



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ TOPLAYICILI GÜÇ
SANTRALİNİN YSA TABANLI OPTİMİZASYONU:
BİLECİK UYGULAMASI**

**Damla KILIÇ
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Oğuz ARSLAN**

**BİLECİK, 2019
Ref. No: 10271399**



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ TOPLAYICILI GÜÇ
SANTRALİNİN YSA TABANLI OPTİMİZASYONU:
BİLECİK UYGULAMASI**

**Damla KILIÇ
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Oğuz ARSLAN**

BİLECİK, 2019



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
SEYH EDEBALI UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences
Department of Energy Systems Engineering**

**ANN-BASED OPTIMIZATION OF PARABOLIC TROUGH
TYPE SOLAR COLLECTOR POWER PLANT: BİLECİK
CASE STUDY**

**Damla KILIÇ
Master's Thesis**

**Thesis Advisor
Prof. Dr. Oğuz ARSLAN**

BİLECİK, 2019



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 12.06.2019 tarih ve 30-10 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **01.07.2019** tarihinde tez savunma sınavı yapılan **Damla KILIÇ**'ın "**Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcı Güç Santralının YSA Tabanlı Optimizasyonu: Bilecik Uygulaması**" başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE : Prof.Dr. Oğuz ARSLAN (Danışman)

ÜYE : Dr. Öğr.Üyesi Oğuzhan ERBAŞ

ÜYE : Dr.Öğr.Üyesi Merve ŞENTÜRK ACAR

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaőan, sabırlı ve anlayıőlı yaklaőımları ile her zaman ilgisini ve hoőgörüőünü derinden hissettiğim kıymetli danışman hocam Sayın Prof Dr. Oğuz ARSLAN'a sonsuz teőekkürlerimi ve őükranlarımı sunarım.

Görüő ve yardımları hiçbir zaman esirgemeyen hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Merve şENTÜRK ACAR'a teőekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazım aşamasında manevi katkılarından dolayı değerli meslektaőım Arő. Gör. Sevgi ERZEN'e teşekkür ederim.

Büyük bir özveri ve sabırla beni yetiőtiren, her konuda destek ve sevgilerini hissettiğim annem Nurten KILIÇ'a, babam İbrahim KILIÇ'a, varlığını her an yanımda hissettiğim kardeőim Doruk KILIÇ'a teşekkür ederim.

BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu Üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

...../...../ 20

Damla KILIÇ

PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ TOPLAYICILI GÜÇ SANTRALİNİN YSA TABANLI OPTİMİZASYONU: BİLECİK UYGULAMASI

ÖZET

Bu çalışmada, Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcı Termal Güç Santrali (POTGTTGS) sisteminin tasarımı Bilecik ili şartları göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Sistemde parabolik oluk tipi toplayıcılar ORC çevrimiyle entegre edilmiştir. Aynı zamanda güneş ışınının olmadığı veya yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmak üzere depolanan termal enerji depolama sistemiyle desteklenmiştir. Beş farklı soğutucu akışkan için (R-134a, R141b, R600a, R236ea ve R1234ze) belirlenen farklı çalışma parametrelerine toplamda 4500 tasarım gerçekleştirilmiş, bu tasarımların birinci ve ikinci yasa analizleri ve optimum sistem tasarımı yapılmıştır.

Çalışmanın devamında, her bir tasarım için maliyet analizi yapılmıştır. POTGTTGS sisteminin faydalı ömrü 20 yıl olarak belirlenmiş olup Net Bugünkü Değer (*NBD*) yöntemiyle sistemin ekonomikliği incelenmiştir.

Çalışmada son olarak, tasarlanan tüm sistemler Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılarak modellenmiştir. POTGTTGS sisteminin YSA modeli MATLAB programı kullanılarak hazırlanmıştır. POTGTTGS sisteminin enerji verimi, ekserji verimi, net güç üretimi ve *NBD* değerlerini tahmin etmek için tasarlanan 4500 tasarımdan rastgele seçilen 3250'si eğitim aşamasında, geri kalan 1250'si ise test aşamasında kullanılmıştır. Oluşturulan ağ mimarisi 1000 iterasyon için eğitilmiş olup ağ çıktılarına ait sonuçlarla, analitik olarak hesaplanan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda YSA modeli ile hesaplanan değerlerle, analitik olarak hesaplanan değerlerin kabul edilebilir ölçüde sapma gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen en uygun ağ mimarisi tasarlanan sistemin optimizasyonunda kullanılmıştır. YSA modeli kullanılarak yapılan optimizasyon sonucunda, optimum tasarımın *NBD* değeri 61.018.548.133,27 TL olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji; Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcı Termal Güç Santrali; Organik Rankine Çevrimi; Yapay Sinir Ağı Modeli; Net Bugünkü Değer Yöntemi

ANN-BASED OPTIMIZATION OF PARABOLIC TROUGH TYPE SOLAR COLLECTOR POWER PLANT: BILECIK CASE STUDY

ABSTRACT

In this study, the design of the Parabolic Trough Type Solar Collector Thermal Power Plant (PTSCTPP) system has been made by considering the conditions of Bilecik province. In the system, parabolic trough type collectors are integrated with ORC cycle. It is also supported by a thermal energy storage system that is stored for use in situations where sunlight is absent or insufficient. A total of 4500 designs have been realized according to different operating parameters determined for five different refrigerants (R-134a, R141b, R600a, R236ea ve R1234ze), these designs were made first and second law analyzes and optimum system design.

In the next part of the study, cost analysis was performed for each design. The useful life of the PTSCTPP system has been determined as 20 years and the economic efficiency of the system has been examined by Net Present Value (NPV) method.

Finally, all designed systems are modeled using Artificial Neural Network (ANN). ANN model of PTSCTPP system was prepared by using MATLAB program. 4500 parameters have been designed to estimate the energy efficiency, exergy efficiency, net power output and *NBD* values of the PTSCTPP system. 3250 of this were seperated for training and the remaining 1250 for testing the network. The network architecture was trained for 1000 iterations. As a result, it was found that the values calculated by ANN model and analytically calculated values deviate to an acceptable extent. The most appropriate network architecture was used in the optimization of the designed system. As a result of optimization using ANN model, *NBD* value of optimum design was determined as 61.018.548.133.27 TL.

Key Words: Renewable Energy; Parabolic Trough Type Solar Collector Thermal Power Plant; Organic Rankine Cycle; Artificial Neural Network Model; Net Present Value Method

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR	
BEYANNAME	
ÖZET	I
ABSTRACT	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ	9
3.1. Dünya’da Güneş Enerjisi Potansiyeli	9
3.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli	10
3.3. Güneş Enerjili Güç Sistemleri	13
3.3.1. Fotovoltaik Hücre (PV) Sistemleri	13
3.3.2. Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcı Sistemleri.....	15
3.3.3. Güneş Kulesi Sistemleri	17
3.3.4. Doğrusal Fresnel Kolektör Sistemleri	19
3.3.5. Parabolik Çanak Kolektör Sistemleri	20
4. MATERYAL ve METOD	21
4.1. Güneş Hesaplamaları.....	26
4.2. Enerji Analizi	32
4.3. Ekserji Analizi	33
4.4. Termal Enerji Depolama Sistemi	35
4.5. Maliyet Analizi.....	37
5. YAPAY SİNİR AĞI MODELİ	40
6. BULGULAR ve TARTIŞMA	44
6.1. Enerji ve Ekserji Analizi	44
6.2. Net Bugünkü Değer (NBD)	52
6.3. Yapay Sinir Ağı Modeli	57
6.4. Yapay Sinir Ağı Tabanlı Optimizasyon	64

7. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	81
8. KAYNAKLAR	82
EKLER	77
ÖZ GEÇMİŞ.....	



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Dünya Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	9
Şekil 3.2. Ülkelerin fotovoltaik teknolojisindeki gelişmişlik payları.	9
Şekil 3.3. Avrupa'nın güneş enerjisi potansiyeli atlası.....	10
Şekil 3.4. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.	11
Şekil 3.5. Bilecik ili güneş enerjisi potansiyeli.....	12
Şekil 3.6. Bilecik ili güneşlenme verileri.	12
Şekil 3.7. PV sistemi ile elektrik üretimi akış diyagramı.....	14
Şekil 3.8. PV panelinin profil kesiti.	14
Şekil 3.9. Parabolik oluk kolektör düzeneği.	15
Şekil 3.10. Parabolik oluk tipi güneş toplayıcı güç santrali modeli.	16
Şekil 3.11. Alıcı boru parçası.....	17
Şekil 3.12. Heliostat ayna modeli.	18
Şekil 3.13. Güneş kulesi sistemleri.	18
Şekil 3.14. Doğrusal Fresnel kolektör sistemi.	19
Şekil 3.15. Parabolik çanak tipi güneş toplayıcıları.....	20
Şekil 3.16. Parabolik çanak kolektör sistemi.	20
Şekil 4.1. POTGTTGS sisteminin akış diyagramı.	21
Şekil 4.2. Bilecik Merkez; kolektör yerleşim planı.	25
Şekil 4.3. Bilecik Bozüyük; kolektör yerleşim planı.	25
Şekil 4.4. Bilecik Pazaryeri; kolektör yerleşim planı.....	26
Şekil 4.5. Dizi halinde yerleştirilmiş parabolik kolektörler.	31
Şekil 5.1. Yapay Sinir Ağı modeli.	40
Şekil 5.2. Tek bir soğutucu akışkana sahip tasarımın ağa tanımlandığı YSA modeli.	42
Şekil 5.3. Bütün soğutucu akışkan tasarımlarının ağa tanımlandığı YSA modeli.	43
Şekil 6.1. η için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması. .	58
Şekil 6.2. η için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.	59
Şekil 6.3. ε için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması. ...	60
Şekil 6.4. ε için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.	60

Şekil 6.5.	<i>Wnet</i> için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.	61
Şekil 6.6.	<i>Wnet</i> için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.	61
Şekil 6.7.	<i>NBD</i> için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.	62
Şekil 6.8.	<i>NBD</i> için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.	63
Şekil 6.9.	<i>NBD</i> ait analiz değerlerinin YSA değerleriyle karşılaştırılması.	63
Şekil 6.10.	LM-30 modeline ait performans grafiği.	64
Şekil 6.11.	R-134a kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.	65
Şekil 6.12.	R-134a kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.	65
Şekil 6.13.	R-134a kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.	66
Şekil 6.14.	R-134a kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.	66
Şekil 6.15.	R-134a kullanılan sistemin optimizasyon değeri.	66
Şekil 6.16.	R-141b kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.	67
Şekil 6.17.	R-141b kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.	67
Şekil 6.18.	R-141b kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.	68
Şekil 6.19.	R-141b kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.	68
Şekil 6.20.	R-141b kullanılan sistemin optimizasyon değeri.	68
Şekil 6.21.	R-236ea kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.	69
Şekil 6.22.	R-236ea kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.	69
Şekil 6.23.	R-236ea kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.	70
Şekil 6.24.	R-236ea kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.	70
Şekil 6.25.	R-236ea kullanılan sistemin optimizasyon değeri.	70
Şekil 6.26.	R-1234ze kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.	71
Şekil 6.27.	R-1234ze kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.	71
Şekil 6.28.	R-1234ze kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.	72
Şekil 6.29.	R-1234ze kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.	72
Şekil 6.30.	R-1234ze kullanılan sistemin optimizasyon değeri.	72
Şekil 6.31.	Optimizasyon için belirlenen bölgelerin gösterimi.	73
Şekil 6.32.	I. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>P1</i> değerine göre değişimi.	74
Şekil 6.33.	I. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>T3</i> değerine göre değişimi.	74

Şekil 6.34.	II. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>P1</i> değerine göre değişimi	75
Şekil 6.35.	II. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>T3</i> değerine göre değişimi.....	75
Şekil 6.36.	III. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>P1</i> değerine göre değişimi	76
Şekil 6.37.	III. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>T3</i> değerine göre değişimi	76
Şekil 6.38.	IV. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>P1</i> değerine göre değişimi.....	77
Şekil 6.39.	IV. Bölge <i>NBD</i> değerinin <i>T3</i> değerine göre değişimi	77
Şekil 6.40.	Belirlenen bölgelerdeki optimum noktalara ait <i>NBD</i> grafiği	78



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. Sistem tasarımında kullanılan akışkanların termodinamik özellikleri. ...	22
Çizelge 4.2. Eriyik tuzun termodinamik özellikleri.....	22
Çizelge 4.3. POTGTTGS sisteminin tasarım parametreleri.	23
Çizelge 4.4. POTGT'nin teknik detayları.....	24
Çizelge 4.5. Bilecik şartları için güneş ışınımı parametreleri.....	30
Çizelge 4.6. Parabolik toplayıcıların yüzeyine gelen aylık radyasyon değerleri.....	30
Çizelge 4.7. Sistemin enerji analizi denklikleri.....	33
Çizelge 4.8. Sistemi ekserji analizi denklikleri.	35
Çizelge 4.9. Depolama tankı özellikleri.	36
Çizelge 4.10. POTGTTGS'nin maliyet değerleri.....	39
Çizelge 6.1. Soğutucu akışkan R-134a kullanılan çevrime ait değerler.	44
Çizelge 6.2. Soğutucu akışkan R-141b kullanılan çevrime ait değerler.....	45
Çizelge 6.3. Soğutucu akışkan R-600a kullanılan çevrime ait değerler.	45
Çizelge 6.4. Soğutucu akışkan R-1234ze kullanılan çevrime ait değerler.	46
Çizelge 6.5. Soğutucu akışkan R-236ea kullanılan çevrime ait değerler.	46
Çizelge 6.6. R-134a'nın örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.....	47
Çizelge 6.7. R-141b'nin örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.	47
Çizelge 6.8. R-600a'nın örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.....	48
Çizelge 6.9. R-1234ze'nin örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.....	48
Çizelge 6.10. R-236ea'nın örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.....	49
Çizelge 6.11. R-134a'nın örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.	50
Çizelge 6.12. R-141b'nin örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.....	50
Çizelge 6.13. R-600a'nın örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.....	51
Çizelge 6.14. R-1234ze'nin örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.	51
Çizelge 6.15. R-236ea'nın örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.....	52
Çizelge 6.16. Örnek olarak verilen R-134a kullanılan sistemin <i>NBD</i> analizi.....	53
Çizelge 6.17. Örnek olarak verilen R-141b kullanılan sistemin <i>NBD</i> analizi.....	54
Çizelge 6.18. Örnek olarak verilen R-600a kullanılan sistemin <i>NBD</i> analizi.....	55
Çizelge 6.19. Örnek olarak verilen R-1234ze kullanılan sistemin <i>NBD</i> analizi.....	56
Çizelge 6.20. Örnek olarak verilen R-236ea kullanılan sistemin <i>NBD</i> analizi.....	57

Çizelge 6.21. Tüm tasarımlara ait modelin η değerine ait istatistiksel sonuçlar.	58
Çizelge 6.22. Tüm tasarımlara ait modelin ε değerine ait istatistiksel sonuçlar.	59
Çizelge 6.23. Tüm tasarımlara ait modelin W_{net} değerine ait istatistiksel sonuçlar.	61
Çizelge 6.24. Tüm tasarımlara ait modelin NBD değerine ait istatistiksel sonuçlar. ...	62
Çizelge 6.25. NBD değerlerine bağlı belirlenen bölgelerin tasarım parametreleri.	73
Çizelge 6.26. Optimum sistemin çevrim noktalarına ait özellikler.	78
Çizelge 6.27. Optimum sisteme ait enerji analizi sonuçları.	79
Çizelge 6.28. Optimum sisteme ait ekserji analizi sonuçları.	79
Çizelge 6.29. Optimum sistemin ait analitik ve YSA sonuçlarının karşılaştırılması. ...	80



SİMGELER ve KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
A_a	: Kolektörün açıklık alanı (m^2)
A_r	: Alıcının alanı (m^2)
b	: bias
B_t	: t yılındaki nakit akışı
c_p	: Özgül ısı kapasitesi ($kJ/kg.K$)
D	: Çap (m)
E	: Enerji (kW)
Ex	: Ekserji (kW)
f	: Aktivasyon fonksiyonu
F_R	: Isı taşıma faktörü
F'	: Kolektör verim faktörü
H	: Yükseklik (m)
h	: Özgül entalpi (kJ/kg)
h_{fi}	: Alıcının içindeki ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
I_{tnz}	: Toplam güneş radyasyonu (W/m^2)
I_o	: Güneş sabiti (W/m^2)
K_{Tn}	: Bulutluluk göstergesi
L	: Kolektör uzunluğu (m)
M	: Maliyet (TL)
\dot{m}	: Kütleli debi (kg/s)
N	: Kolektör sayısı
n	: Gün sayısı, projenin faydalı ömrü
P	: Basınç (kPa)
Q	: Isı enerjisi (kW)
r	: İskonto oranı (%)
S	: Alıcı tarafından absorbe edilen ısı (W/m^2)
s	: Entropi ($kJ/kg.K$)
T	: Sıcaklık ($^{\circ}C$)
T_{sun}	: Güneş sıcaklığı (K)
U_L	: Kolektörün ısı kayıp katsayısı (W/m^2K)

V	: Hacim (m^3)
ze	: Girdilerin ağırlıklarla toplamı
w	: Ağırlık
W	: İş enerjisi (kW), kolektör genişliği (m)
Δt	: Aylık güneşlenme süresi ($saat$)
τ_{cover}	: Cam kaplamanın geçirgenliği
k	: Alıcının termal yayıcılığı ($W/m^{\circ}C$)
τ_{pdc}	: Parabolik kolektörün geçirgenliği
α_r	: Alıcının emiciliği
ϑ	: Düzeltme faktörü
δ	: Denklinasyon açısı ($^{\circ}$)
θ	: Geliş açısı ($^{\circ}$)
ϕ	: Enlem açısı ($^{\circ}$)
β	: Eğik düzlemin yatay ile yaptığı açı ($^{\circ}$)
γ	: Azimut açısı ($^{\circ}$)
ω	: Saat açısı ($^{\circ}$)
η	: Enerji verimi (%)
η_r	: Alıcının verimi
υ	: Özgül hacim (kg/m^3)
ψ	: Özgül ekserji (kW/kg)
ε	: Ekserji verimi (%)
γ_{HL}	: Tank ısı kayıp katsayısı (W/m^2K)
ρ	: Yoğunluk (kg/m^3)

Kısaltmalar Açıklamalar

CGP	: Polo-Ribiere Conjugate Gradient
COV	: Varyasyon Katsayısı
EES	: Engineering Equations Solver
GA	: Güneş Alanı
GB	: Güç Bloğu
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

LCOE	: Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti
LM	: Levenberge Marguardt
MPE	: Ortalama Yüzde Hatası
NBD	: Net Bugünkü Değer
ORC	: Organik Rankine Çevrimi
POTGTTGS	: Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcılı Termal Güç Santrali
POTGT	: Parabolik oluk tipi güneş toplayıcısı
PV	: Fotovoltaik Hücre
R^2	: Mutlak değişim yüzdesi
RMSE	: Kök Ortalama Kare Hatası
SAM	: System Advisor Model
SCG	: Scaled Conjugate Cradient
TED	: Termal Enerji Depolama
YSA	: Yapay Sinir Ağı

<u>Alt indisler</u>	<u>Açıklamalar</u>
----------------------------	---------------------------

<i>a</i>	: Çevre
<i>bo</i>	: Bakım ve onarım
<i>ç</i>	: Çıktı
<i>e</i>	: Elektrik
<i>g</i>	: Girdi
<i>ga</i>	: Güneş alanı
<i>gb</i>	: Güç bloğu
<i>h</i>	: Hurda
<i>ID</i>	: Isı değiştirici
<i>i</i>	: İç
<i>iy</i>	: İlk yatırım
<i>l</i>	: Kayıp
<i>m</i>	: Montaj
<i>o</i>	: Dış
<i>p</i>	: Pompa
<i>POGK</i>	: Parabolik oluklu güneş kolektörü

<i>pr</i>	: Personel
<i>r</i>	: Alıcı
<i>solar</i>	: Güneş
<i>T</i>	: Türbin
<i>t</i>	: Tank
<i>ted</i>	: Termal enerji depolama
<i>tp</i>	: Toplam
<i>u</i>	: Yararlı ısı
<i>Y</i>	: Yoğuşturucu
<i>y</i>	: Yıkım
0	: Ölü hal

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte enerji tüketimi oldukça artmıştır. Enerji, sanayi devriminden sonra daha da önemli bir konu haline gelmiş, ülkelerin ve endüstrilerin gelişmişlik düzeyini belirleyen önemli bir gösterge olmuştur. Gelişmişliğin bir ölçüsü olarak görülen enerji tüketiminin artması fosil yakıtlara olan talebi de beraberinde getirmiştir. Fosil yakıtların zararlı gaz emisyonlarından dolayı küresel ısınma ve çevre kirliliğine neden olduğu bilinen bir gerçektir. Buna bağlı olarak fosil yakıtların kullanımını sonucu ortaya çıkan karbondioksit (CO₂) gazı sonucunda, atmosferdeki CO₂ miktarı son yüzyıl içinde yaklaşık 1.3 kat artmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde, bu miktarın bugüne oranla 1.4 kat daha artma olasılığı vardır. Atmosferdeki CO₂'in neden olduğu sera etkisi, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0.7 °C yükseltmiştir. Bu sıcaklığın 1 °C yükselmesi, dünya iklim kuşaklarında görünür değişimlere, 3 °C düzeyine varacak artışlar ise kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklığa neden olabilecektir (Varınca & Gönüllü, 2006).

Bu zararlar göz önüne alındığında yeni alternatif enerji kaynakları aranmaya başlanmıştır. Bu kaynakların başında çevre dostu, tükenmeyen ve tamamen doğal kaynaklardan sağlanan yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi vb. olarak sıralanabilir. Bu kaynaklar içerisinde güneş enerjisi, bedava ve sonsuz bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra kolay ulaşılabilir bir kaynak olmasından dolayı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının önüne geçmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek potansiyele sahip olan güneş enerjisi, ısı ve elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Güneş enerjisi kullanarak elektrik üretmenin iki yolu vardır. Birincisi fotovoltaik güneş hücreleridir. Bu hücreler güneşten gelen fotonların enerjisini kullanarak yarıiletken malzemeler yardımıyla doğrudan elektrik üretirler. Diğer bir yol ise güneş enerjisi destekli güç santralleridir. Bu santraller daha yüksek verime ve daha yüksek ekonomik getiriye sahiptir. Ayrıca ısıl depolama ve hibrid sistem olanağına sahip olmaları nedeniyle, fotovoltaik teknolojilere kıyasla daha fazla güç üretimine olanak sağlarlar.

Bu çalışmada Bilecik ili şartları göz önünde bulundurularak parabolik oluk tipi güneş toplayıcısının kullanıldığı, Organik Rankine Çevrimi esasına göre çalışan güç santrali tasarımı yapılmıştır. Bu bağlamda beş farklı soğutucu akışkan kullanılmış ve her

bir akışkan için farklı parametrik değerler dikkate alınarak termodinamik analizler yapılmıştır. Bölüm 2’de bu konuyla ilgili literatürdeki çalışmalar araştırılmış, Bölüm 3’te Dünya’nın ve Türkiye’nin güneş enerji potansiyeline ve güneş enerjisinin kullanım alanlarına değinilmiş, güneş enerjili güç santralleriyle ilgili bilgiler verilmiştir. Bölüm 4’te Bilecik ili için tasarlanan sistem nezdinde güneş hesaplamaları, enerji, ekserji ve maliyet analizleri ortaya koyulmuştur. Bölüm 5’te tasarımı yapılan sistem için yapay sinir ağı (YSA) modeli oluşturulmuştur. Bölüm 6’da analiz sonucu elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. Bölüm 7’de tasarımı yapılan sistem genel olarak değerlendirilmiş ve bu doğrultuda yapılabilecek öneriler sunulmuştur.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Acar (2014), çalışmasında İzmir’de kurulması planlanan parabolik oluklu güneş kolektörlerinin kullanıldığı bir güç santrali tasarımı yapmıştır. Çalışmada, ABD’nin Arizona eyaletinde yer alan 1 MW elektrik kapasitesine sahip olan Saguaro güneş enerji santralini baz alınmıştır. “System Advisor Model” (SAM) programını kullanarak parabolik kolektörlerin dizaynı, “Flownex” adlı simülasyon programını kullanarak güç bloğunun modellenmesi ve dizaynı yapılmıştır. Sistemin güç bloğu bölgesinde çalışma akışkanı olarak R-245fa kullanılmış ve modelleme için 9 Temmuz 2013 günü saat 07.00-17.00 arasına ait veriler değerlendirilmiştir. Sonuç olarak sistem verimi % 13.5 ve üretilecek elektrik enerjisi 653.84 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Acar ve Arslan (2019), çalışmada Simav bölgesindeki jeotermal alan dikkate alınmış olup, farklı sistem konfigürasyonları için güneş ve jeotermal enerji kaynaklı ORC çevriminin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Güneş kolektörleri, termal enerji depolama sistemiyle entegre edilmiştir. Tasarımda ORC, güneş alanı, TED sisteminde sırasıyla çalışma akışkanı olarak R-600a, Therminol VP-, eriyik tuz kullanılmıştır. Sonucunda önerilen sistemin enerji üretimi 305.713.5 kWh olarak hesaplanmıştır.

Al-Sulaiman (2014), çalışmasında buhar ve ORC çevrimleriyle entegre edilen parabolik oluklu güneş kolektörlerinin ekserji analizini yapmıştır. Güç bloğunda, R134a, R152a, R290, R407c, R600, R600a, ve amonyak kullanarak bunlar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda R134a’nın %26 ile en yüksek ekserji verimine sahip olduğunu daha sonra bunu %25 ile R152a’nın takip ettiği belirlenmiştir.

Arslan (2011), çalışmasında Simav jeotermal sahasında elektrik üretimini Kalina Çevrimini kullanarak incelemiştir. YSA modeli ile sistemin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada geri yayılım öğrenme algoritmasının üç farklı çeşidi olan Levenberg–Marguardt (LM), Pola–Ribiere Conjugate Gradient (CGP), and Scaled Conjugate Gradient (SCG) kullanarak ağda en iyi yaklaşım bulunmaya çalışılmıştır. Sonucunda en uygun algoritmanın 7 nöronlu LM olduğuna belirlenmiştir.

Arslan ve Yetik (2011), çalışmalarında Simav bölgesi için ORC-Binary jeotermal güç güç santrali baz alınmıştır. En uygun tasarımı belirlemek için yaşam döngü maliyetini içeren YSA modeli kullanılmıştır. Ağda en iyi yaklaşımı bulmak için LM, CGP ve SCG olmak üzere üç farklı algoritma kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, en uygun algoritma s1 tip çevrimde LM-16 ve s2 tip çevrimde LM-14 bulunmuştur. R744 soğutucu

akışkanının kullanıldığı ORC-Binary çevriminin 641 MW kurulu güce sahip olduğu ve tesisten 124.88 milyon \$ kar elde edilebileceği belirlenmiştir.

Binamer (2019), çalışmasında Kuveyt, Al-Abdaliya'da 60 MWe'lik parabolik oluklu kolektörler kullanarak güneş enerjisi projesi geliştirmeyi planlamıştır. Bu çalışma Kuveyt'te büyüklük ve çeşit açısından ilk olmasının yanı sıra, 280 MWe'lik Entegre Güneş Kombine çevrimi (EGKÇ) sisteminin de bir parçası olarak geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı EGKÇ sistemlerinin performansını değerlendirmek ve Engineering Equations Solver (EES) programıyla sistemin matematiksel modelini geliştirmektir. Çalışmanın sonucunda santral veriminin Kuveyt'teki geleneksel güç santralinden daha yüksek olduğu verimin %66'dan daha fazlasına ulaşabileceği gösterilmiştir. Tesisin çıkış gücünün 290MWe değerine ulaşabileceği hesaplanmıştır.

Bishoyi ve Sudhakar (2017), yaptıkları çalışmada 100 MW'lık Doğrusal Fresnel kolektörler'in kullanıldığı, 6 saat termal depolama sistemine sahip güneş enerjisi santrali tasarlamışlardır. Hindistan'ın Rajasthan bölgesi santral tasarımı için seçilmiştir. Eriyik tuz mükemmel termodinamik özellikleri nedeniyle termal depolama malzemesi olarak tercih edilmiştir. Tasarlanan santralin yıllık elektrik üretimi 263,973,360 kWh ve santral verimi %18.3 olarak hesaplanmıştır.

Baukelia vd. (2015), çalışmalarında iki farklı akışkan kullanarak (Therminol VP-1 ve Eriyik tuz) termal enerji depolama ve /veya yakıt yedekleme sistemi kullanılan ve kullanılmayan parabolik oluklu solar termal güç santralinin 8 farklı konfigürasyonu için enerji, ekserji, çevresel ve ekonomik karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonucunda entegre termal enerji depolama ve fosil yakıt yedekleme sistemine sahip erimiş güneş tuzu konfigürasyonunun, diğer konfigürasyonlara kıyasla en yüksek toplam enerji verimliliğine (% 18.48) sahip olduğu belirlenmişlerdir.

Boukelia vd. (2016), çalışmada parabolik oluk tipi güneş toplayıcılarının kullanıldığı güç santralinin tekno-ekonomik değerlendirmesi YSA modeli kullanılarak yapılmıştır. Tasarımın en uygun modelini belirlemek için LM, CGP ve SCG algoritmaları kullanılmıştır. En iyi sonuç LM algoritmasında 38 nöronlu ağda belirlenmiştir.

Boukelia vd. (2017), çalışmalarında parabolik oluk tipi güneş toplayıcılarının kullanıldığı güç santralinin seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE), YSA modelini kullanarak tahmin edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, yağ ve tuz konfigürasyonları için LCOE değerinin sırasıyla 8.3 ve 7.0 cent\$/kWh olarak bulunmuştur.

Boukelia ve Mecibah (2013), çalışmalarında parabolik oluklu güneş termal güç santralının performans değerlendirmesini Cezayir şartlarında incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda Cezayir'in güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olması aynı zamanda coğrafi özelliklerinin bir güneş santrali kurmak için uygun olması vb. özelliklerinden dolayı bu bölgenin santral kurulumu için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Çakıcı vd. (2017), çalışmalarında jeotermal enerji kaynağına sahip ORC çevriminde ısı kaynağı olarak parabolik oluklu kolektörlerin entegre edildiği bir santral tasarımı incelenmiştir. Sistemin her bir bileşeni için termodinamik analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda ORC ve parabolik kolektörlerin entegrasyonu ile sistemin net güç çıkışının arttığı ancak enerji ve ekserji verimlerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Güler vd. (2017), çalışmalarında 1 MW'lık parabolik oluklu güneş termal güç santralının termodinamik analizini EES programını kullanarak gerçekleştirilmiştir. Santralin Aydın'ın Nazilli ilçesine kurulması planlanmış ve kolektör yerleşim alanı 8228 m² olarak belirlenmiştir. Isı transfer akışkanı olarak güneş alanında Therminol VP-1, termal depolama malzemesi olarak eriyik tuz ve ORC kısmında su/buhar kullanılmıştır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda santralin ısı verimini %35, Rankine çevriminin brüt verimini %41,58 olarak hesaplanmıştır.

İşler (2018), çalışmasında Bilecik ili şartlarında, güneş kulesi sistemi ve parabolik oluklu kolektör sisteminin birlikte kullanıldığı bir güç santrali tasarımı yapılmıştır. Sistemin optimizasyonun için SAM yazılımı kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda iki sistemin birlikte çalıştığı durumda toplam verimin yaklaşık %18 olduğunu belirlenmiştir.

Kalogirou (2000), çalışmasında güneş buharı üreten bir tesisin modellenmesinde, parabolik oluk tipi güneş toplayıcılarının kesişme faktörü ve yerel konsantrasyon oranının tahmininde ve güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin modellemesinde YSA modelini kullanmıştır. YSA verilerinin hata değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu ve enerji üretimi ve kullanımı alanlarında modelleme için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kalogirou (2004), çalışmasında bir güneş enerji sistemini Kıbrıs'ın meteorolojik değerlerine göre TRNSYS programını kullanarak modellemiştir. Güneş enerjisi sisteminin ekonomikliğini en üst seviyede olduğu değerleri bulmak için YSA kullanarak sistemin optimizasyonunu gerçekleştirmiştir.

Kerme ve Ofri (2014), çalışmalarında parabolik oluklu güneş kolektörlerinin kullanıldığı ORC çevrimine göre çalışan santral tasarımı yapılmıştır. Tasarımda ORC’de kullanılmak üzere sekiz farklı çalışma sıvısı belirlenmiştir ve türbin giriş sıcaklığının farklı parametrelerine göre enerji ve ekserji performansı incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, türbin giriş sıcaklığının artmasıyla net güç çıkışının ve enerji verimini arttırdığı, ekserji veriminin düştüğü sonucuna varılmıştır.

Kumaresan vd. (2012), deneysel çalışmalarında bir depolama ünitesine sahip parabolik oluklu güneş kolektörlerinin performans değerlendirmesi yapılmıştır. Tasarladıkları sistem, parabolik oluk kolektör, 230 L hacme sahip termal enerji depolama tankı ve pompadan oluşmaktadır. Isı transfer akışkanı olarak Therminol 55 kullanılmıştır.

Litvanyalı ve Yıldırım (2012), çalışmalarında yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin son yıllardaki gelişmeleri incelemiş ve sistem verimini yükseltmek için yapılabilecek çalışmalar hakkında yorumlarda bulunmuşlardır. Litvanyalı ve Yıldırım, sistemde güneş bölgesinde çoğunlukla tercih edilen sentetik yağların 390°C’nin üstündeki sıcaklıklarda bozulduğu için bunların yerine sistemi basitleştirmek ve ucuzlatmak, aynı zamanda çalışma sıcaklığını yükselterek verimi arttırmak için sistemde direk su kullanıp alıcı borularda buhar elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Bu sayede iki farklı akışkan arasında da ısı geçişini sağlayacak bir mekanizmaya ihtiyaç duyulmamaktadır sonucuna varılmıştır.

Montes vd. (2009), çalışmalarında hibridizasyon ve termal depolama kullanılmadan parabolik oluk kolektörlerle entegre edilen güç santralinin ekonomik analizi yapılmıştır. Bu analiz farklı güneş alanlarında fakat aynı parametrelere sahip güç bloğunda yapılmak üzere beş farklı parabolik oluklu santral analizi yapılmıştır. Ekonomik analizi seviyelendirilmiş enerji maliyeti (LCOE) yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Özdemir (2012), çalışmasında Isparta şartlarına göre parabolik oluklu güneş kolektörlerinin kullanıldığı ORC çevrimine göre çalışan bir güç üretim sistemi tasarlamıştır. Sistemin enerji ve ekserji analizi yapılmış, buna göre belirlediği farklı parametrik değerler sonucunda sistemin kapalı hava şartlarında çalışmaya uygun olmadığı ancak açık hava şartlarında düşük ve orta sıcaklık uygulamaları için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Öztürk vd. (2009), çalışmalarında parabolik oluklu kolektörlerde farklı seçici yüzey ve emici boru malzemesi kullanıldığında sistem performansına etkisini

incelemişlerdir. Yaptıkları hesaplamalar sonucunda parabolik oluk tipi kolektörlerde kullanılacak en iyi alıcı boru ve cam örtü malzemesi olarak krom nikel paslanmaz çelik üzerine krom kaplama ve düşük demirli borosilikat cam seçilmesi gerektiğini belirlenmiştir.

Reddy vd. (2012), çalışmalarında Jodhpul ve Delhi'nin tropikal bölgelerini seçmişler ve parabolik oluklu güneş termal güç santralini (POGTGS) her bir elemanı için enerji ve ekserji analizini yapmışlardır. Sırasıyla 90'dan 105 bar'a kadar artan basınçlarda POGTGS'nin enerji ve ekserji verimlerinin %1,49 ile % 1,51 arasında arttığını hesaplanmıştır.

Reddy ve Kumar (2012), çalışmalarında yağ ve su gibi farklı ısı transfer akışkanları kullanarak, güç üretimi için gerekli parabolik oluklu kolektör alanının analizini yapmışlardır. Güç üretimi için gerekli olan bu kolektör alanının analizi güneş ışınımı, kolektör konfigürasyonları (kolektör aralık mesafesi gölgelenme mesafesi vb.) ve çeşitli geometrik parametrelere (kolektör açıklığı, eğim açısı vb.) bağlı olarak incelenmiştir. Bu analizler Hindistan'da 58 bölgede gerçekleştirilmiştir. Santralin yıllık elektrik üretiminin LCOE yöntemiyle incelenmiştir.

Singh vd. (2000), çalışmalarında parabolik oluklu kolektörlerin kullanıldığı bir güneş santralini enerji ve ekserji analizi yapılmış, sistem analizinde temel termodinamik analiz yerine, bileşenlerde meydana gelen kayıplar da incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, maksimum enerji kaybının kondenserde, maksimum ekserji kaybının ise parabolik kolektörün alıcısında meydana geldiğini belirlenmiştir.

Villarrubia vd. (2018), çalışmalarında yapay sinir ağı modelinin optimizasyon uygulamalarında kullanımından bahsetmiştir. Örnek bir problemle YSA ile optimizasyon yöntemini anlatmıştır ve sonucunda YSA kullanımının problem çözümünde gerçeğe yakın değerler verdiği, bu değerlerin kullanımının optimizasyonda doğru sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Yang vd. (2018), çalışmalarında dizel motorunun atık ısısının geri kazanımını ORC ile entegre ettikleri sistemin performansını incelemişlerdir. Kurdukları deney düzeneğinden elde ettikleri sonuçlarla YSA ile optimize ettikleri sistemin sonucuyla karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak YSA sonucuyla deneysel veriler karşılaştırıldığında % 5'lik bir sapma olduğu belirlenmiştir.

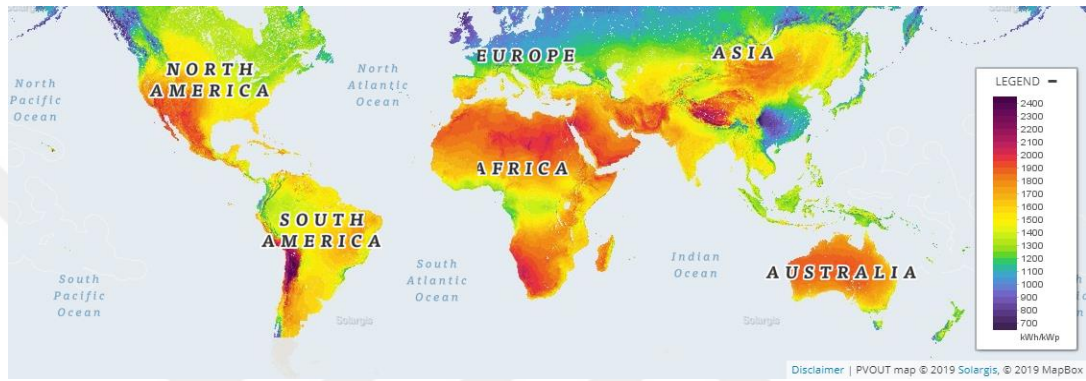
Yılmaz (2013), çalışmasında Isparta ilinin şartlarını göz önünde bulundurarak ısı gücü kaynağı olarak güneş çanaklı kolektörlerin kullanıldığı ORC çevrimine göre çalışan güneş santrali tasarımı yapılmıştır. Çalışmada ORC’de çalışma sıvısı olarak R-410a soğutucu akışkanını kullanılmıştır. Tasarım enerji ve ekserji metodlarına göre analiz edilmiştir.

Yüksel (2018), çalışmasında temelde parabolik oluklu kolektörlerle entegre edilmiş ORC çevriminin termodinamik analizini incelemiştir. Bu çalışmada incelenen entegre sistem parabolik oluk kolektörler, ORC, absorpsiyonlu soğutma sistemi ve protein değişim membranı (PDM) elektrolizerinden oluşmaktadır. Kolektörlerden elde edilen ısı ORC’ye aktararak türbinde elektrik üretilir. Bu elektrik hidrojen elde edilmesinde de kullanılır. Bu sistemin çıktıları elektrik, soğutma ve hidrojendir. Yapılan çalışma sonunda güneş radyasyonunun ekserji verimi ve hidrojen üretimi oranında önemli bir yere sahip olduğu belirlenmiştir. Güneş radyasyonu, 400W/m^2 ’den 1000W/m^2 ’ye yükseldikçe sistemin ekserji veriminin %58-64 arasında arttığı, hidrojen üretim oranınının 0.1016-0.1028 kg/h arasında arttığı hesaplanmıştır.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

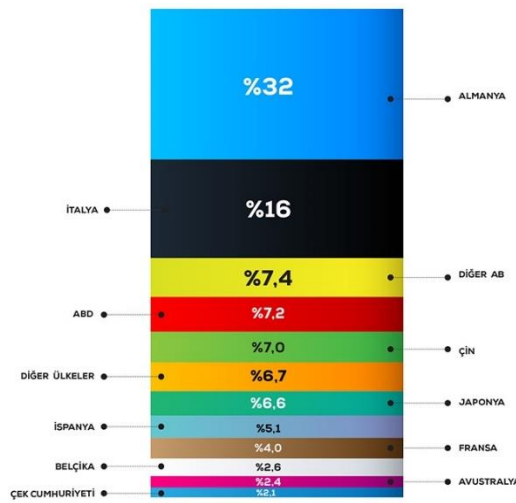
3.1. Dünya’da Güneş Enerjisi Potansiyeli

Dünyamızın güneş enerjisi potansiyel atlası Şekil 3.1’de verilmektedir. Bu atlas incelendiğinde en yüksek güneş enerjisi potansiyeline Güney Amerika’nın batısında bulunan Şili ve çevresinin sahip olduğu görülmektedir. Bunu Afrika’nın büyük bir çoğunluğu, Avustralya, Kuzey Amerika’nın güneyi, Asya ve Avrupa takip etmektedir.



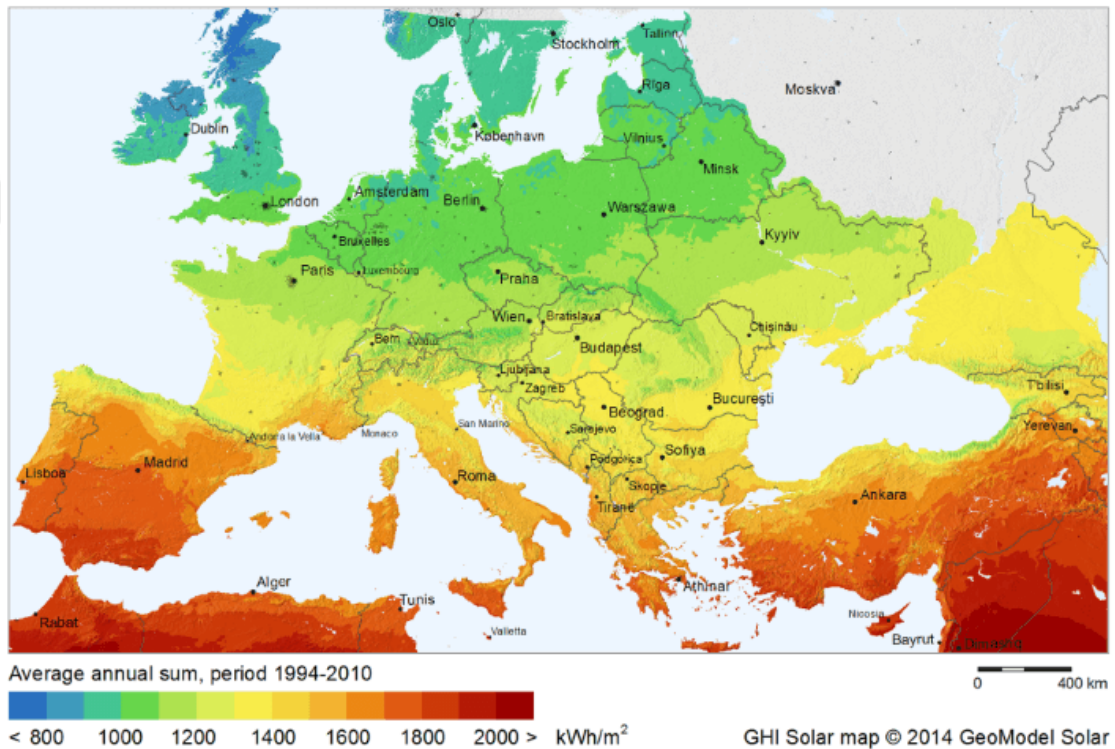
Şekil 3.1.Dünya Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GSA, 2019).

Dünyada güneş enerjisinden daha çok PV modüller kullanılarak ısıtma, soğutma veya elektrik elde edilmesi şeklinde yararlanır. PV modüllerin yetersiz kaldığı daha yüksek sıcaklık uygulamalarında ve daha fazla elektrik üretimi gerektiren yerlerde ise düzlemsel veya parabolik kolektörler tercih edilir.



Şekil 3.2. Ülkelerin fotovoltaik teknolojisindeki gelişmişlik payları (Nexten, 2019).

