

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLI ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ VE KALİNA
ÇEVİRİMİNİN TERMODİNAMİK VE EKONOMİK ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT BOLAT

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ MERVE ŞENTÜRK ACAR

BİLECİK, 2021

10417028

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLI ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ VE KALİNA
ÇEVİRİMİNİN TERMODİNAMİK VE EKONOMİK ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT BOLAT

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ MERVE ŞENTÜRK ACAR

BİLECİK, 2021

10417028

BEYAN

Jeotermal Enerji Kaynaklı Organik Rankine Çevrimi ve Kalina Çevriminin Termodinamik ve Ekonomik Analizleri adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, beyan edilmelidir.			
DESTEK ALINMIŞTIR		DESTEK ALINMAMIŞTIR	X
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/.....	

Murat BOLAT

... / ... / 2021

ÖN SÖZ

Tez çalışmam sırasında bana ışık tutan ve destek olan, başta tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Merve ŞENTÜRK ACAR ve hocam Prof. Dr. Oğuz ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde en büyük paya sahip olan, hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan sevgili annem Seher BOLAT'a, babam Sinan BOLAT'a ve ablam Sümeyye POLAT'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bilgi ve tecrübesini hiçbir zaman esirgemeyerek yanımda olan, kişiliği ile her zaman kendime örnek aldığım saygı değer Öğr. Gör. Abide Banu GÜNDÜZ ALTIOKKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Murat BOLAT

... / ... / 2021

ÖZET

JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLI ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ VE KALİNA ÇEVİRİMİNİN TERMODİNAMİK VE EKONOMİK ANALİZLERİ

Bu çalışmada, jeotermal enerji kaynaklı Organik Rankine Çevrimi (ORC) ve Kalina çevriminin optimum çalışma şartlarını belirlemek için termodinamik ve ekonomik analizleri yapılmıştır. Jeotermal enerji kaynaklı ORC’de Türbin giriş sıcaklığı, türbin giriş basıncı, türbin çıkış basıncı, jeotermal kaynak giriş sıcaklığı parametreleri ile isobütan-isopentan ve R245fa-isopentan akışkanlarının 21 farklı konsantrasyon çiftleri sistemin değişken parametreleri, Kalina çevriminde Türbin giriş basıncı, türbin giriş sıcaklığı, türbin çıkış basıncı, jeotermal akışkan giriş sıcaklığı ile amonyak-su akışkanlarının 7 farklı konsantrasyon çiftleri sistemin değişken parametreleridir. Hesaplamalarda akışkanlara ait termodinamiksel değerler REFPROP 8.0 programı kullanılarak elde edilmiştir.

Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevrimi için yapılan tasarımların enerji ve ekserji analiz metotları kullanılarak değerlendirilmiştir. Buna göre; jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevrimlerine ait her bir tasarım için, enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın devamında; her bir tasarım için maliyet analizi yapılmıştır. Faydalı ömür 20 yıl olarak ele alınıp, net bugünkü değer (NBD) yöntemiyle jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevriminin ekonomikliği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : ORC ve Kalina Çevrimi, Amonyak-Su, İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan, Jeotermal Enerji, Enerji ve Ekserji Analizi.

ABSTRACT

THERMODYNAMIC AND ECONOMIC ANALYSIS OF GEOTHERMAL ENERGY POWERED ORGANIC RANKINE CYCLE AND KALINA CYCLE

In this study, thermodynamic and economic analyses of the Organic Rankine Cycle (ORC) and the Kalina cycle caused by geothermal energy were made to determine the optimal operating conditions. In the Organic Rankine Cycle which is sourced from geothermal energy, Turbine inlet temperature, turbine inlet pressure, geothermal source inlet temperature parameters and 21 different concentration pairs of isobutane-isopentane and R245fa-isopentane fluids are variable parameters of organic rankine conversion system from geothermal energy source. On the other hand, turbine inlet pressure, turbine inlet temperature, turbine outlet pressure, geothermal fluid inlet temperature and 7 different concentration pairs of ammonia-water fluids are variable parameters of the kalina cycle system. Thermodynamic values of fluids were obtained using REFPROP 8.0 program.

The designs for the geothermal energy sourced ORC and Kalina cycle were evaluated using energy and exergy analysis methods. According of this, energy and Exergy yields were calculated for each design of the ORC and Kalina cycles caused by geothermal energy.

In the next part of the study, cost analysis was performed for each design. The useful life of the system has been determined as 20 years and the economics of the geothermal energy sourced ORC and Kalina cycle are investigated using the net present value (NPV) method.

Keywords: ORC and Kalina Cycle, Ammonia-Water, Isobutane-Isopentane, R245fa-Isopentane, Geothermal Energy, Energy and Exergy Analysis.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. JEOTERMAL ENERJİ.....	2
2.1. Dünya’da Jeotermal Enerji Potansiyeli	4
2.2. Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli	6
2.3. Türkiye’de Bulunan Jeotermal Güç Santralleri.....	8
2.4. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretmek İçin Kullanılan Güç Çevrimleri.....	10
2.4.1. Kuru Buhar Çevrimleri	11
2.4.2. Flaşlı Çevrimler.....	12
2.4.2.1. Tek Flaşlı Çevrim	13
2.4.2.2. Çift Flaşlı Çevrim	13
2.4.3. Binary (İkili) Çevrimleri.....	14
2.4.3.1. Organik Rankine Çevrimi.....	15
2.4.3.2. Kalina Çevrimi	16
3. LİTERATÜR TARAMASI	18
4. MATERYAL ve METOT.....	27
4.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC	27
4.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi.....	30

5. TERMODİNAMİK ANALİZ.....	33
5.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Enerji ve Ekserji Analizi	33
5.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevriminin Enerji ve Ekserji Analizi.....	37
6. MALİYET ANALİZİ	43
7. BULGULAR	46
7.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Bulguları	46
7.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi Bulguları	64
7.3. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC ve Kalina Çevrimi Bulguları	81
8. SONUÇ.....	95
KAYNAKÇA.....	101
EKLER.....	109

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Alanları.....	3
Tablo 2.2. 2019 Yılı Ülkelere Göre Jeotermal Enerji Artış Miktarı.....	5
Tablo 2.3. Türkiye’deki Jeotermal Enerji Santralleri	8
Tablo 2.4. Türkiye’deki Santraller Türleri	10
Tablo 4.1. ORC’de Kullanılan Akışkanların Özellikleri	28
Tablo 4.2. ORC Ekipman Özellikleri ve Parametreleri	29
Tablo 4.3. Kalina Çevriminde Kullanılan Akışkanların Özellikleri.....	31
Tablo 4.4. Kalina Çevriminin Ekipman Özellikleri ve Parametreleri	32
Tablo 6.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC ve Kalina Çevrimleri için Maliyet Denklemlerinin Sabit Değerleri	44
Tablo 6.2. Ekipmanların Isı Transfer Katsayıları (U) Değerleri	45
Tablo 7.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC için Maksimum NBD ve Brüt Ekserji Verimine Ait Çalışma Parametreleri.....	62
Tablo 7.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC için Maksimum Enerji ve Net Ekserji Verimine Ait Çalışma Parametreleri.....	63
Tablo 7.3. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi için Maksimum NBD ve Brüt Ekserji Verimine Ait Çalışma Parametreleri.....	79
Tablo 7.4. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC için Maksimum Enerji ve Net Ekserji Verimine Ait Çalışma Parametreleri.....	80

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Jeotermal Sistemin Şematik Gösterimi.....	2
Şekil 2.2. Dünya Üzerinde Yüksek Entalpili Bölgeler.....	4
Şekil 2.3. Son 14 Yıl Dünya Kurulu Güç Kapasitesindeki Artış Grafiği.....	6
Şekil 2.4. Türkiye Jeotermal Kaynak Alanları ve Sıcaklık Dağılımları Haritası	7
Şekil 2.5. Jeotermal enerjili kondansersiz kuru buhar çevrimi.....	11
Şekil 2.6. Jeotermal enerjili kondanserli kuru buhar çevrimi.....	12
Şekil 2.7. Tek flaşlı çevrim şeması.....	13
Şekil 2.8. Çift flaşlı çevrim şeması.....	14
Şekil 2.9. Binary (ikili) çevrim şeması.....	15
Şekil 2.10. ORC şeması.....	16
Şekil 2.11. Kalina çevrim şeması.....	17
Şekil 4.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC	27
Şekil 4.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi.....	30
Şekil 5.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Türbin Şeması	35
Şekil 5.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Kondanser Şeması	35
Şekil 5.3. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Pompa Şeması	36
Şekil 5.4. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Evaporatör Şeması.....	36
Şekil 5.5. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Seperatör Şeması.....	39
Şekil 5.6. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Türbin Şeması.....	39
Şekil 5.7. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Kısılma Vanası Şeması	40
Şekil 5.8. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Karışım Odası Şeması.....	40
Şekil 5.9. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Kondanser Şeması.....	41
Şekil 5.10. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Pompa Şeması.....	41
Şekil 5.11. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Evaporatör Şeması	42

Şekil 5.12. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Reküperatör Şeması	42
Şekil 7.1. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Enerji Verimine Etkisi.....	46
Şekil 7.2. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi.....	47
Şekil 7.3. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi	48
Şekil 7.4. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının NBD'ye Etkisi	49
Şekil 7.5. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının Net Güce Etkisi.....	50
Şekil 7.6. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının Enerji Verimine Etkisi.....	50
Şekil 7.7. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi.....	51
Şekil 7.8. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi	52
Şekil 7.9. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının NBD'ye Etkisi	53
Şekil 7.10. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının Net Güce Etkisi.....	54
Şekil 7.11. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Enerji Verimine Etkisi	55
Şekil 7.12. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi	55
Şekil 7.13. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi	56
Şekil 7.14. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi	57

Şekil 7.15. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi.....	58
Şekil 7.16. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi.....	59
Şekil 7.17. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi.....	60
Şekil 7.18. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi	60
Şekil 7.19. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi.....	61
Şekil 7.20. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Enerji Verimine Etkisi	64
Şekil 7.21. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi	65
Şekil 7.22. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi	66
Şekil 7.23. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının NBD'ye Etkisi.....	66
Şekil 7.24. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Net Güce Etkisi.....	67
Şekil 7.25. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Enerji Verimine Etkisi	68
Şekil 7.26. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi	69
Şekil 7.27. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi	69
Şekil 7.28. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Net Güce Etkisi.....	70
Şekil 7.29. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının NBD'ye Etkisi.....	71

Şekil 7.30. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Enerji Verimine Etkisi	72
Şekil 7.31. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi	73
Şekil 7.32. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi	73
Şekil 7.33. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi.....	74
Şekil 7.34. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi.....	75
Şekil 7.35. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi.....	76
Şekil 7.36. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi.....	77
Şekil 7.37. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi.....	77
Şekil 7.38. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi	78
Şekil 7.39. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Enerji Verimine Etkisi.....	81
Şekil 7.40. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi.....	82
Şekil 7.41. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi.....	83
Şekil 7.42. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının NBD'ye Etkisi.....	83
Şekil 7.43. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Net Güce Etkisi	84
Şekil 7.44. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Enerji Verimine Etkisi	85
Şekil 7.45. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi.....	85

Şekil 7.46. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi.....	86
Şekil 7.47. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının NBD'ye Etkisi	87
Şekil 7.48. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Net Güce Etkisi.....	87
Şekil 7.49. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi	88
Şekil 7.50. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi	89
Şekil 7.51. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi.....	89
Şekil 7.52. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi.....	90
Şekil 7.53. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Enerji Verimine Etkisi....	91
Şekil 7.54. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi.....	92
Şekil 7.55. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi.....	92
Şekil 7.56. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi.....	93
Şekil 7.57. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi.....	94

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

AFJET : Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret A.Ş.

bom : Bakım onarım maliyeti

ç : Çıkan

ek : Elektrik kazancı

em : Ekipman maliyeti

eva : Evaporatör

fe : Fiziksel ekserji

g : Giren

hm : Hurda maliyeti

ia : İş akışkanı

j : Jeneratör

ja : Jeotermal akışkan

jç : Jeotermal su çıkışı

JES : Jeotermal Enerji Santrali

jg : Jeotermal su girişi

kar : Karışım odası

ke : Kimyasal ekserji

kıs : Kısılma vanası

kon : Kondanser

MTA : Maden Teknik Arama

nna : Net nakit akışı

NBD : Net Bugünkü Değer

ORC : Organik Rankine Çevrimi

p : Pompa

rek : Reküperatör

RORC : Rejeneratif Organik Rankine Çevrimi

sa : Soğutucu akışkan

sç : Soğutma suyu çıkışı

sep : Seperatör

sg : Soğutma suyu girişi

sö : Sistemin ömrü

sym : Sistemin Yatırım Maliyeti

t : Türbin

TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim A.Ş.

ydm : Yaşam döngüsü maliyeti

A : Alan (m^2)

B₁, B₂ : Sabitler

C : Maliyet (ABD\$)

C₁, C₂, C₃ : Sabitler

D_{tüp} : Giriş borusunun çapı (m)

E_{xi} : Ekserji (kW)

h : Özgül entalpi (kJ/kg)

i : Faiz oranı (%)

j : İskonto oranı (%)

K₁, K₂, K₃ : Sabitler

$\dot{m}$: Kütlesel debi (kg/s)

NBD : Net Bugünkü Değer

$\eta_{evap.}$: Evaporatör verimi (%)

$\eta_{kon.}$: Kondanser verimi (%)

η_p : Pompa verimi (%)

$\eta_{rek.}$: Reküperatör verimi (%)

η_t : Türbin verimi (%)

η_{th} : Enerji verimi (%)

P : Basınç (kPa)

P_0 : Çevre basıncı (kPa)

p_L : Sıvı yoğunluğu (kg/m^3)

p_v : Buhar yoğunluğu (kg/m^3)

$\dot{Q}$: Isı enerjisi (kW)

Q_{vs} : Seperatörün giriş akışının hacimsel akış hızı (m^3/s)

s : Entropi (kJ/kg.K)

T : Sıcaklık (K)

T_0 : Çevre sıcaklığı ($^{\circ}C, K$)

t_0 : Sistemin yıllık çalışma süresi (saat)

U : Isı transfer katsayısı (kW/m^2K)

u_t : Seperatörün terminal hızını (m/s)

$\dot{W}$: Güç (kW)

x : Konsantrasyon Oranı (%)

ΔT_m : Logaritmik sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

ψ : Özgül ekserji (kJ/kg)

ϵ : Ekserji verimi (%)

1. GİRİŞ

Dünya’da ve ülkemizde hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojinin gelişmesi fosil kaynak rezervlerinin azalmasına, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacın ise artmasına neden olmuştur. Ülkemiz enerji ihtiyacının çoğunu ithal yollarla karşılamaktadır. Gerekli tedbirlerin alınmaması halinde dışa olan bağımlılığımız günden güne artacaktır. Dışa bağımlılığımızın azaltılması için yenilenebilir enerji kaynağı kullanımını ülkemizde daha çok yaygınlaştırılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynağı diyince aklımıza güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biokütle enerjisi ve jeotermal enerji gelmektedir. Bu kaynaklar hem sürdürülebilir hem de çevre dostudur (Ustaoglu, 2020: 784).

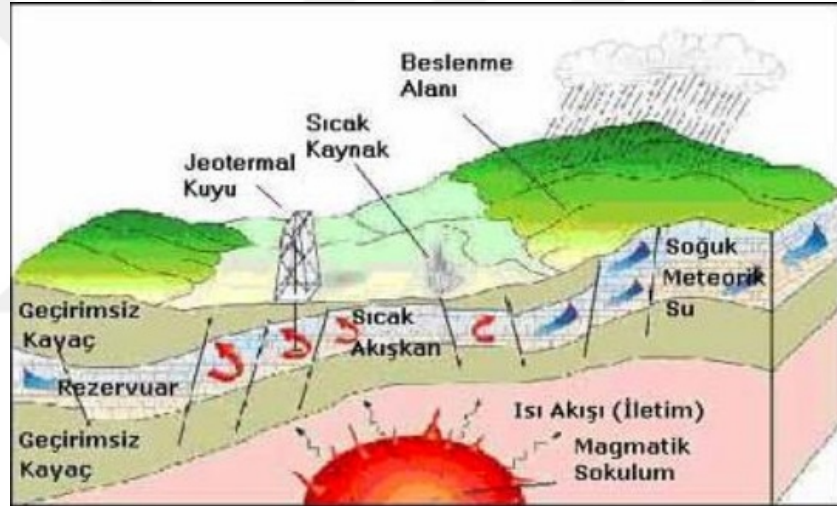
Türkiye coğrafi özellikleri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengindir. Bu kaynaklar arasında jeotermal enerjide önemli bir yere sahiptir. Jeotermal sahalar düşük entalpili sahalar (20-70 °C), orta entalpili sahalar (70-150 °C), ve yüksek entalpili sahalar (150 °C’den yüksek) olarak gruplandırılmaktadır. Ülkemizdeki düşük entalpili sahalarda genellikle sera ısıtması, bölgesel ısıtma, meyve-sebze kurutma, termal turizm amacıyla kullanılmaktadır. Orta entalpili sahalarda endüstriyel üretim ve elektrik üretiminde, yüksek entalpili sahalarda ise hem elektrik üretimi hem de farklı amaçlar için kombine edilerek kullanılmaktadır (Çiftçi, 2021: 2).

Bu çalışmada farklı jeotermal kaynak sıcaklık değerleri için Organik Rankine Çevrimi (ORC) ve Kalina çevrimi tasarımları yapılmıştır. Bu bağlamda ORC tasarımında 21 farklı iş akışkanı, Kalina tasarımında 7 farklı iş akışkanı kullanılmış ve her bir iş akışkanı için değişken parametrik değerler dikkate alınarak termodinamik ve ekonomik analizleri yapılmıştır.

2. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji, yer altında bulunan önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu enerji kaynağı yüzyıllardır ısınma, yiyeceklerin pişirilmesinde ya da sağlık amacıyla kullanılmaktadır (Güngör, 2018: 4).

Yer kabuğunun kırıklı yapısından dolayı oluşan jeotermal enerji, termal ve eriyik haldeki magmanın etkisi ile ısıtmış olduğu yer altı sularını, hidrotermal kaynaklar olarak veya sıcak su şeklinde yeryüzünde oluşur. İç enerji sonucunda oluşan jeotermal enerji; yerkürenin yüzeye yakın kısımlarında kırıklı yer kabuğu ve gözenekli ortamlarda hidrolik konveksiyon ile kontrol edilmektedir (Havuz, 2012: 37). Jeotermal enerjinin oluşumu Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Jeotermal Sistemin Şematik Gösterimi

Kaynak: (Tesisat, 2016)

Jeotermal kaynağın bulunduğu alanlarda ısının kaynağı; volkanizma, soğuyamayan magmatik sokulum, veya tektonik hareketlerdir. Bu gibi etkiler jeotermal enerji kaynağının bulunduğu alanın ısı akışının yükselmesine sebep olmaktadır. Çalışma alanında ya da yakın çevresinde volkanizmanın bulunması bölgede jeotermal enerji kaynağının bulunma ihtimalini daha da yükseltmektedir. Günümüze kadar yer kabuğunda oluşan bozulmaların nedeni olarak radyoaktif etkileşimler gösterilmektedir. Bu bozulma neticesinde yer kabuğundan ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu enerjiye de jeotermal enerji denilmektedir (Özdemir vd., 2019: 2).

Jeotermal enerjinin birçok kullanım alanı bulunur. Enerji çeşidine göre jeotermal kaynaklar; yüksek, orta ve düşük entalpili kaynaklar olmak üzere üç alt başlık içinde incelenir. Yüksek entalpili kaynaklar ($>150\text{ }^{\circ}\text{C}$) elektrik üretimine imkan sağlarken, orta ($85\text{ }^{\circ}\text{C} - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ arası) ve düşük entalpili ($<85\text{ }^{\circ}\text{C}$) kaynaklar direkt kullanılabilir (Yüzer, 2010: 13). Jeotermal elektrik santrallerinde suyun kullanımı sonrası kalan suyun sıcaklığının yeterli olması durumunda sera ya da farklı endüstriyel tesislerin ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntem sayesinde kendi kendine yetebilen entegre tarımsal üretim tesisleri kurulumu yapılabilir. Jeotermal enerjinin farklı kullanım alanları Tablo 2.1’de gösterilmiştir (Arslantaş, 2019: 13).

Tablo 2.1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Alanları

Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Jeotermal Akışkanın Kullanım Alanı
180 $^{\circ}\text{C}$	Elektrik enerjisi üretimi, amonyak absorpsiyonu ile soğutma, yüksek konsantrasyonda buharlaştırma, kağıt sanayi.
170 $^{\circ}\text{C}$	Elektrik enerjisi üretimi, ağır su ve hidrojen sülfid prosesleri malzeme kurutma.
160 $^{\circ}\text{C}$	Konvensiyel güç üretimi, kereste ve balık kurutma.
150 $^{\circ}\text{C}$	Konvensiyel güç üretimi, Bayer yöntemi ile alüminyum eldesi.
140 $^{\circ}\text{C}$	Konvensiyel güç üretimi, tarım ürünlerinin hızlı kurutulması.
130 $^{\circ}\text{C}$	Konvensiyel güç üretimi, şeker rafinasyonunda buharlaştırma.
120 $^{\circ}\text{C}$	Distilasyon ile temiz su eldesi, tuz elde edilmesi, şeker sanayi, damıtma prosesi.
110 $^{\circ}\text{C}$	Yün yıkama ve kurutma, çimento kurutma.
100 $^{\circ}\text{C}$	Meyve ve sebze kurutma.
90 $^{\circ}\text{C}$	Hacim ısıtılması.
80 $^{\circ}\text{C}$	Lityum bromür yöntemi ile soğutma.
70 $^{\circ}\text{C}$	Endüstri proses suyu.
60 $^{\circ}\text{C}$	Sera, ahır, kümes ısıtılması.
50 $^{\circ}\text{C}$	Mantar yetiştirme.
40 $^{\circ}\text{C}$	Toprak ısıtma.
30 $^{\circ}\text{C}$	Yüzme havuzları, turizm, sağlık amaçlı banyolar.
20 $^{\circ}\text{C}$	Balık çiftlikleri.

Kaynak: (Arslantaş, 2019: 13)

Jeotermal enerji kaynağının aranması, üretilmesi ve tesislerinin işletilmesinde bazı sorunlarla karşılaşılması doğaldır. Bu yerli ve yenilenebilir kaynağın ülkemizde fazlaca

bulunmasından dolayı oluşabilecek sorunların en aza indirilmesi için sahaların işletiminin, denetleyici kurumların ve üniversitelerimizin birlikte koordineli ve planlı bir şekilde çalışmaları gerekmektedir (Satman, 2019: 240).

2.1. Dünya’da Jeotermal Enerji Potansiyeli

Dünya’da en çok jeotermal enerjinin varlığının gözlemlendiği alanlar, kıtasal çarpışma bölgelerinin olduğu yerlerdedir. Yer kabuğunun bu hareketli alanları aynı zamanda deprem yoğunluğunun fazla yaşandığı yerler olmasıyla da dikkat çekmektedir (Bilginç, 2015: 16). Şekil 2.2’de Jeotermal enerjinin dünya üzerindeki çeşitli alanlardaki dağılımı görülmektedir.



Şekil 2.2. Dünya Üzerinde Yüksek Entalpili Bölgeler

Kaynak: (Yıldız, 2014)

Jeotermal enerji, Dünya’nın enerji tüketiminin küçük bir oranına katkıda bulunmaktadır. Elektrik üretiminde bile, jeotermal enerji dünya çıkışının % 1’inden daha azını üretmektedir. 2019 yılında toplam 759 MW’lık yeni jeotermal enerji kapasitesi kurulmuş olup toplam kapasite 15.406 GW’a yükselmiştir. 2019 verilerine göre en büyük artış 193,3 MW ile Kenya ilk sırada yer almaktadır. Tablo 2.2’de ülkelere göre 2019 yılı jeotermal enerji artış değerleri verilmiştir (Bilginç, 2015: 16).

Tablo 2.2. 2019 Yılı Ülkelere Göre Jeotermal Enerji Artış Miktarı

ÜLKE	Jeotermal Enerji Artış Değerleri
ABD	23 MW
ENDONEZYA	185 MW
FİLİPİNLER	50 MW
TÜRKİYE	179 MW
YENİ ZELENDA	-
MEKSİKA	11,7 MW
İTALYA	-
KENYA	193,3 MW
İZLANDA	3 MW
JAPONYA	51,6 MW

Kaynak: (Jeotermal Haberler, 2019)

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı açısından, bu potansiyelin yaklaşık % 70'ini değerlendiren ülkeler sırasıyla Türkiye, İzlanda, Japonya, Meksika, ABD ve Yeni Zelanda'dır. Coğrafi olarak, kurulu üretim kapasitesinin % 72'si tektonik plaka sınırlarında veya Pasifik Kıyıları'nın sıcak bölge alanlarında yer almaktadır. Kurulu üretim kapasitesinin orantısız bir yüzdesi, yalnızca değerli bir enerji üretim kaynağı sağlamayan aynı zamanda hem ısı hem de ısı depolanmasına da olanak sağlayan ada ülkeleri veya bölgelerinde % 43 bulunmaktadır (Şahin, 2019: 20).

2005-2019 yılları arasında Dünya'da jeotermal kaynağın kullanımına ilişkin bir grafik yapıldığında son 14 yılda yaklaşık olarak kurulu toplam güç kapasitesinde % 60 oranında bir artış olduğu fark edilmektedir. Şekil 2.3'te son 14 yılda ki jeotermal kurulu güç değerleri verilmiştir. Dünya genelinde yeni yapılan sondaj çalışmaları ve halen devam etmekte olan kaynak arama çalışmalarının verileri yüklendiğinde daha sonraki yıllarda kurulu güç kapasitesinde sürekli bir artışın devam edeceği anlaşılmaktadır (Şahin, 2019: 25).



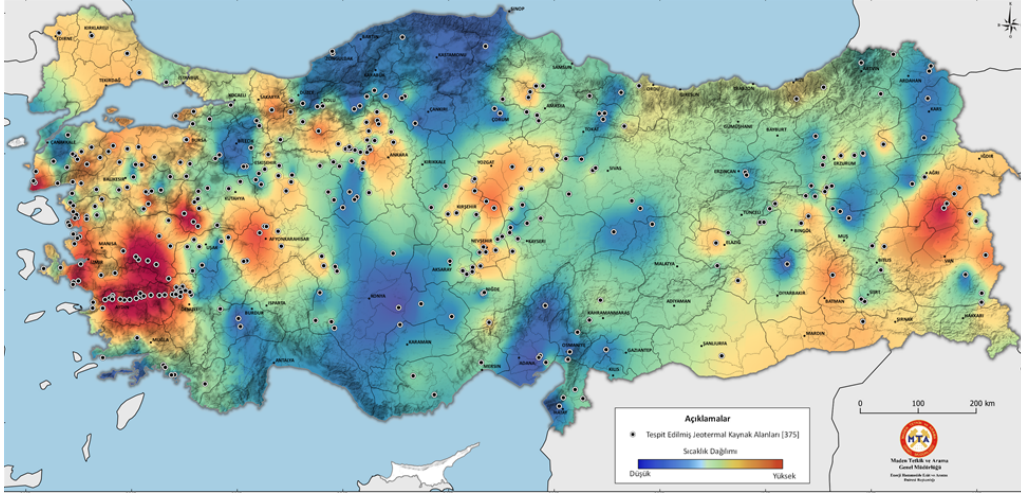
Şekil 2.3. Son 14 Yıl Dünya Kurulu Güç Kapasitesindeki Artış Grafiği

Kaynak: (Şahin, 2019: 26)

2.2. Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli

Türkiye özel ve matematik konumundan dolayı aktif fay kuşakları üzerinde yer alması, ülkemizi jeotermal enerji potansiyeli bakımından önemli bir noktada bulunmasını sağlamaktadır. Jeotermal enerji potansiyeli ile Türkiye Avrupa’da birinci, dünyada yedinci sıradadır. Kurulu güç bakımından ise dünyada dördüncü sırada bulunmaktayız (Önal, 2020: 88).

Ülkemizde farklı sıcaklıklarda doğal çıkış şeklinde olan 1000 civarında jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bu kaynakların % 78’i Batı Anadolu’da, % 9’u İç Anadolu’da, % 7’si Marmara’da, % 5’i Doğu Anadolu’da, % 1’i de diğer bölgelerde bulunmaktadır. Şekil 2.4’te Türkiye jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımları gösterilmiştir (MTA, 2020).



Şekil 2.4. Türkiye Jeotermal Kaynak Alanları ve Sıcaklık Dağılımları Haritası

Kaynak: (MTA, 2020)

Ülkemizde jeotermal kaynakların % 90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olduğu için ısıtma ve termal turizm gibi alanlarda kullanılırken % 10'luk kısmı ise yüksek sıcaklıkta olduğu için elektrik üretimine uygundur. Jeotermal kaynakların aranması ve çıkarılması 1962 yılında kurulan Maden Teknik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılmaktadır. İlk kurulan jeotermal santralimiz 0,5MWE güce sahip Denizli ilinde bulunan Kızıldere santralidir. 1990-2004 yılları arasında uygulanan yanlış politikalar nedeni ile durma noktasına gelen jeotermal enerji arama çalışmalarına son yıllarda gerekli önemin verilmesi ile sondajlı jeotermal arama çalışmaları 2.000 m'lerden 28.000 m'lere çıkartılarak MTA Genel Müdürlüğüne sağlanan ödeneğin 10 katına çıkarılmasında etkili olmuştur. 2008 yılında yürürlüğe giren Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile özel sektöründe jeotermal enerjiyi arama, geliştirme ve yatırım faaliyetine katılması ile ülkemizdeki jeotermal güç kapasitesi günden güne artmaktadır. 2008 yılından günümüze kadar 16 tanesi elektrik üretimine uygun olan toplam 101 adet saha MTA Genel Müdürlüğü bünyesinde ihale yoluyla yatırımcılara devredilmiştir. Bu sayede jeotermal kaynağın ekonomiye ve istihdama olan katkısı arttırılmıştır (MTA, 2020).

2.3. Türkiye’de Bulunan Jeotermal Güç Santralleri

2019 yılı sonunda 1335 MW olan Türkiye jeotermal enerji santrali kurulu gücü 2020 yılı MTA Genel Müdürlüğü tarafından açılan kuyular ile birlikte Türkiye'nin toplam Jeotermal ısı kapasitesi 1514 MW ulaşmıştır (TEİAŞ, 2020). Yeni kaynakların bulunması ve mevcut kapasitenin günden güne artırılması ile belirlenen değerlerin giderek artması beklenilmektedir. Tablo 2.3’te Türkiye de bulunan jeotermal enerji santrallerini ve bu santrallerin kurulu gücü verilmiştir.

Tablo 2.3. Türkiye’deki Jeotermal Enerji Santralleri

Santral Adı ve İli	Firma Adı	Kurulu Güç (MW)
Kızıldere 3 JES (Denizli)	Zorlu Enerji	165
Efeler JES (Aydın)	Güriş Holding	115
Kızıldere 2 JES (Denizli)	Zorlu Enerji	80
Pamukören JES (Aydın)	Çelikler Enerji	68
Mis 3 JES (Manisa)	Soyak Enerji	48
Galip Hoca Germencik JES (Aydın)	Güriş Holding	47
Alaşehir JES (Manisa)	Zorlu Enerji	45
Maren JES (Aydın)	Kipaş Holding Enerji Grubu	44
Dora 3 JES (Aydın)	MB Holding	34
Melih JES (Aydın)	Kipaş Holding Enerji Grubu	33
Pamukören 4 JES (Aydın)	Çelikler Enerji	32
Ala 2 JES (Manisa)	Maspo Enerji	30
Türkerler 3 JES (Manisa)	Türkerler Holding	30
Greeneco 5 JES (Denizli)	Greeneco Enerji	28
Greeneco 3 JES (Denizli)	Greeneco Enerji	26
Greeneco JES (Denizli)	Greeneco Enerji	26
Efe 7 JES (Aydın)	Güriş Holding	25
Enerjeo Kemaliye JES (Manisa)	Enerjeo Kemaliye Enerji	25

Tablo 2.3. (Devam ediyor)

Santral Adı ve İli	Firma Adı	Kurulu Güç (MW)
Ken 3 JES (Aydın)	Kipaş Holding	25
Mehmethan JES (Aydın)	Kipaş Holding	25
Salihli 2 JES (Manisa)	Sanko Enerji	25
Deniz JES (Aydın)	Kipaş Holding Enerji Grubu	24
Ken Kipaş JES (Aydın)	Kipaş Holding Enerji Grubu	24
Kerem JES (Aydın)	Kipaş Holding Enerji Grubu	24
Kubilay JES (Aydın)	Çevik Grup	24
Türkerler Alaşehir 2 JES (Manisa)	Türkerler Holding	24
Türkerler Alaşehir JES (Manisa)	Türkerler Holding	24
Özmen 1 JES (Manisa)	Özmen Holding, Sis Enerji	24
Efe 6 JES (Aydın)	Güriş Holding	23
Pamukören 2 JES (Aydın)	Çelikler Enerji	23
Pamukören 3 JES (Aydın)	Çelikler Enerji	23
Sultanhisar 2 JES (Aydın)	Çelikler Enerji	23
Baklacı JES (Manisa)	Akça Enerji	19
Özmen 3 JES (Manisa)	Özmen Holding, Sis Enerji	19
Kuyucak JES (Aydın)	Turcas Enerji	18
3 S Kale JES (Aydın)	3S Kale Enerji	17
Dora 4 JES (Aydın)	MB Holding	17
Kızıldere (Zorlu) JES (Denizli)	Zorlu Enerji	15
Sanko Salihli JES (Manisa)	Sanko Enerji	15
Sultanhisar JES (Aydın)	Çelikler Enerji	14
Buharkent JES (Aydın)	Limgaz Elektrik Üretim	14
Gümüşköy JES (Aydın)	BM Holding Enerji Grubu	13
İda JES (Çanakkale)	Yerka Elektrik Üretim A.Ş.	12
Mis 1 JES (Manisa)	Soyak Enerji	12
Karkey Umurlu JES (Aydın)	Karadeniz Enerji	12
RSC Seferihisar JES (İzmir)	RSC Elektrik	12
Umurlu 2 JES (Aydın)	Karadeniz Enerji	12
Maspo Enerji 4 JES (Manisa)	Gürmen Group, Maspo Enerji	10
Dora 2 JES (Aydın)	MB Holding	9,50
Babadere JES (Çanakkale)	MTN Enerji	8,00
Dora 1 JES (Aydın)	MB Holding	7,95
Tuzla JES (Çanakkale)	Enda Enerji	7,50
Kızıldere JES (Denizli)	Bereket Enerji	6,85
Tosunlar JES (Denizli)	Akça Enerji	3,81
Afjet Afjes JES (Afyonkarahisar)	Afyonkarahisar İl Özel İdaresi	2,76
Emirler 1 JES (Denizli)		2,90

Kaynak: (Enerji Atlası, 2020; Zaim ve Çavşi, 2020: 51)

2.4. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretmek İçin Kullanılan Güç Çevrimleri

Türkiye’de 64 tane kurulu güç santrali bulunmaktadır. Bu santrallerin sayıca dağılımı Tablo 2.4’te verilmiştir. Hava soğutmalı santraller sadece yaz aylarında yapılan düşük üretimleri sonucunda hava sıcaklığına da bağlı olarak % 40’a ulaşan üretim kayıpları görülmektedir. Ancak kullanılan bazı hava soğutmalı jeotermal enerji sistemlerinde tasarım sıcaklığının altında da üretim yapılabilir. Özellikle son zamanlarda teknolojiye ilerlemeler sonucunda kurulumu yapılan Binary sistemli hava soğutma çevrimindeki havanın sıcaklığının artırılması ile % 8 fazla üretimle sınırlanan üretimler bulunmaktadır. Normal Binary sistemle karşılaştırıldığında biraz daha küçük jeneratör ve türbin tercih edilmesine imkan sağlarken, ısı değiştiricisi ve kondanser sistemlerinin kapasitesinin düşürülmesi ile maliyetin azaltılması öngörülmektedir (Kuşcu, 2019: 35).

Tablo 2.4. Türkiye’deki Santral Türleri

Santral Türü	Santral Sayısı
Tek Flaşlı Çevrim	1
Çift Flaşlı Çevrim	2
Kombine Çevrim	3
Binary (ikili) Çevrim	58

Kaynak: (Kuşcu, 2019: 36)

Jeotermal enerjiden elektrik üretilmesinde en etkili faktör kaynak sıcaklığıdır. Çıkarılan sıcak akışkanın özelliklerine uygun olarak farklı güç çevrimi sistemleri seçilebilmektedir (Kuşcu, 2019: 38).

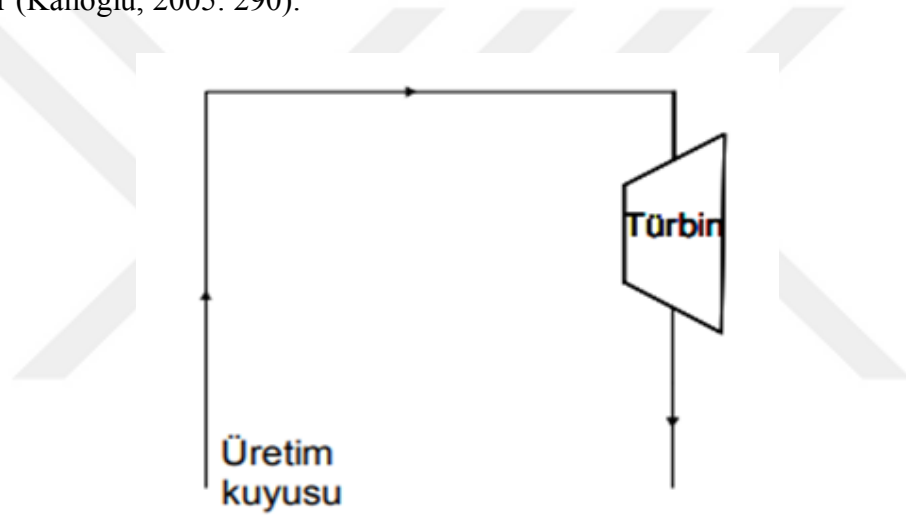
Jeotermal enerjiden elektrik üreten santralleri sınıflandırırken çevrimde kullanılan akışkana göre dört alt başlık altında incelemekteyiz:

- Kuru buhar çevrimleri
- Flaşlı (tek/çift) çevrimleri
- Binary (ikili) çevrimleri
- Diğerleri: birleştirilmiş (kombine edilmiş) ve hibrit enerji çevrimleri (Alper, 2019: 30).

2.4.1. Kuru Buhar Çevrimleri

Kuru buhar çevrimleri kondansersiz ve kondanserli olmak üzere iki çeşittir. Kullanılan en basit ve en ekonomik kuru buhar çevrimi kondansersiz olandır. Şekil 2.5'te kondansersiz kuru buhar çevrimi şeması gösterilmiştir. Çevrimin çalışma prensibi kısaca şöyledir: Jeotermal kuyudan elde edilen buhar bir türbinden geçirilerek elektrik elde edilir ve daha sonra jeotermal buhar çevreye bırakılır. Türbin çıkışında kondanser olmadığı için atmosfere bırakılan buhar türbini atmosfer basıncıyla terk etmektedir.

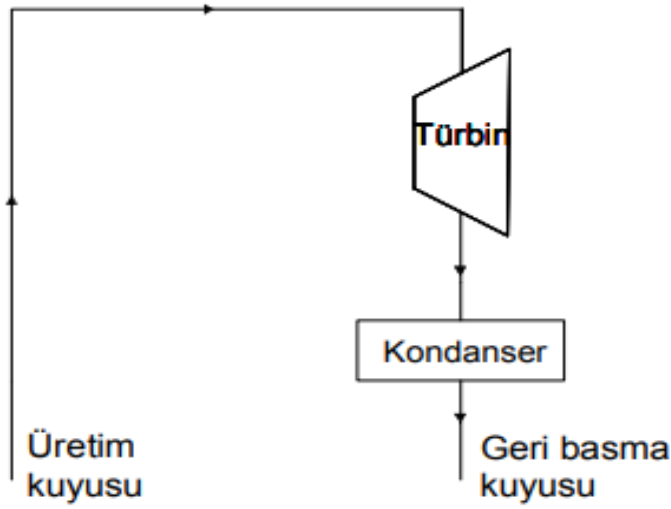
Kondansersiz çevrimin avantajı sistemde kondanser kullanılmadığı için sistemin yapım ve işletme maliyetini azaltmaktadır. Dezavantajına neden olan durum ise türbin çıkışının açık olması sonucunda atmosfere bırakılan jeotermal buharın çevre kirliliğini arttırmasıdır (Kanoğlu, 2005: 290).



Şekil 2.5. Jeotermal Enerjili Kondansersiz Kuru Buhar Çevrimi

Kondanserli kuru buhar çevriminde ise türbin çıkışında kondanser bulunmaktadır. Şekil 2.6'da kondanserli kuru buhar çevriminin şeması gösterilmiştir. Çevrimin çalışma prensibi şu şekildedir: Jeotermal kuyudan elde edilen buhar türbinden geçirilerek elektrik üretilir. Türbinden geçen jeotermal buhar daha sonra kondansere ulaşır ve burada yoğunlaştırularak ideal olarak geri basılır ya da atık olarak göl, ırmak, dere gibi alanlara bırakılır.

Türbin çıkışında kondanser kullanılması ile jeotermal buhar türbini daha düşük basınç ve daha düşük sıcaklıkta terk etmektedir. Böylece jeotermal buharın ısı enerjisinden daha fazla güç elde edilmesine imkan sağlar. Bu sayede kondanserli kuru buhar çevrimi kondansersiz kuru buhar çevrimine nazaran daha çok elektrik üretir (Kanoğlu, 2005: 290).



Şekil 2.6. Jeotermal Enerjili Kondanserli Kuru Buhar Çevrimi

2.4.2. Flaşlı Çevrimler

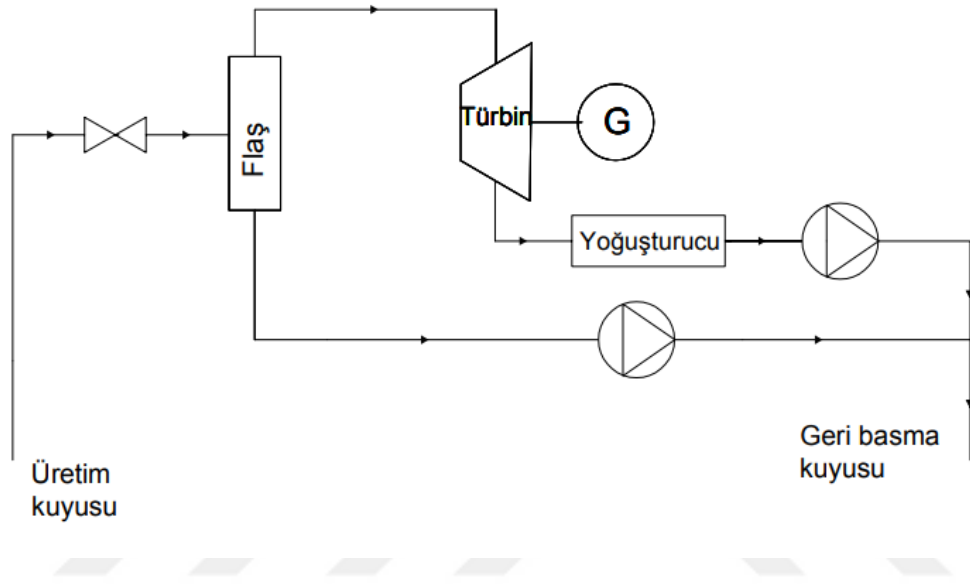
Buhar oranının düşük olduğu ya da jeotermal kaynağın tamamen sıvı fazda olduğu durumlarda tek veya çift flaşlı buhar çevrimleri kullanılmaktadır (Coşku vd., 2008: 87). Bu çevrimler 180 °C ve üstü jeotermal kaynak sıcaklıkları için daha uygundur. Tek veya çift flaşlı çevrimlerde jeotermal kaynak seperatör sıcaklığında ayrıştırma yapılır. Ayrıştırılan sıvı akışkan rezervuara, buhar ise güç üretmesi için türbine gönderilmektedir. Çift akışlı sistemlerde ise ikincil akışkan jeotermal kaynak tarafından ısıtılarak enerji üretilmesi sağlanmaktadır Altın ve Onur, 2017: 125).

Flaşlama işlemi sırasında entalpi değişmemektedir. İşlem sonrasında genellikle kuruluk derecesi 0,10-0,50 arasında buhar elde edilmektedir. Flaşlama işleminde buharın kuruluk derecesini etkileyen bazı faktörler vardır. Bu faktörler: Jeotermal akışkanın termodinamik şartları, kuyunun boyutları ve kuyu basıncıdır (Çeçen, 2019: 30).

Flaşlı güç çevrimleri tek flaşlı ve çift flaşlı çevrim olmak üzere iki şekilde incelenmektedir. Bir jeotermal kaynağın hangi flaşlı çevrim için uygun olduğunu belirlemek için; kaynak karakteristiği, güç santralinin kapasitesi, termodinamik ve termoekonomik en uygun şekle sokma analizleri gibi parametreler etkili olmaktadır (Çeçen, 2019: 30).

2.4.2.1. Tek Flaşlı Çevrim

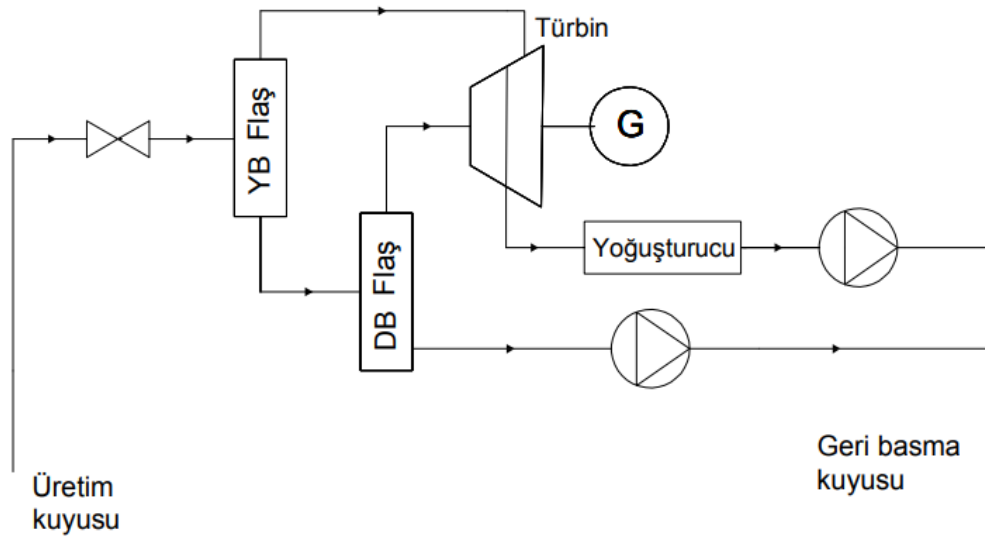
Tek flaşlı enerji santrallerinin çalışma prensibi; jeotermal kaynaktan gelen akışkanın flaştan geçirilerek sıvı ve buhar olarak ayrışması sağlanır. Ayrıştırılan sıvı rezervuara geri gönderilirken buhar türbine gönderilerek elektrik üretilmesi sağlanır. Tek flaşlı çevrimin genellikle sıcaklığı 150 °C 'den yüksek olan yerlerde kullanılması daha ekonomik olmaktadır (Alper, 2019: 38). Şekil 2.7'de Tek flaşlı enerji santralinin çalışma şeması verilmiştir.



Şekil 2.7. Tek Flaşlı Çevrim Şeması

2.4.2.2. Çift Flaşlı Çevrim

İki fazlı akışkandan daha yüksek enerji elde edebilmek için Double Flash olarak adlandırılan çift flaşlı sistem kullanılmaktadır. Kullanılan bu sistemde birinci ayırım işleminden ayrılan sıcak su ikinci flaştan geçirilerek elde edilen buhar daha düşük basınçta sahip ikinci türbine gönderilerek ya da aynı türbinin düşük basınçlı kademesinden geçirilerek elektrik enerjisi elde edilir. Türbinden çıkan gazı atmosfer basıncında tutabilmek ve yoğuşturulamayan bazı gazları (CO_2 , H_2S) ayrıştırabilmek için yoğuşturucuda bir pompa ya da ejektör kullanılması gerekmektedir (Kıvanç ve Serpen, 2011: 113). Şekil 2.8'de Çift flaşlı enerji santralinin çalışma şeması verilmiştir.

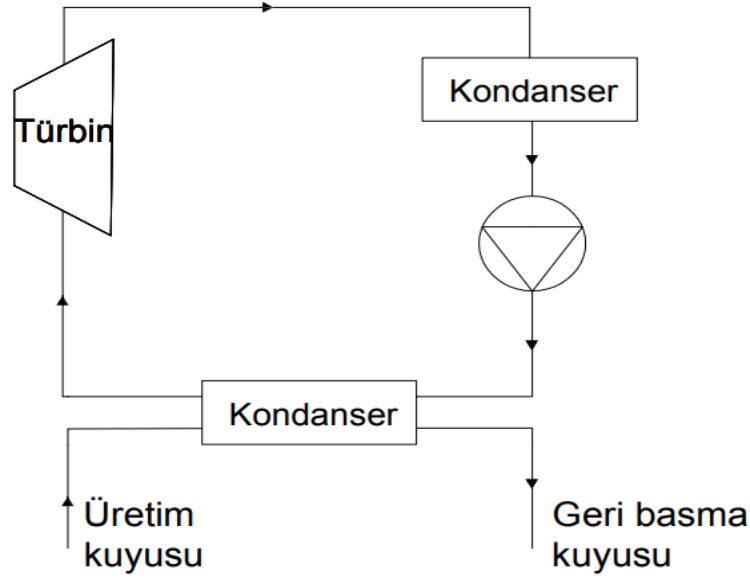


Şekil 2.8. Çift Flaşlı Çevrim Şeması

2.4.3. Binary (İkili) Çevrimleri

Kuru buhar ve flaşlı çevrimlere göre daha düşük jeotermal akışkanlar için kullanılması en uygun sistemdir. Binary çevriminin dünyadaki jeotermal enerji santrallerinin % 45'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir (Çeçen, 2019: 33).

