

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



BALIKESİR İL VE İLÇELERİNDE KONUTLARDA GÜNEŞ
ENERJİSİ DESTEKLİ SICAK SU ELDESİNİN EKONOMİK
ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ONUR YAŞAR

BALIKESİR, HAZİRAN 2017

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**BALIKESİR İL VE İLÇELERİNDE KONUTLARDA GÜNEŞ
ENERJİSİ DESTEKLİ SICAK SU ELDESİNİN EKONOMİK
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ONUR YAŞAR

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. BEDRİ YÜKSEL (Tez Danışmanı)

Yrd. Doç. Dr. ENVER YALÇIN

Yrd. Doç. Dr. ASİYE ASLAN

BALIKESİR, HAZİRAN 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Onur YAŞAR tarafından hazırlanan “**BALIKESİR İL VE İLÇELERİNDE KONUTLARDA GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ SICAK SU ELDESİNİN EKONOMİK ANALİZİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 13 Haziran 2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy~~ ~~çeldüğü~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman




Prof. Dr. Bedri YÜKSEL

Üye

Yrd. Doç. Dr. Enver YALÇIN

Üye

Yrd. Doç. Dr. Asiye ASLAN


.....

.....

.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

Bu tez çalışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 1.2014.0032 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

**BALIKESİR İL VE İLÇELERİNDE KONUTLARDA GÜNEŞ ENERJİSİ
DESTEKLİ SICAK SU ELDESİNİN EKONOMİK ANALİZİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ONUR YAŞAR
BALIKESİR UNIVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. BEDRİ YÜKSEL)
BALIKESİR, HAZİRAN 2017**

Enerji kavramı, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji sorunu ele alınmıştır. Esas olarak güneş enerjili su ısıtma sistemleri ve çeşitleri anlatılmış bunların kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir. Düz yüzeyli güneş toplayıcıları ve kısımları tanıtılmıştır. Ülkemizde ve ilimizde mutfak ve banyolarda kullanılan sıcak suyun güneş enerjisi destekli elde edilmesi ve bu amaçla kullanılan doğal gaz, kömür ve LPG tüketiminin azaltılması, bu yakıtların kullanımının azaltılmasıyla çevre kirliliğine etkisinin belirlenmesi, enerji alanında yurtdışına ödenen dövizin düşürülmesi konularında sayısal değerlerin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla, Balıkesir il merkezi ve ilçelerindeki hane sayılarından ve bu hanelerde yaşayan kişi sayılarından gidilerek, her hanenin sıcak su tüketim miktarları belirlenmiştir. İlgili standartlardan yararlanılarak bir kişinin ve konutun sıcak su tüketim miktarları belirlenmiştir. Yılın aylara göre bulunan güneş enerjisi miktarlarından yararlanarak, sıcak su eldesinde kullanılan enerjinin uygun kısmının bu kaynaktan sağlanacak miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Güneş destekli enerjilerin kullanımı ile atmosfere atılan CO₂, SO₂, partikül azalma miktarları ve ekonomimize getirileri incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Düz Yüzeyli Güneş Kollektörleri, Güneş Enerjisi, Kollektör Verimleri

ABSTRACT

ECONOMIC ANALYSIS OF SOLAR ENERGY ASSISTED OBTAINING HOT WATER IN HOUSES AT BALIKESİR CITY AND DISTRICTS

MSC THESIS

ONUR YAŞAR

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. BEDRİ YÜKSEL)

BALIKESİR, JUNE 2017

Energy concept, renewable energy sources and energy problem are discussed. Solar powered water heating system and its types are mainly explained and the information on the use area of these systems are provided within this study. Flat plate solar collectors and their parts are explained. The studies are conducted to obtain water used in kitchen and baths in our country and province and to decrease the consumption of natural gas, coal and LPG used for this purpose, to establish numerical rates so as to decrease the foreign currency used to foreign countries for the energy. For this purpose, amount of hot water consumption has been established for each person and each house by using relevant standards. The proper amount of solar energy by months of the year determine the amount of the appropriate part of the energy used in hot water supply from this source. The amount of decrease in CO₂, SO₂ and particulate released into the atmosphere by the use of solar energies and its advantages for our economy have been investigated in detail.

KEYWORDS: Flat Plate Solar Collectors, Solar Energy, Efficiency of Collectors

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
KISALTMA LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Kavramı	1
1.2. Dünya’da Enerji Durumu	2
1.3. Türkiye’de Enerji Durumu	2
1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	4
1.4.1. Jeotermal Enerji	4
1.4.2. Rüzgâr Enerjisi	5
1.4.3. Biyokütle Enerjisi	5
1.4.4. Hidrolik Enerji	6
1.4.5. Güneş Enerjisi	7
1.5. Güneşin Yapısı ve Özellikleri	8
1.6. Güneş Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi	8
1.7. Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	9
1.8. Güneş Enerjisinin Avantajları	13
1.9. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	13
1.10. Güneş Enerjisinden Faydalanma Şekilleri	13
1.10.1. Pasif Sistemler	13
1.10.1.1. Çatı Havuzları	14
1.10.1.2. Güneş Bacaları	14
1.11. Fotovoltaik Piller	14
1.12. Yoğunlaştırıcı Toplayıcılar	15
1.13. Literatür Araştırması	16
2. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU ELDE ETME SİSTEMLERİ	23
2.1. Doğal Dolaşımli Sistemler	23
2.1.1. Açık Devreli Doğal Dolaşımli Sistemler	23
2.1.2. Kapalı Devreli Doğal Dolaşımli Sistemler	24
2.2. Pompalı Dolaşımli Sistemler	25
2.2.1. Açık Devreli Pompalı Dolaşımli Sistemler	25
2.2.2. Kapalı Devreli Pompalı Dolaşımli Sistemler	26
2.2.3. Güneş Enerjisi Toplayıcıları	28
2.2.3.1. Düz Yüzeyle Güneş Toplayıcıları	28
2.2.3.1.1. Saydam Örtü	29
2.2.3.1.2. Yutucu Yüzeyle	29
2.2.3.1.3. İzolasyon	30
2.2.3.1.4. Toplayıcı Kasası	30
2.2.3.1.5. Toplayıcı Boruları	30

2.3. Vakum Tüplü Güneş Toplayıcılar.....	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1. Çalışmanın Amacı.....	34
3.2. Balıkesir İlinin Tanıtımı.....	34
3.2.1 Genel Tanıtım.....	34
3.2.2. Balıkesir İl ve İlçelerine Ait Güneş Radyasyon Değerleri, Nüfus ve Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynakları.....	36
3.2.3. Nüfus ve Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Yakıt Türü İle İlgili Bilgiler.....	45
3.3. Balıkesir İl Merkezi ve İlçelerinde Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Yakıtlar ve Özellikleri.....	50
3.4. İl merkezi ve İlçelerin Sıcak Su İhtiyacının Belirlenmesi.....	51
3.5. Toplayıcı Alanı ve Toplayıcı Sayısının Hesaplanması.....	52
3.6. Güneş Enerjisi Kullanımı İle CO ₂ deki Azalmanın Hesaplanması.....	55
3.7. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Geri Ödeme Süreleri ve Net Bugünkü Değer Yöntemi.....	59
4. BULGULAR.....	61
4.1. Aylara Göre İl ve İlçelerde Sıcak Su İçin Gerekli Enerji Miktarları.....	61
4.2. Aylara Göre İl ve İlçelerin Toplayıcı Verimleri ve Toplayıcı Sayıları.....	62
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	100
6. KAYNAKLAR.....	104

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: Türkiye'nin 2014 yılı birincil enerji arzı	2
Şekil 1.2	: Türkiye'nin 2014 yılı birincil enerji üretiminde kaynakların miktar ve payları	3
Şekil 1.3	: Türkiye'nin 2015 yılı kaynaklara göre kurulu gücü	3
Şekil 1.4	: Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi	5
Şekil 1.5	: Türkiye'nin hidrolik enerji gücünün yıllara göre değişimi	6
Şekil 1.6	: Dünyanın güneş radyasyonu haritası	7
Şekil 1.7	: 2010 yılı itibariyle işletmede olan toplam sulu toplayıcı kapasitesi	10
Şekil 1.8	: 2010 yılında yeni kurulan sulu toplayıcı kapasitesi bakımından lider olan on ülke	12
Şekil 1.9	: 2010 yılında yeni kurulan toplayıcı kapasitesinin ülkelere göre dağılımı	12
Şekil 1.10	: Fotovoltaik güneş panelleri	15
Şekil 1.11	: Parabolik güneş toplayıcıları	16
Şekil 2.1	: Doğal dolaşımli açık devreli sistemlerin şeması	24
Şekil 2.2	: Doğal dolaşımli kapalı devreli sistemlerin şeması	25
Şekil 2.3	: Pompalı dolaşımli açık devreli sistemlerin şeması	26
Şekil 2.4	: Cebri dolaşımli kapalı devreli sistemlerin şeması	27
Şekil 2.5	: Düz yüzeyli güneş toplayıcısının kesiti	28
Şekil 2.6	: Güneş enerjisi toplayıcılarının bağlantı şekilleri	31
Şekil 2.7	: Vakum tüplü güneş toplayıcıları	32
Şekil 3.1	: Balıkesir ilinin Türkiye Siyasi Haritasındaki yeri	35
Şekil 3.2	: Balıkesir merkez ve ilçeleri haritası	35
Şekil 3.3	: 1970-2015 yılları arası Türkiye ortalama günlük toplam güneşlenme süresi haritası	37
Şekil 3.4	: Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası	39
Şekil 3.5	: Balıkesir ilinin aylık global radyasyon değerleri	46
Şekil 3.6	: Balıkesir merkezinin aylara göre güneşlenme süreleri	46
Şekil 3.7	: Balıkesir ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık değerleri	47
Şekil 3.8	: Balıkesir ilinin aylara göre bağıl nem oranları	48
Şekil 3.9	: Balıkesir iline ait aylık bulutluluk faktörü	49
Şekil 3.10	: Balıkesir ilinin aylara göre ortalama rüzgâr hızları	49
Şekil 3.11	: Balıkesir ilinin aylara göre toprak sıcaklıkları	50
Şekil 4.1	: Tüketilen yakıtlardan açığa çıkan CO ₂ kütlelerinin aylara göre değişimi	73
Şekil 4.2	: Tüketilen yakıtlara ödenen paranın TL cinsinden aylara göre değişimi	75

Şekil 4.3 : Tüketilen yakıtların geri ödeme süreleri84



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 : 2012 yılında Dünya’da yeni kurulan düzlemsel toplayıcı kapasiteleri	11
Tablo 1.2 : Fotovoltaik pillerin avantaj ve dezavantajları	15
Tablo 2.1 : Doğal dolaşimli sistemler ve pompalı dolaşimli sistemlerin karşılaştırılması	27
Tablo 2.2 : Değişik seçici yüzeylerin yutma ve yansıtma değerleri	30
Tablo 2.3 : Düz yüzeyli toplayıcıların ve vakum tüplü toplayıcıların karşılaştırılması	33
Tablo 3.1 : Balıkesir ve ilçelerinin nüfusları, sıcak su üretiminde kullanılan yakıt türleri, aylık ortalama radyasyon değerleri ve rakım değerleri	36
Tablo 3.2 : Türkiye’de bölgelere göre güneşlenme süresi ve enerjisi	37
Tablo 3.3 : Türkiye’nin aylara göre güneş enerjisi dağılımı	38
Tablo 3.4 : Balıkesir ve ilçelerinin aylara göre ortalama hava sıcaklıkları.....	40
Tablo 3.5 : Balıkesir merkezinin ve ilçelerinin yatay yüzeye gelen aylık ortalama ışınım değerleri tablosu	41
Tablo 3.6 : Balıkesir ve ilçelerinin yatay yüzeye gelen radyasyon değerleri	42
Tablo 3.7 : Balıkesir il ve ilçelerinin aylara göre eğik yüzeye gelen ışınım değerleri (kWh/m ² -gün) (Eğim açısı=39°)	43
Tablo 3.8 : Balıkesir il ve ilçelerinin eğik yüzeye gelen radyasyon değerleri (Eğim açısı= 35,1°)	44
Tablo 3.9 : 2015 yılı Balıkesir nüfusunun ilçelere göre dağılımı	45
Tablo 3.10 : Balıkesir ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık değerleri	47
Tablo 3.11 : Konutlarda sıcak su ihtiyacı tablosu	51
Tablo 3.12 : Daire sayısı-eş zaman faktörü tablosu	52
Tablo 3.13 : Ortalama toplayıcı verim katsayıları tablosu	54
Tablo 3.14 : Enlem açısı ve R değerleri	55
Tablo 3.15 : Tüketilen yakıtların yaklaşık kapalı formülleri	58
Tablo 3.16 : Tüketilen yakıtlar ve özellikleri	58
Tablo 3.17 : Yakıtlara ait hava fazlalık(α) katsayıları	58
Tablo 3.18 : Tüketilen yakıtlar ve birim fiyatları	60
Tablo 4.1 : Aylara göre sıcak su için gerekli enerji ihtiyaçları, ortalama şebeke suyu sıcaklıkları ve yatay yüzeye gelen ışınım değerleri tablosu	62
Tablo 4.2 : Balıkesir ve ilçelerinin aylara göre ortalama toplayıcı verimleri	64
Tablo 4.3 : Balıkesir il ve ilçeleri için aylık ihtiyaç duyulan toplayıcı alanları	65
Tablo 4.4 : Balıkesir’in ilçelerinin aylara göre toplayıcı sayılarının değişimi	66

Tablo 4.5 : Güneş toplayıcısından elde edilen faydalı enerjiler (MJ) (Eğim açısı=39°).....	68
Tablo 4.6 : Güneş toplayıcısından elde edilen faydalı enerjiler (MJ) (Eğim açısı=35,1°)	69
Tablo 4.7 : Balıkesir il merkezi ve ilçelerinde güneş enerjisinden elde edilen toplam faydalı enerjiler	70
Tablo 4.8 : Kullanılan yakıtların mol kütleleri.....	71
Tablo 4.9 : Sıcak su üretimi için gerekli yakıt miktarları	72
Tablo 4.10 : Kullanılan yakıtlardan açığa çıkan CO ₂ ve SO ₂ miktarları.....	73
Tablo 4.11 : Kullanılan yakıtlara ödenen para	74
Tablo 4.12 : Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin kömür cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 39°).....	76
Tablo 4.13 : Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin doğalgaz cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 39°)	77
Tablo 4.14 : Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin LPG cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 39°).....	78
Tablo 4.15 : Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin kömür cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 35,1°).....	79
Tablo 4.16 : Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin doğalgaz cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 35,1°)	80
Tablo 4.17 : Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin LPG cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 35,1°).....	81
Tablo 4.18 : 39° ve 35,1° eğim açısı için güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjinin kömür, doğalgaz ve LPG cinsinden tasarruf karşılıkları (TL/yıl)	82
Tablo 4.19 : Tüketilen yakıtlar ve geri ödeme süreleri	83
Tablo 4.20 : Kömür için net nakit girişleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°).....	85
Tablo 4.21 : Doğalgaz için net nakit girişleri (Eğim açısı=39°).....	86
Tablo 4.22 : LPG için net nakit girişleri (Eğim açısı=39°)	87
Tablo 4.23 : Kömür için net nakit girişleri (Eğim açısı=35,1°).....	88
Tablo 4.24 : Doğalgaz için net nakit girişleri (Eğim açısı=35,1°).....	89
Tablo 4.25 : LPG için net nakit girişleri (Eğim açısı=35,1°)	90
Tablo 4.26 : Kömür için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°).....	92
Tablo 4.27 : Doğalgaz için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°).....	93
Tablo 4.28 : LPG için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°).....	94
Tablo 4.29 : Kömür için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=35,1°).....	95
Tablo 4.30 : Doğalgaz için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=35,1°).....	96
Tablo 4.31 : LPG için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=35,1°).....	97
Tablo 4.32 : 39° ve 35,1° eğim açısı için tüketilen yakıtların net bugünkü değer yöntemine göre geri ödeme süreleri	98

SEMBOL LİSTESİ

a'	: Toplayıcı optik performans verimi
A	: Toplam toplayıcı alanı
A_{hava}	: Havanın katsayısı
A_{kol}	: Toplayıcının alanı
b	: Toplayıcının çevresi
b'	: Toplayıcı ısı kayıp katsayısı
B	: Oksijenin katsayısı
c_p	: Toplayıcı içinde dolaşan akışkanın sabit basınçtaki özgül ısısı
c_{psu}	: Suyun sabit basınçta özgül ısısı
D	: Borunun dış çapı
D_n	: Azotun katsayısı
i	: İndirgeme oranı
I	: Yatay yüzeye gelen aylık ortalama ışınım
I_β	: Eğik yüzeye gelen aylık ortalama ışınım
I_{opt}	: Optimum eğim açılı yüzeye gelen aylık ortalama ışınım
\dot{I}	: Yatırım tutarı
m	: Projenin inşa süresi
m_a	: Akışkanın kütleli debisi
M	: Yakıtın mol kütlesi
M_{CO_2}	: Karbondioksitin mol kütlesi
M_f	: Yakıtın toplam kütlesi
M_{SO_2}	: Sülfürün mol kütlesi
m_{su}	: Suyun kütleli debisi
n	: Tesisin ekonomik ömrü
$Q_{\text{günlük}}$: Günlük sıcak su ihtiyacı için gerekli enerji miktarı
Q_{solar}	: Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerji
R_{kol}	: Eğimli toplayıcı yüzey dönüşüm faktörü
S	: Artık değer
t	: Yıl
T	: Sıcaklık
T_a	: Çevre sıcaklığı
T_g	: İstenilen su sıcaklığı
T_{kol}	: Toplayıcı ortalama sıcaklığı
$T_{\text{şebeke}}$: Şebeke suyunun sıcaklığı
Z	: Toplayıcı sayısı
η_{kol}	: Toplayıcı ortalama verimi
σ	: Stefan boltzman sabiti
α	: Hava fazlalık katsayısı
β	: Eğim açısı

KISALTMA LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
KWh	: Kilowatt Saat
M.Ö	: Milattan Önce
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
MWh	: Megawatt Saat
MWt	: Megawatt Ton
MWth	: Megawatt Isı
NBD	: Net Bugünkü Değer
NNG	: Net Nakit Girişi
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PVGIS	: Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü

ÖNSÖZ

Dünyamızda artan enerji ihtiyacı ve küresel ısınma sorunu insanlığı yeni enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bu yeni enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi evrenin ana enerji kaynağıdır. Türkiye, güneş toplayıcılarının üretimi ve kullanımı alanında dünyanın önde gelen ülkelerinden birisidir.

Yapılan bu çalışma ile düz yüzeyli güneş toplayıcıları hakkında ve ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli konusunda toplumun bilgilendirilmesi ve düz yüzeyli toplayıcıların kullanımı ile ilgili verim, toplayıcı alanı, optimum toplayıcı sayısı ve maliyet analizi konularında meslektaşlarımıza katkı sağlayacak, sonraki çalışmalara alt yapı oluşturacak bir kaynak olması amaçlanmıştır.

Öncelikle bana bu konuda çalışma yapma olanağı sunan ve bana her zaman destek olan tez danışmanım, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Bedri YÜKSEL hocama ve bugünlere gelmemde en büyük emeği olan ve her türlü desteklerini hissettiğim babam Kadir YAŞAR ve annem Füsun YAŞAR' a teşekkürlerimi borç bilirim.

Balıkesir, 2017

Onur YAŞAR

1. GİRİŞ

1.1. Enerji Kavramı

Madde yapısı ve bulunduğu konum itibarıyla enerjiye sahip olur. Bu enerji terimi daha çok ısı ve iş kavramı olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan hayatının devamındaki dört temel unsurdan birisi enerjidir. Enerji, enerji kaynaklarından üretilir ve doğrudan veya diğer enerji şekillerine dönüştürülerek çeşitli maksatlar için kullanılır. Enerji üretimi ve tüketimi çağımızda ülkeler arasında refah göstergesi olup yeni enerji kaynaklarının bulunması, enerjinin bol ve ucuz olarak üretilmesi günümüz devletlerin en önemli ekonomik hedeflerinden birisidir [1].

İnsanoğlu yaratıldığı günden, günümüze kadar enerji kaynaklarından yararlanmıştır. Tarih öncesi devirlerde ateşin önemi büyüktür. 19.yüzyılın ortalarına kadar odunun önemli bir yeri vardır. 1765 yılında buhar makinesinin icadıyla insan gücünün yerini makineler almıştır. Daha sonra ise elektrik motorunun icadı, petrolün bulunması, nükleer enerji gibi gelişmeler takip etmiştir [2].

Güneş enerjisi, bakıldığında fosil yakıtlara alternatif bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Güneş enerjisi bulunması zor bir enerji türü olmamakla birlikte güneş enerjisinin uygun enerji türlerine dönüştürülebilmesi asıl önemli kısımdır [3].

Güneş enerjisi bol, sürekli, bedava bir enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Fosil yakıt kullanımının sonucunda oluşan sera etkisi ile yeryüzünün sıcaklığı 0,7°C artmıştır. Yaklaşık 1°C artış iklim kuşaklarında belirgin değişmeye 3°C'lik artış ise kutuplardaki buzulların erimesi, denizlerdeki su seviyesinin yükselmesi, göllerin kuruması ve tarım alanlarının kuraklaşmasına neden olacaktır. Enerji kullanımından vazgeçemeyeceğimize göre enerji kaynaklarının kullanımında güneş enerjisi ve

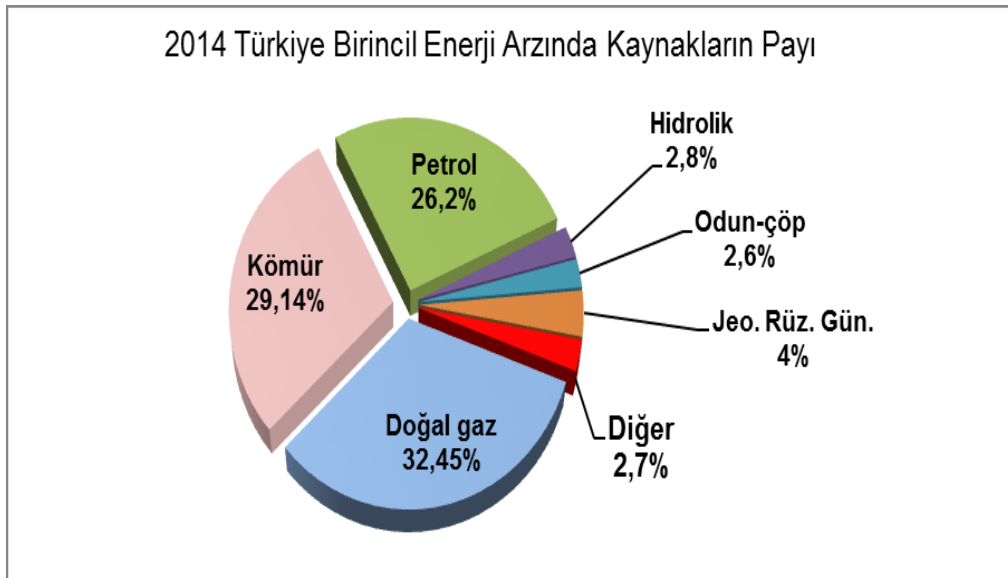
alternatif enerji kaynaklarının kullanımı dünyamız ve geleceğimiz açısından daha iyi olacaktır [3].

1.2. Dünya’da Enerji Durumu

Dünyada enerji tüketimi, ekonomik büyüme, teknoloji ve nüfus artışıyla beraber artan bir yapıdadır. Yapılan tahminlere göre 2010-2040 yılları arasında enerji tüketimi % 56 artacaktır. Bu 30 yıllık süreçte OECD ülkelerinin enerji talebi % 17, OECD dışı ülkelerin ise % 90 artacaktır. 2035 yılında ise dünya birincil enerji kaynakları tüketiminin 18.676 MTEP’e yükselmesi beklenmektedir. Bu süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması beklenen durumlardandır [4].

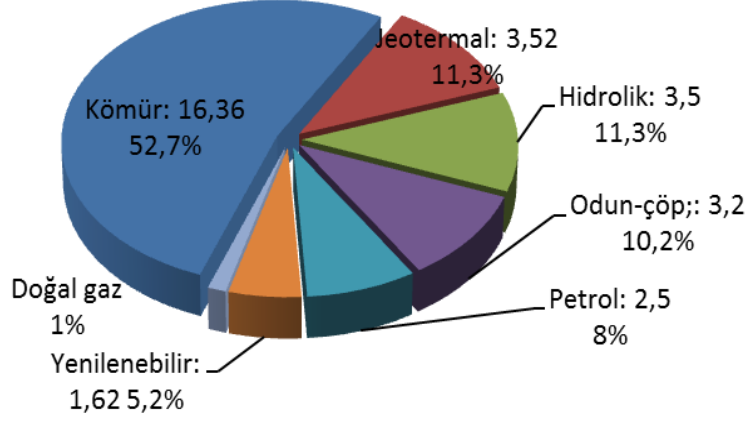
1.3. Türkiye’de Enerji Durumu

Ülkemizin 2014 yılındaki toplam birincil enerji arzı incelendiğinde bu rakam 124 milyon TEP olarak hesaplanmıştır. Bu arzın kaynaklara göre dağılımına bakıldığında, ilk sırayı 40.2 milyon TEP ile doğal gaz almıştır. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi doğal gazı; sırasıyla kömür, petrol, jeotermal, hidrolik, odun-çöp, rüzgâr-güneş ve diğer kaynaklar izlemiştir. Şekil 1.2’de ise ülkemizin 2014 yılı birincil enerji üretiminin kaynaklara göre miktar ve payları görülmektedir [5].



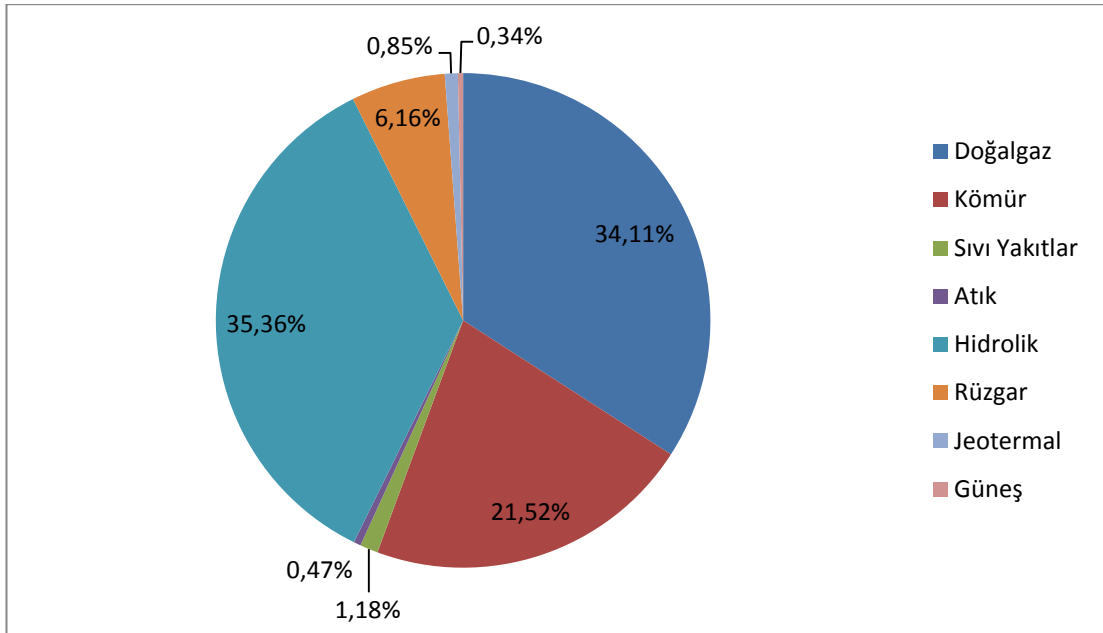
Şekil 1.1: Türkiye’nin 2014 yılı birincil enerji arzı [5]

2014 Türkiye Birincil Enerji Üretiminde Kaynakların Miktar ve Payları (MTEP; %)



Şekil 1.2: Türkiye'nin 2014 yılı birincil enerji üretiminde kaynakların miktar ve payları [5]

Şekil 1.3'de Türkiye'nin 2015 yılı kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımları verilmiştir. Şekil 1.3 incelendiğinde ülkemizin 2015 yılı kurulu gücünde hidrolik enerji % 35.36'lık pay ile ilk sırayı almaktadır.



Şekil 1.3: Türkiye'nin 2015 yılı kaynaklara göre kurulu gücü [5]

1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları; temiz, tükenmeyen, yenilenebilme özelliğine sahip; su, hava, toprak, bitkiler ve yer altında bulunan sıcak sular ve sıcak kayalar, dünyanın ısınmasını sağlayan güneş ışınlarıdır. Bugün bizlerin yenilenebilir enerji kaynakları dediğimiz kaynaklar aşağıdaki gibidir [6].

- 1) Jeotermal Enerji
- 2) Rüzgâr Enerjisi
- 3) Biyokütle Enerjisi
- 4) Hidrolik Enerji
- 5) Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının genel özelliklerine bakıldığında çevre kirliliğine sebep olmazlar. Mevcut teknolojilerden daha basit ve güvenli olup kullanışları çok kolaydır. Kayıpları ise çok az olup kaynakları güneş, hava ve sudur. Kullanıldıkları yerde üretilmeye müsait bir yapıları vardır [6].

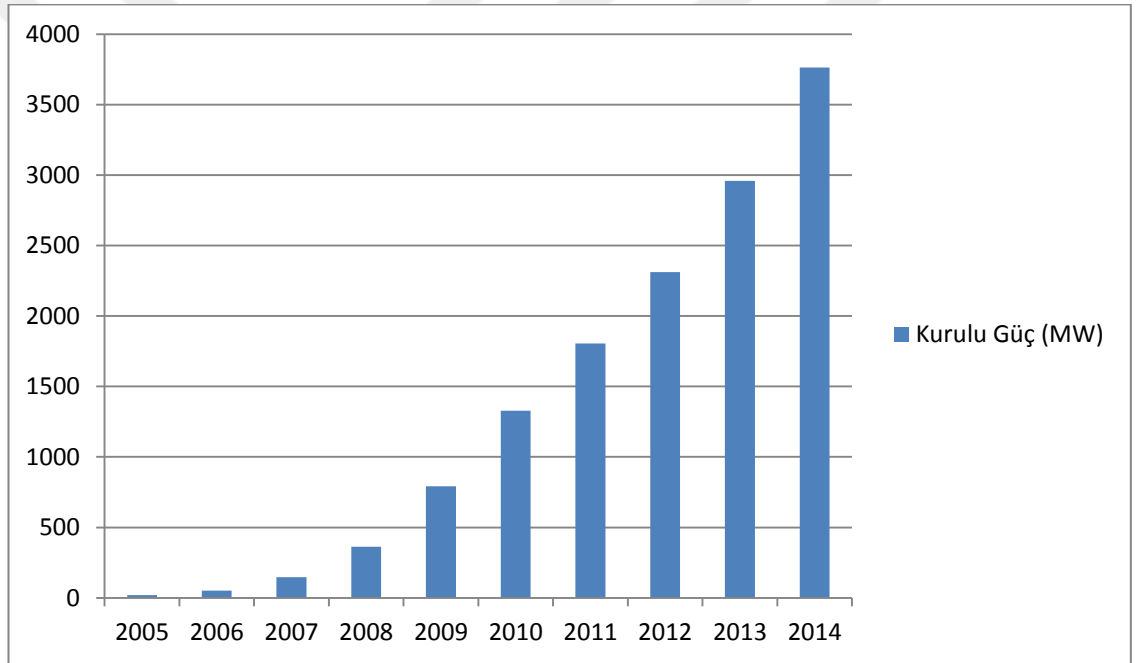
1.4.1. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, dünyamızın iç ısısı olarak geçmektedir ve elektrik enerjisi üretimi, evlerin ısıtılması, kışın kaldırımlarda biriken karların eritilmesi, tarım, seracılık ve balıkçılık gibi birçok amaç için kullanılır [7]. Jeotermal enerji kaynaklarının birçok faydası vardır. Bunların en başında yenilenebilir olması yani doğru kullanımla tükenmesi zor bir enerji çeşidi olması gelmektedir. Yine jeotermal enerjinin maliyetinin düşük olması ve bu sebeple geri ödeme süresinin de düşük olması başlıca faydalar arasında yer almaktadır [8].

Ülkemiz 31.500 MWt jeotermal enerji kapasitesi ile Avrupa'da 1. sırada, Dünya'da ise 7. sırada yer almaktadır [9].

1.4.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneşin dünyanın çeşitli bölgelerini farklı ısıtmasından oluşmaktadır. Yeryüzündeki bölgelerin farklı ısınması; bölgelerdeki basıncın farklı olmasına, bu basınç farklarının rüzgârlara sebep olduğu bilinmektedir. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi rüzgâr türbinleriyle gerçekleştirilmektedir. Rüzgâr türbinlerinin çalışma prensibi sırasıyla; kinetik enerjinin mekanik enerjiye ve elektrik enerjisine dönüşmesi döngüsüne dayanmaktadır [7]. Ülkemizin 2014 yılı rüzgâr enerjisi kurulu gücü 3762.10 MW'dır [9]. Şekil 1.4'de Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 1.4: Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi [9]

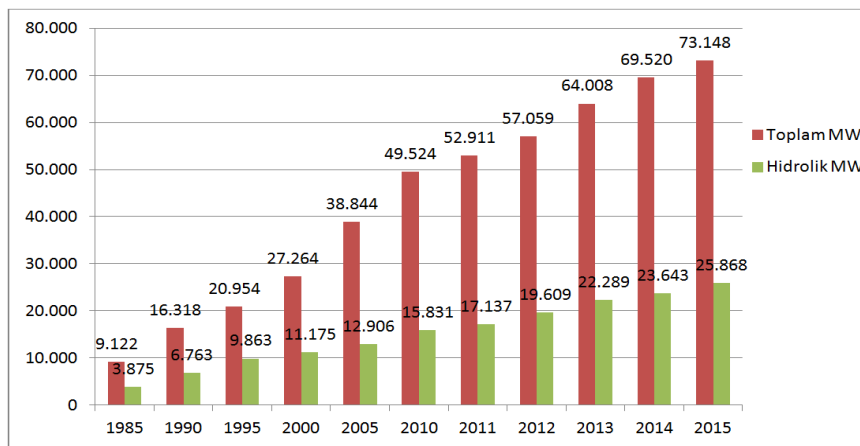
1.4.3. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, kelime anlamı olarak yaşayan organizmalardan üretilen madde anlamına gelmektedir. Biyokütle, bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları kapsayan bir enerji türü olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle kaynaklarının, kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtlardan farklı birtakım özellikleri vardır. Biyokütle kaynakları, genellikle

homojen olmayan bir yapıda olup yüksek su ve oksijen içerikli, düşük yoğunluklu, düşük ısı değerlidir. Bu durum biyokütle yakıtlarına olumsuz yönde etki eden bir durumdur. Ancak bu durum fiziksel süreçler ve dönüşüm süreçleri ile ortadan kaldırılabilmektedir. Bu fiziksel süreçler boyut küçültme-kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve biriktleme olup, dönüşüm süreçleri ise biyokimyasal ve termokimyasal süreçlerdir [10].

1.4.4. Hidrolik Enerji

Su, canlılar için temel ihtiyaç maddesi olmanın yanında, insan yaşamı için de önemli bir enerji kaynağıdır. Suda bulunan bu enerji türü, hidrolik enerjidir. Hidrolik enerji denilen bu enerji türü çevre dostu, temiz, yenilenebilir, çevreyle uyumlu, %90 gibi yüksek verimliğe sahip, yakıt gideri olmayan, uzun ömürlü, işletme gideri oldukça düşük, dışa bağımlılığı bulunmayan bir enerji türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Hidrolik enerji elektromekanik sistemler vasıtasıyla kullanılabilir hale getirilmektedir. Bu işlemlerin gerçekleştiği tesislere hidroelektrik santraller denilmektedir. Hidroelektrik santrallerinin en büyük dezavantajlarından birisi yağış rejimine bağlı olmasıdır [11]. Şekil 1.5’de ülkemizdeki hidrolik enerji gücünün yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 1.5: Türkiye'nin hidrolik enerji gücünün yıllara göre değişimi [5]

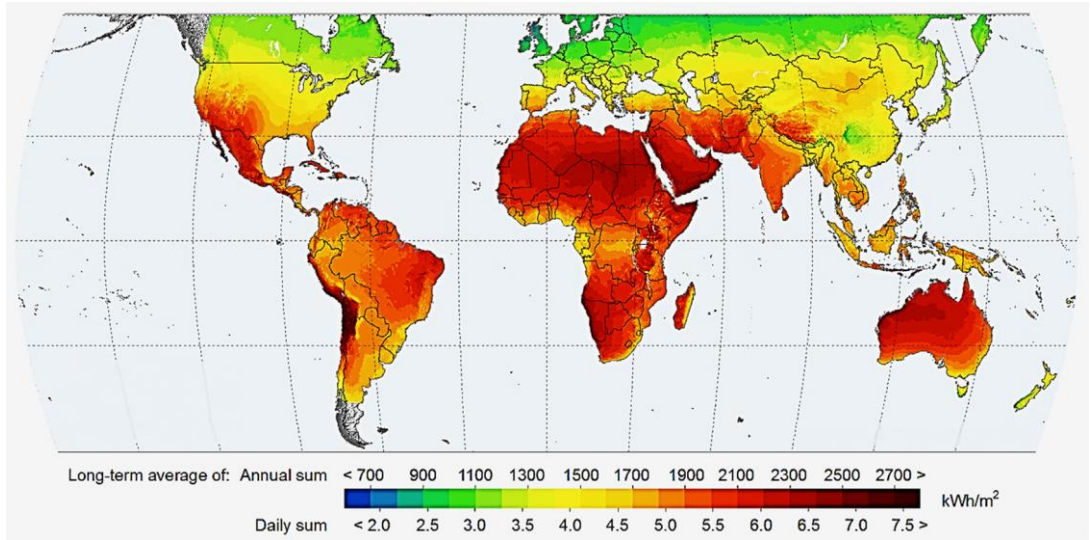
Şekil 1.5 incelendiğinde ülkemizin 2015 yılı hidrolik enerji gücünün 25.868 MW olduğu görülmektedir.

