

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SOĞUK BİR İKLİMDE SU KAYNAKLI VE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ BİR
ISI POMPASI İLE SERA ISITMA SİMÜLASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Emre ARPACI
DANIŞMAN: Dr.Öğr.Üyesi İrfan UÇKAN

VAN-2020

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SOĞUK BİR İKLİMDE SU KAYNAKLI VE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ BİR
ISI POMPASI İLE SERA ISITMA SİMÜLASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Emre ARPACI
DANIŞMAN: Dr.Öğr.Üyesi İrfan UÇKAN

VAN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi İrfan UÇKAN danışmanlığında, Emre ARPACI tarafından sunulan "Soğuk Bir İklimde Su Kaynaklı ve Güneş Enerjisi Destekli Bir Isı Pompası ile Sera Isıtma Simülasyonu" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 28/04/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Prof. Dr. Sedat YAYLA

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İrfan UÇKAN

İmza:

Üye :Dr. Öğr. Üyesi Faruk ORAL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..08../.05../2020 tarih ve ..2020/26-I..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



(İmza)

EMRE ARPACI

ÖZET

SOĞUK BİR İKLİMDE SU KAYNAKLI VE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ BİR ISI POMPASI İLE SERA ISITMA SİMÜLASYONU

ARPACI, Emre

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Dr.Öğr.Üyesi İrfan UÇKAN, Nisan 2020, 131 sayfa

Bu tez çalışmasında Van iklim şartlarında yer alan farklı ayar noktası sıcaklığına sahip iki seranın ısıtılması için su kaynaklı ve güneş enerjisi destekli bir ısı pompası (GDIP) sistemi tasarlanmıştır. Bu seralar ayar noktası sıcaklıklarına göre soğuk ve ılık sera olarak adlandırılmışlardır. Ele alınan soğuk ve ılık seranın ayar noktası sıcaklıkları sırasıyla 6 °C ve 17 °C değerlerindedir. Her iki sera TRNSYS (zamana bağlı sistem simülasyon aracı) programı ile simüle edilmiş ve sistemin performansları ile yıllık enerji tüketimleri incelenmiştir. İki sera sistemi için cam ve çift katlı polietilen (ÇPE) sera örtüsü gibi farklı malzemeler kullanılmış ve yıllık ısıtma enerjisi gereksinimleri karşılaştırılmıştır. Kullanılan soğuk sera sistemine ait ısı pompasının nominal ısıtma kapasitesi ve ısı pompası güç tüketim değerleri sırasıyla 8.33 kW ve 1.66 kW iken ılık sera sistemine ait ısı pompasının nominal ısıtma kapasitesi ve ısı pompası güç tüketimi sırasıyla 17.85 kW ve 4.96 kW'dır. Van ili iklim şartlarındaki bu iki sera ısıtma sistemi için farklı tip güneş kolektörleri, tank hacimleri ve kolektör alanları gibi parametrelerin toplam yıllık enerji tüketimine olan etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, soğuk ve ılık serada cam sera örtüsü yerine ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda sırasıyla yıllık %55 ve %44 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Hesaplanan güneş fraksiyonu (SF) 20 m² yüzey alanlı düzlemsel güneş kolektörü (DGK) kullanımı sonucunda soğuk sera ve ılık sera sistemleri için sırasıyla %27.7 ve %24.2'dir. Soğuk sera sistemi için aynı kolektör alanları (20 m²) ve farklı güneş kolektörü tipleri (düzlemsel güneş kolektörü (DGK), vakum tüplü güneş kolektörü(VTGK) ve parabolik güneş kolektörü (VTGK)) ile yapılan simülasyonlar neticesinde GDIP sisteminin yıllık toplam en düşük enerji tüketiminin 3145.7 kWh/yıl değeri ile PGK kullanımı sonucunda olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Enerji tüketimi, Isı pompası, Sera, TRNSYS.



ABSTRACT

A GREENHOUSE HEATING SIMULATION IN THE COLD CLIMATE WITH A WATER SOURCE HEAT PUMP ASSISTED WITH SOLAR ENERGY

ARPACI, Emre

MSc. Thesis, Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. İrfan UÇKAN, April 2020, 131 pages

In this thesis, a solar assisted and water source heat pump (SAHP) system has been designed for heating two greenhouses with different set point temperatures in Van climate conditions. These greenhouses were called as cold and warm greenhouses according to their set point temperatures. The setpoint temperatures of the cold and warm greenhouse are 6 ° C and 17 ° C, respectively. Both greenhouses were simulated with the TRNSYS (transient system simulation tool) program and the performance and annual energy consumption of the system were examined. In two greenhouse systems, glass and double-layer polyethylene (DPE) greenhouse cover materials were used and annual heating energy requirements were compared. The nominal heating capacity and heat pump power consumption values of the heat pump of the cold greenhouse system are 8.33 kW and 1.66 kW, respectively. It is 17.85 kW and 4.96 kW in the warm greenhouse, respectively. The effects of different types of solar collectors, tank volumes and collector areas on total annual energy consumption were investigated for these two SAHP systems under the Van climate conditions.

According to the results obtained in this study, the use of DPE greenhouse cover instead of glass greenhouse cover in cold and warm greenhouses saves 55 % and 44 % energy annually respectively. The calculated solar fraction (SF) is 27.7% and 24.2% for cold greenhouse and warm greenhouse systems, respectively, as a result of the use of 20 m² surface area of flat plate collector (FPC). For the cold greenhouse system, simulations made with the same collector areas (20 m²) and different types of solar collectors (flat plate collector (FPC), evacuated tube solar collector (ETSC), and parabolic solar collector (PSC)) result in the lowest total annual energy consumption of the SAHP system for the as a result of the use PSC. And this enegy comsumption value is 3145.7 kWh / year, the result of the use of PSC.

Keywords: Energy consumption, Greenhouse, Heat pump, TRNSYS.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Dr.Öğr.Üyesi İrfan UÇKAN'a teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen arkadaşım Turgut ŞÖHRET'e ve TRNSYS çalışanları Jeff THORNTON ile David BRADLEY'e teşekkürlerimi sunarım. Eğitim, öğrenim ve mesleki hayatım boyunca her koşulda desteklerini esirgemeyen, maddi ve manevi hep yanımda olan babam Yakup ARPACI' ya ve kıymetli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

2020

Emre ARPACI



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Isı Pompaları.....	3
1.1.1. Isı pompası tarihi.....	4
1.1.2. Isı pompası temel elemanları.....	5
1.1.2.1. Kompresör.....	5
1.1.2.2. Buharlaştırıcı.....	6
1.1.2.3. Yoğuşturucu (Kondenser).....	7
1.1.2.4. Kısılma vanası.....	7
1.1.2.5. Isı pompalarında kullanılan soğutucu akışkanlar.....	8
1.1.3. Isı pompasının enerji kaynaklarına göre sınıflandırılması.....	9
1.1.3.1. Hava kaynaklı ısı pompaları.....	9
1.1.3.2. Su kaynaklı ısı pompaları.....	10
1.1.3.2.1. Yeraltı suyu kaynaklı ısı pompaları.....	10
1.1.3.2.2. Yerüstü suyu kaynaklı ısı pompaları.....	11
1.1.3.3. Toprak kaynaklı ısı pompaları.....	12
1.1.3.3.1. Toprak kaynaklı ısı pompası türleri.....	13
1.1.3.3.2. Dikey toprak kaynaklı ısı pompası.....	13
1.1.3.3.3. Yatay toprak kaynaklı ısı pompası.....	13
1.1.3.4. Güneş kaynaklı ısı pompası.....	14
1.1.4. Isı pompası çevrimi.....	15
1.1.4.1. Tersine carnot çevrimi.....	15
1.1.4.2. İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi.....	16

	Sayfa
1.1.4.3. Gerçek buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi.....	17
1.2. Güneş Enerjisi	18
1.2.1. Güneş enerjisi kullanımının avantajları.....	18
1.2.2. Türkiye’de güneş enerjisi.....	19
1.2.3. Güneş kolektörleri.....	21
1.2.3.1. Düzlemsel güneş kolektörleri	21
1.2.3.2. Vakum tüplü güneş kolektörleri.....	22
1.2.3.1. Odaklamalı(yoğunlaştırıcı) güneş kolektörleri.....	23
1.2.4. Güneş enerjisi ile bina ve su ısıtma sistemleri.....	24
1.2.4.1. Güneş enerjili pasif sistemler.....	24
1.2.4.2. Güneş enerjili aktif sistemler.....	25
1.3. Seralar.....	25
1.3.1. Sera yetiştiriciliğinin yararları.....	26
1.3.2. Türkiye’de seracılık.....	26
1.3.3. Seraların kurulumu.....	26
1.3.4. Seraların sıcaklığı.....	27
1.4. TRNSYS Yazılımının Tanıtılması.....	28
2.KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
3.1. Simülasyonlarda Kullanılan TRNSYS Bileşenlerinin Tanıtılması.....	37
3.1.1.Hava veri okuyucu.....	37
3.1.2.Güneş enerjisi kolektörleri.....	37
3.1.2.1. Düzlemsel güneş kolektörü (type 1b).....	38
3.1.2.2. Vakum tüp güneş kolektörü (type 71).....	38
3.1.2.3. Parabolik güneş kolektörü (type 1245).....	39
3.1.3. Depolama tankı (type 4a).....	40
3.1.4. Isı değiştirici.....	41
3.1.5. Su kaynaklı ısı pompası (type 927).....	42
3.1.6. Diferansiyel kontrol elemanı (type 2b).....	43
3.1.7.Fan coil (type 928).....	44

	Sayfa
3.1.8. Pompalar (type 114).....	45
3.1.9. Gösterge (type 65).....	45
3.1.10. İşlemci (type 24).....	46
3.1.11. Yazıcı (type65).....	46
3.1.12. Oda termostatı (type 108).....	46
3.1.13. Zorlama fonksiyonu (type 14).....	46
3.1.14. Vanalar(type 11).....	47
3.2. Modellenen Sera ve Özellikleri.....	48
3.3. Isıtma Yükünün Hesaplanması.....	50
3.4. Van Gölü'nün Aylık Ortalama Sıcaklık Değerlerinin TRNSYS'e Aktarılması ve Güneş Radyasyonu Değerleri.....	51
3.5.Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası (GDIP) Sisteminin TRNSYS ile Modellenmesi.....	53
3.5.1. Modellenen sistemdeki elemanların özellikleri ve kontrol stratejisi.....	56
3.6. Güneş Fraksiyonu.....	61
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	63
4.1. Soğuk ve Ilık Sera için Farklı Sera Örtüsü Malzemeleri Kullanımı Sonucunda Isı Yüklerinin Karşılaştırması.....	63
4.2. Soğuk ve Ilık Sera İçin Gerekli Enerji Miktarlarının	68
4.3. Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası (GDIP) Sisteminin Soğuk Sera Simülasyon Sonucu Analizleri.....	70
4.3.1.Farklı sistem parametrelerinin GDIP ile soğuk sera ısıtma Sistemi performansı üzerine etkileri.....	78
4.3.1.1.Farklı kolektör tiplerinin ve alanlarının soğuk sera ısıtma sistemine performansına etkileri.....	78
4.3.1.2.Farklı tank hacimlerinin soğuk sera ısıtma sistemi performansına etkileri.....	80
4.4. Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası(GDIP) Sisteminin Ilık Sera Simülasyon Sonucu Analizleri.....	82
4.4.1. Farklı sistem parametrelerinin GDIP ile ılık sera ısıtma sistemine performansına etkileri.....	91

	Sayfa
4.4.1.1. Farklı kolektör tiplerinin ve alanlarının ılık sera ısıtma sistemi performansına etkileri.....	91
4.4.1.2. Farklı tank hacimlerinin ılık sera ısıtma sistemi performansına etkileri.....	93
5.SONUÇ.....	95
KAYNAKLAR.....	99
ÖZ GEÇMİŞ.....	103



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere dağılımı (EİGM, 2019).....	19
Çizelge 1.2. Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı (EİGM, 2019)	20
Çizelge 3.1. Güneş kolektörünün teknik özellikleri, (OLYMP SUN SATER 500).....	39
Çizelge 3.2. Sketchup programı ile tasarlanan sera modelinin geometrik özellikleri....	48
Çizelge 3.3. Van Gölü iki metre derinliğindeki aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	51
Çizelge 3.4. Güneş enerjisi destekli ısı pompası modelinde kullanılan pompaların özellikleri.....	57
Çizelge 4.1. Ele alınan GDIP ile soğuk sera ısıtılması durumunda güç tüketim değerleri ve oranları.....	74
Çizelge 4.2. Ele alınan GDIP ile soğuk sera ısıtılması durumunda toplam ısı transfer miktarları	74
Çizelge 4.3. Isı pompalarıyla ilgili bazı literatür çalışmaları.....	86
Çizelge 4.4. Ele alınan GDIP ile ılık sera ısıtılması durumunda güç tüketim değerleri ve oranları	87
Çizelge 4.5. Ele alınan GDIP ile ılık sera ısıtılması durumunda toplam ısı transfer miktarları	87



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Isı pompası genel ekipmanlarının çalışma prensibi (Anonim, 2016).....	3
Şekil 1.2. Scroll kompresör (Göksel,2019).....	6
Şekil 1.3. Plakalı ısı değıştirgeci (Göksel,2019).....	6
Şekil 1.4. Termostatik kısılma vanası.....	7
Şekil 1.5. Yeraltı kaynak suyunu kullanan ısı pompası çalışma prensibi (Patlar, 2006)..	10
Şekil 1.6. Yeraltı suyu kaynaklı ısı pompasının sondaj ve enjeksiyon kuyuları (Kalkan,2016).....	11
Şekil 1.7. Belli aylara ve derinliğe göre toprak sıcaklık değerleri (Ünlü, 2005).....	12
Şekil 1.8. Yatay boru döşeme şekilleri.....	13
Şekil 1.9. Güneş kaynaklı ısı pompası sisteminin tesisat şeması (Anonim,2007).....	14
Şekil 1.10. Ters carnot soğutma makinasının tesisat şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles,2008).....	15
Şekil 1.11. İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles, 2008).....	16
Şekil 1.12. Gerçek buhar sıkıştırırmalı çevrimin şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles, 2008).....	17
Şekil 1.13. Düzlemsel güneş kolektörü (Kandırmış, 2017).....	22
Şekil 1.14. Vakum tüplü güneş kolektörü (Anonim, 2011)	23
Şekil 1.15. Doğrusal Yoğunlaştırıcı Kolektör (EİGM,2019).....	23
Şekil 1.16. Pasif sistemler ile ısıtma (Anonim, 2019a).....	24
Şekil 3.1. Enerji depolama tankı (Anonim 2006).....	40
Şekil 3.2. Isı eşanjörü (değıştirici) şeması (Anonim 2006).....	41
Şekil 3.3. Fan coil şematığı	45

Şekil 3.4. Zorlama fonksiyonu sıcaklık girdileri ve zamanla değişimi.....	47
Şekil 3.5. Kontrollü akış dağıtım vanası type 11f (Anonim,2014).....	47
Şekil 3.6. Google sketchup programı aracılığıyla modellenen sera.....	49
Şekil 3.7. TRNSYS programına sera modelinin aktarımı.....	49
Şekil 3.8. Ilık seranın bir yıllık ısı yükünün zamana bağlı değişimi.....	50
Şekil 3.9. Soğuk seranın bir yıllık ısı yükünün zamana bağlı değişimi.....	51
Şekil 3.10. Van gölünün derinliğe bağlı aylık sıcaklık profili (Aydın ve Karakuş, 2016).....	52
Şekil 3.11. Van bir yıllık ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi	52
Şekil 3.12. Van ili için toplam güneş radyasyonunun zamana bağlı değişimi	53
Şekil 3.13. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sisteminin şematik diyagramı.....	54
Şekil 3.14. Sera ısıtma amacıyla tasarlanan güneş enerjisi destekli ısı pompası sisteminin TRNSYS modeli.....	55
Şekil 3.15. Soğuk sera kontrol şeması.....	59
Şekil 3.16. Ilık sera kontrol şeması.....	60
Şekil 4.1. Soğuk sera için 15-17 Ocak tarihlerinde cam sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi.....	63
Şekil 4.2. Soğuk sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi.....	64
Şekil4.3.Soğuk sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE ve cam sera örtüleri kullanımı sonucunda oluşan ısı yüklerinin zamana bağlı değişimi.....	65
Şekil 4.4. Ilık sera için 15-17 Ocak tarihlerinde cam sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi.....	66
Şekil 4.5. Ilık sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi	66
Şekil 4.6. Ilık sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE ve cam sera örtüleri kullanımı sonucunda oluşan ısı yüklerinin zamana bağlı değişimi	67

Şekil 4.7. Van İklim şartlarındaki soğuk sera için ÇPE ve cam sera örtülerinin kullanımı sonucunda aylık gerekli ısıtma enerji miktarlarının değişimi.....	68
Şekil 4.8. Van İklim şartlarındaki ılık sera için ÇPE ve cam sera örtülerinin kullanımı sonucunda aylık gerekli ısıtma enerji miktarlarının değişimi.....	69
Şekil 4.9. Van iklim şartlarındaki soğuk ve sıcak seraların ÇPE ve cam kullanımı sonucunda yıllık gerekli ısıtma enerji miktarlarının değişimi.....	69
Şekil 4.10. Isı pompasının kaynaktan çektiği, kondensere verdiği ısı miktarları ve ısı pompası kompresörünün güç tüketim değerleri.....	70
Şekil 4.11. Isı pompasının DGK kullanımı sonucunda oluşan bir yıllık ısıtma tesir katsayısı değişimi (COPh)	71
Şekil 4.12. Isı pompasının VTGK kullanımı sonucunda oluşan bir yıllık ısıtma tesir katsayısı değişimi (COPh)	72
Şekil 4.13. Isı pompasının PGK kullanımı sonucunda oluşan bir yıllık ısıtma tesir katsayısı değişimi (COPh)	72
Şekil 4.14. Dgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).....	73
Şekil 4.15. Vtgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).....	73
Şekil 4.16. Pgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).....	74
Şekil 4.17. Güneşlik örtüsü kullanılmadığında oluşan soğuk sera ve dış ortam sıcaklık değişimi.....	75
Şekil 4.18. Güneşlik örtüsü kullanıldığında oluşan soğuk sera ve dış ortam sıcaklık değişimi.....	75
Şekil 4.19. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.....	76
Şekil 4.20. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.....	76
Şekil 4.21. Farklı yüzey alanlarında PGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.....	77
Şekil 4.22. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.....	78

Şekil 4.23. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.....	79
Şekil 4.24. Farklı yüzey alanlarında PGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.....	79
Şekil 4.25. Soğuk serada 20 m ² DGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi.....	80
Şekil 4.26. Soğuk serada 20 m ² VTGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi.....	81
Şekil 4.27. Soğuk serada 20 m ² PGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi.....	81
Şekil 4.28. Isı pompasının kaynaktan çektiği ve kondensere attığı ısı miktarları ile ısı pompası kompresörünün güç tüketim değerleri.....	82
Şekil 4.29. Isı pompasının DGK kullanımı sonucunda oluşan zamana bağlı yıllık COP değişimi.....	83
Şekil 4.30. Isı pompasının VTGK kullanımı sonucunda oluşan zamana bağlı yıllık COP değişimi.....	84
Şekil 4.31. Isı pompasının PGK kullanımı sonucunda oluşan zamana bağlı yıllık COP değişimi.....	84
Şekil 4.32. Dgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).....	85
Şekil 4.33. Vtgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).....	85
Şekil 4.34. Pgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).....	86
Şekil 4.35. Güneşlik örtüsü kullanılmadığında oluşan ılık sera ve dış ortam sıcaklık değişimi.....	88
Şekil 4.36. Güneşlik örtüsü kullanıldığında oluşan ılık sera ve dış ortam sıcaklık değişimi.....	88
Şekil 4.37. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.....	89
Şekil 4.38. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.....	90

Şekil 4.39. Farklı yüzey alanlarında PGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.....	90
Şekil 4.40. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.....	91
Şekil 4.41. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.....	92
Şekil 4.42. Farklı yüzey alanlarında PGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.....	92
Şekil 4.43. Ilık serada 20 m ² DGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi.....	93
Şekil 4.44. Ilık serada 20 m ² VTGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi.....	94
Şekil 4.45. Ilık serada 20 m ² PGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi.....	94



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Kolektör alanı
a_0	Kolektör verimliliğinin maksimum kesişim noktası
a_1	Kolektör verimi denkleminde birinci dereceden katsayımın negatifi
a_2	Kolektör verimi denkleminde ikinci dereceden katsayımın negatifi
Q_u	Kolektörlerin faydalı gücü
Q_{coll}	Güneşten elde edilen enerji
$T_{kaynak,ç}$	Isı pompası kaynak tarafı çıkış sıcaklığı, °C
$T_{kaynak,g}$	Isı pompası kaynak tarafı giriş sıcaklığı, °C
$T_{yük,ç}$	Isı pompası yük tarafı çıkış sıcaklığı, °C
$T_{yük,g}$	Isı pompası yük tarafı giriş sıcaklığı, °C
C_{min}	Isı eşanjörü minimum kapasitans
C_{max}	Isı eşanjörü maximum kapasitans
Ch	Isı eşanjörü sıcak taraf ısı kapasitesi
ΔT_H	Alt ölü bant sıcaklık farkı
ΔT_L	Üst ölü bant sıcaklık farkı
T_H	Üst giriş sıcaklığı
T_L	Alt giriş sıcaklığı
Y_o	Diferansiyel kontrol elemanı çıkış kontrol fonksiyonu
Y_i	Diferansiyel kontrol elemanı giriş kontrol fonksiyonu
\dot{W}_{ip}	Isı pompası güç tüketimi (kj/hr)
W_{top}	Sistem elemanları tarafından harcanan toplam enerji
I_T	Kolektörün birim alana düşen depolayabildiği enerji miktarı

Kısaltmalar**Açıklama**

ASHRAE	Amerika Isıtma Soğutma Tesisat Mühendisleri Derneği
BTES	Kanalda Termal Enerji Depolama
C++	Genel amaçlı bir programlama dili
COP	Isı pompası tesir katsayısı
COP_h	Isı pompası ısıtma tesir katsayısı
COP_{sys}	Sistemin performans katsayısı
ÇPE	Çift katlı polietilen
DGK	Düzlemsel güneş kolektörü
FORTTRAN	Programlama dili
GDIP	Güneş enerjisi destekli ısı pompası
HVAC	Isıtma, soğutma ve havalandırma
IAM	Geliş Açısı düzenleyici
IP	Isı Pompası
PGK	Parabolik güneş kolektörü
SF	Güneş fraksiyonu
SRCC	Güneş Enerjisi Derecelendirme ve Sertifika Kuruluşu
TRNSYS	Zamana Bağlı Simulasyon Programı
TKIP	Toprak Kaynaklı Isı Pompası
TMY	Tipik Meteorolojik Veri
TRNBuild	Bina giriş verileri görsel ara yüzü
VTGK	Vakum tüplü güneş kolektörü
XCPC	Takipsiz yoğunlaştırılmış parabolik güneş kolektörü

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışı ve sanayileşme sonucunda enerji ihtiyacı da artmaktadır. Yüzyıllar boyunca bu ihtiyacın karşılanmasında fosil yakıtlar en önemli rolü oynamıştır. Ancak fosil yakıtlarının hızla tükenmesi ve çevreye karşı olumsuz etkilerinden dolayı alternatif enerji kaynakları arayışları başlamıştır. Literatüre bakıldığında güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılan çalışmaların çokça bulunması, alternatif enerji kaynaklarına yönelişi göstermektedir. Dünyadaki enerji kaynaklarının sınırlı olması gerçeğiyle yüzleşen devletler enerji bilançolarını gözden geçirmektedirler. Gerek devletlerin ve gerekse büyük şirketlerin son yıllardaki enerji ve üretim politikaları gözden geçirildiğinde şu ilkelerin benimsendiği görülecektir; enerji güvencesi sağlanması, ekonomik gelişme elde edilmesi, çevrenin korunması (Kandırmış, 2017). Fosil yakıtların çevreye ve insana verdiği zararlar, küresel iklim değişikliğinin belirgin bir şekilde hissedildiği günümüzde daha fazla konuşulmaktadır. Çevre dostu alternatif enerji kaynaklarına karşı talep her geçen gün artmaktadır. Ülkemizin enerji kaynaklarının sınırlı olması günümüzde ve gelecekte enerji konusunda dışa bağımlılığı artırmaktadır. Bu durum ülke ekonomisi için büyük tehdittir. Ülkemizde ısınmada, doğal gaz ve kömür yakıtları kullanılmaktadır. Doğalgaz çevre dostu olmasına rağmen ithal bir kaynak olduğundan artan maliyetleri ile ekonomik sorunlara yol açmaktadır. Kömür ve linyit yakıtlarının çevreye karşı olumsuz etkilerinden dolayı kullanımının azaltılması gerekmektedir. Ülkemiz gibi, enerji konusunda kısıtlı enerji kaynaklarına sahip ve dışa bağımlı olan ülkeler çevre dostu ve alternatif enerji kaynaklarının ısıtma amaçlı kullanımı için çalışmalar geliştirmelidirler. Bu doğrultuda güneş enerjisi destekli ısı pompalarının ısıtma amaçlı kullanımı enerji tasarrufu açısından bir alternatif olarak düşünülebilir.

Güneş enerjisi diğer enerji türlerine göre oldukça avantajlı bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi bol, temiz ve yerel uygulamalar için uygundur. Bu enerjinin, enerjiye ihtiyaç duyulan hemen hemen her yerden karşılanabilmesi önemli bir avantajdır. Ülkemiz güneş enerjisi bakımından oldukça şanslı bir coğrafi bölgededir. Türkiye, güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisince zengin bir bölgede yer almasına rağmen, güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanamamaktadır. Ayrıca Türkiye'nin ortalama yıllık

toplam güneşlenme süresi 2640 saat, ortalama toplam ışınlam şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl olduğu tespit edilmiştir (Varınca ve Gönüllü, 2006). Bu kapasite yıllık 380 milyar kWh enerji potansiyeli anlamına gelmektedir. Bu enerjiyi kullanmak enerji ekonomisine ve çevre yararına önemli bir katkı sağlayacaktır. Güneş enerjisinden faydalanmak için çeşitli araştırmalar ve çalışmalar yapılmaktadır. Güneş kaynaklı veya güneş enerjisi destekli ısı pompalarının kullanımıyla enerji ekonomisine önemli katkılar sağlanabilir.

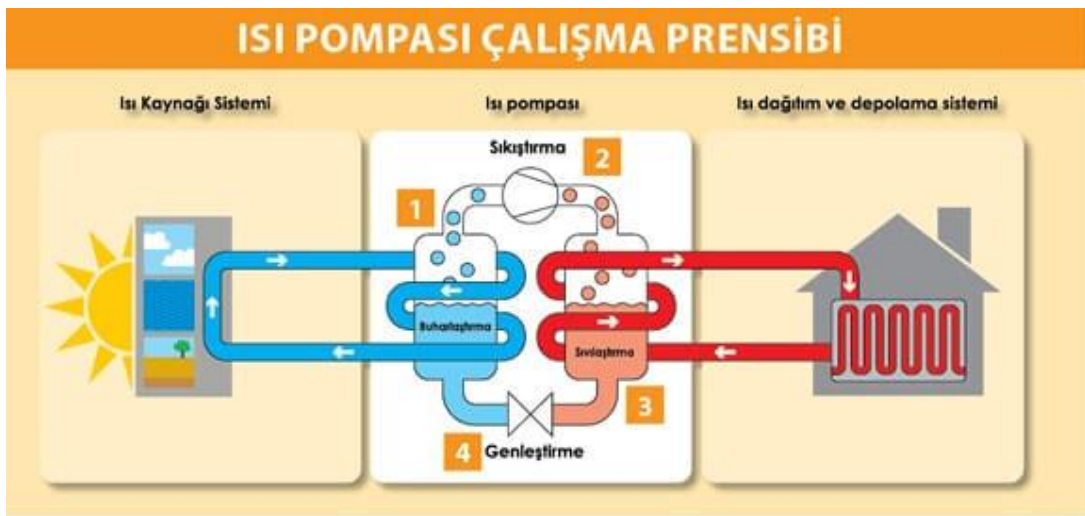
Isı pompaları düşük sıcaklıktaki kaynaktan aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama aktaran düzeneklerdir. Hem ısıtma hem de soğutma işleminde kullanılabilen ısı pompalarının iklimlendirme uygulamalarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Isı pompalarının çevre dostu olması ve elektrikli ısıtmaya göre daha ekonomik olmalarından dolayı bu sistemlerin kullanımı giderek artacaktır. Isı pompaları hava, toprak, güneş, su gibi çeşitli doğal kaynaklardan yararlanırlar. Su kaynaklı ısı pompası sistemleri kuyulardan, nehirlerden, göllerden, şehir şebekelerinden ve üretim işlemlerinden elde edilen suyu ısı kaynağı olarak kullanabilirler. Ülkemizdeki yerüstü sularının negatif derecelere düşmemesi büyük bir avantajdır. Ülkemizdeki su kaynakları su kaynaklı ısı pompaları için ısı kaynağı olarak kullanılıp enerji ekonomisine katkı sağlanabilir.

Bu çalışmada, Van bölgesi için güneş enerjisi destekli su kaynaklı bir ısı pompası ile sera ısıtma simülasyonu modellenmiştir. Tez kapsamındaki ana hedeflerden birisi güneş enerjisini ısı pompasına destek olarak kullanıp enerji verimini artırmaktır. Bu amaçla modellenen sistemlerde farklı kolektör tipleri ve alanları TRNSYS programı aracılığıyla simüle edilmiş ve modellenen sistemin performansına olan etkileri araştırılmıştır.

1.1. Isı Pompaları

Sıcaklık farkı olan her ortamda ısı transferi gerçekleşir. Isı transferi sıcak ortamdaki soğuk ortama doğru gerçekleşir. Bu doğal bir olgudur ve kendiliğinden gerçekleşir. Buna karşın, bu durumun tersi yani düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçişi ısı pompaları ve soğutma makinaları denilen cihazlarla gerçekleştirilir. Isı pompaları ve soğutma makinaları aynı çevrime göre çalışırlar. Bir ısı pompası ile soğutma makinası arasındaki fark sadece kullanım amacıdır (Çengel ve Boles, 2008). Isı pompalarının ısı kaynağı hava, toprak ve sudur. Isı pompaları hem soğutma hem de ısıtma işlevleri için kullanılabilirler.

Isı pompalarının içerisinde akışkan olarak freon grubu gazları kullanılır. Isı pompaları ve soğutma makinalarında bu gazların düşük sıcaklıklarda buharlaşma özelliğinden yararlanılır. Isı pompası genel ekipmanlarının çalışma prensibi Şekil 1.1’de verilmektedir. Kaynaktan gelen akışkan ile ısı transferi Evaporatör (buharlaştırıcı)’de gerçekleştirilir. Kaynaktan gelen akışkanın ısı buharlaştırıcıda çekilir ve freon gazına verilir. Isıyı çeken akışkan buharlaşmaya başlar. Buharlaşan akışkan kompresörde sıkıştırılma işlemi ile sıcaklığı ve basıncı artırılır. Sıcaklığı artan gaz yoğunlaştırıcıda etrafındaki ortama ısı vererek yoğunlaşır ve genişleme valfine doğru gelir. Isısını bırakan akışkanın genişleme valfinden basıncı düşürülür ve sıvı hale geçerek buharlaştırıcıya geri döner. Böylece çevrim işlevi gerçekleşmiş olur (Patlar, 2006).



Şekil 1.1. Isı pompası genel ekipmanlarının çalışma prensibi (Anonim, 2016).

Isı pompaları, ısıtma talebine hem enerji hem de düşük maliyetli çözümler sunar. Bu tip ısıtma sisteminin en önemli avantajı, ısıtma sistemleri için bir ısı pompasını çalıştırmak için gereken işten daha fazla enerjinin mevcut olabilmesidir. Aslında, modern elektrikli ısı pompaları için 3.5 ila 5.5 arasında performans faktörleri (performans katsayısı, COP) elde edilebilir. Bu, her kWh güç tüketimi için 3,5 ila 5,5 kWh ısıtma enerjisinin yaratılabileceği anlamına gelir. Bu yüksek performans avantajına ek olarak, daha az kirliliğe neden olan, hem ısıtma hem de soğutma yapabilme kabiliyeti ve endüstriyel uygulamalar için uygulanabilirlik, ısı pompalarının popülerliğini artırmıştır (Mumovic ve Santamouris, 2009).

1.1.1. Isı pompası tarihi

İlk olarak Fransız fizikçi Nicolas Leonard Sadi Carnot tarafından 1824 yılında ısı pompasının temel teorisi ortaya atılmıştır. Bu teoriye göre buhar makinesinden üretilen mekanik güç dışarıdan verilerek sıcak-soğuk çevrim sağlanır ve bu durumda sistem bir buhar makinesi olmaktan çıkarak sıcak ortamdaki soğuk ortama enerji aktaran bir soğutma makinesi ya da soğuk ortamdaki sıcak ortama enerji aktaran bir ısıtma makinesi olarak çalışır. Carnot döngüsü olarak bilinen bu çevrim, termodinamik ve ısı pompası için temel ilkeleri oluşturmaktadır. Isı pompası düzeneğinin çalışması için hem ısıtılacak hem de soğutulacak ortam gereklidir. Isıtılacak ortam çoğunlukla ev, mağaza gibi yaşam alanları olacağından, soğutulacak ortam hava, su veya topraktır. Bu teorinin ortaya çıkmasından 26 yıl sonra 1850 yılında, Lord Kelvin tarafından soğutma cihazlarının ısıtma amacıyla kullanılabilmesinin ileri sürülmesiyle ısı pompası sistemleri hayata geçmeye başlamıştır.

II. Dünya savaşıdan önce birçok araştırmacı ve mühendis ısı pompası sistemlerini uygulamak ve geliştirmek için araştırmalar ve çalışmalar yapmışlardır. Savaş yıllarında ise daha öncelikli problemlerden dolayı bu çalışmalara ara verilmiş ve savaştan sonra ise tekrar araştırmalara başlanmıştır. Isı pompası endüstrinin 1950'lerde sahip olduğu potansiyel 1960'lı yıllarda azalışa geçmiştir. Bunun nedeni 1960'lı yıllarda petrol ve doğalgaz fiyatlarının ucuzlamasıdır. Bu durum da kurulum maliyeti yüksek olan ısı pompası sistemlerine olan ilgiyi azaltmıştır. Isı pompası sistemlerinin tekrar önem kazanması ise 1973'te meydana gelen enerji krizinden sonradır. Bu krizden sonra birçok bilim insanı tarafından çalışmalar ve araştırmalar yeniden başlatılmıştır. Avrupa ve

Amerika'da ısı pompası sistemleri 1990'lı yıllardan itibaren daha yaygın kullanılmaya başlanmış ve kullanıcı sayısında her geçen gün artış olmuştur. Ancak ülkemiz bu teknolojiyle tanışma konusunda geç kalmış ve ısı pompası sistemlerinin sunduğu avantajlara rağmen hala ciddi bir kullanıcı sayısına ulaşamamıştır. Ülkemizde 1990'lı yılların ortalarında ısı pompası sistemleri ilk defa uygulanmıştır. Dünyada fosil yakıtlarının sürekli azalması ve bu yakıtların fiyatlarının her geçen gün pahalılaşması ayrıca çevre bilincinin artması gibi birçok sebepten dolayı ısı pompası sistemlerinin ülkemizde yaygınlaşacağı ve daha çok kullanıcı tarafından tercih edileceği kaçınılmaz bir sonuç olarak görülmektedir.

1.1.2. Isı pompasının temel elemanları

Isı pompası, kompresör, buharlaştırıcı, kondenser ve kısılma vanası olmak üzere dört temel öğeden oluşmaktadır.

1.1.2.1. Kompresör

Isı pompasının en temel bileşenidir. Buharlaştırıcıdan gaz fazında çıkan akışkanı belirli basınçta sıkıştırarak kondensere gönderen sistem elemanıdır. Kompresör çeşitleri şu şekilde sıralanabilir ;

- Rotorlu kompresörler
- Pistonlu kompresörler
- Santrifüj kompresörler
- Vidalı kompresörler
- Scroll kompresörler (Yamankaradeniz ve ark., 2013)

Isı pompası sistemlerinde tercih edilen kompresör tipi genellikle scroll kompresörlerdir. Bu kompresörler biri sabit diğeri dönme hareketi yapan iki levhadan oluşmaktadır. İki spiral alın altına dönerken, buhar spiralinin merkezine doğru sıkıştırılır.



