formülize edilerek bilgisayar ortamında simülasyonu yapılmış ve elde edilen verilerle sistemin verim faktöründe hangi parametrelerin daha önemli olduğunun tespiti amaçlanmıştır.

Parametrelerden 5'i örnek olarak alınmış ve bu parametreler içinden plakanın yayma oranının verim faktörü üzerindeki olumlu etkisinin diğer 4 parametreye göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Düz Toplayıcılar, Güneş Kolektörleri, Düz Toplayıcı Verim Faktörü, Yenilenebilir Enerji Kaynakları.

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSING FLAT COLLECTOR EFFICIENCY FACTOR IN SOLAR WATER HEATING SYSTEMS BY SIMULATION

Ahmet TUĞRAL

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

32 + vii pages

2010

Supervisor: Assist. Prof. Dr. A.Mutalip ŞAHİNASLAN

In today's world where sources are limited and industrialization is quite fast, increasing energy demand and because of this, searching of cheap and renewable energy sources takes a long time of countries. Searching of the cheapest renewable energy sources brings solar energy to mind in the first place. Solar energy is a natural and renewable source. Taking advantage of this may be the simplest solution. The amount of energy that the sun supplies is enormous when considered all of surface of the world. But, it is hard to benefit from it in a limited area.

This thesis is dealt with water heating systems where solar energy is being used commonly. The structure of flat collectors which operate with solar energy is simulated in a computer by formulating and it is aimed to determine which parameters are more important in view of efficiency factor of the system using the data obtained.

Five of parameters are taken as example and it is observed that emittance of plate amongst these parameters has more positive effect on efficiency factor than the other four parameters.

KEYWORDS: Flat Collectors, Solar Collectors, Flat Collector Efficiency Factor, Renewable Energy Resources.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardımlarını, öneri ve desteğini benden esirgemeyen, karar vermekte zorlandığım anlarda beni yönlendiren danışman hocam Sayın Yrd. Doç.Dr. A.Mutalip ŞAHİNASLAN'a;

Kaynak konusunda yardımlarıyla bana destek olan Sayın Yrd. Doç.Dr. İ.Gökhan AKSOY'a;

Manevi desteğini hep yanımda hissettiğim değerli hocam Sayın Prof.Dr. Suat CANBAZOĞLU'na;

Ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans çalışmalarım süresince de bana destekleriyle güç veren değerli AİLEM'e

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Güneş	1
1.2. Güneş Enerjili Isıtma Sistemlerinin Tarihi	2
1.3. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları	3
1.4. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları	4
1.5. Güneş Enerjisi Uygulamaları	4
1.6. Düz Toplayıcıların Kısımları	5
1.6.1. Saydam örtü	6
1.6.2. Yutucu yüzey	7
1.6.2.1. Yutucu yüzey kaplaması	7
1.6.3. Seçici yüzey	8
1.6.3.1. Siyah boyalı yüzeyler	8
1.6.4. Isı yalıtımı	9
1.6.5. Düz toplayıcı kasası	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.2. Yöntem	14
3.3. Program Açıklaması	19
3.4. Program İşleyişi	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	22
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	29
6. KAYNAKLAR	31

SİMGELER VE KISALTMALAR

A_c	(Düz Toplayıcı Alanı)	m^2
b_w	(Birleştirme Genişliği)	m
C_b	(Birleştirme Isıl Direnci)	W/m K
C_l	(Düz Toplayıcı Uzunluğu)	m
C_t	(Düz Toplayıcı Kalınlığı)	m
C_w	(Düz Toplayıcı Genişliği)	m
D	(Akışkan Borusu Dış Çapı)	m
D_i	(Akışkan Borusu İç Çapı)	m
F	(Kanat Verimi)	%
F'	(Verim Faktörü)	%
h_{fi}	(Boru içi ısı transfer katsayısı)	W/m ² K
h_w	(Rüzgar Isı Transfer katsayısı)	W/m ² K
k_b	(Birleştirme Isı İletkenlik Katsayısı)	W/m K
k_i	(Yalıtım Malzemesi Isı İletkenlik Katsayısı)	W/m K
k_p	(Levha Isı İletkenlik Katsayısı)	W/m K
L	(Alt Yalıtım Malzemesi Kalınlığı)	m
L_e	(Kenar Yalıtım Malzemesi Kalınlığı)	m
N	(Örtü Sayısı)	Adet
P_c	(Düz Toplayıcı Çevresi)	m
T_a	(Çevre Sıcaklığı)	K
T_{pm}	(Ortalama Plaka Sıcaklığı)	K
U_b	(Düz Toplayıcı Alt Isı Kayıp Katsayısı)	W/m ² K
U_e	(Düz Toplayıcı Kenar Isı Kayıp Katsayısı)	W/m ² K
U_L	(Düz Toplayıcılardaki Toplam Isı Kayıp Katsayısı)	W/m ² K
U_t	(Düz Toplayıcı Üst Isı Kayıp Katsayısı)	W/m ² K
W	(Borular Arası Uzaklık)	m
σ	(Stefan-Boltzman Sabiti)	(W/m ² K ⁴)
β	(Düz Toplayıcı Açısı)	Derece
ε_g	(Örtünün Yayma Oranı)	%
ε_p	(Plakanın Yayma Oranı)	%
δ_p	(Levha Kalınlığı)	m
γ	(Ortalama Birleştirme Kalınlığı)	m

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Düz Toplayıcı Kanat Yapısı.	5
Şekil 1.2.	Düz Toplayıcı Kanat Yapısının Yandan Görünüşü.	6
Şekil 1.3.	Akışkan Geçen Borunun Yerleşim Şekli.....	6
Şekil 1.4.	Güneş Enerji Potansiyeli.	11
Şekil 3.1.	Program Görüntüsü.	19
Şekil 3.2.	Excel’de Kullanılan Makro Kodu.	20
Şekil 4.1.	Verim Faktörü-Plakanın Yayma Oranı Grafiği.	22
Şekil 4.2.	Verim Faktörü-Örtünün Yayma Oranı Grafiği.....	24
Şekil 4.3.	Verim Faktörü-Birleştirme Isı İletkenlik Katsayısı Grafiği.	25
Şekil 4.4.	Verim Faktörü-Levha(Plaka) Isı İletkenlik Katsayısı Grafiği.	26
Şekil 4.5.	Verim Faktörü-Akışkan Borusu Dış Çapı Grafiği.	27

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Bazı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri.....	10
Çizelge 4.1. Bazı Seçici Yüzeylerin Özellikleri.	23
Çizelge 4.2. Bazı Saydam Örtülerin Özellikleri.	25
Çizelge 4.3. Yutucu Yüzey Malzemelerinin Bazılar.....	27
Çizelge 5.1. Sonuçlar.....	29

1. GİRİŞ

Dünyada gelişmekte olan her devlet alternatif enerji kaynakları bulma yarışı içindedir. Bunun için kimi zaman savaşlar yapılmaktadır. Enerji kaynaklarının sınırlı oluşu ve bir gün tükeneceği düşüncesi; ülkeleri başka ülkelerden enerji ithal etmeye ve kendi enerji kaynaklarını daha verimli kullanmaya itmiştir. Türkiye gelişmekte olan ve büyüyen bir ülkedir. Cumhuriyetin hedeflerinden biri de ülkenin büyümesi, gelişmiş medeniyetler seviyesine ulaşmasıdır. Böyle bir hedef, ileriye bakmayı, uzak görüşlülük sahibi olmayı ve güdübirlik planlarla zamanın heba edilmemesini gerektirir. Günümüzde Türkiye, yeraltı ve yer üstü enerji kaynaklarının şehir ve sanayi kullanımı için yetersiz oluşu nedeniyle arayışlar içine girmektedir. Bu arayışlar özellikle son yıllarda oldukça farklı alanlara kaymaktadır. Hidroelektrik santrallerin sayısı artırılmakta, rüzgâr enerjisinden daha fazla yararlanma yolları aranmakta, nükleer enerji reaktörleri kurularak enerji açığını kapatma girişimlerinde bulunulmakta ve jeotermal olanakları kullanıma sunmak için çalışmalar yapılmaktadır. İşte bu noktada temini kolay, uzun süreli ve yenilenebilir bir enerji olarak Güneş Enerjisi karşımıza çıkmaktadır.

1.1. Güneş

Güneş, Güneş Sistemi'nin merkezinde yer alan yıldızdır. Orta büyüklükte olan Güneş tek başına Güneş Sistemi'nin kütlesinin % 99.8'ini oluşturur. Geri kalan kütle Güneş'in çevresinde dönen gezegenler, asteroitler, göktaşları, kuyrukluyıldızlar ve kozmik tozdan oluşur. Günışığı şeklinde Güneş'ten yayılan enerji, fotosentez yoluyla Dünya üzerindeki hayatın hemen hemen tamamının varolmasını sağlar ve Dünya'nın iklimiyle hava durumunun üzerinde önemli etkilerde bulunur.

Güneş, üçüncü nesil yıldızlardandır. Oluşumu yakınlarında bulunan bir süpernovanın şok dalgaları ile tetiklenmiştir. Altın ve uranyum gibi ağır metallerin Güneş Sistemi içinde yaygın olarak bulunması bunu desteklemektedir. Bu elementler büyük olasılıkla süpernova sırasında enderگونik nükleer reaksiyonlar esnasında ya da ikinci nesil büyük bir yıldızın içinde nötron emilimi yoluyla dönüşerek oluşmuştur.

Güneş'in Dünya'nın ana enerji kaynağıdır. Güneş değişmez, Güneş'in veryüzünde doğrudan güneşliğine maruz kalan birim alana bıraktığı güç miktarıdır.