1.4.5. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan ve füzyon tepkimesiyle açığa çıkan ışınım enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti 1370 W/m^2 değerinde olup bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden güneş toplayıcıları, güneş santralleri ve güneş pilleri olmak üzere üç şekilde yararlanılmaktadır [7].

Ülkemizde ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi metrekarede 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), iken ortalama toplam ışınım şiddeti metrekarede yılda 1311 kWh (günlük ortalama 3.6 kWh) olarak hesaplanmıştır. Yani ülkemiz 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Ülkemizde en fazla güneş enerjisi alan bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi takip etmektedir [7].

2015 yılı verilerine göre ülkemizin güneş enerjisinde kurulu gücü 248.8 MW'dır. [12]. Şekil 1.6'da dünyanın güneş radyasyonu haritası verilmiştir.



Şekil 1.6: Dünyanın güneş radyasyonu haritası [13]

1.5. Güneşin Yapısı ve Özellikleri

Güneş, 1,390,000 km çapında ve dünyadan ortalama 150,000,000 km uzaklıkta bulunan yüksek sıcaklıklı küre şeklinde bir yıldızdır. Güneş, kendi eksenini etrafındaki dönüşünü yaklaşık olarak 4 haftada tamamlar. Ancak, bu ekvatorial yörüngede 27 gün iken kutupsal yörüngede 30 gündür [14].

Güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık 6,000 °C, merkez sıcaklığı 8,000,000°K ile 40,000,000°K arasında değişmekte olup, yoğunluğu suyun yoğunluğunun 80 ile 100 katı kadardır. Güneş, sürekli bir füzyon reaktörü gibi düşünülebilir. En önemli proses ise 4 Hidrojen atomunun 1 Helyum çekirdeğine dönüşmesi olup Helyum çekirdeğinin kütlesi, 4 protonun kütlesinden azdır ve kaybolan kütle, enerjiye dönüşmektedir. Enerji, yüzeye transfer olur ve oradan da uzaya yayılır [14].

Güneşin en üst katmanı fotosfer olup yoğunluğu düşüktür. Fotosfer, güneş radyasyonunun ana kaynağıdır. Fotosferin yukarısı ise çevirme tabakasıdır. Bu tabakanın dışı kromosfer olarak adlandırılıp derinliği ise 10,000 km'dir. Bu tabakanın sıcaklığı fotosferden yüksek olup, yoğunluğu ise düşüktür [14].

1.6. Güneş Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi

Güneş enerjisiyle ilgili en eski uygulamaların başında, Arşimet'in gemileri yakma fikri gelmektedir. 1774 yılına gelindiğinde ise John Priestley ve Lavosier güneş ışınlarını merceklerle yoğunlaştırmışlardır. Ericsson, 1868'de güneş enerjisinden buhar elde ederek makine işletmiş, 1878 yılında ise Paris Dünya Sergisinde güneşli buhar makinesi ile bir matbaa çalıştırılmıştır. 1900'lü yılların başında California'da parabolik çanak tipi, Mısır'da ise çizgisel odaklayıcı yoğunlaştırıcılar kullanılarak, güneş enerjisiyle üretilen buhar, buhar makinesine aktarılıp su pompalama için kullanılmıştır [15].

20. yüzyılın başında özellikle petrolün bol ve ucuz olarak bulunması, güneş enerjisine olan ilgiyi azalmıştır. Nükleer enerji santrallerinin kurulması ile güneş

enerjine olan ilgi iyice azalmıştır. Ancak ABD, Fransa, İngiltere, İsrail ve Sovyetler Birliği, 1950'lerin başından itibaren güneş enerjisine yönelmişler ve bu alanda çalışmalar yapmışlardır. Bu yıllarda Tatbiki Güneş Enerjisi Birliği, bilim adamlarının yapmış olduğu çalışma sonuçlarının yayılması için konferanslar düzenlemiştir. UNESCO 1961 yılında Roma'da bir konferans düzenlemiştir [15].

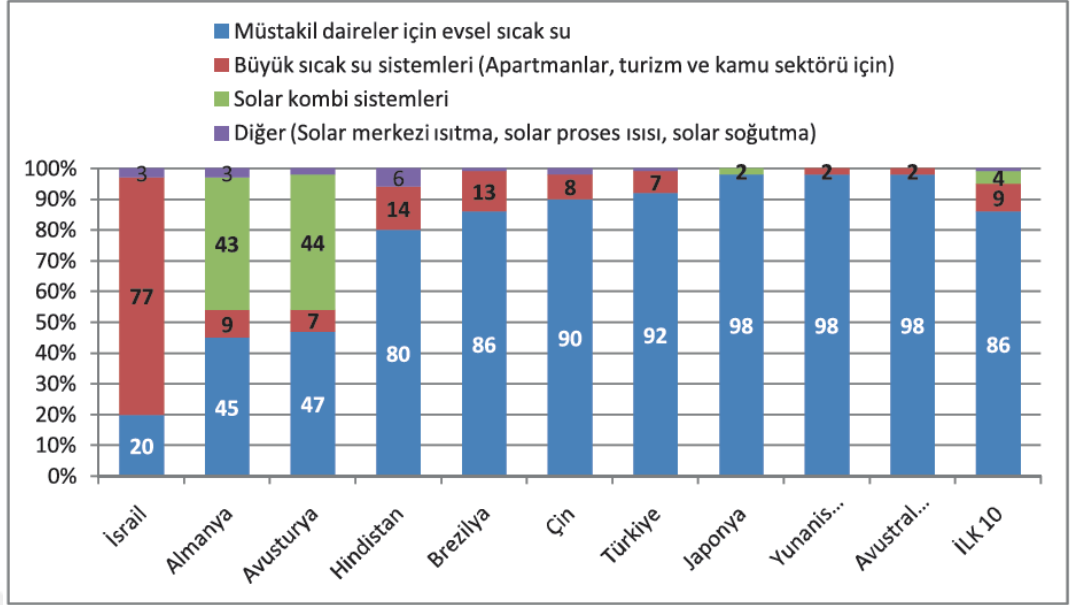
1973 yılında petrol fiyatlarındaki artış, güneş ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi de artırmıştır. Özellikle 1979 yılında başlayan İran-İrak Savaşı, ABD başkanı Jimmy Carter'ın 1980'de seçimi kaybetmesine sebep olunca yeni başkan Ronald Reagan'ın siyaseti gereği birbiriyle savaşan iki petrol zengini ülke ve onların destekleyicileri ham petrol üretimini artırıp fiyatını düşürmüşlerdir. Bu olaydan sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının ve güneşin petrolle rekabet şansı tamamen ortadan kalkmıştır [15].

Sonuç olarak 1950'lerde başlayan, güneş enerjisi teknolojilerinde çok büyük başarılar ulaşılmıştır. Güneş enerjisi teknolojilerinde, Türkiye dahil birçok ülkede güneşli toplayıcı sanayileri doğmuş ve gelişmiştir [15].

1.7. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, 36-42° kuzey enlemleri ve 26-45° doğu boylamları arasında bulunan bir ülke olup güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bir ülkedir. Yıllık ortalama güneş radyasyonu 3.6 kWh/m²-gün iken yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saattir [16].

Türkiye'nin brüt güneş enerjisi potansiyeli 87.5 milyon TEP olup; 26.5 milyon TEP'i ısı, 8.75 milyon TEP'i ise elektrik üretimi için elverişlidir. Ücretsiz enerji sağlayan güneş enerjisinin, enerji maliyetlerine katkısı 600 milyon dolar civarındadır. Ülkemiz güneş enerjisi potansiyelini yeterli bir seviyede kullanabilirse bu değer 3.5 milyar dolara yükselmesi öngörülmektedir [17]. Şekil 1.7'de 2010 yılı itibariyle işletmede olan toplam sulu toplayıcı kapasitesinin ülkelere göre dağılımları verilmiştir.



Şekil 1.7: 2010 yılı itibariyle işletmede olan toplam sulu toplayıcı kapasitesi [11]

Aşağıda, Şekil 1.8’de görüldüğü üzere 2010 yılında yeni kurulan toplayıcı kapasitesi incelendiğinde, Çin 34.30 GWth’lık kapasite ile ilk sırada yer almıştır. Çin’i 1.16 GWth kapasite ile Türkiye izlemekte olup, 2010 yılında dünya genelinde yeni kurulan toplam toplayıcı kapasitesinin % 2.9’una sahip bulunmaktadır [11]. Tablo 1.1’de ise 2012 yılı dünyada yeni kurulan düz yüzeyli güneş toplayıcılarının ülkelere göre dağılımları verilmiştir.

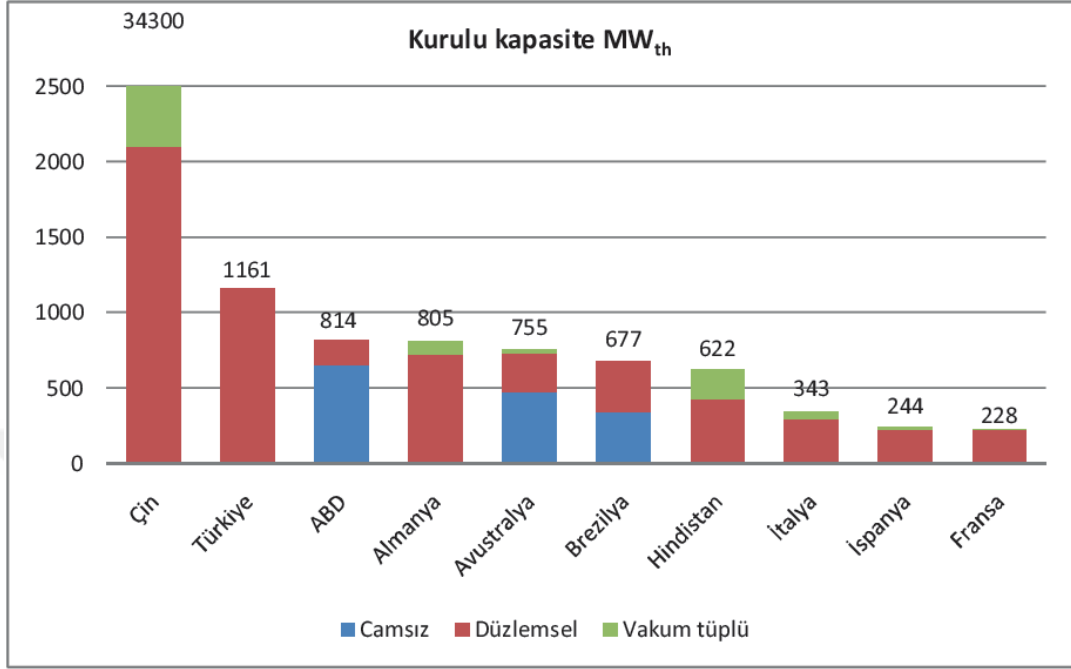
Tablo 1.1: 2012 yılında Dünya’da yeni kurulan düzlemsel toplayıcı kapasiteleri [11]

Ülke	Sulu Kolektörler			Havalı Kolektörler		TOPLAM (m ²)
	Camsız	Düzlemsel	Vakum tüplü	Camsız	Camlı	
Arnavutluk		7.480	82			7.562
Avustralya	680.000	362.351	35.837			1.078.188
Avusturya	5.539	268.093	11.805	350		285.787
Belçika		31.306	6.995			38.301
Brezilya	493.725	472.956				966.681
Bulgaristan		7.750	650			8.400
Kanada	84.690	11.481	11.493	89.560	2.267	199.491
Şili		7.937				7.937
Çin		3.000.000	46.000.000			49.000.000
Kıbrıs	109	32.931	1.782			34.822
Çek Cumhuriyeti	53.000	73.898	17.719			144.617
Danimarka		61.944	400			62.344
Estonya		100	400			500
Finlandiya		4.000	2.000			6.000
Fransa		317.000	9.000			326.000
Almanya		1.035.000	115.000			1.150.000
Yunanistan		212.500	1.500			214.000
Macaristan	2.400	14.700	6.300	300	150	23.850
Hindistan		608.436	280.369			888.805
İrlanda		17.472	13.109			30.581
İsrail		316.000				316.000
İtalya		427.500	62.500			490.000
Japonya		146.866	4.794		11.850	163.511
Ürdün	5.940	79.621	12.654			98.215
Güney Kore		69.805				69.805
Letonya		100	100			200
Litvanya		50	150			200
Lüksemburg		3.500	1.000			4.500
Malta		1.759	1.101			2.860
Meksika	90.000	95.000	85.000		2.580	272.580
Fas		69.260				69.260
Namibya		5.440	860			6.300
Hollanda	26.507	45.862	4.000			76.369
Norveç	170	2.123	813			3.106
Polonya		111.000	35.000			146.000
Portekiz	353	186.990	302			187.645
Romanya		8.500	7.000			15.500
Slovakya		12.800	2.200			15.000
Slovenya		15.000	4.000			19.000
Güney Afrika	50.000	42.300	7.700			100.000
İspanya	11.000	315.500	21.500			348.000
İsveç	17.191	13.567	7.132			37.890
İsviçre	11.944	129.026	15.746	8.000		164.716
Tayvan	2	115.938	11.811			127.751
Tunus		72.200	12.500			84.700
Türkiye		1.658.000				1.658.000
Birleşik Krallık		75.600	29.600			105.200
ABD	937.856	225.383				1.163.239
Zimbabve		450	75			525
TOPLAM	2.470.426	10.792.474	46.841.980	98.210	16.847	60.219.937

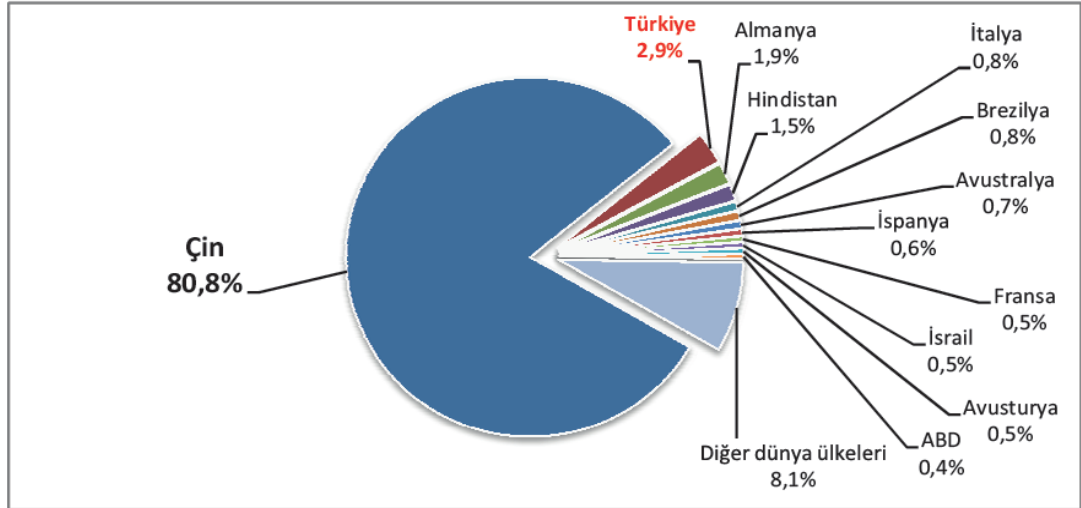
* IEA-SHC, 2012.

Tablo 1.1. incelendiğinde dünyada sulu ve havalı toplayıcıların kullanımında ülkemiz düzlemsel sulu toplayıcılarda önemli bir yere sahiptir. Tablodan görüleceği gibi ülkemiz dünyada 46. sırada yer almaktadır. Vakum tüplü toplayıcıların kullanımı bu tarihte ülkemizde görülmemektedir. Şekil 1.8’de 2010 yılı yeni kurulan sulu toplayıcı kapasitesinin ülkelere göre dağılımı verilmiştir. Bu ülkeler arasında Türkiye, Çin’den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Şekil 1.9’da ise 2010 yılı yeni kurulan

toplam toplayıcı kapasitesinin ülkelere göre payları görülmektedir. Türkiye, 2010 yılı yeni kurulan toplam toplayıcı kapasitesinin yaklaşık % 3'üne sahiptir.



Şekil 1.8: 2010 yılında yeni kurulan sulu toplayıcı kapasitesi bakımından lider olan on ülke [11]



Şekil 1.9: 2010 yılında yeni kurulan toplayıcı kapasitesinin ülkelere göre dağılımı [11]

1.8. Güneş Enerjisinin Avantajları

- 1) Güneş enerjisi, sonsuz bir enerji olarak kabul edilmektedir. Bu yüzden tükenme gibi bir durumu yoktur.
- 2) Temiz bir enerji türü olup çevre dostudur.
- 3) Yerel uygulamalar için elverişlidir. Bu yüzden çoğu yerde faydalanmak mümkündür.
- 4) Basit bir teknoloji ile rahatça kullanılabilirler. Karmaşık teknolojilere gerek yoktur.
- 5) Dışa bağımlı olmadığından ekonomik sorunlardan etkilenmezler.
- 6) Güneşin olduğu her yerde kurulabilirler.
- 7) Kurulan sistemlerin bakım maliyetleri yoktur veya çok azdır.
- 8) Boş alan olarak duran çatıların işlev kazanarak enerji üretmesi açısından önemlidir [18].

1.9. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

- 1) Güneş enerjisi, sadece güneşli havalarda kullanılabilirdiğinden depolamaya ihtiyaç vardır. Çünkü güneş ışınımı sürekli değildir.
- 2) Özellikle kış aylarında, yararlanmak çok zordur.
- 3) Birim yüzeylere gelen ışınım az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- 4) Güneş ışınımının sürekliliği için çevrenin açık ve gölgelenmemesi gerekir [18].

1.10. Güneş Enerjisinden Faydalanma Şekilleri

1.10.1. Pasif Sistemler

Bu sistemlerde pompa gibi hareketli parçalar bulunmamaktadır. Bu nedenle basit ve işletme masrafları düşük olan sistemlerdir. Ancak verimleri düşük ve soğuk bölgelerde kullanılmaları durumunda sakıncaları olan sistemlerdir. Bu sistemlerden önemli olanların bir kısmı aşağıda verilmiştir.

1.10.1.1. Çatı Havuzları

Çatı havuzları, evin çatısına yerleştirilmiş içi su dolu havuzun veya plastik torbaların doğrudan depoladığı enerjiyi, geceleri binaya vererek ısı kaynağı oluşturan sistemlerdir. Ayrıca bu sistemlerin üstünde açılıp kapanabilen kepenkler bulunmaktadır. Kışın gündüzleri kepenkler açılarak su dolu torbalar güneş enerjisi ile ısıtılmaktadır. Geceleyin ise örtü örtülerek ısının dışarıya kaçması önlenmektedir. Yazın gündüzleri kepenklerin üzeri kapalı olduğundan güneşin olumsuz etkileri önlenmektedir. Geceleyin ise kepenkler açılarak bina içinden dışarıya doğru bir ısı geçişi ile soğutma yapılabilmektedir [19].

1.10.1.2. Güneş Bacaları

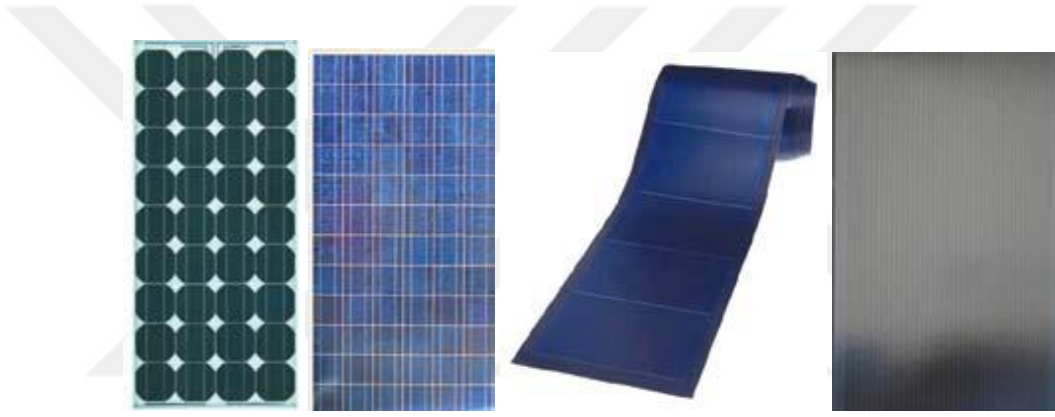
Güneş bacaları, güneş enerjisinden havalandırma ve soğutma amaçlı yararlanılan ve binanın güney cephesinde çatı yüksekliğinden fazla olmayacak şekilde tasarlanan sistemlerdir. Güneş bacasının içindeki hava ısınarak yükselir ve bacadan dışarı çıkar. Rüzgâr hızının düşük olduğu zamanlarda ise bacanın üst kısmına yerleştirilen dönen rüzgâr kepçesi ile havanın dışarı atılması sağlanmakta ve bacanın alt noktasından giren serin hava, hava sirkülasyonu oluşturmakta ve doğal havalandırma sağlanmaktadır [19].

1.11. Fotovoltaik Piller

Fotovoltaik kelimesi ışık anlamına gelen ‘‘foto’’ ve elektrik anlamına gelen ‘‘voltaik’’ sözcüklerinin birleşmesi ile meydana gelmiştir. Kısaca ışıktan elektrik üretme sistemleridir. Fotovoltaik pil ise fotovoltaik özellik sonucu elektrik üreten sistemler olarak adlandırılırlar. Bilimsel olarak tanım yapılacak olursa üzerlerine gelen güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletkenli sistemlerdir [20]. Bu sistemlerde en çok kullanılan malzemeler ise galyum arsenit, kadmium tellur, amorf silikondur [21]. Tablo 1.2’de fotovoltaik pillerin avantaj ve dezavantajları verilmiştir. Şekil 1.10’da ise fotovoltaik pillerin çeşitleri verilmiştir.

Tablo 1.2: Fotovoltaik pillerin avantaj ve dezavantajları [20]

Avantajları	Dezavantajları
1) Kullanılan enerji parasız ve sonsuzdur. 2) Hareketli parçalar yoktur bu durum sisteme zarar vermez. 3) Çok az miktarda bakım gerektirir. 4) Montajları kolaydır. 5) Çalışması sırasında gürültü ve emisyon yoktur.	1) Enerji kaynağı sabit değildir. 2) Depolama sistemleri ekonomik değildir. 3) Kurulum maliyetleri fazladır. 4) Fosil yakıtlara göre enerji maliyeti çok fazladır.



Şekil 1.10: Fotovoltaik güneş panelleri [22]

1.12. Yoğunlaştırıcı Toplayıcılar

Yoğunlaştırıcı toplayıcıların, üzerine düşen güneş ışınımından faydalanma konusunda düzlemsel toplayıcılara göre verimleri daha yüksektir. Eğrisel bir yüzey halinde üzerlerine gelen güneş ışınımını odaklayan ve onu bir odak noktasında toplayan parlak yüzeyli toplayıcılardır [23].

Odaklı toplayıcıların kesitleri hiperbol veya parabol şeklindedir. Bu tip toplayıcılarda küresel yüzey yerine parabolik yüzey tercih edilir. Bu tip toplayıcılarda açıklık alanından daha küçük bir alıcı yüzey yeterli olmaktadır. Bu tür toplayıcılar noktasal odaklama yapabildikleri gibi çizgisel odaklama da yapabilirler. Yoğunlaştırıcı

toplayıcılarda takip sisteminin hassasiyeti maliyeti artırır. Bu sistemler yüksek sıcaklık gereken yerlerde kullanılırlar [23]. Şekil 1.11’de parabolik toplayıcıların şekli verilmiştir.



Şekil 1.11: Parabolik güneş toplayıcıları [24]

1.13. Literatür Araştırması

Düz yüzeyli güneş toplayıcıları ve bunların maliyet analizleri ile ilgili dünyamızda ve ülkemizde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmının özetleri ve çıkarılan sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Ceylan [25], yapmış olduğu çalışmada iki katlı bir binanın, güneş destekli hava kaynaklı ısı pompası ile ısıtılması ve sıcak su eldesinin analizini incelemiştir. Ankara’da iki katlı müstakil bir binanın ısıtma hesapları yapılmış ve AUTOCAD programı ile binanın mimari çizimini yapmıştır. Yapılan çalışmada şehrin aylık şebeke suyu sıcaklıkları verilmiş ve ayrıca ısı kaybı yapılmıştır. Yapılan bu ısı kaybı hesabına göre ısı pompası seçimi yapılmıştır. Sonra ise genişleme tankı hesabı, toplayıcı yüzey alanının belirlenmesi izlemiştir. Toplayıcı adedi belirlenirken ESOP simülasyon programından yararlanmışlardır. Sonuç olarak iki toplayıcı yeterli olmuştur. Bunun yanı sıra dört, altı ve sekiz adet toplayıcı için de ayrı bir hesaplama yapmıştır. Yapılan

bu hesaplara göre toplayıcı sayısı arttıkça sistem verimi azalmıştır. Ancak sıcak su karşılama oranı ve ısıtma karşılama oranının arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Toplam karşılama oranı sekiz adet toplayıcıda en yüksek oranda çıkmıştır. Altı adet toplayıcının ürettiği net enerji en fazla olup amorti süreleri ise sırasıyla dört adet toplayıcıda 8.12 yıl, altı adet toplayıcıda 8.35 yıl, sekiz adet toplayıcıda ise 9 yıl çıkmıştır.

Kent ve Kaptan [26], yapmış olduğu çalışmada İzmir ilindeki elli yataklı bir otelin güneş enerjisi destekli ısıtma ve absorpsiyonlu soğutma uygulamasıyla iklimlendirilmesi ve sıcak su gereksiniminin karşılanmasını teorik olarak incelemişlerdir. Bu makaleden çıkan sonuçlara göre güneş enerjisinden yıllık faydalanma oranı % 30 olarak alındığında 92 m² toplayıcı alanı bulunmuştur. Ayrıca bu otelin 1 yıl boyunca ısı ihtiyacının % 30'luk bir kısmı güneş enerjisinden karşılanmak istenirse, tüm tesisatın maliyetinin 116100 TL olduğunu hesaplamışlardır. Başka yakıtlar kullanılırsa geri ödeme süresinin kaç yıl olacağını da hesaplamışlardır. Buna göre 4 no'lu fuel-oil kullanılırsa geri ödeme süresi 6 yıl, doğal gaz için ise 8 yıl olarak bulunmuştur.

Doğan [27], yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Ankara'da bulunan ve mimari tasarımı yapılmış bir villayı güneş enerjisi destekli alternatif ısıtma sistemleriyle ısıtmış ve bunların maliyet analizlerini yapmıştır. Güneş enerjisi destekli hava kaynaklı ısı pompası ile güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası ile ısıtılmış ve bu iki sistemin kurulum, işletme ve standart kazan açısından kıyaslanmıştır. Sonuçlara göre toprak kaynaklı ısı pompasının kurulum ve geri ödeme süresi hava kaynaklı ısı pompasına göre daha büyük olup işletme maliyeti ise daha az çıkmıştır.

Özdemir [28], yüksek lisans tezinde güneş enerjisi sistemlerinin yatırım analizlerini incelemiştir. Özdemir; Van, Niğde, Karaman, Denizli olmak üzere 4 ilde tek kristalli, çok kristalli ve ince film fotovoltaik güneş panellerinin toplam yaşam döngüsü maliyetlerini ve geri ödeme sürelerini birbiriyle kıyaslamıştır. Çıkan sonuçlara göre geri ödeme süresi en fazla ince filmlilerde çıkmıştır. Geri ödeme süresi ise en fazla olduğu il ise Denizli olarak bulunmuştur.

Öztürk [29], yüksek lisans tezinde İstanbul ilinde örnek bir binaya uygulanan pasif güneş enerjisi sistemleri ile bina ısıtmasının sayısal ve ekonomik analizini incelemiş ve bu konu üzerine çalışma yapmıştır. Öztürk çalışmasının sonuçlar kısmında trombe duvar uygulamasının direkt kazanç sistemiyle kıyasladığında ekonomik olmadığını belirtmiştir. Direkt kazanç sisteminde cam sayısı arttıkça verim ve yıllık yararlanma oranı artmış iken trombe duvarında ise tam tersi bir durum gözlemlenmiştir.

Yıldırım [30], yazmış olduğu yüksek lisans tezinde güneş enerjisi ile ısıtma üzerine yoğunlaşmış ve sonucunda ise yüksek ısı iletimli yutucu plaka malzemesi çevreye olan ısı kayıplarını azalttığını bulmuştur. Tezin sonuçlar ve öneriler bölümünde ise toplayıcılardan elde edilen faydalı ısı enerjisinin kullanılabilirliğini belirleyen maximum akışkan sıcaklığı güneş ışınımının bir fonksiyonu olduğu belirtilmiştir.

Bulut, Şahin ve Karadağ [31], güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin teknik ve ekonomik analizleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri ve teknolojileri, ülkemizdeki genel durum, irdelenmiştir. Çalışmada, doğal taşınımlı ve cebri taşınımlı sistemlerle vakum tüplü sistemler genel hatlarıyla kıyaslanmıştır. Aynı zamanda düzlemsel toplayıcılar ile vakum tüplü toplayıcılar arasında da bir karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmaya göre vakum tüplü toplayıcıların maliyetlerinin düzlemsel toplayıcılara göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra ekonomik analiz de yapılmış ve değişik yakıtlara göre geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Geri ödeme süreleri vakum tüplü toplayıcılarda düzlemsel toplayıcılara göre daha fazla çıkmıştır. Kullanılan yakıtlara göre en fazla geri ödeme süresi kömüre aittir.

Özdemir ve Yatarkalkmaz [32], makalelerinde farklı tipteki toplayıcıların enerji, ekserji ve ekonomik analizlerini incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmanın sonuç bölümü incelenecek olursa vakum tüplü toplayıcılar işletme ve yatırım maliyetleri açısından daha uygun çıkmıştır.

Ağı ve Günerhan [33], makalelerinde sıvılı düzlemsel güneş toplayıcılarında verim artırma olanaklarını incelemişlerdir. Yapılan bu makaleye göre ülkemizin güneş

enerjisi potansiyelini, geliştirmesi gerekmektedir. Bunun içinde gerekli alt yapı olması, yasal düzenlemeler yapılması firma ve kullanıcıların teşviklerle desteklenmesi ve ülkemizin sadece gelişmiş ülkelerin bir pazarı olmaması gerektiğini savunmuşlardır.

Yelkovan [34], yüksek lisans tezinde Balıkesir niversitesi yarı olimpik yüzme havuzunun ısıtma sisteminin termo-ekonomik analizini incelemiştir. Yarı olimpik yüzme havuzunun aylara göre ısıtma ihtiyacı ve bu ihtiyacın güneş enerjisi sistemi ile karşılanma oranlarını teorik olarak hesaplamıştır. Toplayıcıların aylara göre optimum eğim açısında yerleştirilmesinin sağlayacağı faydaları ortaya koymuştur. ıkan sonuçlara göre Balıkesir niveristesini yarı olimpik yüzme havuzunun ısı kayıplarının güneş enerjisinden karşılanma oranı yıl içerisinde % 4-85 arasında değişmektedir. 260.000 TL'lik sistemin güneş enerjili ısıtma sistemi ile 488.450 TL parasal tasarruf sağlamakta ve sistem kendisini 11.5 yılda amorti etmektedir.

Tezcan [35], yüksek lisans tezinde yutucu plakaların ve toplayıcıların performans ve dayanıklılık testleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Performans ve dayanıklılık testleri için iç ortam test ünitesinden yararlanmış ve Türkiye'de çeşitli firmalar tarafından üretilen seçici yüzeyli, siyah boyalı düzlemsel toplayıcıların ISO 9806 standartlarına uygun olarak verim testlerini yapmıştır. ıkan sonuçlara göre toplayıcı üzerine düşen güneş ışıınımdan maximum derecede yararlanmak için yutuculuğu yüksek, yayıcılığı düşük seçici yüzeyler kullanılmalıdır. Tutulan güneş ışıınıminin en etkili şekilde dönüştürülmesi için akışkan taşıyıcı borular ısıl iletkenliği yüksek malzemelerden imal edilmelidir. Toplayıcıda ısı kaybı olmaması için yeterli kalınlıkta yalıtım malzemesi kullanılmalıdır. Toplayıcılarının verimlerini yükseltmek için kullanılan malzemeler ve geliştirilmiş imalat teknikleri toplayıcı fiyatını aşırı derecede etkilememelidir.

Çiftçi [36], yüksek lisans tezinde Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve yerel yönetimlerde güneş enerjisi kullanımının önemini açıklamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi Avrupa'da ön planda iken Türkiye'de enerji ihtiyacını karşılamadaki payının yok denecek kadar az olduğunu ve bu yüzden güneş enerjisine gereken teşvik ve yatırımların en kısa zamanda yapılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Yılmaz [37], yüksek lisans tezinde Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan illerin sıcaklık, nem, basınç, rüzgar hızı, rüzgar gücü, güneşlenme şiddeti ve güneşlenme süresi gibi iklim parametrelerini 15 yıllık bir periyotta inceleyerek modellenmesini yapmıştır. Hava şartlarını modellerken lineer regresyon analizini kullanmış ve geliştirilen modellerin hava şartları ve hava şartlarının çevre ve enerji üzerindeki etkileri ile ilgili herhangi bir çalışmada kullanılabileceğini görmüştür. Çıkan sonuçlara göre fosil yakıtların kullanımını sınırlandırılmalı ve yenilenebilir, çevre dostu enerji kaynaklarının kullanım alanları genişletilmelidir. Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneşlenme süreleri açısından Van, Tunceli, Malatya, Elazığ illerinin güneş enerji uygulamaları açısından uygun olduğu sonucuna varmıştır.

Uçkan [38], yüksek lisans tezinde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsünde aralarında 10 km uzaklık bulunan iki ayrı ölçüm istasyonundan 30 sn aralıklarla güneş enerjisi miktarını ölçmüştür. Bu değerlerin ortalamasını alarak 10 dakika ve 15 dakika aralıklarla veri toplama ve kayıt ünitelerine kaydetmiştir. Elde edilen bilgileri aylık olarak bilgisayara aktarmış ve değerlendirmiştir. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsünde hesaplanan aylık ortalama güneş ısınımı değerlerinin, Van şehir merkezi için hesaplanan değerlerden daha büyük olduğu sonucuna varmıştır. Aylık ortalamalar arasındaki hesaplanan farklar istatistiksel olarak önemli düzeyde olup aradaki farkın en önemli nedeninin Van Gölü'nden yansıyan güneş ışınımının Üniversite kampüsünde daha yüksek olması sonucuna varmıştır.

Ceylan [39], yüksek lisans tezinde ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyeli kullanma derecesi araştırmış ve ülkemizin enerji politikasını şekiller ve tablolar halinde sunmuştur. Ayrıca, bu konuda fikir verebilmek ve yatırımcılara destek olabilmek için örnek güneş enerjisi santrali kurulumu hakkında gerekli hesaplamalar yapmış ve örnek projelere yer vermiştir. Tezin sonucunda Türkiye'nin coğrafi konumu göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksek olduğunu görülmektedir. Türkiye; güneş enerjisi ile ısıtmada ve soğutmada çok güçlü bir sanayi merkezi konumunda olup iç pazarı ve ihracatı önemli düzeydedir. Enerji üretiminde kullanılacak olan makine ve teçhizatların üretiminde ihtiyaç duyulan tasarım, teknik, mühendislik, müteahhitlik gibi hizmetlerin ülkemizdeki mevcut bulunan kuruluşlardan karşılanması gerektiği, kamu kurum ve kuruluşları tasarım ve proje alanlarında

desteğinin ve işbirliğini artırma yoluna gitmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Güneş enerjisi ile ilgili uygulamaların halka inmesi gerektiği ve özellikle konutlarda dış aydınlatmanın ve ortak elektrik enerjisinin güneş enerjisinden sağlanması gerektiğini savunmuştur. Bütün konutlarda, dış aydınlatmalarda, okullarda, stadyumlarda, araba garajlarında gerekli teçhizat kurulması, eğitimler düzenlenmesi, yediden yetmiş halkın bilinçlendirilmesi ve enerji eğitiminin milli eğitimin bir parçası olarak bütün ortaöğretim kurumlarında zorunlu ders olarak okutulması gerektiğini bildirmiştir.

