

T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ULTRA SÜPER KRİTİK KAZANLI BİR TERMİK SANTRALDE FARKLI
SU/KÖMÜR DEBİ ORANLARININ ENERJİ VE EKSERJİ VERİMİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bircan KURT

HAZİRAN 2019

UŞAK

T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ULTRA SÜPER KRİTİK KAZANLI BİR TERMİK SANTRALDE FARKLI
SU/KÖMÜR DEBİ ORANLARININ ENERĐİ VE EKSERĐİ VERİMİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bircan KURT

UŞAK 2019

Bircan KURT tarafından hazırlanan “Ultra Süper Kritik Kazanlı Bir Termik Santralde Farklı Su/Kömür Debi Oranlarının Enerji ve Ekserji Verimine Etkisi” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Abdullah YILDIZ.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Abdullah YILDIZ

Makine Mühendisliği, Uşak Üniversitesi

Doç. Dr. Canan KANDİLLİ

Makine Mühendisliği, Uşak Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Gökhan GÜRLEK

Makine Mühendisliği, Ege Üniversitesi

Tarih:

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Bircan KURT



ULTRA SÜPER KRİTİK KAZANLI BİR TERMİK SANTRALDE FARKLI SU/KÖMÜR DEBİ ORANLARININ ENERJİ VE EKSERJİ VERİMİNE ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Bircan KURT

UŞAK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Bu tez kapsamında, Çanakkale ilinde işletmede olan bir ultra süper kritik termik santralin termodinamik analizi yapılmıştır. Sistemde bulunan kazan, türbin, kondenser, kondenser pompasının, deaeratrörün, düşük ve yüksek basınçlı ısıtıcıların, kazan besleme suyu pompalarının kazan besleme suyu türbinlerinin ve diğer ekipmanların enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Çalışmada entalpi ve entropi değerleri REFPROP 9.0 programı kullanılarak bulunmuştur. Bu analizde ölü hal şartları için sıcaklık değeri 25 °C ve basınç değeri 1 bar olarak kabul edilmiştir. 5 farklı su/kömür debi oranlarının (8,8, 8,9, 9, 9,01 ve 9,1) santralin birinci ve ikinci yasa verime etkisi araştırılarak, sistem ve verimi için en uygun su/kömür debi oranı belirlenmiştir.

Santralden alınan değişken su/kömür debi oranı verileri ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda en çok enerji kaybı denize atılan yoğuşturucuda meydana gelirken, en çok ekserji yıkımı kazanda meydana gelmiştir.

Analizi yapılan santralde değişken su/kömür debi oranlarında santralin birinci ve ikinci yasa verimleri incelenmeleri sonucunda işletme şartlarına uygun su/kömür debi oranı 9,0 olduğu tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 625.04.03

Anahtar Kelimeler : Enerji analizi, ekserji analizi, termodinamiğin birinci yasa verimi, termodinamiğin ikinci yasa verimi, su ve kömür debi oranı, termik santral

Sayfa Adedi : 170

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Abdullah YILDIZ

**THE EFFECT OF WATER AND COAL MASS FLOW RATIOS ON ENERGY
AND EXERGY EFFICIENCIES IN AN ULTRA SUPER CRITICAL THERMAL
POWER PLANT**

(M.Sc. Thesis)

Bircan KURT

UNIVERSITY OF UŞAK

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

In this thesis, thermodynamic analysis of an ultra-supercritical thermal power plant in Çanakkale is carried out. Energy and exergy analyzes of boiler, turbine, condenser, condenser pump, deaerator, low and high pressure heaters, boiler feed water pumps, boiler feed water turbines and other equipments found in the system were performed. In this study, enthalpy and entropy values were found by using refprop program. In this analysis, the temperature value was assumed to be 25 °C and the pressure value was 1 bar for the dead conditions. The effect of variable water and coal flow rates on the efficiency of the first and second laws of the plant was investigated and the most suitable water coal flow rate for the system and its efficiency was determined.

As a result of the calculations made with the variable water coal flow rate data obtained from the plant, it was found that the most energy loss occurred in the heat condenser we threw into the sea and the most exergy destruction occurred in the boiler.

As a result of the analysis of the first and second law efficiency of the plant in variable water coal flow rates, it was found that the water coal flow rate in accordance with the operating conditions was 9.0.

Science Code : 625.04.03

Keywords :Energy analysis, exergy analysis, the first law yield of thermodynamics, the second law yield of thermodynamics, water and coal flow rate, thermal power plant

Page Number :170

Supervisor : Doç. Dr. Abdullah YILDIZ

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla desteğini esirgemeyen ve beni yönlendiren Danıőman Hocam Doç. Dr. ABDULLAH YILDIZ'a teőekkürü bir borç bilirim.

Manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme, ve tez çalıőmamı hazırlarken bana yardımcı olan eőim Merve KURT'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3. TERMİK SANTRALİN ÖZELLİKLERİ	15
3.1. Buhar Santralleri	15
3.1.1. İncelenen Ultra Süper Kritik Buhar Santralinin Özellikleri	17
4. TERMODİNAMİK ANALİZ	22
4.1. Enerji Analizi	22
4.2. Ekserji Analizi	23
4.2.1. Kinetik Ekserji.....	25
4.2.2. Potansiyel Ekserji	25
4.2.3. Fiziksel Ekserji	26
4.2.4. Kimyasal Ekserji	26
4.2.5. Entropi Üretimi.....	28
4.2.6. Termal Ekserji	28
4.3. Termik Santrale Enerji ve Ekserji Analizi Uygulama Yöntemleri	28
4.3.1. Kömürün Termodinamik Analizi	29
4.3.2. Kazanın Termodinamik Analizi	30
4.3.3. Türbin Grubunun Termodinamik Analizi.....	31
4.3.4. Yoğuşturucu Grubunun Termodinamik Analizi.....	39
4.3.5. Yoğuşturucu Pompasının Termodinamik Analizi	41
4.3.6. 7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısı Boşaltma Pompasının Termodinamik Analizi	43

4.3.7.	Sızdırmazlık Buharı Yoğuşturucusunun Termodinamik Analizi	44
4.3.8.	9 Numaralı alçak basınç ısıtıcısının termodinamik analizi.....	45
4.3.9.	8 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi	46
4.3.10.	7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi	47
4.3.11.	6 Numaralı alçak basınç ısıtıcısının termodinamik analizi.....	48
4.3.12.	5 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi	49
4.3.13.	3 Numaralı yüksek basınç ısıtıcısının termodinamik analizi.....	50
4.3.14.	2 Numaralı yüksek basınç ısıtıcısının termodinamik analizi.....	51
4.3.15.	1 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi.....	52
4.3.16.	Ön Buhar Soğutucusunun Termodinamik Analizi	53
4.3.17.	Deaeratrörün Termodinamik Analizi.....	54
4.3.18.	Kazan Besleme Suyu Pompa ve Türbin Grubunun Termodinamik Analizi .	55
4.4.	Su/Kömür Debi Oranının Hesaplanması	60
5.	ÖRNEK HESAPLAMALAR.....	61
5.1.	Kömürün Enerji ve Ekserji Analizi	64
5.2.	Kazanın Enerji ve Ekserji Analizi	65
5.3.	Türbin Grubunun Enerji ve Ekserji Analizi.....	67
5.3.1.	Yüksek Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi	67
5.3.2.	Orta Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi	68
5.3.3.	1 Numaralı Alçak Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi.....	70
5.3.4.	2 Numaralı Alçak Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi.....	71
5.4.	Yoğuşturucu Grubunun Enerji ve Ekserji Analizi	73
5.4.1.	1 Numaralı Yoğuşturucunun Enerji ve Ekserji Analizi	73
5.4.2.	2 Numaralı Yoğuşturucunun Enerji ve Ekserji Analizi	74
5.5.	Yoğuşturucu Pompasının Enerji ve Ekserji Analizi	75
5.6.	7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısı Boşaltma Pompasının Enerji ve Ekserji Analizi.	76
5.7.	Sızdırmazlık Buharı Yoğuşturucusunun Enerji ve Ekserji Analizi	76
5.8.	9 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi	77
5.9.	8 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi	78
5.10.	7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi	79
5.11.	6 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi	80
5.12.	5 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi	81

5.13. 3 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi.....	82
5.14. 2 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi.....	83
5.15. 1 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi.....	84
5.16. Ön Buhar Soğutucusunun Enerji ve Ekserji Analizi.....	85
5.17. Deaeratrörün Enerji ve Ekserji Analizi	86
5.18. Kazan Besleme Suyu Pompa ve Türbin Grubunun Enerji ve Ekserji Analizi.....	87
5.18.1. Kazan Besleme Suyu A Pompasının ve Türbininin Enerji ve Ekserji Analizi	87
5.18.2. Kazan Besleme Suyu B Pompasının ve Türbininin Enerji ve Ekserji Analizi.	89
5.19. Su/Kömür Debi Oranının Hesaplanması	92
6. SONUÇLAR	93
7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	144
KAYNAKLAR.....	149
EKLER	152
EK-1. Santral düğüm noktalarının kütle, sıcaklık ve basınç özellikleri	153
EK-2. Santral düğüm noktalarının termodinamik özellikleri	160
EK-3. Santral düğüm noktalarının enerji ve ekserji hızları özellikleri.....	165
ÖZGEÇMİŞ.....	170

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Termik santrallerde termodinamik analizler ile ilgili yapılan çalışmalar.....	12
Çizelge 3.1. Ultra süper kritik kazanın özellikleri.....	18
Çizelge 3.2. Türbin setinin özellikleri	19
Çizelge 3.3. Yoğuşturucunun özellikleri	19
Çizelge 3.4. Yoğuşturucu pompasının özellikleri	19
Çizelge 3.5. 5 numaralı, 6 numaralı ve 7 numaralı alçak basınç ısıtıcıların özellikleri	20
Çizelge 3.6. 1 numaralı, 2 numaralı ve 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcıların özellikleri....	20
Çizelge 3.7. Deaeratörün ve ön buhar soğutucusunun özellikleri	20
Çizelge 4.1. Enerji ve ekserji kavramlarının karşılaştırılması [29]	25
Çizelge 4.2. Kullanılan kömürün kütleli içeriği ve ısı değerleri	29
Çizelge 5.1. Örnek hesaplamalarda kullanılan 8,8 su/kömür debi oranı için noktasal özellikler ve termodinamik özellikler	61
Çizelge 6.1. Santraldeki ekipmanların enerji, ekserji ve izantropik verim tablosu	94

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Santralin akış şeması	21
Şekil 4.1. Ultra süper kritik kazanın akış şeması.....	30
Şekil 4.2. Yüksek basınçlı türbinin akış şeması	32
Şekil 4.3. Orta basınçlı türbinin akış şeması	33
Şekil 4.4. 1 numaralı alçak basınç türbinin akış şeması	35
Şekil 4.5. 2 numaralı alçak basınç türbinin akış şeması	37
Şekil 4.6. 1 numaralı yoğuşturucunun akış şeması.....	39
Şekil 4.7. 2 numaralı yoğuşturucunun akış şeması.....	40
Şekil 4.8. Yoğuşturucu pompasının akış şeması	42
Şekil 4.9. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının akış şeması	43
Şekil 4.10. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusunun akış şeması.....	44
Şekil 4.11. 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması	45
Şekil 4.12. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması	46
Şekil 4.13. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması	47
Şekil 4.14. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması	48
Şekil 4.15. 5 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması	49
Şekil 4.16. 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının akış şeması	50
Şekil 4.17. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının akış şeması	51
Şekil 4.18. 1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının akış şeması	52
Şekil 4.19. Ön buhar soğutucusunun akış şeması.....	53
Şekil 4.20. Deaeratörün akış şeması	54
Şekil 4.21. Kazan besleme suyu a pompasının ve türbininin akış şeması.....	55
Şekil 4.22. Kazan besleme suyu b pompasının ve türbininin akış şeması.....	58
Şekil 6.1. Kazandaki ısı kayıpları	96
Şekil 6.2. Kazanda üretilen ısı miktarı	96
Şekil 6.3. Kazandaki ekserji yıkımı.....	97
Şekil 6.4. Kazanın enerji verimi	98
Şekil 6.5. Kazanın ekserji verimi	98
Şekil 6.6. Yüksek basınç türbininde elde edilen güç	99
Şekil 6.7. Yüksek basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi.....	100
Şekil 6.8. Orta basınç türbininde elde edilen güç	101
Şekil 6.9. Orta basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi.....	102
Şekil 6.10. 1 numaralı alçak basınç türbininde elde edilen güç	103
Şekil 6.11. 1 numaralı alçak basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi	104
Şekil 6.12. 2 numaralı alçak basınç türbininde elde edilen güç	105
Şekil 6.13. 2 numaralı alçak basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi	106
Şekil 6.14. Türbinlerde elde edilen toplam güçler.....	107
Şekil 6.15. Türbinlerdeki ekserji yıkımları.....	108

Şekil 6.16. Yoğuşturuculardan denize atılan ısı miktarları	109
Şekil 6.17. Yoğuşturuculardaki ekserji yıkımı	110
Şekil 6.18. Yoğuşturucuların enerji ve ekserji verimleri.....	111
Şekil 6.19. Yoğuşturucu pompasında yapılan iş ve ekserji yıkım miktarı	112
Şekil 6.20. Yoğuşturucu pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi	113
Şekil 6.21. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusundan akışkana aktarılan ısı ve ekserji yıkım miktarı	114
Şekil 6.22. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu enerji ve ekserji verimi	115
Şekil 6.23. Alçak basınç ısıtıcılarından akışkana aktarılan enerji miktarı.....	116
Şekil 6.24. Alçak basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan enerji miktarı	117
Şekil 6.25. Alçak basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji miktarı	118
Şekil 6.26. Alçak basınç ısıtıcılarındaki ekserji yıkım miktarı.....	119
Şekil 6.27. Alçak basınç ısıtıcıların enerji verimi	120
Şekil 6.28. Alçak basınç ısıtıcıların ekserji verimi.....	121
Şekil 6.29. Yüksek basınç ısıtıcılarından akışkana aktarılan enerji miktarı.....	122
Şekil 6.30. Yüksek basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan enerji miktarı	123
Şekil 6.31. Yüksek basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji miktarı...	124
Şekil 6.32. Yüksek basınç ısıtıcılarındaki ekserji yıkım miktarı	125
Şekil 6.33. Yüksek basınç ısıtıcıların enerji verimi.....	126
Şekil 6.34. Yüksek basınç ısıtıcıların ekserji verimi	127
Şekil 6.35. Deaeratörde akışkanı ısıtmak için harcanan enerji ve ekserji miktarları.....	128
Şekil 6.36. Deaeratör ekserji yıkım miktarları	129
Şekil 6.37. Deaeratörün enerji ve ekserji verimi	129
Şekil 6.38. Ön buhar soğutucusunun verileri	130
Şekil 6.39. Ön buhar soğutucusunun enerji ve ekserji verimi	131
Şekil 6.40. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının verileri.....	132
Şekil 6.41. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi	133
Şekil 6.42. Kazan besleme suyu a türbininde elde edilen güç.....	134
Şekil 6.43. Kazan besleme suyu a pompasında yapılan iş.....	135
Şekil 6.44. Kazan besleme suyu a türbini ve a pompasındaki ekserji yıkımları	136
Şekil 6.45. Kazan besleme suyu a türbininin ve pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi	137
Şekil 6.46. Kazan besleme suyu b türbininde elde edilen güç	138
Şekil 6.47. Kazan besleme suyu b pompasında yapılan iş	139
Şekil 6.48. Kazan besleme suyu b türbini ve b pompasındaki ekserji yıkımları.....	140
Şekil 6.49. Kazan besleme suyu b türbininin ve pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi	141
Şekil 6.50. Santralin enerji verimi	142
Şekil 6.51. Santralin ekserji verimi	142

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklama

\dot{E}	Enerji oranı (kW)
\dot{E}_x	Ekserji oranı (kW)
\dot{Q}	Isı transfer oranı (kW)
\dot{W}	Çalışma oranı veya güç (kW)
\dot{m}	Kütle akış hızı(kg/s)
T	Sıcaklık (K veya °C)
H	Entalpi (kJ/kg)
H_u	Kömürün Alt Isıl Değeri (kJ/kg)
S	Entropi (kJ/kg)
Ψ	Ekserji (kJ/kg)
G	Yerçekimi İvmesi ($\frac{m}{s^2}$)
İ	Tersinmezlik (kW)
P	Basınç
Z	Yükseklik
H	Verim
ϵ°	Yakıt Ekserjisi (kW)
Φ	Yakıt Ekserjisinin Isıl Değere Oranı

Kısaltmalar

Açıklama

ABI	Alçak Basınç Isıtıcısı
ABT	Alçak Basınç Türbini
kW	Kilovat

MW	Megavat
NKD	Yakıtın Net Kalorifik Değeri
OBT	Orta Basınç Türbini
YBI	Yüksek Basınç Isıtıcısı
YBT	Yüksek Basınç Türbini
KBST	Kazan Besleme Suyu Türbini
KBSP	Kazan Besleme Suyu Pompası



1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknoloji ve endüstrileşmenin yaygınlaşmaya başladığı 20.yy başlarından itibaren enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Dünya nüfusundaki hızlı artışlar bireysel teknoloji kullanımının artması hem kişi başına elektrik tüketimini hem de toplam elektrik tüketimini hızla arttırmaktadır. Ayrıca enerjinin tasarruflu ve verimli kullanılmaması da mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmesine yol açmaktadır. Enerji kullanımındaki diğer bir sorun ise kullanılan enerji kaynaklarının çevreye duyarlı olarak kullanılmamasıdır. Bu nedenle günümüzde enerji, gerek insan hayatının gerekse ekonominin en temel ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir.

Ülkelerin enerji ihtiyacı; nüfus, sosyal ve ekonomik gelişme düzeyi, sanayileşme, kentleşme, teknolojik gelişmişlik gibi birçok sosyo-ekonomik faktöre bağlı olarak şekillenmektedir. Sosyo-ekonomik kalkınmanın en önemli girdilerinden biri olan elektrik enerjisinin zamanında, kaliteli ve yeterli miktarda, ekonomik şartlar ve çevre etkileri de dikkate alınarak temini büyük önem taşımaktadır.

Dünya üzerinde var olan mevcut enerji kaynaklarının daha yüksek verimlilik ile kullanılması son yıllarda önemini giderek arttırmıştır. Bunun nedeni dünya genelinde enerji üretiminin büyük oranda fosil kaynaklı olması ve fosil kaynakların rezervlerinin tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olmasıdır. Alternatif ve yenilenebilir kaynaklı enerji üretimi son yıllarda yaygınlaşmasına rağmen hem kurulum hem de ekonomik geri dönüş sağlama gibi kısa vade de dezavantajları olması sebebiyle fosil kaynakların önemi giderek artmaktadır.

Enerjinin verimsiz ve düzensiz kullanımının diğer bir sonucu da iklim değişikliğidir. Mevcut olan enerji kaynaklarının çevreye duyarlı olarak kullanılmamasının bir sonucu olarak gösterilebilir. İklim değişikliği, bu günlerde küresel anlamda en büyük problemlerden biri olarak görülmektedir. Gelişen nokta itibariyle iklim değişikliği; fiziksel ve tabii çevre, şehir hayatı, kalkınma ve ekonomi, teknoloji, tarım ve gıda, temiz su ve sağlık olmak üzere hayatımızın her safhasını etkilemekte ve ülkelerin bu konularda çözüm çabalarını arttırmalarını zorunlu kılmaktadır.