Güneş'ten 1 gök birimi (GB) ötede Güneş değişmezi yaklaşık olarak metrekaareye 1370 W'dır. Güneş'inin atmosferden geçerken gücünün zayıflaması nedeniyle metrekaareye düşen enerji 1000 W civarındadır. Bu enerji doğal ve yapay çeşitli yöntemlerle toplanabilir. Bitkiler fotosentez yoluyla güneş'inin yakalar ve oksijen ile indirgenmiş karbon bileşiklerini olarak kimyasal enerjiye çevirir. Güneş enerjisi kullanan donanımlar doğrudan ısıtma ya da güneş pili yardımıyla elektrik üretmeye ya da diğer işleri yapmaya yardımcı olur. Petrol ve diğer fosil yakıtlar içinde bulunan enerji çok eskilerde güneş'inden fotosentez yoluyla çevrilmiştir.

Güneş'ten yayılan morötesi ışık antiseptik özelliklere sahiptir ve aletlerle suyu arındırmak için kullanılabilir. Aynı zamanda güneş yanığına neden olur ve D vitamini üretilmesi gibi diğer tıbbi etkileri de bulunur. Morötesi ışık Dünya'nın ozon tabakası tarafından oldukça kuvvetli şekilde soğurulur. Dünya'nın farklı bölgelerinde yaşayan insanların deri renginin farklı olması gibi birçok değişik biyolojik adaptasyonun altında yatan neden, enleme göre farklılık gösteren morötesi ışık miktarıdır.

1.2. Güneş Enerjili Isıtma Sistemlerinin Tarihi

Güneş enerjisinden istifade edebilmek için insanların yaptığı çalışmalar milat öncesi tarihlere dayanmaktadır. Kaynaklara göre ilk defa Sokrat (M.Ö.400) evlerin güney yönüne fazla pencere konularak güneş ışıınının içeri alınmasını belirtmiştir, Arşimed (M.Ö. 250) iç bükey aynalarla güneş ışıınının odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yakmıştır. Çalışmalar 1600'lü yıllarda Galile'nin merceği bulmasıyla gelişme göstermiştir. Fransız bilim adamı Mohuchok 1860 da parabolik aynalar yardımıyla güneş ışıınının odaklayarak küçük bir buhar makinası çalıştırmış, güneş ocakları üzerinde deney yapmıştır.

Güneş enerjisi ile çalışan, iş yapan akışkanın hava olduğu makina 1868 de Ericson tarafından geliştirilmiştir. Bu yıllarda güneş enerjisi konusundaki çalışmalar yoğunlaşmış tatlı su elde edilmesi ve güneş ocakları konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Birinci dünya savaşı ve esnasında petrolün önem kazanmasıyla güneş enerjisine yönelik çalışmalar azalmıştır. 1930 yılından itibaren ilgili çalışmalar artmışsa da fazla uygulama alanı bulamamış, çalışmalar araştırma kurumlarının dışına çıkamamıştır. Ancak 1960'lı yıllardaki küresel petrol krizinin ortaya çıkması insanları alternatif enerji

kaynakları konusunda çalışma yapmaya itmiş öncelikli olarak çalışmalar temiz ve masrafsız enerji kaynağı olan güneş enerjisi üzerinde yoğunlaşmıştır.

H. Buchberg ve J.R. Roulet adlı bilim adamları güneş kolektörü ve deposunu komple bir sistem yaparak maliyetleri azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Kurdukları sistemin fiziki olarak yeterliliklerini incelemişlerdir. Y.Jaluria ve S.K.Gupta adlı bilim adamları güneş enerjisinin depolama teknikleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Normal bir çevre şartları altında depoda sirküle olan suyun depo içerisinde sıcaklık farkına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzden deponun alt tabakasında daha soğuk, üst tabakasında ise daha sıcak su bulunmaktadır.

W.Stahl, K.Voss ve A.Goetzberger adlı bilim adamları Freiburg'da yaptıkları güneş evi ile bir evin kendi kendine yetebileceğini göstermiştir. Bu evde sadece ısıtma değil aynı zamanda havalandırma, pişirme ve elektrik enerjisi içinde enerji kaynağı olarak güneş kullanılmıştır.

Ülkemizde coğrafi konumu nedeni ile yenilebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi yönünden oldukça şanslıdır. Yılda yaklaşık 2500 saat güneş alan yurdumuzda ortalama güneş enerjisi miktarı 100 cal/m^2 nin üzerindedir.

1.3. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları

- Her şeyden önce, güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- Temiz enerji türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbonmonoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinasının veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.
- Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
- İşletme masrafları çok azdır.

1.4. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları

- Birim yüzeye gelen güneş ışıınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Güneş ışıınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışıınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- Güneş ışıınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.
- Güneş ışıınımından yararlanılan birçok tesisatın ilk yatırım maliyeti fazladır ve henüz bazıları ekonomik değildir.

1.5. Güneş Enerjisi Uygulamaları

Güneş enerjisi uygulamalarını düşük sıcaklık (20 – 100 °C), orta sıcaklık (100 – 300 °C) ve yüksek sıcaklık (> 300 °C) olmak üzere üç grupta toplayabiliriz. En yaygın uygulamalardan bazıları şunlardır:

Düşük Sıcaklık Uygulamaları

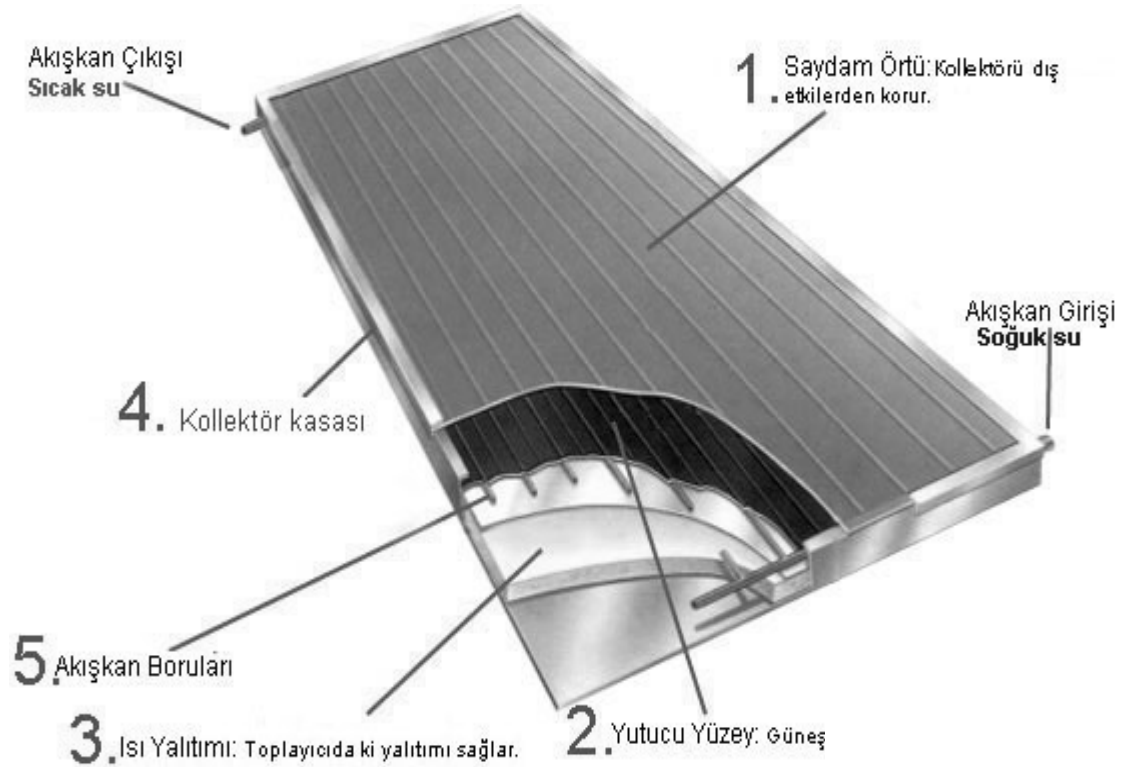
- Kullanım sıcak suyu eldesi
- Konut ısıtılması-soğutulması
- Sera ısıtılması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Yüzme havuzu ısıtılması
- Güneş ocakları ve fırınları
- Deniz suyundan tatlı su eldesi
- Tuz üretimi
- Sulama
- Toprak solarizasyonu
- PV sistemler
- Orta Sıcaklık Uygulamaları
- Endüstriyel kullanım için buhar üretimi
- Büyük ısıtma-soğutma sistemleri

- Yüksek Sıcaklık Uygulamaları
- Güneş fırınları

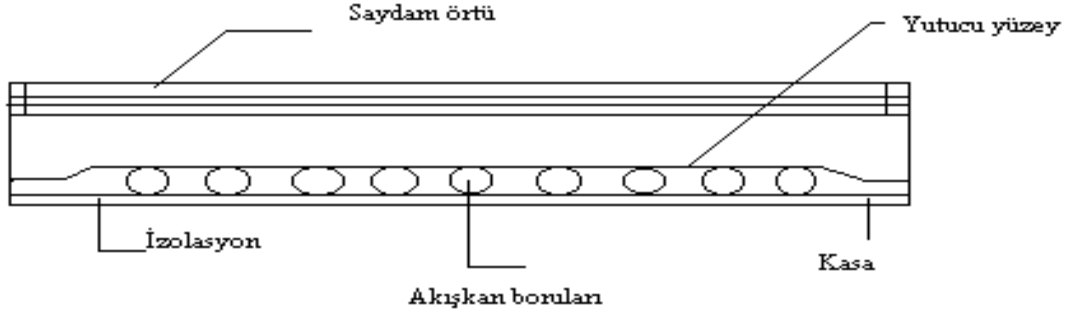
1.6. Düz Toplayıcıların Kısımları

Uygulamada kullanılan düz toplayıcılar beş ana kısımdan oluşur;