Çolak ve Durmaz [40], çalışmada güneş toplayıcılarının uygulamaları ile ilgili ekonomik analizler üzerinde durmuşlardır. Ekonomik analizlerde doğrusal amortisman yöntemini uygulayarak, iyileştirilen yıllık ortalama yük faktörünün sistem uygulaması ekonomisine etkisini irdelemişlerdir. Bu analizler sonucunda faiz oranı ve yatırım giderlerinin azaltılması ve yük faktörünün olabildiğince artırılmasının, amortisman maliyetini düşürdüğü sonucuna varmışlardır.

Doljak ve arkadaşları [41] yapmış oldukları çalışmada Pozarevac şehrinin fotovoltaik potansiyelini incelemişlerdir. Doljak ve arkadaşları, PVGIS yardımıyla hesapladıkları radyasyon değerlerine göre, Pozarevac şehrinin yıllık global güneş radyasyonu değerinin 1360 kWh/m^2 değerine ulaştığını görmüşlerdir. Çıkan sonuçlara göre Pozarevac şehrinin fotovoltaik potansiyelinin yüksek olduğunu Güney ve Doğu Sırbistan'daki konutların aylık ortalama 350 kWh elektrik tükettiği varsayımını göz önünde bulundurarak bu alanlarda fotovoltaik paneller kurulması ile 522,527 konuta daha elektrik enerjisi sağlanabileceğini savunmuşlardır.

Çubukçu ve Çolak [42], yapmış oldukları çalışmada Gökçeada'da şebekeden bağımsız bir fotovoltaik güç sistemi benzetimi ve karşılaştırmalı gerçek performans incelemesi üzerinde yoğunlaşmışlardır. PVGIS yardımıyla Gökçeada'nın optimum eğim açıları, yatay yüzeye gelen ışınım değerleri, optimum eğim açısındaki ışınım değerlerini hesaplamışlardır. Çubukçu ve Çolak, PVGIS toplam ışınım verilerinin, kurulum hesabı yapılan gerçek değerlerle uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır. Gökçeada uygulamasında Mart-Ekim 2008 aralığını kapsayan dönemde ortalama toplam ışınım değeri, ölçüm sonuçlarında $5.15 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$, PVGIS'de ise $5.35 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$ olarak hesaplanmıştır. Gökçeada uygulamasında ışınım potansiyeline ve

yük talebine bağlı olarak fotovoltaik güç sisteminde, %11-36 oranında sınırlama olduğunu savunmuşlardır.

Bocca, Chiavazzo, Macii ve Asinari [43], yapmış oldukları çalışmada İtalya'da güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesini ve bu potansiyelin fotovoltaik panellere uygulanmasını incelemişlerdir. İtalya'nın çeşitli bölgelerindeki belirlenen aylardaki sıcaklık ortalamaları, enlem, boylam, azimut açısı ve yükseklik değerlerini de göz önünde bulundurarak bir model geliştirmişler ve buradan belirli sıcaklıktaki verim değerlerini analiz etmişlerdir. Sıcaklık ortalamalarını ve radyasyon değerlerini PVGIS programından yararlanarak hesaplamışlardır. Çıkan sonuçlara göre azimut açısına veya bölge konumuna göre fotovoltaik panelin verimin hesaplanması ile ilgili bir algoritma sunmuşlardır. Ayrıca -90°, -45°, 0°, 45°, 90° azimut açısı için hesaplanan güneşlenme tahminlerini, PVGIS'den alınan değerlerle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak hesaplanan değerler ile PVGIS'den alınan değerler arasında maximum % 2'lik bir fark olduğunu görmüşlerdir.

2. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU ELDE ETME SİSTEMLERİ

2.1. Doğal Dolaşımli Sistemler

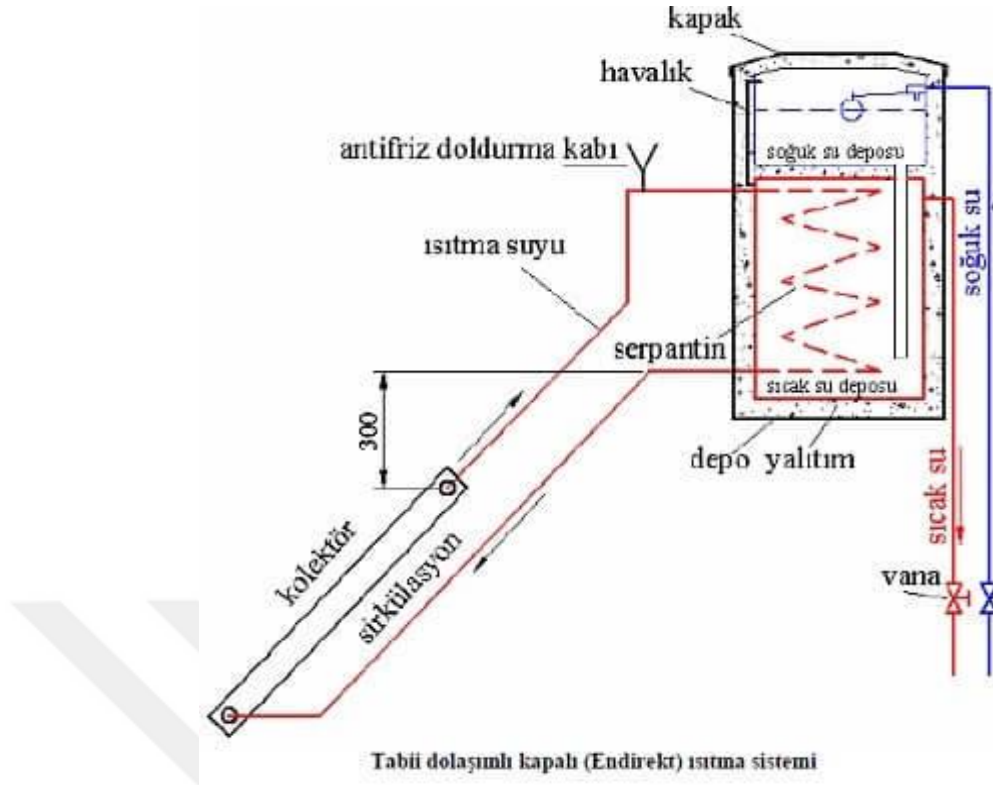
Bu sistemler pompasız sistemler olarak adlandırılırlar. Sistemde pompa yoktur, bu nedenle dolaşımın sağlanabilmesi için depo toplayıcıdan daha yukarıda olmak zorundadır. Avantajları ise [44]:

- 1) Pompa olmadığı için işletme masrafları sifıra yakındır.
- 2) İlk yatırım masrafları azdır.
- 3) Otomatik kontrol sistemleri gerekli değildir.
- 4) Çok basit sistemler olup, montajları kolaydır [44].

Doğal dolaşımli sistemler, açık devreli ve kapalı devreli olmak üzere iki şekilde oluşturulmaktadır [44].

2.1.1. Açık Devreli Doğal Dolaşımli Sistemler

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi açık devreli sistemlerde, toplayıcıda dolaşan akışkan depodaki su olup sistemin çalışma prensibi doğal taşınım ile olmaktadır. Doğal dolaşımın olması için deponun alt seviyesi, toplayıcı üst seviyesinin 30-40 cm daha yukarısında olmalıdır. Böylelikle deponun alt seviyesinden toplayıcı alt seviyesine su yoğunluk farkı sebebiyle akacaktır. Toplayıcı girişinden itibaren ısınan suyun yoğunluğu azaldığı için, genişleyen su toplayıcıda yukarı doğru hareket edecektir. Depoya üst seviyeden giren soğuk su yoğunluğu yüksek olduğu için aşağı doğru hareket ederek devreyi tamamlamış olacaktır. İki depolu sistem kullanılacaksa üstteki depo şamandıralı olabilir. Üstteki depodan alttaki depoya ise bir boru ile soğuk su, alttaki deponun dibine akacak şekilde tasarlanmalıdır. Depo yalıtımlı olmalı, boşaltma



Şekil 2.2: Doğal dolaşimli kapalı devreli sistemlerin şeması [45]

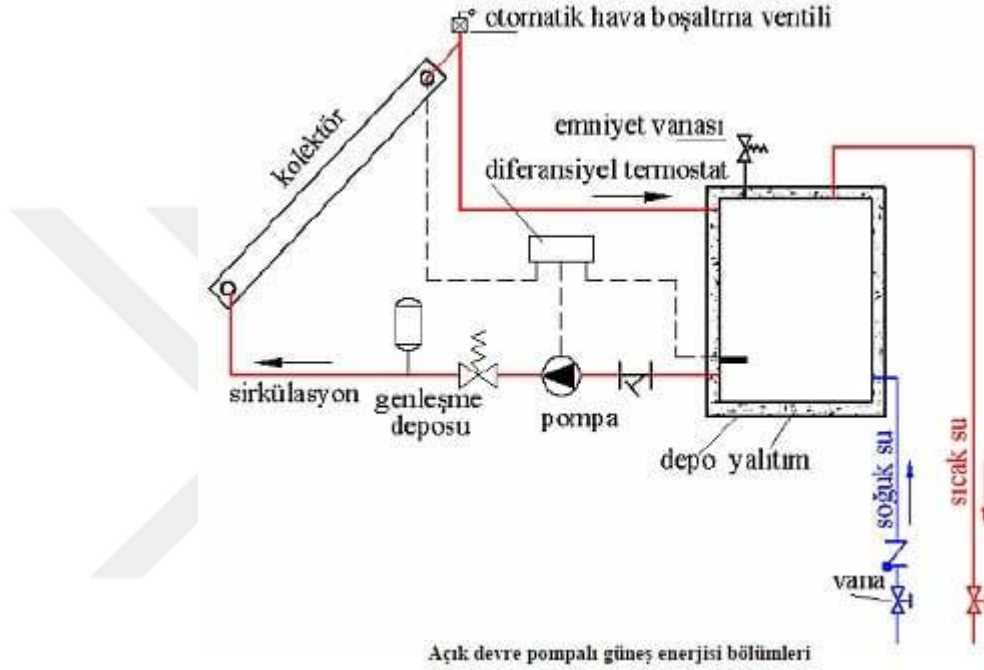
2.2. Pompalı Dolaşimli Sistemler

Cebri dolaşimli sistemler olarak da adlandırılan bu sistemlerin genel özellikleri deponun genellikle aşağıda olması toplayıcının ise yukarıda olmasıdır. Büyük sistemler için uygun olup kurulum maliyetleri ve işletme masrafları fazladır. Bu sistemlerde, doğal dolaşimli sistemlerde olduğu gibi açık ve kapalı devre olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar [44].

2.2.1. Açık Devreli Pompalı Dolaşimli Sistemler

Bu sistemlerde Şekil 2.3’de görüldüğü gibi toplayıcıda dolaşan su ile depodaki su aynıdır. Eşanjör kullanılmadığı için eşanjörle ilgili kayıplar yoktur. Bu nedenle sistemlerin verimleri daha yüksek olmaktadır. Pompanın toplayıcı ve depo sıcaklıklarına göre devreye giriş ve çıkışını kontrol eden bir diferansiyel termometre

bulunmaktadır. Toplayıcıda bulunan suyun sıcaklığı depodaki suyun sıcaklığından en az 8-10°C daha yüksek ise pompa devreye girmektedir. Bu fark düşükse veya güneşin olmadığı gece saatleri gibi zamanlarda toplayıcıdaki sıcaklık depodaki sıcaklıktan daha düşük ise pompa devre dışı kalmaktadır. Bu sistemler donma tehlikesi olmayan bölgelerde kullanılır. Donma tehlikesinin olduğu bölgelerde çalıştırılarak kısmen donma önlenebilir. Ayrıca ısıtma sistemleri ile donmaya karşı önlem alınabilir [44].



Şekil 2.3: Pompalı dolaşımli açık devreli sistemlerin şeması [45]

2.2.2. Kapalı Devreli Pompalı Dolaşımli Sistemler

Bu tip sistemlerin toplayıcı devresinde antifrizli su dolaşmaktadır. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi donma tehlikesinin olduğu yerler için daha uygundur. Diğer sistemlere göre pahalı sistemler olup verimleri düşüktür. Antifrizli akışkanın dolaştırıldığı serpantinli güneş toplayıcılarının kapalı devrelerinde genişleme deposu kullanılması zorunludur. Bu depo antifriz kabı olarak da işlev görmektedir [44].



Şekil 2.4: Cebri dolaşimli kapalı devreli sistemlerin şeması [45]

Yaygın olarak kullanılan doğal dolaşimli ve pompalı sistemlerin karşılaştırılması Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Doğal dolaşimli sistemler ve pompalı dolaşimli sistemlerin karşılaştırılması [31]

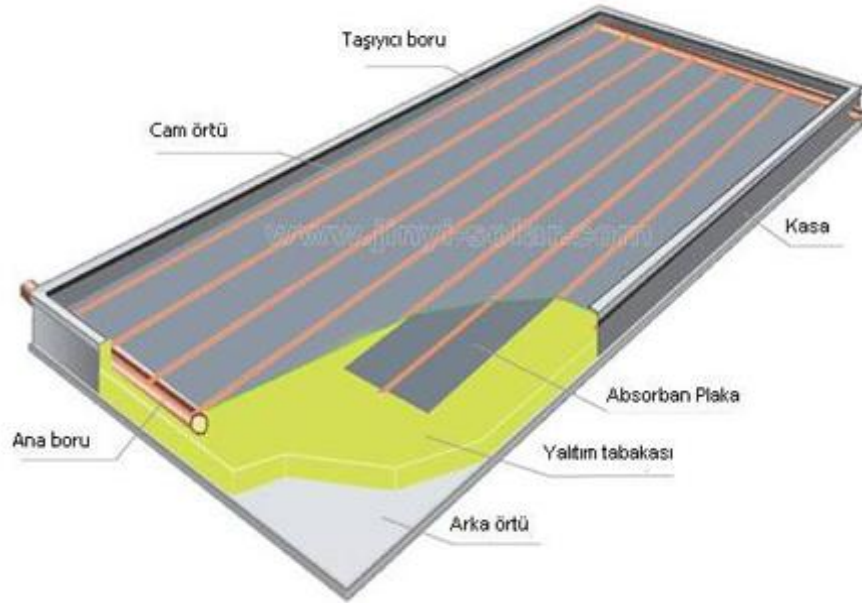
Sistem	Avantaj	Dezavantaj
Doğal Dolaşimli Sistemler	Tasarımları basittir. Pompasız sistemlerdir. Isı eşanjörü gerekmez. Maliyetleri cebri dolaşimli sistemlere göre azdır.	Depolama tankı toplayıcıdan daha yüksek bir seviyeye konmalıdır. Sıcak su üretme kapasitesi azdır. Boru çapı 20 mm den küçük olması durumunda sıcak su temininde problemler yaşanmaktadır.
Pompalı Dolaşimli Sistemler	Dolaşım debisi ayarlanabilmektedir. Kumanda sayesinde sistemin verimi artar ve sürtünme kayıpları en aza iner. Dolaşım suyuna antifriz eklenerek kışın olabilecek don tehlikesi ortadan kalkmaktadır.	Sistemde pompa ve otomatik kontrol ünitesi olduğu için maliyet doğal dolaşimli sistemlere göre daha fazladır. Isı değiştirgeci kullanıldığı için verimleri doğal dolaşimli sistemlere göre daha düşüktür.

2.2.3. Güneş Enerjisi Toplayıcıları

Güneş enerjisinden sıcak su elde edilmesinde kullanılan en önemli eleman toplayıcılarıdır. Bu nedenle toplayıcıların imalatı ve verimleri oldukça önemlidir. Bu nedenle bu bölüm ayrı bir başlık altında verilerek önemli kısımları incelenmiştir.

2.2.3.1. Düz Yüzeyle Güneş Toplayıcıları

Düz yüzeyle güneş toplayıcıları, güneş enerjisini toplayan ve topladığı enerjiyi bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimdeki aygıtlar olarak tanımlanmaktadır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadırlar. Ulaştıkları sıcaklık ise genellikle 70°C civarındadır [46]. Şekil 2.5’de bir düzlemsel toplayıcının şekli verilmiştir.



Şekil 2.5: Düz yüzeyle güneş toplayıcısının kesiti [47]

Basit bir düz yüzeyle bir toplayıcının önemli kısımları aşağıda verilmiştir.

2.2.3.1.1. Saydam Örtü

Saydam örtü, toplayıcının çevre ile doğrudan ilişkili olan kısmıdır. Güneş ışınımını toplayan yutucu yüzey, özellikle rüzgârlı havalarda, çevreye küçümsenmeyecek miktarlarda ısı kaybeder. Bunun önüne geçmek için tek veya birkaç tabakadan oluşan saydam örtü kullanımı toplayıcı için büyük önem taşır. Saydam örtünün güneş ışınımına geçirgen olması ve ısınan yutucu yüzeyin uzun dalga boylu ışınımına ısı kaybına opak kalması şarttır. Saydam örtü ayrıca toplayıcı yüzeyini yağmur, toz gibi dış etkenlerden koruma görevi açısından gereklidir [48].

Saydam örtü malzemesinin, toplayıcının üstten olan ısı kayıplarını en aza indirgeyen ve güneş ışınlarının geçişini engellemeyen bir maddeden olması önemlidir. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca yutucu yüzeyden yayılan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak uygun bir maddedir. Cam, 0.3-3 µm dalga boyundaki ışınımın büyük bir kısmını geçirirken; 3-50 µm dalga boyundaki ışınımı geçirmemektedir. Camların geçirgenliği bileşimindeki demir-oksit oranı arttıkça azalmaktadır. Bu yüzden saydam örtü için demir-oksit miktarı % 0.05'ten küçük olan camlar tercih edilmelidir. [49].

2.2.3.1.2. Yutucu Yüzey

Düz yüzeyli güneş toplayıcı sisteminin ısı değiştirgeci olan yutucu yüzey, üst örtüden geçen güneş ışınımını emer ve kazanılan enerjiyi bir akışkana aktarmak üzere bir çeşit geçici depolama görevi görür. Fakat bu özelliğe sahip bir yüzeyin sıcaklık yükseldiği zaman tüm enerjiyi yayan bir siyah cisim özelliği göstereceğine dikkat edilmelidir. Bu sebeple siyah cisimlerin yerini belli dalga boylarındaki ışınım enerjisini yaklaşık % 100 performansla emebilen selektif yüzeylerin alması önemlidir. Bu yüzeylerde aranan en önemli özelliklerden birisi emilen enerji miktarının yayınımına kıyasla en yüksek oranda olmasıdır [48]. Tablo 2.2'de çeşitli seçici yüzeyler ve bu yüzeylerin yutma, yansıtma değerleri ve oranları verilmiştir.

Tablo 2.2: Değişik seçici yüzeylerin yutma ve yansıtma değerleri [49]

Sıra	Yutucu Levha Kaplaması	α	ϵ	α/ϵ
1	Sac levha üzerinde galvanizli nikel, galvanizli nikel üzerine nikel karası boyası	0,94	0,07	13,47
2	Alüminyum levha üzerine bakıroksit	0,93	0,11	8,45
3	Parlatılmış nikel levha üzerine nikel karası boyası	0,91	0,11	8,27
4	Galvanizli sac üzerine nikel karası boyası	0,89	0,12	7,41
5	Paslanmaz çelik levhanın 425°C'de sodyumbikromat eriğine daldırılıp 5 dakika beklenmesiyle yapılan kaplama	0,9	0,15	6
6	Emaye üzerine kalayoksit	0,92	0,17	5,41
7	Bakır levha üzerine bakır oksit	0,89	0,17	5,23
8	Nikel levha üzerine bakır oksit	0,81	0,17	4,76
9	Alüminyum levha üzerine bakır oksit	0,89	0,20	4,45
10	Sac levha üzerine kurşun sülfür kristalleri	0,86	0,86	1
11	Sac levha üzerine is karası boyası	0,95	0,95	1
12	Sac levha üzerine siyah emaye boya	0,97	0,97	1

2.2.3.1.3. İzolasyon

İzolasyon tabakasında malzeme olarak çoğunlukla taş yünü, cam yünü, poliüretan köpük gibi malzemeler kullanılır. Kasanın yan yüzeyleri arasındaki yalıtım malzemesi cam yünü ise 20-50 mm, poliüretan köpük için en az 9.5 cm, poliüretan levha için ise 8.5 cm alınmalıdır. Ek olarak yutucu plaka ile arka yalıtım arasında 1-2 cm boşluk bırakılmalı yalıtımın yutucu plakaya bakan kısmı alüminyum folyo ile kaplanmalıdır. Böylelikle uzun dalga boylu ışınları geri dönmesi engellenir ve sızdırmazlık sağlanmış olur [50].

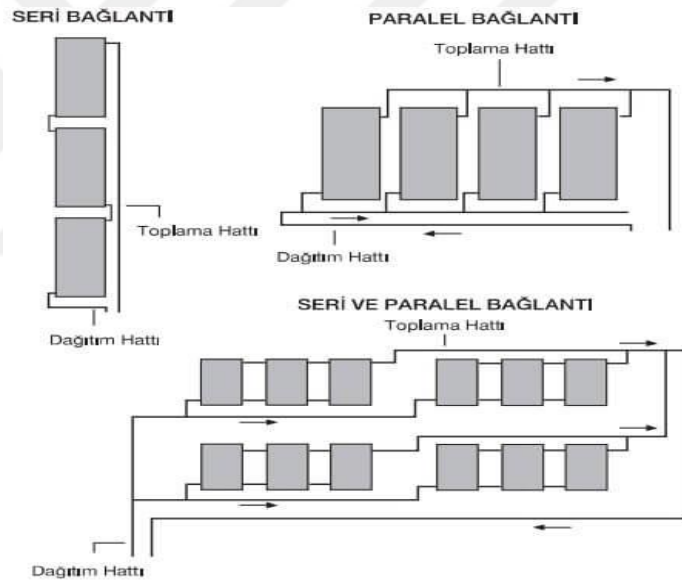
2.2.3.1.4. Toplayıcı Kasası

Toplayıcı kasasında malzeme olarak alüminyum, paslanmaz çelik, plastik, tahta, galvanizli çelik gibi malzemeler kullanılır. Toplayıcı kasası, toplayıcı giriş ve çıkışlarında tam sızdırmazlığı sağlamalı, mukavemetli olmalı ve izolasyon tabakasının ıslanmasını önlemelidir [50].

2.2.3.1.5. Toplayıcı Boruları

Toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüden geri yansır, bir kısmı yutulur ve geriye kalan kısmı ise yutucu yüzeye ulaşır. Yutucu yüzeye gelen

enerjinin, bir kısmı ısı taşıyıcı akışkana geçerken; bir kısmı toplayıcıda depolanır, geri kalan kısmı iletim, taşınım, ışınlım ile çevreye transfer olur. Isı taşıyıcı akışkan, yutucu yüzey ile izolasyon malzemesi arasında bulunan borulardan geçer. Toplayıcı borularında malzeme olarak genelde paslanmayan metal alaşımlar tercih edilmektedir. Pratikte ise daha çok ısı iletim katsayısı yüksek olan metaller tercih edilmektedir. Genellikle bakır, paslanmaz çelik ve alüminyum borular en çok tercih edilen malzemelerdir [50]. Borular yutucu yüzeye temas ısıl direnci çok küçük olacak şekilde lehim ya da çeşitli kaynak yöntemleri ile tutturulmalıdır. Boru çapı 12 mm'den büyük seçilmelidir. Özellikle doğal dolaşimli sistemlerde su sirkülasyonunun iyi olabilmesi için daha büyük çaplı borular kullanılmalıdır [51]. Şekil 2.6'da güneş enerjisi toplayıcılarının bağlantı şekilleri verilmiştir.



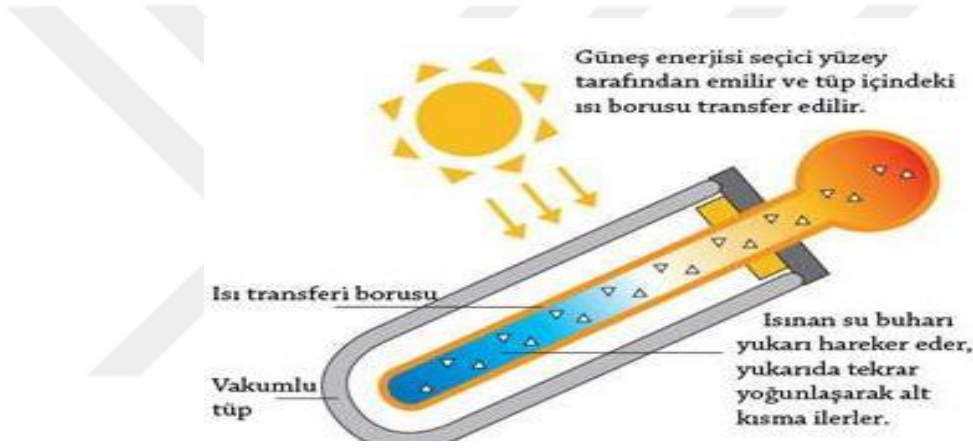
Şekil 2.6: Güneş enerjisi toplayıcılarının bağlantı şekilleri [52]

2.3. Vakum Tüplü Güneş Toplayıcıları

Vakum tüplü toplayıcılar iç içe geçmiş iki cam boru arasında bulunan havanın vakumlanmasıyla elde edilen sistemlerdir. Dıştaki cam boru güneşten gelen ışınları toplar ve içteki boruya iletir. İçteki boru ise ışınların büyük çoğunluğunu absorbe eder ve akışkanı ısıtır. Borular arası vakumlu olduğundan ısı kayıpları yok denecek kadar

azdır. Vakum tüplü toplayıcılarda, güneşin olduğu her zaman verim alınabileceği gözlemlenmiş, yaz dışındaki diğer mevsimlerde de faydalanma fikri ortaya atılmıştır. Tüm bunlardan dolayı bu sistem üzerinde çalışılmış ve vakum tüplü toplayıcılar üretilmiştir [53].

Vakum tüplü toplayıcılarda bulunan cam tüpler yuvarlak yapısı sayesinde günün her saati güneş ışınlarını dik olarak alırlar. İki cam tabaka arasındaki vakum izolasyonundan dolayı kış aylarında donma riski yoktur ve antifriz gerektirmez. Vakum tüplü güneş enerjili su ısıtma sistemleri genellikle ithal edildiklerinden düz yüzeyli güneş toplayıcılarına göre daha pahalıdır [31]. Şekil 2.7’de vakum tüplü bir toplayıcının şekli verilmiştir.



Şekil 2.7: Vakum tüplü güneş toplayıcıları [54]

Tablo 2.3’de düz yüzeyli toplayıcılar ile vakum tüplü toplayıcılar; teknoloji, maliyet, şikayet durumu ve kabul görme durumu açısından karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.3: Düz yüzeli toplayıcıların ve vakum tüplü toplayıcıların karşılaştırılması [31]

Sistem	Teknoloji	Maliyet	Şikayet Durumu	Kabul Görme Durumu
Düz Yüzeyli Toplayıcılar (Açık Sistemler)	Çok İyi	Ucuz	Az Var	Çok İyi
Düz Yüzeyli Toplayıcılar (Kapalı Sistemler)	İyi	Az Pahalı	Var	İyi
Vakum Tüplü Toplayıcılar	İyi	Pahalı	Var	Orta

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; Balıkesir il merkezi ve ilçelerinde konutlarda mutfak ve banyolarda kullanılan sıcak suyun, güneş enerjisi destekli elde edilmesi ve bu amaçla kullanılan doğalgaz, kömür ve LPG yakıtlarının tüketimlerinin azaltılmasıdır. Fosil yakıtların tüketiminin azaltılması ile çevre kirliliğinde olacak azalma miktarlarının belirlenmesi, enerji alanında yurtdışına ödenen dövizin azaltılması, belirtilen bu konularda oluşacak sayısal değerlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu konu doğrultusunda çalışma yapılarak Balıkesir ve ilçelerindeki konut sayıları belirlenmiş ve buradan Balıkesir ve ilçelerinde tüketilen enerji türleri ve miktarları araştırılmış ve kullanılan enerjinin ne kadarının güneş enerjisinden karşılanabileceğinin hesapları yapılmıştır. Çalışmanın devamında ise ülkemizin değişik bölgelerindeki güneşlenme miktarları baz alınarak, Türkiye geneli için güneş destekli sıcak su üretiminin ülke ekonomisine katkısı belirlenmeye çalışılmıştır

3.2. Balıkesir İlinin Tanıtımı

Bu bölümde, il merkezi ve ilçelerle ilgili yapılan hesaplamalarda kullanılacak bağıntılar ve bilgiler aşağıda verilmeye çalışılmıştır.

3.2.1. Genel Tanıtım

Balıkesir il merkezi, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alıp, Marmara Bölgesi sınırları içerisindedir. İl sınırları dikkate alındığında şehrin merkezi, il sınırlarının orta kesimde yer almakla birlikte şehir merkezinin coğrafi konumu 27° 48' – 27° 58' doğu

boylamları ile 39° 32 – 39° 42’ kuzey enlemleri arasındadır. Balıkesir merkezi Balıkesir Ovası’nın kuzeybatı çerçevesinde yer almaktadır. Balıkesir Ovası ise Balıkesir il merkezi, Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklimler arasındaki bir geçiş sahasında bulunmakla birlikte, yıllık ortalama toplam yağış 620 mm civarındadır. Merkezinde belirgin bir akarsu olmamakla beraber Simav Çayı’na katılan küçük boylu akarsular bulunmaktadır. Balıkesir, antik çağda Mysia olarak geçmekte olup bölgede Bytinler, Mysler, Frigler, Persler, İskender İmparatorluğu, Selevkuslar, Bergama Krallığı, Bizans ve Türkler egemen olmuştur. Balıkesir’de 1955 senesinde yapılan nüfus sayımına göre 45.685 kişi yaşarken bu sayı 2007 senesindeki nüfus sayımında 241.404 olarak belirlenmiştir [55]. 2016 yılında ise bu rakam 1,196,176 kişi olarak belirlenmiştir [56]. Balıkesir ilçe merkezinin ekonomisi genel anlamda tarım ve tarıma dayalı endüstri faaliyetlerine dayalı olsa da hizmet sektörünün de payı büyüktür [55]. Şekil 3.1’de Balıkesir’in Türkiye Haritasındaki yeri, Şekil 3.2’de ise Balıkesir il merkezi ve ilçeleri görülmektedir.



Şekil 3.1: Balıkesir ilinin Türkiye siyasi haritasındaki yeri [57]



Şekil 3.2: Balıkesir merkez ve ilçeleri haritası [58]

3.2.2. Balıkesir İl ve İlçelerine Ait Güneş Radyasyon Değerleri, Nüfus ve Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynakları

Balıkesir il merkezi ve ilçeleri ile ilgili nüfus, ilçelerde kullanılan yakıt türleri, yıllık ortalama radyasyon değerleri ve rakım değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Balıkesir ve ilçelerinin nüfusları, sıcak su üretiminde kullanılan yakıt türleri, aylık ortalama radyasyon değerleri ve rakım değerleri [59-61]

İlçe	Nüfus (Kişi)	İlçede Kullanılan Yakıt Türü	Yıllık Ortalama Radyasyon Değerleri (kWh/m ² -ay)	Rakım Değerleri (m)
Altieylül	173.686	Doğalgaz	3.91	139
Ayvalık	67.902	LPG ve güneş	3.87	10
Balya	13.648	LPG ve diğer	3.86	225
Bandırma	146.688	Doğalgaz	3.75	20
Bigadiç	49.539	LPG ve diğer	3.93	160
Burhaniye	57.090	LPG ve güneş	3.88	12
Dursunbey	38.522	LPG ve diğer	3.96	635
Edremit	140.857	Doğalgaz ve güneş	3.94	25
Erdek	32.899	LPG ve güneş	3.73	10
Gömeç	12.768	LPG ve güneş	3.91	13
Gönen	72.701	Doğalgaz ve jeotermal	3.79	40
Havran	27.564	LPG ve diğer	3.90	30
İvrindi	33.710	LPG ve diğer	3.92	270
Karesi	173.386	Doğalgaz	3.91	139
Kepsut	23.508	LPG ve diğer	3.87	75
Manyas	20.154	LPG ve diğer	3.79	50
Marmara	8.848	LPG ve diğer	3.73	10
Savaştepe	18.677	LPG ve diğer	3.94	300
Sındırgı	34.868	LPG ve diğer	3.99	225
Susurluk	39.673	LPG ve diğer	3.81	50

Ülkemizin 1970-2015 yılları arası toplam günlük güneşlenme süresi miktarları Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3: 1970-2015 yılları arası Türkiye ortalama günlük toplam güneşlenme süresi haritası [62]

Şekil 3.3’de görüldüğü üzere Balıkesir ilinin ortalama günlük güneşlenme süresi 6.3-7.3 saat arasındadır. Balıkesir ilinin ortalama günlük güneşlenme süresi Akdeniz Bölgesi’ndeki illerin ortalama günlük güneşlenme sürelerinden az, Karadeniz Bölgesi’ndeki illerin ortalama günlük güneşlenme sürelerinden fazladır. Ülkemizin bölgelere göre güneş enerjisi ve güneşlenme süreleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Türkiye’de bölgelere göre güneşlenme süresi ve enerjisi [18]

Bölgeler	Güneş Enerjisi (kWh/m ² ay)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	1460	2993
Akdeniz Bölgesi	1390	2956
Doğu Anadolu Bölgesi	1365	2664
İç Anadolu Bölgesi	1314	2628
Ege Bölgesi	1304	2738
Marmara Bölgesi	1168	2409
Karadeniz Bölgesi	1120	1971

Tablo 3.2’de görüldüğü gibi ülkemizin en fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgemiz Güneydoğu Anadolu Bölgesi iken en az güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgemiz ise Karadeniz Bölgesidir.

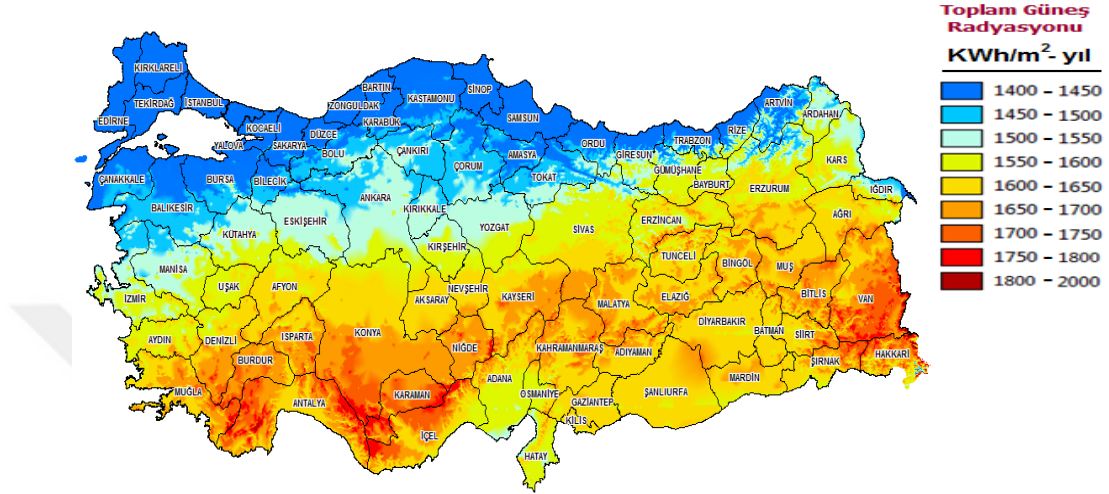
Türkiye’nin aylara göre güneş enerjisi dağılımı ve güneşlenme süreleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Şekil 3.4’de ise ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli atlası verilmiştir.

Tablo 3.3: Türkiye’nin aylara göre güneş enerjisi dağılımı [18]

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm ² -ay)	Aylık Toplam Güneş Enerjisi kWh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4.45	51.75	103
Şubat	5.44	63.27	115
Mart	8.31	96.65	165
Nisan	10.51	122.23	197
Mayıs	13.23	153.86	273
Haziran	14.51	168.75	325
Temmuz	15.08	175.38	365
Ağustos	13.62	158.40	343
Eylül	10.60	123.28	280
Ekim	7.73	89.90	214
Kasım	5.23	60.82	157
Aralık	4.03	46.87	103
Toplam	112.74	1311	2640
Ortalama	308 cal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7.2 saat/gün

Tablo 3.3 incelendiğinde ülkemizin ortalama güneş enerjisi şiddeti 3.6 kWh/m²-gün, ortalama güneşlenme süresi ise 7.2 saattir. Şekil 3.4’de de görüldüğü üzere ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli konusunda birçok Avrupa ülkesine göre çok daha şanslı durumdadır. Örnek verilecek olursa Almanya, Türkiye’den daha kuzeyde yer

aldığı için ışınım değerleri ülkemize göre çok daha düşük bir seviyededir. Ancak, Almanya güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi bakımından Türkiye'den daha fazla bir kapasiteye sahiptir.