Enerji üretim işletmelerinde, ekipmanların enerji verimliliğinin geliştirilmesi ekonomik anlamda önemli olmuş ve bu tür araştırmalar günümüzde giderek atmaktadır. Enerjiyi daha verimli şekilde kullanmanın en önemli yolu sistemlerin ve ekipmanların enerji ve ekserji analizi yapmaktan geçmektedir. Ekserji, sistemlerin en yüksek verimde çalışabileceği sınırlar anlamına gelmektedir [1]. Enerji üretimi ve tüketimi daha çok fosil kaynaklı yakıtlardan oluştuğu için ve elektrik üretim maliyetlerinin giderek artması termodinamik analizin önemini arttırmıştır. Termik santrallerde enerji ve ekserji kayıplarının yüksek olduğu ekipmanın belirlenmesinde termodinamik analiz yapmanın önemli rol oynadığı bilinmektedir. Termik santrallerde enerji analizi daha çok verim analizi ve ekipmanların performansı değerlendirilmesi için uygulanmaktadır. Ekserji analizi ise daha çok ekipmanların verimlilik iyileştirilmeleri ve daha sürdürülebilir sistemler için uygulanmaktadır [2]. Termik santrallerde sürdürülebilir kalite değerlendirmesi için ekserji analizi yönteminden yararlanılmaktadır. Enerji analizi termodinamiğin birinci yasası, ekserji analizi ise termodinamiğin ikinci yasasıdır [3].

Ultra süper kritik kazanlı termik santrallerde kazan su-buhar basıncı kritik değerler üzerinde çalışmaktadır (kritik basınç 221,2 bar ve kritik sıcaklık 374,15 °C). Buhar parametrelerini yükseltmek için yapılan çalışmalar yanmayı oksijenle zenginleştirmek ve sistemde kullanılan ekipmanların yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı malzemelerden seçilmiş olması gerekmektedir. Akışkan kazana su olarak girerken kritik noktada sıvı-buhar karışımı olmadan direk olarak buharlaşmaktadır. Ultra süper kritik kazanlı termik santrallerde çalışma basıncı ve sıcaklığı yüksek olduğu için sistemin verimi ve üretilen iş kritik altı kazanlı santrallere göre daha yüksektir.

Bu tez kapsamında, Çanakkale ilinde işletmede olan bir ultra süper kritik termik santralin termodinamik analizi yapılmıştır. Sistemde bulunan kazan, türbin, yoğuşturucu, yoğuşturucu pompası, deaerator, yüksek ve alçak basınçlı ısıtıcıları, kazan besleme suyu pompaları ve türbinleri ve diğer ekipmanların enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Değişken su ve kömür debi oranlarının santralin birinci ve ikinci yasa verime etkisi deneysel olarak araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde termik santrallerinin enerji ve ekserji analizi üzerinde birçok çalışmalar mevcut iken ultra süper kritik termik santraller üzerinde ise kısıtlı sayıda çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalarda çoğunlukla, termik santrallerin sabit ve değişken çevre koşullarında, değişken yüklerde veya üniteler arasında santrallerde oluşan enerji ve ekserji verimleri ve kayıpları üzerine yaygın olarak çalışılmıştır.

Tekel (2006) çalışmasında örnek uygulama olarak üç farklı şehirdeki katı yakıtlı (linyit) termik santrallerin termodinamik analizlerini yapmış ve bu santrallerin seçiminde özellikle sistemlerin eş kapasitede olmasını dikkate almıştır. Hesaplamalarda hem mevcut çalışma koşulları, hem de farklı atmosferik şartlar ele alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca sistemlerin hem birinci yasa, hem de ikinci yasa verimleri incelenerek karşılaştırılmıştır. Sistemlerden birincisi Muğla ilinde kurulu olan Yatağan Termik Santrali, ikincisi Kütahya ilinde kurulu olan Seyit Ömer Termik Santrali, üçüncüsü ise Bursa ilinde kurulu olan Orhaneli Termik Santrali'dir. Yatağan Termik Santrali'nin Kurulu gücünü 3 adet 210 MW'lık ünite oluştururken, Seyit Ömer Termik Santrali'nin kurulu gücünü 4 adet 150 MW'lık ünite, Orhaneli Termik Santralinin kurulu gücünü ise 1 adet 210 MW'lık ünite oluşturmaktadır. Elde edilen değerler sonucunda Orhaneli, Yatağan ve Seyit Ömer Santrallerinin yıllık ortalama iklim şartları için ekserji verimlilikleri sırasıyla; %37,86, %28,58 ve %19,35 olarak tespit etmiştir. Verimlerdeki bu farklılıkların sebebi araştırıldığında, kazan performanslarının büyük rol oynadığı görülmüştür [4].

Ünal (2009), Türkiye'de çalışmakta olan bir termik santralin II. ünitesine termoekonomik metodu uygulayarak ünite ekipmanlarının her birinin termoekonomik analizi ve değerlendirilmesini yapmıştır. Yapılacak olan analizin daha kolay anlaşılması için başlangıçta genel termodinamik kavramları ve bağıntıları özetlenmiştir. Daha sonra enerji, ekserji, ekserjikomponentleri ve termoekonomik hesaplama yöntemi bağıntıları ile verilerek özetlenmiştir. Uygulama bölümünde ise termik santralin ünitesinde belirlenen yirmi yedi düğüm noktasının termodinamik özellikleri belirlenmiş, bu belirlemelere göre her bir düğümün enerji ve ekserji değerleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar ile her

ekipmanın ayrı enerji ve ekserji dengeleri kurularak ortalama ekserji maliyetleri belirlenmiş, kayıp ve tahrip olan enerji ve ekserjiler bulunmuş, yok olan ekserji oranı belirlenerek eksergoekonomik faktörler çıkarılmıştır. Bütün bu verilerin doğrultusunda sonuçlar grafiksel olarak değerlendirilmiş ve ekipmanlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Ekserji kaybının en yüksek olduğu ekipmanın buhar kazanı olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda buhar kazanın eksergoekonomik faktörü 0,34 olarak hesaplanmıştır. Buhar kazanında yakıt olarak kullanılan linyit kömürüne uygun yakma teknolojilerinin kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur. Toz kömür yakma tekniği yerine ısı transfer katsayısına sahip akışkan yatakta yakma sistemine geçilmesi ve kükürt oranı düşük kömürlerin kullanılması gerekliliğini belirtmiştir. Kükürt oranı %2,3'ten %1,6'ya düşürülmesi ve bazı özelliklerin iyileştirilmesi durumunda enerji kaybında %1,74 ekserji kaybında ise %2,26'lık bir azalma olacağını bulmuştur. Son kısmında ise sonuçlar arasında bağlantı kurularak düzeltme yapılabilecek ekipmanlar belirtilerek çözüm önerileri verilmiştir [5].

Kocaekiz (2010), Yatağan Termik Santralinin termodinamiğin birinci ve ikinci yasa yönünden verim analizini yapmıştır. Enerji santralinin verim analizi yapılırken farklı çevre koşulları ile yükler incelenmiş ve dikkate alınmıştır. Performans parametreleri ve değişimleri incelenmiştir. Çalışmada sistemi oluşturan her üniteadaki faydalı güç, tersinir güç ve tersinmezlik miktarları tespit edilmiş ve Yatağan termik santralinin kazan verimi, boru verimi, türbin verimi ve termik verim hesaplanmıştır. Kazan veriminde birinci ünite, boru veriminde birinci ünite, türbin veriminde ikinci ünite ve termik verimde üçüncü ünitenin yüksek olduğunu bulmuştur. Termik santralin verimini %32 olarak hesaplamıştır. İncelenen Termik Santral için yapılan ekserji analiz sonuçları santralin verimi hakkında daha kesin yorum yapılmasına olanak vermektedir. Bu çalışma ile enerji santralinin enerji ve verim analizi incelenmiş ve önemi dile getirilmiştir [6].

Geredelioğlu (2011), Türkiye'de faaliyette olan bir termik santralin 2. ünitesine enerji, ekserji ve termoekonomik analiz uygulamıştır. Termik santralin ünitesinde belirlenen 46 düğüm noktasının termodinamik özellikleri EES (Engineering Equation Solver) programı ile belirlenmiş, bu belirlemelere göre her bir düğümün enerji ve ekserji değerleri hesaplanmıştır. Sistemi oluşturan her ekipmanın faydalı güç, tersinir güç ve tersinmezlik miktarları tespit edilmiş, sistemin genel verimleri hesaplanmış ve yok olan ekserji oranı belirlenerek eksergoekonomik faktörler çıkartılmıştır. Araştırmada elde edilen veriler doğrultusunda sonuçlar grafiksel olarak değerlendirilmiş ve düzeltme yapılabilecek

ekipmanlar belirlenerek çözüm önerileri sunulmuştur. Santralin termik verimi %38 ekserji verimi %53 olarak hesaplamıştır [7].

Ege (2012), çeşitli kriterlere göre belirlenen Afşin-Elbistan B Santrali uygulama çalışması olarak ele almıştır. Kömürün ekserjisinin belirlenmesinde literatürde kullanılan farklı model ve yöntemler ışığında, santralin yakabileceği en iyi, en kötü ve tasarım kömürleri incelenmiştir. Türkiye'nin en büyük kömür havzası olan Afşin-Elbistan linyitinin 7088 kJ/kg olarak hesaplanan kimyasal ekserjisinin ülkedeki diğer sahalar içerisinde en düşük değere sahip linyitlerden biri olduğunu bulmuştur. Kazan, tüm çıkış gücü seviyelerinde kömürle sağlanan ekserjinin %50'sinden fazlasını kullanmakta ve toplam ekserji yıkımının %70'nin fazlasından sorumlu olmaktadır. Santralin enerji ve ekserji veriminde belirsizliğe yol açan faktörler arasında en önemlilerinin, sırasıyla, kömürün kalorisi, elektrik çıkışının akım-gerilim trafosundaki ölçümü ve kömürün debisindeki belirsizlik olarak saptamıştır. Santralin termik verimini %38,94 ekserji verimi ise yaklaşık %26 olarak hesaplamıştır. Termoekonomik hesaplar ve optimum çalışma koşullarını belirlerken bir değere indirgenmiş elektrik üretim maliyetleri-LevelizedCost of Electricity (LCOE) sınır şartı olarak kullanılmıştır. Türbinlerin ürettiği elektriğin birim maliyetini LCOE'ye eşitleyen ve belirli bazı kabullerle her noktadaki maliyeti belirleyen iki farklı yaklaşım karşılaştırılmıştır [8].

Şahin (2012), Atlas İskenderun süperkritik bir güç santralının enerji ve ekserji analizini yapmış, her bir proses ekipmanına enerji ve ekserji dengeleri uygulanarak enerji ve ekserji verimleri ile tersinmezlikler hesaplanmıştır. Santrale uygulanan enerji ve ekserji analizi sonucunda, kömürün üst ısı değerine göre ve normal işletme koşulları için santralin enerji verimi %42,11 ve ekserji verimi %40,83 olarak hesaplanmıştır. En büyük enerji kaybının yoğunlaştırıcıda, en büyük ekserji kaybının da kazanda meydana geldiği tespit etmiştir. Sıcaklığın artması ile enerji ve ekserji veriminin azaldığını, sıcaklıktaki her 1°C'lik artışın santral enerji veriminde %0,13 ve ekserji veriminde %0,12 verim düşüşüne yol açtığı gözlemlenmiştir. Ayrıca sıcaklığa bağlı olarak en fazla değişimin kazan ve yoğunlaştırıcı ekipmanında meydana geldiği sonuçlarına ulaşmıştır [9].

Bilginsoy (2012), 160 MW termik güce sahip Çayırhan Termik Santralının enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Öncelikle her bir ünite için enerji ve ekserji kayıpları hesaplanmıştır. En fazla enerji kaybı %45,8 ile kondenserde meydana gelirken kazanda meydana gelen enerji kaybı %8,43 olarak hesaplanmıştır. Maksimum ekserji kaybı ise

%58,05 ile kazanda meydana gelirken türbinde oluşan ekserji kaybı %5,68 olarak belirlenmiştir. Yapılan birinci ve ikinci kanun analizi sonucunda santralin termal verimi %42,76 iken ikinci yasa verimi %33,48 olduğu görülmüştür. En fazla ekserji kaybının kazanda meydana gelmesinin en önemli sebebi ise yanma işlemi esnasında oluşan sıcaklık farklarının etkisiyle oluşan ısı transferi olarak saptamıştır. Sistemde meydana gelen ekserji kayıpları ve ekserji verimliliği farklı çalışma koşulları altında değiştiği belirlemiştir[10].

Uysal (2012) çalışmasında, Zonguldak Çatalağzı'nda kurulu bulunan 160 MW kapasiteli termik santralin enerji ve termoeconomik analiz yoluyla performansı değerlendirmiştir. Yapılan ekserji analizi sonucunda, en düşük ekserji verimi sırasıyla %29.95 ile kondenserde ve %33.24 ile kazanda meydana geldiğini tespit etmiştir. Maksimum ekserji yıkımını ise sırasıyla 166492,26 kW ile kazanda ve daha sonra 11608,33 kW ile kondenserde meydana geldiğini tespit edilmiştir. Sistemin toplam ekserji verimi ve sistemde meydana gelen toplam ekserji yıkımı ise sırasıyla %39.89 ve 217773,65 kW olarak hesaplanmıştır. Yapılan termoeconomik analiz sonucunda SPECO ve MOPSA termoeconomik analiz metotları ile santralde üretilen elektriğin birim ekserji maliyeti hesaplanarak kıyaslanmıştır. SPECO analizi sonucunda sistemden üretilen elektriğin birim maliyeti 12.14 \$/GJ olarak bulunurken, MOPSA analizi sonucunda 14.06 \$/GJ olarak bulunmuştur. Üretilen elektriğin birim ekserji maliyeti için farklı sonuçlar elde edilmesinin nedeni; her iki metodun farklı prensiplere sahip olması ve her iki metod için yapılması gereken farklı kabullerden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır [11].

Tontu (2013), buharlı güç santraline enerji ve ekserji analizi üç farklı çalışma yük (%100, %70 ve %40) için uygulamıştır. Bu buhar santrali kritik altı durumlarda işletilecek şekilde tasarlanmıştır ve tam yükte 660 MW güç kapasitesine sahiptir. Sistemi oluşturan her bir ekipmanı ayrı inceleyerek en fazla enerji ve ekserji kaybı olan ekipmanları belirleyerek üç farklı çalışma yükünün sistemi oluşturan ekipmanların faydalı güç, tersinir güç ve tersinmezlik miktarları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ek olarak her bir ekipmanın ve santralin ikinci yasa verimi hesaplanmıştır. Üç farklı yükte de en fazla enerji kaybı kondenserde olmakta olup, ekserji kaybı kazanda olmaktadır. Sonuçlara göre ekserji analizinin enerji analizine göre önemli olduğu kanısına varılmıştır. Ekserji kayıpları azaltılması durumunda santral verimleri olumlu yönde artacaktır [12].

Tüysüz (2013) Çatalağzı Kritik üstü Termik Santralin enerji ve ekserji analizi yapılmış, 59 farklı noktaya EES programı yardımı ile santralin eleman giriş çıkışlarında belirlenen

noktaların T, P, h ve s değerlerinden 2' si verilerek diğerleri belirlenmiş, enerji ve ekserji değerleri hesaplanmıştır. Ekserji bozunumlarından kazan veriminin %96,9 gibi çok iyi bir değer olmasına rağmen en büyük ekserji bozunumu beklendiği gibi kazanda gerçekleştiği görüldü. Santralin enerji verimi %43,5 ekserji verimi ise %40,7 olarak hesaplanmıştır [13]. Bayrak (2013) bu çalışmada Muğla' da 420 MW kurulu güç ile çalışan Yeniköy termik santralinin 210 MW gücündeki bir ünitesi için termodinamik analiz yapılmıştır. Her bir santral bileşeni için ve santralin tamamı için enerji kayıpları, tersinmezlikler ile birinci ve ikinci yasa verimleri hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucunda en yüksek enerji kaybı 180109 kW ile kondenserde meydana gelmiştir. En yüksek tersinmezlik ise 240506 kW ile yüksek sıcaklıkta yanmanın olduğu kazanda meydana gelmiştir. Termik santralin birinci yasa verimi %38,90 ikinci yasa verimi %32,21 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca değişen çevre sıcaklıklarının santralde ve bileşenlerinde oluşan tersinmezliklere ve ikinci yasa verimine etkisi incelenmiştir. Bunlara ek olarak santralde oluşan ısı kayıplarının ve tersinmezliklerin azaltılması için önerilerde bulunulmuştur[14].

Adibhatla ve Kaushik (2014), 660 MW süper kritik bir termik santralin sabit basınç altında %100, %80 ve % 60 yüklerde enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Süper kritik bir termik santralin çeşitli bileşenlerimin enerji girişi, enerji çıkışı, ekserji girişi, ekserji çıkışı, enerji ve ekserji verimliliği hem sabit basınç altında hem de 660 MW, 528 MW ve 396 MW güçlerinde yapılmıştır. Kazan, yüksek, orta ve düşük basınçlı türbinleri, kondenser, kondenser pompaları, düşük ve yüksek basınç ısıtıcıları, kazan besleme pompası gibi santralin çeşitli bileşenlerinde enerji ve ekserji kayıpları hesaplanmıştır. Sonuçlarda, diğer ekipmanlara göre kazanda en çok ekserji kaybı oranına ve kazandan sonra türbinin ekserji kaybı oranı sahip olduğu görülmüştür. Türbinin ekserji kaybı oranı %100, %80 ve %60 yüklerde normal sürekli değerlendirme koşullarında sırasıyla 49.16 MW, 43.22 MW ve 43.92 MW, sabit basınç çalışma koşullarında ise 47.66 MW, 37.88 MW ve 28.94 MW olduğu bulunmuştur [15].

Sevin (2014) çalışmasında bir termik santralin termodinamiğin birinci kanununa göre verim analizleri yapılarak, beş yıllık periyot süresince santralin performansında oluşan değişimleri incelemiştir. Çayırhan Termik Santralinden alınan veriler ışığında santralin performansı Termik Verim, Boru Verimi, Türbin Verimi ve Kazan Verimi olarak dört ana parametrede incelenmiş, yüksek sıcaklık ve basınç altında çalışan bir sistemin 5 yıllık periyot zarfında aşınma ve sünme gibi nedenlere bağlı çalışma karakteristikleri ortaya

konulmuştur. Santralin termik verimini %35,34, türbin verimini %43,60, kazan verimini %72,43 ve boru verimini ise %85,93 olarak hesaplamıştır. Elde edilen verilere dayanılarak, kesintisiz üretimin hedeflendiği santralde gelecek yıllar için yapılacak üretim taahhütleri için yol gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca dünyadaki santrallerde zamanla yaşanan performans kayıpları için yapılan rehabilitasyon metotları ortaya konulmuş, çeşitli örneklerle Çayırhan Termik Santralinde ne tip bir iyileştirme çalışması yapılacağına dair ilişkilendirme yapılmıştır [16].

Çelik (2015) termik santrallerde enerji ve ekserji analizi için yazılım geliştirmiştir. Çalışmada Çatalağzı Termik Santrali' nin akış şeması ve santralin akış şemasında bulunan 32 düğüm noktası ve bu noktaların sıcaklık ve basınç değerleri baz alınarak yazılım geliştirilmiştir. Öncelikle güç akışkanı suyun termodinamik özellikleri olan h ve s için IAPWS-95 (International Association For The Properties of Water and Steam) ve IAPWS-IF97 çalışmalarının bulunduğu IAPWS tarafından yayınlamış bildirilerdeki denklemler ve veriler kullanılmıştır. Daha sonra santrale çevre sıcaklığının 25 °C ve 0,101 MPa basınçtaki ortam şartlarında (ölü konum) enerji ve ekserji analizi uygulanarak her bir düğüm noktasının enerji ve ekserji değerleri ve santralin her bir elemanın ısı kaybı, enerji verimi, tersinmezlik, ekserji verimi, pompa ve türbin işleri için gerekli denklemler elde edilmiştir. Elde edilen bu denklemler ve veriler kullanılarak santralin enerji ve ekserji analizini yapan Termik Santral Analiz Programı (TESAP) geliştirilmiştir. Program yardımıyla analiz yapılmış ve santralin ekserji verimi çevre sıcaklığının 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 santigrat derecedeki değerleri için sırasıyla %35,22, %34,76, %34,44, %33,99, %33,68, %33,24 ve %32.81 olarak hesaplanmıştır. Artan çevre sıcaklığına bağlı olarak santralin ekserji veriminin azaldığı görülmüştür. Ayrıca çevre sıcaklığına göre tersinmezliğin değişimi programda bulunan diyagramlar yardımıyla incelenmiştir. Yoğuşturucuda ve borularda artan çevre sıcaklığıyla tersinmezliğin azaldığı, diğer santral elemanlarının ve toplam tersinmezliğin ise artan çevre sıcaklığıyla arttığı gözlenmiştir [17].