Şekil 3.2’de ülkelere göre fotovoltaik teknolojisindeki gelişmişlik yüzdeleri verilmiştir. Almanya % 32’lik bir payla birinci sıradadır. Bunu İtalya, ABD ve Çin gibi ülkeler takip etmektedir. Şekil 3.3’de Avrupa’nın güneş enerjisi potansiyeli atlası verilmektedir. Avrupa’nın güneş enerjisi potansiyeli incelendiğinde Güney İspanya, Güney İtalya ve Türkiye güneş ışınımı bakımından en yüksek değere sahip bölgelerdir. Bu bölgeler 1600-2000 kWh/m² arasında yıllık güneş ışınımı potansiyeline sahiptir.



Şekil 3.3. Avrupa'nın güneş enerjisi potansiyeli atlası (Ekolojist, 2019).

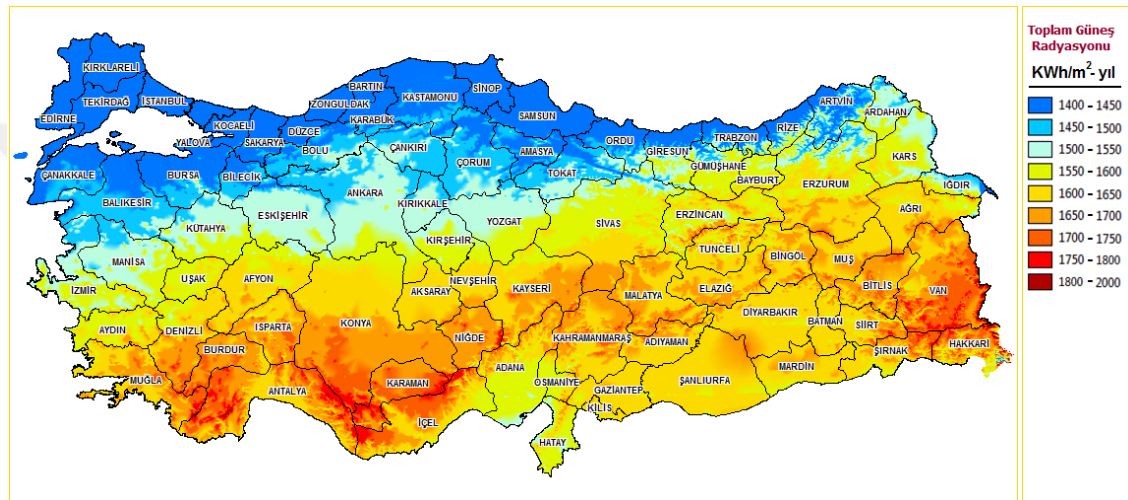
Şekil 3.2 - 3.3'e göre Almanya güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok Avrupa ülkesine göre düşük bir değere sahip olmasına rağmen fotovoltaik teknolojideki gelişmişlik düzeyi bakımından oldukça ileridedir.

3.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok Avrupa ülkesi ile karşılaştırıldığında avantajlı bir konumdadır. Türkiye coğrafi olarak 36-42° kuzey enlemleri ile 26-45° doğu boylamları arasında Kuzey yarı kürede yer alır. Ülkemizin bulunduğu bu coğrafi konum sebebiyle birçok ülkeye göre güneş enerjisi potansiyeli yüksektir. Fakat ülkemiz güneş kuşağı içerisinde yer almasına rağmen, güneş enerjisinin

eldesi ve kullanımı bakımından öngörülenden daha az gelişme göstermiştir. Ülkemizde güneş enerjisinin kullanımına örnek olarak Aydın'da 8,92 MW enerji, Şanlıurfa' 8,97 MW enerji, Konya 10 MW enerji, Balıkesir 40 MW enerji ve en büyüğü Kayseride 50 MW enerji sağlayan güneş enerji santralleri verilebilir. Bu sistemlerin tamamında PV paneller kullanılmaktadır.

2010 yılında Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından Şekil 3.4'de verilen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) yayınlanmıştır.



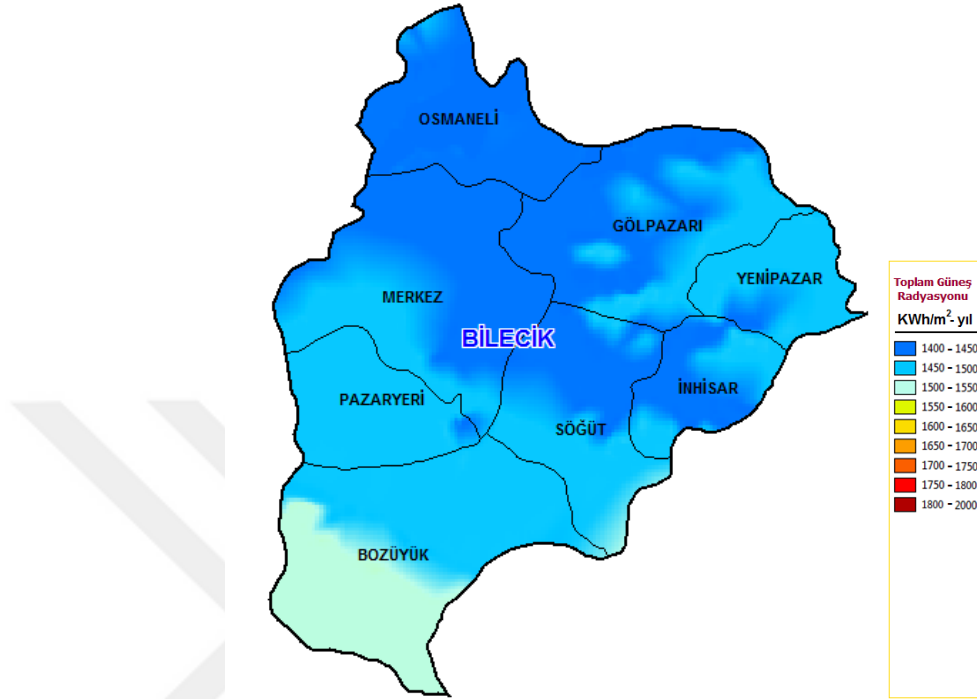
Şekil 3.4. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (YEGM, 2019).

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2737 saat (günlük toplamı 7.5 saattir), yıllık toplam güneş enerjisi ise 1527 kWh/m²yıl (günlük 4.2 kWh/m²) değerinde belirlenmiştir (Kılıç, 2015). Türkiye'de yaklaşık 56000 MWe termik santral kapasitesine eş değer güneş enerjisi potansiyelinin bulunduğu ve bu potansiyelden yararlanılması durumunda yıllık ortalama 380 milyar kWh elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır (Yılmaz M. , 2012).

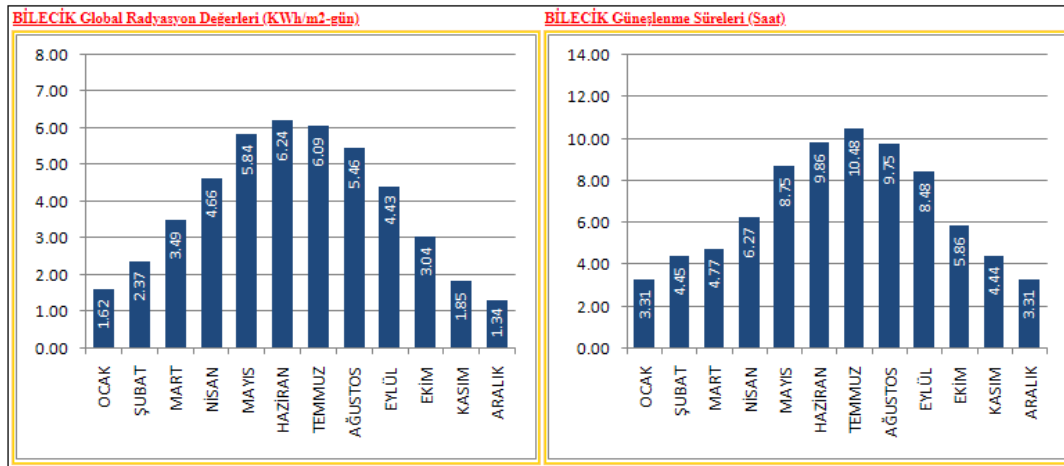
GEPA incelendiğinde, Akdeniz bölgesinde özellikle Antalya ve çevresi, Ege bölgesinin bir kısmı ve Doğu Anadolu bölgesinde Van ve çevresi en iyi güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgelerdir. Marmara ve Karadeniz bölgeleri ise diğer bölgelere kıyasla daha düşük güneş enerjisi potansiyeline sahiptir.

Bilecik ili 40,1° enlemi ile 29,9° boylamı arasında, Marmara, Karadeniz, İç Anadolu ve Ege bölgelerine kıyısı olan özel bir ildir. Güneş enerjisi potansiyeli açısından

bakıldığına Şekil 3.5'te gösterildiği gibi ortalama bir değere sahiptir. Güneşlenme verileri de Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5. Bilecik ili güneş enerjisi potansiyeli (YEGM, 2019).



Şekil 3.6. Bilecik ili güneşlenme verileri (YEGM, 2019).

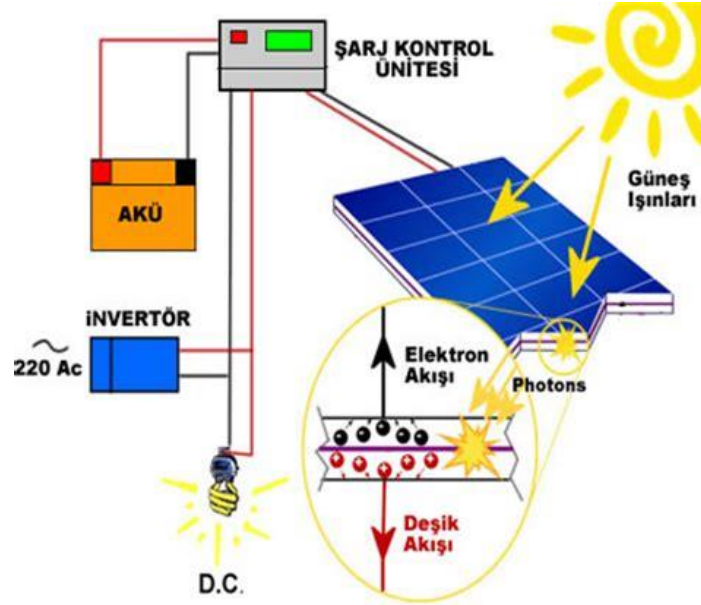
Şekil 3.6 incelendiğinde, Bilecik'in genel olarak günlük 6.64 saat güneşlenme süresine ve 3.87 kW/m^2 -gün güneş ışınımına sahip olduğu görülmektedir. En yüksek güneşlenme 6.24 kWh/m^2 -gün ve 10.48 saat olarak temmuz ayna aitken en düşük değer 1.34 kWh/m^2 -gün ve 3.31 saat ile aralık ayına aittir.

3.3. Güneş Enerjili Güç Sistemleri

Güneş enerjisi kullanarak elektrik üretmenin iki yolu vardır. Bunlardan birincisi fotovoltaik güneş hücreleri (PV) diğeri ise yüksek sıcaklık eldesi gerektiren, güneş ısıl güç santrallerinde kullanılan parabolik oluk kolektörler, güneş kulesi sistemleri, doğrusal fresnel kolektörler ve parabolik çanak kolektörlerdir. Birinci grupta yer alan PV sistemler yarıiletken malzemelerden oluşmakta ve güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedirler. İkinci grupta yer alan yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalar da kullanılan sistemlerde ise güneş enerjisi, çeşitli yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanır ve elde edilen yüksek sıcaklıktaki kızgın buhardan klasik yöntemlerle elektrik üretimi gerçekleştirilir.

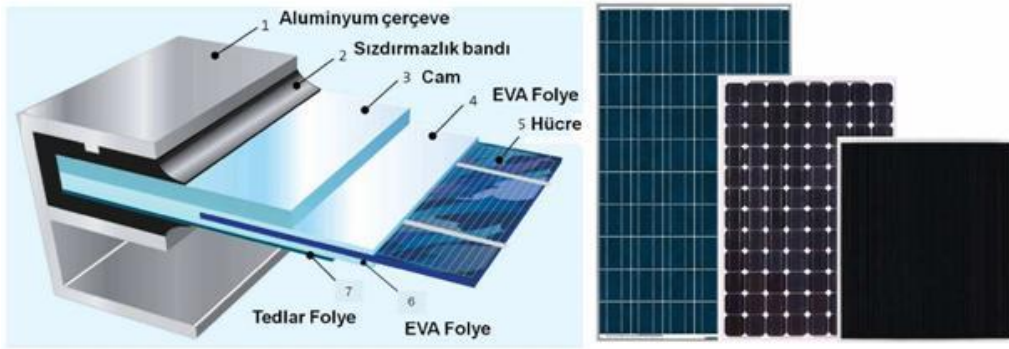
3.3.1. Fotovoltaik Hücre (PV) Sistemleri

Fotovoltaik hücre sistemleri, güneş ışığının fotovoltaik hücrenin üzerine geldiği zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşturması prensibine dayanarak çalışır. Şekil 3.7'de şematik olarak gösterildiği gibi bir fotovoltaik hücre güneş ışığını doğrudan elektrik akımına dönüştüren bir araçtır. Yarıiletken bir diyot olarak görev yapan PV, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi fotoelektrik reaksiyondan faydalanarak, direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürür. Yarı iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmesi için *N* ve *P* tipi olarak katkılanmaları gerekir. Katkılanma işlemi, saf yarıiletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin denetimli olarak ilave edilmesiyle gerçekleştirilir. Elde edilen yarıiletkenin *N* veya *P* tipi olması katkı maddesine bağlı olarak değişir. Yarıiletken maddesi olarak çok kristalli silisyum kullanılır. *N* ve *P* tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce her iki madde de elektriksel bakımdan nötr durumdadır, yani elektrik akımı oluşturmaz. *PN* eklem oluştuğunda, *N* tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, *P* tipine doğru akım oluşturur. Bu, her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder ve böylece elektrik akımı oluşur (Kılıç, 2015).



Şekil 3.7. PV sistemi ile elektrik üretimi akış diyagramı (Selekoğlu, 2012).

Güneş pilleri ile üretilen doğru akım elektrik enerjisi; şarj regülatörü ve batarya gibi ekipmanlar sayesinde depolanır. İnvertör vb. ek donanımlar ile de doğru akım, alternatif akıma çevrilerek elektrik enerjisi tüketim için hazırlanmış olur.



Şekil 3.8. PV panelinin profil kesiti (Kılıç, 2015).

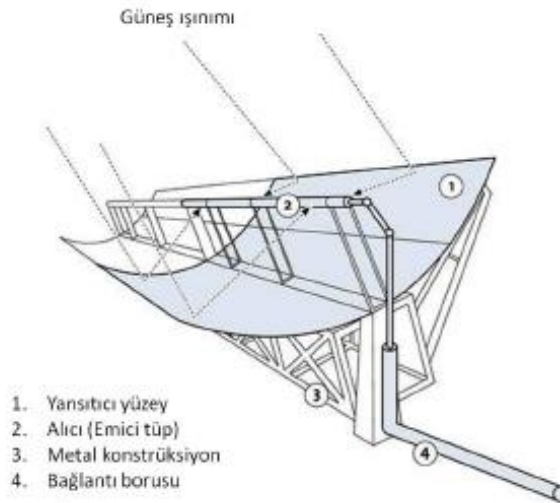
PV paneller farklı maddelerden yararlanılarak üretilmektedir. En çok kullanılan maddeler arasında kristal silisyum, galyum arsenit (GaAs), amorf silisyum, kadmiyum tellürid (CdTe), bakır indiyum di-selenid (CuInSe₂) ve optik yoğunlaştırıcı hücreler gelmektedir. Şekil 3.8'de bir PV hücresinin kesiti gösterilmektedir. (Kılıç, 2015)

Bu sistemler, şehir merkezinden uzak, elektrik şebekesinin olmadığı yerlerde, haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemlerinde, evlerde sıcak su eldesi ve ısıtma amacıyla kullanılmaktadır.

3.3.2. Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcı Sistemleri

PV sistemlerin kullanımının artmış olmasına rağmen bu sistemler yüksek sıcaklık uygulamaları için uygun değildir. Güneş enerjisinden elektrik üretmek için farklı teknolojiler geliştirilmiştir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri bunlardan biridir. Bu sistemler orta ve yüksek sıcaklıklarda çalışmaya uygundur. Dezavantajları ise manuel kontrol sistemine sahip olması, güneş takip sistemine ihtiyaç duyması ve bakım maliyetinin yüksek olmasıdır (Çakıcı, 2016)

Parabolik oluk kolektörler, diğer yoğunlaştırıcı sistemler arasında en yaygın kullanılan kolektör çeşididir. Parabolik oluk kolektör düzeneğini oluşturan sistemin şematik görüntüsü Şekil 3.9'da verilmiştir.



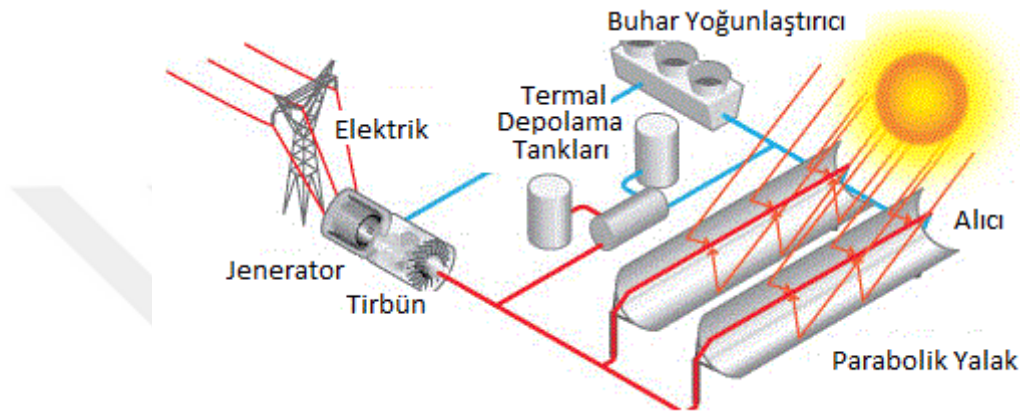
Şekil 3.9. Parabolik oluk kolektör düzeneği (Acar, 2014).

Bu sistemler şekilde görüldüğü gibi; yansıtıcı yüzey, alıcı boru, metal konstrüksiyon ve bağlantı borularından oluşmaktadır.

Parabolik oluk kolektör düzeneğinin metal konstrüksiyonu (Acar, 2014);

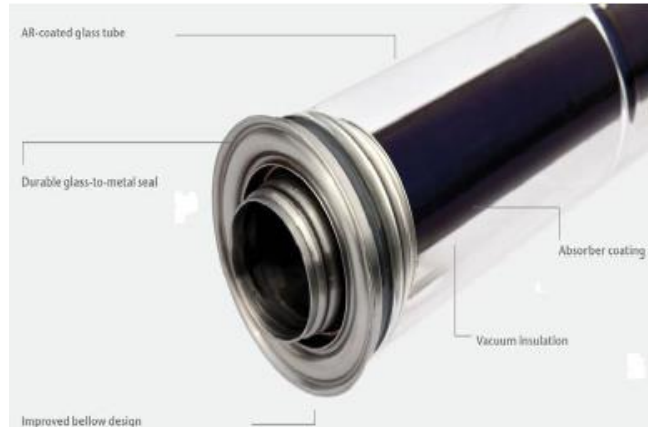
- Yansıtıcı yüzey ve alıcıyı destekleyerek optik hizada kalmasını sağlar,
- Rüzgar vb. dış kuvvetlere karşı dayanıklılık sağlar,
- Sistemin güneşi takip edebilmesi için kolektörün hareketini sağlar.

Parabolik oluk kolektörlerin temel çalışma prensibi şu şekildedir; parabolik aynalar (yansıtıcı yüzey) üzerine gelen güneş ışınımını alıcı boru yüzeyine yoğunlaştırarak, boru içerisindeki akışkanın sıcaklığının artmasını sağlar ve boru bu sayede boru içerisindeki akışkan ısı kaynağı durumuna getirilir. Daha sonra bu akışkan buhar elde etmek amacıyla güç çevrimine aktarılır. Şekil 3.10'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Parabolik oluk tipi güneş toplayıcılı güç santrali modeli(Kilsan, 2019).

Şekil 3.11'de örneği verilen, kolektörün merkezinde bulunan alıcı boru genellikle bakır, alüminyum ve paslanmaz çelikten üretilir. Bakırın termal yayıcılığı diğerlerine göre daha iyidir fakat bakır diğerlerine göre çok daha pahalıdır bu yüzden alıcı boru üretiminde genellikle paslanmaz çelik tercih edilir. Alıcı boru düşük yansıtma ve yüksek emme özelliğine sahip özel bir malzeme ile kaplanır. Bu malzeme güneşten gelen ışının büyük çoğunluğunu içerisinde toplayarak geri yansımalarını engeller. Alıcıda toplanan ısı, ısı transfer akışkanına aktarılır. Alıcının sıcaklığı çevre havanın sıcaklığından yüksektir. Alıcıyla çevre hava arasındaki ısı transferini azaltmak için alıcı boru cam malzeme ile kaplanır (Çakıcı, 2016).



Şekil 3.11. Alıcı boru parçası (Çakıcı, 2016).

Alıcı boru içerisinde, ısı transfer akışkanı olarak yüksek kaynama noktasına sahip akışkanlar seçilir. Çalışma koşullarına göre sentetik yağ veya eriyik tuz tercih edilebilir.

Parabolik oluklu güneş kolektörleri, kuzey-güney yönünde yerleştirilir ve doğu-batı yönünde güneş takip sistemine sahiplerdir. Bu sayede gün boyunca güneş ışığından maksimum şekilde yararlanılır. Güneş ışınımının fazla olduğu zamanlarda üretilen enerjinin fazlası termal enerji depolama sisteminde depolanarak gece boyunca veya bulutlu günlerde kullanılabilir.

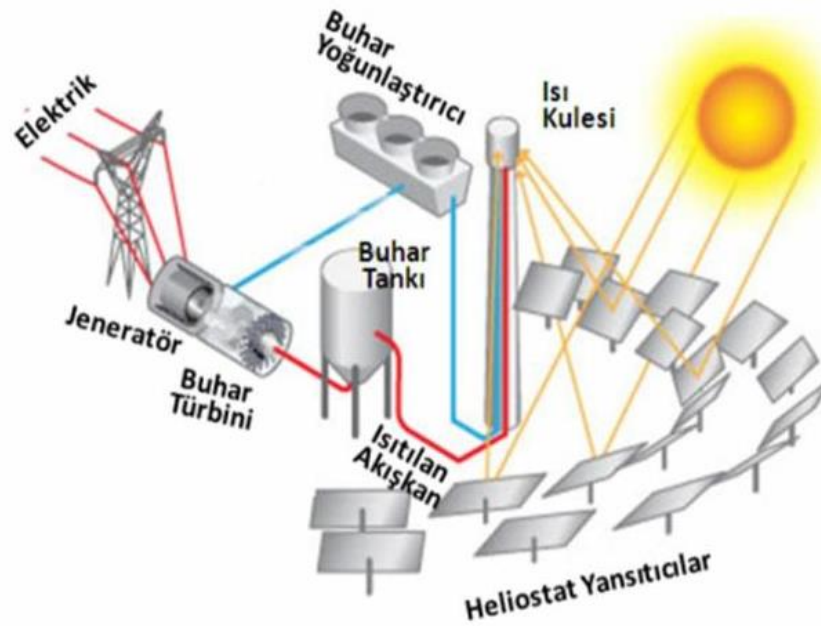
3.3.3. Güneş Kulesi Sistemleri

Güneş kulesi sistemleri, bir kule etrafına yerleştirilen heliostat adı verilen aynaların güneşten gelen ışınları kulenin en üstünde bulunan alıcıya odaklaması prensibine dayanır. Bir heliostat ayna modeli Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Heliostat aynalar vasıtasıyla alıcıya yoğunlaştırılan güneş ışınları burada bulunan akışkanın sıcaklığını artırır.



Şekil 3.12. Heliostat ayna modeli (SIC, 2019).

Güneş kulesi sistemlerinde genellikle akışkan olarak su veya hava kullanılır. Su kullanılan sistemlerde akışkanın sıcaklığı 500-600°C sıcaklıklara çıkartılarak kızgın buhar elde edilir, hava kullanılan sistemlerde akışkanın sıcaklığı 800°C'ye kadar çıkabilmektedir. Daha sonra yüksek sıcaklıktaki akışkanlar sisteme gönderilerek elektrik elde edilir. Kulede üretilen sıcaklık 1500°C'ye kadar çıkabilmektedir. Bu sistemlere ait şematik gösterim Şekil 3.13'de verilmiştir (Demirci, 2015).

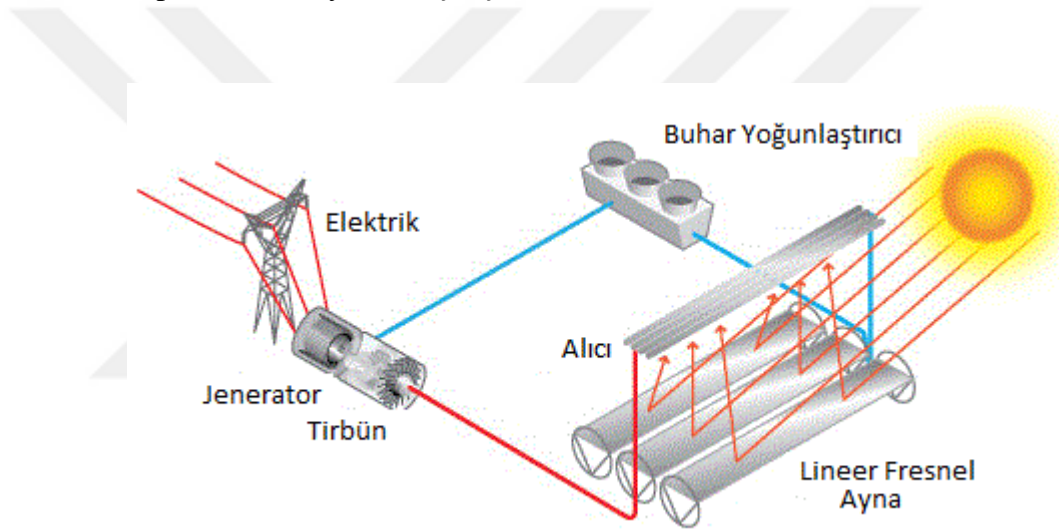


Şekil 3.13. Güneş kulesi sistemleri (Kilsan, 2019).

Güneş kulesi sistemleri, parabolik oluklu sistemlere göre daha yüksek maliyete sahiptirler. Bu yüzden ticari uygulamalarda henüz yaygınlık kazanamamıştır. Fakat bunun yanında bu sistemlerde hem verim daha yüksektir hem de güneşin olmadığı saatlerde ve ya bulutlu günlerde kullanılmak üzere elektrik üretimini sağlamak için ısı depolamak daha kolaydır (Livatyalı & Yıldırım, 2012).

3.3.4. Doğrusal Fresnel Kolektör Sistemleri

Doğrusal Fresnel kolektörler, yan yana sıralanmış dar ve düz aynaların güneşten gelen direkt ışınımı, aynalardan belirli bir yükseklikte bulunan alıcı boruya odaklaması ve daha sonra burada sıcaklığı yükselen akışkanın sisteme gönderilerek elektrik elde edilmesi prensibine dayanarak çalışır.



Şekil 3.14. Doğrusal Fresnel kolektör sistemi (Kilsan, 2019).

Şekil 3.14’de sistemin çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir. Bu sistemin avantajı olarak düz aynaların parabolik oluklu kolektörlere göre daha ucuz olmasından dolayı daha düşük maliyetli olması ve aynı genişlikte bir alana parabolik sisteme kıyasla daha fazla yansıtıcı ayna konulabilmesi ve buna bağlı olarak aynı büyüklükte bir alandan daha fazla güneş enerjisi toplanabilmesidir. Fakat bu sistemlerin toplam verimi daha düşüktür bu yüzden parabolik oluklu kolektörler kadar yaygınlaşmamıştır (Livatyalı & Yıldırım, 2012)

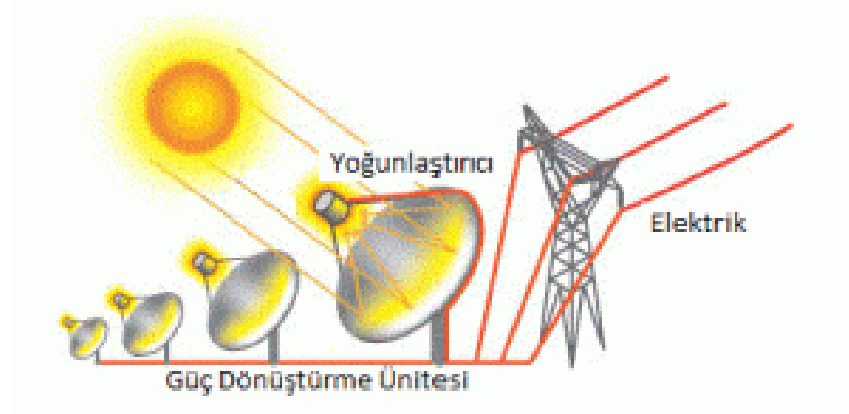
3.3.5. Parabolik Çanak Kolektör Sistemleri

Parabolik çanak kolektörler, Şekil 3.15'te gösterildiği gibi büyük konkav aynalardan meydana gelmektedir. Bu aynalar yüzeylerine gelen güneş ışınımını noktasal olarak alıcıya odaklarlar.



Şekil 3.15. Parabolik çanak tipi güneş toplayıcıları (Maricopa Solar Project, 2011).

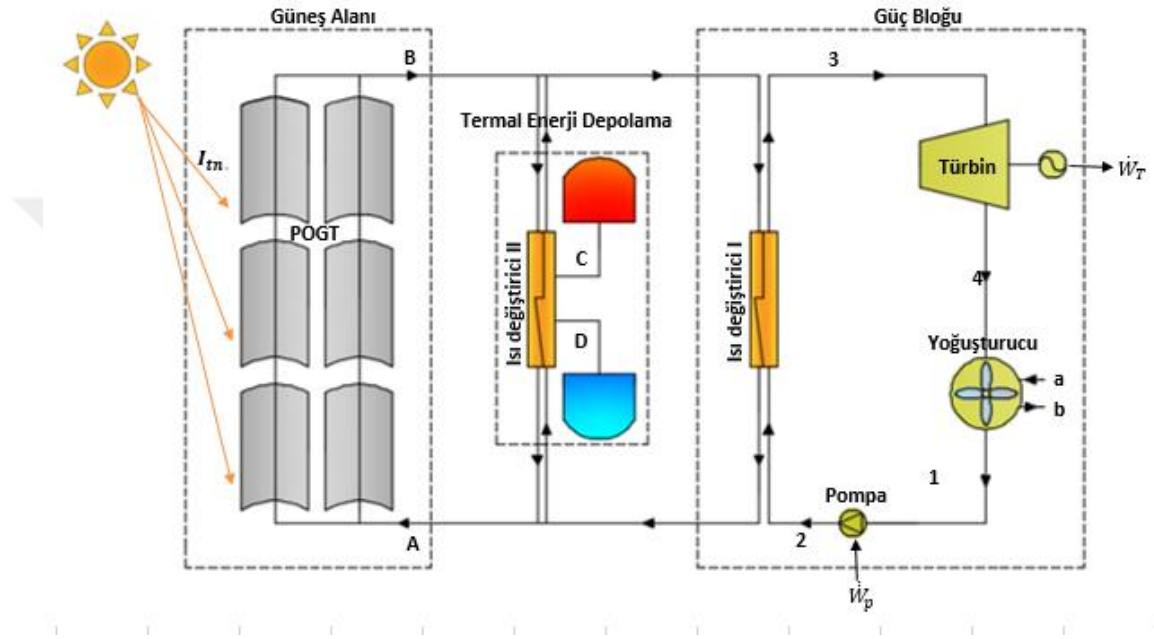
Bu sistemler iki eksende güneşi takip ederek güneş ışınımını sürekli olarak odak noktasında yoğunlaştırır. Alıcıda toplanan ısı diğer sistemlerin aksine buhar elde etmek yerine arkasındaki stirling motoru sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sistemlerde akışkanın sıcaklığı 250-700°C'ye kadar çıkabilir. Parabolik çanak sistemler tek tek ya da bir arada kullanım kolaylığı sağlarlar ancak kurulum maliyeti yüksektir. Şekil 3.16'da parabolik çanak kolektörlerine ait sistem şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Parabolik çanak kolektör sistemi (Kilsan, 2019).

4. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada; Bilecik ili şartları göz önünde bulundurularak Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcılı Termal Güç Santrali (POTGTTGS) tasarımı yapılmıştır. Sistem Güneş alanı, TED sistemi ve Güç bloğu olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Tasarlanan sisteme ait akış diyagramı Şekil 4.1’de verildiği gibidir.



Şekil 4.1. POTGTTGS sisteminin akış diyagramı.

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere, güneş alanı parabolik oluk tipi güneş toplayıcılarından (POTGT) oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan POTGT’ya ait özellikler Çizelge 4.4’te verilmektedir. TED sisteminde kullanılan sıcak ve soğuk depolama tanklarına ait özellikler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Sistem genel olarak parabolik oluk tipi güneş toplayıcılarının ısı kaynağı olarak kullanıldığı ORC çevrimine göre çalışmaktadır. Tasarlana sistemin çalışma prensibi şu şekildedir; parabolik oluk tipi güneş toplayıcıları, güneş ışınlarını merkezinde bulunan alıcı boruda yoğunlaştırır. Bu sayede kolektöre giren (A noktası) düşük sıcaklıktaki akışkanın buharlaşması sağlanır, kolektörden çıkan (B noktası) buhar fazındaki akışkan ısı değiştiricisine girerek ısısını ORC’de dolaşan çalışma akışkanına aktararak buharlaştırır. Isı değiştiricisinden çıkan (3 noktası) yüksek sıcaklık ve basınçtaki akışkan türbini çalıştırarak elektrik elde edilmesini sağlar. Türbinde genişleyen akışkan (4 noktası) daha sonra hava soğutmalı yoğuşturucuda ısısını vererek

doymuş sıvı halinde çıkar (1 noktası). Buradan pompaya giren akışkanın tekrar basıncı yükselttilerek ısı değiştiricisine girmesiyle (2 noktası) çevrim tamamlanmış olur. Güneşin olmadığı zamanlarda veya bulutlu günlerde TED bölümünde gün boyunca depolanan ısı devreye girerek sistemin çalışmaya devam etmesini sağlar.

Sistemde güneş alanında ısı transfer akışkanı olarak Therminol VP-1, TED bölümünde eriyik tuz ve ORC bölümünde, farklı tasarımlar için soğutucu akışkan olarak sırasıyla R-134a, R141b, R600a, R236ea ve R-1234ze kullanılmıştır. ORC’de kullanılan akışkanlara ait özellikler Çizelge 4.1’de, eriyik tuza ait özelliklere Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sistem tasarımında kullanılan akışkanların termodinamik özellikleri.

Özellikler	R-134a	R-141b	R-600a	R-236ea	R-1234ze	Ther.VP-1
Kaynama Noktası (°C)	-26.074	32.05	-11.749	6.19	-18.95	257
Donma Noktası (°C)	-103.3	-103.47	-159.42	-31.15	-104.53	12
Kritik Sıcaklık (°C)	101.06	204.35	134.66	139.29	109.37	400
Kritik Basınç (MPa)	4.059	4.212	3.629	3.502	3.636	-
Yoğunluk (kg/m^3)	511.9	458.56	225.5	563	489.24	828
Özgül ısı c_p ($kJ/kg.K$)	1.5	1.539	1.69	1.26	1.38	2.287

Çizelge 4.2. Eriyik tuzun termodinamik özellikleri (Sohal, 2010).

Yoğunluk (kg/m^3)	4840
Viskozite ($Pa.s$)	0.0017
Isı iletim katsayısı (W/mK)	0.55
c_p ($J/kg.K$)	2660.19
Prandtl No.	8.222

Sistem tasarımı yapılırken bu akışkanlar için basınç, sıcaklık gibi farklı parametreler göz önüne alınmıştır. Sisteme ait tasarım parametreleri Çizelge 4.3’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.3. POTGTTGS sisteminin tasarım parametreleri.

Aylar	Eriyik tuz		Therminol VP-1		R-1234ze			R-600a			R-236ea			R-141b			R-134a		
	T _d °C	T _c °C	T _B °C	T _A °C	T ₃ °C	P ₂ kPa	P ₁ kPa	T ₃ °C	P ₂ kPa	P ₁ kPa	T ₃ °C	P ₂ kPa	P ₁ kPa	T ₃ °C	P ₂ kPa	P ₁ kPa	T ₃ °C	P ₂ kPa	P ₁ kPa
Ocak							455			330			190			75			610
Şubat							500			350			210			80			670
Mart							550			380			230			90			730
Nisan							600			415			255			95			795
Mayıs							650			450			280			110			865
Haziran	280	380	390	290	100		710	145	2000	490	145	2000	310	145	700	125	105	2000	940
Temmuz	290	390	400	300	110	2500		150	2500	545	155	3000	350	155	1300	135	115	3000	1045
Ağustos	300	400	410	310	120		750	160		515	160		330	160		130	120		990
Eylül							690			475			290			120			910
Ekim							635			440			270			105			840
Kasım							580			400			245			95			770
Aralık							530			370			225			85			705

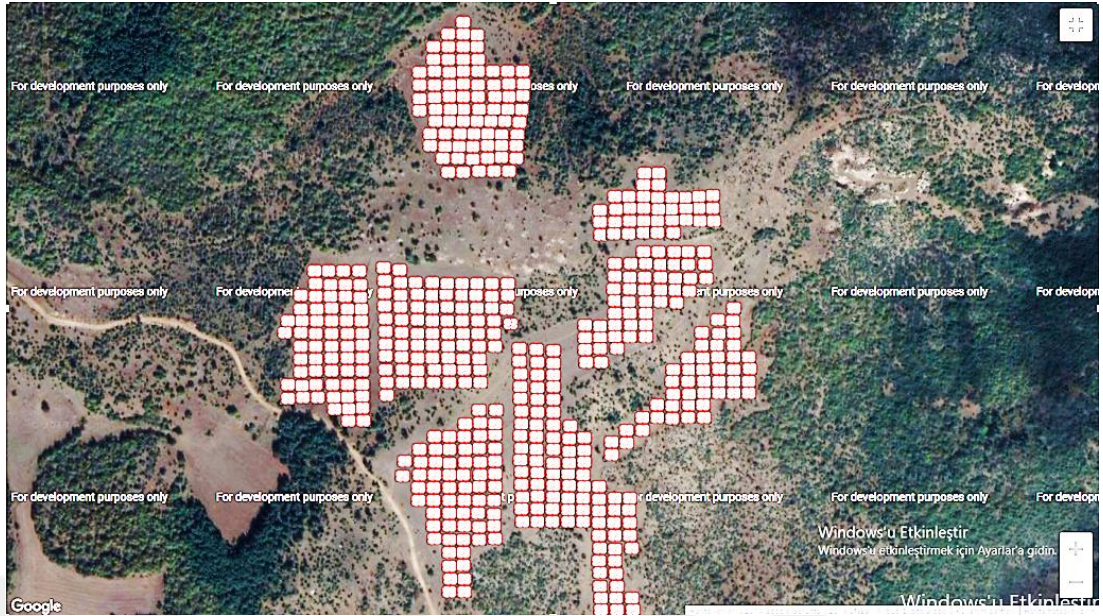
Çizelge 4.3’de verilen aylara göre sıcaklık değerleri Meteoroloji’den Bilecik ili için alınan 2018 yılına ait sıcaklık değerleridir. Bu değerler baz alınarak her ay için ortalama bir sıcaklık değeri belirlenmiştir. Bilecik coğrafi konumu sebebiyle dağlık bir bölgedir. Bu yüzden kolektör yerleşimine uygun alanları da sınırlıdır. Sistemin kurulabileceği alan tayini yapılırken etrafında bina vb. gibi güneş ışınını kesen etkenlerin olmamasına, tarım arazisi ve ormanlık alan olmamasına aynı zamanda dağlık alan olmamasına özen gösterilmiştir.

Googlemaps haritası üzerinden, haritadan tarla, arazi, alan hesaplama – ölçme uygulaması kullanılarak Bilecik ili için santral kurulumuna uygun alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar Bilecik Merkez, Bozüyük ve Pazaryeri ilçelerindedir. Belirlenen alanlara kolektör yerleşimi yapıp kaç adet kolektör sığabileceği hesaplanmıştır. Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de bu yerleşimler gösterilmektedir.

Parabolik kolektörlerin güney yönüne baktığı kabul edilmiş olup, kolektörler arasındaki mesafe hesabı bölüm 4.1’de verilmiştir. Kolektör yerleşimi yapılırken birkaç sıra arasında bakım onarım kolaylığı sağlaması açısından yaklaşık 1 er metrelik mesafeler bırakılmıştır. Kullanılan POTGT’na ait özellikler Çizelge 4.4’te verilmiştir

Çizelge 4.4. POTGT’nın teknik detayları (Yüksel, 2018).

Parabolik Kolektör	Değerler
W (m)	1.5
L (m)	5
$D_{o,r}$ (m)	0.07
$D_{i,r}$ (m)	0.066
τ_{cover}	0.9
U_L (W/m^2K)	3.82
T_{sun} (K)	5800
h_{fi} (W/m^2K)	300
k (W/m^oC)	9
τ_{pdc}	0.94
α_r	0.87
ϑ	0.05



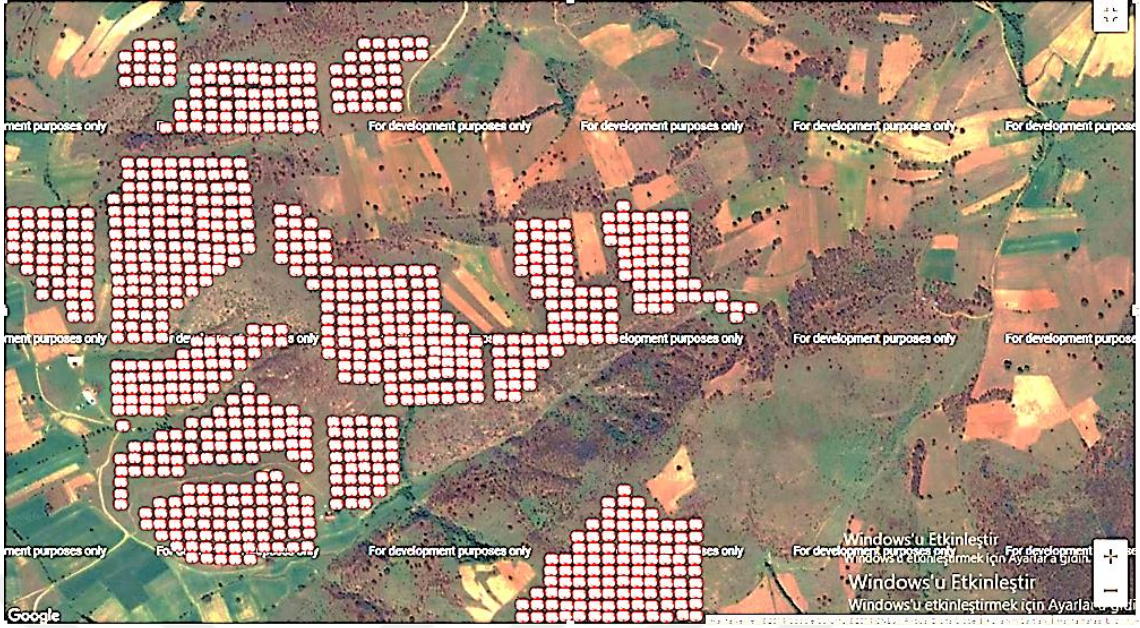
Şekil 4.2. Bilecik Merkez; kolektör yerleşim planı.

Şekil 4.2.'de gösterilen Bilecik merkezde belirlenen 138.330 m² lik alana toplamda 500 adet kolektör yerleştirilmiştir.



Şekil 4.3. Bilecik Bozüyük; kolektör yerleşim planı.

Şekil 4.3'de gösterilen Bozüyük'te belirlenen 222.357 m² lik alana toplamda 965 adet kolektör yerleştirilmiştir.



Şekil 4.4. Bilecik Pazaryeri; kolektör yerleşim planı.

Şekil 4.4’de gösterilen Pazaryeri ilçesinde belirlenen 1.045.270 m² lik alana toplamda 1066 adet kolektör yerleştirilmiştir. Sistem hesaplamaları yapılırken Bilecik ili baz alındığı için kolektör sayısı toplam 2531 adet olarak hesaplara dahil edilmiştir, her bir kolektörlere ait toplatıcı alanı 7.5 m² dir.

4.1. Güneş Hesaplamaları

Dünyanın etrafında döndüğü kutupsal eksen, uzayda kendi yörünge düzlemine 66.45°’lik ortalama bir açıyla sabitlenmiştir. Yörünge düzlemi ile dünyanın ekvator düzlemi arasındaki bu açı denklinasyon açısı (δ) olarak bilinir. Denklinasyon açısı, güneş ışınları ile dünya arasındaki açısal ilişkiler bakımından en önemli olan açıdır. Dünyanın kendi eksenine yörünge düzleminin normali arasındaki 23.45°’lik açı nedeniyle meydana gelir (Öztürk H. , 2012). Bu değer Cooper Eşitliği ile hesaplanabilir.