Şekil 1.2. Scroll kompresör (Göksel, 2019).

1.1.2.2. Buharlaştırıcı

Isı pompası sisteminde bulunan soğutucu akışkanın basıncı ve sıcaklığı düşüktür. Isı kaynağından alınan ısı enerjisi ile soğutucu akışkanın sabit basınçta buharlaşması işlemi gerçekleştirilir. Soğutucu akışkan sıvı fazında girer buhar olarak gaz halinde çıkar. Soğutucu akışkanın çalışma şartlarına, beslenmesine, soğutucu akışkanın kontrol tipine ve uygulamaya göre pratikte çok çeşitli konstrüksiyonlarda buharlaştırıcı tipleri mevcuttur. Buharlaştırıcılar iletkenlik katsayıları yüksek olan demir, bakır, çelik, alüminyum gibi malzemelerden üretilirler. Isı pompalarında buharlaştırıcı olarak genellikle plakalı ısı değiştiriciler kullanılır.



Şekil 1.3. Plakalı ısı değiştirgeci (Göksel, 2019).

1.1.2.3. Yoğuşturucu (kondenser)

Isı pompasının soğutucu akışkanın gaz fazında girdikten sonra ısısını verip sıvı faza geçtiği ısı pompası elemanıdır. Yoğuşturucular ısı aktarılan akışkan hava ise hava soğutmalı, ısı aktarılan ortam su ise su soğutmalı olarak ikiye ayrılabilir. Büyük ölçekli plakalı bir ısı değiştirici yoğuşturucu olarak kullanılmaktadır. Kondenser fanı hayati bir parçadır ve ısı transferini kolaylaştırmak için havayı bobin üzerinde dolaştırır. Hava akımı engellenirse, verim etkilenir.

1.1.2.4. Kısılma vanası

Bu sistem elemanı soğutucu akışkanın basıncını ve sıcaklığını düşürerek akışkanın aynı şartlarda buharlaştırıcıya geri dönmesini sağlar. İklimlendirme ve soğutmada kullanılan kısılma vanaları şunlardır;

- El ayar vanası
- Otomatik kısılma vanası
- Termostatik kısılma vanası
- Elektrikli kısılma vanası
- Kılcal boru

Şamandıralı ayar valfi (Yamankaradeniz ve ark.,2013)



Şekil 1.4. Termostatik kısılma vanası.

Isı pompalarında yukarıda belirtilen ana ünitelerden başka yardımcı sistem elemanları da vardır. Bu sistem elemanları termostat ve presostat gibi soğutucu akışkanın sıcaklığını ve basıncını kontrol eden elemanlar, manometre ve termometre gibi ölçüm cihazları, kurutucu gibi nem alma işlevi için kullanılan eleman ve sistemi denetlemek için gözetleme camı bulunmaktadır.

1.1.2.5. Isı pompalarında kullanılan soğutucu akışkanlar

Soğutucu akışkanlar buharlaşma ve yoğuşma gibi faz değişimleriyle, bir ortamdan çektikleri ısıyı diğer ortama aktarırlar. Isı pompası sistemlerinde kullanılan birçok soğutucu akışkan vardır. Bunlar; freonlar, kloroflorokarbonlar (CFC), amonyak, propan, karbondioksit etan ve bazen donma noktasının üzerindeki bazı uygulamalarda kullanılan su gibi akışkanlardır. Bu sayılan akışkanlar arasında ısı pompası sistemlerinde en yaygın olarak kullanılanı freon grubu gazlarıdır.

Soğutucu akışkan seçiminde etkili olan iki unsur, soğutucu akışkanın, ısı alışverişinde bulunduğu iki ortamın, yani soğutulan ortamın ve çevrenin sıcaklık değerleridir. Yeterli ısı geçişini sağlayabilmek için soğutucu akışkanla, ısı alışverişi bulunduğu ortam arasındaki sıcaklık farkı 5°C - 10°C derece arasında olmalıdır.

Bir ısı pompası çevriminde en düşük basıncın olduğu yer buharlaştırıcıdır ve çevrime hava sızıntısının olmaması için bu basınç atmosfer basıncından yüksek olmalıdır. Soğutucu akışkanın yanıcı olmaması, pas yapmaması, doğal olarak ucuz ve kolay olarak bulunabilmesi, zehirleyici olmaması gerekmektedir. Soğutucu akışkandan beklenen diğer özellikler şunlardır;

- Yüksek gizli ısıyı sahip olmaları istenir, böylece kompresör ve buharlaştırıcı küçülecek otomatik kontrol teçhizatları ucuzlayacaktır.
- Uygun buharlaşma basıncı ve hacmine sahip olmalıdır.
- Akışkan küçük viskoziteye sahip olmalıdır. Viskozitesi büyük olan akışkanın basınçlandırılması için daha fazla enerji gerekir.
- Yüksek ısı geçirgenliğine sahip olması beklenir. Böylece sistemin değişik sıcaklık koşullarına karşı tepkisi daha seri olacaktır. Ayrıca soğutucu akışkanın bu özelliğe sahip olması daha küçük ısı transfer yüzeyi sağlayacaktır.

- Soğutucu akışkanın düşük donma sıcaklığına sahip olması istenir.
- Soğutma devresinde bulunmaması gereken nem ile bulunması halinde bile zararlı reaksiyonlar oluşturmamalıdır.

1.1.3. Isı pompasının enerji kaynaklarına göre sınıflandırılması

Isı pompalarının enerji kaynağı hava, toprak ve sudur. Güneş enerjisi yardımcı kaynak olarak kullanılabilir. Isı pompaları kullandıkları ısı kaynaklarına göre sınıflandırılırlar. Enerji kaynakları seçilirken verimlilik ve bulunabilirlik önemlidir.

1.1.3.1. Hava kaynaklı ısı pompaları

Isı pompalarında en yaygın olarak kullanılan enerji kaynağı havadır. Hava kaynaklı ısı pompalarının verimleri, dış hava sıcaklıklarının değişimlerinde, farklı değerler alırlar. Bu verim değişiminden dolayı işletme maliyetlerinde beklenmeyen artışlar görülebilir. Su kaynaklı ısı pompalarına göre hava kaynaklı ısı pompalarının mevsimsel performans oranı (SPF) %10-30 civarı daha düşüktür. Fakat havanın bol ve sürekli bulunması önemli avantajdır (Ekinci, 2007). Hava kaynaklı ısı pompalarında kullanılan ekipmanların fazla yer kaplamaması ve diğer sistemlere göre düşük işletme maliyetleri bir diğer avantajdır. Hava kaynaklı ısı pompalarının bu avantajlarının yanında dış ortam sıcaklık değişimi ve buzlanma gibi iki büyük problemi vardır.

Isı ihtiyacının yüksek olduğu durumlarda, kaynak sıcaklığının düşük olması, ısı pompasının ısıtma kapasitesinin düşmesine neden olur. Bu durumda arta kalan ısı ihtiyacı genellikle ek bir ısıtma kaynağı tarafından karşılanır. Isı kaynağı sıcaklığının bu şekilde değişken olması projelendirmeyi ve ekipman seçimini zorlaştırmaktadır (Bose, 1985). Hava kaynaklı ısı pompalarında, buharlaştırıcıda ısı geçişini sağlamak amacıyla, kaynak sıcaklığı ile soğutucu akışkan sıcaklığı arasında genellikle 5-10 °C civarında fark olur. Hava kaynaklı ısı pompasının buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı 0 °C'nin altına indiğinde, hava içinde bulunan su buharı buharlaştırıcı yüzeyleri üzerinde yoğunlaşarak buzlanmaya sebep olur. Buharlaştırıcı yüzeyinden oluşan buzun uzun süre bekletilmesine müsaade edilmez, müsaade edildiği takdirde ısı transferi engellenmiş olur. Bu durum ise ısı

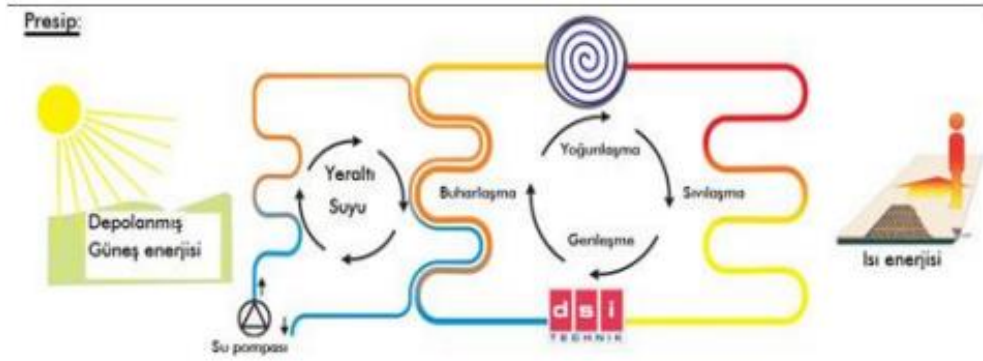
pompası ısıtma tesir katsayısı ve kapasitesinin düşmesine neden olur. Buharlaştırıcı yüzeyinde oluşan buzların periyodik olarak eritilmesi gerekmektedir (Acar, 2009).

1.1.3.2. Su kaynaklı ısı pompaları

Suyu ısı kaynağı olarak kullanan ısı pompalarıdır. Yüksek ısı kapasitesi nedeniyle su bilinen iyi bir ısı kaynağıdır. Su kaynağı olarak göller, nehirler, şehir şebekesi ve üretim işlerinden elde edilen sular kullanılır. Genel olarak yeraltı ve yerüstü suyu kaynaklı olarak iki kısma ayrılır.

1.1.3.2.1. Yeraltı suyu kaynaklı ısı pompaları

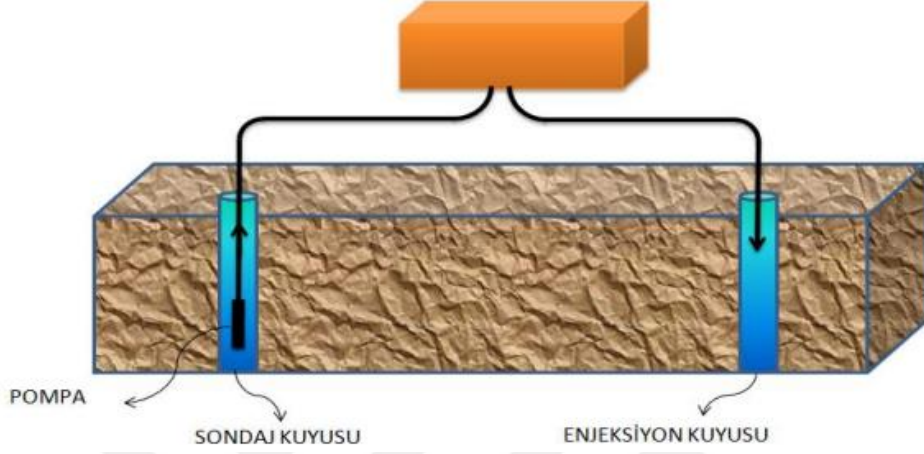
Yeraltından bulunan kaynak suları ısı kaynağı olarak kullanılır. Yeraltı sularının yıl boyunca sıcaklık değişimi azdır ve genellikle sıcaklıkları 10 °C'nin altına düşmez. Yeraltı sularının yaygın olarak bulunması önemli avantajdır, bununla birlikte yeraltından çıkarmak için kullanılan dalgıç pompalar maliyeti artırmaktadır. Yeraltı kaynak suyu yeterli miktarda, kalitede ve uygun derinlikte bulunduğu takdirde, bu ısı kaynağının kullanılması ısı pompası için uygun görülebilir. Şekil 1.5'te yeraltı kaynaklı ısı pompasının çalışma prensibi şematığı gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Yeraltı kaynak suyunu kullanan ısı pompası çalışma prensibi (Patlar, 2006).

Yer altı suyunun kalitesi ısı pompası verimini etkileyen bir parametredir. Korozyona neden olacak etmenlerin belirlenmesi için suyun kalite testi yapılmalıdır. Ayrıca yeraltı suyunun uygun derinlikte ve miktarda olması gerekmektedir. Yeraltı

suyunun statik seviyesi düştükçe pompalama gücü artacak ve dolayısıyla sistem performansı düşecektir. Dezavantaj olabilecek bir diğer etken ise çekilen kuyu suyunun tahliyesidir. Yeraltı suyu enjeksiyon kuyusuyla tekrar yeraltına gönderilir ve sondaj kuyusu ile enjeksiyon kuyusunun yerleri farklıdır.



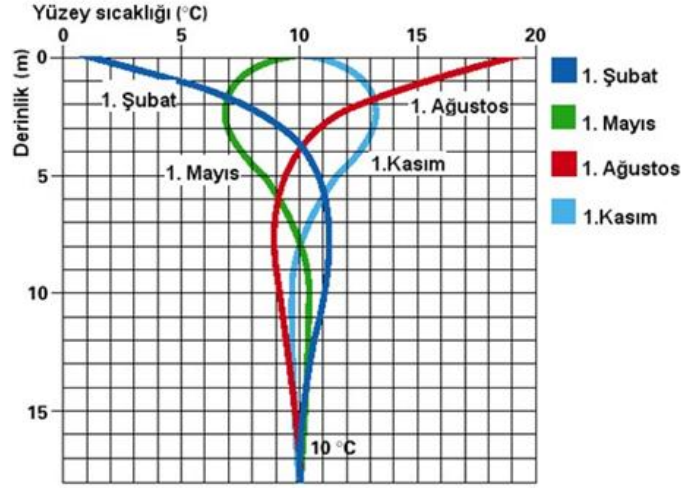
Şekil 1.6. Yeraltı suyu kaynaklı ısı pompasının sondaj ve enjeksiyon kuyuları (Kalkan, 2016).

1.1.3.2.2. Yerüstü suyu kaynaklı ısı pompaları

Su kaynağı olarak göller, nehirler gibi yerüstü kaynaklarından yararlanırlar. Yerüstü kaynak suyu sıcaklığı yeraltı kuyu sularına nazaran daha fazla değişken olmakla beraber hava kadar değişken değildir. Ülkemizde yerüstü sularının genellikle sıfır derecenin altına düşmemesi iyi bir avantajdır. Yerüstü kaynaklı ısı pompalarında bazı durumlar problem olabilir. Kaynaktaki zarar verici maddeler ısı geçiş katsayılarının kötüleşmesine neden olur. Buharlaştırıcı kısa zaman dilimlerinde temizlenmelidir.

1.1.3.3. Toprak kaynaklı ısı pompaları

Yeryüzüne düşen güneş ışınlarının ısı enerjisi toprakta muhafaza edilmektedir. Belli bir derinlikten sonra toprak sıcaklığının mevsimlere göre değişmemesi önemli avantajdır. Toprağın diğer bir önemli avantajı ise eksi sıcaklık değerlerine düşmemesidir. Toprak kaynaklı ısı pompaları soğutma ve ısıtma işlevleri için kullanılabilir. Bunun nedeni toprak sıcaklık değerlerinin dış ortama göre yazın daha serin ve kışın daha sıcak olmasıdır. Bu sistemlerin verimleri, toprağın sıcaklık değerleri yıl boyunca dengeli olduğundan diğer kaynaklı sistemlere göre daha fazladır. Şekil 1.7' de toprak sıcaklık değerlerinin belli aylara ve derinliklere göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.7. Belli aylara ve derinliğe göre toprak sıcaklık değerleri (Ünlü, 2005).

Yeraltında bulunan ısı enerjisini ısıtma veya soğutmada kullanmak için tasarlanan sistemlere Toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP) denilmektedir. Yeraltının belli bir derinliğine yerleştirilen boruların içerisinde dolaştırılan akışkan aracılığıyla topraktaki ısı alınır veya toprağa ısı bırakır. Böylece akışkan ile toprak arasında ısı geçişi sağlanır. Akışkan topraktan ısıyı aldıktan sonra ısı değiştiricisinde ısısını bırakır. Sonra kapalı çevrimde sirkülasyon pompası ile toprakta dolaşmaya devam eder. Böylece toprakta depolanan enerjinin başka bir yere transfer edilmesi sağlanır. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları genellikle konutların ısıtılmasında veya soğutulmasında kullanılmaktadır (Özdamar, 2019).

1.1.3.3.1. Toprak kaynaklı ısı pompası türleri

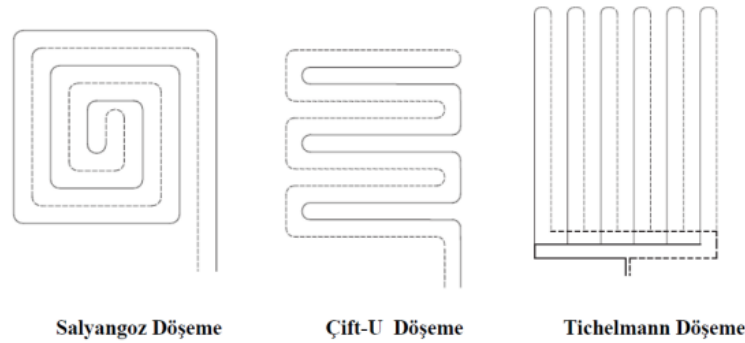
Toprak altı ısı değiştiricisine göre dikey tip ve yatay tip toprak kaynaklı olarak incelenebilir.

1.1.3.3.2. Dikey toprak kaynaklı ısı pompası

Dikey kaynaklı ısı pompaları genellikle ısıtma ve soğutma ihtiyacının yüksek olduğu yerlerde kullanılır. Borular sondaj kuyuları aracılığıyla toprağın 50 m ile 150 m derinlik mesafesine yerleştirilir. Yüksek kurulum maliyeti bu sistemlerin dezavantajıdır, bununla birlikte yatay Toprak kaynaklı ısı pompası sistemine göre fazla toprak alanı istememesi, toprak sıcaklığının ve termal özelliklerin değişiminin az olması olumlu yönleridir.

1.1.3.3.3. Yatay toprak kaynaklı ısı pompası

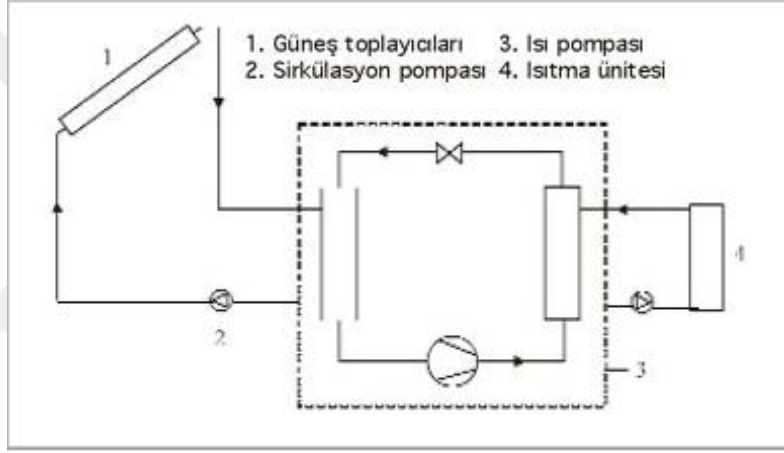
Yatay toprak kaynaklı ısı pompaları genellikle küçük yapıların ısıtılmasında veya soğutulmasında kullanılmaktadır. Kurulum maliyetleri az ve kurulumu kolaydır. Bu sistemlerdeki borular toprağın 1 m ve 2 m derinliğine farklı şekillerde yerleştirilmektedir. Borular arasında ısı etkileşiminin azalması için borular arası mesafe 30-60 cm arasındadır. Boruların yerleştirilmesinden sonra borular ile toprağın arasında boşluk kalmaması ısı transferi bakımından oldukça önemlidir. Bu yüzden toprağın sıkıştırılması işlemi iyi yapılmalıdır. şekil 1.8' de boruların farklı dōřenme şekilleri gösterilmiştir (Güven, 2002).



Şekil 1.8. Yatay boru dōřenme şekilleri.

1.1.3.4. Güneş kaynaklı ısı pompası

Büyük veya küçük boyuttaki tüm ısı pompası kaynaklarına güneş enerjisi etki edebilir. Güneş enerjisinin ısı pompası kaynağı olarak kullanılmasının en büyük avantajı, ısı çekilecek ortamı daha yüksek sıcaklıklara çıkarabilmesi ve buna bağlı olarak daha yüksek ısıtma performans katsayısı sağlayabilmesidir. Kaynak olarak güneş enerjisinden yararlanılan ısı pompalarında direkt ve indirekt olmak üzere iki sistem söz konusudur. Güneş enerjisi kolektörleri, ısı pompasının buharlaştırıcısı işlevini görüyorsa bu direkt kullanımdır. Toplayıcıdan su veya su buharı geçirilerek kaynak olarak bunlardan yararlanıldığında ise indirekt kullanımdır.



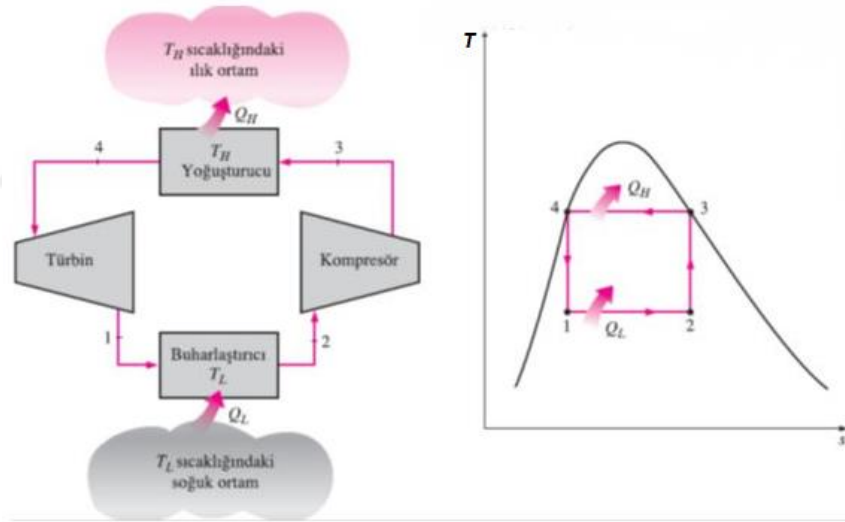
Şekil 1.9. Güneş kaynaklı ısı pompası sisteminin tesisat şeması (Anonim, 2007).

1.1.4. Isı pompası çevrimi

1.1.4.1. Tersine carnot çevrimi

Carnot çevrimi iki tersinir izotermal ve iki izantropik hal değişimlerinden oluşan tümten tersinir bir çevrimdir. Dikkate alınan sıcaklık sınırları için en yüksek ısıl verime sahip çevrimdir. Gerçek güç çevrimlerinin kıyaslanabileceği bir standart görevini yerine getirir.

Carnot çevrimi tersinirdir ve çevrimi oluşturan dört hal değişimi ters yönde de gerçekleşebilir. Çevrimin tersine çevrilmesi, ısı ve iş etkileşimlerinin de yönlerinin tersine olmasını sağlar ve böylece tersine carnot çevrimi elde edilir. Söz konusu çevrimde çalışan soğutma makinası veya ısı pompasına, Carnot soğutma makinası veya Carnot ısı pompası adı verilir (Çengel ve Boles, 2008).



Şekil 1.10. Ters carnot soğutma makinasının tesisat şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles, 2008).

1-2: Sabit sıcaklıkta soğuk ortamdaki akışkana ısı geçişi

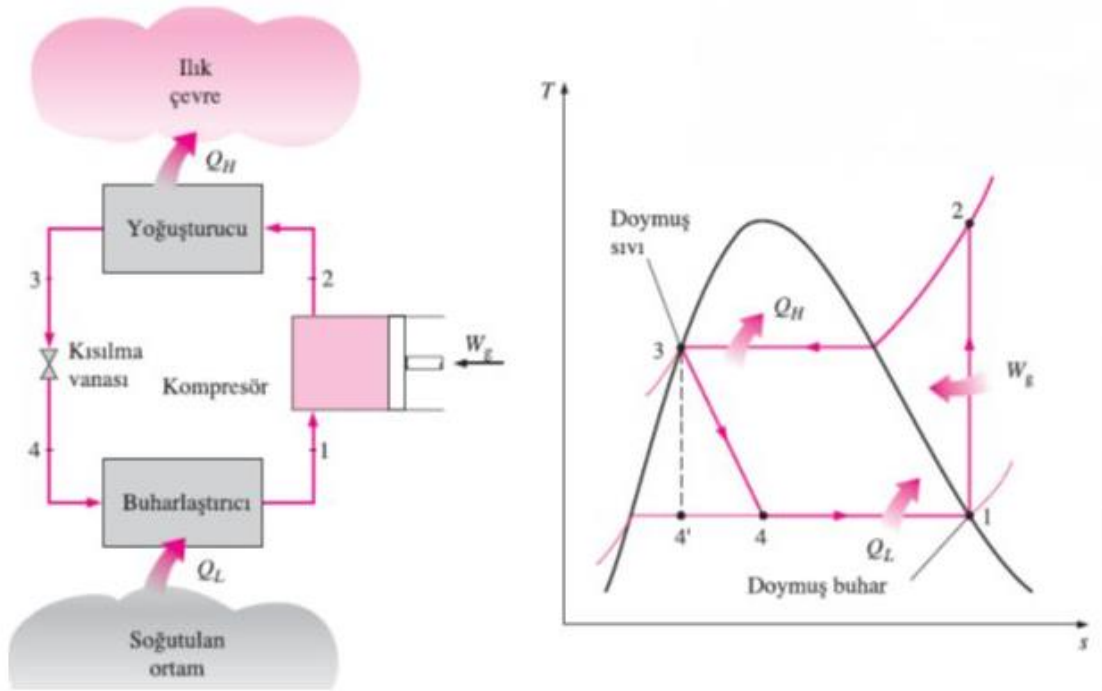
2-3: Akışkanın izantropik sıkıştırılması

3-4: Akışkandan sabit sıcaklıktaki ılık ortama ısı geçişi

4-1: Akışkanın izantropik genişlemesi

1.1.4.2. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

Ters carnot çevriminin uygulanması sırasında karşılaşılan güçlükler, sıkıştırmadan önce soğutucu akışkanın tümüyle buharlaştırılması ve türbin yerine genişleme vanası kullanılması ile aşılabılır. Bu şekilde elde edilen çevrime İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi adı verilir. Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi, soğutma makinalarında, ısı pompalarında ve iklimlendirme sistemlerinde en yaygın kullanılan çevrimdir (Çengel ve Boles, 2008).



Şekil 1.11. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles, 2008).

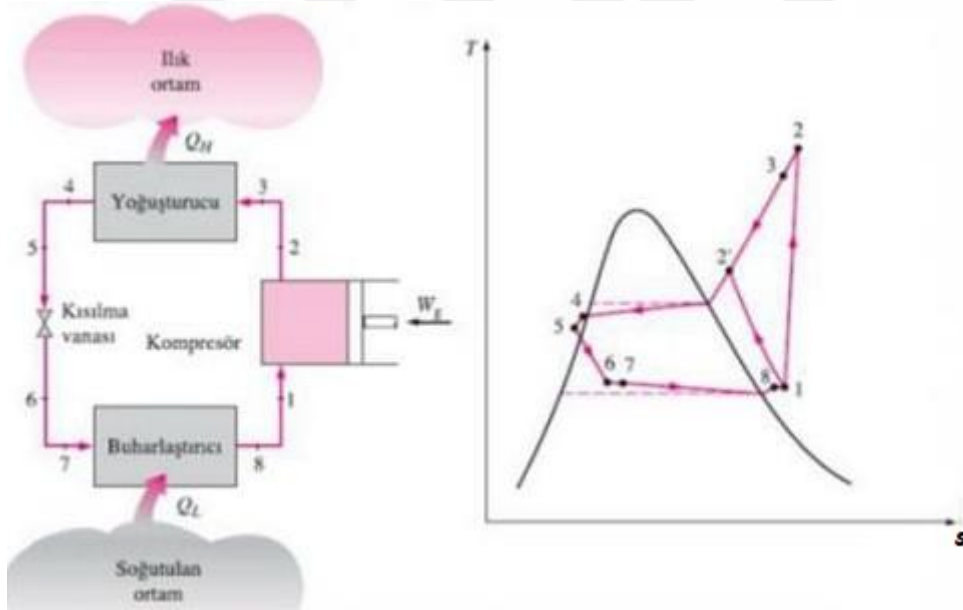
- 1-2: Kompresörde izantropik sıkıştırma
- 2-3: Yoğurturucuda çevreye sabit basınçta ısı verilmesi
- 3-4: Kısılma vanasında kısılma
- 4-1: Buharlaşırıcıda sabit basınçta ısı alınması

İdeal buhar sıkıştırımlı bir çevrimde (Şekil 1.11), soğutucu akışkan kompresöre 1 noktasında doymuş buhar olarak girer ve izantropik olarak yoğurturucu basıncına sıkıştırılır. Bu izantropik sıkıştırma sırasında, soğutucu akışkanın sıcaklığı çevre ortam

sıcaklığından oldukça fazla olur. Daha sonra soğutucu akışkan 2 noktasında kızgın buhar olarak yoğuşturucuya girer ve çevreye ısı verilmesi ile doymuş sıvı halinde yoğuşturucudan ayrılır. 3-4 hal değişim aralığında akışkan genleşme vanasına girer buharlaştırıcı basıncına genişler. Soğutucu akışkan 4-1 hal değişim aralığında ise buharlaştırıcıda soğuk ortandan sabit basınçta doymuş buhar haline geçer ve çevrim tamamlanır (Çengel ve Boles, 2008).

1.1.4.3. Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ideal olandan bazı bakımlardan farklıdır. Bu durum çevrimi oluşturan çeşitli elemanlardaki tersinmezliklerden kaynaklanmaktadır. Tersinmezliklerin kaynağı basıncın düşmesine neden olan akışkanın sürtünmesi ve çevreyle olan ısı transferidir. Çevrimin şeması aşağıda Şekil 1.12’de verilmiştir (Çengel ve Boles, 2008).



Şekil 1.12. Gerçek buhar sıkıştırımlı çevrimin şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles, 2008).

İdeal çevrimde buharlaştırıcıdan çıkan soğutucu akışkan kompresöre doymuş buhar halinde girer. Gerçek çevrimde kompresöre sıvı kaçağını önlemek için bir miktar kızgın buhar haline getirilir. Kompresöre kızgın buhar halinde giren soğutucu akışkan izantropik olarak sıkıştırılmaz. Sürtünme etkileri entropiyi artırır. Isı kayıpları da entropiyi artırıcı veya azaltıcı etki gösterebilir (Çengel ve Boles, 2008).

1.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde meydana gelen füzyon süreci (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) sırasında açığa çıkan enerjidir. Güneş ışınımının %50 kadarı atmosferi geçerek dünyaya ulaşır. Bu enerjiyle dünyanın sıcaklığı artar ve yeryüzünde yaşam olanaklı olur. Dünya atmosferinin dışındaki güneş enerjisinin şiddeti yaklaşık 1370W/m^2 değerindedir. Ancak yeryüzüne ulaşan miktarı daha az olup $0-1100\text{W/m}^2$ aralığındadır. 1970'lerden sonra güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar hızlanmış ve güneş enerjisi sistemleri maliyet bakımından düşüş göstermiştir. Güneş enerjisi, çevresel ve temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edilmiştir. Dünyamız ile Güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Güneşin nükleer enerji haricinde tüm enerjilerin doğrudan veya dolaylı kaynağıdır denilebilir.

Güneş enerjisi teknolojileri metot, materyal ve teknolojik gelişmişlik yönünden çeşitlilikler göstermekle beraber iki temel gruba ayrılabilir:

Fotovoltaik Güneş Teknolojileri: Bu sistemler güneş ışığının, fotovoltaik hücreler olarak adlandırılan yarı-iletken materyaller vasıtasıyla elektrik enerjisi üretmesi olayıdır.

Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde ise öncelik güneş enerjisinden ısı üretmektir. Elde edilen bu ısıdan doğrudan faydalanılabileceği gibi elektrik üretiminde de yararlanılabilir (Anonim, 2017).

1.2.1. Güneş enerjisi kullanımının avantajları

- Temiz bir enerji kaynağıdır.
- Bol ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.

- Çevreye zarar verici bir özelliği yoktur. Gaz, kükürt, toz gibi zararlı maddeleri yoktur.
- Enerji ihtiyaç duyulan her yerden yararlanılabilir, ayrıca yerel uygulamalar içinde uygundur.
- Kurulan sistemlerin bakım maliyeti çok azdır veya yoktur.
- Fazla karmaşık teknolojik altyapılar gerektirmezler.
- Güneşten elektrik üreten tesislerin amorti süreleri yaklaşık 5-6 yıl aralığındadır. Bu durum diğer enerji üretim metotlarının önüne geçme imkânı sağlar.
- Oluşabilecek ekonomik buhranlardan etkilenmez.

1.2.2. Türkiye’de Güneş enerjisi

Türkiye, sahip olduğu coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli olarak oldukça iyi bir konumdadır. Ülkemiz kuzey yarım kürede 36 – 42° enlemleri arasında güneş kuşağı diye adlandırılan bölgede yer almaktadır. Türkiye diğer Avrupa ülkelerine kıyasla oldukça iyi bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye’nin senelik ortalama güneşlenme süresi 2640 saat (günlük 7,2 saat) ve yıllık ortalama ışınım şiddeti ise 1311 kWh/m² (günlük 3,6 kWh/m²) değerindedir (Varınca ve Gönüllü, 2006). Türkiye’nin en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olan bölge Güneydoğu Anadolu bölgesidir. En düşük bölge ise Karadeniz bölgesidir. Türkiye’nin en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu ay hazirandır. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı Çizelge 1.1’ de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye’nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (EİGM, 2019).

Bölge	Toplam güneş enerjisi (Kwh/m ² -yıl)	Güneşlenme süresi (Saat/yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628

Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Türkiye'nin aylık ve yıllık toplam güneş enerjisi ve güneşlenme süresi Çizelge 1.2 de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı (EİGM, 2019).

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme süresi
	(kcal/cm ² -ay)	(Kwh/m ² -ay)	(Saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311,00	2460
Ortalama	308,0 cal/cm²-gün	3,6 kWh/m²-gün	7.2 saat/gün

1.2.3. Güneş Kolektörleri

Güneş ışığını ısı enerjisiye çeviren toplayıcılara güneş kolektörü denilmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan kolektörlerin amacı güneş kaynağından ısı veya elektrik üretmektir. Güneş enerjisi kolektörleri su ısıtma sistemlerinde ve güneş panellerinde kullanılır. Güneş enerjisi sistemleri yatay bir düzlemde güneş enerjisini toplayıcı sayesinde emerek kolektör akışkanına aktarır ve akışkanın sıcaklığının yükselmesi sağlanır. Bu akışkan bir depoda depolanır ya da ısı kullanılıp çevrime geri gönderilir.