Binary (ikili) çevrimlerde jeotermal akışkanın yanı sıra ikincil bir çalışma akışkanı kullanılmaktadır. Kullanılan bu akışkanlar suya göre daha düşük sıcaklıklarda buhar fazına geçebilmektedir. İzobütan, izopentan, pentan ve R-114 gibi akışkanlar Binary çevrimlerinde yaygın olarak kullanılan ikincil akışkanlardır. Türkiye’de üretim lisansı almış 17 tane Binary çevrim prensibi ile çalışan santral bulunmaktadır. Bu santrallerin büyük bir çoğunluğunda iş akışkanı olarak n-Pentane kullanılmaktadır (Ergün vd., 2016: 682). Şekil 2.9’da Binary (İkili) çevrimin akış şeması verilmiştir.



Şekil 2.9. Binary (İkili) Çevrim Şeması

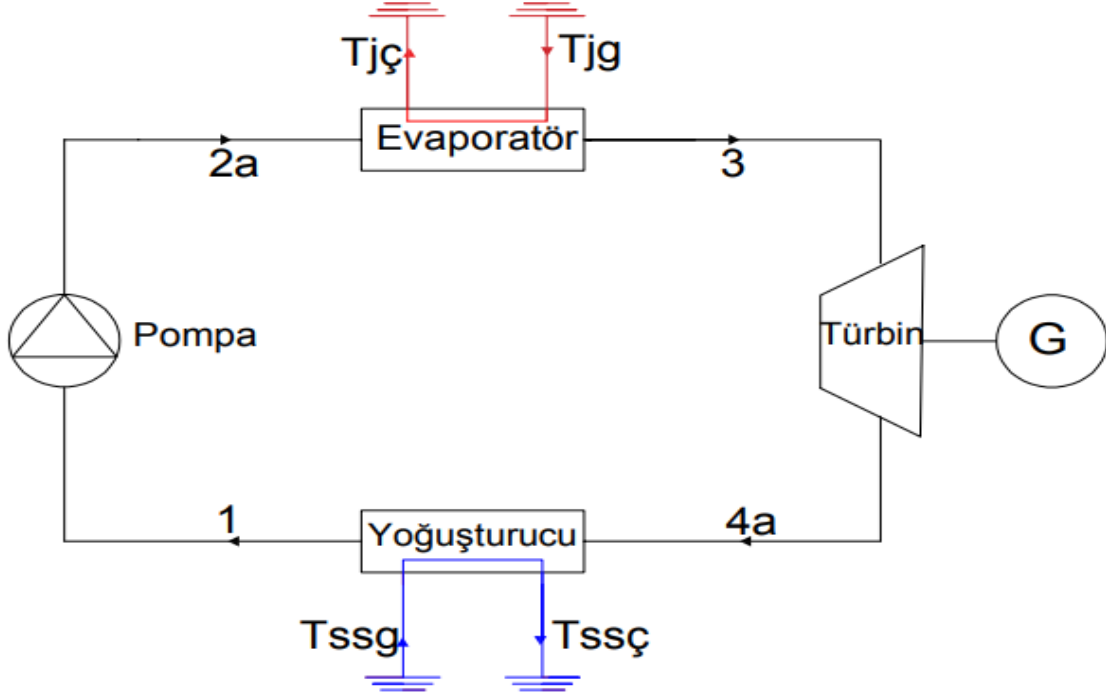
Binary çevriminin çalışma prensibi şu şekildedir: Üretim kuyusundan elde edilen jeotermal su buharlaştırıcıya gönderilir. Buharlaştırıcıdaki ikincil akışkana ısını veren jeotermal su enjeksiyon kuyusuna gönderilir. Jeotermal suyun ısı ile buhar fazına geçen iş akışkanı buharlaştırıcıdan türbine gönderilir ve türbinden geçerek iş üretir. Daha sonra türbinden çıkan iş akışkanı kondansere girer ve ısını soğuk kaynağa vererek doymuş sıvı fazına geçer ve tekrardan pompaya gönderilerek sistem bu kapalı çevrimde devam eder (Ergün vd., 2016: 682).

Kullanılan Binary çevriminin en büyük avantajı jeotermal akışkanın hiçbir zaman güç üretim ekipmanları ile temasının olmamasıdır. Jeotermal kaynağın güç üretim ekipmanlara temas etmemesi sayesinde, ekipmanlarda oluşabilecek korozyon riskini en aza indirirken jeotermal kaynağın tekrardan rezervuara gönderilmesine de imkan sağlamaktadır (Çeçen, 2019: 33).

2.4.3.1. Organik Rankine Çevrimi

Düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal kaynaklar için ORC kullanılmaktadır. ORC çevrimi 150 °C ve daha düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklarda elektrik üretirken buharlı güç santrallerine göre daha az maliyet ile çalışır. Bu sistemlerde sıcak kaynak olarak atık ısı, jeotermal ve biokütle enerjisi gibi kaynaklar kullanılmaktadır (Yılmaz, 2018: 87). Dünya genelinde kurulu 918 ORC santrali bulunmaktadır. Bu santrallerin 163 tanesi jeotermal enerji

ile çalışmaktadır. Türkiye’de ise jeotermal enerji ile çalışan 32 tane ORC santrali bulunmaktadır (Akkurt, 2020: 730).



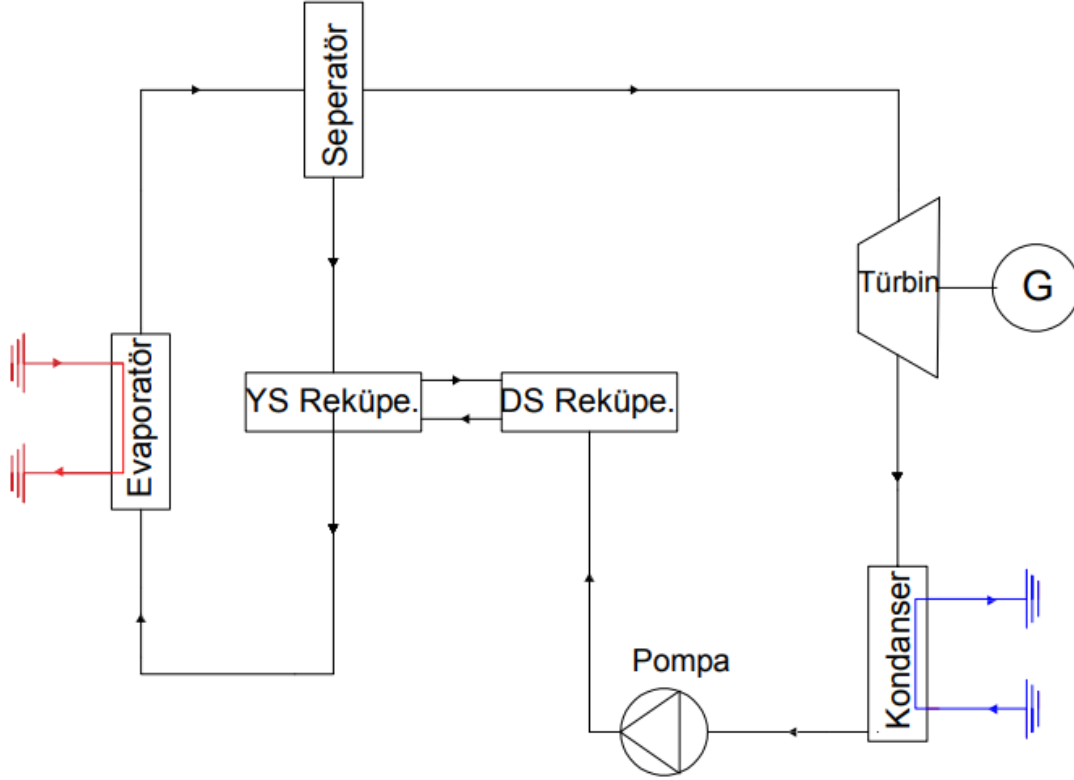
Şekil 2.10. ORC Şeması

Jeotermal enerji kaynaklı ORC şeması Şekil 2.10’da verilmiştir. ORC temelde buharlaştırıcı, türbin, pompa ve yoğuşturucu olmak üzere 4 ana ekipmandan oluşmaktadır. Sistemin çalışma prensibi kısaca şöyledir: Jeotermal kaynak (T_{jg}) buharlaştırıcıya gönderilir. Isısını ORC akışkanına verdikten sonra buharlaştırıcıdan ($T_{jç}$) tekrar rezervuara gönderilir. Buharlaştırıcıya giren çevrim akışkanı (2a), jeotermal kaynaktan ısı alarak doymuş buhar fazında (3) türbine gönderilerek elektrik enerji üretilir. Türbinden çıkan çevrim akışkanı (4a) yoğuşturucuya girer ve ısısını yoğuşturucudaki akışkana vererek doymuş sıvı fazında (1) pompaya gönderilerek sistem bu kapalı çevrimde devam eder (Akkurt, 2020: 732).

2.4.3.2. Kalina Çevrimi

Endüstriyel atık ısılar genellikle düşük sıcaklıkta enerjiye dönüştürülmeden atmosfere bırakılmaktadır. Bu dezavantajı ortadan kaldırabilmek için 1980’li yıllarda Alexander I. Kalina tarafından düşük sıcaklığa sahip ve atık ısıdan maksimum verim elde edebilen yeni bir

çevrim geliştirilmiştir. Bu çevrimde iş akışkanı olarak amonyak-su kullanılmış ve ORC'ye karşı ciddi bir rakip olmuştur (Koç ve Yağlı, 2020: 182). Şekil 2.11'de Kalina çevrim şeması verilmiştir.



Şekil 2.11. Kalina Çevrim Şeması

Kalina çevriminin çalışma prensibi şu şekildedir: jeotermal enerji kaynağından elde edilen ısı, ısı değiştiricisinde amonyak-su karışımına aktarılmaktadır. Almış olduğu ısı ile doymuş buhar-sıvı fazına geçen amonyak-su karışımı daha sonra seperatöre gönderilerek iki farklı akışa ayrılır. Biri yüksek konsantrasyonu olan amonyak buhar fazı diğeri ise düşük fazlı amonyak konsantrasyonu olan sıvı fazıdır. Seperatörden ayrılan kızgın buhar halindeki amonyak türbine gönderilerek güç üretilmektedir. Sıvı faz ise seperatörden ayrılarak yüksek sıcaklıklı reküperatöre gönderilir. Türbinden çıkan amonyak buharı yoğunlaştırucuya girerek ısını soğutucu akışkana vererek doymuş sıvı fazında pompaya girer. Pompadan çıkan amonyak ile yüksek sıcaklıklı reküperatörden gelen akışkan düşük sıcaklıklı reküperatörde birleşerek amonyak-su karışımı oluşturur. Oluşan amonyak-su karışımı yüksek sıcaklıklı reküperatörden geçerken seperatörden ayrılan sıvı fazdaki akışkandan ısı alarak ısı değiştiricisine girer ve çevrim böylece tamamlanmış olur (Koç ve Yağlı, 2020: 183).

3. LİTERATÜR TARAMASI

Koç ve Yağlı (2020) atık ısının kaynaklı Kalina çevrimi tasarlayarak çevrimin termodinamik analizlerini yapmışlardır. Atık ısının kaynak sıcaklığı 400 °C ve kütleli debisini 1,63 kg/s olarak kabul etmişlerdir. Yapmış oldukları analizler ışığında enerji verimi ve ekserji verimi sırasıyla yaklaşık % 12 ve % 27 olduğu belirlenmiştir.

Şahin vd.'nin (2018) yapmış oldukları çalışmada ORC üç farklı akışkan için tasarlayarak, farklı türbin giriş sıcaklığı ve farklı türbin giriş basıncı değerleri için çevrimin enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır. Sıcak su kaynağının giriş sıcaklığını 100 ile 150 °C arasında tutarak iş akışkanı olarak R600a, R290 ve R152a kullanmışlardır. Analiz sonuçlarına göre çevrimde kullanılacak en uygun akışkanın R290 olduğunu belirlemişlerdir.

Yao vd. (2018) jeotermal enerji kaynaklı ORC ile Doğalgaz Genleşme Tesisini kombine ederek sistemin termodinamik ve termoekonomik analizlerini yapmışlardır. Sistemde iş akışkanı olarak R600, R717, R134a kullanarak sistem için en uygun akışkanı belirlemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda kullanılacak en uygun akışkanın R600 olduğunu ve bu akışkan için optimum buharlaşma sıcaklığının tasarım koşulları altında 45,5 °C olduğunu belirtmişlerdir.

Kurbanoğlu (2017) çalışmasında atık egzoz gazı ısını kullanan ORC sisteminin tasarımını incelemiştir. 1 yıl boyunca incelenen atık ısının ortalama 400 °C olduğu kabul edilmiştir. İş akışkanı olarak toluen kullanarak sistemin enerji ve ekserji analizlerini yapmıştır. ORC sisteminin enerji verimi % 21,76; ekserji verimi ise % 46,02 olarak hesaplanmış ve baca gazı ile yaklaşık 370 kW iş üretilebileceğini bununla birlikte yılda yaklaşık 3470 MW/h elektrik elde edilebileceğini tespit etmiştir.

Kaçanoğlu (2018) jeotermal enerji kaynaklı ORC hibrit bir sistem için enerji ve ekserji analizlerini yapmıştır. Kaynak sıcaklığının 50 ile 100 °C arasında değiştiği kabul edilmiştir. Tasarlanan sistemde iş akışkanı olarak R141b kullanmıştır. Analiz sonuçlarına göre güneş kollektörünün sistem verimi üzerindeki etkisinin düşük olduğunu ve sistem verimi için ana etkenin kaynak sıcaklığı olduğunu belirtmiştir.

Akman (2016) çalışmasında atık ısı kaynaklı dört farklı ORC sistemi tasarlayarak termodinamik açıdan incelemiştir. Atık ısı olarak soğutma suyu, süpürme havası ve egzoz gazını ORC de ayrı ayrı ve üç atık ısı ile beraber kombine ederek analizlerini yapmıştır. Dört ayrı modelleme içinde iş akışkanı olarak R245fa kullanmıştır. En yüksek enerji üretiminin süpürme havası ORC kombininde olduğunu belirlemiştir. Süpürme havasının sıcaklığını 100

ile 160 °C arasında olduğu belirtmiştir. ORC sisteminin gemide uygulanmasıyla yakıt giderlerinin azaldığı, enerji verimliliğinin arttığını belirtmiştir.

Kavasoğulları ve Cihan (2015) ORC ile çalışan klasik soğutma çevrimi tasarlayarak termodinamik analizlerini yapmışlardır. Çalışma akışkan olarak R123, R600, R245fa, R141b ve R600a kullanmışlardır. Buharlaştırıcı sıcaklığının artması ile enerji veriminde artarken ekserji verimi azalma olduğunu, kazan sıcaklığının artması ile enerji ve ekserji verimi arttığını belirlemişlerdir. Analizler sonucunda çalışma akışkanı olarak R141b kullanılan tasarımın en etkin tasarım olduğunu ve ısı veriminin % 9,45 ve ekserji veriminin % 11,21 olarak hesaplandığını belirtmişlerdir.

Pektezel (2019) çalışmasında ORC kaynaklı mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin enerji ve ekserji analizlerini yapmıştır. Analizlerde kazan sıcaklığını 60 ile 100 °C arasındadır. Çalışma akışkanı olarak R12, R227ea, R124, R1234ze(E), R134a ve R600a kullanmıştır. Yapılan analizler sonucunda sistemde kullanılacak en etkin akışkanın R600a olduğunu belirtmiştir.

Soysal (2017) İstanbul ili için hibrit bir ORC tasarımı yaparak sistemin termodinamik analizlerini gerçekleştirmiştir. İş akışkanı olarak R245fa seçmiştir. Değişen iklim şartlarında sistemdeki evaporatörün basıncında oluşan artış ile sistem veriminin arttığını belirlemiştir.

Cihan (2014) çalışmasında, düşük sıcaklıklı (<150 °C) atık ısı ile çalışan ORC ile klasik buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimini kombine ederek sistemin termodinamik analizlerini yapmıştır. Sistemde iş akışkanı olarak R-600, R-600a ve R-601 kullanmıştır. Her akışkan için sistem verimleri incelendiğinde en etkin akışkanın R-601 olduğunu tespit etmiştir.

Çelik ve Kabul (2019) Isparta iline kurulması planlanan parabolik güneş kolektörlü ORC sisteminin termodinamik analizlerini yapmışlardır. Sistem için kolektör verimini % 21, ORC sisteminin ısı verimini % 6 olarak belirlemişlerdir. Tasarlanan sistemin iyileştirilmesi için güneş kolektörü üzerinde çalışmalar yapılması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Saksiwi vd. (2018) ORC sistemine çift ısı eşanjörü ekleyerek sisteme termodinamiğin birinci kanunu uygulamışlardır. Sistemde iş akışkanı olarak R245fa, R141b, R1233zd kullanmışlardır. Yapmış oldukları analizler sonucunda kullanılabilecek en uygun iş akışkanının R245fa olduğunu belirlemişlerdir.

Wei vd. (2007) yapmış oldukları çalışmada atık ısı kaynaklı ORC sisteminin termodinamik analizlerini yapmışlardır. Atık ısının sisteme giriş sıcaklığı 610 ile 650 K arasındadır. İş akışkanı HFC-245fa (1,1,1,3,3-penta-fluoropropane) kullanmışlardır. Ortam sıcaklığında artış olması halinde sistem veriminin normal değerinden % 30 oranında azalma olduğunu ve atık ısı akış oranı ve sıcaklığın artması ile birlikte sistemin net gücün arttığı gözlemlenmiştir.

Ağırkaya (2015) jeotermal enerji kaynaklı ORC sisteminin enerji analizini yapmıştır. İş akışkanı olarak HFC-245fa kullanmıştır. Sistemin ısı verimini % 14 olarak belirlemiştir. Jeotermal enerji kaynak sıcaklığı 50 ile 350 °C arasında değiştiğinde sistem verimliliğin % 20'ye yaklaştığını gözlemiştir.

Najjar ve Qatramez (2019). tasarlamış oldukları ORC hibrit sistemin enerji verimi analizlerini yapmışlardır. Jeotermal su sıcaklığının 200 ile 260 °C arsında değişmesi sonucunda güç çıkışı ve genel verimlilik dahil olmak üzere performans parametreleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma akışkanları olarak Bütan, İzobütan, R11 ve R123 kullanmışlardır. Tasarlanan sistemdeki jeotermal kaynak sıcaklığı % 10 oranında azaldığında; enerji verimi ve güç çıkışında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Sistem için seçilebilecek en iyi akışkanın R11 olduğunu ortaya koymuşlardır.

Feng vd. (2015) Rejeneratif ORC (RORC) ile temel ORC sistemlerini hem termodinamik hem de ekonomik açıdan karşılaştırmışlardır. Optimum buharlaştırıcı çıkış sıcaklığı, RORC için 362,41 ile 406,91 K ve temel ORC için 365,27 ile 399,50 K aralığında sistemin daha verimli olduğunu belirtmişlerdir. Analizler sonucunda RORC temel ORC'den % 8,1 daha yüksek ekserji verimliliğine ve % 21,1 daha fazla enerji maliyetine sahip olduğunu belirlediler.

Kaşka vd. (2018) çalışmalarında ara ısıtılmalı ve soğutmalı Brayton çevrimini ara soğutucu olarak kullanan ORC sisteminin termodinamik analizlerini yapmışlardır. İş akışkanı olarak R245fa kullanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda Brayton çevriminin ara soğutucusundan atılan ısının ORC'de kullanılmasıyla sistemin ısı veriminin % 0,2 ile % 2,5 oranında arttığı belirlemişlerdir. Brayton çevriminde basınç oranı arttıkça ORC tarafından üretilen net güç arttığını, bunu artan basınç oranı için ORC'de kullanılan ısı kaynağı sıcaklığının artması olduğunu belirtmişlerdir.

Kahraman vd. (2019) tasarlamış oldukları jeotermal enerji kaynaklı ORC'yi termodinamik açıdan incelemişlerdir. Kaynak sıcaklığını 168,2 °C olarak kabul etmişlerdir. Analizler sonucunda tesisin enerji verimi % 12,88 ekserji verimi % 48,20 olarak belirlenmişlerdir. Sistemin ortam sıcaklığının artmasıyla enerji ve ekserji verimlerinin düştüğünü belirlemişlerdir.

Ergün (2014) çalışmasında Çanakkale İli'ndeki jeotermal enerji kaynaklı ORC'nin enerji, ekserji ve maliyet analizlerini yapmıştır. Elde edilen jeotermal kaynak 142 °C olup sistemde kullanılan buharlaştırıcıya iki farklı fazda girmektedir. Sistemin enerji verimi % 12,6 ekserji verimi % 49 olarak belirlemiştir. Kullanılan sistem için maksimum enerji kaybının kondanser, maksimum ekserji kaybının ise buharlaştırıcı olduğunu belirlemiştir.

Bademlioğlu vd. (2019) ısı eşanjörlü bir ORC sistemi tasarlayarak çevrimin termodinamik analizlerini gerçekleştirmişlerdir. İş akışkan olarak R134a, R236fa, R245fa, R600a, R717 ve R718 kullanmışlardır. Bu akışkanlar için, 80 ile 109 °C arasında değişen sıcaklıklar için sistem performansları karşılaştırıp tasarım için seçilebilecek en iyi akışkanın R245fa olduğunu belirtmişlerdir.

Rad vd. (2020) ORC sisteminin termodinamik analizlerini yapmışlardır. Çalışma akışkanı olarak R600, R245fa, R1234ze ve R600a kullanmışlardır. 150 ile 200 °C arasındaki ısı kaynağı sıcaklıkları için en yüksek verimin R152a ve R141b akışkanlarından elde edildiğini belirtmişlerdir.

Acar ve Arslan (2019) jeotermal ve güneş enerji kaynaklı ORC güç santralinin termodinamik analizlerini yapmışlardır. İş akışkanı olarak ORC de R-600a, Güneş enerjisi depolama tankında ise TherminolVP-1 ve eriyik tuz kullanmışlardır. En etkili sistem parametresini jeotermal çıkış suyu sıcaklığının 333,15 K, birinci ısı değiştiricisi çıkış sıcaklığının 390,15 K ve güneş enerjisi entegre alanının 10.000 m² olduğunda elde edildiğini belirtmişlerdir. Sistemin enerji ve ekserji verimliliği güneş enerjisinin entegre edilmesi ile azaldığını, sistemin net güç çıkışında ise artış olduğunu ortaya koymuşlardır.

Yang vd. (2015) ORC ve RORC güç çevrimlerini deneysel olarak incelemişlerdir. Sistemde iş akışkan olarak R-123 kullanmışlardır. Analizler sonucunda düşük sıcaklıklı (<150 °C) ısı kaynağı için ORC önerilirken yüksek sıcaklıklı (>150 °C) ısı kaynağı için RORC önermişlerdir.

Shao vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada ORC sistemini termodinamik açıdan incelemişlerdir. İş akışkanı olarak R-123 kullanmışlardır. Soğutucu akış hızı 0,274 kg/sn'den 0,591 kg/sn'ye kademeli olarak yükseltilmesi ile sistemin net gücünde artış olduğunu belirlemişlerdir.

Talu (2019) çalışmasında Temel ORC ve RORC olmak üzere iki farklı çevrimin termodinamik ve termoeconomik analizlerini yapmıştır. İş akışkanı olarak R113, R123, R134a, R141b, R245fa, n-pentane ve n-xiv butane kullanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda RORC için en verimli akışkanın R113, Temel ORC için ise R141b'nin olduğunu belirtmiştir.

Fallah vd. (2018) Kuru Buhar, Tek Flaş, Çift Flaş, ve Üçlü Flaş Çevrimlerini ORC ile kombine ederek seçilen jeotermal santral için enerji, ekserji ve maliyet analizlerini yapmışlardır. Optimum flaş basınçlarının tek flaş çevrimi için 276,8 kPa, çift flaş çevrimi için 665,9 kPa ve 96,37 kPa ve üçlü flaş çevrimi için 989 kPa, 269,3 kPa ve 53,66 kPa olarak belirlemişlerdir. En uygun sistemin kuru buhar ORC kombini olduğunu saptamışlardır.

Atay (2019) çalışmasında 279,95 °C ve kütleli debisi 5,258 kg/s olan atık ısı kaynaklı ORC sistemi tasarlayarak sistemin termodinamik analizlerini gerçekleştirmiştir. Sistemde iş akışkanı olarak R245fa, n-pentane, n-butane, R134a, Benzene, Cyclohexane ve R1234yf kullanmıştır. Sistem için seçilebilecek en uygun akışkanın n-pentane olduğunu belirtmiştir.

Roy vd. (2010) atık ısı kaynaklı ORC sisteminin termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına göre analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Atık ısıyı 140 °C ve kütleli debisi 312 kg/s olarak kabul etmişlerdir. Sistemde iş akışkanı olarak R-12, R-123 ve R-134a kullanmışlardır. Analiz sonuçlarına göre sistem için en verimli akışkanın R-123 olduğunu belirtmişlerdir. Sistemin birinci yasa verimi % 25,3 ve ikinci yasa verimi % 64,4 olarak hesaplamışlardır.

Coşkun ve Al-Talabani (2017) çalışmalarında 180MW kurulu güce sahip olan İzmir ilinde bulunan Aliğa Gaz Türbinleri ve Kombine Çevrim Santralinin enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır. Hesaplamalar sonucunda enerji verimini % 32,8 ekserji verimini ise % 43,4 olarak bulmuşlardır. Santralin 40 yılı aşkın bir zamandır kullanılması itibariyle ünitelerde gerekli iyileştirmenin yapılması sonucunda ısı veriminin % 40'ın üzerine çıkabileceğini öngörmüşlerdir.

Özdil vd. (2016) yapmış oldukları çalışmada Türkiye'nin güneyinde bulunan ORC için enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır. Güç santralinde HFE7100 ve FC72 akışkanları seçilerek farklı çalışma sıvıları için sistemin performansı karşılaştırılmıştır. Jeotermal kaynak sıcaklığı sisteme 400 K ile girmekte olduğunu 356,9 K çıktığını kabul etmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda sistem için en etkin akışkanın FC72 olduğunu belirtmişlerdir.

Coşkun vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada çift akışkanlı, rejeneratörlü çift akışkanlı ve Kalina çevrimlerini Kütahya-Simav bölgesindeki jeotermal kaynağın özelliklerine göre termodinamik analizlerini yaparak incelemişlerdir. Çevrimlerde jeotermal rezervuar sıcaklığını 200 ile 240 °C arasında seçmişlerdir. Kütahya-Simav bölgesi için seçilebilecek en uygun santralin Kalina çevrimi olduğunu ve net güçte diğer çevrimlere oranla % 47 oranında artış sağladığını saptamışlardır.

Rodriguez vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada ORC ve Kalina çevrimlerinin termodinamik ve termoeconomik analizlerini yaparak iki çevrimi karşılaştırmışlardır. İş akışkanı olarak ORC sisteminde R-290 akışkanı, Kalina çevriminde ise amonyak (% 84)-su (% 16) kullanmışlardır. Analizler ışığında Kalina çevriminin ORC göre % 18 daha fazla net güç ve % 17,8 daha fazla getiri elde ettiğini belirtmişlerdir.

Du ve Dai (2018) çalışmalarında düşük sıcaklıklı 120 °C bir Kalina sistemi ile ejektör soğutma sistemini birleştirerek sistemin termodinamik analizlerini yapmışlardır. Sistem de soğutma akışkanı olarak R134a, Kalina'da ise amonyak (% 80)-su (% 20) kullanmışlardır. Sistemin kütle akış hızı oranı veya sıcak suyun giriş sıcaklığı arttıkça, net güç, termal verimlilik ve ekserji verimliliğinin arttığı tespit etmişlerdir.

Mokarram ve Mosaffa (2018) jeotermal flaş çevriminin Kalina çevrimi ile dört farklı konfigürasyonları için enerji, ekserji ve maliyet analizlerini yapmışlardır. Jeotermal kuyu sıcaklığı 200 °C ve akış hızını 1 kg/s olarak kabul etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek enerji ve ekserji verimi sırasıyla % 10,93 ve % 50,47 ile çift flaş, Kalina kombine çevriminde olduğunu belirtmişlerdir.

Sameti ve Ghasemipour (2017) yapmış oldukları çalışmada, güneş enerjisi kaynaklı bir Kalina çevrimi tasarlayarak termodinamik analizlerini yapmışlardır. Sistemde çalışma sıvısı olarak Amonyak-su karışımı kullanılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda, depolama boyutunu hesaplamak ve verimli optimizasyon yaklaşımları ile en aza indirmek için yüksek rezonans zaman ölçeğini yük eşleşmesi kullanılması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Deepak ve Gupta (2016) yapmış oldukları çalışmada hibrit bir Kalina çevrimi tasarlayarak sistemin termodinamik analizlerini yapmışlardır. Isı kaynağının sıcaklığının 100 ile 165 °C aralığında olduğunu kabul etmişlerdir. İş akışkanı olarak Amonyak-Su kullanmışlardır. Türbin girişindeki buhar karışımın amonyak kütle oranının daha yüksek değerleri için çevrim veriminin arttığını belirtmişlerdir.

Yüzer (2010) jeotermal enerji kaynaklı Kalina, Binary (İsobütan) ve Binary (İsopentan) çevrimlerinin enerji, ekserji ve maliyet analizlerini yapmıştır. İş akışkanı olarak Kalina çevriminde amonyak-su, Binary çevrimlerinde ise isobütan ve isopentan kullanmıştır. Jeotermal kaynak sıcaklıklarını 125-126,5-140 °C seçerek çevrimleri karşılaştırmıştır. Jeotermal kaynak sıcaklığında azalma olması ile bütün çevrimlerin güçlerinde düşüş ve toplam birim maliyetlerinden yükselme olduğunu ayrıca en yüksek enerji ve ekserji veriminin Kalina çevriminde elde edildiğini belirtmiştir.

Arslan vd. (2006) yapmış oldukları çalışmada Kütahya ilinin Simav ilçesinde bulunan jeotermal santralinin literatürde var olan sıcaklık ve debi değerleri için Kalina ve Binary güç santrali tasarımları yaparak termodinamiğin birinci kanununa göre incelemişlerdir. İş akışkanı olarak Binary çevrimde R134a ve HCFC-124, Kalina çevriminde ise Amonyak-Su kullanmışlardır. Çevrimin enerji verimini Binary çevrimde R134a akışkanı için % 12,9 HCFC-124 için % 10,6 Kalina çevriminde ise % 19,8 olarak tespit etmişlerdir.

Dhahad vd. (2020) Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi ve Absorbsiyonlu Soğutma Çevrimini kombine ederek sistemi termodinamik ve termoeconomik açıdan incelemişlerdir. Sistemin enerji verimini % 41,33 ekserji verimini % 27,47 olarak hesaplamışlardır. Düşük sıcaklıklı jeotermal kaynağın giriş sıcaklığındaki artış ve evaporatör sıcaklığındaki artışla birlikte net güç, soğutma çıkışı ve sistemin toplam birim maliyetinde artışa neden olduğunu saptamışlardır.

Akkurt (2020) çalışmasında 50 ile 100 °C sıcaklığındaki jeotermal kaynaklı ORC sistemini 4 farklı akışkan için birinci ve ikinci yasaya uygun olarak incelemiştir. İş akışkanı olarak R141b,R123,R245fa R134a kullanmıştır. Yapmış olduğu sistem için en uygun akışkanın R141b olduğunu ve 50 ile 85 °C jeotermal kaynak sıcaklığı aralığında en fazla ekserji yıkımı jeneratörde, sonra sırasıyla yoğuşturucu, türbin ve pompada meydana geldiğini belirtmiştir.

Ustaoglu (2020) Jeotermal enerji kaynaklı ara ısıtılmalı ORC tasarlayarak çevrimin termodinamik ve termoeconomik analizlerini yapmıştır. Jeotermal kaynağın buharlaştırıcıya giriş ve çıkış sıcaklıklarını ise 145 °C ve 75 °C olarak kabul etmiştir. İş akışkanı olarak R152a kullanmıştır. Enerji ve ekserji verimlerini sırasıyla % 50,69 ve % 14,04 olarak bulmuştur.

Kılıç vd. (2018) atık ısı kaynaklı ORC tasarlayarak sistemin ısı verimini ve termoeconomik analizlerini yapmışlardır. Atık ısı sıcaklığını 433,1 °C olarak kabul etmişlerdir. Isıl verimin % 16 sistemden üretilebilecek enerjinin 1.626378,88 kWh/yıl olarak hesaplamışlardır. Bu analizler ışığında sistemin yıllık 8000 saat üzerinde çalışabilmesi durumunda yatırım için uygun olacağını belirtmişlerdir.

Atalay (2004) çalışmasında Denizli-Kızıldere güç santralinin performansını belirlemek, sistemin daha verimli kullanılabilmesi için enerji ve ekserji analizlerini yapmıştır. Santralin kuyu başı sıcaklığı 200 ile 242 °C arasındadır. Yapılan analizler ışığında enerji verimini % 4,9 ekserji verimini % 20,5 olarak bulunmuştur. Ayrıca sistemde tek buharlaştırıcı yerine çift buharlaştırıcı veya iki akışkanlı bir sistemin kullanılmasının daha verimli olacağını belirtmiştir.

Acar (2020a) yapmış olduğu çalışmada jeotermal enerji kaynaklı Kalina döngüsü, yapay sinir ağı yöntemiyle termodinamik ve ekonomik analizlerini yapmıştır. Çalışmasında iş akışkanı olarak % 90, 85, 80, 75, 70 Amonyak kütle oranlarını kullanmıştır. Jeotermal kaynağın çevrime giriş sıcaklığı 406,15 K, çıkış sıcaklıkları ise 353,15 K-363,15 K -373,15 K debisi 462 kg/s dir. Yapmış olduğu analizler ışığında çevrimin enerji verimi, ekserji verimi ve NBD sırasıyla; % 6,7285 % 46,8701 ve 113,0732 M\$, olarak belirlemiştir.

Altun ve Kılıç (2020). Afyon ilinde bulunan Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret A.Ş (AFJET) jeotermal ORC santralinin termodinamik değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışma sıvısı olarak santralde R134a kullanılmıştır. Jeotermal akışkan, üretim kuyusundan 121 °C sıcaklığında 240 kPa basınçta ve 81 kg/sn kütle debisi ile çıkmakta olduğu kabul edilmiştir. Jeotermal kaynak sıcaklığı 114'ten 126 °C'ye değiştiğinde güç çıkışı 2455 kW'tan 2895 kW'a yükseldiği, türbin giriş sıcaklığının 82 ile 98 °C arasında değiştirilmesi sonucunda sistemin ekserji verimi % 37,64'ten % 38,99'a enerji verimliliği % 10,86'dan % 11,25'e yükseldiğini belirlemişlerdir.

Acar (2020b) çalışmasında jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevriminin optimum tasarım parametrelerinin belirlenmesi için termodinamik ve termoekonomik analizlerini yapmıştır. Çalışmasında iş akışkanı olarak % 90, 85, 80, 75, 70 Amonyak kütle oranlarını kullanmıştır. Jeotermal kaynağın çevrime giriş sıcaklığı 406,15 K, çıkış sıcaklıkları ise 353,15 K-363,15 K-373,15 K debisi 462 kg/s olarak kabul etmiştir. Yapılan analizler sonucunda maksimum enerji verimliliği ve ekserji verimliliği sırasıyla % 13,04 ve % 51,81 olarak hesaplanırken, en etkin sistemin evaporatördeki jeotermal su çıkış sıcaklığı 353,15 K, amonyak kütle oranı % 90, türbin giriş basıncı 4808 kPa ve kondanser basıncının 700 kPa olduğu çalışma şartlarından elde edildiğini belirtmiştir.

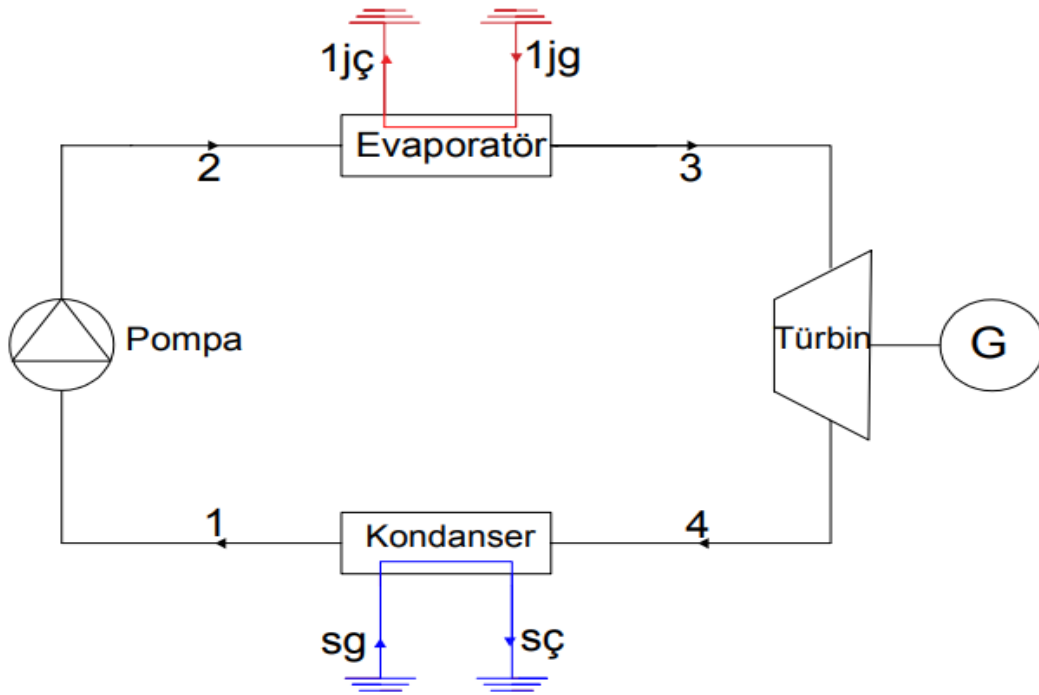
Mocanu vd. (2020) jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevriminin termodinamik analizlerini yaparak optimum çalışma şartları belirlemişlerdir. Jeotermal kaynak, sisteme 120 °C sıcaklığında girip 70 °C sıcaklığında çıktığını kabul etmişlerdir. Çalışmada iş akışkanı olarak amonyak-su karışımının farklı konsantrasyonlarını kullanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda kullanılacak en uygun akışkanın % 83 Amonyak kütle oranı olduğu ve bu iş akışkanı için enerji verimini % 16,76 ekserji verimini % 57,86 olarak belirlemişlerdir.

Zheng vd. (2021) paralel çift basınçlı Kalina çevrim ile temel Kalina çevriminin enerji, ekserji ve maliyet analizlerini yaparak karşılaştırmışlardır. Jeotermal kaynak sıcaklığı 136 °C ile 150 °C arasında değiştiğini, kütleli debisinin de 7,5 kg/s ile 14 kg/s arasında değiştiğini kabul etmişlerdir. Analizler sonucunda Jeotermal kaynağın kütleli debisinin ve Jeotermal kaynak sıcaklığının arttırılması ile her iki sistemin de güç çıkışının arttığını, paralel çift basınçlı Kalina çevriminin net güç çıkışı ve ekserji verimliliği açısından temel Kalina çevriminden performans olarak daha etkin olduğunu belirlemişlerdir.

4. MATERİYAL ve METOT

4.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC

Düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal enerji kaynağından elektrik üretmek için kullanılan çevrimlerden biri de ORC'dir. Bu çalışmada ilk olarak jeotermal enerji kaynaklı ORC'nin enerji, ekserji ve maliyet analizi yapılmıştır. Analizi yapılan ORC'nin şematik gösterimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC

Jeotermal enerji kaynaklı ORC temelde evaporatör, türbin, pompa ve kondanser olmak üzere 4 ana ekipmandan oluşmaktadır. Sistemin çalışma prensibi kısaca şöyledir: Jeotermal kaynak (T_{1jg}) evaporatöre gönderilir. Isısını çalışma akışkanına verdikten sonra evaporatörden ($T_{1jç}$) tekrar rezervuara gönderilir. Evaporatöre giren çevrim akışkanı (2), jeotermal kaynaktan ısı alarak doymuş buhar fazında (3) türbine gönderilerek elektrik enerji üretilir. Türbinden çıkan çevrim akışkanı (4) kondansere girer ve ısını kondanserdeki soğutucu akışkana vererek doymuş sıvı fazında (1) pompaya gönderil ve çevrim tamamlanmış olur.

Çalışmada İsobütan, İso pentane, R245fa akışkanlarının farklı konsantrasyon değerleri kombine edilerek 21 farklı akışkan kullanılmıştır. ORC de kullanılan akışkanların özellikleri Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1. ORC’de Kullanılan Akışkanların Özellikleri

Akışkan	Kritik Sıcaklık (°C)	Kritik Basınç (MPa)	Moleküler Kütle (kg/mol)
İsobütan	144,94	4,009	56,10
İso pentan	187,2	3,36	72,14
R245fa	154,01	3,651	134,04

Kaynak: (Rodriguez vd., 2013; Li vd., 2016; Shu vd., 2016)

Jeotermal enerji kaynaklı ORC’de çalışma akışkanı olarak İsobütan-İso pentan ve R245fa-İso pentan çiftlerinin farklı konsantrasyon oranları ile kullanılmıştır. Bu karışımların özelliği, yoğunlaşma ve buharlaşma işleminde yoğunlaşma sıcaklığı ve buharlaşma sıcaklığının değişebilmesidir. Bu değişim, çalışma sıvıları ve ısı kaynağı arasında daha iyi bir sıcaklık eşleşmesine neden olmaktadır (Lu vd., 2016). Bu çalışma sıvısı ile ısı kaynağı sıcaklıkları arasındaki iyi uyum nedeniyle ORC’de kullanılacak farklı konsantrasyonlu akışkanlar için umut vaat etmektedir (Liu vd., 2015).

ORC tasarımında İsobütan-İso pentan, R245fa-İso pentan akışkan çiftlerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kombine edilerek toplam 21 farklı iş akışkanı için termodinamik ve ekonomik analizleri yapılarak çevrimde kullanılacak en uygun akışkanın belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan ORC’nin ekipman özellikleri ve parametreleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. ORC Ekipman Özellikleri ve Parametreleri

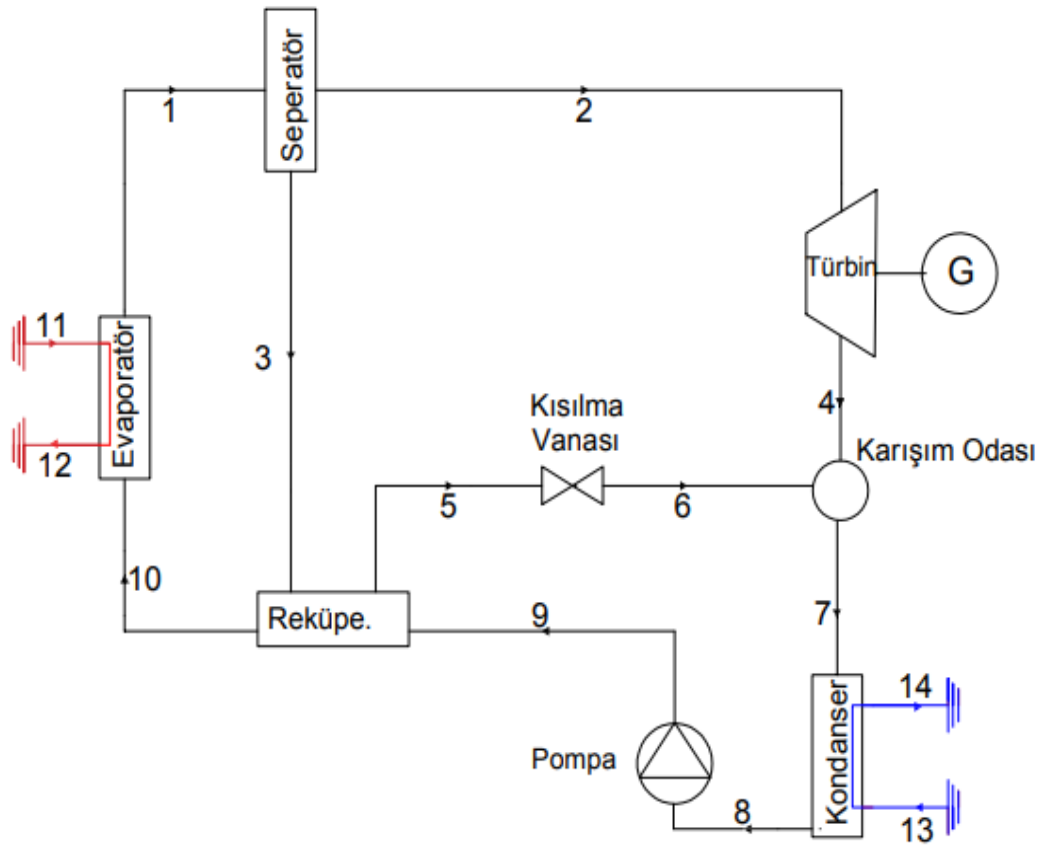
Jeotermal Akışkan	Giriş sıcaklığı, T_{lg}	407,15-410,15-413,15-416,15-419,15-422,15 K
	Çıkış sıcaklığı, $T_{lç}$	383,15 K
	Kütleli debisi, m_{ja}	500 kg/s
Kondanser	Giriş sıcaklığı, T_{sg}	288,15 K
	Çıkış sıcaklığı, $T_{sç}$	293,15 K
	Giriş basıncı, P_{sg}	101,325 kPa
	Etkinlik verimi, $\eta_{kon.}$	0,85
Türbin	Giriş sıcaklığı, T_3	392,15-395,15-398,15-401,15-404,15 K
	Çıkış basıncı, P_4	550-600-650-700-750-800 kPa
	İzantropik verimi, η_t	0,85
Ölü Hal	Sıcaklığı, T_0	293,15
	Basıncı, P_0	101,325
Jeneratör	Etkinlik verimi, η_j	0,99
Evaporatör	Etkinlik verimi, $\eta_{evap.}$	0,85
Pompa	İzantropik verimi, η_p	0,85
Kullanılan Akışkanlar : İsobütan (% 50)-İsopentan (% 50), İsobütan (% 60)-İsopentan (% 40) İsobütan (% 70)-İsopentan (% 30), İsobütan (% 80)-İsopentan (% 20), İsobütan (% 90)-İsopentan (% 10), İsobütan (% 100), İsobütan (% 40)-İsopentan (% 60), İsobütan (% 30)-İsopentan (% 70), İsobütan (% 20)-İsopentan (% 80), İsobütan (% 10)-İsopentan (% 90), İsobütan (% 100), R245fa (% 50)-İsopentan (% 50), R245faa (% 60)-İsopentan (% 40), R245fa (% 70)-İsopentan (% 30), R245fa (% 80)-İsopentan (% 20), R245fa (% 90)-İsopentan (% 10), R245fa (% 40)-İsopentan (% 60), R245fa (% 30)-İsopentan (% 70), R245fa (% 20)-İsopentan (% 80), R245fa (% 10)-İsopentan (% 90), R245fa (% 100)		

Kaynak: (Bademlioğlu vd., 2019; Rad vd., 2020)

Jeotermal enerji kaynaklı ORC için türbin giriş basıncı kullanılan her akışkanın ulaşabileceği maksimum değere kadar 850 kPa'dan başlatılarak kademeli şekilde arttırılmıştır. En yüksek türbin giriş basıncını İsobütan akışkanı için 3250 kPa olarak elde edilmiştir.

4.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi

Kalina çevriminin ilk tasarımı 1980'li yıllara dayanmaktadır. ORC gibi Kalina çevrimleri de düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal enerji kaynaklarından elektrik üretmek için kullanılmaktadır. ORC de iş akışkanı olarak düşük sıcaklıklarda kızgın buhar fazına geçebilen organik kökenli akışkanlar kullanılırken, Kalina çevrimlerinde iş akışkanı olarak amonyak-su karışımı tercih edilmektedir. Kalina çevrimlerinde amonyak-su karışımının kullanılmasının en önemli nedeni değişken kaynama noktasına sahip olması, çevreye zararının olmaması ve maliyetinin düşük olmasıdır. Çalışmanın bu bölümünde jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevriminin enerji, ekserji ve maliyet analizi yapılmıştır. Analizi yapılan Kalina çevriminin şematik gösterimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi

Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi temelde evaporatör, türbin, pompa, kondanser, kısılma vanası, reküperatör, seperatör ve karıştırıcı olmak üzere 8 ana ekipmandan oluşmaktadır. Kalina çevriminin çalışma prensibi şu şekildedir: jeotermal enerji kaynağından elde edilen ısı, ısı değiştiricisinde amonyak-su karışımına aktarılmaktadır. Almış olduğu ısı ile

doymuş buhar-sıvı fazına geçen amonyak-su karışımı daha sonra seperatöre gönderilerek iki farklı akışa ayrılır. Biri yüksek konsantrasyonu olan amonyak buhar fazı diğeri ise düşük fazlı amonyak konsantrasyonu olan sıvı fazıdır. Seperatörden ayrılan kızgın buhar halindeki amonyak türbine gönderilerek güç üretilir ve karışım odasına gönderilir. Sıvı faz ise seperatörden ayrılarak reküperatöre girer burada fazla ısını evaporatöre girecek olan akışkana verir ve kısılma vanasında gönderilir. Karışım odasında bir araya gelen akışkan kondansere girerek ısını soğutucu akışkana verir ve doymuş sıvı fazında pompaya gönderilir. Pompadan çıkan akışkan seperatörden ayrılan sıvı fazdaki akışkandan ısı alarak evaporatöre girer ve böylece çevrim tamamlanmış olur.