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284+n}{365}\right) \quad (4.1)$$

burada n ; yılın gün sayısıdır.

Güneş ışınları dünyanın yüzeyine doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki farklı yolla gelir. Eğer güneş ışınları atmosfer içerisinde hiçbir sapmaya uğramadan yeryüzüne ulaşırsa buna doğrudan güneş ışınımı (direkt radyasyon), atmosfer içerisinden geçerken yansıma ya da saçılma nedeniyle yönünü değiştirerek gelirse buna da dolaylı güneş ışınımı (difüz radyasyon) adı verilir (Atagündüz, 1989). Herhangi bir zamanda eğik düzleme gelen doğrudan güneş ışınımının hesaplanabilmesi için güneş geliş açısının (θ) bilinmesi gerekir. Bu değer (Benford & Bock, 1939) tarafından;

$$\begin{aligned} \cos\theta = \sin\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \\ \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega \end{aligned} \quad (4.2)$$

eşitliğiyle verilir. Burada ϕ ; ele alına bölgenin enlem açısını, β ; eğik düzlemin yatay ile yaptığı açıyı, γ ; azimut açısını (güneye göre sapmayı belirler), ω ; saat açısını tanımlar ve herbir 15° bir saate eşdeğerdir. Eşitlik 4.3'te verilen bağıntıyla hesaplanır.

$$\omega_\beta = \arccos \left[\frac{-N \pm \sqrt{N^2 - 4 \cdot M \cdot P}}{2M} \right] \quad (4.3)$$

burada, $K = A - B$; $L = C + D$; $M = L^2 + E^2$; $N = 2KL$ ve $P = K^2 - E^2$ olarak tanımlanmış olup, A, B, C, D, E terimleri Eşitlik 4.4'de verildiği gibidir.

$$A = \sin\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos\beta$$

$$B = \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma$$

$$C = \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \quad (4.4)$$

$$D = \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma$$

$$E = \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma$$

eşitlik 4.4'ün matematiksel anlamda $\omega_{\beta,1}$ ve $\omega_{\beta,2}$ olmak üzere iki kökü vardır. Bu kökler yatay düzlemde güneşin doğuş ve batış açılarıyla karşılaştırılarak eğik düzlemdeki doğuş ve batış açıları belirlenir. Yatay düzlemde güneşin doğuş ve batış açıları;

$$\omega_s = \arccos(-\tan\phi \tan\delta) \quad (4.5)$$

bağıntısıyla verilir (Atagündüz, 1989). Azimut açısının (γ) durumu esas alınarak güneşin doğuş ve batış saat açıları belirlenir, azimut açısının konumuna göre dört farklı bölge belirlenmiştir. Buna göre;

$$\begin{aligned}
 &1. \text{ Konum bölgesi } (\gamma = 0^\circ) \text{ için } \omega_{\beta,1} = \omega_{\beta,2} \text{ olup, güneş doğuş ve batış açıları;} \\
 &\omega_{\beta,\text{doğuş}} = \text{Max}(-\omega_{\beta}, -\omega_s) \\
 &\omega_{\beta,\text{batış}} = \text{Min}(\omega_{\beta}, \omega_s)
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

2. Konum bölgesi ($-180^\circ < \gamma < 0^\circ$) için doğuş ve batış açıları;

$$\begin{aligned}
 &\omega_{\beta,\text{doğuş}} = \text{Max}(-\text{Max}(\omega_{\beta,1}, \omega_{\beta,2}), -\omega_s) \\
 &\omega_{\beta,\text{batış}} = \text{Min}(\text{Min}(\omega_{\beta,1}, \omega_{\beta,2}), \omega_s)
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

3. Konum bölgesi ($0^\circ < \gamma < 180^\circ$) için doğuş ve batış açıları;

$$\begin{aligned}
 &\omega_{\beta,\text{doğuş}} = \text{Max}(-\text{Min}(\omega_{\beta,1}, \omega_{\beta,2}), -\omega_s) \\
 &\omega_{\beta,\text{batış}} = \text{Min}(\text{Max}(\omega_{\beta,1}, \omega_{\beta,2}), \omega_s)
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

4. Konum bölgesi ($\gamma = \mp 180^\circ$) için $\omega_{\beta,1} = \omega_{\beta,2}$ olup doğuş ve batış açıları;

$$\begin{aligned}
 &\omega_{\beta,\text{doğuş}} = \text{Max}(-\omega_{\beta}, -\omega_s) \\
 &\omega_{\beta,\text{batış}} = \text{Min}(\omega_{\beta}, \omega_s)
 \end{aligned} \tag{4.9}$$

şeklinde hesaplanır (Atagündüz, 1989). Eğik ve yatay düzlemlere bir gün boyunca gelen güneş radyasyonu sırasıyla;

$$I_{on\beta} = \frac{24 \cdot 3600}{2\pi} \cdot \int_{\omega_{\beta,d}}^{\omega_{\beta,b}} I_{on}^* \cos\theta d\omega \tag{4.10}$$

$$I_{onz} = \frac{24 \cdot 3600}{2\pi} \cdot \int_{-\omega_s}^{\omega_s} I_{on}^* \cos\theta_z d\omega \tag{4.11}$$

ifadeleriyle verilir. Burada I_{on}^* ; atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen güneş ışınımı şiddeti olup Eşitlik 4.12'de verildiği gibidir, θ_z ; zenit açısı olup doğrudan güneş ışınımı ile yatay düzlemin normali arasındaki açıdır.

$$I_{on}^* = I_o^* \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) \quad (4.12)$$

burada, I_o^* ; güneş sabitidir (Atagündüz, 1989). Enlem açısına bağlı olarak zenit açısı da aşağıdaki bağıntıyla verilir.

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \omega \quad (4.13)$$

Yatay bir düzleme gelen günlük toplam güneş radyasyonu (I_{tnz});

$$I_{tnz} = K_{Tn} \cdot I_{onz} \quad (4.14)$$

burada K_{Tn} ; günlük bulutluluk göstergesi olup, bulutluluk göstergesi %20 baz alınarak yatay düzleme gelen günlük doğrudan ve dolaylı güneş ışınımının aylık ortama değerleri, (Collares-Pereira & Rabl, 1979) tarafından geliştirilen ampirik ifade Eşitlik 4.15'de verilen bağıntıyla bulunur;

$$\frac{I_{dnz}}{I_{tnz}} = 0,775 + 0,00653(\omega_s - 90^\circ) - (0,505 + 0,00455(\omega_s - 90^\circ)) \cdot \cos(115K_{Tn} - 103) \quad (4.15)$$

burada, I_{dnz} ; yatay düzleme gelen günlük dolaylı (difüz) güneş ışınımıdır. Doğrudan (direkt) güneş ışınımı ise;

$$I_{inz} = I_{tnz} - I_{dnz} \quad (4.16)$$

ifadesiyle bulunur. Böylece, eğik düzleme bir günde gelen direkt ve difüz güneş radyasyonları sırasıyla;

$$I_{in\beta} = I_{inz} \cdot R_l \quad (4.17)$$

$$I_{dn\beta} = I_{dnz} \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) + (I_{inz} + I_{dnz}) \left(\frac{1-\cos\beta}{2} \right) \quad (4.18)$$

eşitlikleriyle hesaplanır (Atagündüz, 1989). Burada R_l ; eğik düzleme gelen anlık direkt güneş radyasyonunun yatay düzleme gelen anlık direkt güneş radyasyonuna oranı olur;

$$R_l = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (4.19)$$

eşitliği ile verilir. Güneş ışınımı hesaplamaları yapılırken bazı parametreler göz önünde bulundurulmuştur bunlar Çizelge 4.5’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.5. Bilecik şartları için güneş ışınımı parametreleri.

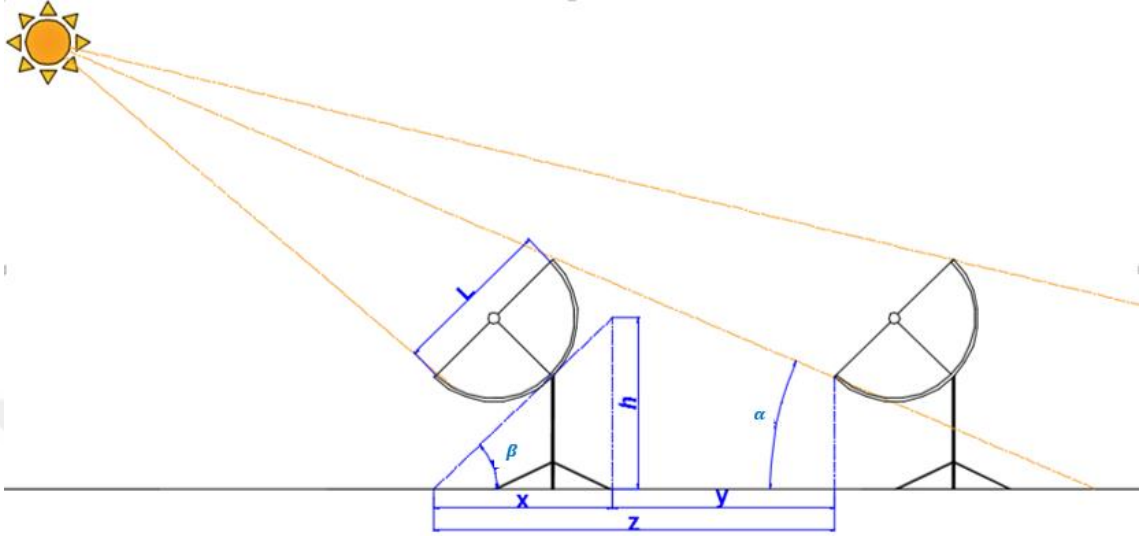
Parametreler	Değerler
Enlem açısı (ϕ)	40,1°
Eğim açısı (β)	45°
Güneş sabiti (I_0)	1353 W/m ²
Bulutluluk değeri (K_{Tn})	%20
Kolektör sayısı (N)	2531 adet

Çizelge 4.5’te verildiği gibi eğim açısı (β) 45° olarak belirlenmiştir. Bu açı belirlenirken literatürdeki çalışmalar baz alınmış ve en uygun açı için enlem açısıyla arasında 5 °C fark olması gerektiği belirlenmiştir. Buna göre 45° eğik kolektör yüzeyine gelen aylık radyasyon değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Parabolik toplayıcıların yüzeyine gelen aylık radyasyon değerleri.

Aylar	$I_{tn,45}$ (W/m ²)			
	Güney ($\gamma = 0^\circ$)	Batı ($\gamma = 90^\circ$)	Kuzey ($\gamma = \mp 180^\circ$)	Doğu ($\gamma = -90^\circ$)
Ocak	1142,068601	1086,764	1043,463	1086,764
Şubat	1348,330244	1304,508	1254,6	1304,508
Mart	1984,928677	1951,733	1886,092	1951,733
Nisan	2395,720098	2383,971	2302,019	2383,971
Mayıs	2815,625187	2821,051	2724,141	2821,051
Haziran	2857,42643	2870,575	2773,108	2870,575
Temmuz	2877,944235	2887,715	2789,137	2887,715
Ağustos	2594,872117	2589,897	2499,557	2589,897
Eylül	2078,395738	2053,756	1987,108	2053,756
Ekim	1635,339536	1591,549	1531,613	1591,549
Kasım	1179,003744	1127,075	1082,653	1127,075
Aralık	1035,00436	978,4629	938,8866	978,4629

Kolektör yerleşimleri, yüzeylerine gelen güneş ışınımının etkilenmemesi açısından önemlidir.



Şekil 4.5. Dizi halinde yerleştirilmiş parabolik kolektörler.

Şekil 4.5'te örnek bir kolektör yerleşimi gösterilmiştir. Buna göre kolektörler arasındaki mesafenin hesaplanmasında kullanılan denklemler aşağıdaki gibidir. Kolektör dizileri arasında bırakılması gereken mesafe;

$$z = x + y$$

$$x = L \cdot \cos(\beta)$$

$$y = h / \tan(\alpha)$$

$$h = L \cdot \sin(\beta) \quad (4.20)$$

eşitlikleriyle hesaplanabilir. Burada β ; kolektörlerin yatay düzlemle yaptığı açıyı tanımlar, α ; kolektörlerin güneşi direk görmeye başladıkları güneş yükseklik açısıdır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda kolektörün eğim açısı ve güneş yükseklik açısı gibi parametreler göz önünde bulundurulduğunda her bir kolektör arasındaki mesafenin 5 m olması gerekmektedir.

4.2. Enerji Analizi

Enerji analizi; Termodinamiğin I. Yasası olan enerjinin korunumu prensibine dayanır. Bu yasa enerjinin var veya yok edilemeyeceğini ancak şekil değiştirebileceğini ifade eder.

Sürekli akışlı açık sistemde, kontrol hacmi içindeki kütle zamanla değişmez. Kontrol hacmine giren toplam kütle, kontrol hacminden çıkan toplam kütleyle eşit olması gerekir. Bu durum kütle korunumu ilkesi olarak ifade edilir, birçok girişi ve çıkışı olan sürekli akışlı açık sistem için kütle korunumu ilkesi aşağıdaki gibidir (Çengel & Boles, 1996).

$$\Sigma \dot{m}_g = \Sigma \dot{m}_\zeta \quad (4.21)$$

Sürekli akışlı açık sistemlerde, kontrol hacmindeki toplam enerji sabittir. Böylece kontrol hacmindeki toplam enerji değişimi sıfır olur. Bu nedenle ısı, iş ve kütle biçiminde kontrol hacmine giren enerji miktarı, kontrol hacminden çıkan enerji miktarına eşittir. Sürekli akışlı açık sistemlerde enerjinin korunumu denklemi aşağıdaki gibidir (Çengel & Boles, 1996).

$$\dot{E}_g = \dot{E}_\zeta \quad (4.22)$$

$$\dot{Q}_g + \dot{W}_g + \Sigma_g \dot{m}h = \dot{Q}_\zeta + \dot{W}_\zeta + \Sigma_\zeta \dot{m}h \quad (4.23)$$

Isıl verim ifadesi;

$$\eta = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_g} = \frac{\dot{W}_T - \dot{W}_P}{I_{tn}} \quad (4.24)$$

şeklindedir. Parabolik oluklu güneş kolektörü tarafından sağlanan kullanılabilir enerji Eşitlik 4.25 'de verilen denklemle hesaplanabilir (Kalogirou, 2009);

$$\dot{Q}_u = N \cdot F_R \cdot (Q_a \cdot A_a - A_r \cdot U_L \cdot (T_g - T_a)) \quad (4.25)$$

Alıcı tarafından absorbe edilen ısı;

$$Q_a = I_{tn} \cdot \eta_r \quad (4.26)$$

eşitliği ile verilir. η_r ; alıcının verimidir;

$$\eta_r = \tau_{cover} \cdot \tau_{PTC} \cdot \alpha_r \cdot \vartheta \quad (4.27)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$A_a = W \cdot L$$

$$A_r = \pi \cdot D_o \cdot L \quad (4.28)$$

Isı taşıma faktörü Eşitlik 4.29'da verilen denklem ile hesaplanır.

$$F_R = \frac{\dot{m}_g \cdot c_{p,g}}{A_r \cdot U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{U_L \cdot F' \cdot A_r}{\dot{m}_g \cdot c_{p,g}}\right) \right] \quad (4.29)$$

F' kolektör verim faktörü olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikle verildiği gibidir;

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_o}{h_{fi} \cdot D_i} + \left(\frac{D_o}{2k} + \ln \frac{D_o}{D_i}\right)} \quad (4.30)$$

POGTGS sistemine ait enerji analizi her bir eleman için ayrı ayrı Çizelge 4.7'da verilmektedir.

Çizelge 4.7. Sistemin enerji analizi denklıkları.

Bileşen	Enerji Denkliği
Parabolik kolektörler	$\dot{Q}_u = \dot{m}_A h_A - \dot{m}_B h_B$
Isı değiştiricileri	$\dot{Q}_{ID,1} = \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_B h_B - \dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_A h_A$ $\dot{Q}_{ID,2} = \dot{m}_B h_B + \dot{m}_D h_D - \dot{m}_A h_A - \dot{m}_C h_C$
Pompa	$\dot{W}_p = \frac{v_1(P_2 - P_1)}{\eta_p}$
Türbin	$\dot{W}_T = \dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_4 h_4$
Yoğuşturucu	$\dot{Q}_Y = \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_a h_a - \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_p h_p$

4.3. Ekserji Analizi

Ekserji; belirli bir halde ve miktardaki enerjinin yararlı iş potansiyeli yani kullanılabilirliği olarak tanımlanır. Başka bir deyişle Ekserji, herhangi bir termodinamik yasasına karşı gelmeden, bir düzeneğin verebileceği işin miktarındaki en üst sınırı temsil eder (Çengel & Boles, 1996).

Bir sistemin çevresiyle termodinamik dengede bulunması, o sistemin ölü halde olduğu anlamına gelir. Ölü haldeki bir sistem çevresinin sıcaklığı ve basıncındadır,

çevresine göre kinetik ve potansiyel enerjiye sahip değildir ve çevresi ile tepkimeye girmez. Aynı zamanda sistem ve çevresi arasında dengelenmemiş manyetik, elektrik ve yüzeysel gerilme etkileri yoktur (Çengel & Boles, 1996).

Enerji gibi ekserji de bir sisteme ısı, iş ve kütle akışı olarak üç şekilde geçebilir. Sürekli akışlı bir sistem için genel ekserji denklemi yazılacak olursa;

$$\sum \dot{E}x_g - \sum \dot{E}x_{\dot{c}} = \sum \dot{E}x_y \quad (4.31)$$

veya

$$\dot{E}x_{\dot{I}S\dot{I}} + \dot{E}x_{\dot{I}S\dot{I}} + \dot{E}x_{\dot{K}\dot{U}\dot{T}\dot{L}\dot{E},g} + \dot{E}x_{\dot{K}\dot{U}\dot{T}\dot{L}\dot{E},\dot{c}} = \dot{E}x_y \quad (4.32)$$

burada eşitliğin sağ tarafındaki ifade ekserji yıkımını ifade etmektedir. Aynı eşitliğin sol tarafındaki ısı etkileşimi sonucu oluşan ekserji ($\dot{E}x_{\dot{I}S\dot{I}}$), iş etkileşimi sonucu oluşan ekserji ($\dot{E}x_{\dot{I}S\dot{I}}$) ve kütle akışına bağlı olarak giren ($\dot{E}x_{\dot{K}\dot{U}\dot{T}\dot{L}\dot{E},g}$) ve çıkan ($\dot{E}x_{\dot{K}\dot{U}\dot{T}\dot{L}\dot{E},\dot{c}}$) ekserjiler aşağıda tanımlandığı gibidir;

$$\dot{E}x_{\dot{I}S\dot{I}} = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \dot{Q} \quad (4.33)$$

$$\dot{E}x_{\dot{I}S\dot{I}} = \sum \dot{W} \quad (4.34)$$

$$\dot{E}x_{\dot{K}\dot{U}\dot{T}\dot{L}\dot{E},g} = \sum \dot{m}_g \psi_g \quad (4.35)$$

$$\dot{E}x_{\dot{K}\dot{U}\dot{T}\dot{L}\dot{E},\dot{c}} = \sum \dot{m}_{\dot{c}} \psi_{\dot{c}} \quad (4.36)$$

burada \dot{Q} , T sıcaklığında sistem sınırından transfer edilen ısı ve \dot{W} iştir. Ekserji akısı ise aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\psi = (h - h_0) - (T_0 \cdot (s - s_0)) \quad (4.37)$$

Güneşten gelen ısının sisteme giren ekserjisi;

$$E x_{solar} = A_a \cdot N \cdot I_{tn} \cdot \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_0}{T_{sun}} \right)^4 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_0}{T_{sun}} \right) \right]$$

eşitliği ile verilir. Ekserji verimi ise toplam ekserji çıkışının toplam ekserji girişine oranı olarak tanımlanır;

$$\varepsilon = \frac{\dot{E}x_g}{\dot{E}x_g} = 1 - \frac{\dot{E}x_y}{\dot{E}x_g} \quad (4.38)$$

POTGTTGS sistemine ait ekserji analizi her bir eleman için ayrı ayrı Çizelge 4.8'de verilmektedir.

Çizelge 4.8. Sistemi ekserji analizi denklikleri.

Bileşen	Ekserji Denkliği
Parabolik kolektörler	$Ex_{POGK} = \dot{m}_A \psi_A - \dot{m}_B \psi_B + Ex_{solar} + (\dot{Q}_{solar} - \dot{Q}_u)$
Isı değiştiricileri	$Ex_{y,ID1} = \dot{m}_2 \psi_2 + \dot{m}_B \psi_B - \dot{m}_3 \psi_3 - \dot{m}_A \psi_A + \sum (1 - \frac{T_0}{T}) \dot{Q}_{ID1}$ $Ex_{y,ID2} = \dot{m}_B \psi_B + \dot{m}_B \psi_B - \dot{m}_3 \psi_3 - \dot{m}_A \psi_A + \sum (1 - \frac{T_0}{T}) \dot{Q}_{ID2}$
Pompa	$Ex_{y,p} = \dot{m}_1 \psi_1 - \dot{m}_2 \psi_2 + \sum \dot{W}_p$
Türbin	$Ex_{y,T} = \dot{m}_3 \psi_3 - \dot{m}_4 \psi_4 - \sum \dot{W}_T$
Yoğuşturucu	$Ex_{y,Y} = \dot{m}_4 \psi_4 + \dot{m}_a \psi_a - \dot{m}_1 \psi_1 - \dot{m}_b \psi_b + \sum (1 - \frac{T_0}{T}) \dot{Q}_Y$

4.4. Termal Enerji Depolama Sistemi

TED sistemi temelde sıcak ya da soğuk akışkanın gerekli durumlarda kullanmak üzere depolanmasıdır. Üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılayamadığı durumlarda TED sistemlerinin kullanılması enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

TED yöntemi, enerji depolamanın düşük maliyetli ve yüksek verimli bir yöntemidir. Güneş termal güç santralleri, TED sistemleri ile birlikte kullanılabilir için diğer yenilenebilir enerji santrallerine göre avantajlı durumdadır. Örneğin rüzgar santralleri ya da fotovoltik güç santrallerinde enerji, elektrik enerjisi olarak depolanabilirken, güneş termal güç santrallerinde doğrudan ısı olarak depolanabilir. Böylece gün içerisindeki değişken ışıma rağmen daha sabit bir güç çıkışı elde edilmiş olur (Esgel, 2014)

TED sistemleri, düşük ilk yatırım maliyeti ve yüksek verimlilik gibi üstünlükleriyle diğer depolama teknolojileriyle (mekanik ve kimyasal) kıyaslandığında daha avantajlı durumdadır. Bu sistemler güneşin olmadığı bulutlu ya da kötü hava şartlarında ve gece boyunca tampon görevi görerek türbini besler, santralin çalışmaya devam etmesini sağlar ve verimin düşmesini engeller. Bu şekilde güneş santrallerine ilave edilen TED sistemleri güneş ışığındaki dalgalanmalar sonucunda oluşan süreksizliğin

önüne geçmeye yardımcı olur. TED sistemleri sayesinde güneş santrallerinin çalışma süresini 24 saate kadar yükseltmek mümkündür.

TED sisteminin performansı bileşenlerin türüne ve kapasitesine bağlıdır. Depolama malzemesinin, tankın ve ısı taşıyıcı akışkanının arasındaki uyum, sistem performansına etki eden parametrelerdir. Bu çalışmada sıcak ve soğuk depolama tankına sahip TED sistemi göz önünde bulundurulmuştur. Depolama tankına ait özellikler Çizelge 4.9’de verilmiştir. TED sisteminde ısı transfer akışkanı olarak eriyik tuz kullanılmıştır. Eriyik tuzun ($\text{NaNO}_3\text{-KNO}_3$); düşük maliyeti, düşük viskozite değeri, düşük buharlaşma basıncı, geniş çalışma sıcaklığı aralığı gibi avantajları TED sisteminde depolama ve ısı olarak kullanılmasının sebepleri olarak sayılabilir.

Çizelge 4.9. Depolama tankı özellikleri.

Tank çapı (D_t), m	17
Tank yüksekliği (H), m	9.9
Tank ısı kayıp katsayısı (γ_{HL}), (W/m^2K)	0.4
Tank hacmi (V), m^3	2248

Isı transferi olarak kullanılan eriyik tuz, güneşli günlerde enerjiyi depolayabildiği gibi güneş olmayan zamanlarda ORC sisteminde dolaşan akışkanı buharlaştırmak için de kullanılabilir.

Isı depolama tankında depolanan ısının hesaplamalarında kullanılan denklemleri aşağıda verildiği gibidir (Yüksel, 2018).

$$\sum \dot{Q}_{ted} = \dot{Q}_t \cdot \Delta t \quad (4.39)$$

Sıcak depolama tankındaki ısı oranı;

$$\dot{Q}_t = \dot{m}_t h_t - \dot{Q}_l \quad (4.40)$$

buradaki \dot{Q}_l ; şarj süresi boyunca kaybolan ısı miktarıdır ve aşağıdaki denklik ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_l = \gamma_{HL} \left(\frac{V}{H} + \pi \cdot D_t \cdot H \right) (T_t - T_o) \quad (4.41)$$

4.5. Maliyet Analizi

Herhangi bir yatırım projesi için maliyet analizinin yapılmasının amacı, yatırımın yaratacağı faydaları ve yol açacağı maliyetleri belirleyerek yatırımın yapılabilir olup olmadığını saptamak ve diğer yatırım tekliflerinin fayda ve maliyetleriyle karşılaştırarak öncelikli projeyi belirlemektir (Öztürk, 2012).

Bir projenin ekonomik değerlendirme ölçütleri, projenin ticari, ekonomik ve sosyal açıdan ortaya çıkan (hesaplanan) fayda ve maliyetlerinin karşılaştırılması amacıyla kullanılan matematiksel tekniklerdir. Hem tek bir projenin kabul edilebilirliğinin belirlenmesi, hem de birden fazla birbirinden bağımsız projenin kabul edilebilirliklerine göre öncelik sıralaması yapılabilmesi amacıyla pek çok yöntem geliştirilmiştir (Öztürk, 2012) . Bunlardan bazıları şu şekildedir;

- Net Bugünkü Değer
- İç karlılık Oranı
- Fayda/maliyet Oranı
- Geri ödeme süresi

Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanı Net Bugünkü Değer (*NBD*) yöntemidir. Bu yöntemde yatırım yapılacak projenin nakit akışları paranın zaman değerine göre belirlenir.

Tasarlanan sistemin maliyet analizi yapılırken, santralin işletmeye başlamadan önce makine-teçhizat, arazi vb. tüm elemanlar için yapılan harcamaları belirten ilk yatırım maliyeti, santralin kurulumu sonrası santralden enerji üretmek için yapılması gereken harcamaları belirten işletme maliyeti ve sistemin ömrünü tamamladıktan sonra oluşacak hurda maliyeti göz önüne alınmıştır.

Sistemin ilk yatırım maliyetini güneş alanı maliyeti, termal enerji depolama sisteminin maliyeti, güç bloğu maliyeti ve montaj maliyeti oluşturmaktadır. Buna göre toplam maliyet;

$$M_{tp} = M_{ga} + M_{ted} + M_{gb} \quad (4.42)$$

eşitliği ile hesaplanır. Montaj maliyeti toplam maliyetin %10'u olarak hesaplara dahil edilmiştir;

$$M_m = \frac{M_{tp}}{100} \cdot 10 \quad (4.43)$$

buna göre ilk yatırım maliyeti;

$$M_{iy} = M_t + M_m \quad (4.44)$$

Sistemin işletme maliyetini ise, sistemde dolaşan soğutucu akışkanın maliyeti, pompanın elektrik maliyeti, personel giderleri ve bakım onarım maliyeti oluşmaktadır (Tuğcu vd., 2016)

Santralin bakım ve onarım maliyeti, ilk yatırım maliyetinin %2'si olarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Buna göre;

$$M_{bo} = \frac{M_{iy}}{100} \cdot 2 \quad (4.45)$$

eşitliği ile hesaplanır. Santralin iş gücü ihtiyacı, sistem işleyişini karşılamak üzere 1 müdür, 1 mühendis ve 9 işçi göz önünde bulundurularak ve 2019 yılı asgari ücret ortalaması (2558,4 TL) baz alınarak hesaplanmıştır. Buna göre yıllık toplam personel giderleri;

$$M_{pr} = 2558,4 \cdot 12 \cdot (5 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 1,5 \cdot 9) \quad (4.46)$$

eşitliği ile verilir (Yoğunlu, 2013). Sisteme ait elektrik maliyeti hesaplanırken elektriğin birim maliyeti 0.69 TL/kWh olarak hesaplamalara yansıtılmıştır. Buna göre elektrik maliyeti;

$$M_e = W_p \cdot 0,69 \cdot 24 \cdot 360 \quad (4.47)$$

eşitliği ile hesaplanır. Buna göre sistemin toplam işletme maliyeti;

$$M_i = M_{bo} + M_a + M_{pr} + M_e \quad (4.48)$$

eşitliği ile hesaplanır. Santralin hurda maliyeti ilk yatırım maliyetinin %10'u olarak alınmıştır. Buna göre hurda maliyeti;

$$M_h = \frac{M_{iy}}{100} \cdot 10 \quad (4.49)$$

Tasarlanan POTGTTGS'nin faydalı ömrü 20 yıl olarak belirlenmiş olup *NBD* yöntemine göre maliyet analizi yapılmıştır. *NBD* yöntemi matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$NBD = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} \quad (4.50)$$

eşitlikte n ; projenin faydalı ömrümü, B_t ; t yılındaki nakit akışını, r ; iskonto oranını ifade etmektedir. *NBD*, belli bir iskonto oranına göre indirgenmiş giderlerin toplamı ile indirgenmiş net gelirlerin ve hurdanın bugünkü değeri toplamı arasındaki farktır. Bu fark pozitif ($NBD > 0$ olmalıdır) ise proje kabul edilebilir. Eğer $NBD = 0$ ise yıllık hasılat akımlarının işletme maliyetlerini ve yıllık yatırım maliyetlerini anca karşıladığı anlaşılır.

Bu noktada yatırımcı yatırımın diğer avantajlarına göre yatırım hakkında karar verir. $NBD < 0$ olduğu durumda yatırım yapmanın avantajlı olmadığı anlaşılır (Tuğcu 2016). Sistemin maliyet analizinde kabul edilen değerler Çizelge 4.11 'da verildiği gibidir. Bu değerler *TL* olarak yazılmış ve 1 \$ = 5.27 *TL* olarak alınmıştır.

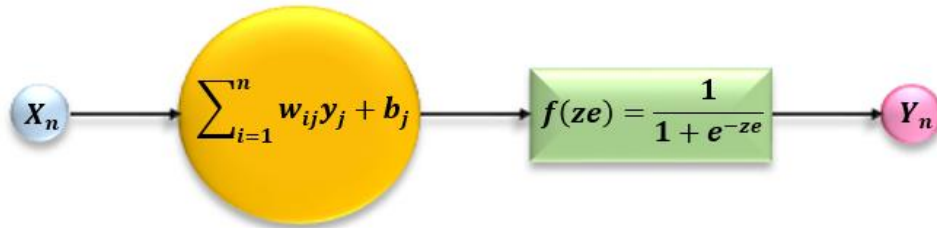
Çizelge 4.10. POTGTTGS'nin maliyet değerleri (Boukelia, 2017).

Parametreler	Değerler
Güneş alanı	1.422,792 <i>TL/m²</i>
Termal enerji depolama sistemi	421,568 <i>TL/kWh</i>
Güç bloğu	4.373,77 <i>TL/kWe</i>
Dolar kuru	5,27 <i>TL</i>
Asgari ücret	2558,4 <i>TL</i>
Elektrik birim maliyet	0,69 <i>TL/kWh</i>
İskonto Oranı	%13

5. YAPAY SİNİR AĞI MODELİ

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturur ve daha sonra benzer konularda benzer kararlar verirler (Öztemel, 2003).

Genel olarak insan beynini taklit eden bu model biyolojik nöronlardan esinlenerek, beynin çalışma sistemine yapay olarak benzetim çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. İnsan beynindeki birçok biyolojik sistemin birbirine bağlanması gibi, yapay sinir ağları; biyolojik nöronun girdi, işlem, çıktı karakteristiğini taklit eden birçok basit, genellikle adaptif işlem birimlerinin (yapay nöron) değişik etki seviyelerinde, belirli bir bütün işlem yapısını gerçekleştirmek üzere birbirine bağlanması ile oluşturulmuştur (Filiz, 2019). Yapay sinir ağının genel yapısı Şekil 5.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.1. Yapay Sinir Ağı modeli.

Şekil 5.1’de verilen yapay sinir ağı örneğinde bir tane gizli katman bulunmaktadır. Yapay sinir ağlarının yapısında birden fazla gizli katman olabilir. Bir katmandaki her sinir, bir sonraki katmanın bütün sinirlerine bağlıdır.

Girdi katmanından alınan veriler (X_n), girdi katmanı ve gizli katman arasında bulunan bağlantı ağırlıkları ile çarpılır ve gizli katmana iletilir. Yine aynı şekilde gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkları çarpılarak ve eşit değer üzerine ilave edilerek çıktı katmanına iletilir ve ağ çıktıları (Y_n) elde edilir.

Girişler ve çıkışlar arasındaki ilişkileri elde etmek için çeşitli öğrenme algoritmaları mevcuttur. En yaygın kullanılan algoritma ileri beslemeli geri yayılım öğrenme algoritması olup, enerji sistemleri alanında bu algoritma için uyarlanacak en yaygın varyantlar Levenberge Marguardt (LM), Scaled Conjugate Gradient (SCG) ve

Pola-Ribiere Conjugate Gradient (CGP) dir. Geri besleme yayılım algoritması ile YSA bağlantı ağırlıklarını değiştirerek öğrenir ve bu değişiklikler bilgi olarak depolanır (Boukelia, 2017).

POTGTTGS'nin performansı, dört ortalama istatistiksel parametre olan; Kök ortalama kare hatası ($RMSE$), Ortalama yüzde hatası (MPE), Varyasyon katsayısı (CoV) ve Mutlak değişim yüzdesi (R^2) kullanılarak hesaplanmıştır (Boukelia, 2017). Bu değerler;

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{çikktı} - y_{gerçek})^2} \quad (5.1)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_{çikktı} - y_{gerçek}}{y_{çikktı}} \right) \quad (5.2)$$

$$CoV = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{çikktı} - \bar{y}_{çikktı})(y_{gerçek} - \bar{y}_{gerçek})}{n} \cdot 100 \quad (5.3)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_{çikktı} - \bar{y}_{çikktı})(y_{gerçek} - \bar{y}_{gerçek})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{çikktı} - \bar{y}_{çikktı})^2 \sum_{i=1}^n (y_{gerçek} - \bar{y}_{gerçek})^2}} \right]^2 \quad (5.4)$$

şeklinde verilmektedir. İleri beslemeli geri yayılım algoritmasının LM, SCG ve CGP varyantları uygulanmış ve logaritmik sigmoid (logsig) kullanılmıştır;

$$f(ze) = \frac{1}{1 + e^{-ze_j}} \quad (5.5)$$

$$ze_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} y_i + b_j \quad (5.6)$$

$RMSE$, MPE ve CoV gibi istatistiksel testlerin ideal değerleri 0 veya 0'a yakın olsa da, R^2 'nin değeri 1 veya 1'e yakın olmalıdır (Boukelia,2017).

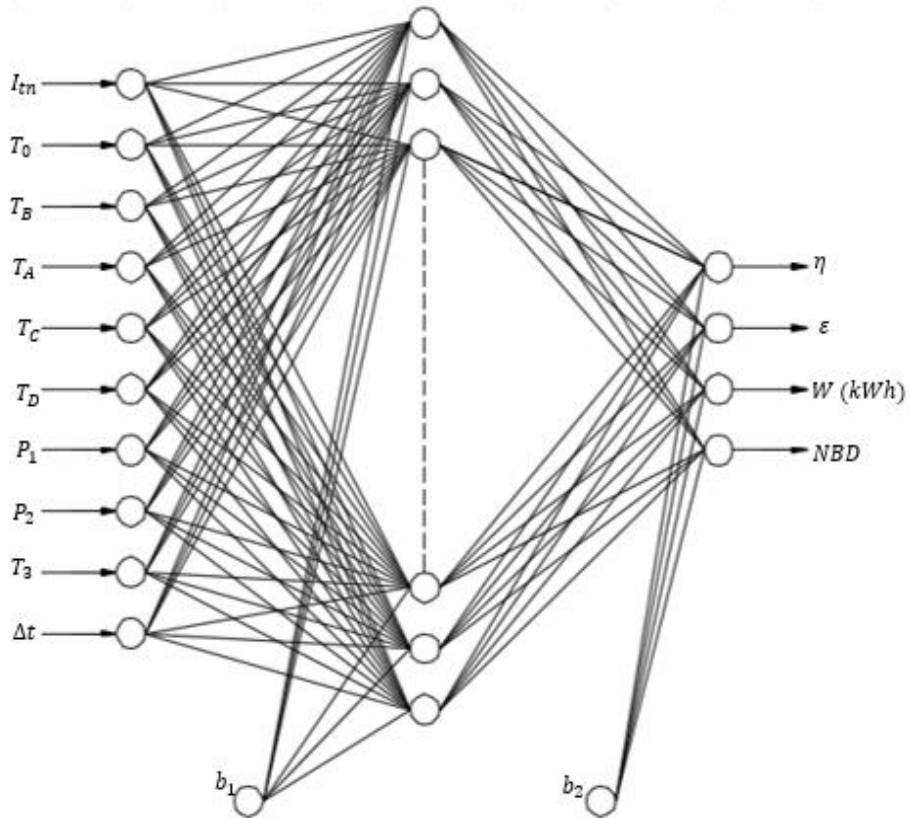
Bu çalışmanın YSA modeli oluşturulurken farklı soğutucu akışkanların olduğu tasarımlar ilk olarak ayrı ayrı daha sonra hepsi birlikte ağa sokulmuştur. Tek bir akışkanın olduğu YSA modelinde, güneş ışıınım değerleri (I_{tn}), çevre sıcaklıkları (T_0), güneş kolektörü giriş ve çıkış sıcaklıkları (T_A ve T_B), depolama tanklarının giriş ve çıkış sıcaklıkları (T_C ve T_D), pompa giriş ve çıkış basınçları (P_1 ve P_2), ısı değiştiricinin çıkış sıcaklığı (T_3) ve aylık güneşlenme süreleri (Δt) giriş parametrelerini oluşturmaktadır. Bütün akışkanların olduğu tasarımlarda ise giriş parametrelerine bir de her bir soğutucu akışkanın c_p değeri eklenmiştir. Türbinde üretilen net güç (W_{net} kWh), enerji verimi (η),

ekserji verimi (ε) ve *NBD* değerleri çıkış parametreleri olarak belirlenmiştir. Belirlenen tasarımların YSA modelleri Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te verilmiştir.

Tasarlanan sistemin YSA modeli (belirlenen giriş ve çıkış parametrelerine göre) 0.3-0.7 arasında normalize edilmiştir. Akışkanlar tekli ele alındığında her bir akışkan için 900 adet veri, hepsi birlikte ele alındığında toplamda 4500 adet veri mevcuttur. Daha sonra bu verilerin %70'i eğitim için seçilmiş geri kalanlar test için kullanılmıştır.

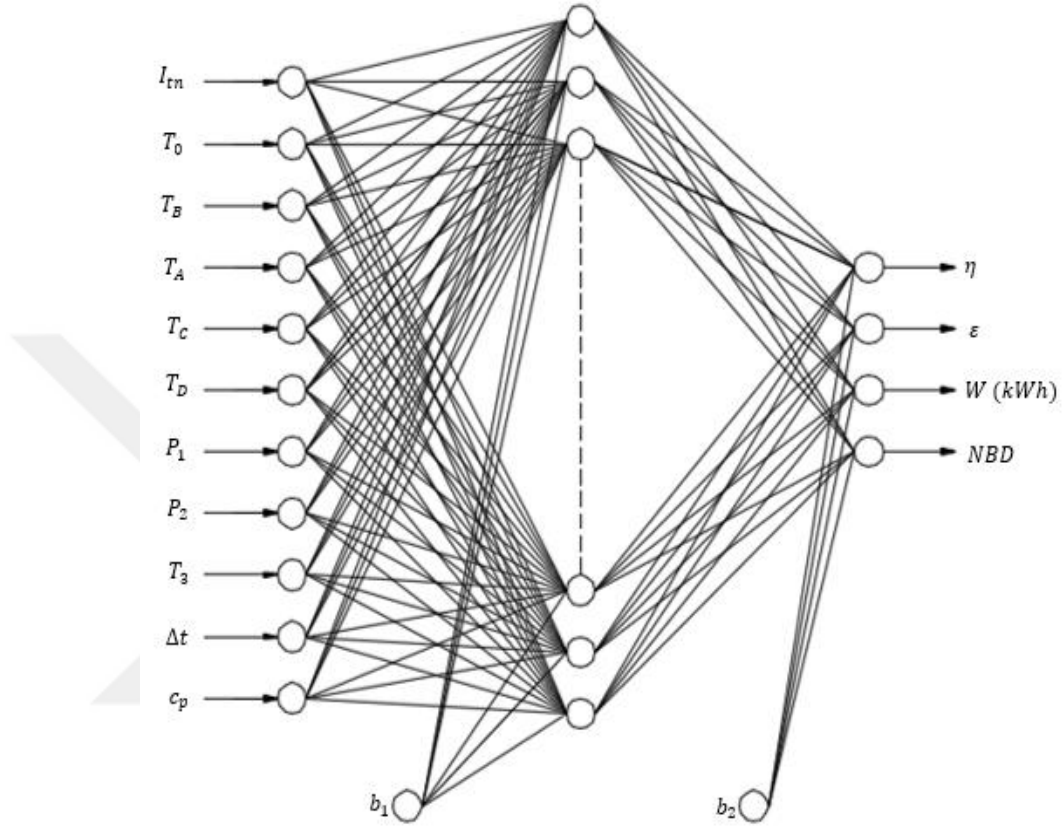
Geri yayılım algoritmasına sahip YSA modeli denetimli öğrenmeyi sağlar, bunun anlamı modele ağırlık hesaplaması istenen girdi ve çıktılarının verileri girilir ve daha sonra gerçek sonuçlar (hesaplanan) ve beklenenler (YSA ile belirlenen) arasındaki hatalar hesaplanır (Öztemel, 2003).

YSA modeli, MATLAB yazılımı kullanılarak, 1000 iterasyon için gerçek değere en yakın çıktıyı veren artan sayıda nöronlar denenecek oluşturuldu. MATLAB yazılımından elde edilen sonuçlar ek hesaplamalar ve değerlendirmeler yapmak için Excel tablolarına aktarılmıştır. Elde edilen değerler Bulgular bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 5.2. Tek bir soğutucu akışkana sahip tasarımın ağı tanımlandığı YSA modeli.

Şekil 5.2’de verilen YSA modeli tek bir akışkan içindir. Şekil 5.3’de verilen YSA modelinden farklı olarak c_p değerleri ağın eğitime dahil edilmemiştir. Bunun nedeni de c_p değerinin akışkanlar için değişken değer oluşturmamasıdır.



Şekil 5.3. Bütün soğutucu akışkan tasarımlarının ağa tanımlandığı YSA modeli.

Şekil 5.3’de görüldüğü gibi YSA modeline c_p değeri de dahil edilmiştir. Beş farklı akışkanın olduğu tüm tasarımlar eğitime sokulduğunda c_p değeri bu sefer değişken değer olmaktadır.

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

6.1. Enerji ve Ekserji Analizi

POTGTTGS sisteminde çalışma akışkanı olarak 5 farklı soğutucu akışkan kullanılmıştır; R-134a, R-141b, R-600a, R-1234ze, R-236ea. Bu akışkanlara ait termodinamik özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Akışkanların termodinamik özellikleri REFPROP programı kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışmada; soğutucu akışkanın ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı (T_3), pompa giriş ve çıkış basınçları (P_1, P_2), güneş kolektörlerinin giriş ve çıkış sıcaklıkları (T_A, T_B), TED sisteminin sıcaklıkları (T_C, T_D), yıl bazında aylara göre çevre sıcaklıkları (T_0) değiştirilerek, her bir akışkan için 900 toplamda 4500 tasarım yapılmıştır.

Oluşturulan tasarımlar enerji ve ekserji metotlarıyla analiz edilmiş olup, her bir akışkan için rastgele örnek bir tasarım belirlenmiştir. Bu tasarımın her bir noktasına ait termodinamik özellikleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Bu değerler tek bir çevrim içindir, Haziran ayı ($T_0 = 27^\circ\text{C}$) için örnek olan değerler belirlenmiştir.

Çizelge 6.1. Soğutucu akışkan R-134a kullanılan çevrime ait değerler.