Dinçol (2016) çalışmasında, Soma B Termik Santrali güç üretim çevriminin termodinamik analizi yapılmıştır. Çevrimin genel akış diyagramı oluşturulmuş, sistemdeki kazan, türbin, besleme suyu ısıtıcıları gibi ekipmanların giriş ve çıkışlarındaki sıcaklık, basınç ve debiler okunarak ekipmanların mevcut çalışma durumları belirlenmiştir. Bu veriler akış diyagramı üzerine işlenmiş ve EES programının kullanılması ile çevrimin termodinamik analizi

gerçekleştirilmiştir. Çevrim ekipmanlarındaki kayıplar hesaplanmış ve tüm çevrim, enerji ve ekserji verimliliği yönlerinden incelenmiştir. Santral genel çevrim verimi %40,34' ten %39,24'e düşmüş, ekserji verimi ise %78,39'dan %75,77'ye düşmüştür. Toplam net güç ise yaklaşık %6,5 azalma ile 163125 kW' tan 152500 kW' a düşmüştür. Sistemin mevcut durumu, tasarım verileri ile karşılaştırılarak ilk duruma göre işletme şartlarında oluşmuş değişiklikler belirlenmiştir. Son olarak, sistemin termodinamik açıdan geliştirilmesi için yapılabilecek işletme değişiklikleri ile ilgili öneriler sunulmuştur[18].

Ahmadi ve Toghraie (2016) bu çalışmada, 200 MW gücündeki İsfahan Şahid Montazei santralin buhar çevrimi incelenmesi amaçlanmıştır. Kütle, enerji ve ekserji denklemleri kullanılarak tüm döngü ekipmanları ayrı analiz edilip her bir ekipman için enerji, ekserji verimliliği ve ekserji geri dönüşümsüzlüğü hesaplanmıştır. Analiz için EES yazılımı kullanılmıştır. Her ekipman için ısı düşüşü ve ekserji kaybına ilişkin değerler ve oranlar tablolarda sunulmuştur. Enerji ve ekserji analizinden elde edilen sonuçlar en fazla enerji kaybının %69,8 ile kondenserde, en fazla ekserji kaybının ise %85,66 ile kazanda olduğunu göstermektedir [19].

Gao vd. (2018), 330 MW gücündeki kömürle çalışan kombine ısı ve enerji tesisinin ekserji ve eksergoekonomik analizleri, eksergoekonomik maliyeti ve CO₂ emisyonunu belirleme çalışmaları yapmışlardır. Döngü, Aspen Plus yazılımı ile simüle edilmiş ve farklı koşullar altında termodinamik özellikler sağlanmıştır. Ekserji denge denklemi, kömür, su, buhar, kül ve baca gazlarının ekserji akışına dayanarak oluşturulmuştur. Maliyet oluşturma süreci, en son kalıntı maliyet tahsisi gelişimini birleştiren eforlu ekonomik analiz ile ortaya konmuştur. Sonuçlar, en büyük ekserji tahribatının kazanda meydana geldiğini ve en düşük ekserji verimliliğinin düşük basınçlı ısıtıcıda meydana geldiğini göstermektedir [20].

Erzen (2018) çalışmasında, basınç kayıpları, sürtünme kayıpları, kinetik ve potansiyel enerji vb. kayıplar dikkate alınmayarak Türkiye' de faaliyet gösteren Kangal Termik Santrali ünite ekipmanlarının her birinin termodinamik analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Santralde belirlenen otuz beş noktanın termodinamik özelliklerine bağlı olarak enerji ve ekserji değerleri hesaplanmıştır. Her ekipman için ekserji kayıpları bulunmuştur. Buna bağlı olarak ikinci yasa verimleri elde edilmiştir. Analiz sonucunda en yüksek ekserji kaybına sahip sistem %91,7 ile kazan olarak bulunmuştur. Termik santralin birinci ve ikinci yasa verimleri sırasıyla %32,8 ve %53,4 olarak bulunmuştur [21].

Elhelw, vd. (2019) çalışmalarında ekserji analizinden yararlanarak 650 MW gücündeki buharlı güç santralinin iki farklı çalışma modunda performansını incelemişlerdir. Ekserji ve ısı verimliliği arasındaki incelemeler tam ve yarı yükte yapılmıştır. Ayrıca azalan yoğunlaştırıcı basıncı, orta basınç türbininin giriş basıncı ve artan ana buhar sıcaklığı hem yüksek basınç türbinine hem de orta basınç türbinine etkisi incelenmiştir. Ekserji yitiminin en fazla kazanda olduğu, ardından türbinde olduğu ve ardından yoğunlaştırıcıda olduğu bulunmuştur. Yoğunlaştırıcı basıncı 0,067 bardan 0,049 bara düşürülürse tam ve yarı yükte sırasıyla %0,709 ve %1,394 oranında güç tasarrufu sağlanmaktadır. Ana buhar sıcaklıkları yüksek basınç türbinine giriş sıcaklığı 45 °C artırılması tam ve yarı yükte sırasıyla %10,383 ve %8,906, orta basınç türbinine giriş sıcaklığının 45 °C artırılması tam ve yarı yükte sırasıyla %7,285 ve %6,736 oranında güç tasarrufu sağlanmaktadır. Her iki türbin için giriş sıcaklığı 45 °C artırılması tam ve yarı yükte sırasıyla %17,67 ve %15,64 güç tasarrufu sağlayacaktır. Yüksek basınç, orta basınç ve düşük basınç türbinlerinin tam yükteki verimlilikleri sırasıyla %86,25 , %94 ve %86,25 yarı yüklerde ise %74 , %92,5 ve %89 olarak hesaplanmıştır. Santralin enerji verimi tam ve yarı yükte sırasıyla %38,36 ve %38,99 olarak hesaplanmıştır [22].

Literatürdeki ultra süper kritik santrallerin enerji ve ekserji verimliliğinin analizlerine üzerine yapılan çalışmalar aşağıda gösterilmiştir.

Hastia, vd. (2013) ultra süper kritik enerji santrali için ekserji analizi yapmıştır. Analiz, Microsoft Excel' de geliştirilen simülasyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Model, kömür yanması, enerji dengesi, entalpi dengeleri, entropi değişimleri ve buhar su döngüsünün ısı transferi kavramları dikkate alınarak yapılmıştır. Geliştirilmelerden sonra model, linyit kömür yakan 422 MW gücündeki bir santrali simüle etmek için kullanılmıştır. Ekserji kaybı, en yüksek kayıp konsantrasyonunun kazan olduğu belirlenmiştir [23].

Zhao vd. (2017), 1000 MW gücündeki çift ısıtımli ultra süper kritik santralin performansını analiz etmiştir. Ekserji denkleminde dayanarak, ekserji verimliliği, ekserji kaybı katsayısı ve ekserji kaybı oranı ile birlikte ünitenin ekserji dağılımı ve verimi belirlenmiştir. Sonuçlar en çok ekserji kaybının kazanda %85 e kadar olduğu bulunmuş ve sebebinin ise yakıtın yanması ve duvarlardaki ısı değişiminden kaynaklandığı ortaya konmuştur. Yüksek ve iki düşük basınçlı türbinlerde ekserji kaybı sırasıyla %1.86, %2.04 ve %2.13'tür. Kondenserde 999 MW'lık ısı kaybı vardır fakat ekserji kaybı ise 20.49 MW

olduğu bulunmuştur. Genel ekserji verimliliği, kazan çıkışında buharın sabit sıcaklıkta ve türbin egzoz basıncı artarsa verimin düştüğü ancak türbin egzoz basıncı sabit iken, besleme suyu sıcaklığı, ana buhar sıcaklığı ve basıncı, tekrar ısıtılmış buhar sıcaklığı, yük artarsa verimliliğin artacağı belirlenmiştir [24].

Zhao vd. (2017), 1000 MW gücündeki tekrar ısıtılmalı ultra süper kritik enerji santralinin türbin sisteminin ekserji analizini yapmıştır. Türbin sistemindeki enerji kayıplarını gerçek noktalarını belirlemek için ekserji denklemi kullanılmıştır buda çalışmayı optimize etmek ve enerjiyi korumak için bir referans sağlamıştır. Sonuçlar türbin sistemindeki ekserji kaybının en çok yüksek ve düşük basınçlı türbinlerde olduğu bulunmuştur. Tek ısıtılmalı enerji santrali ile karşılaştırıldığında türbin sisteminde ekserji kaybının daha yüksek, ekserji verimliliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çok yüksek basınçlı, yüksek basınçlı, orta basınçlı, alçak basınç 1 ve alçak basınç 2 türbinlerinde enerji verimleri sırasıyla %94,7, %95,2, %97,5, %97,8 ve %97,7 iken ekserji verimleri ise sırasıyla %89,52, % 91,94, % 94,24, % 85,67 ve % 85,23 olarak hesaplanmıştır [25].

Liu vd. (2018), 1000 MW gücündeki düzenlenmiş tekrar ısıtılmalı ultra süper kritik santralin termodinamik analizini yapmıştır. Termodinamik analiz, 1000 MW'lık tek ısıtma sistemli ultra kritik bir enerji santrali için değiştirilmiş buhar sistemi üzerinde gerçekleştirilmiş ve referans ile karşılaştırılmıştır. Değiştirilmiş sistemde, ekonomizerden gelen bütün baca gazı, kısmi yoğunlaşmayı ısıtmak için kullanılmış ve toplam yoğunlaşmadan kalanla birlikte toplam hava, türbinden buhar çıkarılarak ısıtılmıştır. Sonuçlar, baca gazının kazandan çıkış sıcaklığının soğuk uç korozyonu ve tıkanma olmadan daha düşük bir değere düşürülebileceğini göstermektedir. Santralin %48,35'in elektrik üretim verimliliği aynı kapasitedeki referans birimin %1,27 puan üzerindedir. Termal verimliliğin iyileştirilmesi, esas olarak, baca gazı-kondensat ön ısıtıcısı tarafından baca gazının düşük dereceli ısı geri kazanımından ve baca gazı ve kondensat arasındaki küçük sıcaklık farkından kaynaklanmaktadır, bu nedenle ekonomizerin daha yüksek bir giriş suyu sıcaklığına ulaşılabilirliği görülmüştür [26].

Çizelge 2.1'de, literatürde yapılan çalışmalar ve mevcut çalışma özet olarak verilmiştir.

Çizelge 2.1. Termik santrallerde termodinamik analizler ile ilgili yapılan çalışmalar

Yazar, Yıl	Çalışma Alanı	Enerji Analizi	Ekserji Analizi	Sonuçlar
Tekel, (2006), [4]	Orhaneli, Yatağan ve Seyit Ömer termik santralleri	✓	✓	• Ekserji verimlilikleri sırasıyla %37,86, %28,58 ve %19,35 olarak tespit edilmiştir.
Ünal, (2009), [5]	Türkiye’ de işletilen termik santral	✓	✓	• Kükürt oranı %2,3’ten %1,6’ya düşürülmesi ve bazı özelliklerin iyileştirilmesi durumunda enerji kaybında %1,74 ekserji kaybında ise %2,26’lık bir azalma olacağını ifade etmiştir.
Kocaekiz, (2010), [6]	Yatağan termik santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %32 olarak hesaplamıştır.
Geredelioğlu, (2011), [7]	Çayırhan termik santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %38 ekserji verimi ise %53 olarak hesaplamıştır.
Ege (2012), [8]	Afşin-Elbistan B Santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %38,94 ekserji verimini ise yaklaşık %26 olarak hesaplamıştır.
Şahin (2012), [9]	Atlas İskenderun santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %42,11 ekserji verimini ise %40,83 olarak hesaplamıştır.
Bilginsoy (2012), [10]	Çayırhan termik santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %42,76 ekserji verimini ise %33,48 olarak hesaplamıştır.
Uysal (2012), [11]	Çatalağzı termik santrali	✓	✓	• Sistemin toplam ekserji verimi ve toplam ekserji yıkımı sırasıyla %39,89 ve 217773,65 kW olarak hesaplanmıştır.
Tontu (2013), [12]	Buharlı güç santrali	✓	✓	• Buharlı güç santraline enerji ve ekserji analizi üç farklı çalışma yük (%100, %70 ve %40) için uygulanmıştır. Üç farklı yükte de en fazla enerji kaybı kondenserde, ekserji kaybı kazanda meydana gelmektedir. Sonuçlara göre ekserji analizinin enerji analizine göre önemli olduğu kanısına varılmıştır.

Tüysüz (2013), [13]	Çatalağzı termik santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %43,50 ekserji verimini ise %40,70 olarak hesaplamıştır.
Bayrak (2013), [14]	Yeniköy termik santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %38,90 ekserji verimini ise %32,21 olarak hesaplamıştır.
Adibhatla ve Kaushik (2014), [15]	Süper kritik termik santral	✓	✓	• 660 MW süper kritik bir termik santralin sabit basınç altında %100, %80 ve %60 yüklerde enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Türbinin ekserji kaybı oranı %100, %80 ve %60 yüklerde normal sürekli değerlendirme koşullarında sırasıyla 49,16 MW, 43,22 MW ve 43.92 MW sabit basınç çalışma koşullarında ise 47,66 MW, 37,88 MW ve 28,94 MW olarak hesaplanmıştır.
Sevin (2014), [16]	Çayırhan termik santrali	✓	-	• Santralin termik verimi %35,34, türbin verimi %43,60 ve kazan verimi %72,43 olarak hesaplamıştır.
Çelik (2015), [17]	Çatalağzı termik santrali	✓	✓	• Termik santrallerde enerji ve ekserji analizi için yazılım geliştirmiştir. Program yardımıyla analiz yapılmış ve santralin ekserji verimi çevre sıcaklığının 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C değerleri için sırasıyla %35,22,%34,76, %34,44, %33,99, %33,68, %33,24 ve %32.81 olarak hesaplanmıştır.
Dinçol (2016), [18]	Soma B Termik Santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %39,24 ekserji verimini ise %75,77 olarak hesaplamıştır.
Ahmadi ve Toghraie (2016) [19]	İsfahan ŞahidMontazei	✓	✓	• Enerji ve ekserji analizinden elde edilen sonuçlar en fazla enerji kaybının %69,8 ile kondenserde, en fazla ekserji kaybının ise % 85.66 ile kazanda olduğunu göstermektedir.
Gao vd. (2018), [20]	Kombine ısı ve enerji santrali	✓	✓	• En büyük ekserji tahribatının kazanda meydana geldiğini ve en düşük ekserji verimliliğinin düşük basınçlı ısıtıcıda meydana geldiğini göstermektedir.
Erzen (2018), [21]	Kangal termik santrali	✓	✓	• Santralin termik verimini %32,80 ekserji verimini ise %53,40 olarak hesaplamıştır.

Elhelw, vd. (2019), [22]	Buharlı güç santrali	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek basınç, orta basınç ve düşük basınç türbinlerinin tam yükteki enerji verimliliği sırasıyla %86,25, %94 ve %86,25 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, santralin enerji verimi tam ve yarı yükte sırasıyla %38,36 ve %38,99 olarak hesaplanmıştır.
Hastia, vd. (2013), [23]	Ultra süper kritik termik santral	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • Santralin termik verimini %43 ekserji verimini ise %25 olarak hesaplamıştır.
Zhao vd. (2017),[24]	Ultra süper kritik termik santral	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • En çok ekserji kaybının kazanda %85' e kadar olduğu bulunmuş ve santralin ekserji veri ise %45,50 olarak hesaplanmıştır.
Zhao vd. (2017),[25]	Ultra süper kritik termik santral	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • Çok yüksek basınçlı, yüksek basınçlı, orta basınçlı, alçak basınç 1 ve alçak basınç 2 türbinlerinde enerji verimleri sırasıyla %94,7 %95,2, %97,5, %97,8 ve %97,7 iken ekserji verimleri ise sırasıyla %89,52, %91,94, %94,24, %85,67 ve %85,23 olarak hesaplanmıştır.
Liu vd. (2018) , [26]	Ultra süper kritik termik santral	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • 1000 MW' lık tek ısıtma sistemli ultra kritik bir enerji santrali için değiştirilmiş buhar sistemi ile referans durumu karşılaştırmışlar ve santralin %48,35'nin elektrik üretim verimliliğinin aynı kapasitedeki referans birimin %1,27 puan üzerinde olduğunu ortaya koymuşlardır.
Mevcut çalışma	Ultra süper kritik termik santral	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> • Literatürden farklı olarak her bir ekipman için 5 farklı su/kömür debi oranlarında enerji ve ekserji analizi yapılmış, santral için uygun su/kömür debi oranı 9,00 olduğu belirlenmiştir. Su/kömür debi oranı 9,00 olduğu zaman santralin enerji ve ekserji verimleri sırasıyla %47,42 ve %43,79 olarak hesaplanmıştır.

3. TERMİK SANTRALİN ÖZELLİKLERİ

Katı, sıvı yada gaz halinde olan yakıtın kimyasal enerjisini ısı enerjisine, ısı enerjisini mekanik enerjiye, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren sistemlere termik santral denir. Termik santrallerde yakıt olarak kömür, motorin, fueloil, doğal gaz, atık çöpler ve tabii buhar kullanılabilir [27].

Termik santral çeşitleri;

- a) Buhar santralleri; kömürün küçük parçacıklar haline getirilerek kazanda yakılması sonucu elde edilen kızgın buharın türbini ve bağlı olduğu jeneratörü çevirmesi sonucunda elektrik üreten santral çeşididir.
- b) Gaz türbinli santraller; doğal gazın yakılarak yüksek basınç ve sıcaklıktaki gazın türbini ve bağlı olduğu jeneratörü çevirmesi sonucu elektrik üreten santral çeşididir.
- c) Kombine santraller; gaz ve buhar türbinlerinden oluşan tesistir. Gaz türbini terk ettikten sonra bir kazanda sıcaklığını suya aktararak oluşturduğu buhar, buhar türbinini ve bağlı olduğu jeneratörü çevirmesiyle elektrik üreten santral çeşididir.
- d) Dizel, fuel-oil santraller; yakıtın motorlarda yakılarak bağlı olduğu alternatörü çevirmesi sonucu elektrik üreten santral çeşididir. Daha çok elektriğin götürülmesi kısıtlı olan bölgelerde kullanılmaktadır.
- e) Nükleer santraller; nükleer yakıtın reaksiyon sonucunda oluşan ıyı suya aktararak kızgın buhar elde edilir. Elde edilen kızgın buhar türbini ve bağlı olduğu jeneratörü çevirmesi sonucunda elektrik elde edilen santral çeşididir.
- f) Jeotermal santraller; yer altındaki jeotermal enerjiden oluşan buharın türbin ve bağlı olduğu jeneratörün çevrilmesiyle elektrik üreten santral çeşitleri olarak sınıflandırılmaktadır [27].

3.1. Buhar Santralleri

Genel olarak buharlı termik santrallerde yakıt olarak linyit kömür kullanılmaktadır. Kömür ocaktan tesise getirildikten sonra bantlar yardımıyla stok sahasında depolanmaktadır.

Kullanılacak kömür bantlarla değirmenlere taşınır. Taşıma işleminde kömür bant üzerinde transfer edilirken içerisindeki metal parçacıklar metal ayırıcılar sayesinde temizlenmiş olur ve kırıcı binasında küçük parçacıklar haline getirilir. Kırmamızın sebebi yüzey alanını arttırarak daha verimli bir yanma sağlamak ve kül oluşumunu azaltmaktır. Kömür boyutu 30 mm çapından daha küçük halde değirmenlerin depolarına gelmektedir. Depolanan kömür çalıştırılan değirmende öğütülerek ve kurutularak birincil hava fanın basmış olduğu hava sayesinde kazana gönderilmektedir. Değirmen çıkışındaki kömürün boyutu yaklaşık olarak 10 mm çapındadır. Kazanda kömürün yakılması sonucu oluşan ağır küller kazanın altında toplanılarak dışarı alınmaktadır, hafif küller ise baca yolunu takip etmekte ve burada bulunan elektro filtre tesisinde tutularak kül stok depolarına basınçlı hava ile gönderilmektedir.