Çalışmada Amonyak, Su akışkanlarının farklı konsantrasyon değerleri kombine edilerek 7 farklı akışkan kullanılmıştır. Kalina çevriminde kullanılan akışkanların özellikleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Kalina Çevriminde Kullanılan Akışkanların Özellikleri

Akışkan	Kritik Sıcaklık (°C)	Kritik Basınç (MPa)	Moleküler Kütle (kg/mol)
Amonyak	133,7	11,6	17
Su	374,2	22,1	18

Kaynak: (Rodriguez vd., 2013; Li vd., 2016; Shu vd., 2016)

Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevriminde çalışma akışkanı olarak amonyak-su çiftinin farklı konsantrasyon oranları kullanıldığında, buharlaşma ve yoğunlaşma işlemleri değişken sıcaklıklarda gerçekleşecektir. Bu durumdan dolayı sistemde jeotermal kaynaktan elde edilen akışkan ile çalışma akışkanı ve soğutucu akışkan ile çalışma akışkanı arasında daha iyi uyum elde edilecek ve tüm sistemdeki verimlilik artacaktır (Arslan, 2008).

Çalışmadaki Kalina çevriminde amonyak-su akışkan çiftlerinin farklı konsantrasyon değerlerinde kombine edilerek toplam 7 farklı iş akışkanı için termodinamik ve ekonomik analizleri yapılarak çevrimde kullanılacak en uygun akışkanın belirlenmesi amaçlanmıştır. Kalina çevriminin ekipman özellikleri ve parametreleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Kalina Çevriminin Ekipman Özellikleri ve Parametreleri

Jeotermal Akışkan	Giriş sıcaklığı, T_{11}	407,15-410,15-413,15-416,15-419,15-422,15 K
	Çıkış sıcaklığı, T_{12}	383,15 K
	Kütleli debisi, m_{11}	500 kg/s
Kondanser	Giriş sıcaklığı, T_{13}	283,15 K
	Çıkış sıcaklığı, T_{14}	288,15 K
	Giriş basıncı, P_{13}	101,325 kPa
	Etkinlik verimi, $\eta_{kon.}$	0,85
Türbin	Çıkış basıncı, P_4	1100-1200-1300-1400-1500 kPa
	İzantropik verimi, η_t	0,85
Ölü Hal	Sıcaklığı, T_0	293,15
	Basıncı, P_0	101,325
Jeneratör	Etkinlik verimi, η_j	0,99
Evaporatör	Çıkış sıcaklığı, T_1	392,15-395,15-398,15-401,15-404,15 K
	Etkinlik verimi, $\eta_{evap.}$	0,85
Rekuperatör	Sıcaklık farkı	3-6-9-12-15 °C
	Etkinlik verimi, $\eta_{rek.}$	0,85
Pompa	İzantropik verimi, η_p	0,8
Kullanılan Akışkanlar : Amonyak (% 95)-Su (% 5), Amonyak (% 90)-Su (% 10), Amonyak (% 85)-Su (% 15), Amonyak (% 80)-Su (% 20), Amonyak (% 75)-Su (% 25), Amonyak (% 70)-Su (% 30), Amonyak (% 65)-Su (% 35)		

Kaynak: (Acar, 2020b; Zheng vd., 2021)

Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi için her akışkanın minimum türbin giriş basıncı değerinden başlatılarak kademeli şekilde 7500 kPa kadar arttırılmıştır.

5. TERMODİNAMİK ANALİZ

5.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Enerji ve Ekserji Analizi

Tasarlanan ORC sisteminin performansını belirlemek ve kullanılan ekipmanların verimli çalışıp çalışmadığının belirlenmesi için termodinamik analizleri yapılmaktadır. Bu analizlerin ilki enerjinin korunumu ilkesidir. İkincisi ise sistemde gerçek performansının bulunmasına da yardımcı olan ekserji analizidir (Ergün, 2014: 45).

Kütle Dengesi;

Sürekli akışlı açık sistemlerde, kontrol hacminde kütle zamanla değişmez. Kontrol hacmine giren kütlenin, kontrol hacminden çıkan kütleye eşittir. Bu durumda kütlenin korunumu olarak ifade edilir. Sürekli akışlı açık sistem için kütle dengesi Eş. 5.1.1’de verilmiştir.

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_\phi \quad (5.1.1)$$

Enerji Dengesi;

Sürekli akışlı açık sistemlerde, kontrol hacminde enerji zamanla değişmez. Kontrol hacmine giren enerji, kontrol hacminden çıkan enerjiye eşittir. Bu durum Termodinamiğin I. kanunu olarak ifade edilir. Sürekli akışlı açık sistem için enerji denkliği Eş. 5.1.2 ve 5.1.3’te verilmiştir.

$$\dot{E}_g - \dot{E}_\phi = \frac{dE_{sistem}}{dt} \quad (5.1.2)$$

$$\dot{Q}_g + \dot{W}_g + \sum \dot{m}_g \cdot h_g = \dot{Q}_\phi + \dot{W}_\phi + \sum \dot{m}_\phi \cdot h_\phi \quad (5.1.3)$$

Sistemin ısı verimi hesaplanırken sistemin net gücünün jeotermal su kaynağından elde edilen ısıya oranlanır.

Sistemin ısı verim denkliği Eş 5.1.4, Eş 5.1.5 ve Eş 5.1.6’da verilmiştir.

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_{ja} \cdot [h_{1jg} - h_{1j\phi}]} \quad (5.1.4)$$

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_j - \dot{W}_p \quad (5.1.5)$$

$$\dot{W}_j = \eta_j \cdot \dot{W}_t \quad (5.1.6)$$

Ekserji Dengesi;

Güç çevrimlerine ait ekipmanların performansları ekserji analizi ile belirlenmektedir. Ekserji, sistemin belirli çalışma şartlarında üretebileceği faydalı ıstır. Genel ekserji denklđđ Eş. 5.1.7’de verilmiştir.

$$\dot{E}_{xg} - \dot{E}_{xç} = \dot{E}_{xd} \quad (5.1.7)$$

Çevrimdeki her durum için özgül ekserji denklđđ Eş. 5.1.8’de verilmiştir.

$$\psi_i = (h_i - h_0) - T_0 \cdot (s_i - s_0) \quad (5.1.8)$$

Formüldeki T_0 ölü hal sıcaklık değeri, h_0 akışkanın ölü hal sıcaklık ve basınçtaki entalpisini s_0 ise ölü hal sıcaklık ve basınç değeriinde akışkanın entropisini göstermektedir.

Sistemde aynı durumların ekserji akımları E_{xi} denklđđ Eş. 5.1.9’da verilmiştir.

$$\dot{E}_{xi} = \dot{m} \cdot \psi_i \quad (5.1.9)$$

Sistemin net ekserji verimi hesaplanırken sistemin net gücünün, sisteme giren jeotermal kaynak ile sistemden çıkan jeotermal kaynağın ekserjisi arasındaki farka oranıdır.

Net ekserji verimi denklđđ Eş. 5.1.10’da verilmiştir.

$$\epsilon_{net} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{E}_{x,1jg} - \dot{E}_{x,1jç}} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_{ja} \cdot (\psi_{1jg} - \psi_{1jç})} \quad (5.1.10)$$

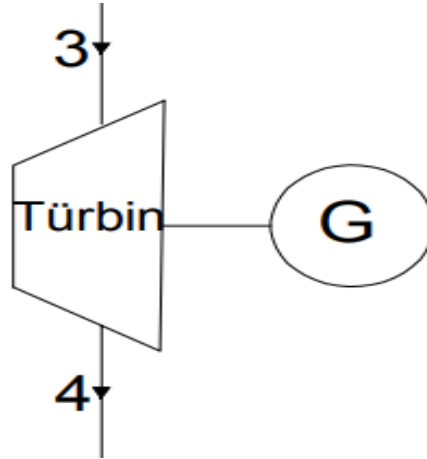
Sistemin brüt ekserji verimi hesaplanırken sistemin net gücünün, sisteme giren jeotermal kaynağın ekserjisine oranıdır.

Brüt ekserji verimi denklđđ Eş. 5.2.11’de verilmiştir.

$$\epsilon_{brüt} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_{ja} \cdot \psi_{1jg}} \quad (5.2.11)$$

Jeotermal enerji kaynaklı ORC’de kullanılan ısı değıştiricilerin, ısı ve basınç kayıpları ihmal edilerek termodinamik ve ekonomik analizleri yapılmıştır.

Türbinin enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.12 Eş. 5.1.13 ve 5.1.14'te verilmiştir.



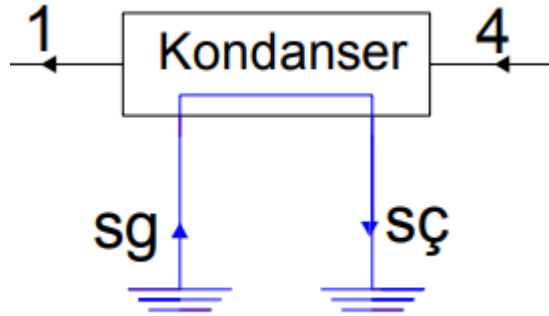
Şekil 5.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Türbin Şeması

$$\dot{W}_t = \dot{m} \cdot [h_3 - h_4] = \dot{m} \cdot [h_3 - h_{4s}] \cdot \eta_t \quad (5.1.12)$$

$$\dot{E}_{xd,t} = \dot{E}_{x3} - \dot{E}_{x4} - \dot{W}_t \quad (5.1.13)$$

$$\eta_t = [h_3 - h_4] / [h_3 - h_{4s}] \quad (5.1.14)$$

Kondanserin enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.15 ve Eş 5.1.16'da verilmiştir.

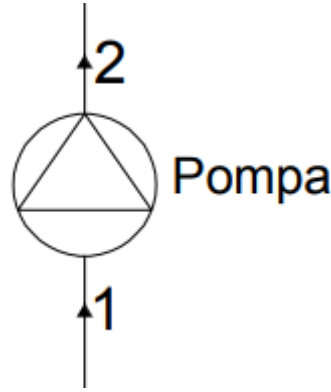


Şekil 5.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Kondanser Şeması

$$\dot{Q}_{kon.} = \dot{m} \cdot [h_4 - h_1] = (\dot{m}_{sa} \cdot [h_{sç} - h_{sg}]) / \eta_{kon.} \quad (5.1.15)$$

$$\dot{E}_{xd,kon.} = (\dot{E}_{x,4} + \dot{E}_{x,sg}) - (\dot{E}_{x,1} + \dot{E}_{x,sç}) \quad (5.1.16)$$

Pompanın enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.17 Eş. 5.1.18 ve Eş. 5.1.19’da verilmiştir.



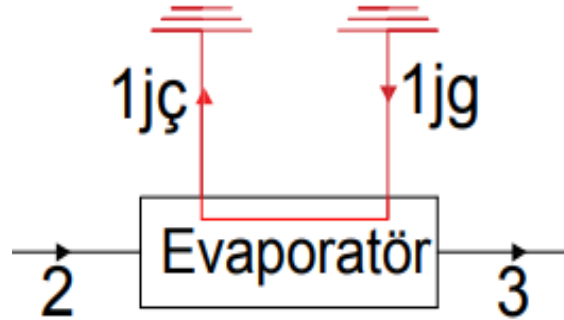
Şekil 5.3. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Pompa Şeması

$$\dot{W}_p = \dot{m} \cdot [h_2 - h_1] = (\dot{m} \cdot [h_{2s} - h_1]) / \eta_p \quad (5.1.17)$$

$$\dot{E}_{xd,p} = \dot{E}_{x1} - \dot{E}_{x2} + \dot{W}_p \quad (5.1.18)$$

$$\eta_p = [h_{2s} - h_1] / [h_2 - h_1] \quad (5.1.19)$$

Evaporatörün enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.20 ve 5.1.21’de verilmiştir.



Şekil 5.4. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Evaporatör Şeması

$$\dot{Q}_{eva.} = \dot{m}_{ja} \cdot [h_{1jç} - h_{1jg}] = \dot{m} \cdot [h_3 - h_2] / \eta_{eva.} \quad (5.1.20)$$

$$\dot{E}_{xd,eva.} = (\dot{E}_{jg} + \dot{E}_{x2}) - (\dot{E}_{jç} + \dot{E}_{x3}) \quad (5.1.21)$$

5.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevriminin Enerji ve Ekserji Analizi

Tasarlanan Kalina sisteminin performansını belirlemek ve kullanılan ekipmanların verimli çalışıp çalışmadığının belirlenmesi için termodinamik analizleri yapılmaktadır. Bu analizlerin ilki enerjinin korunumu ilkesidir. İkincisi ise sisteminde gerçek performansının bulunmasına da yardımcı olan ekserji analizidir (Ergün, 2014: 45).

Kütle Dengesi;

Sürekli akışlı açık sistemlerde, kontrol hacminde kütle zamanla değişmez. Kontrol hacmine giren kütlenin, kontrol hacminden çıkan kütleye eşittir. Bu durumda kütlenin korunumu olarak ifade edilir. Sürekli akışlı açık sistem için kütle dengesi Eş. 5.2.1’de verilmiştir.

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_\chi \quad (5.2.1)$$

Enerji Dengesi;

Sürekli akışlı açık sistemlerde, kontrol hacminde enerji zamanla değişmez. Kontrol hacmine giren enerji, kontrol hacminden çıkan enerjiye eşittir. Bu durum Termodinamiğin I. kanunu olarak ifade edilir. Sürekli akışlı açık sistem için enerji denkliği Eş. 5.2.2 ve 5.2.3’te verilmiştir.

$$\dot{E}_g - \dot{E}_\chi = \frac{dE_{sistem}}{dt} \quad (5.2.2)$$

$$\dot{Q}_{net} + \sum \dot{m}_g \cdot h_g = \dot{W}_{net} + \sum \dot{m}_\chi \cdot h_\chi \quad (5.2.3)$$

Sistemin ısı verimi hesaplanırken sistemin net gücünün jeotermal su kaynağından elde edilen ısıya oranlanır.

Sistemin ısı verim denkliği Eş 5.2.4, Eş 5.2.5 ve Eş 5.2.6’da verilmiştir.

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_{11} \cdot [h_{11} - h_{12}]} \quad (5.2.4)$$

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_j - \dot{W}_p \quad (5.2.5)$$

$$\dot{W}_j = \eta_j \cdot \dot{W}_t \quad (5.2.6)$$

Ekserji Dengesi;

Güç çevrimlerine ait ekipmanların performansları ekserji analizi ile belirlenmektedir. Ekserji, sistemin belirli çalışma şartlarında üretebileceği faydalı ıstır. Genel ekserji denkliği Eş. 5.2.7’de verilmiştir.

$$\dot{E}_{xg} - \dot{E}_{xç} = \dot{E}_{xd} \quad (5.2.7)$$

Sistemde aynı durumların ekserji akımları E_{xi} denkliği Eş. 5.2.8’de verilmiştir.

$$\dot{E}_{xi} = \dot{m} \cdot \psi \quad (5.2.8)$$

Fiziksel ve kimyasal ekserji denkliği Eş. 5.2.9’da verilmiştir.

$$\psi = \psi_{fe} + \psi_{ke} \quad (5.2.9)$$

Çevrim için fiziksel ekserji denkliği Eş. 5.2.10’da verilmiştir.

$$\psi_{fe} = (h_i - h_0) - T_0 \cdot (s_i - s_0) \quad (5.2.10)$$

Formüldeki T_0 ölü hal sıcaklık değerini, h_0 akışkanın ölü hal sıcaklık ve basınçtaki entalpisini s_0 ise ölü hal sıcaklık ve basınç değerinde akışkanın entropisini göstermektedir.

Çevrim için kimyasal ekserji denkliği Eş. 5.2.11’de verilmiştir.

$$\psi_{ke} = \frac{\alpha}{M_{NH_3}} \cdot e_{ch,NH_3}^0 - \frac{(1-\alpha)}{M_{H_2O}} \cdot e_{ch,H_2O}^0 \quad (5.2.11)$$

Formüldeki e_{ch,NH_3}^0 ve e_{ch,H_2O}^0 amonyak ve suyun saf haldeki molar ekserjisini (kJ/mol), M molar kütleyi (kg/mol), α ise amonyağın karışımındaki kütle oranını ifade eder (Bejan vd. 1995: 130).

Sistemin net ekserji verimi hesaplanırken sistemin net gücünün, sisteme giren jeotermal kaynak ile sistemden çıkan jeotermal kaynağın ekserjisi arasındaki farka oranıdır.

Net ekserji verimi denkliği Eş. 5.2.12’de verilmiştir.

$$\epsilon_{net} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{E}_{x,11} - \dot{E}_{x,12}} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_{11} \cdot (\psi_{j11} - \psi_{j12})} \quad (5.2.12)$$

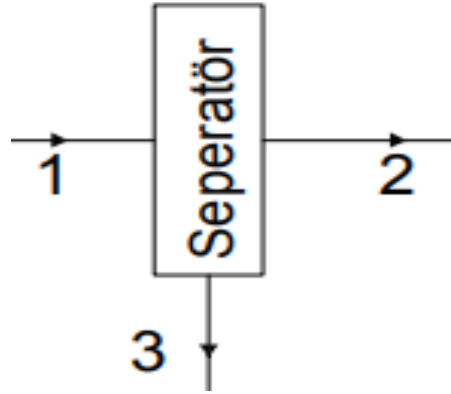
Sistemin brüt ekserji verimi hesaplanırken sistemin net gücünün, sisteme giren jeotermal kaynağın ekserjisine oranıdır.

Brüt ekserji verimi denkliği Eş. 5.2.13’te verilmiştir.

$$\epsilon_{brüt} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_{11} \cdot \psi_{j11}} \quad (5.2.13)$$

Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevriminde kullanılan ısı değiştiricilerinde, ısı ve basınç kayıpları ihmal edilerek termodinamik ve ekonomik analizleri yapılmıştır.

Seperatorün enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.14 ile 5.1.17 arasında verilmiştir.



Şekil 5.5. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Seperator Şeması

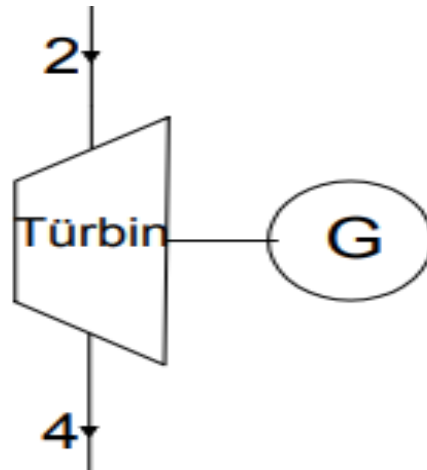
$$\dot{m}_1 \cdot x_1 = \dot{m}_2 \quad (5.2.14)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (5.2.15)$$

$$\dot{m}_1 \cdot h_1 = \dot{m}_2 \cdot h_2 + \dot{m}_3 \cdot h_3 \quad (5.2.16)$$

$$\dot{E}_{xd,sep.} = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 - \dot{E}_3 \quad (5.2.17)$$

Türbinin enerji ve ekserji verimi Eş. 5.2.18 Eş. 5.2.19 ve 5.2.20’de verilmiştir.



Şekil 5.6. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Türbin Şeması

$$\dot{W}_t = \dot{m}_2 \cdot (h_2 - h_4) = \dot{m}_2 \cdot (h_2 - h_{4s}) \cdot \eta_t \quad (5.2.18)$$

$$\dot{E}_{xd,t} = \dot{E}_2 - \dot{E}_4 - \dot{W}_t \quad (5.2.19)$$

$$\eta_t = \frac{h_2 - h_4}{h_2 - h_{4s}} \quad (5.2.20)$$

Kısılma vanasının enerji ve ekserji verimi Eş. 5.2.21 ve 5.2.22’de verilmiştir.

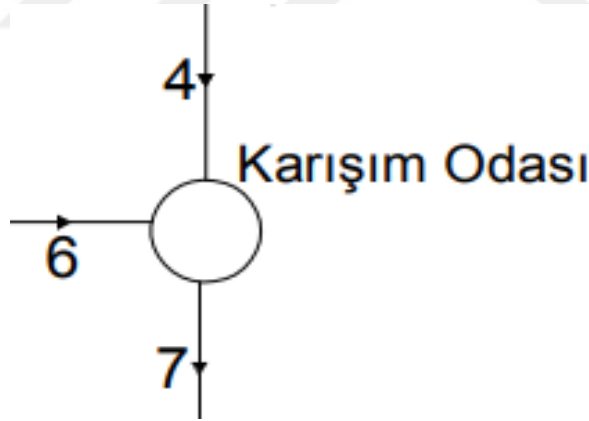


Şekil 5.7. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Kısılma Vanası Şeması

$$h_5 = h_6 \quad (5.2.21)$$

$$\dot{E}_{xd,kıs.} = \dot{E}_5 - \dot{E}_6 \quad (5.2.22)$$

Karışım odasının enerji ve ekserji verimi Eş. 5.2.23 ile 5.2.26 arasında verilmiştir.



Şekil 5.8. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Karışım Odası Şeması

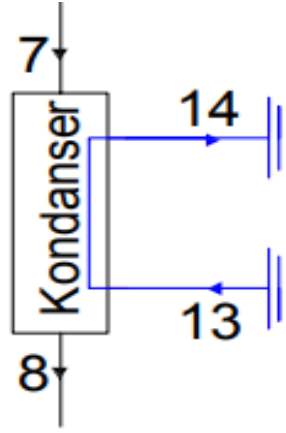
$$\dot{m}_7 \cdot x_7 = \dot{m}_4 \cdot x_4 + \dot{m}_6 \cdot x_6 \quad (5.2.23)$$

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_4 + \dot{m}_6 \quad (5.2.24)$$

$$\dot{m}_7 \cdot h_7 = \dot{m}_4 \cdot h_4 + \dot{m}_6 \cdot h_6 \quad (5.2.25)$$

$$\dot{E}_{xd,kar.} = \dot{E}_4 + \dot{E}_6 - \dot{E}_7 \quad (5.2.26)$$

Kondanserin enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.27 ve Eş. 5.1.28’de verilmiştir.

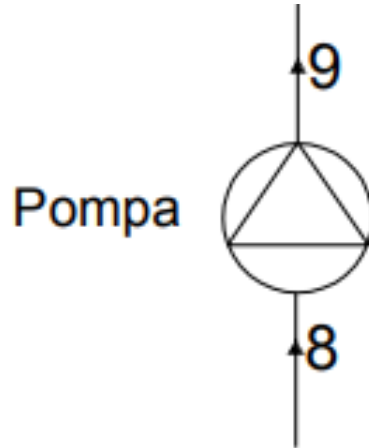


Şekil 5.9. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Kondanser Şeması

$$\dot{Q}_{kon} = \dot{m}_7 \cdot (h_7 - h_8) = (\dot{m}_{14} \cdot (h_{14} - h_{13})) / \eta_{kon}. \quad (5.2.27)$$

$$\dot{E}_{xd,kon.} = \dot{E}_7 + \dot{E}_{13} - \dot{E}_{14} - \dot{E}_8 \quad (5.2.28)$$

Pompanın enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.29 Eş. 5.1.30 ve Eş. 5.1.31’de verilmiştir.



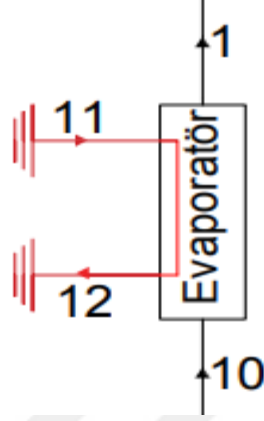
Şekil 5.10. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Pompa Şeması

$$\dot{W}_p = \dot{m}_8 \cdot (h_9 - h_8) = \dot{m}_8 \cdot (h_{9s} - h_8) / \eta_p \quad (5.2.29)$$

$$\dot{E}_{xd,p} = \dot{E}_8 - \dot{E}_9 + \dot{W}_p \quad (5.2.30)$$

$$\eta_p = \frac{h_{9s} - h_8}{h_9 - h_8} \quad (5.2.31)$$

Evaporatörün enerji ve ekserji verimi Eş. 5.2.32 ve 5.2.33'te verilmiştir.

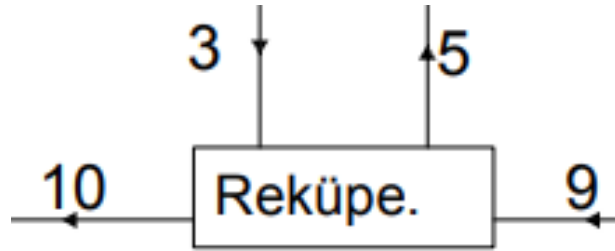


Şekil 5.11. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Evaporatör Şeması

$$\dot{Q}_{eva.} = (\dot{m}_{10} \cdot (h_1 - h_{10})) / \eta_{eva.} = \dot{m}_{11} \cdot (h_{11} - h_{12}) \quad (5.2.32)$$

$$\dot{E}_{xd,eva.} = \dot{E}_{11} - \dot{E}_{12} + \dot{E}_{10} - \dot{E}_1 \quad (5.2.33)$$

Rekuperatörün enerji ve ekserji verimi Eş. 5.1.34 ve 5.1.35'te verilmiştir.



Şekil 5.12. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimindeki Rekuperatör Şeması

$$\dot{Q}_{rek.} = \dot{m}_3 \cdot (h_3 - h_5) = (\dot{m}_9 \cdot (h_{10} - h_9)) / \eta_{rek.} \quad (5.1.34)$$

$$\dot{E}_{xd,rek.} = \dot{E}_3 - \dot{E}_5 + \dot{E}_9 - \dot{E}_{10} \quad (5.1.35)$$

6. MALİYET ANALİZİ

Yaşam döngüsü maliyet yaklaşımı ile net bugünkü değer (NBD) yöntemi kullanılarak ORC ve Kalina çevirimlerinin maliyet analizi yapılmıştır. Yaşam döngüsü maliyeti (C_{ydm}) denkliği Eş. 6.1’de verilmiştir.

$$C_{ydm} = C_{ek} - (C_{sym} + C_{hm} + C_{bom}) \quad (6.1)$$

Sistemin yatırım maliyetleri (C_{sym}), hurda maliyeti (C_{hm}), bakım onarım maliyeti (C_{bom}), elektrik kazancı (C_{ek}) olarak belirtilmiştir (Acar, 2020a).

Hurda maliyeti denkliği Eş. 6.2’de verilmiştir. Sistem yatırım maliyetinin % 10’u olarak alınmıştır (Acar, 2020a).

$$C_{hm} = C_{sym} \cdot 0,10 \quad (6.2)$$

Bakım onarım maliyeti denkliği Eş. 6.3’te verilmiştir. Sistem yatırım maliyetinin % 6’sı olarak alınmıştır (Acar, 2020a).

$$C_{bom} = C_{sym} \cdot 0,06 \quad (6.3)$$

Elektrik kazancı denkliği Eş. 6.4’te verilmiştir.

$$C_{ek} = \dot{W}_{net} \cdot C_{elek} \cdot t_0 \quad (6.4)$$

Burada C_{elek} ; 2019 yılı elektrik birim fiyatı (\$/kWh) ve t_0 ; sistemin yıllık çalışma süresi 8400 saattir (Acar, 2020a).

2019 yılı elektrik birim fiyatı denkliği Eş. 6.5’te verilmiştir.

$$C_{elek} = \frac{CEPCI_{2019}}{CEPCI_{2014}} \cdot C_{elec,2014} \quad (6.5)$$

Denklemde, $C_{elec,2014}$; 2014 yılı elektrik birim fiyatını 0,06 (\$/kWh) $CEPCI_{2019}$; 2019 yılında Kimya Mühendisliği Tesisi Maliyet Endeksi 648,7 dur. $CEPCI_{2014}$; 2014 yılında Kimya Mühendisliği Tesisi Maliyet Endeksi 576,1 dir (CEPCI, 2020).

Net bugünkü değer (NBD) denklemi Eş. 6.6’da verilmiştir.

$$NBD = (C_{hm} - C_{sym}) + \sum_{t=0}^{s\ddot{o}} \frac{C_{ek}}{(1+i)^t} \quad (6.6)$$

Denklemde $s\ddot{o}$; sistemin ömrünü, i ; iskonto oranıdır. Sistemin ömrü 20 yıl olarak alınmıştır (Xi vd., 2017). İskonto oranı % 9 dur (TCMB, 2020).

2019 yılı ekipman maliyet hesabı denkliği Eş. 6.7’de verilmiştir.

$$C_{em} = \frac{CEPCI_{2019}}{CEPCI_{2001}} \cdot F_{BM} \cdot C^0 \quad (6.7)$$

Denklemde, F_{BM} ; çıplak modül maliyet faktörünü, C^0 ; ekipman satın alma maliyetini, $CEPCI_{2001}$; 2001 yılında Kimya Mühendisliği Tesisi Maliyet Endeksi 397'dir (CEPCI, 2020).

Ekipmanın satın alma maliyeti denkliği Eş. 6.8'de verilmiştir.

$$\log C^0 = K_1 + K_2 \cdot \log X + K_3 \cdot (\log X)^2 \quad (6.8)$$

Denklemde, K ; sabitler ekipmana ve X 'e bağlı olarak belirlenir. X parametresi ise evaporatör, reküperatör ve kondanser için toplam ısı transfer alanı, seperatör için toplam hacmi, pompa için güç tüketimi, türbinin güç çıkışıdır (Acar, 2020a; Xi vd., 2017).

Çıplak modül maliyet faktörü denkliği Eş. 6.9'da verilmiştir.

$$F_{BM} = B_1 + B_2 \cdot F_M \cdot F_P \quad (6.9)$$

Denklemde, B ; ekipman türlerine dayalı sabitler, F_M ; malzeme faktörü ve F_P ; basınç faktörüdür (Acar, 2020a; Xi vd., 2017).

Basınç faktörü denkliği Eş. 6.10'da verilmiştir.

$$\log F_P = C_1 + C_2 + \log P_p + C_3 \cdot (\log P_p)^2 \quad (6.10)$$

Denklemde, P_p ; pompanın tasarım basıncıdır (Acar, 2020a; Xi vd., 2017).

Tablo 6.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC ve Kalina Çevrimleri için Maliyet Denklemlerinin Sabit Değerleri

Ekipmanlar	Sabitler										
	K_1	K_2	K_3	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	F_m	F_{BM}	F_P
Evaporatör	4,6656	-0,1557	0,1547	0,96	1,21	0	0	0	2,45	-	1
Kondanser	4,642	0,3698	0,0025	-	-	0	0	0	-	3	0
Seperatör	3,4974	0,4483	0,1074	2,25	1,82	0	0	0	3,2	-	0
Rekuperatör	4,6656	-0,1557	0,1547	0,96	1,21	0	0	0	2,45	-	1
Türbin	2,6259	1,4398	-0,1776	-	-	-	-	-	-	11,6	-
Pompa	3,3892	0,0536	0,1538	1,89	1,35	-0,3935	0,3957	-0,00226	2,2	-	-

Kaynak: (Turton vd., 2018; 223, 1285, 1298, 1301, 1303, 1308)

Isı Transfer Yüzey Alanı;Tasarımımızda plakalı eşanjörler kullanılmıştır. Plakalı eşanjörlerin ısı transfer oranının denkliği Eş. 6.11’de verilmiştir.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_m \quad (6.11)$$

Denklemden ΔT_m logaritmik ortalama sıcaklık farkını (LMTD), U toplam ısı transfer katsayısını, A ısı transfer yüzey alanını ifade etmektedir. LMTD denkliği Eş. 6.12’de verilmiştir. Ekipmanların ısı transfer katsayıları (U) ise Tablo 6.2’de verilmiştir (Prajapati ve Patel, 2020).

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (6.12)$$

Tablo 6.2. Ekipmanların Isı Transfer Katsayıları (U) Değerleri

Ekipman	U (W/m ² .K)
Evaporatör	900
Rekuperatör	1000
Kondanser	1100

Kaynak: (Acar, 2020a)

Seperatörün toplam hacmi Eş. 6.13’te verilen denklem ile hesaplanır (Acar, 2020a).

$$V_{sep.} = \frac{\pi (3.D_{tüp})^2}{4} \cdot (7 \cdot D_{tüp} + 4 \cdot D_{tüp}) \quad (6.13)$$

Burada $D_{tüp}$ giriş borusunun çapı (m) dır ve denkliği Eş. 6.14’te verilmiştir (Acar, 2020a).

$$D_{tüp} = \left(\frac{4 \cdot Q_{vs}/u_t}{\pi} \right)^{0,5} \quad (6.14)$$

Burada Q_{vs} seperatörün giriş akışının hacimsel akış hızı (m³/s) ve u_t seperatörün terminal hızını (m/s) ifade eder ve denkliği Eş. 6.15’te verilmiştir (Acar, 2020a).

$$u_t = Z \cdot \left(\frac{p_L - p_V}{p_V} \right)^{0,5} \quad (6.15)$$

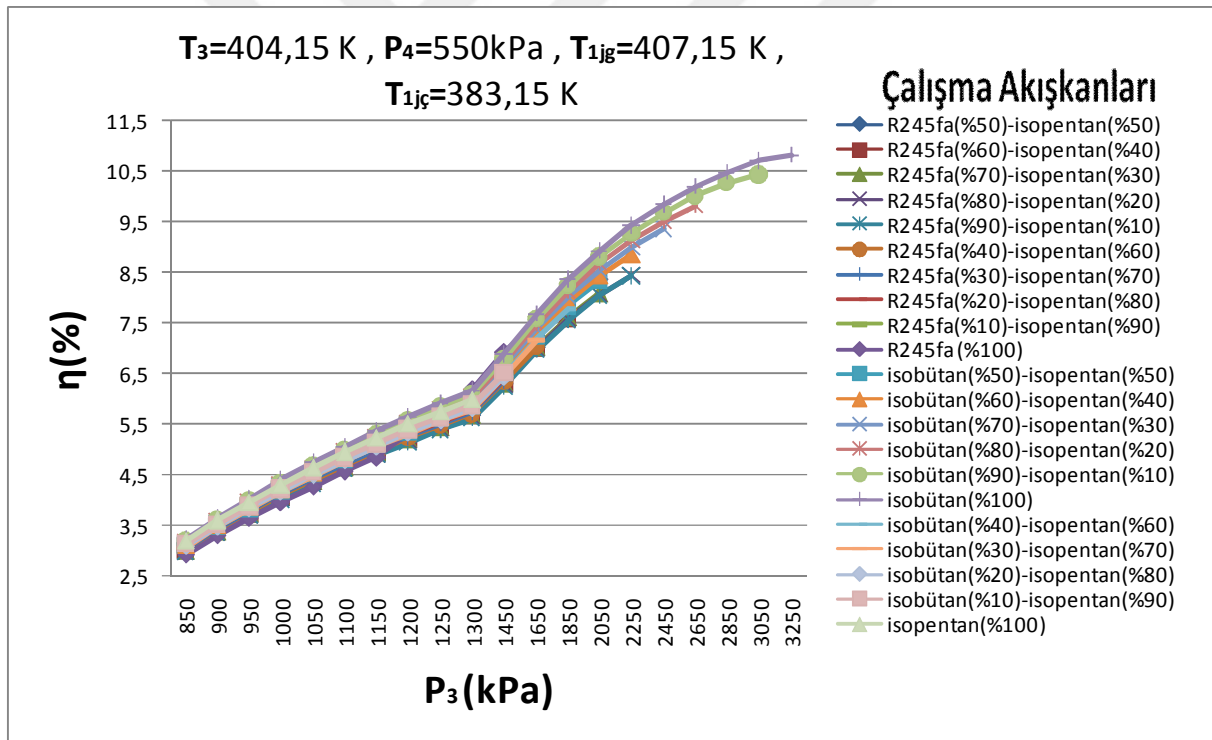
Burada p_L sıvı yoğunluğu (kg/m³), p_V buhar yoğunluğunu (kg/m³) ve Z 0,069 dur (Acar, 2020a).

Maliyet analizinde ORC’de kısılma vanasının, Kalina çevriminde ise karışım odası ve kısılma vanasının maliyeti ihmal edilmiştir.

7. BULGULAR

7.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Bulguları

Bu çalışmada, ORC'nin farklı tasarım parametreleri için isobütan-isopentan, R245fa-isopentan karışımlarının optimum konsantrasyon oranı termodinamik analizler sonucunda belirlenmiştir. Türbin giriş basıncı, türbin çıkış basıncı, türbin giriş sıcaklığı ve jeotermal kaynak giriş sıcaklığı ORC'nin değişken parametreleridir. Tasarlanan ORC'de akışkanlara ait termodinamiksel değerler REFPROP 8.0 programı kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada $T_{1jç}=383,15$ K olarak belirlenmiştir. Farklı sistem tasarımı için enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. $T_3=404,15$ K, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC'de P_3 'ün enerji verimine etkisi Şekil 7.1'de verilmiştir.

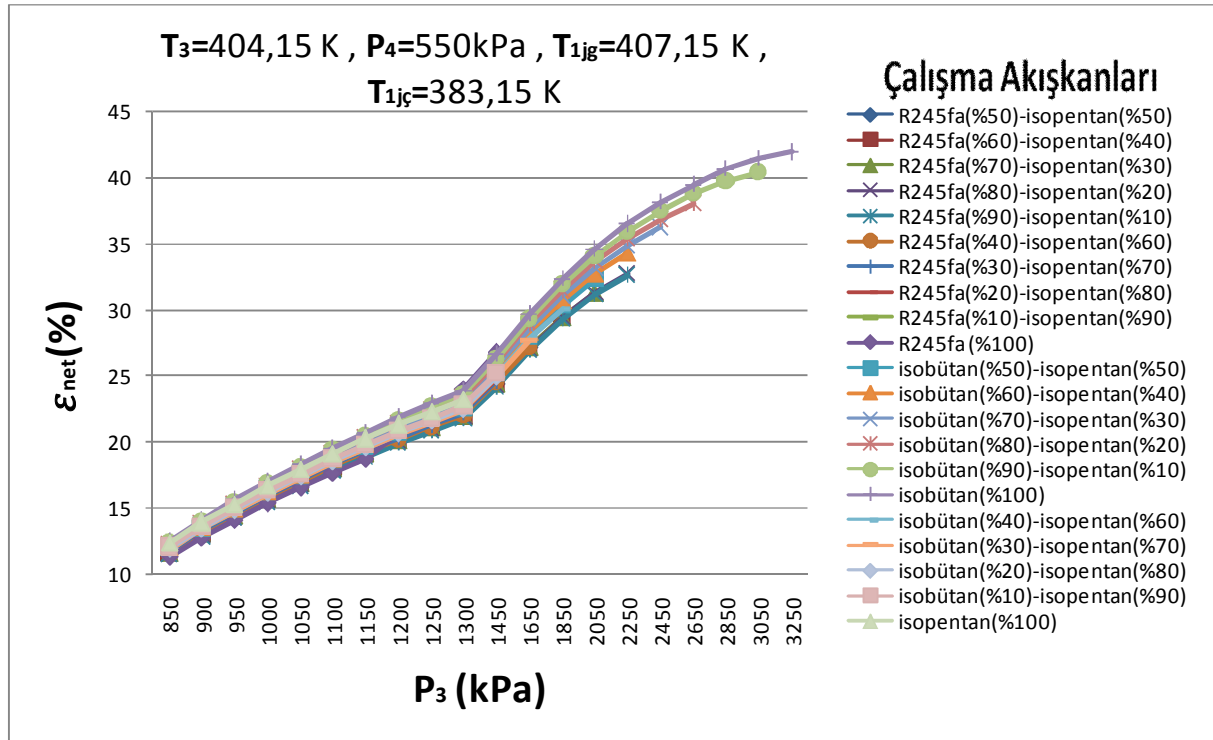


Şekil 7.1. Farklı Isobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Enerji Verimine Etkisi

Şekil 7.1 incelendiğinde, enerji veriminin türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için enerji verimi % 2,96 ile % 10,81

arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum enerji verimi % 10,81 olarak $P_3=3250$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

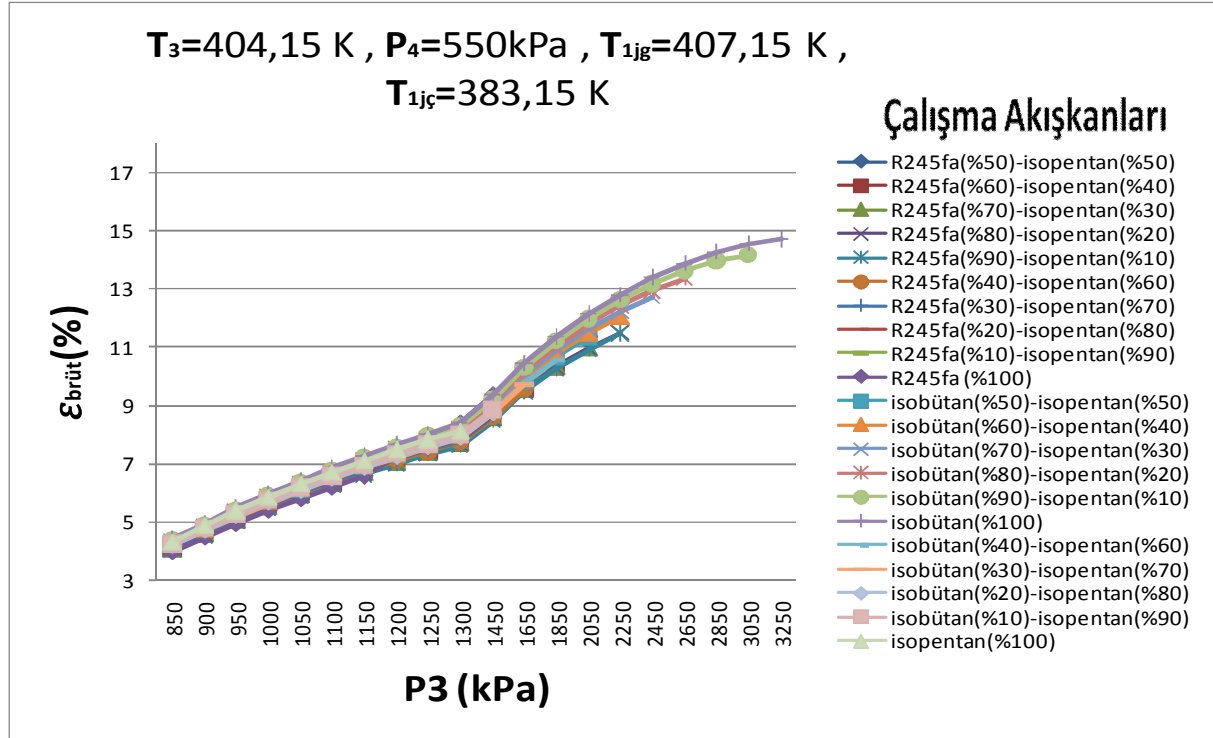
$T_3=404,15$ K, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC'de P_3 'ün net ekserji verimine etkisi Şekil 7.2'de verilmiştir.



Şekil 7.2. Farklı Isobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.2 incelendiğinde, net ekserji veriminin türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net ekserji verimi % 11,34 ile % 41,92 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net ekserji verimi % 41,92 olarak $P_3 = 3250$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

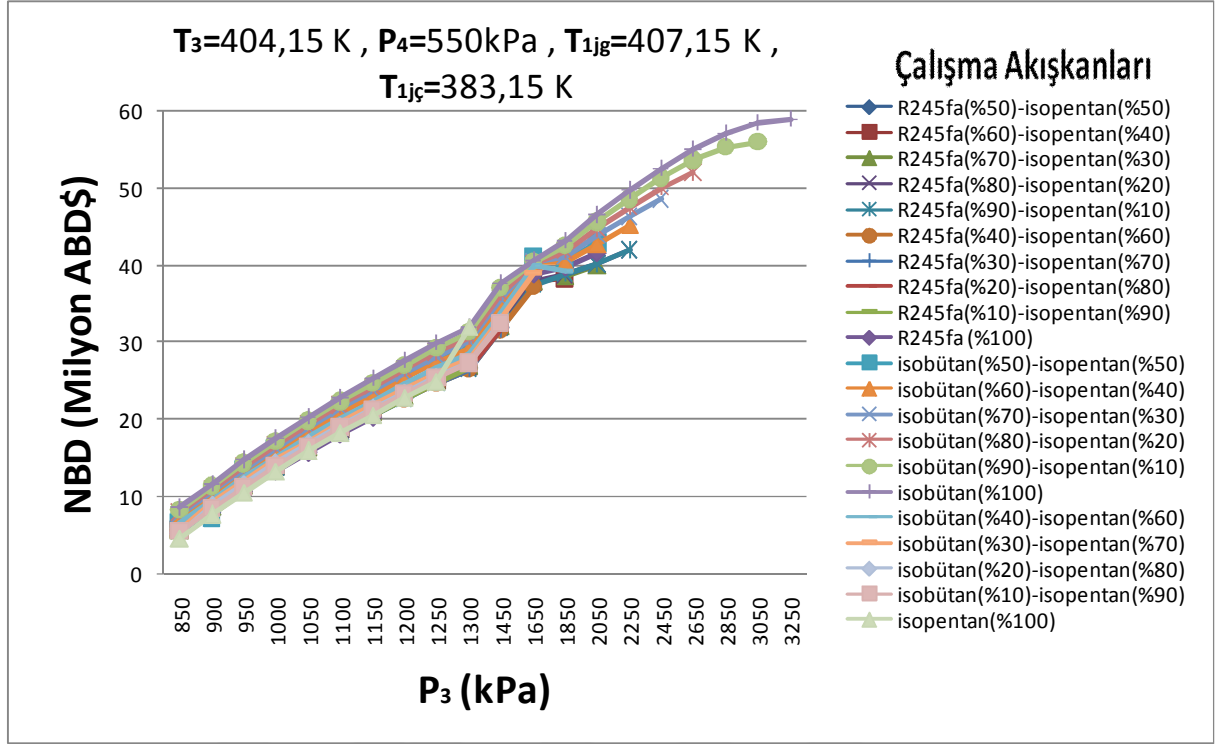
$T_3=404,15$ K, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC’de P_3 ’ün brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.3’te verilmiştir.



Şekil 7.3. Farklı Isobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.3 incelendiğinde, brüt ekserji veriminin türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için brüt ekserji verimi % 3,97 ile % 14,69 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum brüt ekserji verimi % 14,69 olarak $P_3=3250$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$T_3=404,15$ K, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC’de P_3 ’ün Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.4’te verilmiştir.