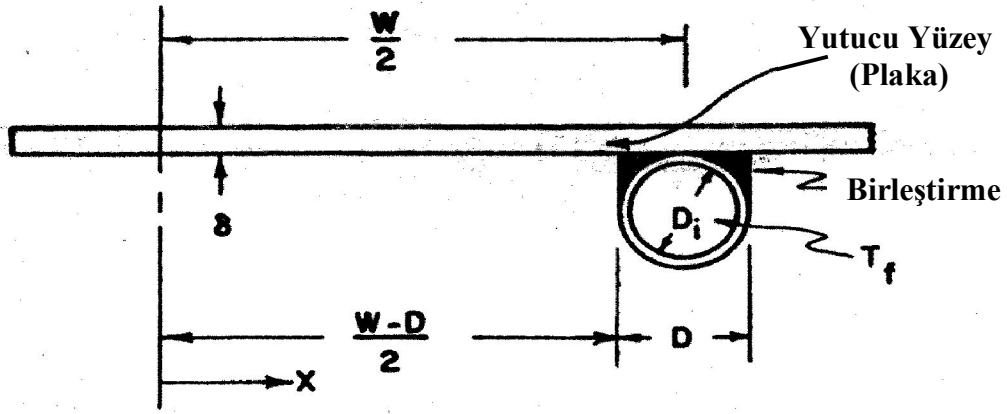
- Güneş ışınımını geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen bir veya çok sayıdaki saydam örtü,
- Enerji toplayan yutucu yüzey,
- Isı taşıyıcı akışkan borular,
- Yutucu yüzeyin güneş almayan kısımlarındaki ısı yalıtımı,
- Düz toplayıcı kasası,



Şekil 1.1. Düz Toplayıcı Kanat Yapısı



Şekil 1.2. Düz Toplayıcı Yapısının Yandan Görünüşü



Şekil 1.3. Akışkan Geçen Borunun Yerleşim Şekli

1.6.1. Saydam örtü

Düz toplayıcılarda, saydam örtünün (Şekil 1.1, Şekil 1.2) esas fonksiyonu, hava hareketi sebebiyle meydana gelen taşınım ile ısı kayıplarını azaltmaktır. Ayrıca, yutucu yüzeyi çevreden gelen tesirlerden (yağmur, dolu, kar, toz, v.s.) korur ve yutucu yüzey tarafından neşredilen (uzun dalga boylu) ısı ışınımını geriye yansıtarak ışınlama ile olan ısı kaybını azaltır.

Birçok yarı saydam plastikler yüksek sıcaklıklarda, hatta orta sıcaklıklarda özelliklerini kaybederler. Isıl genleşme katsayıları büyük olduğundan sızdırma ve bükülme problemleri vardır. Plastikler, uygulamada saydam örtü malzemesi olarak cam'a göre daha az kullanılır.

1.6.2. Yutucu yüzey

Güneş ışınlamını yutan ve ısıyı borularda dolaşan akışkana aktaran yutucu yüzey (levha) (Şekil 1.1, Şekil 1.2, Şekil 1.3) düz toplayıcıların önemli parçalarından biridir. Yutucu yüzeyin güneş ışınlamını yutma oranı büyük ve uzun dalga boylu (ısı ışınlamı) yayıcılığı küçük olmalıdır. Işınımı yutarak ısınan yüzeyin, ısıyı temas halindeki akışkana iyi iletebilmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek, ısı geçişinin hızlı olabilmesi için de ince olması istendiğinden, yutucu yüzey olarak metal levhalar kullanılır. Bakır, alüminyum, çelik ve paslanmaz çelik gibi metaller yutucu yüzey malzemeleri olarak kullanılır. Polipropilen ve akrilik gibi bazı plastikler siyaha boyanarak yutucu yüzey olarak kullanılmaktadırlar. Ayrıca güneş ışınlamını yutan renklendirilmiş sıvılarda yutucu yüzey olabilmektedir.

Aşağıdaki olan ısı geçişi, yutucu yüzey malzemesinin ısı iletim katsayısına ve akışkanın dolaştığı borular arasındaki mesafeye bağlıdır. Levha ve boruların imalatında ısı iletim katsayısı yüksek bakır ve alüminyum gibi malzemeler kullanılarak kanattan borulara ısı geçişi sağlanır. Bakır, alüminyuma göre yaklaşık iki kat, çeliğe göre yaklaşık beş kat daha pahalı olmasına rağmen, aynı ısı geçişinin sağlandığı (0.25 mm kalınlığındaki bakır levhaya göre) 1 m² yüzey içinden bakırdan 2.24 kg, alüminyumdan 1.3 kg ve çelikten 15.3 kg malzeme gerekir. Böylece, ısı geçişi açısından bakıra göre çelik daha pahalı, alüminyum ise daha ucuz olmaktadır. Akışkanın dolaştığı borular arasındaki mesafe, kullanılan malzemelerin özelliklerine bağlı olarak, yeterli ısı geçişini sağlayacak şekilde belirlenir. Levha ve boruların birbiri ile iyi birleşmesi, ısı temas yüzeylerinin büyük olması gerekir. Yutucu yüzeylerin ömürleri, iç ve dış korozyon ile sınırlıdır. Düz toplayıcı kasası için sızan yağmur suyunun veya saydam örtü yüzeyinde yoğunlaşarak levhada akması dış korozyona sebep olur. Çelik levhalar dış korozyona müsaittir. İç korozyon ise, ısı taşıyıcı akışkanın ihtiva ettiği çözünmüş oksijen, çelik gibi korozyona dirençli olmayan metalleri aşındırır.

1.6.2.1. Yutucu yüzeyin kaplanması

Yutucu yüzeyde ışınlam geçirilmediğinden belirli bir dalga boyunda yansıtma ve yutma oranlarının toplamı birdir. Kirchhoff kanununa göre, ısı denge halinde, belli bir dalga boyunda, yüzeyin ışınlam yayma (neşretme) ve yutma oranları birbirine eşittir.

Neşretme ve yutma oranları dalga boyunun fonksiyonlarıdır. Uygulamada, düz toplayıcılarda kullanılan yutucu yüzey malzemelerinin (bakır, alüminyum, çelik, vs.) yutma oranları düşüktür. Üst yüzeyi güneş ışınımı yutuculuğu büyük olan bir malzeme ile kaplanır. İki kaplama tipi mevcuttur. Bunlar;

- Seçici (Selektif) kaplama
- Siyah boyalı (seçici olmayan) kaplamadır.

1.6.3. Seçici yüzey

İdeal siyah yüksek ışınım için gerçek yutucudur. Bütün dalga boylarındaki, her açı altında gelen ışınımın tamamını yutar. Ancak, gerçek maddeler (yüzeyler) ışınımın bir kısmını geliş açısına bağlı olarak yansıtır, tamamını yutmaz. İdeal siyah cisim aynı zamanda ısı ışınım için ideal neşredicidir (yayıcıdır). Düz toplayıcılarda kullanılan yutucu yüzeylerin ise güneş ışınımını yutma oranının büyük olması ve neşrediciliğinin (yayıcılığının) olmaması istenir. Kısa dalga boylu ışınımın, yani güneş ışınımının tamamına yakını yutan ve uzun dalga boylu ışınım neşrediciliği düşük olan yüzeylere seçici (selektif) yüzey denir.

Seçici yüzey imalatında, önce kaplanacak yüzey temizlenir, sonra asit banyosuna tabi tutulur. Uzun dalga boylu ışınımı yansıtma oranı büyük metaller, güneş ışınımını yutma oranı büyük olan bir madde ile ince bir film halinde kaplanır. Kaplamalar, kimyasal banyo, püskürtme ve elektro kaplama ile gerçekleştirilir. Seçici kaplamalar, seçici olmayan (siyah boyalı) kaplamalara göre daha pahalıdır ve ömürleri daha kısadır. Yayma oranları sıcaklık yükseldikçe artar. Oksitlenme ve yüzeyin yapısındaki değişimler sebebiyle optik özelliklerinde zamanla bozulmalar gözlenmiştir. Çelik veya bakır üzerine yapılan kaplama ile elde edilen seçici yüzeylerin sıcaklığa ve neme karşı dirençleri iyi olduğundan mevcut seçici yüzeylerin en iyisi olarak gösterilmektedir.

1.6.3.1. Siyah boyalı yüzeyler

Siyah boyalı yüzeylerin güneş ışınımını yutma oranları yüksek olduğu gibi ışınım neşretme oranları da yüksektir. Mat siyah yüzeylerin ışınım yutma oranları 0.90 - 0.98, uzun dalga boylu ışınım neşretme oranları 0.85 - 0.92 mertebesinde dir.

Düşük çalışma sıcaklıklarında (konutlar için sıcak su ve sıcak hava temini v.b.) seçici olmayan kaplamalar (siyah boyalı) daha uygun görülmektedir. Fakat yüksek sıcaklık çalışmalarında seçici yüzeylerin verimleri daha yüksektir. Siyah boya olarak, polyester, akrilik ve epoksi reçine esaslı mat siyah boyalar kullanılır. Bilinen boyalar; karbon siyahı, demir oksit, amorf grafit, yanık kemik siyahı ve asfalt esaslı olanlardır. Piyasada; siyah mat düz toplayıcı boyası olarak bulunmaktadır. Siyah boyalı kaplamaların ömürleri, seçici yüzeylere göre daha fazladır. Düz toplayıcılarda, durgun halde ulaşılan 200 °C yutucu yüzey sıcaklığına kadar dayanıklıdır.