Santralin su buhar çevrimi; kondenserde yoğunlaştırılmış olarak bulunan suyun kondenser pompasıyla alınarak ilk olarak su iyileştirme tesisine gönderilmektedir. Burada suyun içerisinde bulunan ekipmanlara zarar verecek olan maddeler tutulur ve ph 8,5 – 9,5 ayarlanır. İstedığımız kalitedeki su türbinlerde sızdırmazlığı sağlamış ve yoğunlaştırılması gereken buharın yoğunlaştırıcısında görevini yaptıktan sonra alçak basınç ısıtıcılarında kademeli olarak ısıtılarak deaeratore gelmektedir. Alçak basınç ısıtıcılarında ısıtma kaynağı olarak türbinlerin ara kademelerinden alınmış buhar kullanılmaktadır. Türbinlerin ara kademelerinden buhar almamızın sebebi, kazana gönderilen suyun ısıtılması sağlanmaktadır. Türbinin ara kademesinden aldığımız buharın enerjisi ile kazanda daha az kömür yakmış ve sistemin verimi daha iyi olduğu ideal ara buhar almalı rankine çevrimlerinde hesaplanmıştır. Ara kademedan buhar alma olayı olmadığında kazana girecek su yaklaşık olarak 30 °C’de olacak, soğuk suyu ısıtmak için daha çok kömür harcamış olacaktık ve kazan metalleri için ısı derece farkı çok olacağından dolayı termal stres olacak buda metallerin ömrünü kısaltmış olacaktır. Deaerator, kazana beslenecek suyun içindeki gazları ve suyun içindeki oksijeni aldığımız tanktır. Deaeratörden çıkan su kazan besleme pompalarına gelmektedir. Sistemin en yüksek basıncı kazan besleme suyu pompaların çıkışıdır (336 bar). Pompalarda basınçlandırılan su daha sonra yüksek basınçlı ısıtıcılarda kademeli olarak ısıtıldıktan sonra son olarak ön buhar soğutucusuna gelmektedir. Ön buhar soğutucusunun amacı, normalde üç numaralı yüksek basınçlı ısıtıcıya girecek olan 182 °C’de ki su ile 472 °C’deki buhar arasındaki sıcaklık farkı çok olduğu için, ısıtıcı buharın üç numaralı ısıtıcıya girmeden önce ön soğutucuda soğutularak

320 °C’de üç numaralı ısıtıcıya termal stres olmayacak şekilde ara kademeli buharı soğutmaktır. Ön buhar soğutucusundan çıkan kazan besleme suyu kazana ilk olarak ekonomizerden girmektedir. Ekonomizerde ısınan su kazanın buharlaştırıcı (evaporatör) duvarlarına gelmektedir. Kazan başlangıç (start-up) zamanında kuru moda geçene kadar evaporatörde tamamen su bulunmakta ve ayırıştırıcı (seperatör) giden su, buharlaşan miktarı kızdırıcı paketlerine gitmektedir. Fakat normal işletme koşullarında kazan kuru modda iken su evaporatör kısmında ultra süper kritik kazanda suyun sıcaklığı ve basıncı yaklaşık olarak 450 °C, 305 bar kritik noktanın üzerinde olduğu için su evaporatör borularında direk buhar haline gelmektedir (süper kritik nokta 221 bar 374 °C). Normal işletme zamanında evaporatörde buharlaşan su seperatörden kızdırıcı paketlerine gelmektedir. Paketlerde kademeli olarak kızdırılan buhar yüksek basınçlı türbine girerek genişlemektedir. Türbinde genişleme sırasında ideal ara buhar almalı Rankine çevrimindeki gibi türbinin belirli noktalarından buhar alınarak yüksek basınçlı ısıtıcılara gönderilmektedir. Yüksek basınç türbininde genişlemiş buhar tekrar ısıtılmak için kazanın tekrar kızdırma paketlerine gelir, tekrar kızdırıldıktan sonra orta basınç türbinine girerek genişlemektedir. Orta basınçlı türbinde de genişleme sırasında türbinin ara kademelerinden deaeratore, yüksek ve alçak basınçlı ısıtıcılara buhar alınmaktadır. Orta basınçlı türbinde genişledikten sonra buhar iki adet bulunan düşük basınç türbinlerine girerek genişlemektedir. Düşük basınç türbinlerinde genişleme sırasında düşük basınç ısıtıcıları için türbinlerin ara kademelerinden buhar alınır. Türbinlerde genişleyen buhar kondenser olarak adlandırılan yoğuşturucuya 28 °C ve 3,9 kPa atmosfer altı basınçta gelmekte ve yoğuşup su olmaktadır. Elektrik üretim kısmı türbin rotoruna bağlı jeneratörün döndürülmesi sonucu oluşmaktadır. Buharlı güç santralının su buhar çevrimi anlatıldığı şekilde tamamlanmış olmaktadır.

3.1.1. İncelenen Ultra Süper Kritik Buhar Santralının Özellikleri

Çanakkale’de işletmede olan ultra süper kritik santral 660 MW x 2 üniteden toplamda 1320 MW gücünden oluşmaktadır. Çalışmada bir ünitesi ele alınmış ve su kömür debilerinin oranları dikkate alınarak analiz edilmiştir. Sistem kazan çalışma basıncı kritik noktanın üzerinde çalıştığı için ultra süper kritik olarak adlandırılmıştır. Buharlı güç santralinde, Çizelge 3.1’de teknik özellikleri verilen 1 adet tekrar kızdırmalı ultra süper

kritik kazan, Çizelge 3.2’de teknik özellikleri verilen 1 adet yüksek basınçlı türbin, 1 adet orta basınçlı türbin ve 2 adet alçak basınçlı türbin seti, Çizelge 3.3’de teknik özellikleri verilen 2 adet yoğuşturucu, Çizelge 3.4’de teknik özellikleri verilen 1 adet yoğuşturucu pompası, Çizelge 3.5’de teknik özellikleri verilen 1 adet 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı, 1 adet 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı, 1 adet 5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı, 1 adet 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompası, 1 adet sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu, 1 adet 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı, 1 adet 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı, Çizelge 3.6’da teknik özellikleri verilen 1 adet 1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı, 1 adet 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı, 1 adet 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı, Çizelge 3.7’de teknik özellikleri verilen 1 adet deaerator ve ön buhar soğutucusunun özellikleri, 2 adet kazan besleme suyu pompası ve türbini, oluşmaktadır. Santralin akış şeması aşağıda Şekil 3.1.’de düğüm noktalarının özellikleri ise EK-1,EK-2 ve EK-3’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Ultra süper kritik kazanın özellikleri

	Ana Buhar Bölümü	Tekrar Kızdırma Bölümü
Üretim Yılı	2017	2017
Ekipman tipi	Su Borulu Kazan	Su Borulu Kazan
Kapasitesi (kg/ H)	1864115	1511532
Hacim (litre)	450000	580000
Operasyon Sıcaklığı (°C)	Giriş : 306,5 Çıkış : 603,1	Giriş : 356,7 Çıkış : 612,0
Dizayn Basıncı (bar)	308,7	70,0
Operasyon Basıncı (bar)	Giriş : 341,7 Çıkış : 294,0	Giriş : 61,7 Çıkış : 59,61
Emniyet Valfi Set Basıncı (bar)	361 ± 3,61	72,05±0,721 66,87± 0,689
Test Basıncı (bar)	469,0	105,0

Çizelge 3.2. Türbin setinin özellikleri

Üretim Yılı	2015
Türbin tipi	DKY4-4N41B
Nominal Güç (MW)	660
Maksimum Güç (MW)	682
Nominal Hız RPM	3000
Ana Buhar Basıncı (bar)	275
Ana Buhar Sıcaklığı (°C)	600
Egzoz Basıncı (bar)	0,035
En Yüksek İzin Verilen Ana Buhar Basıncı (bar)	288,75
En Yüksek İzin Verilen Egzoz Basıncı (bar)	0,2

Çizelge 3.3. Yoğuşturucunun özellikleri

Soğutma tipi	Deniz suyu ile soğutma
Soğutma yüzeyi (m ²)	35600
Bölme sayısı	4
Isı transfer miktarı (kW)	659994
Soğutma suyu miktarı (t/h)	74715
Borulardaki soğutma suyu hızı (m/s)	2
Soğutma suyu tarafı tasarım basıncı (bar)	4
Boru tarafı toplam basınç kaybı (kpa)	67
Kondenser soğutucu boru sayısı (adet)	32144
Kondenser ağırlığı (ton)	900

Çizelge 3.4. Yoğuşturucu pompasının özellikleri

Üretim Yılı	2016
Pompa tipi	Santrifüj pompa
Nominal debi (t/h)	1350
Nominal Basma Yüksekliği (m)	297,9
Akışkan Sıcaklığı (°C)	27
Dizayn Basıncı (bar)	29,036
Nominal Hız (RPM)	1450
Nominal Şaft Gücü (kW)	1290

Çizelge 3.5. 5 numaralı, 6 numaralı ve 7 numaralı alçak basınç ısıtıcıların özellikleri

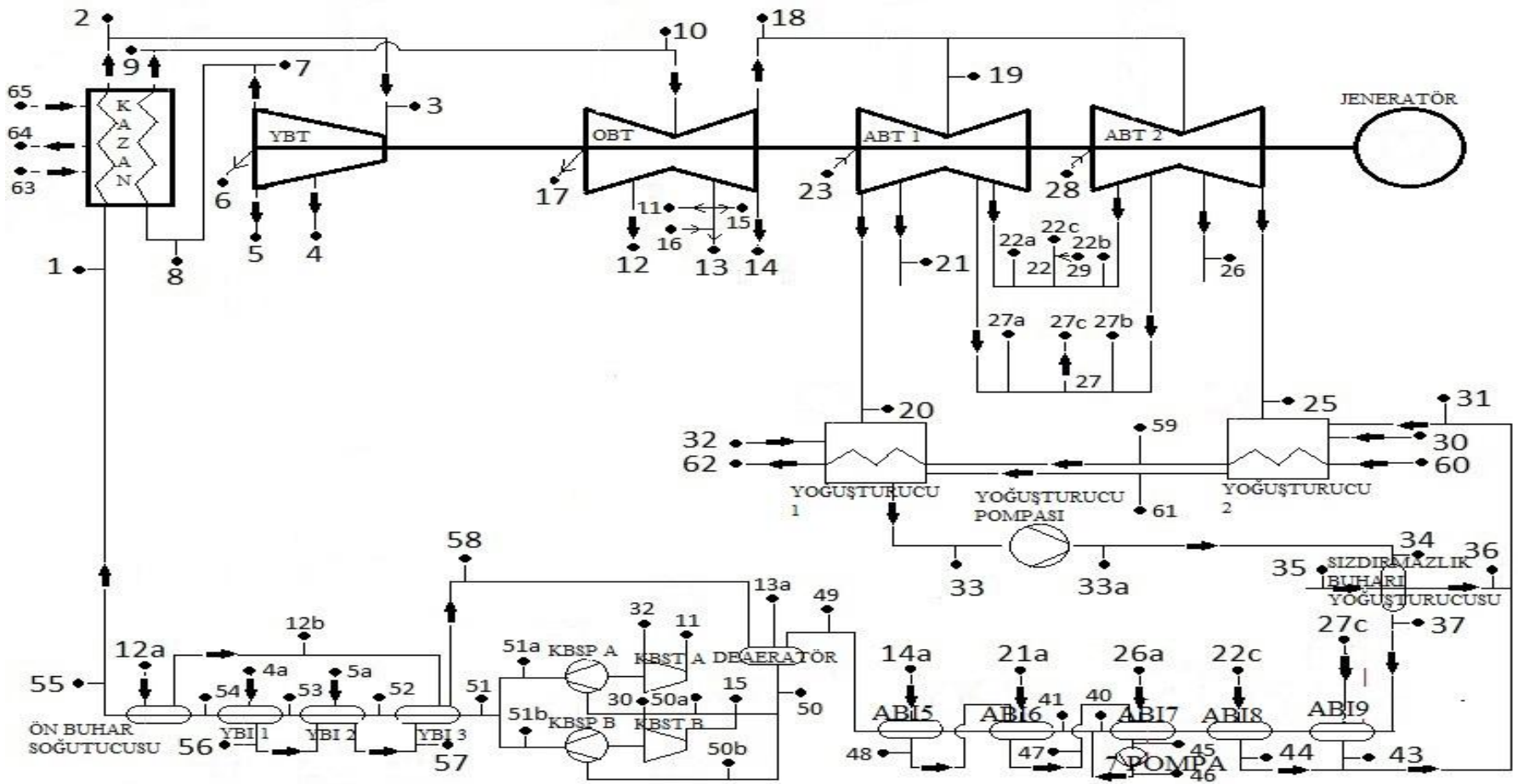
Ekipman	ABI-5		ABI-6		ABI-7	
	Su Tarafı	Buhar Tarafı	Su Tarafı	Buhar Tarafı	Su Tarafı	Buhar Tarafı
Üretim Yılı	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	42	6,5	42	6,5	42	6,5
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	20-170	20-250	20-150	20-200	20-150	20-200
Hacim (litre)	5700	12200	5800	12200	6200	12400
Hidrolik Test Basıncı (bar)	60,1	10,3	60,1	10,3	60,1	9,3

Çizelge 3.6. 1 numaralı, 2 numaralı ve 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcıların özellikleri

Ekipman	YBI-1		YBI-2		YBI-3	
	Su Tarafı	Buhar Tarafı	Su Tarafı	Buhar Tarafı	Su Tarafı	Buhar Tarafı
Üretim Yılı	2016	2016	2016	2016	2016	2016
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	401,8	99	401,8	69	401,8	28
Maksimum Çalışma Sıcaklığı(°C)	310	310-435	285	285-380	230	230-340
Hacim (litre)	5710	13450	6770	24250	6200	12400
Hidrolik Test Basıncı (bar)	602	148	602	42	60,1	9,3

Çizelge 3.7. Deaeratrörün ve ön buhar soğutucusunun özellikleri

Ekipman	Deaeratrör		Ön Buhar Soğutucusu	
	Su Tarafı	Buhar Tarafı	Su Tarafı	Buhar Tarafı
Üretim Yılı	2016	2016	2016	2016
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	12	12	401,8	28
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	370	350	325	500
Hacim (litre)	200000	275000	1980	3380
Hidrolik Test Basıncı (bar)	18	18	602	42



Şekil 3.1. Santralin akış şeması

4. TERMODİNAMİK ANALİZ

Termodinamiğin birinci yasasına dayanarak sistemlerde kullanılan ekipmanlardan daha yüksek verim elde edebilmek için yapılan analize enerji analizi denir. Sistemin sadece termodinamiğin birinci yasasına göre yani nicelik açısından değerlendirmek yetersizdir. Termodinamiğin birinci yasası nicelik ile ilgilidir. Nicelik hal değişimi sırasında enerji değişimidir. Enerji analizinde, enerji yoktan var olamaz ya da mevcut enerjini yok edilemeyeceğini açıklar. Buda sistemin analizi için çok doğru sonuçlar vermemektedir[10]. Termodinamiğin ikinci yasasına dayanarak yapılan ve enerjinin niceliğini ve niteliğini de dikkate alınarak yapılan analize ekserji analizi denir. Güç üreten sistemlerin enerji ve ekserji analizi yapılması sonuçların doğruluğunu ve hassasiyetini arttırmaktadır[10].

Sistemden en fazla iş elde edebilmek için hal değişimin sonunda sistemin ölü hale gelmesi gerekir. Sistemin ölü halde olduğunda çevresi ile termodinamik dengede olduğu anlamına gelmektedir. Sistem çevresi ile dengede olduğu için çevre ile aynı sıcaklık ve basınçta ve kinetik, potansiyel enerjiye sahip değildir. Özel bir durum belirtilmediği sürece ölü hal sıcaklığı 298,15 K, basıncı ise 101,325 kPa'dır [28].

4.1. Enerji Analizi

Enerji iş yapabilme yeteneğidir. Genel olarak termodinamik bir sistemin iş ve ısı verme yeteneğidir. Bu tanımlamadan yola çıkarak ısı ve iş arasında bağlantı olduğu ve ısı ile iş arasında enerji akışı olduğu anlaşılmaktadır. Termodinamiğin birinci yasasına göre enerji asla kaybolamaz. Sistem ile çevresinin etkileşimi sırasında sistemin kaybettiği enerji çevrenin kazandığı enerjiye eşittir. Bir sisteme enerji geçişi ısı, enerji çıkışı ise iş olarak gerçekleşmektedir. Sistemin sahip olduğu enerjiyi tanımlamak için entalpi kavramı ortaya çıkmaktadır. Entalpi, maddelerde ya da sistemlerde depolanan her türden enerjilerin bütünüdür. Bu enerjiler temel olarak iç enerji ve akış enerjisi olarak değerlendirilmektedir. Birim kütlenin entalpisi h ile ifade edilmektedir [13].

Sistemin enerji analizi uygulanırken genel olarak kütle ve enerji dengesi gibi eşitliklerden faydalanır.

Kütle dengesi genel olarak Eş. (4.1)'de gösterilmektedir,

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_ç \quad (4.1)$$

Eş. (4.1)'de gösterilen $\sum \dot{m}_g$ sisteme giren toplam kütle akış miktarını, $\sum \dot{m}_ç$ sistemden çıkan toplam kütle akış miktarını ifade etmektedir.

Enerji denklemi Eş. (4.2)'de gösterilmektedir,

$$\dot{E} = \dot{m} \times h \quad (4.2)$$

Eş (4.2)'de gösterilen \dot{m} birim zamandaki kütle akışını, h akışkanın entalpi değerini ifade etmektedir.

Termik santral güç tesislerinde enerji analizi uygularken genellikle kinetik ve potansiyel enerjileri imal edildiğinden dolayı enerji dengesi Eş. (4.3)'teki formülde gösterilmektedir.

$$\sum \dot{E}_g + \dot{Q} = \sum \dot{E}_ç + \dot{W} \quad (4.3)$$

Eş. (4.3)'te gösterilen $\sum \dot{E}_g$ toplam enerji girişini, \dot{Q} birim zamandaki net ısı geçişini, $\sum \dot{E}_ç$ toplam enerji çıkışını ve \dot{W} birim zamandaki net gücü ifade etmektedir.

4.2. Ekserji Analizi

Ekserji, enerji kaynağının maksimum iş yapabilme potansiyelidir. Sistemlerdeki enerji kaynağının ne kadarı yararlı işe dönüşebileceği, iş yapabilirliğinin potansiyelidir. Ekserji enerjinin kullanılan kısmıdır, enerjinin kullanılmayan kısmı ise enerji olarak tanımlanmaktadır. Termodinamiğin ikinci yasasına dayanarak yapılan ekserji analizlerinde nitelik kıyaslamada yani kalitesinin belirlenmesinde entropi kavramı ortaya çıkmaktadır. Entropi, bir sistemin düzensizlik yada sistemdeki tersinmezliklerin ölçüsüdür. Tersinmezlik, iki yönlü çalışan sistemlerin iş sonrasında eski haline döndüğünde kaybettiği enerji miktarıdır [13]. Bu çalışmada ölü hal koşulları 25 °C ve 1 atm olarak alınmıştır.

Bir akışkanın kullanılabilirliği Eş. (4.4)'te gösterilmektedir,

$$\dot{E}_x = \dot{m}[(h_1 - h_0) - T_0(s_1 - s_0)] \quad (4.4)$$

Eş. (4.4)'te gösterilen \dot{m} birim zamandaki kütleli debiyi, h akışkanın entalpi değerini, T_0 çevre ölü hal sıcaklığını, s ise akışkanın entropi değerini ifade etmektedir.