Şekil 3.4: Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası [63]

Şekil 3.4'de görüldüğü gibi Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin güneş enerjisi potansiyeli Akdeniz Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki illere göre daha düşüktür. Ancak Marmara Bölgesinin kuzeyi ve Karadeniz Bölgesiyle bir karşılaştırma yapılırsa Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin güneş enerjisi potansiyelinin daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.4'de Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin aylara göre ortalama hava sıcaklıkları, Tablo 3.5'de Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin rakım değerleri ve yatay yüzeye gelen ışınım değerleri, Tablo 3.6'da Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin PVGİS'den yararlanılarak hesaplanan yatay yüzeye gelen radyasyon değerleri verilmiştir. Tablo 3.7'de 39° eğim açısı için Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin eğik yüzeye gelen radyasyon değerleri, Tablo 3.8'de ise 35.1° eğim açısı için Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin eğik yüzeye gelen radyasyon değerleri verilmiştir.

Tablo 3.4: Balıkesir ve ilçelerinin aylara göre ortalama hava sıcaklıkları (°C) [64]

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Ayvalık	7.8	8,5	10.3	14.4	19.1	23.5	26	25.5	22.3	17.5	13.1	9.7	16.5
Balıkesir (Merkez)	4.7	5.5	7.8	12.8	17.6	21.8	24.2	24	20.3	15.5	10.9	6.6	14.3
Balya	4.6	5.4	7.4	12.1	16.8	21	23.4	23.3	19.8	15	10.3	6.6	13.8
Bandırma	5.3	6	7.7	12.1	16.5	20.7	23	23	19.7	15.5	11.2	7.8	14.0
Bigadiç	5	5.5	8.4	13.1	17.9	22	24.5	24.5	20.6	16	11.1	6.9	14.6
Burhaniye	7.2	7.6	9.9	14.1	18.9	23.1	25.9	25.6	22	16.9	12.3	9	16.0
Dursunbey	2.6	3.9	6.3	11	15.3	19	21.5	21.4	18.4	13.4	8.6	4.5	12.2
Edremit	7	7.8	9.9	14.1	18.9	23	25.8	22.2	21	17	12.3	9	15.7
Erdek	5.1	5.8	7.6	11.9	16.4	20.6	22.7	22.7	19.5	15.2	11.1	7.5	13.8
Gömeç	7.5	8.1	10.2	14.3	19.1	23.3	25.9	25.5	22.1	17.3	12.7	9.5	16.3
Gönen	5.4	6.3	7.9	12.3	16.4	20.8	22.7	22.8	19.5	15.1	10.7	7.5	14.0
Havran	6.9	7.6	9.6	14	18.7	23.1	25.7	25.6	21.9	16.8	12.2	8.9	15.9
İvrindi	4.6	5.6	7.8	12.5	17.2	21.4	23.9	23.8	20.2	15.1	10.4	6.7	14.1
Kepsut	5	4.6	8.1	12.9	17.9	21.7	24.2	24.3	20.1	16.3	11.3	6.8	14.4
Manyas	5.3	5.9	7.8	12.5	16.8	21	23	23.1	19.7	15.3	11.1	7.4	14.1
Marmara	3.2	4.1	5.9	10.5	15.2	19.3	21.4	21.3	18.2	13.5	9.4	5.7	12.3
Savaştepe	4.5	5.6	7.9	12.7	17.6	21.7	24.3	24.2	20.5	15.3	10.6	6.6	14.3
Sındırgı	4.9	5.6	8.5	13.2	17.9	22	24.4	24.3	20.7	15.8	11	6.9	14.6
Susurluk	5.2	5.5	8.2	12.9	17.3	21.3	23.4	23.3	19.7	15.8	11.2	7.3	14.3

Tablo 3.5: Balıkesir merkezinin ve ilçelerinin yatay yüzeye gelen aylık ortalama ışınım değerleri tablosu (kWh/m²-gün) [65]

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Ayvalık	1.66	2.03	3.59	4.81	5.82	6.38	6.00	5.57	4.39	3.30	2.00	1.42	3.91
Balıkesir (Merkez)	1.61	2.08	3.53	4.74	5.8	6.28	5.96	5.51	4.41	3.18	1.93	1.40	3.87
Balya	1.61	2.09	3.52	4.74	5.8	6.26	5.98	5.50	4.37	3.14	1.9	1.37	3.86
Bandırma	1.48	2.30	3.35	4.57	5.66	6.1	5.84	5.37	4.26	3	1.8	1.29	3.75
Bigadiç	1.61	2.10	3.61	4.81	5.86	6.34	6.06	5.57	4.48	3.25	2.00	1.42	3.93
Burhaniye	1.61	1.97	3.56	4.78	5.81	6.32	5.96	5.55	4.37	3.26	2.00	1.40	3.88
Dursunbey	1.64	2.2	3.62	4.83	5.95	6.37	6.17	5.6	4.53	3.21	1.97	1.43	3.96
Edremit	1.66	2.27	3.58	4.83	5.89	6.36	6.08	5.59	4.43	3.20	1.99	1.40	3.94
Erdek	1.47	2.28	3.31	4.52	5.65	6.09	5.82	5.36	4.22	3.00	1.77	1.25	3.73
Gömeç	1.68	2.02	3.59	4.77	5.84	6.35	5.99	5.58	4.40	3.30	2.00	1.41	3.91
Gönen	1.52	2.26	3.41	4.63	5.73	6.17	5.90	5.42	4.28	3.05	1.82	1.30	3.79
Havran	1.66	2.09	3.56	4.80	5.83	6.33	6.01	5.55	4.40	3.20	1.99	1.40	3.90
İvrindi	1.68	2.10	3.59	4.81	5.87	6.34	6.05	5.56	4.42	3.23	1.99	1.41	3.92
Kepsut	1.59	2.10	3.53	4.74	5.80	6.27	6.00	5.52	4.43	3.18	1.90	1.40	3.87
Manyas	1.51	2.18	3.42	4.63	5.71	6.16	5.87	5.42	4.30	3.08	1.83	1.31	3.79
Marmara	1.47	2.28	3.31	4.52	5.65	6.09	5.82	5.36	4.22	3.00	1.77	1.25	3.73
Savaştepe	1.69	2.13	3.61	4.81	5.88	6.35	6.06	5.58	4.46	3.26	2.00	1.42	3.94
Sındırgı	1.68	2.18	3.67	4.87	5.94	6.4	6.14	5.65	4.56	3.30	2.02	1.48	3.99
Susurluk	1.54	2.07	3.46	4.67	5.73	6.21	5.92	5.45	4.35	3.1	1.88	1.35	3.81

Tablo 3.6: Balıkesir ve ilçelerinin yatay yüzeye gelen radyasyon değerleri (kWh/m²-gün) [66]

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Ayvalık	2.14	2.93	4.71	5.79	7.24	8.11	7.64	6.98	5.69	4.01	2.61	1.87	4.98
Balıkesir (Merkez)	1.69	2.37	3.91	4.96	6.54	7.52	7.58	6.85	5.22	3.5	2.22	1.48	4.49
Balya	1.64	2.25	3.79	4.93	6.5	7.41	7.5	6.82	5.08	3.35	2.17	1.45	4.41
Bandırma	1.61	2.3	3.85	5.13	6.7	7.55	7.56	6.86	5.1	3.29	2.11	1.37	4.45
Bigadiç	1.78	2.41	3.94	5.05	6.59	7.64	7.66	6.94	5.37	3.65	2.35	1.57	4.58
Burhaniye	2.08	2.79	4.58	5.68	7.06	8	7.55	6.8	5.61	3.91	2.53	1.8	4.87
Dursunbey	1.78	2.46	3.93	5	6.33	7.35	7.82	6.99	5.25	3.58	2.42	1.62	4.54
Edremit	2.02	2.73	4.49	5.53	6.99	7.91	7.45	6.74	5.47	3.85	2.48	1.76	4.79
Erdek	1.57	2.18	3.68	4.92	6.49	7.28	7.45	6.59	4.91	3.09	1.98	1.31	4.29
Gömeç	2.09	2.83	4.6	5.66	7.08	8.02	7.57	6.83	5.6	3.95	2.56	1.84	4.89
Gönen	1.58	2.14	3.65	4.75	6.34	7.13	7.32	6.43	4.74	3.01	2.01	1.36	4.21
Havran	1.86	2.47	4.18	5.3	6.69	7.68	7.57	6.79	5.4	3.64	2.36	1.62	4.63
İvrindi	1.67	2.26	3.85	4.92	6.49	7.43	7.57	6.89	5.16	3.37	2.19	1.49	4.44
Kepsut	1.7	2.4	3.9	5.02	6.54	7.58	7.67	6.96	5.3	3.57	2.24	1.48	4.53
Manyas	1.57	2.2	3.68	4.8	6.41	7.33	7.52	6.68	4.93	3.17	2.12	1.4	4.32
Marmara	1.55	2.33	4	5.37	6.91	7.68	7.6	6.9	5.13	3.19	1.94	1.24	4.49
Savaştepe	1.75	2.31	3.91	5.02	6.55	7.54	7.51	6.89	5.32	3.61	2.35	1.58	4.53
Sındırgı	1.8	2.44	3.92	5	6.52	7.54	7.65	6.9	5.3	3.61	2.37	1.61	4.56
Susurluk	1.64	2.29	3.76	4.93	6.48	7.43	7.58	6.89	5.14	3.42	2.3	1.47	4.44

Tablo 3.7: Balıkesir il ve ilçelerinin aylara göre eğik yüzeye gelen ışınım değerleri (kWh/m²-gün) [66] (Eğim açısı=39°)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Ayvalık	2.79	3.39	4.45	5.21	5.68	5.97	6.03	6.00	5.65	4.56	3.17	2.38	4.61
Balıkesir (Merkez)	2.57	3.18	4.26	4.97	5.41	5.74	5.78	5.67	5.31	4.30	2.98	2.24	4.37
Balya	2.52	3.14	4.26	5.01	5.47	5.77	5.82	5.71	5.29	4.32	2.93	2.15	4.37
Bandırma	2.35	2.87	3.97	4.76	5.21	5.59	5.59	5.60	5.20	3.97	2.67	1.96	4.15
Bigadiç	2.65	3.34	4.34	5.05	5.47	5.78	5.83	5.75	5.42	4.42	3.09	2.35	4.46
Burhaniye	2.75	3.26	4.36	5.12	5.50	5.83	5.91	5.82	5.46	4.45	3.11	2.36	4.49
Dursunbey	2.64	3.41	4.43	5.11	5.53	5.83	5.93	5.81	5.48	4.42	3.09	2.42	4.51
Edremit	2.67	3.21	4.31	5.06	5.50	5.80	5.88	5.78	5.39	4.39	3.06	2.29	4.45
Erdek	2.35	2.86	3.95	4.75	5.21	5.55	5.58	5.59	5.17	3.98	2.64	1.94	4.13
Gömeç	2.84	3.36	4.42	5.17	5.61	5.91	5.98	5.91	5.57	4.53	3.18	2.43	4.58
Gönen	2.42	2.95	4.07	4.83	5.32	5.63	5.66	5.59	5.22	4.11	2.77	2.04	4.22
Havran	2.66	3.23	4.32	5.06	5.50	5.79	5.88	5.78	5.40	4.40	3.05	2.29	4.45
İvrindi	2.63	3.25	4.33	5.07	5.54	5.80	5.88	5.79	5.37	4.39	3.04	2.26	4.45
Kepsut	2.54	3.13	4.18	4.94	5.36	5.70	5.73	5.62	5.31	4.25	2.95	2.24	4.21
Manyas	2.43	2.96	4.07	4.83	5.28	5.63	5.66	5.56	5.19	4.11	2.77	2.07	4.21
Marmara	2.37	2.85	3.91	4.72	5.20	5.55	5.55	5.61	5.16	3.94	2.62	1.89	4.11
Savaştepe	2.72	3.38	4.43	5.10	5.58	5.85	5.92	5.85	5.49	4.48	3.15	2.41	4.53
Sındırgı	2.74	3.44	4.42	5.11	5.52	5.81	5.88	5.81	5.47	4.47	3.14	2.42	4.52
Susurluk	2.36	2.97	4.09	4.86	5.32	5.64	5.67	5.54	5.19	4.12	2.79	2.07	4.22

Tablo 3.8: Balıkesir il ve ilçelerinin eğik yüzeye gelen radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)(Eğim açısı= 35,1°) [66]

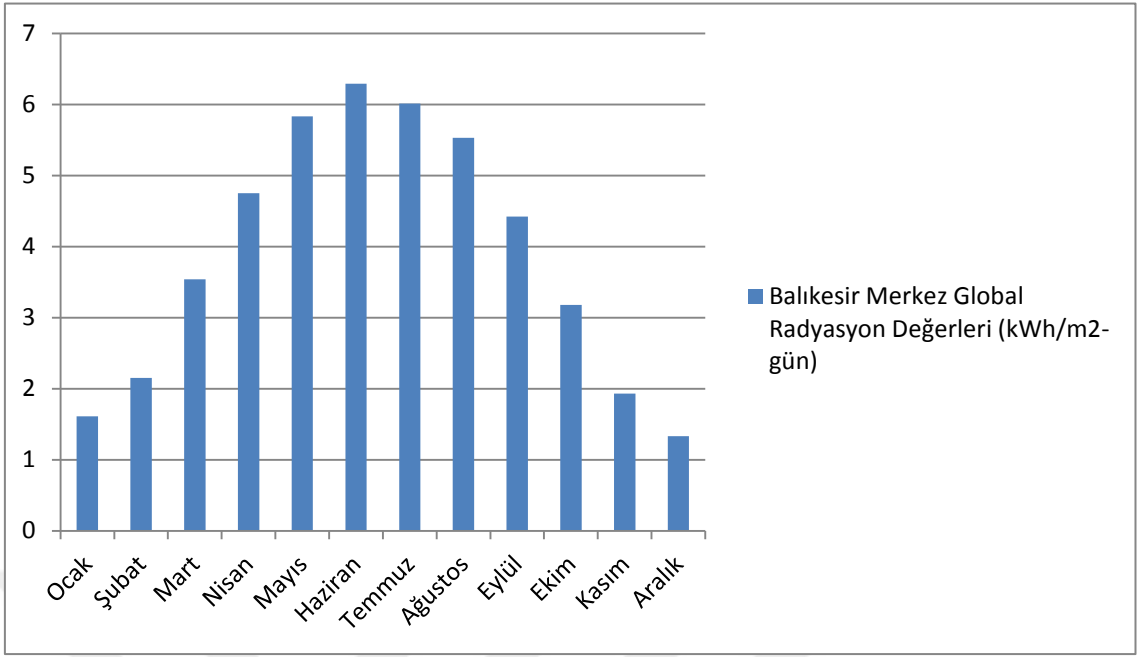
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Ayvalık	3.5	4.19	5.88	6.28	7.04	7.44	7.21	7.3	6.91	5.65	4.26	3.17	5.74
Balıkesir (Merkez)	2.51	3.2	4.71	5.3	6.38	6.93	7.19	7.18	6.3	4.81	3.44	2.27	5.02
Balya	2.4	2.97	4.57	5.28	6.34	6.83	7.12	7.14	6.11	4.56	3.31	2.23	4.91
Bandırma	2.43	3.14	4.71	5.54	6.54	6.92	7.16	7.17	6.19	4.54	3.29	2.15	4.98
Bigadiç	2.7	3.25	4.76	5.4	6.4	7.02	7.24	7.26	6.47	5.04	3.69	2.46	5.14
Burhaniye	3.36	3.92	5.67	6.16	6.88	7.35	7.14	7.12	6.81	5.5	4.11	3	5.59
Dursunbey	2.68	3.32	4.73	5.34	6.14	6.76	7.39	7.3	6.33	4.95	3.87	2.58	5.12
Edremit	3.24	3.83	5.55	5.99	6.82	7.27	7.06	7.06	6.64	5.42	4.01	2.91	5.48
Erdek	2.38	2.91	4.46	5.28	6.33	6.68	7.07	6.88	5.91	4.21	3.05	2.04	4.77
Gömeç	3.41	4	5.7	6.12	6.89	7.36	7.15	7.14	6.8	5.56	4.18	3.11	5.62
Gönen	2.41	2.88	4.42	5.08	6.17	6.55	6.93	6.7	5.67	4.05	3.1	2.15	4.68
Havran	2.88	3.35	5.1	5.7	6.52	7.08	7.17	7.1	6.53	5.05	3.73	2.58	5.23
İvrindi	2.48	3	4.64	5.26	6.31	6.85	7.17	7.21	6.21	4.58	3.37	2.32	4.95
Kepsut	2.51	3.22	4.72	5.37	6.37	6.97	7.27	7.29	6.4	4.94	3.48	2.27	5.07
Manyas	2.36	2.97	4.45	5.13	6.23	6.72	7.11	6.98	5.93	4.31	3.29	2.2	4.81
Marmara	2.19	3.12	4.92	5.86	6.79	7.08	7.24	7.26	6.24	4.33	2.84	1.75	4.97
Savaştepe	2.65	3.1	4.71	5.36	6.37	6.94	7.1	7.2	6.41	4.97	3.71	2.51	5.09
Sındırgı	2.72	3.3	4.71	5.33	6.32	6.93	7.23	7.2	6.38	4.97	3.72	2.53	5.11
Susurluk	2.45	3.07	4.54	5.28	6.32	6.85	7.2	7.23	6.19	4.7	3.62	2.33	4.98

3.2.3. Nüfus ve Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Yakıt Türü İle İlgili Bilgiler

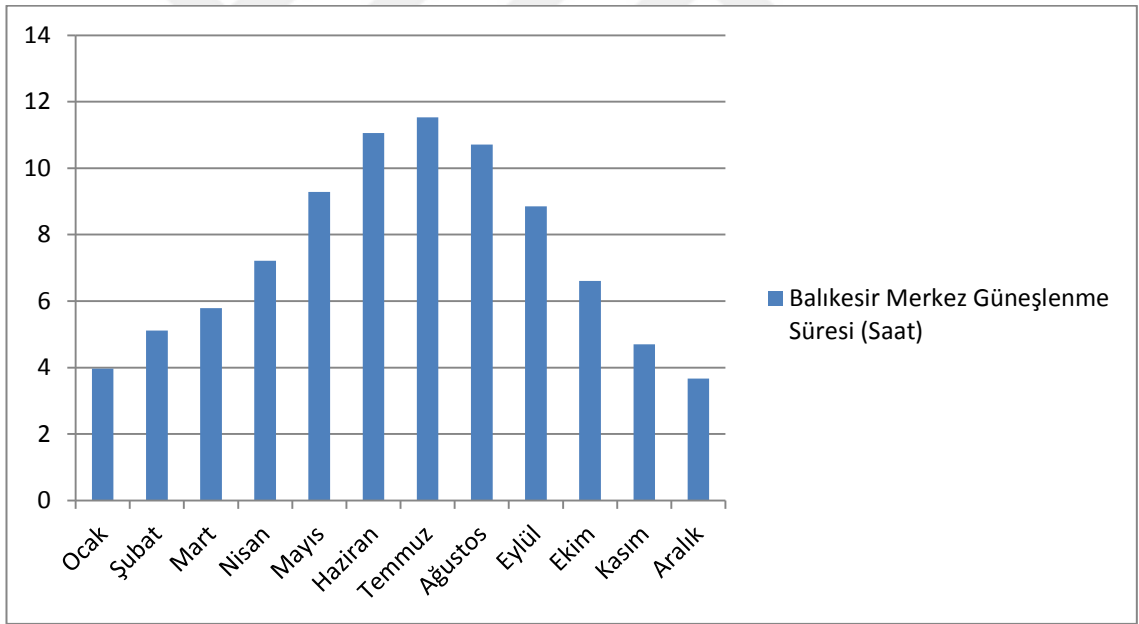
Balıkesir il merkezi ve ilçelerine ait 2015 yılı nüfusları, hane sayısı, ortalama hane halkı ve sıcak su üretiminde kullanılan yakıt türleri Tablo 3.9’da verilmiştir. Şekil 3.5’de Balıkesir ilinin aylık global radyasyon değerleri, Şekil 3.6’da ise Balıkesir ilinin aylara göre güneşlenme süresi verilmiştir.

Tablo 3.9: 2015 yılı Balıkesir nüfusunun ilçelere göre dağılımı [59,67]

İlçe	Nüfus	Hane Sayısı	Ortalama Hane Halkı (Kişi)	Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Yakıt Türü
Altıeylül	173.686	57.702	3.01	Doğalgaz
Ayvalık	67.902	22.558	2.74	LPG ve güneş
Balya	13.648	5.570	2.45	LPG ve diğer
Bandırma	146.688	51.833	2.83	Doğalgaz
Bigadiç	49.539	16.458	3.01	LPG ve diğer
Burhaniye	57.090	19.961	2.86	LPG ve güneş
Dursunbey	38.522	13.192	2.92	LPG ve diğer
Edremit	140.857	50.486	2.79	Doğalgaz ve güneş
Erdek	32.899	12.556	2.62	LPG ve güneş
Gömeç	12.768	4.372	2.92	LPG ve güneş
Gönen	72.701	25.509	2.85	Doğalgaz ve jeotermal
Havran	27.564	9.218	2.99	LPG ve diğer
İvrindi	33.710	12.213	2.76	LPG ve diğer
Karesi	173.386	59.582	2.91	Doğalgaz
Kepsut	23.508	8.277	2.84	LPG ve diğer
Manyas	20.154	6.949	2.90	LPG ve diğer
Marmara	8.848	3.229	2.74	LPG ve diğer
Savaştepe	18.677	6.553	2.85	LPG ve diğer
Sındırgı	34.868	13.620	2.56	LPG ve diğer
Susurluk	39.673	13.969	2.84	LPG ve diğer



Şekil 3.5: Balıkesir ilinin aylık global radyasyon değerleri [63]

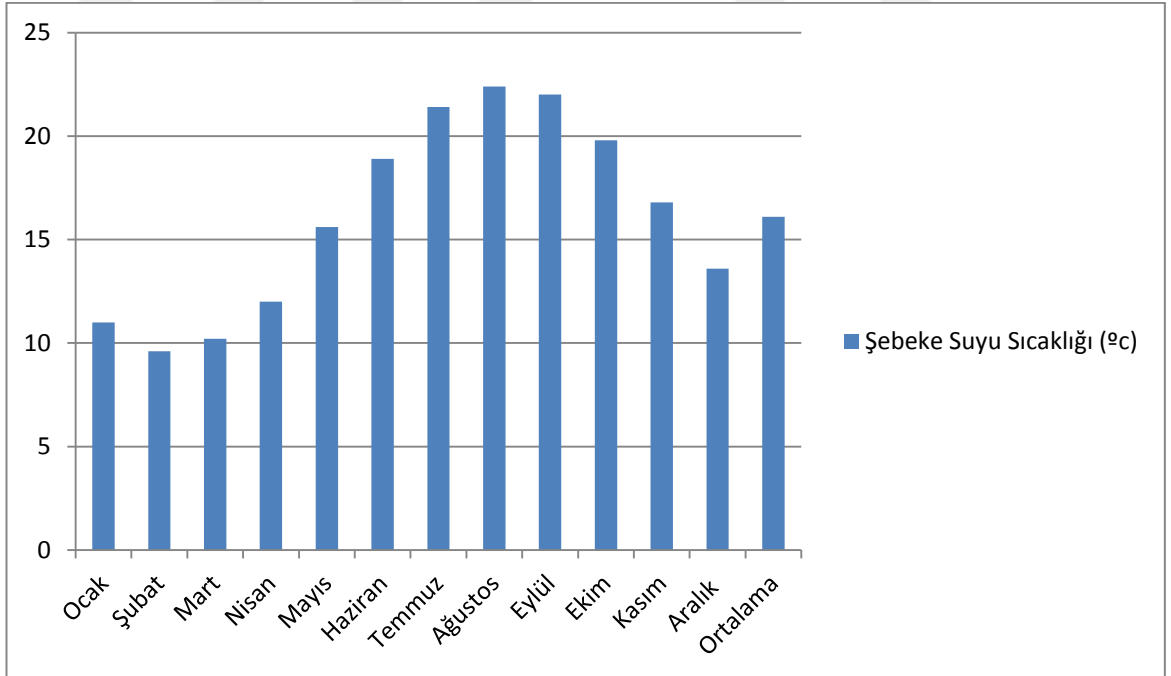


Şekil 3.6: Balıkesir merkezinin aylara göre güneşlenme süreleri [63]

Balıkesir ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık değerleri Tablo 3.10’da verilmiştir. Şekil 3.7’de ise Balıkesir ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık değerleri grafik halinde verilmiştir.

Tablo 3.10: Balıkesir ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık değerleri [25]

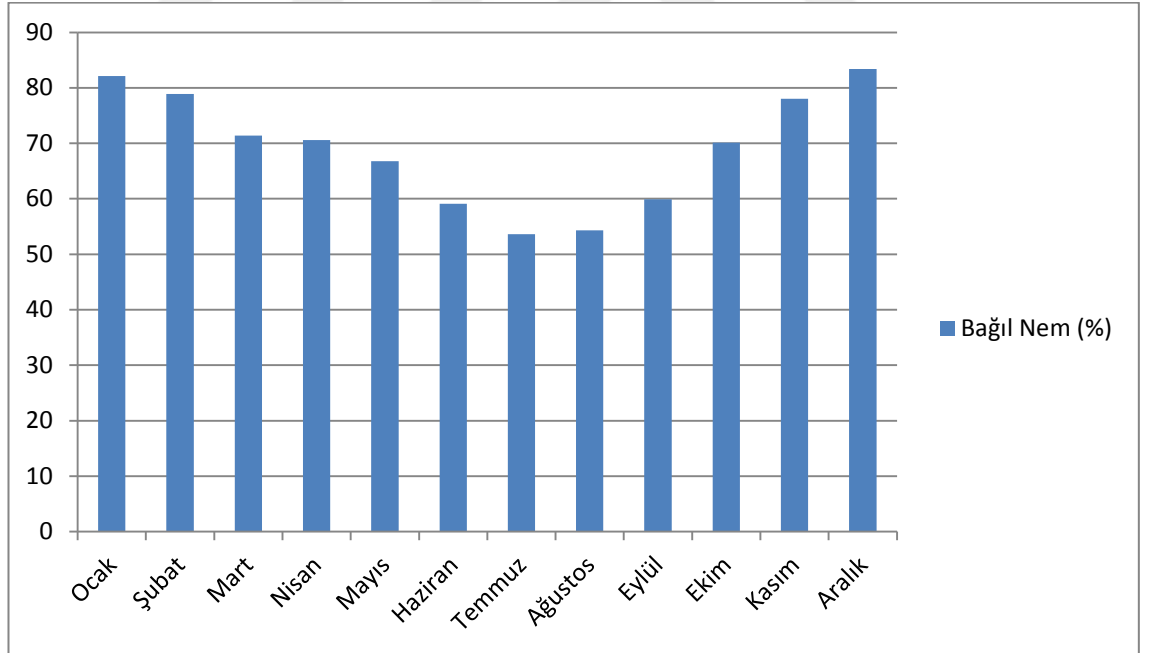
Aylar	Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)
Ocak	11
Şubat	9.6
Mart	10.2
Nisan	12
Mayıs	15.6
Haziran	18.9
Temmuz	21.4
Ağustos	22.4
Eylül	22
Ekim	19.8
Kasım	16.8
Aralık	13.6
Ortalama	16.1



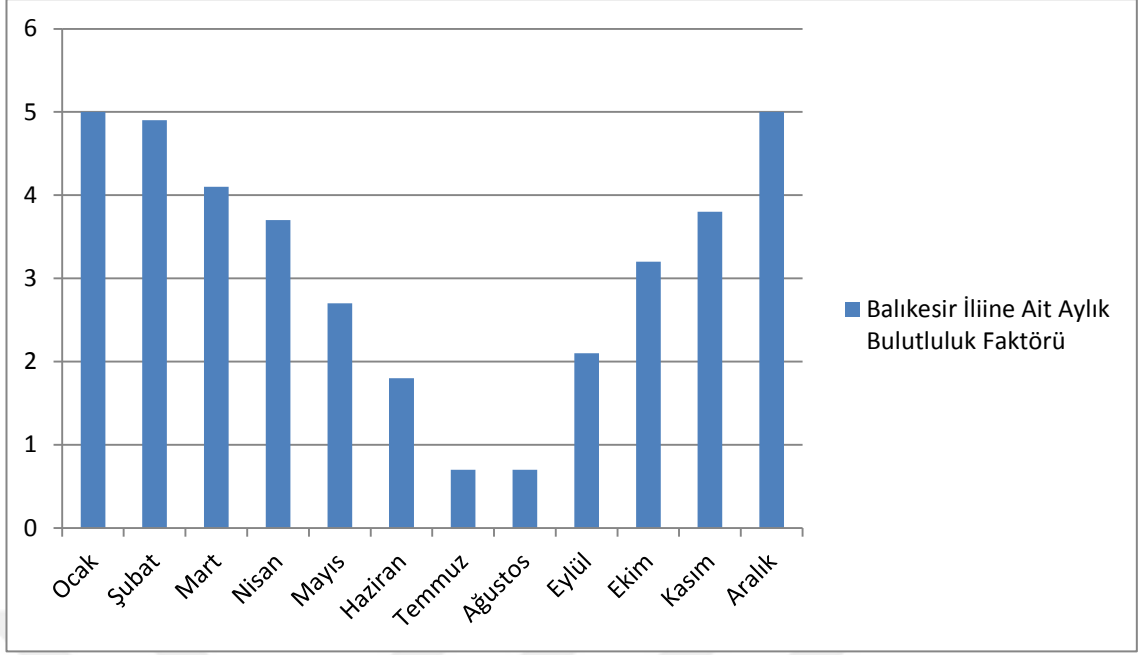
Şekil 3.7: Balıkesir ilinin aylık ortalama şebeke suyu sıcaklık değerleri [25]

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi Balıkesir ilinin yıllık ortalama şebeke suyu sıcaklığı 16.1°C’dir. Balıkesir ilinin yıllık ortalama şebeke suyu sıcaklığı Akdeniz Bölgesindeki illere göre daha düşük bir sıcaklıktadır. Bunun nedeni ise Akdeniz Bölgesinin daha güneyde olması ve yıllık ışıınım şiddetinin daha fazla olmasındandır. Yine Akdeniz Bölgesindeki illerin yıllık ortalama toprak sıcaklıkları da Balıkesir ilinin yıllık ortalama toprak sıcaklıklarından fazladır. Balıkesir ilinin yıllık ortalama şebeke suyu sıcaklığı, Doğu Anadolu Bölgesindeki illerin yıllık ortalama şebeke suyu sıcaklıklarına göre daha yüksek bir değerdedir. Bunun nedeni ise Doğu Anadolu Bölgesi’nin Balıkesir il merkezi ve ilçelerine göre çok daha soğuk olması ve dolayısıyla toprak sıcaklıklarının düşük olmasındandır.

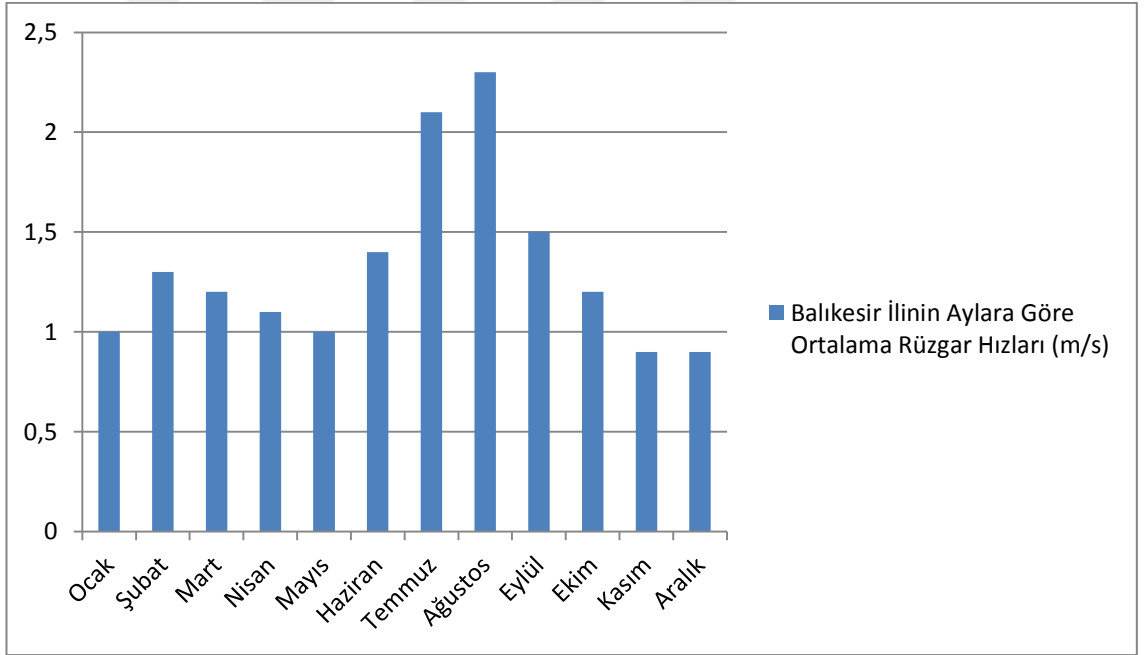
Şekil 3.8’de Balıkesir ilinin aylara göre bağıl nem oranları, Şekil 3.9’da Balıkesir iline ait bulutluluk faktörü, Şekil 3.10’da Balıkesir ilinin aylara göre ortalama rüzgar hızları ve Şekil 3.11’de Balıkesir ilinin aylara göre toprak sıcaklıkları verilmiştir.



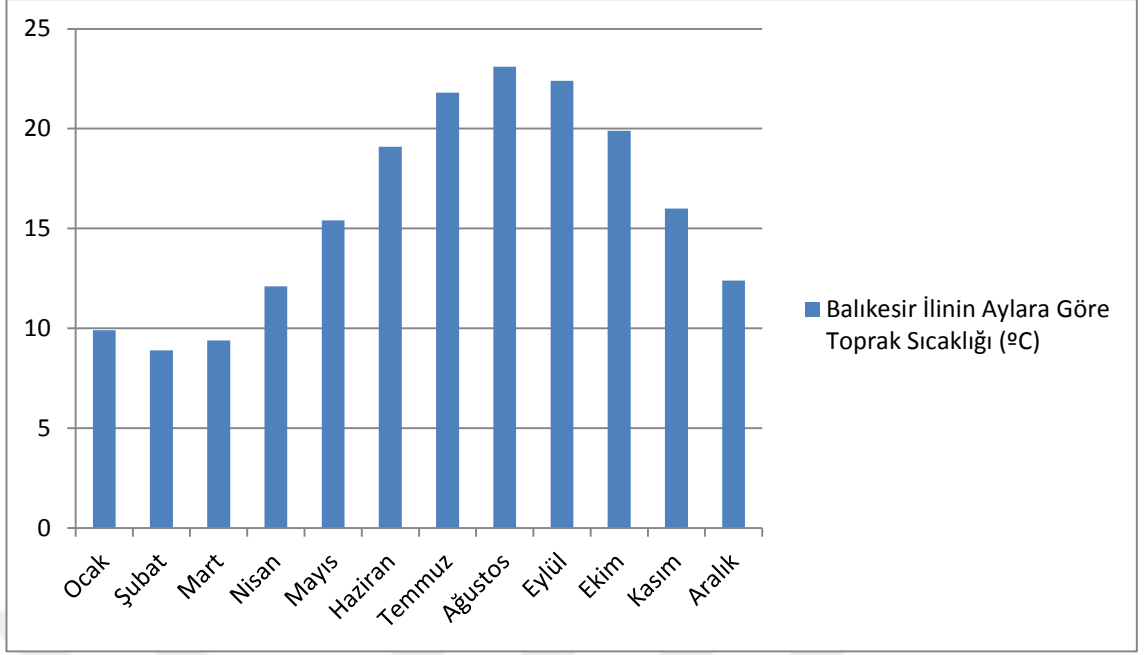
Şekil 3.8: Balıkesir ilinin aylara göre bağıl nem oranları [34]



Şekil 3.9: Balıkesir iline ait aylık bulutluluk faktörü [34]



Şekil 3.10: Balıkesir ilinin aylara göre ortalama rüzgar hızları [34]



Şekil 3.11: Balıkesir ilinin aylara göre toprak sıcaklıkları [34]

Şekil 3.11’de görüldüğü üzere Balıkesir ilinin aylara göre ortalama toprak sıcaklığının en yüksek olduğu ay Ağustos ayıdır. Toprak sıcaklığı, şebeke suyu sıcaklığına etki ettiğinden bu kısımda aylara göre toprak sıcaklıkları da verilmiştir. Balıkesir ilinin yıllık ortalama toprak sıcaklığı, Akdeniz Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki illerin yıllık ortalama toprak sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta iken, Karadeniz Bölgesi’ndeki illerin yıllık ortalama toprak sıcaklığından daha yüksek bir değerdedir. Bunun en temel nedeni ise Akdeniz Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin daha güneyde olması ve dolayısıyla güneş ışınım şiddetlerinin daha yüksek olmasındandır. Karadeniz Bölgesi ise daha kuzeyde yer aldığı için güneş ışınım şiddetleri daha düşüktür. Dolayısıyla toprak sıcaklıkları daha Balıkesir iline göre daha soğuktur.