1.6.4. Isı yalıtımı

Düz toplayıcıların, güneş olmayan alt ve yan kısımlarından olan ısı kaybını azaltmak için, strafor, poliüretan, köpük veya cam yünü kullanılmaktadır. Tercih edilecek yalıtım malzemelerinde;

- Isı iletim katsayısının düşüklüğü,
- Yüksek sıcaklığa (200 °C) dayanıklılık,
- Nem'e direnç,
- Yoğunluğu,
- Mukavemeti,
- Yanma ve genişleme özelliği,
- Kararlılığı,
- Fiyatı ve piyasada temin edilebilme imkânı,

dikkate alınır. Uygulamada; strafor 74°C'ye, poliüretan köpük 100 °C'ye kadar dayanıklıdır. Bu sebeple strafor pek kullanılmaz. Poliüretan köpük bazı tedbirler alınarak kullanılması gerekmektedir. Uygulamada en çok kullanılan şilte halinde cam yünü olup 250 °C'ye kadar dayanıklıdır. Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

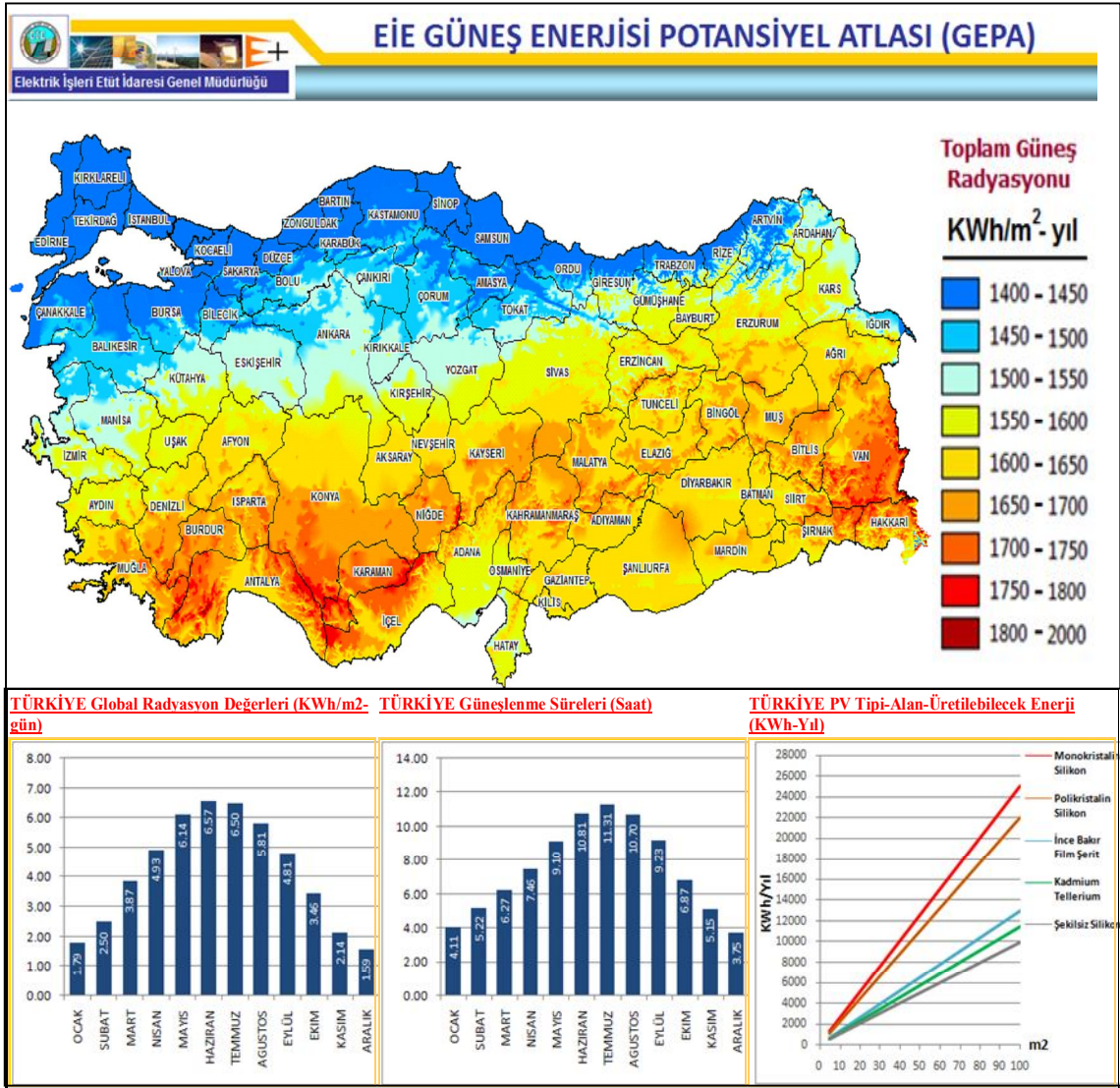
Çizelge 1.1. Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri

Yalıtım Malzemesi	Isı İletim Katsayısı W/m-K	Çalışma sıcaklığı °C
Cam yünü	0.032	250
Taş yünü	0.036-0.055	650-1050
Polystrene köpük	0.029	70-80
Poliüretan köpük	0.023	104
PVC	0.035	100-130
Kalsiyum silikat	0.055	650
Perlit	0.048	820
Isocyanurate	0.025	121
Fenolik köpük	0.033	135
Gözenekli plastik	0.040	100

Uygulamada, yalıtım malzemesinin sıcaklığın olumsuz etkisinden korunması için bir hava boşluğunun oluşturulması önerilmektedir.

1.6.5. Düz toplayıcı kasası

Düz toplayıcıların kasaları, genellikle alüminyumdan yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, plastik polipropilen, PVC galvanizli çelik sac ve paslanmaz çelik ile verniklenmiş ağaçta kullanılmaktadır.



Şekil 1.4. Güneş Enerji Potansiyeli [1].

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ev için sıcak su üretmekte kullanılan bir güneş enerjili ısıtma sisteminin davranışını incelemek için bir eğitim programı geliştirilmiştir. Bu program sayesinde kullanıcı çeşitli koşullar altında olayların nasıl cereyan ettiğini inceleyebilir. Dahası, simülasyon yöntemi bağıntılı konuları niceliksel anlamak için kullanılır. Simülasyon pek çok parametre sağlar ve bunlar güneş toplayıcısının ve sistemin ısısal verimliliğini incelemekte kullanılabilir. Ayrıca pahalı örnek düzeneklerin kullanılmasından da bu şekilde kaçınılmış olur. Program kolay kullanılır bir özellikte tasarlanmıştır [2].

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan kolektör ve sıcak su deposu hacminin hesaplamalarını bölgesel olarak yapan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program ile oldukça karmaşık hesaplamalar daha kolay ve daha anlaşılır hale getirilerek tasarımcı ve imalatçı için optimum bir boyutlandırma yapılması sağlanmıştır.

Borland delphi 7 kullanılarak hazırlanan program, veri giriş ekranı ve sonuç ekranından oluşmaktadır. Veri giriş ekranında kullanıcıya ait bilgiler istenmekte; Sonuç ekranında ise kullanıcının girdiği bazı temel bilgiler ile; gerekli olan düz toplayıcı yüzey alanı ve kullanma sıcak suyu deposu hacmi verilmektedir.

Yapılan bu çalışmayla, çok uzun ve karmaşık bir hesap gerektiren, ihtiyaç duyulan düz toplayıcı yüzey alanı ve sıcak su depolama hacmi hesaplarının bilgisayar ortamında sadece dokuz temel bilgi girişi ile kolaylıkla hesaplanması sağlanmıştır. Girilmesi gereken bu dokuz veriden sadece bir tanesi kişisel tercihler dışında kalan günlük radyasyon değeridir. Bu değer ölçümlerle belirlenebileceği gibi Meteoroloji İşleri Müdürlüklerinden de temin edilebilir. Kalan sekiz veri ise tamamen kullanıcıya özel ve bölgesel şartlara bağlıdır. Bu yüzden, program hesaplardaki karmaşıklığı ortadan kaldırmanın yanında konuyla az bir ilgisi olanlar tarafından da kolaylıkla kullanılmasına imkân vermektedir [3].

Güneş enerjili tabii sirkülasyonlu endirekt sıcak su hazırlama sistemleri üzerine yapılan çalışmada; kanatçık kullanmanın ısı analiz teorik olarak yapılmıştır. Bu nedenden dolayı aynı özelliklere sahip kanatçıklı bir sistem ve kanatçıksız bir sistem ısı verim açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda kanatçıklı sistemin kanatçıksız sistemden % 10.5 daha iyi performansa sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumda güneş enerjili tabii sirkülasyonlu dolaylı sıcak su hazırlama sistemlerinde kanatçık kullanmanın ısı verim açısından kaçınılmaz olduğu söylenebilir[4].

Güneş enerjisi uygulamalarındaki artışa paralel olarak, güneş enerjisinin faydalı ısı enerjisine dönüştürüldüğü düz güneş enerjisi toplayıcılarındaki ısı transferinin verimli olarak gerçekleştirilmesinin önemi giderek artmaktadır. Bu çalışmada, düz toplayıcılarda güneş ışıınım enerjisinin ısı taşıyıcı akışkana aktarıldığı yutucu plakanın ısı analizi yapıldı. Geliştirilen analitik formülasyonda yutucu plaka tek boyutlu bir kanat olarak incelendi. Yutucu plaka üst yüzeyinde güneşten gelen ışıınım akısı ve çevreye olan ısı kaybı tanımlanırken, alt yüzey ideal olarak yalıtılmış kabul edildi. Kanat ısı transfer denklemleri analitik olarak çözülerek, yutucu plaka üzerindeki sıcaklık dağılımını ve plakadan akışkana olan ısı geçişini veren bağıntılar elde edildi. Sıcaklık dağılımı ve ısı geçişi üzerindeki etkili parametreler temel olarak; geometrik boyutlar, akışkan sıcaklığı, yutucu plaka malzemesinin ısı iletim katsayısı, ışıınım ısı akısı, çevre sıcaklığı ve çevreye olan toplam ısı kayıp katsayısıdır. Bu parametrelerin etkileri metodik olarak incelendi. İnceleme sonucunda; yüksek ısı iletim katsayısına sahip yutucu plakadaki sıcaklık seviyesinin ve akışkana geçen ısı akısının arttığı tespit edildi. Toplayıcıda elde edilen faydalı ısı enerjisinin kullanılabilirliğini belirleyen, pratik çalışma şartlarında ulaşılacak maksimum akışkan sıcaklığı, güneş ışıınım şiddetinin fonksiyonu olarak elde edildi. Elde edilen tüm sonuçlara bağlı olarak, toplayıcı verimi üzerindeki parametrelerin etkileri tespit edildi[5].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Güneş enerjili su ısıtma sisteminin simülasyonu için öncelikle bilgisayar ortamında kullanılacak ve sistemin yapısının simülasyonunda faydalanılacak formüller kaynaklardan temin edilmiştir. Çalışmada Windows XP işletim sistemini ve simülasyon sisteminin tasarlanacağı Excel programını çalıştırabilecek bir bilgisayar konfigürasyonu kullanıldı. Windows XP işletim sisteminin yaygın kullanımı ve Excel programının esnek tasarım özellikleri ve yaygın kullanımı bu programları seçmekte tercih sebebi oldu.