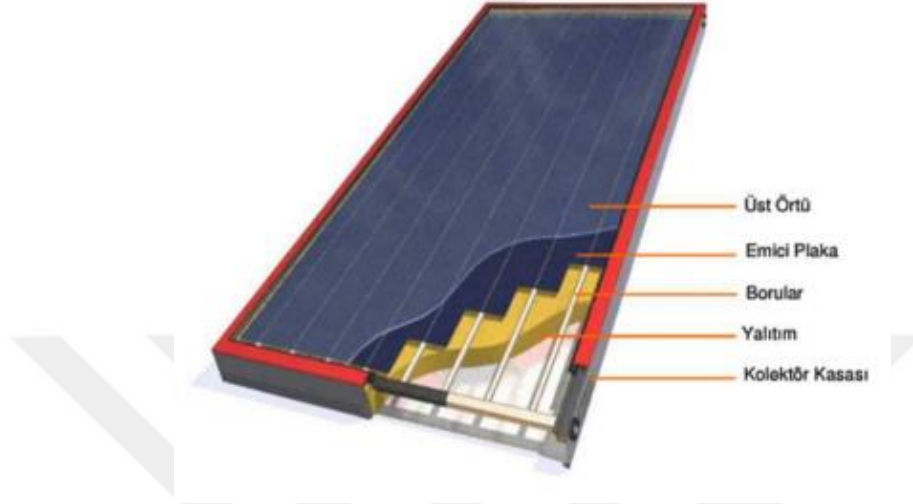
Son yıllarda araştırmalar neticesinde kolektör verimlerinde önemli artışlar elde edilmiş, gelişen kaplama teknolojisiyle yüksek verimli emici yüzeyler imal edilebilmiştir. Güneş kolektörleri, bölgenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. Birbirinden farklı özellikleri sahip sıcak su kullanımı için kullanılan birçok kolektör çeşidi vardır. Bunlar;

- Düzlemsel güneş kolektörleri
- Vakum tüplü güneş kolektörleri
- Odaklamalı (yoğunlaştırıcı) tip güneş kolektörleri

1.2.3.1. Düzlemsel güneş kolektörleri

Güneş enerjisini toplayan ve bu enerjiyi bir akışkana ısı şeklinde aktaran çeşitli tipteki kolektörlerdir. Yaygın şekilde evlerde sıcak su elde etmek için kullanılmaktadırlar. Güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etmek için en sık kullanılan kolektörlerdir. Bu kolektörlerin büyük bir avantajı basit yapılı ve ucuz olmalarıdır. Ulaştıkları sıcaklık değeri 70°C civarlarındadır. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektörleri şu yapılardan meydana gelmektedir; camlı emici plaka (yutucu yüzey), camdan yapılan üst örtü, yalıtım malzemesi, ısı taşıyıcı borular, kasa. Güneş kolektörünün verimini yükselten en önemli etkenlerden biri yutucu yüzeye uygulanan kaplamadır. Yutucu kaplamaların temel görevi güneş ışınımını mümkün olduğu kadar çok yutması ve ısıya dönüştürmesidir. Yutucu yüzey kaplamalarından biriside siyah mat boyadır. Siyah mat boyanın güneş ışınımını yutma oranı (%90-98) fazladır (Tırış ve Varol, 1994). Bu nedenle siyah mat boya yutucu

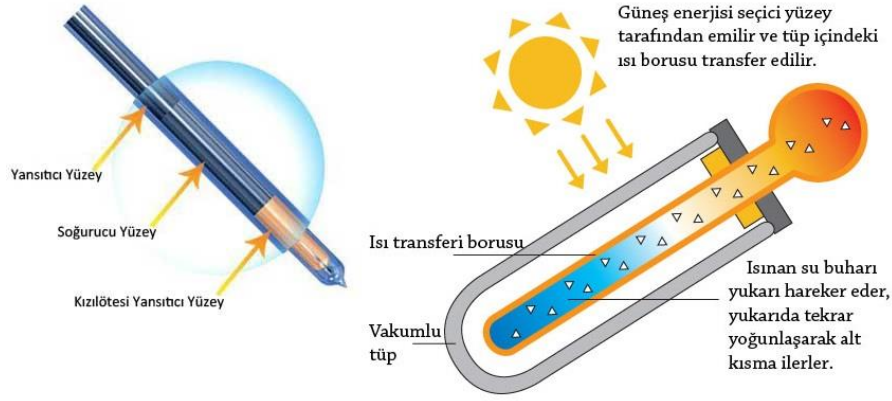
kaplama olarak kullanılmaktadır. Kolektörler bölgenin enlem değerine göre sabit bir açıyla güneşi maksimum alacak şekilde yerleştirilirler.



Şekil 1.13. Düzlemsel güneş kolektörü (Kandırmış, 2017).

1.2.3.2. Vakum tüplü güneş kolektörleri

Bu kolektörlerin temel parçasını cam vakumlu tüpler oluşturmaktadır. Her vakum tüp iki adet cam tüpten meydana gelmektedir. Kullanılan cam malzemeler vakum nedeniyle meydana gelen basınç farkına dayanabilecek güçtedir. Tüp içinde yapılan vakum işlemi sayesinde oluşabilecek ısı kayıpları azaltılır. Vakum tüplü güneş kolektörleri bulutlu ve sıcaklığın az olduğu zamanlarda düzlemsel güneş kolektörüne göre daha verimlidirler. Çünkü vakum tüpler gökyüzünden gelen zayıf yoğunluktaki ışınları emebilirler. Tüpler silindirik yapıda olduğundan güneş ışınlarını devamlı dik açıyla alırlar. Böylece yansıma azalır verim artar. Bu kolektörlerin ulaştıkları sıcaklık değeri 100-120°C civarındadır.



Şekil 1.14. Vakum tüplü güneş kolektörü (Anonim, 2011).

1.2.3.3. Odaklamalı (yoğunlaştırıcı) güneş kolektörleri

Güneş enerjisi uygulamalarında daha yüksek sıcaklık değerlerine ulaşmak için odaklamalı (yoğunlaştırıcı) tip güneş kolektörleri kullanılmaktadır. Bu kolektörler geniş içbükey aynaları ile güneş enerjisini kolektörün odağında yer alan absorban boruya odaklarlar. Düzlemsel güneş kolektörleri için kullanılan kavram ve tanımlar yoğunlaştırıcı tip güneş kolektörleri içinde geçerlidir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı tip kolektörlerin daha karmaşık yapıda olmasından dolayı bazı yeni tariflerin yapılması gereklidir. Yoğunlaştırıcı tip güneş kolektörlerinde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve enerjinin yutularak ısıya dönüştürüldüğü yüzeye ise alıcı yüzey denmektedir. Bu sistemler elektrik üretmek içinde kullanılmaktadır.



Şekil 1.15. Doğrusal Yoğunlaştırıcı Kolektör (EİGM,2019).

1.2.4. Güneş enerjisi ile bina ve su ısıtma sistemleri

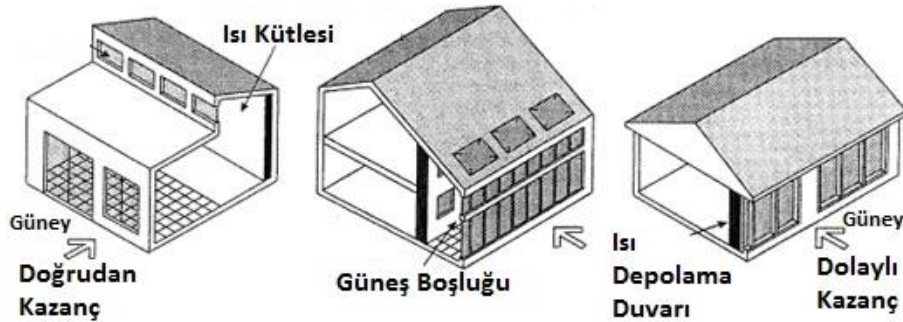
Güneş enerjisi bina ısıtma ve soğutma uygulamalarında ve sıcak su elde edilmesi için tercih edilebilir. Bu sistemlerin prensibi güneş kolektörü ile güneş radyasyon enerjisini kullanarak ısı elde etmektir. Kolektör içindeki akışkan ısıyı emer ve çalışma akışkanının ısısı bir depoda biriktirilir ya da bir ısı değiştiricisi aracılığıyla enerjisi transfer edilir (Cruickshank, 2009). Bina ısıtılması için gerekli olan enerji sıcak su elde etmek için gerekli olan enerjiden daha fazladır. Bundan dolayı konut ısıtılmasında güneş enerjisi sistemlerinin kullanılması daha fazla maliyet gerektirmektedir.

Güneş enerjili sistemlerde güneş enerjisi çoğu zaman depolanır, böylece güneş enerjisi olmadığı zamanlarda ısıtma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacı karşılanmış olur. Soğuk iklimlerde güneş enerjili sistemlerde don olaylarına karşın bir antifriz solüsyonu kullanılır. Güneş enerjisi ile evlerde ısıtma ve soğutma sistemleri, güneş enerjili aktif sistemler ve güneş enerjili pasif sistemler olmak üzere iki çeşitir.

1.2.4.1. Güneş enerjili pasif sistemler

Pasif sistemlerde kış aylarında ısı kazancı hedeflenirken, yaz aylarında doğal havalandırma gibi yöntemlerle soğutma hedeflenmektedir. Kullanılan malzeme türü ve tasarımsal metotlarla yapıların ısıtma ve soğutma yükleri azaltılır.

Pasif sistemli bir yapıda güneş ışınları güney cephedeki pencereden yansır ve güneş ışınlarının ısıyı depolayan malzemeyle tutulması sağlanır. Bu sistemlerde yapıların pencere, çatı gibi bileşenlerine ulaşan güneş ışınları toplanmakta ve iletim, taşınım, ışınım gibi ısı transferi formlarından bir veya birkaçı ile birlikte iç mekanlara dağıtılmaktadır.



şekil 1.16. Pasif sistemler ile ısıtma (Anonim, 2019a).

1.2.4.2. Güneş enerjili aktif sistemler

Aktif güneş sistemleri, alınan güneş ışınlarını çeşitli elektronik cihazlar ve mekanik tesisatlar aracılığıyla elektrik veya ısı enerjisine dönüştüren sistemler olarak tanımlanır (Uslusoy, 2012). Aktif güneş sistemleri ile güneş enerjisi toplayıcılarıyla su ısıtma, güneş pilleri ile elektrik üretilmesi ve ışık rafları, ışık tüpleri, heliostatlar gibi bileşenlerle doğal aydınlatma sağlanabilir.

1.3. Seralar

Seralar; bitkilerin yetişmesine uygun koşulların sağlanması amacı ile çevre şartlarını kontrol edilebilen veya düzenlenen cam, plastik, fiberglas gibi ışığı geçiren materyallerle inşa edilen örtülü yapılardır. Kısacası sera; iklime bağlı kalmadan, bütün yıl boyunca ekonomik olarak bitkilerin üretilebileceği tesisler olarak tanımlanmaktadır. Seralar iklimle ilgili çevre şartlarına tümüyle veya kısmen bağlı kalmadan, gerektiğinde sıcaklık, ışık ve nem gibi etkiler altında tutularak, tüm yıl boyunca çeşitli kültür bitkileriyle ve bunların tohum, fide ve fidanlarını üretmek, korumak, sergilemek amacıyla cam, plastik gibi ışık geçiren malzeme ile kaplanarak değişik şekillerde inşa edilen üretim yapılarıdır (Yüksel, 2011).

Sera içindeki çevre şartlarının istenildiği gibi kontrol edilmesi ve düzenlenmesi, dış çevre koşullarından etkilenmeden yıl boyunca bitki üretilmesi gibi imkânları sağlar. Sera dış çevre şartlarının bitkileri olumsuz etkileyebilecek yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık, kar, yağmur, dolu ve rüzgâr gibi tabiat olaylarına karşın koruma sağlar. Sera iklimlendirmesi yapay olduğu için enerji harcamaları oldukça fazladır. Seralarda en büyük enerji harcamalarını kış aylarında ısıtma giderleri oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı sera ısıtma maliyetleri artmaktadır. Bundan dolayı araştırmacılar enerji ihtiyacını azaltmak için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik araştırmalar yapmaktadır.

1.3.1. Sera yetiştiriciliğinin yararları

Sera yetiştiriciliğinin faydalarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Sera ile az ekim alanından fazla miktarda ürün alınabilir dolayısıyla birim alandan alınan ürün miktarı artar.
- Bitki yetiştirme devresi uzar. Böylece yıl içinde üretilen ürün miktarı artırılır.
- Tüm yıl boyunca taze ürüne ulaşılması imkânını sağlar.
- İşletmelerde çalışanlar için mevsimlik değil sürekli çalışma imkânı oluşur.
- Sera yetiştiriciliğinin yapılması için birçok teknolojiye ihtiyaç duyulur. Bu nedenle seracılıkla ilgili teknolojik dalların gelişmesine yardımcı olur.

1.3.2. Türkiye’de seracılık

Ülkemizdeki ilk seralar kamu kuruluşlarınca Antalya, İçel illerinde deneme amacıyla yapılmıştır. Zaman içerisinde Marmara ve Ege bölgelerinde yaygınlaşmıştır. Ülkemizde sera yetiştiriciliği Ege, Marmara ve Akdeniz kıyı şeridinde gelişme göstermiştir. Sera yetiştiriciliğini kısıtlayıcı en büyük etmen, sera içinde bitki gelişmesi için uygun sıcaklık değerini sağlamada kullanılan yakıt ile ısıtma sistemi bakım giderleridir. Bu nedenle ülkemizde sera yetiştiriciliği Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz Bölgeleri ile uygun mikro ikliması olan yörelerde daha yaygındır.

Türkiye seracılığında son beş yıldaki gelişmeler incelendiğinde, Türkiye’de seracılığın yıllık ortalama artış hızı % 15 dolayındadır. Bu artış hızı birçok ülkeden daha fazladır. Ülkemiz seralarının işletme yapısı aile işletmeleri şeklinde ve ortalama büyüklükleri 400-1500 m² arasında değişen küçük işletmeler şeklindedir (Anonim, 2019b).

1.3.3. Seraların kuruluşu

Kurulması planlanan seradan beklenen amaç sera tipine etki eden en büyük etkenlerden biridir. Seracılıkta bitkilerin gelişimi, elde edilecek verim, ısıtma gibi

noktalar sera kurulumunda önem arz etmektedir. Seraların kurulumunda aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir;

- Yetiştirilecek bitki türleri ve yetiştirilme tekniği
- İklim Şartları
- Sera büyüklüğü
- Seraların kullanım amaçları
- Sera kurulum alanının fizyografik ve çevreyle ilgili özellikleri
- Sera için kullanılacak alet ve donanım imkânları

gibi unsurlardır.

1.3.4. Seraların sıcaklığı

Sera içinde istenilen sıcaklığın elde edilmesinde, çevre sıcaklığı önemlidir. Kış aylarında ılık yerler tercih edilmelidir, bu şekilde ısıtma maliyetleri azaltılır. Soğuk mevsimlerde geceleri seralardaki sıcaklık düşüşünü engellemek gerekmektedir. Seracılıkta bitkilerin sıcaklık istekleri farklıdır. Yetiştirilecek bitkiye göre sıcaklık koşulları ayarlanmalıdır. Sera ısıtması için güneşten en iyi şekilde faydalanabilecek sera tipinin geliştirilmesi gerekmektedir. Seralar soğuk aylarda ısıtılmalı, sıcak dönemlerde ise soğutulmalıdır. Sera toprak sıcaklığının belirli bir değer altına düşmesi bitki gelişimi için olumsuz olacağından bu koşula da dikkat edilmelidir. Soğuk dönemlerde sera dışındaki toprak sıcaklığının düşük olması seranın dış duvar hattına en yakın bitkilerin soğuktan zarar görmesine neden olabilir. Bu durum seraya uygulanan dış drenaj yöntemiyle engellenmektedir.

Sera içi sıcaklıklarına göre seraları sıcak, ılık ve soğuk olarak gruplandırmak mümkündür. Sıcak seraların sıcaklık değerleri 20-24° C arasındadır. Bu seralarda sıcaklık değeri 18° C'nin altına düşmez ve sıcaktan hoşlanan bitkiler yetiştirilmektedir. Ilık seralardaki sıcaklık aralığı 10-20° C değerleri arasındadır. Soğuk seralarda genellikle herhangi bir ısıtma yapılmaz ve bu seraların sıcaklık değerleri 0-10° C arasındadır (Şahin, 2008).

1.4. TRNSYS Yazılımının Tanıtılması

TRNSYS (Transient Simulation System), Wisconsin Üniversitesi, Güneş Enerjisi Laboratuvarı ve Colorado Üniversitesi Güneş Enerjisi Uygulamaları Laboratuvarı tarafından 1970'lerde geliştirilmiştir ve 1975 yılında kullanılmaya başlanmıştır (Anonim, 2004). TRNSYS programı FORTRAN diliyle kodlanmış bir enerji simülasyon programıdır. Kullanıcı belirlediği zaman aralıklarına bağlı olarak sistemin performans verilerini değerlendirir.

TRNSYS, grafiksel bir ara yüze ve geniş bir bileşen kütüphanesine sahiptir. Program, modüler yapılı bir sistem olması ile bütün aktif ve pasif sistemlere ait detaylı analizleri gerçekleştirebilmektedir.

TRNSYS açık kaynak kodlu bir programdır. Böylece kullanıcılar bileşenleri ihtiyaç duyulması halinde değiştirebilir ve DLL tabanlı mimariyle, kullanıcıların ve üçüncü taraf geliştiricilerin yaygın programlama dillerini (C, C ++, PASCAL, FORTRAN) kullanarak kolayca özel bileşen modelleri eklemelerine izin verir. Ayrıca, TRNSYS simülasyon öncesi veya sonrasındaki işlemler için birçok başka uygulamaya (örneğin, Microsoft Excel, Matlab, COMIS vb.) kolayca bağlanabilir.

Simülasyonun her bileşeni tanımlanmış bir TYPE numarası ile ifade edilir ve bu numara bileşenin fonksiyonunu tanımlar. Bir model oluşturmak için, kullanıcı TRNSYS kütüphanesinde mevcut olan grafiksel bileşenleri seçip bağlantılarını yapması gerekir. TRNSYS programında yeni bileşenlerde oluşturulabilir. Kullanıcı FORTRAN dilini kullanarak yeni bileşene ait matematiksel tanımlamayı formüle edebilir. Simülasyonun doğru sonuçlar vermesi için simülasyon bileşenlerinin doğru tanımlanması, girdi ve çıktı dosyalarının doğru bir şekilde eşleştirilmesi gerekmektedir. Çıktı dosyaları excel veya grafik şeklinde elde edilebilir. Çıktı dosyaları çizici denilen TRNSYS bileşeni ile de incelenebilir. Daha önce belirtildiği gibi bileşenler TRNSYS kütüphanesinden seçilir ve bu kütüphanede standart olarak 150 bileşen mevcuttur. Bununla birlikte standart kütüphanenin dışında başka kütüphaneler de oluşturulmuştur.

Kullanıcılar TRNSYS programı ile 1000' e yakın bölgenin meteorolojik verilerine ulaşabilir, tasarımlarını alt sistemlere bölebilir, farklı sistemleri birleştirebilir ve binalar için farklı malzeme yapılarını inceleyebilirler. TRNSYS, basit evsel sıcak su sistemleri,

HVAC sistemleri, binaların ısıtma, soğutma, enerji giderleri yenilenebilir enerji uygulamaları (rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, fotovoltaik enerji, hidrojen sistemleri) gibi birçok alanda kullanılabilir.

TRNSYS geçici sistemler ile ilgilenir, böylece kullanıcının simülasyon hesaplamaları için kullanılacak olan toplam süreyi ve zaman adımını ayarlaması gerekmektedir. Zaman periyodu, modelin simüle edileceği toplam süre ve zaman adımı ile matematiksel modeller tarafından yapılan hesaplamalar arasındaki simüle edilmiş süre miktarıdır. Örneğin, bir saatlik zaman adımı kullanılırsa, her bileşen zaman adımının başlangıcında çeşitli girdileri okur ve bu koşullarda bir saatlik bir döneme dayanan çıktılar üretir. Bu zaman adımı hesaplandıktan sonra girdiler ve çıktılar güncellenir ve simülasyon bir sonraki zaman adımına geçer. Bu işlem, belirlenen zaman periyoduna erişilinceye kadar devam eder (Anonim, 2006).



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Literatür 'de ısı pompalarıyla ilgili deneysel, teorik ve simülasyon çalışmaları olmak üzere birçok çalışma mevcuttur. Bu bölümde ısı pompalarıyla ilgili son 25 yıldaki bazı literatür çalışmaları açıklanmıştır. Bu çalışmaları incelersek;

Çomaklı ve ark.(1993), tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesinde evsel ısıtma için enerji depolamalı güneş enerjisi ile çalışan ısı pompası sisteminin performansını araştırmak için bir deneysel düzenek kurmuşlardır. Toplayıcı verimi %70, ısı pompası performansını %4,5, sistem performansını %4 ve güneş enerjisinin ısı olarak depolama verimi %60 olarak tespit etmişlerdir.

Yamankaradeniz ve Horuz (1998), tarafından yapılan çalışmada İstanbul şartlarında açık günler için, güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının teorik ve deneysel incelenmesi yapılmıştır. Teorik çalışmada, İstanbul şartlarında açık günler için anlık, aylık ve mevsimlik ortalama ısıtma tesir katsayıları ve sistemin diğer özelliklerini incelemişlerdir.

Kaygusuz (2000), ısı pompasının güneş enerjisiyle çalıştırıldığı ısıtma sisteminin performansı deneysel ve teorik olarak araştırmıştır. Bu çalışmasında Kasım ayından Nisan ayına kadar olan deneysel sonuçlar elde edilmiş ve ısı pompasının performans katsayısını(COP), Isıtma oranının güneş enerjisi ile karşılanma oranını, kolektör ve depolama verimini, sistemin enerji ihtiyacını incelemiştir. Ayrıca güneşle ısıtma sisteminin analizi için matematiksel bir model geliştirmiştir.

Cervantes ve Reyes (2002), çalışmalarında R22 soğutucu akışkanına sahip bir doğrudan genleşmeli güneş destekli ısı pompası sistemini incelemişlerdir.

Cervantes ve Reyes (2002), çalışmalarında kondenser sıcaklığını optimum sıcaklığa ayarlayan otomatik bir kontrol mekanizması vasıtasıyla gerçek ve optimum evaporatör sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkını azaltarak termodinamik çevrimin verimliliğini arttırmanın mümkün olduğunu tespit etmişlerdir. Bu termodinamik optimizasyon çalışmasının benzer sistemlerin tasarımı için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Hepbaşı ve Akdemir (2003), Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsün 'de 65 m²'lik bir alana sahip olan odanın 3.8 kW ısıtma ve 4.2 kW soğutma yüklerini karşılamak maksadıyla kurulan güneş enerjili destekli bir toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin enerji ve ekserji analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında şubat ayı için sistemden aldıkları deneysel veriler ışığında, güneş enerjili destekli toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin tüm bileşenlerinin ekserji yok oluşlarını elde etmişlerdir ve elde ettikleri bu bilgileri Grassmann diyagramı olarak adlandırılan ekserji diyagramı ile sunmuşlardır.

Kuang ve ark. (2003), çalışmalarında güneş destekli bir su kaynaklı ısı pompası sistemini incelemişlerdir. Kuzey Çin'deki 2000-2001 ısıtma sezonunda tüm sistemin ve sistemin ana bileşenlerinin termal performanslarını deneysel olarak araştırmışlardır. Deneysel çalışmalarında, buharlaşma sıcaklığı nispeten sabit olduğundan, ısı pompası performans katsayısı (COP) esas olarak yoğuşma sıcaklığına bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumda COP 'un, termodinamik ilişkilerin bir sonucu olarak yoğuşma sıcaklığının düşmesi ile artacağını tespit etmişlerdir.

Yumrutaş ve Kaska (2004), Hacim ısıtma amacıyla bir günlük enerji depolama tankına sahip güneş enerjili ısı pompası tasarlamış, imal etmiş ve deneysel olarak termal performansını araştırmışlardır. Çalışmalarında sistem performansını değerlendirmek için güneş radyasyonunun saatlik ve günlük değişimleri, kolektör performansı, ısı pompasının performans katsayısını COP ve genel sistemin performans katsayısını hesaplamışlardır. Bunlara ek olarak mevsimsel koşulları ve çalışma koşullarını da değerlendirerek bulutlu ve açık günlerin sistem performans katsayısı üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır.

Özgener ve Hepbaşı (2004), deneysel çalışmalarında bir serayı ısıtmak amacıyla güneş enerjisi destekli jeotermal kaynaklı bir ısı pompası sistemi kurmuşlardır. Sistemin performansının esas olarak ısı pompası ünitesi, kuyu pompası ve toprak ısı eşanjörüne bağlı olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarında elde ettikleri deneysel sonuçlara göre böyle bir sistemin Türkiye'nin Akdeniz ve Ege bölgelerinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ancak, ortam sıcaklığı çok düşükse, bu sistemin seranın genel ısı kaybını karşılayamayacağını tespit etmişlerdir.

Trillat-Berdal ve ark. (2006), alan ısıtma ve sıcak su ihtiyacında jeotermal ısı pompalarının güneş kolektörleriyle birleştirilmesinin farklı konfigürasyonlarının modellemesini TRNSYS yazılımı yardımı ile yapmışlardır. Bu çalışmalarında enerji,

çevresel ve ekonomik performans açısından en uygun sistemin analizini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen veriler sonucunda tek başına jeotermal ısı pompası sıcak su ve ısıtma için yeterli olduğu ancak kombine sistemde güneş kolektörlerinin sistemin ısıtmasına direkt bağlanması ve güneş enerjisinin fazla olduğu durumlarda toprağa verilmesinin sonucunda COP değerini artırdığını belirlemişlerdir.

Çağlar (2006), çalışmasında vakum tüplü güneş kolektörlü bir güneş ısıtma sisteminin performansını deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Tüp tipli güneş kolektörleri kullanarak kışın daha yüksek verimler elde etmeye çalışmıştır. Değişik parametrelerin sistem üzerindeki etkisini araştırmıştır ve yapılan deneyler sonucunda kullanılan güneş destekli ısı pompasının maksimum performans katsayısını 4.85 olarak bulmuştur.

Kuang ve Wang (2006), çalışmalarında kışın ısıtma, yazın soğutma ve tüm yıl için sıcak su temini sağlayabilen çok fonksiyonlu bir direkt genişlemeli güneş enerjili ısı pompası sisteminin uzun süreli performansını incelemiştir. Kuang ve Wang'ın (2006) çalışmalarında incelenen sistem; 10 m² düzlemsel güneş kolektörü, 1 m³ depolama tankı, değişken hızlı kompresör ve yerden ısıtma sisteminden oluşmuştur. Çalışmada, depo suyu sıcaklıkları ve sıcak su eldesi, sistemin farklı operasyonları için günlük ortalama COP değerleri çeşitli mevsimsel koşullar altında değerlendirilmiştir.

Hepbaşlı ve ark. (2009), çalışmalarında su ısıtmada kullanılan ısı pompalarını incelemiştir. Isı pompalarını kaynak kullanımına göre sınıflandırmış, enerji ve ekserji analizlerini gerçekleştirmişlerdir.

Yang ve ark. (2011), çalışmalarında hacim ısıtma amaçlı güneş enerjili bir ısı pompası sistemi simülasyonu modellemiştir ve güneş kolektörü alanının, ısı depolama tankının kapasitesinin sistem performansı üzerine etkilerini incelemiştir. Yang ve ark. (2011) oluşturduğu simülasyon programı elde edilen verilere göre sistemin optimizasyonunu sağlayan bir fonksiyon da içermektedir.

Koçak (2012), çalışmasında hacim ısıtma amaçlı güneş enerjisi destekli su kaynaklı ısı pompası sistemi için bir simülasyon oluşturmuş ve simülasyon sonucunu literatürdeki deneylerle karşılaştırarak modelin güvenilirliğini araştırmıştır. Çalışmasında hesaplamaları Antalya ili için gerçekleştirmiştir. Depo kapasitesi, kolektör tipi ve kondenser gücünün değişiminin, depo sıcaklığı, kompresörde tüketilen güç ile ısı pompası ve tüm sistemin COP değerleri üzerine etkisini incelenmiş ve sistem için

optimum boyutları belirlemiştir. Belirlenen optimum boyutlardaki sistemin simülasyon ile ekserji analizlerini gerçekleştirmiş ve ısı pompası ile tüm sistem elemanlarının tersinmezlikleri, iyileştirme potansiyelleri ve ekserji verimlerini hesaplamıştır.

Öztürk ve ark. (2012), Batı Akdeniz Bölgesi'nde (Antalya, Burdur ve Isparta) evsel uygulama için toprak kaynaklı ısı pompası üzerine çalışma yapmışlardır. Termodinamik kanunlarına bağlı olarak tüm sistemin enerji ve ekserji analizini gerçekleştirmişlerdir. Isı pompası sistemi elemanları olan kompresör, kondenser, kısma vanası, evaporatör, tank ve sirkülasyon pompasının ekserji yıkımları ısıtma yapılan kış ayları(kasım, aralık, ocak, şubat ve mart) için belirlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm sistem içinde maksimum ekserji yıkım oranına sırasıyla kompresör ve kondenserin sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Kindaichi ve ark.(2015), çalışmalarında Batı Japonya'da tarımsal amaçla kullanılan su kaynaklarının ısı pompası sistemleri için ısı kaynakları olarak kullanılıp kullanılmayacağını araştırmışlardır. Çalışmalarında su sıcaklıklarını altı farklı derinlikte bir yıl boyunca ölçmüşlerdir. Yaz aylarında, su sıcaklıklarının yaygın olarak 10 °C ile 30 °C arasında olduğunu ve termal tabakalaşmanın olduğunu tespit etmişlerdir. Bu su rezervlerinin yazın ortam sıcaklıklarından daha düşük kışın ise ortam sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklık değerlerinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Tan ve ark.(2017), çalışmalarında Şangay'daki bir enerji istasyonu için kullanılan nehir suyu kaynaklı ısı pompası sisteminin ısıtma ve soğutma performansını araştırmışlardır. Nehir suyu sıcaklığı ile dış ortam hava sıcaklığı arasında kayda değer bir doğrusal ilişki olduğunu ve elde edilen korelasyon ile yıl boyunca nehir suyu sıcaklıklarının hesaplanabileceğini bulmuşlardır. Ayrıca çalışmalarında ısı pompası güç tüketimi ile çeşitli su sirkülasyon pompalarının güç tüketimini analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre kışın ısıtma modunda ısı pompasının ve nehir kaynaklı ısı pompası sisteminin ortalama performans katsayıları (COP) sırasıyla 7.4 ve 5.2 değerlerindedir. Yazın soğutma modunda ise ısı pompasının ve sistemin performans katsayılarını (COP) sırasıyla 6.5 ve 2.6 olarak bulmuşlardır.

Noro ve ark.(2017), çalışmalarında yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası kullanan Vicenza'da yer alan tarihi bir binanın 2014-2016 yılları arasında ısıtma ve soğutma sezonundaki enerji performansını incelemiştir. Ayrıca ekonomik analizde gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında elde ettikleri sonuçlara göre yeraltı suyu kaynaklı

açık döngülü ısı pompası sisteminin oldukça düşük bir enerji performansına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Düşük enerji performansının başlıca nedenlerinin verimsiz kontrol sistemi ile aşırı boyutlandırılan HVAC ekipmanları ve yeraltı pompalarından kaynaklandığını tespit etmişlerdir.

Nouri ve ark. (2019), çalışmalarında Tebriz’de yer alan bir evin ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacının karşılanması amacıyla güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı bir ısı pompası sisteminin farklı konfigürasyonlarını modellemişlerdir. TRNSYS programı ile gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarında 9 m² yüzey alanlı vakum tip güneş kolektörü ve 75 m derinliğe sahip üç sondaj borusu kullanmışlardır. Tüm konfigürasyonların güç tüketimi ve COP değerlerini karşılaştırmış ve en yüksek COP değerinin 3.96 ile paralel konfigürasyon modelinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, önerilen optimum sistemi, yaklaşık 13 yıllık bir geri ödeme süresine sahip olan geleneksel sistemle karşılaştırmak için ekonomik analiz gerçekleştirmişlerdir.

Mendoza ve ark. (2019), deneysel çalışmalarında evsel ısıtma uygulamaları için bir toprak kaynaklı ısı pompası sistemi tasarlamışlardır. 1.5 m boyundaki borularla topraktan enerji sağlamak için dikey sondaj kullanmışlardır. Toprağa enjekte edilen güneş enerjisinin sadece toprağı termal dengesizlikten kurtarmak için değil, aynı zamanda ısıyı depolamak için yararlı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, özellikle evaporatör girişindeki akışkanın aşırı sıcaklıklarından kaçınmak için kontrol stratejisi geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Navarro ve ark. (2019), çalışmalarında sıcak su elde etmek amacıyla düşük dereceli sıcaklıklara sahip olan atık suların ısı kaynağı olarak kullanıldığı ısı pompası sistemi simüle etmişlerdir. Tasarladıkları sistemin ana bileşenleri bir ön ısıtma ısı eşanjörü, sıcak su üretimi için optimize edilmiş bir ısı pompası ve değişken hacimli bir depolama tankından oluşmaktadır. Modelledikleri sistemin analizinden, tasarım ve boyutlandırma parametrelerinin sistem CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini elde etmiş ve minimize edilmeleri için bir tasarım kriteri sağlamışlardır. Bu çalışmada elde ettikleri sonuçlara göre, uygun tasarım, boyutlandırma ve operasyona sahip bu tür bir sistemin, geleneksel bir gaz kazanı sistemine kıyasla neredeyse beş kat daha fazla potansiyel CO₂ emisyon azalımı sunduğunu, ancak kötü bir sistem seçiminin bu potansiyel faydayı % 25 azaltabileceğini tespit etmişlerdir.

Sağlam (2019), çalışmasında soğuk iklim koşullarına sahip bölgelerde TKIP ve BTES sistemlerinin birlikte uygulanması modellenmesi ve MATLAB programı kullanılarak hesaplamalarını yapmıştır. Modellediği sistemde farklı yüzeylerde sıcaklık dağılımları elde etmiş ayrıca sistemin ısı kayıpları, verimi ve ısı çekim değerlerini de hesaplamıştır. Buna göre sistemden en çok ısı çekiminin Ocak ve Aralık aylarında olduğu, aynı zamanda en fazla ısı kaybının da bu aylarda olduğunu tespit etmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde çekilen ısının belirlenen konutun ısıtılması için yüzde yüz aktartılabilmesi durumunda yeterli olacağını bulmuştur. Fakat dünyada ki hiçbir ısı transfer sistemi yüzde yüz verime sahip değildir. Bu yüzden konutun içinin ısıtılması için gerekli çekilen ısının yetersiz olduğunu tespit etmiştir. Sağlam (2019) çalışmasında, bu durumun sebebinin ise depolanan ısı miktarının çekilmek istenilen ısı miktarına nazaran yetersiz kalmasından kaynaklandığını ve bu durum büyük oranda belirlenen ısı depolama hacminin artırılması ile aşılabileceğini belirtmiştir. Sistem için gerekli iyileştirmeler yapılması durumunda özellikle güneş potansiyeli veya jeotermal kaynakları fazla olan soğuk iklim bölgelerindeki ısıtma için TKIP ve BTES sistemlerinin rahatlıkla kullanılabileceğini gözlemlemiştir.

Deng ve ark. (2019), çalışmalarında binalarda alan ısıtması için, orta derinlikteki jeotermal ısı kaynaklarının kullanılmasını araştırmışlardır. Orta derinlikte jeotermal enerji kaynağını kullanan ısı pompası sistemlerinin çalışma performansını ve enerji verimliliğini Kuzey Çin'in Xi'an şehrinde bulunan beş konut ısıtması için test etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre jeotermal kaynağın çıkış suyunun ortalama sıcaklığının 33°C'ye ulaşabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca ısı pompası COP (Performans Katsayısı) değerinin 5.43'e ve ısı kaynağı COP_hs (Isı kaynağı Performans katsayısı) değerinin 4.58'e ulaştığını tespit etmişlerdir. Enerji tasarruf oranını; hava kaynaklı ısı pompası sistemleri, geleneksel toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri ve gaz kazanlarına göre sırasıyla % 41.0, %29.3 ve % 47.5 olarak bulmuşlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Simülasyonlarda Kullanılan TRNSYS Bileşenlerinin Tanıtılması

Bu tez çalışmasında güneş enerjisi destekli su kaynaklı ısı pompası ile sera ısıtması simüle edilmiştir. Simülasyon için kullanılan bileşenler, çeşitli parametreler, girdiler ve çıktılar temel fonksiyonları ile açıklanmıştır. Bu çalışmada simülasyonlardaki ısı pompası, tank ve ısı eşanjörü bileşenlerinin sıcak tarafında ‘Kaynak’ ve soğuk tarafında ise ‘Yük’ ifadeleri kullanılmıştır.

3.1.1. Hava veri okuyucu

Bu tezde kullanılan simülasyon programı (TRNSYS), dünyanın dört bir yanındaki konumlardan çeşitli formatlarda lokasyona özel meteorolojik veriler sağlamaktadır. Bu simülasyonda Tipik Meteorolojik Veri (TMY2) dosyası kullanılmıştır. Van ili için TMY2 dosyası TRNSYS tarafından sağlanmıştır. TMY verileri, bir yıl boyunca güneş radyasyonu ve diğer meteorolojik unsurların saatlik veri kümesidir. TMY veri kümeleri, belirli bir konum için yaklaşık 30 yıllık ölçülmüş meteorolojik verilerin analiz edilmesi ve ardından her ay için istatistiksel ölçümlere dayanarak “en tipik” olan yılın seçilmesiyle oluşturulmuştur. Hava veri okuyucusunun girdileri şunlardır; yüzey eğimi, zemin yansımaları ve yüzey azimut açısı.