Genel bir ifadeyle bir sistemin ekserji dengesi Eş. (4.5)'te gösterilmektedir,

$$\sum \dot{E}_{xg} + \sum \dot{E}_{xQ} = \sum \dot{E}_{xç} + \dot{W} + \dot{E}_{xd} \quad (4.5)$$

Eş. (4.5)'te gösterilen \dot{E}_{xg} giren ekserji, \dot{E}_{xQ} ısı geçişi ile ekserjiyi, $\dot{E}_{xç}$ çıkan ekserjiyi, \dot{W} gücü ve \dot{E}_{xd} ise ekserji kaybını belirtmektedir.

Isı enerjisinin bir kısmı işe dönüştürülür. İşe dönüştürülen kısmı enerjinin düzenli halidir. Isı geçişi ile oluşan ekserji geçişi, Eş. (4.6)'daki gibi ifade edilmektedir [29]

$$\dot{E}_{X_Q} = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \dot{Q} \quad (4.6)$$

Eş. (4.6)'da gösterilen T mutlak sıcaklığı (K), T_0 ölü hal sıcaklığını, \dot{Q} ise ısı geçişini ifade etmektedir.

Nükleer, manyetik, elektriksel ve yüzey gerilme etkilerinin olmaması durumunda ekserji çeşitleri fiziksel, kinetik, potansiyel ve kimyasal bileşenlerinden oluşmaktadır ve Eş. (4.7.a) ve Eş. (4.7.b)'de gösterilmektedir [29].

$$\dot{E}_X = \dot{E}_{X_{Kinetik}} + \dot{E}_{X_{Potansiyel}} + \dot{E}_{X_{Fiziksel}} + \dot{E}_{X_{Kimyasal}} \quad (4.7.a)$$

$$\dot{e} = \dot{e}_{Kinetik} + \dot{e}_{Potansiyel} + \dot{e}_{Fiziksel} + \dot{e}_{Kimyasal} \quad (4.7.b)$$

Eş. (4.7.b)'de gösterilen birim kütle için, $\dot{e}_{Kinetik}$, $\dot{e}_{Potansiyel}$, $\dot{e}_{Fiziksel}$, $\dot{e}_{Kimyasal}$ sırasıyla kinetik, potansiyel, fiziksel, kimyasal ekserjidir.

Ekserji kavramının en önemli boyutlarını maddeler halinde ifade edecek olursak;

- Ekserji, sistem ve çevrenin bir arada oluşturduğu kombine çevrimden elde edilebilen maksimum teorik iştir. Buradaki sistem, verilen bir durumdan çevre ile denge durumu olan ölü duruma geçer. Ölü durumda kombine sistem enerjiye sahiptir ancak ekserjiye sahip değildir. Yani ölü haldeyken bir sistemin kullanılabilirliği sıfırdır.
- Ekserji sistemde her zaman mevcuttur, negatif olamaz, ekserji muhafaza edilemez ancak dönüşümlerle kaldırılabilir. Gerçek süreçlerde tersinmezlikler nedeniyle ekserji tüketilir ya da yok edilir.
- Değeri sistem durumu ile belirli olduğundan ekserji, ekstensif özelliktir ve burada bahsi geçen çevre daha önceden belirlenmiş olmalıdır. Ekserji, birim kütle ya da birim mol başına göre yazıldığında intensif özellik olarak temsil edilebilir.
- Ekserji, sistem durumunun çevresel durumdan uzaklaşma ölçüsüdür. Verilen bir durumdaki T sıcaklığı ile çevrenin T_0 sıcaklığı arasındaki fark büyüdükçe ekserji değeri de buna bağlı olarak büyür.
- Çevreye göre göreceli olarak belirlendiğinden, sistemin kinetik ve potansiyel enerji büyüklüklerinin tamamı ekserji büyüklüğüne katılır.
- Ekserji, kimyasal ve termomekaniksel ekserjilerin toplamı şeklinde ifade edilir. Termomekaniksel ekserji, fiziksel, kinetik ve potansiyel ekserji şeklinde sınıflandırılır.

- Ekserji, sistemler arasında transfer edilebilmekte ve sistemler içindeki tersinmezlikler yüzünden kayba uğramaktadır. Bununla beraber ekserji, bir ekserji dengesi ile açıklanabilir [29].

Çizelge 4.1. Enerji ve ekserji kavramlarının karşılaştırılması [29]

Enerji	Ekserji
Termodinamiğin I. Kanunu ile ilgilidir.	Termodinamiğin II. Kanunu ile ilgilidir.
Niceliğin bir ölçütüdür.	Niceliğin ve kalitenin bir ölçütüdür.
Daima korunur. Yoktan var edilemez veyayok edilemez.	Tersinir proseslerde korunur, tersinmez proseslerde daima kaybolur.
Enerji, hareket veya hareket üretebilme kabiliyetidir.	Ekserji, iş veya iş üretebilme kabiliyetidir.
Sadece madde ve enerji akış parametrelerine bağlı, çevre parametrelerinden bağımsızdır.	Madde ve enerji akış parametrelerinin yanı sıra çevre parametrelerine de bağlıdır.

4.2.1. Kinetik Ekserji

Çevre sıcaklığı ve basıncı ne olursa olsun sistemin kinetik ekserjisi kendisine eşittir. Bunun nedeni kinetik enerjinin mekanik enerjinin çeşidi olması ve tamamen işe dönüştürülmesidir [14].

Bir sistemin kinetik ekserjisi aşağıdaki gibi Eş. (4.8)'de gösterilebilir,

$$\dot{E}_{\text{kinetik}} = \frac{\dot{m}V^2}{2} \quad (4.8)$$

Eş. (4.8)'de gösterilen V sistemin bulunduğu ortama göre hızını ifade etmektedir.

4.2.2. Potansiyel Ekserji

Mekanik enerjinin çeşidi olan potansiyel enerjide kinetik enerji gibi tamamen işe çevrilebilmektedir [29].

Bir sistemin potansiyel ekserjisi aşağıdaki gibi Eş. (4.9) ile gösterilebilir,

$$\dot{E}_{\text{potansiyel}} = \dot{m}gz \quad (4.9)$$

Eş. (4.9)'da gösterilen g yerçekimi ivmesini, z ise sistemin bulunduğu ortamdaki referans düzleme göre yüksekliğini ifade etmektedir.

4.2.3. Fiziksel Ekserji

Fiziksel ekserji, bir sistemin çevresi ile termal etkileşimde olan tersinir fiziksel proses ile başlangıç şartlarından (P_0, T_0) belirli çevre şartlarına getirildiği zaman yapılabilecek maksimum iş potansiyeli olarak ifade edilir [7].

Bir sistemin fiziksel ekserjisi aşağıdaki gibi Eş. (4.10)'da gösterilmiştir,

$$\dot{E}_{\text{fiziksel}} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (4.10)$$

Eş. (4.10)'da gösterilen h ve s sistemin mevcut durumdaki entalpi ve entropiyi, h_0 ve s_0 ise çevre şartlarındaki (T_0 ve P_0) entalpi ve entropiyi ifade etmektedir.

Herhangi bir durumda ve katı veya sıvıdan oluşan sistemin fiziksel ekserjisi aşağıdaki gibi Eş. (4.11)'de gösterilebilir,

$$\dot{E}_{\text{fiziksel}} = c \left[(T - T_0) - T_0 \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \right] + vm(P - P_0) \quad (4.11)$$

Herhangi bir durumda ve ideal gazlardan oluşan sistemin fiziksel ekserjisi aşağıdaki gibi Eş. (4.12)'de gösterilebilir,

$$\dot{E}_{\text{Fiziksel}} = C_p \left[(T - T_0) - T_0 \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \right] + RT_0 \ln \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (4.12)$$

Eş. (4.11)'de gösterilen c özgül ısıyı, T ölçüm sıcaklığını, T_0 ölü hal sıcaklığını, v özgül hacmi, m kütle, P ölçüm basıncını ve P_0 ölü hal basıncını ve Eş. (4.12)'de gösterilen C_p sabit basınçtaki özgül ısıyı, R ise gaz sabitini ifade etmektedir.

4.2.4. Kimyasal Ekserji

Fiziksel ekserjide T_0 ve P_0 sistemin denge durumu olarak ele alınmakta iken kimyasal ekserjide bu durum sistemin başlangıcı olarak ele alınmakta ve maddenin çevre ile ısı veya madde transferinde olduğu prosesler için ölü duruma yani başlangıca gelmesi sonucu alınabilecek en fazla işe kimyasal ekserji denmektedir [9].

Yakıtı içeren bileşenlere bağlı olarak yakıtın kimyasal ekserjisi hesaplanmaktadır. Szargut ve Strylska yakıtın ekserjisinin yakıtın ısı değerine oranını belirten φ ifade geliştirmişlerdir [7]. Eş. (4.13)'te φ oranı ifade edilmektedir.

$$\varphi = \frac{\varepsilon^0}{\text{NKD}^0} \quad (4.13)$$

Eş. (4.13)'te ε^0 yakıtın ekserjisini, NKD^0 ise yakıtın net kalorifik değerini yani yakıtın alt ısı değerini ifade etmektedir.

Kotas (1995), katı ve sıvı yakıtlar için ekserjilerinin nasıl hesaplanacağını aşağıda gösterildiği gibi ifade etmiştir. İçeriğinde Karbon (C), Hidrojen (H), Oksijen (O) ve Azot (N) bulunan O/C kütleli oranı 0,667' den küçük olan ve nem içermeyen katı fosil yakıtlar için ϕ oranı Eş. (4.14)'te hesaplanmaktadır,

$$\phi_{\text{kuru}} = 1,0437 + 0,1882 \frac{H}{C} + 0,0610 \frac{O}{C} + 0,0404 \frac{N}{C} \quad (4.14)$$

Formülde Hidrojen, Karbon, Oksijen ve Azot' un yakıtın içerisindeki kütleli oranı belirtmektedir. O/C oranı 0,667'den küçük ve odun haricindeki yakıtlar için + - 1 % hata payı olarak bulunmaktadır [9].

Odun ve O/C oranı $2,67 > O/C > 0,667$ oranında olan ve nem içermeyen katı fosilli yakıtlar için ϕ oranı Eş. (4.15)'te hesaplanmaktadır,

$$\phi_{\text{kuru}} = \frac{[1,0438 + 0,1882 \frac{H}{C} - 0,2509 (1 + \frac{0,7256H}{C}) + \frac{0,0383N}{C}]}{[1 - 0,3035 \frac{O}{C}]} \quad (4.15)$$

Nem içeren katı fosil yakıtlarda kimyasal ekserjiyi hesaplarken yakıtın net kalorifik değerine içerdiği suyun buharlaşması için gereken enerji eklenmektedir. Bu hesaplamaların yanında yakıtın içeriğindeki kükürt miktarının etkisi, yakıt içerisindeki diğer elementler gibi düzeltme katsayısı formüle eklenmiştir. Nem ve kükürdün eklendiği formül Eş. (4.16)'da hesaplanmaktadır,

$$\varepsilon^0 = [(NKD)^0 + wh_{fg}] \phi_{\text{kuru}} + [\varepsilon^s - (NKD)^{0s}] s \quad (4.16)$$

Eş. (4.16)'da gösterilen wh_{fg} sırasıyla suyun nem oranı ve buharlaşma ısıdır ve $0,1457 \times 2465,4 \frac{kJ}{kg}$ olarak hesaplanmaktadır.

Eş. (4.16)'da gösterilen S kükürdün yakıt içerisindeki kütleli oranı belirtmektedir.

Kükürdün ekserjik değeri $\varepsilon^s = 18\,676 \frac{kJ}{kg}$ ve net kalorifik değeri $(NKD)^{0s} = 9\,259 \frac{kJ}{kg}$ 'dır.

Bu iki değer farkı $\varepsilon^s - (NKD)^{0s} = 9\,417 \frac{kJ}{kg}$ olmakta ve formülde yerine koyulduğunda

Eş. (4.17)'deki formülde + - 1 % hata payı ile elde edilmektedir,

$$\varepsilon^0 = [(NKD)^0 + wh_{fg}] \phi_{\text{kuru}} + 9417 s \quad (4.17)$$

Kükürdün etkisi ele alınarak hesaplanan sıvı yakıtlarda ise ϕ sıvı + - 0,38% hata payı ile

Eş. (4.18)'de hesaplanmaktadır,

$$\phi_{\text{Sıvı}} = 1,0437 + 0,1728 \frac{H}{C} + 0,0432 \frac{O}{C} + 0,2169 \frac{S}{C} \left(1 - \frac{2,0628H}{C}\right) \quad (4.18)$$

4.2.5. Entropi Üretimi

Entropi üretimi, maddenin hal değişimi sırasında aşırı sürtünme, kimyasal tepkime, ısı geçişi ya da tersinmezlikler sonucunda oluşan entropi artışıdır. Eğer bir sistem tersinir hale geliyorsa entropi üretimi yoktur [10].

Entropi dengesi aşağıdaki denklemde Eş. (4.19)'da gösterilmektedir,

$$(\dot{S}_g - \dot{S}_ç) + \dot{S}_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{sistem}} \quad (4.19)$$

Eş. (4.19)'da \dot{S}_g sisteme giren entropiyi, $\dot{S}_ç$ sistemden çıkan entropiyi ve $\dot{S}_{\text{üretim}}$ ise entropi üretimini ifade etmektedir.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \sum(\dot{m}_ç \times S_ç) - \sum(\dot{m}_g \times S_g) + \sum \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_0} \geq 0 \quad (4.20.a)$$

Toplam entropi üretimi ve tersinmezlik Eş. (4.20.b)'de gösterilmektedir.

$$\dot{I} = \dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\sum_ç(\dot{m}_ç \times S_ç) - \sum_g(\dot{m}_g \times S_g)] \times T_0 \quad (4.20.b)$$

4.2.6. Termal Ekserji

Bir sistemin termal ekserjisi, sistemin fiziksel ekserjisi ve kimyasal ekserjisinin toplamıdır [9]. Bir sistemin termal ekserjisi, Eş. (4.21)'de gösterilmektedir.

$$\dot{E}x_{\text{termal}} = \dot{E}x_{\text{fiziksel}} + \dot{E}x_{\text{kimyasal}} \quad (4.21)$$

4.3. Termik Santrale Enerji ve Ekserji Analizi Uygulama Yöntemleri

Termik buharlı güç santrallerinde sistemin enerji ve ekserji analizi yapılırken çevresine göre hız ve yüksekliği sıfır alındığından dolayı kinetik ve potansiyel ekserjileri yok sayılmaktadır. Termik çevrimdeki akışkanın kimyasal herhangi bir değişime uğramaması ve çevreyle herhangi bir tepkimeye girmemesinden dolayı kimyasal ekserjiside yok sayılmaktadır [9].

Sonuç olarak termik buharlı güç sistemlerinin toplam ekserjisi toplam fiziksel ekserjiye eşit olmakta ve her bir noktanın ekserji hızı fiziksel ekserji hızına eşit olmaktadır [7].

Ekserji akış hızı Eş. (4.21)'de gösterilmektedir,

$$\dot{E}x = \dot{m} \epsilon \quad (4.22)$$

Eş. (4.22)'deki ϵ spesifik ekserjiyi ifade etmekte ve spesifik ekserjinin formülü kinetik, potansiyel, kimyasal ekserjilerinin yok sayılması ile Eş. (4.23)'teki gibi olmaktadır,

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{fiziksel}} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (4.23)$$

Eş. (4.24)' te ekserji akış hızı ise kütleli debinin spesifik ekserji ile çarpılmasıdır,

$$\dot{E}_x = \dot{m}[(h - h_0) - T_0(s - s_0)] \quad (4.24)$$

Birden çok giriş ve çıkışı olan sistemlerde ekserji dengesi denklemleri kullanılarak aşağıdaki gibi Eş. (4.25)'te yazılabilmektedir,

$$\sum \dot{E}_{x_g} + \sum \dot{E}_x \dot{Q} = \sum \dot{E}_{x_c} + \dot{W} + \dot{I} \quad (4.25)$$

Eş. (4.25)'te giren ve çıkan ekserjiler g ve c indisleriyle, iş transferinin ekserjisi ve tersinmezlikler \dot{W} ve \dot{I} indisleriyle gösterilmiştir.

Aşağıda termik santralde kullanılan her bir ekipman için enerji ve ekserji denklemleri verilmektedir.

4.3.1. Kömürün Termodinamik Analizi

Sistemde kullanılan kömürün kütleli kimyasal kompozisyonu ve kalorifik değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Ultra süper kritik buharlı güç üretim santralinde kazanda yakıt olarak kullanılan kömürün enerjisi $\dot{E}_{\text{kömür}}$, Eş (4.26) ile hesaplanır.

$$\dot{E}_{\text{kömür}} = \dot{m}_{\text{kömür}} \times H_u \quad (4.26)$$

Eş. 4.26'da, $\dot{m}_{\text{kömür}}$ birim saniyede tüketilen kömür miktarı ve H_u kömürün alt ısıl değeridir.

Çizelge 4.2. Kullanılan kömürün kütleli içeriği ve ısıl değerleri

Temel Analizler	Birim	Orijinal baz
Nem	%	14,57
Kül	%	7,01
Karbon (C)	%	60,91
Kükürt (S)	%	0,63
Hidrojen (H)	%	4,19
Azot & Oksijen	%	4,59
Oksijen (O)	%	6,3
Azot (N)	%	1,8
Toplam	%	100
Kömürün Üst Isıl Değer	kJ/kg	24900,26
Kömürün Alt Isıl Değer	kJ/kg	23650,44

Kömürün ekserjisi $\dot{E}x_{\text{kömür}}$ Eş. (4.27) ile hesaplanır.

$$\dot{E}x_{\text{kömür}} = \dot{m}_{\text{kömür}} \times \varepsilon^0 \quad (4.27)$$

Eş. (4.27)' de ε^0 yakıtın ekserjisidir ve Eş (4.17) ile hesaplanır.

$$\varepsilon^0 = [(NKD)^0 + wh_{fg}] \varphi_{\text{kuru}} + 9417 s \quad (4.17)$$

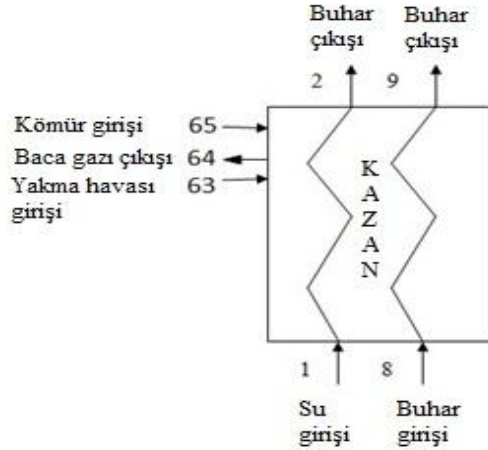
Eş. (4.17)'de $(NKD)^0$ yakıtın net kalorifik değerini yani yakıtın alt ısıl değerini, $w_{\text{kömürün}}$ içerisindeki suyun nem oranı (0,1457) ve h_{fg} yakıtın bulunduğu sıcaklıktaki suyun buharlaşma ısısıdır (2465,4 kJ/kg). φ_{kuru} yakıt ekserjisinin yakıtın ısıl değerine oranını, s kükürdün kömürün içerisindeki kütle oranını ifade etmektedir ve kömürün O/C oranı 0,667' den küçük olduğu için Eş (4.14) ile hesaplanmaktadır.

$$\varphi_{\text{kuru}} = 1,0437 + 0,1882 \frac{H}{C} + 0,0610 \frac{O}{C} + 0,0404 \frac{N}{C} \quad (4.14)$$

Eş (4.14)'te gösterilen $\frac{H}{C}$ Hidrojen karbon oranını, $\frac{O}{C}$ Oksijen karbon oranını ve $\frac{N}{C}$ Azot karbon oranını ifade etmektedir.