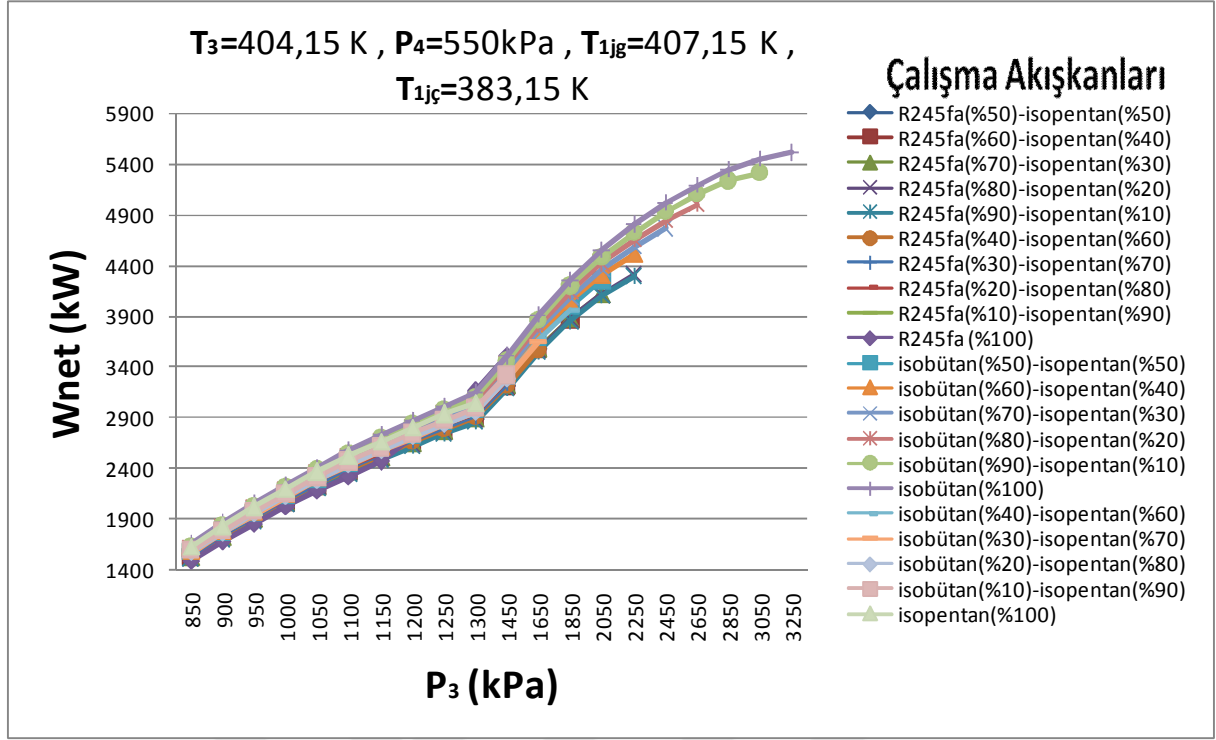


Şekil 7.4. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının NBD'ye Etkisi

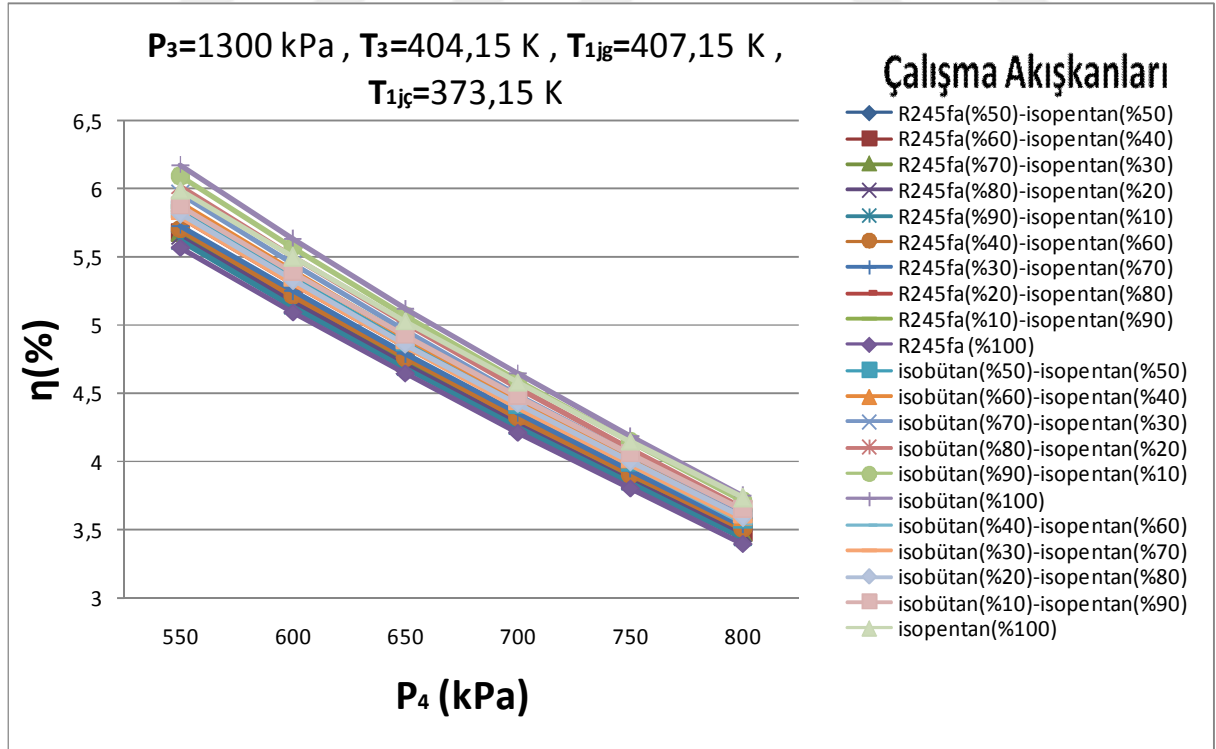
Şekil 7.4 incelendiğinde, NBD'nin türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin 4,63 Milyon ABD\$ ile 58,98 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum NBD 58,98 Milyon ABD\$ olarak $P_3=3250\text{ kPa}$ olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 10,81 net ekserji verimi % 41,92 ve brüt ekserji verimi % 14,69 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

$T_3=404,15\text{ K}$, $P_4=550\text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC'de P_3 'ün net güce etkisi Şekil 7.5'te verilmiştir.

Şekil 7.5 incelendiğinde, net gücün türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net güç 1491,398 kW ile 5511,877 kW arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net güç 5511,877 kW olarak $P_3=3250\text{ kPa}$ olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.



Şekil 7.5. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Giriş Basıncının Net Güce Etkisi

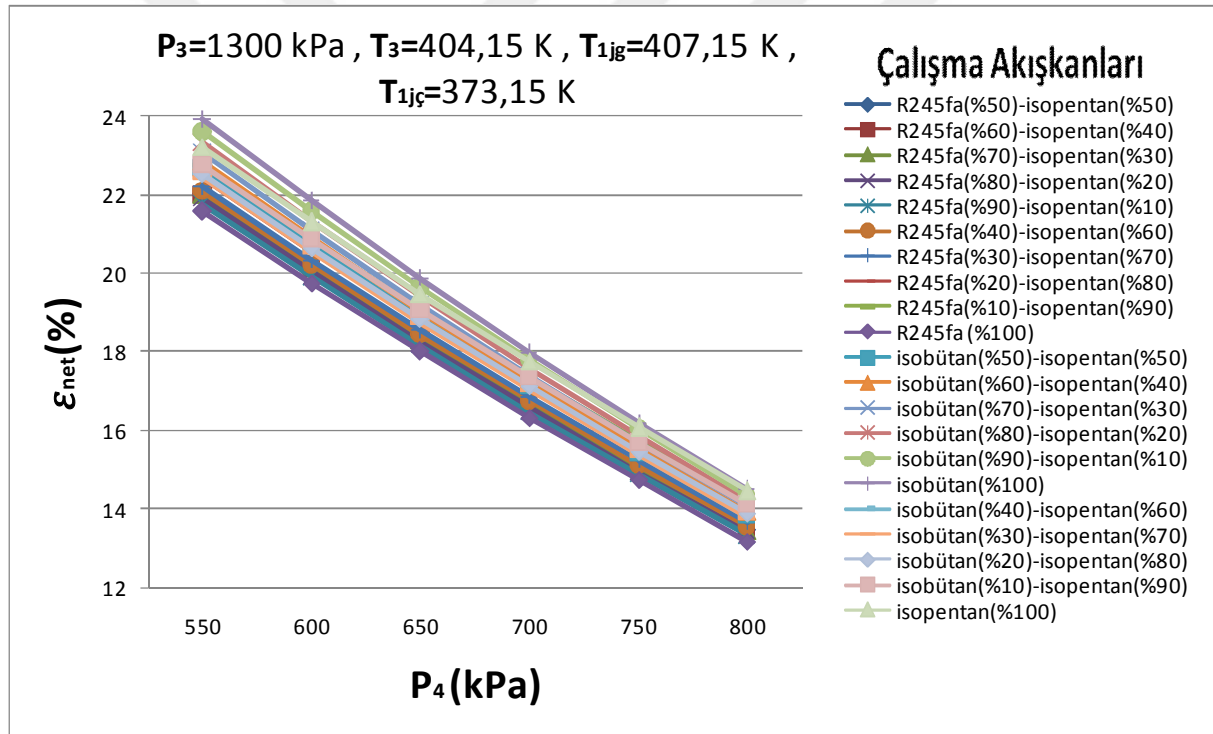


Şekil 7.6. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının Enerji Verimine Etkisi

$P_3=1300$ kPa, $T_3=404,15$ K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de P_4 ’ün enerji verimine etkisi Şekil 7.6’da verilmiştir.

Şekil 7.6 incelendiğinde, enerji veriminin türbin çıkış basıncının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için enerji verimi % 3,39 ile % 6,16 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum enerji verimi % 6,16 olarak $P_4=550$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

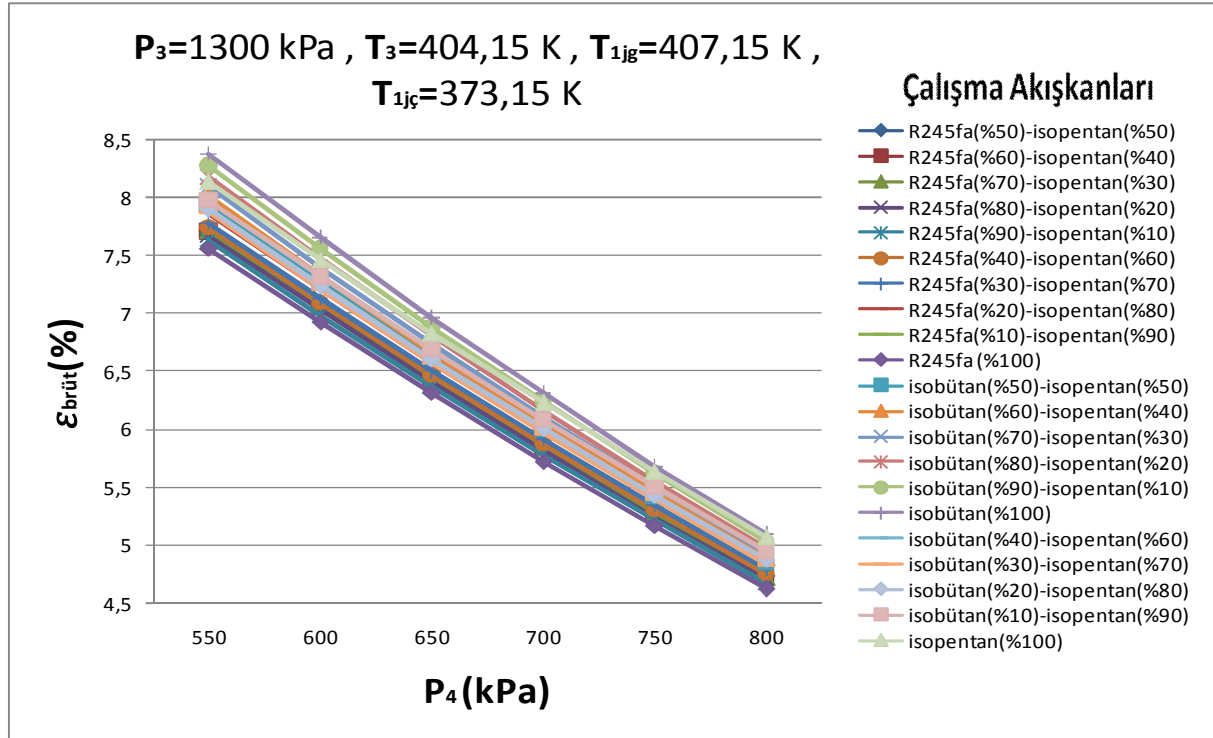
$P_3=1300$ kPa, $T_3=404,15$ K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de P_4 ’ün net ekserji verimine etkisi Şekil 7.7’de verilmiştir.



Şekil 7.7 incelendiğinde, net ekserji veriminin türbin çıkış basıncının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net ekserji verimi % 13,17 ile % 23,91 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net ekserji verimi % 23,91 olarak

$P_4 = 550$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

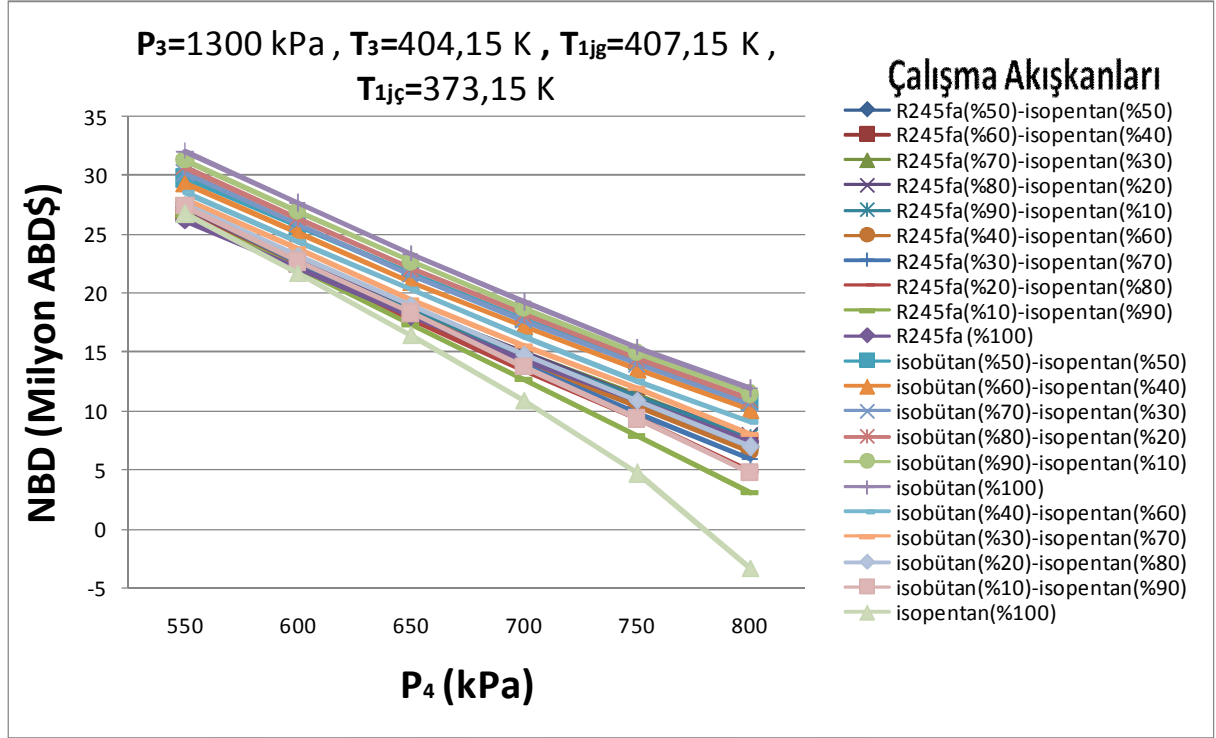
$P_3=1300$ kPa, $T_3=404,15$ K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de P_4 ’ün brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.8’de verilmiştir.



Şekil 7.8. Farklı Isobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.8 incelendiğinde, brüt ekserji veriminin türbin çıkış basıncının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için brüt ekserji verimi % 4,61 ile % 8,38 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum brüt ekserji verimi % 8,38 olarak $P_4=550$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

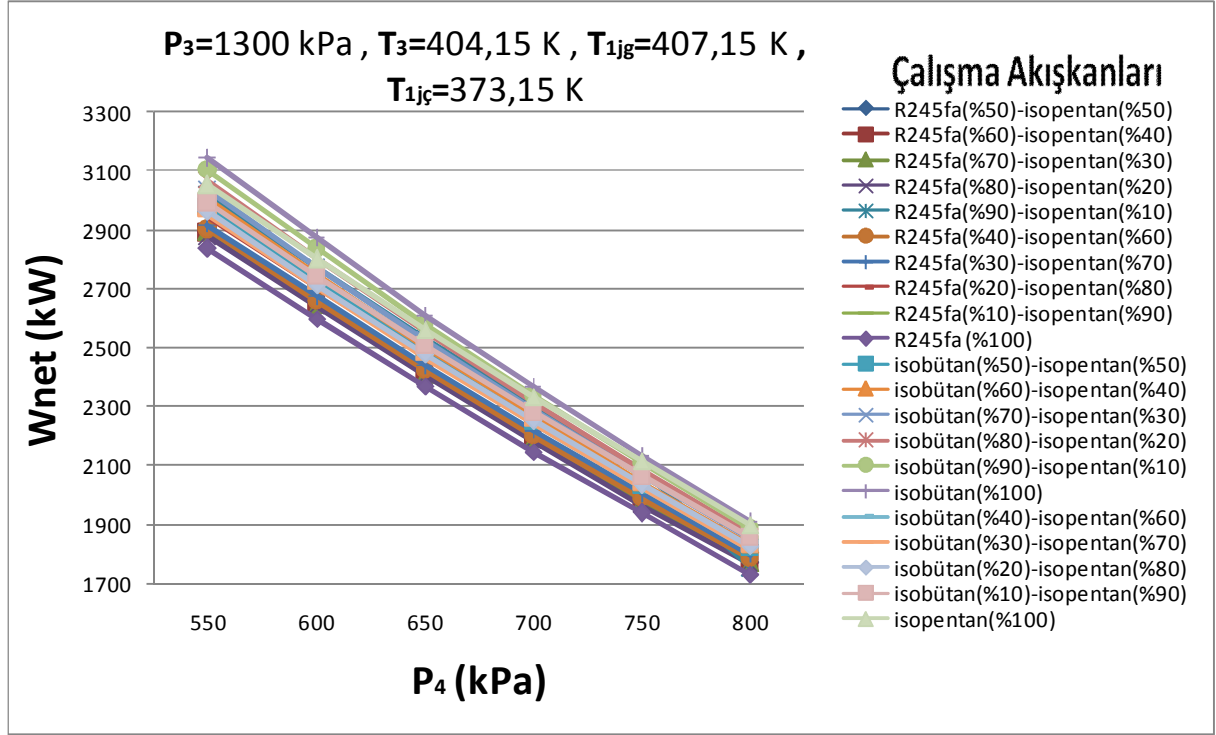
$P_3=1300$ kPa, $T_3=404,15$ K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de P_4 ’ün Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.9’da verilmiştir.



Şekil 7.9. Farklı İzobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının NBD'ye Etkisi

Şekil 7.9 incelendiğinde, NBD'nin türbin çıkış basıncının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin -3,29 Milyon ABD\$ ile 32,02 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum NBD 32,02 Milyon ABD\$ olarak $P_4 = 550$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 6,16 net ekserji verimi % 23,91 ve brüt ekserji verimi % 8,38 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

$P_3 = 1300$ kPa, $T_3 = 404,15$ K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'de P_4 'ün net güce etkisi bağlı Şekil 7.10'da verilmiştir.

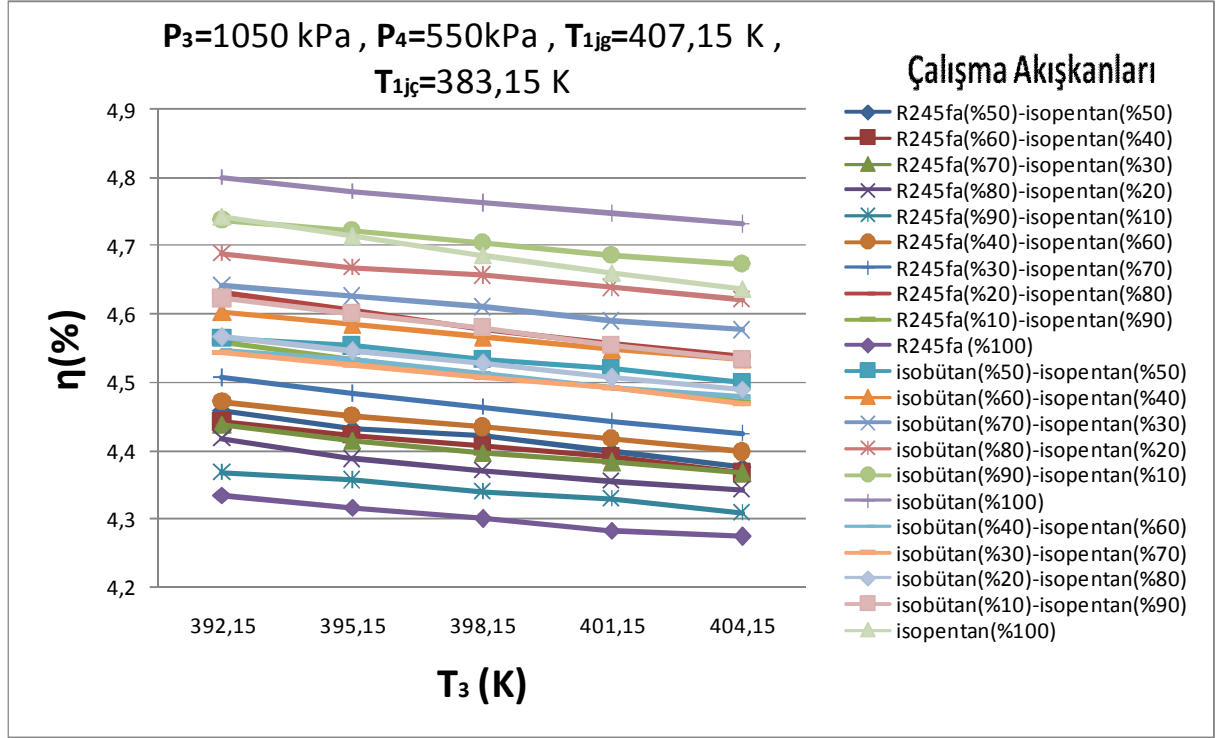


Şekil 7.10. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları Türbin Çıkış Basıncının Net Güce Etkisi

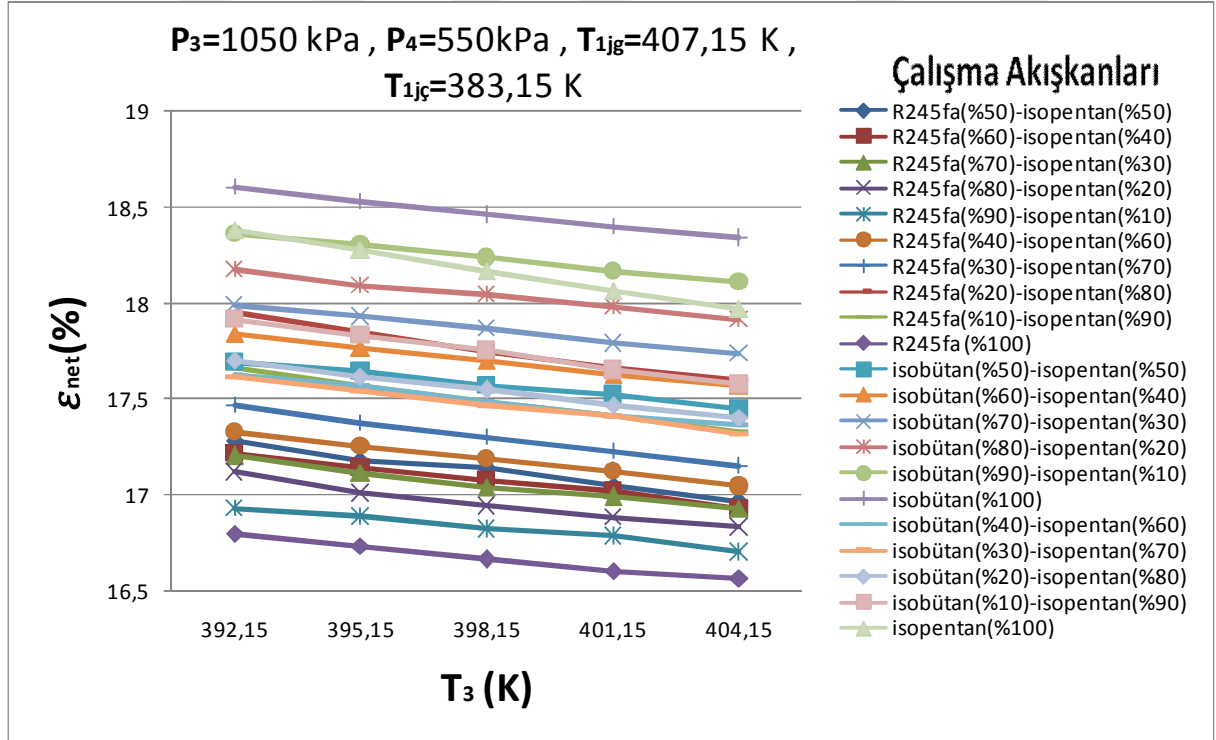
Şekil 7.10 incelendiğinde, net gücün türbin çıkış basıncının artması ile azalış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net güç 1732,079 kW ile 3144,2650 kW arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net güç 3144,2650 kW olarak $P_4=550$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$P_3=1050$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de T_3 ’ün enerji verimine etkisi bağlı Şekil 7.11’de verilmiştir.

Şekil 7.11 incelendiğinde, enerji veriminin türbin giriş sıcaklığının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için enerji verimi % 4,33 ile % 4,73 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum enerji verimi % 4,73 olarak $T_3=392,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.



Şekil 7.11. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Enerji Verimine Etkisi

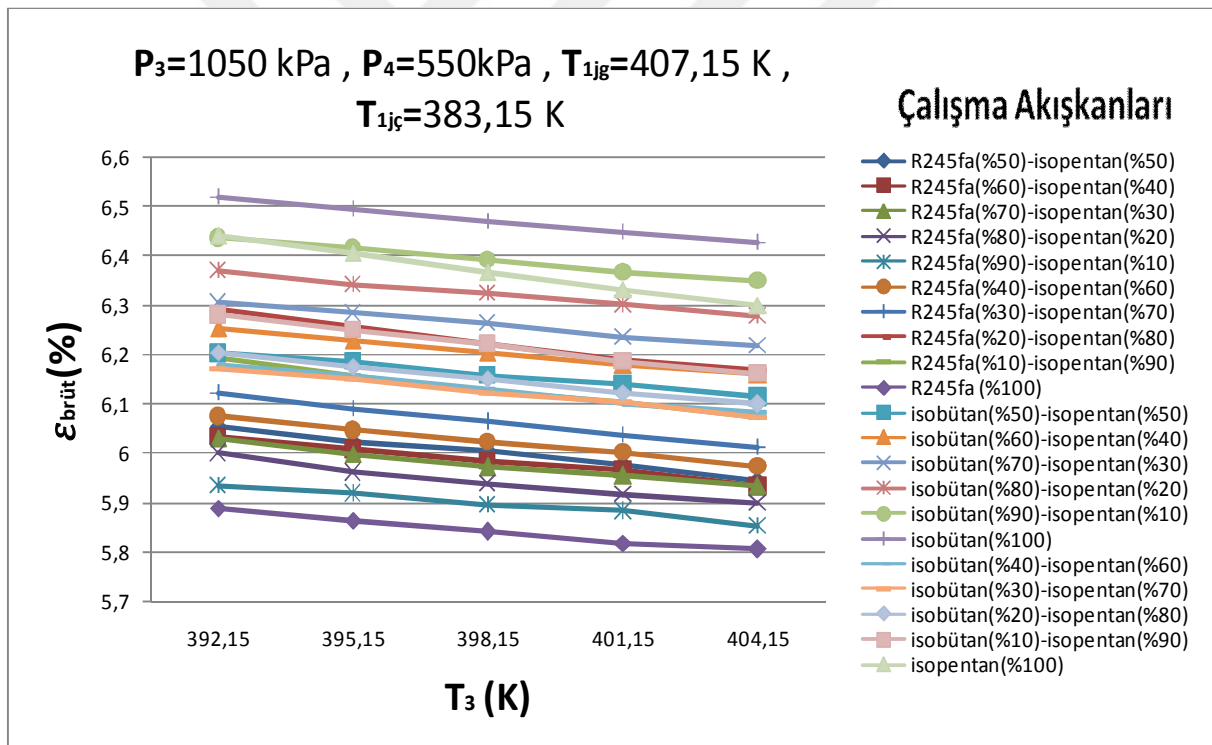


Şekil 7.12. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi

$P_3=1050$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de T_3 ’ün net ekserji verimine etkisi bağlı Şekil 7.12’de verilmiştir.

Şekil 7.12 incelendiğinde, net ekserji veriminin türbin giriş sıcaklığının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net ekserji verimi % 16,56 ile % 18,60 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net ekserji verimi % 18,60 olarak $T_3=392,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

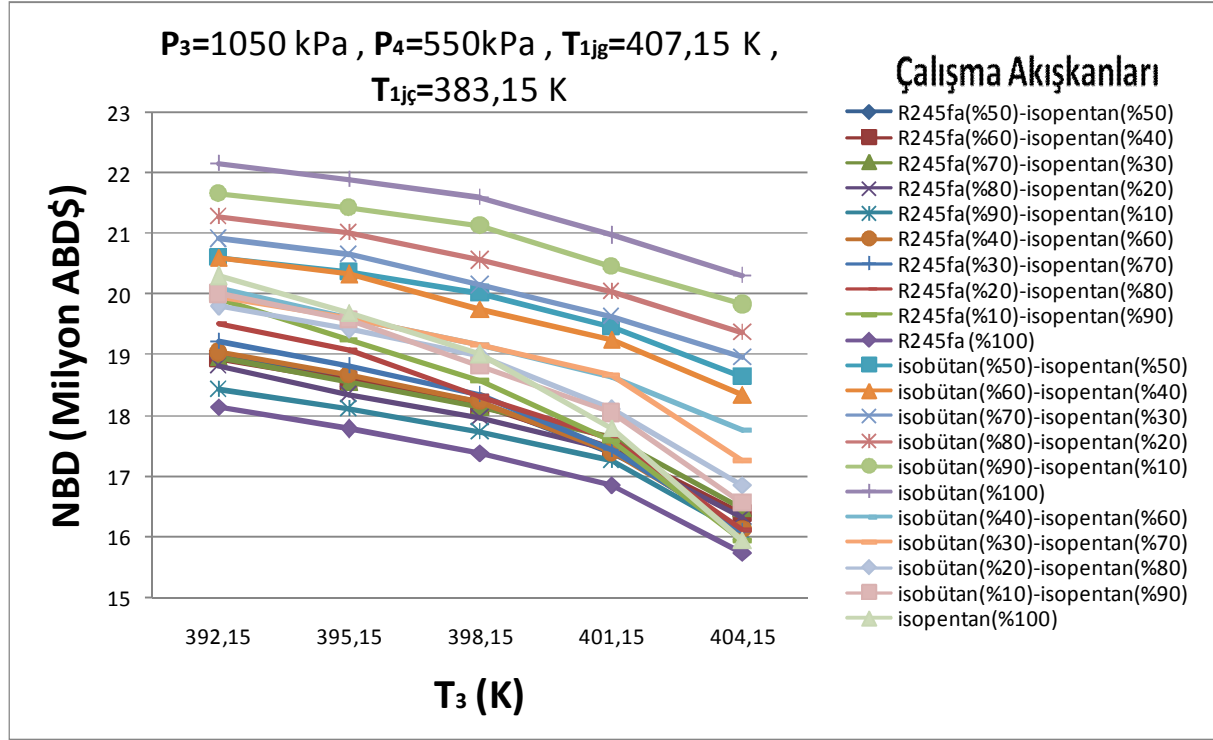
$P_3=1050$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de T_3 ’ün brüt ekserji verimine etkisi bağlı Şekil 7.13’te verilmiştir.



Şekil 7.13 incelendiğinde, brüt ekserji veriminin türbin giriş sıcaklığının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için brüt ekserji verimi % 5,80 ile % 6,51 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum brüt ekserji verimi % 6,51 olarak

$T_3=392,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

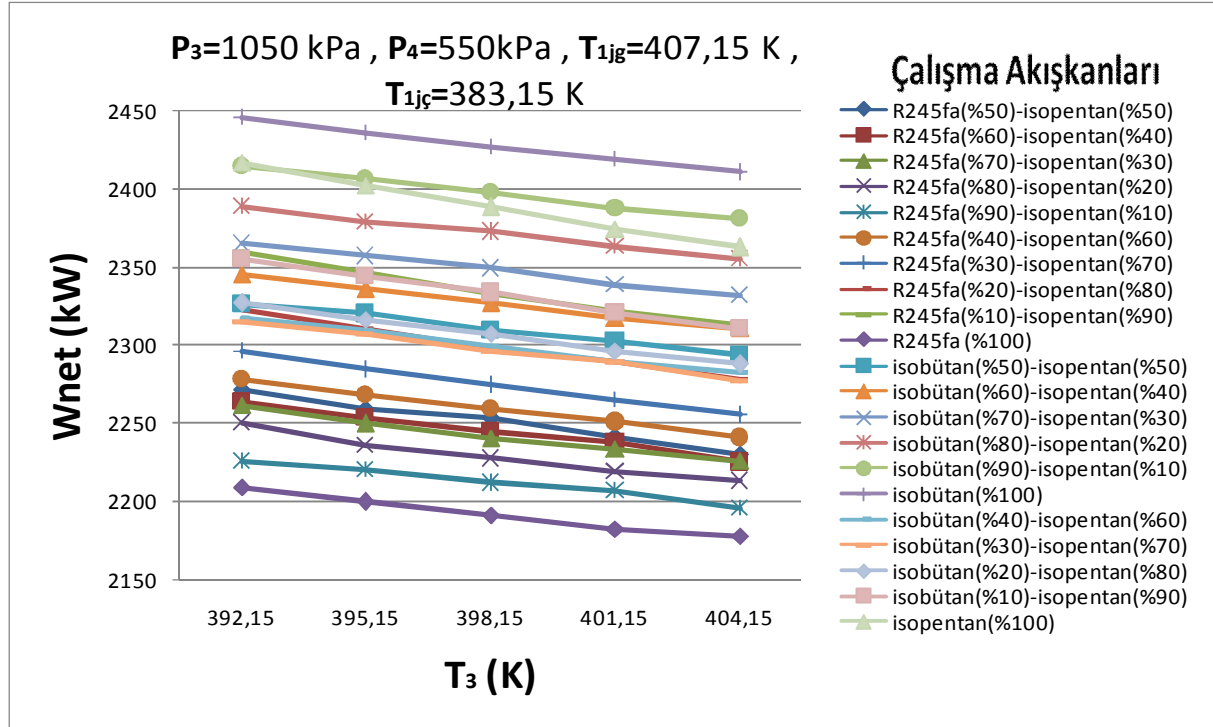
$P_3=1050$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de T_3 ’ün Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.14’te verilmiştir.



Şekil 7.14. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının NBD’ye Etkisi

Şekil 7.14 incelendiğinde, NBD’nin türbin giriş sıcaklığının artması ile azalış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için NBD’nin 15,94 Milyon ABD\$ ile 22,16 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum NBD 22,16 Milyon ABD\$ olarak $T_3=392,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 4,79 net ekserji verimi % 18,60 ve brüt ekserji verimi % 6,51 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0’dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

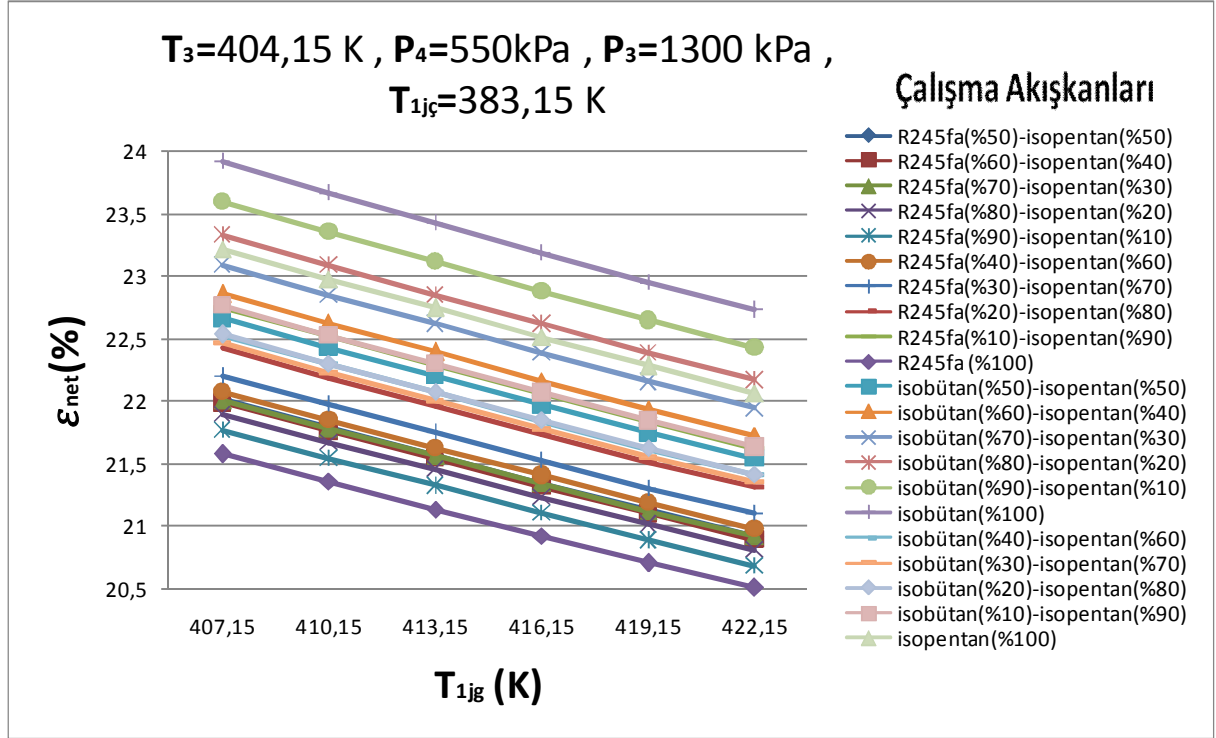
$P_3=1050$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan konsantrasyon oranları için ORC’de T_3 ’ün net güce etkisi Şekil 7.15’te verilmiştir.



Şekil 7.15. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi

Şekil 7.15 incelendiğinde, net gücün türbin giriş sıcaklığının artması ile azalış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net güç 2177,987 kW ile 2445,958 kW arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net güç 2445,958 kW olarak $T_3=392,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$P_3=1300$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC’de T_{1jg} ’nin net ekserji verimine etkisi Şekil 7.16’da verilmiştir.

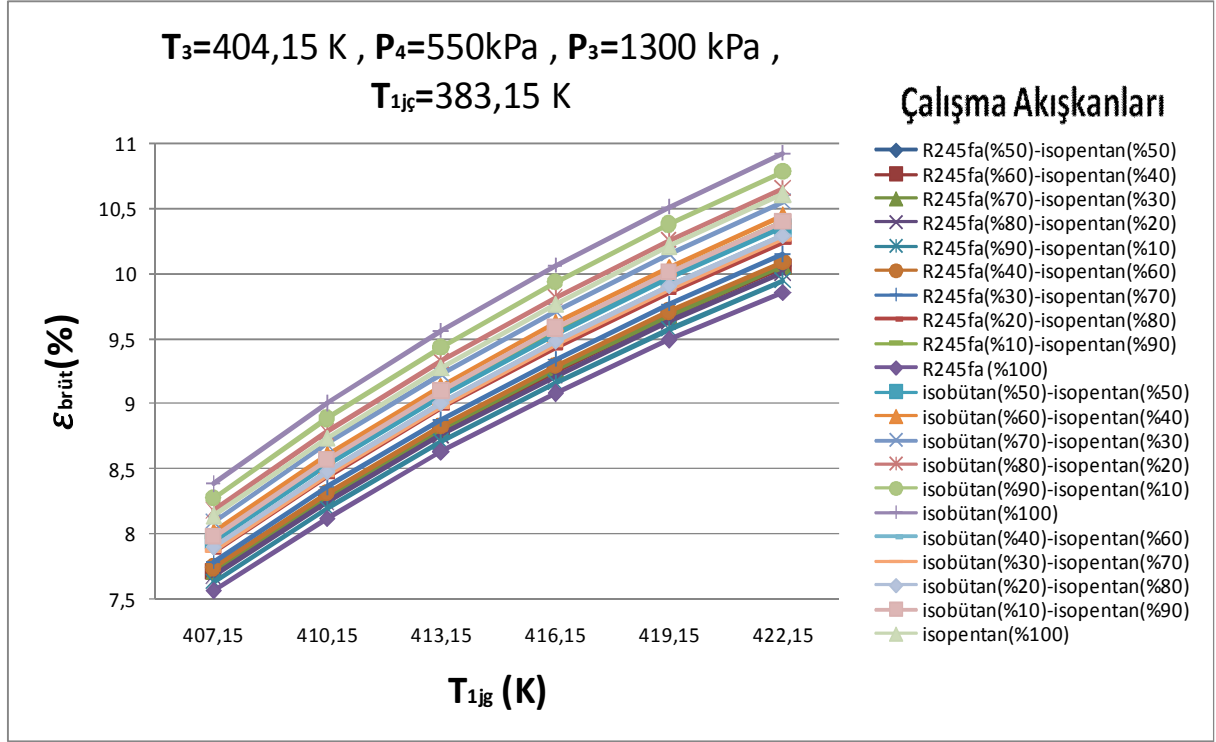


Şekil 7.16. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi

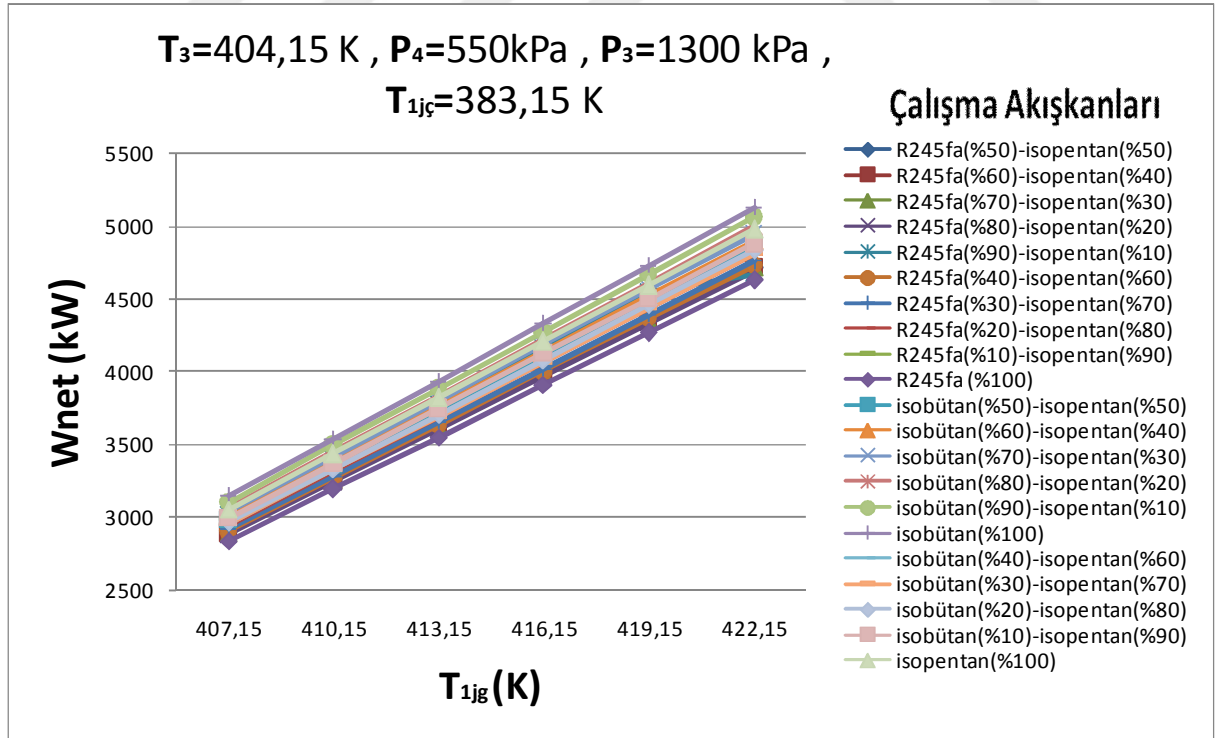
Şekil 7.16 incelendiğinde, net ekserji veriminin jeotermal kaynak giriş sıcaklığının artması ile azalış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net ekserji verimi % 20,50 ile % 23,21 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net ekserji verimi % 23,21 $T_{1jg}=407,15 \text{ K}$ olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$P_3=1300 \text{ kPa}$, $P_4=550 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC’de T_{1jg} ’nin brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.17’de verilmiştir.

Şekil 7.17 incelendiğinde, brüt ekserji veriminin jeotermal kaynak giriş sıcaklığının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için brüt ekserji verimi % 7,56 ile % 10,92 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum brüt ekserji verimi % 10,92 $T_{1jg}=422,15 \text{ K}$ olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.



Şekil 7.17. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

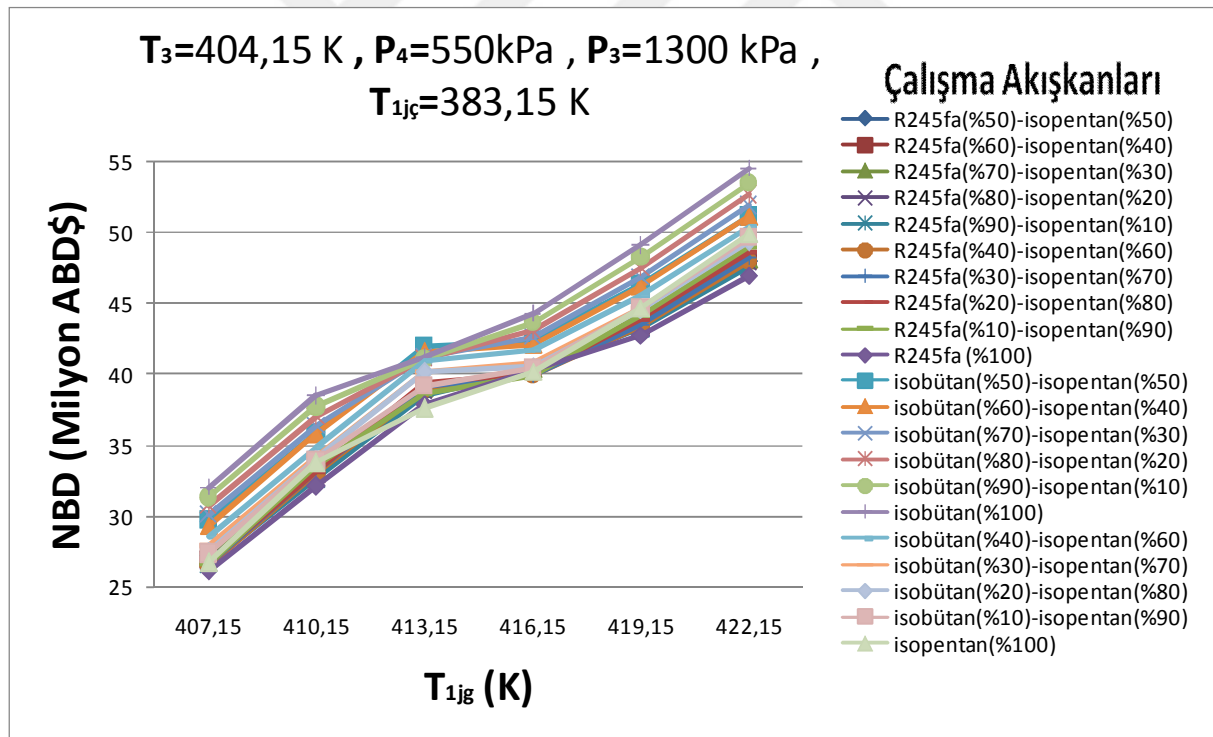


Şekil 7.18. Farklı İsobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi

$P_3=1300$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC’de T_{1jg} ’nin net güce etkisi Şekil 7.18’de verilmiştir.

Şekil 7.18 incelendiğinde, net gücün jeotermal kaynak giriş sıcaklığının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için net güç 2836,887 kW ile 5127,437 kW arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum net güç 5127,437 kW olarak $T_{1jg} = 422,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$P_3=1300$ kPa, $P_4=550$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan, R245fa-isopentan, konsantrasyon oranları için ORC’de T_{1jg} ’nin Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.19’da verilmiştir.



Şekil 7.19. Farklı Isobütan-İsopentan, R245fa-İsopentan Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının NBD’ye Etkisi

Şekil 7.19 incelendiğinde, NBD’nin jeotermal kaynak giriş sıcaklığının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için NBD’nin 26,57 Milyon ABD\$

ile 54,49 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum NBD 54,49 ABD\$ olarak $T_{1jg}=422,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı  alışma şartları için enerji verimi % 6,16 net ekserji verimi % 22,94 ve brüt ekserji verimi % 10,92 olarak hesaplanmıştır. *NBD* değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

Jeotermal enerji kaynaklı ORC için maksimum *NBD* ve brüt ekserji verimine ait çalışma parametreleri Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC için Maksimum NBD ve Brüt Ekserji Verimine Ait  alışma Parametreleri

	T (K)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)
1	314,48	550	299,66	1,3369	179,01
2	316,58	3250	305,9975	1,3409	179,01
3	404,15	3250	700,63	2,3968	179,01
4	331,92	550	643,51	2,4274	179,01
1 _{jg}	422,15	500	627,89	1,8319	500
1 _{j�}	383,15	500	461,67	1,4185	500
S _g	283,15	101,33	42,119	0,15108	2496,41
S _�	288,15	101,325	63,077	0,22445	2496,41
$\dot{W}_{net} = 8988,37 \text{ kW}$					
$\eta = \% 10,81$					
$\epsilon_{net} = \% 39,84$					
$\epsilon_{brüt} = \% 19,53$					
$NBD = 114,68 \text{ Milyon ABD\$}$					

Tablo 7.1 incelendiğinde jeotermal enerji kaynaklı ORC için maksimum *NBD* 114,68 Milyon ABD\$ ve maksimum brüt ekserji verimi % 19,53 olarak t rb n giriş sıcaklığının 404,15 K, t rb n çıkış basıncının 550 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 422,15 K, t rb n giriş basıncının (P_3) 3250 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı  alışma şartları için enerji verimi % 10,81 net ekserji verimi % 39,84 ve sistemden 8988,37 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır. Ayrıca *NBD* değer 0'dan büyük çıkması sistemin yatırıma uygun olduğunu göstermektedir.

Jeotermal enerji kaynaklı ORC için maksimum enerji ve brüt ekserji verimine ait çalışma parametreleri Tablo 7.2’de verilmiştir.