3.3. Balıkesir İl Merkezi ve İlçelerinde Sıcak Su Üretiminde Kullanılan Yakıtlar ve Özellikleri

Balıkesir il merkezinde sıcak su elde edilmesinde genellikle doğalgaz, kömür ve LPG yakıtları kullanılmaktadır. Yok denecek kadar az sayıda güneş enerjinden de yararlanılmaktadır. İlin Ege kıyılarında bulunan ilçelerinde güneş enerjisinden

yararlanılmaktadır. Ayrıca Gönen, Edremit, Güre, Bigadiç ve Sındırgı ilçelerinde toplam 14.000 konutun ısıtma ve sıcak su ihtiyacı jeotermal kaynaklardan sağlanmaktadır. Doğalgazın henüz verilmediği ilçelerde kömür, LPG ve diğer yakıtlar ön plana çıkmaktadır. Bu yakıtların özellikleri ve yaklaşık kapalı formülleri aşağıda verilmiştir.

Doğalgaz: $C_{1,05}H_4O_{0,034}N_{0,022}$ [68]

Kömür: $C_{7,078}H_{5,149}O_{0,517}S_{0,01}N_{0,086}$ [68]

LPG: $C_{3,498}H_{9,027}$ [69]

3.4. İl merkezi ve İlçelerin Sıcak Su İhtiyacının Belirlenmesi

İnsanların sıcak su tüketim miktarları; bulunduğu bölgelere göre, iklim, kültür, gelir düzeyi... vb faktörlere bağlı olarak çok değişkenlik göstermektedir. Ülkelerin ve ülkemizin standartlarında ve yönetmeliklerinde vermiş olduğu su tüketim değerleri de bu çerçevede çok değişkenlik göstermektedir. Tablo 3.11’de çeşitli konutlar için sıcak su tüketim değerleri verilmektedir. Görüldüğü gibi su tüketim değerleri genel anlamda 25-60 L/gün-kişi arasında değişmektedir. Çalışma bölgemiz için uygun olan 45 L/gün-kişi kullanılmıştır. Sıcak su tesisatlarında soğuk suyun giriş sıcaklığı genellikle 10°C alınır. Sıcak su kullanım sıcaklığı ise 30-90°C arasında değişmektedir. Öte yandan 45°C ve altı su sıcaklıklarında lejyoner hastalığı için uygun ortam olduğundan, hastalığı önlemek için boyler su sıcaklığı haftada 1 kez 50°C ve üzerindeki sıcaklıklara çıkarılmalıdır [70].

Tablo 3.11: Konutlarda sıcak su ihtiyacı tablosu [70]

Kullanım Biçimi	Birim	Su Tüketimi (L/gün-kişi)
Sosyal Konutlarda	Kişi Başına	25-40
Genel Konutlarda	Kişi Başına	30-45
Özel Konutlarda	Kişi Başına	40-50
Villa Tipi Konutlarda	Kişi Başına	45-60

Sıcak su tüketim değerlerinin belirlenmesinde ayrıca eş-zaman faktörü de dikkate alınmıştır. Bu değerler Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12: Daire sayısı-eş zaman faktörü tablosu [70]

Daire Sayısı	Eş Zaman Faktörü
1	1.15
2	0.86
4	0.65
6	0.56
8	0.5
10	0.47
12	0.47
15	0.44
18	0.42
20	0.4
25	0.38
30	0.36
40	0.33
50	0.32
60	0.31
80	0.29
100	0.28
120	0.27
150	0.26
200	0.25

3.5. Toplayıcı Alanı ve Toplayıcı Sayısının Hesaplanması

Güneş enerjisi sistemlerinde toplayıcı alan hesabı yapılırken birçok yöntem izlenmektedir. Projelendirmede karşılama oranı %100 olmayacağı gibi % 10 gibi düşük bir değer de olmamalıdır. Projelendirme hesaplarında müstakil konutlar için

Tablo 3.11'den yararlanarak kişi başına günlük su tüketimi 45 litre alınmıştır. Eşitlik (3.1) ve Eşitlik (3.2)'de bu bağıntılar verilmiştir [25].

$$m_s = \text{Kişi Sayısı} \times \text{Kişi Başına Günlük Su Tüketimi} \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{günlük}} = m_s \times c_{\text{su}} \times (t_g - t_{\text{şebeke}}) \quad (3.2)$$

Toplayıcıdan elde edilen aylık faydalı enerji formülü aşağıdaki gibidir [34].

$$Q_{\text{solar}} = I_{\beta} \cdot A_k \cdot \eta_k \quad (3.3)$$

Bu formülde I_{β} , eğik düzleme gelen ışınım, η_k , toplayıcı verimi, A_k ise toplayıcı alanıdır [34].

Toplayıcı ortalama verimi yılın her ayında farklılık göstermektedir. Aylara göre ortalama toplayıcı verimi aşağıdaki formülle hesaplanır [34]:

$$\eta_k = a' - b' \times \frac{(T_{\text{kol}} - T_a)}{I_{\beta}} \quad (3.4)$$

Burada yer alan a' , toplayıcı optik performans katsayısı, b' değer ise toplayıcı ısı kaybı katsayılarıdır. T_{kol} , toplayıcı ortalama sıcaklığı, T_a ise dış ortam sıcaklığıdır. a' ve b' değerleri Tablo 3.13'de görülmektedir [34].

Tablo 3.13: Ortalama toplayıcı verim katsayıları tablosu [25]

Toplayıcı Tipi	a'	b'
Düşük demirli tek camlı		
-Bakır absorber, siyah selektif boya	0.863	6.615
-Bakır absorber, siyah krom kaplama	0.840	4.615
Camsız, siyah plastik (Yüzme havuzları için)	0.836	16.24
Bakır absorber, tek cam, siyah boyalı	0.579	5.7
Akrilik örtülü, siyah boyalı		
-Alüminyum absorber	0.773	7.354
-Bakır absorber, alüminyum akış kanalları	0.797	8.1
Alüminyum ekstrüzyon absorber, tek cam siyah boyalı	0.634	3.636
Bakır boru- bakır absorber, tek cam, siyah boyalı	0.688	6.747

$$T_{kol} = \frac{2.T_g + T_{sebeke}}{3} \quad (3.5)$$

Yukarıdaki hesaplamalarda I_β değerleri, PVGIS programı yardımıyla hesaplanmıştır. Bu çalışmada toplayıcı optik verim katsayıları $a^1=0,840$, $b^1=4,615$ olarak alınmıştır. Yaygın olarak bölgemizde kullanılan toplayıcı tipleri dikkate alınarak; seçilen toplayıcı türü düşük demirli, tek camlı, bakır absorber, siyah krom kaplamalı toplayıcıdır. Çünkü düşük demirli toplayıcıların verimleri, diğer düzlemsel toplayıcıların verimlerine göre daha yüksektir.

“Photovoltaic Geographical Information System” ya da bilinen adıyla PVGIS, güneş enerjisi kaynaklarının ve Avrupa, Afrika, Güneybatı Asya’da bulunan photovoltaik sistemlerden elektrik enerjisi üretilmesi ve değerlendirilmesini sağlayan harita tabanlı bir programdır [71].

$$A = \frac{Q_{gün}}{I \times R_{kol} \times \eta_{kol}} \quad [25] \quad (3.6)$$

$$Z = \frac{A}{A_{kol}} \quad [25] \quad (3.7)$$

Bu formüllerde T_g , istenilen su sıcaklığı ve $T_{\text{şebeke}}$ ise şebeke suyu sıcaklığıdır. [33].

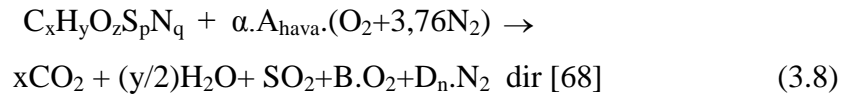
Tablo 3.14: Enlem açısı ve R değerleri [27]

Enlem	Mevsim	Toplayıcı Açısı			
		15°	30°	45°	60°
36°	Tüm Yıl	1.154	1.229	1.221	1.129
38°	Tüm Yıl	1.168	1.257	1.26	1.177
40°	Tüm Yıl	1.183	1.286	1.301	1.277
42°	Tüm Yıl	1.199	1.316	1.344	1.280

3.6. Güneş Enerjisi Kullanımı İle CO₂ deki Azalmanın Hesaplanması

Güneş enerjisinin kullanılmasıyla kömür, doğalgaz ve LPG yakıtlarının kullanımı azalacaktır. Bu yakıtların yanma denklemlerinden gidilerek atmosfere atılan gazlar ve emisyonlar aşağıdaki denklemlerden hesaplanmıştır [68]:

Kömür:



A_{hava} , B ve D_n değerleri hesaplanmak istenirse [68]:

$$A_{\text{hava}} = x + \frac{y}{4} + p - \frac{z}{2} \quad [68] \quad (3.9)$$

$$B = (\alpha - 1) \cdot A_{\text{hava}} \quad [68] \quad (3.10)$$

$$D_n = (3,76 \cdot \alpha \cdot A_{\text{hava}}) + \frac{q}{2} \quad \text{şeklindedir [68]} \quad (3.11)$$

1 kg yakıtın yanması ile açığa çıkan emisyon oranları bulunmak istenirse [68]:

$$M_{CO_2} = \frac{x_{CO_2}}{M} = \text{kg CO}_2/\text{kg yakıt} \quad [68] \quad (3.12)$$

$$M_{SO_2} = \frac{p_{SO_2}}{M} = \text{kg SO}_2/\text{kg yakıt} \quad [68] \quad (3.13)$$

Eğer denklemin sağ tarafı yakıtın toplam kütlesi ile çarpılırsa aşağıdaki gibi bir denklem elde edilir [68].

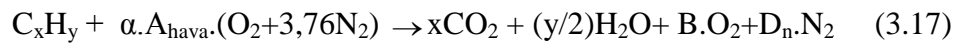
$$M_{CO_2} = \frac{44x}{M} \quad (M_f \text{ kg/m}^2) \quad [68] \quad (3.14)$$

$$M_{SO_2} = \frac{64q}{M} \quad (M_f \text{ kg/m}^2) \quad [68] \quad (3.15)$$

Eğer yakıtın mol kütlesi bulunmak istenirse [68]:

$$M = 12.x + y + 16.z + 32.p + 14.q \quad (\text{kg/mol}) \quad [68] \quad (3.16)$$

Doğalgaz:



A_{hava} , B ve D_n değerleri hesaplanmak istenirse :

$$A_{\text{hava}} = x + \frac{y}{4} \quad (3.18)$$

$$B = (\alpha - 1) \cdot A_{\text{hava}} \quad (3.19)$$

$$D_n = (3,76 \cdot \alpha \cdot A_{\text{hava}}) \text{ şeklindedir} \quad (3.20)$$

1 kg yakıtın yanması ile açığa çıkan emisyon oranları bulunmak istenirse [68]:

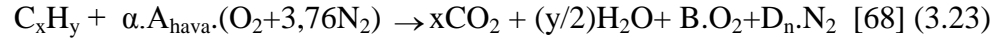
Eğer denklemin sağ tarafı yakıtın toplam kütlesi ile çarpılırsa aşağıdaki gibi bir denklem elde edilir [68].

$$M_{CO_2} = \frac{44x}{M} \quad (M_f \text{ kg/m}^2) \quad [68] \quad (3.21)$$

Eğer yakıtın mol kütlesi bulunmak istenirse [68]:

$$M = 12.x + y \quad (\text{kg/mol}) \quad (3.22)$$

LPG:



A_{hava} , B ve D_n değerleri hesaplanmak istenirse:

$$A_{\text{hava}} = x + \frac{y}{4} \quad (3.24)$$

$$B = (\alpha - 1).A_{\text{hava}} \quad (3.25)$$

$$D_n = (3,76.\alpha.A_{\text{hava}}) \quad (3.26)$$

Şeklindedir

1 kg yakıtın yanması ile açığa çıkan emisyon oranları bulunmak istenirse [68]:

Eğer denklemin sağ tarafı yakıtın toplam kütlesi ile çarpılırsa aşağıdaki gibi bir denklem elde edilir [68].

$$M_{CO_2} = \frac{44x}{M} \quad (M_f \text{ kg/m}^2) \quad (3.27)$$

Eğer yakıtın mol kütlesi bulunmak istenirse:

$$M = 12.x + y \quad (\text{kg/mol}) \quad (3.28)$$

Tablo 3.15’de yakıtların yaklaşık kapalı formülleri, Tablo 3.16’da kullanılan yakıtların alt ısıl değerleri, yanma verimleri ve dolar bazında birim fiyatları, Tablo 3.17’de ise kullanılan yakıtlar ve hava fazlalık katsayıları verilmiştir.

Tablo 3.15: Tüketilen yakıtların yaklaşık kapalı formülleri [65,66]

Yakıt	Kapalı Formül
Kömür	$C_{7.078}H_{5.149}O_{0.517}S_{0.01}N_{0.086}$
Doğal Gaz	$C_{1.05}H_4O_{0.034}N_{0.022}$
LPG	$C_{3.498}H_{9.027}$

Tablo 3.16: Tüketilen yakıtlar ve özellikleri [72]

Yakıt	Fiyat	Alt Isıl Değeri (H_u)	Verim (η_s)
Kömür	0.2216 \$/kg	$29.295 \cdot 10^6$ J/kg	0.65
Doğal Gaz	0.3601 \$/m ³	$34.526 \cdot 10^6$ J/m ³	0.93
LPG	1,6411 \$/kg	$46.453 \cdot 10^6$ J/kg	0,90

Tablo 3.17: Yakıtlara ait hava fazlalık(α) katsayıları [73]

Yakıt	α Değeri
Toz Kömür	1.15-1.2
Parça Kömür	1.1-1.15
Tane Kömür	1.15-1.6
Fuel Oil	1.05-1.1
Doğal Gaz	1.07-1.12
LPG	1.07-1.1

Sıcak su üretiminde genellikle tane kömür kullanıldığından hava fazlalık katsayısı Tablo 3.17'ye göre 1.15 olarak alınmıştır. Doğalgaz için hava fazlalık katsayısı Tablo 3.17'ye göre 1.10 alınması uygun görülmüştür. LPG için hava fazlalık katsayısı Tablo 3.17'den 1.09 olarak alınmıştır.

3.7. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Geri Ödeme Süreleri ve Net Bugünkü Değer Yöntemi

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kurulması için bir yatırım masrafı gereklidir. Eğer kömür, doğalgaz ve LPG gibi fosil kökenli yakıtlar yerine güneş enerjili su ısıtma sistemleri kullanılırsa bu sistemlerin bir de geri ödeme süreleri olacaktır. Bu geri ödeme süreleri basit yöntem ve net bugünkü değer yöntemiyle hesaplanmaktadır.

Paranın zaman değerini göz önüne almayan ve basit olması nedeni ile en yaygın olarak kullanılan yöntem, basit geri ödeme süresi yöntemidir. Bu yöntemde geri ödeme süresi, yatırım miktarının yıllık net kâra bölünmesiyle bulunur [31].

Net bugünkü değer yöntemi ise önceden belirlenmiş bir iskonto üzerinden, yatırım harcamalarını ve yatırımın sağlayacağı nakit girişlerini aynı zaman noktasına indirgeyerek aralarındaki farkın hesaplanması olarak tanımlayabiliriz [74]. Bu formül aşağıda verilmiştir [75].

$$NBD = \sum_{t=m+1}^{m+n} \frac{NNG}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^m \frac{I}{(1+i)^t} \quad (3.29)$$

Bu formülde;

NBD=Net bugünkü değer

NNG= Net nakit girişi

S=Artık değer

i=indirgeme oranı

t=yıl

n=tesisin ekonomik ömrü

m=projenin inşa süresi

İ=Yatırım tutarı

$$NBD \geq 0 \text{ ise proje kabul edilir [74]} \quad (3.30)$$

$$NBD \leq 0 \text{ ise proje reddedilir [74]} \quad (3.31)$$

Tek proje mevcut ise NBD'nin sıfırdan büyük olması kabul için zorunlu gerekliliktir. Ancak değerlendirilen proje sayısı birden fazla ise, bu durumda NBD'si en büyük olan proje tercih edilecektir. Diğer farklılık arz eden bir durum da, yapılması zorunlu olan fakat $NBD < 0$ olan projeler mevcut ise bu durumda projelerden NBD'si sıfıra en yakın olan proje tercih edilmelidir [74].

Bu yöntemin kullanılmasında en önemli ve zor konu iskonto oranının belirlenmesidir. Genel olarak iskonto oranının kullanımında sermaye maliyeti kullanılmaktadır. Sermaye maliyetini yatırımın finansmanında kullanılan ağırlıklı ortalama maliyeti şeklinde ifade edilebilir. Ayrıca iskonto oranı belirlenirken ülkedeki enflasyon oranı, cari faiz haddi ve beklenen riskler de hesaba katılmalıdır [74].

Yıllık net kar ise güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjiler ile yakıtların birim fiyatlarının çarpımına eşittir. Tablo 3.18'de tüketilen yakıtların birim fiyatları verilmiştir.

Tablo 3.18: Tüketilen yakıtlar ve birim fiyatları [76,77]

Yakıt Türü	Birim Fiyatı (TL/kWh)
Kömür	0.180
Doğalgaz	0.109
LPG	0.59

4. BULGULAR

4.1. Aylara Göre İl ve İlçelerde Sıcak Su İçin Gerekli Enerji Miktarları

Bir kişinin sıcak su ihtiyacından yararlanılarak bu sıcak suyun ısıtılması için ihtiyaç duyulan enerji miktarı Eşitlik 3.1 bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 3.11’de konutlarda sıcak su tüketim miktarları, Tablo 3.12’de ise daire sayılarına göre su kullanım eş zaman faktörleri verilmiştir. Bu iki tabloya göre bir kişinin günlük su tüketim miktarı 45 L/gün alınmıştır. Kullanılan sıcak suyun sıcaklığı, lejyoner hastalığı ve mutfak için ihtiyaç duyulan su sıcaklığı da dikkate alınarak 50°C olarak alınması uygun görülmüştür. Bu değerler, Eşitlik (3.1) ve Eşitlik (3.2)’de kullanılarak Balıkesir ilinde bir kişinin sıcak su ihtiyacı, önce günlük olarak sonra ise aylık olarak hesaplanmıştır. Aylara göre sıcak su ihtiyaçları toplanarak bir kişinin yıllık sıcak su ihtiyacı değerleri bulunmuştur.

Tablo 3.9’da Balıkesir ve ilçelerine ait konut sayıları ve ortalama hane halkı sayıları görülmektedir. TÜİK’ten alınan bu verilere göre Balıkesir ve ilçelerinde bir ailedeki fert sayısı ortalama 3 kişidir. Bu yüzden bir ailenin yıllık sıcak su ihtiyacı hesaplanırken hane halkı kişi sayısı 3 olmaktadır. Bir kişinin yıllık sıcak su için ihtiyaç duyduğu enerji 2332.358 MJ iken üç kişilik bir aile için ise 8046.636 MJ olmaktadır. Tablo 4.1’de aylara göre sıcak su ihtiyacı için gerekli enerji miktarları, yatay yüzeye gelen ışıınım değerleri ve ortalama şebeke suyu sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo 4.1: Aylara göre sıcak su için gerekli enerji ihtiyaçları, ortalama şebeke suyu sıcaklıkları ve yatay yüzeye gelen ışınım değerleri tablosu [25,60]

Aylar	I (kWh/m ² gün)	T _{şebeke} (°C)	Q _{aylık} (MJ/Ay) (Bir Kişi)	Q _{aylık} (MJ/Ay) (Üç Kişi)
Ocak	1.61	11	227.467	784.762
Şubat	2.08	9.6	220.430	760.485
Mart	3.53	10.2	232.133	800.859
Nisan	4.74	12	214.485	739.974
Mayıs	5.80	15.6	200.637	692.200
Haziran	6.28	18.9	175.539	605.610
Temmuz	5.96	21.4	166.809	575.492
Ağustos	5.51	22.4	160.976	555.370
Eylül	4.41	22	158.041	545.244
Ekim	3.18	19.8	176.141	607.687
Kasım	1.93	16.8	187.392	646.503
Aralık	1.40	13.6	212.302	732.444

Yukarıdaki Tablo 4.1’de

I: Aylık Ortalama Global Güneş Radyasyonu (kWh/m² gün)

T_{şebeke}: Ortalama Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)

Q_{aylık}: Bir Kişinin Aylık Sıcak Su İhtiyacı İçin Gerekli Enerji Miktarı (MJ/Ay)’dır.

4.2. Aylara Göre İl ve İlçelerin Toplayıcı Verimleri ve Toplayıcı Sayıları

Eşitlik (3.4) ve Eşitlik (3.7)’de toplayıcıların optik verimi ve toplayıcı sayılarının bulunmasında kullanılan denklemler görülmektedir. Ortalama toplayıcı verim katsayıları olan a^1 ve b^1 toplayıcı cinsine göre seçilmektedir. Bu ortalama toplayıcı verim katsayıları olan a^1 ve b^1 değerleri Tablo 3.13’de verilmiştir. Bu

çalışmada düşük demirli, tek camlı, saydam örtü, bakır abosrber, siyah krom kaplamalı seçici yüzeyli toplayıcıların kullanıldığı kabul edilerek $a^1=0,840$, $b^1=4,615$ olarak alınmıştır. Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da ise Balıkesir ve ilçelerine ait yatay yüzeye gelen radyasyon değerleri verilmiştir. Tablo 3.5'deki değerler EİE'den, Tablo 3.6'daki değerler ise PVGIS yardımıyla hesaplanmıştır. Ancak; EİE daha resmi veriler içerdiğinden bu çalışmada Tablo 3.5'deki EİE'den bulunan değerler kullanılmıştır. Tablo 4.2'de Balıkesir ili ve ilçelerinde aylara göre ortalama toplayıcı verimleri verilmiştir. Tablo 4.2'ye göre ortalama toplayıcı verimlerin en fazla olduğu ay Temmuz ayıdır. Çünkü Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin aylık global radyasyon değerlerinin ve ortalama hava sıcaklıklarının en yüksek olduğu ay Temmuz ayıdır. Tablo 4.3'de aylık ihtiyaç duyulan toplayıcı alanları görülmektedir. Tablo 4.4'de ise toplayıcı sayılarının aylara ve ilçelere göre değişimleri verilmiştir. Tablo 4.4'e göre yılın altı ayında 1 tane toplayıcı Balıkesir il merkezi ve ilçelerindeki üç kişilik bir ailenin yıllık sıcak su ihtiyacını karşılamada gerekli olan enerji miktarı için yeterli gelmektedir.

Tablo 4.2: Balıkesir ve ilçelerinin aylara göre ortalama toplayıcı verimleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ayvalık	0,355	0,459	0,637	0,708	0,748	0,770	0,773	0,764	0,725	0,653	0,484	0,293
Balıkesir (Merkez)	0,310	0,446	0,623	0,703	0,745	0,765	0,768	0,759	0,718	0,637	0,456	0,250
Balya	0,307	0,446	0,619	0,699	0,741	0,761	0,764	0,756	0,714	0,630	0,441	0,236
Bandırma	0,293	0,501	0,619	0,699	0,741	0,761	0,764	0,755	0,714	0,632	0,447	0,245
Bigadiç	0,317	0,451	0,633	0,707	0,747	0,767	0,771	0,763	0,722	0,646	0,474	0,266
Burhaniye	0,337	0,428	0,629	0,704	0,745	0,767	0,771	0,763	0,720	0,642	0,467	0,262
Dursunbey	0,298	0,457	0,623	0,699	0,739	0,756	0,761	0,751	0,713	0,627	0,442	0,238
Edremit	0,343	0,492	0,634	0,708	0,748	0,768	0,774	0,748	0,718	0,643	0,472	0,273
Erdek	0,293	0,500	0,618	0,698	0,741	0,761	0,763	0,755	0,714	0,632	0,444	0,228
Gömeç	0,340	0,439	0,630	0,703	0,745	0,767	0,771	0,762	0,720	0,645	0,467	0,267
Gönen	0,300	0,493	0,620	0,700	0,740	0,761	0,762	0,754	0,712	0,629	0,437	0,234
Havran	0,343	0,461	0,631	0,707	0,747	0,768	0,773	0,765	0,723	0,642	0,472	0,273
İvrindi	0,319	0,442	0,622	0,700	0,742	0,762	0,766	0,757	0,715	0,632	0,452	0,242
Kepsut	0,320	0,447	0,631	0,707	0,748	0,766	0,770	0,763	0,720	0,648	0,465	0,267
Manyas	0,299	0,478	0,622	0,702	0,742	0,762	0,763	0,756	0,714	0,634	0,448	0,241
Marmara	0,260	0,481	0,605	0,691	0,736	0,756	0,757	0,748	0,706	0,618	0,419	0,191
Savaştepe	0,324	0,450	0,626	0,703	0,745	0,764	0,768	0,760	0,719	0,637	0,460	0,249
Sındırgı	0,330	0,461	0,635	0,708	0,747	0,766	0,770	0,762	0,723	0,645	0,471	0,282
Susurluk	0,311	0,456	0,629	0,706	0,745	0,764	0,766	0,758	0,716	0,640	0,462	0,259

Tablo 4.3: Balıkesir il ve ilçeleri için aylık ihtiyaç duyulan toplayıcı alanları (m²)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ayvalık	5.087	3.115	1.337	0.829	0.607	0.471	0.473	0.498	0.654	1.077	2.551	6.723
Balıkesir (Merkez)	6.007	3.132	1.389	0.848	0.612	0.481	0.480	0.507	0.657	1.145	2.804	7.997
Balya	6.053	3.116	1.402	0.853	0.615	0.485	0.481	0.510	0.668	1.173	2.945	8.648
Bandırma	6.906	2.519	1.475	0.884	0.630	0.498	0.493	0.523	0.684	1.224	3.070	8.851
Bigadiç	5.873	3.065	1.337	0.830	0.603	0.476	0.470	0.499	0.643	1.105	2.605	7.403
Burhaniye	5.362	3.442	1.366	0.840	0.610	0.477	0.478	0.501	0.661	1.109	2.645	7.629
Dursunbey	6.121	2.888	1.356	0.837	0.601	0.480	0.468	0.504	0.644	1.154	2.832	8.231
Edremit	5.263	2.600	1.347	0.827	0.600	0.473	0.467	0.507	0.655	1.128	2.628	7.319
Erdek	6.957	2.546	1.494	0.895	0.631	0.499	0.495	0.524	0.691	1.223	3.144	9.829
Gömeç	5.245	3.272	1.353	0.843	0.607	0.475	0.476	0.499	0.657	1.090	2.645	7.422
Gönen	6.565	2.608	1.445	0.872	0.624	0.493	0.489	0.519	0.683	1.210	3.102	9.210
Havran	5.258	3.015	1.361	0.833	0.607	0.475	0.473	0.499	0.654	1.129	2.628	7.312
İvrindi	5.598	3.130	1.369	0.839	0.607	0.478	0.474	0.504	0.659	1.136	2.742	8.183
Kepsut	5.882	3.090	1.374	0.843	0.609	0.481	0.476	0.504	0.653	1.126	2.797	7.479
Manyas	6.625	2.785	1.437	0.869	0.624	0.493	0.490	0.518	0.678	1.188	3.008	8.850
Marmara	7.828	2.645	1.526	0.903	0.636	0.502	0.498	0.529	0.699	1.252	3.325	11.694
Savaştepe	5.469	3.026	1.354	0.836	0.604	0.476	0.472	0.500	0.649	1.117	2.683	7.896
Sındırgı	5.400	2.886	1.313	0.820	0.595	0.471	0.465	0.492	0.631	1.090	2.594	6.705
Susurluk	6.264	3.079	1.406	0.857	0.619	0.487	0.484	0.513	0.668	1.169	2.843	7.983

Tablo 4.4: Balıkesir'in ilçelerinin aylara göre toplayıcı sayılarının değişimi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ayvalık	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	7
Balıkesir (Merkez)	7	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
Balya	7	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	9
Bandırma	7	3	2	1	1	1	1	1	1	2	4	9
Bigadiç	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
Burhaniye	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
Dursunbey	7	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	9
Edremit	6	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
Erdek	7	3	2	1	1	1	1	1	1	2	4	10
Gömeç	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
Gönen	7	3	2	1	1	1	1	1	1	2	4	10
Havran	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
İvrindi	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	9
Kepsut	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
Manyas	7	3	2	1	1	1	1	1	1	2	4	9
Marmara	8	3	2	1	1	1	1	1	1	2	4	12
Savaştepe	6	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8
Sındırgı	6	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	7
Susurluk	7	4	2	1	1	1	1	1	1	2	3	8

Tablo 4.4 incelendiğinde yılın sekiz ayında 2 adet toplayıcı 3 kişilik bir ailenin sıcak su ihtiyacı için yeterlidir. Bu yüzden 8 ay boyunca yaklaşık 2m² alanlı 2 tane toplayıcı alınması son derece uygun bir tercihtir. Eğer kış ayları esas alınarak toplayıcı sayısı belirlenirse toplayıcı sayısı fazla olmakta ve bu durum ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Aşağıda Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da ise toplayıcıdan elde edilen faydalı enerjiler görülmektedir. Bazı kaynaklarda [78] toplayıcı eğim açıları enlem açısına eşit alınırken bir kısım literatürde [79] ise enlem açısının % 90'ına eşit olarak alınması daha uygun görülmektedir. Bu nedenle toplayıcıların eğim açıları Balıkesir enlem açısına eşit 39° ve enlem açısının % 90'ı olan 35.1° alınarak iki farklı açı için ayrı ayrı hesap yapılmıştır. Bu nedenle yaklaşık 2 m² alanlı, 2 toplayıcıdan elde edilen faydalı enerjiler iki ayrı tablo oluşturulmuştur.

Tablo 4.5: Güneş toplayıcısından elde edilen faydalı enerjiler (MJ) (Eğim açısı=39°)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Ayvalık	403.140	633.338	1153.780	1501.394	1729.314	1871.064	1897.232	1865.814	1667.286	1211.998	624.494	283.836	14842.694
Balıkesir (Merkez)	324.278	577.278	1080.242	1422.118	1640.504	1787.298	1806.812	1751.656	1551.824	1114.890	553.102	227.936	13837.938
Balya	314.892	570.018	1073.308	1425.406	1649.792	1787.246	1809.840	1757.040	1537.368	1107.766	525.932	206.526	13765.134
Bandırma	280.258	585.252	1000.242	1354.278	1571.374	1731.490	1738.316	1720.912	1511.212	1021.248	485.784	195.454	13195.820
Bigadiç	341.924	613.122	1118.194	1453.230	1663.152	1804.458	1829.560	1785.732	1592.796	1162.194	596.156	254.432	14214.950
Burhaniye	377.212	567.918	1116.248	1467.122	1667.796	1820.068	1854.666	1807.470	1600.106	1162.836	591.154	251.674	14284.270
Dursunbey	320.216	634.300	1123.352	1453.858	1663.388	1793.966	1836.806	1775.988	1590.354	1128.012	555.910	234.432	14110.582
Edremit	372.760	642.826	1112.218	1458.168	1674.512	1813.064	1852.432	1759.760	1575.204	1148.946	587.878	254.462	14252.230
Erdek	280.258	582.050	993.594	1349.500	1571.374	1719.102	1732.936	1717.840	1502.494	1023.820	477.102	180.036	13130.106
Gömeç	393.026	600.382	1133.408	1479.346	1701.152	1845.044	1876.632	1833.016	1632.344	1189.274	604.460	264.084	14552.168
Gönen	295.502	591.960	1027.094	1376.160	1602.386	1743.880	1755.478	1715.564	1512.774	1052.244	492.702	194.298	13360.042
Havran	371.364	606.076	1109.524	1456.108	1672.272	1809.938	1850.038	1799.754	1589.116	1149.772	585.956	254.462	14254.380
İvrindi	341.484	584.696	1096.230	1444.540	1673.160	1798.898	1833.284	1784.014	1562.802	1129.290	559.288	222.612	14030.298
Kepsut	330.832	569.476	1073.568	1421.576	1631.888	1777.164	1795.846	1745.358	1556.148	1120.954	558.340	243.436	13824.584
Manyas	295.734	575.896	1030.406	1380.092	1594.636	1746.172	1757.780	1710.884	1508.306	1060.608	505.104	203.054	13368.672
Marmara	250.810	557.974	962.844	1327.528	1557.776	1707.806	1710.066	1708.002	1482.784	991.080	446.826	146.932	12850.428
Savaştepe	358.706	619.088	1128.760	1459.316	1692.054	1819.168	1850.576	1809.644	1606.664	1161.558	589.782	244.254	14339.570
Sındırgı	368.034	645.480	1142.404	1472.576	1678.354	1811.460	1842.858	1802.000	1609.716	1173.522	601.970	277.772	14426.146
Susurluk	298.742	551.246	1047.124	1396.576	1613.212	1753.866	1767.810	1709.238	1512.530	1073.250	524.650	218.220	13466.464

Tablo 4.6: Güneş toplayıcısından elde edilen faydalı enerjiler (MJ) (Eğim açısı=35.1°)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Ayvalık	505.732	782.800	1524.546	1809.742	2143.374	2331.780	2268.498	2270.074	2039.106	1501.708	839.226	378.052	18394.638
Balıkesir (Merkez)	316.708	580.910	1194.354	1516.544	1934.642	2157.836	2247.574	2218.146	1841.148	1247.120	638.480	230.988	16124.450
Balya	299.898	539.156	1151.412	1502.224	1912.190	2115.578	2214.100	2197.070	1775.674	1169.308	594.142	214.210	15684.962
Bandırma	289.800	640.312	1186.684	1576.198	1972.512	2143.456	2226.538	2203.382	1798.924	1167.876	598.586	214.402	16018.670
Bigadiç	348.374	596.600	1226.406	1553.950	1945.918	2191.574	2272.044	2254.680	1901.364	1325.216	711.916	266.342	16594.384
Burhaniye	460.886	682.894	1451.636	1765.132	2086.260	2294.598	2240.662	2211.202	1995.738	1437.214	781.236	319.924	17727.382
Dursunbey	325.068	617.558	1199.424	1519.296	1846.872	2080.138	2289.038	2231.446	1837.034	1263.270	696.236	249.932	16155.312
Edremit	452.338	766.986	1432.208	1726.172	2076.394	2272.582	2224.178	2149.464	1940.512	1418.516	770.390	323.354	17553.094
Erdek	283.836	592.226	1121.882	1500.076	1909.174	2069.116	2195.674	2114.264	1717.550	1082.986	551.196	189.316	15327.296
Gömeç	471.908	714.740	1461.636	1751.178	2089.292	2297.720	2243.800	2214.506	1992.806	1459.682	794.542	337.984	17829.794
Gönen	294.280	577.914	1115.418	1447.390	1858.406	2028.850	2149.374	2056.222	1643.186	1036.882	551.400	204.776	14964.098
Havran	402.078	628.592	1309.856	1640.280	1982.404	2213.188	2255.914	2210.770	1921.654	1319.624	716.596	286.686	16887.642
İvrindi	322.008	539.718	1174.714	1498.676	1905.710	2124.562	2235.484	2221.544	1807.264	1178.166	620.000	228.522	15856.368
Kepsut	326.924	585.850	1212.258	1545.316	1939.388	2173.128	2278.500	2263.996	1875.582	1302.944	658.652	246.696	16409.234
Manyas	287.214	577.840	1126.612	1465.812	1881.550	2084.242	2208.096	2147.836	1723.362	1112.218	599.926	215.806	15430.514
Marmara	231.762	610.834	1211.558	1648.160	2034.096	2178.606	2230.788	2210.354	1793.136	1089.182	484.346	136.048	15858.870
Savaştepe	349.474	567.804	1200.104	1533.712	1931.610	2158.126	2219.440	2227.254	1875.904	1288.604	694.634	254.388	16301.054
Sındırgı	365.348	619.210	1217.358	1535.976	1921.594	2160.656	2265.962	2233.116	1877.512	1304.788	713.162	290.398	16505.080
Susurluk	310.134	569.806	1162.332	1517.268	1916.448	2130.138	2244.838	2230.650	1803.962	1224.338	680.730	245.628	16036.272

Alınan literatürde enlem açısını % 90'ı yani, toplayıcı eğim açısının 35.1° alınması ile elde edilen Tablo 4.5'deki sonuçlar. Tablo 4.6 ile karşılaştırıldığında enerji kazanım değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Çünkü bu eğim açısıyla toplayıcılardan elde edilen faydalı enerjilerin miktarı yaklaşık % 11 ile % 19 daha fazla olmaktadır. Bu nedenle Balıkesir il ve ilçelerinde toplayıcılardaki yıllık eğim açısının 35.1° olarak alınması yılın tüm ayları için daha faydalı olacaktır. Faydalı enerjiler arasındaki oran en fazla 2.703 iken en az ise 0.917'dir. Tablo 4.7'de ise 39° ve 35.1° için Balıkesir il merkezi ve ilçelerinde güneş enerjisinden elde edilen toplam faydalı enerjiler görülmektedir.