4.3.2. Kazanın Termodinamik Analizi

Şekil 4.1'de kazana giren ve çıkan kütle, baca gazı, su, buhar ve yakma havası gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ultra süper kritik kazanın akış şeması

Kazan için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (4.28)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 \quad (4.29)$$

$$\dot{m}_{63} = \dot{m}_{64} \quad (4.30)$$

Kazan için enerji dengesi yazılırsa, kazanda üretilen ısı Eş. (4.31) ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_{kazan} = \dot{E}_{kömür} + \dot{Q}_{kayıp} \quad (4.31)$$

Eş. (4.31)'de, $\dot{E}_{kömür}$ kömürün enerjisidir ve Eş (4.26) ile hesaplanır, $\dot{Q}_{kayıp}$ kazandaki ısı kayıplarıdır ve Eş (4.32)' de hesaplanır.

$$\dot{Q}_{kayıp} = \dot{E}_2 + \dot{E}_9 + \dot{E}_{64} - \dot{E}_1 - \dot{E}_8 - \dot{E}_{63} - \dot{E}_{65} \quad (4.32)$$

Eş (4.32)'de yakma havası ve baca gazının enerjilerini hesaplarırken havanın entalpi değerleri kullanılmaktadır. Yakma havasının ölü hal durumundaki sıcaklığı 25 °C yani 298,15 K olarak kabul edilmiş, entalpi ve entropi değeri sırasıyla 298,3345 kJ/kg, 1,695738 kJ/kgK'dir.

Kazanın birinci yasa verimi Eş. (4.33)'den hesaplanabilir.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{kazan}}{\dot{E}_{kömür}} \quad (4.33)$$

Kazan için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.34)'de hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{kazan} = \dot{E}x_g + \dot{E}x_{\check{c}} \quad (4.34)$$

$$\dot{I}_{kazan} = \dot{E}x_1 + \dot{E}x_8 + \dot{E}x_{63} + \dot{E}x_{65} - \dot{E}x_2 - \dot{E}x_9 - \dot{E}x_{64} \quad (4.35)$$

Kazanın ekserji verimi Eş. (4.36)'dan hesaplanabilir.

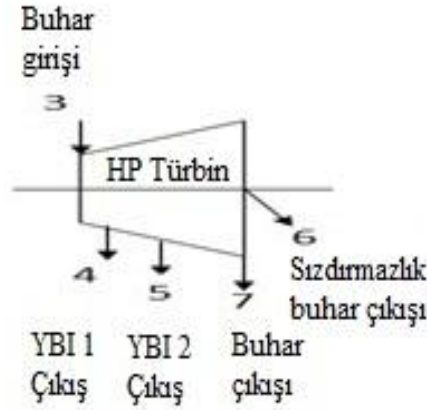
$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{I}_{kazan}}{\dot{E}x_{kömür}} \quad (4.36)$$

4.3.3. Türbin Grubunun Termodinamik Analizi

Alstom Beizhong power (Beijing) Co., LTD şirketi tarafından yapılmış olan türbin seti 1 adet yüksek basınçlı türbinden, 1 adet orta basınçlı türbinden, 2 adet düşük basınçlı türbinden oluşmaktadır.

4.3.3.1. Yüksek Basınç Türbinin Termodinamik Analizi

Şekil 4.2'de yüksek basınç türbinine girin ve çıkan buharlar gösterilmiştir. Sızdırmazlık buharı türbin şaftı ile türbin kasası arasındaki sızdırmazlığı sağlayan buhardır. Tam yükte sızdırmazlık buharı türbinden çıkarak sızdırmazlık buharı besleme hattına ve 4 numaralı ara kademe buharına gitmektedir.



Şekil 4.2. Yüksek basınçlı türbinin akış şeması

Yüksek basınç türbinini için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{m}_5 + \dot{m}_6 + \dot{m}_7 \quad (4.37)$$

Yüksek basınç türbinini için enerji dengesi yazılırsa, yüksek basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.38) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_a = \dot{E}_g - \dot{E}_c \quad (4.38)$$

$$\dot{W}_{a,YBT} = \dot{E}_3 - \dot{E}_4 - \dot{E}_5 - \dot{E}_6 - \dot{E}_7 \quad (4.39)$$

Eş. (4.38)'de \dot{W}_a türbinde üretilen gücü, \dot{E}_g türbine giren enerjiyi ve \dot{E}_c ise türbinden çıkan enerjiyi ifade etmektedir.

Yüksek basınç türbinini için ideal güç denklemi Eş. (4.40) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_s = \dot{m}_g \times h_g - \dot{m}_c \times h_{sç} \quad (4.40)$$

$$\dot{W}_{s,YBT} = \dot{m}_3 \times h_3 - \dot{m}_4 \times h_{s4} - \dot{m}_5 \times h_{s5} - \dot{m}_6 \times h_{s6} - \dot{m}_7 \times h_{s7} \quad (4.41)$$

Eş. (4.40)'ta \dot{W}_s türbinin ideal gücünü, \dot{m}_g ve \dot{m}_c türbine birim zamanda giren ve çıkan kütleleri, h_g türbine giren akışkanın entalpisini ve $h_{sç}$ türbinde sabit entropide genişleyen akışkanın entalpisini ifade etmektedir.

Yüksek basınç türbinini için izantropik verim denklemi Eş. (4.42) ile hesaplanır.

$$\eta_i = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_s} = \frac{\dot{W}_a \text{ üretilen güç}}{\dot{W}_s \text{ ideal güç}} \quad (4.42)$$

$$\eta_i = \frac{\dot{W}_{a,YBT}}{\dot{W}_{s,YBT}} \quad (4.43)$$

Yüksek basınç türbinini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.44) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_x = \dot{E}_{xg} - \dot{E}_{xc} \quad (4.44)$$

$$\dot{W}_{x,YBT} = \dot{E}x_3 - \dot{E}x_4 - \dot{E}x_5 - \dot{E}x_6 - \dot{E}x_7 \quad (4.45)$$

Eş. (4.44)'te \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü, $\dot{E}x_g$ türbine giren ekserjiyi ve $\dot{E}x_ç$ ise türbinden çıkan ekserjiyi ifade etmektedir.

Yüksek basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.46)'da hesaplanmaktadır.

$$\dot{I} = \dot{W}_x - \dot{W}_a \quad (4.46)$$

$$\dot{I}_{YBT} = \dot{W}_{x,YBT} - \dot{W}_{a,YBT} \quad (4.47)$$

Eş. (4.46)' da \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü ve \dot{W}_a türbinde üretilen gücü ifade etmektedir.

Yüksek basınç türbini için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

$$\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_4 \times s_4 + \dot{m}_5 \times s_5 + \dot{m}_6 \times s_6 + \dot{m}_7 \times s_7 - \dot{m}_3 \times s_3] \times T_0 \quad (4.48)$$

Yüksek basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.49)'dan ya da Eş. (4.51)'den hesaplanabilir.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_x} \quad (4.49)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,YBT}}{\dot{W}_{x,YBT}} \quad (4.50)$$

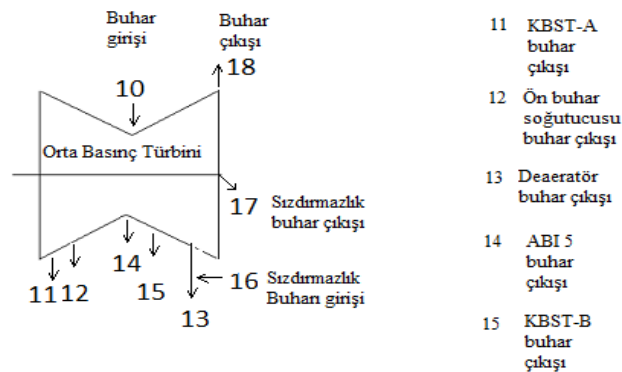
ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_x} \quad (4.51)$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,YBT}} \quad (4.52)$$

4.3.3.2. Orta Basınç Türbinin Termodinamik Analizi

Şekil 4.3'te orta basınç türbinine giren ve çıkan buharlar gösterilmiştir. Tam yükte sızdırmazlık buharı türbinden çıkarak sızdırmazlık buharı besleme hattına gitmektedir.



Şekil 4.3. Orta basınçlı türbinin akış şeması

Orta basınç türbini için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{10} + \dot{m}_{16} = \dot{m}_{11} + \dot{m}_{12} + \dot{m}_{13} + \dot{m}_{14} + \dot{m}_{15} + \dot{m}_{17} + \dot{m}_{18} \quad (4.53)$$

Orta basınç türbini için enerji dengesi yazılırsa, orta basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.38) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_a = \dot{E}_g - \dot{E}_c \quad (4.38)$$

Eş. (4.38)'de \dot{W}_a türbinde üretilen gücü, \dot{E}_g türbine giren enerjiyi ve \dot{E}_c ise türbinden çıkan enerjiyi ifade etmektedir.

$$\dot{W}_{a,OBT} = \dot{E}_{10} - \dot{E}_{11} - \dot{E}_{12} - \dot{E}_{13} - \dot{E}_{14} - \dot{E}_{15} - \dot{E}_{17} - \dot{E}_{18} \quad (4.54)$$

Şekil 4.3'te gösterildiği gibi 16 numaralı düğüm noktası 13 numaralı düğüm noktasına eklendiği (türbinde genişlemediği) için Eş. (4.54)'te hesaplamalara eklenmemiştir.

Orta basınç türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.40) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_s = \dot{m}_g \times h_g - \dot{m}_c \times h_{s_c} \quad (4.40)$$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{s,OBT} = & \dot{m}_{10} \times h_{10} - \dot{m}_{11} \times h_{s11} - \dot{m}_{12} \times h_{s12} - \dot{m}_{13} \times h_{s13} - \dot{m}_{14} \times h_{s14} - \\ & \dot{m}_{15} \times h_{s15} - \dot{m}_{17} \times h_{s17} - \dot{m}_{18} \times h_{s18} \end{aligned} \quad (4.55)$$

Eş. (4.40)'ta \dot{W}_s türbinin ideal gücünü \dot{m}_g ve \dot{m}_c türbine birim zamanda giren ve çıkan kütleleri, h_g türbine giren akışkanın entalpisini ve h_{s_c} türbinde sabit entropide genişleyen akışkanın entalpisini ifade etmektedir.

Orta basınç türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.42) ile hesaplanır.

$$\eta_i = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_s} = \frac{\dot{W}_a \text{ üretilen güç}}{\dot{W}_s \text{ ideal güç}} \quad (4.42)$$

$$\eta_i = \frac{\dot{W}_{a,OBT}}{\dot{W}_{s,OBT}} \quad (4.56)$$

Orta basınç türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.44) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_x = \dot{E}_{x_g} - \dot{E}_{x_c} \quad (4.44)$$

$$\dot{W}_{x,OBT} = \dot{E}_{x10} - \dot{E}_{x11} - \dot{E}_{x12} - \dot{E}_{x13} - \dot{E}_{x14} - \dot{E}_{x15} - \dot{E}_{x17} - \dot{E}_{x18} \quad (4.57)$$

Eş. (4.44)'te \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü, \dot{E}_{x_g} türbine giren ekserjiyi ve \dot{E}_{x_c} ise türbinden çıkan ekserjiyi ifade etmektedir.

Orta basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.46)'da hesaplanmaktadır.

$$\dot{I} = \dot{W}_x - \dot{W}_a \quad (4.46)$$

$$\dot{I}_{OBT} = \dot{W}_{x,OBT} - \dot{W}_{a,OBT} \quad (4.58)$$

Eş. (4.46)'da \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü ve \dot{W}_a türbinde üretilen gücü ifade etmektedir.

Orta basınç türbini için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

$$\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{11} \times s_{11} + \dot{m}_{12} \times s_{12} + \dot{m}_{13} \times s_{13} + \dot{m}_{14} \times s_{14} + \dot{m}_{15} \times s_{15} + \dot{m}_{17} \times s_{17} + \dot{m}_{18} \times s_{18} - \dot{m}_{10} \times s_{10}] \times T_0 \quad (4.59)$$

Orta basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.49)'dan ya da Eş. (4.51)'den hesaplanabilir.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_x} \quad (4.49)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,OBT}}{\dot{W}_{x,OBT}} \quad (4.60)$$

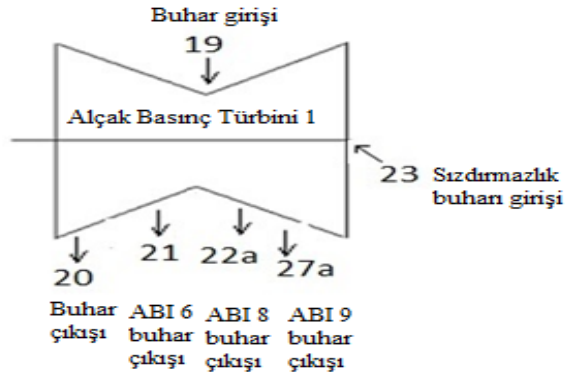
Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_x} \quad (4.51)$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,OBT}} \quad (4.61)$$

4.3.3.3. 1 Numaralı Alçak Basınç Türbinin Termodinamik Analizi

Şekil 4.4'te 1 numaralı alçak basınç türbinine giren ve çıkan buharlar gösterilmiştir. Tam yükte 1 ve 2 numaralı alçak basınç türbinlerinin egzozunda vakum olduğu için türbin şaftı ve türbin kasası arasında sızdırmazlığı sağlamak amacıyla sızdırmazlık buharı hattından buhar beslenmektedir.



Şekil 4.4. 1 numaralı alçak basınç türbinin akış şeması

1 numaralı alçak basınç türbini için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{19} + \dot{m}_{23} = \dot{m}_{20} + \dot{m}_{21} + \dot{m}_{22a} + \dot{m}_{27a} \quad (4.62)$$

1 numaralı alçak basınç türbini için enerji dengesi yazılırsa, 1 numaralı alçak basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.38) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_a = \dot{E}_g - \dot{E}_c \quad (4.38)$$

$$\dot{W}_{a,ABT-1} = \dot{E}_{19} - \dot{E}_{20} - \dot{E}_{21} - \dot{E}_{22a} - \dot{E}_{27a} \quad (4.63)$$

Eş. (4.38)'de \dot{W}_a türbinde üretilen gücü, \dot{E}_g türbine giren enerjiyi ve \dot{E}_c ise türbinden çıkan enerjiyi ifade etmektedir.

1 numaralı alçak basınç türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.40) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_s = \dot{m}_g \times h_g - \dot{m}_c \times h_{s_c} \quad (4.40)$$

$$\dot{W}_{s,ABT-1} = \dot{m}_{19} \times h_{19} - \dot{m}_{20} \times h_{s20} - \dot{m}_{21} \times h_{s21} - \dot{m}_{22a} \times h_{s22a} - \dot{m}_{27a} \times h_{s27a} \quad (4.64)$$

Eş. (4.40)'ta \dot{W}_s türbinin ideal gücünü \dot{m}_g ve \dot{m}_c türbine birim zamanda giren ve çıkan kütleleri, h_g türbine giren akışkanın entalpisini ve h_{s_c} türbinde sabit entropide genişleyen akışkanın entalpisini ifade etmektedir.

1 numaralı alçak basınç türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.42) ile hesaplanır.

$$\eta_1 = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_s} = \frac{\dot{W}_a \text{ üretilen güç}}{\dot{W}_s \text{ ideal güç}} \quad (4.42)$$

$$\eta_1 = \frac{\dot{W}_{a,ABT-1}}{\dot{W}_{s,ABT-1}} \quad (4.65)$$

1 numaralı alçak basınç türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.44) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_x = \dot{E}_{x_g} - \dot{E}_{x_c} \quad (4.44)$$

$$\dot{W}_{x,ABT-1} = \dot{E}_{x19} - \dot{E}_{x20} - \dot{E}_{x21} - \dot{E}_{x22a} - \dot{E}_{x27a} \quad (4.66)$$

Eş. (4.44)'te \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü, \dot{E}_{x_g} türbine giren ekserjiyi ve \dot{E}_{x_c} ise türbinden çıkan ekserjiyi ifade etmektedir.

1 numaralı alçak basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.46)'da hesaplanmaktadır.

$$\dot{I} = \dot{W}_x - \dot{W}_a \quad (4.46)$$

$$\dot{I}_{ABT-1} = \dot{W}_{x,ABT-1} - \dot{W}_{a,ABT-1} \quad (4.67)$$

Eş. (4.46)'da \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü ve \dot{W}_a türbinde üretilen gücü ifade etmektedir.

1 numaralı alçak basınç türbini için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

$$\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{20} \times s_{20} + \dot{m}_{21} \times s_{21} + \dot{m}_{22a} \times s_{22a} + \dot{m}_{27a} \times s_{27a} - \dot{m}_{19} \times s_{19}] \times T_0 \quad (4.68)$$

1 numaralı alçak basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.49)'dan ya da Eş. (4.51)'den hesaplanabilir.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_x} \quad (4.49)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,ABT-1}}{\dot{W}_{x,ABT-1}} \quad (4.69)$$

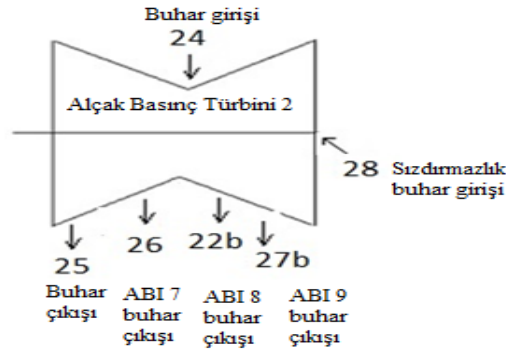
Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_x} \quad (4.51)$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,ABT-1}} \quad (4.70)$$

4.3.3.4. 2 Numaralı Alçak Basınç Türbinin Termodinamik Analizi

Şekil 4.5'te 2 numaralı alçak basınç türbinine giren ve çıkan buharlar gösterilmiştir.



Şekil 4.5. 2 numaralı alçak basınç türbinin akış şeması

Şekil 4.5'te 2 numaralı alçak basınç türbinine giren ve çıkan buharlar gösterilmiştir. 2 numaralı alçak basınç türbini için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{24} + \dot{m}_{28} = \dot{m}_{22b} + \dot{m}_{25} + \dot{m}_{26} + \dot{m}_{27b} \quad (4.71)$$

2 numaralı alçak basınç türbini için enerji dengesi yazılırsa, 2 numaralı alçak basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.38) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_a = \dot{E}_g - \dot{E}_ç \quad (4.38)$$

$$\dot{W}_{a,ABT-2} = \dot{E}_{24} - \dot{E}_{22b} - \dot{E}_{25} - \dot{E}_{26} - \dot{E}_{27b} \quad (4.72)$$

Eş. (4.38)'de \dot{W}_a türbinde üretilen gücü, \dot{E}_g türbine giren enerjiyi ve \dot{E}_c ise türbinden çıkan enerjiyi ifade etmektedir.

2 numaralı alçak basınç türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.40) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_s = \dot{m}_g \times h_g - \dot{m}_c \times h_{sç} \quad (4.40)$$

$$\dot{W}_{s,ABT-2} = \dot{m}_{24} \times h_{24} - \dot{m}_{22b} \times h_{s22b} - \dot{m}_{25} \times h_{s25} - \dot{m}_{26} \times h_{s26} - \dot{m}_{27b} \times h_{s27b} \quad (4.73)$$

Eş. (4.40)'ta \dot{W}_s türbinin ideal gücünü \dot{m}_g ve \dot{m}_c türbine birim zamanda giren ve çıkan kütleyi, h_g türbine giren akışkanın entalpisini ve $h_{sç}$ türbinde sabit entropide genişleyen akışkanın entalpisini ifade etmektedir.

2 numaralı alçak basınç türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.42) ile hesaplanır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_s} = \frac{\dot{W}_a \text{ üretilen güç}}{\dot{W}_s \text{ ideal güç}} \quad (4.42)$$

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,ABT-2}}{\dot{W}_{s,ABT-2}} \quad (4.74)$$

2 numaralı alçak basınç türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.44) ile hesaplanır.

$$\dot{W}_x = \dot{E}x_g - \dot{E}x_c \quad (4.44)$$

$$\dot{W}_{x,ABT-2} = \dot{E}x_{24} - \dot{E}x_{22b} - \dot{E}x_{25} - \dot{E}x_{26} - \dot{E}x_{27b} \quad (4.75)$$

Eş. (4.44)'te \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü, $\dot{E}x_g$ türbine giren ekserjiyi ve $\dot{E}x_c$ ise türbinden çıkan ekserjiyi ifade etmektedir.