Nokta	Akışkan	\dot{m} (kg/s)	T (°C)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)
1	R-134a	681,585	37,108	940	252,11	1,1769
2	R-134a	681,585	37,800	2000	253,025	1,1769
3	R-134a	681,585	100	2000	470,45	1,816
4	R-134a	681,585	69,86	940	452,792	1,818
a	Hava	5362,57	27	101,325	426,45	3,8872
b	Hava	5362,57	51,85	101,325	451,47	3,9673
A	Ther-VP1	283,7	290	101,325	549,7	2,990
B	Ther-VP1	283,7	390	101,325	612,30	3,100
C	Eriyik tuz	411,135	380	101,325	170,047	-
D	Eriyik tuz	411,135	280	101,325	15,373	-

Çizelge 6.2. Soğutucu akışkan R-141b kullanılan çevrime ait değerler.

Nokta	Akışkan	\dot{m} <i>(kg/s)</i>	T <i>(°C)</i>	P <i>(kPa)</i>	h <i>(kJ/kg)</i>	s <i>(kJ/kg.K)</i>
1	R-141b	405,972	38,161	125	234,82	1,1498
2	R-141b	405,972	38,373	700	244,296	1,1498
3	R-141b	405,972	140	700	543,660	1,963
4	R-141b	405,972	84,83	125	502,686	1,972
a	Hava	4123,867	27	101,325	426,45	3,887
b	Hava	4123,867	51,85	101,325	451,47	3,967
A	Ther-VP1	283,3	295	101,325	561,2	3,000
B	Ther-VP1	283,3	395	101,325	621,35	3,128
C	Eriyik tuz	410,285	385	101,325	177,825	-
D	Eriyik tuz	410,285	285	101,325	23,066	-

Çizelge 6.3. Soğutucu akışkan R-600a kullanılan çevrime ait değerler.

Nokta	Akışkan	\dot{m} <i>(kg/s)</i>	T <i>(°C)</i>	P <i>(kPa)</i>	h <i>(kJ/kg)</i>	s <i>(kJ/kg.K)</i>
1	R-600a	366,640	36,958	490	288,59	1,3018
2	R-600a	366,640	37,819	2000	291,41	1,3018
3	R-600a	366,640	140	2000	782,073	2,644
4	R-600a	366,640	92,99	490	714,03	2,644
a	Hava	6115,702	27	101,325	426,45	3,887
b	Hava	6115,702	51,85	101,325	451,47	3,967
A	Ther-VP1	282,87	300	101,325	572,7	3,100
B	Ther-VP1	282,87	400	101,325	630,4	3,150
C	Eriyik tuz	409,436	390	101,325	185,609	-
D	Eriyik tuz	409,436	290	101,325	30,763	-

Çizelge 6.4. Soğutucu akışkan R-1234ze kullanılan çevrime ait değerler.

Nokta	Akışkan	\dot{m} (kg/s)	T (°C)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)
1	R-1234ze	635,748	37,206	710	75,071	1,3018
2	R-1234ze	635,748	38,002	2000	76,221	1,3018
3	R-1234ze	635,748	110	2000	292,040	2,644
4	R-1234ze	635,748	73,78	710	269,997	2,644
a	Hava	4858,472	27	101,325	426,45	3,887
b	Hava	4858,472	51,85	101,325	451,47	3,967
A	Ther-VP1	282,45	305	101,325	584,3	3,100
B	Ther-VP1	282,45	405	101,325	639,5	3,150
C	Eriyik tuz	408,488	395	101,325	193,39	-
D	Eriyik tuz	408,488	295	101,325	38,464	-

Çizelge 6.5. Soğutucu akışkan R-236ea kullanılan çevrime ait değerler.

Nokta	Akışkan	\dot{m} (kg/s)	T (°C)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)
1	R-236ea	493,648	37,284	310	246,42	1,3018
2	R-236ea	493,648	37,991	2000	247,641	1,3018
3	R-236ea	493,648	140	2000	447,880	2,644
4	R-236ea	493,648	88,86	310	444,501	2,644
a	Hava	3833,59	27	101,325	426,45	3,887
b	Hava	3833,59	51,85	101,325	451,47	3,967
A	Ther-VP1	282,02	310	101,325	595,9	3,190
B	Ther-VP1	282,02	410	101,325	648,6	3,270
C	Eriyik tuz	407,741	400	101,325	201,188	-
D	Eriyik tuz	407,741	300	101,325	46,170	-

Çizelge 6.1-6.5 arasında verilen örnek sisteme ait çevrimlerin enerji analizi hesaplamaları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 6.6. R-134a'nın örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	\dot{Q} (kW)	\dot{W} (kW)	η (%)
Parabolik Kol.	155968,060	173729,749	64889,756	-	
Isı değiştirici II	243642,013	162288,362	63591,961	-	
Isı değiştirici I	346187,607	476619,762	148193,844	-	
Türbin	320651,702	308616,128	-	10591,306	
Yoğuşturucu	2595483,771	2592873,54	136781,712	-	
Pompa	171834,415	172457,858	-	779,303	
Tüm Sistem					15,121

Soğutucu akışkan olarak R-134a kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen enerji verimi değeri % 15,121 olarak verilmiştir. R-134a kullanılan diğer çevrimlere ait enerji verimi değerleri % 13,139 ile % 20,343 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.7. R-141b'nin örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	\dot{Q} (kW)	\dot{W} (kW)	η (%)
Parabolik Kol.	158990,192	176030,926	64791,627	-	
Isı değiştirici II	248990,224	168453,696	63495,794	-	
Isı değiştirici I	275208,200	379700,780	121533,314	-	
Türbin	220710,588	204076,368	-	14638,113	
Yoğuşturucu	1962699,62	1960786,44	105092,343	-	
Pompa	98984,026	99177,274	-	241,560	
Tüm Sistem					22,220

Soğutucu akışkan olarak R-141b kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen enerji verimi değeri % 22,220 olarak verilmiştir. R-141b kullanılan diğer çevrimlere ait enerji verimi değerleri % 20,254 ile % 27,656 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.8. R-600a'nın örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,\zeta}$ (kW)	\dot{Q} (kW)	\dot{W} (kW)	η (%)
Parabolik Kol.	162493,920	178865,317	64693,498	-	
Isı değiştirici II	254860,363	175089,338	63399,628	-	
Isı değiştirici I	285708,368	449213,928	179876,957	-	
Türbin	286720,008	261800,397	-	21929,258	
Yoğuşturucu	2869841,59	2866864,78	155991,687	-	
Pompa	105808,710	106843,051	-	1292,926	
Tüm Sistem					31,899

Soğutucu akışkan olarak R-600a kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen enerji verimi değeri % 31,899 olarak verilmiştir. R-600a kullanılan diğer çevrimlere ait enerji verimi değerleri % 30,484 ile % 36,387 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.9. R-1234ze'nin örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,\zeta}$ (kW)	\dot{Q} (kW)	\dot{W} (kW)	η (%)
Parabolik Kol.	165785,223	181447,288	64595,369	-	
Isı değiştirici II	260466,807	181501,281	63303,462	-	
Isı değiştirici I	229904,912	351449,034	137206,187	-	
Türbin	185663,811	171650,053	-	12332,107	
Yoğuşturucu	2243545,32	2241180,46	123923,824	-	
Pompa	47726,229	48457,624	-	914,243	
Tüm Sistem					17,676

Soğutucu akışkan olarak R-1234ze kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen enerji verimi değeri % 17,676 olarak verilmiştir. R-1234ze kullanılan diğer çevrimlere ait enerji verimi değerleri % 16,012 ile % 26,508 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.10. R-236ea'nın örnek tasarımına ait enerji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}_{k\ddot{u}t\le,g}$ (kW)	$\dot{E}_{k\ddot{u}t\le,\zeta}$ (kW)	\dot{Q} (kW)	\dot{W} (kW)	η (%)
Parabolik Kol.	169076,527	184029,259	64497,240	-	
Isı değiştirici II	266061,986	187901,959	63207,295	-	
Isı değiştirici I	306276,574	404980,811	113656,969	-	
Türbin	235904,284	219427,050	-	14499,967	
Yoğuşturucu	1854261,54	1852395,54	97782,424	-	
Pompa	121644,626	122247,315	-	753,362	
Tüm Sistem					21,313

Soğutucu akışkan olarak R-236ea kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen enerji verimi değeri % 21,323 olarak verilmiştir. R-236ea kullanılan diğer çevrimlere ait enerji verimi değerleri % 20,310 ile % 23,589 arasında değişmektedir.

Örnek sisteme ait verilen çevrimlerin ekserji analizi hesaplamaları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 6.11. R-134a'nın örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	$\dot{E}x_{Ist}$ (kW)	$\dot{E}x_{i\ddot{s}}$ (kW)	$\dot{E}x_d$	ϵ (%)
Parabolik Kol.	87381,225	95775,041	2634,883	-	44739,65	
Isı değiştirici II	104325,02	87631,326	63591,96	-	16693,69	
Isı değiştirici I	268232,89	408032,92	148193,84	-	8393,817	
Türbin	48613,064	36108,421	-	10591,30	1913,337	
Yoğuşturucu	36108,421	30541,425	4456,258	-	1110,738	
Pompa	30541,425	31164,868	-	779,303	155,861	
Tüm Sistem						19,4

Soğutucu akışkan olarak R-134a kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen ekserji verimi değeri % 0,194 olarak verilmiştir. R-134a kullanılan diğer çevrimlere ait ekserji verimi değerleri % 0,168 ile % 0,239 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.12. R-141b'nin örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	$\dot{E}x_{Ist}$ (kW)	$\dot{E}x_{i\ddot{s}}$ (kW)	$\dot{E}x_d$	ϵ (%)
Parabolik Kol.	89656,741	95813,163	2705,802	-	47047,97	
Isı değiştirici II	105004,85	90074,709	14930,14	-	14930,14	
Isı değiştirici I	194990,43	310367,32	121533,31	-	6156,422	
Türbin	22690,403	4923,356	-	14638,11	3128,93	
Yoğuşturucu	4923,356	102,965	3767,729	-	1052,662	
Pompa	102,965	296,213	-	241,560	48,312	
Tüm Sistem						28,5

Soğutucu akışkan olarak R-141b kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen ekserji verimi değeri % 0,285 olarak verilmiştir. R-141b kullanılan diğer çevrimlere ait ekserji verimi değerleri % 0,241 ile % 0,342 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.13. R-600a'nın örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları

Bileşen	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	$\dot{E}x_{ısı}$ (kW)	$\dot{E}x_{i\ddot{s}}$ (kW)	$\dot{E}x_d$	ϵ (%)
Parabolik Kol.	84539,21	96652,48	2777,15	-	41162,47	
Isı değiştirici II	106504,0	85152,70	63399,62	-	21351,36	
Isı değiştirici I	203495,53	371259,2	179876,	-	12113,273	
Türbin	33436,353	8446,355	-	21929,258	3060,741	
Yoğuşturucu	8446,355	230,234	5009,110	-	3207,011	
Pompa	230,234	1264,574	-	1292,926	258,585	
Tüm Sistem						40,9

Soğutucu akışkan olarak R-600a kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen ekserji verimi değeri % 0,409 olarak verilmiştir. R-600a kullanılan diğer çevrimlere ait ekserji verimi değerleri % 0,397 ile % 0,437 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.14. R-1234ze'nin örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	$\dot{E}x_{ısı}$ (kW)	$\dot{E}x_{i\ddot{s}}$ (kW)	$\dot{E}x_d$	ϵ (%)
Parabolik Kol.	84424,01	93273,083	2848,940	-	44498,46	
Isı değiştirici II	103802,3	85260,043	63303,46	-	18542,27	
Isı değiştirici I	141730,70	270087,82	137206,1	-	8849,066	
Türbin	41757,929	27170,710	-	12332,107	2255,112	
Yoğuşturucu	27170,710	21817,542	4075,212	-	1277,957	
Pompa	21817,542	22548,936	-	914,243	182,849	
Tüm Sistem						22,6

Soğutucu akışkan olarak R-1234ze kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen ekserji verimi değerleri % 0,226 olarak verilmiştir. R-1234ze kullanılan diğer çevrimlere ait ekserji verimi değerleri % 0,204 ile % 0,252 arasında değişmektedir.

Çizelge 6.15. R-236ea'nın örnek tasarımına ait ekserji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	$\dot{E}x_{ısı}$ (kW)	$\dot{E}x_{i\ddot{s}}$ (kW)	$\dot{E}x_d$	ϵ (%)
Parabolik Kol.	83457,19	91596,93	2921,138	-	45279,9	
Isı değiştirici II	102821,1	84542,14	63207,29	-	18279,0	
Isı değiştirici I	213844,24	319361,4	113656,9	-	8139,73	
Türbin	28011,911	11130,615	-	14499,967	2381,329	
Yoğuşturucu	11130,615	6105,559	3239,318	-	1785,739	
Pompa	6105,559	6708,248	-	753,362	150,672	
Tüm Sistem						27,2

Soğutucu akışkan olarak R-236ea kullanılan sisteme ait tek bir çevrim için elde edilen ekserji verimi değeri % 0,272 olarak verilmiştir. R-236ea kullanılan diğer çevrimlere ait ekserji verimi değerleri % 0,237 ile % 0,282 arasında değişmektedir.

Bütün tasarımlara ait enerji verimi, ekserji verimi ve net güç çıkışının gösterildiği değerler EK-1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

6.2. Net Bugünkü Değer (NBD)

Bölüm 4.5'te maliyet analizine ait eşitlikler verilmiştir. Bu eşitlikler dikkate alınarak yapılan hesaplamalarla sistemin NBD'i belirlenmiştir. Hesaplamalarda sistemin ömrü 20 yıl olarak dikkate alınmış olup ara yıllara ait değerler çizelgelerde verilmemiştir. Aynı zamanda hesaplamalarda Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın verileri dikkate alınarak iskonto oranı %13 olarak hesaplara dahil edilmiştir.

Bölüm 6.1'de örnek olarak 5 farklı akışkanın bir çevrim boyunca her bir noktasına ait termodinamik özellikleri verilmişti. Bu örneklere göre NBD değerleri de sırasıyla aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 6.16. Örnek olarak verilen R-134a kullanılan sistemin *NBD* (TL) analizi.

Yatırım	Bugün	1	5	10	15	20
GA Maliyeti	2.000.384.371,9					
TED Maliyeti	290.463.363,33					
GB Maliyeti	46.323.913,20					
Toplam Maliyet	-2.337.171.648,4					
Hurda Maliyeti	-257.088.881,33					
Montaj Maliyeti	-233.717.164,85					
İlk Yatırım Maliyeti	-2.570.888.813,3					
Nakit Akışı						
Soğutucu akışkan Maliyeti	-4.632.391,32	-4.632.391,32	-4.632.391,32	-4.632.391,32	-4.632.391,32	-4.632.391,32
Bakım onarım Maliyeti	-51.417.776,27	-2.570.888,81	-2.570.888,81	-2.570.888,81	-2.570.888,81	-2.570.888,81
Personel Giderleri	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00
Elektrik Üretimi	572.623.675,71	572.623.675,71	572.623.675,71	572.623.675,71	572.623.675,71	572.623.675,71
Toplam nakit akışı	515.729.236,12	564.576.123,57	564.576.123,57	564.576.123,57	564.576.123,57	564.576.123,57
İskonto oranı (%13)	1,00	0,88	0,54	0,29	0,16	0,09
Kümülatif Nakit Akışı (TL)	515.729.236,12	1.015.354.124,	2.501.474.027,4	3.579.256.743,3	4.164.234.021,2	4.481.736.251,1
Bugünkü Değer (TL)	515.729.236,12	499.624.888,12	306.429.300,70	166.317.547,64	90.270.501,51	48.995.211,62
NBD (TL)		4.481.736.251,13				

Çizelge 6.16’da R-134a kullanılan bir sistemin haziran ayında elde edilen maliyeti 4.481.736.251,13 TL olarak verilmiştir. R-134a kullanılan tasarımlara ait *NBD* değerleri 431.885.148,987 TL ile 5.486.551.759,3087 TL arasında değişmektedir. En yüksek *NBD* temmuz ayına aitken en düşük değer aralık ayına aittir.

Çizelge 6.17. Örnek olarak verilen R-141b kullanılan sistemin *NBD* (TL) analizi.

Yatırım	Bugün	1	5	10	15	20
GA Maliyeti	2.000.384.371,9					
TED Maliyeti	303.122.565,77					
GB Maliyeti	64.023.710,59					
Toplam Maliyet	-2.367.530.648,3					
Hurda Maliyeti	-260.428.371,31					
Montaj Maliyeti	-236.753.064,83					
İlk Yatırım Maliyeti	-2.604.283.713,					
Nakit Akışı						
Soğutucu akışkan Maliyeti	-6.402.371,06	-6.402.371,06	-6.402.371,06	-6.402.371,06	-6.402.371,06	-6.402.371,06
Bakım onarım Maliyeti	-52.085.674,26	-2.604.283,71	-2.604.283,71	-2.604.283,71	-2.604.283,71	-2.604.283,71
Personel Giderleri	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00
Elektrik Üretimi	840.175.819,90	840.175.819,90	840.175.819,90	840.175.819,90	840.175.819,90	840.175.819,90
Toplam nakit akışı	780.843.502,57	830.324.893,12	830.324.893,12	830.324.893,12	830.324.893,12	830.324.893,12
İskonto oranı (%13)	1,00	0,88	0,54	0,29	0,16	0,09
Kümülatif Nakit Akışı (TL)	780.843.502,57	1.515.644.292,	3.701.288.173,9	5.286.388.536,8	6.146.717.508,3	6.613.669.605,8
Bugünkü Değer (TL)	780.843.502,57	734.800.790,38	450.667.085,85	244.604.038,67	132.761.272,38	72.057.499,70
NBD (TL)		7.487.806.759,714				

Çizelge 6.17’de R-141b kullanılan bir sistemin haziran ayında elde edilen maliyeti 7.487.806.759,714 TL olarak verilmiştir. R-141b kullanılan tasarımlara ait *NBD* değerleri 732.223.363,39 TL ile 42.423.158.853,784 TL arasında değişmektedir. En yüksek *NBD* ağustos ayına aitken en düşük değer ocak ayına aittir.

Çizelge 6.18. Örnek olarak verilen R-600a kullanılan sistemin *NBD* (TL) analizi.

Yatırım	Bugün	1	5	10	15	20
GA Maliyeti	2.000.384.371,9					
TED Maliyeti	315.734.861,38					
GB Maliyeti	95.913.486,65					
Toplam Maliyet	-2.412.032.719,9					
Hurda Maliyeti	-265.323.599,20					
Montaj Maliyeti	-241.203.272,00					
İlk Yatırım Maliyeti	-2.653.235.991,9					
Nakit Akışı						
Soğutucu akışkan Maliyeti	-9.591.348,66	-9.591.348,66	-9.591.348,66	-9.591.348,66	-9.591.348,66	-9.591.348,66
Bakım onarım Maliyeti	-53.064.719,84	-2.653.235,99	-2.653.235,99	-2.653.235,99	-2.653.235,99	-2.653.235,99
Personel Giderleri	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00
Elektrik Üretimi	1.204.326.277,24	1.204.326.277,2	1.204.326.277,2	1.204.326.277,2	1.204.326.277,2	1.204.326.277,2
Toplam nakit akışı	1.140.825.936,74	1.191.237.420,5	1.191.237.420,5	1.191.237.420,5	1.191.237.420,5	1.191.237.420,5
İskonto oranı (%13)	1,00	0,88	0,54	0,29	0,16	0,09
Kümülatif Nakit Akışı (TL)	1.140.825.936,74	2.195.018.344,	5.330.683.432,3	7.604.770.218,4	8.839.053.417,0	9.508.972.886,8
Bugünkü Değer (TL)	1.140.825.936,74	1.054.192.407,	646.555.946,16	350.924.663,96	190.467.848,15	103.378.317,07
NBD (TL)		9.508.972.886,83				

Çizelge 6.18’de R-600a kullanılan bir sistemin haziran ayında elde edilen maliyeti 9.508.972.886,83 TL olarak verilmiştir. R-600a kullanılan tasarımlara ait *NBD* değerleri 1.133.811.278,406 TL ile 57.646.148.316,56 TL arasında değişmektedir. En yüksek *NBD* temmuz ayına aitken en düşük değer ocak ayına aittir.

Çizelge 6.19. Örnek olarak verilen R-1234ze kullanılan sistemin *NBD* (TL) analizi.

Yatırım	Bugün	1	5	10	15	20
GA Maliyeti	2.000.384.371,9					
TED Maliyeti	328.300.286,74					
GB Maliyeti	53.937.773,73					
Toplam Maliyet	-2.382.622.432,4					
Hurda Maliyeti	-262.088.467,57					
Montaj Maliyeti	-238.262.243,24					
İlk Yatırım Maliyeti	-2.620.884.675,6					
Nakit Akışı						
Soğutucu akışkan Maliyeti	-5.393.777,37	-5.393.777,37	-5.393.777,37	-5.393.777,37	-5.393.777,37	-5.393.777,37
Bakım onarım Maliyeti	-52.417.693,51	-2.620.884,68	-2.620.884,68	-2.620.884,68	-2.620.884,68	-2.620.884,68
Personel Giderleri	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00
Elektrik Üretimi	666.340.942,09	666.340.942,09	666.340.942,09	666.340.942,09	666.340.942,09	666.340.942,09
Toplam nakit akışı	607.685.199,21	657.482.008,04	657.482.008,04	657.482.008,04	657.482.008,04	657.482.008,04
İskonto oranı (%13)	1,00	0,88	0,54	0,29	0,16	0,09
Kümülatif Nakit Akışı (TL)	607.685.199,21	1.189.527.684,	2.920.201.471,8	4.175.342.655,9	4.856.583.004,6	5.226.332.972,7
Bugünkü Değer (TL)	607.685.199,21	581.842.485,00	356.854.892,61	193.686.538,67	105.125.293,33	57.057.797,48
NBD (TL)		5.226.332.972,77				

Çizelge 6.19’da R-1234ze kullanılan bir sistemin haziran ayında elde edilen maliyeti 5.226.332.972,77 TL olarak verilmiştir. R-1234ze kullanılan tasarımlara ait *NBD* değerleri 505.350.422,403 TL ile 5.848.657.598,783 TL arasında değişmektedir. En yüksek *NBD* temmuz ayına aitken en düşük değer aralık ayına aittir.

Çizelge 6.20. Örnek olarak verilen R-236ea kullanılan sistemin *NBD* (TL) analizi.

Yatırım	Bugün	1	5	10	15	20
GA Maliyeti	2.000.384.371,9					
TED Maliyeti	340.818.889,35					
GB Maliyeti	63.419.489,54					
Toplam Maliyet	-2.404.622.750,8					
Hurda Maliyeti	-264.508.502,59					
Montaj Maliyeti	-240.462.275,08					
İlk Yatırım Maliyeti	-2.645.085.025,9					
Nakit Akışı						
Soğutucu akışkan Maliyeti	-6.341.948,95	-6.341.948,95	-6.341.948,95	-6.341.948,95	-6.341.948,95	-6.341.948,95
Bakım onarım Maliyeti	-52.901.700,52	-2.645.085,03	-2.645.085,03	-2.645.085,03	-2.645.085,03	-2.645.085,03
Personel Giderleri	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00	-844.272,00
Elektrik Üretimi	802.245.172,93	802.245.172,93	802.245.172,93	802.245.172,93	802.245.172,93	802.245.172,93
Toplam nakit akışı	742.157.251,45	792.413.866,95	792.413.866,95	792.413.866,95	792.413.866,95	792.413.866,95
İskonto oranı (%13)	1,00	0,88	0,54	0,29	0,16	0,09
Kümülatif Nakit Akışı (TL)	742.157.251,45	1.443.408.461,	3.529.260.076,3	5.041.987.827,2	5.863.035.844,4	6.308.667.813,7
Bugünkü Değer (TL)	742.157.251,45	701.251.209,69	430.090.499,71	233.435.892,10	126.699.649,85	68.767.493,85
NBD (TL)		6.308.667.813,77				

Çizelge 6.20’de R-236ea kullanılan bir sistemin haziran ayında elde edilen maliyeti 6.308.667.813,77 TL olarak verilmiştir. R-236ea kullanılan tasarımlara ait *NBD* değerleri 599.936.662,132 TL ile 6.708.614.897,061 TL arasında değişmektedir. En yüksek *NBD* temmuz ayına aitken en düşük değer aralık ayına aittir.

Belirlenen değerler sonucunda *NBD* değerleri göz önünde bulundurularak sistemlerin yatırım için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

6.3. Yapay Sinir Ağı Modeli

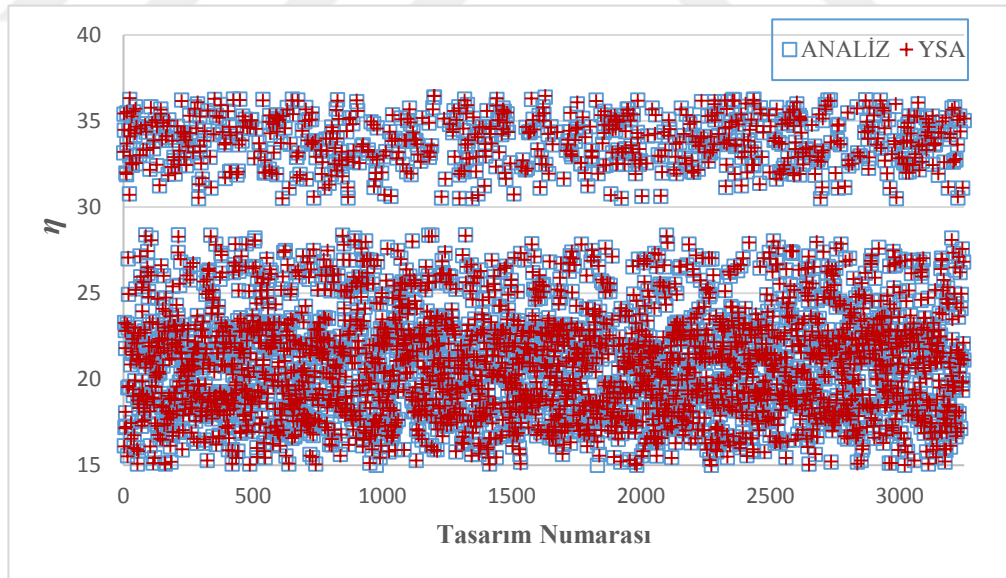
POTGTTGS’nin YSA modeli oluşturulurken tek akışkan olan ağ modeli için 10, bütün akışkanların birlikte olduğu ağ modeli için 11 tane girdi belirlenmiştir. Tek

soğutucu akışkanın kullanıldığı tasarımlara ait istatistiksel sonuçlar EK-2’de verilmiştir. Bütün akışkanların kullanıldığı tasarımların istatistiksel sonuçları Çizelge 6.21-6.24 arasında verilmiştir. 11 adet girdinin her biri 4500 veriden oluşmaktadır. Sisteme eğitim için rastgele 3250 adet veri sokulmuştur geri kalan 1250 adet veri test için ayrılmıştır.

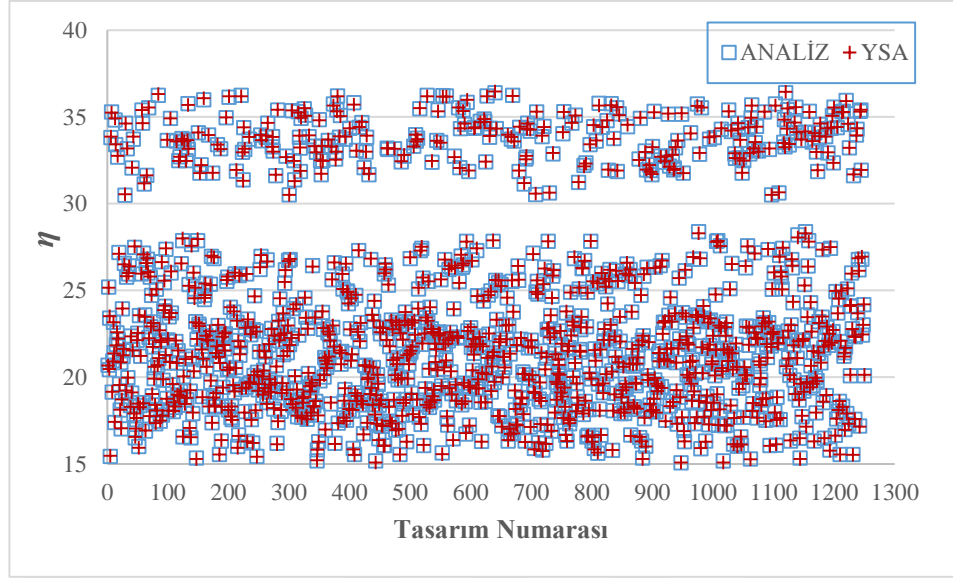
Eğitimde hassas sonuçlar elde edebilmek için nöron sayıları artırılarak en yakın değere ulaşılmaya çalışılmıştır. Oluşturulan ağ 1000 iterasyon için eğitilmiştir.

Çizelge 6.21. Tüm tasarımlara ait modelin η değerine ait istatistiksel sonuçlar.

η	Eğitim				Test			
	R^2	MPE	CoV	$RMSE$	R^2	MPE	CoV	$RMSE$
LM-10	0,9970	0,9756	1,063	0,0055	0,9971	0,9687	1,051	0,0055
LM-15	0,9996	0,3398	1,066	0,0020	0,9996	0,3341	1,0564	0,0019
LM-17	0,9992	0,4735	1,066	0,0027	0,9993	0,4585	1,0566	0,0026
LM-18	0,9994	0,4034	1,0661	0,0023	0,9995	0,3821	1,0565	0,0022
LM-25	0,9998	0,1980	1,0664	0,0011	0,9998	0,1978	1,057	0,0011
LM-30	0,9999	0,1481	1,0664	0,0008	0,9999	0,1492	1,0575	0,0008
SCG-30	0,9928	1,4479	1,0566	0,0087	0,9928	1,488	1,0475	0,0089
CGP-30	0,9926	1,4754	1,0565	0,0088	0,9926	1,5454	1,0423	0,0093



Şekil 6.1. η için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.

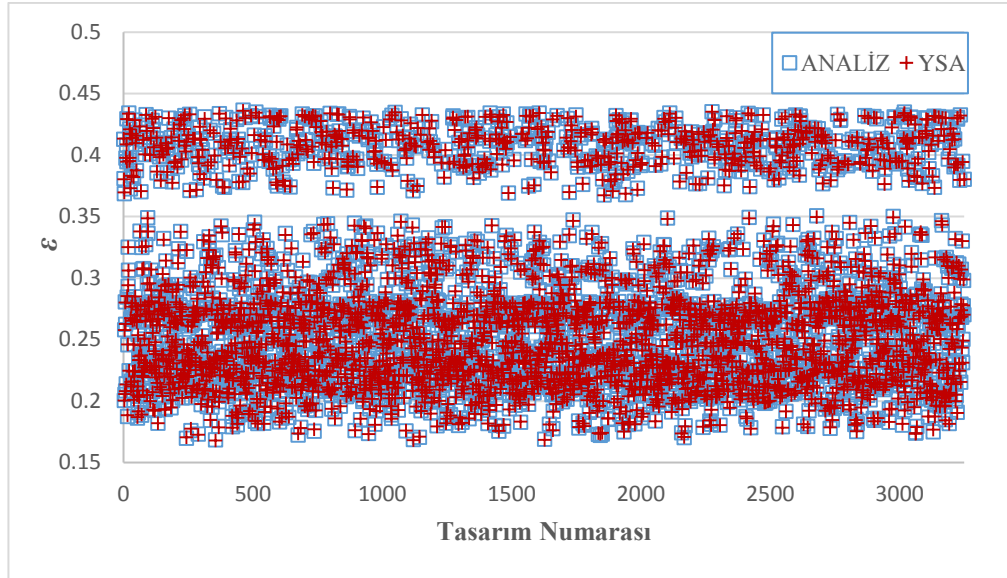


Şekil 6.2. η için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.

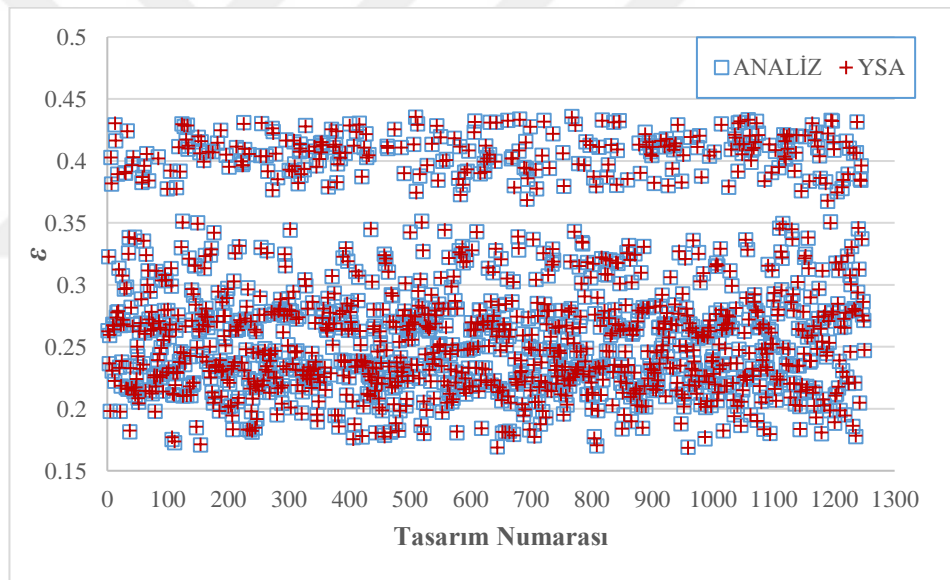
Çizelge 6.21 incelendiğinde R^2 değerinin, eğitim aşamasında 0,997 ile 0,999 arasında değiştiği, test aşamasında 0,9926 ile 0,999 arasında değiştiği belirlenmiştir. LM-30 algoritmasında test ve eğitim için ayrılan değerlerin analiz ve YSA çıktılarının karşılaştırılması Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de verildiği gibidir. Her iki değerinde birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 6.22. Tüm tasarımlara ait modelin ε değerine ait istatistiksel sonuçlar.

ε	Eğitim				Test			
	R^2	MPE	CoV	$RMSE$	R^2	MPE	CoV	$RMSE$
LM-10	0,9950	1,3270	1,1520	0,0075	0,9953	1,285	1,1529	0,0073
LM-15	0,9995	0,4186	1,1572	0,0023	0,9995	0,4245	1,1559	0,0024
LM-17	0,9992	0,5055	1,1572	0,0029	0,9992	0,5169	1,1547	0,0029
LM-18	0,9993	0,4693	1,1571	0,0026	0,9993	0,4674	1,1551	0,0026
LM-25	0,9998	0,2440	1,1580	0,0014	0,9998	0,2529	1,1553	0,0014
LM-30	0,9999	0,1591	1,1578	0,0009	0,9999	0,1643	1,1550	0,0009
SCG-30	0,9885	1,8750	1,1419	0,0115	0,9887	1,9393	1,1549	0,0119
CGP-30	0,9915	1,6830	1,1495	0,0098	0,9919	1,7093	1,1514	0,0099



Şekil 6.3. ε için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.

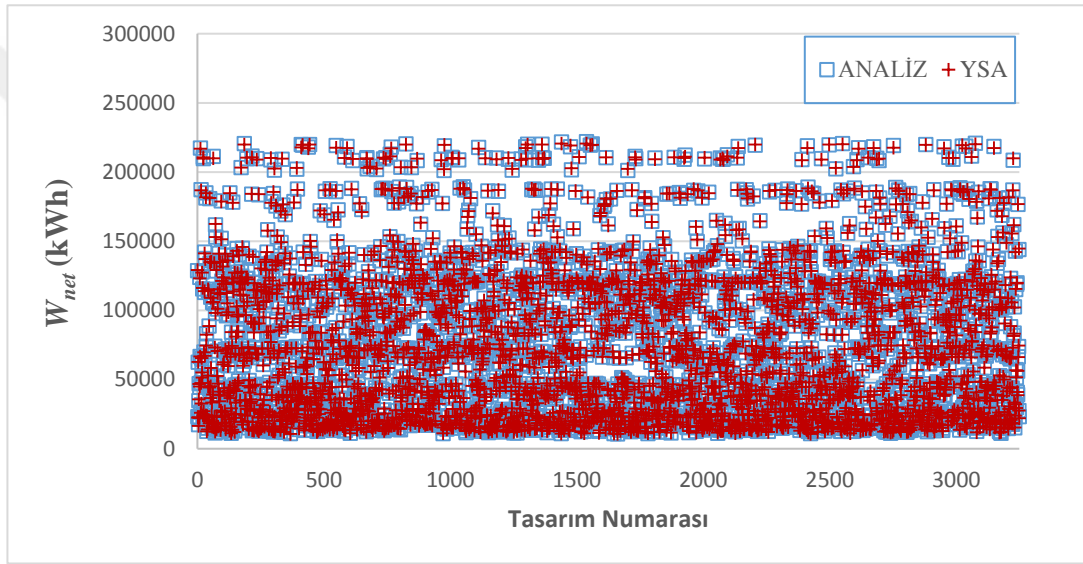


Şekil 6.4. ε için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.

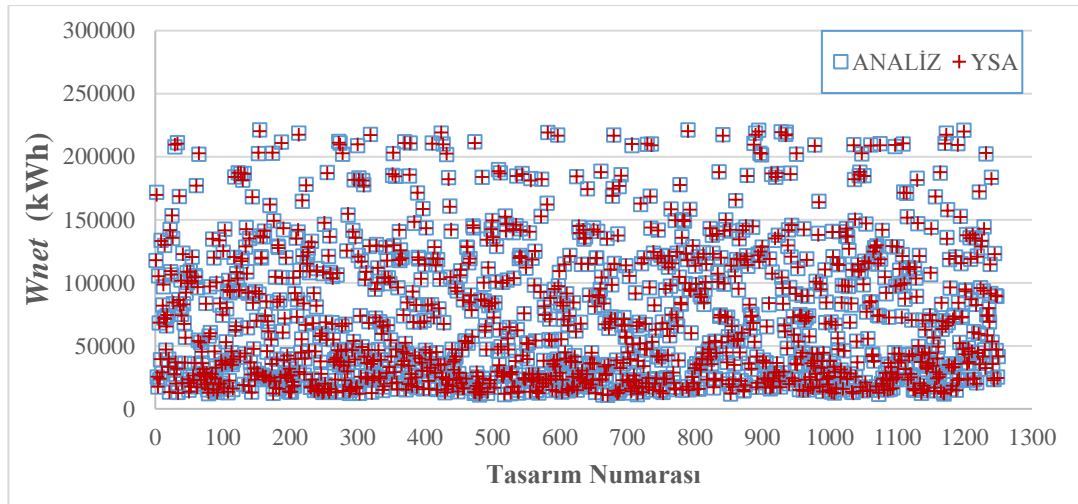
Çizelge 6.22 incelendiğinde R^2 değerinin, eğitim aşamasında 0,9915 ile 0,999 arasında, test aşamasında 0,988 ile 0,999 arasında değiştiği belirlenmiştir. LM-30 algoritmasında test ve eğitim için ayrılan değerlerin analiz ve YSA çıktılarının karşılaştırılması Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’de verildiği gibidir.

Çizelge 6.23. Tüm tasarımlara ait modelin W_{net} değerine ait istatistiksel sonuçlar.

W	Eğitim				Test			
Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-10	0,9964	1,1012	1,0150	0,0059	0,9964	1,1311	1,0758	0,0062
LM-15	0,9991	0,5653	1,023	0,0030	0,9990	0,5869	1,0869	0,0031
LM-17	0,9991	0,5578	1,0193	0,0029	0,9991	0,5948	1,0823	0,0030
LM-18	0,9994	0,4596	1,0194	0,00246	0,9994	0,45644	1,0837	0,0024
LM-25	0,9997	0,2808	1,0194	0,0014	0,9997	0,2849	1,0819	0,0014
LM-30	0,9999	0,2141	1,0201	0,0011	0,9998	0,2264	1,0828	0,0011
SCG-30	0,977717	2,5686	1,0017	0,0150	0,977773	2,6375	1,0603	0,0152
CGP-30	0,9790	2,5362	0,9958	0,01463	0,979835	2,6176	1,0550	0,0148



Şekil 6.5. W_{net} için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.

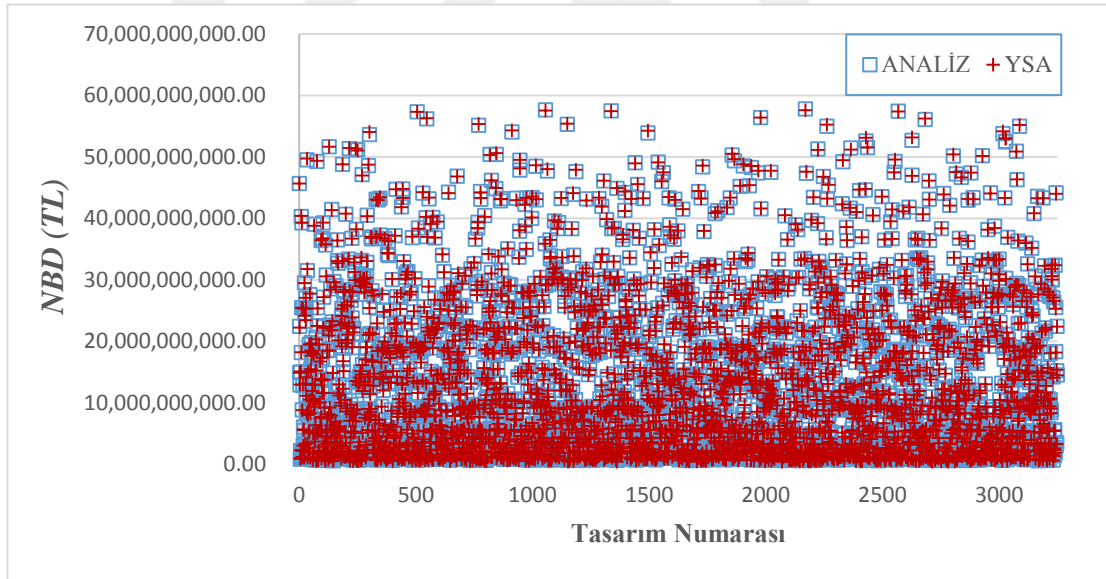


Şekil 6.6. W_{net} için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.

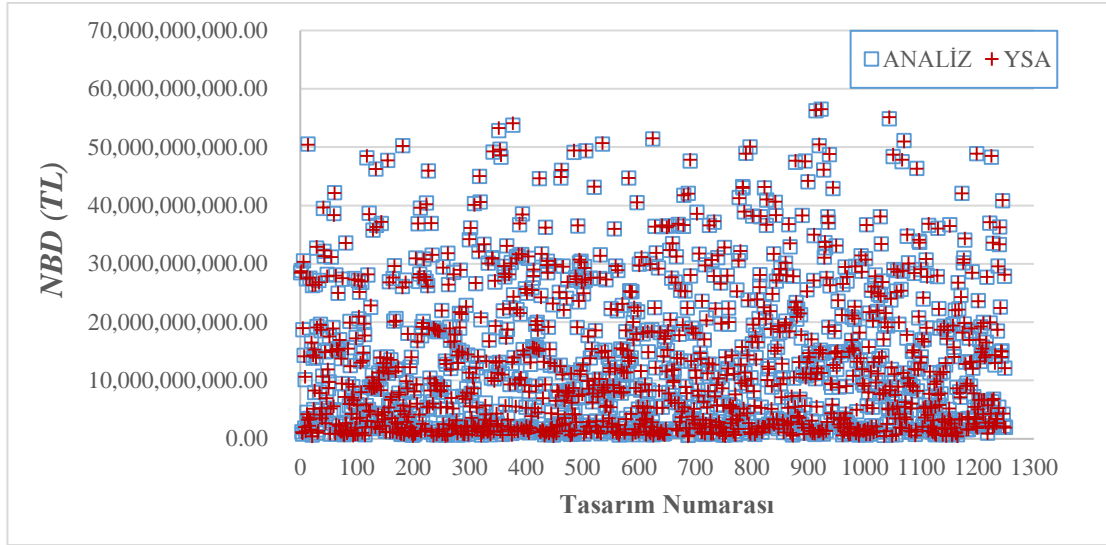
Çizelge 6.23 incelendiğinde R^2 değerinin, eğitim aşamasında eğitim aşamasında 0,977 ile 0,999 arasında, test aşamasında 0,977 ile 0,999 arasında değiştiği belirlenmiştir. LM-30 algoritmasında test ve eğitim için ayrılan değerlerin analiz ve YSA çıktılarının karşılaştırılması Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’de verildiği gibidir.

Çizelge 6.24. Tüm tasarımlara ait modelin *NBD* değerine ait istatistiksel sonuçlar.