Tablo 4.7: Balıkesir il merkezi ve ilçelerinde güneş enerjisinden elde edilen toplam faydalı enerjiler

	Toplam (MJ) (39°)	Toplam (MJ) (35.1°)	Değişim Oranı (%)
Ayvalık	14842.694	18394.638	19,3
Balıkesir (Merkez)	13837.938	16124.450	14,2
Balya	13765.134	15684.962	12,2
Bandırma	13195.820	16018.670	17,6
Bigadiç	14214.950	16594.384	14,3
Burhaniye	14284.270	17727.382	19,4
Dursunbey	14110.582	16155.312	12,7
Edremit	14252.230	17553.094	18,8
Erdek	13130.106	15327.296	14,3
Gömeç	14552.168	17829.794	18,4
Gönen	13360.042	14964.098	10,7
Havran	14254.380	16887.642	15,6
İvrindi	14030.298	15856.368	11,5
Kepsut	13824.584	16409.234	15,8
Manyas	13368.672	15430.514	13,4
Marmara	12850.428	15858.870	19,0
Savaştepe	14339.570	16301.054	12,0
Sındırgı	14426.146	16505.080	12,6
Susurluk	13466.464	16036.272	16,0

Eşitlik 3.12, 3.13, 3.14 ve 3.15 kullanılarak yakıtlardan açığa çıkan CO₂ ve SO₂ kütleleri bulunmuştur. Kullanılan yakıtların yaklaşık kapalı formülleri Tablo 3.15'de görülmektedir. Tablo 3.16'da ise kullanılan yakıtların yanma verimleri, alt ısı

değerleri ve dolar bazında fiyatları verilmiştir. Tablo 3.17’de ise yakıtların hava fazlalık katsayıları verilmiştir.

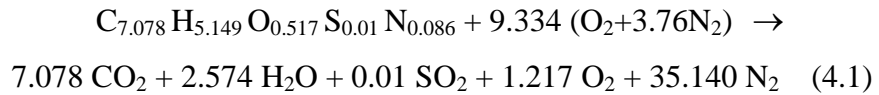
Bu çalışmada sıcak su eldesinde kullanılan kömür, doğalgaz ve LPG’nin yerine alternatif enerji olarak güneş enerjisinin kullanılması hedeflenmiştir. Eşitlik 3.15’de halen sıcak su üretiminde kullanılan yakıtların mol ağırlıklarının bulunmasında kullanılan bağıntı verilmiştir. Bu bağıntıdan elde edilen sonuçlar Tablo 4.8’de verilmiştir. Aylık sıcak su kullanım miktarları ve buradan gidilerek tüketilecek enerji miktarları bulunmuş. bu enerji miktarlarından gidilerek tüketilebilecek yakıt miktarları bulunmuş ve Tablo 4.9’da düzenlenmiştir. Yıllık radyasyon miktarlarının şebeke su sıcaklıkları ve diğer parametrelere göre aylık yakıt miktarları değişmektedir. En fazla yakıt tüketiminin Ocak ayında olduğu, yaz aylarında tüketimin azaldığı görülmektedir. Tüm bu formüllere göre kullanılan yakıtlardan açığa çıkan CO₂ ve SO₂ kütleleri, verilen bilgi ve bağıntılara göre hesaplanarak aşağıda Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.8: Kullanılan yakıtların mol kütleleri

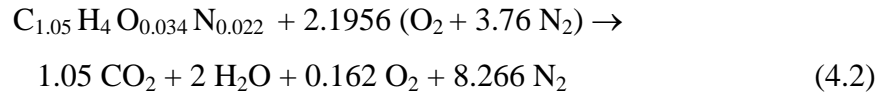
Yakıt	Mol Kütleleri (kg/mol)
Kömür	99.881
Doğal Gaz	17.452
LPG	51.003

Çalışmada halen sıcak su eldesinde kullanılan yakıtların yanma denklemleri aşağıda verilmiştir.

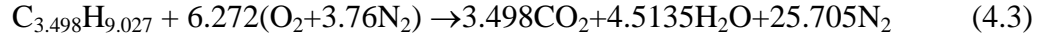
Kömürün yanma denklemi:



Doğal gazın yanma denklemi:



LPG'nin yanma denklemi:



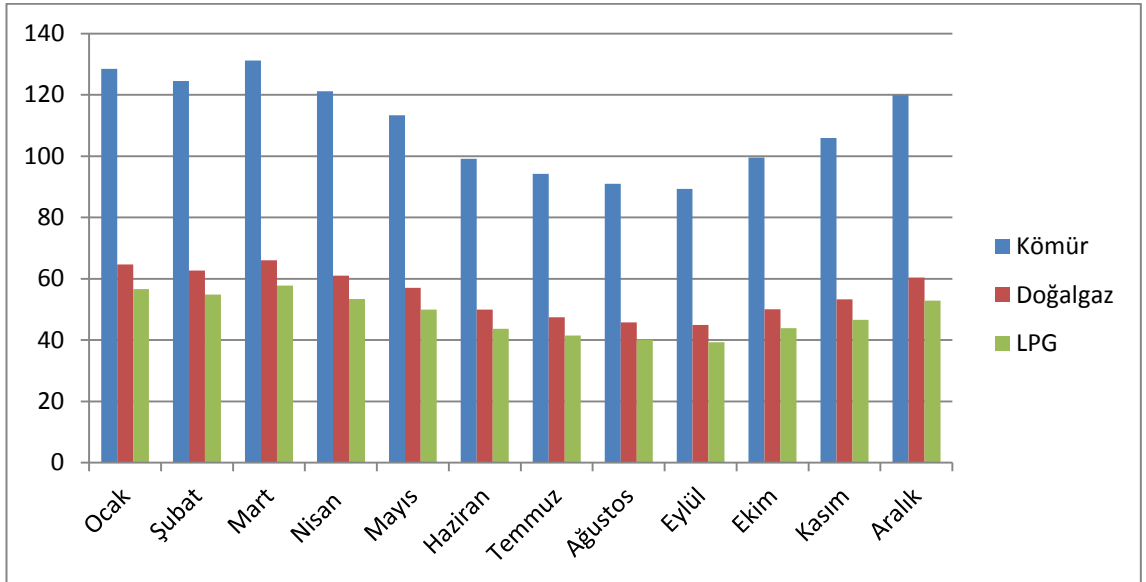
Tablo 4.9: Sıcak su üretimi için gerekli yakıt miktarları

	Kömür (kg)	Doğalgaz (m³)	LPG (kg)
Ocak	41.214	24.441	18.771
Şubat	39.939	23.684	18.190
Mart	42.060	24.942	19.156
Nisan	38.862	23.046	17.700
Mayıs	36.353	21.558	16.557
Haziran	31.806	18.861	14.486
Temmuz	30.224	17.923	13.765
Ağustos	29.167	17.296	13.284
Eylül	28.635	16.981	13.042
Ekim	31.915	18.926	14.536
Kasım	33.953	20.135	15.464
Aralık	38.467	22.811	17.520
Toplam	422.595	250.604	192.471

Yukarıda verilen Balıkesir il merkezi ve ilçelerinde tüketilen yakıt türlerinin yanma denklemlerinden hareket edilerek atmosfere atılan zararlı emisyon miktarları belirlenmiştir. Böylece güneş enerjisinin bu yakıtların yerine kullanılmasıyla atmosfere salınan CO₂ ve SO₂ miktarlarındaki azalmalar bulunmuştur. Hesaplanan bu değerler Tablo 4.10 ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.10: Kullanılan yakıtlardan açığa çıkan CO₂ ve SO₂ miktarları

	Kömür		Doğalgaz	LPG
	CO ₂ Miktarı (kg)	SO ₂ Miktarı (kg)	CO ₂ Miktarı (kg)	CO ₂ Miktarı (kg)
Ocak	128.5053	0.247284	64.69268	56.63211
Şubat	124.5298	0.239634	62.69155	54.87923
Mart	131.14	0.252354	66.01883	57.79365
Nisan	121.1717	0.233172	61.00012	53.39788
Mayıs	113.3487	0.218118	57.06138	49.95247
Haziran	99.16799	0.19083	49.92507	43.70125
Temmuz	94.23531	0.181338	47.44218	41.52901
Ağustos	90.94271	0.175002	45.78251	40.07783
Eylül	89.28393	0.17181	44.94871	39.3447
Ekim	99.50785	0.191484	50.09448	43.8521
Kasım	105.8655	0.203718	53.2947	46.65489
Aralık	119.937	0.230796	60.38072	52.85482
Toplam	1317.651	2.53557	663.3329	580.685



Şekil 4.1: Tüketilen yakıtlardan açığa çıkan CO₂ kütlelerinin aylara göre değişimi

Tablo 4.10'da görüldüğü üzere SO₂ çıkışı sadece kömürde olmaktadır. Çünkü doğalgaz ve LPG'nin bileşiminde kükürt bulunmamaktadır. Atmosfere salınan SO₂

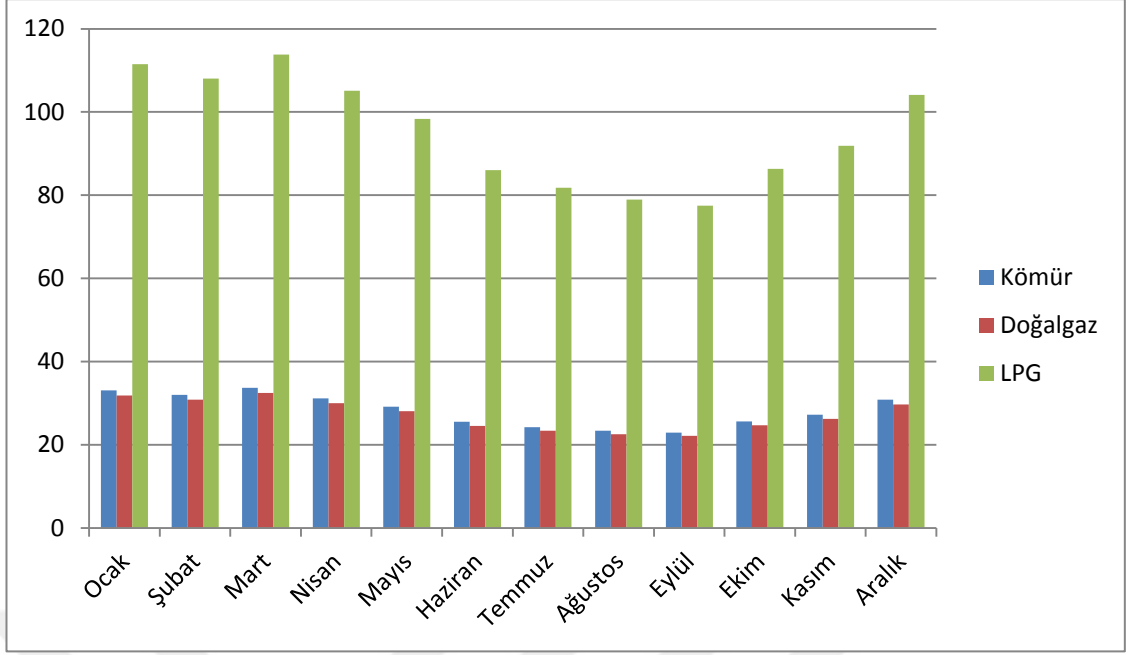
miktarı 2.53557 kg olup, salınan CO₂ miktarlarına göre çok düşük bir değerdedir. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere en fazla CO₂ salınımı kömürde görülmektedir. Bilindiği gibi SO₂ çevreye çok zararlı bir gazdır ve asit yağmurlarına neden olmaktadır. Yakıtlarda her oranda S bulunması bu nedenle istenmemektedir.

CO₂ gazı yanma sonucu ortaya çıkan bir gaz olup sera etkisi yapan bir gazdır ve ülkemizde diğer ülkelere göre daha fazla CO₂ gazı atmosfere atıldığından bu gazın miktarının azaltılmasına yönelik çalışmalar daha devam etmektedir.

Sıcak su üretiminde kullanılan yakıtlara ödenen para dolar ve Türk Lirası bazında çıkarılarak Tablo 4.11’de verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı son dolar kuruna göre 1 dolar 3.62 TL olarak alınmış ve Tablo 4.11 ve Şekil 4.2 oluşturulmuştur [80].

Tablo 4.11: Kullanılan yakıtlara ödenen para

	Kömür		Doğalgaz		LPG	
	\$	TL	\$	TL	\$	TL
Ocak	9,133	33,061	8.801	31.859	30.805	111.514
Şubat	8,850	32,039	8.528	30.874	29.852	108.065
Mart	9,320	33,740	8.981	32.513	31.437	113.802
Nisan	8,611	31,174	8.298	30.041	29.047	105.150
Mayıs	8,055	29,162	7.762	28.101	27.171	98.361
Haziran	7,048	25,514	6.791	24.586	23.772	86.057
Temmuz	6,697	24,245	6.454	23.363	22.590	81.777
Ağustos	6,463	23,397	6.228	22.546	21.800	78.918
Eylül	6,345	22,970	6.114	22.135	21.403	77.479
Ekim	7,072	25,601	6.815	24.670	23.854	86.352
Kasım	7,524	27,237	7.250	26.246	25.377	91.868
Aralık	8,524	30,857	8.214	29.735	28.751	104.080
Toplam	93,642	338,997	90.236	326.669	315.864	1143.428



Şekil 4.2: Tüketilen yakıtlara ödenen paranın TL cinsinden aylara göre değişimi

Yukarıdaki Tablo 4.11 ve Şekil 4.2'ye göre yıllık bazda en fazla para LPG'ye ödenmektedir. Bunun sebebi ise LPG'nin birim fiyatının 1.6411 \$ ile tüketilen diğer yakıtlara göre çok daha pahalı olmasındandır. Tablo 4.13'de ve Şekil 4.3'de tüketilen yakıtlar ve geri ödeme süreleri görülmektedir.

Güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjinin para olarak karşılığı, güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjiler ile tüketilen yakıtların birim fiyatının çarpımına eşittir. Tablo 3.18'de tüketilen yakıtların kWh cinsinden birim fiyatları verilmiştir. Balıkesir ilinin enlem açısı 39° için ve Balıkesir ilinin enlem açısının % 90'ı 35.1° için iki ayrı eğim açısı alınmıştır. Tablo 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18'de kazanılan enerjinin tüketilen yakıtlar cinsinden tasarruf miktarları oluşturulurken 39° ve 35.1° için ayrı ayrı tablolar oluşturulmuştur. Balıkesir il merkezinin 2017 yılı Ocak ayı doğalgaz konut abone sayısı 89.844'dür Bandırma ilçesinin 2017 yılı Ocak ayı doğalgaz konut abone sayısı 39.807'dir [81]. Balıkesir il merkezinin konut sayısı 117.284 iken. Bandırma ilçesinin konut sayısı 51.833'dür [56,64]. Doğalgaz konut abone sayıları dışındaki konutlar ise LPG tüketmektedir. Balıkesir ilinin taşralarında ve köylerinde ise kömür tüketimi yaygındır.

Tablo 4.12: Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin kömür cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 39°)

	Ocak (TL)	Şubat (TL)	Mart (TL)	Nisan (TL)	Mayıs (TL)	Haziran (TL)	Temmuz (TL)	Ağustos (TL)	Eylül (TL)	Ekim (TL)	Kasım (TL)	Aralık (TL)	Toplam (TL)
Ayvalık	18.142	28.500	51.920	67.562	77.820	84.198	85.376	83.962	75.028	54.540	28.102	12.772	667.922
Balıkesir (Merkez)	14.592	25.978	48.610	63.996	73.822	80.428	81.306	78.824	69.832	50.170	24.890	10.258	622.708
Balya	14.170	25.650	48.298	64.144	74.240	80.426	81.442	79.066	69.182	49.850	23.666	9.294	619.432
Bandırma	12.612	26.336	45.010	60.942	70.712	77.918	78.224	77.442	68.004	45.956	21.860	8.796	593.812
Bigadiç	15.386	27.590	50.318	65.396	74.842	81.200	82.330	80.358	71.676	52.298	26.828	11.450	639.672
Burhaniye	16.974	25.556	50.232	66.020	75.050	81.904	83.460	81.336	72.004	52.328	26.602	11.326	642.792
Dursunbey	14.410	28.544	50.550	65.424	74.852	80.728	82.656	79.920	71.566	50.760	25.016	10.550	634.976
Edremit	16.774	28.928	50.050	65.618	75.354	81.588	83.360	79.190	70.884	51.702	26.454	11.450	641.350
Erdek	12.612	26.192	44.712	60.728	70.712	77.360	77.982	77.302	67.612	46.072	21.470	8.102	590.854
Gömeç	17.686	27.018	51.004	66.570	76.552	83.026	84.448	82.486	73.456	53.518	27.200	11.884	654.848
Gönen	13.298	26.638	46.220	61.928	72.108	78.474	78.996	77.200	68.074	47.350	22.172	8.744	601.202
Havran	16.712	27.274	49.928	65.524	75.252	81.448	83.252	80.988	71.510	51.740	26.368	11.450	641.448
İvrindi	15.366	26.312	49.330	65.004	75.292	80.950	82.498	80.280	70.326	50.818	25.168	10.018	631.364
Kepsut	14.888	25.626	48.310	63.970	73.434	79.972	80.814	78.542	70.026	50.442	25.126	10.954	622.106
Manyas	13.308	25.916	46.368	62.104	71.758	78.578	79.100	76.990	67.874	47.728	22.730	9.138	601.590
Marmara	11.286	25.108	43.328	59.738	70.100	76.852	76.952	76.860	66.726	44.598	20.108	6.612	578.270
Savaştepe	16.142	27.858	50.794	65.670	76.142	81.862	83.276	81.434	72.300	52.270	26.540	10.992	645.280
Sındırgı	16.562	29.046	51.408	66.266	75.526	81.516	82.928	81.090	72.438	52.808	27.088	12.500	649.176
Susurluk	13.444	24.806	47.120	62.846	72.594	78.924	79.552	76.916	68.064	48.296	23.610	9.820	605.990

Tablo 4.13: Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin doğalgaz cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 39°)

	Ocak (TL)	Şubat (TL)	Mart (TL)	Nisan (TL)	Mayıs (TL)	Haziran (TL)	Temmuz (TL)	Ağustos (TL)	Eylül (TL)	Ekim (TL)	Kasım (TL)	Aralık (TL)	Toplam (TL)
Ayvalık	12.206	19.176	34.934	45.458	52.360	56.652	57.444	56.492	50.482	36.696	18.908	8.594	449.404
Bahkesir (Merkez)	9.818	17.478	32.708	43.058	49.670	54.116	54.706	53.036	46.986	33.756	16.746	6.902	418.982
Balya	9.534	17.258	32.498	43.158	49.952	54.114	54.798	53.200	46.548	33.540	15.924	6.254	416.778
Bandırma	8.486	17.720	30.286	41.004	47.578	52.426	52.632	52.106	45.756	30.922	14.708	5.918	399.540
Bigadiç	10.352	18.564	33.856	44.000	50.356	54.636	55.396	54.068	48.226	35.188	18.050	7.704	430.398
Burhaniye	11.422	17.196	33.798	44.422	50.498	55.108	56.156	54.726	48.448	35.208	17.898	7.620	432.496
Dursunbey	9.696	19.206	34.012	44.020	50.364	54.318	55.614	53.772	48.152	34.154	16.832	7.098	427.236
Edremit	11.286	19.464	33.676	44.150	50.700	54.896	56.088	53.282	47.694	34.788	17.800	7.704	431.526
Erdek	8.486	17.624	30.084	40.860	47.578	52.050	52.470	52.012	45.492	31.000	14.446	5.452	397.550
Gömeç	11.900	18.178	34.318	44.792	51.508	55.864	56.820	55.500	49.424	36.008	18.302	7.996	440.608
Gönen	8.948	17.924	31.098	41.668	48.516	52.800	53.152	51.944	45.804	31.860	14.918	5.882	404.512
Havran	11.244	18.350	33.594	44.088	50.632	54.800	56.016	54.492	48.114	34.812	17.742	7.704	431.590
İvrindi	10.340	17.704	33.192	43.738	50.660	54.466	55.508	54.016	47.318	34.192	16.934	6.740	424.806
Kepsut	10.016	17.242	32.506	43.042	49.410	53.808	54.374	52.846	47.116	33.940	16.906	7.370	418.578
Manyas	8.954	17.436	31.198	41.786	48.282	52.870	53.222	51.802	45.668	32.112	15.294	6.148	404.774
Marmara	7.594	16.894	29.152	40.194	47.166	51.708	51.776	51.714	44.896	30.008	13.528	4.448	389.082
Savaştepe	10.860	18.744	34.176	44.184	51.232	55.080	56.032	54.792	48.646	35.170	17.858	7.396	434.170
Sındırgı	11.144	19.544	34.590	44.586	50.816	54.846	55.798	54.560	48.738	35.532	18.226	8.410	436.792
Susurluk	9.046	16.690	31.704	42.286	48.844	53.104	53.526	51.752	45.796	32.496	15.886	6.608	407.734

Tablo 4.14: Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin LPG cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 39°)

	Ocak (TL)	Şubat (TL)	Mart (TL)	Nisan (TL)	Mayıs (TL)	Haziran (TL)	Temmuz (TL)	Ağustos (TL)	Eylül (TL)	Ekim (TL)	Kasım (TL)	Aralık (TL)	Toplam (TL)
Ayvalık	66.070	103.798	189.092	246.062	283.416	306.646	310.936	305.786	273.250	198.632	102.348	46.518	2432.552
Bahkesir (Merkez)	53.146	94.610	177.040	233.070	268.860	292.918	296.116	287.076	254.326	182.718	90.648	37.356	2267.884
Balya	51.608	93.420	175.904	233.608	270.382	292.910	296.612	287.960	251.958	181.550	86.194	33.848	2255.952
Bandırma	45.932	95.916	163.928	221.952	257.530	283.772	284.890	282.038	247.670	167.372	79.614	32.032	2162.648
Bigadiç	56.038	100.484	183.260	238.168	272.572	295.730	299.844	292.662	261.042	190.470	97.704	41.698	2329.672
Burhaniye	61.820	93.076	182.940	240.446	273.334	298.288	303.960	296.224	262.240	190.576	96.884	41.246	2341.034
Dursunbey	52.480	103.954	184.104	238.272	272.610	294.012	301.032	291.064	260.642	184.868	91.108	38.420	2312.566
Edremit	61.092	105.352	182.280	238.978	274.434	297.140	303.592	288.404	258.158	188.300	96.346	41.704	2335.782
Erdek	45.932	95.392	162.840	221.168	257.530	281.742	284.008	281.534	246.242	167.792	78.192	29.506	2151.878
Gömeç	64.412	98.396	185.754	242.448	278.800	302.382	307.560	300.410	267.522	194.908	99.064	43.280	2384.938
Gönen	48.430	97.016	168.330	225.538	262.614	285.802	287.704	281.162	247.926	172.452	80.748	31.844	2189.562
Havran	60.862	99.330	181.838	238.640	274.066	296.628	303.200	294.960	260.438	188.434	96.032	41.704	2336.134
İvrindi	55.966	95.826	179.660	236.744	274.212	294.820	300.454	292.380	256.126	185.078	91.662	36.484	2299.410
Kepsut	54.220	93.330	175.946	232.980	267.448	291.258	294.320	286.044	255.036	183.712	91.506	39.896	2265.696
Manyas	48.468	94.382	168.872	226.182	261.344	286.178	288.080	280.394	247.194	173.822	82.782	33.278	2190.976
Marmara	41.106	91.446	157.800	217.568	255.302	279.890	280.260	279.922	243.012	162.426	73.230	24.080	2106.042
Savaştepe	58.788	101.462	184.992	239.166	277.308	298.142	303.288	296.580	263.314	190.366	96.658	40.030	2350.096
Sındırgı	60.316	105.788	187.228	241.338	275.064	296.878	302.024	295.328	263.814	192.328	98.656	45.524	2364.286
Susurluk	48.960	90.344	171.612	228.884	264.388	287.440	289.724	280.126	247.886	175.894	85.984	35.764	2207.004

Tablo 4.15: Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin kömür cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 35.1°)

	Ocak (TL)	Şubat (TL)	Mart (TL)	Nisan (TL)	Mayıs (TL)	Haziran (TL)	Temmuz (TL)	Ağustos (TL)	Eylül (TL)	Ekim (TL)	Kasım (TL)	Aralık (TL)	Toplam (TL)
Ayvalık	22.758	35.226	68.604	81.438	96.452	104.930	102.082	102.154	91.760	67.576	37.764	17.012	827.758
Bahkesir (Merkez)	14.252	26.140	53.746	68.244	87.058	97.102	101.140	99.816	82.852	56.120	28.730	10.394	725.600
Balya	13.496	24.262	51.814	67.600	86.048	95.202	97.634	98.868	79.906	52.618	26.736	9.640	705.824
Bandırma	13.040	28.814	53.400	70.928	88.764	96.456	100.194	99.152	80.952	52.554	26.936	9.648	720.840
Bigadiç	15.676	26.848	55.188	69.928	87.566	98.620	102.240	101.460	85.562	59.634	32.036	11.986	746.748
Burhaniye	20.740	30.730	65.324	79.430	93.882	103.256	100.828	99.504	89.808	64.674	35.154	14.396	797.732
Dursunbey	14.628	27.790	53.974	68.368	83.110	93.606	103.006	100.416	82.666	56.848	31.330	11.246	726.990
Edremit	20.356	34.514	64.450	77.678	93.438	102.266	100.086	96.726	87.324	63.834	34.666	14.550	789.890
Erdek	12.772	26.650	50.484	67.504	85.912	93.110	98.804	95.142	77.290	48.734	24.802	8.520	689.728
Gömeç	21.236	32.164	65.774	78.804	94.018	103.398	100.970	99.652	89.676	65.686	35.754	15.210	802.340
Gönen	13.242	26.006	50.194	65.132	83.628	91.298	96.720	92.530	73.944	46.660	24.812	9.214	673.384
Havran	18.094	28.286	58.944	73.812	89.208	99.594	101.516	99.484	86.474	59.384	32.246	12.900	759.944
İvrindi	14.490	24.288	52.862	67.440	85.756	95.606	100.596	99.970	81.326	53.018	27.900	10.284	713.536
Kepsut	14.712	26.364	54.552	69.540	87.272	97.790	102.532	101.880	84.402	58.632	29.638	11.102	738.416
Manyas	12.924	26.002	50.698	65.962	84.670	93.790	99.364	96.652	77.552	50.050	26.996	9.712	694.374
Marmara	10.430	27.488	54.520	74.168	91.534	98.038	100.384	99.466	80.692	49.014	21.794	6.122	713.650
Savaştepe	15.726	25.552	54.004	69.018	86.922	97.116	99.874	100.226	84.416	57.988	31.258	11.448	733.548
Sındırgı	16.440	27.864	54.782	69.118	86.472	97.230	101.968	100.490	84.488	58.716	20.092	13.068	742.728
Susurluk	13.956	25.642	52.304	68.278	86.240	95.856	101.016	100.380	81.178	55.096	30.632	11.054	721.632

Tablo 4.16: Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin doğalgaz cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 35.1°)

	Ocak (TL)	Şubat (TL)	Mart (TL)	Nisan (TL)	Mayıs (TL)	Haziran (TL)	Temmuz (TL)	Ağustos (TL)	Eylül (TL)	Ekim (TL)	Kasım (TL)	Aralık (TL)	Toplam (TL)
Ayvalık	15.312	23.700	46.160	54.794	64.896	70.602	68.686	68.732	61.740	45.468	25.410	11.446	556.948
Bahkesir (Merkez)	9.590	17.588	36.162	45.918	58.576	65.334	68.052	67.160	55.746	37.760	19.332	6.994	488.212
Balya	9.080	16.324	34.862	45.484	57.896	64.056	67.038	66.522	53.764	35.404	17.990	6.486	474.906
Bandırma	8.774	19.388	35.930	47.724	59.724	64.900	67.414	66.714	54.468	35.360	18.124	6.492	485.010
Bigadiç	10.548	18.064	37.132	47.050	58.918	66.356	68.792	68.266	57.570	40.124	21.556	8.064	502.442
Burhaniye	13.954	20.676	43.952	53.444	63.168	69.476	67.842	66.950	60.426	43.516	23.654	9.686	536.746
Dursunbey	9.842	18.698	36.316	46.000	55.920	62.982	69.306	67.564	55.622	38.250	21.080	7.568	489.146
Edremit	13.696	23.222	43.364	52.264	62.868	68.808	67.344	65.080	58.754	42.950	23.326	9.790	531.468
Erdek	8.594	17.932	33.968	45.418	57.806	62.648	66.480	64.016	52.004	32.790	16.690	5.732	464.076
Gömeç	14.288	21.640	44.256	53.022	63.260	69.570	67.938	67.050	60.338	44.196	24.056	10.234	539.846
Gönen	8.910	17.498	33.772	43.824	56.268	61.430	65.078	62.258	49.752	31.394	16.696	6.200	453.080
Havran	12.174	19.032	39.660	49.664	60.022	67.010	68.304	66.938	58.184	39.956	21.696	8.680	511.320
İvrindi	9.750	16.342	35.568	45.376	57.700	64.328	67.686	67.264	54.720	35.672	18.772	6.920	480.096
Kepsut	9.898	17.738	36.704	46.788	58.720	65.798	68.988	68.548	56.788	39.450	19.942	7.470	496.836
Manyas	8.696	17.496	34.112	44.382	56.970	63.106	66.856	65.032	52.180	33.676	18.164	6.534	467.202
Marmara	7.018	18.494	36.684	49.902	61.588	65.964	67.544	66.924	54.292	32.978	14.664	4.120	480.172
Savaştepe	10.582	17.192	36.336	46.438	58.484	65.344	67.200	67.436	56.798	39.016	21.032	7.702	493.560
Sındırgı	11.062	18.748	36.858	46.506	58.182	65.420	68.608	67.614	56.846	39.506	21.592	8.792	499.738
Susurluk	9.390	17.252	35.192	45.940	58.026	64.496	67.968	67.540	54.620	37.070	20.610	7.438	485.542

Tablo 4.17: Güneş enerjisi sisteminden elde edilen faydalı enerjinin LPG cinsinden tasarruf karşılığı (Eğim açısı= 35.1°)

	Ocak (TL)	Şubat (TL)	Mart (TL)	Nisan (TL)	Mayıs (TL)	Haziran (TL)	Temmuz (TL)	Ağustos (TL)	Eylül (TL)	Ekim (TL)	Kasım (TL)	Aralık (TL)	Toplam (TL)
Ayvalık	82.884	128.292	249.856	296.596	351.276	382.152	371.782	372.040	334.186	246.114	137.540	61.958	3014.676
Bahkesir (Merkez)	51.904	95.204	195.742	248.544	317.066	353.646	368.352	363.530	301.744	204.390	104.640	37.856	2642.618
Balya	49.150	88.362	188.704	246.198	313.386	346.720	362.866	360.076	291.014	191.636	97.374	35.106	2570.592
Bandırma	47.494	104.940	194.484	258.322	323.272	351.288	364.904	361.110	294.824	191.402	98.102	35.138	2625.282
Bigadiç	57.094	97.776	200.994	254.676	318.914	359.174	372.362	369.518	311.612	217.188	116.676	43.650	2719.636
Burhaniye	75.534	111.918	237.906	289.286	341.914	376.060	367.220	362.392	327.080	235.544	128.036	52.432	2905.320
Dursunbey	53.276	101.210	196.572	248.996	302.682	340.912	375.148	365.710	301.070	207.036	114.106	40.960	2647.676
Edremit	74.134	125.700	234.722	282.900	340.298	372.450	364.518	352.274	318.028	232.478	126.258	52.994	2876.756
Erdek	46.518	97.060	183.864	245.846	312.892	339.106	359.846	346.504	281.488	177.490	90.336	31.026	2511.974
Gömeç	77.340	117.138	239.546	286.998	342.412	376.570	367.734	362.934	326.598	239.226	130.216	55.392	2922.106
Gönen	48.230	94.714	182.804	237.212	304.572	332.506	352.258	336.992	269.300	169.934	90.368	33.560	2452.450
Havran	65.896	103.020	214.670	268.824	324.894	362.716	369.720	362.320	314.938	216.272	117.442	46.984	2767.696
İvrindi	52.774	88.454	192.522	245.616	312.324	348.192	366.372	364.086	296.190	193.088	101.612	37.452	2598.682
Kepsut	53.580	96.014	198.676	253.260	317.844	356.152	373.420	371.044	307.388	213.538	107.946	40.430	2689.292
Manyas	47.072	94.702	184.640	240.230	308.366	341.584	361.882	352.006	282.440	182.280	98.322	35.368	2528.890
Marmara	37.984	100.108	198.560	270.116	333.366	357.050	365.602	362.252	293.874	178.504	79.380	22.296	2599.092
Savaştepe	57.274	93.056	196.684	251.358	316.570	353.692	363.742	365.022	307.440	211.188	113.842	41.692	2671.562
Sındırgı	59.876	101.482	199.512	251.730	314.928	354.108	371.366	365.982	307.704	213.840	116.880	47.592	2705.000
Susurluk	50.828	93.384	190.494	248.664	314.084	349.106	367.904	365.578	295.650	200.656	111.564	40.256	2628.168

Tablo 4.18: 39° ve 35.1° eğim açısı için güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjinin kömür, doğalgaz ve LPG cinsinden tasarruf karşılıkları (TL/yıl)

	39°			35.1°		
	Kömür	Doğalgaz	LPG	Kömür	Doğalgaz	LPG
Ayvalık	667.922	449.404	2432.552	827.758	556.948	3014.676
Balıkesir (Merkez)	622.708	418.982	2267.884	725.600	488.212	2642.618
Balya	619.432	416.778	2255.952	705.824	474.906	2570.592
Bandırma	593.812	399.540	2162.648	720.840	485.010	2625.282
Bigadiç	639.672	430.398	2329.672	746.748	502.442	2719.636
Burhaniye	642.792	432.496	2341.034	797.732	536.746	2905.320
Dursunbey	634.976	427.236	2312.566	726.990	489.146	2647.676
Edremit	641.350	431.526	2335.782	789.890	531.468	2876.756
Erdek	590.854	397.550	2151.878	689.728	464.076	2511.974
Gömeç	654.848	440.608	2384.938	802.340	539.846	2922.106
Gönen	601.202	404.512	2189.562	673.384	453.080	2452.450
Havran	641.448	431.590	2336.134	759.944	511.320	2767.696
İvrindi	631.364	424.806	2299.410	713.536	480.096	2598.682
Kepsut	622.106	418.578	2265.696	738.416	496.836	2689.292
Manyas	601.590	404.774	2190.976	694.374	467.202	2528.890
Marmara	578.270	389.082	2106.042	713.650	480.172	2599.092
Savaştepe	645.280	434.170	2350.096	733.548	493.560	2671.562
Sındırgı	649.176	436.792	2364.286	742.728	499.738	2705.000
Susurluk	605.990	407.734	2207.004	721.632	485.542	2628.168

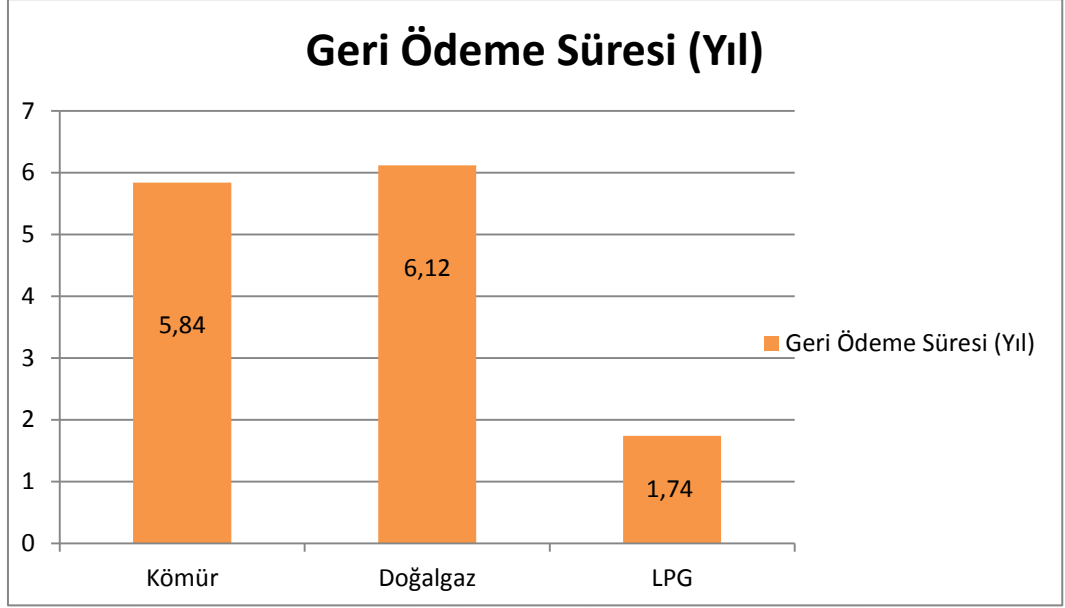
Tablo 4.18 'de görüldüğü gibi 35.1° eğim açısıyla güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjilerin tüketilen yakıtlar cinsinden tasarruf karşılıkları. 39° eğim açısıyla güneş enerjisinde elde edilen faydalı enerjilerin tüketilen yakıtlar cinsinden tasarruf karşılıklarından daha fazladır. Bu durumda Balıkesir il merkezi ve ilçeleri için toplayıcı eğim açısını 35.1° olarak almak tüketilen yakıtlarda bize maximum % 24, minimum % 12 daha fazla tasarruf sağlayacaktır. Güneş enerjisi kullanımıyla en fazla tasarrufun LPG'de olduğu görülmektedir. Tüketilen yakıtlar bazında tasarruf karşılıklarının en fazla olduğu ilçe Ayvalık'tır. Bunun en temel nedeni ise Ayvalık ilçesinin güneş potansiyelinin. Balıkesir il merkezi ve diğer ilçelerinin güneş enerjisi potansiyellerinden daha yüksek olmasıdır.