2 numaralı alçak basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.46)'da hesaplanmaktadır.

$$\dot{I} = \dot{W}_x - \dot{W}_a \quad (4.46)$$

$$\dot{I}_{ABT-2} = \dot{W}_{x,ABT-2} - \dot{W}_{a,ABT-2} \quad (4.76)$$

Eş. (4.46)' da \dot{W}_x türbinde maksimum kullanılabilir gücü ve \dot{W}_a türbinde üretilen gücü ifade etmektedir.

2 numaralı alçak basınç türbini için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{22b} \times s_{22b} + \dot{m}_{25} \times s_{25} + \dot{m}_{26} \times s_{26} + \dot{m}_{27b} \times s_{27b} - \dot{m}_{24} \times s_{24}] \times T_0 \quad (4.77)$$

2 numaralı alçak basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.49)'dan ya da Eş. (4.51)'den hesaplanabilir.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_x} \quad (4.49)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,ABT-2}}{\dot{W}_{x,ABT-2}} \quad (4.78)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_x} \quad (4.51)$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,ABT-2}} \quad (4.79)$$

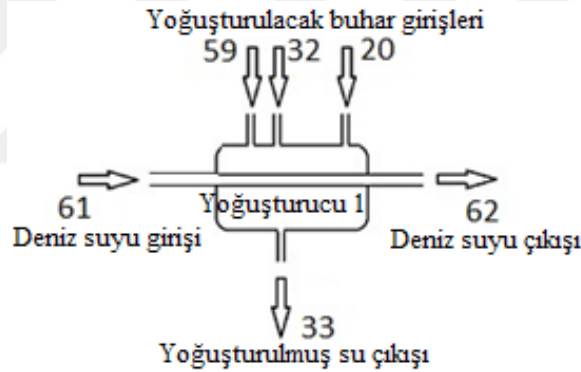
Türbinlerde elde edilen toplam güç ise Eş. (4.80)'deki gibi hesaplanabilir.

$$\dot{W}_{\text{Toplam}} = \dot{W}_{a,YBT} + \dot{W}_{a,OBT} + \dot{W}_{a,ABT-1} + \dot{W}_{a,ABT-2} \quad (4.80)$$

4.3.4. Yoğuşturucu Grubunun Termodinamik Analizi

4.3.4.1. 1 Numaralı Yoğuşturucunun Termodinamik Analizi

Şekil 4.6'da 1 numaralı yoğuşturucuya giren ve çıkan kütleler gösterilmiştir.



Şekil 4.6. 1 numaralı yoğuşturucunun akış şeması

1 numaralı yoğuşturucu için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{20} + \dot{m}_{32} + \dot{m}_{59} = \dot{m}_{33} \quad (4.81)$$

$$\dot{m}_{61} = \dot{m}_{62} \quad (4.82)$$

1 numaralı yoğuşturucu için akışkandan atılan enerji Eş. (4.83)'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{yoğ1}} = \dot{E}_g - \dot{E}_ç \quad (4.83)$$

$$\dot{Q}_{\text{yoğ1}} = \dot{E}_{20} + \dot{E}_{32} + \dot{E}_{59} - \dot{E}_{33} \quad (4.84)$$

1 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun enerjisi Eş. (4.85)'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{ds1} = \dot{E}_\zeta - \dot{E}_g \quad (4.85)$$

$$\dot{E}_{ds1} = \dot{E}_{62} - \dot{E}_{61} \quad (4.86)$$

1 numaralı yoğuşturucuda akışkandan atılan ekserji Eş. (4.87)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{yoğ1} = \dot{E}x_g - \dot{E}x_\zeta \quad (4.87)$$

$$\dot{E}x_{yoğ1} = \dot{E}x_{20} + \dot{E}x_{32} + \dot{E}x_{59} - \dot{E}x_{33} \quad (4.88)$$

1 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun ekserjisi Eş. (4.89)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{ds1} = \dot{E}x_\zeta - \dot{E}x_g \quad (4.89)$$

$$\dot{E}x_{ds1} = \dot{E}x_{62} - \dot{E}x_{61} \quad (4.90)$$

1 numaralı yoğuşturucunun enerji verimi Eş. (4.91)'deki gibi hesaplanmaktadır.

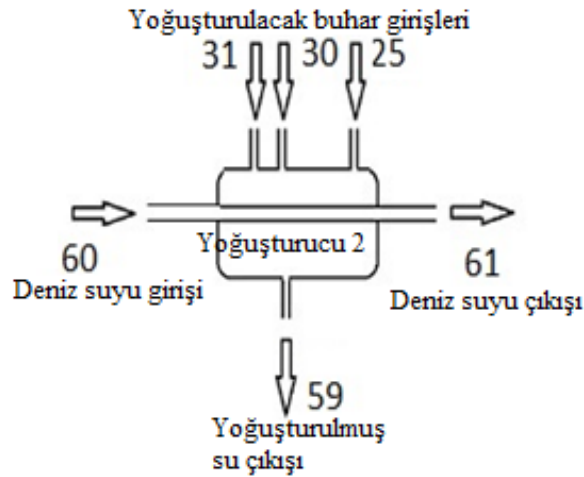
$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{yoğ1}}{\dot{E}_{ds1}} \quad (4.91)$$

1 numaralı yoğuşturucunun ekserji verimi Eş. (4.92)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \left(\frac{\dot{E}x_{yoğ1}}{\dot{E}x_{ds1}} \right) \quad (4.92)$$

4.3.4.2. 2 Numaralı Yoğuşturucunun Termodinamik Analizi

Şekil 4.7'de 2 numaralı yoğuşturucuya giren ve çıkan kütleler gösterilmiştir.



Şekil 4.7. 2 numaralı yoğuşturucunun akış şeması

2 numaralı yoğuşturucu için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{25} + \dot{m}_{30} + \dot{m}_{31} = \dot{m}_{59} \quad (4.93)$$

$$\dot{m}_{60} = \dot{m}_{61} \quad (4.94)$$

2 numaralı yoğuşturucu için akışkandan atılan enerji Eş. (4.83)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{yoğ2} = \dot{E}_{25} + \dot{E}_{30} + \dot{E}_{31} - \dot{E}_{59} \quad (4.95)$$

2 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun enerjisi Eş. (4.85)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{ds2} = \dot{E}_{61} - \dot{E}_{60} \quad (4.96)$$

2 numaralı yoğuşturucuda akışkandan atılan ekserji Eş. (4.87)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}x_{yoğ2} = \dot{E}x_{25} + \dot{E}x_{30} + \dot{E}x_{31} - \dot{E}x_{59} \quad (4.97)$$

2 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun ekserjisi Eş. (4.89)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}x_{ds2} = \dot{E}x_{61} - \dot{E}x_{60} \quad (4.98)$$

2 numaralı yoğuşturucunun enerji verimi Eş. (4.91)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

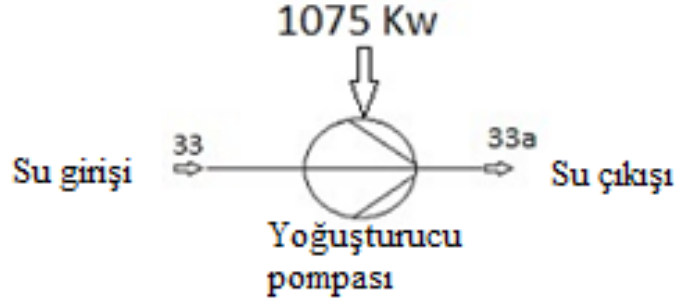
$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{yoğ2}}{\dot{E}_{ds2}} \quad (4.91)$$

2 numaralı yoğuşturucunun ekserji verimi Eş. (4.92)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_{II} = 1 - \left(\frac{\dot{E}x_{yoğ2}}{\dot{E}x_{ds2}} \right) \quad (4.92)$$

4.3.5. Yoğuşturucu Pompasının Termodinamik Analizi

Şekil 4.8'de yoğuşturucu pompasına giren, çıkan kütleler ve pompaya verilen enerji gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Yoğuşturucu pompasının akış şeması

Yoğuşturucu pompası için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{33} = \dot{m}_{33a} \quad (4.99)$$

Yoğuşturucu pompasında elde edilen iş Eş. (4.100)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,pompa} = \dot{E}_\zeta - \dot{E}_g \quad (4.100)$$

$$\dot{W}_{a,pompa} = \dot{E}_{33a} - \dot{E}_{33} \quad (4.101)$$

Yoğuşturucu pompasının enerji verimi Eş. (4.102)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,pompa}}{\text{Verilen enerji}} \quad (4.102)$$

Yoğuşturucu pompasının ideal işi Eş. (4.103)'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s,pompa} = \dot{m}_\zeta \times h_{s\zeta} - \dot{m}_g \times h_g \quad (4.103)$$

Eş. (4.97)'de ifade edilen $h_{s\zeta}$ pompanın girişindeki entropi çıkışındaki entropiye eşittir ve o durumdaki entalpi değerini ifade etmektedir.

$$\dot{W}_{s,pompa} = \dot{m}_{33a} \times h_{s33a} - \dot{m}_{33} \times h_{33} \quad (4.104)$$

Yoğuşturucu pompasının izantropik verimi Eş. (4.105)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{s,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} \quad (4.105)$$

Yoğuşturucu pompasının tersinir işi Eş. (4.106)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x,pompa} = \dot{E}_{x\zeta} - \dot{E}_{xg} \quad (4.106)$$

$$\dot{W}_{x,pompa} = \dot{E}_{x33a} - \dot{E}_{x33} \quad (4.107)$$

Yoğuşturucu pompasının ekserji kaybı Eş. (4.108)'deki gibi hesaplanmaktadır.

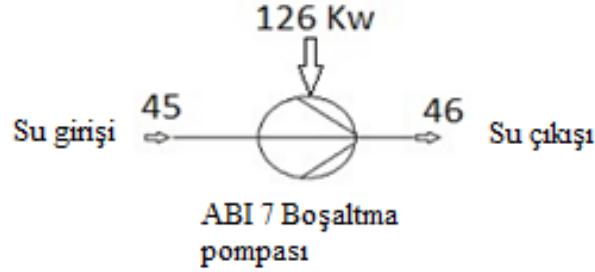
$$\dot{I} = \dot{W}_{a,pompa} - \dot{W}_{x,pompa} \quad (4.108)$$

Yoğuşturucu pompasının ekserji verimi Eş. (4.109)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{x,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} \quad (4.109)$$

4.3.6. 7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısı Boşaltma Pompasının Termodinamik Analizi

Şekil 4.9'da 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının boşaltma pompasına giren, çıkan kütleler ve pompaya verilen enerji gösterilmiştir.



Şekil 4.9. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının akış şeması

ABI-7 boşaltma pompası için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{45} = \dot{m}_{46} \quad (4.110)$$

ABI-7 boşaltma pompasında elde edilen iş Eş. (4.100)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{a,pompa} = \dot{E}_c - \dot{E}_g \quad (4.100)$$

$$\dot{W}_{a,pompa} = \dot{E}_{46} - \dot{E}_{45} \quad (4.111)$$

ABI-7 boşaltma pompasının enerji verimi Eş. (4.102)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_1 = \frac{\dot{W}_{a,pompa}}{\text{Verilen enerji}} \quad (4.102)$$

ABI-7 boşaltma pompasının ideal işi Eş. (4.103)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{s,pompa} = \dot{m}_c \times h_{s_c} - \dot{m}_g \times h_g \quad (4.103)$$

Eş. (4.97)'de ifade edilen h_{s_c} pompanın girişindeki entropi çıkışındaki entropiye eşittir ve o durumdaki entalpi değerini ifade etmektedir.

$$\dot{W}_{s,pompa} = \dot{m}_{46} \times h_{s46} - \dot{m}_{45} \times h_{45} \quad (4.112)$$

ABI-7 boşaltma pompasının izantropik verimi Eş. (4.105)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{s,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} \quad (4.105)$$

ABI-7 boşaltma pompasının tersinir işi Eş. (4.106)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{x,pompa} = \dot{E}_{x_c} - \dot{E}_{x_g} \quad (4.106)$$

$$\dot{W}_{x,pompa} = \dot{E}_{x_{46}} - \dot{E}_{x_{45}} \quad (4.113)$$

ABI-7 boşaltma pompasının ekserji kaybı Eş. (4.108)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

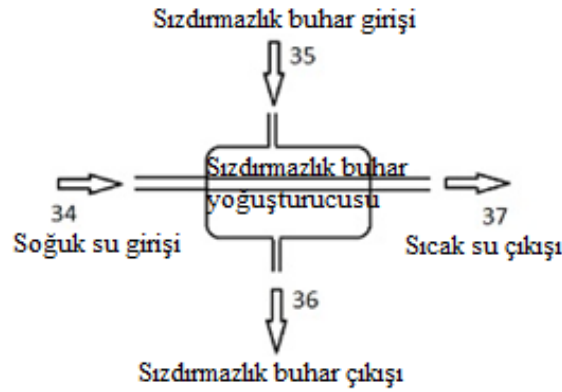
$$\dot{I} = \dot{W}_{a,pompa} - \dot{W}_{x,pompa} \quad (4.108)$$

ABI-7 boşaltma pompasının ekserji verimi Eş. (4.109)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{x,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} \quad (4.109)$$

4.3.7. Sızdırmazlık Buharı Yoğuşturucusunun Termodinamik Analizi

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu türbinlerin şaft ve kasası arasından gelen sızdırmazlık buharını yoğuşturur, bu işlem sırasında kondenser suyumuzu belirli miktar ısıtmış oluruz. Şekil 4.10'da sızdırmazlık buharı yoğuşturucusuna giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusunun akış şeması

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{34} = \dot{m}_{37} \quad (4.114)$$

$$\dot{m}_{35} = \dot{m}_{36} \quad (4.115)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{yoğ} = \dot{E}_c - \dot{E}_g \quad (4.83)$$

$$\dot{Q}_{yoğ} = \dot{E}_{37} - \dot{E}_{34} \quad (4.116)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{yoğ} = \dot{E}_g - \dot{E}_ç \quad (4.117)$$

$$\dot{E}_{yoğ} = \dot{E}_{35} - \dot{E}_{36} \quad (4.118)$$

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusunun enerji verimi Eş. (4.119)'da hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{yoğ}}{\dot{E}_{yoğ}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}X_{yoğ} = \dot{E}X_g - \dot{E}X_ç \quad (4.120)$$

$$\dot{E}X_{yoğ} = \dot{E}X_{35} - \dot{E}X_{36} \quad (4.121)$$

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

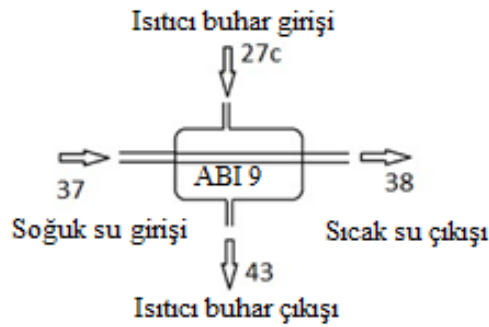
$$\dot{S}_{üretim} \times T_0 = [\dot{m}_{36} \times s_{36} + \dot{m}_{37} \times s_{37} - \dot{m}_{35} \times s_{35} - \dot{m}_{34} \times s_{34}] \times T_0 \quad (4.122)$$

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusunun ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{üretim} \times T_0}{\dot{E}X_{harcanan \ ek}} \quad (4.123)$$

4.3.8. 9 Numaralı alçak basınç ısıtıcısının termodinamik analizi

Şekil 4.11 'de 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.11. 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{37} = \dot{m}_{38} \quad (4.124)$$

$$\dot{m}_{27c} = \dot{m}_{43} \quad (4.125)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{38} - \dot{E}_{37} \quad (4.126)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{27c} - \dot{E}_{43} \quad (4.127)$$

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)' da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{27c} - \dot{E}X_{43} \quad (4.128)$$

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

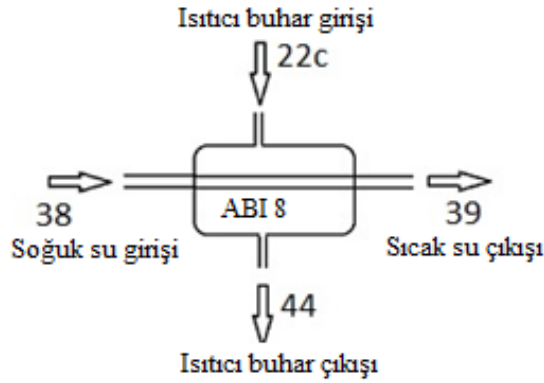
$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{38} \times s_{38} + \dot{m}_{43} \times s_{43} - \dot{m}_{27c} \times s_{27c} - \dot{m}_{37} \times s_{37}] \times T_0 \quad (4.129)$$

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.9. 8 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi

Şekil 4.12'de 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.12. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{38} = \dot{m}_{39} \quad (4.130)$$

$$\dot{m}_{22c} = \dot{m}_{44} \quad (4.131)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{39} - \dot{E}_{38} \quad (4.132)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{22c} - \dot{E}_{44} \quad (4.133)$$

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{22c} - \dot{E}X_{44} \quad (4.134)$$

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için e tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

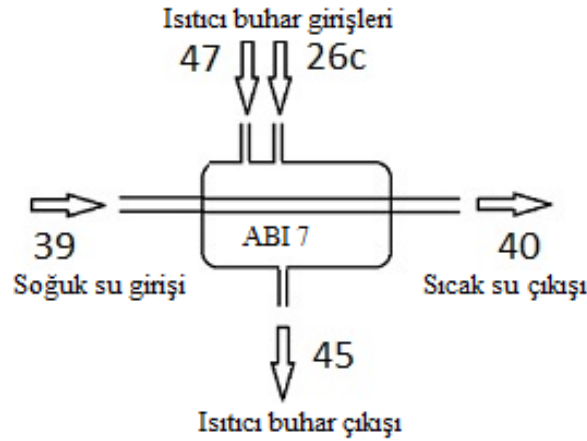
$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{39} \times s_{39} + \dot{m}_{44} \times s_{44} - \dot{m}_{22c} \times s_{22c} - \dot{m}_{38} \times s_{38}] \times T_0 \quad (4.135)$$

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.10. 7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi

Şekil 4.13'te 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.13. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{39} = \dot{m}_{40} \quad (4.136)$$

$$\dot{m}_{26c} + \dot{m}_{47} = \dot{m}_{45} \quad (4.137)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{40} - \dot{E}_{39} \quad (4.138)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{26c} + \dot{E}_{47} - \dot{E}_{45} \quad (4.139)$$

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{26c} + \dot{E}X_{47} - \dot{E}X_{45} \quad (4.140)$$

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

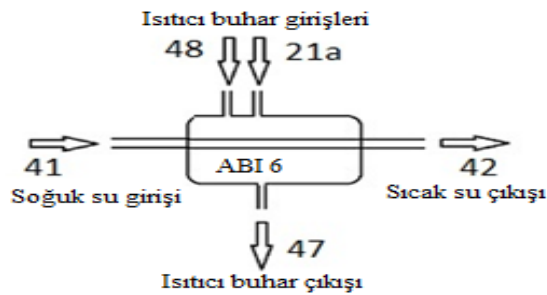
$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{40} \times s_{40} + \dot{m}_{45} \times s_{45} - \dot{m}_{26c} \times s_{26c} - \dot{m}_{39} \times s_{39} - \dot{m}_{47} \times s_{47}] \times T_0 \quad (4.141)$$

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.11. 6 Numaralı alçak basınç ısıtıcısının termodinamik analizi

Şekil 4.14'te 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.14. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için kütlelenin korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{41} = \dot{m}_{42} \quad (4.142)$$

$$\dot{m}_{21a} + \dot{m}_{48} = \dot{m}_{47} \quad (4.143)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{42} - \dot{E}_{41} \quad (4.144)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{21a} + \dot{E}_{48} - \dot{E}_{47} \quad (4.145)$$