3.2. Yöntem

Güneş toplayıcısının, parametreler ile değerlendirilmek üzere bilgisayar ortamında formüller yardımıyla simülasyonu yapıldı. Güneş toplayıcı sisteminin simülasyonunda Excel programı ve Excel programı içinde küçük bir visual basic kodu kullanıldı. Formüllerde yer alan parametrelerin her biri için öncelikle sabit bir değer tespit edildi. Değerlendirme aşamasında bazı parametreler rastgele seçildi. Seçilen parametreler önceden tespit edilen sabit değer 5 adet altında ve 5 adet üstünde olmak üzere belli bir yüzde değerinde değiştirilerek ve diğer parametreler sabit tutularak 11 farklı verim faktörü değeri bulundu. Bu değerler ile grafikler oluşturuldu. Grafiklerde verim faktörü değerlerinin artış ve azalış miktarlarının arasındaki değerlerin aritmetik ortalaması alındı. Böylece bu değerlerin eğilim yönü ve miktarı tespit edildi. Bu ortalamanın tespiti, her parametrenin diğer parametreye oranla verim faktörü üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermesi bakımından önemliydi. Bu eğilim değerleri dikkate alınarak verim faktörü üzerinde etkisi en fazla olandan en az olana doğru bir sıralama yapmak mümkün oldu. Böylece bir güneş toplayıcı sisteminin parametrelerinin etkinliği tespit edilerek bu konuda yapılacak çalışmalar için bir ön adım sağlanmış oldu. Uygulamada parametrelerin verim faktörü üzerine etkisine odaklanılmış olup, herhangi bir bölgede güneş enerjisinden yararlanma oranı veya belli bir bölgenin coğrafi ve mevsimsel koşulları dikkate alınmamıştır.

Düz toplayıcı verim faktörü, gerçek haldeki faydalı enerjinin yutucu yüzey sıcaklığının akışkan sıcaklığına eşit olması halindeki faydalı enerjiye oranıdır[6].

Verim faktörü değerleri aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır[7,8]:

$$\text{Verim Faktörü(\%)} \quad F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[\frac{1}{U_L [D + (W - D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D_i h_{fi}} \right]} \quad (3.1)$$

U_L : Düz toplayıcıdaki toplam ısı kayıp katsayısı ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)

W : Borular arası uzaklık (m)

D : Akışkan borusu dış çapı (m)

F : Kanat verimi (%)

C_b : Birleştirme Isıl Direnci (W/m K)

D_i : Akışkan borusu iç çapı (m)

h_{fi} : Boru içi ısı transfer katsayısı ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)

$$\text{Birleştirme Isıl Direnci (W/m K)} \quad C_b = \frac{k_b b}{\gamma} \quad (3.2)$$

k_b : Birleştirme ısı iletkenlik katsayısı (W/m K)

b : Birleştirme genişliği (m)

γ : Ortalama birleştirme kalınlığı (m)

$$\text{Kanat verimi (\%)} \quad F = \frac{\tanh \left[\frac{m(W - D)}{2} \right]}{\frac{m(W - D)}{2}} \quad (3.3)$$

W : Borular arası uzaklık (m)

D : Akışkan borusu dış çapı (m)

$$\underline{\text{m değeri.}} \quad m = \sqrt{\frac{U_L}{k_p \delta_p}} \quad (3.4)$$

U_L : Düz toplayıcıdaki toplam ısı kayıp katsayısı (W/m² K)

k_p : Levha ısı iletkenlik katsayısı (W/m K)

δ_p : Levha kalınlığı (m)

$$\underline{\text{Düz toplayıcı alt ısı kayıp katsayısı (W/m² K).}} \quad U_b = \frac{k_t}{L} \quad (3.5)$$

k_t : Yalıtım malzemesi ısı iletkenlik katsayısı (W/m K)

L : Alt yalıtım malzemesi kalınlığı (m)

$$\underline{\text{Düz toplayıcı kenar ısı kayıp katsayısı (W/m² K).}} \quad U_e = \frac{(\frac{k_t}{L_e})P_c C_t}{A_c} \quad (3.6)$$

k_t : Yalıtım malzemesi ısı iletkenlik katsayısı (W/m K)

L_e : Kenar yalıtım malzemesi kalınlığı (m)

P_c : Düz toplayıcı çevresi (m)

C_t : Düz toplayıcı kalınlığı (m)

A_c : Düz toplayıcı alanı (m²)

$$\underline{\text{Düz toplayıcı çevresi (m).}} \quad P_c = 2(C_w + C_l) \quad (3.7)$$

C_w : Düz toplayıcı genişliği (m)

C_l : Düz toplayıcı uzunluğu (m)

$$\text{Düz toplayıcı alanı (m}^2\text{)}, \quad A_c = C_w C_l \quad (3.8)$$

C_w : Düz toplayıcı genişliği (m)

C_l : Düz toplayıcı uzunluğu (m)

Düz toplayıcı üst ısı kayıp katsayısı (W/m² K),

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{c}{T_{pm}} \left(\frac{T_{pm} - T_a}{N + f} \right)^e} + \frac{1}{h_w} \right]^{-1} + \frac{\sigma (T_{pm} + T_a) (T_{pm}^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p + 0.00591 N h_w} + \frac{2N + f - 1 + 0.133 \varepsilon_p}{\varepsilon_g} - N} \quad (3.9)$$

N : Örtü sayısı

T_{pm} : Ortalama plaka sıcaklığı (K)

T_a : Çevre sıcaklığı (K)

h_w : Rüzgar Isı Transfer katsayısı (W/m² K)

σ : Stefan-Boltzman sabiti (5.67x10⁻⁸ W/m²-K⁴)

ε_p : Plakanın yayma oranı

ε_g : Örtünün yayma oranı

$$f \text{ değeri}, \quad f = (1 + 0.089 h_w - 0.1166 h_w \varepsilon_p)(1 + 0.07866 N) \quad (3.10)$$

h_w : Rüzgar Isı Transfer katsayısı (W/m² K)

ε_p : Plakanın yayma oranı

N : Örtü sayısı

c değeri, $c = 520(1 - 0.000051 \beta^2)$ $0^\circ < \beta < 70^\circ$ arasında, (3.11)

eğer $70^\circ < \beta < 90^\circ$ ise $\beta = 70^\circ$

β : Düz toplayıcı açısı (Derece)

e değeri, $e = 0.430 \left(1 - \frac{100}{T_{pm}}\right)$ (3.12)

T_{pm} : Ortalama plaka sıcaklığı (K)

Düz toplayıcıdaki toplam ısı kayıp katsayısı (W/m² K), $U_L = U_b + U_e + U_t$ (3.13)

U_b : Düz toplayıcı alt ısı kayıp katsayısı (W/m² K)

U_e : Düz toplayıcı kenar ısı kayıp katsayısı (W/m² K)

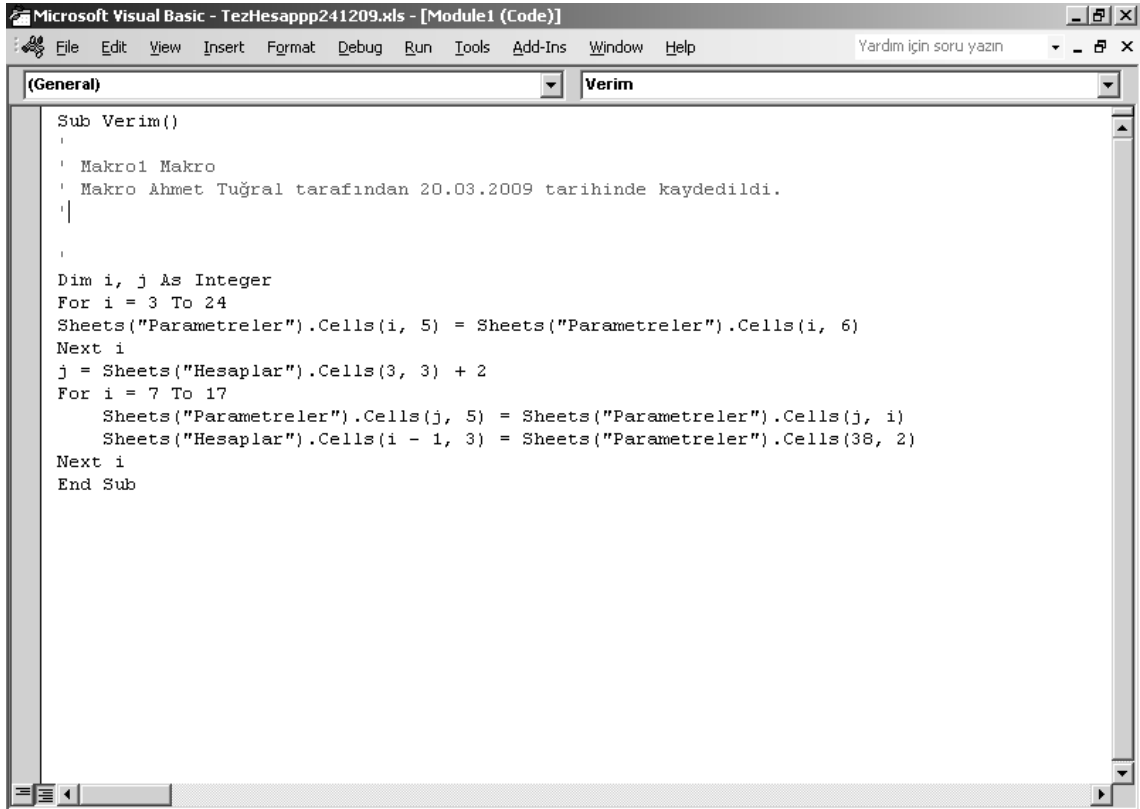
U_t : Düz toplayıcı üst ısı kayıp katsayısı (W/m² K),

[illegible]

Şekil 3.1. Program Görüntüsü

Excel içinde verim faktörü değeri, daha önceki sayfalarda belirtilen formüllerin de yardımıyla hesaplatılmıştır. Verim faktörünü farklı değerler için hesaplatmak için Excel’de bir düğme oluşturulmuş ve bu düğmeye bağlı olarak çalışan bir makro yardımıyla 11 farklı değer kullanılarak farklı verim faktörü değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.1).