3.1.2. Güneş enerjisi kolektörleri

Bu tez için TRNSYS kütüphanesinde bulunan 3 farklı güneş kolektör bileşenleri incelenmiştir. Bu kolektör bileşenleri şunlardır: düzlemsel güneş kolektörü (type 1b), vakum tüp güneş kolektörü (Type 71) ve parabolik güneş kolektörü (type 1245).

3.1.2.1. Düzlemsel güneş kolektörü (type 1b)

TRNSYS standart kütüphanesinde type 1b olarak bulunan düz plakalı güneş kolektörü kullanılmıştır. Düzlemsel güneş kolektörü (DGK) bileşeninde bulunan parametreler menüsünde kolektör alanı, kolektörde dolaşan akışkanın özgül ısısı, kolektör eğimi ve yönü kullanıcı tarafından girilmektedir. Bu çalışma için eğim açısı 38.5° ve azimutu 0° olan güneşe konumlandırılmış düz plakalı kolektör seçilmiştir. Kolektör içinde dolaşan akışkan % 38 propilen glikol-su karışımıdır ve özgül ısısı $3,82 \text{ kJ/kg.K}$ 'dir (Anonim, 2019c). Güneş enerjisi ısı kolektör verimliliği şu şekilde elde edilebilir (Duffie ve Beckman, 1991):

$$\eta = \frac{Qu}{A IT} = \frac{\dot{m}Cpf(T\zeta - Tg)}{A IT} = F_R (\alpha\tau)_n - F_R U_L \frac{(T\zeta - Tg)}{IT} \quad (3.1)$$

Denklemleri düzenleyip daha iyi bir ifade yazarsak; ΔT , $(Tg - T_o)$ 'e eşittir

$$\eta = F_R (\alpha\tau)_n - F_R U_L \frac{(T\zeta - Tg)}{IT} - F_R U_{LT} \frac{(T\zeta - Tg)^2}{IT} \quad (3.2)$$

$$\eta = a_0 - a_1 \frac{(\Delta T)}{IT} - a_2 \frac{(\Delta T)^2}{IT} \quad (3.3)$$

Bu denklem güneş enerjisi kolektörü ısı verimlilik denklemi olarak tanımlanır. Isıl verimlilikte tanımlanan üç parametre a_0 , a_1 ve a_2 'dir. Bu parametreler, ASHRAE standartlarına göre test edilen ve SRCC (Güneş Enerjisi Derecelendirme ve Sertifika Kuruluşu) tarafından derecelendirilen kolektörler için geçerlidir (SRCC 1995).

3.1.2.2. Vakum tüp güneş kolektörü (Type 71)

Simülasyonda kullanılan vakum tüp güneş kolektörü (VTGK) bileşeni TRNSYS kütüphanesinden seçilmiştir. Bu bileşen, ikinci dereceden bir verimlilik eğrisi, çift eksenli geliş açısı düzenleyici (IAM) kullanılarak modellenmiştir. Termal model type 1'de kullanılan ile aynıdır. Bu kolektör için ısı verimlilik type 1b'de kullanılan genel güneş enerjisi kolektörü ısı verimlilik denklemidir.

$$\eta = a_0 - a_1 \frac{(\Delta T)}{IT} - a_2 \frac{(\Delta T)^2}{IT} \quad (3.3)$$

denklem 3.3' de kullanılan ΔT 'nin ($T_g - T_o$) ifadesine eşit olduğunu belirtmiştik. TRNSYS programı type 71 bileşeni için bir harici veri dosyasına ihtiyaç duyar. Kullanıcı, üretici tarafından sağlanan performans eğrilerine dayanarak oluşturulan bu harici dosyayı sağlamalıdır, bu çalışmada OLYMP SUN SATER 500 vakum tüp güneş kolektörü veri kataloğu kullanılmıştır. Bu kolektöre ait teknik özellikler Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Güneş kolektörünün teknik özellikleri, Model (OLYMP SUN SATER 500).

<i>Teknik veri</i>	<i>Parametreler</i>
Maksimum debi	150 L/h
Minimum debi	180 L/h
Nominal debi	240 L/h
Akışkan miktarı	1.51 L
Maksimum çalışma basıncı	6 bar
Duraklama sıcaklığı	238 °C
Kesişme verimi	0.780
1.derece verimlilik	1.73(W/K.m ²)
2.derece verimlilik	0.0007(W/K.m ²)
Brüt alan	4.613 m ²
Işık alanı	3.214 m ²

Kolektörde dolaşan akışkan % 38 propilen glikol-su karışımıdır (özgül ısısı 3,82 kJ/kg.K).

3.1.2.3. Parabolik güneş kolektörü (type 1245)

TRNSYS TESS kütüphanesinde type 1245 bileşeni olarak mevcuttur. Bu bileşen, kolektör kütlelerinin performans üzerindeki etkilerini göz önünde bulunduran orta sıcaklık uygulamaları için takipsiz yoğunlaştırılmış parabolik güneş kolektörü (XCPC) modellemektedir. XCPC kolektörleri, emici ve ısı transfer sıvısını barındıran vakumlu bir borunun arkasında buluna harici bir yansıtıcı yoğunlaştırıcıya sahiptir. Kullanıcı, istenen bir çıkış sıcaklığını korumak için kolektör akış debisini kontrol etme seçeneğine sahiptir. Toplam kolektör dizisi seri ve paralel bağlanmış kolektörlerden oluşabilir. Toplam

kolektör dizisinin ısı performansını, serideki modüllerin sayısı ve her bir modülün özellikleri ile belirlenir. Kullanıcı standart kolektör verimlilik testinden elde edilen değeri girer, Model kolektör kayıp katsayısını ve geçirgenlik emilim sonucunu normal oranda hesaplamak için kolektör fin verimini (F) hesaplar.

Kolektör çıkış sıcaklığını sürekli akış koşullarında bileşen şu şekilde hesaplar ;

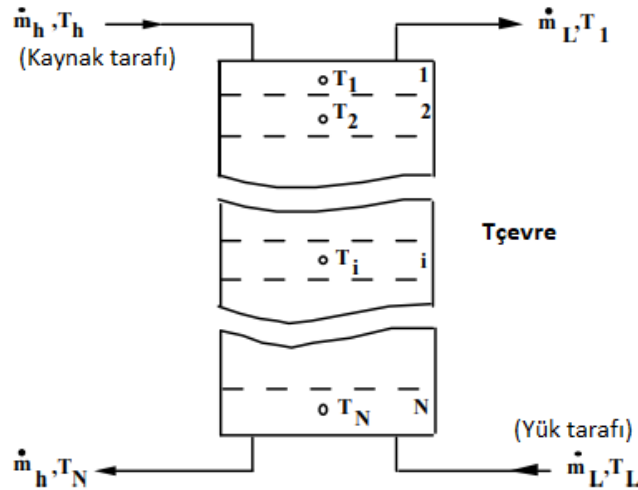
$$T_{\zeta} = T_g + \frac{A}{\dot{m}c_p} (F_R \tau \alpha_N I_T - F_R U_L (T_g - T_o) - F_R U_{L/T} (T_g - T_o)^2) \quad (3.4)$$

Kolektör ısı veriminin ifadesi ise (Duffie ve Beckman, 1991):

$$\eta = \frac{Qu}{AIT} = F_o (\alpha\tau)_n - F_o U_L \frac{(T_{\zeta} - T_o)}{IT} - F_R U_{L/T} \frac{(T_g - T_o)^2}{IT} \quad (3.5)$$

3.1.3. Depolama tankı (type 4a)

Bu çalışmada kullanılan tank TRNSYS kütüphanesinde bulunan katmanlı sıcak su depolama tankıdır. Sıcaklık farklarından dolayı tank içinde ısı tabakalaşma oluşur. Bu sıcaklık farkları akışkanların yoğunluklarına göre konumlandırılmalarını sağlamıştır. Yoğunluk dağılımlarına bağlı olarak sıcak ve yoğunluğu düşük akışkan yükselerek tankın üst bölümünde konumlanmıştır. Tankın basit modeli Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

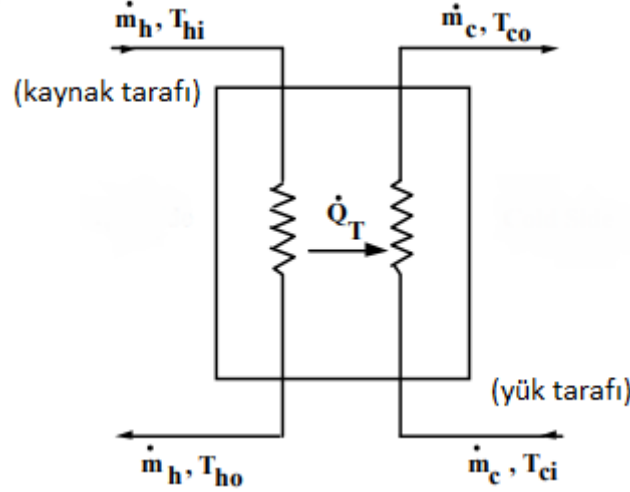


Şekil 3.1. Enerji depolama tankı (Anonim 2006).

Bu tankın parametreler menüsünde birçok özellik kullanıcı tarafından belirlenir. Bu özellikler; tank hacmi, katman sayısı, akışkan özgül ısı, akışkan yoğunluğu, ısıtıcı sayısı, her ısıtıcının konumu, maksimum ısıtma kapasitesidir. Bu modelde isteğe bağlı iki elektrikli ısıtıcı kullanılabilir, bu tez için tank katmanlarında ısıtıcı kullanılmamıştır. Tankın kaynak sıcaklığı ve debisi ısı pompası yük tarafı ve güneş enerjisi bileşiminden oluşmuştur. Tankın yük tarafı sıcaklık ve debisi ise fan coil ünitesinin dönüş sıvısı ve debisidir.

3.1.4. Isı değiştirici

Göl suyunun ısı enerjisini ısı pompasına aktarmak için, bir çapraz akışlı ısı eşanjörü kullanılmıştır. Isı eşanjörünün yük tarafında soğuk kış mevsiminde donma riskine karşı su-glikol karışımı kullanılmıştır. Isı değiştiricinin şeması şekil 3.2’de gösterilmiştir. Isı değiştiricinin sıcak taraf (kaynak) ve soğuk taraf (yük) ısı hesaplamaları aşağıdaki denklemlerle yapılmıştır.



şekil 3.2. Isı eşanjörü (değiştirici) şeması (Anonim 2006).

Soğuk taraftaki suyun ısı kapasitesi Denklem 3.6 ile hesaplanmaktadır.

$$C_c = \dot{m}_c C_{pc} \quad (3.6)$$

Sıcak taraftaki karışımın ısı kapasitesi ise Denklem 3.7 ile hesaplanmaktadır.

$$Ch = \dot{m}h C_{ph} \quad (3.7)$$

$C_{max} = Ch$ ve Cc 'nin maksimum değerine eşittir.

$C_{min} = Ch$ ve Cc 'nin minimum değerine eşittir.

Çapraz akışlı ısı değiştiricinin etkinliği aşağıdaki Denklem 3.8' ye göre hesaplanır.

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp\left(-\frac{UA}{C_{min}}\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right)}{1 - \left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right) \exp\left(-\frac{UA}{C_{min}}\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right)} \quad (3.8)$$

Çapraz akışlı ısı eşanjörünün girdiler parametresinde; kaynak giriş sıcaklığı ve debisi, yük giriş sıcaklığı ve debisi, ısı değiştirici toplam ısı transfer katsayısı bulunur. Çıktılar ise şu şekildedir; kaynak çıkış sıcaklığı ve debisi, yük çıkış sıcaklığı ve debisi, ısı transfer oranı ve ısı değiştirici etkinliğidir. Isı eşanjörü kaynak tarafındaki suyun özgül ısı değeri $4.19 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, yük tarafında ise % 38 propilen glikol-su karışımı vardır (özgül ısı $3.82 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$).

3.1.5. Su kaynaklı ısı pompası (type 927)

TRNSYS TESS kütüphanesinde type 927 olarak bulunan su kaynaklı ısı pompası kullanılmıştır. Bu bileşen, bir normalleştirilmiş harici ısı pompası performans dosyasına ihtiyaç duyar. Kısaca ısı pompası bileşeni yük ve kaynak sıcaklıklarını okumak, bu durum için kapasite ve güç tüketimini hesaplamak için bu harici dosyadan yararlanır. Bu modelin ısı pompası ısıtma performans katsayısı (COPh) değeri Denklem 3.9 ile hesaplanmaktadır.

$$COPh = QH/W_{net} = IP \text{ Isıtma kapasitesi} / \dot{W}_{ip} \quad (3.9)$$

Sistemin performans katsayısı (COPsys) değeri Denklem 3.10 ile hesaplanmaktadır.

$$COP_{sys} = IP \text{ Isıtma kapasitesi} / \dot{W}_{top} \quad (3.10)$$

Isı pompası tarafından çekilen ısı miktarı değeri aşağıdaki Denklem 3.11 ile hesaplanmaktadır;

$$Q_{\text{çekilen}} = IP \text{ Isıtma Kapasitesi} - \dot{W}_{ip} \quad (3.11)$$

Kaynak tarafı (source) ve yük tarafı (load) çıkış sıcaklığı belirtilen Denklem 3.12 ve Denklem 3.13 ile hesaplanmaktadır;

$$T_{\text{kaynak},\text{ç}} = T_{\text{kaynak},\text{g}} - \frac{Q_{\text{çekilen}}}{\dot{m}k C_{pk}} \quad (3.12)$$

$$T_{\text{yük},\text{ç}} = T_{\text{yük},\text{g}} + \frac{IP \text{ Isıtma Kapasitesi}}{\dot{m}y C_{py}} \quad (3.13)$$

Bu bileşen için girdiler; giriş kaynağı sıcaklığı ve debisi, giriş yük sıcaklığı ve debisi, ısıtma kontrol sinylidir. Çıktılar ise, çıkış kaynağı sıcaklığı, kaynak debisi, çıkış yük sıcaklığı, yük debisi, kaynaktan ısı transferi, ısı pompası gücü ve performans katsayısıdır (COP).

3.1.6. Diferansiyel kontrol elemanı (type 2b)

Bu kontrol cihazı, 0 (kapalı) veya 1 (açık) değerine sahip bir kontrol fonksiyonu (Y_o) oluşturur. Kontrol fonksiyonunun değeri; iki ölü bant sıcaklık farkı olan ΔT_H ve ΔT_L ile belirtilen üst ve alt sıcaklıklar olan T_H ve T_L arasındaki fark ile karşılaştırılarak belirlenir. Bir sonraki zaman adımı için çıkış kontrol fonksiyonu (Y_o), giriş kontrol fonksiyonu (Y_i) olarak kullanılır, çünkü çıkış kontrol fonksiyonunun (Y_o) yeni değeri kontrol elemanının bir önceki değerine bağlıdır (Anonim, 2006).

Bu bileşen güvenlik nedeniyle, bir yüksek limit kesme sıcaklığına sahiptir. Bu değer kullanıcı tarafından parametreler menüsünden ayarlanır. Ölü bant koşullarından bağımsız olarak, yüksek limit koşulu aşıldığında kontrol işlevi devre dışı kalacaktır. Bu bileşenin çalışma koşullarını matematiksel olarak ifade edersek;

1.durum; Eğer Kontrol Elemanı Önceden Açıkça;

$$\text{Eğer } Y_i = 1 \text{ ve } \Delta T_L \leq (T_H - T_L), Y_o = 1$$

$$\text{Eğer } Y_i = 1 \text{ ve } \Delta T_L > (T_H - T_L), Y_o = 0$$

2.durum; Eğer Kontrol Elemanı Önceden Kapalıysa;

$$\text{Eğer } Y_i = 0 \text{ ve } \Delta T_H \leq (T_H - T_L), Y_o = 1$$

Eğer $Y_i = 0$ ve $\Delta T_H > (T_H - T_L)$, $Y_o = 0$

$\Delta T_H =$ Alt ölü bant sıcaklık farkı

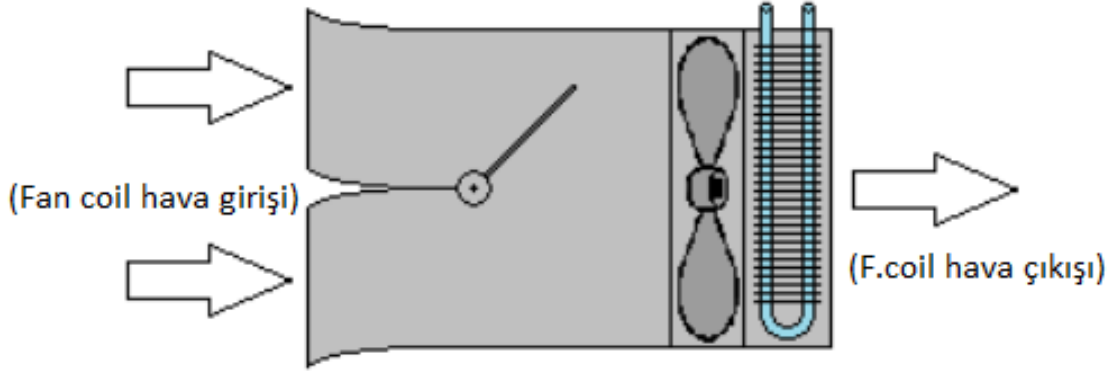
$\Delta T_L =$ Üst ölü bant sıcaklık farkı

$T_H =$ Üst giriş sıcaklığı

$T_L =$ Alt giriş sıcaklığı

3.1.7. Fan coil (Type 928)

Modellenen sistemlerde seranın ısıtma yükünü sağlamak ve konfor havası oluşturmak için TRNSYS kütüphanesinde bulunan type 928 (fan coil) bileşeni seçilmiştir ve modellenen seraya (type 56b TRNBUILD) bağlanmıştır. Fan-coil üniteleri; filtreden geçirilen havanın fan yardımı ile soğuk veya sıcak bir yüzeyin (serpantin) üzerinden geçirilerek ortamın ısıtılmasını veya soğutulmasını sağlamaktadır. Bu model iki hava akımını karıştıran bir hava işleme cihazını modellemektedir, karışık hava akımı bir fan boyunca soğuk veya sıcak akışkan içeren bir serpantin boyunca geçirmektedir. İki hava akımından kasıt temiz hava ve geri dönüş (ortam) havasıdır. Temiz hava ile geri dönüş havası arasındaki karışım, damper pozisyonu girişi tarafından kontrol edilmektedir. Damper pozisyon girişi sıfır değerine ayarlanırsa, fan coil tüm geri dönüş havasını alır. Bir değerinde ise sadece temiz havayı alır. Model, hava akımı ve su arasındaki enerji değişiminin modellenmesinde baypas faktörü yaklaşımına dayanmaktadır. Bu bileşen, modelin su veya hava çıkış sıcaklığı üzerinde hiçbir iç kontrol içermemesi nedeniyle akışkanlar serpantin yüzeyinde ve içinde serbest bir dolaşım gerçekleştirir. Her iki tarafın çıkış koşulları sadece giriş koşullarının ve kullanıcının belirlediği bobin baypas fraksiyonunun bir sonucudur. Bu bileşen, fanı kontrol eden bir açma / kapama anahtarı girişi ile kontrol edilir. Anahtar girişi sıfıra ayarlanırsa, hava geri dönen hava akımı sıcaklığında ve sıfır akış fan serpantininden çıkar. Yani fan coil bu durumda kapalı haldedir. Anahtar girişi bir değerini aldığı anda fan coil çalışır duruma gelmektedir. Modelin şematik gösterimi Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Fan coil şematığı.

3.1.8. Pompalar (type 114)

Sistemdeki pompalar, tek hızlı bir pompa olan type 114 kullanılarak modellenmiştir. Bu pompa bileşeni, sıfır veya bir kontrol sinyali ile kontrol edilir ve tanımlanan maksimum debiyi kontrol sinyali bir olması durumunda sağlamaktadır. Sıfır durumunda ise pompa kapalı haldedir. Pompalardan geçen akışkanların sıkıştırılamaz olduğu varsayılmış ve ısı transfer hesaplamaları için sabit bir spesifik ısı yaklaşımı kullanılmıştır. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemi simülasyonlarında bileşenlerin ihtiyaçları doğrultusunda farklı debilerde 5 adet pompa kullanılmıştır. Pompa modülünün girdileri ve çıktıları şu şekildedir. Girdiler: akışkan giriş sıcaklığı, akışkan debisi ve kontrol sinylidir. Çıktılar: akışkan çıkış sıcaklığı, akışkan debisi ve güç tüketimidir.

3.1.9. Gösterge (type 65)

TRNSYS kütüphanesinde type 65 olarak bulunmaktadır. Simülasyon boyunca sistem değişikliklerini görüntülemek için kullanılmaktadır. Kullanıcı sonuçları grafik şeklinde görür. Oldukça kullanışlı bir modüldür. Simülasyon başladıktan sonra sistem değişiklikleri ekranda yeni bir pencere açılarak gösterilir. Yatay eksen zaman eksenidir, kullanıcı değişiklikleri zamana bağlı olarak okuyabilir. Sağ ve sol eksenlerin sayı aralığı kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir.

3.1.10. İşlemci (type24)

Simülasyon işlemi sırasında tanımlanan zamana bağlı değişen verileri (enerji tüketimleri ve enerji miktarları) entegre eder ve yazıcıya gönderir. Böylece kullanıcı yazıcıdan bu değerleri alıp analiz edebilmektedir.

3.1.11. Yazıcı (type25)

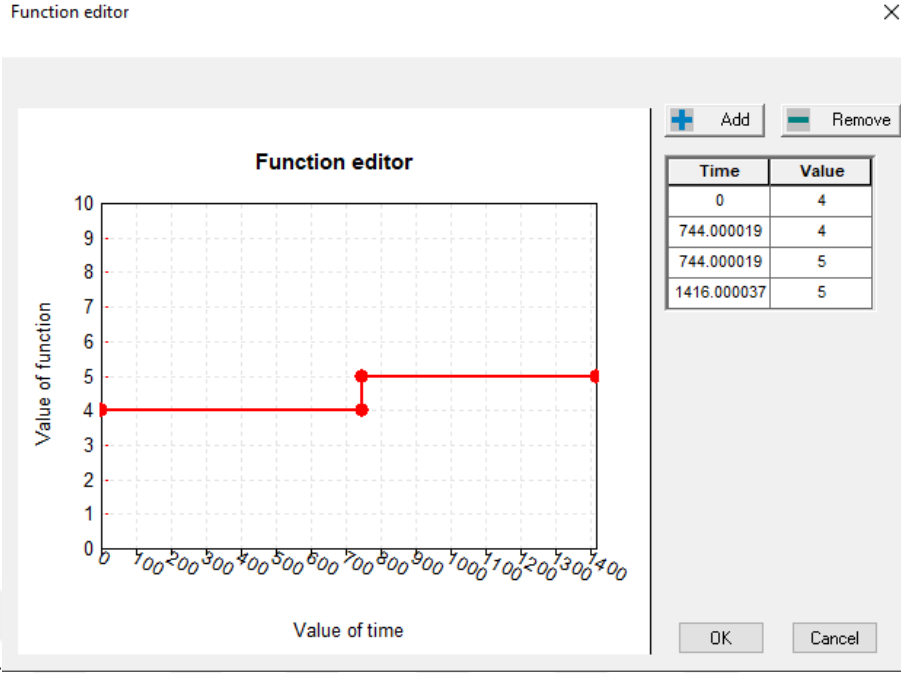
Simülasyonun ayrıntılı sonuçlarının çıkarılması için kullanılan bu bileşen alınan verileri excel dosyasına da aktarabilmektedir. Bu tezde modellenen sistemlerdeki sistem elemanların güç tüketimi incelemek için veriler yazıcıya aktarılmıştır.

3.1.12. Oda Termostatı (type 108)

Bu açma/kapatma diferansiyel cihazı, üç aşamalı bir ısıtma kaynağına ve iki aşamalı bir soğutma kaynağına sahip olan bir HVAC sistemini kontrol etmek için kullanılacak beş kontrol sinyalini veren beş aşamalı bir oda termostatını modellemektedir. Bu çalışmada sera içi sıcaklık kontrolü bu termostat sayesinde sağlanmıştır. Giriş parametrelerinden olan birinci aşama ısıtma ayar sıcaklığına girilen değer ile kontrol sağlanmıştır.

3.1.13. Zorlama fonksiyonu (type14)

Van Gölü'nün aylık ortalama sıcaklık değerleri verileri bu bileşenle simülasyonlarda ifade edilmiştir. TRNSYS kütüphanesinde zorlama fonksiyonunun alt dizininden Type 14e olarak seçilmiştir. Bu bileşen ile istenilen zaman periyotları için (dakika, saat, gün, ay) sıcaklık değerleri kullanıcı tarafından tanımlanabilir. Aşağıdaki şekilde zorlama fonksiyonunun ocak ve şubat ayları sıcaklık değeri zamana bağlı değişimi gösterilmiştir.

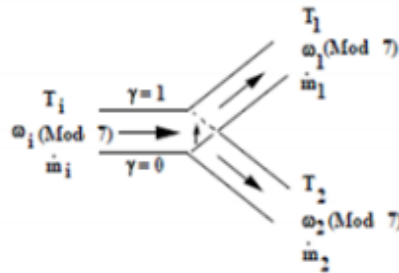


Şekil 3.4. Zorlama fonksiyonu sıcaklık girdileri ve zamanla değişimi.

3.1.14. Vanalar (Type 11)

Modellenen sistemlerde akışa yön veren dağıtım ve karışım vanaları kullanılmıştır.

Dağıtım vanası (Type 11f): Bu sistem elemanı tek bir giriş sıvı akışkanını kullanıcı tarafından belirlenen vana ayarına göre iki sıvı akışkana bölen bir yönlendiricidir.



Şekil 3.5. Kontrollü akış dağıtım vanası type 11f (Anonim,2014).

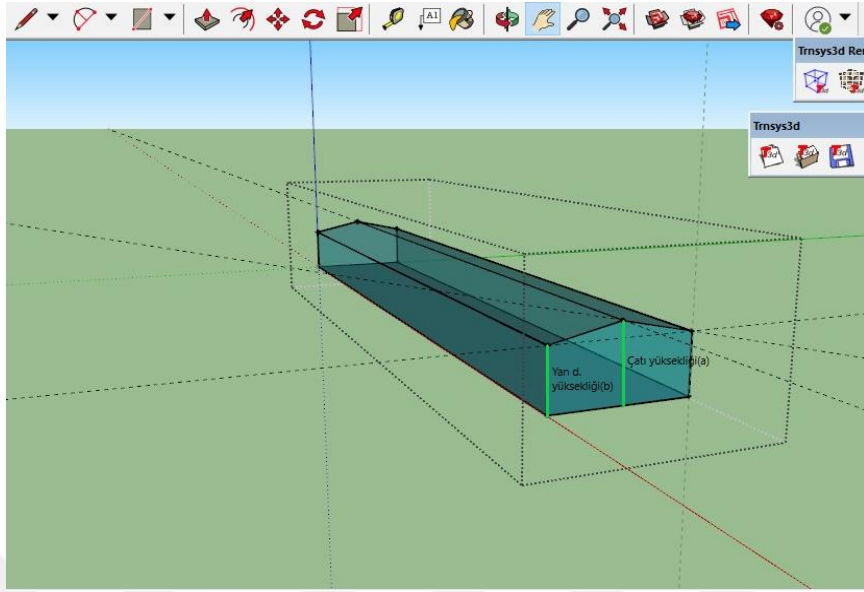
Karışım vanası (Type 11d): Bu sistem elemanı kullanıcı tarafından belirlenen bir kontrol fonksiyonuna göre iki giriş sıvı akışkanının birlikte karıştırıldığı kontrollü bir akış karıştırıcısını modellemektedir.

3.2. Modellenen Sera ve Özellikleri

Sketchup, mühendisler, mimarlar, oyun geliştiricileri ve 3 boyutlu modelleme gerektiren her alandaki kullanıcılar için tasarlanmış bir 3 boyutlu modelleme yazılımıdır. Diğer çizim programlarına nazaran sade bir ara yüze sahiptir. Trnsys 3d plugin eklentisi sayesinde Google sketchup programında modellenen yapılar TRNSYS programına aktarılabilir. Bu çalışmada, 100 m² taban alanına sahip sera modeli Google sketchup programı aracılığıyla modellenmiştir ve seranın geometrik özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Sera Van iline konumlandırılmıştır.

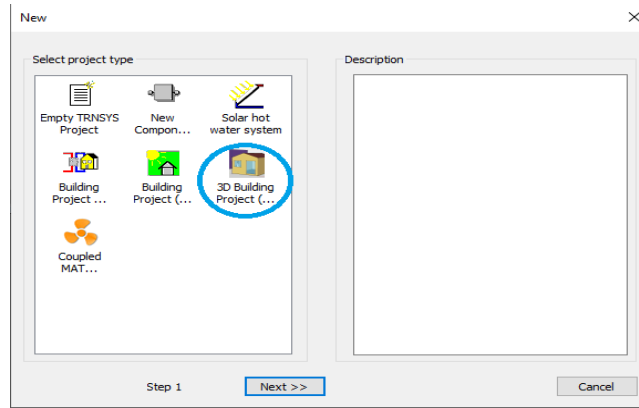
Çizelge 3.2. Sketchup programı ile tasarlanan sera modelinin geometrik özellikleri.

Sera modelinin geometrik özellikleri	Uzunluk(m)
Sera tabanı genişliği	4
Sera tabanı uzunluğu	25
Yan duvar yüksekliği (b)	1.75
Sera çatı yüksekliği (a)	2.2



Şekil 3.6. Google sketchup programı aracılığıyla modellenen sera.

TRNSYS programının yeni penceresinde bulunan proje tiplerinden 3 boyutlu yapı projesi seçilmiş ve ardından modellenen sera (Şekil 3.6) dosyası ile Van iklim verileri TMY2 dosyası TRNSYS programına aktarılmıştır.



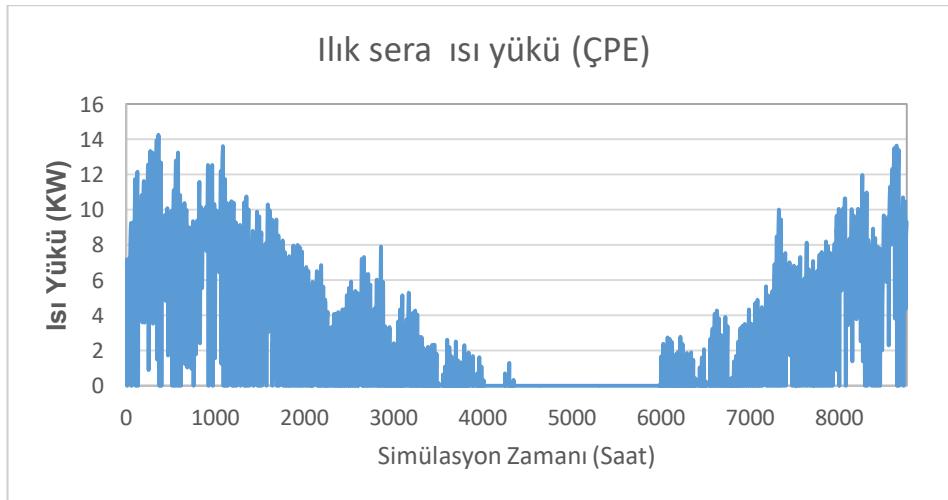
Şekil 3.7. TRNSYS programına sera modelinin aktarımı.

Modellenen serada sızıntılardan dolayı olabilecek hava değişimi için hava değişimi oranı TRNSYS programına 0.5 1/h olarak girilmiştir. Modern seralarda hava değişimi 0.5-1.5 1/h oranındadır (Anonim, 2019d). Bu çalışmada cam ve çift katlı polietilen materyalleri sera örtü malzemeleri olarak kullanılmıştır. Çift katlı polietilen sera örtüsü malzemesi Berkeley lab WINDOW7 programı aracılığıyla TRNSYS

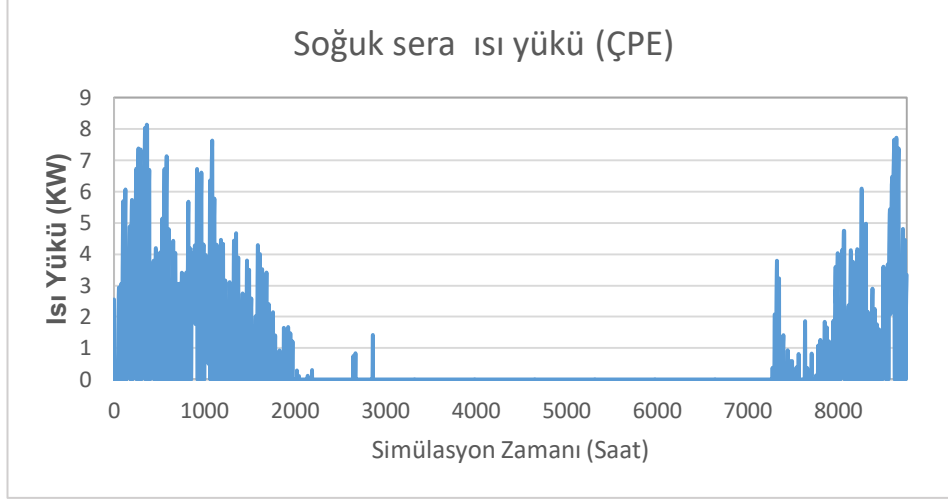
programına yüklenmiştir. Cam ve çift katlı polietilen (ÇPE) sera örtüsü malzemelerinin toplam ısı transfer katsayıları sırasıyla $5.68 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $3.86 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerindedir. Bu çalışmada güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinde kullanılan sera örtüsü malzemesi olarak çift katlı polietilen (ÇPE) kullanılmıştır.

3.3. Isı Yükünün Hesaplanması

Isı yükü, tasarım iç sıcaklığını oluşturmak veya korumak için ısı üreticisinden istenen maksimum saatlik ısı çıkışı olarak tanımlanabilir (Down, 1969). Bu çalışmada modellenen seranın ısı yükü TRNSYS programının bir alt programı olan TRNBuild aracılığıyla hesaplanmıştır. TRNBuild basit varsayımlardan ve hesaplamalardan ziyade hava koşullarını ve çeşitli değişken parametreleri de hesaba katarak bir mahallin ısıtma yükünün dinamik olarak hesaplanmasını yapabilen kompleks bir alt programdır. Yeterli ısıtma kapasitesindeki ısı pompası seçmek için ısı yükü hesaplanmalıdır. Type 56 bileşeni Van hava iklim verileri dosyasına bağlı olduğundan dış ortam koşullarına göre ısı yükünü hesaplamaktadır. Isı yükü ayar noktası sıcaklığı değeri TRNBuild'e girildikten sonra çıktılar bir yazıcı aracılığıyla elde edilmiştir. Ilık ve soğuk seranın çiftkatlı polietilen (ÇPE) sera örtüsü kullanımını sonucunda oluşan ısı yüklerinin zamana bağlı değişimi Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Ilık seranın bir yıllık ısı yükünün zamana bağlı değişimi.



Şekil 3.9. Soğuk seranın bir yıllık ısı yükünün zamana bağlı değişimi.