<i>NBD</i>	Eğitim				Test			
	R^2	<i>MPE</i>	<i>CoV</i>	<i>RMSE</i>	R^2	<i>MPE</i>	<i>CoV</i>	<i>RMSE</i>
LM-10	0,9882	1,8109	0,7443	0,0094	0,9893	1,7343	0,7689	0,00909
LM-15	0,9969	0,8325	0,7492	0,0048	0,9973	0,8148	0,7722	0,00452
LM-17	0,9964	0,9837	0,7490	0,0052	0,9965	0,9796	0,7710	0,00524
LM-18	0,9981	0,7214	0,7507	0,0037	0,9978	0,7501	0,7743	0,00405
LM-25	0,9994	0,4375	0,7559	0,0022	0,9994	0,4321	0,77946	0,00222
LM-30	0,9999	0,25513	0,7533	0,0012	0,9997	0,26069	0,7778	0,00132
SCG-30	0,90245	5,0388	0,6910	0,0270	0,8824	5,11083	0,7163	0,02736
CGP-30	0,91298	4,8485	0,6955	0,0255	0,8780	4,8021	0,71950	0,0257



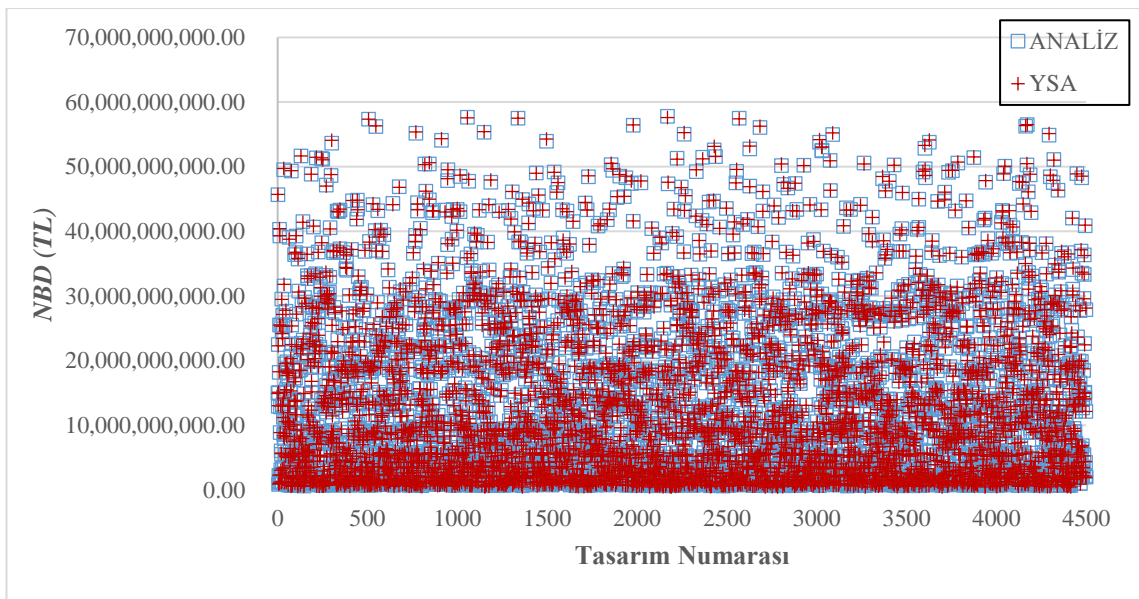
Şekil 6.7. *NBD* için eğitim verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.8. NBD için test verilerine ait analiz ve YSA değerlerinin karşılaştırılması.

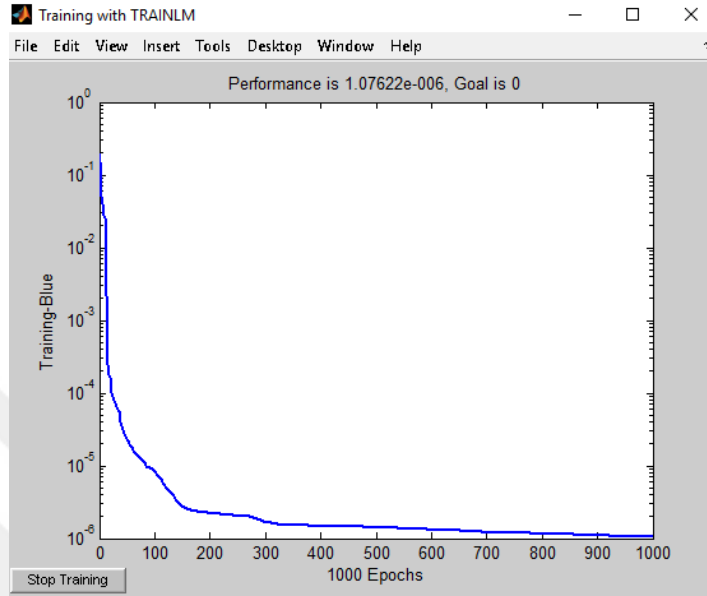
Çizelge 6.24 incelendiğinde R^2 değerinin, eğitim aşamasında eğitim aşamasında 0,902 ile 0,999 arasında, test aşamasında 0,878 ile 0,999 arasında değiştiği belirlenmiştir. LM-30 algoritmasında test ve eğitim için ayrılan değerlerin analiz ve YSA çıktılarının karşılaştırılması Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’de verildiği gibidir.

Şekil 6.9’da tüm tasarımlara ait NBD değerlerinin analiz değerleri ve YSA değerlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 6.9. NBD ait analiz değerlerinin YSA değerleriyle karşılaştırılması.

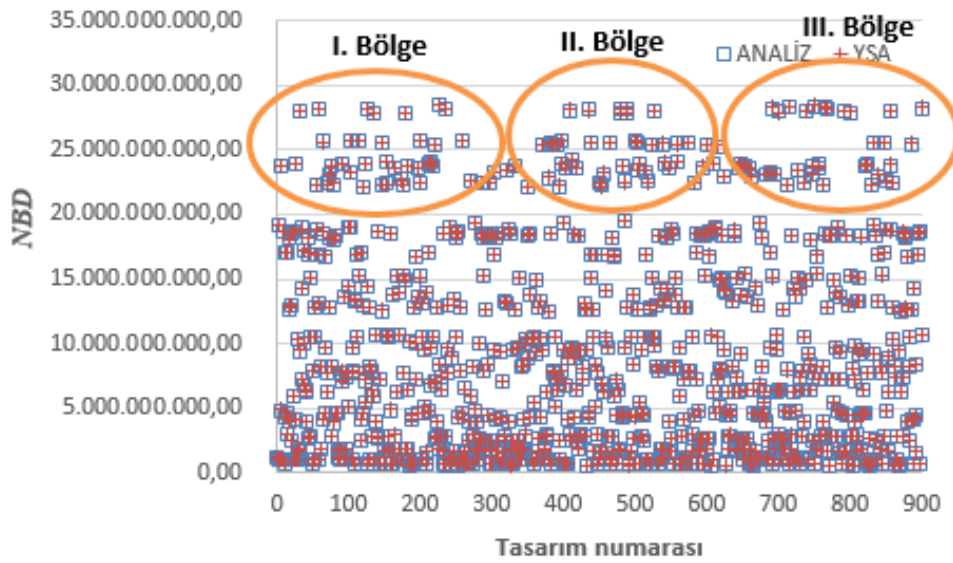
Şekiller incelendiğinde analiz değerleriyle test değerlerinin birbirine çok yakın çıktığı ve bundan dolayı bu değerlerin istatistiksel açıdan kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. LM-30 algoritmasına ait performans grafiği Şekil 6.10'da verildiği gibidir.



Şekil 6.10. LM-30 modeline ait performans grafiği.

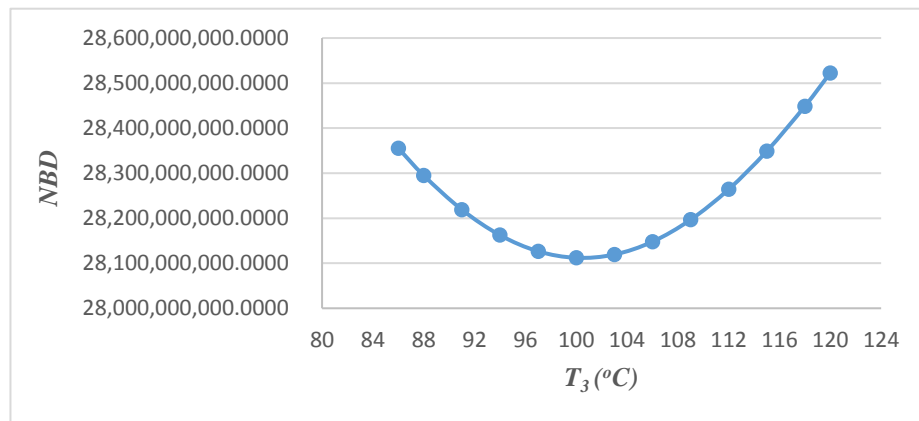
6.4. YSA Tabanlı Optimizasyon

Sistemin optimizasyonu yapılırken, MATLAB programıyla oluşturulmuş en uygun YSA modeli kullanılmıştır. Bütün akışkanların sisteme tanımlandığı YSA modelinde LM-30 algoritması kullanılmıştır, akışkanların tek tek ağa tanımlandığı sistem modeli için R-134a, R-141b, R-600a, R-236ea ve R-1234ze'de sırasıyla LM-17, LM-16, LM-7, LM-14 ve LM-18 en uygun algoritma değerleridir. Bu sistemlere ait optimizasyon değerleri sırasıyla verilmiştir. Tek akışkan kullanılan sistemlerin optimizasyonunda T_3 değerleri baz alınmıştır. Tüm akışkanların ağa tanımlandığı sistemde T_3 sıcaklığının P_1 basıncına göre değişimi de incelenmiştir. Sistemin optimizasyonu yapılırken en yüksek *NBD* değerleri baz alınmış ve buna göre belirlenen bölgelerin optimum noktaları bulunmuştur.



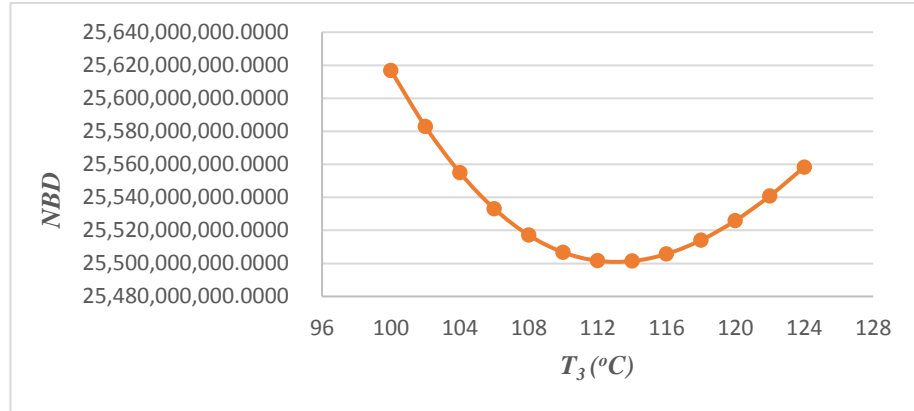
Şekil 6.11. R-134a kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.

Şekil 6.11’de verildiği gibi R-134a akışkanının kullanıldığı sistem modelinin *NBD* değerinin YSA ve analiz sonuçları baz alınarak üç bölge belirlenmiştir. Seçilen bölgelerin ilk olarak kendi içinde optimum noktası belirlenmiş daha sonra bu üç nokta baz alınarak en yüksek *NBD* değerine göre optimum sistem belirlenmiştir. Şekil 6.15’de verildiği gibi optimum sistem I. Bölgede belirlenen sistemdir. Bölgelere ait optimum nokta grafikleri Şekil 6.12-6.14’de verilmiştir.

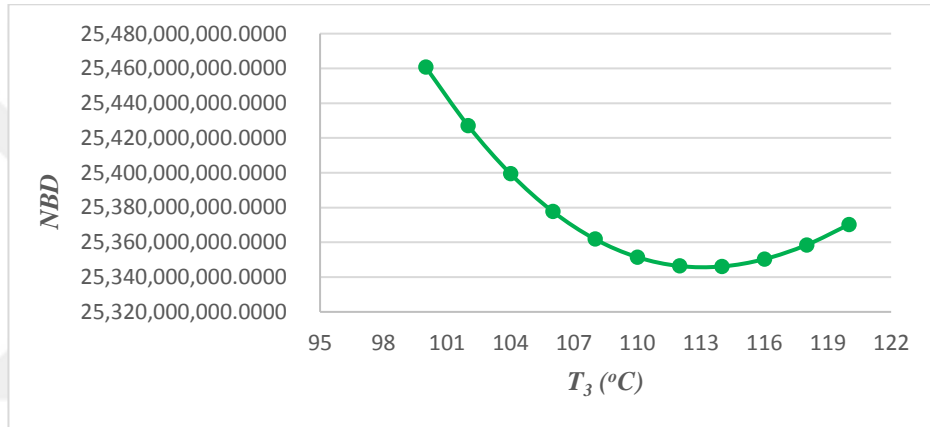


Şekil 6.12. R-134a kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.12 incelendiğinde en yüksek *NBD* değeri 28.522.647.930,0524 TL olarak basınç 120 °C’de elde edilmiştir.

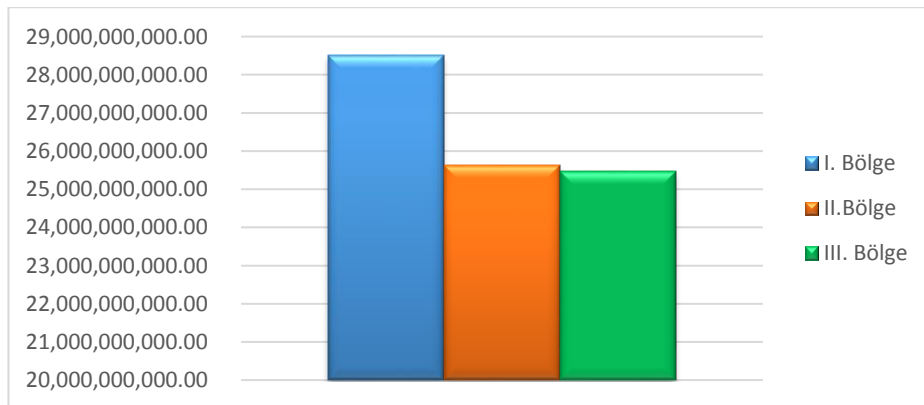


Şekil 6.13. R-134a kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.

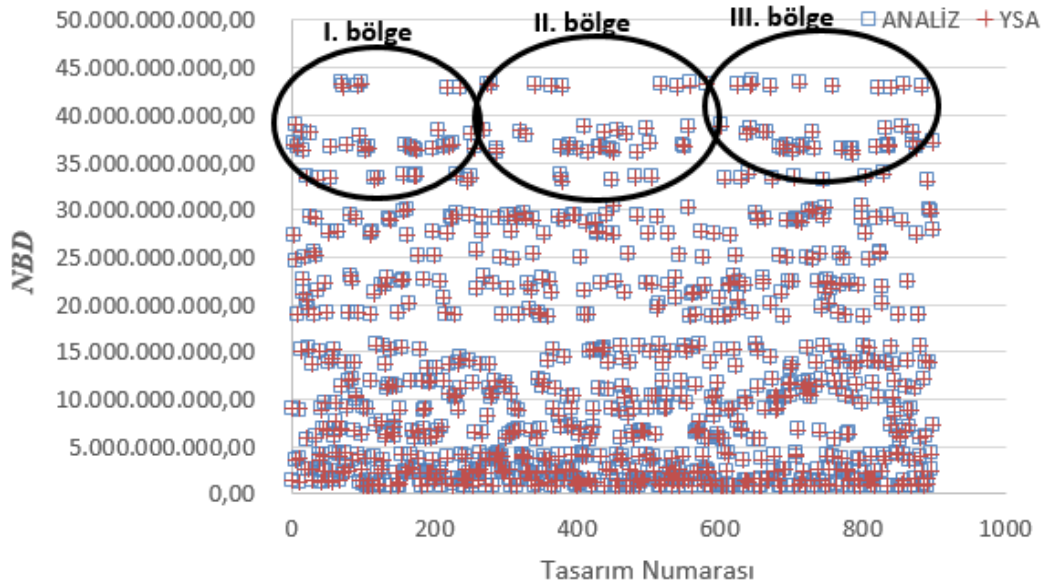


Şekil 6.14. R-134a kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.13 ve Şekil 6.14’de en yüksek *NBD* değerleri sırasıyla 25.616.734.734,68 TL olarak basınç 100 °C’de ve 25.460.670.926,30 TL olarak 100 °C elde edilmiştir.

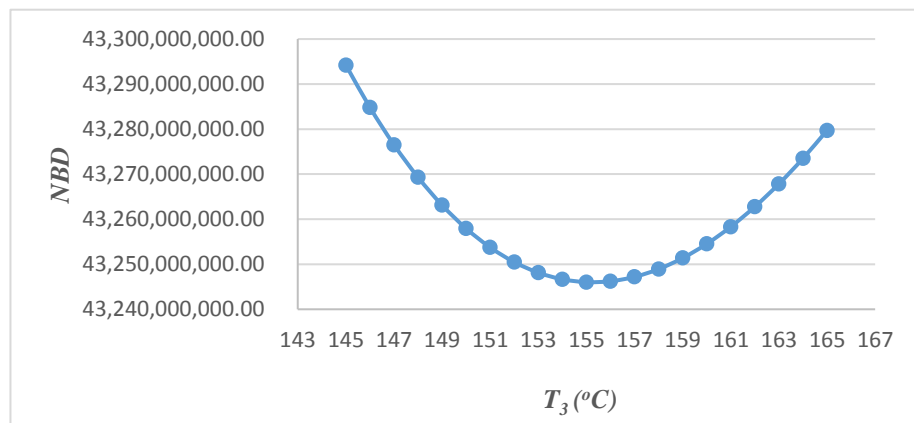


Şekil 6.15. R-134a kullanılan sistemin optimizasyon değeri.



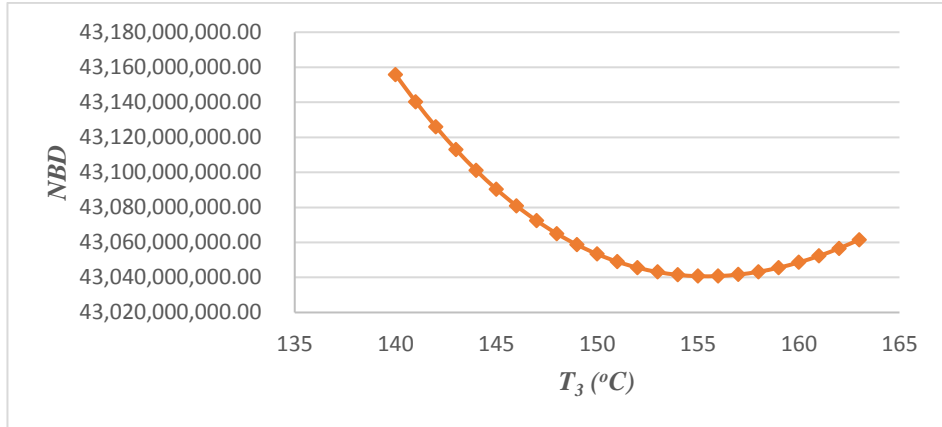
Şekil 6.16. R-141b kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.

R-141b akışkanının kullanıldığı sistem modelinin *NBD* değerinin YSA ve analiz sonuçları baz alınarak üç bölge belirlenmiştir. Seçilen bölgelerin ilk olarak kendi içinde optimum noktası belirlenmiş daha sonra bu üç nokta baz alınarak en yüksek *NBD* değerine göre optimum sistem belirlenmiştir. Şekil 6.20’de verildiği gibi optimum sistem I. bölgede belirlenen sistemdir. Bölgelere ait optimum nokta grafikleri Şekil 6.17-6.19’da verilmiştir.

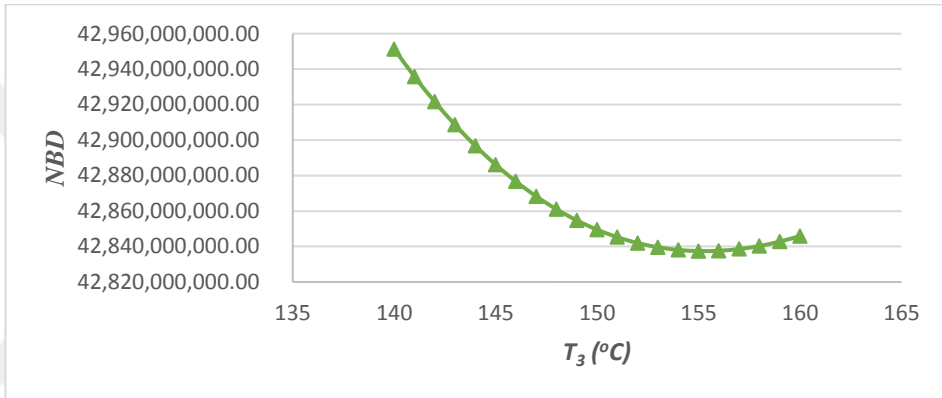


Şekil 6.17. R-141b kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.17 incelendiğinde en yüksek *NBD* değeri 43.294.226.356,91 TL olarak basınç 145 °C’de elde edilmiştir.

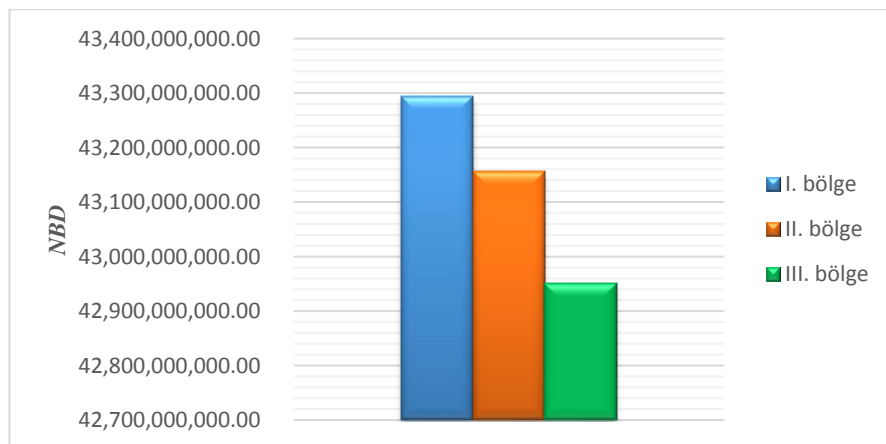


Şekil 6.18. R-141b kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.

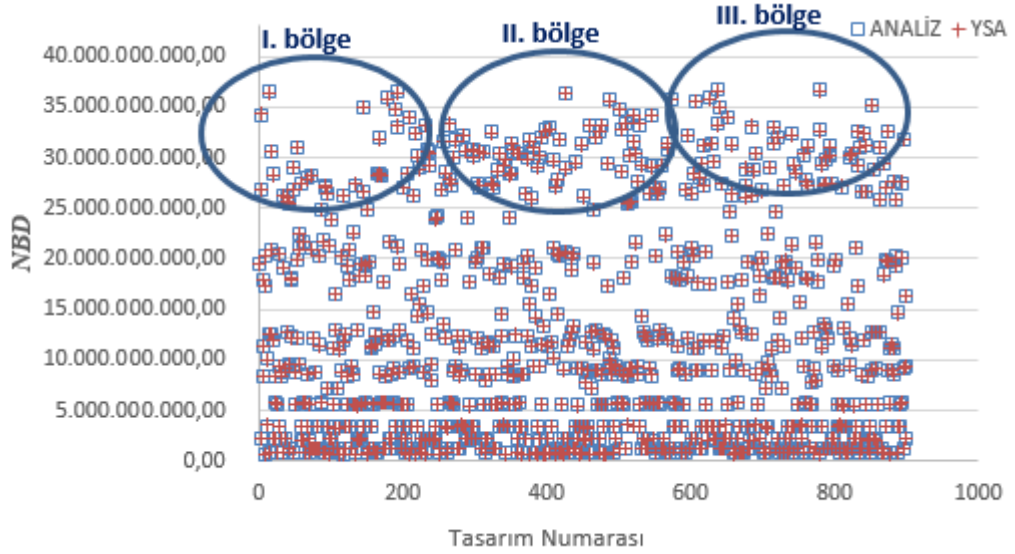


Şekil 6.19. R-141b kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.18 ve Şekil 6.19’de en yüksek *NBD* değerleri sırasıyla 43.155.819.247,49 TL olarak basınç 140 °C’de ve 42.951258.795,24 TL olarak 140 °C elde edilmiştir.

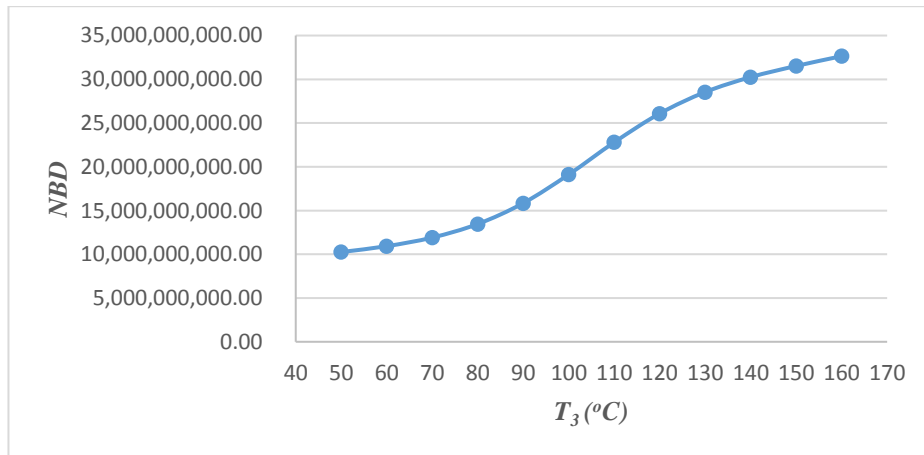


Şekil 6.20. R-141b kullanılan sistemin optimizasyon değeri.



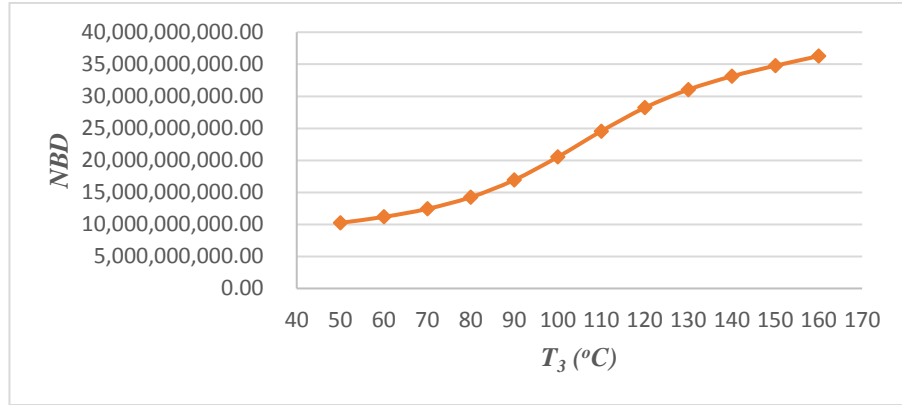
Şekil 6.21. R-236ea kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.

R-236ea akışkanının kullanıldığı sistem modelinin *NBD* değerinin YSA ve analiz sonuçları baz alınarak üç bölge belirlenmiştir. Seçilen bölgelerin ilk olarak kendi içinde optimum noktası belirlenmiş daha sonra bu üç nokta baz alınarak en yüksek *NBD* değerine göre optimum sistem belirlenmiştir. Şekil 6.25’de verildiği gibi optimum sistem II. bölgede belirlenen sistemdir. Bölgelere ait optimum nokta grafikleri Şekil 6.22-6.24’de verilmiştir.

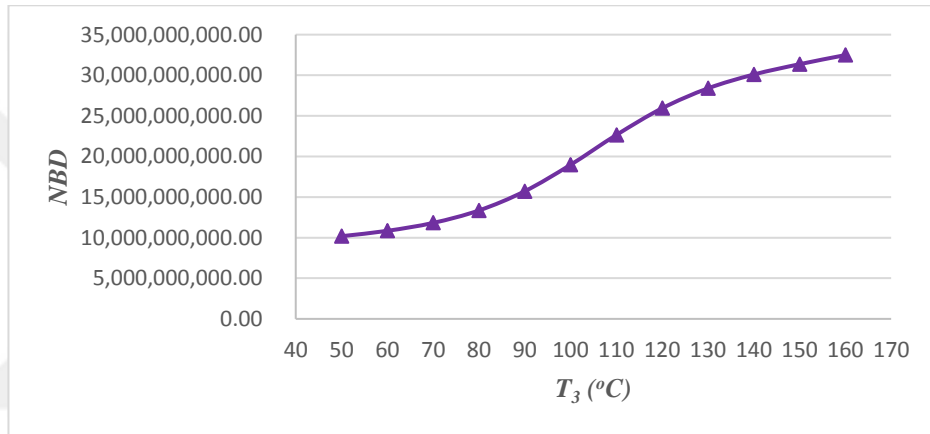


Şekil 6.22. R-236ea kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.22 incelendiğinde en yüksek *NBD* değeri 32.642.471.288,00 TL olarak basınç 160 °C’de elde edilmiştir.

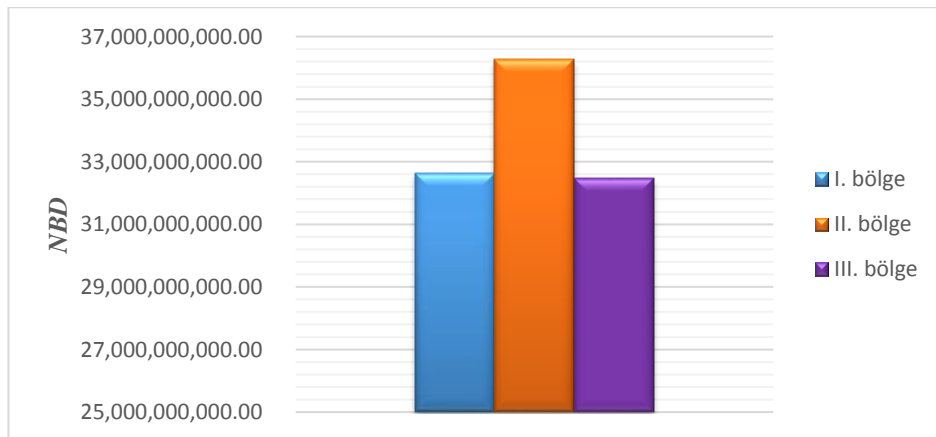


Şekil 6.23. R-236ea kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.

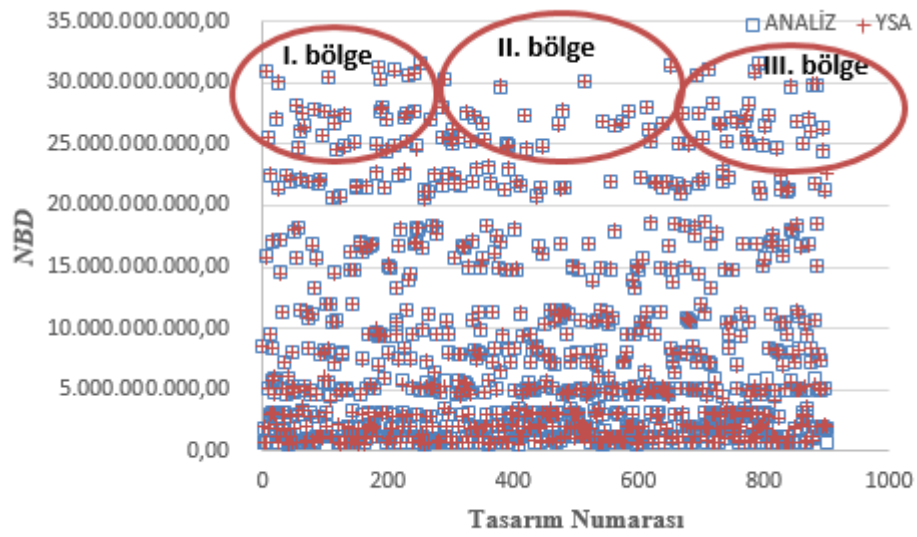


Şekil 6.24. R-236ea kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.23 ve Şekil 6.24’de en yüksek *NBD* değerleri sırasıyla 36.266.999.681,00 TL olarak basınç 160 °C’de ve 32.480.466.743,96 TL olarak 160 °C elde edilmiştir.

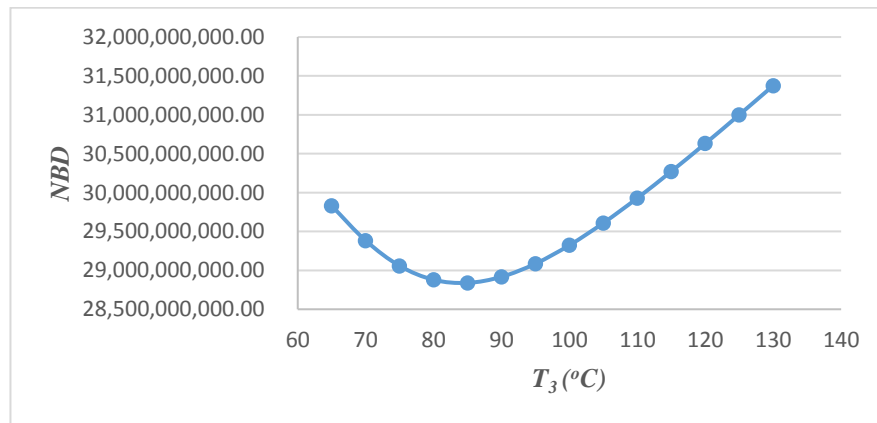


Şekil 6.25. R-236ea kullanılan sistemin optimizasyon değeri.



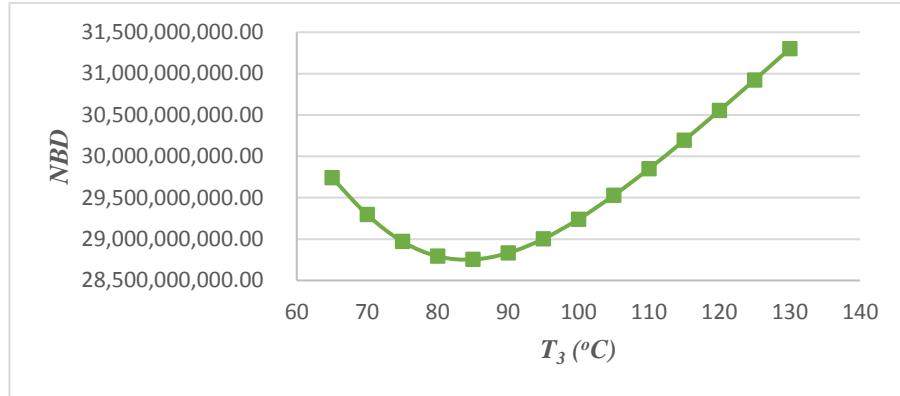
Şekil 6.26. R-1234ze kullanılan sistemin optimizasyonu için belirlenen bölgeler.

R-1234ze akışkanının kullanıldığı sistem modelinin *NBD* değerinin YSA ve analiz sonuçları baz alınarak üç bölge belirlenmiştir. Seçilen bölgelerin ilk olarak kendi içinde optimum noktası belirlenmiş daha sonra bu üç nokta baz alınarak en yüksek *NBD* değerine göre optimum sistem belirlenmiştir. Şekil 6.30’da verildiği gibi optimum sistem III. bölgede belirlenen sistemdir. Bölgelere ait optimum nokta grafikleri Şekil 6.27-6.29’da verilmiştir.

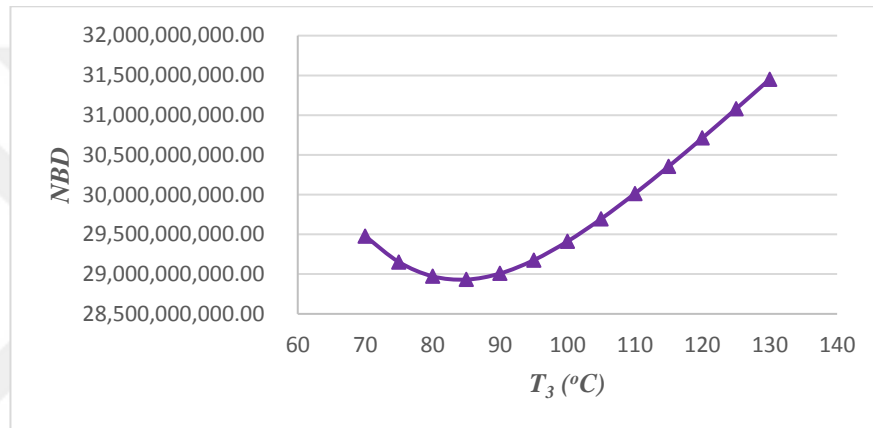


Şekil 6.27. R-1234ze kullanılan sistemin I. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.27 incelendiğinde en yüksek *NBD* değeri 31.375.507.818 TL olarak 130 °C’de elde edilmiştir.

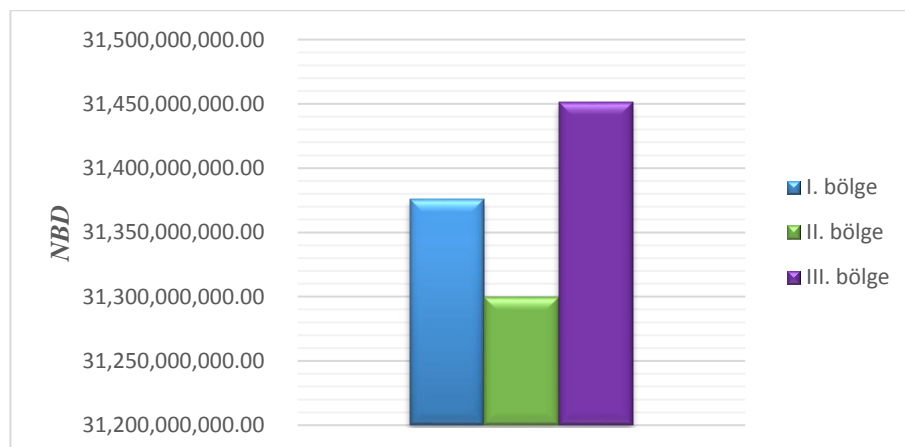


Şekil 6.28. R-1234ze kullanılan sistemin II. Bölge için optimum noktası.



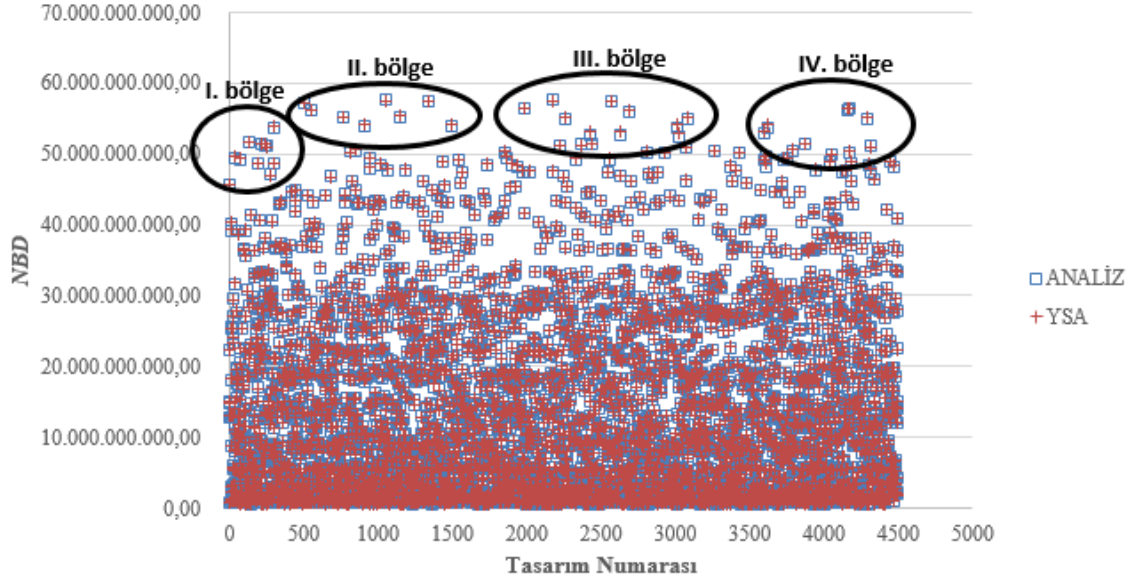
Şekil 6.29. R-1234ze kullanılan sistemin III. Bölge için optimum noktası.

Şekil 6.28 ve Şekil 6.29’de en yüksek *NBD* değerleri sırasıyla 31.299.686.006,66 TL olarak basınç 130 °C’de ve 31.451.444.970,18 TL olarak 130 °C elde edilmiştir.



Şekil 6.30. R-1234ze kullanılan sistemin optimizasyon değeri.

Bütün akışkanların ağı tanımladığı sistem modelinin optimizasyon aşamaları ve optimum noktaya ait çevrim değerleri sırasıyla verilmiştir.



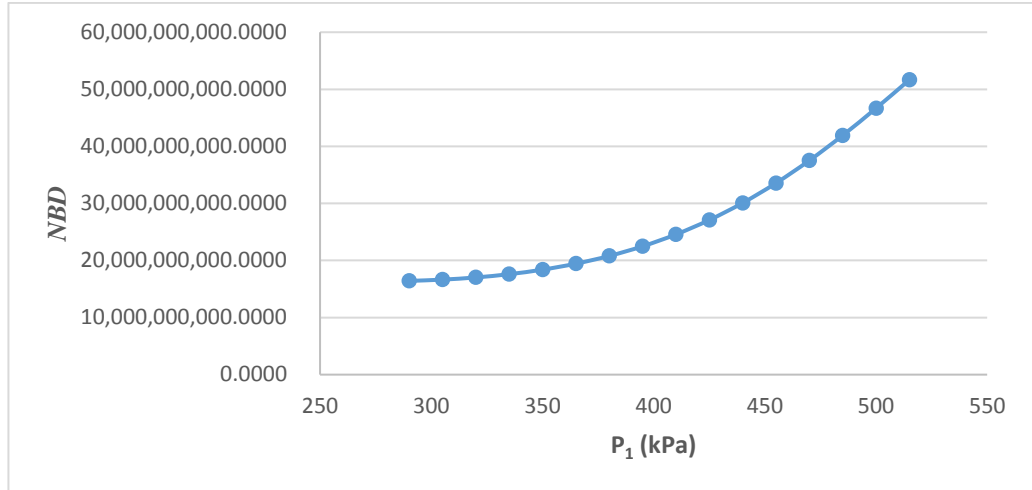
Şekil 6.31. Optimizasyon için belirlenen bölgelerin gösterimi.

Belirlenen 4 bölgedeki *NBD* değerlerine göre tasarım parametrelerinin değişim aralıkları Çizelge 6.25’de verildiği gibidir.

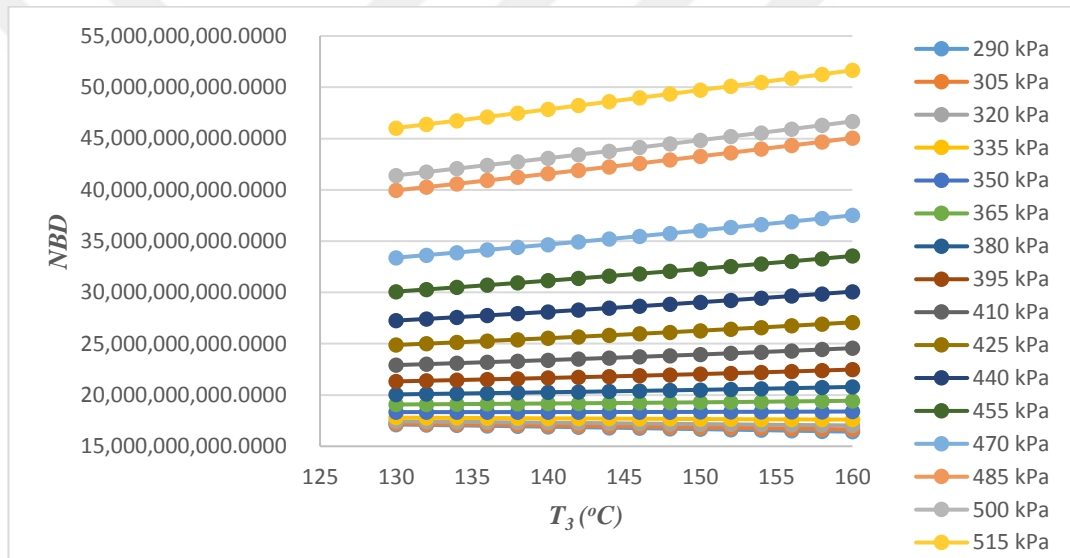
Çizelge 6.25. *NBD* değerlerine bağlı belirlenen bölgelerin tasarım parametreleri.

Bölge No	Soğutucu Akışkan	T_0 (°C)	T_B (°C)	T_A (°C)	T_C (°C)	T_D (°C)	P_1 (kPa)	P_2 (kPa)	T_3 (°C)
I	R-600a	26	390	290	380	280	475, 515, 545	2500	145, 150, 160
II	R-600a	29	390	290	380	280	515	3000	145, 150, 155, 160
III	R-600a	29	395	295	385	285	475, 515	3000	140, 145, 150, 155, 160
IV	R-600a	29	405	305	395	285	475, 515	3000	145, 150, 155, 160

Belirlenen bölgeler incelendiğinde her bölgedeki soğutucu akışkanın R-600a olduğu sonucuna varılmıştır. Pompa giriş basıncı (P_1) ve türbin giriş sıcaklığı (T_3) için optimum nokta değerlendirilmiştir. Buna göre P_1 değerinin *NBD* değerine göre değişimi Şekil 6.32-6.39 arasında verildiği gibidir.