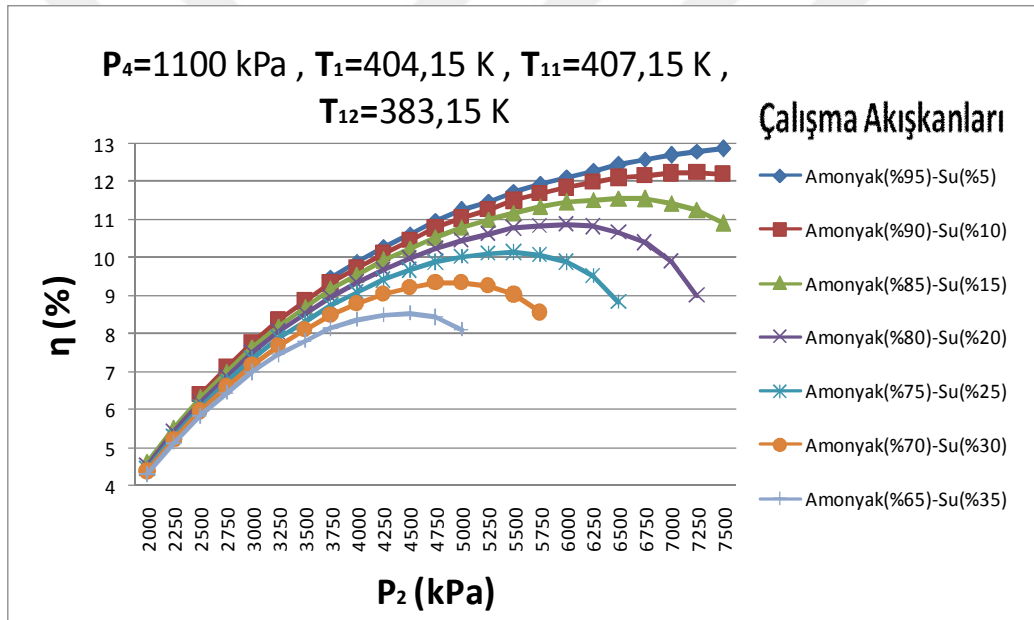
Tablo 7.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC için Maksimum Enerji ve Net Ekserji Verimine Ait Çalışma Parametreleri

	T (K)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)
1	314,48	550	299,66	1,3369	109,7737
2	316,58	3250	305,9975	1,3409	123,5802
3	404,15	3250	700,63	2,3968	137,3975
4	331,92	550	643,51	2,4274	151,247
1jg	407,15	500	563,6	1,6765	500
1jç	383,15	500	461,67	1,4185	500
Sg	283,15	101,33	42,119	0,15108	1801,015
Sç	288,15	101,325	63,077	0,22445	1801,015
$\dot{W}_{net} = 5511,88 \text{ kW}$					
$\eta = \% 10,81$					
$\epsilon_{net} = \% 41,92$					
$\epsilon_{brüt} = \% 14,69$					
NBD 58,98 Milyon ABD\$					

Tablo 7.2 incelendiğinde jeotermal enerji kaynaklı ORC için maksimum enerji verimi % 10,81 ve maksimum net ekserji verimi % 41,92 olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin çıkış basıncının 550 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 407,15 K, türbin giriş basıncının 3250 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için brüt ekserji verimi % 14,69 NBD değeri 58,98 Milyon ABD\$ ve sistemden 5511,88 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır. Ayrıca NBD değeri 0’dan büyük çıkması sistemin yatırıma uygun olduğunu göstermektedir.

7.2. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrim Bulguları

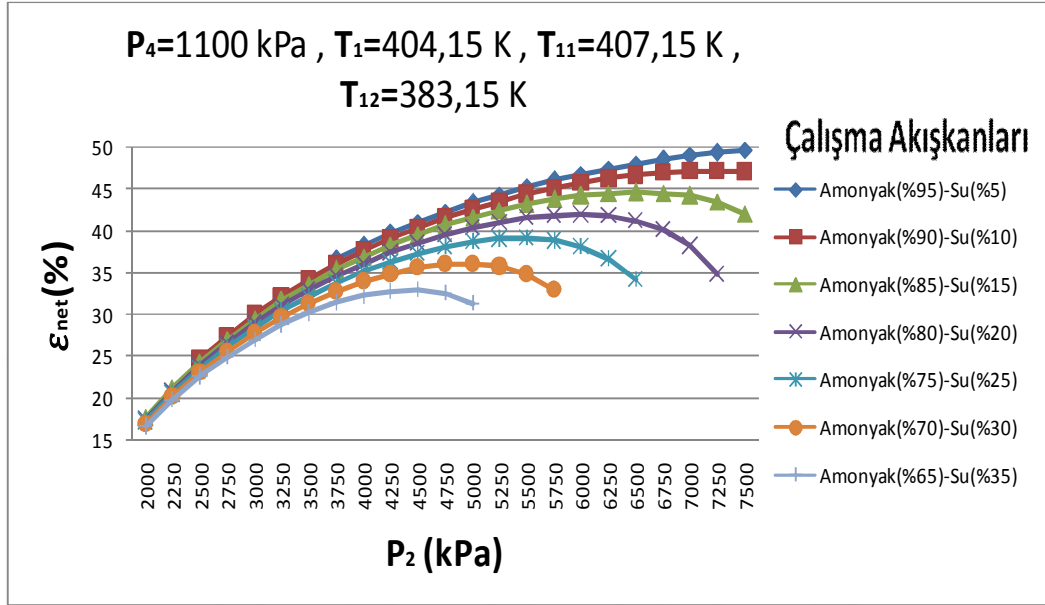
Bu çalışmada, jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevriminin farklı tasarım parametreleri için amonyak-su karışımlarının optimum konsantrasyon oranı termodinamik analizler sonucunda belirlenmiştir. Türbin giriş basıncı, türbin çıkış basıncı, türbin giriş sıcaklığı ve jeotermal kaynak giriş sıcaklığı Kalina çevriminin değişken parametreleridir. Tasarlanan Kalina çevriminde akışkanlara ait termodinamiksel değerler REFPROP 8.0 programı kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada $T_{12}=383,15$ K olarak belirlenmiştir. Farklı sistem tasarımları için enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. $T_1=404,15$ K, $P_4=1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_2 'nin enerji verimine etkisi Şekil 7.20'de verilmiştir.



Şekil 7.20. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Enerji Verimine Etkisi

Şekil 7.20 incelendiğinde türbin giriş basıncındaki artışın enerji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin enerji verimi % 4,30 ile % 12,86 arasında değiştiği görülmektedir. Enerji verimi türbin giriş basıncının artması ile farklı eğimler göstermektedir. Maksimum enerji verimi % 12,86 olarak $P_2=7500$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

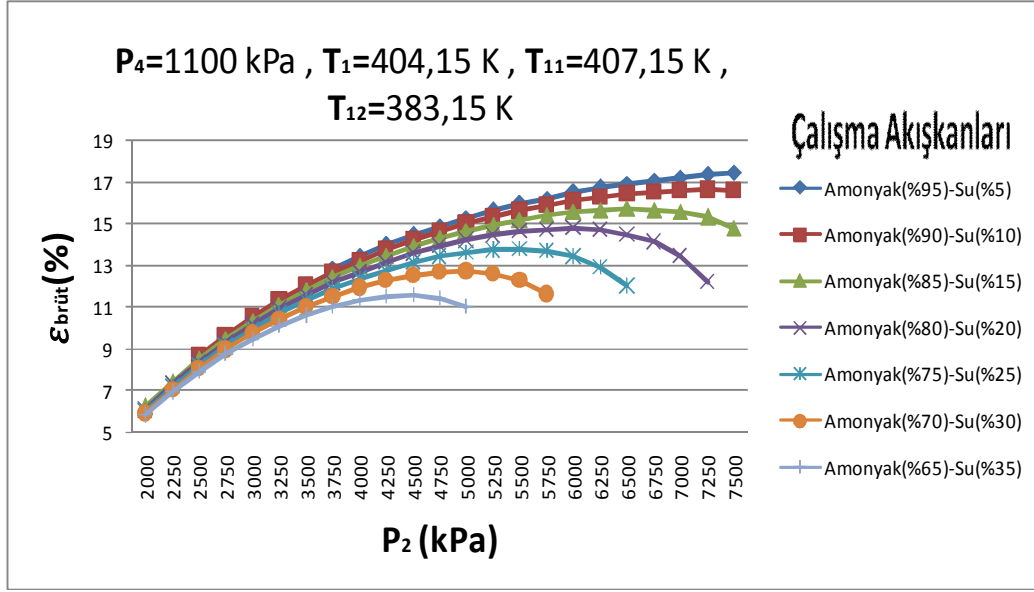
$T_1 = 404,15$ K, $P_4 = 1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_2 'nin net ekserji verimine etkisi Şekil 7.21'de verilmiştir.



Şekil 7.21. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi

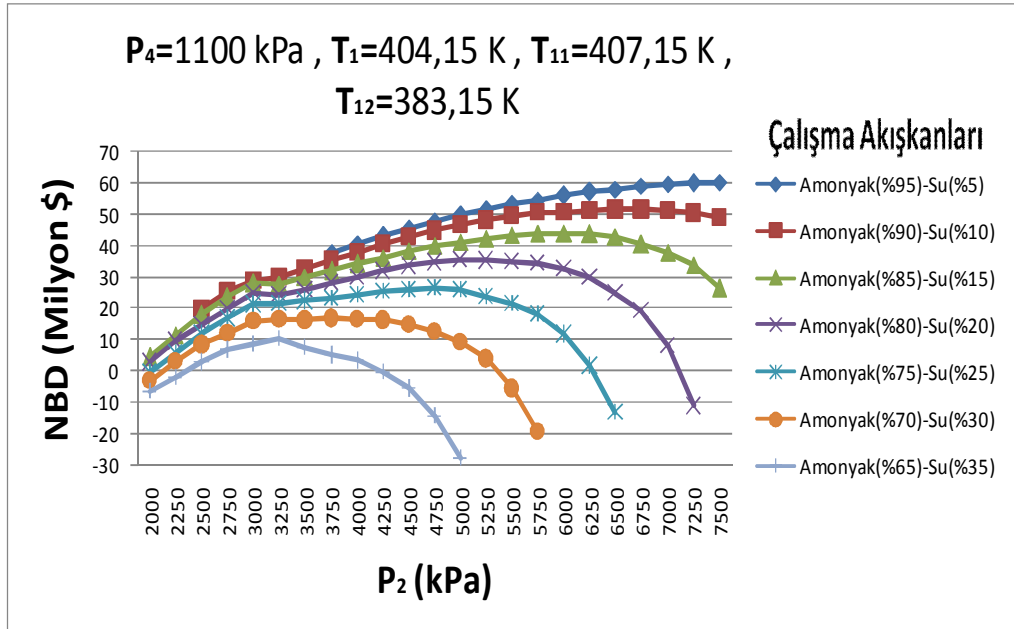
Şekil 7.21 incelendiğinde türbin giriş basıncındaki artışın net ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin net ekserji verimi % 16,63 ile % 49,69 arasında değiştiği görülmektedir. Net ekserji verimi türbin giriş basıncının artması ile farklı eğimler göstermektedir. Maksimum net ekserji verimi % 49,69 olarak $P_2 = 7500$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$T_1 = 404,15$ K, $P_4 = 1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_2 'nin brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.22'de verilmiştir.



Şekil 7.22. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

$T_1 = 404,15 \text{ K}$, $P_4 = 1100 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_2 'nin Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.23'te verilmiştir.

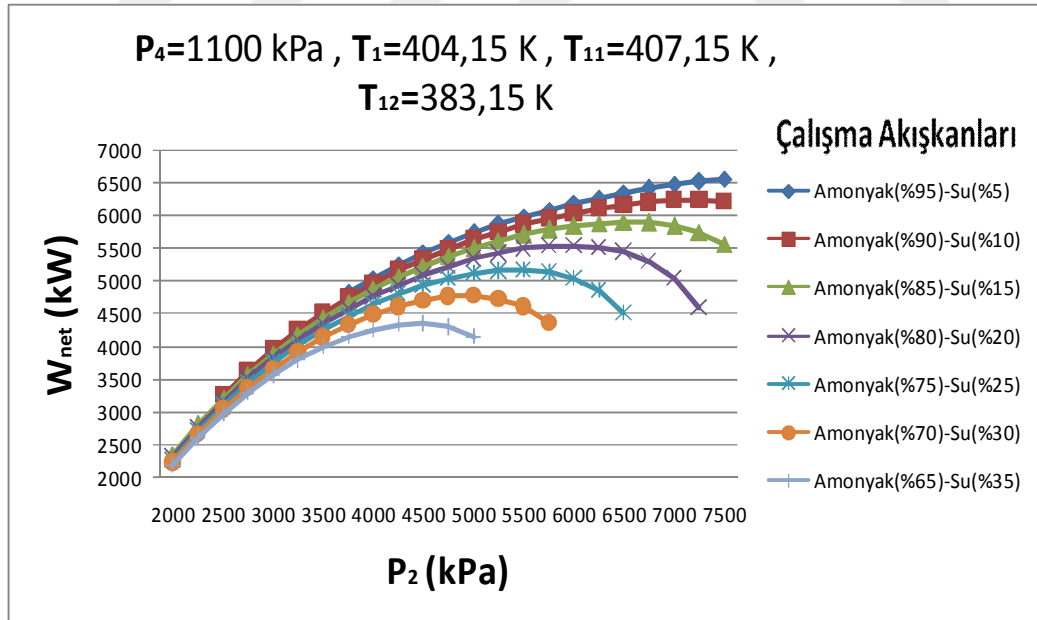


Şekil 7.23. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının NBD'ye Etkisi

Şekil 7.22 incelendiğinde türbin giriş basıncındaki artışın brüt ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin brüt ekserji verimi % 5,85 ile % 17,48 arasında değiştiği görülmektedir. Brüt ekserji verimi türbin giriş basıncının artması ile farklı eğimler göstermektedir. Maksimum brüt ekserji verimi % 17,48 olarak $P_2=7500$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

Şekil 7.23 incelendiğinde türbin giriş basıncındaki artışın NBD'nin nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin -27,61 Milyon ABD\$ ile 60,32 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. NBD'nin türbin giriş basıncının artması ile farklı eğimler göstermektedir. Maksimum NBD 60,32 Milyon ABD\$ olarak $P_2=7500$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartlarında enerji verimi % 12,78 net ekserji verimi % 49,40 ve brüt ekserji verimi % 17,48 ve olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

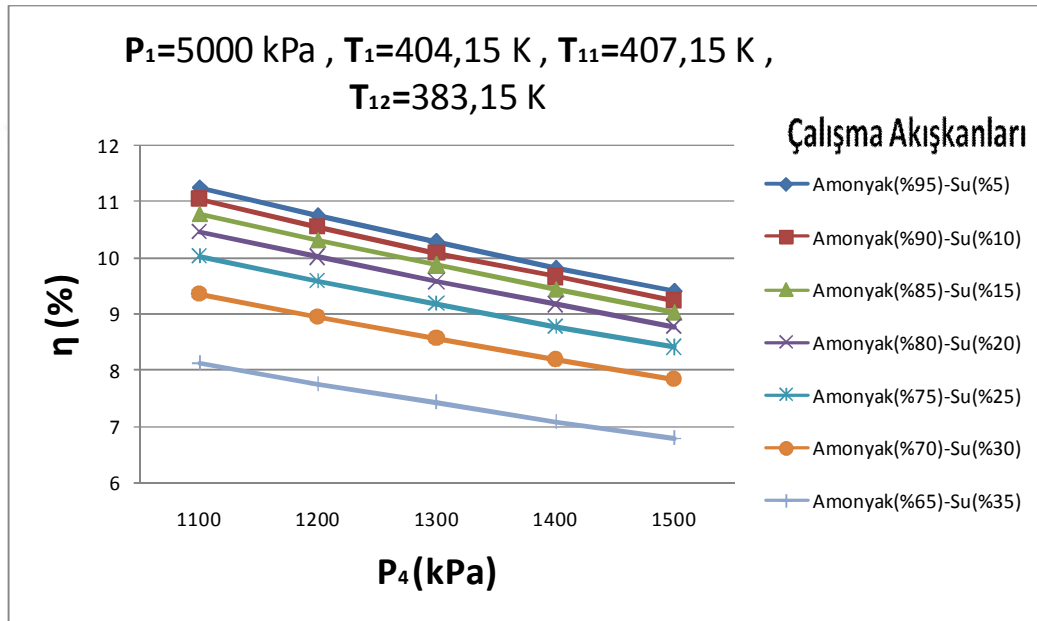
$T_1 = 404,15$ K, $P_4 = 1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_2 'nin net güce etkisi Şekil 7.24'te verilmiştir.



Şekil 7.24. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Basıncının Net Güce Etkisi

Şekil 7.24 incelendiğinde türbin giriş basıncındaki artışın net gücü nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin net gücü 2195,593 kW ile 6559,493 kW arasında değiştiği görülmektedir. Net gücün türbin giriş basıncının artması ile farklı eğimler göstermektedir. Maksimum net güç 6559,493 kW olarak $P_2=7500$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

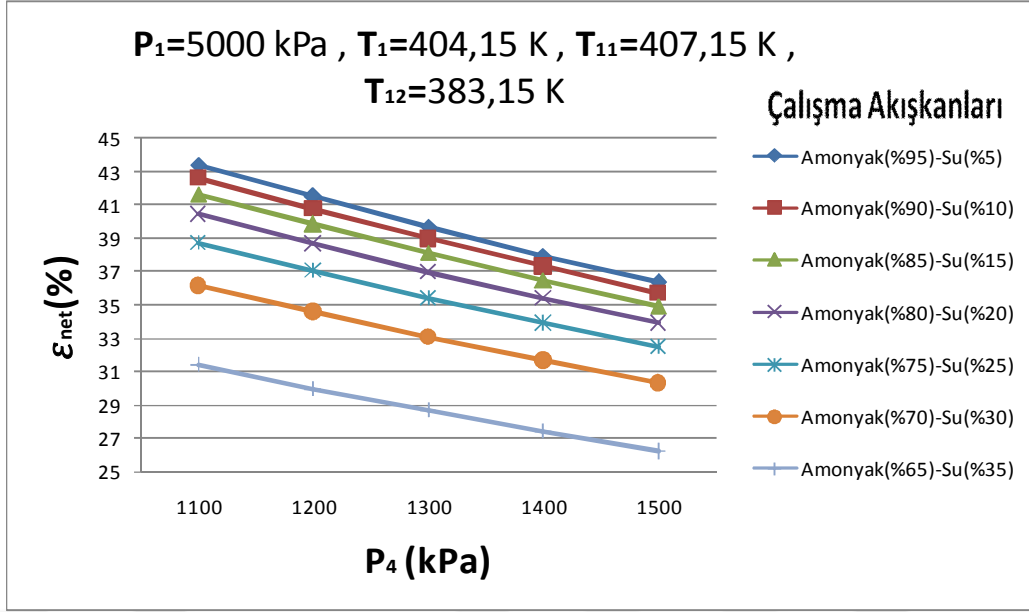
$T_1=404,15$ K, $P_1=5000$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_4 'ün enerji verimine etkisi Şekil 7.25'te verilmiştir.



Şekil 7.25. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Enerji Verimine Etkisi

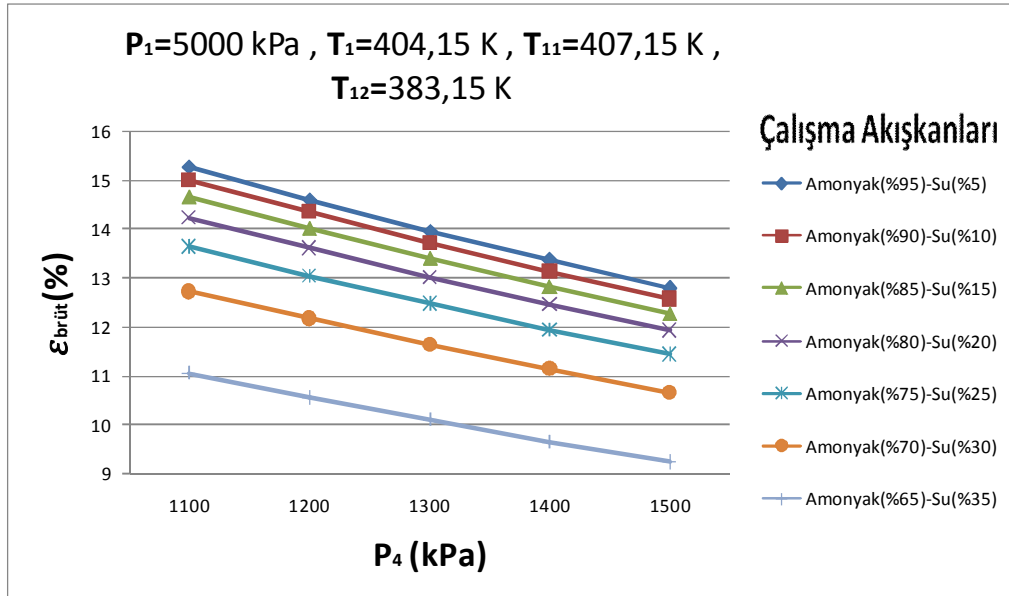
Şekil 7.25 incelendiğinde türbin çıkış basıncındaki artışın enerji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin enerji verimi % 6,78 ile % 11,24 arasında değiştiği görülmektedir. Enerji verimi türbin çıkış basıncının artması ile azalmaktadır. Maksimum enerji verimi % 11,24 olarak $P_4=1100$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$T_1 =404,15$ K, $P_1 =5000$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_4 'ün net ekserji verimine etkisi Şekil 7.26'da verilmiştir.



Şekil 7.26. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.26 incelendiğinde türbin çıkış basıncındaki artışın net ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin net enerji verimi % 26,23 ile % 43,44 arasında değiştiği görülmektedir. Net ekserji verimi türbin çıkış basıncının artması ile azalmaktadır. Maksimum net ekserji verimi % 43,44 olarak $P_4=1100 \text{ kPa}$ olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

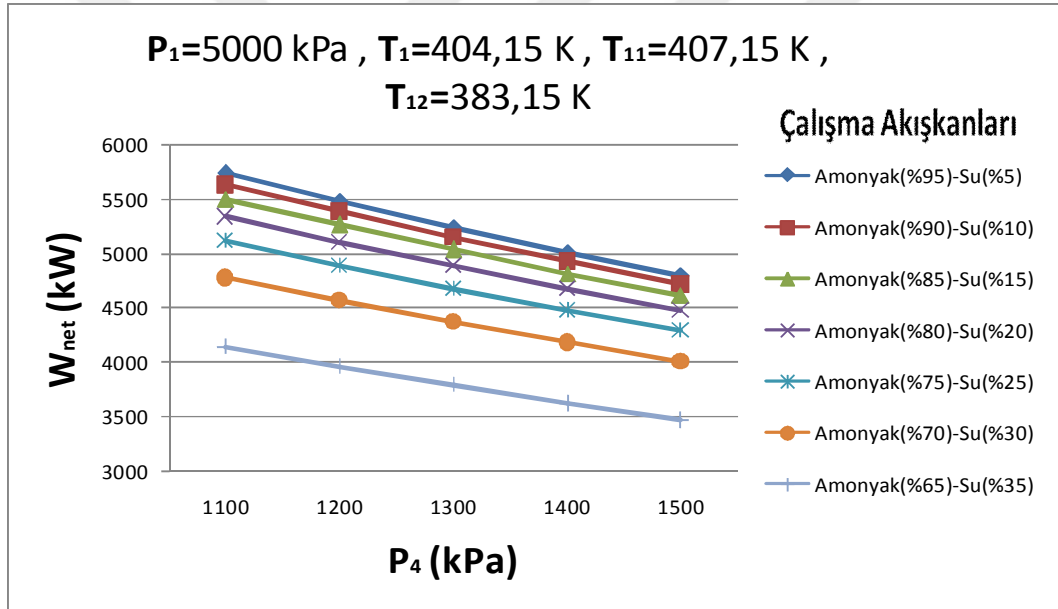


Şekil 7.27. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

$T_1 = 404,15$ K, $P_1 = 5000$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_4 'ün brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.27'de verilmiştir.

Şekil 7.27 incelendiğinde türbin çıkış basıncındaki artışın brüt ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin brüt ekserji verimi % 9,22 ile % 15,28 arasında değiştiği görülmektedir. Brüt ekserji verimi türbin çıkış basıncının artması ile azalmaktadır. Maksimum brüt ekserji verimi % 15,28 olarak $P_4 = 1100$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

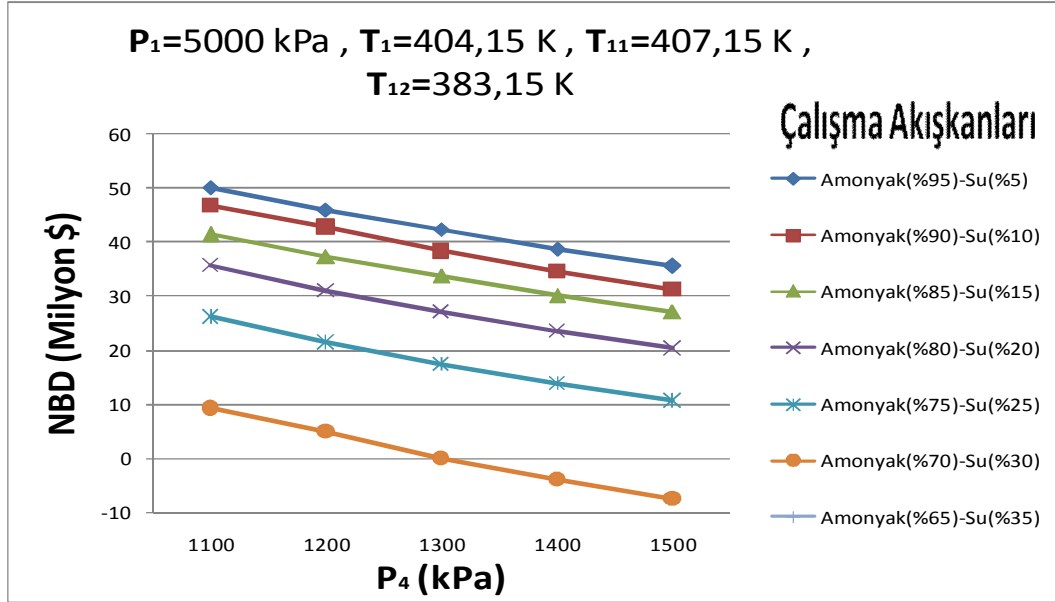
$T_1 = 404,15$ K, $P_1 = 5000$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_4 'ün net güce etkisi Şekil 7.28'de verilmiştir.



Şekil 7.28. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının Net Güce Etkisi

Şekil 7.28 incelendiğinde türbin çıkış basıncındaki artışın net gücü nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin net gücü 3462,237 kW ile 5733,630 kW arasında değiştiği görülmektedir. Net gücün türbin giriş basıncının artması ile azalmaktadır. Maksimum net güç 5733,630 kW olarak $P_4 = 1100$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

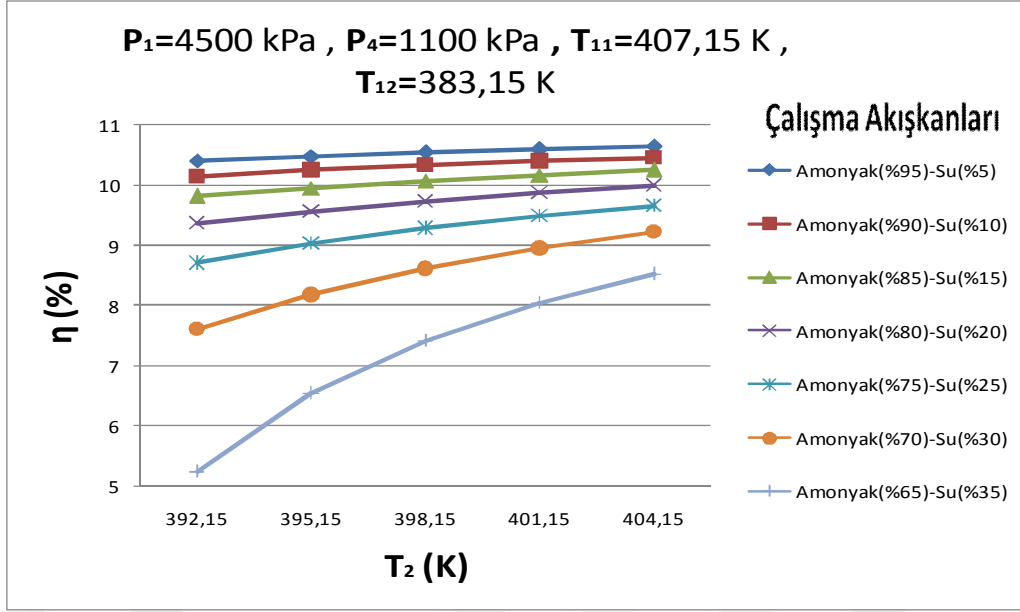
$T_1 = 404,15$ K, $P_1 = 5000$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde P_4 'ün Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.29'da verilmiştir.



Şekil 7.29. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Çıkış Basıncının NBD'ye Etkisi

Şekil 7.29 incelendiğinde türbin çıkış basıncındaki artışın NBD'nin nasıl etkilendiği karşılaştırılmıştır. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin -7,51 Milyon ABD\$ ile 50,02 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. NBD'nin türbin çıkış basıncının artması ile azalmaktadır. Maksimum NBD 50,02 Milyon ABD\$ olarak $P_2 = 1100$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartlarında enerji verimi % 11,24 net ekserji verimi % 43,43 ve brüt ekserji verimi % 15,28 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

$P_1 = 4500$ kPa, $P_4 = 1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_2 'nin enerji verimine etkisi Şekil 7.30'da verilmiştir.

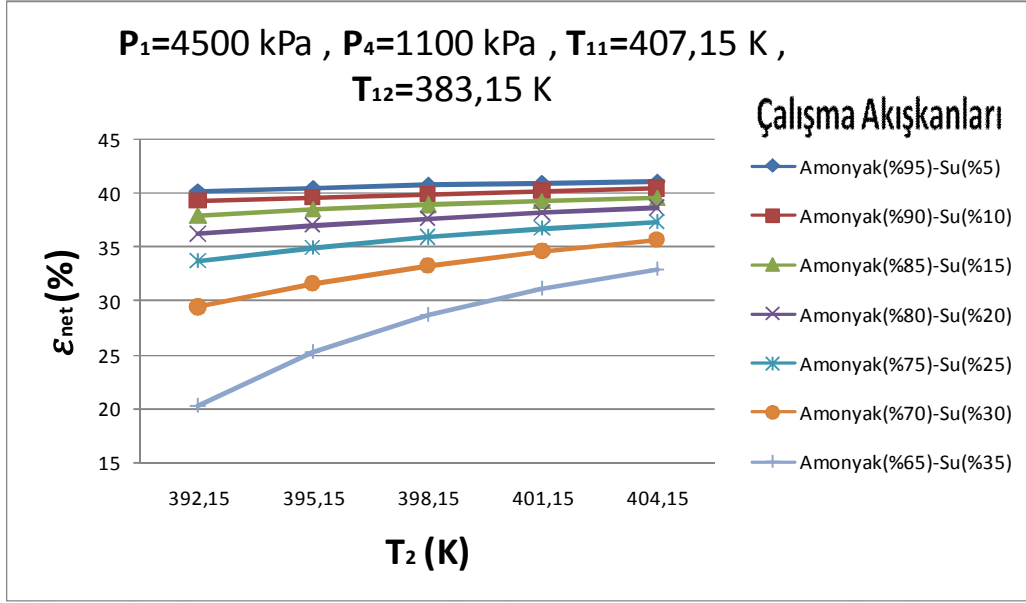


Şekil 7.30. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Enerji Verimine Etkisi

Şekil 7.30 incelendiğinde türbin giriş sıcaklığındaki artışın enerji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin enerji verimi % 5,26 ile % 10,63 arasında değiştiği görülmektedir. Enerji verimi türbin çıkış basıncının artması ile artmaktadır. Maksimum enerji verimi % 10,63 olarak $T_2=404,15 \text{ K}$ olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

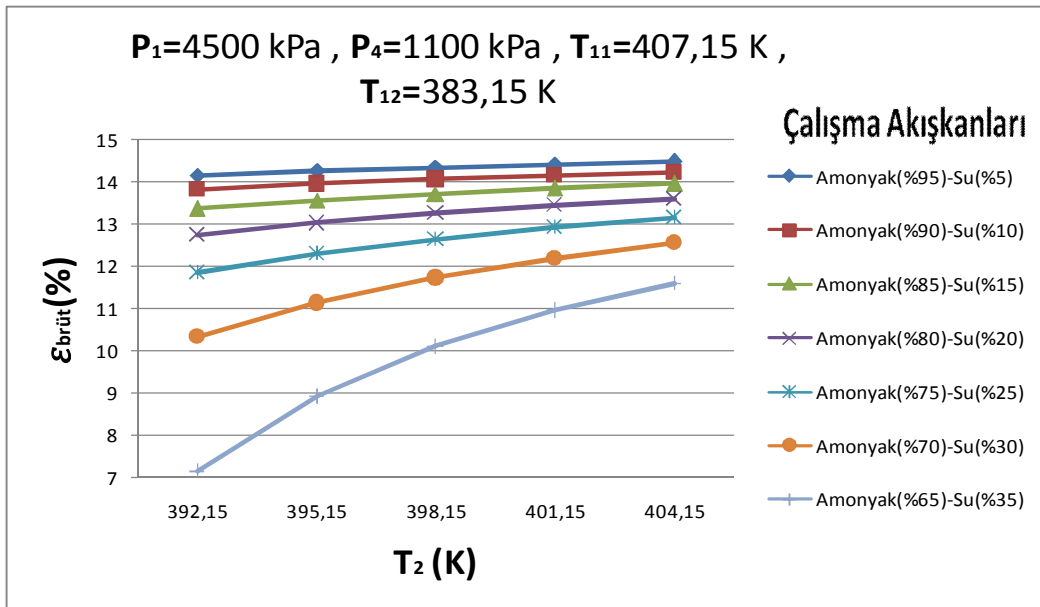
$P_1=4500 \text{ kPa}$, $P_4=1100 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_2 'nin net ekserji verimine etkisi Şekil 7.31'de verilmiştir.

Şekil 7.31 incelendiğinde türbin giriş sıcaklığındaki artışın net ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin net ekserji verimi % 20,32 ile % 41,10 arasında değiştiği görülmektedir. Net ekserji verimi türbin çıkış basıncının artması ile artmaktadır. Maksimum net ekserji verimi % 41,10 olarak $T_2=404,15 \text{ K}$ olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.



Şekil 7.31. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi

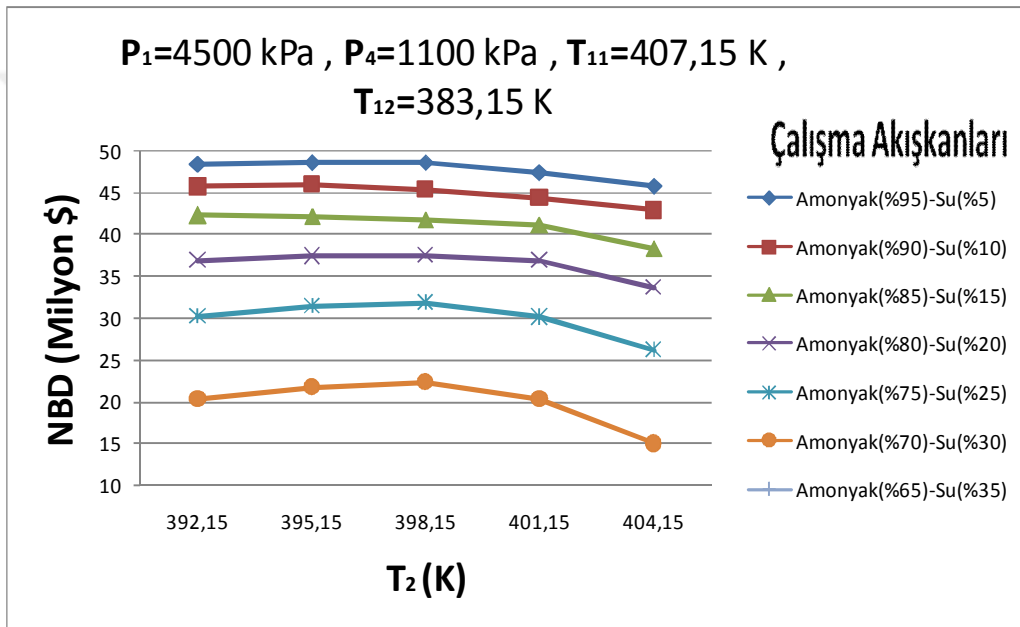
$P_1 = 4500 \text{ kPa}$, $P_4 = 1100 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_2 'nin brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.32'de verilmiştir.



Şekil 7.32. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.32 incelendiğinde türbin giriş sıcaklığındaki artışın brüt ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin brüt ekserji verimi % 7,15 ile % 14,46 arasında değiştiği görülmektedir. Brüt ekserji verimi türbin çıkış basıncının artması ile artmaktadır. Maksimum brüt ekserji verimi % 14,46 olarak $T_2=404,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

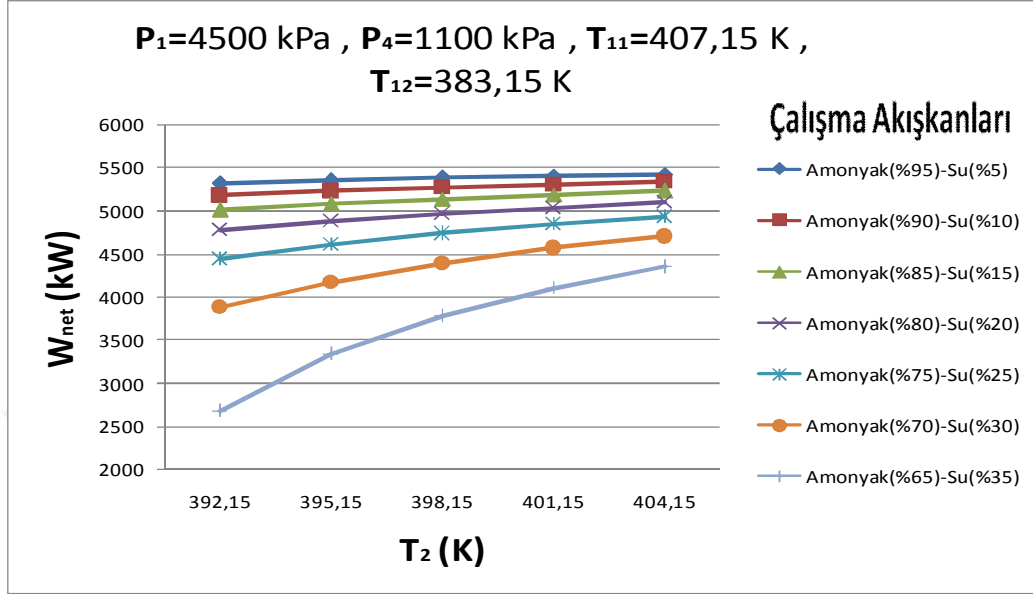
$P_1=4500$ kPa, $P_4=1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_2 'nin Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.33'te verilmiştir.



Şekil 7.33. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi

Şekil 7.33 incelendiğinde türbin giriş sıcaklığındaki artışın NBD'nin nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin 14,96 Milyon ABD\$ ile 48,57 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. NBD'nin türbin giriş sıcaklığının artması ile farklı eğimler göstermektedir. Maksimum NBD 48,35 Milyon ABD\$ olarak $T_2=395,15$ kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartlarında enerji verimi % 10,48 net ekserji verimi % 40,51 ve brüt ekserji verimi % 14,46 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

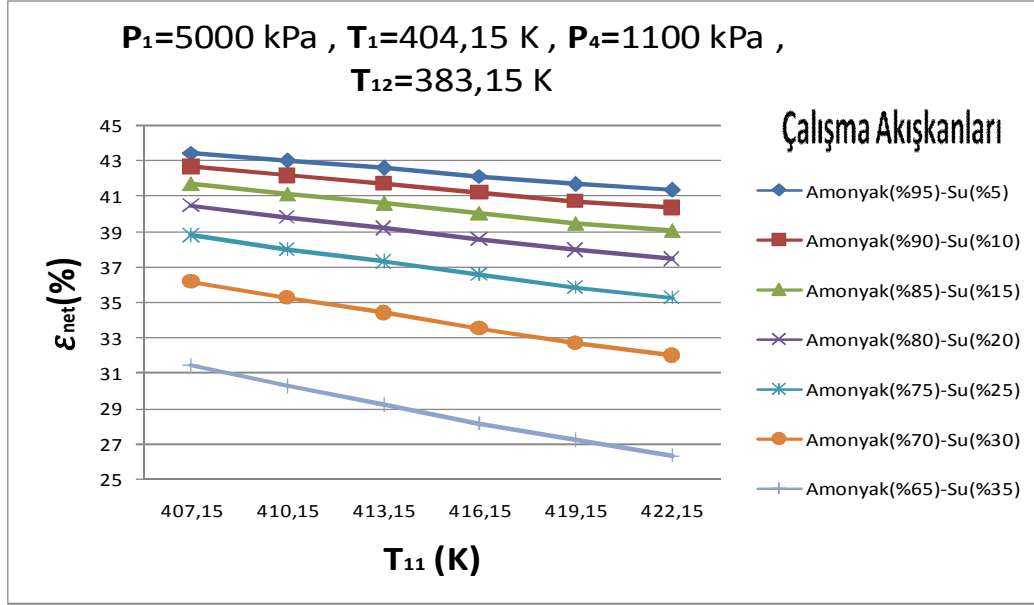
$P_1 = 4500$ kPa, $P_4 = 1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_2 'nin net güce etkisi Şekil 7.34'te verilmiştir.



Şekil 7.34. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi

Şekil 7.34 incelendiğinde türbin giriş sıcaklığındaki artışın net gücü nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin net gücü 2682,635 kW ile 5425,534 kW arasında değiştiği görülmektedir. Net gücün türbin giriş basıncının artması ile azalmaktadır. Maksimum net güç 5425,534 kW olarak $T_2=404,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

$P_1 = 5000$ kPa, $P_4 = 1100$ kPa ve $T_1 = 404,15$ K olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_{11} 'in net ekserji verimine etkisi Şekil 7.35'te verilmiştir.

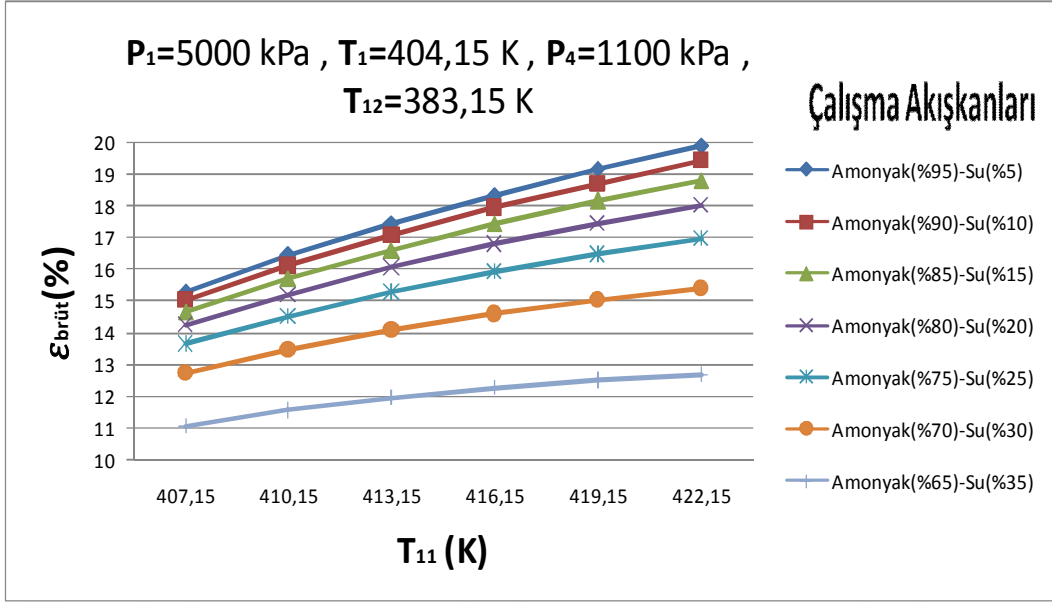


Şekil 7.35. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.35 incelendiğinde jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın net ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin net ekserji verimi % 26,35 ile % 43,43 arasında değiştiği görülmektedir. Net ekserji verimi jeotermal kaynak sıcaklığının artması ile artmaktadır. Maksimum net ekserji verimi % 43,43 olarak $T_{11}=407,15 \text{ K}$ olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

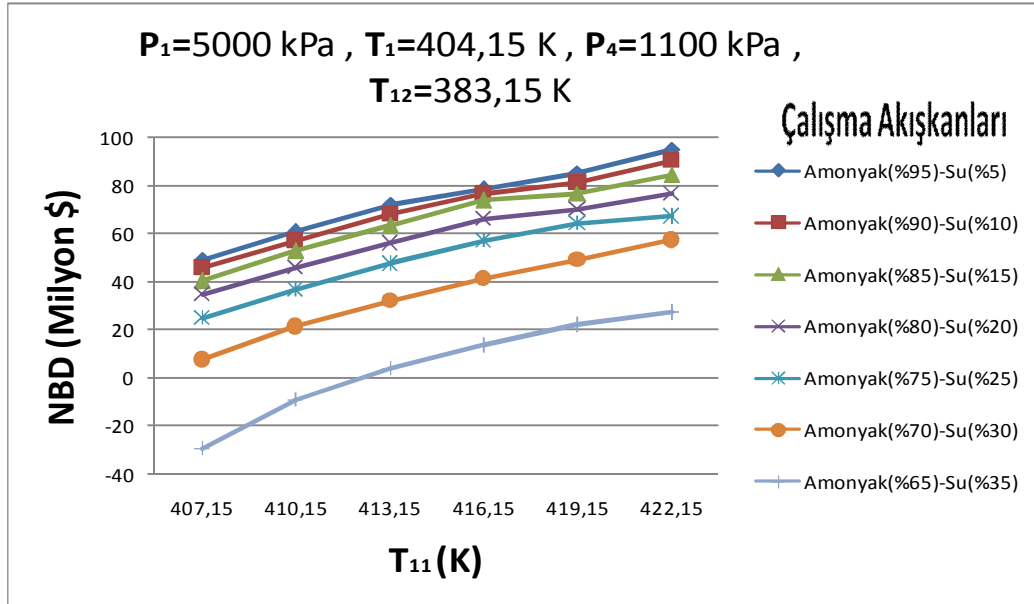
$P_1 = 5000 \text{ kPa}$, $P_4 = 1100 \text{ kPa}$ ve $T_1 = 404,15 \text{ K}$ olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_{11} 'in brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.36'da verilmiştir.

Şekil 7.36 incelendiğinde jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın brüt ekserji verimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Sistemin brüt ekserji verimi % 11,04 ile % 19,89 arasında değiştiği görülmektedir. Brüt ekserji verimi jeotermal kaynak sıcaklığının artması ile artmaktadır. Maksimum brüt ekserji verimi % 19,89 olarak $T_{11}=422,15 \text{ K}$ olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.



Şekil 7.36. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

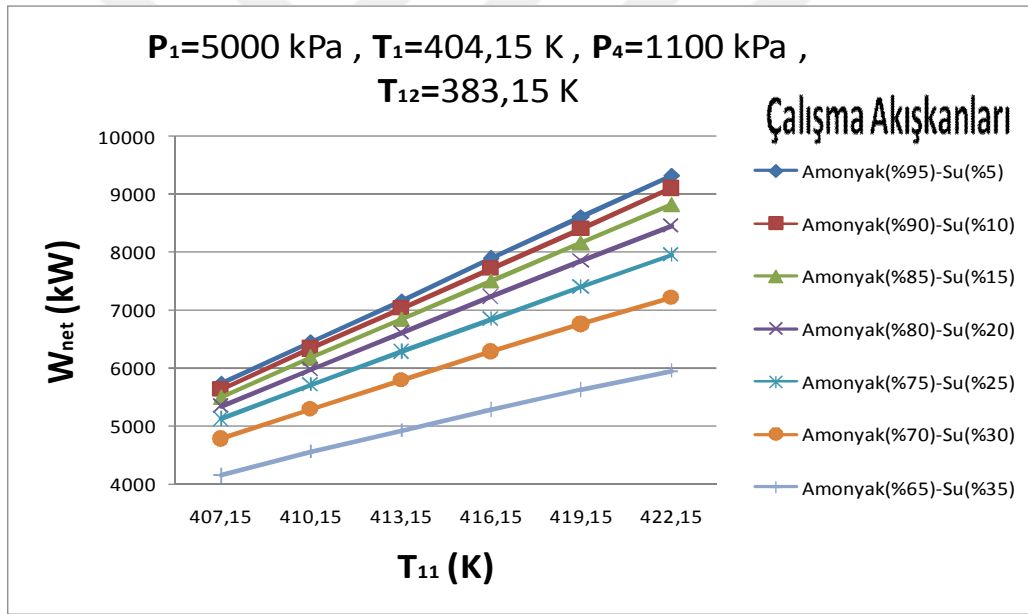
$P_1 = 5000 \text{ kPa}$, $P_4 = 1100 \text{ kPa}$ ve $T_1 = 404,15 \text{ K}$ olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_{11} ’in Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.37’de verilmiştir.



Şekil 7.37. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının NBD’ye Etkisi

Şekil 7.37 incelendiğinde jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın NBD'nin nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin -29,24 Milyon ABD\$ ile 94,84 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. NBD'nin jeotermal kaynak sıcaklığının artması ile artmaktadır. Maksimum NBD 94,84 Milyon ABD\$ olarak $T_{11}=422,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartlarında enerji verimi % 11,21 net ekserji verimi % 41,33 ve brüt ekserji verimi % 19,89 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

$P_1 = 5000$ kPa, $P_4 = 1100$ kPa ve $T_1 = 404,15$ K olarak sabit tutulduğunda farklı amonyak-su konsantrasyon oranları için Kalina çevriminde T_{11} 'in net güce etkisi Şekil 7.38'de verilmiştir.



Şekil 7.38. Farklı Amonyak-Su Konsantrasyonları için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi

Şekil 7.38 incelendiğinde jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın net gücü nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. Belirtilen sistem özellikleri için net güç 4143,659 kW ile 9327,595 kW arasında değiştiği görülmektedir. Net gücün jeotermal kaynak giriş sıcaklığının artması ile artmaktadır. Maksimum net güç 9327,595 kW olarak $T_{11}= 422,15$ K olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi için maksimum *NBD* ve brüt ekserji verimine ait çalışma parametreleri Tablo 7.3'te verilmiştir.