Kömür, doğalgaz ve LPG kullanımı yerine güneş enerjisi sistemleri ile sıcak su elde edilmesi durumunda, bu sistemlerin kurulması bir yatırım yapılması gerekmektedir. Balıkesir ili için merkez ve ilçelerin bir konutta yaklaşık 3 kişinin kaldığı dikkate alınarak bu kişilerin sıcak su ihtiyacını karşılayacak sistemlerin maliyeti çıkarılmıştır. Yakıtlara göre bu sistemlerin basit yöntemle geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. . Yakıtlara göre bu sistemlerin geri ödeme süreleri hesaplanmış ve Tablo 4.19 ve Şekil 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.19: Tüketilen yakıtlar ve geri ödeme süreleri

Yakıt Türü	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Kömür	5.89
Doğalgaz	6.12
LPG	1.74

Geri ödeme sürelerinin hesaplanmasında basit yöntem kullanılmıştır. Buna göre fiyatının yüksekliği nedeniyle LPG sistemlerinde geri ödeme süresi 1.74 yıl olarak çıkmıştır. Kömür ve doğalgaz ise birbirine yakın çıkmıştır.



Şekil 4.3: Tüketilen yakıtların geri ödeme süreleri

Net bugünkü değerler hesaplanırken güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjilerin tüketilen yakıtlar cinsinden tasarruf karşılıkları enflasyon oranında artırılarak hesaplanmıştır. Enflasyon oranı yıllara göre değiştiğinden son 10 yılın enflasyon ortalaması % 8 alınarak hesaplamalar yapılmıştır [34]. Tablo 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 ve 4.25’de net nakit girişleri verilmiştir.

Tablo 4.20: Kömür için net nakit girişleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7.YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	667.922	721.354	779.064	841.388	908.700	981.396	1059.908	1144.700	1236.276	1335.178	1441.992	1557.352	1681.940	1816.495	1961.815
Balıkesir (Merkez)	622.708	672.524	726.326	784.432	847.186	914.962	988.158	1067.210	1152.588	1244.794	1344.378	1451.928	1568.082	1693.528	1829.011
Balya	619.432	668.986	722.504	780.304	842.730	910.148	982.960	1061.596	1146.524	1238.246	1337.306	1444.290	1559.833	1684.620	1819.390
Bandırma	593.812	641.316	692.622	748.032	807.874	872.504	942.306	1017.690	1099.104	1187.032	1281.995	1384.554	1495.318	1614.944	1744.139
Bigadiç	639.672	690.846	746.114	805.804	870.268	939.890	1015.080	1096.286	1183.990	1278.708	1381.005	1491.485	1610.804	1739.668	1878.842
Burhaniye	642.792	694.216	749.752	809.734	874.512	944.472	1020.030	1101.632	1189.764	1284.944	1387.740	1498.759	1618.659	1748.152	1888.004
Dursunbey	634.976	685.774	740.636	799.886	863.878	932.988	1007.628	1088.238	1175.296	1269.320	1370.866	1480.535	1598.978	1726.896	1865.048
Edremit	641.350	692.658	748.070	807.916	872.550	942.354	1017.742	1099.162	1187.094	1282.062	1384.627	1495.397	1615.029	1744.231	1883.770
Erdek	590.854	638.124	689.174	744.306	803.852	868.160	937.612	1012.622	1093.630	1181.122	1275.612	1377.661	1487.874	1606.903	1735.456
Gömeç	654.848	707.236	763.814	824.920	890.912	962.186	1039.160	1122.294	1212.076	1309.042	1413.765	1526.867	1649.016	1780.937	1923.412
Gönen	601.202	649.298	701.242	757.342	817.928	883.362	954.032	1030.354	1112.782	1201.806	1297.950	1401.787	1513.929	1635.044	1765.847
Havran	641.448	692.762	748.184	808.038	872.682	942.496	1017.896	1099.328	1187.274	1282.256	1384.836	1495.623	1615.273	1744.495	1884.055
İvrindi	631.364	681.872	736.422	795.336	858.962	927.680	1001.894	1082.046	1168.610	1262.098	1363.066	1472.111	1589.880	1717.070	1854.436
Kepsut	622.106	671.874	725.624	783.674	846.368	914.078	987.204	1066.180	1151.474	1243.592	1343.079	1450.526	1566.568	1691.893	1827.245
Manyas	601.590	649.718	701.694	757.830	818.456	883.934	954.648	1031.020	1113.502	1202.582	1298.789	1402.692	1514.907	1636.100	1766.987
Marmara	578.270	624.530	674.494	728.452	786.728	849.668	917.640	991.052	1070.336	1155.962	1248.439	1348.314	1456.179	1572.674	1698.487
Savaştepe	645.280	696.904	752.656	812.868	877.898	948.130	1023.980	1105.898	1194.370	1289.920	1393.114	1504.563	1624.928	1754.922	1895.316
Sındırgı	649.176	701.110	757.200	817.776	883.198	953.854	1030.162	1112.574	1201.580	1297.708	1401.525	1513.647	1634.738	1765.517	1906.759
Susurluk	605.992	654.470	706.828	763.374	824.444	890.400	961.632	1038.562	1121.648	1211.378	1308.288	1412.951	1525.987	1648.066	1779.912

Tablo 4.21: Doğalgaz için net nakit girişleri (Eğim açısı=39°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	449.404	485.356	524.184	566.120	611.408	660.322	713.148	770.200	831.816	898.360	970.2288	1047.847	1131.675	1222.209	1319.986
Balıkesir (Merkez)	418.982	452.500	488.700	527.796	570.020	615.622	664.872	718.062	775.506	837.546	904.5497	976.9137	1055.067	1139.472	1230.63
Balya	416.778	450.120	486.130	525.020	567.022	612.384	661.374	714.284	771.426	833.140	899.7912	971.7745	1049.516	1133.478	1224.156
Bandırma	399.540	431.504	466.024	503.306	543.570	587.056	634.020	684.742	739.522	798.682	862.5766	931.5827	1006.109	1086.598	1173.526
Bigadiç	430.398	464.828	502.016	542.176	585.550	632.394	682.986	737.626	796.636	860.366	929.1953	1003.531	1083.813	1170.518	1264.16
Burhaniye	432.496	467.096	504.464	544.820	588.406	635.478	686.316	741.222	800.520	864.562	933.727	1008.425	1089.099	1176.227	1270.325
Dursunbey	427.238	461.416	498.330	538.196	581.252	627.752	677.972	732.210	790.786	854.048	922.3718	996.1616	1075.855	1161.923	1254.877
Edremit	431.526	466.048	503.332	543.598	587.086	634.052	684.778	739.560	798.724	862.622	931.6318	1006.162	1086.655	1173.588	1267.475
Erdek	397.550	429.354	463.702	500.800	540.862	584.132	630.862	681.332	735.838	794.706	858.2825	926.9451	1001.101	1081.189	1167.684
Gömeç	440.608	475.856	513.924	555.038	599.442	647.396	699.188	755.124	815.534	880.776	951.2381	1027.337	1109.524	1198.286	1294.149
Gönen	404.512	436.874	471.824	509.570	550.334	594.362	641.910	693.264	748.724	808.622	873.3118	943.1767	1018.631	1100.121	1188.131
Havran	431.592	466.118	503.408	543.680	587.174	634.148	684.880	739.672	798.844	862.752	931.7722	1006.314	1086.819	1173.765	1267.666
İvrindi	424.806	458.790	495.494	535.134	577.944	624.180	674.114	728.044	786.286	849.190	917.1252	990.4952	1069.735	1155.314	1247.739
Kepsut	418.578	452.064	488.230	527.288	569.470	615.028	664.230	717.370	774.758	836.740	903.6792	975.9735	1054.051	1138.376	1229.446
Manyas	404.774	437.156	472.128	509.898	550.690	594.746	642.324	693.710	749.208	809.144	873.8755	943.7856	1019.288	1100.831	1188.898
Marmara	389.082	420.208	453.826	490.132	529.342	571.690	617.424	666.818	720.164	777.778	840.0002	907.2003	979.7763	1058.158	1142.811
Savaştepe	434.170	468.904	506.416	546.930	590.684	637.938	688.974	744.092	803.620	867.908	937.3406	1012.328	1093.314	1180.779	1275.242
Sındırgı	436.792	471.734	509.474	550.232	594.250	641.790	693.134	748.584	808.470	873.148	942.9998	1018.44	1099.915	1187.908	1282.941
Susurluk	407.734	440.354	475.582	513.628	554.718	599.096	647.024	698.786	754.688	815.064	880.2691	950.6906	1026.746	1108.886	1197.596

Tablo 4.22: LPG için net nakit girişleri (Eğim açısı=39°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	2432.552	2627.156	2837.328	3064.314	3309.460	3574.216	3860.154	4168.966	4502.484	4862.682	5251.697	5671.832	6125.579	6615.625	7144.875
Bahkesir (Merkez)	2267.884	2449.314	2645.260	2856.880	3085.432	3332.266	3598.846	3886.754	4197.696	4533.510	4896.191	5287.886	5710.917	6167.79	6661.214
Balya	2255.952	2436.428	2631.342	2841.850	3069.198	3314.734	3579.912	3866.306	4175.610	4509.658	4870.431	5260.065	5680.87	6135.34	6626.167
Bandırma	2162.648	2335.660	2522.512	2724.314	2942.258	3177.640	3431.850	3706.398	4002.910	4323.144	4668.996	5042.515	5445.916	5881.59	6352.117
Bigadiç	2329.672	2516.046	2717.330	2934.716	3169.494	3423.052	3696.896	3992.648	4312.060	4657.026	5029.588	5431.955	5866.512	6335.832	6842.699
Burhaniye	2341.034	2528.316	2730.582	2949.028	3184.950	3439.746	3714.926	4012.120	4333.090	4679.738	5054.117	5458.446	5895.122	6366.732	6876.07
Dursunbey	2312.566	2497.572	2697.376	2913.168	3146.220	3397.918	3669.752	3963.332	4280.398	4622.830	4992.656	5392.069	5823.434	6289.309	6792.454
Edremit	2335.782	2522.644	2724.456	2942.412	3177.806	3432.030	3706.592	4003.120	4323.370	4669.240	5042.779	5446.202	5881.898	6352.449	6860.645
Erdek	2151.878	2324.028	2509.950	2710.746	2927.606	3161.814	3414.760	3687.940	3982.976	4301.614	4645.743	5017.403	5418.795	5852.298	6320.482
Gömeç	2384.938	2575.734	2781.792	3004.336	3244.682	3504.256	3784.596	4087.364	4414.354	4767.502	5148.902	5560.814	6005.679	6486.134	7005.025
Gönen	2189.562	2364.726	2553.906	2758.218	2978.874	3217.184	3474.560	3752.524	4052.726	4376.944	4727.1	5105.267	5513.689	5954.784	6431.167
Havran	2336.134	2523.024	2724.866	2942.856	3178.284	3432.548	3707.152	4003.724	4324.020	4669.942	5043.537	5447.02	5882.782	6353.405	6861.677
İvrindi	2299.410	2483.362	2682.032	2896.594	3128.322	3378.588	3648.874	3940.784	4256.048	4596.532	4964.255	5361.395	5790.307	6253.531	6753.814
Kepsut	2265.696	2446.952	2642.708	2854.124	3082.454	3329.050	3595.374	3883.004	4193.646	4529.136	4891.467	5282.784	5705.407	6161.84	6654.787
Manyas	2190.976	2366.254	2555.554	2759.998	2980.798	3219.262	3476.804	3754.948	4055.344	4379.772	4730.154	5108.566	5517.251	5958.631	6435.322
Marmara	2106.042	2274.526	2456.488	2653.006	2865.246	3094.466	3342.024	3609.386	3898.136	4209.988	4546.787	4910.53	5303.372	5727.642	6185.854
Savaştepe	2350.096	2538.104	2741.152	2960.444	3197.280	3453.062	3729.306	4027.652	4349.864	4697.852	5073.68	5479.575	5917.941	6391.376	6902.686
Sındırgı	2364.286	2553.428	2757.704	2978.320	3216.586	3473.912	3751.824	4051.970	4376.128	4726.218	5104.315	5512.661	5953.674	6429.967	6944.365
Susurluk	2207.004	2383.564	2574.250	2780.190	3002.604	3242.812	3502.238	3782.418	4085.010	4411.812	4764.757	5145.938	5557.613	6002.222	6482.399

Tablo 4.23: Kömür için net nakit girişleri (Eğim açısı=35.1°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	827.758	893.980	965.498	1042.738	1126.156	1216.248	1313.548	1418.632	1532.124	1654.694	1787.070	1930.035	2084.438	2251.193	2431.288
Balıkesir (Merkez)	725.600	783.648	846.340	914.048	987.172	1066.144	1151.436	1243.552	1343.036	1450.478	1566.516	1691.838	1827.185	1973.359	2131.228
Balya	705.824	762.290	823.272	889.134	960.264	1037.086	1120.054	1209.658	1306.430	1410.944	1523.820	1645.725	1777.383	1919.574	2073.140
Bandırma	720.840	778.508	840.788	908.052	980.696	1059.150	1143.882	1235.394	1334.224	1440.962	1556.239	1680.738	1815.197	1960.413	2117.246
Bigadiç	746.748	806.488	871.006	940.686	1015.942	1097.216	1184.994	1279.794	1382.178	1492.752	1612.172	1741.146	1880.438	2030.873	2193.342
Burhaniye	797.732	861.550	930.474	1004.912	1085.306	1172.130	1265.900	1367.172	1476.546	1594.670	1722.244	1860.023	2008.825	2169.531	2343.093
Dursunbey	726.990	785.148	847.960	915.796	989.060	1068.186	1153.640	1245.932	1345.606	1453.254	1569.514	1695.075	1830.682	1977.136	2135.307
Edremit	789.890	853.080	921.326	995.032	1074.636	1160.606	1253.454	1353.730	1462.030	1578.992	1705.311	1841.736	1989.075	2148.201	2320.057
Erdek	689.728	744.906	804.500	868.860	938.368	1013.438	1094.512	1182.074	1276.640	1378.770	1489.072	1608.197	1736.853	1875.801	2025.865
Gömeç	802.340	866.528	935.850	1010.718	1091.576	1178.902	1273.214	1375.072	1485.076	1603.882	1732.193	1870.768	2020.429	2182.064	2356.629
Gönen	673.384	727.256	785.436	848.270	916.132	989.422	1068.576	1154.062	1246.388	1346.098	1453.786	1570.089	1695.696	1831.351	1977.860
Havran	759.944	820.740	886.398	957.310	1033.896	1116.606	1205.936	1302.410	1406.602	1519.132	1640.663	1771.916	1913.669	2066.762	2232.103
İvrindi	713.536	770.620	832.270	898.850	970.758	1048.420	1132.292	1222.876	1320.706	1426.362	1540.471	1663.709	1796.805	1940.550	2095.794
Kepsut	738.416	797.488	861.288	930.190	1004.606	1084.974	1171.772	1265.514	1366.756	1476.096	1594.184	1721.718	1859.456	2008.212	2168.869
Manyas	694.374	749.924	809.916	874.710	944.688	1020.262	1101.884	1190.034	1285.236	1388.056	1499.100	1619.029	1748.551	1888.435	2039.510
Marmara	713.650	770.742	832.400	898.992	970.912	1048.584	1132.472	1223.070	1320.914	1426.588	1540.715	1663.972	1797.090	1940.857	2096.126
Savaştepe	733.548	792.232	855.610	924.058	997.984	1077.822	1164.048	1257.172	1357.746	1466.364	1583.673	1710.367	1847.196	1994.972	2154.570
Sındırgı	742.728	802.146	866.318	935.624	1010.474	1091.312	1178.616	1272.906	1374.738	1484.718	1603.495	1731.775	1870.317	2019.942	2181.538
Susurluk	721.632	779.362	841.712	909.048	981.772	1060.314	1145.140	1236.752	1335.692	1442.546	1557.950	1682.586	1817.193	1962.568	2119.573

Tablo 4.24: Doğalgaz için net nakit girişleri (Eğim açısı=35.1°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	556.948	601.504	649.626	701.596	757.722	818.340	883.808	954.512	1030.874	1113.344	1202.412	1298.604	1402.493	1514.692	1635.868
Balıkesir (Merkez)	488.212	527.270	569.450	615.008	664.208	717.344	774.732	836.710	903.648	975.938	1054.013	1138.334	1229.401	1327.753	1433.973
Balya	474.906	512.898	553.930	598.244	646.104	697.792	753.616	813.906	879.018	949.338	1025.285	1107.308	1195.892	1291.564	1394.889
Bandırma	485.010	523.810	565.716	610.972	659.850	712.638	769.650	831.222	897.720	969.536	1047.099	1130.867	1221.336	1319.043	1424.566
Bigadiç	502.442	542.636	586.048	632.932	683.566	738.250	797.312	861.096	929.984	1004.382	1084.733	1171.511	1265.232	1366.451	1475.767
Burhaniye	536.746	579.686	626.060	676.144	730.236	788.656	851.748	919.888	993.478	1072.956	1158.792	1251.496	1351.616	1459.745	1576.524
Dursunbey	489.148	528.278	570.542	616.184	665.480	718.718	776.214	838.312	905.376	977.808	1056.033	1140.515	1231.756	1330.297	1436.721
Edremit	531.468	573.986	619.904	669.498	723.058	780.902	843.374	910.844	983.712	1062.408	1147.401	1239.193	1338.328	1445.394	1561.026
Erdek	464.076	501.202	541.298	584.602	631.370	681.880	736.430	795.346	858.974	927.690	1001.905	1082.058	1168.622	1262.112	1363.081
Gömeç	539.846	583.034	629.678	680.052	734.456	793.212	856.668	925.202	999.218	1079.156	1165.488	1258.728	1359.426	1468.180	1585.634
Gönen	453.080	489.326	528.472	570.750	616.410	665.722	718.980	776.498	838.618	905.708	978.165	1056.418	1140.931	1232.206	1330.782
Havran	511.320	552.226	596.404	644.116	695.646	751.298	811.400	876.312	946.418	1022.132	1103.903	1192.215	1287.592	1390.599	1501.847
İvrindi	480.096	518.504	559.984	604.782	653.164	705.418	761.852	822.800	888.624	959.714	1036.491	1119.410	1208.963	1305.680	1410.135
Kepsut	496.836	536.582	579.508	625.870	675.938	730.014	788.416	851.488	919.608	993.176	1072.630	1158.440	1251.116	1351.205	1459.301
Manyas	467.202	504.578	544.944	588.540	635.622	686.472	741.390	800.702	864.758	933.938	1008.653	1089.345	1176.493	1270.612	1372.261
Marmara	480.172	518.586	560.072	604.878	653.268	705.530	761.972	822.930	888.764	959.864	1036.653	1119.585	1209.152	1305.884	1410.355
Savaştepe	493.560	533.044	575.688	621.742	671.482	725.200	783.218	845.874	913.544	986.628	1065.558	1150.803	1242.867	1342.297	1449.680
Sındırgı	499.738	539.716	582.894	629.524	679.886	734.278	793.020	856.462	924.978	998.976	1078.894	1165.206	1258.422	1359.096	1467.823
Susurluk	485.542	524.386	566.338	611.644	660.576	713.422	770.496	832.136	898.706	970.602	1048.250	1132.110	1222.679	1320.493	1426.133

Tablo 4.25: LPG için net nakit girişleri (Eğim açısı=35.1°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10. YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	3014.676	3255.850	3516.318	3797.624	4101.434	4429.548	4783.912	5166.624	5579.954	6026.352	6508.460	7029.137	7591.468	8198.785	8854.688
Bahkesir (Merkez)	2642.618	2854.028	3082.350	3328.938	3595.252	3882.872	4193.502	4528.982	4891.302	5282.606	5705.214	6161.632	6654.562	7186.927	7761.881
Balya	2570.592	2776.240	2998.338	3238.206	3497.262	3777.042	4079.206	4405.542	4757.986	5138.626	5549.716	5993.693	6473.189	6991.044	7550.327
Bandırma	2625.282	2835.304	3062.128	3307.100	3571.668	3857.400	4165.992	4499.272	4859.214	5247.950	5667.786	6121.209	6610.906	7139.778	7710.960
Bigadiç	2719.636	2937.206	3172.184	3425.958	3700.034	3996.038	4315.720	4660.978	5033.856	5436.564	5871.489	6341.208	6848.505	7396.385	7988.096
Burhaniye	2905.320	3137.746	3388.766	3659.866	3952.656	4268.868	4610.378	4979.208	5377.544	5807.748	6272.368	6774.157	7316.090	7901.377	8533.487
Dursunbey	2647.676	2859.490	3088.250	3335.310	3602.134	3890.304	4201.530	4537.652	4900.664	5292.716	5716.133	6173.424	6667.298	7200.682	7776.736
Edremit	2876.756	3106.896	3355.448	3623.884	3913.794	4226.898	4565.050	4930.254	5324.674	5750.648	6210.700	6707.556	7244.160	7823.693	8449.589
Erdek	2511.974	2712.932	2929.966	3164.364	3417.512	3690.914	3986.188	4305.082	4649.488	5021.448	5423.164	5857.017	6325.578	6831.625	7378.155
Gömeç	2922.106	3155.874	3408.344	3681.012	3975.492	4293.532	4637.014	5007.976	5408.614	5841.304	6308.608	6813.297	7358.361	7947.030	8582.792
Gönen	2452.450	2648.646	2860.538	3089.380	3336.532	3603.454	3891.730	4203.068	4539.314	4902.458	5294.655	5718.227	6175.685	6669.740	7203.319
Havran	2767.696	2989.112	3228.240	3486.500	3765.420	4066.654	4391.986	4743.344	5122.812	5532.638	5975.249	6453.269	6969.530	7527.093	8129.260
İvrindi	2598.682	2806.576	3031.102	3273.590	3535.478	3818.316	4123.782	4453.684	4809.980	5194.778	5610.360	6059.189	6543.924	7067.438	7632.833
Kepsut	2689.292	2904.436	3136.790	3387.734	3658.752	3951.452	4267.568	4608.974	4977.692	5375.908	5805.981	6270.459	6772.096	7313.863	7898.973
Manyas	2528.890	2731.202	2949.698	3185.674	3440.526	3715.770	4013.030	4334.074	4680.798	5055.262	5459.683	5896.458	6368.174	6877.628	7427.838
Marmara	2599.092	2807.020	3031.580	3274.108	3536.036	3818.918	4124.432	4454.386	4810.738	5195.596	5611.244	6060.143	6544.955	7068.551	7634.035
Savaştepe	2671.562	2885.286	3116.110	3365.398	3634.630	3925.402	4239.434	4578.588	4944.874	5340.464	5767.701	6229.117	6727.447	7265.642	7846.894
Sındırgı	2705.000	2921.400	3155.112	3407.520	3680.122	3974.532	4292.496	4635.894	5006.766	5407.308	5839.893	6307.084	6811.651	7356.583	7945.109
Susurluk	2628.168	2838.422	3065.496	3310.734	3575.594	3861.642	4170.572	4504.218	4864.556	5253.720	5674.018	6127.939	6618.174	7147.628	7719.438

Tablo 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, incelendiğinde net nakit girişinin en az olduğu yakıt doğalgazdır. Bunun neden güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerjinin tüketilen yakıtlar cinsinden tasarruf karşılığı en az doğalgaza aittir.

Nakit girişlerin bugünkü değerleri, net nakit girişleri üzerinden belirli bir indirgeme oranı hesaba katılarak bulunur. Bu çalışmada hesaplar yapılırken indirgeme oranı, faiz ve enflasyon oranı da dikkate alınarak % 10 olarak alınmış ve net nakit girişlerin bugünkü değerleri hesaplanmıştır. Net nakit girişlerinin bugünkü değerleri sistemin geri ödeme süresi hakkında bize fikir vermektedir. Net nakit girişlerinin bugünkü değerleri toplamının, sistemin ilk yatırım masrafının verdiği yıl, geri ödeme süresi olarak karşımıza çıkmaktadır [34]. Tablo 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31’de tüketilen yakıtların yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri verilmiştir. Tablo 4.32’de ise tüketilen yakıtların geri ödeme süreleri verilmiştir.

Tablo 4.26: Kömür için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	607.140	595.840	585.076	574.668	564.302	553.508	543.732	534.574	524.180	515.378	504.697	496.795	487.762	477.738	468.874
Balıkesir (Merkez)	566.040	555.504	545.470	535.766	526.102	516.038	506.926	498.388	488.698	480.490	470.532	463.165	454.744	445.398	437.134
Balya	563.062	552.582	542.600	532.948	523.334	513.324	504.258	495.766	486.126	477.962	468.057	460.728	452.351	443.055	434.834
Bandırma	539.776	529.728	520.160	510.906	501.690	492.092	483.402	475.262	466.020	458.194	448.699	441.673	433.643	424.731	416.850
Bigadiç	581.462	570.640	560.332	550.364	540.436	530.098	520.736	511.966	502.012	493.582	483.352	475.784	467.133	457.533	449.043
Burhaniye	584.298	573.422	563.064	553.048	543.072	532.682	523.276	514.462	504.460	495.988	485.709	478.104	469.411	459.764	451.233
Dursunbey	577.194	566.450	556.218	546.322	536.468	526.206	516.912	508.206	498.326	489.958	479.803	472.291	463.703	454.174	445.746
Edremit	582.988	572.136	561.802	551.808	541.854	531.488	522.102	513.308	503.328	494.876	484.619	477.032	468.358	458.733	450.221
Erdek	537.086	527.090	517.568	508.362	499.192	489.642	480.996	472.894	463.700	455.912	446.464	439.474	431.483	422.615	414.774
Gömeç	595.256	584.176	573.624	563.420	553.256	542.672	533.090	524.112	513.920	505.290	494.818	487.071	478.215	468.387	459.696
Gönen	546.492	536.320	526.632	517.264	507.934	498.216	489.418	481.176	471.820	463.896	454.282	447.170	439.039	430.016	422.037
Havran	583.076	572.222	561.886	551.890	541.936	531.568	522.180	513.386	503.404	494.950	484.693	477.104	468.429	458.802	450.289
İvrindi	573.910	563.226	553.054	543.214	533.416	523.212	513.972	505.316	495.490	487.170	477.073	469.604	461.065	451.590	443.210
Kepsut	565.494	554.968	544.944	535.250	525.594	515.540	506.436	497.906	488.226	480.026	446.564	439.573	431.580	422.711	414.867
Manyas	546.846	536.666	526.972	517.598	508.262	498.538	489.734	481.486	472.124	464.196	454.576	447.459	439.323	430.294	422.310
Marmara	525.646	515.862	506.544	497.534	488.558	479.212	470.750	462.822	453.822	446.202	436.954	430.113	422.292	413.613	405.939
Savaştepe	586.560	575.642	565.244	555.188	545.174	534.744	525.302	516.454	506.412	497.908	487.589	479.955	471.229	461.544	452.980
Sındırgı	590.102	579.118	568.656	558.540	548.466	537.974	528.472	519.572	509.470	500.914	490.533	482.853	474.074	464.331	455.715
Susurluk	550.846	540.592	530.828	521.384	511.980	502.186	493.316	485.008	475.578	467.592	457.901	450.732	442.537	433.442	425.399

Tablo 4.27: Doğalgaz için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	408.508	400.904	393.662	386.660	379.684	372.422	365.844	359.682	352.690	346.768	339.580	334.263	328.186	321.441	315.477
Balıkesir (Merkez)	380.854	373.766	367.014	360.486	353.982	347.210	341.080	335.334	328.814	323.294	316.593	311.636	305.970	299.682	294.121
Balya	378.850	371.800	365.084	358.588	352.120	345.384	339.284	333.570	327.084	321.592	314.927	309.996	304.360	298.105	292.573
Bandırma	363.182	356.422	349.984	343.758	337.558	331.100	325.252	319.774	313.556	308.292	301.902	297.175	291.772	285.776	280.473
Bigadiç	391.232	383.948	377.014	370.306	363.626	356.670	350.372	344.470	337.774	332.102	325.218	320.126	314.306	307.846	302.134
Burhaniye	393.138	385.822	378.852	372.112	365.400	358.410	352.080	346.150	339.420	333.720	326.804	321.687	315.839	309.348	303.608
Dursunbey	388.358	381.130	374.246	367.588	360.956	354.052	347.800	341.942	335.294	329.662	322.830	317.776	311.998	305.586	299.916
Edremit	392.256	384.956	378.002	371.278	364.580	357.606	351.290	345.374	338.660	332.972	326.071	320.966	315.130	308.654	302.926
Erdek	361.374	354.646	348.240	342.046	335.876	329.450	323.632	318.182	311.996	306.756	300.399	295.695	290.319	284.352	279.076
Gömeç	400.512	393.056	385.958	379.092	372.254	365.132	358.684	352.642	345.786	339.980	332.933	327.721	321.762	315.149	309.302
Gönen	367.702	360.858	354.340	348.036	341.758	335.220	329.300	323.754	317.460	312.128	305.659	300.873	295.403	289.332	283.963
Havran	392.316	385.014	378.060	371.334	364.636	357.660	351.344	345.426	338.710	333.022	326.120	321.014	315.178	308.700	302.972
İvrindi	386.148	378.962	372.116	365.496	358.904	352.038	345.820	339.996	333.386	327.788	320.994	315.968	310.223	303.847	298.209
Kepsut	380.488	373.406	366.660	360.138	353.642	346.876	340.750	335.012	328.498	322.982	300.466	295.762	290.384	284.416	279.139
Manyas	367.940	361.090	354.568	348.260	341.978	335.436	329.512	323.964	317.664	312.330	305.857	301.068	295.594	289.519	284.147
Marmara	353.676	347.092	340.824	334.760	328.722	322.434	316.738	311.404	305.350	300.222	294.000	289.397	284.135	278.295	273.132
Savaştepe	394.660	387.314	380.318	373.552	366.814	359.798	353.444	347.490	340.734	335.012	328.069	322.933	317.061	310.545	304.783
Sındırgı	397.044	389.654	382.614	375.808	369.030	361.970	355.578	349.588	342.792	337.036	330.050	324.882	318.976	312.420	306.623
Susurluk	370.630	363.732	357.162	350.808	344.480	337.890	331.924	326.332	319.988	314.614	308.094	303.270	297.756	291.637	286.225

Tablo 4.28: LPG için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=39°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	2211.190	2170.032	2130.834	2092.928	2055.176	2015.858	1980.260	1946.908	1909.054	1876.996	1838.095	1809.315	1776.419	1739.910	1707.626
Balıkesir (Merkez)	2061.506	2023.134	1986.590	1951.250	1916.054	1879.398	1846.208	1815.114	1779.822	1749.936	1713.667	1686.836	1656.166	1622.129	1592.030
Balya	2050.660	2012.490	1976.138	1940.984	1905.972	1869.510	1836.496	1805.564	1770.458	1740.728	1704.651	1677.961	1647.453	1613.595	1583.654
Bandırma	1965.848	1929.256	1894.408	1860.708	1827.144	1792.190	1760.540	1730.888	1697.234	1668.734	1634.149	1608.563	1579.316	1546.859	1518.156
Bigadiç	2117.672	2078.254	2040.714	2004.412	1968.256	1930.602	1896.508	1864.568	1828.314	1797.612	1760.356	1732.794	1701.288	1666.324	1635.405
Burhaniye	2128.000	2088.390	2050.666	2014.186	1977.854	1940.016	1905.758	1873.660	1837.230	1806.378	1768.941	1741.244	1709.585	1674.450	1643.380
Dursunbey	2102.124	2062.994	2025.730	1989.694	1953.804	1916.426	1882.584	1850.876	1814.890	1784.414	1747.430	1720.071	1688.797	1654.089	1623.397
Edremit	2123.226	2083.704	2046.066	2009.668	1973.418	1935.664	1901.482	1869.456	1833.108	1802.326	1764.972	1737.338	1705.750	1670.694	1639.694
Erdek	1956.058	1919.648	1884.974	1851.440	1818.044	1783.264	1751.772	1722.268	1688.782	1660.424	1626.010	1600.552	1571.451	1539.155	1510.596
Gömeç	2167.908	2127.556	2089.126	2051.962	2014.948	1976.400	1941.498	1908.800	1871.686	1840.256	1802.116	1773.900	1741.647	1705.853	1674.201
Gönen	1990.312	1953.265	1917.984	1883.864	1849.882	1814.492	1782.450	1752.430	1718.356	1689.502	1654.486	1628.581	1598.970	1566.109	1537.050
Havran	2123.546	2084.018	2046.376	2009.972	1973.716	1935.958	1901.768	1869.740	1833.386	1802.598	1765.239	1737.600	1706.007	1670.946	1639.941
İvrindi	2090.164	2051.258	2014.381	1978.374	1942.688	1905.524	1871.872	1840.346	1804.564	1774.262	1737.489	1710.285	1679.189	1644.679	1614.161
Kepsut	2059.518	2021.182	1984.674	1949.366	1914.204	1877.584	1844.428	1813.364	1778.106	1748.246	1626.377	1600.912	1571.805	1539.502	1510.936
Manyas	1991.598	1954.527	1919.222	1885.080	1851.076	1815.664	1783.600	1753.562	1719.466	1690.592	1655.554	1629.633	1600.003	1567.120	1538.042
Marmara	1914.392	1878.758	1844.822	1812.004	1779.318	1745.280	1714.458	1685.584	1652.810	1625.056	1591.376	1566.459	1537.978	1506.370	1478.419
Savaştepe	2136.238	2096.474	2058.606	2021.984	1985.512	1947.528	1913.134	1880.914	1844.342	1813.372	1775.789	1747.985	1716.203	1680.932	1649.742
Sındırgı	2149.136	2109.132	2071.034	2034.192	1997.498	1959.286	1924.686	1892.270	1855.478	1824.320	1786.510	1758.538	1726.565	1691.081	1659.703
Susurluk	2006.166	1968.824	1933.262	1898.870	1864.618	1828.946	1796.648	1766.388	1732.044	1702.960	1667.665	1641.554	1611.707	1578.584	1549.293

Tablo 4.29: Kömür için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=35.1°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvahk	752.432	738.426	725.088	712.190	699.344	685.964	673.850	662.502	649.620	638.712	625.474	615.681	604.487	592.063	581.078
Balkesir (Merkez)	659.570	647.294	635.602	624.294	613.034	601.306	590.686	580.738	569.446	559.884	548.281	539.696	529.884	518.994	509.364
Balya	641.594	629.650	618.278	607.278	596.324	584.916	574.588	564.910	553.926	544.624	533.337	524.986	515.441	504.848	495.480
Bandırma	655.244	643.048	631.432	620.198	609.012	597.360	586.812	576.928	565.712	556.212	544.684	536.156	526.407	515.589	506.022
Bigadiç	678.794	666.158	654.126	642.488	630.900	618.830	607.902	597.664	586.044	576.202	564.260	555.425	545.327	534.119	524.209
Burhaniye	725.138	711.640	698.786	686.356	673.974	661.082	649.406	638.470	626.056	615.542	602.785	593.347	582.559	570.587	559.999
Dursunbey	660.834	648.532	636.818	625.490	614.206	602.456	591.818	581.850	570.536	560.956	549.330	540.729	530.898	519.987	510.339
Edremit	718.010	704.644	691.916	679.608	667.348	654.582	643.022	632.192	619.900	609.490	596.859	587.514	576.832	564.977	554.494
Erdek	626.964	615.292	604.178	593.430	582.726	571.578	561.484	552.028	541.294	532.206	521.175	513.015	503.687	493.336	484.182
Gömeç	729.328	715.752	702.824	690.320	677.868	664.900	653.158	642.158	629.672	619.098	606.268	596.775	585.925	573.883	563.235
Gönen	612.106	600.712	589.862	579.368	568.918	558.034	548.180	538.948	528.468	519.594	508.825	500.859	491.752	481.646	472.709
Havran	690.788	677.930	665.686	653.842	642.048	629.766	618.644	608.226	596.400	586.384	574.232	565.241	554.964	543.558	533.472
İvrindi	648.604	636.532	625.034	613.914	602.842	591.308	580.866	571.084	559.980	550.576	539.165	530.723	521.074	510.365	500.895
Kepsut	671.220	658.726	646.828	635.320	623.860	611.926	601.120	590.996	579.504	569.774	557.964	549.228	539.242	528.160	518.360
Manyas	631.186	619.436	608.248	597.428	586.650	575.428	565.266	555.746	544.940	535.790	524.685	516.470	507.079	496.658	487.443
Marmara	648.708	636.632	625.132	614.012	602.936	591.402	580.958	571.174	560.068	550.662	539.250	530.807	521.156	510.445	500.974
Savaştepe	666.794	654.382	642.562	631.132	619.748	607.892	597.156	587.100	575.684	566.016	554.286	545.607	535.687	524.678	514.942
Sındırgı	675.140	662.574	650.606	639.032	627.504	615.500	604.630	594.448	582.890	573.102	561.223	552.436	542.392	531.245	521.388
Susurluk	655.964	643.754	632.126	620.880	609.680	598.018	587.456	577.562	566.334	556.822	545.283	536.745	526.986	516.155	506.578