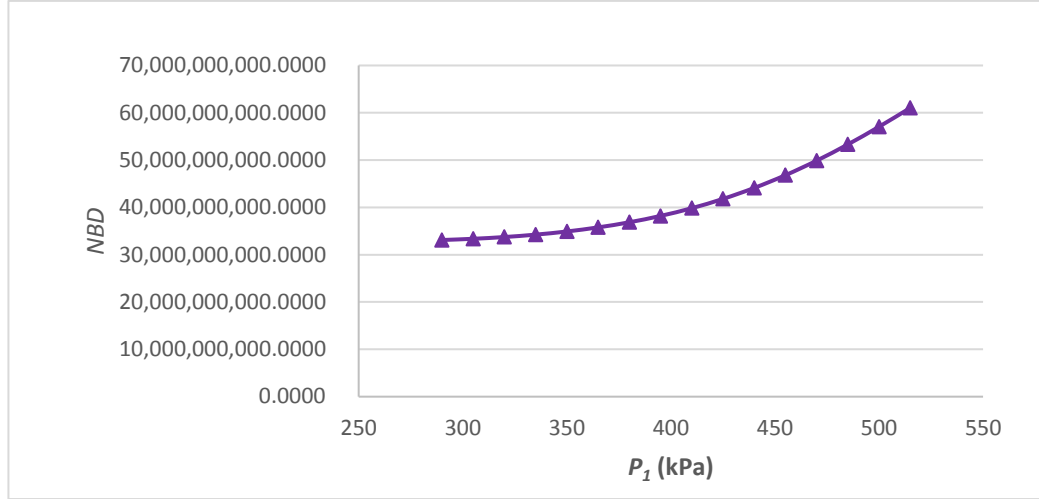


Şekil 6.32. I. Bölge *NBD* değerinin P_1 değerine göre değişimi

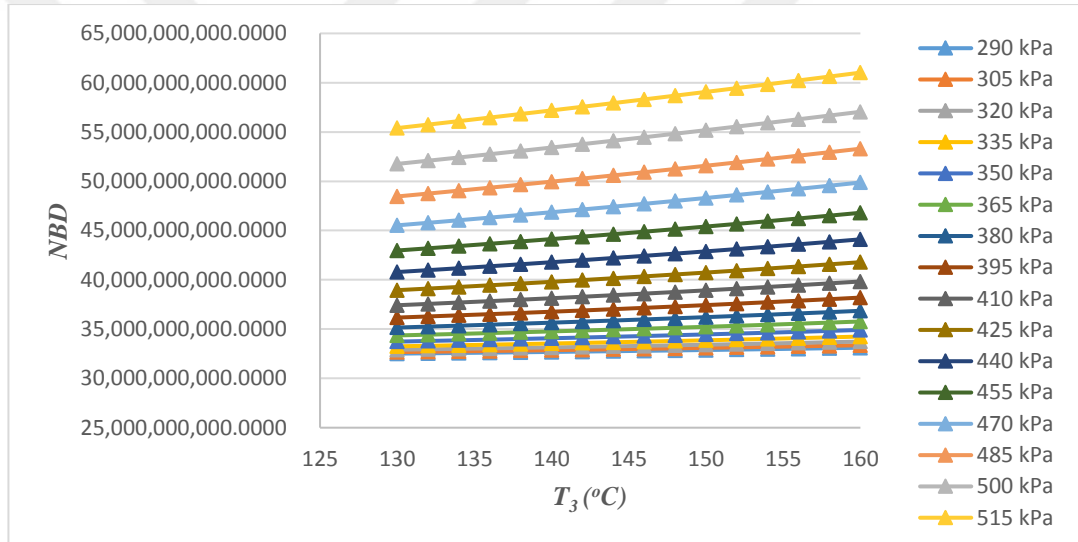


Şekil 6.33. I. Bölge *NBD* değerinin T_3 değerine göre değişimi

Şekil 6.32-6.33 incelendiğinde, değerlerde lineer bir artış olduğu gözlenmiştir. Belirlenen basınç aralıklarında *NBD* değerinin T_3 (°C) değerine göre değişimi göz önünde bulundurularak I. Bölge için optimum nokta en yüksek *NBD* değerine sahip olan 160 °C 515 kPa basınçta 51.654.992.421,8135 TL olarak belirlenmiştir.

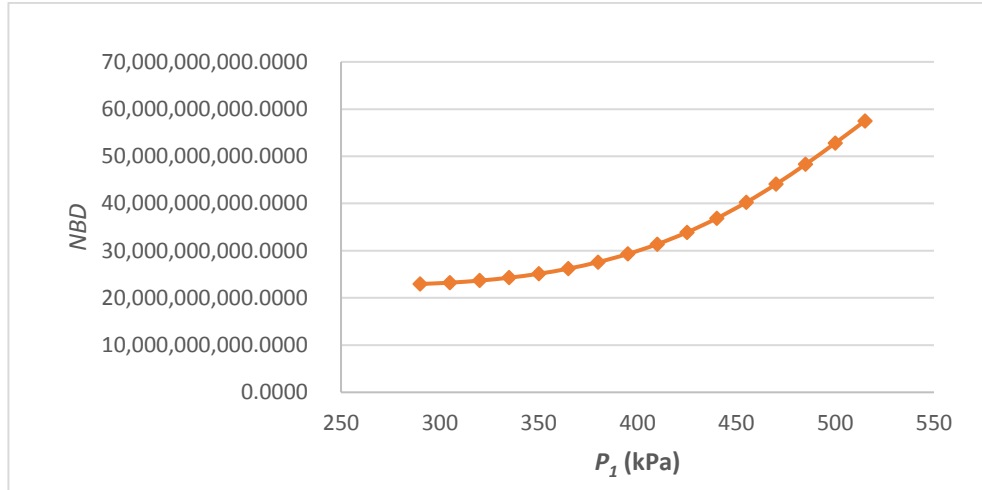


Şekil 6.34. II. Bölge NBD değerinin P_1 değerine göre değişimi

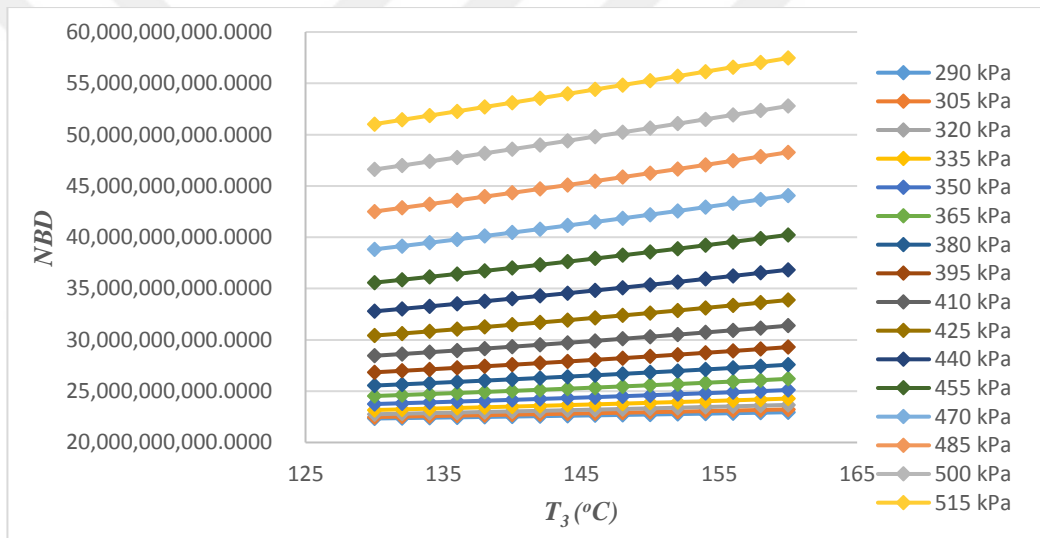


Şekil 6.35. II. Bölge NBD değerinin T_3 değerine göre değişimi

Şekil 6.34-6.35 incelendiğinde, değerlerde lineer bir artış olduğu gözlenmiştir. Belirlenen basınç aralıklarında NBD değerinin T_3 ($^{\circ}C$) değerine göre değişimi göz önünde bulundurularak II. Bölge için optimum nokta en yüksek NBD değerine sahip olan $160^{\circ}C$ 515 kPa basınçta $61.018.548.133,2695$ TL olarak belirlenmiştir.

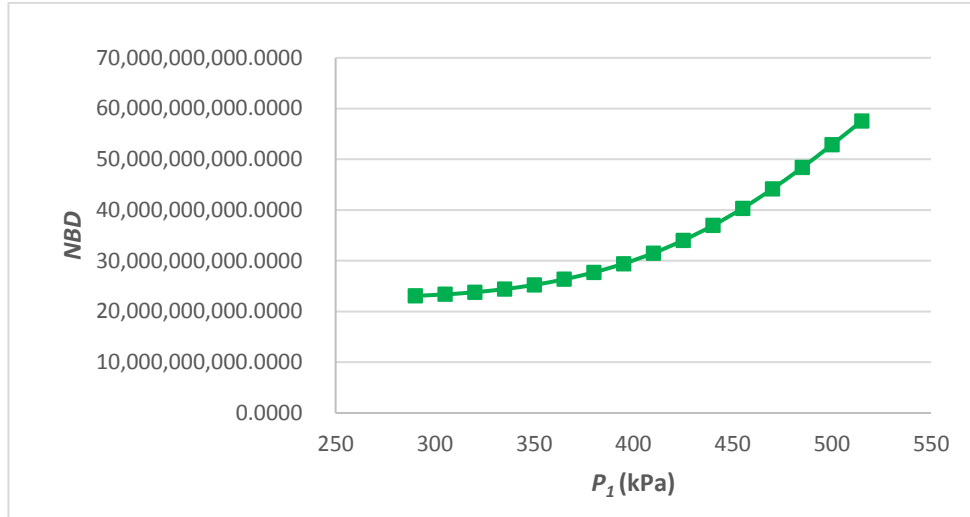


Şekil 6.36. III. Bölge NBD değerinin P_1 değerine göre değişimi

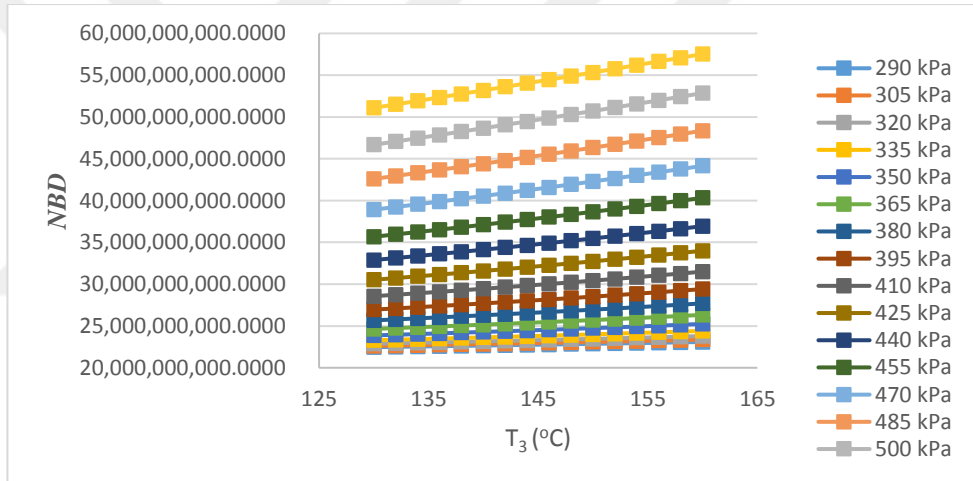


Şekil 6.37. III. Bölge NBD değerinin T_3 değerine göre değişimi

Şekil 6.36-6.77 incelendiğinde, değerlerde lineer bir artış olduğu gözlenmiştir. Belirlenen basınç aralıklarında NBD değerinin T_3 (°C) değerine göre değişimi göz önünde bulundurularak III. Bölge için optimum nokta en yüksek NBD değerine sahip olan 160 °C 515 kPa basınçta 57.464.077.624,1653 TL olarak belirlenmiştir.



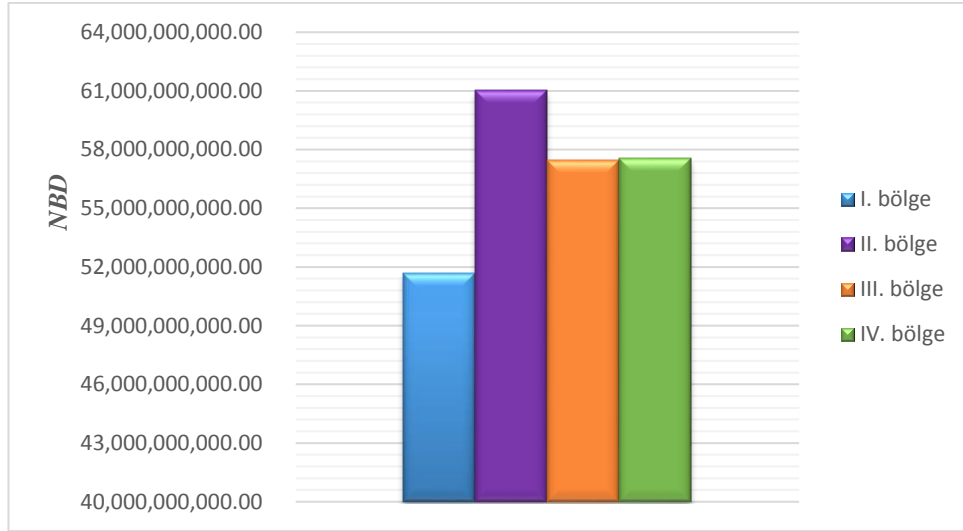
Şekil 6.38. IV. Bölge NBD değerinin P_1 değerine göre değişimi



Şekil 6.39. IV. Bölge NBD değerinin T_3 değerine göre değişimi

Şekil 6.38-6.39 incelendiğinde, değerlerde lineer bir artış olduğu gözlenmiştir. Belirlenen basınç aralıklarında NBD değerinin T_3 (°C) değerine göre değişimi göz önünde bulundurularak IV. Bölge için optimum nokta en yüksek NBD değerine sahip olan 160 °C 515 kPa basınçta 57.529.359.026,7073 TL olarak belirlenmiştir.

YSA yardımıyla optimize edilen 4 bölgedeki en yüksek değerler belirlenmiş ve bunlara ait grafik Şekil 6.20' de verilmiştir.



Şekil 6.40. Belirlenen bölgelerdeki optimum noktalara ait *NBD* grafiği

Şekil 6.40 incelendiğinde optimizasyon sonucunda 2. bölgedeki *NBD* değerinin maksimum olduğu ve bu sistemin analizi yapılan tüm parametreler içinde en uygun sistem olduğu sonucuna varılmıştır. Optimum sisteme ait çevrim noktalarının karakteristik özellikleri Çizelge 6.26'da verilmiştir.

Çizelge 6.26. Optimum sistemin çevrim noktalarına ait özellikler.

Nokta	Akışkan	\dot{m} (kg/s)	T (°C)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)
1	R-600a	282,9	38,825	515	293,3	1,3168
2	R-600a	282,9	40,268	3000	297,96	1,3168
3	R-600a	282,9	160	3000	808,04	2,662
4	R-600a	282,9	98,22	515	724,25	2,665
a	Hava	5198,187	29	101,325	428,46	3,8939
b	Hava	5198,187	51,85	101,325	451,47	3,9673
A	Ther-VP1	255,8	290	101,325	549,700	2,990
B	Ther-VP1	255,8	390	101,325	612,300	3,100
C	Eriyik tuz	370,6	380	101,325	170,47	-
D	Eriyik tuz	370,6	280	101,325	15,373	-

Çizelge 6.27. Optimum sisteme ait enerji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	\dot{Q} (kW)	\dot{W} (kW)	η (%)
Parabolik Kol.	140591,249	156601,822	58492,309	-	
Isı değiştirici II	219621,473	146288,436	57322,463	-	
Isı değiştirici I	240896,937	369188,481	144302,117	-	
Türbin	228597,232	204893,266	-	20859,490	
Yoğuşturucu	2432108,265	2429800,827	121917,710	-	
Pompa	82975,556	84295,115	-	1649,449	
Tüm Sistem					32,842

Çizelge 6.28. Optimum sisteme ait ekserji analizi sonuçları.

Bileşen	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,g}$ (kW)	$\dot{E}x_{k\ddot{u}tle,\ddot{c}}$ (kW)	$\dot{E}x_{Isı}$ (kW)	$\dot{E}x_{iş}$ (kW)	$\dot{E}x_d$	ϵ (%)
Parabolik Kol.	78075,053	85585,061	2598,136	-	40924,01	
Isı değiştirici II	93292,105	78300,498	57322,463	-	14991,60	
Isı değiştirici I	169880,17	306672,28	144302,11	-	7510,00	
Türbin	30844,56	6790,957	-	20859,49	3194,114	
Yoğuşturucu	6790,957	175,382	3839,543	-	2776,032	
Pompa	175,382	1494,941	-	1649,449	329,890	
Tüm Sistem						41,9

Çizelge 6.27 ve Çizelge 6.28’de verildiği gibi optimum sistemin enerji verimi %32.8, ekserji verimi %41.9 olarak hesaplanmıştır.

Tasarlanan POTGTTGS sisteminin tüm parametreleri göz önüne alındığında, soğutucu akışkan olarak R-600a kullanılan sistemin Ağustos ayında çevre sıcaklığının 29°C olduğu, pompa basıncının 515 kPa, türbin giriş sıcaklığının ve basıncının sırasıyla 160°C ve 3000 kPa basıncıta olduğu durumun en verimli ve en kazançlı tasarım parametresi olduğu sonucuna varılmıştır.

Optimum sisteme ait analitik sonuçlarla YSA sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 6.29'da verilmektedir.

Çizelge 6.29. Optimum sistemin ait analitik ve YSA sonuçlarının karşılaştırılması.

Bileşen	Analitik	YSA	Sapma (%)
<i>W (MWh)</i>	186,9837	187,2869	0,16
<i>η (%)</i>	32,842	32,83553	0,02
<i>ε (%)</i>	41,9402	41,8578	0,04
<i>NBD</i>	61.018.548.133,27	61.003.247.329,16	0,03

Çizelge 6.29'da analitik ve YSA değerlerine göre hata oranları verilmiştir. Bunun sonucunda yapay sinir ağının analitik değerlere çok yakın sonuçlar verdiği hata oranlarının gözardı edilebilecek değerlerde küçük sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bilecik ili şartları göz önünde bulundurularak, parabolik oluk tipi güneş toplayıcılarının kullanıldığı ORC çevrimine göre çalışan güç santrali tasarımı kapsamında, güneş alanında ısı transfer yağı olarak Therminol-VP1, termal depolama malzemesi olarak eriyik tuz ve ORC’de çalışma sıvısı olarak R-134a, R-141b, R-600a, R-1234ze ve R-236ea kullanılmıştır. Her bir akışkan için farklı sıcaklık ve basınç değerlerinde parametreler belirlenmiş ve 4500 tasarım oluşturulmuştur. Bu tasarımların enerji, ekserji ve *NBD* analizleri yapılmıştır.

Termodinamik ve maliyet analizleri sonucunda elde edilen veriler YSA modelinde kullanılmış ve sistemi tanımlayan ağ çıktıları elde edilmiştir. Oluşturulan en uygun algoritma sonucuna göre *NBD* değeri baz alınarak sistemin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Optimum sistem dikkate alındığında, sistemin enerji verimi % 32.8, ekserji verimi % 41.9 olduğu ve sistemden 186.9 MWh’lik enerji elde edilebileceği hesaplanmıştır. Ayrıca sistemin *NBD* değeri 61.018.548.133,27 TL olarak belirlenmiştir. *NBD* değeri 0’dan büyük çıkması sistemin yatırıma uygun olduğunu göstermektedir.

Parabolik oluk tipi güneş toplayıcılarının kullanıldığı sistemler ülkemizde yaygın değildir. Sadece Balıkesir ilinde bu alanda çalışmalar başlatılmıştır. Parabolik oluk tipi güneş toplayıcı sistemleri, güneş takip sistemine sahip olduğundan dolayı daha fazla güneş ışınımından faydalanılabildiğini aynı zamanda TED sistemleriyle entegre edilebildiği için güneşin olmadığı zaman aralıklarında da depolanan ısının kullanılabildiğine olanak sağlar. Bundan dolayı PV panellerle karşılaştırıldığında daha avantajlı durumdadır. Fakat bu sistemlerin ilk yatırım maliyeti yüksek olsa bile belirtilen özelliklerinden dolayı kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

8. KAYNAKLAR

- Acar, E. (2014,). *Bir Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Santrali İçin Organik Rankine Çevrimi Dizaynı ve Modellemesi*. Yüksek Lisansı, İstanbul Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Al-Sulaiman, F. (2014). Exergy analysis of parabolic trough solar collectors integrated with combined steam and organic Rankine cycles. *Energy Conversion and Management*, 441-449.
- Arslan, O. (2011). Power generation from medium temperature geothermal resources: ANN-based optimization of Kaline cycle system -34. *Energy*, 36, 2528-2534.
- Arslan, O., Yetik, Ö. (2011). ANN based optimization of supercritical ORC-Binary geothermal power plants: Simav case study. *Applied Thermal Engineering*, 31, 3922-3928.
- Atagündüz, G. (1989). Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları. 372.
- Benford, F., & Bock, J. (1939). Time Analysis of Sunshine. *Transactions of the American Illumination Engineering Society*, 200.
- Binamer, A. (2019). Al-Abdaliya integrated solar combined cycle power plant: Case study of Kuwait, part I. *Renewable Energy*, 923-937.
- Bishoyi, D., & Sudhakar, K. (2017). Modeling and performance simulation of 100 MW LFR based solar thermal power plant in Udaipur India. *Resource-Efficient Technologies*, 365–377.
- Boukelia, T., & Mecibah, M. (2013). Parabolic trough solar thermal power plant: Potential, and projects development in Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 288-297.
- Boukelia, T., Arslan, O., & Mecibah, M. (2016). ANN-based optimization of a parabolic trough solar thermal power plant. *Applied Thermal Engineering*, 107, 1210-1218.
- Boukelia, T., Arslan, O., & Mecibah, M. (2017). Potential assessment of a parabolic trough solar thermal power plant considering hourly analysis: ANN-based approach. *Renewable Energy* 105, 324-333.
- Boukelia, T., Mecibah, M., Kumar, B., & Reddy, K. (2015). Investigation of solar parabolic trough power plants with and without integrated TES (thermal energy storage) and FBS (fuel backup system) using thermic oil and solar salt. *Energy*, 292-303.
- Collares-Pereira, M., & Rabl, A. (1979). The average distribution of solar radiation – correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. *Solar Energy* 22, 155-164.
- Çakıcı, D. (2016). *Thermal Modeling Of A Geothermal Powered Organic Rankine Cycle Integrated With Parabolic Trough Solar Collectors*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Doğa ve Uygulamalı Bilimler Yüksek Okulu, İzmir.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Çakıcı, D., Erdoğan, A., & Çolpan, C. (2017). Thermodynamic performance assessment of an integrated geothermal powered supercritical regenerative organic Rankine cycle and parabolic trough solar collectors. *Energy*, 306-319.
- Çengel, Y., & Boles, M. (1996). *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*. (T. Derbentli, Çev.) İstanbul: McGraw-Hill-Literatür Yayıncılık.
- Demirci, M. (2015). *Güneş Termik Santrallerinde Kullanılan Bir Parabolik Güneş Kolektörünün Termal Hidrolik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ekolojist. <https://ekolojist.net/turkiyende-gunes-enerjisi-potansiyeli/avrupa-gunes-enerjisi-potansiyeli/>, (Erişim Tarihi: 13.05.2019)
- Esgel, H. (2014). *Kordiyerit Esaslı Seramik Malzemeden Yapılmış Termal Enerji Depolama Sisteminin Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Güler, D., Mutlu, A., Güney, E., Çağlar, B., Hepbaşlı, A., & Araz, M. (2017). 1 Mw Kapasiteli Bir Güneş Isıl Güç Santralinin Tasarımı Ve Termodinamik Analizi. *13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, (s. 345-359). İzmir.
- GSA. <https://globalsolaratlas.info>, (Erişim Tarihi: 13.05.2019)
- İşler, G. (2018). *Parabolik Oluk Kolektörleri Ve Merkezi Alıcılı Güneş Kuleleri İle Enerji Üretim Analizi Ve Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Kalogirou, S. (2000). Application of artificial neural- networks for energy systems. *Applied Energy*, 67, 17-35.
- Kalogirou, S. (2004). Optimization of solar system using artificial neural – networks and genetic algorithms. *Applied Energy*, 77, 383-405.
- Kalogirou, S. (2009). *Solar energy engineering: Process and system*. Elsevier.
- Kerme, E., & Orfi, J. (2015). Exergy-Based Thermodynamic Analysis Of Solar Driven Organic Rankine Cycle. *Journal of Thermal Engineering*, 192-202.
- Kılıç, F. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu Ve Üretim Teknolojileri. *Mühendis ve Makina*, 56(671), 28-40.
- Kilsan. <https://www.kilsanblog/yesil-cevre-ci-ekoloji/yogunlastirilmis-solar-enerji-sistemleri-gunes-depoluyor/>, (Erişim Tarihi: 09.03.2019)
- Kumaresan, G., Sridhar, R., & Velraj, R. (2012). Performance studies of a solar parabolic trough collector with a thermal energy storage system. *Energy*, 395-402.
- Livatyalı, H., & Yıldırım, T. (2012). Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler. *5. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu*, (s. 16-20). Mersin.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Maricopo Solar Project. (2011). Dish Stirling Engine Concentrating Solar Power Station. *Fundamentals of Renewable Energy*. Arizona
- Montes, M., Aba'nades, A., Martı'nez-Val, J., & Valde's, M. (2009). Solar multiple optimization for a solar-only thermal power plant, using oil as heat transfer fluid in the parabolic trough collectors. *Solar Energy*, 2165-2176.
- Nexten. <https://nexten.com.tr/tr/dunyada-gunes-enerjisi-turkiyenin-potansiyeli/>, (Erişim Tarihi: 13.05.2019)
- Özdemir, A. (2012). *Parabolik Kollektörlü Organik Rankine Çevriminin Isparta Şartlarında İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Öztürk, H. (2012). *Güneş Işınımı ve Uygulamaları*. İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- Öztürk, H., Şanlı, G., & Yılcı , A. (2009). Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörlerin Performans Analizi. *V. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, (s. 19-28). Kayseri.
- Reddy, K., & Kumar, K. (2012). Solar collector field design and viability analysis of stand-alone parabolic trough power plants for Indian conditions. *Energy for Sustainable Development*, 456-470.
- Reddy, V., Kaushik, S., & Tyagi, S. (2012). Exergetic analysis and performance evaluation of parabolic trough concentrating solar thermal power plant (PTCSTPP). *Energy*, 258-273.
- Selekoğlu, M. (2012). <http://www.mahmutselekoglu.com.tr/gunes-enerjisinden-elektrik-uretimine-genel-bir-bakis-ve-bir-uyg.html> (Erişim Tarihi: 10.02.2019)
- SIC. <https://www.scienceimage.csiro.au/library/technology/i/3870/heliostat-mirror-field-at-the-national-solar-energy-centre-in-newcastle-nsw-/>, (Erişim Tarihi: 09.03.2019)
- Singh, N., Kaushik, S., & Misra, R. (2000). Exergetic analysis of a solar thermal power system. *Renewable Energy*, 135-143.
- Sohal, M. (2010). *Engineering Database of Liquid Salt Thermophysical and Thermochemical Properties*. Idaho National Laboratory.
- Şentürk Acar, M., Arslan, O. (2019). Energy and exergy analysis of solar energy-integrated, geothermal energy-powered Organic Rankine Cycle. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 137, 659-666.
- Tuğcu, A., Arslan, O., Köse, R., & Yamankaradeniz, N. (2016). Jeotermal Destekli Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik ve Ekonomik Analizi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi* 36, 143-159.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Varınca, K., & Gönüllü, M. (2006). *Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma.*, 270-275. Eskişehir.
- Villarrubia, G., De Paz, J.F., Chamoso, P., De la Prieta, F. (2018). Artificial neural networks used in optimization problems. *Neurocomputing*, 272, 10-16.
- Yang, F., Cho, H., Zhang H., Zhang, J., Wu, Y. (2018). Artificial neural network (ANN) based prediction and optimization of an Organic Rankine Cycle (ORC) for diesel engine waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 15, 15-26.
- YEGM. <https://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>, (Erişim Tarihi: 10.03.2019)
- Yılmaz, F. (2013). *Güneş Çanaklı Organik Rankine Çevriminin Isparta Şartlarında İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Yılmaz, M. (2012). *Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi*. 33-54. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, Ankara.
- Yoğunlu, A., Yüzeroğu, M., Hopoğlu, S., & Güravşar, G. (2013). *Dondurulmuş Meyve-Sebze Sektör Analizi ve Önfizibilitesi*. Malatya, Türkiye: Fırat Kalınma Ajansı.
- Yüksel, Y. (2018). Thermodynamic assessment of modified Organic Rankine Cycle integrated with parabolic trough collector for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 5832-5841.

EKLER

EK 1.1. Soğutucu akışkan R-134a kullanılan sistemin enerji verimi (%) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	2 MPa	100	18,76	18,05	17,37	16,66	15,91	15,12	14,01	14,58	15,44	16,19	16,94	17,65
		105	18,39	17,67	16,99	16,29	15,54	14,76	13,66	14,22	15,07	15,81	16,56	17,27
		110	18,11	17,39	16,72	16,02	15,28	14,51	13,44	13,98	14,82	15,55	16,29	16,99
		115	17,87	17,16	16,49	15,80	15,06	14,30	13,26	13,79	14,61	15,33	16,07	16,76
		120	17,68	16,98	16,32	15,63	14,91	14,17	13,14	13,66	14,46	15,18	15,90	16,59
	2,5 MPa	100	20,01	19,42	18,87	18,30	17,70	17,07	16,21	16,65	17,33	17,92	18,52	19,09
		105	19,65	19,05	18,48	17,90	17,29	16,65	15,78	16,22	16,91	17,52	18,13	18,71
		110	19,35	18,74	18,17	17,58	16,96	16,32	15,44	15,89	16,58	17,19	17,81	18,40
		115	19,10	18,48	17,91	17,32	16,70	16,06	15,18	15,62	16,31	16,93	17,55	18,14
		120	18,91	18,29	17,72	17,13	16,51	15,87	15,00	15,44	16,13	16,74	17,36	17,95
	3 MPa	100	20,34	19,84	19,38	18,90	18,41	17,90	17,21	17,56	18,11	18,60	19,09	19,56
		105	20,10	19,58	19,10	18,61	18,09	17,57	16,84	17,21	17,78	18,29	18,80	19,30
		110	19,87	19,34	18,84	18,34	17,80	17,26	16,52	16,90	17,48	18,00	18,53	19,04
		115	19,68	19,14	18,63	18,12	17,58	17,03	16,27	16,65	17,25	17,78	18,32	18,83
		120	19,52	18,97	18,46	17,94	17,39	16,84	16,08	16,46	17,06	17,59	18,14	18,66
395 $^{\circ}C$	2 MPa	100	18,76	18,05	17,37	16,66	15,91	15,12	14,01	14,58	15,44	16,19	16,94	17,65
		105	18,39	17,67	16,99	16,29	15,54	14,76	13,66	14,22	15,07	15,81	16,56	17,27
		110	18,11	17,39	16,72	16,02	15,28	14,51	13,44	13,98	14,82	15,55	16,29	16,99
		115	17,87	17,16	16,49	15,80	15,06	14,30	13,26	13,79	14,61	15,33	16,07	16,76
		120	17,68	16,98	16,32	15,63	14,91	14,17	13,14	13,66	14,46	15,18	15,90	16,59
	2,5 MPa	100	20,01	19,42	18,87	18,30	17,70	17,07	16,21	16,65	17,33	17,92	18,52	19,09
		105	19,65	19,05	18,48	17,90	17,29	16,65	15,78	16,22	16,91	17,52	18,13	18,71
		110	19,35	18,74	18,17	17,58	16,96	16,32	15,44	15,89	16,58	17,19	17,81	18,40
		115	19,10	18,48	17,91	17,32	16,70	16,06	15,18	15,62	16,31	16,93	17,55	18,14
		120	18,91	18,29	17,72	17,13	16,51	15,87	15,00	15,44	16,13	16,74	17,36	17,95
	3 MPa	100	20,34	19,84	19,38	18,90	18,41	17,90	17,21	17,56	18,11	18,60	19,09	19,56
		105	20,10	19,58	19,10	18,61	18,09	17,57	16,84	17,21	17,78	18,29	18,80	19,30
		110	19,87	19,34	18,84	18,34	17,80	17,26	16,52	16,90	17,48	18,00	18,53	19,04
		115	19,68	19,14	18,63	18,12	17,58	17,03	16,27	16,65	17,25	17,78	18,32	18,83
		120	19,52	18,97	18,46	17,94	17,39	16,84	16,08	16,46	17,06	17,59	18,14	18,66

EK 1.2. Soğutucu akışkan R-134a kullanılan sistemin ekserji verimi değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390°C	2 MPa	100	0,209	0,209	0,214	0,210	0,204	0,194	0,181	0,186	0,192	0,195	0,192	0,193
		105	0,205	0,205	0,209	0,205	0,199	0,190	0,176	0,181	0,188	0,191	0,187	0,188
		110	0,201	0,201	0,206	0,202	0,196	0,186	0,173	0,178	0,185	0,187	0,184	0,185
		115	0,199	0,199	0,203	0,199	0,193	0,184	0,171	0,176	0,182	0,185	0,182	0,183
		120	0,197	0,197	0,201	0,197	0,191	0,182	0,169	0,174	0,180	0,183	0,180	0,181
	2,5 MPa	100	0,223	0,225	0,233	0,231	0,227	0,219	0,209	0,212	0,216	0,216	0,209	0,208
		105	0,219	0,220	0,228	0,226	0,222	0,214	0,203	0,207	0,211	0,211	0,205	0,204
		110	0,215	0,217	0,224	0,222	0,217	0,210	0,199	0,203	0,207	0,207	0,201	0,201
		115	0,212	0,214	0,221	0,218	0,214	0,206	0,196	0,199	0,203	0,204	0,198	0,198
		120	0,210	0,212	0,218	0,216	0,212	0,204	0,193	0,197	0,201	0,202	0,196	0,196
	3 MPa	100	0,226	0,230	0,239	0,238	0,236	0,230	0,222	0,224	0,226	0,224	0,216	0,214
		105	0,224	0,227	0,235	0,235	0,232	0,226	0,217	0,220	0,221	0,220	0,213	0,211
		110	0,221	0,224	0,232	0,231	0,228	0,222	0,213	0,216	0,218	0,217	0,210	0,208
		115	0,219	0,221	0,230	0,228	0,225	0,219	0,210	0,213	0,215	0,214	0,207	0,206
		120	0,217	0,219	0,227	0,226	0,223	0,216	0,207	0,210	0,213	0,212	0,205	0,204
395°C	2 MPa	100	0,208	0,208	0,214	0,210	0,204	0,194	0,180	0,186	0,192	0,194	0,191	0,192
		105	0,204	0,204	0,209	0,205	0,199	0,189	0,176	0,181	0,187	0,190	0,187	0,188
		110	0,201	0,201	0,206	0,202	0,195	0,186	0,173	0,178	0,184	0,187	0,183	0,185
		115	0,198	0,198	0,203	0,199	0,193	0,184	0,171	0,176	0,182	0,184	0,181	0,182
		120	0,196	0,196	0,201	0,197	0,191	0,182	0,169	0,174	0,180	0,182	0,179	0,180
	2,5 MPa	100	0,222	0,224	0,232	0,230	0,226	0,219	0,209	0,212	0,215	0,215	0,209	0,207
		105	0,218	0,220	0,227	0,225	0,221	0,214	0,203	0,207	0,210	0,210	0,204	0,203
		110	0,214	0,216	0,223	0,221	0,217	0,209	0,199	0,202	0,206	0,206	0,201	0,200
		115	0,212	0,213	0,220	0,218	0,214	0,206	0,195	0,199	0,203	0,203	0,198	0,197
		120	0,209	0,211	0,218	0,216	0,211	0,204	0,193	0,197	0,200	0,201	0,195	0,195
	3 MPa	100	0,225	0,229	0,238	0,238	0,236	0,230	0,221	0,224	0,225	0,223	0,215	0,212
		105	0,223	0,226	0,235	0,234	0,231	0,225	0,217	0,219	0,221	0,220	0,212	0,210
		110	0,220	0,223	0,232	0,231	0,228	0,221	0,213	0,215	0,217	0,216	0,209	0,207
		115	0,218	0,221	0,229	0,228	0,225	0,218	0,209	0,212	0,214	0,214	0,206	0,205
		120	0,216	0,219	0,227	0,226	0,222	0,216	0,207	0,210	0,212	0,211	0,204	0,203

EK 1.3. Soğutucu akışkan R-134a kullanılan sistemin elektrik üretimi (MW) değerleri.

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390°C	2 MPa	100	4,23	4,99	7,53	8,91	10,15	9,81	9,18	8,53	7,07	5,64	4,00	3,53
		105	4,15	4,89	7,36	8,71	9,91	9,57	8,95	8,32	6,90	5,51	3,91	3,46
		110	4,08	4,81	7,24	8,56	9,75	9,41	8,80	8,18	6,78	5,42	3,85	3,40
		115	4,03	4,75	7,14	8,44	9,61	9,28	8,68	8,07	6,69	5,34	3,79	3,35
		120	3,99	4,70	7,07	8,36	9,51	9,19	8,60	7,99	6,62	5,29	3,75	3,32
	2,5 MPa	100	4,51	5,37	8,17	9,78	11,29	11,08	10,61	9,74	7,93	6,25	4,37	3,82
		105	4,43	5,27	8,01	9,57	11,03	10,81	10,33	9,49	7,74	6,10	4,28	3,75
		110	4,36	5,18	7,87	9,40	10,82	10,59	10,11	9,29	7,59	5,99	4,20	3,68
		115	4,30	5,11	7,76	9,26	10,65	10,42	9,94	9,14	7,47	5,90	4,14	3,63
		120	4,26	5,06	7,68	9,16	10,53	10,30	9,82	9,03	7,38	5,83	4,10	3,59
	3 MPa	100	4,59	5,49	8,40	10,10	11,75	11,62	11,27	10,27	8,29	6,48	4,51	3,92
		105	4,53	5,42	8,28	9,95	11,54	11,40	11,03	10,07	8,14	6,37	4,44	3,86
		110	4,48	5,35	8,16	9,80	11,36	11,20	10,82	9,88	8,00	6,27	4,37	3,81
		115	4,44	5,29	8,07	9,68	11,21	11,05	10,65	9,74	7,89	6,20	4,32	3,77
		120	4,40	5,25	8,00	9,59	11,10	10,92	10,53	9,63	7,81	6,13	4,28	3,74
395°C	2 MPa	100	4,21	4,97	7,51	8,89	10,14	9,80	9,16	8,51	7,05	5,63	3,98	3,51
		105	4,13	4,87	7,35	8,69	9,90	9,56	8,93	8,31	6,88	5,50	3,89	3,44
		110	4,06	4,79	7,23	8,55	9,73	9,40	8,78	8,17	6,77	5,40	3,83	3,38
		115	4,01	4,73	7,13	8,43	9,60	9,27	8,67	8,05	6,67	5,33	3,78	3,34
		120	3,97	4,68	7,05	8,34	9,50	9,18	8,59	7,98	6,61	5,27	3,74	3,30
	2,5 MPa	100	4,49	5,35	8,16	9,76	11,27	11,06	10,60	9,72	7,91	6,23	4,35	3,80
		105	4,41	5,25	7,99	9,55	11,01	10,79	10,31	9,47	7,72	6,09	4,26	3,73
		110	4,34	5,16	7,85	9,38	10,80	10,57	10,09	9,28	7,57	5,97	4,19	3,66
		115	4,29	5,09	7,74	9,24	10,64	10,40	9,92	9,12	7,45	5,88	4,12	3,61
		120	4,24	5,04	7,66	9,14	10,52	10,28	9,81	9,02	7,37	5,82	4,08	3,58
	3 MPa	100	4,57	5,47	8,38	10,09	11,73	11,60	11,25	10,25	8,27	6,46	4,49	3,90
		105	4,51	5,40	8,26	9,93	11,53	11,38	11,01	10,05	8,12	6,35	4,42	3,84
		110	4,46	5,33	8,14	9,78	11,34	11,18	10,80	9,87	7,98	6,26	4,36	3,79
		115	4,42	5,27	8,05	9,67	11,20	11,03	10,64	9,73	7,88	6,18	4,31	3,75
		120	4,38	5,23	7,98	9,57	11,08	10,91	10,51	9,61	7,79	6,11	4,26	3,72

EK 1.3. (Devam ediyor)

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
400°C	2 MPa	100	4,19	4,96	7,49	8,87	10,12	9,78	9,15	8,50	7,04	5,61	3,97	3,50
		105	4,11	4,85	7,33	8,67	9,88	9,55	8,92	8,29	6,87	5,48	3,88	3,42
		110	4,05	4,78	7,21	8,53	9,72	9,38	8,77	8,15	6,75	5,39	3,81	3,37
		115	3,99	4,71	7,11	8,41	9,58	9,25	8,65	8,04	6,66	5,31	3,76	3,32
		120	3,95	4,66	7,04	8,33	9,48	9,16	8,58	7,96	6,59	5,26	3,72	3,29
	2,5 MPa	100	4,47	5,33	8,14	9,75	11,26	11,05	10,58	9,71	7,90	6,21	4,34	3,78
		105	4,39	5,23	7,97	9,53	11,00	10,77	10,30	9,46	7,71	6,07	4,24	3,71
		110	4,32	5,15	7,83	9,36	10,79	10,56	10,08	9,26	7,55	5,96	4,17	3,65
		115	4,27	5,08	7,72	9,22	10,62	10,39	9,91	9,11	7,43	5,87	4,11	3,60
		120	4,22	5,02	7,64	9,12	10,50	10,27	9,79	9,00	7,35	5,80	4,06	3,56
	3 MPa	100	4,55	5,45	8,36	10,07	11,71	11,58	11,23	10,24	8,25	6,44	4,47	3,88
		105	4,49	5,38	8,24	9,91	11,51	11,36	10,99	10,03	8,10	6,34	4,40	3,82
		110	4,44	5,31	8,13	9,76	11,33	11,17	10,78	9,85	7,97	6,24	4,34	3,77
		115	4,40	5,25	8,04	9,65	11,18	11,01	10,62	9,71	7,86	6,16	4,29	3,73
		120	4,36	5,21	7,96	9,55	11,06	10,89	10,49	9,60	7,77	6,10	4,25	3,70
405°C	2 MPa	100	4,17	4,94	7,47	8,86	10,10	9,77	9,13	8,49	7,02	5,59	3,95	3,48
		105	4,09	4,84	7,31	8,66	9,87	9,53	8,91	8,28	6,85	5,46	3,86	3,41
		110	4,03	4,76	7,19	8,52	9,70	9,37	8,76	8,14	6,74	5,37	3,80	3,35
		115	3,98	4,70	7,10	8,40	9,57	9,24	8,64	8,03	6,64	5,30	3,74	3,31
		120	3,93	4,65	7,02	8,31	9,47	9,15	8,56	7,95	6,58	5,24	3,71	3,27
	2,5 MPa	100	4,45	5,31	8,12	9,73	11,24	11,03	10,56	9,69	7,88	6,19	4,32	3,77
		105	4,37	5,21	7,95	9,52	10,98	10,76	10,28	9,44	7,69	6,05	4,23	3,69
		110	4,30	5,13	7,82	9,34	10,77	10,54	10,06	9,25	7,54	5,94	4,15	3,63
		115	4,25	5,06	7,71	9,21	10,60	10,37	9,89	9,09	7,42	5,85	4,09	3,58
		120	4,21	5,01	7,62	9,11	10,48	10,25	9,78	8,99	7,33	5,78	4,05	3,54
	3 MPa	100	4,53	5,43	8,34	10,05	11,69	11,56	11,22	10,22	8,23	6,43	4,45	3,86
		105	4,47	5,36	8,22	9,89	11,49	11,35	10,98	10,02	8,09	6,32	4,38	3,81
		110	4,42	5,29	8,11	9,75	11,31	11,15	10,77	9,83	7,95	6,22	4,32	3,76
		115	4,38	5,24	8,02	9,63	11,16	11,00	10,61	9,69	7,84	6,14	4,27	3,71
		120	4,34	5,19	7,94	9,53	11,04	10,87	10,48	9,58	7,76	6,08	4,23	3,68
410°C	2 MPa	100	4,16	4,92	7,46	8,84	10,09	9,75	9,12	8,47	7,01	5,58	3,93	3,46
		105	4,07	4,82	7,30	8,64	9,85	9,52	8,89	8,26	6,84	5,45	3,84	3,39
		110	4,01	4,74	7,18	8,50	9,69	9,36	8,74	8,12	6,72	5,36	3,78	3,33
		115	3,96	4,68	7,08	8,38	9,55	9,23	8,63	8,01	6,63	5,28	3,73	3,29
		120	3,92	4,63	7,01	8,30	9,45	9,14	8,55	7,94	6,56	5,23	3,69	3,25
	2,5 MPa	100	4,43	5,30	8,10	9,71	11,22	11,01	10,55	9,67	7,86	6,18	4,30	3,75
		105	4,35	5,19	7,94	9,50	10,96	10,74	10,27	9,43	7,67	6,04	4,21	3,67
		110	4,29	5,11	7,80	9,33	10,75	10,52	10,05	9,23	7,52	5,92	4,13	3,61
		115	4,23	5,04	7,69	9,19	10,59	10,36	9,88	9,08	7,40	5,83	4,07	3,56
		120	4,19	4,99	7,61	9,09	10,47	10,24	9,76	8,97	7,32	5,77	4,03	3,52
	3 MPa	100	4,51	5,41	8,32	10,03	11,67	11,55	11,20	10,20	8,22	6,41	4,43	3,84
		105	4,45	5,34	8,20	9,87	11,47	11,33	10,96	10,00	8,07	6,30	4,36	3,79
		110	4,40	5,27	8,09	9,73	11,29	11,13	10,75	9,82	7,93	6,20	4,30	3,74
		115	4,36	5,22	8,00	9,61	11,15	10,98	10,59	9,68	7,83	6,13	4,25	3,70
		120	4,32	5,17	7,92	9,52	11,03	10,86	10,46	9,56	7,74	6,06	4,21	3,66

EK 1.4. Soğutucu akışkan R-141b kullanılan sistemin enerji verimi (%) değerleri.