Tablo 7.3. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi için Maksimum *NBD* ve Brüt Ekserji Verimine Ait Çalışma Parametreleri

	T (K)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	α (%)
1	404,15	7500	1559,3	4,8843	66,1578	0,95
2	404,15	7500	1692,2	5,211	56,7376	0,98153
3	404,15	7500	758,33	2,9164	9,42022	0,76011
4	306,93	1100	1490,24	5,3273	56,7376	0,98153
5	323,02	7500	331,66	1,7422	9,42022	0,76011
6	312,22	1100	331,66	1,7746	9,42022	0,76011
7	309,47	1100	1325,27	4,8225	66,1578	0,95
8	302,95	1100	426,52	1,8722	66,1578	0,95
9	305,02	7500	439,408	1,8806	66,1578	0,95
10	315,78	7500	491,048	2,047	66,1578	0,95
11	422,15	500	627,89	1,8319	500	-
12	383,15	500	461,6	1,4186	500	-
13	283,15	101,33	42,119	0,15108	2411,51	-
14	288,15	101,325	63,077	0,22445	2411,51	-
$\dot{W}_{net} = 10606,1 \text{ kW}$						
$\eta = \% 12,75$						
$\epsilon_{net} = \% 47$ $\epsilon_{brüt} = \% 22,62$						
<i>NBD</i> 125,09 Milyon ABD\$						

Tablo 7.3 incelendiğinde jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi için maksimum *NBD* 125,09 Milyon ABD\$ ve maksimum brüt ekserji verimi % 22,62 olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin çıkış basıncının 1100 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 422,15 K, türbin giriş basıncının 7500 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 12,75 net ekserji verimi % 47 ve sistemden 10606,1 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır. Ayrıca *NBD* değeri 0'dan büyük çıkması sistemin yatırıma uygun olduğunu göstermektedir.

Jeotermal enerji kaynaklı kalina çevrimi için maksimum enerji ve net ekserji verimine ait çalışma parametreleri Tablo 7.4'te verilmiştir.

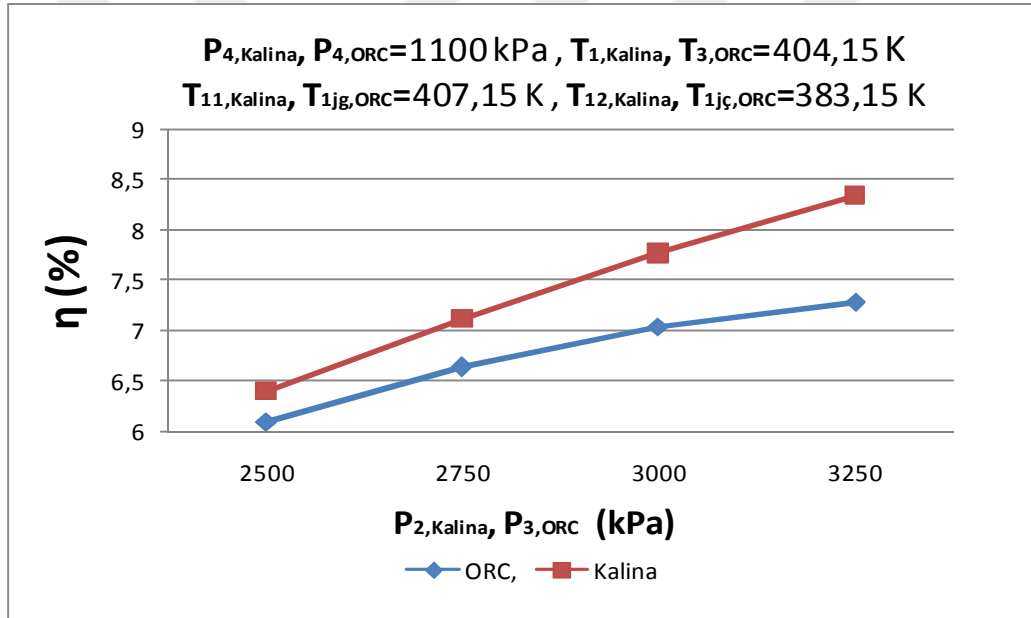
Tablo 7.4. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevrimi için Maksimum Enerji ve Net Ekserji Verimine Ait Çalışma Parametreleri

	T (K)	P (kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	α (%)
1	404,15	7500	1559,3	4,8843	40,91617	0,95
2	404,15	7500	1692,2	5,211	35,09012	0,98153
3	404,15	7500	758,33	2,9164	5,826054	0,76011
4	306,93	1100	1490,24	5,3273	35,09012	0,98153
5	308,02	7500	259,21	1,5125	5,826054	0,76011
6	308,88	1100	259,21	1,542	5,826054	0,76011
7	309,13	1100	1314,95	4,7892	40,91617	0,95
8	302,95	1100	426,52	1,8722	40,91617	0,95
9	305,02	7500	439,408	1,8806	40,91617	0,95
10	317,59	7500	499,817	2,0747	40,91617	0,95
11	407,15	500	563,6	1,6765	500	-
12	383,15	500	461,6	1,4186	500	-
13	283,15	101,33	42,119	0,15108	1474,311	-
14	288,15	101,325	63,077	0,22445	1474,311	-
$\dot{W}_{net} = 6559,49 \text{ kW}$						
$\eta = \% 12,86$						
$\epsilon_{net} = \% 49,7$ $\epsilon_{brüt} = \% 17,48$						
$NBD 60,325 \text{ Milyon ABD\$}$						

Tablo 7.4 incelendiğinde jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi için maksimum enerji verimi %12,86 ve maksimum net ekserji verimi % 49,7 olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin çıkış basıncının 1100 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 407,15 K, türbin giriş basıncının 7500 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için brüt ekserji verimi % 17,48 $NBD 60,325 \text{ Milyon ABD\$}$ ve sistemden 6559,49 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır. Ayrıca NBD değeri 0'dan büyük çıkması sistemin yatırıma uygun olduğunu göstermektedir.

7.3. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC ve Kalina Çevrimi Bulguları

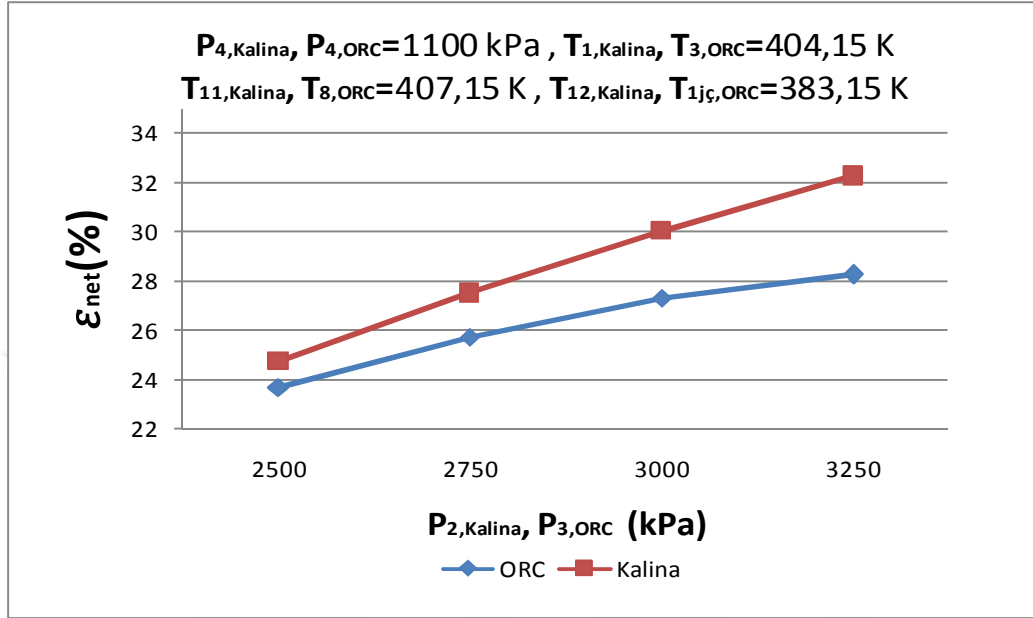
Tasarlanan ORC’de isobütan (% 100) iş akışkanı, Kalina çevriminde amonyak (% 90)-su (% 10) iş akışkanı kullanılmıştır. İki çevrim termodinamik ve ekonomik analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. ORC ve Kalina çevrimi için türbin giriş basıncı, türbin çıkış basıncı, türbin giriş sıcaklığı ve jeotermal kaynak giriş sıcaklığı değişken parametreleridir. Tasarlanan her iki çevrimin içinde akışkanlara ait termodinamiksel değerler REFPROP 8.0 programı kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada $T_{1jç,ORC}, T_{12,Kalina} = 383,15$ K olarak belirlenmiştir. $T_{3,ORC}, T_{1,Kalina} = 404,15$ K, $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina} = 1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde türbin giriş basıncının $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}$ ’nın enerji verimine etkisi değişim Şekil 7.39’da verilmiştir.



Şekil 7.39. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Enerji Verimine Etkisi

Şekil 7.39 incelendiğinde, türbin giriş basıncındaki artışın enerji veriminin hem ORC’ de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek enerji verimi % 8,34 olarak 3250 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}=1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde türbin giriş basıncının $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}$ 'nın net ekserji verimine etkisi Şekil 7.40'da verilmiştir.

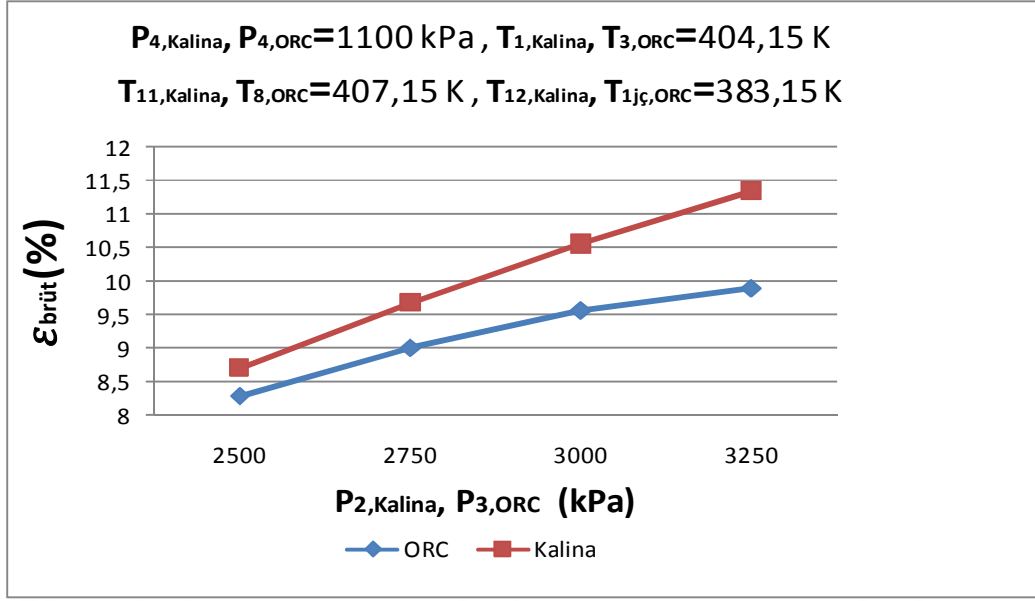


Şekil 7.40. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.40 incelendiğinde, türbin giriş basıncındaki artışın net enerji veriminin hem ORC' de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net ekserji verimi % 32,23 olarak 3250 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

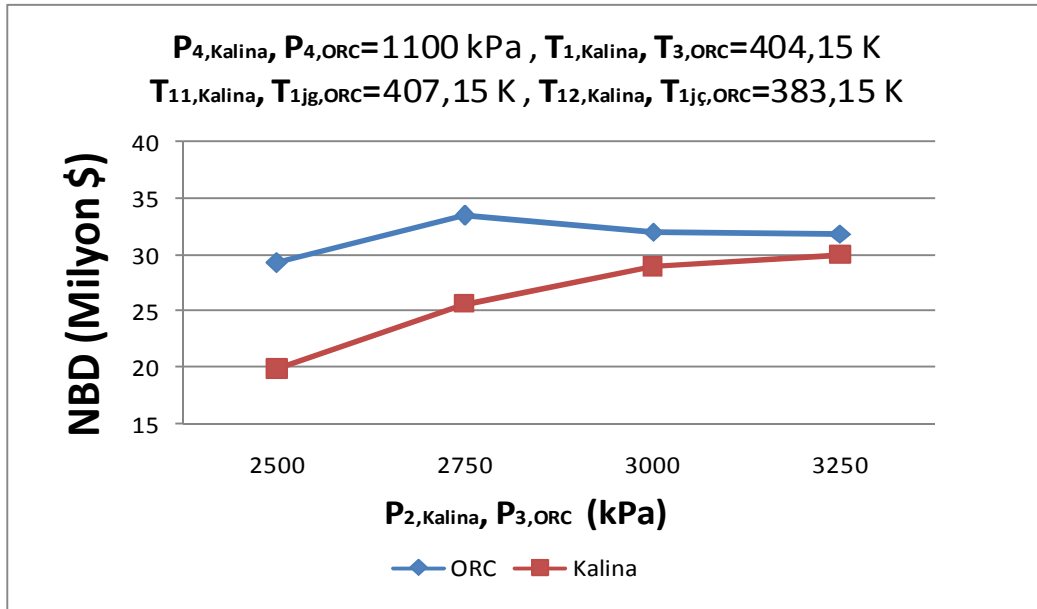
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}=1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde türbin giriş basıncının $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}$ 'nın brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.41'de verilmiştir.

Şekil 7.41 incelendiğinde, türbin giriş basıncındaki artışın brüt enerji veriminin hem ORC' de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek brüt ekserji verimi % 11,34 olarak 3250 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.



Şekil 7.41. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

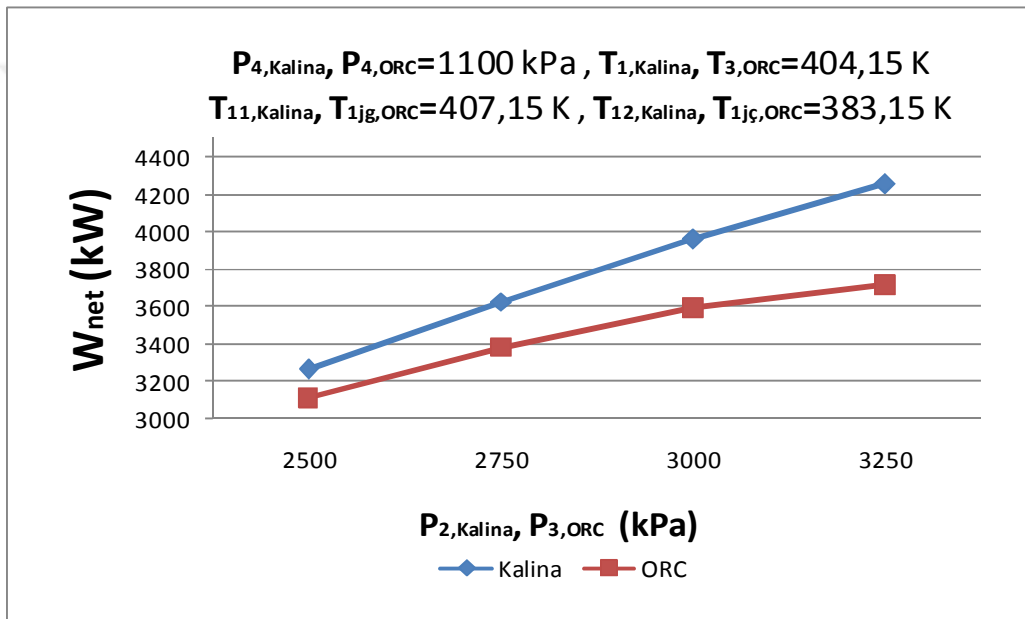
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15 \text{ K}$, $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}=1100 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde türbin giriş basıncının $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}$ 'nın Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.42'de verilmiştir.



Şekil 7.42. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının NBD'ye Etkisi

Şekil 7.42 incelendiğinde, türbin giriş basıncındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde NBD’yi nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek NBD değeri 33,46 Milyon ABD\$ olarak 2750 kPa için ORC’de elde edilmiştir. Aynı parametreler için enerji verimi % 6,63 net ekserji verimi % 27,71 ve brüt ekserji verimi % 9,01 olarak hesaplanmıştır. *NBD* değerlerinin 0’dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}=1100$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde türbin giriş basıncının $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}$ ’nın net güce etkisi Şekil 7.33’te verilmiştir.

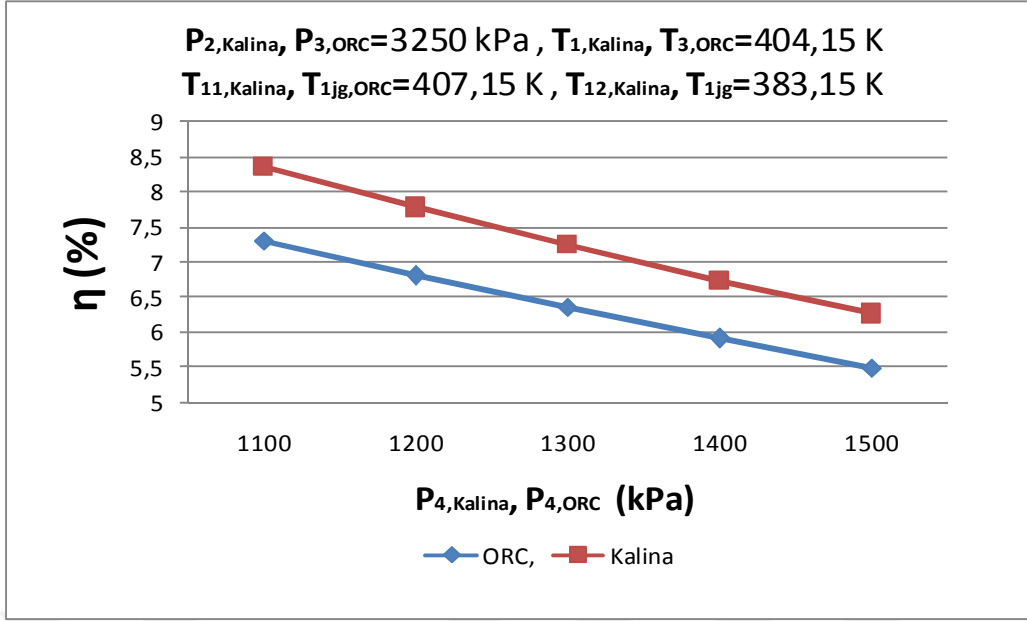


Şekil 7.43. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Basıncının Net Güce Etkisi

Şekil 7.43 incelendiğinde, türbin giriş basıncındaki artışın net gücün hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net gücü değeri 4254,48 kW olarak 3250 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

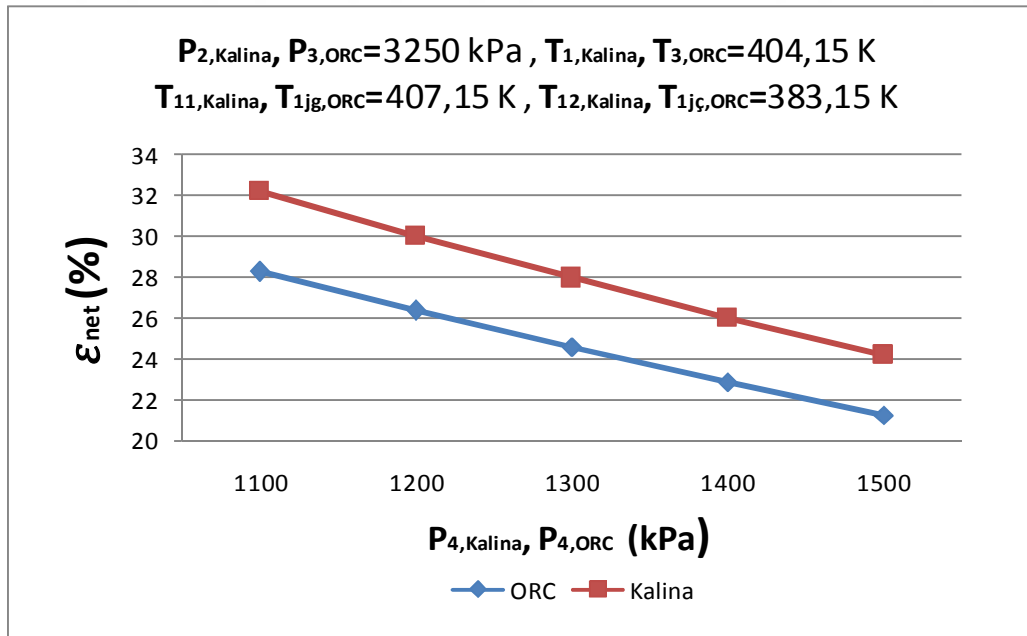
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}$ ’nın enerji verimine etkisi Şekil 7.44’te verilmiştir.

Şekil 7.34 incelendiğinde, türbin çıkış basıncındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek enerji verimi % 8,34 olarak 1100 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.



Şekil 7.44. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Enerji Verimine Etkisi

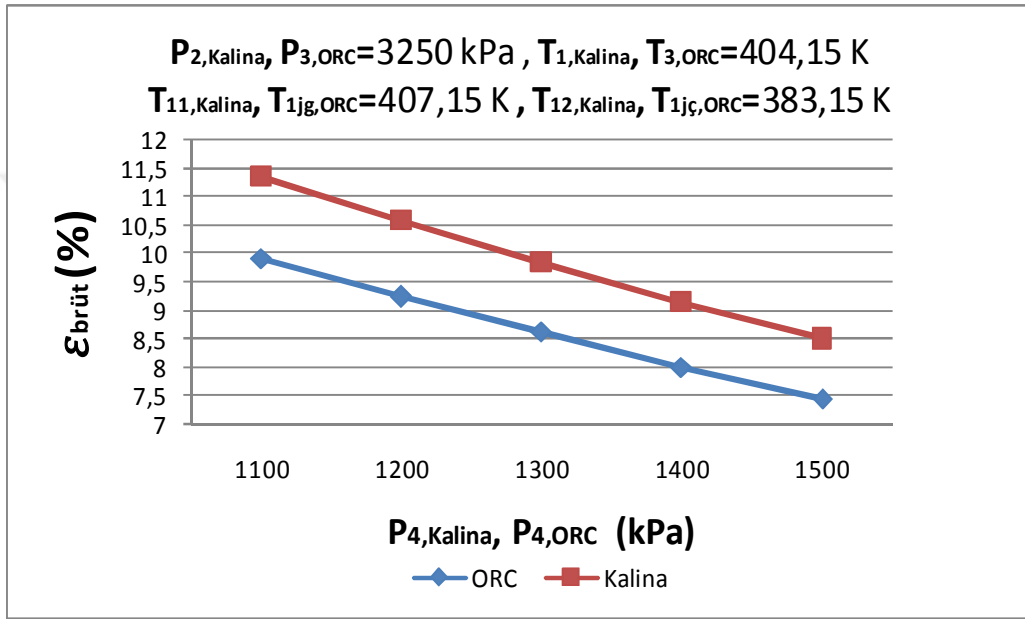
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15 \text{ K}$, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}$ 'nın net ekserji verimine etkisi Şekil 7.45'te verilmiştir.



Şekil 7.45. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Net Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.45 incelendiğinde, net ekserji veriminin türbin çıkış basıncındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net ekserji verimi % 32,23 olarak 1100 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}$ ’nın brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.46’da verilmiştir.

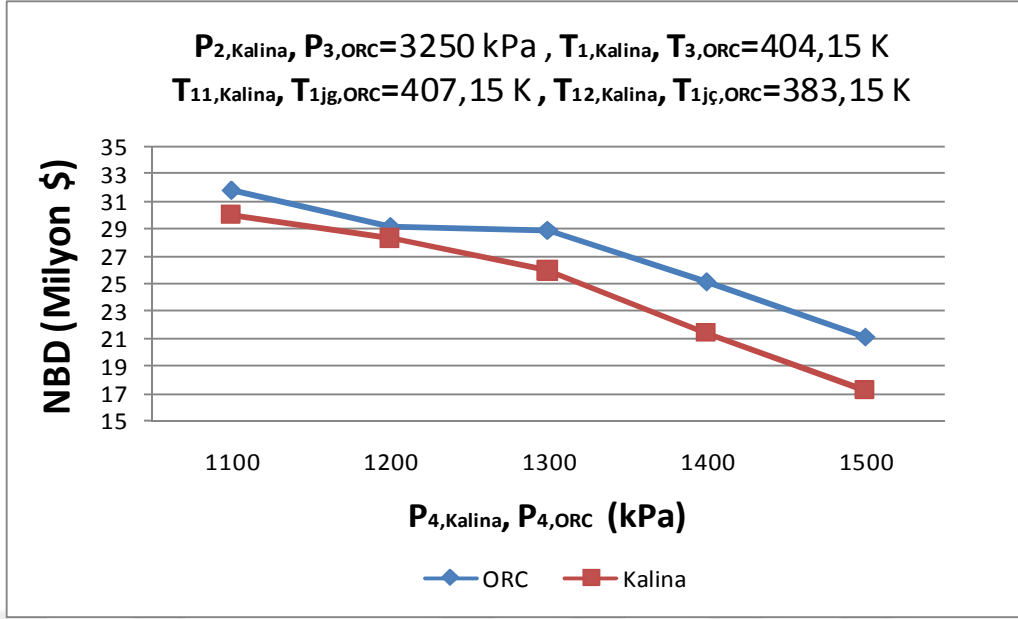


Şekil 7.46. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.46 incelendiğinde, brüt ekserji veriminin türbin çıkış basıncındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek brüt ekserji verimi % 11,34 olarak 1100 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

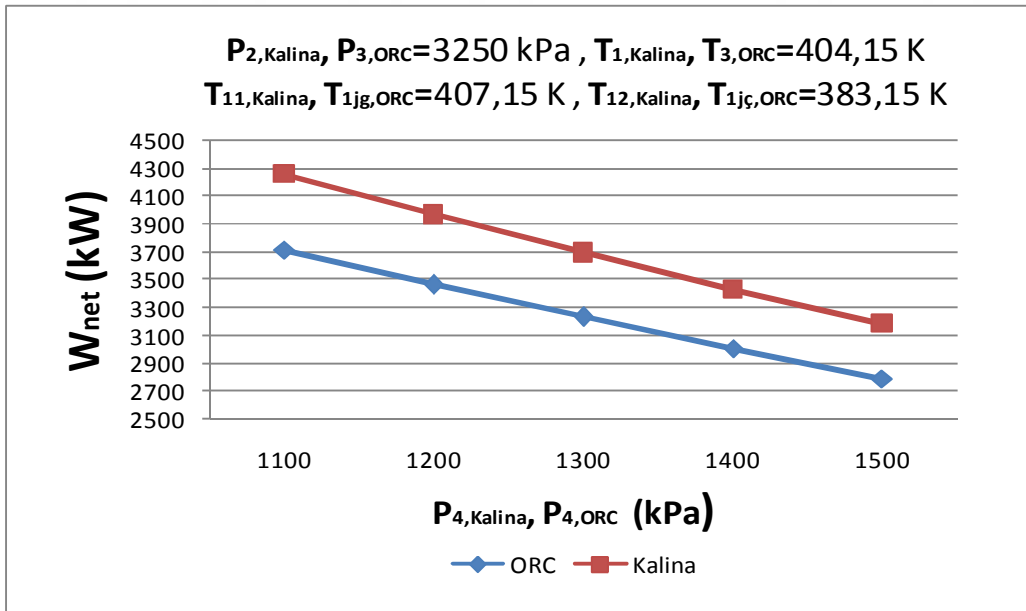
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}$ ’nın Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.47’de verilmiştir.

Şekil 7.47 incelendiğinde, NBD’nin türbin çıkış basıncındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek NBD değeri 31,82 Milyon ABD\$ olarak 1100 kPa için ORC’de elde edilmiştir. Aynı parametreler için enerji verimi % 7,28 net ekserji verimi % 28,25 ve brüt ekserji verimi % 9,90 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0’dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.47. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının NBD'ye Etkisi

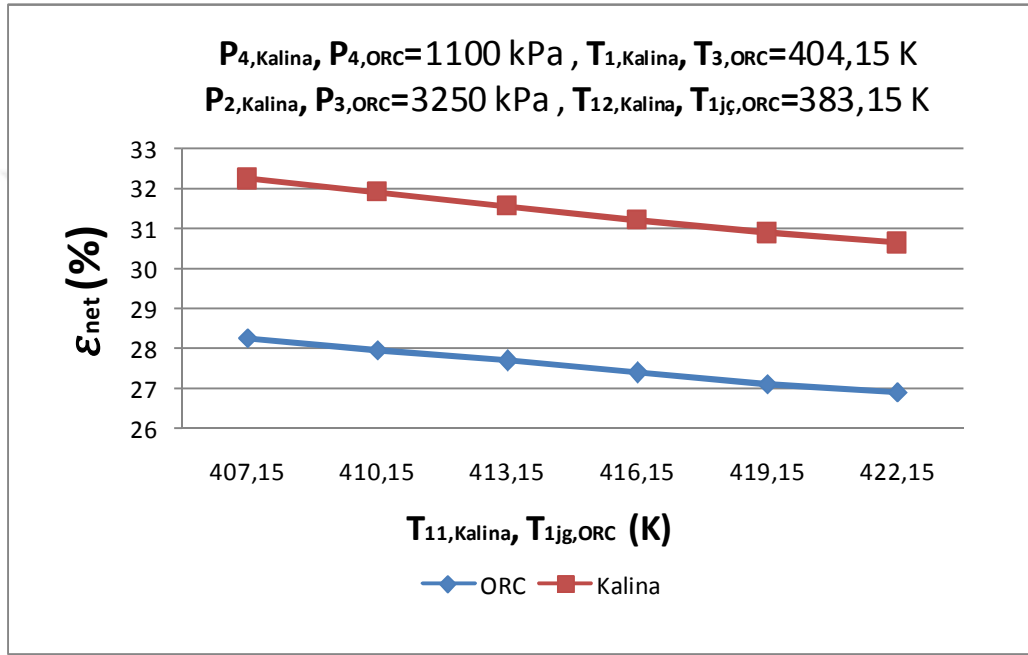
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15 \text{ K}$, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}$ 'nın net güce etkisi Şekil 7.48'de verilmiştir.



Şekil 7.48. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Çıkış Basıncının Net Güce Etkisi

Şekil 7.48 incelendiğinde, net gücün türbin çıkış basıncındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net gücü değeri 4254,58 kW olarak 1100 kPa için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{1jg,ORC}, T_{11,Kalina}$ ’nın net ekserji verimine etkisi Şekil 7.49’da verilmiştir.

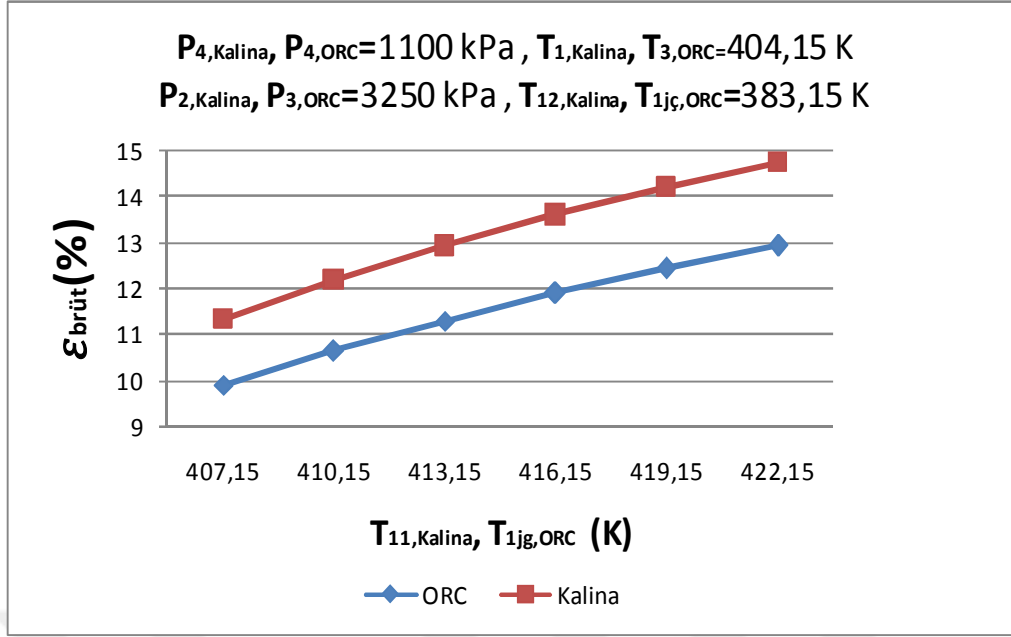


Şekil 7.49. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.49 incelendiğinde, net ekserji veriminin jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net ekserji verimi % 32,23 olarak 407,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

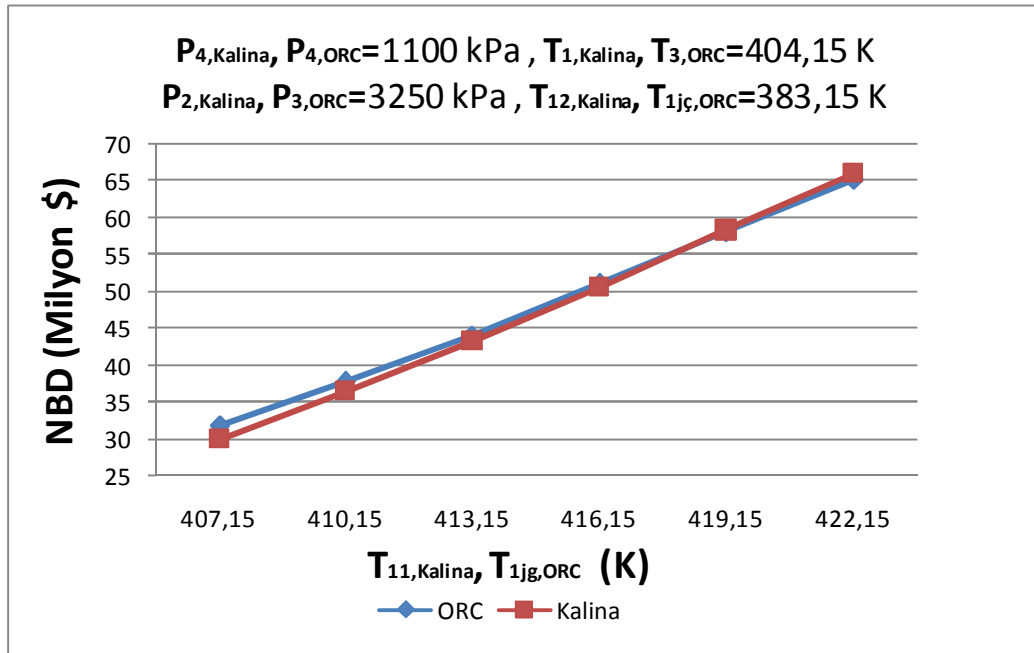
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{1jg,ORC}, T_{11,Kalina}$ ’nın brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.50’de verilmiştir.

Şekil 7.50 incelendiğinde, brüt ekserji veriminin jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın hem ORC’de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek brüt ekserji verimi % 14,74 olarak 422,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir.



Şekil 7.50. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

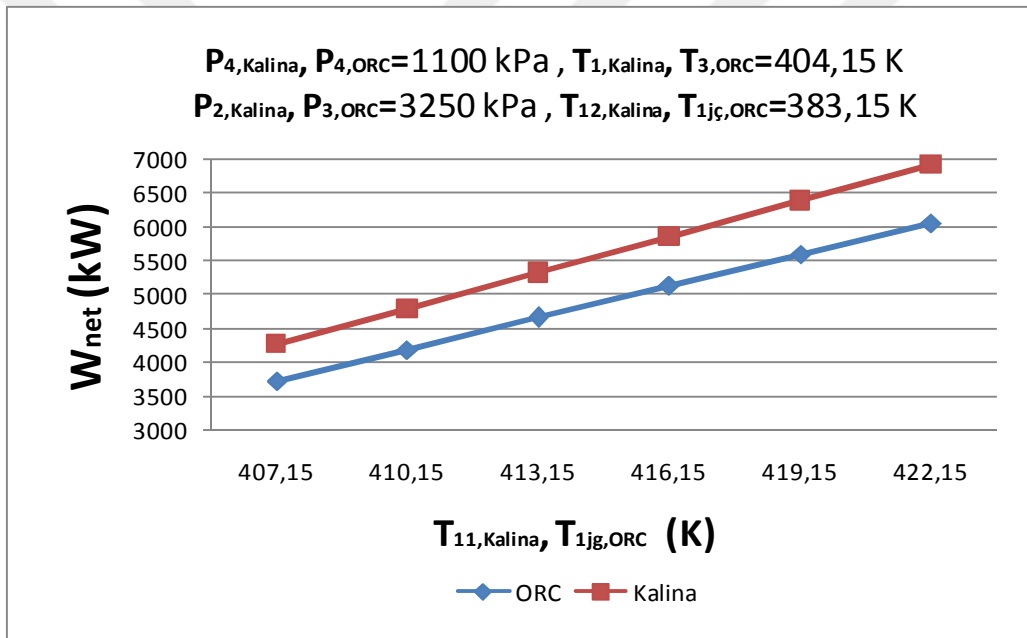
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15 \text{ K}$, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250 \text{ kPa}$ olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{1jg,ORC}, T_{11,Kalina}$ 'nın Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.51'de verilmiştir.



Şekil 7.51. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının NBD'ye Etkisi

Şekil 7.51 incelendiğinde, NBD'nin jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın hem ORC de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek NBD değeri 66,03 Milyon ABD\$ olarak 422,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir. Aynı parametreler için enerji verimi % 8,31 net ekserji verimi % 30,62 ve brüt ekserji verimi % 14,74 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0'dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

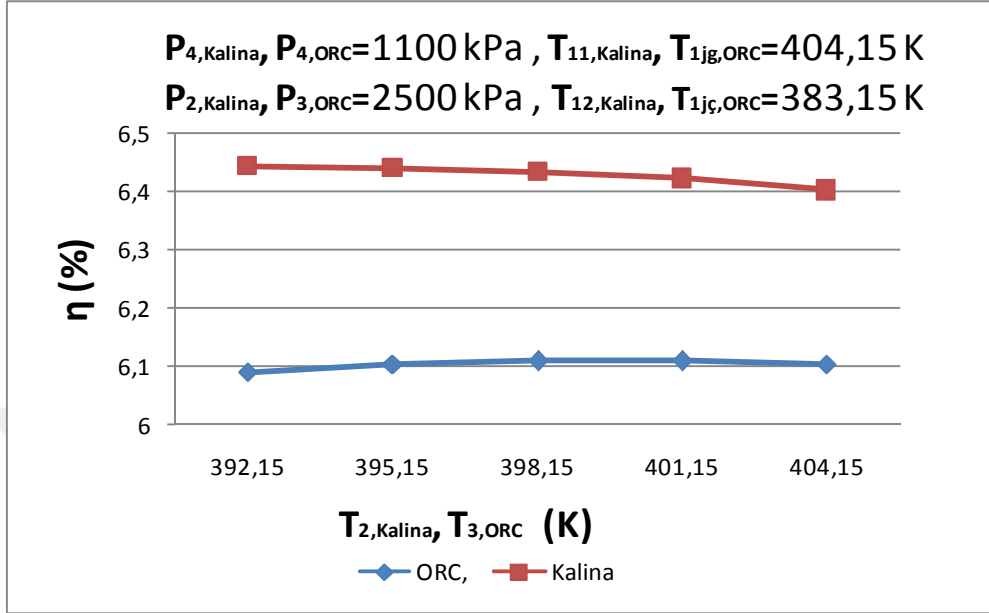
$T_{3,ORC}, T_{1,Kalina}=404,15$ K, $P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=3250$ kPa olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{1jg,ORC}, T_{11,Kalina}$ 'nın net güce etkisi Şekil 7.52'de verilmiştir



Şekil 7.52. ORC ve Kalina Çevrimi için Jeotermal Kaynak Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi

Şekil 7.52 incelendiğinde, net gücün jeotermal kaynak giriş sıcaklığındaki artışın hem ORC'de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net gücü değeri 6911,522 kW olarak 422,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

$P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=2500$ kPa, $P_{4,ORC}, P_{4,Kalina}=1100$ kPa, olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{3jg,ORC}, T_{2,Kalina}$ 'nın enerji verimine etkisi Şekil 7.53'te verilmiştir.

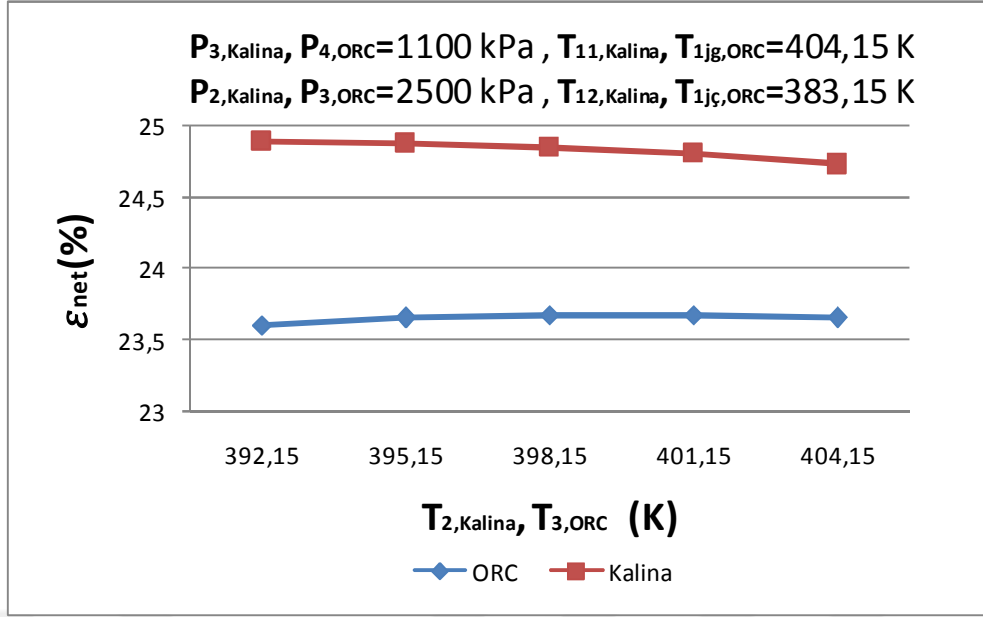


Şekil 7.53. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Enerji Verimine Etkisi

Şekil 7.53 incelendiğinde, türbin giriş sıcaklığındaki artışın enerji verimini hem ORC'de hem de Kalina çevrimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek enerji verimi % 6,44 olarak 392,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

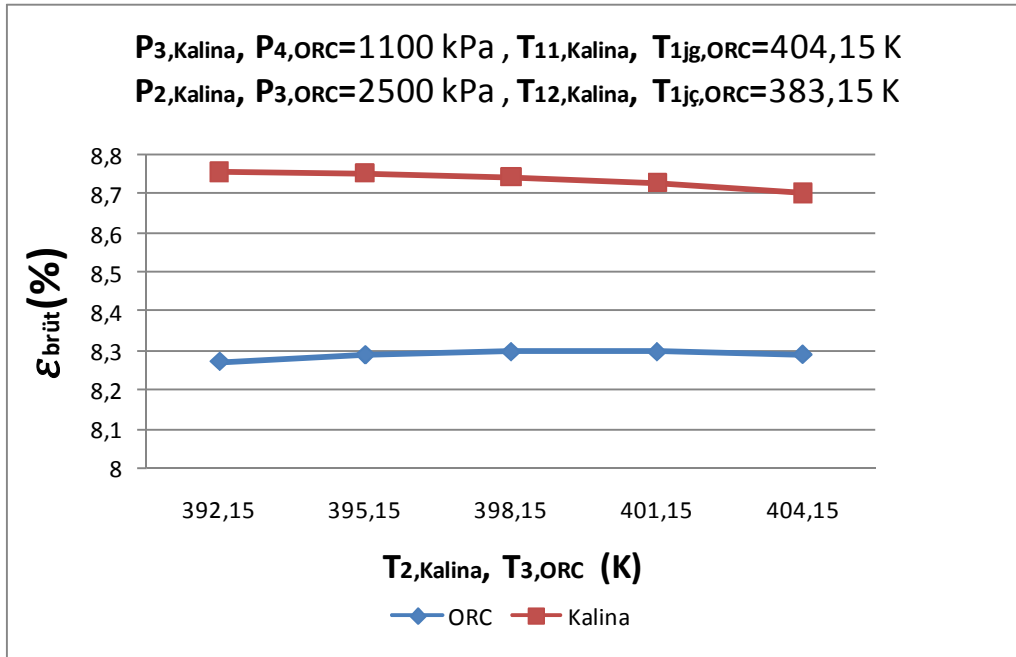
$P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=2500$ kPa, $P_{4,ORC}, P_{3,Kalina}=1100$ kPa, olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{3jg,ORC}, T_{2,Kalina}$ 'nın net ekserji verimine etkisi Şekil 7.54'te verilmiştir.

Şekil 7.54 incelendiğinde, türbin giriş sıcaklığındaki artışın net ekserji verimini hem ORC'de hem de Kalina çevrimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net ekserji verimi % 24,89 olarak 392,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir.



Şekil 7.54. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Ekserji Verimine Etkisi

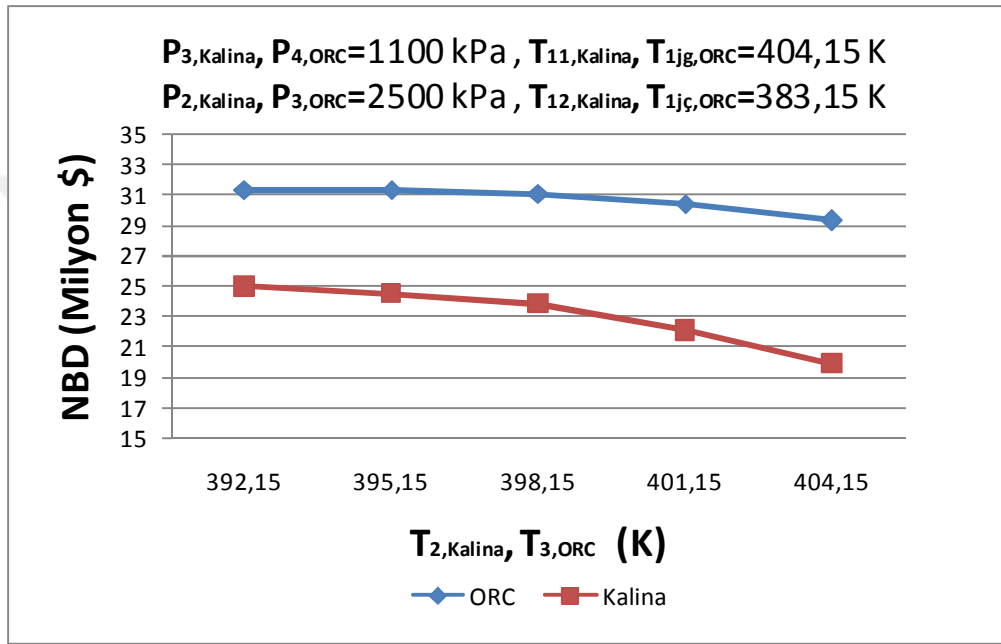
$P_{3,ORC}, P_{2,Kalina} = 2500 \text{ kPa}$, $P_{4,ORC}, P_{3,Kalina} = 1100 \text{ kPa}$, olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{3jg,ORC}, T_{2,Kalina}$ 'nın brüt ekserji verimine etkisi Şekil 7.55'te verilmiştir.



Şekil 7.55. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Brüt Ekserji Verimine Etkisi

Şekil 7.55 incelendiğinde, türbin giriş sıcaklığındaki artışın brüt ekserji verimini hem ORC’de hem de Kalina çevrimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek brüt ekserji verimi % 8,756 olarak 392,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

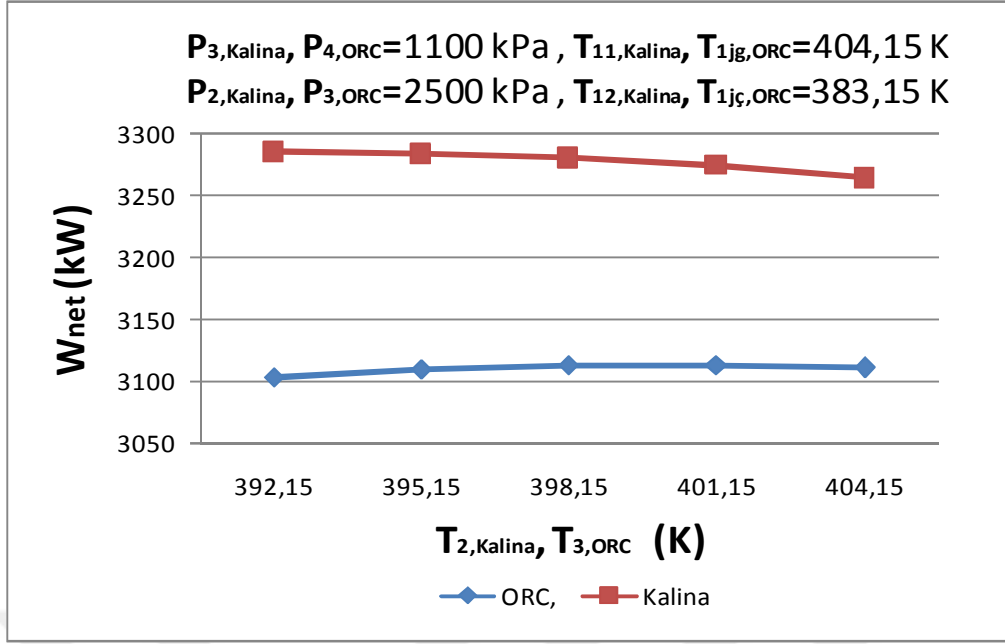
$P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=2500$ kPa, $P_{4,ORC}, P_{3,Kalina}=1100$ kPa, olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{3jg,ORC}, T_{2,Kalina}$ ’nın Net Bugünkü Değere (NBD) etkisi Şekil 7.56’da verilmiştir.