Tablo 4.30: Doğalgaz için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=35.1°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvalık	506.266	496.842	487.868	479.190	470.546	461.544	453.394	445.758	437.090	429.750	420.844	414.254	406.723	398.364	390.972
Balıkesir (Merkez)	443.786	435.524	427.658	420.050	412.472	404.582	397.438	390.744	383.146	376.712	368.905	363.129	356.527	349.199	342.720
Balya	431.690	423.654	416.002	408.602	401.230	393.554	386.604	380.094	372.704	366.444	358.850	353.232	346.809	339.682	333.379
Bandırma	440.874	432.668	424.852	417.294	409.768	401.928	394.830	388.180	380.632	374.242	366.485	360.747	354.188	346.909	340.472
Bigadiç	456.718	448.218	440.122	432.292	424.494	416.374	409.020	402.132	394.312	387.692	379.656	373.712	366.917	359.377	352.708
Burhaniye	487.902	478.820	470.172	461.806	453.476	444.802	436.946	429.588	421.234	414.162	405.578	399.228	391.969	383.913	376.790
Dursunbey	444.634	436.358	428.476	420.854	413.262	405.356	398.198	391.492	383.880	377.434	369.611	363.824	357.209	349.868	343.376
Edremit	483.104	474.112	465.548	457.266	449.018	440.428	432.650	425.364	417.094	410.090	401.590	395.303	388.115	380.139	373.085
Erdek	421.846	413.994	406.516	399.284	392.082	384.580	377.790	371.426	364.204	358.088	350.667	345.177	338.901	331.936	325.777
Gömeç	490.720	481.586	472.888	464.474	456.096	447.372	439.472	432.070	423.668	416.554	407.921	401.534	394.233	386.131	378.967
Gönen	411.850	404.184	396.882	389.822	382.790	375.468	368.836	362.624	355.574	349.604	342.358	336.997	330.870	324.070	318.057
Havran	464.790	456.138	447.900	439.932	431.996	423.732	416.248	409.238	401.282	394.542	386.366	380.316	373.401	365.727	358.941
İvrindi	436.406	428.284	420.548	413.066	405.616	397.856	390.830	384.248	376.776	370.450	362.772	357.092	350.599	343.394	337.022
Kepsut	451.624	443.216	435.210	427.468	419.758	411.728	404.456	397.646	389.914	383.366	375.421	369.542	362.824	355.367	348.773
Manyas	424.686	416.782	409.252	401.972	394.722	387.170	380.334	373.928	366.658	360.500	353.029	347.501	341.183	334.171	327.971
Marmara	436.476	428.352	420.614	413.132	405.680	397.918	390.892	384.308	376.836	370.508	362.829	357.148	350.654	343.448	337.075
Savaştepe	448.646	440.294	432.342	424.650	416.990	409.014	401.790	395.024	387.342	380.838	372.945	367.106	360.431	353.024	346.474
Sındırgı	454.262	445.806	437.752	429.966	422.210	414.132	406.820	399.968	392.190	385.606	377.613	371.701	364.943	357.443	350.810
Susurluk	441.358	433.142	425.320	417.752	410.218	402.370	395.264	388.608	381.052	374.652	366.888	361.143	354.577	347.290	340.846

Tablo 4.31: LPG için yıllık nakit girişlerinin bugünkü değerleri (TL/yıl) (Eğim açısı=35.1°)

	1.YIL	2.YIL	3.YIL	4.YIL	5.YIL	6.YIL	7. YIL	8.YIL	9.YIL	10.YIL	11.YIL	12.YIL	13.YIL	14.YIL	15.YIL
Ayvahk	2740.340	2689.332	2640.756	2593.778	2546.990	2498.266	2454.148	2412.814	2365.902	2326.172	2277.961	2242.295	2201.526	2156.281	2116.271
Balıkesir (Merkez)	2402.140	2357.426	2314.844	2273.664	2232.652	2189.940	2151.266	2115.034	2073.912	2039.086	1996.825	1965.560	1929.823	1890.162	1855.089
Balya	2336.668	2293.174	2251.752	2211.694	2171.800	2130.252	2092.632	2057.388	2017.386	1983.508	1942.400	1911.987	1877.224	1838.644	1804.528
Bandırma	2386.382	2341.962	2299.658	2258.748	2218.006	2175.574	2137.154	2101.160	2060.306	2025.710	1983.725	1952.666	1917.163	1877.762	1842.920
Bigadiç	2472.148	2426.132	2382.310	2339.928	2297.722	2253.764	2213.964	2176.676	2134.354	2098.514	2055.021	2022.845	1986.066	1945.249	1909.155
Burhaniye	2640.936	2591.778	2544.964	2499.690	2454.600	2407.642	2365.124	2325.290	2280.080	2241.792	2195.329	2160.957	2121.666	2078.063	2039.504
Dursunbey	2406.738	2361.940	2319.276	2278.016	2236.926	2194.132	2155.384	2119.084	2077.882	2042.988	2000.647	1969.323	1933.517	1893.780	1858.640
Edremit	2614.972	2566.296	2519.942	2475.114	2430.466	2383.972	2341.872	2302.430	2257.662	2219.750	2173.746	2139.711	2100.807	2057.632	2019.452
Erdek	2283.384	2240.882	2200.404	2161.260	2122.276	2081.676	2044.914	2010.474	1971.382	1938.278	1898.107	1868.388	1834.417	1796.717	1763.379
Gömeç	2656.194	2606.752	2559.666	2514.130	2468.780	2421.552	2378.788	2338.724	2293.252	2254.742	2208.012	2173.441	2133.924	2090.068	2051.287
Gönen	2229.276	2187.782	2148.264	2110.046	2071.986	2032.348	1996.456	1962.832	1924.668	1892.348	1853.129	1824.114	1790.949	1754.142	1721.593
Havran	2515.836	2469.006	2424.410	2381.280	2338.326	2293.594	2253.090	2215.142	2172.072	2135.598	2091.337	2058.593	2021.164	1979.626	1942.893
İvrindi	2362.202	2318.232	2276.358	2235.862	2195.532	2153.530	2115.500	2079.870	2039.432	2005.184	1963.626	1932.881	1897.738	1858.736	1824.247
Kepsut	2444.566	2399.064	2355.730	2313.822	2272.084	2228.618	2189.260	2152.390	2110.542	2075.100	2032.093	2000.276	1963.907	1923.546	1887.854
Manyas	2298.760	2255.972	2215.222	2175.814	2136.568	2095.694	2058.684	2024.012	1984.658	1951.332	1910.889	1880.970	1846.771	1808.816	1775.254
Marmara	2362.576	2318.598	2276.718	2236.216	2195.878	2153.870	2115.834	2080.200	2039.754	2005.500	1963.936	1933.187	1898.038	1859.030	1824.535
Savaştepe	2428.450	2383.246	2340.198	2298.566	2257.106	2213.926	2174.828	2138.200	2096.626	2061.420	2018.695	1987.088	1950.959	1910.864	1875.408
Sındırgı	2458.844	2413.076	2369.488	2327.336	2285.356	2241.636	2202.050	2164.962	2122.868	2087.220	2043.962	2011.959	1975.378	1934.781	1898.880
Susurluk	2389.004	2344.536	2302.186	2261.232	2220.442	2177.964	2139.502	2103.470	2062.570	2027.936	1985.905	1954.812	1919.270	1879.826	1844.945

Tablo 4.32: 39° ve 35.1° eğim açısı için tüketilen yakıtların net bugünkü değer yöntemine göre geri ödeme süreleri

	39°			35.1°		
	Kömür	Doğalgaz	LPG	Kömür	Doğalgaz	LPG
Ayvalık	3.369	5.081	0.904	2.702	4.063	0.730
Balıkesir (Merkez)	3.622	5.463	0.970	3.090	4.662	0.833
Balya	3.641	5.493	0.975	3.178	4.798	0.856
Bandırma	3.803	5.738	1.018	3.111	4.694	0.838
Bigadiç	3.523	5.313	0.944	3.001	4.525	0.809
Burhaniye	3.505	5.286	0.940	2.806	4.223	0.757
Dursunbey	3.549	5.354	0.951	3.084	4.653	0.831
Edremit	3.513	5.299	0.942	2.834	4.267	0.765
Erdek	3.823	5.768	1.023	3.254	4.914	0.876
Gömeç	3.438	5.186	0.923	2.789	4.198	0.753
Gönen	3.755	5.665	1.005	3.334	5.038	0.897
Havran	3.512	5.298	0.942	2.948	4.443	0.795
İvrindi	3.570	5.386	0.957	3.143	4.744	0.847
Kepsut	3.625	5.468	0.971	3.035	4.578	0.818
Manyas	3.753	5.661	1.004	3.232	4.880	0.870
Marmara	3.908	5.897	1.046	3.143	4.743	0.847
Savaştepe	3.491	5.265	0.936	3.056	4.609	0.824
Sındırgı	3.469	5.233	0.931	3.017	4.550	0.813
Susurluk	3.724	5.619	0.997	3.107	4.688	0.837

Tablo 4.32 incelendiğinde Balıkesir il merkezi ve ilçeleri için toplayıcı eğim açısının Balıkesir ili enlem açısının % 90'ı 35.1° olarak alınması geri ödeme sürelerini kömür için minimum % 11, maximum % 20; doğalgaz için minimum % 11, maximum % 20; LPG için ise minimum % 11, maximum % 19 oranında azaltmaktadır. Bu sebeple Balıkesir il merkezi ve ilçeleri için toplayıcı eğim açısının 35.1° olarak alınması bizim yararımıza olacaktır.

Geri ödeme süreleri Türkiye'nin tüm bölgeleri için düşünülürse Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'ndeki iller için bu süreler kısılacaktır. Çünkü bu bölgelerdeki illerin radyasyon değerleri Balıkesir il merkezi ve ilçelerinden çok daha yüksektir. Ancak Karadeniz Bölgesi ve Marmara Bölgesinin kuzeyindeki iller için bu durum düşünülürse geri ödeme süreleri artacaktır. Çünkü Karadeniz Bölgesi ve Marmara Bölgesi'nin kuzeyindeki illerin radyasyon değerleri Balıkesir il merkezi ve ilçelerinden daha düşük bir değerdedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Balıkesir ve ilçelerinde TÜİK verilerinden ve ortalama hane halkı sayıları bulunmuştur. TÜİK verilerine göre ortalama hane halkı sayısı 3 kişi çıkmaktadır. Hane sayısı ve ortalama hane halkı sayılarından gidilerek önce bu insanların yaklaşık sıcak su ihtiyaçları bulunmuştur. Sıcak su ihtiyacı ortalama 45 litre [70] alınarak yapılan hesaplamalarda bu sıcak suyun elde edilmesi için ihtiyaç duyulan enerji miktarları bulunmuştur. İhtiyaç duyulan enerji miktarları il ve ilçelere göre şebeke su sıcaklıklarının aylara göre değiştiği dikkate alınarak her ay için ayrı ayrı bulunmuştur.

Her ay için ayrı ayrı bulunan sıcak su eldesi için gerekli olan enerji miktarları, il merkezi ve ilçelerimizde doğalgaz, LPG ve kömürden sağlandığı dikkate alınarak bu yakıtların öncelikle kullanım miktarları bulunmuştur. Bölgemizde kullanılan bu yakıtların yaklaşık kapalı kimyasal formülleri elde edilerek yanma denklemleri çıkarılmıştır.

Aylık ve yıllık tüketilen yakıt miktarlarından gidilerek atmosfere atılan zararlı yanma gazları CO₂ ve SO₂'nin miktarları bulunmuştur. Diğer taraftan sıcak su eldesinde fosil kökenli doğalgaz, LPG ve kömür yakıtların yerine güneş enerjili sistemlerin kullanılması planlanmıştır. Bu amaçla il merkezi ve ilçeler için yatay yüzeye gelen radyasyon miktarlarından hareket edilerek faydalı güneş enerjisi miktarları, eğik yüzeye gelen radyasyon miktarları ve toplam toplayıcı alanları bulunmuştur. Toplam toplayıcı alanlarından da toplayıcı sayıları ayrı ayrı il merkezi ve ilçeler için belirlenmiştir. Bu amaca ulaşmak için aşağıdaki yollar izlenmiştir.

Balıkesir ve ilçelerindeki güneş radyasyon değerleri, toplayıcı optik verimleri, toplayıcı alanları, toplayıcı sayıları, tüketilen yakıt miktarları ve fiyatları aylara göre teorik olarak hesaplanmıştır. Aylara göre toplayıcı sayıları yaklaşık olarak

belirlenmiştir. Ayrıca eğim açılarının farklı alındığı iki ayrı yöntemle göre 39° ve 35,1°'lik toplayıcı eğim açılarına göre konumlandırılmış toplayıcılardan elde edilen faydalı güneş enerjiler arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Balıkesir ve ilçelerinin nüfus yapısı incelendiğinde, hane halkı sayıları ilçelere göre farklılık göstermektedir. Hane halkı sayısının en fazla olduğu ilçe Altıeylül ilçesi iken en az hane halkı sayısı ise Balya'ya ait olmuştur. Aynı şekilde nüfusun en fazla olduğu merkez Altıeylül iken en az ise Balya'dadır. Sonuç olarak ortalama hane halkı sayısı Balıkesir ve ilçelerinde genellikle 2.5-3 arasında çıkmıştır. Ortalama 3 kişi olarak alınmıştır. Belirtilen bu verilerden faydalanılarak üç kişilik bir ailenin yıllık sıcak su ihtiyacı hesaplanmıştır. Bir kişinin günlük su tüketim miktarı 45 L/gün, istenen su sıcaklığı ise 50°C olarak belirlenmiştir. İstenen su sıcaklığı belirlenirken düşük sıcak su sıcaklığından kaynaklanan leyjoner hastalığı ve mutfakta kullanılan su sıcaklığı dikkate alınmıştır. 2016 yılı üç kişilik bir hane için en az sıcak su ihtiyacı için gerekli olan enerji miktarı 545.244 MJ ile Eylül ayına ait iken en fazla sıcak su ihtiyacı için gerekli enerji miktarı ise 800.859 MJ ile Mart ayına aittir.

Balıkesir ve ilçeleri için toplayıcı seçiminde düşük demirli, tek camlı, bakır absorberli ve siyah krom kaplamalı toplayıcı verimlerinin diğer toplayıcılara göre yüksek olması sebebiyle tercih edilmiştir. Yapılan hesaplara göre Balıkesir ve ilçelerinde toplayıcı optik verimlerinin en yüksek olduğu ay hiç şüphesiz Temmuz ayıdır. Buna karşın aylık toplayıcı alanlarının en düşük olduğu ay ise Haziran ve Temmuz aylarıdır.

Düzlemsel güneş toplayıcılarından elde edilen faydalı enerjiler toplayıcı eğim açısı, toplayıcı alanı ve optik verimlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada gerekli toplayıcı alanı katalogdan yaklaşık 2 m² olarak seçilmiştir. Toplayıcı eğim açısı 39° ve 35,1° olmak üzere iki ayrı hesaplama yapılmış ve tablolar oluşturulmuştur. Bu faydalı enerjiler arasındaki oran en az 0.917 iken en fazla ise 2.703'tür. Toplayıcılardan elde edilen faydalı enerjilerin en fazla olduğu ay ise genellikle Temmuz ayıdır. Bu yüzden toplayıcı eğim açısını enlem açısını 0.9 ile çarparak alan literatüre göre [79] yıl boyunca 35.1° olarak almak 39°'ye göre daha faydalı olacaktır. Literatürlerde toplayıcı eğim açısı yıl boyunca sabit ise enlem derecesinin %90'ı olacak şekilde seçilmektedir.

Balıkesir ve ilçelerinde sıcak su tüketiminde kullanılan yakıtlar kömür, doğalgaz ve LPG'dir. Balıkesir merkezinde doğalgaz yaygın olarak kullanılırken ilin sahil bölgesinde bulunan yazlık bölgeler olan Ayvalık, Burhaniye gibi ilçelerde güneş enerjisi yaygın kullanılmaktadır. Diğer ilçelerin büyük çoğunluğu ise LPG, kömür ve diğer yakıtları kullanmaktadır. Bu verilerden yola çıkılarak Balıkesir ve ilçeleri için sıcak su tüketiminde faydalanılan yakıtlar kömür, doğalgaz ve LPG olarak belirlenmiştir. Bu yakıtların alt ısıl değerleri, yanma verimleri, kapalı formülleri, dolar bazında birim fiyatları ve hava fazlalık katsayıları irdelenmiştir. Bu üç yakıt içerisinde yapısında kükürt bulunan bir tek kömür vardır. Doğalgaz ve LPG'de ise sadece hidrojen ve karbon bulunmaktadır. Bu yüzden SO₂ çıkışının bir tek kömürden olması beklenmektedir. Bu denklemler Eşitlik (4.1), Eşitlik (4.2) ve Eşitlik (4.3)'de verilmiştir. Kömürün yanma denkleminde kül tepkimeden değişmeden çıktığı için yazılmamıştır. Bu üç yakıt içinde LPG birim fiyat olarak en pahalı yakıttır. Alt ısıl değerler karşılaştırıldığında yine LPG en yüksek alt ısıl değere sahiptir. Ancak yanma verimleri kıyaslanırsa doğalgazın yanma verimi LPG ve kömürden daha yüksektir.

Balıkesir il merkezi ve ilçelerinde üç kişilik bir ailenin sıcak su üretim için aylara göre tükettiği yakıt miktarları teorik tam yanmaya göre verilmiştir. Bu üç yakıt içinde atmosfere en fazla CO₂ salınımı yapan yakıt kömürdür. Üç kişilik bir aile tarafından yılda yaklaşık 1.318 ton CO₂ atmosfere salınmaktadır. Aylara göre kömürden açığa çıkan CO₂ miktarı, doğalgazdan çıkan CO₂ miktarının yaklaşık iki katına eşittir. Ayrıca kömürden yılda yaklaşık olarak 2.54 kg SO₂ salınımı da mevcuttur. Atmosfere en az CO₂ salınımı yaklaşık 581 kg ile LPG'ye aittir. Bu da gösteriyor ki LPG havayı kirletmesi açısından diğer yakıtlara göre daha temiz bir yakıttır. Şekil 4.3 incelenecek olursa CO₂ salınımı aylara göre incelenecek olursa en fazla CO₂ çıkışı Ocak ayında olmaktadır. En az CO₂ çıkışı ise Eylül ayına aittir. Sonuç olarak hava kirliliği açısından kömür uygun bir yakıt değildir.

Tüketilen yakıtlar ve bu yakıtlara ödenen aylık ve yıllık ücretlerine bakıldığında en fazla para 1143.428 TL ile LPG'ye ödenirken en az para ise 326.669 TL ile doğalgaza ödenmektedir. Bu verilere en ekonomik yakıtın doğalgaz olduğunu görüyoruz. Ancak tüketilen yakıtlar içinde en fazla tasarruf karşılığı LPG'ye aittir. Balıkesir il merkezi ve ilçelerinde toplayıcı eğitim açısını enlem açısının % 90'ı, yani 35,1° olarak almak tüketilen yakıtlarda minimum % 11, maximum % 24 daha fazla

tasarruf sağlamaktadır. Bu durum toplayıcı eğimlerinin yıl boyu sabit tutulması durumunda enlem açısında eşit alınmasının sakıncalı. enlem açısının 0.9 çarpanı ile çarpıldıktan sonra elde edilen elde edilen açının daha uygun olduğunu göstermektedir.

Tüketilen yakıtlar için net nakit girişlerine bakıldığında yıllık net nakit girişleri en fazla LPG'ye aittir. Bu tablolardan yararlanılarak net nakit girişlerinin bugünkü değerleri hesaplanmıştır. Net nakit girişlerinin bugünkü değerleri bizim için önemlidir. Çünkü net nakit girişlerinin bugünkü değerlerinin toplamının sistemin ilk yatırım masrafına eşit olduğu yıl, geri ödeme süresidir. Geri ödeme süresi ne kadar kısa olursa bizim için o kadar faydalıdır. Toplayıcı eğim açısının 39° yerine 35.1° olarak alınması geri ödeme sürelerini kömür için % 11-20; doğalgaz için % 10-21; LPG için % 11-19 oranında azaltmaktadır. 39° için ve 35.1° için geri ödeme süresi en az olan yakıt LPG'dir. LPG'nin geri ödeme süresi her iki eğim açısında da 2 yılı aşmamaktadır. Buradan şu sonucu çıkarabiliriz. LPG fiyatları, günümüzde sıcak su üretiminde kullanılan en yüksek fiyatlı enerji kaynağıdır. Bu nedenle, geri ödeme süresi en kısa olan yakıttır. Bu durum güneş enerjisi sistemlerinin kullanılmasında önceliğin bu yakıtın kullanıldığı bölgelere verilmesi gerektiğini göstermektedir. Hatta bu bölgelerde güneş enerjisinin kullanımının artırılması teşvik edilmelidir.

Geri ödeme süreleri. Türkiye'nin diğer bölgeleri için düşünülürse Akdeniz Bölgesi'ndeki ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki illerde geri ödeme süreleri daha düşük çıkacaktır. Çünkü bu bölgelerin güneş enerjisi potansiyeli Marmara Bölgesi'ndeki illerin güneş enerjisi potansiyelinden daha fazladır. Ancak, bu durum özellikle Karadeniz Bölgesi için düşünülürse, bu bölgedeki illerin güneş enerjisi potansiyelinin Marmara Bölgesi'ndeki illerin güneş enerjisi potansiyelinden daha az olması nedeniyle için geri ödeme sürelerinin tabloda görülen aylık m^2 'ye gelen güneş enerjisi miktarları ve güneşlenme süreleri oranında daha fazla artacaktır. Diğer bölgeler için de aynı oranda azalacaktır.

6. KAYNAKLAR

- [1] Kılıç, A. ve Öztürk, A., *Güneş ışınım ve düz toplayıcılar*, Ankara: SEGEM Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, 1-2. (1984).
- [2] Dağsöz, A.K., *Güneş enerjisinden yararlanma 109*, İstanbul: Teknik Üniversite Matbaası, 1-2, (1978),
- [3] Varınca, K. B. ve Gönüllü, M.T., “Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma”, *1.Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, Eskişehir, 270-275, (2006).
- [4] Yılmaz, M., “Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54, Ankara, (2012).
- [5] Yılmaz, Ş., Türkyılmaz, O., Bayrak, Y., Sakarya, O., Dilli, B., Erdinç, Ö., Özdemir, V., Aydın, Ü., Peker, H., Pamir, N., Tamzok, N., Başoğlu, B., Altuntaşoğlu, Z, T., Kaya, T., Tunç, S., Ar, F., Keskin, T., Dikmen, Ç., Kayadelen, M. ve Konukman, A., “Türkiye’nin enerji görünümü 2016”, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu*, (2016).
- [6] Yaman, Y., *Enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynakları*, 978-975-511-461, İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti, 236-238. (2007).
- [7] Koç, E. ve Şenel, M. C., “Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu genel değerlendirme”, *Mühendis ve Makina*, 54, 32-44, (2013).
- [8] Külekçi, Ö. C., “Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi”, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü*, 47, 1155, 83-91, (2007).
- [9] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Stratejisi ve Politikaları [online]”, (27 Nisan 2017).
http://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/14274761750.Ramazan_Ustanin_Sunu_mu.pdf, (2015).

- [10] Ersöz, T., Elitaş, M. N. T. ve Ersöz, F., "OECD Ülkelerinde Biyokütle Enerji Üretimine Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi İle İncelenmesi", *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 8, 3, 1-11, (2015).
- [11] Tarhan, İ., Yüksel, B., Demircan, O., Özmetin, C., Türkeş, M., Yiğit, M., Baysal, H., Karaca, Z., Sümer, S. K., Şahiner, N., İlten, N., Büyükkateş, Y., Aslan, A. ve Akyol, T., "TR22 Güney Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Araştırması Sonuç Rapor, GMKA", (2013).
- [12] "Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Mavi Kitap [online]", (22 Şubat 2016). http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fMavi%20Kitap%2fMavi_kitap_2016.pdf (2016).
- [13] Kannan, N. ve Vakeesan, D., "Solar energy for future world". *Science Direct, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105, (2016).
- [14] Duffie, J. A. ve Beckman, W. A., *Solar Energy Thermal Processes*. 0-471-22371-9, Wisconsin: A Wiley-Interscience Publication, (1974).
- [15] Selçuk, M. K., "Güneş Enerjisinin Dünü, Bugünü ve Yarını", (ed: Necdet Altıntop), *Güneş Günü Sempozyumu' 99 Bildiriler Kitabı*, Kayseri: Anadolu Kağıtçılık ve Ofset Tesisleri, 1-3. (1999).
- [16] Sözen, A. ve Arcaklıoğlu, E., "Solar potential in Turkey" . *Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 35-45. (2004).
- [17] Dinçer, F., "Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli-ekonomik analizi ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı değerlendirme", *KSU Mühendislik Dergisi*, 14(1), 8-17, (2011).
- [18] Yerebakan, M., *Güneş kolektörü uygulamaları 2010-22*, İstanbul: İstanbul Ticaret Odası, G.M. Matbaacılık ve Ticaret A.Ş., 54-62, (2010).
- [19] Demircan, R. K. ve Gültekin, A.B., "Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi", *2nd International Sustainable Buildings Symposium*, 839-847, (2015).
- [20] Bedeloğlu, A., Demir, A. ve Bozkurt, Y., "Fotovoltaik teknolojisi Türkiye ve Dünyadaki durumu, genel uygulama alanları ve fotovoltaik tekstiller", *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4:2, 43-58, (2010).
- [21] Cook G., Billman, L. ve Adcock, R., "Photovoltaic Fundamentals [online]", *1000 Independence Avenue, SW Washington, DC 20585*, 18-19, (2005). <http://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf> (15 Aralık 2016).

- [22] Tan, D. ve Seng, A. K., ‘‘Handbook for Solar Photovoltaic Systems [online]’’, Building and Consturction Authority. ISBN: 978-981-08-4462-2 https://www.bca.gov.sg/publications/others/handbook_for_solar_pv_systems.pdf (1 Ocak 2017). (2009).
- [23] Kartal, Y., ‘‘Parabolik Yüzeyle Yoğunlaştırıcı Güneş Kollektörü Tasarımı’’, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2007).
- [24] EİE, ‘‘Doğrusal yoğunlaştırıcılar [online]’’. (25 Nisan 2017).
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx
- [25] Ceylan, T., ‘‘İki Katlı Bir Binanın Güneş Enerjisi Destekli Hava Kaynaklı Isı Pompasıyla Isıtılması ve Sıcak Su Eldesinin Analizi’’, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, (2010).
- [26] Kent, E. F. ve Kaptan, İ. N., ‘‘İzmir ilindeki elli yataklı bir otel için güneş enerjisi destekli ısıtma ve absorpsiyonlu soğutma sisteminin teorik incelenmesi’’, *IX Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 163-170, (2003).
- [27] Doğan, A. R., ‘‘Güneş Enerjili Alternatif Isıtma Sistemlerinin Enerji ve Ekonomi Yönünden Karşılaştırılması’’, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, (2012).
- [28] Özdemir, G., ‘‘Investment Analysis of Solar Energy Systems’’, Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2013).
- [29] Öztürk, F., ‘‘Pasif Güneş Enerjisi Sistemiyle Bina Isıtmasının Sayısal ve Ekonomik Analizi’’, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2011).
- [30] Yıldırım, A., ‘‘Güneş Enerjisiyle Isıtma’’, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, (2007).
- [31] Bulut, H., Şahin, H ve Karadağ, R., ‘‘Güneş Enerjili su ısıtma sistemlerinin tekno ekonomik analizi ’’, *Tesisat Dergisi*, 4-5, (2007).
- [32] Özdemir, M. B. ve Yatarkalkmaz, M. M., ‘‘Farklı tipteki kolektörlerin enerji, ekserji ve ekonomik analizi’’, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1/2, 235-252, (2015).

- [33] Ağı, S. ve Günerhan, H., “Sıvılı Düzlemsel güneş kolektörlerinde verim artırma olanakları”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 86, 15-30, (2005).
- [34] Yelkovan, E., “Güneş Enerjisi Destekli Yarı Olimpik Yüzme Havuzunun Isıtma Sisteminin Termo-Ekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, (2016).
- [35] Tezcan, M., “Düzlemsel Güneş Kolektörleri ve Verim Hesaplamaları”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2001).
- [36] Çiftçi, M., “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Yerel Yönetimlerde Kullanımının Swot Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı, Ankara, (2015).
- [37] Yılmaz, Ş., “Doğu Anadolu Bölgesi İllerinin İklim Verileri Rüzgar ve Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, (2007).
- [38] Uçkan, İ., “Y.Y.Ü Kampüsü ve Van Şehir Merkezinin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Van, (2006).
- [39] Ceylan, Y., “Türkiye’nin Güneşlenme Potansiyelinin Analizi ve Güneş Enerjisinin Enerji Politikasındaki Yeri”, Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, İstanbul, (2016).
- [40] Çolak, L. ve Durmaz, A., “Güneş kolektörü uygulamaları ile ilgili ekonomik analizler”, *VII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 549-557, (2005).
- [41] Doljak, D., Popovic, D. ve Kuzmanovic, D., “Photovoltaic potential of the city of Pozarevac”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 460-467, (2017).
- [42] Çubukçu, M. ve Çolak, M., “Gökçeada’da şebekeden bağımsız bir fotovoltaik güç sistemi benzetimi ve karşılaştırmalı gerçek performans incelemesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 5, 201-208, (2013).
- [43] Bocca, A., Chiavazzo, E., Macii, A. ve Asinari, P., “Solar energy potential assessment: An overview and a fast modeling approach with application to Italy”, *Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 291-296, (2015).

- [44] Yiğit, A. ve Atmaca, İ., *Güneş Enerjisi*, 978-975-253-16-3, Bursa: Alfa Akdemi Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti. 117-125, (2010).
- [45] Millî Eğitim Bakanlığı, MEGEP, “Tesisat teknolojisi ve iklimlendirme kullanım sıcak su tesisatı [online]”, (2 Ocak 2017), http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/tesisat/moduller/kullanim_sicak_su_tesisati.pdf (2007).
- [46] Akdemir, Ö., “Düzlemsel Güneş Kollektörlerinin Teorik ve Deneysel Olarak Tersinmezlik İle Optimizasyonu”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2007).
- [47] EİE, “Düzlemsel güneş kolektörleri [online]”, (20 Ocak 2016). <http://www.eie.gov.tr/>
- [48] Yaşar, K. “Düz toplayıcıların çok amaçlı optimizasyonunda yeni bir yöntem”. Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (1986).
- [49] Yüksel, B., “Güneş enerjisi ders notu [online]”, (10.04.2017), http://w3.balikesir.edu.tr/~akyol/gunes_enerjisi_vize.pdf. (2009).
- [50] Köşker, F., “Kapalı olimpik yüzme havuzlarında güneş enerjisinin kullanımı ve termoekonomik analizi” Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).
- [51] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, “Tesisat teknolojisi ve iklimlendirme sıcak su cihazlarının montajı [online]”, (16.04.2017). http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/S%C4%B1cak%20Su%20Haz%C4%B1rlama%20Cihazlar%C4%B1n%C4%B1n%20Montaj%C4%B1.pdf (2013).
- [52] Tesisat, “Güneş enerjisi kolektör hesabı ve tesisat bağlantı şekilleri [online]” (17 Nisan 2017). <http://www.tesisat.org/gunes-enerjisi-kollektor-hesabi-ve-tesisat-baglantilari.html> (2016).
- [53] Öz, E. S., Özbaş, E. ve Dündar, R., “Vakum tüplü güneşli su ısıtma sistemi ile standart düz kolektörlü güneşli su ısıtma sistemlerinin performans ve verimlerinin deneysel olarak karşılaştırılması”, *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 1-2, (2007).
- [54] Güneş Sistemleri, “Vakum tüplü güneş enerjisi sistemleri [online]”, (21 Ocak 2016) <http://www.gunessistemleri.com/vakum-tuplu.php>

- [55] Cürebal, İ., Efe, R., Soykan, A. ve Sönmez, S., “Balıkesir kent merkezi yerleşim alanı ile jeomorfolojik birimler arasındaki ilişkinin Cbs ve Ua yöntemleriyle belirlenmesi”, *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu*, Balıkesir , 2-3, (2008).
- [56] “Balıkesir nüfusu [online]”, (12.04.2017),
<http://www.nufusu.com/il/balikesir-nufusu>
- [57] Wikipedia, “Balıkesir’in Türkiye’deki konumu [online]”, (7 Şubat 2017),
https://tr.wikipedia.org/wiki/Balıkesir#/media/File:LatransTurkey_location_Balıkesir.svg
- [58] Wikipedia, “Balıkesir haritası [online]”, (7 Şubat 2017), https://tr.wikipedia.org/wiki/Balıkesir#/media/File:Districts_of_Balıkesir.png
- [59] Wikipedia, “Balıkesir’in ilçeleri [online]” , (7 Şubat 2017),
https://tr.wikipedia.org/wiki/Balıkesir'in_il%C3%A7eleri
- [60] EİE, “Global radyasyon değerleri [online]”, (7 Şubat 2017),
<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/10.aspx>.
- [61] Balıkesir ilçeleri coğrafi bilgileri listesi, “Rakım Değerleri [online]” (14.06.2017)
http://balikesir.yerelnet.org.tr/il_ilce_koordinat.php?iladi=BALIKES%DDR
- [62] MGM, “Türkiye günlük güneşlenme süresi [online]”, (7 Şubat 2017),
<http://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/turkiye-gunluk-guneslenme-suresi-7.pdf>(Anonim).
- [63] EİE, “Güneş enerji potansiyeli atlası [online]” (7 Şubat 2017),
<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>.
- [64] Climate-Data, ”Dünya geneli şehirlerde iklim verileri [online]”, (22 Mart 2017),
<https://tr.climate-data.org/>
- [65] EİE, “Global radyasyon değerleri [online]”, (7 Şubat 2017),
<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/10.aspx>.
- [66] Avrupa Birliği Ortak Araştırma Merkezi, PVGIS [online]”, (20 Mart 2017),
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>.
- [67] TÜİK, “Seçilmiş göstergelerle balıkesir [online]”, (20 Mart 2017)
<http://www.tuik.gov.tr/ilGostergeleri/iller/BALIKESIR.pdf>

- [68] Kon, O., “Optimum hava tabakasına sahip çift camlı pencerelerin yakıt tüketimi ve emisyon açısından değerlendirilmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21, 2, Balıkesir, (2016).
- [69] Millî Eğitim Bakanlığı, MEGEP, “Kimya teknolojisi Lpg reaksiyonlandırma Ünitesi [online]”, (24 mart 2017), Ankara, 12-16
<http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/LPGReaksiyonlandırmaUnitesi.pdf> (2010).
- [70] Küçükçalı, R., *Sıhhi tesisat*, Bursa: Yalova Yolu 9 km Ovaakça, 82-83, (1997).
- [71] Avrupa Birliği Ortak Araştırma Merkezi, “About PVGIS [online]”, (25 Nisan 2017).
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/about_pvgis/about_pvgis.htm
- [72] Yıldız, A. ve Ersöz, M. A., “The effect of wind speed on the economical optimum insulation thickness for HVAC duct applications”, *Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 1289-1300, (2016).
- [73] Bulut, H., “Buhar kazanları ders notları [online]”, (2 Mart 2017),
<http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/buhar.pdf>, (2011).
- [74] Cesur, A. M., “Proje değerlendirme yöntemleri ve kullanılan enstrümanlar [online]”, (26 Nisan 2017),
http://www.emo.org.tr/ekler/baf163c24ed14b5_ek.doc (2006).
- [75] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Proje Analizinde Kullanılan Teknikler [online] ”, (26 Nisan 2017),
<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/KKAVAK-1.pdf>, (2016)
- [76] İGDAŞ, “Yakıt fiyatları karşılaştırması [online]” , (24 Nisan 2017),
<http://www.igdas.istanbul/yakitkarsilastirmasi?lang=tr>
- [77] Dosider, “Konutlarda 1000 kcal ısı ihtiyacı için gerekli olan çeşitli yakıtlar için maliyet karşılaştırma tablosu [online]”, (24 Nisan 2017),
www.dosider.org/dosya/belgeler/18-ekim-2016-yakit-fiyatlari-konut.xls
- [78] Günerhan, H. ve Hepbaşlı, A., “Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications”, *Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 779-783, (2007).
- [79] Hafez, A. Z., Soliman, A., El-Metwally, K. A. ve Ismail, I. M., “Tilt and azimuth angles in solar energy applications”, *Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 147-168, (2017).

[80] TCMB Dolar kurlar sayfası,

‘<http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/201701/06012017.xml> [online]’, (06 Ocak 2017)

[81] EPDK, ‘Doğal gaz piyasası sektör raporu Ocak 2017 [online]’, (26 Nisan 2017).

<http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/7788>, (2017).