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390°C	0,7 MPa	140	24,60	24,34	23,82	23,57	22,86	22,22	21,82	22,01	22,43	23,09	23,57	24,07
		145	24,15	23,88	23,36	23,10	22,39	21,74	21,34	21,53	21,95	22,62	23,10	23,62
		150	23,76	23,49	22,96	22,70	21,99	21,33	20,93	21,12	21,54	22,22	22,70	23,22
		155	23,41	23,14	22,60	22,35	21,63	20,98	20,57	20,76	21,19	21,87	22,35	22,87
		160	23,10	22,83	22,29	22,04	21,32	20,66	20,25	20,45	20,87	21,55	22,04	22,56
	1 MPa	140	26,48	26,49	26,08	25,89	25,34	24,85	24,55	24,69	25,01	25,52	25,89	26,28
		145	25,98	25,97	25,54	25,34	24,77	24,27	23,95	24,10	24,43	24,96	25,34	25,75
		150	25,55	25,52	25,08	24,88	24,29	23,77	23,45	23,60	23,94	24,49	24,88	25,30
		155	25,15	25,11	24,66	24,45	23,86	23,33	23,00	23,15	23,50	24,05	24,45	24,88
		160	24,80	24,74	24,29	24,08	23,48	22,94	22,60	22,76	23,11	23,67	24,08	24,51
	1,3 MPa	140	27,64	27,66	27,32	27,16	26,72	26,34	26,10	26,21	26,46	26,87	27,16	27,48
		145	27,13	27,13	26,78	26,61	26,15	25,73	25,48	25,60	25,87	26,30	26,61	26,95
		150	26,68	26,66	26,29	26,12	25,63	25,20	24,93	25,06	25,33	25,79	26,12	26,47
		155	26,27	26,24	25,85	25,68	25,17	24,72	24,45	24,58	24,87	25,34	25,68	26,04
		160	25,91	25,86	25,47	25,29	24,77	24,31	24,03	24,16	24,46	24,94	25,29	25,66
395°C	0,7 MPa	140	24,60	24,34	23,82	23,57	22,86	22,22	21,82	22,01	22,43	23,09	23,57	24,07
		145	24,15	23,88	23,36	23,10	22,39	21,74	21,34	21,53	21,95	22,62	23,10	23,62
		150	23,76	23,49	22,96	22,70	21,99	21,33	20,93	21,12	21,54	22,22	22,70	23,22
		155	23,41	23,14	22,60	22,35	21,63	20,98	20,57	20,76	21,19	21,87	22,35	22,87
		160	23,10	22,83	22,29	22,04	21,32	20,66	20,25	20,45	20,87	21,55	22,04	22,56
	1 MPa	140	26,48	26,49	26,08	25,89	25,34	24,85	24,55	24,69	25,01	25,52	25,89	26,28
		145	25,98	25,97	25,54	25,34	24,77	24,27	23,95	24,10	24,43	24,96	25,34	25,75
		150	25,55	25,52	25,08	24,88	24,29	23,77	23,45	23,60	23,94	24,49	24,88	25,30
		155	25,15	25,11	24,66	24,45	23,86	23,33	23,00	23,15	23,50	24,05	24,45	24,88
		160	24,80	24,74	24,29	24,08	23,48	22,94	22,60	22,76	23,11	23,67	24,08	24,51
	1,3 MPa	140	27,64	27,66	27,32	27,16	26,72	26,34	26,10	26,21	26,46	26,87	27,16	27,48
		145	27,13	27,13	26,78	26,61	26,15	25,73	25,48	25,60	25,87	26,30	26,61	26,95
		150	26,68	26,66	26,29	26,12	25,63	25,20	24,93	25,06	25,33	25,79	26,12	26,47
		155	26,27	26,24	25,85	25,68	25,17	24,72	24,45	24,58	24,87	25,34	25,68	26,04
		160	25,91	25,86	25,47	25,29	24,77	24,31	24,03	24,16	24,46	24,94	25,29	25,66

EK 1.5. Soğutucu akışkan R-141b kullanılan sistemin ekserji verimi değerleri.

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	0,7 Mpa	140	0,274	0,282	0,293	0,297	0,293	0,286	0,281	0,281	0,279	0,278	0,267	0,263
		145	0,269	0,276	0,288	0,291	0,287	0,279	0,275	0,275	0,273	0,273	0,261	0,258
		150	0,264	0,272	0,283	0,286	0,282	0,274	0,270	0,270	0,268	0,268	0,257	0,253
		155	0,261	0,268	0,279	0,282	0,277	0,270	0,265	0,265	0,264	0,263	0,253	0,250
		160	0,257	0,264	0,275	0,278	0,273	0,265	0,261	0,261	0,260	0,260	0,249	0,246
	1 Mpa	140	0,295	0,307	0,321	0,326	0,325	0,319	0,316	0,315	0,312	0,307	0,293	0,287
		145	0,289	0,301	0,315	0,319	0,317	0,312	0,309	0,308	0,304	0,301	0,287	0,281
		150	0,284	0,295	0,309	0,314	0,311	0,305	0,302	0,301	0,298	0,295	0,281	0,276
		155	0,280	0,291	0,304	0,308	0,306	0,300	0,296	0,295	0,293	0,290	0,277	0,272
		160	0,276	0,286	0,299	0,304	0,301	0,295	0,291	0,290	0,288	0,285	0,272	0,268
	1,3 Mpa	140	0,308	0,320	0,337	0,342	0,342	0,338	0,336	0,334	0,330	0,324	0,307	0,300
		145	0,302	0,314	0,330	0,335	0,335	0,331	0,328	0,327	0,322	0,317	0,301	0,294
		150	0,297	0,309	0,324	0,329	0,328	0,324	0,321	0,320	0,316	0,311	0,295	0,289
		155	0,292	0,304	0,319	0,324	0,323	0,318	0,315	0,314	0,310	0,305	0,290	0,284
		160	0,288	0,299	0,314	0,319	0,317	0,312	0,310	0,308	0,305	0,300	0,286	0,280
395 $^{\circ}C$	0,7 Mpa	140	0,273	0,281	0,293	0,297	0,293	0,285	0,281	0,280	0,279	0,277	0,265	0,261
		145	0,268	0,275	0,287	0,291	0,286	0,279	0,275	0,274	0,273	0,272	0,260	0,257
		150	0,263	0,271	0,282	0,286	0,281	0,274	0,269	0,269	0,268	0,267	0,256	0,252
		155	0,259	0,267	0,278	0,281	0,277	0,269	0,265	0,265	0,263	0,263	0,252	0,248
		160	0,256	0,263	0,274	0,277	0,273	0,265	0,261	0,261	0,259	0,259	0,248	0,245
	1 Mpa	140	0,293	0,306	0,321	0,326	0,324	0,319	0,316	0,315	0,311	0,307	0,292	0,286
		145	0,288	0,299	0,314	0,319	0,317	0,311	0,308	0,307	0,304	0,300	0,285	0,280
		150	0,283	0,294	0,308	0,313	0,311	0,305	0,302	0,301	0,298	0,294	0,280	0,275
		155	0,279	0,290	0,303	0,308	0,305	0,299	0,296	0,295	0,292	0,289	0,275	0,270
		160	0,275	0,285	0,299	0,303	0,300	0,294	0,291	0,290	0,287	0,284	0,271	0,266
	1,3 Mpa	140	0,306	0,319	0,336	0,342	0,342	0,338	0,336	0,334	0,329	0,323	0,306	0,299
		145	0,301	0,313	0,329	0,335	0,334	0,330	0,328	0,326	0,322	0,316	0,300	0,293
		150	0,296	0,307	0,323	0,329	0,328	0,323	0,321	0,319	0,315	0,310	0,294	0,288
		155	0,291	0,303	0,318	0,323	0,322	0,317	0,315	0,313	0,309	0,304	0,289	0,283
		160	0,287	0,298	0,313	0,318	0,317	0,312	0,309	0,308	0,304	0,300	0,285	0,279

EK 1.6. Soğutucu akışkan R-141b kullanılan sistemin elektrik üretimi (MW) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12,00	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	31,00	29,00	26,00	23,00	20,00	17,00
390 $^{\circ}C$	0,7 Mpa	140	5,55	6,73	10,32	12,60	14,59	14,42	14,29	12,87	10,27	8,05	5,56	4,82
		145	5,44	6,61	10,12	12,35	14,29	14,11	13,97	12,59	10,05	7,89	5,45	4,73
		150	5,36	6,50	9,95	12,14	14,03	13,84	13,70	12,35	9,86	7,74	5,36	4,65
		155	5,28	6,40	9,79	11,95	13,80	13,61	13,47	12,14	9,70	7,62	5,28	4,58
		160	5,21	6,31	9,66	11,78	13,60	13,41	13,26	11,96	9,55	7,51	5,20	4,51
	1 Mpa	140	5,97	7,33	11,30	13,84	16,17	16,13	16,07	14,44	11,45	8,89	6,11	5,26
		145	5,86	7,18	11,07	13,55	15,81	15,75	15,68	14,10	11,18	8,70	5,98	5,15
		150	5,76	7,06	10,87	13,30	15,50	15,43	15,35	13,81	10,96	8,53	5,87	5,06
		155	5,67	6,94	10,68	13,07	15,22	15,14	15,06	13,54	10,75	8,38	5,77	4,98
		160	5,59	6,84	10,52	12,87	14,98	14,88	14,80	13,31	10,58	8,25	5,68	4,91
	1,3 Mpa	140	6,23	7,65	11,84	14,52	17,05	17,09	17,09	15,33	12,11	9,36	6,41	5,50
		145	6,12	7,50	11,60	14,23	16,68	16,70	16,69	14,97	11,84	9,17	6,28	5,39
		150	6,01	7,37	11,39	13,96	16,35	16,35	16,32	14,66	11,60	8,99	6,16	5,30
		155	5,92	7,26	11,20	13,72	16,06	16,04	16,01	14,38	11,38	8,83	6,06	5,21
		160	5,84	7,15	11,04	13,52	15,81	15,77	15,73	14,13	11,19	8,69	5,97	5,14
395 $^{\circ}C$	0,7 Mpa	140	5,52	6,71	10,29	12,58	14,57	14,40	14,26	12,85	10,24	8,03	5,54	4,79
		145	5,42	6,58	10,10	12,33	14,26	14,09	13,95	12,57	10,03	7,86	5,43	4,70
		150	5,33	6,47	9,92	12,11	14,01	13,82	13,68	12,33	9,84	7,72	5,34	4,62
		155	5,25	6,38	9,77	11,93	13,78	13,59	13,45	12,12	9,68	7,60	5,25	4,55
		160	5,18	6,29	9,64	11,76	13,58	13,39	13,24	11,94	9,53	7,49	5,18	4,49
	1 Mpa	140	5,94	7,30	11,27	13,81	16,14	16,10	16,05	14,42	11,42	8,87	6,09	5,24
		145	5,83	7,16	11,04	13,52	15,78	15,72	15,66	14,07	11,16	8,67	5,96	5,13
		150	5,73	7,03	10,84	13,27	15,48	15,40	15,33	13,78	10,93	8,51	5,85	5,04
		155	5,64	6,92	10,66	13,05	15,20	15,11	15,03	13,52	10,73	8,36	5,75	4,96
		160	5,57	6,82	10,50	12,85	14,96	14,86	14,78	13,29	10,56	8,23	5,66	4,88
	1,3 Mpa	140	6,20	7,62	11,81	14,49	17,02	17,06	17,06	15,31	12,08	9,34	6,39	5,47
		145	6,09	7,48	11,57	14,20	16,66	16,67	16,66	14,95	11,81	9,14	6,26	5,37
		150	5,99	7,35	11,36	13,93	16,33	16,32	16,30	14,63	11,57	8,96	6,14	5,27
		155	5,90	7,23	11,18	13,70	16,04	16,02	15,98	14,35	11,36	8,80	6,04	5,19
		160	5,82	7,13	11,01	13,49	15,78	15,75	15,71	14,11	11,17	8,67	5,94	5,11

EK 1.6. (Devam ediyor)

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12,00	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	31,00	29,00	26,00	23,00	20,00	17,00
400°C	0,7 Mpa	140	5,50	6,68	10,27	12,55	14,54	14,37	14,24	12,83	10,22	8,00	5,52	4,77
		145	5,40	6,56	10,07	12,30	14,24	14,06	13,93	12,55	10,00	7,84	5,41	4,68
		150	5,31	6,45	9,90	12,09	13,99	13,80	13,66	12,31	9,82	7,70	5,31	4,60
		155	5,23	6,35	9,75	11,90	13,76	13,57	13,43	12,10	9,66	7,58	5,23	4,53
		160	5,16	6,27	9,61	11,74	13,56	13,37	13,22	11,92	9,51	7,47	5,16	4,47
	1 Mpa	140	5,92	7,28	11,25	13,79	16,12	16,08	16,03	14,39	11,40	8,84	6,06	5,21
		145	5,81	7,13	11,02	13,50	15,76	15,70	15,64	14,05	11,13	8,65	5,93	5,10
		150	5,71	7,01	10,82	13,25	15,45	15,38	15,31	13,76	10,91	8,49	5,82	5,01
		155	5,62	6,89	10,64	13,02	15,18	15,09	15,01	13,50	10,71	8,34	5,72	4,93
		160	5,54	6,79	10,48	12,82	14,93	14,84	14,75	13,27	10,53	8,20	5,64	4,86
	1,3 Mpa	140	6,18	7,59	11,78	14,47	17,00	17,04	17,04	15,28	12,06	9,31	6,36	5,45
		145	6,06	7,45	11,55	14,17	16,63	16,65	16,64	14,92	11,79	9,11	6,23	5,34
		150	5,96	7,32	11,34	13,91	16,30	16,30	16,28	14,61	11,55	8,94	6,11	5,25
		155	5,87	7,20	11,15	13,67	16,01	15,99	15,96	14,33	11,33	8,78	6,01	5,16
		160	5,79	7,10	10,99	13,47	15,76	15,73	15,68	14,09	11,15	8,64	5,92	5,09
405°C	0,7 Mpa	140	5,47	6,66	10,25	12,53	14,52	14,35	14,22	12,81	10,20	7,98	5,49	4,75
		145	5,37	6,54	10,05	12,28	14,22	14,04	13,91	12,53	9,98	7,82	5,39	4,66
		150	5,29	6,43	9,88	12,07	13,96	13,78	13,64	12,29	9,80	7,68	5,29	4,58
		155	5,21	6,33	9,73	11,88	13,74	13,55	13,41	12,08	9,63	7,56	5,21	4,51
		160	5,14	6,25	9,59	11,71	13,54	13,35	13,20	11,90	9,49	7,45	5,14	4,45
	1 Mpa	140	5,89	7,25	11,22	13,76	16,09	16,05	16,00	14,37	11,37	8,82	6,03	5,18
		145	5,78	7,11	10,99	13,47	15,74	15,68	15,61	14,03	11,11	8,63	5,91	5,08
		150	5,68	6,98	10,79	13,22	15,43	15,36	15,29	13,74	10,89	8,46	5,80	4,99
		155	5,59	6,87	10,61	13,00	15,15	15,07	14,99	13,47	10,69	8,31	5,70	4,91
		160	5,52	6,77	10,45	12,80	14,91	14,82	14,73	13,25	10,51	8,18	5,61	4,83
	1,3 Mpa	140	6,15	7,57	11,76	14,44	16,97	17,01	17,01	15,25	12,03	9,28	6,33	5,42
		145	6,04	7,42	11,52	14,15	16,61	16,62	16,61	14,90	11,76	9,09	6,20	5,32
		150	5,94	7,29	11,31	13,88	16,28	16,28	16,25	14,58	11,52	8,91	6,09	5,22
		155	5,84	7,18	11,12	13,65	15,99	15,97	15,94	14,30	11,31	8,76	5,99	5,14
		160	5,76	7,08	10,96	13,44	15,73	15,70	15,66	14,06	11,12	8,62	5,89	5,06
410°C	0,7 Mpa	140	5,45	6,64	10,22	12,51	14,50	14,33	14,20	12,79	10,18	7,96	5,47	4,72
		145	5,35	6,51	10,03	12,26	14,20	14,02	13,89	12,51	9,96	7,80	5,36	4,63
		150	5,26	6,40	9,86	12,05	13,94	13,76	13,62	12,27	9,78	7,66	5,27	4,56
		155	5,19	6,31	9,70	11,86	13,72	13,53	13,39	12,06	9,61	7,53	5,19	4,49
		160	5,12	6,22	9,57	11,69	13,52	13,33	13,18	11,88	9,47	7,43	5,12	4,43
	1 Mpa	140	5,87	7,22	11,20	13,74	16,07	16,03	15,98	14,35	11,35	8,79	6,01	5,16
		145	5,75	7,08	10,97	13,45	15,71	15,65	15,59	14,00	11,09	8,60	5,88	5,05
		150	5,66	6,96	10,77	13,20	15,41	15,33	15,26	13,71	10,86	8,44	5,77	4,96
		155	5,57	6,85	10,59	12,97	15,13	15,04	14,97	13,45	10,66	8,29	5,68	4,88
		160	5,49	6,75	10,43	12,78	14,89	14,79	14,71	13,22	10,49	8,16	5,59	4,81
	1,3 Mpa	140	6,12	7,54	11,73	14,41	16,95	16,99	16,99	15,23	12,01	9,26	6,31	5,39
		145	6,01	7,40	11,50	14,12	16,58	16,60	16,59	14,87	11,74	9,06	6,18	5,29
		150	5,91	7,27	11,29	13,86	16,25	16,25	16,23	14,56	11,50	8,89	6,06	5,19
		155	5,82	7,15	11,10	13,62	15,96	15,95	15,91	14,28	11,28	8,73	5,96	5,11
		160	5,74	7,05	10,94	13,42	15,71	15,68	15,64	14,04	11,10	8,59	5,87	5,04

EK 1.7. Soğutucu akışkan R-600a kullanılan sistemin enerji verimi (%) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	2 MPa	140	35,59	35,08	34,35	33,53	32,74	31,90	30,77	31,38	32,20	32,96	33,87	34,59
		145	35,47	34,96	34,21	33,39	32,60	31,75	30,62	31,23	32,05	32,82	33,73	34,46
		150	35,39	34,88	34,13	33,31	32,51	31,66	30,53	31,14	31,97	32,73	33,65	34,37
		155	35,35	34,83	34,09	33,26	32,47	31,62	30,48	31,09	31,92	32,69	33,60	34,33
		160	35,36	34,84	34,09	33,27	32,48	31,63	30,50	31,11	31,93	32,69	33,61	34,34
	2,5 MPa	140	36,28	35,83	35,17	34,45	33,76	33,03	32,05	32,58	33,29	33,95	34,75	35,39
		145	36,23	35,77	35,10	34,38	33,68	32,93	31,94	32,47	33,19	33,87	34,68	35,32
		150	36,21	35,74	35,07	34,34	33,63	32,88	31,87	32,41	33,14	33,82	34,64	35,29
		155	36,21	35,74	35,07	34,32	33,61	32,85	31,84	32,39	33,12	33,81	34,63	35,29
		160	36,25	35,78	35,10	34,35	33,64	32,87	31,86	32,41	33,15	33,83	34,66	35,32
	3 MPa	140	35,83	35,42	34,82	34,17	33,55	32,89	32,01	32,48	33,12	33,72	34,44	35,02
		145	35,98	35,56	34,95	34,29	33,65	32,98	32,08	32,56	33,22	33,83	34,56	35,15
		150	36,12	35,70	35,08	34,40	33,76	33,07	32,16	32,65	33,32	33,94	34,68	35,28
		155	36,25	35,82	35,20	34,51	33,86	33,16	32,25	32,74	33,41	34,04	34,79	35,40
		160	36,39	35,95	35,32	34,63	33,97	33,27	32,34	32,84	33,52	34,15	34,92	35,53
395 $^{\circ}C$	2 MPa	140	35,59	35,08	34,35	33,53	32,74	31,90	30,77	31,38	32,20	32,96	33,87	34,59
		145	35,47	34,96	34,21	33,39	32,60	31,75	30,62	31,23	32,05	32,82	33,73	34,46
		150	35,39	34,88	34,13	33,31	32,51	31,66	30,53	31,14	31,97	32,73	33,65	34,37
		155	35,35	34,83	34,09	33,26	32,47	31,62	30,48	31,09	31,92	32,69	33,60	34,33
		160	35,36	34,84	34,09	33,27	32,48	31,63	30,50	31,11	31,93	32,69	33,61	34,34
	2,5 MPa	140	36,28	35,83	35,17	34,45	33,76	33,03	32,05	32,58	33,29	33,95	34,75	35,39
		145	36,23	35,77	35,10	34,38	33,68	32,93	31,94	32,47	33,19	33,87	34,68	35,32
		150	36,21	35,74	35,07	34,34	33,63	32,88	31,87	32,41	33,14	33,82	34,64	35,29
		155	36,21	35,74	35,07	34,32	33,61	32,85	31,84	32,39	33,12	33,81	34,63	35,29
		160	36,25	35,78	35,10	34,35	33,64	32,87	31,86	32,41	33,15	33,83	34,66	35,32
	3 MPa	140	35,83	35,42	34,82	34,17	33,55	32,89	32,01	32,48	33,12	33,72	34,44	35,02
		145	35,98	35,56	34,95	34,29	33,65	32,98	32,08	32,56	33,22	33,83	34,56	35,15
		150	36,12	35,70	35,08	34,40	33,76	33,07	32,16	32,65	33,32	33,94	34,68	35,28
		155	36,25	35,82	35,20	34,51	33,86	33,16	32,25	32,74	33,41	34,04	34,79	35,40
		160	36,39	35,95	35,32	34,63	33,97	33,27	32,34	32,84	33,52	34,15	34,92	35,53

EK 1.7. (Devam ediyor)

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
400°C	2 MPa	140	35,59	35,08	34,35	33,53	32,74	31,90	30,77	31,38	32,20	32,96	33,87	34,59
		145	35,47	34,96	34,21	33,39	32,60	31,75	30,62	31,23	32,05	32,82	33,73	34,46
		150	35,39	34,88	34,13	33,31	32,51	31,66	30,53	31,14	31,97	32,73	33,65	34,37
		155	35,35	34,83	34,09	33,26	32,47	31,62	30,48	31,09	31,92	32,69	33,60	34,33
		160	35,36	34,84	34,09	33,27	32,48	31,63	30,50	31,11	31,93	32,69	33,61	34,34
	2,5 MPa	140	36,28	35,83	35,17	34,45	33,76	33,03	32,05	32,58	33,29	33,95	34,75	35,39
		145	36,23	35,77	35,10	34,38	33,68	32,93	31,94	32,47	33,19	33,87	34,68	35,32
		150	36,21	35,74	35,07	34,34	33,63	32,88	31,87	32,41	33,14	33,82	34,64	35,29
		155	36,21	35,74	35,07	34,32	33,61	32,85	31,84	32,39	33,12	33,81	34,63	35,29
		160	36,25	35,78	35,10	34,35	33,64	32,87	31,86	32,41	33,15	33,83	34,66	35,32
	3 MPa	140	35,83	35,42	34,82	34,17	33,55	32,89	32,01	32,48	33,12	33,72	34,44	35,02
		145	35,98	35,56	34,95	34,29	33,65	32,98	32,08	32,56	33,22	33,83	34,56	35,15
		150	36,12	35,70	35,08	34,40	33,76	33,07	32,16	32,65	33,32	33,94	34,68	35,28
		155	36,25	35,82	35,20	34,51	33,86	33,16	32,25	32,74	33,41	34,04	34,79	35,40
		160	36,39	35,95	35,32	34,63	33,97	33,27	32,34	32,84	33,52	34,15	34,92	35,53
405°C	2 MPa	140	35,59	35,08	34,35	33,53	32,74	31,90	30,77	31,38	32,20	32,96	33,87	34,59
		145	35,47	34,96	34,21	33,39	32,60	31,75	30,62	31,23	32,05	32,82	33,73	34,46
		150	35,39	34,88	34,13	33,31	32,51	31,66	30,53	31,14	31,97	32,73	33,65	34,37
		155	35,35	34,83	34,09	33,26	32,47	31,62	30,48	31,09	31,92	32,69	33,60	34,33
		160	35,36	34,84	34,09	33,27	32,48	31,63	30,50	31,11	31,93	32,69	33,61	34,34
	2,5 MPa	140	36,28	35,83	35,17	34,45	33,76	33,03	32,05	32,58	33,29	33,95	34,75	35,39
		145	36,23	35,77	35,10	34,38	33,68	32,93	31,94	32,47	33,19	33,87	34,68	35,32
		150	36,21	35,74	35,07	34,34	33,63	32,88	31,87	32,41	33,14	33,82	34,64	35,29
		155	36,21	35,74	35,07	34,32	33,61	32,85	31,84	32,39	33,12	33,81	34,63	35,29
		160	36,25	35,78	35,10	34,35	33,64	32,87	31,86	32,41	33,15	33,83	34,66	35,32
	3 MPa	140	35,83	35,42	34,82	34,17	33,55	32,89	32,01	32,48	33,12	33,72	34,44	35,02
		145	35,98	35,56	34,95	34,29	33,65	32,98	32,08	32,56	33,22	33,83	34,56	35,15
		150	36,12	35,70	35,08	34,40	33,76	33,07	32,16	32,65	33,32	33,94	34,68	35,28
		155	36,25	35,82	35,20	34,51	33,86	33,16	32,25	32,74	33,41	34,04	34,79	35,40
		160	36,39	35,95	35,32	34,63	33,97	33,27	32,34	32,84	33,52	34,15	34,92	35,53
410°C	2 MPa	140	35,59	35,08	34,35	33,53	32,74	31,90	30,77	31,38	32,20	32,96	33,87	34,59
		145	35,47	34,96	34,21	33,39	32,60	31,75	30,62	31,23	32,05	32,82	33,73	34,46
		150	35,39	34,88	34,13	33,31	32,51	31,66	30,53	31,14	31,97	32,73	33,65	34,37
		155	35,35	34,83	34,09	33,26	32,47	31,62	30,48	31,09	31,92	32,69	33,60	34,33
		160	35,36	34,84	34,09	33,27	32,48	31,63	30,50	31,11	31,93	32,69	33,61	34,34
	2,5 MPa	140	36,28	35,83	35,17	34,45	33,76	33,03	32,05	32,58	33,29	33,95	34,75	35,39
		145	36,23	35,77	35,10	34,38	33,68	32,93	31,94	32,47	33,19	33,87	34,68	35,32
		150	36,21	35,74	35,07	34,34	33,63	32,88	31,87	32,41	33,14	33,82	34,64	35,29
		155	36,21	35,74	35,07	34,32	33,61	32,85	31,84	32,39	33,12	33,81	34,63	35,29
		160	36,25	35,78	35,10	34,35	33,64	32,87	31,86	32,41	33,15	33,83	34,66	35,32
	3 MPa	140	35,83	35,42	34,82	34,17	33,55	32,89	32,01	32,48	33,12	33,72	34,44	35,02
		145	35,98	35,56	34,95	34,29	33,65	32,98	32,08	32,56	33,22	33,83	34,56	35,15
		150	36,12	35,70	35,08	34,40	33,76	33,07	32,16	32,65	33,32	33,94	34,68	35,28
		155	36,25	35,82	35,20	34,51	33,86	33,16	32,25	32,74	33,41	34,04	34,79	35,40
		160	36,39	35,95	35,32	34,63	33,97	33,27	32,34	32,84	33,52	34,15	34,92	35,53

EK 1.8. Soğutucu akışkan R-600a kullanılan sistemin ekserji verimi değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	2 MPa	140	0,396	0,406	0,423	0,423	0,420	0,410	0,396	0,400	0,401	0,397	0,383	0,378
		145	0,395	0,405	0,422	0,421	0,418	0,408	0,395	0,399	0,399	0,395	0,381	0,376
		150	0,394	0,404	0,421	0,420	0,417	0,407	0,393	0,397	0,398	0,394	0,381	0,375
		155	0,393	0,403	0,420	0,419	0,416	0,406	0,393	0,397	0,398	0,394	0,380	0,375
		160	0,393	0,403	0,420	0,419	0,416	0,406	0,393	0,397	0,398	0,394	0,380	0,375
	2,5 MPa	140	0,404	0,415	0,433	0,434	0,433	0,424	0,413	0,416	0,415	0,409	0,393	0,386
		145	0,403	0,414	0,433	0,433	0,432	0,423	0,412	0,414	0,414	0,408	0,392	0,386
		150	0,403	0,414	0,432	0,433	0,431	0,422	0,411	0,414	0,413	0,407	0,392	0,385
		155	0,403	0,414	0,432	0,433	0,431	0,422	0,410	0,413	0,413	0,407	0,392	0,385
		160	0,403	0,414	0,433	0,433	0,431	0,422	0,411	0,414	0,413	0,408	0,392	0,386
	3 MPa	140	0,399	0,410	0,429	0,431	0,430	0,423	0,413	0,415	0,413	0,406	0,389	0,382
		145	0,400	0,412	0,431	0,432	0,431	0,424	0,413	0,416	0,414	0,407	0,391	0,384
		150	0,402	0,413	0,432	0,434	0,433	0,425	0,414	0,417	0,415	0,409	0,392	0,385
		155	0,403	0,415	0,434	0,435	0,434	0,426	0,415	0,418	0,416	0,410	0,393	0,386
		160	0,405	0,416	0,435	0,437	0,435	0,428	0,417	0,419	0,418	0,411	0,395	0,388
395 $^{\circ}C$	2 MPa	140	0,394	0,405	0,422	0,422	0,419	0,409	0,396	0,400	0,400	0,396	0,381	0,376
		145	0,393	0,403	0,421	0,420	0,417	0,407	0,394	0,398	0,398	0,394	0,380	0,374
		150	0,392	0,402	0,420	0,419	0,416	0,406	0,393	0,397	0,397	0,393	0,379	0,373
		155	0,392	0,402	0,419	0,419	0,415	0,406	0,392	0,396	0,397	0,393	0,378	0,373
		160	0,392	0,402	0,419	0,419	0,415	0,406	0,392	0,396	0,397	0,393	0,379	0,373
	2,5 MPa	140	0,402	0,413	0,432	0,434	0,432	0,424	0,412	0,415	0,414	0,408	0,391	0,384
		145	0,401	0,412	0,432	0,433	0,431	0,422	0,411	0,414	0,413	0,407	0,391	0,384
		150	0,401	0,412	0,431	0,432	0,430	0,422	0,410	0,413	0,412	0,406	0,390	0,383
		155	0,401	0,412	0,431	0,432	0,430	0,422	0,410	0,413	0,412	0,406	0,390	0,383
		160	0,402	0,413	0,432	0,432	0,430	0,422	0,410	0,413	0,412	0,406	0,390	0,384
	3 MPa	140	0,397	0,408	0,428	0,430	0,429	0,422	0,412	0,414	0,412	0,405	0,388	0,380
		145	0,399	0,410	0,430	0,431	0,431	0,423	0,413	0,415	0,413	0,406	0,389	0,382
		150	0,400	0,412	0,431	0,433	0,432	0,424	0,414	0,416	0,414	0,408	0,391	0,383
		155	0,402	0,413	0,433	0,434	0,433	0,426	0,415	0,417	0,415	0,409	0,392	0,385
		160	0,403	0,415	0,434	0,436	0,435	0,427	0,416	0,418	0,417	0,410	0,393	0,386

EK 1.9. Soğutucu akışkan R-600a kullanılan sistemin elektrik üretimi (MW) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390°C	2 MPa	140	8,02	9,70	14,88	17,92	20,89	20,70	20,15	18,35	14,74	11,49	7,99	6,92
		145	8,00	9,67	14,82	17,85	20,80	20,60	20,05	18,27	14,67	11,44	7,96	6,90
		150	7,98	9,65	14,79	17,80	20,75	20,55	19,99	18,21	14,63	11,41	7,94	6,88
		155	7,97	9,63	14,77	17,78	20,72	20,52	19,96	18,19	14,61	11,39	7,93	6,87
		160	7,97	9,64	14,77	17,78	20,72	20,52	19,97	18,19	14,62	11,39	7,93	6,87
	2,5 MPa	140	8,18	9,91	15,24	18,42	21,54	21,43	20,98	19,05	15,24	11,83	8,20	7,08
		145	8,17	9,89	15,21	18,38	21,49	21,37	20,91	18,99	15,19	11,80	8,19	7,07
		150	8,16	9,89	15,20	18,35	21,46	21,33	20,87	18,96	15,17	11,79	8,18	7,06
		155	8,16	9,89	15,19	18,35	21,45	21,32	20,85	18,94	15,16	11,78	8,17	7,06
		160	8,17	9,90	15,21	18,36	21,46	21,33	20,86	18,95	15,17	11,79	8,18	7,07
	3 MPa	140	8,08	9,80	15,09	18,27	21,41	21,34	20,96	19,00	15,16	11,75	8,13	7,01
		145	8,11	9,84	15,14	18,33	21,47	21,40	21,00	19,05	15,20	11,79	8,16	7,04
		150	8,14	9,87	15,20	18,39	21,54	21,46	21,06	19,10	15,25	11,83	8,19	7,06
		155	8,17	9,91	15,25	18,45	21,60	21,52	21,11	19,15	15,29	11,86	8,21	7,09
		160	8,20	9,94	15,30	18,51	21,68	21,59	21,18	19,21	15,34	11,90	8,24	7,11
395°C	2 MPa	140	7,99	9,67	14,85	17,89	20,86	20,67	20,12	18,32	14,71	11,45	7,96	6,89
		145	7,96	9,63	14,79	17,82	20,77	20,57	20,02	18,24	14,64	11,40	7,93	6,86
		150	7,94	9,61	14,75	17,77	20,71	20,51	19,96	18,18	14,60	11,37	7,91	6,85
		155	7,93	9,60	14,73	17,75	20,68	20,48	19,93	18,16	14,58	11,36	7,90	6,84
		160	7,94	9,60	14,74	17,75	20,69	20,49	19,94	18,16	14,58	11,36	7,90	6,84
	2,5 MPa	140	8,14	9,87	15,20	18,38	21,51	21,40	20,95	19,02	15,20	11,80	8,17	7,05
		145	8,13	9,86	15,17	18,34	21,45	21,34	20,88	18,96	15,16	11,77	8,15	7,04
		150	8,13	9,85	15,16	18,32	21,43	21,30	20,84	18,93	15,14	11,75	8,14	7,03
		155	8,13	9,85	15,16	18,31	21,41	21,29	20,82	18,91	15,13	11,75	8,14	7,03
		160	8,14	9,86	15,17	18,33	21,43	21,30	20,83	18,92	15,14	11,76	8,15	7,04
	3 MPa	140	8,04	9,76	15,05	18,23	21,37	21,31	20,93	18,97	15,13	11,72	8,10	6,98
		145	8,08	9,80	15,11	18,29	21,44	21,37	20,97	19,01	15,17	11,76	8,12	7,00
		150	8,11	9,84	15,16	18,36	21,51	21,43	21,03	19,07	15,22	11,79	8,15	7,03
		155	8,14	9,87	15,21	18,41	21,57	21,49	21,08	19,12	15,26	11,83	8,18	7,05
		160	8,17	9,91	15,27	18,48	21,64	21,56	21,14	19,18	15,31	11,87	8,21	7,08

EK 1.10. Soğutucu akışkan R-1234ze kullanılan sistemin enerji verimi (%) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390°C	2 MPa	110	20,82	20,21	19,57	18,96	18,37	17,68	16,79	17,24	17,91	18,55	19,20	19,83
		115	20,54	19,93	19,29	18,67	18,08	17,38	16,50	16,94	17,62	18,26	18,92	19,55
		120	20,33	19,71	19,07	18,45	17,86	17,16	16,28	16,72	17,39	18,04	18,70	19,33
		125	20,16	19,54	18,90	18,28	17,69	17,00	16,12	16,56	17,23	17,87	18,53	19,16
		130	20,03	19,41	18,77	18,16	17,56	16,88	16,01	16,44	17,11	17,74	18,40	19,03
	2,5 MPa	110	21,51	20,99	20,45	19,94	19,45	18,88	18,17	18,53	19,07	19,60	20,14	20,67
		115	21,29	20,76	20,21	19,69	19,18	18,60	17,87	18,24	18,80	19,34	19,89	20,43
		120	21,12	20,58	20,02	19,49	18,98	18,39	17,64	18,01	18,58	19,13	19,70	20,25
		125	20,97	20,43	19,86	19,32	18,81	18,21	17,46	17,84	18,41	18,97	19,54	20,09
		130	20,86	20,31	19,74	19,20	18,68	18,08	17,33	17,71	18,28	18,84	19,41	19,97
	3 MPa	110	21,21	20,75	20,28	19,84	19,42	18,93	18,33	18,63	19,09	19,55	20,01	20,47
		115	21,21	20,74	20,25	19,80	19,36	18,85	18,23	18,54	19,02	19,49	19,98	20,45
		120	21,18	20,69	20,19	19,72	19,27	18,75	18,11	18,43	18,92	19,41	19,91	20,40
		125	21,14	20,65	20,14	19,66	19,20	18,67	18,01	18,34	18,85	19,34	19,85	20,34
		130	21,10	20,60	20,08	19,60	19,13	18,60	17,93	18,26	18,78	19,27	19,79	20,29
395°C	2 MPa	110	20,82	20,21	19,57	18,96	18,37	17,68	16,79	17,24	17,91	18,55	19,20	19,83
		115	20,54	19,93	19,29	18,67	18,08	17,38	16,50	16,94	17,62	18,26	18,92	19,55
		120	20,33	19,71	19,07	18,45	17,86	17,16	16,28	16,72	17,39	18,04	18,70	19,33
		125	20,16	19,54	18,90	18,28	17,69	17,00	16,12	16,56	17,23	17,87	18,53	19,16
		130	20,03	19,41	18,77	18,16	17,56	16,88	16,01	16,44	17,11	17,74	18,40	19,03
	2,5 MPa	110	21,51	20,99	20,45	19,94	19,45	18,88	18,17	18,53	19,07	19,60	20,14	20,67
		115	21,29	20,76	20,21	19,69	19,18	18,60	17,87	18,24	18,80	19,34	19,89	20,43
		120	21,12	20,58	20,02	19,49	18,98	18,39	17,64	18,01	18,58	19,13	19,70	20,25
		125	20,97	20,43	19,86	19,32	18,81	18,21	17,46	17,84	18,41	18,97	19,54	20,09
		130	20,86	20,31	19,74	19,20	18,68	18,08	17,33	17,71	18,28	18,84	19,41	19,97
	3 MPa	110	21,21	20,75	20,28	19,84	19,42	18,93	18,33	18,63	19,09	19,55	20,01	20,47
		115	21,21	20,74	20,25	19,80	19,36	18,85	18,23	18,54	19,02	19,49	19,98	20,45
		120	21,18	20,69	20,19	19,72	19,27	18,75	18,11	18,43	18,92	19,41	19,91	20,40
		125	21,14	20,65	20,14	19,66	19,20	18,67	18,01	18,34	18,85	19,34	19,85	20,34
		130	21,10	20,60	20,08	19,60	19,13	18,60	17,93	18,26	18,78	19,27	19,79	20,29

EK 1.11. Soğutucu akışkan R-1234ze kullanılan sistemin ekserji verimi değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390°C	2 MPa	110	0,232	0,234	0,241	0,239	0,235	0,227	0,216	0,220	0,223	0,223	0,217	0,216
		115	0,229	0,231	0,238	0,235	0,232	0,223	0,213	0,216	0,219	0,220	0,214	0,213
		120	0,226	0,228	0,235	0,233	0,229	0,221	0,210	0,213	0,217	0,217	0,211	0,211
		125	0,224	0,226	0,233	0,230	0,227	0,218	0,208	0,211	0,215	0,215	0,210	0,209
		130	0,223	0,225	0,231	0,229	0,225	0,217	0,206	0,210	0,213	0,214	0,208	0,208
	2,5 MPa	110	0,239	0,243	0,252	0,251	0,249	0,243	0,234	0,236	0,238	0,236	0,228	0,226
		115	0,237	0,240	0,249	0,248	0,246	0,239	0,230	0,233	0,234	0,233	0,225	0,223
		120	0,235	0,238	0,247	0,246	0,243	0,236	0,227	0,230	0,232	0,231	0,223	0,221
		125	0,233	0,236	0,245	0,244	0,241	0,234	0,225	0,228	0,229	0,228	0,221	0,219
		130	0,232	0,235	0,243	0,242	0,239	0,232	0,223	0,226	0,228	0,227	0,220	0,218
	3 MPa	110	0,236	0,240	0,250	0,250	0,249	0,243	0,236	0,238	0,238	0,235	0,226	0,223
		115	0,236	0,240	0,250	0,250	0,248	0,242	0,235	0,237	0,237	0,235	0,226	0,223
		120	0,236	0,239	0,249	0,249	0,247	0,241	0,233	0,235	0,236	0,234	0,225	0,223
		125	0,235	0,239	0,248	0,248	0,246	0,240	0,232	0,234	0,235	0,233	0,224	0,222
		130	0,235	0,238	0,247	0,247	0,245	0,239	0,231	0,233	0,234	0,232	0,224	0,222
395°C	2 MPa	110	0,231	0,233	0,241	0,239	0,235	0,227	0,216	0,220	0,223	0,223	0,216	0,215
		115	0,228	0,230	0,237	0,235	0,231	0,223	0,212	0,216	0,219	0,219	0,213	0,212
		120	0,225	0,227	0,234	0,232	0,228	0,220	0,209	0,213	0,216	0,217	0,211	0,210
		125	0,223	0,225	0,232	0,230	0,226	0,218	0,207	0,211	0,214	0,215	0,209	0,208
		130	0,222	0,224	0,231	0,228	0,225	0,217	0,206	0,209	0,213	0,213	0,207	0,207
	2,5 MPa	110	0,238	0,242	0,251	0,251	0,249	0,242	0,234	0,236	0,237	0,235	0,227	0,225
		115	0,236	0,239	0,248	0,248	0,245	0,239	0,230	0,232	0,234	0,232	0,224	0,222
		120	0,234	0,237	0,246	0,245	0,243	0,236	0,227	0,229	0,231	0,230	0,222	0,220
		125	0,232	0,236	0,244	0,243	0,241	0,234	0,225	0,227	0,229	0,228	0,220	0,218
		130	0,231	0,234	0,243	0,242	0,239	0,232	0,223	0,226	0,227	0,226	0,219	0,217
	3 MPa	110	0,235	0,239	0,249	0,250	0,248	0,243	0,236	0,237	0,237	0,235	0,225	0,222
		115	0,235	0,239	0,249	0,249	0,248	0,242	0,234	0,236	0,236	0,234	0,225	0,222
		120	0,235	0,239	0,248	0,248	0,247	0,241	0,233	0,235	0,235	0,233	0,224	0,222
		125	0,234	0,238	0,248	0,247	0,246	0,240	0,232	0,234	0,234	0,232	0,224	0,221
		130	0,234	0,238	0,247	0,247	0,245	0,239	0,231	0,233	0,233	0,232	0,223	0,220