Şekil 7.56. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının NBD’ye Etkisi

Şekil 7.56 incelendiğinde, NBD’nin türbin giriş sıcaklığındaki artışın hem ORC de hem de Kalina çevriminde nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek NBD değeri 31,312 Milyon ABD\$ olarak 392,15 K için ORC’de elde edilmiştir. Aynı parametreler için enerji verimi % 6,08 net ekserji verimi % 23,60 ve brüt ekserji verimi % 8,27 olarak hesaplanmıştır. NBD değerlerinin 0’dan büyük çıkması sistemlerin yatırım için uygun olduğunu göstermektedir.

$P_{3,ORC}, P_{2,Kalina}=2500$ kPa, $P_{4,ORC}, P_{3,Kalina}=1100$ kPa, olarak sabit tutulduğunda ORC ve Kalina çevriminde $T_{3jg,ORC}, T_{2,Kalina}$ ’nın net güce etkisi Şekil 7.57’de verilmiştir.



Şekil 7.57. ORC ve Kalina Çevrimi için Türbin Giriş Sıcaklığının Net Güce Etkisi

Şekil 7.57 incelendiğinde, türbin giriş sıcaklığındaki artışın net gücü hem ORC’de hem de Kalina çevrimini nasıl etkilediği karşılaştırılmıştır. En yüksek net güç değeri 3285,204 kW olarak 392,15 K için Kalina çevriminde elde edilmiştir.

8. SONUÇ

Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevriminin optimum çalışma şartlarını belirlemek için ORC’de iş akışkanı olarak isobütan-isopentan ve R245fa-isopentan akışkanlarının 21 farklı konsantrasyon çifti, Kalina çevriminde iş akışkanı olarak amonyak-su akışkanlarının 7 farklı konsantrasyon çifti kullanılmıştır. Her bir iş akışkanı için hem ORC’de hem de Kalina çevriminde türbin giriş sıcaklığı, türbin giriş-çıkış basıncı, jeotermal kaynak giriş sıcaklığı değişken parametreleridir. Tasarımlar enerji ve ekserji analiz metotları kullanılarak değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda akışkanlara ait termodinamiksel değerler REFPROP 8.0 programı kullanılarak elde edilmiştir.

Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevriminde değişken türbin giriş basıncı türbin çıkış basıncı, türbin giriş sıcaklığı ve jeotermal kaynak giriş sıcaklığı için yapılan hesaplamalar sonucunda;

- Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevriminde yapılan analizler sonrası; kullanılacak en uygun akışkanın ORC için İsobütan (% 100), Kalina çevrimi için Amonyak (% 95)-Su (% 5) olduğu anlaşılmıştır.
- Jeotermal enerji kaynaklı ORC için maksimum enerji verimi % 10,81 ve maksimum net ekserji verimi % 41,92 olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin çıkış basıncının 550 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 407,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için brüt ekserji verimi % 14,69 *NBD* değeri 58,98 Milyon ABD\$ ve sistemden 5511,88 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır.
- Jeotermal enerji kaynaklı ORC için maksimum *NBD* 114,68 Milyon ABD\$ ve maksimum brüt ekserji verimi % 19,53 olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin çıkış basıncının 550 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 422,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak isobütan (% 100) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 10,81 net ekserji verimi % 39,84 ve sistemden 8988,37 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır.

▪ Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi için maksimum enerji verimi % 12,86 ve maksimum net ekserji verimi % 49,7 olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin çıkış basıncının 1100 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 407,15 K, türbin giriş basıncının 7500 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için brüt ekserji verimi %17,48 *NBD* 60,325 Milyon ABD\$ ve sistemden 6559,49 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır.

▪ Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimi için maksimum *NBD* 125,09 Milyon ABD\$ ve maksimum brüt ekserji verimi % 22,62 olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin çıkış basıncının 1100 kPa, jeotermal kaynak giriş sıcaklığının 422,15 K olduğu ve iş akışkanı olarak amonyak (% 95)-su (% 5) kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 12,75 net ekserji verimi % 47 ve sistemden 10606,1 kW enerji elde edildiği hesaplanmıştır.

▪ Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevrimi karşılaştırıldığında sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin çıkış basıncında türbin giriş basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde enerji verimi artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş basıncının 3250 kPa olduğu çalışma şartları için enerji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 1,06 daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin çıkış basıncında türbin giriş basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde net ekserji verimi artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş basıncının 3250 kPa olduğu çalışma şartları için net ekserji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 3,98 daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin çıkış basıncında türbin giriş basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde brüt ekserji verimi artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş basıncının 3250 kPa olduğu çalışma şartları için brüt ekserji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 1,44

daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin çıkış basıncında türbin giriş basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde net güç artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş basıncının 3250 kPa olduğu çalışma şartları için net güç Kalina çevriminde ORC'ye göre % 12,68 daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin çıkış basıncında türbin giriş basıncının artması ile *NBD*'de değeri Kalina çevriminde artarken ORC'de 2750 kPa'a kadar artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş basıncının 2750 kPa olduğu çalışma şartları için *NBD* değeri ORC'de Kalina çevrimine göre % 23,25 daha fazladır.

- Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevrimi karşılaştırıldığında sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin giriş basıncında türbin çıkış basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde enerji verimi azalmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için enerji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 1,06 daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin giriş basıncında türbin çıkış basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde net ekserji verimi azalmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için net enerji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 3,98 daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin giriş basıncında türbin çıkış basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde brüt ekserji verimi azalmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için brüt ekserji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 1,44 daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin giriş

basıncında türbin çıkış basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde net güç azalmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için net güç Kalina çevriminde ORC'ye göre % 12,68 daha fazladır. Sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin giriş basıncında türbin çıkış basıncının artması ile ORC ve Kalina çevriminde *NBD*'de azalma olmuştur. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için *NBD* değeri ORC'de Kalina çevrimine göre % 5,75 daha fazladır.

- Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevrimi karşılaştırıldığında sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit türbin giriş sıcaklığında jeotermal kaynak sıcaklığının artması ile ORC ve Kalina çevriminde net ekserji verimi azalmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 407,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için net ekserji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 3,98 daha fazladır. Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevrimi karşılaştırıldığında sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit türbin giriş sıcaklığında jeotermal kaynak sıcaklığının artması ile ORC ve Kalina çevriminde brüt ekserji verimi artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için brüt ekserji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 1,82 daha fazladır. Sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit türbin giriş sıcaklığında jeotermal kaynak sıcaklığının artması ile ORC ve Kalina çevriminde net güç artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için net güç Kalina çevriminde ORC'ye göre % 12,35 daha fazladır. Sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit türbin giriş sıcaklığında jeotermal kaynak sıcaklığının artması ile ORC ve Kalina

çevriminde *NBD*'de artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 3250 kPa ve türbin çıkış basıncının 1100 kPa olduğu çalışma şartları için *NBD* değeri Kalina çevriminde ORC'ye göre % 1,16 daha fazladır.

▪ Jeotermal enerji kaynaklı ORC ve Kalina çevrimi karşılaştırıldığında sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit jeotermal kaynak giriş sıcaklığında türbin giriş sıcaklığının artması ile enerji verimi Kalina çevriminde azalırken ORC'de 398,15 K'e kadar artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 2500 kPa, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş sıcaklığının 392,15 K olduğu çalışma şartları için enerji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 0,36 daha fazladır. Sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit jeotermal kaynak giriş sıcaklığında türbin giriş sıcaklığının artması ile net ekserji verimi Kalina çevriminde azalırken ORC'de 398,15 K'e kadar artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı ($T_{11,Kalina}$) 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 2500 kPa, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş sıcaklığının 392,15 K olduğu çalışma şartları için net ekserji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 1,29 daha fazladır. Sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit jeotermal kaynak giriş sıcaklığında türbin giriş sıcaklığının artması ile brüt ekserji verimi Kalina çevriminde azalırken ORC'de 398,15 K' kadar artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 2500 kPa, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş sıcaklığının 392,15 K olduğu çalışma şartları için brüt ekserji verimi Kalina çevriminde ORC'ye göre % 0,48 daha fazladır. Sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit jeotermal kaynak giriş sıcaklığında türbin giriş sıcaklığının artması ile net güç Kalina çevriminde azalırken ORC'de 398,15 K'e kadar artmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 2500 kPa, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş sıcaklığının 392,15 K olduğu çalışma şartları için net güç Kalina çevriminde ORC'ye göre %

5,53 daha fazladır. Sabit türbin giriş-çıkış basıncı ve sabit jeotermal kaynak giriş sıcaklığında türbin giriş sıcaklığının artması ile NBD ORC ve Kalina çevriminde azalmıştır. Jeotermal kaynağın evaporatörden çıkış sıcaklığı 383,15 K, jeotermal kaynağın evaporatörden giriş sıcaklığı 422,15 K, türbin giriş sıcaklığı 404,15 K, türbin giriş basıncı 2500 kPa, türbin çıkış basıncı 1100 kPa ve türbin giriş sıcaklığının 392,15 K olduğu çalışma şartları için NBD değeri Kalina çevriminde ORC'ye göre % 20,5 daha fazladır.

▪ Jeotermal enerji kaynaklı ORC'de sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin çıkış basıncında türbin basıncının artması ile enerji ve ekserji verimindeki artış ile Net Bugünkü Değeri (NBD) artmıştır. Jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevriminde sabit türbin-jeotermal kaynak giriş sıcaklıkları ve sabit türbin çıkış basıncında türbin giriş basıncının artması ile amonyak (% 95)-su (% 5) çalışma akışkanında enerji ve ekserji verimindeki artış ile Net Bugünkü Değerde (NBD) artma olduğu amonyak (% 90)-su (% 10), amonyak (% 85)-su (% 15), amonyak (% 80)-su (% 20), amonyak (% 75)-su (% 25), amonyak (% 70)-su (% 30), amonyak (% 65)-su (% 35) akışkanları için enerji ve ekserji verimindeki artış ile Net Bugünkü Değer (NBD) artarken enerji ve ekserji verimindeki azalış ile Net Bugünkü Değer (NBD) azalmıştır.

KAYNAKÇA

- Acar, M. S., & Arslan, O.** (2019). Energy and Exergy Analysis of Solar Energy-Integrated, Geothermal Energy Powered Organic Rankine Cycle. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 137(2), 659-666.
- Acar, M. S.** (2020a). Multi-Stage Artificial Neural Network Structure-Based Optimization of Geothermal Energy Powered Kalina Cycle. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1-21.
- Acar, M. S.** (2020b). Thermodynamic and Economic Analysis of Geothermal Energy Powered Kalina Cycle. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 40(2), 335-347.
- Ağırkaya, O.** (2015). *Jeotermal Enerji Kaynaklı Organik Rankine Çevriminin Modellenmesi ve Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Akkurt, F.** (2020). Düşük Sıcaklıkta Jeotermal Enerji Kaynaklı Organik Rankine Çevrimi Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(2), 729-742 . DOI: 10.17482/uumfd.624475
- Akman, M.** (2016). *Bir Petrol Tankeri için Organik Rankine Çevrimi Atık Isı Geri Kazanım Sisteminin Termodinamik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altın, M., & Onur, M.** (2017). Jeotermal Kaynakların Elektrik Üretim (Güç) Potansiyelinin Hacimsel Yöntemlerle Belirlenmesinde Yeni Bir Uygulama Metodu. *13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 19-22 Nisan, İzmir, 123-137.
- Altun, A. F., & Kılıç, M.** (2020). Bir jeotermal ORC enerji santralinin termodinamik performans değerlendirmesi. *Yenilenebilir Enerji*, 148, 261-274.
- Alper, E., C.** (2019). *Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Arslan, O., Köse, R., Alakuş, B., & Özgür, M. A.** (2006). Examining of Power Generation Potential in Simav Geotherma Field. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (012), 57-67.
- Arslan, O.** (2008). *Kütahya-Simav Jeotermal Kaynaklarının Hassas Değerlendirmesi: Entegre Sistem Tasarımı ve Enerji-Ekserji Analizleri*. Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Arslantaş, E., M. (2019). *Türkiye’de Jeotermal Enerji Santrallerinin Ekonomi Açısından Fırsat Maliyetlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Atalay, Ö. (2004). *Jeotermal Sistemlerin Ekserji Analizi Kızıldere Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Atay, N., S. (2019). *Sürdürülebilir Bir Enerji Kaynağı Olarak Evsel Atık Su Çamurundan Organik Rankine Çevrimi Kullanarak Enerji Geri Kazanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bademlioğlu A. H., Canbolat, A. S., Yamankaradeniz, N., & Kaynaklı, Ö. (2019). A Parametric Analysis of The Performance of Organic Rankine Cycle With Heat Recovery Exchanger and Its Statistical Evaluation. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi-Journal of thermal Science and Technology*, 39(2), 121-135.

Bejan, A., Tsatsaronis, G., & Moran, M. J. (1995). *Thermal Design and Optimization*. John Wiley & Sons Inc., USA.

Bilgiç M. (2015). *Salavatlı (Aydın) Jeotermal Alanının Hidrojeokimyasal ve Jeotermal Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) (2020). [Erişim: 30.04.2020, <http://www.chemengonline.com/pci-home>]

Cihan, E. (2014). Organik Rankine Çevrimi İle Çalışan Atık Isı Kaynaklı Bir Soğutma Sisteminin Performansının Araştırılması. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 34, 101-109.

Coşkun, A., & Al-Talabani, M. G. H. (2017). Bir Kombine Çevrim Santralinin Ekserji Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 537-545.

Coşkun, A., Bolattürk, A., & Kanoğlu, M. (2008). Kütahya’nın Jeotermal Kaynaklarından Elektrik Üretimi İçin Çevrim Seçimi ve Optimizasyonu. 85-99.

Coşkun, A., & Bolattürk, A., & Kanoğlu, M. (2011). Jeotermal Bir Kaynak için Güç Çevrimlerinin Termodinamik ve Ekonomik Analizleri. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Jeotermal Enerji Semineri*, 13-16 Nisan, İzmir, 131-143.

Çeçen, A. (2019). *Denizli’de Güneş-Jeotermal Enerjili Hibrit Sistemlerin Termodinamik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Çelik, S., Kabul, A . (2019). Parabolik güneş kolektörlü organik rankine çevriminin enerji ve ekserji analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4) , 410-416.

Çiftçi, C. (2021). *Jeotermal Enerji Sistemlerinde Antimon İçeren Kabuklaşmanın Sentezi ve Kabuklaşmanın Azalması İçin Potansiyel İnhibitörlerin Test Edilmesi*. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Deepak, K., & Gupta, A. V. S. S. K. S. (2016). Performance Augmentation of Low Temperature Kalina Cycle System. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, 2311-2316. IEEE.

Dhahad, H. A., Hussen, H. M., Nguyen, P. T., Ghaebi, H., & Ashraf, M. A. (2020). Thermodynamic and Thermoeconomic Analysis of Innovative Integration of Kalina and Absorption Refrigeration Cycles for Simultaneously Cooling and Power Generation. *Energy Conversion and Management*, 203, 112241.

Du, Y., & Dai, Y. (2018). Off-Design Performance Analysis of a Power-Coolingco Generation System Combining a Kalina Cycle With an Ejector Refri Geration Cycle. *Energy*, 161, 233-250.

Enerji Atlası (2020). *Jeotermal Enerji Santralleri*. [Erişim: 22.10.2020, <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>]

Ergün, A. (2014). *Organik Rankine Çevrimi Prensine Göre Çalışan Bir Jeotermal Elektrik Santralinin Termoekonomik Analizi*. Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Ergün, A., Ahmet, O., Erdoğan, E., Koç, G. A., & Özkan, S. (2016). Binary Santrallerde Çalışma Akışkanı Olarak Kullanılan n-Pentan'ın Patlama Riskinin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 681-685.

Fallah, M., Ghiasi, R. A., & Mokarram, N. H. (2018). A Comprehensive Comparison Among Different Types of Geothermal Plants from Exergy and Thermoeconomic Points of View. *Thermal Science and Engineering Progress*, 5, 15-24.

Feng, Y., Zhang, Y., Li, B., Yang, J., & Shi, Y. (2015). Comparison Between Regenerative Organic Rankine Cycle (RORC) and Basic Organic Rankine Cycle (BORC) Based on Thermoeconomic Multi-Objective Optimization Considering Exergy Efficiency and Levelized Energy Cost (LEC). *Energy Conversion and Management*, 96, 58-71.

Galloni, E., Fontana, G., & Staccone, S. (2015). Design and Experimental Analysis of a Mini ORC (Organic Rankine Cycle) Power Plant Based on R245fa Working Fluid. *Energy*, 90, 768-775.

Güngör, E. (2018). *Jeotermal Enerji ile Yapılan Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Enerji Verimliliğinin Arttırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Havuz, F. (2012). *Türkiye’de Jeotermal Seracılığın Teknolojik ve Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Jeotermal Haberler (2019). [Erişim: 01.04.2020, <https://www.think-geoenergy.com/the-top-10-geothermal-countries-2019-based-on-in-stalled-generation-capacity-mwe/>]

Kaçanoğlu, E. (2018). *Güneş Enerjisi Destekli Düşük Sıcaklıklı Jeotermal Enerji Kaynaklı Organik Rankine Çevrimini Teorik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kahraman, M., Olcay, A. B., & Sorgüven, E. (2019). Thermodynamic and Thermoeconomic Analysis of a 21 MW Binary Type Air-Cooled Geothermal Power Plant and Determination of the Effect of Ambient Temperature Variation on the Plant Performance. *Energy Conversion and Management*, 192, 308-320.

Kanoğlu, M. (2005). Jeotermal Elektrik Üretim Sistemleri ve Kojenerasyon. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. 289-299.

Kaşka, Ö., Bor, O., & Tokgöz, N. (2018). Organik Rankine-Brayton Birleşik Çevriminin Enerji ve Ekserji Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33, 1201-1214.

Kavasoğulları, B., & Cihan, E. (2015). Organik Rankine Çevrimi (ORC) ile Birlikte Çalışan Buhar Sıkıştırılmalı Bir Soğutma Çevriminin Ekserji Analizi. *Tesisat Mühendisliği*, 150, 74-85.

Kılıç, F. Ç., Sert, M. Ö., Eyidoğan, M., Kaya, D., & Özdemir, N. (2018). Endüstriyel Tav Fırınlarda Bir ORC Sistemi Uygulaması ile Enerji Tasarrufu. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 6(1), 33-43.

Kıvanç, A. H., & Serpen, U. (2011). Jeotermal Santrallerin Karşılaştırılması. *10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 13-16 Nisan, İzmir, 111-128.

Koç, Y., Yağlı, H. (2020). Isı-Güç Kombine Sistemlerinde Kullanılan Kalina Çevriminin Enerji ve Ekserji Analizi. *Politeknik Dergisi*, 23(1), 181-188.

Kurbanoglu, A. (2017). *Demir Çelik Sektöründe Tav Fırını Atık Isısını Isı Kaynağı Olarak Kullanan Organik Rankine Çevriminin Termodinamik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Kuşcu, N., S., B. (2019). *Jeotermal Enerjiden Elektrik Üreten Sistemlerin ve Sistem Parametrelerinin Performans Üzerine Etkilerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

Li, J., Alvi, J. Z., Pei, G., Su, Y., Li, P., Gao, G., & Ji, J. (2016). Modelling of Organic Rankine Cycle Efficiency with Respect to the Equivalent Hot Side Temperature. *Energy*, 115, 668-683.

Maden Teknik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü (2020). *Türkiyede Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları*. [Erimiş: 30.09.2020, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/aras-tirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>]

Mocanu, G., Ion, I. V., & Popescu, F. (2020). Energy Performance of a Kalina Cycle Based CHP Plant Driven by Low-Enthalpy Geothermal Sources. *In E3S Web of Conferences* (Vol. 207, p. 01015). EDP Sciences.

Mokarram, N. H., & Mosaffa, A. H. (2018). A Comparative Study and Optimization of Enhanced Integrated Geothermal Flash and Kalina Cycles: *A Thermoeconomic Assessment*. *Energy*, 162, 111-125.

Najjar, Y. S., & Qatramez, A. E. (2019). Energy Utilisation in a Combined Geothermal and Organic Rankine Power Cycles. *International Journal of Sustainable Energy*, 38(9), 831-848.

Önal, M. (2020). Sürdürülebilir Kalkınmada Yenilenebilir Enerjinin Önemi: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Turkish Business Journal*, 1(1), 78-97.

Özdemir, A., Yaşar, E., & Şahinoğlu, A. (2019). İskenderun'da (Hatay) Jeotermal Jeofizik Çalışmaları: Jeotermal Enerji için İlk Belirti. 3. *International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*. 11-13 Ekim, Ankara, 192-198.

Özdil, N. F., Tantekin, A., & Seğmen, M. R. (2016). Investigation of Different Working Fluid Effects on Exergy Analysis for Organic Rankine Cycle (ORC). *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 31(1), 441-449.

Pektezel, O. (2019). *Organik Rankine Çevrimi Destekli Soğutma Sistemlerinin Enerji ve Ekserji Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Prajapati, P. P., & Patel, V. K. (2020). Thermo-Economic Optimization of a Nanofluid Based Organic Rankine Cycle: A Multi-Objective Study and Analysis. *Thermal Science and Engineering Progress*, 17, 100381.

Rad, E. A., Mohammadi, S., & Tayyeban, E. (2020). Simultaneous Optimization of Working Fluid and Boiler Pressure in an Organic Rankine Cycle for Different Heat Source Temperatures. *Energy*, 194, 116856.

Rodriguez, C. E. C., Palacio, J. C. E., Venturini, O. J., Lora, E. E. S., Cobas, V. M., dos Santos, D. M., & Gialluca, V. (2013). Exergetic and Economic Comparison of ORC and Kalina Cycle for Low Temperature Enhanced Geothermal System in Brazil. *Applied Thermal Engineering*, 52(1), 109-119.

Roy, J. P., Mishra, M. K., Misra, A. (2010). Parametric Optimization and Performance Analysis of a Waste Heat Recovery System Using Organic Rankine Cycle. *Energy*, 35, 5049-5062.

Saksiwi, N. D., Soedjarno, B. A., & Halimi, B. (2018). Comparison on R245fa, R1233zd, R141b for Organic Rankine Cycle (ORC). *Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)* (pp. 1-5). IEEE

Sameti, M., & Ghasemipour, S. S. (2017). Thermodynamic Study and Performance Simulation of a Renewable-Based Kalina Cycle in Distributed Generation. *International Journal of Modelling and Simulation*, 37(1), 54-66.

Satman, A. (2019). 14. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Kitabı*. MMO Yayınları. 17-20 Nisan, İzmir, 235-243.

Shao, L., Ma, X., Wei, X., Hou, Z., & Meng, X. (2017). Design and Experimental Study of a Small-Sized Organic Rankine Cycle System Under Various Cooling Conditions. *Energy*, 130, 236-245.

Shu, G., Zhao, M., Tian, H., Huo, Y., & Zhu, W. (2016). Experimental Comparison of R123 and R245fa as Working Fluids for Waste Heat Recovery from Heavy-Duty Diesel Engine. *Energy*, 115, 756-769.

Soysal, U. (2017). *Analysis and Optimization of a Small Scale Solar Organic Rankine Cycle System for Power Generation*. Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şahin, R., Ata, S., Kahraman, A. (2018). Organik Rankine Çevriminde Farklı Tip Akışkanlarda Türbin Giriş Sıcaklığı ve Basıncının Sistem Bileşenlerindeki Tersinmezlik Değerlerine Etkisinin Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), 225-236. DOI: 10.21605/cukurovaummfd.509861

Şahin, T. (2019). *Ordu Fatsa İlçesi Jeotermal Enerji Potansiyelinin Isıtma Sistemlerinde Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

Talu, Y., E. (2019). *Thermodynamic and Economical Analysis of Organic Rankine Cycle Usage with Natural Gasfiredin Ternal Combustion Engine Waste Heat*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tesisat (2016). *Jeotermal Enerji Nedir*. [Erişim: 06.05.2019, <https://www.thesisat.org/jeotermal-enerji-nedir.html>]

Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., & Shaeiwitz, J. A. (2018). *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. 5th ed, Upper Saddle River New Jersey: Prentice Hall, USA.

Türkiye Elektrik İletişim A.Ş. (TEİAŞ) (2020). *Santral Kurulu Güç Raporları*. [Erişim: 30.09.2020, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>]

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) (2020). *Reeskont ve Avans Faiz Oranları*. [Erişim: 30.09.2020, <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Temel+Faaliyetler/Para+Politikasi/Reeskont+ve+Avans+Faiz+Oranlari>]

Ustaoglu, A. (2020). Jeotermal Enerji Kaynaklı Ara Isıtmalı Organik Rankine Çevriminin Konvansiyonel ve İleri Ekserji Analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 783-800. DOI: 10.29130 / dubited.570330

Wei, D., Lu, X., Lu, Z., & Gu, J. (2007). Performance Analysis and Optimization of Organic Rankine Cycle (ORC) for Waste Heat Recovery. *Energy Conversion and Management*, 48(4), 1113-1119.

Xi, H., Li, M. J., He, Y. L., & Zhang, Y. W. (2017). Economical Evaluation and Optimization of Organic Rankine Cycle with Mixture Working Fluids Using R245fa as Flame Retardant. *Applied Thermal Engineering*, 113, 1056-1070.

- Yang, X., Xu, J., Miao, Z., Zou, J., & Yu, C.** (2015). Operation of an Organic Rankine Cycle Dependent on Pumping Flow Rates and Expander Torques. *Energy*, 90, 864-878.
- Yao, S., Zhang, Y., & Yu, X.** (2018). Thermo-Economic Analysis of a Novel Power Generation System Integrating a Natural Gas Expansion Plant with a Geothermal ORC in Tianjin, China. *Energy*, 164, 602-614.
- Yılmaz, F.** (2018). Jeotermal Enerji Destekli Güç ve Temiz Su Üretim Sisteminin İncelenmesi ve Termodinamik Analizi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 86-93. DOI: 10.21541/apjes.363409
- Yüzer, O.** (2010). *Kalina Çevrimli Jeotermal Elektrik Santrallerinin Performans Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zaim, A., & Çavşı, H.** (2018). Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu. *Mühendis ve Makine*, 59(691), 45-58.
- Zeynep Elif Yıldız** (2014). *Dünyadaki Jeotermal Enerji*. [Erişim: 06.06.2019, <https://www.zeynepelifyildizel.com/jeotermal-enerji>]
- Zheng, S., Chen, K., Du, Y., Fan, G., Dai, Y., Zhao, P., & Wang, J.** (2021). Comparative Analysis on Off-Design Performance of a Novel Parallel Dual-Pressure Kalina Cycle for Low Grade Heat Utilization. *Energy Conversion and Management*, 234, 113912.

EKLER

EK 1. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC Tasarım Parametreleri

EK 1.1. İsobütan (% 50) - İsoptan (% 50) kullanılan ORC ne ait tasarım parametreleri.

Tasarım No:	T_{1jg} (K)	P_{1jg} (kPa)	$T_{1jç}$ (K)	$P_{1jç}$ (kPa)	T_{sg} (K)	P_{sg} (kPa)	$T_{sç}$ (K)	$P_{sç}$ (kPa)	T_3 (K)	$P_2 - P_3$ (kPa)	$P_1 - P_4$ (kPa)
1	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1650	550
2	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1450	550
3	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1250	550
4	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
5	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	600
6	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	650
7	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	700
8	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	750
9	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	800
10	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
11	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
12	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
13	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
14	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
15	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1000	550
16	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
17	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	600
18	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	650
19	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	700
20	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	750
21	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	800
22	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	900	550
23	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550

EK 1.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
24	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
25	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
26	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
27	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
28	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
29	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	600
30	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	650
31	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	700
32	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	750
33	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	800
34	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
35	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
36	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
37	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
38	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
39	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1750	550
40	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1650	550
41	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1450	550
42	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1250	550
43	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1100	550
44	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
45	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	600
46	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	650
47	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	700
48	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	750

EK 1.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
49	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	800
50	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1000	550
51	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
52	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
53	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
54	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
55	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
56	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
57	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	600
58	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	650
59	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	700
60	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	750
61	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	800
62	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
63	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
64	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
65	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
66	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
67	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
68	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	600
69	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	650
70	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	700
71	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	750

EK 1.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
72	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	800
73	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
74	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
75	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
76	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
77	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
78	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	900	550
79	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1850	550
80	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1650	550
81	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1450	550
82	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1250	550
83	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1150	550
84	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1100	550
85	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
86	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	600
87	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	650
88	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	700
89	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	750
90	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	800
91	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1000	550
92	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
93	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
94	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550

EK 1.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	T_{1jg} (K)	P_{1jg} (kPa)	$T_{1jç}$ (K)	$P_{1jç}$ (kPa)	T_{sg} (K)	P_{sg} (kPa)	$T_{sç}$ (K)	$P_{sç}$ (kPa)	T_3 (K)	$P_2 - P_3$ (kPa)	$P_1 - P_4$ (kPa)
95	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
96	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
97	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
98	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	600
99	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	650
100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	700
101	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	750
102	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	800
103	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
104	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
105	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
106	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
107	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
108	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	600
109	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	650
110	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	700
111	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	750
112	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	800
113	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	600
114	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	600
115	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	600
116	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	600
117	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	600
118	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	2000	550
119	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1850	550

EK 1.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	T_{1jg} (K)	P_{1jg} (kPa)	$T_{1jç}$ (K)	$P_{1jç}$ (kPa)	T_{sg} (K)	P_{sg} (kPa)	$T_{sç}$ (K)	$P_{sç}$ (kPa)	T_3 (K)	$P_2 - P_3$ (kPa)	$P_1 - P_4$ (kPa)
120	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1650	550
121	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1450	550
122	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1250	550
123	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1200	550
124	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1150	550
125	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1100	550
126	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
127	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	600
128	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	650
129	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	700
130	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	750
131	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	800
132	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
133	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	2050	550
134	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1850	550
135	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1650	550
136	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1450	550
137	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	800
138	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	750
139	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	700
140	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	650
141	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	600
142	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
143	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
144	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550

EK 1.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	T_{1jg} (K)	P_{1jg} (kPa)	$T_{1jç}$ (K)	$P_{1jç}$ (kPa)	T_{sg} (K)	P_{sg} (kPa)	$T_{sç}$ (K)	$P_{sç}$ (kPa)	T_3 (K)	$P_2 - P_3$ (kPa)	$P_1 - P_4$ (kPa)
146	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
147	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1250	550
148	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1200	550
149	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1150	550
150	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1100	550
151	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
152	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	600
153	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	650
154	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	700
155	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	750
156	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	800
157	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
158	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
159	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
160	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
161	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
162	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1000	550
163	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
164	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	600
165	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	650
166	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	700
167	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	750

EK 1.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
168	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	800
169	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
170	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
171	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
172	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
173	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
174	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	900	550
175	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
176	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	600
177	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	650
178	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	700
179	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	750
180	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	800
181	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
182	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
183	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
184	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
185	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550

EK 1.2. R245fa (% 50) - İso pentan (% 50) kullanılan ORC ne ait tasarım parametreleri.

<i>Tasarım No:</i>	T_{1jg} (K)	P_{1jg} (kPa)	$T_{1jç}$ (K)	$P_{1jç}$ (kPa)	T_{sg} (K)	P_{sg} (kPa)	$T_{sç}$ (K)	$P_{sç}$ (kPa)	T_3 (K)	$P_2 - P_3$ (kPa)	$P_1 - P_4$ (kPa)
186	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1400	550
187	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1250	550
188	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
189	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	600
190	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	650
191	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	700
192	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	750
193	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	800
194	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
195	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
196	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
197	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
198	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1050	550
199	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	1000	550
200	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
201	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	600
202	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	650
203	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	700
204	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	750
205	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	800
206	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
207	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
208	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
209	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
210	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	950	550
211	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	900	550
212	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
213	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	600
214	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	650
215	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	700
216	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	750
217	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	800
218	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
219	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
220	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
221	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
222	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	392,15	850	550
223	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1500	550
224	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1450	550
225	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1250	550
226	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1100	550
227	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
228	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	600
229	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	650
230	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	700
231	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	750
232	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	800
233	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
234	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
235	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
236	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
237	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1050	550
238	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	1000	550
239	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
240	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	600
241	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	650
242	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	700
243	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	750
244	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	800
245	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
246	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
247	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
248	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
249	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	950	550
250	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	900	550
251	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
252	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	600
253	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	650
254	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	700
255	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	750
256	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	800

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
257	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
258	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
259	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
260	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
261	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	395,15	850	550
262	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1600	550
263	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1450	550
264	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1250	550
265	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1150	550
266	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1100	550
267	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
268	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	600
269	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	650
270	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	700
271	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	750
272	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	800
273	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
274	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
275	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
276	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
277	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1050	550
278	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	1000	550
279	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
280	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	600
281	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	650
282	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	700
283	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	750
284	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	800
285	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
286	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
287	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
288	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
289	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	950	550
290	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	550
291	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	600
292	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	650
293	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	700
294	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	750
295	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	800
296	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	550
297	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	550
298	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	550
299	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	550
300	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	398,15	850	550
301	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1700	550
302	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1650	550
303	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1450	550
304	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1250	550

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
305	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1200	550
306	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1150	550
307	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1100	550
308	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
309	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	600
310	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	650
311	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	700
312	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	750
313	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	800
314	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
315	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
316	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
317	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
318	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	1050	550
319	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	950	550
320	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	950	600
321	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	950	650
322	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	950	700
323	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	950	750
324	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	950	800
325	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	550
326	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	600
327	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	650
328	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	700
329	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	750

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
330	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	800
331	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	550
332	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	550
333	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	550
334	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	550
335	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	401,15	850	550
336	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1800	550
337	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1650	550
338	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1450	550
339	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	800
340	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	750
341	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	700
342	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	650
343	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	600
344	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
345	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
346	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
347	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
348	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1300	550
349	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1250	550
350	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1200	550
351	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1150	550
352	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1100	550

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
353	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
354	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	600
355	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	650
356	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	700
357	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	750
358	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	800
359	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
360	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
361	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
362	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
363	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1050	550
364	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	1000	550
365	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
366	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	600
367	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	650
368	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	700
369	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	750
370	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	800
371	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
372	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
373	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
374	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
375	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	950	550
376	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	900	550
377	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550

EK 1.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>T_{1jg} (K)</i>	<i>P_{1jg} (kPa)</i>	<i>T_{1jç} (K)</i>	<i>P_{1jç} (kPa)</i>	<i>T_{sg} (K)</i>	<i>P_{sg} (kPa)</i>	<i>T_{sç} (K)</i>	<i>P_{sç} (kPa)</i>	<i>T₃ (K)</i>	<i>P₂ – P₃ (kPa)</i>	<i>P₁ – P₄ (kPa)</i>
378	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	600
379	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	650
380	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	700
381	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	750
382	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	800
383	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
384	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
385	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
386	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550
387	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325	404,15	850	550

EK 2. Jeotermal Enerji Kaynaklı ORC nin Enerji, Ekserji Verimi ve NBD Sonuçları.**EK 2.1.** İsobütan (% 50) - İsoptentan (% 50) kullanılan ORC nin enerji, ekserji verimi ve NBD sonuçları.

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
1	110,20	3713,83	7,29	49,75	5975,74	584,71	3667,55	28,24	9,90	41,76
2	107,76	3346,91	6,57	39,49	6103,75	514,91	3999,07	25,45	8,92	36,85
3	105,72	2894,78	5,68	29,75	6258,13	433,89	4402,90	22,02	7,72	29,61
4	103,96	2326,46	4,56	21,64	6444,69	341,33	4904,40	17,69	6,20	20,61
5	106,32	2051,29	4,02	19,64	6845,06	299,22	4832,38	15,60	5,47	16,26
6	108,67	1788,25	3,51	17,84	7219,38	261,22	4769,58	13,60	4,77	12,16
7	111,00	1537,02	3,02	16,27	7571,69	224,53	4715,05	11,69	4,10	8,30
8	113,33	1297,28	2,55	13,29	7904,35	189,36	4668,24	9,87	3,46	4,71
9	115,66	1064,00	2,09	13,56	8224,17	152,58	4625,92	8,09	2,84	1,00
10	103,96	2326,46	4,56	21,64	6444,69	341,33	4904,40	17,69	6,20	20,61
11	117,04	2619,06	4,56	24,36	7255,25	384,26	5675,04	17,51	6,66	24,95
12	130,12	2911,90	4,56	27,08	8066,45	427,22	6479,19	17,33	7,07	29,36
13	143,24	3205,41	4,56	29,81	8879,54	470,29	7325,23	17,16	7,45	33,83
14	156,37	3499,39	4,56	32,55	9693,90	513,42	8208,97	16,98	7,78	38,36
15	103,55	2162,54	4,24	19,43	6498,23	315,71	5048,09	16,45	5,76	18,05
16	103,15	1990,04	3,90	16,33	6553,17	290,30	5199,92	15,13	5,30	15,38
17	105,48	1705,92	3,35	14,53	6956,48	247,37	5134,83	12,97	4,55	10,98
18	107,79	1433,83	2,81	12,95	7333,95	208,54	5078,83	10,90	3,82	6,86
19	110,08	1173,41	2,30	12,91	7692,84	167,81	5029,74	8,92	3,13	3,03
20	112,37	924,37	1,81	9,88	8029,11	131,76	4989,85	7,03	2,46	-0,47
21	114,66	681,63	1,34	6,72	8349,35	97,48	4957,82	5,18	1,82	-3,97
22	102,77	1801,32	3,53	14,46	6616,15	259,09	5365,02	13,70	4,80	12,48
23	103,15	1990,04	3,90	16,33	6553,17	290,30	5199,92	15,13	5,30	15,38

EK 2.1. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
24	116,13	2240,33	3,90	18,38	7377,38	326,81	6007,73	14,98	5,70	18,98
25	129,11	2490,82	3,90	20,44	8202,23	363,35	6849,08	14,83	6,05	22,65
26	142,13	2741,89	3,90	22,50	9029,02	399,98	7732,40	14,67	6,37	26,38
27	155,16	2993,35	3,90	24,56	9857,08	436,66	8653,48	14,52	6,66	30,17
28	102,39	1603,79	3,15	12,61	6677,67	231,13	5537,42	12,20	4,27	9,50
29	104,69	1308,76	2,57	10,74	7085,27	187,20	5480,37	9,95	3,49	5,10
30	106,96	1025,65	2,01	9,09	7467,28	147,37	5432,31	7,80	2,73	1,04
31	109,22	755,39	1,48	6,40	7827,47	108,86	5392,51	5,74	2,01	-2,58
32	111,47	496,92	0,98	3,27	8166,71	71,89	5360,42	3,78	1,32	-5,65
33	113,72	245,11	0,48	3,33	8494,11	33,34	5331,66	1,86	0,65	-8,20
34	102,39	1603,79	3,15	12,61	6677,67	231,13	5537,42	12,20	4,27	9,50
35	115,27	1805,50	3,15	14,19	7517,53	260,20	6387,68	12,07	4,59	12,25
36	128,16	2007,37	3,15	15,78	8358,06	289,29	7271,51	11,95	4,88	15,07
37	141,08	2209,71	3,15	17,37	9200,54	318,45	8197,42	11,83	5,13	17,95
38	154,02	2412,37	3,15	18,96	10044,34	347,66	9161,14	11,71	5,36	20,88
39	109,32	3866,64	7,59	53,20	5960,78	608,90	3496,83	29,41	10,31	41,09
40	108,03	3707,93	7,28	48,77	6018,16	579,52	3637,44	28,20	9,88	41,88
41	105,80	3338,62	6,55	38,77	6154,04	508,66	3964,36	25,39	8,90	36,59
42	103,91	2885,49	5,66	29,24	6312,59	429,52	4362,94	21,95	7,69	29,33
43	102,66	2474,08	4,85	23,17	6450,30	364,14	4721,90	18,82	6,59	22,80
44	102,26	2320,29	4,55	21,28	6502,37	338,75	4856,03	17,65	6,18	20,38
45	104,55	2046,07	4,01	19,31	6900,98	297,28	4784,14	15,56	5,45	16,04
46	106,81	1783,81	3,50	17,53	7276,96	256,76	4721,36	13,57	4,75	11,93
47	109,07	1533,19	3,01	15,99	7628,14	220,62	4666,77	11,66	4,09	8,07
48	111,31	1294,82	2,54	13,05	7958,95	186,00	4619,79	9,85	3,45	4,49

EK 2.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>$\dot{E}_{xd,pom.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,kon.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,tür.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,evap.}$</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
49	113,56	1061,90	2,08	13,32	8274,69	153,14	4577,26	8,08	2,83	1,09
50	101,88	2155,08	4,23	19,11	6556,91	313,60	4999,55	16,39	5,74	17,79
51	102,26	2320,29	4,55	21,28	6502,37	338,75	4856,03	17,65	6,18	20,38
52	115,12	2612,12	4,55	23,96	7320,18	381,36	5620,60	17,47	6,64	24,73
53	128,00	2904,18	4,55	26,64	8138,64	424,00	6418,66	17,29	7,05	29,14
54	140,90	3196,92	4,55	29,33	8959,01	466,74	7258,60	17,11	7,43	33,61
55	153,82	3490,12	4,55	32,02	9780,66	509,54	8136,22	16,93	7,76	38,13
56	101,51	1980,44	3,89	16,07	6615,48	285,66	5152,43	15,06	5,28	15,09
57	103,76	1696,39	3,33	14,30	7018,09	243,33	5087,35	12,90	4,52	10,69
58	105,99	1425,07	2,80	12,74	7394,27	205,06	5031,27	10,84	3,80	6,57
59	108,21	1165,26	2,29	12,69	7752,07	164,95	4982,02	8,86	3,11	2,74
60	110,42	917,59	1,80	9,71	8086,58	129,47	4941,85	6,98	2,45	-0,75
61	112,56	703,88	1,38	3,30	8399,77	95,69	4889,94	5,35	1,88	-3,40
62	101,51	1980,44	3,89	16,07	6615,48	285,66	5152,43	15,06	5,28	15,09
63	114,27	2229,53	3,89	18,09	7447,53	321,59	5954,27	14,91	5,67	18,69
64	127,05	2478,81	3,89	20,11	8280,22	357,55	6789,65	14,76	6,02	22,36
65	139,86	2728,67	3,89	22,14	9114,86	393,59	7666,98	14,60	6,34	26,08
66	152,68	2978,92	3,89	24,17	9950,80	429,68	8582,06	14,45	6,62	29,86
67	100,79	1593,90	3,13	12,41	6743,47	227,51	5485,66	12,12	4,25	9,21
68	103,01	1299,92	2,55	10,57	7149,58	184,20	5428,38	9,89	3,46	4,82
69	105,21	1018,60	2,00	8,94	7529,45	144,95	5379,99	7,75	2,72	0,79
70	107,39	749,09	1,47	6,30	7888,64	107,04	5339,78	5,70	2,00	-2,83
71	109,57	491,22	0,96	3,21	8227,15	70,66	5307,16	3,74	1,31	-5,90

EK 2.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>$\dot{E}_{xd,pom.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,kon.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,tür.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,evap.}$</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
72	111,74	240,85	0,47	3,28	8552,97	32,76	5277,84	1,83	0,64	-8,12
73	100,79	1593,90	3,13	12,41	6743,47	227,51	5485,66	12,12	4,25	9,21
74	113,47	1794,37	3,13	13,97	7591,62	256,12	6329,41	12,00	4,56	11,96
75	126,15	1995,00	3,13	15,53	8440,42	284,76	7206,72	11,88	4,85	14,78
76	138,87	2196,09	3,13	17,10	9291,21	313,46	8126,09	11,75	5,10	17,65
77	151,60	2397,50	3,13	18,67	10143,33	342,21	9083,28	11,63	5,33	20,57
78	101,14	1794,94	3,52	14,23	6676,68	257,95	5312,46	13,65	4,78	12,25
79	108,43	4004,28	7,86	56,90	5947,87	632,56	3340,03	30,45	10,67	41,56
80	105,96	3701,30	7,26	47,84	6067,89	571,56	3603,51	28,15	9,87	41,97
81	103,92	3333,49	6,54	38,08	6206,21	502,66	3924,20	25,35	8,89	36,32
82	102,16	2876,45	5,64	28,75	6369,10	425,28	4320,52	21,88	7,67	28,99
83	101,37	2611,59	5,12	24,66	6463,07	380,37	4549,31	19,86	6,96	24,78
84	100,99	2465,27	4,84	22,80	6512,46	358,21	4675,16	18,75	6,57	22,46
85	100,62	2310,10	4,53	20,94	6565,51	333,31	4809,23	17,57	6,16	20,02
86	102,83	2035,82	3,99	18,99	6963,43	292,40	4737,49	15,48	5,43	15,66
87	105,02	1775,09	3,48	17,24	7334,10	255,53	4674,77	13,50	4,73	11,57
88	107,20	1524,97	2,99	15,71	7687,32	216,84	4620,14	11,60	4,06	7,70
89	109,37	1286,92	2,53	12,82	8017,34	182,75	4573,04	9,79	3,43	4,11
90	111,54	1054,25	2,07	13,08	8332,50	150,41	4530,34	8,02	2,81	0,70
91	100,26	2146,03	4,21	18,81	6621,01	308,60	4950,11	16,32	5,72	17,45
92	100,62	2310,10	4,53	20,94	6565,51	333,31	4809,23	17,57	6,16	20,02
93	113,27	2600,64	4,53	23,58	7391,27	375,23	5567,90	17,39	6,61	24,38
94	125,94	2891,42	4,53	26,21	8217,68	417,18	6360,07	17,21	7,02	28,80

EK 2.1. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
95	138,63	3182,87	4,53	28,85	9046,02	459,23	7194,10	17,04	7,39	33,27
96	151,35	3474,78	4,53	31,50	9875,64	501,35	8065,81	16,86	7,73	37,79
97	99,90	1973,58	3,87	15,81	6680,81	281,15	5098,96	15,01	5,26	14,79
98	102,08	1690,52	3,32	14,07	7081,91	239,41	5033,76	12,86	4,51	10,39
99	104,24	1420,03	2,79	12,53	7456,87	201,69	4977,47	10,80	3,79	6,26
100	106,39	1161,80	2,28	12,48	7809,60	165,30	4927,93	8,84	3,10	2,44
101	108,52	914,65	1,79	9,54	8143,31	130,44	4887,37	6,96	2,44	-1,05
102	110,66	673,68	1,32	6,49	8464,60	94,08	4854,44	5,12	1,80	-4,24
103	99,90	1973,58	3,87	15,81	6680,81	281,15	5098,96	15,01	5,26	14,79
104	112,47	2221,81	3,87	17,80	7521,08	316,52	5894,07	14,86	5,65	18,41
105	125,04	2470,22	3,87	19,79	8362,00	351,91	6722,71	14,71	6,00	22,09
106	137,65	2719,22	3,87	21,79	9204,88	387,38	7593,30	14,55	6,32	25,82
107	150,27	2968,60	3,87	23,79	10049,08	422,90	8501,62	14,40	6,60	29,59
108	101,38	1295,57	2,54	10,40	7215,13	181,29	5370,42	9,85	3,45	4,54
109	103,51	1015,21	1,99	8,80	7593,83	142,61	5321,59	7,72	2,71	0,51
110	105,62	747,41	1,47	6,19	7951,17	105,27	5280,85	5,68	1,99	-3,11
111	107,72	490,21	0,96	3,16	8288,98	69,47	5247,61	3,73	1,31	-6,18
112	109,83	241,35	0,47	3,22	8613,29	32,20	5217,63	1,84	0,64	-8,40
113	101,38	1295,57	2,54	10,40	7215,13	181,29	5370,42	9,85	3,45	4,54
114	114,13	1458,52	2,54	11,71	8122,59	204,09	6199,68	9,75	3,71	6,69
115	126,89	1621,59	2,54	13,02	9030,77	226,90	7062,49	9,65	3,94	8,88
116	139,68	1785,04	2,54	14,33	9941,06	249,78	7967,32	9,55	4,15	11,11
117	152,49	1948,75	2,54	15,65	10852,77	272,68	8909,94	9,46	4,33	13,39
118	108,26	4191,48	8,22	64,11	5912,75	666,47	3140,32	31,88	11,17	42,85
119	106,23	4001,54	7,85	55,74	5995,17	625,93	3303,40	30,43	10,67	41,30

EK 2.1. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
120	103,99	3696,41	7,25	46,95	6120,63	563,99	3564,33	28,11	9,85	41,86
121	102,11	3323,54	6,52	37,42	6263,09	496,90	3884,06	25,28	8,86	35,85
122	100,47	2868,62	5,63	28,28	6430,84	418,24	4274,41	21,82	7,65	28,55
123	100,09	2740,19	5,38	26,12	6475,13	399,06	4384,21	20,84	7,30	26,51
124	99,73	2602,05	5,11	24,27	6523,95	377,13	4501,93	19,79	6,94	24,31
125	99,37	2455,06	4,82	22,43	6577,27	352,48	4627,01	18,67	6,54	21,98
126	99,02	2303,45	4,52	20,61	6627,84	330,92	4756,50	17,52	6,14	19,47
127	101,16	2030,07	3,98	18,68	7024,18	290,63	4684,78	15,44	5,41	15,10
128	103,28	1769,19	3,47	16,96	7397,50	251,30	4621,99	13,46	4,72	10,97
129	105,39	1520,51	2,98	15,45	7745,71	216,27	4567,21	11,56	4,05	7,09
130	107,48	1282,85	2,52	12,60	8074,95	182,75	4519,87	9,76	3,42	3,46
131	109,58	1052,34	2,06	12,85	8390,81	147,77	4476,88	8,00	2,80	0,96
132	99,02	2303,45	4,52	20,61	6627,84	330,92	4756,50	17,52	6,14	19,57
133	106,63	4249,28	8,34	65,02	5933,40	672,08	3053,40	32,32	11,33	42,87
134	104,14	3996,57	7,84	54,65	6048,44	616,69	3265,67	30,40	10,65	40,76
135	102,11	3688,70	7,24	46,10	6176,49	556,76	3524,56	28,05	9,83	41,12
136	100,37	3314,93	6,50	36,78	6321,28	491,36	3840,99	25,21	8,84	34,09
137	109,81	1820,71	3,57	22,53	8171,58	260,74	3779,34	13,85	4,85	10,78
138	107,71	2032,06	3,99	25,26	7863,26	293,64	3833,68	15,45	5,42	14,23
139	105,60	2251,50	4,42	24,77	7542,76	325,05	3896,57	17,12	6,00	17,83
140	103,48	2482,52	4,87	27,91	7198,51	361,00	3963,08	18,88	6,62	21,64
141	101,35	2725,30	5,35	28,82	6836,62	395,17	4039,13	20,73	7,26	25,66
142	149,22	4481,58	5,85	46,37	9699,94	651,79	7035,68	21,74	10,35	46,27
143	136,69	4105,09	5,85	42,47	8885,07	597,03	6250,51	21,97	9,96	42,36
144	124,17	3729,19	5,85	38,58	8071,47	542,36	5502,88	22,20	9,54	41,92

EK 2.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>$\dot{E}_{xd,pom.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,kon.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,tür.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,evap.}$</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
145	111,68	3354,17	5,85	34,70	7259,77	487,82	4796,91	22,43	8,53	35,88
146	99,20	2979,44	5,85	30,83	6448,70	433,32	4124,37	22,66	7,94	29,71
147	98,84	2860,15	5,61	27,82	6492,28	414,33	4226,12	21,75	7,62	27,80
148	98,48	2726,75	5,35	25,69	6541,06	392,64	4339,02	20,74	7,27	25,68
149	98,14	2591,94	5,09	23,88	6590,35	371,12	4452,40	19,71	6,91	23,53
150	97,80	2445,89	4,80	22,08	6640,89	349,77	4575,94	18,60	6,52	21,22
151	97,47	2293,62	4,50	20,29	6696,17	325,74	4703,84	17,44	6,11	18,65
152	99,55	2021,06	3,97	18,38	7091,08	285,98	4632,15	15,37	5,39	14,24
153	101,60	1761,68	3,46	16,68	7462,33	247,20	4569,31	13,40	4,70	10,09
154	103,64	1512,64	2,97	15,19	7810,55	212,67	4514,38	11,50	4,03	6,15
155	105,66	1277,08	2,51	12,39	8137,30	179,65	4466,81	9,71	3,40	2,49
156	107,68	1046,82	2,05	12,63	8452,64	145,21	4423,55	7,96	2,79	0,26
157	97,47	2293,62	4,50	20,29	6696,17	325,74	4703,84	17,44	6,11	18,65
158	109,73	2582,10	4,50	22,84	7538,36	366,71	5449,26	17,26	6,57	23,35
159	122,00	2870,80	4,50	25,39	8381,21	407,71	6228,17	17,09	6,97	27,89
160	134,30	3160,17	4,50	27,95	9226,03	448,81	7048,90	16,91	7,34	32,42
161	146,61	3450,00	4,50	30,52	10072,17	489,97	7907,30	16,74	7,67	36,96
162	97,15	2131,02	4,18	18,23	6752,67	301,88	4841,29	16,21	5,68	16,29
163	96,83	1956,93	3,84	15,33	6814,72	275,35	4988,57	14,88	5,22	13,42
164	98,88	1675,74	3,29	13,62	7212,93	234,79	4923,09	12,74	4,47	8,97
165	100,90	1406,82	2,76	12,13	7588,54	195,23	4866,33	10,70	3,75	4,79
166	102,92	1149,83	2,26	12,07	7939,52	159,90	4816,20	8,74	3,06	0,90
167	104,91	905,38	1,78	9,23	8270,11	126,09	4774,82	6,89	2,41	-2,65

EK 2.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>$\dot{E}_{xd,pom.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,kon.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,tür.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,evap.}$</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
168	106,91	666,11	1,31	6,27	8586,28	94,02	4740,87	5,07	1,78	-4,68
169	96,83	1956,93	3,84	15,33	6814,72	275,35	4988,57	14,88	5,22	13,42
170	109,01	2203,05	3,84	17,26	7671,82	309,98	5769,80	14,73	5,60	17,38
171	121,20	2449,37	3,84	19,19	8529,60	344,64	6584,55	14,58	5,95	21,18
172	133,42	2696,27	3,84	21,12	9389,37	379,38	7441,21	14,43	6,26	24,96
173	145,65	2943,55	3,84	23,06	10250,49	414,18	8335,58	14,28	6,54	28,76
174	96,53	1773,18	3,48	13,58	6878,46	249,02	5142,77	13,49	4,73	7,13
175	96,23	1576,04	3,09	11,85	6947,57	220,03	5308,08	11,99	4,20	-0,02
176	98,25	1285,34	2,52	10,08	7349,44	178,57	5249,72	9,78	3,43	-4,82
177	100,25	1006,01	1,97	8,52	7729,73	138,12	5199,98	7,65	2,68	-9,31
178	102,23	740,61	1,45	5,99	8084,50	101,89	5158,14	5,63	1,97	-13,40
179	104,20	486,44	0,95	3,05	8419,25	67,20	5123,62	3,70	1,30	-16,98
180	106,16	239,55	0,47	3,11	8738,55	34,23	5092,30	1,82	0,64	-8,26
181	96,23	1576,04	3,09	11,85	6947,57	220,03	5308,08	11,99	4,20	-0,02
182	108,33	1774,26	3,09	13,34	7821,38	247,71	6129,49	11,86	4,51	3,77
183	120,44	1972,64	3,09	14,83	8695,88	275,40	6984,46	11,74	4,79	6,96
184	132,58	2171,48	3,09	16,32	9572,42	303,16	7881,42	11,62	5,04	9,98
185	144,74	2370,63	3,09	17,82	10450,32	330,97	8816,17	11,50	5,27	12,94

EK 2.2. R245fa (% 50) - İso pentan (% 50) kullanılan ORC nin enerji, ekserji verimi ve NBD sonuçları.