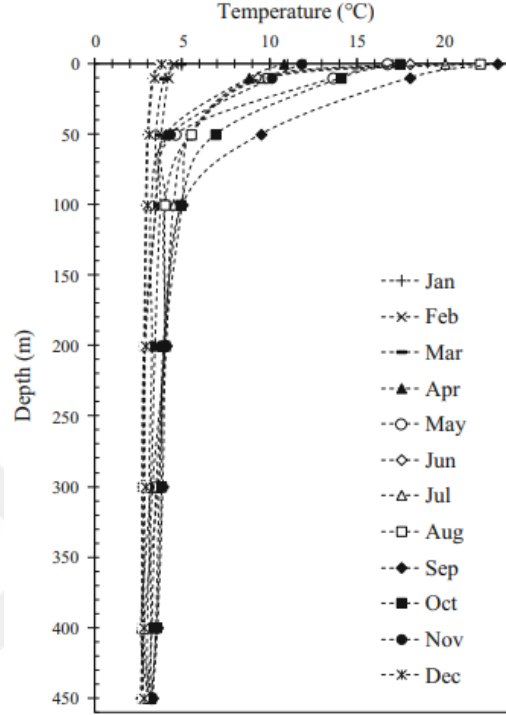
3.4. Van Gölü'nün Aylık Ortama Sıcaklık Değerlerinin TRNSYS'e Aktarılması ve Güneş Radyasyon Değerleri

Suyun kararlı yapısından dolayı su kaynaklı ısı pompaları hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha yüksek verime sahiptirler. Van gölü tuzlu ve sodalı yapısından dolayı donma riski azdır ve bu çalışmada, ısı pompası için ısı kaynağı olarak Van Gölü kullanılmıştır. Aydın ve Karakuş (2016) çalışmalarında, Degens and Kurtman (1978), Demiröz ve ark. (1998), Reimer ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmalardan elde ettikleri veriler ile göl derinlikleri boyunca aylık sıcaklık profilini çizmişlerdir (Şekil 3.8). Bu çalışma için Van Gölü'nün iki metre derinliğinden bir pompa aracılığıyla su ısı eşanjörüne çekilmiştir. Göl suyunun iki metre derinliğindeki aylık sıcaklığı Aydın ve Karakuş (2016) çalışmasından elde edilmiş ve Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Van Gölü iki metre derinliğindeki aylık ortalama sıcaklık değerleri.

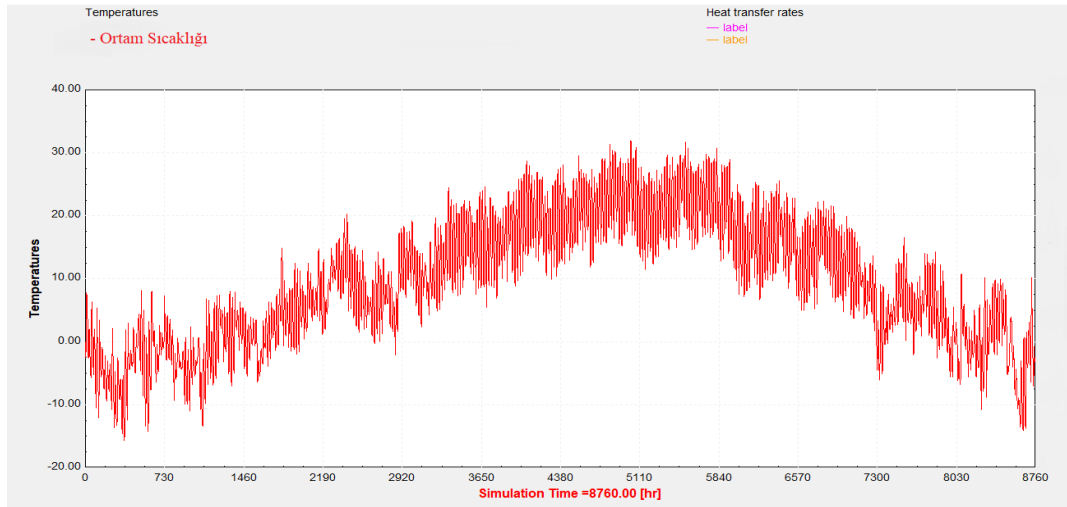
Aylar	Sıcaklık değeri (°C)	Aylar	Sıcaklık değeri (°C)
Ocak	4	Temmuz	19
Şubat	5	Ağustos	20
Mart	5	Eylül	20
Nisan	10	Ekim	16
Mayıs	14	Kasım	11
Haziran	18	Aralık	4

Çizelge 3.3'deki aylık sıcaklık değerleri yukarıda bahsedilen zorlama fonksiyonu bileşenine (Type 14e) girilmiş ve göl pompasının akışkan giriş sıcaklığı girdisine bağlanmıştır.

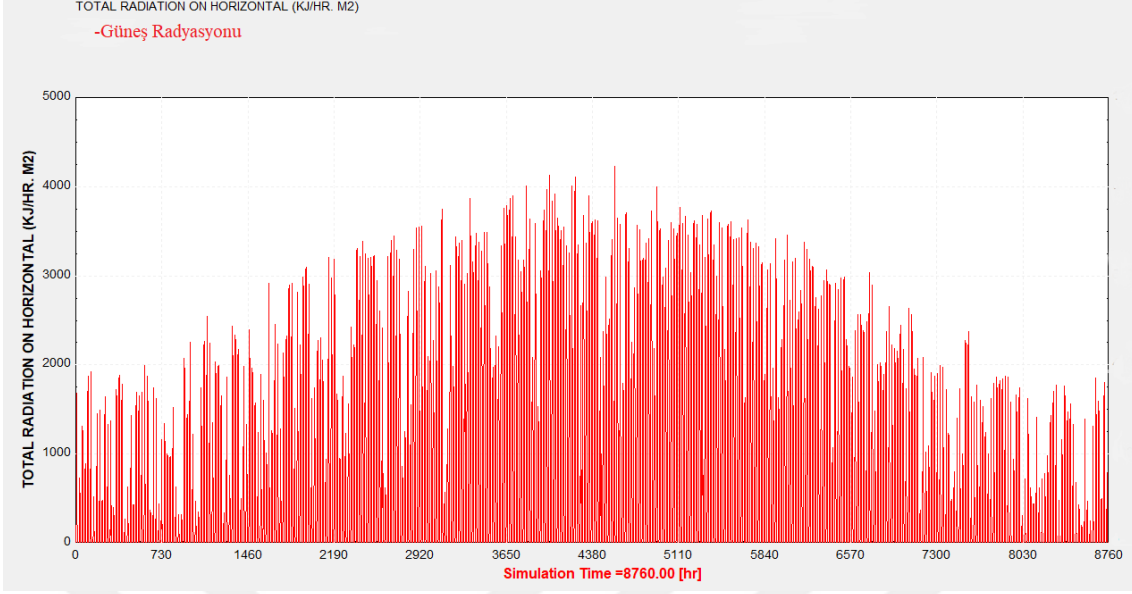


Şekil 3.10. Van gölünün derinliğe bağlı aylık sıcaklık profili (Aydın ve Karakuş, 2016).

Van ortam sıcaklığı ve güneş radyasyonunun zamana bağlı değişimi Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Van bir yıllık ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi.



Şekil 3.12. Van ili için toplam güneş radyasyonunun zamana bağlı değişimi.

3.5. Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası (GDIP) Sisteminin TRNSYS ile Modellenmesi

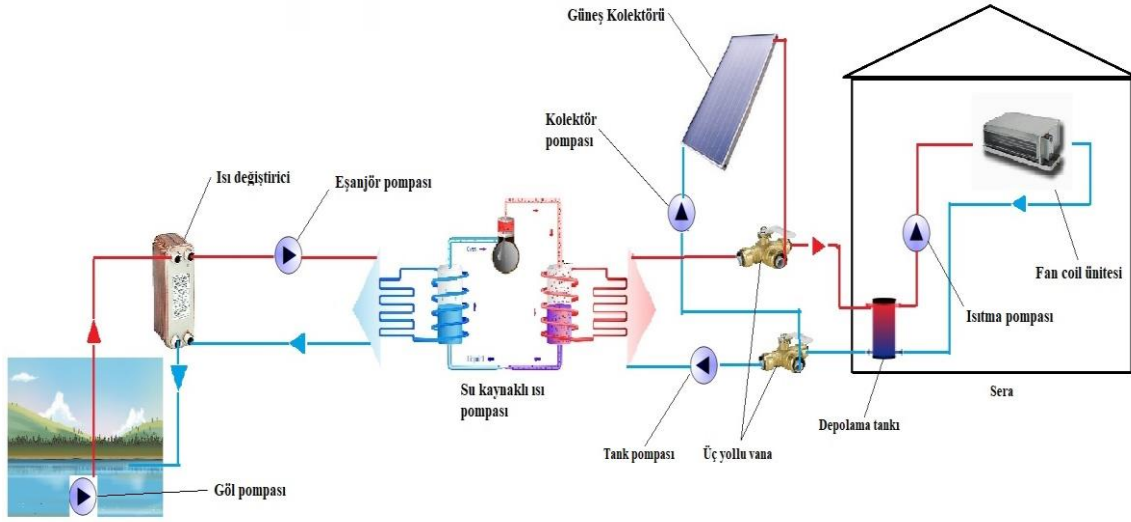
TRNSYS simülasyonları ve sistemin gerçek davranışı arasında iyi bir korelasyon vardır. Bundan dolayı güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinin tasarımında TRNSYS yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde güneş enerjisi destekli su kaynaklı ısı pompası ile sera ısıtma modellemesi gerçekleştirilmiştir. TRNSYS kullanılarak modellenen sistem Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Bir pompa aracılığıyla Van gölünden çekilen su ısı eşanjörüne (değiştirici) taşınmıştır.

Bu tasarlanan sistem aşağıdaki farklı koşullarda çalıştırılmıştır;

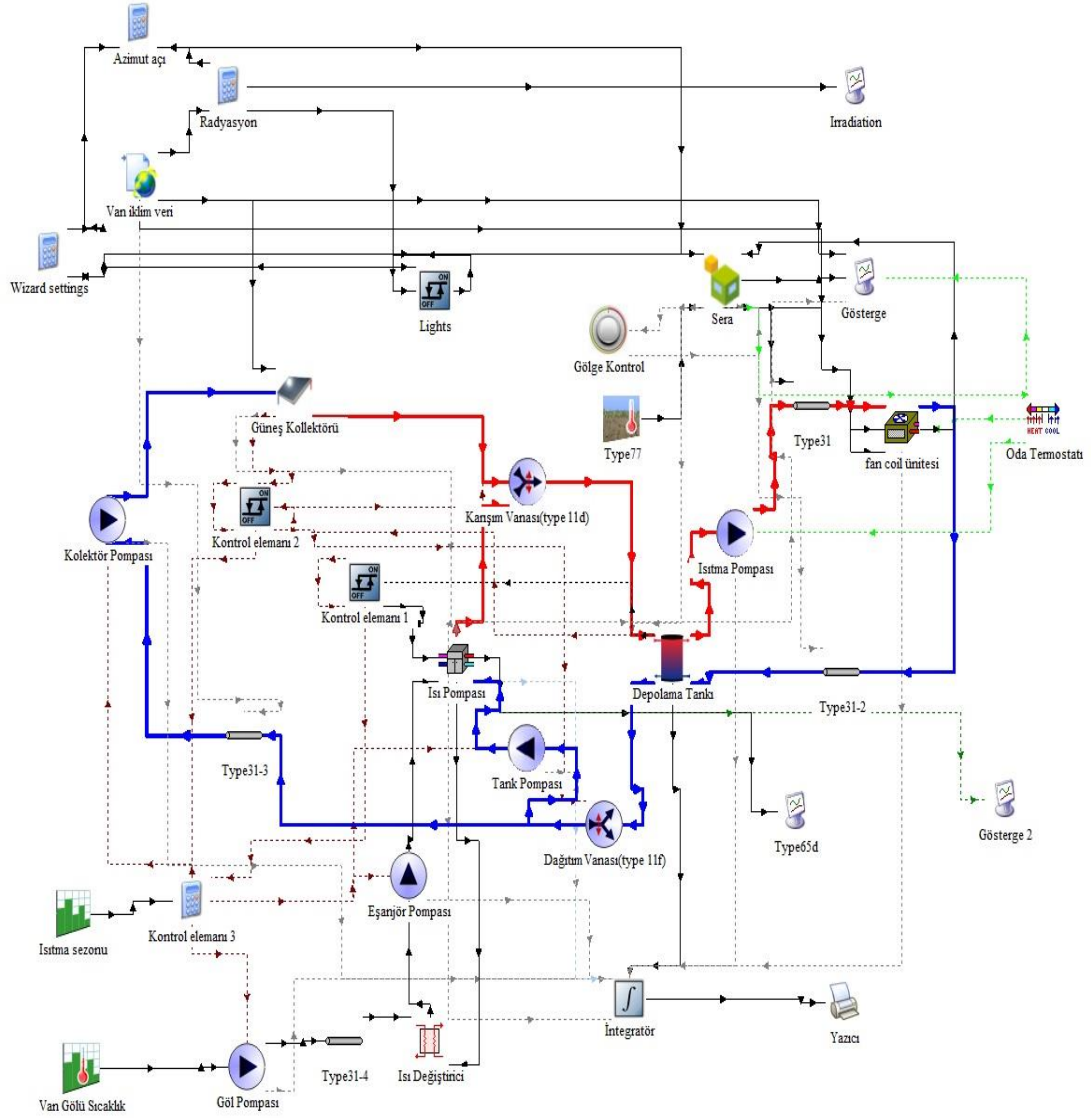
Soğuk sera simülasyonunda : Bu sistemde oda termostatu ayar noktası sıcaklığı 6 °C 'ye ayarlanmış ve sera içi sıcaklığı 5°C'nin altına düşünce ısıtma (fan coil) devreye girmiştir ve seranın sıcaklık değeri 8 °C'nin üzerine çıkınca ısıtma devreden çıkmaktadır.

Sıcak sera simülasyonunda : Bu sistemde oda termostatu ayar noktası sıcaklığı 17 °C'ye ayarlanmış ve sera içi sıcaklığı 16 °C 'altına düşünce ısıtma (fan coil) devreye girmiştir ve seranın sıcaklık değeri 18 °C'nin üzerine çıkınca ısıtma devreden çıkmaktadır.

Üç farklı kolektör tipi ile: TRNSYS programındaki üç farklı kolektör tipi ile simülasyonlar gerçekleştirilmiştir (Düzlemsel güneş kolektörü, Vakum tüplü güneş kolektörü ve Parabolik güneş kolektörü).



Şekil 3.13. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sisteminin şematik diyagramı.



Şekil 3.14. Sera ısıtma amacıyla tasarlanan güneş enerjisi destekli ısı pompası sisteminin TRNSYSY modeli.

3.5.1. Modellenen sistemdeki elemanların özellikleri ve kontrol stratejisi

Modellenen simülasyonların başlangıcı 0, bitişi 8760 saat olarak alınmıştır. Bu değerler ise bir yıllık zaman aralığıdır ve simülasyon zaman adımı daha hassas sonuçlar elde etmek için 0.833 saat (5 dk) alınmıştır.

Isı pompası: Soğuk sera ısıtması için kullanılan ısı pompasının nominal ısıtma ve ısıtma esnasında ısı pompası güç tüketimi sırasıyla 30000 kJ/h (8.33 kW) ve 6000 kJ/h (1.66 kW) değerlerindedir ve Trane WPWD 025 ısı pompası modeline ait katalog değerleri kullanılmıştır (Anonim, 2019e). Ilık sera ısıtması için kullanılan ısı pompasının nominal ısıtma kapasitesi ve ısıtma esnasında ısı pompası güç tüketimi sırasıyla 64252 kJ/h (17.85 kW) ve 17848 kJ/h (4.96 kW) değerlerindedir ve Trane EXW 060 ısı pompası modeline ait katalog değerleri kullanılmıştır (Anonim, 2019e). Isı pompası tank ortalama sıcaklığını izleyen bir kontrol elemanı (kontrol elemanı 3) ile kontrol edilmektedir. Bu kontrol elemanı ile sera ısıtma ihtiyacı olan zaman aralığında ortama tank sıcaklığı 45°C'nin altına düştüğünde ısı pompası ile tank pompası, eşanjör pompası ve göl pompası devreye girmektedir, ortalama tank sıcaklığı 48°C'ye ulaştığında ise ısı pompası döngüsü(ısı pompası, eşanjör pompası, göl pompası, tank pompası) durmaktadır.

Depolama tankı: Fancoil ünitesine bağlanan bu sistem elemanın hacmi 1 m³'dür. Bir diferansiyel kontrol elemanı yardımıyla tankın sıcaklığı ısıtma ihtiyacı olan zamanlarda (ısıtma sezonunda) 45-48°C aralığında tutulmuştur. Tank içindeki sıvı akışkan % 38 propilen glikol-su karışımıdır.

Güneş kolektörü: Bu çalışmada üç farklı tip güneş kolektörü (Düzlemsel güneş kolektörü, Vakum tüplü güneş kolektörü, Parabolik güneş kolektörü) kullanılmıştır. Seçilen kolektör yüzey alanları 20 m², 40 m², 60 m², 80 m² ve 100 m² değerlerindedir. Tankın alt katmanından çekilen sıvı akışkan bir kolektör pompası aracılığıyla kolektöre gönderilmekte ve ısınan akışkan tekrar tankın üst katmanına geri gönderilmektedir. Kolektör pompası kontrol elemanı aracılığıyla kontrol edilmektedir. Bu kontrol elemanı kolektör akışkan çıkış sıcaklığıyla tank ortalama sıcaklığını karşılaştırmakta ve aradaki

fark 5 °C'nin üzerindeyse kolektör pompası devreye girmekte ve aradaki sıcaklık 2 °C olana kadar çalışmaktadır.

Fan coil ünitesi: Sera sıcaklığı belirlenen sıcaklık değerinin altına düştüğünde fan coil devreye girip ortamı ısıtmaktadır. Fan coil oda termostatı ile kontrol edilmektedir. Soğuk sera sisteminde kullanılan Fan coil 1720 m³/h debi ve 953 kJ/h güç tüketimine sahiptir. Ilık sera sisteminde kullanılan fan coil ise 3140 m³/h debi ve 1411 kJ/hr güç tüketimine sahiptir. Fan coil'ler soğuk sera ve ılık sera sistemleri için sırasıyla 5 adet Daikin FWM02DT model ve 4 adet Daikin FWM06DT model seçilmiştir ve bu modellerin katalog verileri kullanılmıştır (Anonim, 2019f).

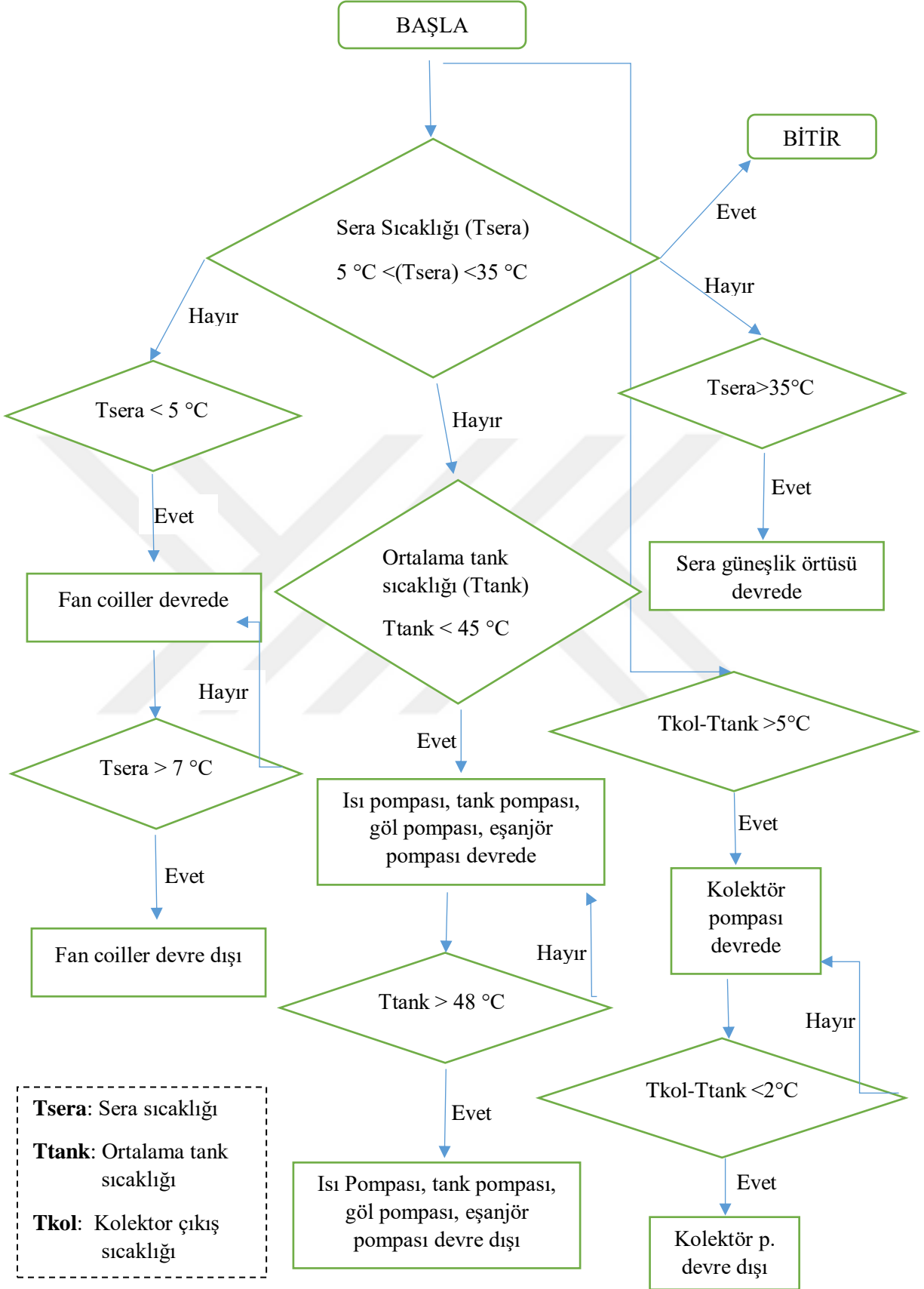
Pompalar: Göl pompası, eşanjör pompası, tank pompası ve kolektör pompası kontrol elemanı 3 ile kontrol edilirken ısıtma pompası oda termostatı ile kontrol edilmiştir. Kolektör pompasının debisi 500 kg/h alınırken, simülasyonlarda kullanılan 20 m², 40 m², 60 m², 80 m² ve 100 m² kolektör alanları için maksimum güç tüketimi sırasıyla 80 W, 160 W, 240 W, 320 W, 400 W olarak alınmıştır. Soğuk ve sıcak serada kullanılan diğer pompaların maksimum debileri ve maksimum güçleri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Güneş enerjisi destekli ısı pompası modelinde kullanılan pompaların özellikleri.

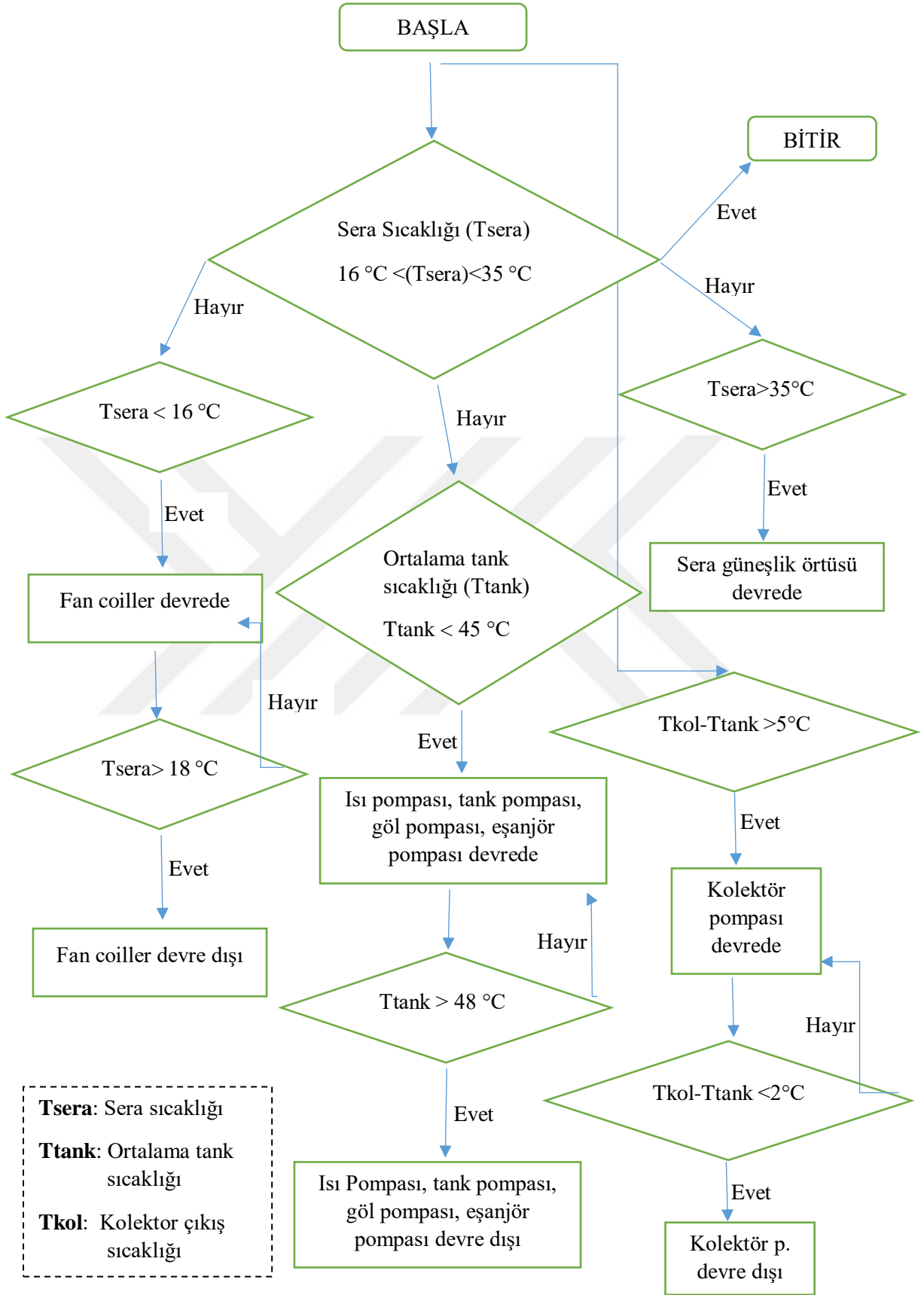
Soğuk sera simülasyonunda kullanılan pompalar		
Pompalar	Maksimum debi(kg/h)	Maksimum güç(W)
Tank Pompası	1590	20
Göl pompası	1590	75
Eşanjör pompası	1590	20
Isıtma pompası	1795	85
Ilık sera simülasyonunda kullanılan pompalar		
Tank Pompası	1703	20
Göl pompası	1703	85
Eşanjör pompası	1703	20
Isıtma pompası	3280	460

Oda termostatu ve gölgelendirme kontrol: Modellenen simülasyonlarda sera sıcaklığı oda termostatu aracılığıyla kontrol edilmiştir. Oda termostatu, ayar nokta sıcaklığı soğuk sera için 6 °C ayarlanmış ve sera sıcaklığı 5 °C'nin altına düşünce bağlandığı fan coili etkin hale getirmektedir. Sera sıcaklığı 8 °C'nin üzerine çıktığında devre dışı kalmaktadır. Benzer şekilde ılık sera sistemi için termostat ayar nokta sıcaklığı 17 °C ayarlanmış ve sera sıcaklığı 16 °C'nin altına düşünce bağlandığı fan coili etkin hale getirmektedir. Sera sıcaklığı 18 °C'nin üzerine çıktığında devre dışı kalmaktadır. Gölgelendirme, sera bitkilerinin aşırı sıcaktan zarar görmemesi için seranın çatısına sera güneşlik örtüsü eklenerek sağlanmıştır. Bir kontrol elemanı aracılığıyla kontrol edilen güneşlik örtüsü 35 °C'nin üzerine çıkılan sıcaklıklarda seranın çatısından güneş ışınımı almayı engellemektedir.

Soğuk ve ılık sera için kontrol şemaları Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Soğuk sera kontrol şeması.



Şekil 3.16. Ilık sera kontrol şeması.

3.6. Güneş Fraksiyonu (SF)

Güneş enerjisi destekli sistemlerde güneş fraksiyonu (SF), toplam enerjinin ne kadarının güneş enerjisinden karşılandığını gösteren bir ifadedir. Denklem 3.13 ifadesi ile elde edilmiştir (Güler, 2018).

$$SF = \frac{Q_{coll}}{Q_{coll} + W_{top}} \quad (3.14)$$

Burada

Q_{coll} : Güneşten elde edilen enerji (kj/hr)

W_{top} : Sistem tarafından harcanan toplam enerji ($W_{pompalar} + W_{ip} + W_{fan}$) (kj/hr)

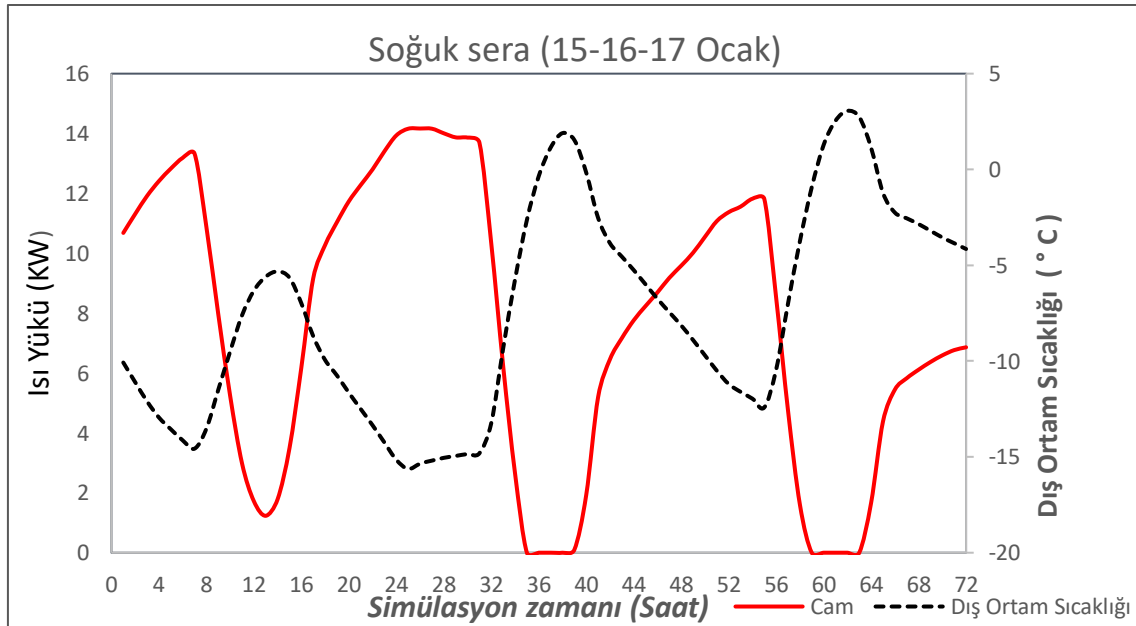


4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan simülasyon sonuçları ve yıllık performans değerleri, simüle edilen sistemlerin toplam enerji dengesi bu kısımda anlatılmıştır.

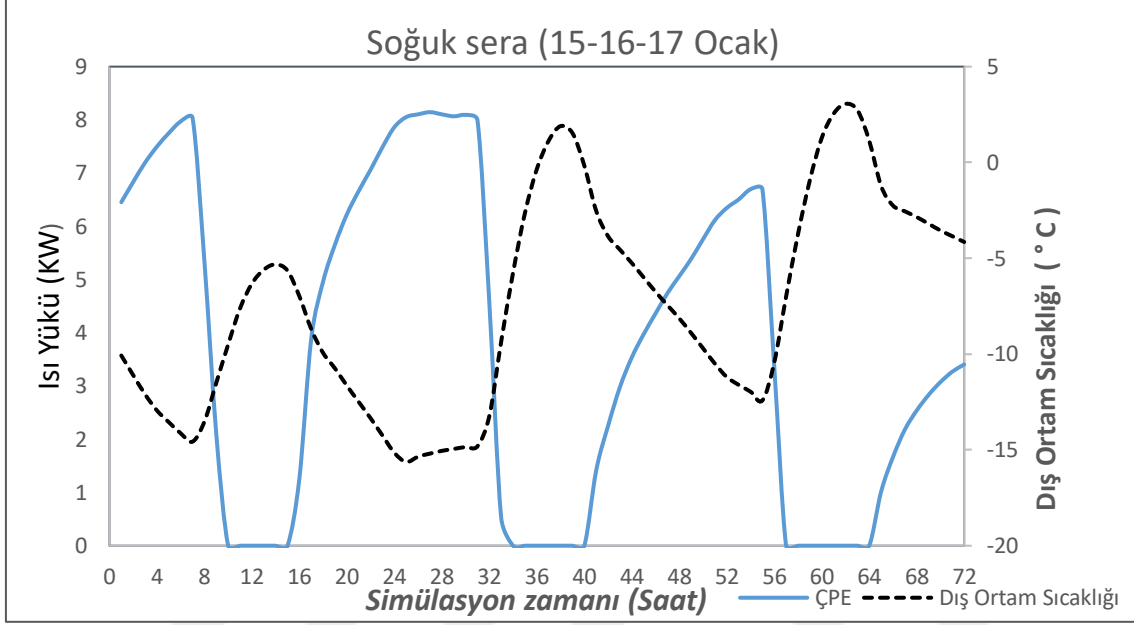
4.1. Soğuk ve Ilık Sera İçin Farklı Sera Örtüsü Malzemeleri kullanımı sonucunda Isı Yüklerinin karşılaştırılması

TRNSYS’de yapılan simülasyonlar sonucunda Van iklim şartlarındaki soğuk seranın 15-17 Ocak tarihlerindeki ısı yüklerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Şekillerde ısı yükünün sıfır olduğu zamanlarda dış ortam sıcaklığı yüksek derecededir böylece sera içinde istenen sıcaklık değeri oluşmuştur ve bir ısı yüküne ihtiyaç yoktur. Şekil 4.1’de cam sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün ve dış ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi gösterilmiştir. Dış ortam sıcaklık değerinin en düşük olduğu $-15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en yüksek ısı yükü oluşmuştur ve 14.17 kW değerindedir.



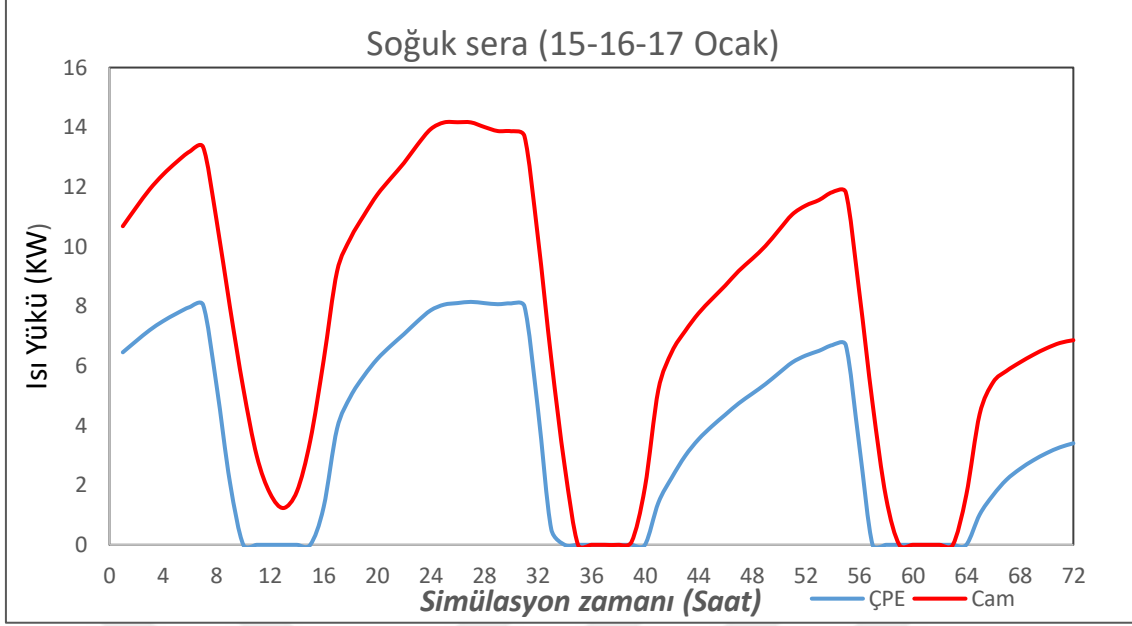
Şekil 4.1. Soğuk sera için 15-17 Ocak tarihlerinde cam sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi.

Şekil 4.2’de çift katlı polietilen (ÇPE) sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün ve dış ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi gösterilmiştir. Dış ortam sıcaklık değerinin en düşük olduğu $-15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en yüksek ısı yükü oluşmuştur ve 8.14 kW değerindedir.