EK 1.12. Soğutucu akışkan R-1234ze kullanılan sistemin elektrik üretimi (MW) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	2 MPa	110	4,69	5,59	8,48	10,14	11,72	11,47	10,99	10,08	8,20	6,46	4,53	3,97
		115	4,63	5,51	8,36	9,98	11,53	11,28	10,80	9,91	8,06	6,36	4,47	3,91
		120	4,58	5,45	8,26	9,86	11,39	11,14	10,66	9,78	7,96	6,29	4,41	3,87
		125	4,54	5,41	8,19	9,77	11,29	11,03	10,56	9,69	7,89	6,23	4,37	3,83
		130	4,51	5,37	8,13	9,70	11,21	10,95	10,48	9,62	7,83	6,18	4,34	3,81
	2,5 MPa	110	4,85	5,81	8,86	10,66	12,41	12,25	11,90	10,84	8,73	6,83	4,76	4,14
		115	4,80	5,74	8,76	10,52	12,24	12,07	11,70	10,67	8,60	6,74	4,70	4,09
		120	4,76	5,69	8,67	10,42	12,11	11,93	11,55	10,54	8,51	6,67	4,65	4,05
		125	4,73	5,65	8,60	10,33	12,00	11,82	11,43	10,43	8,43	6,61	4,61	4,02
		130	4,70	5,62	8,55	10,26	11,92	11,73	11,35	10,36	8,37	6,57	4,58	4,00
	3 MPa	110	4,78	5,74	8,79	10,61	12,39	12,29	12,00	10,90	8,74	6,81	4,72	4,10
		115	4,78	5,74	8,78	10,58	12,35	12,23	11,93	10,84	8,71	6,79	4,72	4,09
		120	4,77	5,72	8,75	10,54	12,29	12,17	11,85	10,78	8,66	6,76	4,70	4,08
		125	4,77	5,71	8,72	10,51	12,25	12,12	11,79	10,73	8,63	6,74	4,68	4,07
		130	4,76	5,70	8,70	10,48	12,21	12,07	11,74	10,68	8,59	6,72	4,67	4,06
395 $^{\circ}C$	2 MPa	110	4,67	5,57	8,46	10,12	11,70	11,45	10,98	10,06	8,18	6,45	4,51	3,95
		115	4,61	5,49	8,34	9,96	11,52	11,26	10,79	9,89	8,05	6,35	4,45	3,89
		120	4,56	5,43	8,24	9,85	11,38	11,12	10,64	9,76	7,94	6,27	4,40	3,85
		125	4,52	5,39	8,17	9,76	11,27	11,01	10,54	9,67	7,87	6,21	4,36	3,82
		130	4,49	5,35	8,11	9,69	11,19	10,94	10,47	9,60	7,81	6,17	4,32	3,79
	2,5 MPa	110	4,83	5,78	8,84	10,64	12,39	12,24	11,88	10,82	8,71	6,81	4,74	4,12
		115	4,78	5,72	8,74	10,50	12,22	12,05	11,68	10,65	8,59	6,72	4,68	4,07
		120	4,74	5,67	8,65	10,40	12,09	11,91	11,53	10,52	8,49	6,65	4,63	4,03
		125	4,71	5,63	8,58	10,31	11,98	11,80	11,42	10,41	8,41	6,59	4,59	4,00
		130	4,68	5,60	8,53	10,24	11,90	11,72	11,33	10,34	8,35	6,55	4,56	3,98
	3 MPa	110	4,76	5,72	8,77	10,59	12,37	12,27	11,98	10,88	8,72	6,79	4,70	4,08
		115	4,76	5,72	8,76	10,56	12,33	12,22	11,91	10,82	8,69	6,77	4,70	4,07
		120	4,75	5,70	8,73	10,52	12,28	12,15	11,84	10,76	8,64	6,75	4,68	4,06
		125	4,74	5,69	8,70	10,49	12,23	12,10	11,77	10,71	8,61	6,72	4,67	4,05
		130	4,74	5,68	8,68	10,46	12,19	12,05	11,72	10,66	8,58	6,70	4,65	4,04

EK 1.12 (Devam ediyor)

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$												
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17	
			400 $^{\circ}C$	2 MPa	110	4,65	5,55	8,44	10,10	11,68	11,44	10,96	10,05	8,16	6,43
115	4,59	5,47			8,32	9,95	11,50	11,25	10,77	9,88	8,03	6,33	4,43	3,87	
120	4,54	5,41			8,22	9,83	11,36	11,10	10,63	9,75	7,93	6,25	4,38	3,83	
125	4,50	5,37			8,15	9,74	11,25	11,00	10,52	9,65	7,85	6,19	4,34	3,80	
130	4,48	5,33			8,09	9,67	11,17	10,92	10,45	9,59	7,80	6,15	4,31	3,77	
2,5 MPa	110	4,81		5,76	8,82	10,62	12,37	12,22	11,86	10,80	8,69	6,79	4,72	4,10	
	115	4,76		5,70	8,72	10,49	12,20	12,03	11,66	10,63	8,57	6,70	4,66	4,05	
	120	4,72		5,65	8,63	10,38	12,07	11,90	11,52	10,50	8,47	6,63	4,61	4,01	
	125	4,69		5,61	8,56	10,29	11,96	11,78	11,40	10,40	8,39	6,57	4,57	3,98	
	130	4,66		5,58	8,51	10,22	11,88	11,70	11,31	10,32	8,33	6,53	4,54	3,96	
3 MPa	110	4,74		5,70	8,75	10,57	12,35	12,25	11,97	10,86	8,70	6,77	4,69	4,06	
	115	4,74		5,70	8,74	10,54	12,31	12,20	11,90	10,81	8,67	6,76	4,68	4,05	
	120	4,73		5,68	8,71	10,50	12,26	12,13	11,82	10,74	8,62	6,73	4,66	4,04	
	125	4,72		5,67	8,68	10,47	12,21	12,08	11,76	10,69	8,59	6,70	4,65	4,03	
	130	4,71		5,66	8,66	10,44	12,17	12,03	11,70	10,65	8,56	6,68	4,63	4,02	
405 $^{\circ}C$	2 MPa	110	4,63	5,53	8,42	10,08	11,67	11,42	10,95	10,03	8,14	6,41	4,48	3,91	
		115	4,57	5,45	8,30	9,93	11,48	11,23	10,75	9,86	8,01	6,31	4,41	3,86	
		120	4,52	5,39	8,20	9,81	11,34	11,09	10,61	9,73	7,91	6,23	4,36	3,81	
		125	4,49	5,35	8,13	9,72	11,23	10,98	10,51	9,64	7,84	6,18	4,32	3,78	
		130	4,46	5,31	8,08	9,65	11,15	10,90	10,44	9,57	7,78	6,13	4,29	3,75	
	2,5 MPa	110	4,79	5,74	8,80	10,60	12,35	12,20	11,84	10,78	8,67	6,77	4,70	4,08	
		115	4,74	5,68	8,70	10,47	12,18	12,02	11,65	10,61	8,55	6,68	4,64	4,03	
		120	4,70	5,63	8,61	10,36	12,05	11,88	11,50	10,48	8,45	6,61	4,59	3,99	
		125	4,67	5,59	8,55	10,27	11,94	11,76	11,38	10,38	8,37	6,55	4,55	3,96	
		130	4,64	5,56	8,49	10,21	11,86	11,68	11,30	10,30	8,31	6,51	4,53	3,94	
	3 MPa	110	4,72	5,68	8,73	10,55	12,33	12,23	11,95	10,84	8,68	6,76	4,67	4,04	
		115	4,72	5,68	8,72	10,52	12,29	12,18	11,88	10,79	8,65	6,74	4,66	4,03	
		120	4,71	5,66	8,69	10,48	12,24	12,11	11,80	10,72	8,61	6,71	4,64	4,02	
		125	4,70	5,65	8,66	10,45	12,19	12,06	11,74	10,67	8,57	6,68	4,63	4,01	
		130	4,69	5,64	8,64	10,42	12,15	12,01	11,69	10,63	8,54	6,66	4,61	4,00	
410 $^{\circ}C$	2 MPa	110	4,61	5,51	8,40	10,06	11,65	11,40	10,93	10,01	8,13	6,39	4,46	3,89	
		115	4,55	5,43	8,28	9,91	11,46	11,21	10,74	9,84	7,99	6,29	4,39	3,84	
		120	4,50	5,38	8,19	9,79	11,32	11,07	10,60	9,72	7,89	6,22	4,34	3,79	
		125	4,47	5,33	8,11	9,70	11,22	10,96	10,49	9,62	7,82	6,16	4,30	3,76	
		130	4,44	5,29	8,06	9,63	11,14	10,89	10,42	9,55	7,76	6,11	4,27	3,73	
	2,5 MPa	110	4,76	5,72	8,78	10,58	12,33	12,18	11,82	10,76	8,66	6,75	4,68	4,06	
		115	4,72	5,66	8,68	10,45	12,17	12,00	11,63	10,59	8,53	6,66	4,62	4,01	
		120	4,68	5,61	8,59	10,34	12,03	11,86	11,48	10,47	8,43	6,59	4,57	3,97	
		125	4,64	5,57	8,53	10,25	11,93	11,75	11,36	10,36	8,35	6,54	4,53	3,94	
		130	4,62	5,54	8,47	10,19	11,85	11,66	11,28	10,29	8,30	6,49	4,51	3,92	
	3 MPa	110	4,70	5,66	8,71	10,53	12,31	12,21	11,93	10,82	8,66	6,74	4,65	4,02	
		115	4,70	5,66	8,70	10,50	12,27	12,16	11,86	10,77	8,63	6,72	4,64	4,01	
		120	4,69	5,64	8,67	10,46	12,22	12,09	11,78	10,71	8,59	6,69	4,62	4,00	
		125	4,68	5,63	8,65	10,43	12,17	12,04	11,72	10,65	8,55	6,66	4,61	3,99	
		130	4,67	5,62	8,62	10,40	12,13	11,99	11,67	10,61	8,52	6,64	4,59	3,98	

EK 1.13. Soğutucu akışkan R-236ea kullanılan sistemin enerji verimi (%) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	2 MPa	140	23,59	23,16	22,75	22,27	21,82	21,31	20,70	21,01	21,65	22,00	22,47	22,86
		145	23,48	23,05	22,64	22,15	21,70	21,18	20,56	20,87	21,52	21,87	22,35	22,75
		150	23,40	22,97	22,54	22,06	21,60	21,08	20,45	20,77	21,42	21,78	22,26	22,66
		155	23,33	22,90	22,47	21,98	21,52	21,00	20,36	20,68	21,34	21,70	22,18	22,59
		160	23,29	22,85	22,43	21,93	21,47	20,95	20,31	20,63	21,29	21,65	22,13	22,54
	2,5 MPa	140	23,58	23,19	22,82	22,39	21,99	21,53	20,98	21,26	21,83	22,14	22,56	22,92
		145	23,57	23,18	22,80	22,36	21,95	21,48	20,93	21,21	21,79	22,11	22,54	22,90
		150	23,56	23,16	22,78	22,33	21,91	21,44	20,87	21,16	21,75	22,08	22,51	22,88
		155	23,55	23,15	22,76	22,31	21,88	21,41	20,83	21,12	21,72	22,05	22,49	22,86
		160	23,56	23,16	22,76	22,31	21,89	21,40	20,83	21,12	21,72	22,05	22,50	22,87
	3 MPa	140	22,80	22,43	22,09	21,68	21,31	20,89	20,39	20,64	21,17	21,45	21,85	22,18
		145	23,03	22,66	22,30	21,89	21,51	21,08	20,57	20,83	21,36	21,66	22,06	22,40
		150	23,18	22,81	22,44	22,03	21,64	21,20	20,67	20,94	21,49	21,79	22,20	22,54
		155	23,31	22,93	22,56	22,14	21,74	21,30	20,76	21,04	21,59	21,90	22,31	22,66
		160	23,40	23,01	22,64	22,22	21,82	21,37	20,83	21,10	21,66	21,97	22,39	22,74
395 $^{\circ}C$	2 MPa	140	23,59	23,16	22,75	22,27	21,82	21,31	20,70	21,01	21,65	22,00	22,47	22,86
		145	23,48	23,05	22,64	22,15	21,70	21,18	20,56	20,87	21,52	21,87	22,35	22,75
		150	23,40	22,97	22,54	22,06	21,60	21,08	20,45	20,77	21,42	21,78	22,26	22,66
		155	23,33	22,90	22,47	21,98	21,52	21,00	20,36	20,68	21,34	21,70	22,18	22,59
		160	23,29	22,85	22,43	21,93	21,47	20,95	20,31	20,63	21,29	21,65	22,13	22,54
	2,5 MPa	140	23,58	23,19	22,82	22,39	21,99	21,53	20,98	21,26	21,83	22,14	22,56	22,92
		145	23,57	23,18	22,80	22,36	21,95	21,48	20,93	21,21	21,79	22,11	22,54	22,90
		150	23,56	23,16	22,78	22,33	21,91	21,44	20,87	21,16	21,75	22,08	22,51	22,88
		155	23,55	23,15	22,76	22,31	21,88	21,41	20,83	21,12	21,72	22,05	22,49	22,86
		160	23,56	23,16	22,76	22,31	21,89	21,40	20,83	21,12	21,72	22,05	22,50	22,87
	3 MPa	140	22,80	22,43	22,09	21,68	21,31	20,89	20,39	20,64	21,17	21,45	21,85	22,18
		145	23,03	22,66	22,30	21,89	21,51	21,08	20,57	20,83	21,36	21,66	22,06	22,40
		150	23,18	22,81	22,44	22,03	21,64	21,20	20,67	20,94	21,49	21,79	22,20	22,54
		155	23,31	22,93	22,56	22,14	21,74	21,30	20,76	21,04	21,59	21,90	22,31	22,66
		160	23,40	23,01	22,64	22,22	21,82	21,37	20,83	21,10	21,66	21,97	22,39	22,74

EK 1.14. Soğutucu akışkan R-236ea kullanılan sistemin ekserji verimi değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	2 MPa	140	0,262	0,268	0,280	0,281	0,280	0,274	0,267	0,268	0,270	0,265	0,254	0,250
		145	0,261	0,267	0,279	0,279	0,278	0,272	0,265	0,266	0,268	0,264	0,253	0,248
		150	0,260	0,266	0,278	0,278	0,277	0,271	0,263	0,265	0,267	0,262	0,252	0,247
		155	0,260	0,265	0,277	0,277	0,276	0,270	0,262	0,264	0,266	0,261	0,251	0,247
		160	0,259	0,264	0,276	0,277	0,275	0,269	0,262	0,263	0,265	0,261	0,250	0,246
	2,5 MPa	140	0,262	0,268	0,281	0,282	0,282	0,277	0,270	0,271	0,272	0,267	0,255	0,250
		145	0,262	0,268	0,281	0,282	0,281	0,276	0,270	0,271	0,271	0,266	0,255	0,250
		150	0,262	0,268	0,281	0,282	0,281	0,276	0,269	0,270	0,271	0,266	0,255	0,250
		155	0,262	0,268	0,280	0,281	0,280	0,275	0,268	0,270	0,271	0,266	0,254	0,250
		160	0,262	0,268	0,281	0,281	0,280	0,275	0,268	0,270	0,271	0,266	0,254	0,250
	3 MPa	140	0,254	0,260	0,272	0,273	0,273	0,268	0,263	0,263	0,264	0,258	0,247	0,242
		145	0,256	0,262	0,275	0,276	0,276	0,271	0,265	0,266	0,266	0,261	0,249	0,245
		150	0,258	0,264	0,277	0,278	0,277	0,272	0,266	0,267	0,268	0,262	0,251	0,246
		155	0,259	0,265	0,278	0,279	0,279	0,274	0,268	0,268	0,269	0,264	0,252	0,247
		160	0,260	0,266	0,279	0,280	0,280	0,275	0,268	0,269	0,270	0,265	0,253	0,248
395 $^{\circ}C$	2 MPa	140	0,261	0,267	0,280	0,280	0,279	0,273	0,266	0,268	0,269	0,264	0,253	0,248
		145	0,260	0,266	0,278	0,279	0,278	0,272	0,264	0,266	0,268	0,263	0,252	0,247
		150	0,259	0,265	0,277	0,278	0,276	0,270	0,263	0,265	0,266	0,262	0,251	0,246
		155	0,259	0,264	0,276	0,277	0,275	0,269	0,262	0,264	0,265	0,261	0,250	0,245
		160	0,258	0,264	0,276	0,276	0,275	0,269	0,261	0,263	0,265	0,260	0,249	0,245
	2,5 MPa	140	0,261	0,267	0,281	0,282	0,281	0,276	0,270	0,271	0,271	0,266	0,254	0,249
		145	0,261	0,267	0,280	0,281	0,281	0,276	0,269	0,270	0,271	0,266	0,254	0,249
		150	0,261	0,267	0,280	0,281	0,280	0,275	0,269	0,270	0,270	0,265	0,254	0,249
		155	0,261	0,267	0,280	0,281	0,280	0,275	0,268	0,269	0,270	0,265	0,253	0,248
		160	0,261	0,267	0,280	0,281	0,280	0,275	0,268	0,269	0,270	0,265	0,253	0,248
	3 MPa	140	0,253	0,259	0,272	0,273	0,273	0,268	0,262	0,263	0,263	0,258	0,246	0,241
		145	0,255	0,261	0,274	0,275	0,275	0,270	0,265	0,265	0,266	0,260	0,248	0,243
		150	0,257	0,263	0,276	0,277	0,277	0,272	0,266	0,267	0,267	0,262	0,250	0,245
		155	0,258	0,264	0,277	0,279	0,278	0,273	0,267	0,268	0,268	0,263	0,251	0,246
		160	0,259	0,265	0,278	0,280	0,279	0,274	0,268	0,269	0,269	0,264	0,252	0,247

EK 1.16. Soğutucu akışkan R-236ea kullanılan sistemin elektrik üretimi (MW) değerleri

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
390 $^{\circ}C$	2 MPa	140	5,32	6,41	9,86	11,91	13,92	13,83	13,55	12,29	9,91	7,67	5,30	4,58
		145	5,29	6,38	9,81	11,84	13,84	13,74	13,46	12,21	9,85	7,62	5,28	4,55
		150	5,28	6,35	9,77	11,79	13,78	13,68	13,39	12,15	9,81	7,59	5,25	4,54
		155	5,26	6,33	9,74	11,75	13,73	13,62	13,33	12,10	9,77	7,56	5,24	4,52
		160	5,25	6,32	9,72	11,72	13,70	13,59	13,30	12,07	9,75	7,55	5,22	4,51
	2,5 MPa	140	5,32	6,41	9,89	11,97	14,03	13,97	13,74	12,44	9,99	7,72	5,33	4,59
		145	5,31	6,41	9,88	11,95	14,01	13,94	13,70	12,41	9,97	7,71	5,32	4,58
		150	5,31	6,41	9,87	11,94	13,98	13,91	13,67	12,38	9,96	7,69	5,31	4,58
		155	5,31	6,40	9,86	11,92	13,96	13,89	13,64	12,35	9,94	7,68	5,31	4,58
		160	5,31	6,40	9,86	11,93	13,96	13,89	13,63	12,35	9,94	7,68	5,31	4,58
	3 MPa	140	5,14	6,20	9,57	11,59	13,60	13,55	13,35	12,07	9,69	7,48	5,16	4,44
		145	5,19	6,27	9,66	11,70	13,72	13,68	13,46	12,18	9,78	7,55	5,21	4,48
		150	5,23	6,31	9,72	11,77	13,81	13,76	13,54	12,25	9,84	7,59	5,24	4,51
		155	5,25	6,34	9,77	11,83	13,87	13,82	13,60	12,30	9,88	7,63	5,27	4,54
		160	5,27	6,37	9,81	11,88	13,92	13,87	13,64	12,34	9,92	7,66	5,29	4,55
395 $^{\circ}C$	2 MPa	140	5,29	6,38	9,83	11,88	13,90	13,81	13,53	12,27	9,89	7,64	5,28	4,55
		145	5,27	6,35	9,78	11,82	13,82	13,72	13,44	12,19	9,83	7,60	5,25	4,53
		150	5,25	6,33	9,74	11,77	13,76	13,66	13,37	12,13	9,78	7,57	5,23	4,51
		155	5,24	6,31	9,71	11,73	13,71	13,60	13,31	12,08	9,75	7,54	5,21	4,50
		160	5,23	6,30	9,69	11,70	13,68	13,57	13,28	12,05	9,73	7,52	5,20	4,49
	2,5 MPa	140	5,29	6,39	9,86	11,95	14,01	13,95	13,72	12,41	9,97	7,69	5,30	4,57
		145	5,29	6,39	9,86	11,93	13,98	13,92	13,68	12,39	9,95	7,68	5,30	4,56
		150	5,29	6,38	9,85	11,92	13,96	13,89	13,65	12,36	9,94	7,67	5,29	4,56
		155	5,29	6,38	9,84	11,90	13,94	13,87	13,62	12,33	9,92	7,66	5,29	4,55
		160	5,29	6,38	9,84	11,90	13,94	13,87	13,61	12,33	9,92	7,66	5,29	4,56
	3 MPa	140	5,12	6,18	9,55	11,57	13,58	13,53	13,33	12,05	9,67	7,46	5,14	4,42
		145	5,17	6,24	9,64	11,68	13,70	13,66	13,44	12,16	9,76	7,53	5,19	4,46
		150	5,20	6,28	9,70	11,75	13,78	13,74	13,51	12,23	9,81	7,57	5,22	4,49
		155	5,23	6,32	9,75	11,81	13,85	13,80	13,57	12,28	9,86	7,61	5,24	4,51
		160	5,25	6,34	9,79	11,85	13,90	13,84	13,62	12,32	9,90	7,64	5,26	4,53

EK 1.16. (Devam ediyor)

T_B	P_2	T_3	$T_a(^{\circ}C)$											
			12	15	18	21	24	27	31	29	26	23	20	17
400°C	2 MPa	140	5,27	6,36	9,81	11,86	13,88	13,79	13,51	12,25	9,87	7,62	5,26	4,53
		145	5,25	6,33	9,76	11,80	13,80	13,70	13,42	12,17	9,81	7,58	5,23	4,51
		150	5,23	6,31	9,72	11,75	13,74	13,64	13,35	12,11	9,76	7,55	5,21	4,49
		155	5,21	6,29	9,69	11,71	13,69	13,58	13,29	12,06	9,73	7,52	5,19	4,48
		160	5,20	6,28	9,67	11,68	13,66	13,55	13,26	12,03	9,70	7,50	5,18	4,47
	2,5 MPa	140	5,27	6,37	9,84	11,92	13,98	13,93	13,70	12,39	9,95	7,67	5,28	4,54
		145	5,27	6,37	9,83	11,91	13,96	13,90	13,66	12,36	9,93	7,66	5,28	4,54
		150	5,26	6,36	9,82	11,89	13,94	13,87	13,63	12,34	9,91	7,65	5,27	4,53
		155	5,26	6,36	9,81	11,88	13,92	13,85	13,60	12,31	9,90	7,64	5,26	4,53
		160	5,27	6,36	9,82	11,88	13,92	13,85	13,59	12,31	9,90	7,64	5,27	4,53
	3 MPa	140	5,09	6,16	9,52	11,55	13,55	13,51	13,31	12,03	9,65	7,43	5,11	4,40
		145	5,15	6,22	9,62	11,66	13,68	13,64	13,42	12,14	9,74	7,51	5,16	4,44
		150	5,18	6,26	9,68	11,73	13,76	13,71	13,49	12,21	9,79	7,55	5,20	4,47
		155	5,21	6,30	9,73	11,79	13,83	13,78	13,55	12,26	9,84	7,59	5,22	4,49
		160	5,23	6,32	9,77	11,83	13,88	13,82	13,60	12,30	9,87	7,61	5,24	4,51
405°C	2 MPa	140	5,25	6,34	9,79	11,84	13,86	13,77	13,49	12,23	9,85	7,60	5,24	4,51
		145	5,22	6,31	9,74	11,78	13,78	13,68	13,40	12,15	9,79	7,56	5,21	4,49
		150	5,21	6,28	9,70	11,73	13,72	13,62	13,33	12,09	9,74	7,53	5,19	4,47
		155	5,19	6,26	9,67	11,68	13,67	13,56	13,27	12,04	9,71	7,50	5,17	4,45
		160	5,18	6,25	9,65	11,66	13,64	13,53	13,24	12,01	9,68	7,48	5,16	4,45
	2,5 MPa	140	5,25	6,35	9,82	11,90	13,96	13,91	13,68	12,37	9,93	7,65	5,26	4,52
		145	5,24	6,34	9,81	11,89	13,94	13,88	13,64	12,34	9,91	7,64	5,25	4,52
		150	5,24	6,34	9,80	11,87	13,92	13,85	13,61	12,32	9,89	7,63	5,25	4,51
		155	5,24	6,33	9,79	11,86	13,90	13,83	13,58	12,29	9,88	7,62	5,24	4,51
		160	5,24	6,34	9,79	11,86	13,90	13,83	13,57	12,29	9,88	7,62	5,24	4,51
	3 MPa	140	5,07	6,14	9,50	11,53	13,53	13,49	13,29	12,01	9,63	7,41	5,09	4,37
		145	5,12	6,20	9,60	11,64	13,66	13,62	13,40	12,12	9,72	7,48	5,14	4,42
		150	5,16	6,24	9,66	11,71	13,74	13,69	13,47	12,19	9,77	7,53	5,17	4,45
		155	5,18	6,27	9,71	11,77	13,81	13,76	13,53	12,24	9,82	7,57	5,20	4,47
		160	5,21	6,30	9,74	11,81	13,86	13,80	13,58	12,28	9,85	7,59	5,22	4,49
410°C	2 MPa	140	5,22	6,32	9,77	11,82	13,84	13,75	13,47	12,21	9,82	7,58	5,22	4,49
		145	5,20	6,29	9,72	11,75	13,76	13,66	13,38	12,13	9,77	7,54	5,19	4,46
		150	5,18	6,26	9,68	11,70	13,70	13,59	13,31	12,07	9,72	7,50	5,17	4,45
		155	5,17	6,24	9,65	11,66	13,65	13,54	13,25	12,02	9,68	7,48	5,15	4,43
		160	5,16	6,23	9,63	11,64	13,62	13,51	13,22	11,99	9,66	7,46	5,14	4,42
	2,5 MPa	140	5,22	6,32	9,80	11,88	13,94	13,89	13,65	12,35	9,91	7,63	5,24	4,50
		145	5,22	6,32	9,79	11,86	13,92	13,86	13,62	12,32	9,89	7,62	5,23	4,49
		150	5,22	6,32	9,78	11,85	13,90	13,83	13,58	12,30	9,87	7,61	5,23	4,49
		155	5,22	6,31	9,77	11,84	13,88	13,81	13,56	12,27	9,86	7,60	5,22	4,49
		160	5,22	6,31	9,77	11,84	13,88	13,81	13,55	12,27	9,86	7,60	5,22	4,49
	3 MPa	140	5,05	6,12	9,48	11,51	13,51	13,47	13,27	11,99	9,61	7,39	5,07	4,35
		145	5,10	6,18	9,57	11,62	13,64	13,60	13,38	12,10	9,69	7,46	5,12	4,40
		150	5,13	6,22	9,64	11,69	13,72	13,67	13,45	12,17	9,75	7,51	5,15	4,42
		155	5,16	6,25	9,68	11,75	13,79	13,74	13,51	12,22	9,80	7,54	5,18	4,45
		160	5,18	6,27	9,72	11,79	13,84	13,78	13,55	12,26	9,83	7,57	5,20	4,46

EK 2.1. R-134a kullanılan sistemin η değerine ait istatistiksel sonuçlar.

η	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9987	0,54852	0,782739	0,00312	0,9985	0,5664	0,7199	0,0032
LM-10		0,9998	0,16018	0,78401	0,00106	0,9998	0,16083	0,71930	0,00111
LM-13		0,9999	0,10415	0,78422	0,00066	0,9999	0,10988	0,72027	0,00070
LM-15		0,9999	0,09643	0,78385	0,00061	0,9999	0,10589	0,72008	0,00069
LM-17		0,9999	0,05099	0,78396	0,00032	0,9999	0,0518	0,7204	0,00034
SCG-17		0,9927	1,2074	0,7769	0,0075	0,9908	1,3042	0,7166	0,0081
CGP-17		0,9968	0,7325	0,7821	0,0050	0,9960	0,7887	0,7181	0,0054

EK 2.2. R-134a kullanılan sistemin ε değerine ait istatistiksel sonuçlar.

ε	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9981	0,6857	0,7699	0,0037	0,998129	0,29537	0,82009	0,0039
LM-10		0,9998	0,1733	0,7718	0,00112	0,999837	0,07658	0,82100	0,00117
LM-13		0,9999	0,1437	0,7716	0,00092	0,999926	0,05885	0,82024	0,00086
LM-15		0,9999	0,11665	0,7712	0,00074	0,999925	0,05307	0,81914	0,00080
LM-17		0,9999	0,0688	0,7714	0,00043	0,999974	0,0310	0,8195	0,00046
SCG-17		0,9882	1,5892	0,7632	0,0095	0,987872	0,7062	0,8152	0,0100
CGP-17		0,9954	0,9387	0,7687	0,0059	0,995874	0,4118	0,8221	0,0059

EK 2.3. R-134a kullanılan sistemin W_{net} değerine ait istatistiksel sonuçlar.

W	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9997	0,3063	1,617	0,0018	0,999727	0,3461	1,74249	0,00221
LM-10		0,9998	0,2577	1,61810	0,00139	0,999858	0,28527	1,74434	0,00159
LM-13		0,9999	0,1311	1,61988	0,00078	0,999962	0,13286	1,74738	0,00083
LM-15		0,9999	0,1146	1,61827	0,0006	0,999975	0,12429	1,74671	0,00066
LM-17		0,9999	0,0479	1,6185	0,00027	0,999995	0,0501	1,7467	0,00028
SCG-17		0,9966	1,2909	1,6119	0,0074	0,99646	1,3618	1,7295	0,0079
CGP-17		0,9987	0,7996	1,6157	0,0044	0,998875	0,8055	1,7418	0,0044

EK 2.4. R-134a kullanılan sistemin NBD değerine ait istatistiksel sonuçlar.

NBD	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9998	0,310	1,36722	0,00160	0,999825	2,476	1,42591	0,00158
LM-10		0,9998	0,3563	1,37255	0,00188	0,999829	3,12576	1,4307	0,00183
LM-13		0,9999	0,1316	1,36662	0,00068	0,999968	1,41046	1,42573	0,00079
LM-15		0,9999	0,1244	1,36670	0,00063	0,999965	1,48634	1,42665	0,00073
LM-17		0,9999	0,0777	1,36737	0,00044	0,999984	0,6402	1,4271	0,00049
SCG-17		0,9923	2,0678	1,3559	0,0102	0,991357	1,6152	1,4123	0,0111
CGP-17		0,9946	1,6613	1,3594	0,0086	0,9951	1,1489	1,4114	0,0084

EK 2.5. R-141b kullanılan sistemin η değerine ait istatistiksel sonuçlar.

η	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9997	0,2306	0,9234	0,0015	0,999746	0,2245	0,8361	0,0015
LM-10		0,9997	0,2343	0,9237	0,0014	0,999719	0,24275	0,83695	0,0015
LM-12		0,99994	0,1057	0,9242	0,0007	0,99992	0,1173	0,8359	0,0008
LM-14		0,9999	0,1112	0,9241	0,00068	0,999945	0,1094	0,8361	0,00068
LM-16		0,9999	0,0540	0,9243	0,00034	0,999983	0,0572	0,8357	0,00038
SCG-16		0,9955	1,0174	0,9203	0,0064	0,994757	1,0073	0,8358	0,0067
CGP-16		0,99771	0,7351	0,9219	0,0046	0,996463	0,8586	0,8268	0,005

EK 2.6. R-141b kullanılan sistemin ε değerine ait istatistiksel sonuçlar.

ε	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9996	0,2734	0,8240	0,0017	0,99957	0,1282	0,7719	0,0018
LM-10		0,9996	0,2540	0,8238	0,0016	0,99962	0,11383	0,77267	0,00172
LM-12		0,9999	0,1002	0,8242	0,0006	0,999935	0,0479	0,7717	0,0007
LM-14		0,99995	0,0961	0,8242	0,00060	0,999939	0,0472	0,7716	0,00069
LM-16		0,9999	0,0743	0,8242	0,00045	0,999967	0,0365	0,7715	0,00051
SCG-16		0,9959	0,9321	0,8234	0,0057	0,99428	0,4739	0,7752	0,0067
CGP-16		0,9945	1,0641	0,8190	0,0067	0,99314	0,4710	0,7615	0,0073

EK 2.7. R-141b kullanılan sistemin W_{net} değerine ait istatistiksel sonuçlar.

W	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9999	0,1673	1,5456	0,0010	0,9999	0,1878	1,7047	0,0011
LM-10		0,99974	0,3427	1,5452	0,0020	0,9997	0,39987	1,69929	0,00234
LM-12		0,99993	0,1881	1,5464	0,0010	0,99992	0,2066	1,7068	0,0012
LM-14		0,99998	0,0997	1,5464	0,00055	0,9999	0,1059	1,7078	0,00061
LM-16		0,9999	0,0679	1,5465	0,00037	0,99999	0,0769	1,7085	0,00041
SCG-16		0,99870	0,8037	1,5426	0,0045	0,9988	0,7954	1,7012	0,0044
CGP-16		0,9980	1,0989	1,5440	0,0055	0,99820	1,0877	1,7072	0,0056

EK 2.8. R-141b kullanılan sistemin NBD değerine ait istatistiksel sonuçlar.

NBD	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9995	0,4831	1,3618	0,0037	0,9995	2,4706	1,3885	0,0040
LM-10		0,9998	0,2497	1,3810	0,0015	0,9998	2,25027	1,41069	0,00162
LM-12		0,9999	0,1443	1,3867	0,0008	0,9999	1,1264	1,4152	0,0009
LM-14		0,99997	0,1087	1,3857	0,00058	0,99997	1,1025	1,4151	0,00060
LM-16		0,99998	0,1134	1,3842	0,00062	0,99997	1,0067	1,4135	0,00065
SCG-16		0,99182	1,6520	1,3755	0,0106	0,98989	1,0819	1,3974	0,0120
CGP-16		0,99398	1,8398	1,3776	0,0091	0,99391	1,0305	1,4015	0,0093

EK 2.9. R-600a kullanılan sistemin η değerine ait istatistiksel sonuçlar.

η	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-6		0,99879	0,5305	0,8876	0,0033	0,99892	0,5343	1,0278	0,0034
LM-7		0,9987	0,5396	0,8845	0,0034	0,9989	0,5434	1,0231	0,0034
LM-8		0,9994	0,3766	0,8880	0,0023	0,99945	0,4234	1,0331	0,0025
LM-9		0,9989	0,5428	0,8900	0,0034	0,9991	0,5446	1,0361	0,0033
LM-10		0,9993	0,35811	0,88139	0,00235	0,99946	0,3767	1,0277	0,0024
SCG-9		0,9929	1,2037	0,8805	0,0079	0,99426	1,2043	1,0266	0,0077
CGP-9		0,96899	2,6419	0,8603	0,0166	0,9722	2,8066	1,0080	0,0169

EK 2.10. R-600a kullanılan sistemin ε değerine ait istatistiksel sonuçlar.

ε	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-6		0,9966	1,0153	0,8827	0,0061	0,9965	0,2165	0,8817	0,0061
LM-7		0,9972	0,7997	0,8944	0,0052	0,9971	0,1932	0,8864	0,0055
LM-8		0,9986	0,6500	0,8899	0,0039	0,9986	0,1421	0,8879	0,0041
LM-9		0,999	0,9374	0,8829	0,0055	0,999	0,1878	0,8844	0,0053
LM-10		0,9990	0,51534	0,89047	0,00346	0,99893	0,1184	0,8873	0,0037
SCG-9		0,9935	1,2295	0,8993	0,0077	0,9929	0,2725	0,8923	0,0080
CGP-9		0,9854	1,8206	0,8876	0,0116	0,98450	0,4133	0,8865	0,0119

EK 2.11. R-600a kullanılan sistemin W_{net} değerine ait istatistiksel sonuçlar.

W	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-6		0,9988	0,8585	2,0117	0,0049	0,99866	0,8759	1,9512	0,0052
LM-7		0,9991	0,7157	2,0038	0,0043	0,9990	0,7400	1,9359	0,0045
LM-8		0,9986	0,9555	1,9889	0,0056	0,9987	0,9122	1,9256	0,0053
LM-9		0,9995	0,5744	1,9992	0,0032	0,9995	0,5615	1,9337	0,0031
LM-10		0,9996	0,63100	1,98919	0,00383	0,9995	0,6247	1,9252	0,0036
SCG-9		0,9993	0,7357	2,0015	0,0040	0,99920	0,7549	1,9383	0,0041
CGP-9		0,9939	2,2695	2,0005	0,0113	0,9940	2,1951	1,9372	0,0109

EK 2.12. R-600a kullanılan sistemin NBD değerine ait istatistiksel sonuçlar.

NBD	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-6		0,9885	2,2803	1,3961	0,0135	0,98804	1,2274	1,4618	0,0139
LM-7		0,9913	1,9960	1,3938	0,0111	0,9916	1,4080	1,4456	0,0110
LM-8		0,9746	3,3180	1,4343	0,0200	0,9756	1,0260	1,4911	0,0199
LM-9		0,9595	3,6079	1,5261	0,0315	0,9608	1,9311	1,5729	0,0308
LM-10		0,9417	4,11097	1,33955	0,02958	0,9398	1,0128	1,3764	0,0302
SCG-9		0,9726	3,7894	1,3658	0,0196	0,9733	1,6885	1,4062	0,0197
CGP-9		0,9773	3,4039	1,3705	0,0178	0,97820	1,9592	1,4173	0,0178

EK 2.13. R-236ea kullanılan sistemin η değerine ait istatistiksel sonuçlar.

η	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9992	0,4362	0,9702	0,0027	0,9992	0,4545	1,0498	0,0028
LM-10		0,9998	0,2077	0,9708	0,0014	0,9998	0,2068	1,0453	0,0014
LM-12		0,9999	0,1398	0,9710	0,0009	0,9999	0,1376	1,0460	0,0008
LM-14		0,9999	0,0964	0,9710	0,00056	0,9999	0,0973	1,0454	0,00057
LM-16		0,9999	0,1221	0,9710	0,0007	0,9999	0,1287	1,0473	0,0008
SCG-14		0,9918	1,5408	0,9596	0,0089	0,9925	1,499	1,037	0,0090
CGP-14		0,9895	1,5809	0,9660	0,0101	0,9904	1,6304	1,0344	0,0100

EK 2.14. R-236ea kullanılan sistemin ε değerine ait istatistiksel sonuçlar.

ε	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9990	0,4255	0,8868	0,0029	0,9988	0,0999	0,7437	0,0029
LM-10		0,9997	0,2193	0,8874	0,0015	0,9996	0,0500	0,7420	0,0015
LM-12		0,9998	0,1455	0,8876	0,0010	0,9998	0,0357	0,7424	0,0011
LM-14		0,9999	0,0934	0,8879	0,00062	0,9999	0,0226	0,7427	0,0006
LM-16		0,9999	0,1159	0,8876	0,0008	0,9999	0,0271	0,7421	0,0008
SCG-14		0,9906	1,3614	0,8824	0,0091	0,98913	0,304	0,744	0,0091
CGP-14		0,9926	1,1816	0,8872	0,0081	0,9912	0,2656	0,7382	0,0081

EK 2.15. R-236ea kullanılan sistemin W_{net} değerine ait istatistiksel sonuçlar.

W	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9997	0,3857	2,0427	0,0021	0,9998	1,9952	0,0020	0,3670
LM-10		0,9999	0,2556	2,0431	0,0014	0,9999	0,2270	1,9948	0,0013
LM-12		0,9999	0,1314	2,0432	0,0008	0,9999	0,1263	1,9934	0,0008
LM-14		0,9999	0,0952	2,0433	0,00054	0,9999	0,1028	1,9957	0,0005
LM-16		0,9999	0,1178	2,0433	0,0007	0,9999	0,1194	1,9947	0,0007
SCG-14		0,9983	0,8526	2,0409	0,0059	0,9985	0,796	1,993	0,0054
CGP-14		0,9989	0,8058	2,0400	0,0045	0,9989	0,8057	1,9915	0,0046

EK 2.16. R-236ea kullanılan sistemin NBD değerine ait istatistiksel sonuçlar.

NBD	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-8		0,9998	0,5642	1,4374	0,0026	0,9998	7,8046	1,4396	0,0028
LM-10		0,9999	0,2141	1,4407	0,0012	0,9998	2,9864	1,4425	0,0013
LM-12		0,9999	0,1563	1,4401	0,0009	0,9999	1,6944	1,4430	0,0010
LM-14		0,9999	0,1050	1,4384	0,00062	0,9999	1,0075	1,4409	0,0006
LM-16		0,9999	0,1840	1,4365	0,0011	0,9999	2,3625	1,4387	0,0013
SCG-14		0,9923	1,8118	1,4229	0,0105	0,9916	1,322	1,419	0,0111
CGP-14		0,9918	2,4072	1,4271	0,0108	0,9915	1,7854	1,4228	0,0111

EK 2.17. R-1234ze kullanılan sistemin η değerine ait istatistiksel sonuçlar.

η	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-10		0,9996	0,2560	0,7809	0,0017	0,9996	0,2478	0,6997	0,0016
LM-12		0,9997	0,2259	0,7809	0,0014	0,9997	0,2096	0,6996	0,0014
LM-14		0,9997	0,1896	0,7810	0,0013	0,9997	0,2188	0,7008	0,0014
LM-16		0,9998	0,1487	0,7814	0,0010	0,9998	0,1613	0,6997	0,0011
LM-18		0,9999	0,11411	0,78109	0,00074	0,9489	0,2486	0,7184	0,0200
SCG-18		0,9965	0,8785	0,7804	0,0056	0,9673	0,8833	0,7088	0,0156
CGP-18		0,9724	1,97191	0,88935	0,06583	0,9630	1,4359	0,8001	0,0656

EK 2.18. R-1234ze kullanılan sistemin ε değerine ait istatistiksel sonuçlar.

ε	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-10		0,9992	0,4136	0,8799	0,0026	0,9993	0,0989	0,8015	0,0024
LM-12		0,9996	0,3036	0,8797	0,0019	0,9995	0,0806	0,8015	0,0020
LM-14		0,9997	0,2517	0,8801	0,0016	0,9996	0,0660	0,8002	0,0017
LM-16		0,9998	0,2035	0,8802	0,0013	0,9997	0,0535	0,8014	0,0013
LM-18		0,9998	0,14454	0,88026	0,00095	0,9056	0,1188	0,8038	0,0291
SCG-18		0,9952	1,0231	0,8757	0,0065	0,9368	0,3778	0,8013	0,0232
CGP-18		0,7221	0,22420	0,74935	0,16592	0,6751	0,0739	0,6367	0,1662

EK 2.19. R-12354ze kullanılan sistemin W_{net} değerine ait istatistiksel sonuçlar.

W	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-10		0,9997	0,4112	1,8854	0,0022	0,9997	0,3905	1,9131	0,0020
LM-12		0,9997	0,3994	1,8855	0,0021	0,9997	0,4466	1,9111	0,0023
LM-14		0,9999	0,2140	1,8858	0,0012	0,9999	0,1986	1,9151	0,0011
LM-16		0,9999	0,2269	1,8861	0,0012	0,9999	0,2577	1,9175	0,0014
LM-18		0,9999	0,09895	1,88609	0,00056	0,9873	1,7427	1,9318	0,0159
SCG-18		0,9991	0,6744	1,8880	0,0040	0,9673	0,8463	1,9260	0,0068
CGP-18		0,9884	1,85995	1,67468	0,06029	0,8762	1,6822	1,7192	0,0721

EK 2.20. R-1234ze kullanılan sistemin NBD değerine ait istatistiksel sonuçlar.

NBD	Eğitim				Test				
	Algoritma	R^2	MPE	CoV	RMSE	R^2	MPE	CoV	RMSE
LM-10		0,9985	0,8765	1,2437	0,0044	0,9989	1,5532	1,4160	0,0040
LM-12		0,9983	0,9103	1,2492	0,0046	0,9984	1,2286	1,4198	0,0049
LM-14		0,9997	0,3415	1,2491	0,0018	0,9997	1,4776	1,4203	0,0019
LM-16		0,9998	0,3403	1,2418	0,0019	0,9998	1,7969	1,4124	0,0022
LM-18		0,9998	0,22477	1,24983	0,00116	0,9756	1,4624	1,4366	0,0191
SCG-18		0,9447	1,8069	1,3643	0,1687	0,9093	1,6205	1,3795	0,1607
CGP-18		0,9857	1,59785	1,19208	0,02778	0,8487	1,8090	1,3724	0,0520

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Damla KILIÇ
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir / 25.08.1994



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Makine ve İmalat
Mühendisliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İş Deneyimi

Stajlar : Arslan Alüminyum A.Ş. / Bilecik (06.2014)
Porland Porselen A.Ş. / Bilecik (07.2015)
Çalıştığı Kurumlar : Arslan Alüminyum A.Ş. / Bilecik (07.2016 -12.2016)
Proles Otomotiv A.Ş. / Bilecik (08.2017 - 02.2018)
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Bilecik (02.2018– devam ediyor)

İletişim

Adres : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü 11230 Bilecik
E-Posta Adresi : damla.kilic@bilecik.edu.tr

Akademik Çalışmaları

- Bilecik İli Güneş Enerjisi Destekli ORC Güç Santrali Tasarımı: Therminol-VP1/R-134a Örneği
- Bilecik İli Güneş Enerjisi Destekli ORC Güç Santrali Tasarımı: Eriyik Tuz/R-134a Örneği

Tarih: 01/07//2019