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
186	157,27	3155,90	6,19	36,88	7081,60	484,09	3251,92	24,00	8,41	33,02
187	154,33	2819,17	5,53	31,22	7192,37	425,26	3553,79	21,44	7,51	27,65
188	151,00	2271,93	4,46	21,25	7369,71	336,42	4040,92	17,28	6,06	19,01
189	154,76	2003,46	3,93	20,42	7753,77	294,89	3976,53	15,24	5,34	14,70
190	158,49	1750,89	3,44	18,12	8112,24	255,54	3920,64	13,32	4,67	10,70
191	162,22	1508,04	2,96	16,64	8449,29	218,76	3872,73	11,47	4,02	6,91
192	165,95	1275,14	2,50	14,11	8767,14	184,87	3831,93	9,70	3,40	3,36
193	169,70	1046,77	2,05	12,93	9069,91	154,22	3796,93	7,96	2,79	-0,03
194	151,00	2271,93	4,46	21,25	7369,71	336,42	4040,92	17,28	6,06	19,01
195	169,99	2557,68	4,46	23,92	8296,62	378,74	4702,96	17,10	6,50	23,22
196	189,00	2843,65	4,46	26,59	9224,25	421,08	5398,43	16,93	6,91	27,50
197	208,05	3130,29	4,46	29,28	10154,05	463,53	6135,53	16,75	7,27	31,85
198	227,13	3417,37	4,46	31,96	11085,30	506,04	6910,15	16,58	7,60	36,25
199	150,26	2111,47	4,14	19,82	7423,30	308,34	4182,67	16,06	5,63	16,51
200	149,54	1942,04	3,81	17,10	7479,57	280,56	4332,00	14,77	5,18	13,90
201	153,22	1664,78	3,27	14,82	7863,02	242,55	4275,25	12,66	4,44	9,54
202	156,88	1402,74	2,75	12,42	8224,52	202,35	4227,06	10,67	3,74	5,52
203	160,53	1150,26	2,26	11,29	8564,86	164,71	4186,31	8,75	3,07	1,75
204	164,18	907,57	1,78	9,14	8886,23	129,95	4152,61	6,90	2,42	-1,72
205	167,85	670,65	1,32	7,38	9191,28	98,41	4125,64	5,10	1,79	-4,89
206	149,54	1942,04	3,81	17,10	7479,57	280,56	4332,00	14,77	5,18	13,90
207	168,35	2186,29	3,81	19,25	8420,30	315,85	5030,66	14,62	5,56	17,38
208	187,17	2430,74	3,81	21,40	9361,76	351,17	5762,76	14,47	5,90	20,93

EK 2.2. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
209	206,04	2675,76	3,81	23,56	10305,42	386,56	6536,58	14,32	6,22	24,55
210	224,94	2921,15	3,81	25,72	11250,54	422,01	7347,99	14,17	6,49	28,23
211	148,84	1760,63	3,45	14,40	7537,02	253,07	4492,21	13,39	4,69	11,13
212	148,17	1563,08	3,07	13,03	7598,54	225,87	4663,38	11,89	4,17	8,15
213	151,79	1275,35	2,50	11,12	7989,70	182,43	4614,79	9,70	3,40	3,80
214	155,37	1002,69	1,97	9,11	8354,79	141,20	4574,64	7,63	2,67	-0,15
215	158,95	740,06	1,45	6,06	8695,26	107,17	4542,58	5,63	1,97	-3,71
216	162,53	486,47	0,95	3,81	9020,56	71,47	4517,23	3,70	1,30	-6,77
217	166,12	239,89	0,47	2,43	9333,20	34,09	4498,11	1,82	0,64	-9,02
218	148,17	1563,08	3,07	13,03	7598,54	225,87	4663,38	11,89	4,17	8,15
219	166,81	1759,67	3,07	14,67	8554,23	254,28	5403,71	11,77	4,47	10,80
220	185,46	1956,41	3,07	16,31	9510,66	282,71	6177,53	11,65	4,75	13,52
221	204,16	2153,62	3,07	17,95	10469,33	311,21	6993,16	11,53	5,00	16,31
222	222,88	2351,13	3,07	19,60	11429,49	339,75	7846,44	11,41	5,23	19,14
223	156,04	3336,28	6,55	42,54	7055,79	512,32	3057,31	25,37	8,89	35,69
224	154,99	3243,85	6,36	39,53	7088,76	495,23	3140,05	24,67	8,65	34,22
225	151,32	2808,79	5,51	30,61	7235,03	421,41	3526,35	21,36	7,49	27,27
226	148,98	2410,18	4,73	23,58	7371,97	353,74	3876,12	18,33	6,42	20,97
227	148,25	2259,26	4,43	20,86	7421,16	330,30	4009,10	17,18	6,02	18,60
228	151,87	1990,38	3,91	20,03	7804,59	289,39	3945,13	15,14	5,31	14,28
229	155,47	1738,40	3,41	17,77	8156,91	255,22	3889,56	13,22	4,63	10,28
230	159,06	1495,98	2,94	16,32	8497,22	214,48	3841,87	11,38	3,99	6,49
231	162,64	1263,36	2,48	13,83	8814,04	181,18	3801,19	9,61	3,37	2,92
232	166,24	1036,59	2,03	12,67	9114,56	151,07	3766,22	7,88	2,76	-0,46
233	148,25	2259,26	4,43	20,86	7421,16	330,30	4009,10	17,18	6,02	18,60

EK 2.2. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
234	166,90	2543,41	4,43	23,48	8354,54	371,84	4667,13	17,01	6,47	22,82
235	185,56	2827,79	4,43	26,11	9288,65	413,42	5358,59	16,83	6,87	27,10
236	204,26	3112,83	4,43	28,74	10224,94	455,09	6091,68	16,66	7,23	31,44
237	223,00	3398,31	4,43	31,38	11162,68	496,83	6862,28	16,49	7,56	35,83
238	147,56	2100,88	4,12	19,47	7472,87	307,13	4145,62	15,98	5,60	16,13
239	146,89	1931,15	3,79	16,79	7529,80	279,90	4294,00	14,69	5,15	13,51
240	150,44	1656,13	3,25	14,55	7914,53	238,15	4237,36	12,60	4,41	9,19
241	153,97	1394,86	2,74	12,19	8274,55	198,60	4189,17	10,61	3,72	5,17
242	157,49	1141,69	2,24	11,08	8615,05	161,58	4148,33	8,68	3,04	1,38
243	161,00	900,80	1,77	8,97	8934,10	127,43	4114,44	6,85	2,40	-2,07
244	164,52	664,27	1,30	7,23	9238,44	96,46	4087,16	5,05	1,77	-5,26
245	146,89	1931,15	3,79	16,79	7529,80	279,90	4294,00	14,69	5,15	13,51
246	165,37	2174,03	3,79	18,91	8476,84	315,11	4987,87	14,54	5,53	17,01
247	183,86	2417,11	3,79	21,02	9424,62	350,34	5715,19	14,39	5,87	20,57
248	202,39	2660,75	3,79	23,14	10374,62	385,65	6484,22	14,24	6,18	24,18
249	220,95	2904,78	3,79	25,26	11326,10	421,02	7290,82	14,09	6,46	27,85
250	146,25	1748,36	3,43	14,15	7589,18	252,94	4453,12	13,30	4,66	10,72
251	145,62	1556,95	3,05	12,81	7654,75	221,98	4617,63	11,84	4,15	7,84
252	149,11	1270,40	2,49	10,93	8044,24	179,21	4568,80	9,66	3,39	3,51
253	152,57	998,70	1,96	8,95	8403,50	143,12	4528,30	7,60	2,66	-0,44
254	156,01	738,21	1,45	5,95	8746,07	105,19	4495,79	5,61	1,97	-3,98
255	159,46	485,34	0,95	3,74	9070,51	70,12	4469,89	3,69	1,29	-7,05
256	162,92	239,37	0,47	2,39	9382,44	33,43	4450,11	1,82	0,64	-9,31

EK 2.2. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
257	145,62	1556,95	3,05	12,81	7654,75	221,98	4617,63	11,84	4,15	7,84
258	163,93	1752,78	3,05	14,42	8617,51	249,90	5352,20	11,72	4,46	10,52
259	182,26	1948,75	3,05	16,03	9581,02	277,84	6120,26	11,60	4,73	13,25
260	200,64	2145,18	3,05	17,64	10546,78	305,84	6930,12	11,48	4,98	16,04
261	219,04	2341,92	3,05	19,26	11514,05	333,89	7777,61	11,36	5,21	18,88
262	154,80	3506,02	6,88	46,29	7031,19	540,01	2874,95	26,66	9,35	38,14
263	151,78	3234,27	6,35	38,71	7130,95	489,44	3114,41	24,60	8,62	33,79
264	148,44	2797,85	5,49	30,03	7286,60	413,39	3494,71	21,28	7,46	26,82
265	146,97	2542,27	4,99	24,13	7376,59	370,52	3717,70	19,33	6,78	22,77
266	146,28	2401,03	4,71	23,16	7421,32	351,63	3838,80	18,26	6,40	20,54
267	145,61	2253,25	4,42	20,49	7476,01	324,40	3966,75	17,14	6,01	18,23
268	149,10	1986,62	3,90	19,67	7851,96	288,47	3902,94	15,11	5,30	13,92
269	152,56	1735,42	3,41	17,44	8207,24	250,45	3847,43	13,20	4,63	9,92
270	156,01	1492,32	2,93	16,01	8543,04	214,96	3799,69	11,35	3,98	6,09
271	159,46	1261,48	2,48	13,56	8857,45	182,31	3758,88	9,59	3,36	2,53
272	162,92	1036,45	2,03	12,42	9160,51	148,05	3723,69	7,88	2,76	-0,86
273	145,61	2253,25	4,42	20,49	7476,01	324,40	3966,75	17,14	6,01	18,23
274	163,92	2536,64	4,42	23,07	8416,28	365,20	4619,46	16,96	6,45	22,49
275	182,25	2820,26	4,42	25,64	9357,29	406,04	5305,59	16,79	6,85	26,79
276	200,62	3104,54	4,42	28,23	10300,50	446,97	6033,33	16,62	7,21	31,15
277	219,02	3389,26	4,42	30,82	11245,18	487,96	6798,59	16,44	7,54	35,55
278	144,97	2090,74	4,10	19,12	7527,95	301,73	4106,78	15,90	5,57	15,70
279	144,34	1920,64	3,77	16,50	7586,75	275,04	4253,09	14,61	5,12	13,07

EK 2.2. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
280	147,76	1645,29	3,23	14,29	7971,11	233,91	4196,48	12,51	4,39	8,73
281	151,16	1385,99	2,72	11,96	8328,51	194,98	4148,23	10,54	3,69	4,72
282	154,55	1133,43	2,22	10,87	8663,37	163,11	4107,24	8,62	3,02	0,92
283	157,93	892,96	1,75	8,80	8986,15	125,01	4073,09	6,79	2,38	-2,55
284	161,33	658,15	1,29	7,09	9288,50	94,58	4045,45	5,01	1,75	-5,74
285	144,34	1920,64	3,77	16,50	7586,75	275,04	4253,09	14,61	5,12	13,07
286	162,49	2162,20	3,77	18,58	8540,95	309,63	4941,81	14,46	5,50	16,60
287	180,66	2403,95	3,77	20,65	9495,90	344,25	5663,98	14,31	5,84	20,17
288	198,87	2646,27	3,77	22,74	10453,08	378,95	6427,85	14,16	6,15	23,79
289	217,11	2888,97	3,77	24,82	11411,75	413,70	7229,28	14,02	6,42	27,46
290	143,15	1547,42	3,04	12,59	7712,79	218,22	4573,42	11,77	4,12	7,42
291	146,52	1260,68	2,47	10,74	8097,68	180,40	4524,40	9,59	3,36	3,07
292	149,86	989,80	1,94	8,79	8460,09	140,58	4483,61	7,53	2,64	-0,88
293	153,18	729,97	1,43	5,84	8801,69	103,28	4450,69	5,55	1,95	-4,43
294	156,51	478,98	0,94	3,67	9124,04	68,82	4424,30	3,64	1,28	-7,49
295	159,83	234,84	0,46	2,34	9433,99	32,80	4403,92	1,79	0,63	-9,74
296	143,15	1547,42	3,04	12,59	7712,79	218,22	4573,42	11,77	4,12	7,42
297	161,16	1742,05	3,04	14,17	8682,85	245,66	5302,44	11,65	4,43	10,13
298	179,17	1936,82	3,04	15,76	9653,66	273,13	6064,93	11,53	4,70	12,88
299	197,23	2132,05	3,04	17,35	10626,75	300,66	6869,21	11,41	4,95	15,68
300	215,32	2327,59	3,04	18,94	11601,34	328,23	7711,12	11,29	5,17	18,52
301	153,54	3655,49	7,17	49,96	7009,75	567,14	2711,00	27,80	9,74	39,88
302	152,46	3580,27	7,02	46,48	7041,52	549,74	2777,94	27,23	9,54	38,68
303	148,74	3225,74	6,33	37,93	7176,87	483,99	3083,58	24,53	8,60	33,00
304	145,68	2789,95	5,47	29,47	7335,50	409,98	3457,97	21,22	7,44	26,04

EK 2.2. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
305	144,99	2661,29	5,22	26,78	7383,61	386,78	3568,75	20,24	7,09	23,99
306	144,32	2532,97	4,97	23,69	7427,61	368,08	3679,18	19,26	6,75	21,97
307	143,68	2391,07	4,69	22,75	7477,37	345,39	3799,71	18,18	6,37	19,73
308	143,06	2241,50	4,40	20,13	7529,74	322,92	3927,02	17,05	5,97	17,38
309	146,43	1975,68	3,88	19,32	7908,34	283,31	3863,41	15,03	5,27	13,02
310	149,76	1725,04	3,38	17,12	8262,29	245,86	3808,02	13,12	4,60	8,97
311	153,09	1483,69	2,91	15,71	8595,68	210,93	3760,30	11,28	3,95	5,12
312	156,41	1253,13	2,46	13,30	8909,29	178,82	3719,42	9,53	3,34	1,51
313	159,73	1028,30	2,02	12,17	9211,70	145,16	3684,07	7,82	2,74	-1,92
314	143,06	2241,50	4,40	20,13	7529,74	322,92	3927,02	17,05	5,97	17,38
315	161,05	2523,42	4,40	22,66	8476,77	363,53	4574,73	16,87	6,42	21,77
316	179,06	2805,56	4,40	25,20	9424,55	404,18	5255,86	16,70	6,82	26,13
317	197,11	3088,35	4,40	27,74	10374,54	444,92	5978,59	16,53	7,17	30,49
318	215,18	3371,59	4,40	30,28	11326,00	485,73	6738,82	16,36	7,50	34,87
319	141,87	1915,26	3,76	16,22	7645,13	270,33	4205,25	14,57	5,11	12,33
320	145,18	1640,94	3,22	14,04	8023,66	234,08	4148,52	12,48	4,37	7,93
321	148,46	1381,18	2,71	11,75	8381,01	195,84	4100,06	10,50	3,68	3,87
322	151,73	1130,58	2,22	10,67	8717,99	160,12	4058,75	8,60	3,01	0,04
323	154,99	891,93	1,75	8,63	9038,61	122,67	4024,19	6,78	2,38	-3,46
324	158,25	657,58	1,29	6,96	9340,42	92,78	3996,06	5,00	1,75	-6,69
325	140,76	1542,90	3,03	12,38	7773,44	214,57	4521,31	11,73	4,11	6,69
326	144,01	1257,32	2,47	10,55	8156,91	177,31	4471,92	9,56	3,35	2,29
327	147,24	988,62	1,94	8,63	8516,87	138,12	4430,67	7,52	2,64	-1,68
328	150,45	729,60	1,43	5,73	8857,54	101,44	4397,18	5,55	1,94	-5,28
329	153,65	479,29	0,94	3,60	9179,20	67,56	4370,13	3,65	1,28	-8,38

EK 2.2. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
330	156,86	237,07	0,47	2,30	9487,26	32,19	4349,01	1,80	0,63	-10,68
331	140,76	1542,90	3,03	12,38	7773,44	214,57	4521,31	11,73	4,11	6,69
332	158,46	1736,96	3,03	13,94	8751,13	241,56	5243,77	11,61	4,42	9,55
333	176,18	1931,16	3,03	15,49	9729,57	268,57	5999,70	11,50	4,69	12,37
334	193,94	2125,82	3,03	17,06	10710,31	295,64	6797,41	11,38	4,94	15,18
335	211,73	2320,78	3,03	18,62	11692,57	322,75	7632,74	11,26	5,16	18,03
336	152,28	3795,49	7,45	53,57	6992,90	589,26	2557,32	28,87	10,12	37,84
337	149,21	3572,87	7,01	45,49	7087,60	542,37	2747,92	27,17	9,52	37,71
338	145,85	3217,08	6,31	37,20	7226,33	478,86	3048,96	24,47	8,57	32,00
339	160,54	1774,43	3,48	22,59	8989,75	258,84	3010,74	13,50	4,73	7,04
340	157,18	1980,80	3,89	24,42	8699,20	285,68	3059,42	15,06	5,28	10,66
341	153,82	2193,60	4,30	25,25	8389,02	320,16	3114,44	16,68	5,85	14,57
342	150,46	2416,78	4,74	26,91	8062,51	352,87	3176,04	18,38	6,44	18,40
343	147,10	2646,88	5,19	29,32	7717,80	388,09	3245,40	20,13	7,06	22,36
344	216,14	4354,19	5,68	45,62	11055,47	633,62	5830,50	21,13	10,06	43,43
345	197,98	3988,41	5,68	41,79	10126,73	580,39	5146,58	21,35	9,68	40,09
346	179,86	3623,19	5,68	37,96	9199,43	527,25	4500,03	21,57	9,26	38,89
347	161,77	3258,83	5,68	34,14	8274,30	474,22	3894,92	21,79	8,80	32,97
348	143,70	2894,75	5,68	30,33	7349,88	421,24	3323,15	22,02	8,29	26,85
349	143,03	2776,59	5,45	28,93	7393,56	402,53	3421,71	21,12	7,72	24,96
350	142,40	2650,85	5,20	26,30	7437,44	384,04	3528,95	20,16	7,40	22,97
351	141,77	2522,80	4,95	23,27	7486,37	361,58	3637,87	19,19	7,07	20,94
352	141,18	2380,27	4,67	22,35	7536,83	339,37	3757,85	18,10	6,72	18,69

EK 2.2. (Devam ediyor)

Tasarım No:	$\dot{m}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	$\dot{E}_{xd,pom.}$	$\dot{E}_{xd,kon.}$	$\dot{E}_{xd,tür.}$	$\dot{E}_{xd,evap.}$	Net ε (%)	Brüt ε (%)	NBD (Milyon ABD\$)
353	140,60	2230,15	4,38	19,78	7589,86	317,36	3884,53	16,96	5,94	16,34
354	143,85	1965,12	3,86	18,98	7966,94	278,32	3821,06	14,95	5,24	11,97
355	147,07	1715,04	3,37	16,81	8319,68	241,44	3765,71	13,04	4,57	7,87
356	150,28	1474,12	2,89	15,42	8652,10	207,05	3717,95	11,21	3,93	3,95
357	153,47	1245,10	2,44	13,05	8963,69	175,46	3676,94	9,47	3,32	0,28
358	156,67	1020,45	2,00	11,94	9265,52	142,38	3641,38	7,76	2,72	-3,26
359	140,60	2230,15	4,38	19,78	7589,86	317,36	3884,53	16,96	5,94	16,34
360	158,28	2510,64	4,38	22,27	8544,46	357,28	4526,90	16,79	6,38	21,00
361	175,98	2791,36	4,38	24,76	9499,80	397,23	5202,68	16,62	6,78	25,46
362	193,72	3072,72	4,38	27,26	10457,38	437,27	5920,04	16,45	7,14	29,89
363	211,48	3354,53	4,38	29,76	11416,44	477,37	6674,91	16,28	7,46	34,31
364	140,04	2072,67	4,07	18,47	7647,71	291,47	4016,63	15,76	5,52	13,89
365	139,49	1904,20	3,74	15,95	7703,52	269,88	4159,03	14,48	5,08	11,29
366	142,68	1630,74	3,20	13,80	8084,79	230,05	4102,22	12,40	4,35	6,89
367	145,85	1372,86	2,69	11,54	8439,75	192,40	4053,57	10,44	3,66	2,79
368	149,00	1122,82	2,20	10,48	8775,83	157,25	4012,00	8,54	2,99	-1,09
369	152,14	884,54	1,74	8,47	9091,30	124,88	3977,09	6,73	2,36	-4,67
370	155,29	651,81	1,28	6,83	9395,80	91,05	3948,51	4,96	1,74	-7,98
371	139,49	1904,20	3,74	15,95	7703,52	269,88	4159,03	14,48	5,08	11,29
372	157,03	2143,70	3,74	17,95	8672,41	303,82	4835,93	14,33	5,45	15,24
373	174,59	2383,38	3,74	19,96	9642,06	337,79	5546,26	14,19	5,79	18,98
374	192,19	2623,62	3,74	21,97	10613,98	371,84	6298,26	14,04	6,09	22,68
375	209,81	2864,24	3,74	23,99	11587,40	405,94	7087,81	13,90	6,37	26,39
376	138,96	1727,86	3,39	13,44	7769,12	240,34	4307,70	13,14	4,61	8,61
377	138,44	1534,98	3,01	12,18	7836,87	211,04	4469,80	11,67	4,09	5,71

EK 2.2. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>$\dot{E}_{xd,pom.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,kon.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,tür.}$</i>	<i>$\dot{E}_{xd,evap.}$</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
378	141,59	1250,45	2,45	10,38	8219,02	174,33	4420,07	9,51	3,33	1,30
379	144,71	982,57	1,93	8,48	8577,93	135,75	4378,39	7,47	2,62	-2,71
380	147,81	724,24	1,42	5,63	8917,77	99,66	4344,38	5,51	1,93	-6,37
381	150,90	477,05	0,94	3,54	9236,24	66,35	4316,70	3,63	1,27	-9,51
382	153,99	234,03	0,46	2,26	9545,17	31,60	4294,87	1,78	0,62	-11,92
383	138,44	1534,98	3,01	12,18	7836,87	211,04	4469,80	11,67	4,09	5,71
384	155,86	1728,04	3,01	13,71	8822,54	237,58	5185,79	11,55	4,39	8,84
385	173,28	1921,25	3,01	15,24	9808,97	264,15	5935,23	11,44	4,67	11,77
386	190,75	2114,91	3,01	16,78	10797,71	290,77	6726,44	11,32	4,91	14,66
387	208,24	2308,87	3,01	18,31	11787,98	317,44	7555,26	11,20	5,13	17,55

EK 3. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevriminin Tasarım Parametreleri

EK 3.1. Amonyak (% 95)-Su(% 5) kullanılan jeotermal enerji kaynaklı Kalina çevrimine ait tasarım parametreleri.

Tasarım No:	$T_1(K)$	$\frac{P_1 - P_2 - P_3}{P_9 - P_{10}}$ (kPa)	$\frac{P_4 - P_6}{P_7 - P_8}$ (kPa)	$T_{11}(K)$	$P_{11}(kPa)$	$T_{12}(K)$	$P_{12}(kPa)$	$T_{13}(K)$	$P_{13}(kPa)$	$T_{14}(K)$	$P_{14}(kPa)$
1	392,15	2500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
2	392,15	2750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
3	392,15	3000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
4	392,15	3250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
5	392,15	3500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
6	392,15	3750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
7	392,15	4000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
8	392,15	4250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
9	392,15	4500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
10	392,15	4500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
11	392,15	4500	1100	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
12	392,15	4500	1100	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
13	392,15	4500	1100	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
14	392,15	4500	1100	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
15	392,15	4500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
16	392,15	4500	1200	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
17	392,15	4500	1300	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
18	392,15	4500	1400	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
19	392,15	4500	1500	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
20	392,15	4750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
21	392,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
22	392,15	5250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
23	392,15	5500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325

EK 3.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	$T_1(K)$	$\frac{P_1 - P_2 - P_3}{P_9 - P_{10}}$ (kPa)	$\frac{P_4 - P_6}{P_7 - P_8}$ (kPa)	$T_{11}(K)$	P_{11} (kPa)	$T_{12}(K)$	P_{12} (kPa)	$T_{13}(K)$	P_{13} (kPa)	$T_{14}(K)$	P_{14} (kPa)
24	392,15	5750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
25	392,15	6000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
26	392,15	6250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
27	392,15	6500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
28	392,15	6750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
29	392,15	7000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
30	392,15	7250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
31	392,15	7500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
32	395,15	2750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
33	395,15	3000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
34	395,15	3500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
35	395,15	3750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
36	395,15	4000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
37	395,15	4250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
38	395,15	4500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
39	395,15	4750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
40	395,15	4750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
41	395,15	4750	1100	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
42	395,15	4750	1100	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
43	395,15	4750	1100	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
44	395,15	4750	1100	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
45	395,15	4750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
46	395,15	4750	1200	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
47	395,15	4750	1300	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
48	395,15	4750	1400	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325

EK 3.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	$T_1(K)$	$\frac{P_1 - P_2 - P_3}{P_9 - P_{10}}$ (kPa)	$\frac{P_4 - P_6}{P_7 - P_8}$ (kPa)	$T_{11}(K)$	P_{11} (kPa)	$T_{12}(K)$	P_{12} (kPa)	$T_{13}(K)$	P_{13} (kPa)	$T_{14}(K)$	P_{14} (kPa)
49	395,15	4750	1500	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
50	395,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
51	395,15	5250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
52	395,15	5500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
53	395,15	5750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
54	395,15	6000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
55	395,15	6250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
56	395,15	6500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
57	395,15	6750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
58	395,15	7000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
59	395,15	7250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
60	395,15	7500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
61	398,15	3250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
62	398,15	3500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
63	398,15	3750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
64	398,15	4000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
65	398,15	4250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
66	398,15	4500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
67	398,15	4750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
68	398,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
69	398,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
70	398,15	5000	1100	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
71	398,15	5000	1100	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
72	398,15	5000	1100	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
73	398,15	5000	1100	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325

EK 3.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	$T_1(K)$	$\frac{P_1 - P_2 - P_3}{P_9 - P_{10}}$ (kPa)	$\frac{P_4 - P_6}{P_7 - P_8}$ (kPa)	$T_{11}(K)$	P_{11} (kPa)	$T_{12}(K)$	P_{12} (kPa)	$T_{13}(K)$	P_{13} (kPa)	$T_{14}(K)$	P_{14} (kPa)
74	398,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
75	398,15	5000	1200	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
76	398,15	5000	1300	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
77	398,15	5000	1400	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
78	398,15	5000	1500	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
79	398,15	5250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
80	398,15	5500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
81	398,15	5750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
82	398,15	6000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
83	398,15	6250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
84	398,15	6500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
85	398,15	6750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
86	398,15	7000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
87	398,15	7250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
88	398,15	7500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
89	401,15	3500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
90	401,15	3750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
91	401,15	4000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
92	401,15	4250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
93	401,15	4500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
94	401,15	4750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
95	401,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
96	401,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
97	401,15	5000	1100	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
98	401,15	5000	1100	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325

EK 3.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	$T_1(K)$	$\frac{P_1 - P_2 - P_3}{P_9 - P_{10}}$ (kPa)	$\frac{P_4 - P_6}{P_7 - P_8}$ (kPa)	$T_{11}(K)$	P_{11} (kPa)	$T_{12}(K)$	P_{12} (kPa)	$T_{13}(K)$	P_{13} (kPa)	$T_{14}(K)$	P_{14} (kPa)
99	401,15	5000	1100	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
100	401,15	5000	1100	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
101	401,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
102	401,15	5000	1200	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
103	401,15	5000	1300	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
104	401,15	5000	1400	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
105	401,15	5000	1500	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
106	401,15	5250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
107	401,15	5500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
108	401,15	5750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
109	401,15	6000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
110	401,15	6250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
111	401,15	6500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
112	401,15	6750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
113	401,15	7000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
114	401,15	7250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
115	401,15	7500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
116	404,15	3750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
117	404,15	4000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
118	404,15	4250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
119	404,15	4500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
120	404,15	4750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
121	404,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
122	404,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
123	404,15	5000	1100	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325

EK 3.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	$T_1(K)$	$\frac{P_1 - P_2 - P_3}{P_9 - P_{10}}$ (kPa)	$\frac{P_4 - P_6}{P_7 - P_8}$ (kPa)	$T_{11}(K)$	$P_{11} (kPa)$	$T_{12}(K)$	$P_{12} (kPa)$	$T_{13}(K)$	$P_{13} (kPa)$	$T_{14}(K)$	$P_{14} (kPa)$
124	404,15	5000	1100	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
125	404,15	5000	1100	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
126	404,15	5000	1100	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
127	404,15	5000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
128	404,15	5000	1200	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
129	404,15	5000	1300	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
130	404,15	5000	1400	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
131	404,15	5000	1500	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
132	404,15	5250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
133	404,15	5500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
134	404,15	5750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
135	404,15	6000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
136	404,15	6250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
137	404,15	6500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
138	404,15	6750	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
139	404,15	7000	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
140	404,15	7250	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
141	404,15	7500	1100	407,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
142	404,15	7500	1100	410,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
143	404,15	7500	1100	413,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
144	404,15	7500	1100	416,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325
145	404,15	7500	1100	419,15	500	383,15	500	283,15	101,33	288,15	101,325

EK 4. Jeotermal Enerji Kaynaklı Kalina Çevriminin Enerji, Ekserji Verimi ve NBD Sonuçları.

EK 4.1. Amonyak (% 95) - Su (% 5) kullanılan Kalina çevriminin enerji, ekserji verimi ve NBD sonuçları.

<i>Tasarım No:</i>	$\dot{m}_{1,7,8,9,10}$ (kg/s)	$\dot{m}_{2,4}$ (kg/s)	$\dot{m}_{3,5,6}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	<i>Net</i> ε (%)	<i>Brüt</i> ε (%)	<i>NBD</i> (Milyon ABD\$)
1	30,29	30,26	0,03	3345,29	6,56	25,35	8,92	26,15
2	31,00	30,60	0,40	3707,27	7,27	28,09	9,88	32,22
3	31,66	30,93	0,73	4024,76	7,89	30,49	10,73	34,23
4	32,30	31,25	1,05	4308,72	8,45	32,65	11,48	35,97
5	32,91	31,55	1,36	4558,32	8,94	34,54	12,15	38,61
6	33,52	31,85	1,67	4781,12	9,37	36,23	12,74	41,32
7	34,13	32,15	1,98	4975,89	9,76	37,70	13,26	43,84
8	34,75	32,45	2,30	5154,57	10,11	39,05	13,74	46,24
9	35,39	32,74	2,65	5310,18	10,41	40,23	14,15	48,35
10	35,39	32,74	2,65	5310,18	10,41	40,23	14,15	47,09
11	39,81	36,83	2,98	5973,14	10,40	39,81	15,19	56,19
12	44,22	40,92	3,31	6635,62	10,40	39,39	16,12	65,67
13	48,64	45,01	3,64	7298,64	10,39	38,96	16,95	74,93
14	53,06	49,09	3,97	7961,70	10,38	38,54	17,70	79,66
15	35,39	32,74	2,65	5310,18	10,41	40,23	14,15	47,09
16	35,78	33,10	2,68	5055,11	9,91	38,30	13,47	43,57
17	36,15	33,45	2,70	4815,66	9,44	36,49	12,84	40,32
18	36,52	33,78	2,73	4587,92	9,00	34,76	12,23	37,35
19	36,87	34,11	2,76	4369,61	8,57	33,11	11,65	34,72
20	36,07	33,04	3,02	5450,23	10,69	41,29	14,53	50,27
21	36,78	33,34	3,44	5574,77	10,93	42,24	14,86	51,98
22	37,57	33,65	3,92	5686,62	11,15	43,09	15,16	53,45
23	38,43	33,96	4,48	5784,05	11,34	43,82	15,42	54,74

EK 4.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}_{1,7,8,9,10}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{m}_{2,4}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{m}_{3,5,6}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
24	39,41	34,27	5,15	5869,69	11,51	44,47	15,65	55,86
25	40,54	34,57	5,97	5937,98	11,64	44,99	15,83	56,69
26	41,89	34,87	7,02	5997,20	11,76	45,44	15,99	57,35
27	43,54	35,16	8,39	6031,88	11,83	45,70	16,08	57,58
28	45,68	35,42	10,27	6048,80	11,86	45,83	16,12	57,45
29	48,57	35,60	12,97	6025,42	11,81	45,65	16,06	56,56
30	52,83	35,65	17,19	5941,53	11,65	45,02	15,84	54,41
31	59,84	35,36	24,49	5747,16	11,27	43,54	15,32	50,14
32	30,29	30,26	0,02	3708,69	7,27	28,10	9,89	31,69
33	30,96	30,60	0,36	4029,63	7,90	30,53	10,74	33,92
34	32,20	31,22	0,98	4570,43	8,96	34,63	12,18	38,43
35	32,80	31,52	1,28	4800,65	9,41	36,37	12,80	41,25
36	33,39	31,82	1,57	5003,03	9,81	37,91	13,34	43,89
37	33,98	32,12	1,87	5183,78	10,16	39,28	13,82	46,33
38	34,59	32,41	2,18	5347,32	10,48	40,52	14,25	48,57
39	35,22	32,71	2,51	5492,76	10,77	41,62	14,64	50,58
40	35,22	32,71	2,51	5492,76	10,77	41,62	14,64	49,32
41	39,61	36,79	2,82	6178,76	10,76	41,18	15,71	58,99
42	44,01	40,87	3,14	6864,31	10,75	40,74	16,67	68,96
43	48,41	44,96	3,45	7550,50	10,75	40,30	17,54	78,75
44	52,81	49,05	3,76	8236,77	10,74	39,87	18,31	82,03
45	35,22	32,71	2,51	5492,76	10,77	41,62	14,64	49,32
46	35,60	33,07	2,54	5240,33	10,28	39,70	13,97	45,74
47	35,97	33,41	2,56	5005,48	9,81	37,93	13,34	42,43
48	36,33	33,74	2,59	4779,86	9,37	36,22	12,74	39,31

EK 4.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	$\dot{m}_{1,7,8,9,10}$ (kg/s)	$\dot{m}_{2,4}$ (kg/s)	$\dot{m}_{3,5,6}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	<i>Net</i> ε (%)	<i>Brüt</i> ε (%)	<i>NBD</i> (Milyon ABD\$)
49	36,68	34,07	2,61	4563,60	8,95	34,58	12,16	36,46
50	35,87	33,01	2,87	5623,47	11,03	42,61	14,99	52,39
51	36,57	33,31	3,26	5741,84	11,26	43,50	15,30	54,02
52	37,33	33,62	3,71	5840,97	11,45	44,26	15,57	55,30
53	38,16	33,92	4,23	5934,28	11,64	44,96	15,82	56,54
54	39,09	34,24	4,85	6010,63	11,79	45,54	16,02	57,52
55	40,16	34,55	5,60	6080,25	11,92	46,07	16,21	58,37
56	41,40	34,87	6,53	6132,31	12,02	46,46	16,35	58,92
57	42,91	35,18	7,73	6171,00	12,10	46,76	16,45	59,21
58	44,79	35,47	9,32	6191,13	12,14	46,91	16,50	59,15
59	47,26	35,72	11,53	6183,03	12,12	46,85	16,48	58,52
60	50,69	35,89	14,80	6128,72	12,02	46,44	16,34	56,90
61	30,88	30,57	0,30	4320,07	8,47	32,73	11,51	35,27
62	31,48	30,88	0,60	4582,93	8,99	34,72	12,22	38,10
63	32,08	31,18	0,89	4814,80	9,44	36,48	12,83	40,96
64	32,65	31,48	1,17	5024,48	9,85	38,07	13,39	43,71
65	33,23	31,78	1,45	5212,52	10,22	39,49	13,89	46,26
66	33,81	32,07	1,74	5378,20	10,55	40,75	14,34	48,55
67	34,40	32,36	2,04	5531,90	10,85	41,91	14,74	50,68
68	35,01	32,66	2,35	5665,45	11,11	42,93	15,10	52,54
69	35,01	32,66	2,35	5665,45	11,11	42,93	15,10	51,30
70	39,38	36,74	2,64	6373,31	11,10	42,47	16,21	61,50
71	43,76	40,82	2,94	7080,78	11,09	42,03	17,20	72,02
72	48,13	44,90	3,23	7788,97	11,09	41,58	18,09	78,88
73	52,51	48,98	3,52	8497,31	11,08	41,13	18,89	84,29

EK 4.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	$\dot{m}_{1,7,8,9,10}$ (kg/s)	$\dot{m}_{2,4}$ (kg/s)	$\dot{m}_{3,5,6}$ (kg/s)	$\dot{W}_{net}$ (kW)	η_{th} (%)	<i>Net</i> ε (%)	<i>Brüt</i> ε (%)	<i>NBD</i> (Milyon ABD\$)
74	35,01	32,66	2,35	5665,45	11,11	42,93	15,10	51,30
75	35,39	33,02	2,38	5417,64	10,62	41,05	14,44	47,69
76	35,76	33,36	2,40	5182,10	10,16	39,26	13,81	44,27
77	36,12	33,69	2,42	4961,41	9,73	37,59	13,22	41,09
78	36,46	34,02	2,45	4749,62	9,31	35,99	12,66	37,46
79	35,65	32,96	2,69	5783,47	11,34	43,82	15,42	54,17
80	36,33	33,26	3,06	5895,01	11,56	44,66	15,71	55,65
81	37,05	33,57	3,49	5989,89	11,74	45,38	15,97	56,92
82	37,85	33,88	3,97	6077,16	11,92	46,04	16,20	58,07
83	38,73	34,20	4,53	6153,16	12,07	46,62	16,40	59,04
84	39,73	34,52	5,21	6216,99	12,19	47,10	16,57	59,81
85	40,89	34,85	6,04	6267,06	12,29	47,48	16,70	60,32
86	42,25	35,17	7,08	6304,61	12,36	47,77	16,80	60,60
87	43,93	35,50	8,44	6325,69	12,40	47,93	16,86	51,81
88	46,04	35,79	10,25	6327,06	12,41	47,94	16,86	51,21
89	30,76	30,53	0,22	4585,27	8,99	34,74	12,22	36,79
90	31,34	30,84	0,51	4823,56	9,46	36,55	12,86	39,68
91	31,92	31,14	0,78	5037,75	9,88	38,17	13,43	42,44
92	32,48	31,43	1,05	5230,20	10,26	39,63	13,94	45,01
93	33,04	31,72	1,32	5403,56	10,60	40,94	14,40	47,37
94	33,60	32,01	1,59	5562,05	10,91	42,14	14,83	49,55
95	34,17	32,30	1,87	5700,60	11,18	43,19	15,19	51,46
96	34,17	32,30	1,87	5700,60	11,18	43,19	15,19	50,41
97	38,45	36,34	2,11	6413,74	11,17	42,74	16,31	61,05
98	42,72	40,38	2,34	7126,68	11,17	42,30	17,31	71,79

EK 4.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}_{1,7,8,9,10}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{m}_{2,4}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{m}_{3,5,6}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
99	47,00	44,43	2,57	7840,54	11,16	41,85	18,21	78,28
100	51,28	48,48	2,81	8554,75	11,15	41,41	19,02	84,78
101	34,17	32,30	1,87	5700,60	11,18	43,19	15,19	50,41
102	34,54	32,65	1,89	5450,19	10,69	41,29	14,53	46,58
103	34,90	32,99	1,91	5211,83	10,22	39,49	13,89	42,97
104	35,24	33,31	1,93	4988,09	9,78	37,79	13,30	39,64
105	35,57	33,63	1,95	4773,08	9,36	36,16	12,72	36,52
106	34,77	32,60	2,17	5827,17	11,43	44,15	15,53	53,19
107	35,39	32,90	2,49	5941,68	11,65	45,02	15,84	54,69
108	36,04	33,20	2,84	6042,57	11,85	45,78	16,11	56,03
109	36,74	33,51	3,24	6133,63	12,03	46,47	16,35	57,22
110	37,50	33,82	3,68	6211,86	12,18	47,07	16,56	58,20
111	38,34	34,14	4,20	6284,09	12,32	47,61	16,75	59,08
112	39,28	34,48	4,81	6353,39	12,46	48,14	16,93	59,90
113	40,35	34,81	5,54	6399,49	12,55	48,49	17,06	60,31
114	41,59	35,14	6,45	6436,11	12,62	48,76	17,16	60,53
115	43,08	35,48	7,60	6456,55	12,66	48,92	17,21	60,44
116	30,61	30,49	0,12	4830,50	9,47	36,60	12,88	37,71
117	31,17	30,78	0,39	5048,17	9,90	38,25	13,46	40,58
118	31,72	31,08	0,65	5245,34	10,28	39,74	13,98	43,26
119	32,27	31,36	0,90	5425,53	10,64	41,11	14,46	45,75
120	32,81	31,65	1,16	5589,04	10,96	42,35	14,90	48,03
121	33,36	31,94	1,42	5732,75	11,24	43,44	15,28	50,03
122	33,36	31,94	1,42	5732,75	11,24	43,44	15,28	49,13
123	37,54	35,94	1,60	6450,73	11,24	42,99	16,40	60,62

EK 4.1. (Devam ediyor)

<i>Tasarım No:</i>	<i>$\dot{m}_{1,7,8,9,10}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{m}_{2,4}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{m}_{3,5,6}$ (kg/s)</i>	<i>$\dot{W}_{net}$ (kW)</i>	<i>η_{th} (%)</i>	<i>Net ε (%)</i>	<i>Brüt ε (%)</i>	<i>NBD (Milyon ABD\$)</i>
124	41,72	39,94	1,77	7168,71	11,23	42,55	17,41	71,78
125	45,90	43,95	1,95	7887,79	11,23	42,10	18,32	78,22
126	50,09	47,96	2,13	8607,42	11,22	41,66	19,14	85,23
127	33,36	31,94	1,42	5732,75	11,24	43,44	15,28	50,03
128	33,72	32,28	1,43	5479,85	10,74	41,52	14,61	46,03
129	34,06	32,61	1,45	5238,79	10,27	39,69	13,96	42,26
130	34,39	32,93	1,46	5012,13	9,83	37,98	13,36	38,77
131	34,71	33,23	1,48	4796,85	9,41	36,34	12,79	35,53
132	33,92	32,23	1,69	5861,82	11,49	44,41	15,62	51,82
133	34,50	32,53	1,97	5984,51	11,73	45,34	15,95	53,52
134	35,10	32,83	2,27	6088,45	11,94	46,13	16,23	54,86
135	35,73	33,13	2,60	6185,34	12,13	46,86	16,49	56,15
136	36,40	33,44	2,96	6270,24	12,29	47,51	16,71	57,24
137	37,12	33,75	3,37	6346,57	12,44	48,09	16,92	58,20
138	37,92	34,08	3,84	6412,92	12,57	48,59	17,09	58,98
139	38,79	34,40	4,39	6472,57	12,69	49,04	17,25	59,64
140	39,79	34,75	5,04	6521,77	12,79	49,41	17,38	60,10
141	40,92	35,09	5,83	6559,49	12,86	49,70	17,48	60,33
142	45,98	39,44	6,55	7371,80	12,84	49,13	18,75	73,88
143	51,04	43,77	7,27	8182,05	12,82	48,56	19,88	86,94
144	56,09	48,10	7,99	8991,51	12,80	48,00	20,88	99,88
145	61,13	52,42	8,70	9799,54	12,78	47,43	21,79	112,33