Farklı verim faktörü değerleri hesaplayan makro kodu şöyledir (Şekil 3.2) :



```
Microsoft Visual Basic - TezHesapp241209.xls - [Module1 (Code)]
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window Help
Yardım için soru yazın
(General) Verim

Sub Verim()
'
' Makrol Makro
' Makro Ahmet Tuğral tarafından 20.03.2009 tarihinde kaydedildi.
'
'
Dim i, j As Integer
For i = 3 To 24
    Sheets("Parametreler").Cells(i, 5) = Sheets("Parametreler").Cells(i, 6)
Next i
j = Sheets("Hesaplar").Cells(3, 3) + 2
For i = 7 To 17
    Sheets("Parametreler").Cells(j, 5) = Sheets("Parametreler").Cells(j, i)
    Sheets("Hesaplar").Cells(i - 1, 3) = Sheets("Parametreler").Cells(38, 2)
Next i
End Sub
```

Şekil 3.2. Excel’de Kullanılan Makro Kodu

3.4. Programın İşleyişi

Adım 1’de; değerlendirilmek istenen parametrenin hangi yüzde miktarı aralıkları ile artıp azalacağı yazılıyor. Orta nokta, seçilen değişken parametre için en başta belirlenen sabit değer olarak kabul edilmiştir. Bu sabit değer 5 aşağı değeri ve 5 yukarı değeri olmak üzere toplam 11 değerli bir liste oluşturulur.

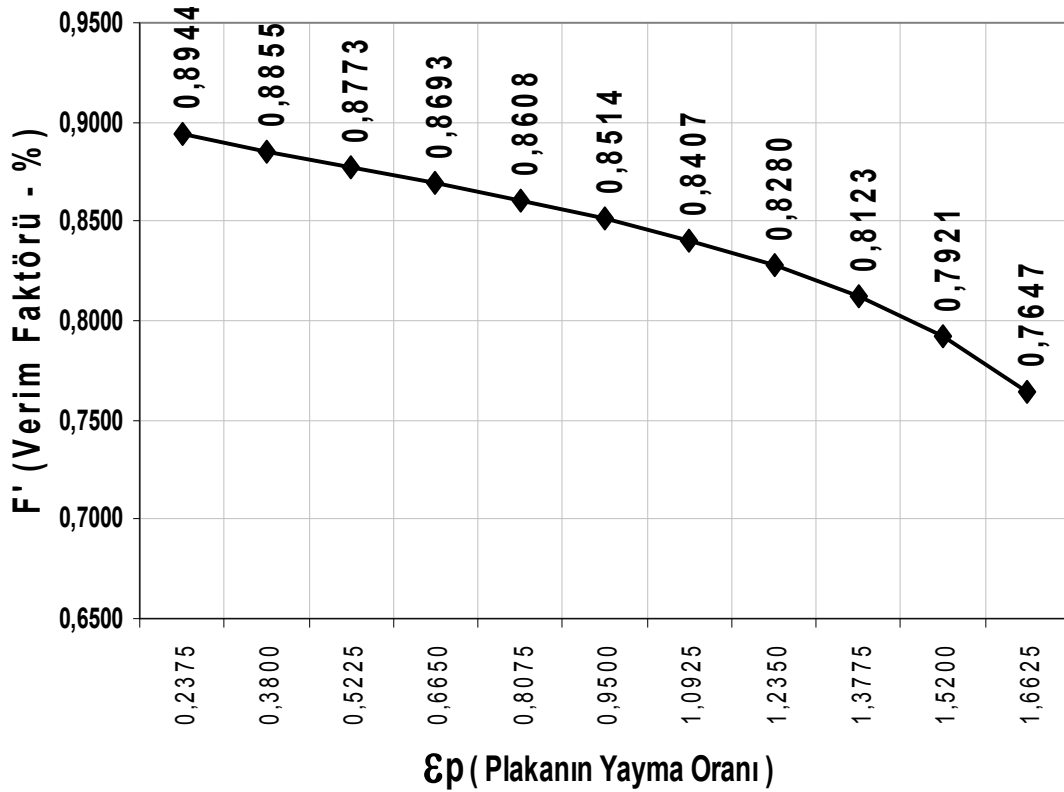
Adım 2'de;  düğmesine tıklanarak verim faktörüne etkisi ölçülmek istenen parametre seçilir.

Adım 3 son aşamadır. Bu aşamada  düğmesine basılarak 11 değer için verim faktörünün değeri hesaplanır. Bu değer Excel programı tarafından anında grafiğe yansıtılır. Böylece verim faktörü değerinin seçilen parametreye göre değişim eğilimi görülebilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Hazırlanan program kullanılarak 5 parametre seçilmiş ve bu 5 parametrenin verim faktörüne etkisi grafik halinde şu şekilde tespit edilmiştir:

1. Seçilen Parametre: ε_p (Plakanın Yayma Oranı), Değişim Miktarı: % 15



Şekil 4.1. Verim Faktörü -Plakanın Yayma Oranı Grafiği

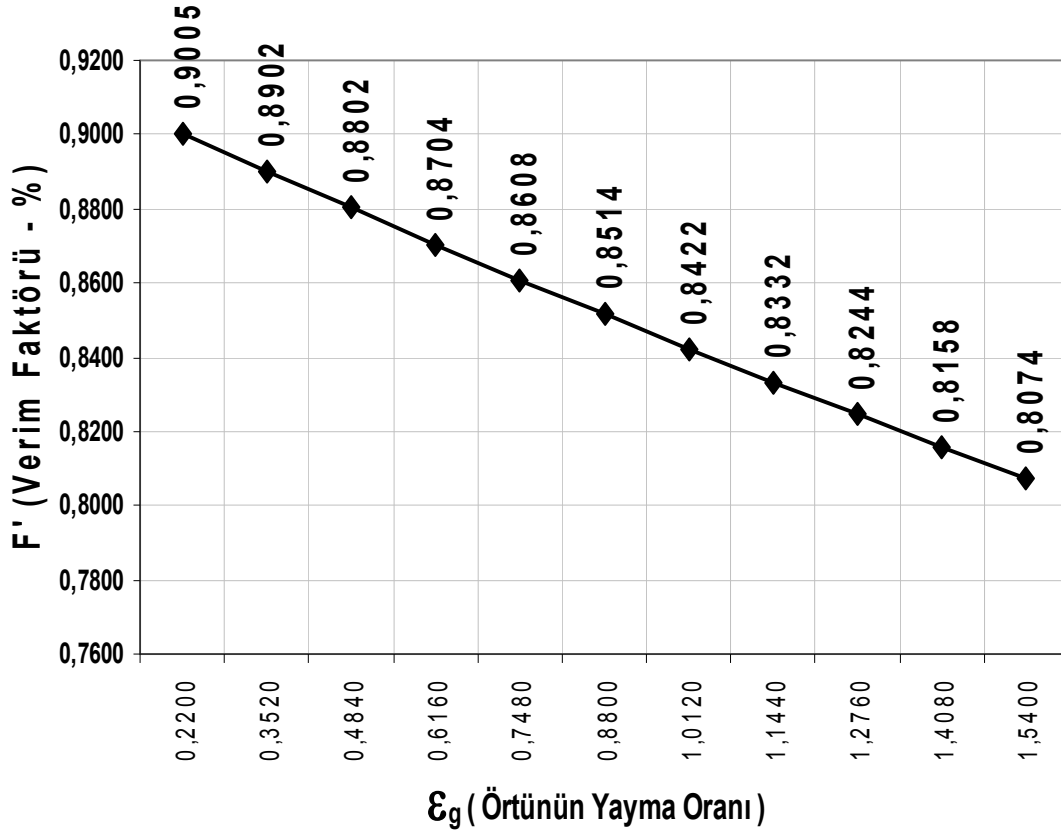
Grafikte görüldüğü gibi plakanın yayma oranı yükseldikçe verim faktörünün değeri düşmektedir. Düz toplayıcı kanat yapısı içinde yer alan plaka güneşten gelen uzun ve kısa dalga boylu ışınları yutma özelliğine sahiptir. Ancak bu yutma %100 olmayıp belli bir miktar tekrar dışarı yayılır. Plaka kendisine gelen uzun dalga boylu ışınları yaymaktadır. Bu da gelen enerjinin %100 kullanılamaması anlamına gelmektedir. Düz toplayıcılarda plakaların yutma ve yayma oranı paralellik göstermektedir. Yani bir plaka ne kadar çok ışın yutma kabiliyetine sahip ise bir o kadar da yayma özelliğine sahip olur. Ancak yutma oranını yüksek tutarken grafik de göz önünde bulundurularak yayma oranını da düşük tutmak durumundayız. Bunun için de seçici malzemeler üretmek için çalışmalar yapılmıştır. Bununla ilgili ilk çalışma Tabor tarafından 1954 yılında yapılmıştır. Tabor, siyah nikel ve siyah bakır kaplamaları

galvanizli çelik ve alüminyum üzerine uygulamıştır. Daha sonra çok sayıda seçici yüzey elde edilmiştir. Bunlardan bazıları şöyledir[6]:

Çizelge 4.1. Bazı Seçici Yüzeyler ve Özellikleri

KAPLAMA	ALT TABAKA	Yutma Oranı	Yayma Oranı
Nikel	Galvanizli çelik	0.93	0.08
Kobalt	Galvanizli çelik	0.91	0.12
Krom	Çelik	0.95	0.16
Demir Oksit	Çelik	0.83	0.06
Kobalt	Alüminyum	0.92	0.13
Bakır Oksit	Alüminyum	0.93	0.11
Kurşun sülfür	Alüminyum	0.89	0.20
Nikel	Çinko Kaplı Alüminyum	0.94	0.10
Krom	Çinko	0.91	0.08
Çinko Oksit	Çinko	0.95	0.08
Krom	Bakır	0.92	0.08
Kobaltoksit	Nikel	0.87	0.07

2. Seçilen Parametre: ϵ_g (Örtünün(Camın) Yayma Oranı), Değişim Miktarı: % 15



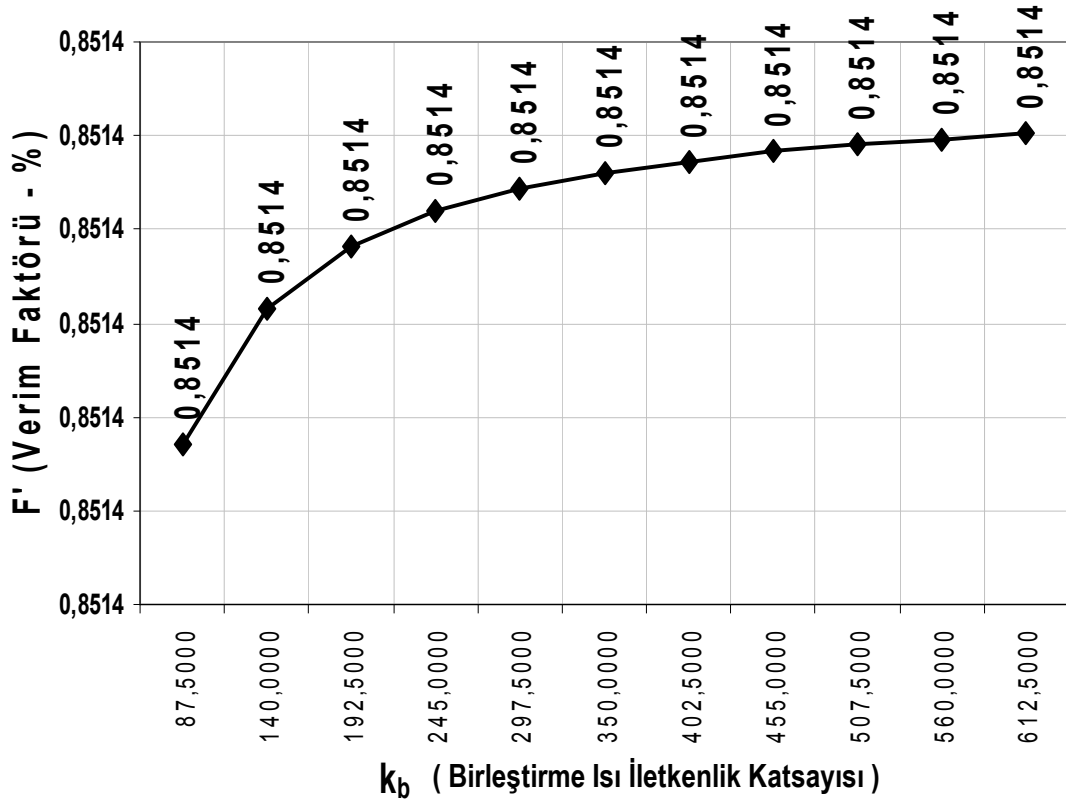
Şekil 4.2. Verim Faktörü-Örtünün Yayma Oranı Grafiği

Grafiğe göre örtünün yayma oranı artırıldıkça verim faktörü değeri azalmaktadır. Yani örtünün yayma oranı değerinin düşük olması gerekmektedir. Düz toplayıcılarda örtü olarak genellikle cam kullanılır. Cam gelen ışınların bir kısmını yutar, bir kısmını geçirir ve bir kısmını da dış ortama yansıtır. Cam'ın gelen ışınlarını yutmasını önlemek için içerdiği demir oksit oranını düşürmek gerekir. Cam yutucu plakadan yansıyan uzun dalga boylu ışınların dışarı çıkmasında veya içerde kalmasında rol oynar. Bundan dolayı camın yansıtma oranı düşürülmeli, ayrıca yutucu plakadan gelen uzun dalga boylu ışınları da geçirmesi engellenmelidir. Camın dış ortamdan gelen ışınları tekrar dış ortama yansıtmasını ve yutucu plakadan gelen uzun dalga boylu ışınları dış ortama yansıtmasını önlemek için her iki tarafı metalik florid gibi yansıtma önleyici maddelerle kaplanır. Bazı saydam örtülerin özellikleri şöyledir (Çizelge 4.2)[6]:

Çizelge 4.2. Bazı saydam örtülerin özellikleri

	Kalınlık (mm)	Kırma İndisi	Normal Geçirme Oranı		Dayanıklılığı (C)
			Güneş Işınımı 0.2-4.0 μm	Neşredilen Işınım 3.0-50 μm	
Lexan	3.2	1.586	0.73	0.02	120-130
Acrylic	3.2	1.49	0.80	0.02	80-90
Teflon, PVF	0.13	1.34	0.90	0.26	200
Tedlar, PVF	0.10	1.45	0.88	0.21	110
Mylar	0.13	1.65	0.80	0.18	150
Sunlite	0.64	1.54	0.75	0.08	90
Düzgün cam	3.2	1.52	0.79	0.02	730
Temper cam	3.2	1.52	0.79	0.02	230-260
Su-Beyazı cam	3.2	1.50	0.92	0.02	200

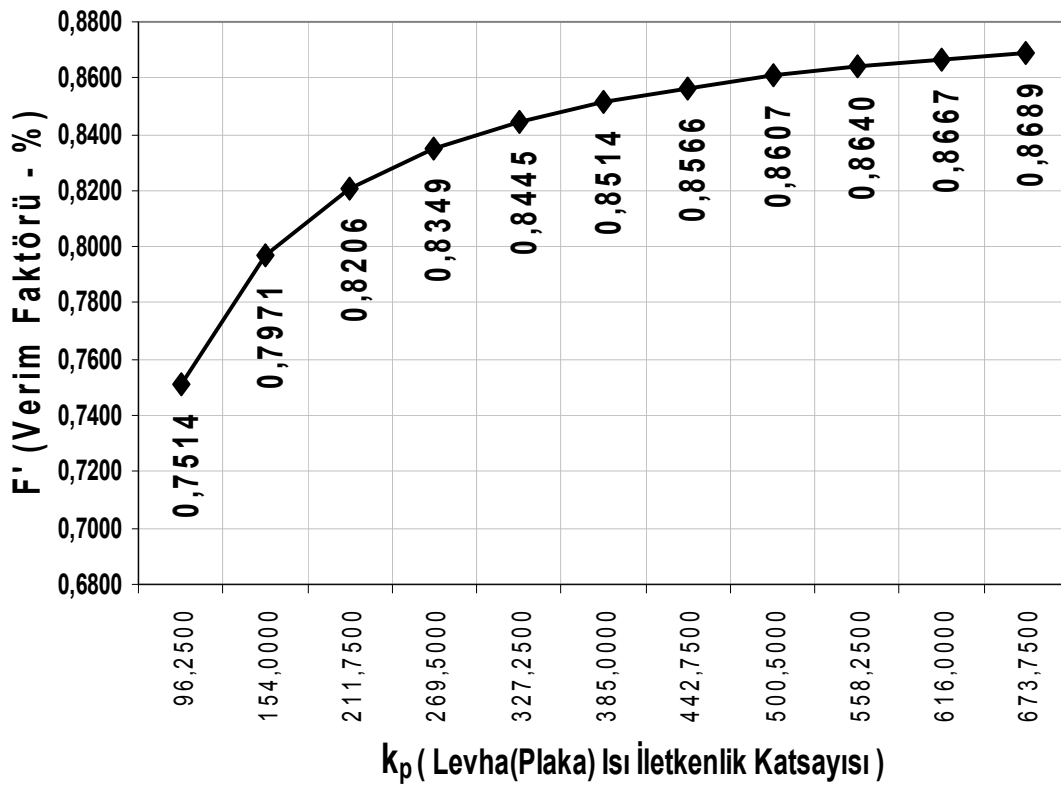
3. Seçilen Parametre: k_b (Birleştirme Isı İletkenlik Katsayısı), Değişim Miktarı: % 15



Şekil 4.3. Verim Faktörü-Birleştirme Isı İletkenlik Katsayısı Grafiği

Grafiğe göre düz toplayıcılarda içinde akışkanın geçtiği boruları üst plakaya sabitlemekte kullanılan birleştirme malzemesinin ısı iletkenlik katsayısının artırılması verim faktörünü artırmaktadır. Ancak grafikten de anlaşılacağı üzere bu ondalık hassasiyette onbinler ölçüsünde fark edilememekte olup daha küçük bir miktarda etkilemektedir. Birleştirme malzemesinin güneş ışınlarından faydalanmada direkt ilgisinin bulunmayışı ve plakadan aldığı ısıyı boruya taşımada sadece bir köprü vazifesi görmesi verim faktörü değeri üzerinde etkisini düşürmektedir.