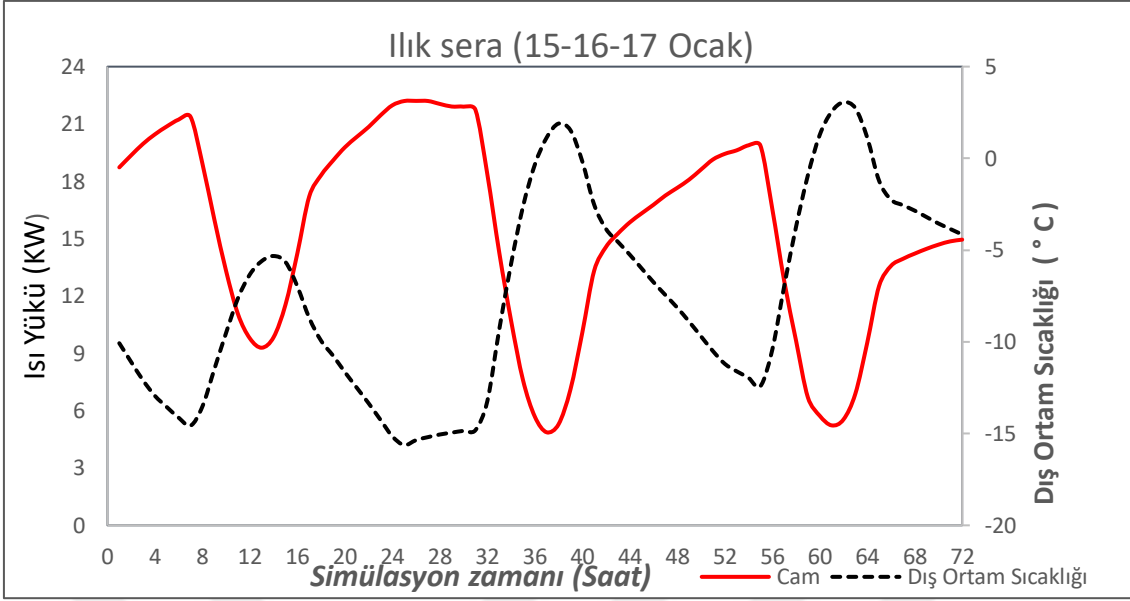
Şekil 4.2. Soğuk sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi.

Şekil 4.3’de soğuk sera için cam sera örtüsü ve çift katlı polietilen sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yüklerinin üç günlük grafiği verilmiştir. En büyük ısı yükleri 16 Ocak’ta sıcaklık değerinin en düşük olduğu saatlerde oluşmuştur. Cam sera örtüsü için oluşan en büyük ısı yükü 14.17 kW değerinde iken ÇPE örtü için en büyük ısı yükü 8.14 kW değerindedir.



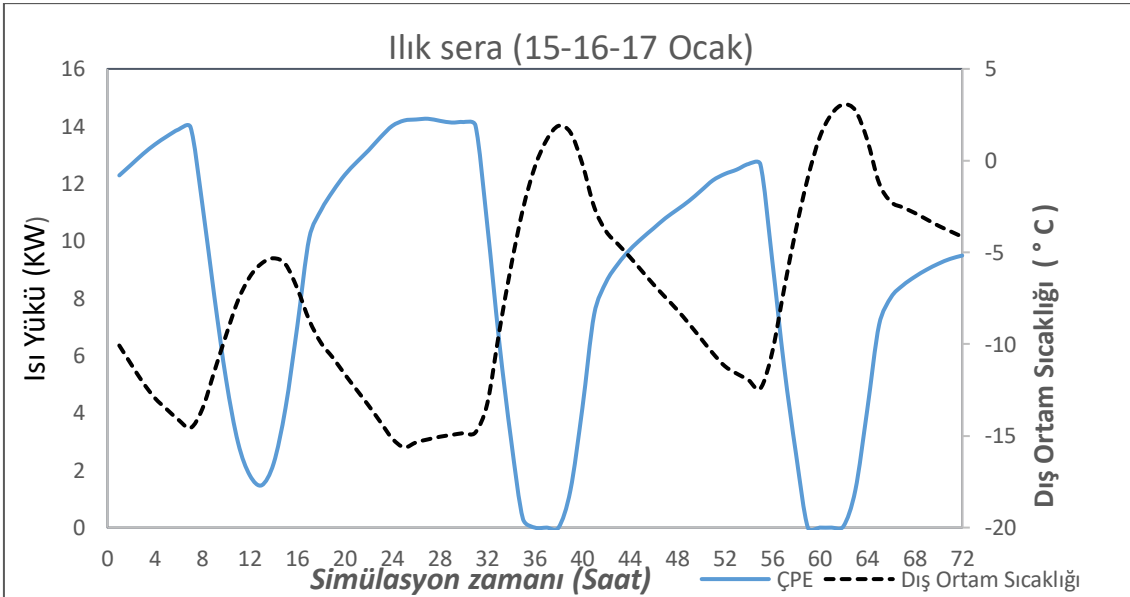
Şekil 4.3. Soğuk sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE ve cam sera örtüleri kullanımı sonucunda oluşan ısı yüklerinin zamana bağlı değişimi.

TRNSYS’de yapılan simülasyonlar sonucunda Van iklim şartlarındaki ılık seranın 15-17 Ocak tarihlerindeki ısı yüklerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Şekillerde ısı yükünün sıfır olduğu zamanlarda dış ortam sıcaklığı yüksek derecededir böylece sera içinde istenen sıcaklık değeri oluşmuştur ve bir ısı yüküne ihtiyaç yoktur. Şekil 4.4’de cam sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükü ve dış ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi gösterilmiştir. Dış ortam sıcaklık değerinin en düşük olduğu $-15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en yüksek ısı yükü oluşmuştur ve 22.2 kW değerindedir.



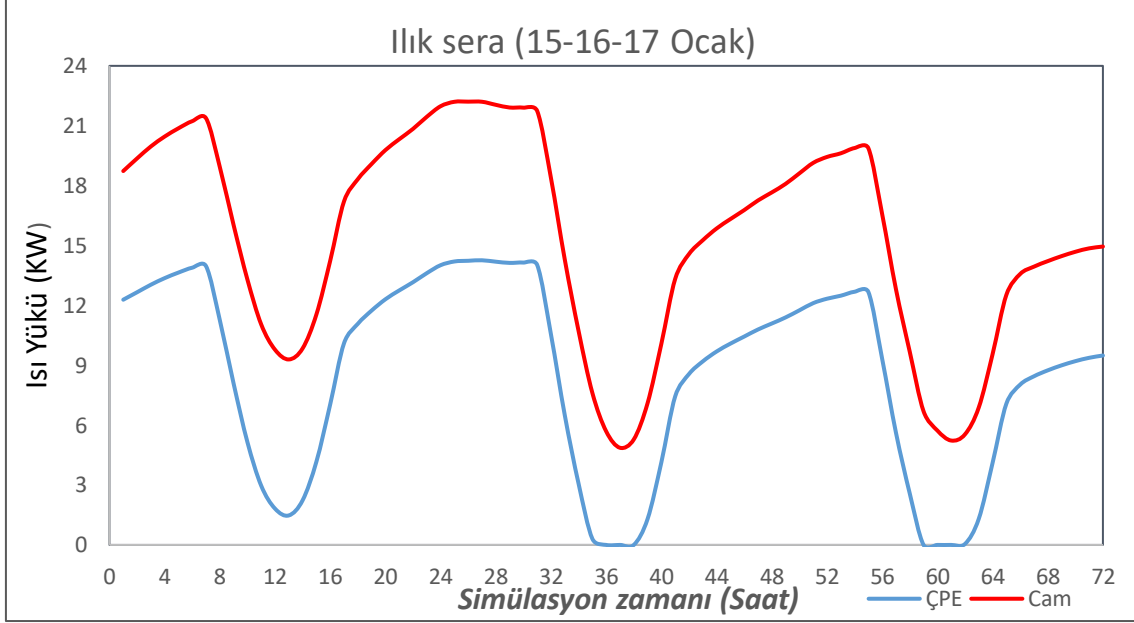
Şekil 4.4. Ilık sera için 15-17 Ocak tarihlerinde cam sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi.

Şekil 4.5’de çift katlı polietilen (ÇPE) sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün ve dış ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi gösterilmiştir. Dış ortam sıcaklık değerinin en düşük olduğu $-15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de en yüksek ısı yükü oluşmuştur ve 14.26 kW değerindedir.



Şekil 4.5. Ilık sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yükünün zamana bağlı değişimi.

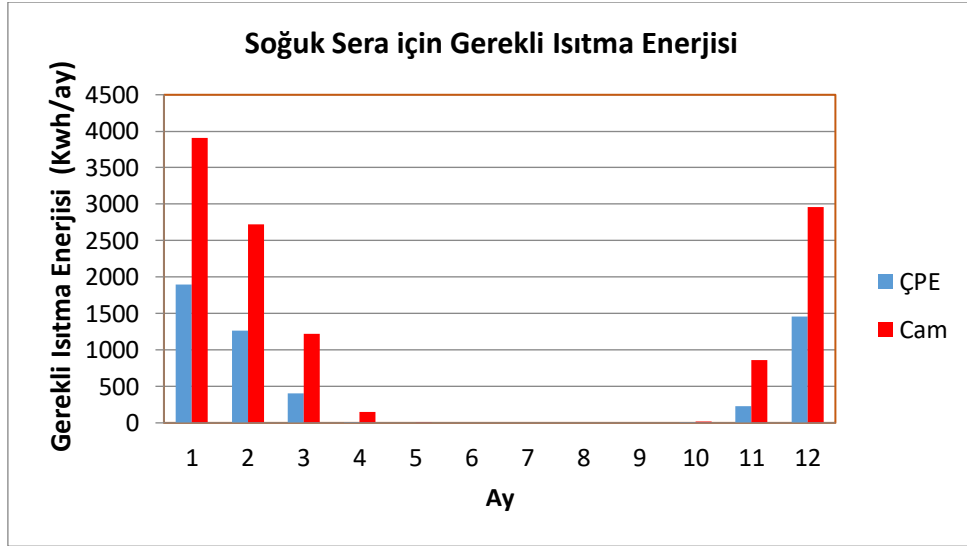
Şekil 4.6'da ılık sera için cam sera örtüsü ve çift katlı polietilen sera örtüsü kullanımı sonucunda oluşan ısı yüklerinin üç günlük grafiği verilmiştir. En büyük ısı yükleri 16 Ocak'ta sıcaklık değerinin en düşük olduğu saatlerde oluşmuştur. Cam sera örtüsü için oluşan en büyük ısı yükü 22.2 kW değerinde iken ÇPE örtü için en büyük ısı yükü 14.26 kW değerindedir.



Şekil 4.6. Ilık sera için 15-17 Ocak tarihlerinde ÇPE ve cam sera örtüleri kullanımı sonucunda oluşan ısı yüklerinin zamana bağlı değişimi.

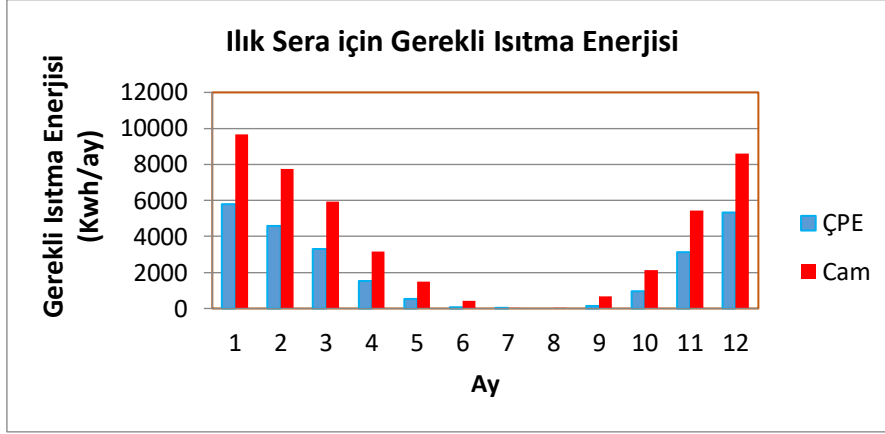
4.2. Soğuk ve Ilık Sera için Gerekli Enerji Miktarları

TRNSYS ile hesaplanan aylık gerekli ısıtma enerjisi miktarlarının farklı sera örtüleri kullanımı sonucunda değişimi, Van iklim şartlarındaki, ayar noktası sıcaklığı 6°C olan soğuk sera için Şekil 4.7’de gösterilmektedir. Cam ve ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda en yüksek aylık gerekli ısıtma enerjisi miktarlarının Ocak ayında, Cam ve ÇPE sera örtüsü için sırasıyla 3906.8 kW ve 1899.2 kW değerlerinde olduğu görülmektedir. ÇPE sera örtüsü kullanan soğuk seranın 5 ay boyunca (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül) gerekli ısıtma enerjisi miktarı sıfırdır (Şekil 4.7).



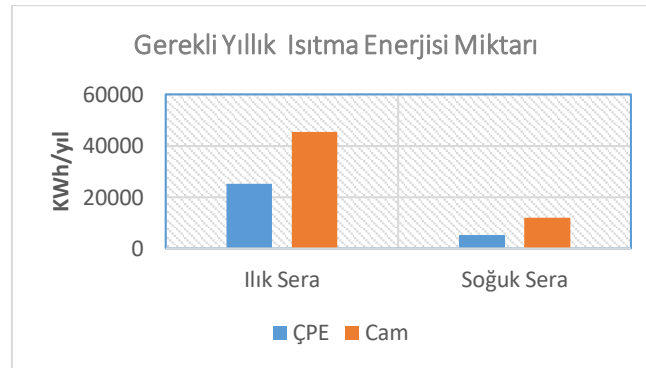
Şekil 4.7. Van İklim şartlarındaki soğuk sera için ÇPE ve cam sera örtülerinin kullanımı sonucunda aylık gerekli ısıtma enerjisi miktarlarının değişimi.

Aylık gerekli ısıtma enerjisi miktarlarının farklı sera örtüleri kullanımı sonucunda değişimi, Van iklim şartlarındaki, ayar noktası sıcaklığı 17°C olan ılık sera için Şekil 4.8.'de gösterilmektedir. Cam ve ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda en yüksek aylık gerekli ısıtma enerji miktarlarının Ocak ayında, Cam ve ÇPE sera örtüleri için sırasıyla 9665.8 kW ve 5791.1 kW değerlerinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Van İklim şartlarındaki ılık sera için ÇPE ve cam sera örtülerinin kullanımı sonucunda aylık gerekli ısıtma enerji miktarlarının değişimi.

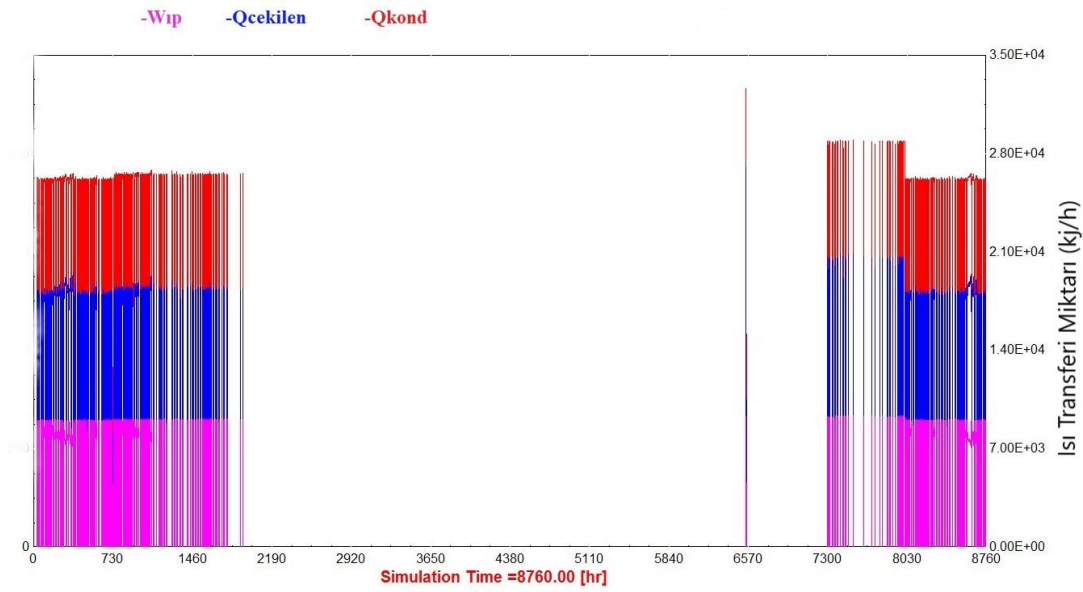
Soğuk ve ılık seranın yıllık ısıtma enerjisinin Cam ve ÇPE sera örtüsü kullanımı sonucunda değişimi Şekil 4.9'da gösterilmektedir. Soğuk sera için yıllık gerekli ısıtma enerjileri cam ve ÇPE sera örtüleri için sırasıyla 11863 kWh ve 5269 kWh olduğu görülmektedir. Ilık sera için yıllık gerekli ısıtma enerjileri cam ve ÇPE sera örtüleri için sırasıyla 45351 kWh ve 25288 kWh olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Van iklim şartlarındaki soğuk ve sıcak seraların ÇPE ve cam kullanımı sonucunda yıllık gerekli ısıtma enerji miktarlarının değişimi.

4.3. Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası (GDIP) Sisteminin Soğuk Sera Simülasyon Sonuçları

TRNSYS'de modellenen GDIP sisteminin 20 m² yüzey alanlı düzlemsel güneş kolektörü (DGK) kullanımı sonucunda elde edilen ısı pompasına ait simülasyon sonuçları Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Şekil 4.10'da çalışmada kullanılan ısı pompasının kaynaktan çektiği ve kondensere verdiği ısı miktarlarındaki değişim ve bu sırada su kaynaklı ısı pompasının tükettiği güç miktarındaki değişimler görülmektedir. Kaynaktan çekilen ısı miktarı 18000-21000 kJ/h aralığında değişirken, Isı pompası kondensere verilen ısı miktarı ise 26000-29000 kJ/h aralığında değişmektedir. Isı pompasının tükettiği güç miktarının da 13000 kJ/h civarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.10). Grafikte 2160-6552 saatleri arası Nisan-Eylül ayları arasındaki süreyi (bu aylar dahil) belirtmektedir. Görüldüğü gibi ısı pompası bu süre içinde çalışmamaktadır.



Şekil 4.10. Isı pompasının kaynaktan çektiği, kondensere verdiği ısı miktarları ve ısı pompası kompresörünün güç tüketim değerleri.

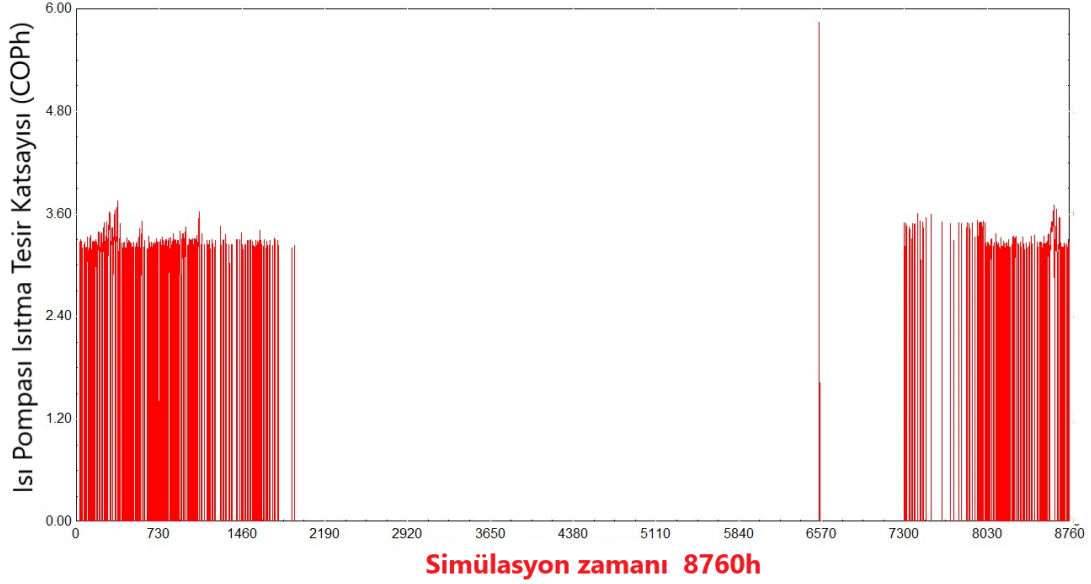
Burada:

$Q_{\text{çekilen}}$: Kaynaktan çekilen toplam ısı miktarı (kJ/h)

Q_{kond} : Kondensere verilen toplam ısı miktarı (kJ/h)

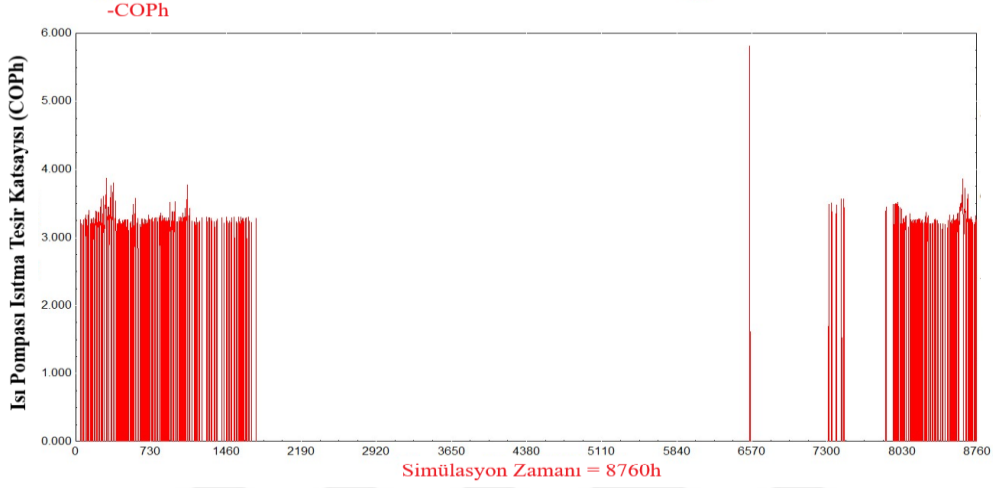
$\dot{W}_{\text{ıp}}$: Isı pompasının tükettiği güç (kJ/h)

Şekil 4.11’de 20 m² DGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompasının ısıtma tesir katsayısının (COPh) zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Yıllık ortalama ısı pompası tesir katsayısı (COPh) 3.12 olarak hesaplanırken yıllık ortalama sistemin performans katsayısı (COPsys) ise 2.53 olarak hesaplanmıştır.



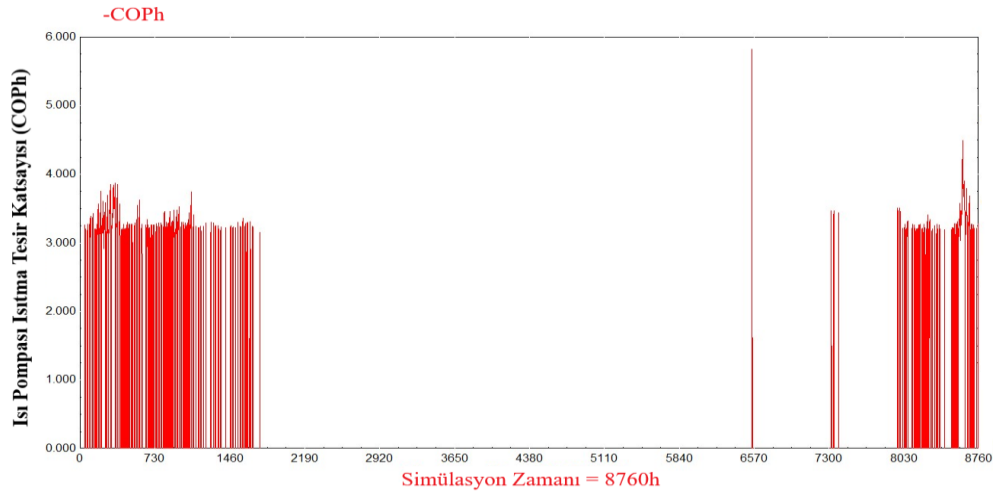
Şekil 4.11. Isı pompasının DGK kullanımı sonucunda oluşan bir yıllık ısıtma tesir katsayısı değişimi (COPh).

Şekil 4.12’de 20 m² Vakum tüplü güneş kolektörü (VTGK) kullanımı sonucunda oluşan ısı pompasının ısıtma tesir katsayısının (COPh) zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Yıllık ortalama ısı pompası tesir katsayısı (COPh) 3.13 olarak hesaplanırken yıllık ortalama sistemin performans katsayısı (COPsys) ise 2.53 olarak hesaplanmıştır.



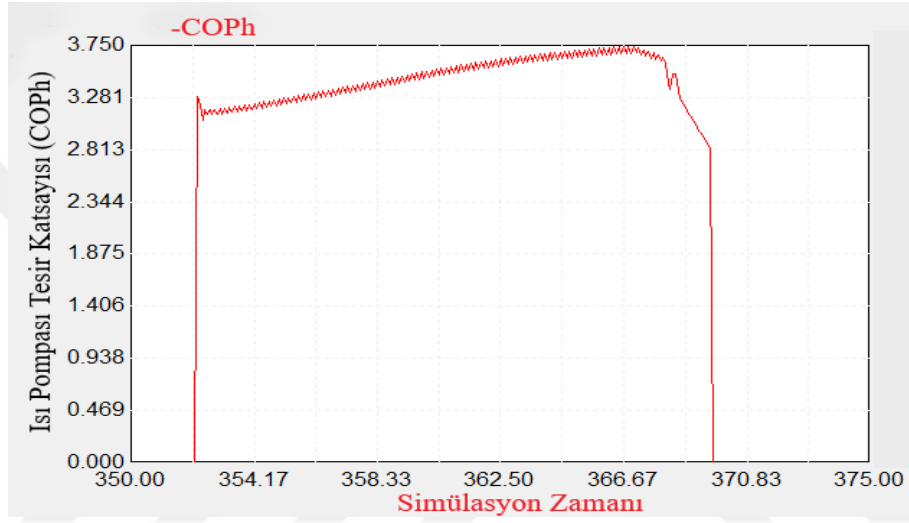
Şekil 4.12. Isı pompasının VTGK kullanımı sonucunda oluşan bir yıllık ısıtma tesir katsayısı değişimi (COPh).

Şekil 4.13’de 20 m² Parabolik güneş kolektörü (PGK) kullanımı sonucunda oluşan ısı pompasının ısıtma tesir katsayısının (COPh) zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Yıllık ortalama ısı pompası tesir katsayısı (COPh) 3.16 olarak hesaplanırken yıllık ortalama sistemin performans katsayısı (COPsys) ise 2.54 olarak hesaplanmıştır.

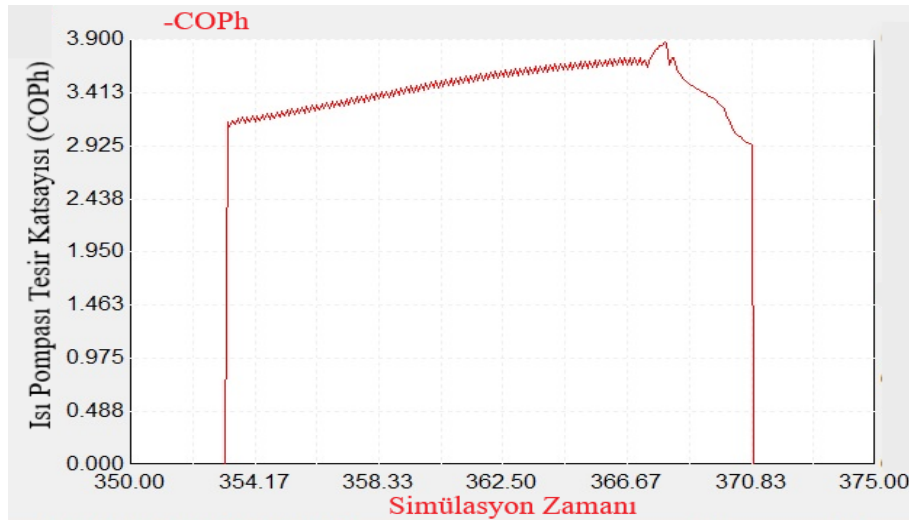


Şekil 4.13. Isı pompasının PGK kullanımı sonucunda oluşan bir yıllık ısıtma tesir katsayısı değişimi (COPh).

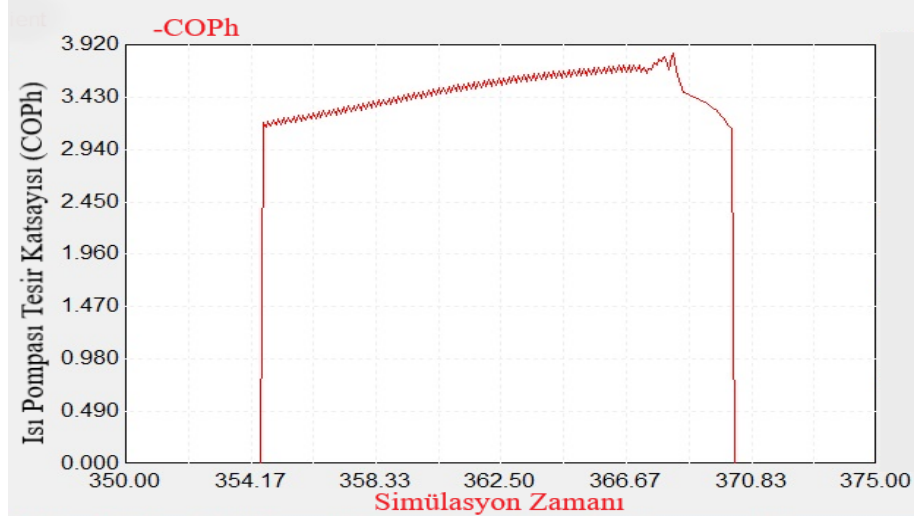
Güneşli bir günde 20 m² yüzey alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası ısıtma tesir katsayılarının (COPh) zamana bağlı değişimi Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'de gösterilmiştir. Isı pompası tesir katsayıları (COPh) Dgk, Vtgk ve Pgk kullanımı sonucunda sırasıyla en fazla 3.75, 3.90 ve 3.92 değerlerine ulaşmıştır. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi en büyük COPh değerine (3.92) PGK kullanımı sonucunda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Isı pompası tesir katsayısının artması ısı pompası veriminin artması demektir ve bu durumda daha az enerji tüketimi anlamına gelmektedir.



Şekil 4.14. Dgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).



Şekil 4.15. Vtgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).



Şekil 4.16. Pkg kullanımını sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh).

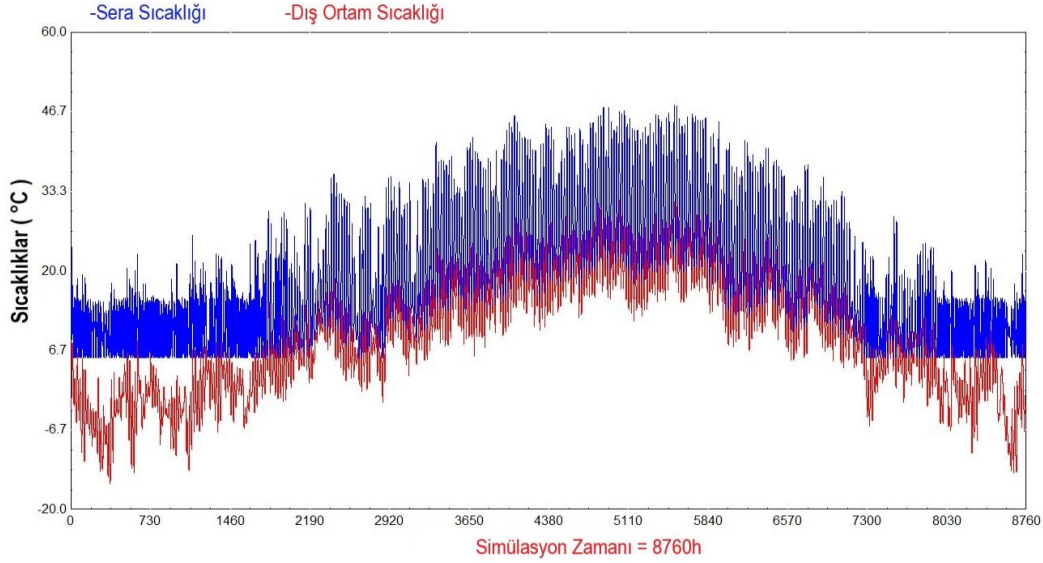
Çizelge 4.1. Ele alınan GDIP ile soğuk sera ısıtılması durumunda güç tüketim değerleri ve oranları.

Sistem Elemanları	Güç tüketimi (kWh/yıl)	Oran (%)
Isı pompası	2921.54	81.06
Göl pompası	93.49	2.59
Eşanjör pompası	24.93	0.69
Tank pompası	24.93	0.69
Kolektör pompası	35.17	0.97
Isıtma pompası	48.66	1.35
Fan coil	455.20	12.63
Toplam harcanan enerji	3606.09	100.00

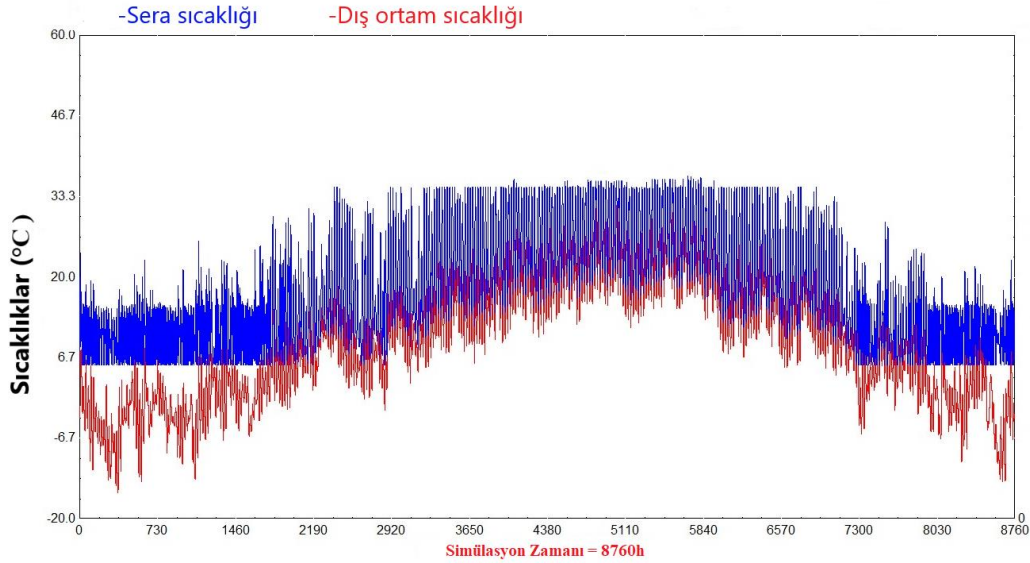
Çizelge 4.2. Ele alınan GDIP ile soğuk sera ısıtılması durumunda toplam ısı transfer miktarları.

Isı Transfer Miktarları	kWh/year
Tanktan çevreye olan ısı kaybı	1205
Isı pompasıyla kaynaktan elde edilen ısı miktarı	6198
Isı pompasıyla yük tarafına aktarılan ısı miktarı	9120

Soğuk sera ve dış ortamın yıllık (8760h) sıcaklık değişimleri Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de gösterilmektedir. Şekil 4.17'de sera güneşlik örtüsü kullanılmamıştır ve yaz mevsiminde sera içinde 48 °C'ye kadar ulaşan sıcaklıklar oluşmuştur. Sera güneşlik örtüsü kullanıldığında ise Şekil 4.18'de görüldüğü gibi sera sıcaklığı yıl boyunca 5°C ve 35 °C aralığındadır. Böylece güneşlik örtüsü yardımıyla yaz mevsiminde bitkilerin aşırı sıcaklıklardan korunması sağlanmıştır.



Şekil 4.17. Güneşlik örtüsü kullanılmadığında oluşan soğuk sera ve dış ortam sıcaklık değişimi.



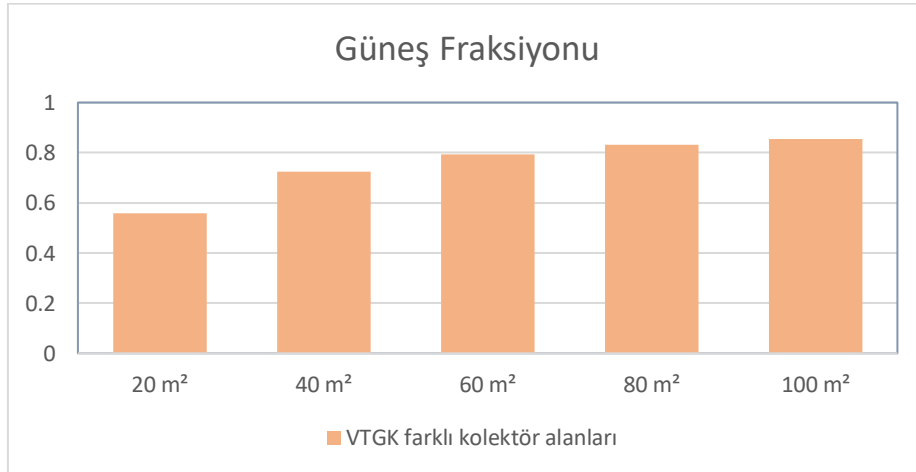
Şekil 4.18. Güneşlik örtüsü kullanıldığında oluşan soğuk sera ve dış ortam sıcaklık değişimi.

Güneş fraksiyonunun düzlemsel güneş kolektörü (DGK) farklı yüzey alanları kullanımı sonucunda elde edilen değişimi Şekil 4.19'da gösterilmiştir. 20 m² kolektör yüzey alanı kullanılıncaya SF yüzde % 27.7 değerinde iken 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda bu oran yüzde % 44.5 olmuştur.



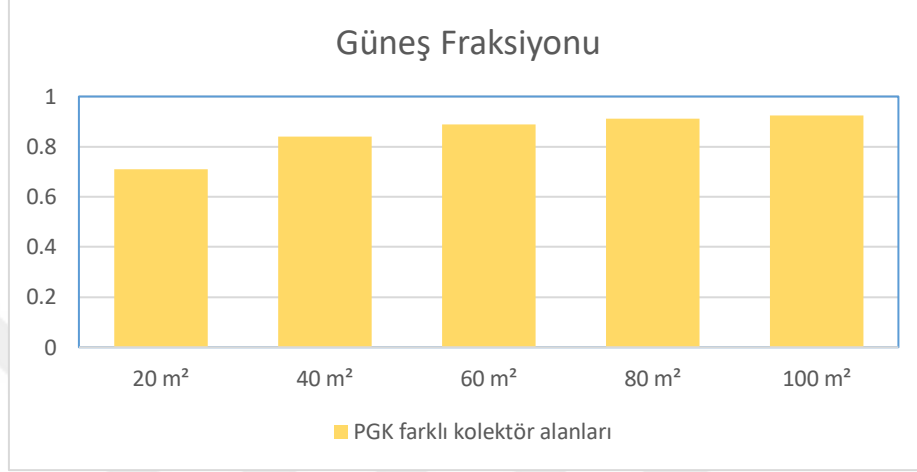
Şekil 4.19. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.

Güneş fraksiyonunun vakum tüplü güneş kolektörü (VTGK) farklı yüzey alanları kullanımı sonucunda elde edilen değişimi Şekil 4.20'de gösterilmiştir. 20 m² kolektör yüzey alanı kullanılıncaya SF yüzde % 55 değerinde iken 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda bu oran yüzde % 85.4 olmuştur.



Şekil 4.20. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.

Güneş fraksiyonunun parabolik güneş kolektörü (PGK) farklı yüzey alanları kullanımı sonucunda elde edilen değişimi Şekil 4.21’de gösterilmiştir. 20 m² kolektör yüzey alanı kullanılıncaya SF yüzde % 70 değerinde iken 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda bu oran yüzde % 92 olmuştur.



Şekil 4.21. Farklı yüzey alanlarında PGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.

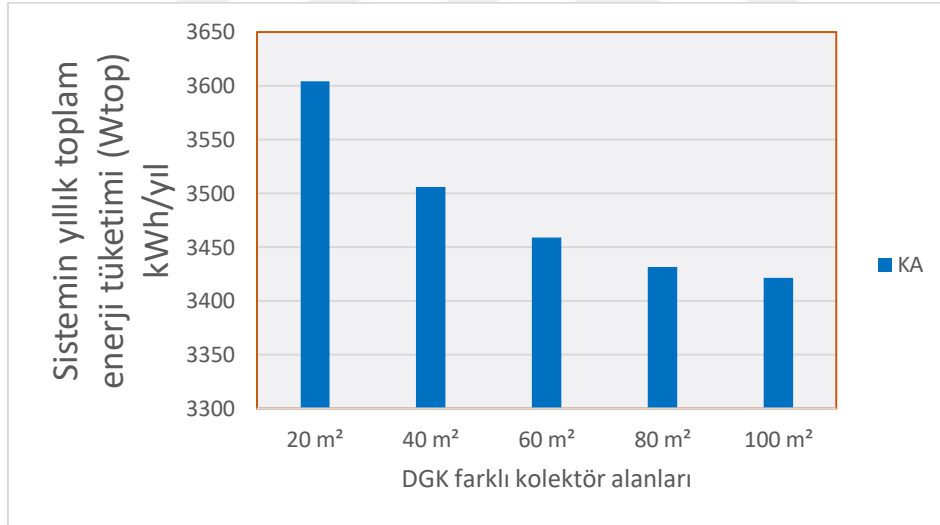
Yukarıdaki veriler ışığında aynı kolektör alanlarında en büyük güneş fraksiyonu (SF) değerinin PGK kullanımı sonucunda elde edildiği görülmektedir. En düşük güneş fraksiyonu (SF) değeri ise DGK kullanımı sonucunda elde edilmiştir. Bu beklenen bir durumdur çünkü parabolik güneş kolektörleri (PGK) diğer kolektör türlerine göre daha iyi bir verime ve performansa sahiptirler. Literatürde bu durumla ilgili birçok çalışma mevcuttur. Sobhansarbandi ve Atıkol (2015) çalışmalarında yerden ısıtma sistemi için parabolik ve düzlemsel güneş kolektörü kullanmışlar ve bu kolektörlerin performanslarını karşılaştırmışlardır. Parabolik güneş kolektörünün düzlemsel güneş kolektörüne göre daha iyi bir performans sağladığını belirtmişlerdir. Kurdukları sistemlerinde 2 m² alanlı PGK kullanımının 8 m² alanlı DGK kullanımı ile eşdeğer olduğunu belirtmişlerdir.

4.3.1. Farklı sistem parametrelerinin GDIP ile soğuk sera ısıtma sistemi performansına etkileri

Bu bölümde elde edilen simülasyon sonuçları ile bazı sistem parametrelerinin GDIP ile soğuk sera ısıtılması durumunda sistemin performansına olan etkileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.

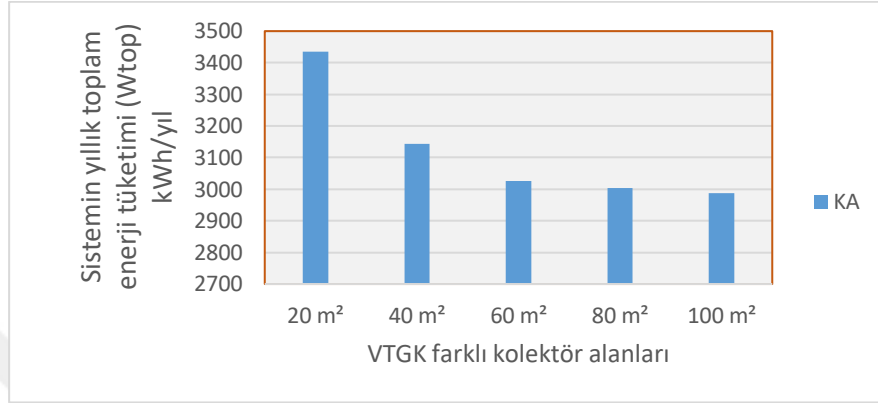
4.3.1.1. Farklı kolektör tiplerinin ve alanlarının soğuk sera ısıtma sistemi performansına etkileri

Soğuk sera sisteminde düzlemsel güneş kolektörünün (DGK) farklı alanlarda kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimindeki değişim Şekil 4.22’de gösterilmektedir. 20 m² ve 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 3603.95 kWh/yıl ve 3421.39 kWh/yıl değerlerindedir (Şekil 4.22).



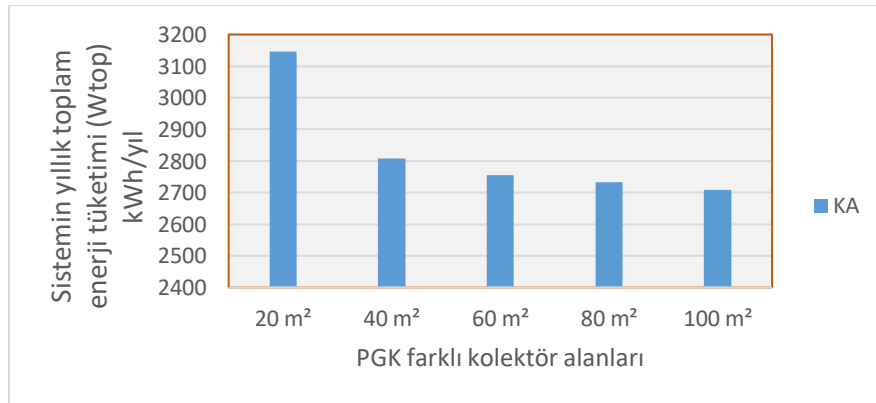
Şekil 4.22. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.

Soğuk sera sisteminde vakum tüplü güneş kolektörünün (VTGK) farklı alanlarda kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimindeki değişim Şekil 4.23’de gösterilmektedir. 20 m² ve 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 3435.2 kWh/yıl ve 2986.8 kWh/yıl değerlerindedir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.

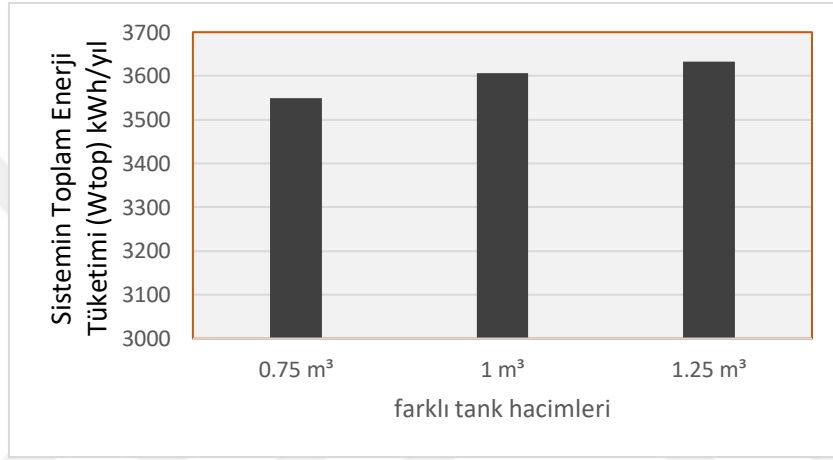
Soğuk sera sisteminde parabolik güneş kolektörünün (PGK) farklı alanlarda kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimindeki değişim Şekil 4.24’de gösterilmektedir. 20 m² ve 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 3145.7 kWh/yıl ve 2707.9 kWh/yıl değerlerindedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Farklı yüzey alanlarında PGK kullanımı sonucunda soğuk sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.

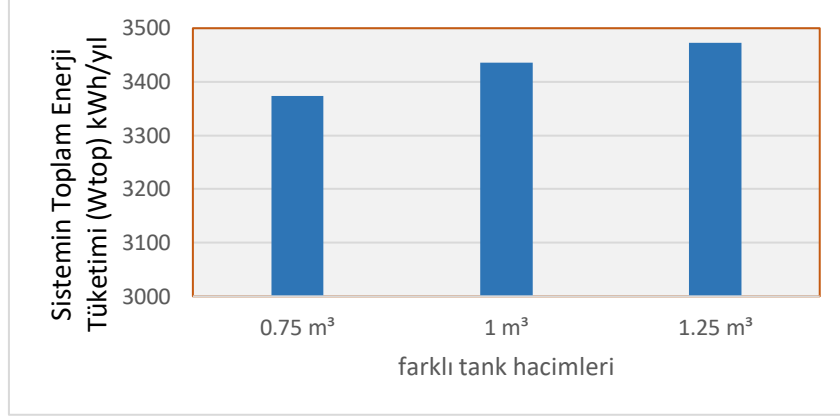
4.3.1.2 Farklı tank hacimlerinin soğuk sera ısıtma sistemi performansına etkileri

20 m² yüzey alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda sistemin yıllık enerji tüketimi ile tank hacimleri arasındaki değişim Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Şekil 4.13’de 0.75 m³ ve 1.25 m³ hacimlerinde kullanılan tanklar için sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 3549 kWh/yıl ve 3632 kWh/yıl değerlerindedir. DGK kullanımı sonucunda sistemin en az enerji tüketimi 0.75 m³ hacimdeki tank ile gerçekleşmiştir.



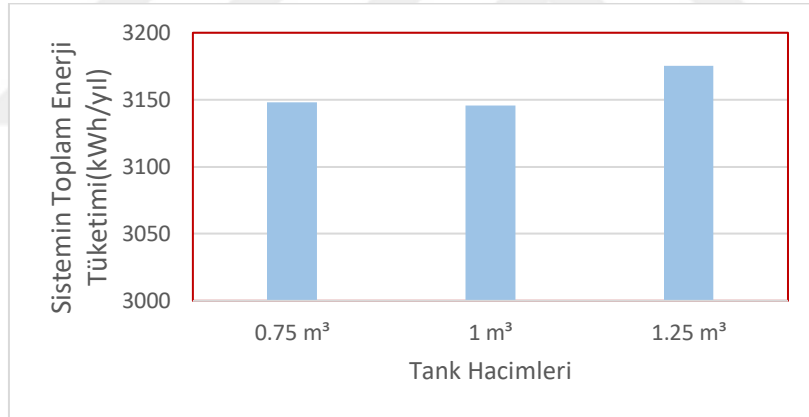
Şekil 4.25. Soğuk serada 20 m² DGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi

Şekil 4.26’da 0.75 m³ ve 1.25 m³ hacimlerinde kullanılan tanklar için sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 3373 kWh/yıl ve 3472 kWh/yıl değerlerindedir. VTGK kullanımı sonucunda sistemin en az enerji tüketimi 0.75 m³ hacimdeki tank ile gerçekleşmiştir.



Şekil 4.26. Soğuk serada 20 m² VTGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi

Şekil 4.27’de 0.75 m³ ve 1 m³ hacimlerinde kullanılan tanklar için sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 3148 kWh/yıl ve 3145 kWh/yıl değerlerindedir. PGK kullanımı sonucunda sistemin en az enerji tüketimi 1 m³ hacimdeki tank ile gerçekleşmiştir.

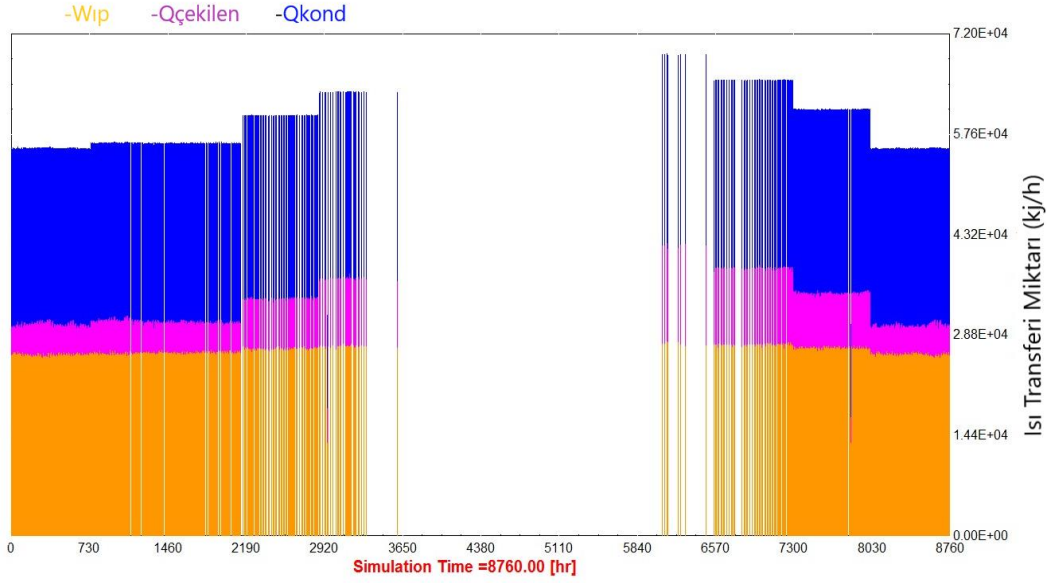


Şekil 4.27. Soğuk serada 20 m² PGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi

Yukarıdaki veriler ışığında 0.75, 1 ve 1.25 m³ olarak değiştirilen tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi düşük oranlardadır.

4.4. Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası (GDIP) Sisteminin Ilk Sera Simülasyonunun Sonuçları

TRNSYS'de modellenen GDIP sisteminin 20 m² yüzey alanlı düzlemsel güneş kolektörü (DGK) kullanımı sonucunda elde edilen ısı pompasına ait simülasyon sonuçları Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Şekil 4.28'de çalışmada kullanılan ısı pompasının kaynaktan çektiği ve kondensere verdiği ısı miktarlarındaki değişim ve bu sırada su kaynaklı ısı pompasının tükettiği güç miktarındaki değişimler görülmektedir. Kaynaktan çekilen ısı miktarı 30000-38500 kJ/h aralığında değişirken, Isı pompası kondensere verilen ısı miktarı ise 55000-65000 kJ/h aralığında değişmektedir. Isı pompasının tükettiği güç miktarının da 26600 kJ/h civarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.28). Grafikte 3624-5832 saatleri arası Haziran, Temmuz, Ağustos aylarını belirtmektedir. Görüldüğü gibi ısı pompası bu süre içinde çalışmamaktadır.



Şekil 4.28. Isı pompasının kaynaktan çektiği ve kondensere attığı ısı miktarları ile ısı pompası kompresörünün güç tüketim değerleri

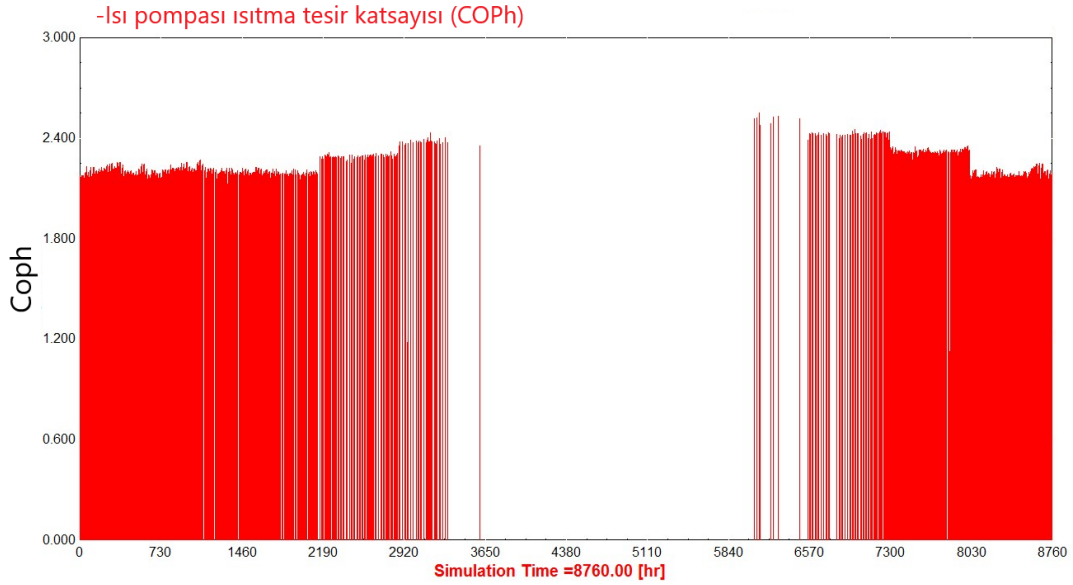
Burada:

$Q_{\text{çekilen}}$: Kaynaktan çekilen toplam ısı miktarı (kJ/h)

Q_{kond} : Kondensere verilen toplam ısı miktarı (kJ/h)

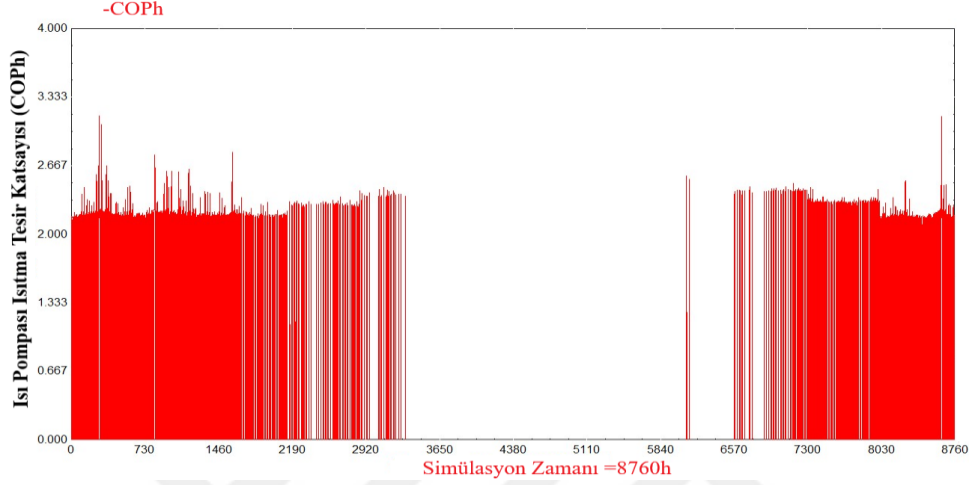
\dot{W}_{ip} : Isı pompasının tükettiği güç (kJ/h)

Şekil 4.29'da 20 m² DGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompasının ısıtma tesir katsayısının (COP_h) zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Yıllık ortalama ısı pompası tesir katsayısı (COP_h) 2.21 olarak hesaplanırken yıllık ortalama sistemin performans katsayısı (COP_{sys}) ise 1.83 olarak hesaplanmıştır.



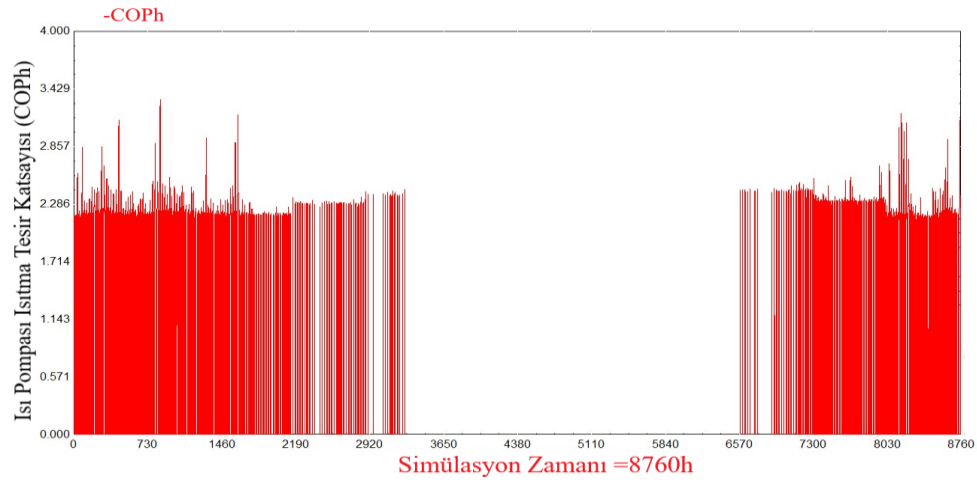
Şekil 4.29. Isı pompasının DGK kullanımı sonucunda oluşan zamana bağlı yıllık COP değişimi

Şekil 4.30'da 20 m² VTGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompasının ısıtma tesir katsayısının (COPh) zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Yıllık ortalama ısı pompası tesir katsayısı (COPh) 2.22 olarak hesaplanırken yıllık ortalama sistemin performans katsayısı (COPsys) ise 1.85 olarak hesaplanmıştır.



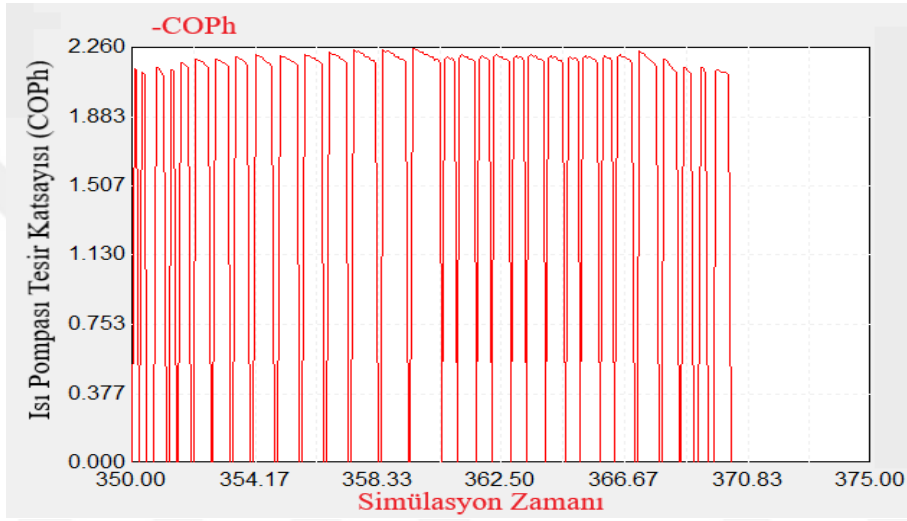
Şekil 4.30. Isı pompasının VTGK kullanımı sonucunda oluşan zamana bağlı yıllık COP değişimi

Şekil 4.31'de 20 m² PGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompasının ısıtma tesir katsayısının (COPh) zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Yıllık ortalama ısı pompası tesir katsayısı (COPh) 2.25 olarak hesaplanırken yıllık ortalama sistemin performans katsayısı (COPsys) ise 1.87 olarak hesaplanmıştır.

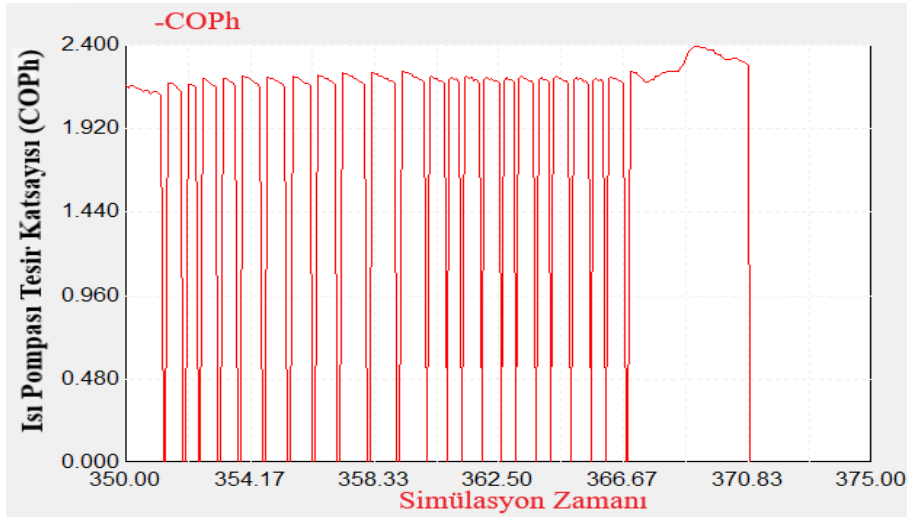


Şekil 4.31. Isı pompasının PGK kullanımı sonucunda oluşan zamana bağlı yıllık COP değişimi

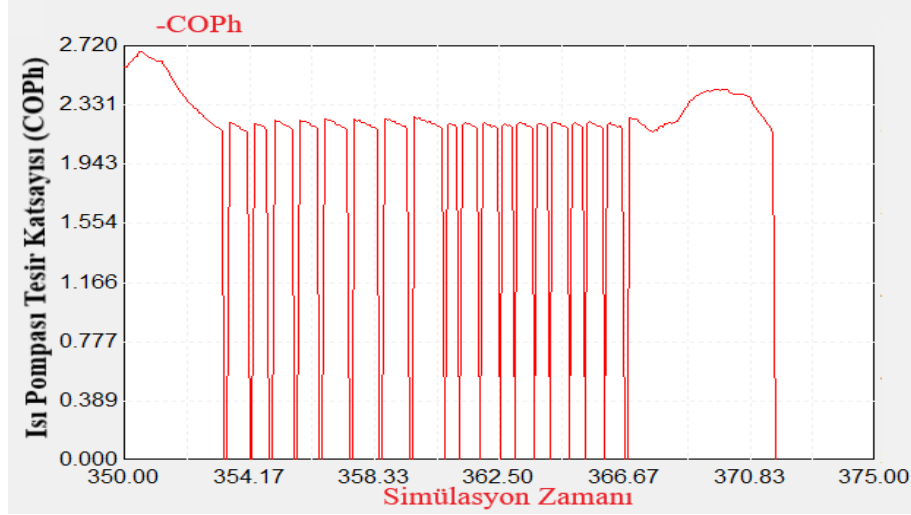
Güneşli bir günde 20 m^2 yüzey alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası ısıtma tesir katsayılarının (COPh) zamana bağlı değişimi Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'de gösterilmiştir. Isı pompası tesir katsayıları (COPh) Dgk, Vtgk ve Pgk kullanımı sonucunda sırasıyla en fazla 2.26, 2.40 ve 2.72 değerlerine ulaşmıştır. Şekil 4.34'de görüldüğü gibi en büyük COPh değerine (2.72) PGK kullanımı sonucunda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Isı pompası tesir katsayısının artması ısı pompası veriminin artması demektir ve bu durumda daha az enerji tüketimi anlamına gelmektedir.



Şekil 4.32. Dgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh)



Şekil 4.33. Vtgk kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh)



Şekil 4.34. Pkg kullanımını sonucunda oluşan ısı pompası tesir katsayısı (COPh)

Isı pompalarıyla ilgili literatür çalışmaları incelendiğinde bu çalışma sonucunda elde edilen ısı pompası tesir katsayılarının (COPh) literatürle örtüştüğü görülmektedir.

Çizelge 4.3. Isı pompalarıyla ilgili bazı literatür çalışmaları

Referans	Isı pompası türü	Isı pompası nominal ısıtma kapasitesi	Kullanım amacı	Performans katsayısı (COP)	Tank Hacmi
Li ve ark.(2014)	Su kaynaklı ısı pompası	116.7 kW	Mahal ısıtma ve sıcak su ihtiyacı	3.3 - 4.2 (Sistem COP)	105 m ³
Kong ve ark.(2020)	Su kaynaklı ısı pompası	-	Sıcak su ihtiyacı karşılanmasında	2.12-4.43 (Sistem COP)	0.2 m ³
Özgener ve Hepbaşlı(2005)	Jeotermal kaynaklı ısı pompası	-	Sera ısıtma	2.0-3.13(Isı pompası COP)	-
Plytaria ve ark.(2018)	Su kaynaklı ısı pompası	3 kW	Mahal Isıtma	5.6-6.4 (Isı pompası COP)	1 m ³
Gracia ve ark.(2019)	Su kaynaklı ısı pompası	20 kW	Sıcak su ihtiyacı karşılanmasında	4.62 (Isı pompası COP)	2 m ³
Liu ve ark.(2014)	Su kaynaklı ısı Pompası	50 kW	Mahal Isıtma	4.18 (Isı pompası COP)	40 m ³
Bellos ve Tzivanidis (2017)	Su kaynaklı ısı Pompası	5 kW	Mahal Isıtma	4 (Amsterdam iklim şartlarında Isı pompası COP)	1 m ³
Kong ve ark.(2018)	Su kaynaklı ısı pompası	-	Sıcak su ihtiyacı karşılanmasında	2.77-4.45 (Isı pompası COP)	0.195 m ³
Duanmu ve ark.(2017)	Toprak kaynaklı ısı pompası	305 kW	Mahal ısıtma ve soğutma	2.58 (Isı pompası ortalama COP)	58 m ³

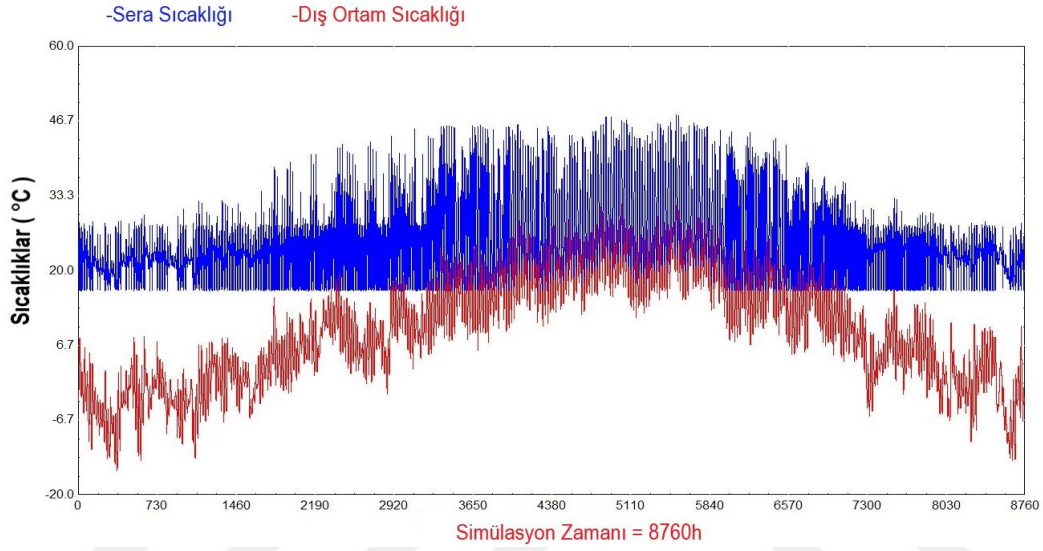
Çizelge 4.4. Ele alınan GDIP ile ılık sera ısıtılması durumunda güç tüketim değerleri ve oranları

Sistem Elemanları	Güç tüketimi (kWh/yıl)	Oran (%)
Isı pompası	15425.24	82.73
Göl pompası	181.51	0.97
Eşanjör pompası	42.71	0.23
Tank pompası	42.71	0.23
Kolektör pompası	99.48	0.53
Isıtma pompası	802.35	4.30
Fan coil	2051.24	11.00
Toplam harcanan enerji	18668.06	100.00

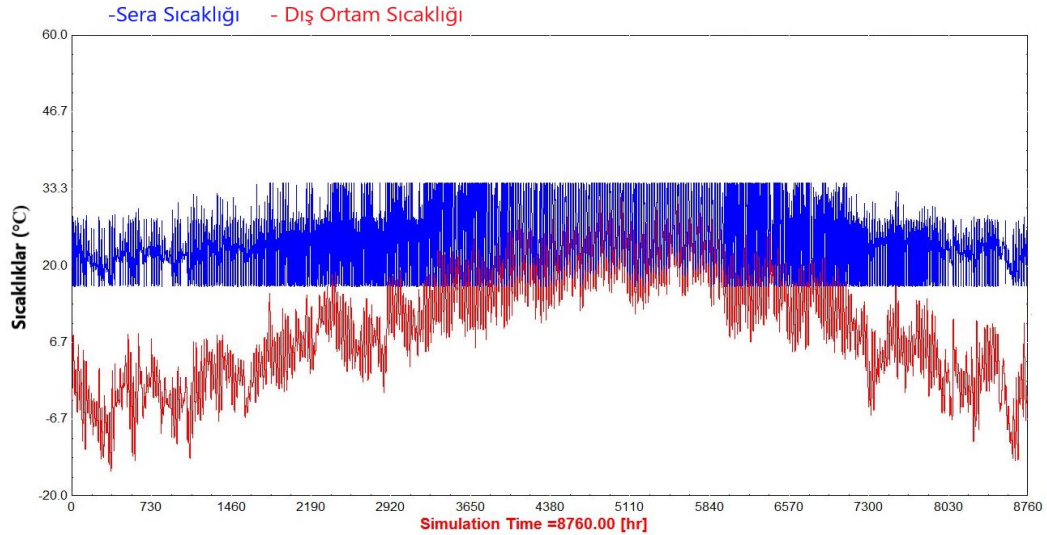
Çizelge 4.5. Ele alınan GDIP ile ılık sera ısıtılması durumunda toplam ısı transfer miktarları

Isı Transfer Miktarları	kWh/year
Tanktan çevreye olan ısı kaybı	1778
Isı pompasıyla kaynaktan elde edilen ısı miktarı	18590
Isı pompasıyla yük tarafına aktarılan ısı miktarı	34015

Ilık sera ve dış ortamın yıllık (8760h) sıcaklık değişimleri Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da gösterilmektedir. Şekil 4.35'de sera güneşlik örtüsü kullanılmamıştır ve yaz mevsiminde sera içinde 48 °C'ye kadar ulaşan sıcaklıklar oluşmuştur. Sera güneşlik örtüsü kullanıldığında ise Şekil 4.36'da görüldüğü gibi sera sıcaklığı yıl boyunca 16°C ve 35 °C aralığındadır. Böylece güneşlik örtüsü yardımıyla yaz mevsiminde bitkilerin aşırı sıcaklıklardan korunması sağlanmıştır.