4. Seçilen Parametre: k_p (Levha (Plaka) Isı İletkenlik Katsayısı), Değişim Miktarı: % 15



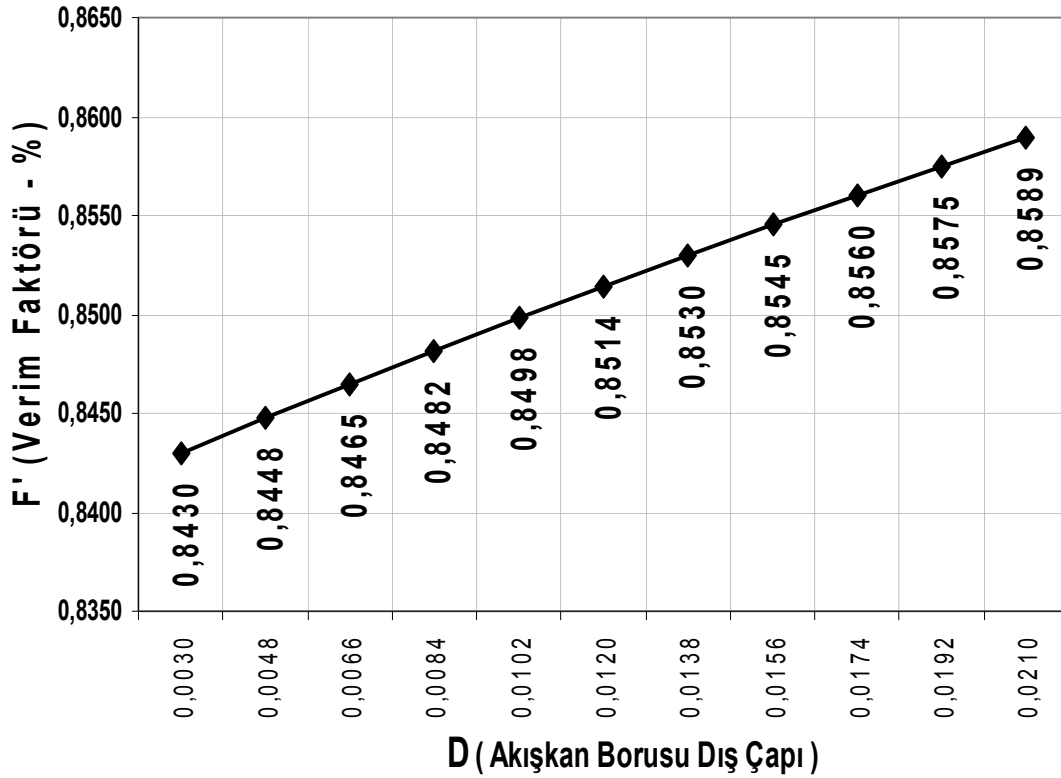
Şekil 4.4. Verim Faktörü-Levha (Plaka) Isı İletkenlik Katsayısı Grafiği

Yutucu plakanın (Levha) ısı iletkenlik katsayısı artırıldıkça verim faktörü değerinin arttığı görülmektedir. Yutucu plaka güneş ışınlarını yutmaktadır. Yuttuğu ışınlar plakayı ısıtmaktadır. Plaka bünyesinde oluşan bu ısıyı içinde akışkan geçen boruya ne kadar çabuk geçirirse bu ısının dış ortama ışınila tekrar dönmesini önleyecektir. Böylece daha az kayıp olacağından verim faktörü değeri bundan olumlu yönde etkilenecektir. Bazı yutucu plaka malzemeleri şunlardır:

Çizelge 4.3. Yutucu yüzey malzemelerinin bazıları

Malzeme	k (W/m-K)		k (W/m-K)
Bakır	386	Akrilik	0.20
Alüminyum	204	Polietilen	0.35
Çelik	50	Polipropilen	0.20
Paslanmaz Çelik	24	PVC	0.16

5. Seçilen Parametre: D (Akışkan Borusu Dış Çapı), Değişim Miktarı: % 15



Şekil 4.5. Verim Faktörü-Akışkan Borusu Dış Çapı Grafiği

Şekil 4.5'deki grafikten anlaşılacağı üzere içinde akışkan geçen borunun dış çapındaki artış verim faktörü değerini artırmaktadır. Ancak bu artış çok büyük bir oranda olmamaktadır. Akışkan borunun çapının artması, yutucu plakadan gelen ısıyı daha çok alabilmek ve daha çok akışkana aktarabilmek anlamına gelmektedir. Eğer akışkan borusu bünyesindeki ısıyı anında ve bir engel olmaksızın akışkana

aktarabilseydi çok büyük ya da çok küçük olmasının bir anlamı olmayacaktı. Ancak akışkan borusunun ısıyı akışkana aktarımı ısı transfer katsayısına bağlıdır. Bu da akışkan borusunun daha çok aldığı ısıyı akışkana daha çok aktarabilmesi demektir. Yani yutucu plakadan daha fazla ısı alabilmesi anlamına gelmektedir. Bu da verim faktörü üzerinde az da olsa artırıcı yönde bir etki yapmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Verim faktörüne etkisi ölçülmek için seçilen 5 parametre'den ilk 2 parametrenin; plakanın yayma oranı (ε_p) ve örtünün yayma oranının (ε_g) artırılması ile sistemin verim faktörü değerinin düştüğü görülmüştür (Şekil 4.1, 4.2).

Daha sonra alınan 3 parametrenin; yutucu plaka ile boruyu birbirine bağlamak için kullanılan birleştirme ısı iletkenlik katsayısı (k_b), plaka ısı iletkenlik katsayısı (k_p) ve akışkan borusu dış çapının (D) artırılmasının ise sistem verim faktörünü artırdığı görülmüştür (Şekil 4.3, 4.4, 4.5).

Program vasıtasıyla elde edilen veriler ve verim faktörünün değerleri arasında oluşan farkın aritmetik ortalamaları şöyledir:

Çizelge 5.1. Sonuçlar

Parametre İsmi	Verim Faktörü Değerleri	Verim Faktörü Değerleri Arasındaki Mutlak Farkın Aritmetik Ortalaması (4 ondalık rakam hassasiyetiyle)
Plakanın yayma oranı (ε_p)	0.8944-0.8855-0.8773-0.8693-0.8608-0.8514-0.8407-0.8280-0.8123-0.7921-0.7647	0.0130
Örtünün yayma oranının (ε_g)	0.9005-0.8902-0.8802-0.8704-0.8608-0.8514-0.8422-0.8332-0.8244-0.8158-0.8074	0.0093
Birleştirme ısı iletkenlik katsayısı (k_b)	0.8514-0.8514-0.8514-0.8514-0.8514-0.8514-0.8514-0.8514-0.8514-0.8514-0.8514	0
Plaka(Levha) ısı iletkenlik katsayısı (k_p)	0.7514-0.7971-0.8206-0.8349-0.8445-0.8514-0.8566-0.8607-0.8640-0.8667-0.8689	0.0118
Akışkan borusu dış çapı (D)	0.8430-0.8448-0.8465-0.8482-0.8498-0.8514-0.8530-0.8545-0.8560-0.8575-0.8589	0.0016

Çizelge 5.1'den şu sonuçlar çıkartılabilir:

Çizelgede, plakanın yayma oranı (ϵ_p) ve örtünün yayma oranının (ϵ_g) artırılması her ne kadar verim faktörü değerini azaltsa dahi bu iki parametrenin azaltılması düşünüldüğünde verim faktörünün değerinin artacağı açıktır. Aslında amaç sürekli parametreleri azaltmak veya artırmak olmayıp, değişimin verim faktörü üzerindeki etkisi önemlidir.

Bu husus ve çizelgedeki değerler dikkate alındığında seçilen 5 parametrenin verim faktörü değeri üzerindeki olumlu etkisi en fazla olandan en az olana doğru sıralaması şu şekilde ortaya çıkmıştır:

- 1- Plakanın yayma oranı (ϵ_p) – Azaltılmalıdır
- 2- Plaka ısı iletkenlik katsayısı (k_p) – Artırılmalıdır
- 3- Örtünün yayma oranı (ϵ_g) – Azaltılmalıdır
- 4- Akışkan borusu dış çapı (D) – Artırılmalıdır
- 5- Birleştirme ısı iletkenlik katsayısı (k_b) – Artırılmalıdır

6. KAYNAKLAR

- [1] Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, 2007. Web Sitesi. <http://repa.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>. Erişim Tarihi: 03.09.2009
- [2] P. AXAOPOULOS, G. PITSILIS and P. PANAGAKIS, , Multimedia Education Program For an Active Solar Hot Water System, 18 April 2002
- [3] Tayfun MENLİK, Mustafa AKTAŞ, Mustafa Bahadır ÖZDEMİR, Türkiye’de Bölgesel Olarak Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinin Kapasite Hesaplarının Bilgisayar Programı İle Yapılması, 2004
- [4] Etem Sait ÖZ, Tayfun MENLİK, Mustafa AKTAŞ, Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Kullanmanın Isıl Analizi, 2004
- [5] Yrd. Doç. Dr., Yahya DOĞU, Mak. Müh., Nuriye ÇALIŞKAN, Arş. Gör. Nur ÇEKEL, Düz Güneş Enerjisi Toplayıcılarında Yutucu Plakada Oluşan Isı Transferinin Parametrik Analizi, 2000
- [6] Abdurrahman KILIÇ-Aksel ÖZTÜRK, Güneş Enerjisi, İstanbul (1980), Kipaş
- [7] John A.Duffie-William A.Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, America(2006), John Willey & Sons
- [8] A. Yücel UYAREL- Ethem Sait ÖZ, Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Ankara(Kasım–1987), Birsen Yayınevi

ÖZGEÇMİŞ

01.06.1976 yılında Malatya’da doğdu. 3 çocuklu bir ailenin ortanca çocuğudur. İlk, Orta ve Lise’yi Malatya’da bitirdi. 1994 yılında Adana Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü kazandı. 1999 yılında üniversiteden mezun oldu. Askerliğini 2001 – 2002 yıllara arasında Çankırı ve Aydın’da kısa dönem olarak yaptı. Malatya’ya döndükten sonra bir süre çalıştı ve şu an Sivas Tüdemsaş’da planlama bölümünde mühendis olarak çalışmaktadır. Evli ve 1 çocuk babasıdır.