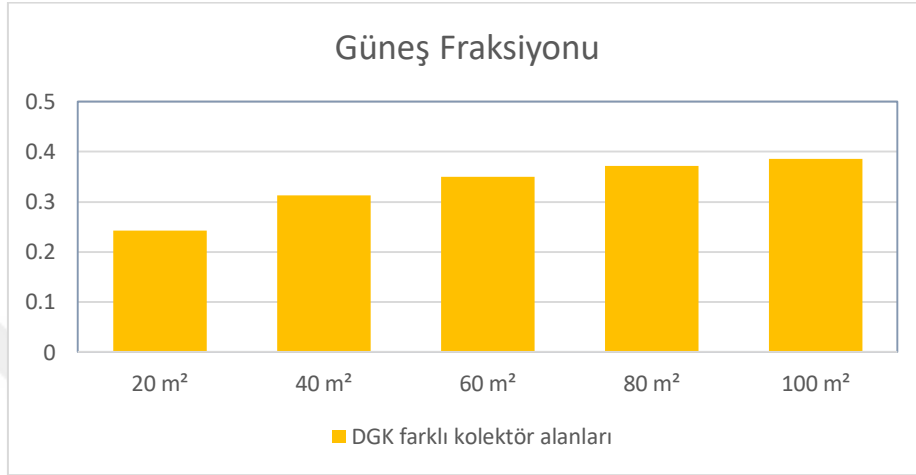


Şekil 4.35. Güneşlik örtüsü kullanılmadığında oluşan ılık sera ve dış ortam sıcaklık değişimi



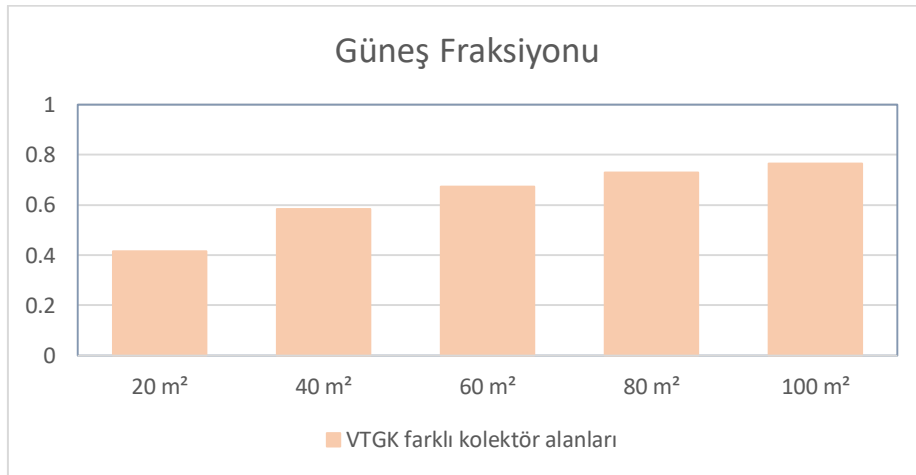
Şekil 4.36. Güneşlik örtüsü kullanıldığında oluşan ılık sera ve dış ortam sıcaklık değişimi

Güneş fraksiyonunun düzlemsel güneş kolektörü (DGK) farklı yüzey alanları kullanımı sonucunda elde edilen değişimi Şekil 4.37’de gösterilmiştir. 20 m² kolektör yüzey alanı kullanılıncaya SF yüzde % 24.2 değerinde iken 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda bu oran yüzde % 38.6 olmuştur.



Şekil 4.37. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.

Güneş fraksiyonunun vakum tüplü güneş kolektörü (VTGK) farklı yüzey alanları kullanımı sonucunda elde edilen değişimi Şekil 4.38’de gösterilmiştir. 20 m² kolektör yüzey alanı kullanılıncaya SF yüzde % 41.6 değerinde iken 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda bu oran yüzde % 76.5 olmuştur.



Şekil 4.38. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.

Güneş fraksiyonunun parabolik güneş kolektörü (PGK) farklı yüzey alanları kullanımı sonucunda elde edilen değişimi Şekil 4.39'da gösterilmiştir. 20 m² kolektör yüzey alanı kullanılıncaya SF yüzde % 53.4 değerinde iken 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda bu oran yüzde % 84.1 olmuştur.



Şekil 4.39. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin güneş fraksiyonu değişimi.

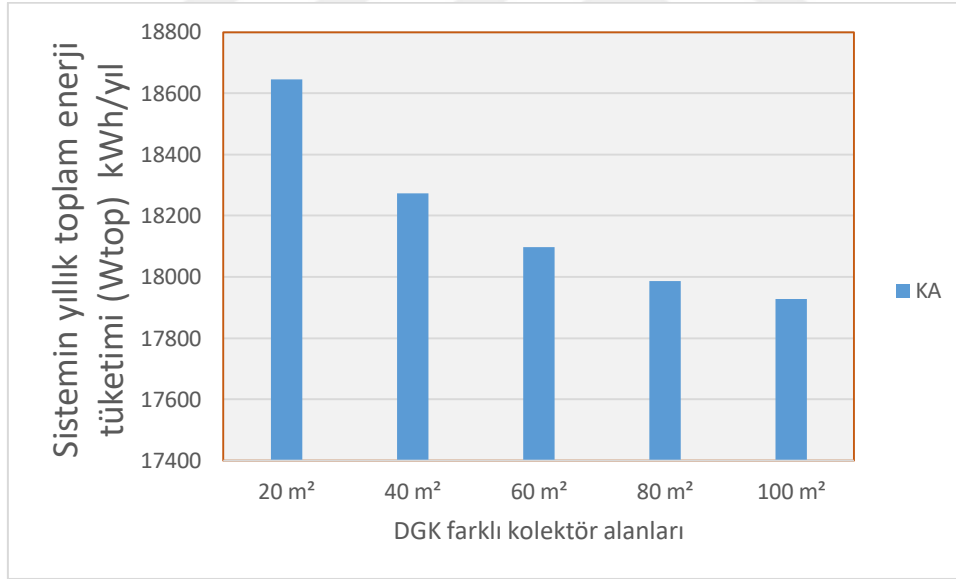
Yukarıdaki veriler ışığında aynı kolektör alanlarında en büyük güneş fraksiyonu (SF) değerinin PGK kullanımı sonucunda elde edildiği görülmektedir. En düşük güneş fraksiyonu (SF) değeri ise DGK kullanımı sonucunda elde edilmiştir. Bu beklenen bir durumdur çünkü parabolik güneş kolektörleri (PGK) diğer kolektör türlerine göre daha iyi bir verime ve performansa sahiptirler.

4.4.1. Farklı sistem parametrelerinin GDIP ile ılık sera ısıtma sistemi performansına etkileri

Bu kısımda elde edilen simülasyon sonuçları ile bazı sistem parametrelerinin GDIP ile ılık sera ısıtılması durumunda sistemin performansına olan etkileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.

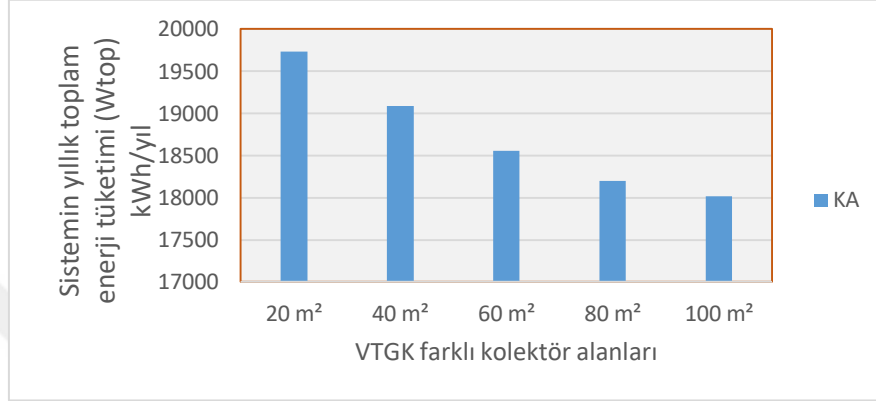
4.4.1.1. Farklı kolektör tiplerinin ve alanlarının ılık sera ısıtma sistemi performansına etkileri

Ilık sera sisteminde düzlemsel güneş kolektörünün (DGK) farklı alanlarda kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimindeki değişim Şekil 4.40'da gösterilmektedir. 20 m² ve 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 18645.25 kWh/yıl ve 17927.52 kWh/yıl değerlerindedir (Şekil 4.40).



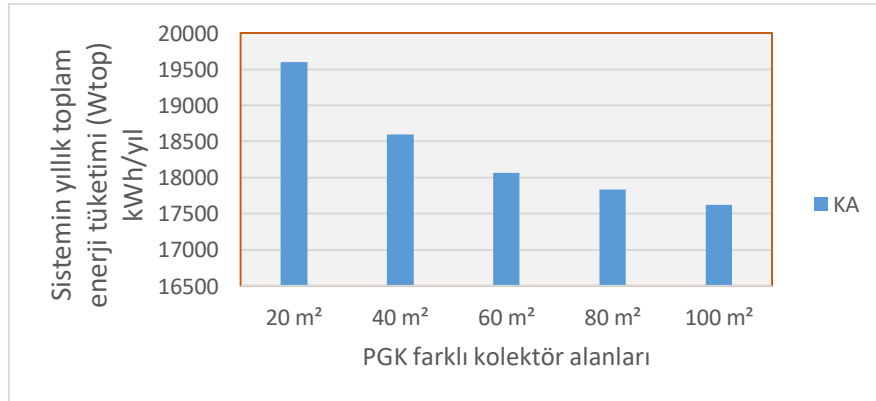
Şekil 4.40. Farklı yüzey alanlarında DGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.

Ilık sera sisteminde vakum tüplü güneş kolektörünün (DGK) farklı alanlarda kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimindeki değişim Şekil 4.41’de gösterilmektedir. 20 m² ve 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 19730.3 kWh/yıl ve 18016 kWh/yıl değerlerindedir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. Farklı yüzey alanlarında VTGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.

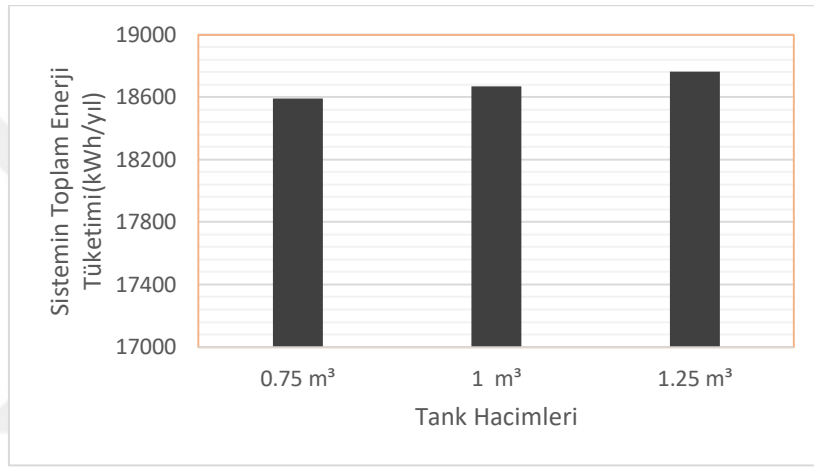
Ilık sera sisteminde parabolik güneş kolektörünün (PGK) farklı alanlarda kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimindeki değişim Şekil 4.42’de gösterilmektedir. 20 m² ve 100 m² kolektör yüzey alanı kullanımı sonucunda sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 19596.98 kWh/yıl ve 17621.6 kWh/yıl değerlerindedir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. Farklı yüzey alanlarında PGK kullanımı sonucunda ılık sera sisteminin toplam enerji tüketimindeki değişim.

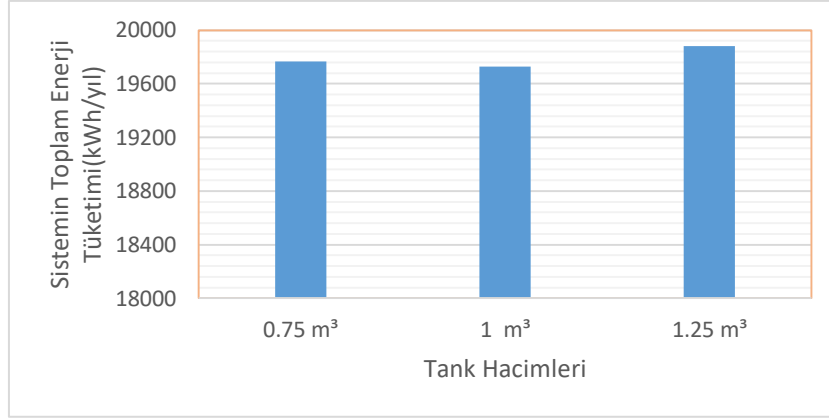
4.4.1.2 Farklı tank hacimlerinin GDIP ile ılık sera ısıtma sistemi performansına etkileri

20 m² yüzey alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda sistemin yıllık enerji tüketimi ile tank hacimleri arasındaki değişim Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45’de gösterilmiştir. Şekil 4.43’de 0.75 m³ ve 1.25 m³ hacimlerinde kullanılan tanklar için sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 18592 kWh/yıl ve 18761 kWh/yıl değerlerindedir. DGK kullanımı sonucunda sistemin en az enerji tüketimi 0.75 m³ hacimdeki tank ile gerçekleşmiştir.



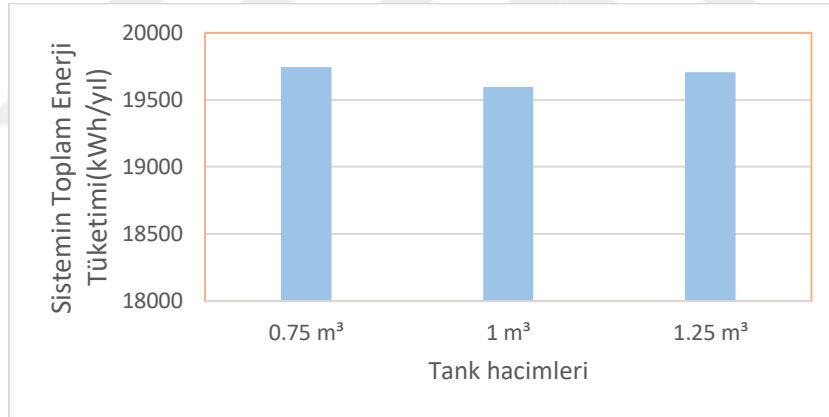
Şekil 4.43. İlık serada 20 m² DGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi

Şekil 4.44’de 0.75 m³ ve 1 m³ hacimlerinde kullanılan tanklar için sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 19765 kWh/yıl ve 19730 kWh/yıl değerlerindedir. VTGK kullanımı sonucunda sistemin en az enerji tüketimi 1 m³ hacimdeki tank ile gerçekleşmiştir.



Şekil 4.44. İlık serada 20 m² VTGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi

Şekil 4.45’de 0.75 m³ ve 1 m³ hacimlerinde kullanılan tanklar için sistemin toplam enerji tüketimi sırasıyla 19741 kWh/yıl ve 19596 kWh/yıl değerlerindedir. PGK kullanımı sonucunda sistemin en az enerji tüketimi 1 m³ hacimdeki tank ile gerçekleşmiştir.



Şekil 4.45. İlık serada 20 m² PGK kullanımı sonucunda farklı tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi

Yukarıdaki veriler ışığında 0.75, 1 ve 1.25 m³ olarak değiştirilen tank hacimlerinin sistemin toplam enerji tüketimine etkisi düşük oranlardadır.

5. SONUÇ

Son yıllarda güneş enerjisi destekli ısı pompalarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada Van Gölünü ısı kaynağı olarak kullanan bir güneş enerjisi destekli ısı pompası (GDIP) ile Van iklim şartlarındaki farklı ayar noktası sıcaklığına sahip iki seranın ısıtma simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Farklı ayar noktası sıcaklığına sahip olan soğuk ve sıcak bu iki seranın ısıtılması ve enerji performansları incelenmiştir. Farklı sera örtüsü malzemeleri kullanımı sonucunda sistemin toplam ısıtma enerji gereksinimleri incelenmiştir. Bu seraların GDIP ile ısıtılmasında farklı güneş kolektör türleri (DGK, VTGK ve PGK) kullanılarak sistemin performansı üzerine olan etkileri incelenmiştir. Her iki sistem TRNSYS programı aracılığıyla modellenmiş ve bir yıllık zaman süresince simüle edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre ayar noktası sıcaklığı 6°C olan soğuk sera için yıllık gerekli ısıtma enerjileri cam ve ÇPE sera örtüleri için sırasıyla 11863 kWh ve 5269 kWh değerlerindedir. Bu değerler soğuk sera ısıtma sistemi için ÇPE sera örtüsü kullanımının yıllık % 55 enerji tasarrufu sağladığını göstermektedir. Ayar noktası sıcaklığı 17°C olan ılık sera için yıllık gerekli ısıtma enerjileri ise cam ve ÇPE sera örtüleri için sırasıyla 45351 kWh ve 25288 kWh değerlerindedir. Bu değerler ise ılık sera ısıtma sistemi için ÇPE sera örtüsü kullanımının % 44 enerji tasarrufu sağladığını açıkça göstermektedir. ÇPE sera örtüsü toplam ısı transferi katsayısının (3.86 W/m²K) cam sera örtüsü toplam ısı transferi katsayısına (5.68 W/m²K) göre daha düşük değerde olması daha az ısıtma enerjisi ihtiyacı olmasına yol açmıştır. Çünkü daha düşük toplam ısı transferi katsayısı sera içinden dış ortama doğru olan ısı transferini azaltmıştır.

Soğuk sera sisteminde 20 m² alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda yıllık güneş fraksiyonları sırasıyla %27.7, %55 ve % 70'olarak hesaplanmıştır. Ilık sera sisteminde ise 20 m² alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda yıllık güneş fraksiyonları sırasıyla % 24.2, % 41.6 ve % 53.4 olarak bulunmuştur. Her iki sera sistemi içinde en büyük güneş fraksiyonu PGK kullanımı sonucunda elde edilmiştir. Bu durum parabolik güneş kolektörlerinin (PGK) diğer kolektör türlerine göre daha iyi bir verime ve performansa sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisi destekli ısı pompalarında, ısı pompalarının tekil

kullanımı yerine güneş desteğiyle kullanımı hem çevreci sonuçlar hem de enerji tasarrufu sağlar. Bu çalışmada modellenen sistemin güneş enerjisiyle desteklenmesi enerji tasarrufu sağlamıştır.

Soğuk sera sisteminde 20 m² yüzey alanlı üç farklı güneş kolektörü türü (DGK, VTGK ve PGK) ile yapılan bir yıllık simülasyonlar sonucunda sistemin yıllık en az enerji tüketiminin 3145.7 kWh/yıl değeri ile parabolik güneş kolektörü (PGK) kullanımı sonucunda ve sistemin en yüksek enerji tüketiminin 3603.95 kWh/yıl değeri ile düzlemsel güneş kolektörü (DGK) kullanımı sonucunda ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu değerler parabolik güneş kolektörü (PGK) kullanımının aynı yüzey alanlı (20 m²) düzlemsel güneş kolektörü (DGK) kullanımına göre sistemin % 14.5 daha az yıllık enerji tüketimine yol açtığını göstermektedir. Düzlemsel güneş kolektörleri (DGK), parabolik güneş kolektörlerine (PGK) göre bulutlu ve düşük güneş radyasyonu olan günlerde daha az verime sahiptirler.

Ilık sera sisteminde 100 m² yüzey alanlı üç farklı güneş kolektörü türü (DGK, VTGK ve PGK) ile yapılan bir yıllık simülasyonlar sonucunda sistemin yıllık en az enerji tüketiminin 17621 kWh/yıl değeri ile parabolik güneş kolektörü (PGK) kullanımı sonucunda ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Parabolik güneş kolektörünün diğer kolektör türlerine göre daha iyi bir verime sahip olmasından dolayı güneşten daha fazla yararlanılmış ve bunun sonucunda daha az enerji tüketimi ortaya çıkmıştır.

Soğuk sera sisteminde güneşli bir günde 20 m² yüzey alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası ısıtma tesir katsayıları sırasıyla en fazla 3.75, 3.90 ve 3.92 değerlerindedir. En büyük tesir katsayısı (COP_h) değeri 3.92 ile PGK kullanımı sonucunda ortaya çıkmıştır. PGK kullanımı sonucunda güneşten daha fazla yararlanılmış ve ısı pompası tesir katsayısı artmıştır. Isı pompası tesir katsayısının artması ısı pompası veriminin artması demektir.

Ilık sera sisteminde güneşli bir günde 20 m² yüzey alanlı DGK, VTGK ve PGK kullanımı sonucunda oluşan ısı pompası ısıtma tesir katsayıları sırasıyla en fazla 2.26, 2.40 ve 2.72 değerlerindedir. En büyük tesir katsayısı (COP_h) değeri 2.72 ile PGK kullanımı sonucunda ortaya çıkmıştır. PGK kullanımı sonucunda güneşten daha fazla yararlanılmış ve ısı pompası tesir katsayısı artmıştır. Isı pompası tesir katsayısının artması ısı pompası veriminin artması demektir.

Modellenen iki sera sistemi (soğuk ve ılık sera) için farklı sera örtüsü malzemelerinin kullanımı ile daha az ısıtma enerjisi ihtiyacı ortaya çıkabilir. Bu çalışmada modellenen seralar için ÇPE sera örtüsüne göre daha düşük toplam ısı transferi katsayısına sahip olan sera örtüsü malzemelerinin kullanılması önerilmektedir. Toplanabilir güneş enerjisini artırmak için daha büyük yüzey alanlı ve daha verimli güneş kolektörleri kullanılabilir. Güneşin konumuna göre hareket eden güneş kolektörleri kullanımı toplanan güneş enerjisi miktarını artıracaktır. Toplanan güneş enerjisinden ısı kayıplarını azaltmak için depolama tankının yalıtımı artırılabilir.



KAYNAKLAR

- Acar Ş.G., 2009. *Denizli Havzasındaki Jeolojik Formasyonlarda Sıcaklık ve Isı Depolama Kapasitesi Değişiminin İncelenmesi ve Isı Pompası Uygulamalarının Araştırılması* (Doktora Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Anonim, 2004. T.E.S.S. *Component Libraries v.17.01 for TRNSYS v17.0 and the TRNSYS Simulation Studio, Parameter/Input/Output Reference Manual*, Thermal Energy System Specialists, LLC.
- Anonim, 2006. *TRNSYS: A Transient Simulation Program*, Madison.University of Wisconsin, Solar Energy Laboratory.
- Anonim, 2007. Isı pompası, Güneş enerjili ısı pompası sisteminin şeması ile ilgili gösterim. <https://www.termodinamik.info/gunes-toprak-kaynakli-isi-pompalari-1-bolum-Termodinamik-info>. Erişim tarihi: 09.10.2019.
- Anonim, 2011. Güneş enerjisi ile su ısıtma sistemleri. <http://yenilenebiliryasam.com/2011/05/gunes-enerjisi-ile-su-istma-sistemleri.html>. Erişim tarihi: 05.10.2019.
- Anonim, 2014. TRNSYS 17 a Transient System Simulation Program , *Mathematical Reference, 4* : 180-183. University of Wisconsin-Madison, Madison.
- Anonim, 2016. Isı pompası genel çalışma prensibi ile ilgili gösterim. <https://www.thesisat.org/isi-pompasi-nedir-isi-pompasi-nasil-calisir.html>. Erişim tarihi: 01.10.2019.
- Anonim, 2017. Güneş enerjisi ve teknolojileri. <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/genjtekno.aspx>. Erişim tarihi: 08.10.2019.
- Anonim, 2019a. Güneş Enerjisi ile ev Isıtma Sistemleri. <http://www.enerjibes.com/gunes-enerjisi-ile-ev-istma>. Erişim tarihi: 05.12.2019.
- Anonim, 2019b. Türkiye Tohumcular Birliği. <https://www.turktob.org.tr/tr/dunyada-ve-turkiyedeseracilik/8475>. Erişim Tarihi 06.12.2019.
- Anonim, 2019c. Engineering Department of CERN. <http://detector-cooling.web.cern.ch/Detector-Cooling/data/Table%208-3-1.htm>. Erişim Tarihi: 07.12.2019.
- Anonim, 2019d. Wisconsin Üniversitesi, Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Bölümü. <https://fyi.extension.wisc.edu/energy/greenhouses/infiltration-losses/> Erişim Tarihi : 08.12.2019.
- Anonim, 2019e. www.trane.com. Model EXW060 ve Model WPWD024, Trane ürün kataloğu.
- Anonim, 2019f. www.daikin.com. Model FWM02DT ve Daikin FWM06DT, Daikin ürün kataloğu.
- Aydin, H., Karakuş, H.,2016. Estimation of evaporation for Lake Van, *Environmental Earth Sciences, 75*: 1275.
- Bellos, E., Tzivanidis, C.,2017. Energetic and financial sustainability of solar assisted heat pump heating systems in Europe. *Sustainable Cities and Society, 33*: 70-84
- Bose J.E., 1985. *Design/data manual for closed-loop ground-coupled heat pump systems*. Atlanta, USA.
- Cervantes, J.G and Torres-Reyes, E, 2002 Experiments on a solar-assisted heat pump and an exergy analysis of the system, *Applied Thermal Engineering, 22*: 1289-1297.

- Cruickshank, C. A. 2009. *Evaluation of a Stratified Multi-Tank Thermal Storage for Solar Heating Applications* (Ph.D. Dissertation). Queen's University, Kingston, Canada.
- Çağlar, A.,2006. *Theoretical and Experimental Performance Analysis of a Solar Assisted Heat Pump* (yüksek lisans tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çengel Y., Boles M.A.,2008. *Thermodynamic An Engineering Approach*, 5th ed. Mc Graw Hill, Boston, England.
- Çomaklı, Ö., Kaygusuz, K. and Ayhan, T., 1993.Solar assisted Heat Pump and Energy Storage for Residential Heating. *Solar Energy*, **51** (5): 357-366
- Degens ,E.,T., Kurtman, F., 1978. *The geology of Lake Van*. MTA Press, Publication No. 169. Ankara.
- Demiröz, E., Güler, S.,Dirican, A., Özaydın, V., 1998. *Identifiction of isotopic and chemical behaviour and water balance of Lake Van and its vicinity, Technical Research and Quality Control Department of State Hydraulic Works*. Publication No: 920, Ankara, Turkey.
- Deng, J., Wei, Q., Liang, M., He, S., Zhang, H.,2019. Field test on energy performance of medium-depth geothermal heat pump systems (MD-GHPs). *Energy and Buildings*, **184**: 289-299.
- Down P.G., 1969. *Heating And Cooling Load Calculations*, 1st ed. Pergamon Press, New York, USA.
- Duanmu, L., Ji, Y., Li, X., Airaksinen, M., Wang, Z., 2017. Simplified method to determine the collector area of solar-assisted ground-source heat pump system. *Procedia Engineering*, **205**: 1138-1145.
- EİGM,2019. Enerji işleri genel müdürlüğü. <http://www.yegm.gov.tr/anasayfa.aspx>. Erişim tarihi : 20.11.2019.
- Ekinci, D. A.,2007. *Erzurum'da Mahal Isıtma Amaçlı Kullanılan Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Deneysel İncelenmesi* (yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Göksel, Y.,2019.*Yatay Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Sivas için Soğutma Performansının Analizi* (yüksek lisans tezi). Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Gracia, A.M., Amo, A.D., Rujula, A.A.,Canada, M.,2019. Performance analysis and experimental validation of a solar-assisted heat pump fed by photovoltaic-thermal collectors. *Energy*, **169**: 1214-1223.
- Güler, F., 2018. *Evsel Uygulama için Hibrit Bir Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Nümerik Analizi* (yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Güven, Ş.,2002. *Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Diğer Sistemlerle Karşılaştırılması* (yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Hepbasli, A., Kalinci Y.,2009. A Review of Heat Pump Water Heating System, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **13**: 1211–1229.
- Hepbasli, A. and Akdemir, O. 2004. Energy and exergy analysis of a ground source (geothermal) heat pump system. *Energy Conversion and Management*, **45**: 737-753.
- Kalkan, O.,2016. *Yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası ile örnek mekan ısıtılması* (yüksek lisans tezi). Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.

- Kandırmış, G.,2017. *Isı Pompası Destekli Güneş Enerjili Bir Su Isıtma Sisteminin TRNSYS Programı İle Simülasyonu* (yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Kaygusuz, K. 2000. Experimental and theoretical investigation of a solar heating system with heat pump. *Renewable Energy*, **21**: 79-102.
- Kindaichi, S., Nishina, D., Wen, L., Kannaka, T.,2015. Potential for using water reservoirs as heat sources in heat pump systems. *Applied Thermal Engineering*, **76**: 47-53.
- Koçak, S.,2012. *Hacim Isıtma Amaçlı Güneş Enerjisi Destekli Su Kaynaklı Isı Pompası Çevriminin Teorik Analizi* (yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Kong, X., Jiang, K., Dong, S.,Li, Y.,Li, J.,2018. Control strategy and experimental analysis of a direct-expansion solar-assisted heat pump water heater with R134a. *Energy*, **145**: 17-24.
- Kong, X., Yang, Y., Zhang, M.,Li, Y., Li, J., Experimental investigation on a direct-expansion solar-assisted heat pump water heater using R290 with micro-channel heat transfer technology during the winter period. *International Journal of Refrigeration*, **113**: 38-48.
- Kuang, Y.H. and Wang, R.Z. 2006. Performance of a multi – functional direct expansion solar assisted heat pump system. *Solar Energy*, **80**: 795-803.
- Kuang Y.H and Wang, R.Z, Yu L.Q, 2003. Experimental study on solar assisted heat pump system for heat supply, *Energy Conversion and Management*, **44**: 1089-1098.
- Liu, H., Jiang, Y., Yao, Y.,2014. The field test and optimization of a solar assisted heat pump system for space heating in extremely cold area. *Sustainable Cities and Society*, **13**: 97-104.
- Li, H., Sun, L., Zhang, Y.,2014. Performance investigation of a combined solar thermal heat pump heating system. *Applied Thermal Engineering*, **71**: 460-468.
- Liu, Z., Tan, H., Li, Z., 2017. Heating and Cooling Performances of River-Water Source Heat Pump System for Energy Station in Shanghai. *Procedia Engineering*, **205** : 4074-4081.
- Mendoza, C.N., Oyinlola M.A., Wright, A.J., Greenough, R.M.,2019. Experimental study of a domestic solar-assisted ground source heat pump with seasonal underground thermal energy storage through shallow boreholes. *Applied Thermal Engineering*, **162**: 114218.
- Mumovic D., Santamouris M.,2009. An Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance .A *Handbook of Sustainable Building Design and Engineering* : 89-92.
- Navarro, E., Blasco, E.H., Corberan, J.M.,2019. Optimal design and operation of a central domestic hot water heat pump system for a group of dwellings employing low temperature waste heat as a source. *Energy*, **188**: 115979.
- Noro, M., Lazzarin, M.Z., Ascanio, D.A.,2017. Energy and economic analysis of an under-ground water source heat pump system for a historical valuable building. *Energy Procedia*, **133**:171-182.
- Nouri, G., Noorollahi, Y., Yousef, H.,2019. Designing and optimization of solar assisted ground source heat pump system to supply heating, cooling and hot water demands. *Geothermics*, **82**: 212-231.

- Ozgener, O., Hepbasli, A., 2004. Performance analysis of a solar-assisted groundsource heat pump system for greenhouse heating: an experimental study, *Building And Environment*, **40**: 1040-1050.
- Özdemir, H.S., 2019. *Van Bölgesi için Yenilikçi Güneş Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası Modellenmesi ve Simülasyonu* (yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Öztürk, M., Elbir, A., Yakut, A. K., Özek, N., 2012. Batı Akdenizde Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Eysel Uygulamaları ve Performans Analizi, *TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi*, **626**: 46-55.
- Patlar, Ö., 2006. *Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Ekserji Analizi* (yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Plytaria, M.T., Tzivanidis, C., Bellos, E., Antonopoulos, K.A., 2018. Energetic investigation of solar assisted heat pump underfloor heating systems with and without phase change materials. *Energy Conversion and Management*, **173**: 626-639.
- Reimer, A., Landmann, G., Kempe, S., 2009. Lake Van, eastern Anatolia, hydrochemistry and history. *Aquat Geochem*, **15**: 195–222.
- Sobhansarbandi, S., Atkol, U., 2015. Performance of Flat-Plate and Compound Parabolic Concentrating Solar Collectors in Underfloor Heating Systems. *Journal of Solar Energy Engineering*, **137** :3.
- Şahin, E., 2008. Sera Yapım Tekniği, Park ve Bahçeler Müdürlüğü, İstanbul.
- Tırış, Ç. Ve Varol, H.S., 1994, Sıvılı düzlemsel güneş kolektörlerinin optimizasyonu, imalatı ve Türkiye' nin farklı bölgelerine uygulamaları, Tübitak-M.A.M. Matbaası, Kocaeli, 56-60 s.
- Trillat-Berdal, V., Souyri, B., and Achard, G., 2007. Coupling of geothermal heat pumps with thermal solar collectors. *Applied Thermal Engineering*, **27 (10)**: 1750-1755.
- Uslusoy S., 2012. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi* (yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ünlü, K., 2005. *Hava Ve Toprak Kaynaklı Isı Pompalarına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi* (doktora tezi, basılmamış). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Varınca, K.B., Gönüllü, M.T., 2006. Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, UGHEK I. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21-23 Haziran, ESOGÜ, Eskişehir, 270-275s.
- Yamankaradeniz, R., Horuz, I., 1998. The Theoretical and Experimental Investigation of the Characteristics of Solar-assisted Heat Pump for Clear Days, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, **25 (6)**, 885-898, 19.
- Yang, W., Zhu, J., Shi, M. and Chen, Z. 2011. Numerical simulation of the performance of a solar – assisted heat pump heating system. *Procedia Environmental Sciences*, **11**: 790-797.
- Yumrutas, R. and Kaska, O. 2004. Experimental investigation of thermal performance of solar assisted heat pump system with an energy storage. *International Journal of Energy Research*, **28**: 163-175.
- Yüksel, T., 2011. *Biyogaz, Güneş ve Toprak Enerjisi Kaynaklı Sera Isıtmasının Araştırılması* (doktora tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

ÖZ GEÇMİŞ

Emre Arpacı 1992 yılında Van'da doğdu. İlk ve ortaöğretimini Şehit Kemal Görgülü İlköğretim Okulu'nda ve liseyi Selahaddin Eyyubi Lisesi'nde tamamladı. 2016 yılında Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2017 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Makine Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Öğrenimine başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 07/05/2020

Tez Başlığı / Konusu:

Soğuk Bir İklimde Su Kaynaklı Ve Güneş Enerjisi Destekli Bir Isı Pompası İle Sera Isıtma Simülasyonu

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 104 sayfalık kısmına ilişkin, 07/05/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 2 (iki) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Emre ARPACI

Öğrenci No:169101186

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

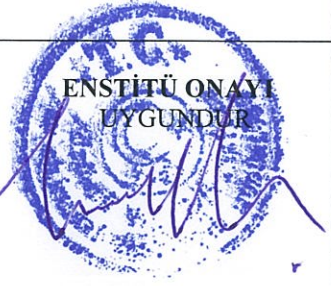
Programı: Makine Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Dr.Öğr.Üyesi İrfan UÇKAN



(Unvan, Ad Soyad, İmza)