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{21a} + \dot{E}X_{48} - \dot{E}X_{47} \quad (4.146)$$

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

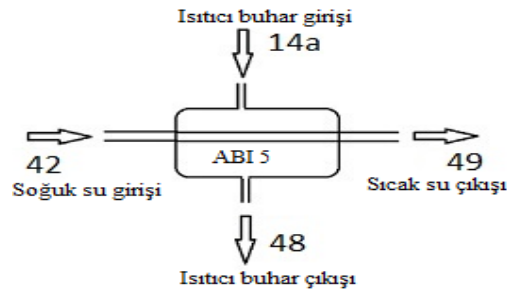
$$\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{42} \times s_{42} + \dot{m}_{47} \times s_{47} - \dot{m}_{21a} \times s_{21a} - \dot{m}_{41} \times s_{41} - \dot{m}_{48} \times s_{48}] \times T_0 \quad (4.147)$$

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.12. 5 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi

Şekil 4.15'te 5 numaralı alçak basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.15. 5 numaralı alçak basınç ısıtıcısının akış şeması

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{42} = \dot{m}_{49} \quad (4.148)$$

$$\dot{m}_{14a} = \dot{m}_{48} \quad (4.149)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{49} - \dot{E}_{42} \quad (4.150)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{14a} - \dot{E}_{48} \quad (4.151)$$

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{14a} - \dot{E}X_{48} \quad (4.152)$$

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

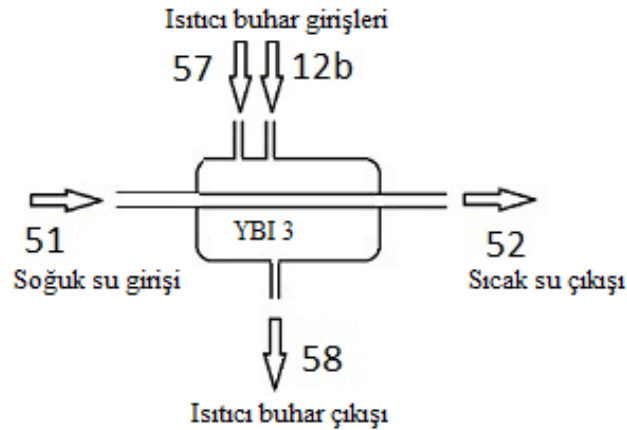
$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{48} \times s_{48} + \dot{m}_{49} \times s_{49} - \dot{m}_{14a} \times s_{14a} - \dot{m}_{42} \times s_{42}] \times T_0 \quad (4.153)$$

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.13.3 Numaralı yüksek basınç ısıtıcısının termodinamik analizi

Şekil 4.16'da 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.16. 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının akış şeması

3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{51} = \dot{m}_{52} \quad (4.154)$$

$$\dot{m}_{12b} + \dot{m}_{57} = \dot{m}_{58} \quad (4.155)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{52} - \dot{E}_{51} \quad (4.156)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{12b} + \dot{E}_{57} - \dot{E}_{58} \quad (4.157)$$

3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{12b} + \dot{E}X_{57} - \dot{E}X_{58} \quad (4.158)$$

3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

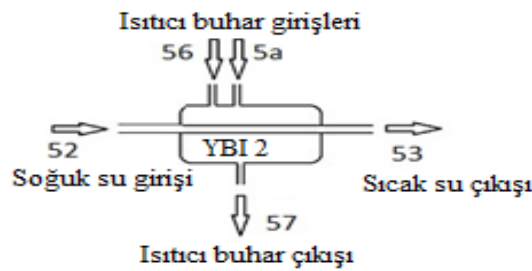
$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{52} \times s_{52} + \dot{m}_{58} \times s_{58} - \dot{m}_{12b} \times s_{12b} - \dot{m}_{51} \times s_{51} - \dot{m}_{57} \times s_{57}] \times T_0 \quad (4.159)$$

3 numaralı a yüksek basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.14. 2 Numaralı yüksek basınç ısıtıcısının termodinamik analizi

Şekil 4.17'de 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.17. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının akış şeması

2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{52} = \dot{m}_{53} \quad (4.160)$$

$$\dot{m}_{5a} + \dot{m}_{56} = \dot{m}_{57} \quad (4.161)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{53} - \dot{E}_{52} \quad (4.162)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{5a} + \dot{E}_{56} - \dot{E}_{57} \quad (4.163)$$

2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.164)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{5a} + \dot{E}X_{56} - \dot{E}X_{57} \quad (4.165)$$

2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

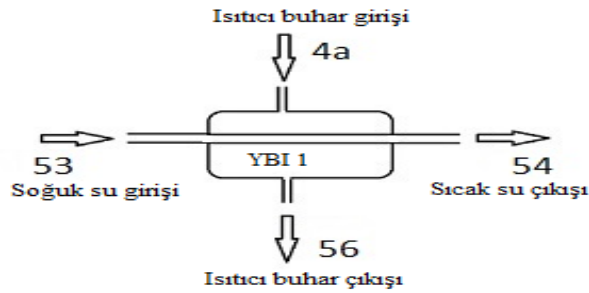
$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{53} \times s_{53} + \dot{m}_{57} \times s_{57} - \dot{m}_{5a} \times s_{5a} - \dot{m}_{52} \times s_{52} - \dot{m}_{56} \times s_{56}] \times T_0 \quad (4.166)$$

2 numaralı a yüksek basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.15. 1 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Termodinamik Analizi

Şekil 4.18'de 1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısına giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.18. 1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının akış şeması

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{53} = \dot{m}_{54} \quad (4.167)$$

$$\dot{m}_{4a} = \dot{m}_{56} \quad (4.168)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{54} - \dot{E}_{53} \quad (4.153)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{4a} - \dot{E}_{56} \quad (4.169)$$

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}x_{4a} - \dot{E}x_{56} \quad (4.170)$$

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

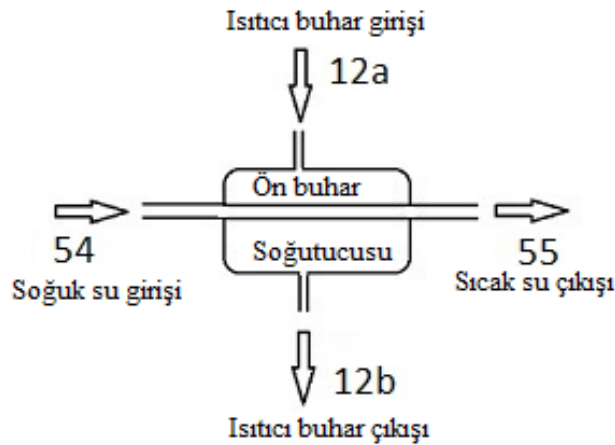
$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{54} \times s_{54} + \dot{m}_{56} \times s_{56} - \dot{m}_{4a} \times s_{4a} - \dot{m}_{53} \times s_{53}] \times T_0 \quad (4.171)$$

1 numaralı a yüksek basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.16. Ön Buhar Soğutucusunun Termodinamik Analizi

Şekil 4.19'da ön buhar soğutucusuna giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.19. Ön buhar soğutucusunun akış şeması

Ön buhar soğutucusu için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{54} = \dot{m}_{55} \quad (4.172)$$

$$\dot{m}_{12a} = \dot{m}_{12b} \quad (4.173)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{55} - \dot{E}_{54} \quad (4.174)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.117)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{12a} - \dot{E}_{12b} \quad (4.175)$$

Ön buhar soğutucusunun enerji verimi Eş. (4.119)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}x_{12a} - \dot{E}x_{12b} \quad (4.176)$$

Ön buhar soğutucusu için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

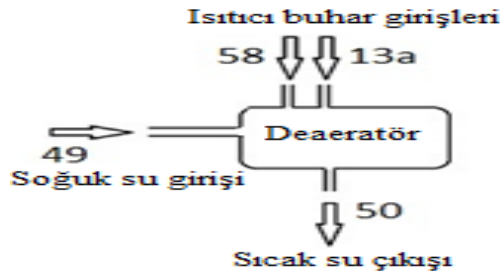
$$\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{55} \times s_{55} + \dot{m}_{12b} \times s_{12b} - \dot{m}_{12a} \times s_{12a} - \dot{m}_{54} \times s_{54}] \times T_0 \quad (4.177)$$

Ön buhar soğutucusunun ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.17. Deaeratörün Termodinamik Analizi

Şekil 4.20'de deaeratöre giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.20. Deaeratörün akış şeması

Deaeratör için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{13a} + \dot{m}_{49} + \dot{m}_{58} = \dot{m}_{50} \quad (4.178)$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{13a} + \dot{E}_{49} + \dot{E}_{58} - \dot{E}_{50} \quad (4.179)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.120)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}X_{13a} + \dot{E}X_{49} + \dot{E}X_{58} \quad (4.180)$$

Deaeratör için tersinmezlik, Eş. (4.20.b) yardımıyla;

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = \left[\dot{m}_{50} \times s_{50} - \dot{m}_{13a} \times s_{13a} - \dot{m}_{49} \times s_{49} - \dot{m}_{58} \times s_{58} + \left(\frac{\dot{Q}}{T_0} \right) \right] \times T_0 \quad (4.181)$$

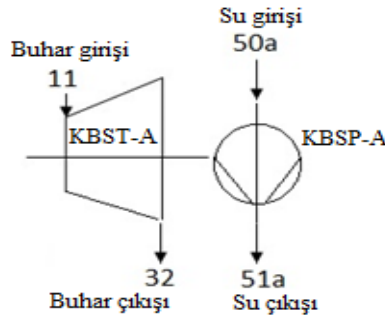
Deaeratörün ekserji verimi Eş. (4.123)'te hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}X_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

4.3.18. Kazan Besleme Suyu Pompa ve Türbin Grubunun Termodinamik Analizi

4.3.18.1. Kazan Besleme Suyu A Pompasının ve Türbininin Termodinamik Analizi

Şekil 4.21'de Kazan besleme suyu A pompasına ve türbinine giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.21. Kazan besleme suyu a pompasının ve türbininin akış şeması

Kazan besleme suyu A türbini için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Kazan besleme suyu A türbini için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{32} \quad (4.182)$$

Kazan besleme suyu A türbini için enerji dengesi yazılırsa, Kazan besleme suyu A türbininde üretilen güç Eş. (4.38)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{a, \text{KBSPT}-A} = \dot{E}_{11} - \dot{E}_{32} \quad (4.183)$$

Kazan besleme suyu A türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.40)'ta tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{s \text{KBSPT}-A} = \dot{m}_{11} \times h_{11} - \dot{m}_{32} \times h_{s32} \quad (4.184)$$

Kazan besleme suyu A türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.42)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSPT}-A}}{\dot{W}_{s \text{KBSPT}-A}} \quad (4.185)$$

Kazan besleme suyu A türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.44)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{x \text{KBSPT}-A} = \dot{E}_{x11} - \dot{E}_{x32} \quad (4.186)$$

Kazan besleme suyu A türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.46)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{I}_{\text{KBSPT}-A} = \dot{W}_{x, \text{KBSPT}-A} - \dot{W}_{a, \text{KBSPT}-A} \quad (4.187)$$

Kazan besleme suyu A türbini için entropi üretimi ve tersinmezlik Eş. (4.20.b)' de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{32} \times s_{32} - \dot{m}_{11} \times s_{11}] \times T_0 \quad (4.188)$$

Kazan besleme suyu A türbininin ekserji verimi Eş. (4.49)'dan ya da Eş. (4.51)'den tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSPT}-A}}{\dot{W}_{x \text{KBSPT}-A}} \quad (4.189)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x \text{KBSPT}-A}} \quad (4.190)$$

Kazan besleme suyu A pompası için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Kazan besleme suyu A pompası için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{50a} = \dot{m}_{51a} \quad (4.191)$$

Kazan besleme suyu A pompasında elde edilen iş Eş. (4.100)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{a, \text{KBSP}-A} = \dot{E}_{51a} - \dot{E}_{50a} \quad (4.192)$$

Kazan besleme suyu A pompasının enerji verimi Eş. (4.102)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,KBSP-A}}{\text{Verilen enerji}} \quad (4.193)$$

Kazan besleme suyu A pompasının ideal işi Eş. (4.103)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{s,KBSP-A} = \dot{m}_{51a} \times h_{s51a} - \dot{m}_{50a} \times h_{50a} \quad (4.194)$$

Kazan besleme suyu A pompasının izantropik verimi Eş. (4.105)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{s,KBSP-A}}{\dot{W}_{a,KBSP-A}} \quad (4.195)$$

Kazan besleme suyu A pompasının tersinir işi Eş. (4.106)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{x,KBSP-A} = \dot{E}x_{51a} - \dot{E}x_{50a} \quad (4.196)$$

Kazan besleme suyu A pompasının ekserji kaybı Eş. (4.108)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{I}_{KBSP-A} = \dot{W}_{a,KBSP-A} - \dot{W}_{x,KBSP-A} \quad (4.197)$$

Kazan besleme suyu A pompasının entropi üretimi ve tersinmezlik Eş. (4.20.b)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{51a} \times s_{51a} - \dot{m}_{50a} \times s_{50a}] \times T_0 \quad (4.198)$$

Kazan besleme suyu A pompasının ekserji verimi Eş. (4.109)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

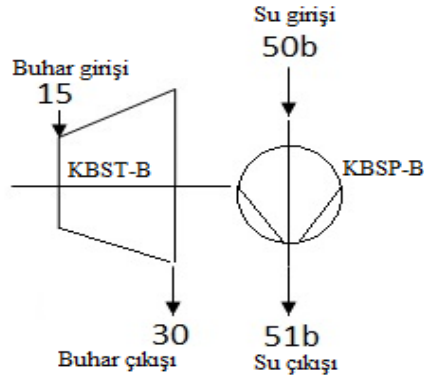
$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{x,KBSP-A}}{\dot{W}_{a,KBSP-A}} \quad (4.199)$$

Ya da,

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{a,KBSP-A}} \quad (4.200)$$

4.3.18.2.Kazan Besleme Suyu B Pompasının ve Türbininin Termodinamik Analizi

Şekil 4.22'de Kazan besleme suyu B pompasına ve türbinine giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.



Şekil 4.22. Kazan besleme suyu b pompasının ve türbininin akış şeması

Kazan besleme suyu B türbini için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Kazan besleme suyu B türbini için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{30} \quad (4.201)$$

Kazan besleme suyu B türbini için enerji dengesi yazılırsa, Kazan besleme suyu A türbininde üretilen güç Eş. (4.38)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{a, \text{KBSPT-B}} = \dot{E}_{15} - \dot{E}_{30} \quad (4.202)$$

Kazan besleme suyu B türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.40)'ta tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{s, \text{KBSPT-B}} = \dot{m}_{15} \times h_{15} - \dot{m}_{30} \times h_{s30} \quad (4.203)$$

Kazan besleme suyu A türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.42)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_1 = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSPT-B}}}{\dot{W}_{s, \text{KBSPT-B}}} \quad (4.204)$$

Kazan besleme suyu B türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.44)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{x, \text{KBSPT-B}} = \dot{E}x_{15} - \dot{E}x_{30} \quad (4.205)$$

Kazan besleme suyu B türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.46)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{I}_{\text{KBSPT-B}} = \dot{W}_{x, \text{KBSPT-B}} - \dot{W}_{a, \text{KBSPT-B}} \quad (4.206)$$

Kazan besleme suyu B türbini için entropi üretimi ve tersinmezlik Eş. (4.20.b)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{30} \times s_{30} - \dot{m}_{15} \times s_{15}] \times T_0 \quad (4.207)$$

Kazan besleme suyu B türbininin ekserji verimi Eş. (4.49)'dan ya da Eş. (4.51)'den tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSP} -B}}{\dot{W}_{x \text{KBSP} -B}} \quad (4.208)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x \text{KBSP} -B}} \quad (4.209)$$

Kazan besleme suyu B pompası için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Kazan besleme suyu B pompası için kütle korunum denklemi Eş. (4.1)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{50b} = \dot{m}_{51b} \quad (4.210)$$

Kazan besleme suyu A pompasında elde edilen iş Eş. (4.100)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{a, \text{KBSP} -B} = \dot{E}_{51b} - \dot{E}_{50b} \quad (4.211)$$

Kazan besleme suyu B pompasının enerji verimi Eş. (4.102)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSP} -B}}{\text{Verilen enerji}} \quad (4.212)$$

Kazan besleme suyu B pompasının ideal işi Eş. (4.103)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{s, \text{KBSP} -B} = \dot{m}_{51b} \times h_{s51b} - \dot{m}_{50b} \times h_{50b} \quad (4.213)$$

Kazan besleme suyu A pompasının izantropik verimi Eş. (4.105)'te tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{s, \text{KBSP} -B}}{\dot{W}_{a, \text{KBSP} -B}} \quad (4.214)$$

Kazan besleme suyu B pompasının tersinir işi Eş. (4.106)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{W}_{x, \text{KBSP} -B} = \dot{E}x_{51b} - \dot{E}x_{50b} \quad (4.215)$$

Kazan besleme suyu B pompasının ekserji kaybı Eş. (4.108)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{I}_{\text{KBSP} -B} = \dot{W}_{a, \text{KBSP} -B} - \dot{W}_{x, \text{KBSP} -B} \quad (4.216)$$

Kazan besleme suyu B pompasının entropi üretimi ve tersinmezlik Eş. (4.20.b)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{51b} \times s_{51b} - \dot{m}_{50b} \times s_{50b}] \times T_0 \quad (4.217)$$

Kazan besleme suyu B pompasının ekserji verimi Eş. (4.109)'da tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{x,KBSP-B}}{\dot{W}_{a,KBSP-B}} \quad (4.218)$$

Ya da,

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{a,KBSP-B}} \quad (4.219)$$

Bir termik santral termodinamik analiz edilirken enerji ve ekserji verimleri aşağıdaki Eş. (4.220) ve Eş. (4.221) deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\text{Çıkan ürünlerin enerjisi}}{\text{Giren enerji}} = 1 - \frac{\text{Enerji kaybı}}{\text{Giren enerji}} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{Q}_{\text{giren}}} \quad (4.220)$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\text{Harcanan ekserji}} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{E}_{x_{\text{yakıt}}}} \quad (4.221)$$

4.4. Su/Kömür Debi Oranının Hesaplanması

Su/Kömür debi oranı, kazana beslenen su debisinin kazana beslenen kömür debisiyle oranlanıp düzeltme katsayısı 1,0502 ile çarpılması ile Eş. (4.222)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{su/kömür debi oranı} = \frac{\text{Su debisi}}{\text{Kömür debisi}} \times 1,0502 \quad (4.222)$$

5. ÖRNEK HESAPLAMALAR

Bu çalışmada örnek hesaplama olarak su/kömür debi oranının 8,8 olduğu andaki ölçüm değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Aynı zamanda, su/kömür debi oranının 8,9, 9, 9,04 ve 9,1 değerleri için ölçüm sonuçlarına bağlı termodinamik özellikler Ek-1 Ek-2 ve Ek-3’te her bir ekipman için verilmiştir.

Çizelge 5.1. Örnek hesaplamalarda kullanılan 8,8 su/kömür debi oranı için noktasal özellikler ve termodinamik özellikler

Nokta	\dot{m} (kg/s)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	\dot{E} (kW)	\dot{E}_x (kW)
0	-	104,92	0,3672	-	-
1	499,77	1348,90	3,2034	674139,75	199091,86
2	499,77	3469,60	6,2829	1734001,99	800088,81
3	499,77	3469,40	6,2965	1733902,04	797962,37
4	30,68	3151,30	6,3395	96681,88	38832,87
4a	30,68	3151,40	6,3520	96684,95	38721,59
5	59,55	3048,60	6,2938	181544,13	70070,35
5a	59,55	3063,60	6,3676	182437,38	69653,30
6	3,11	2835,40	6,7683	8818,09	2556,40
7	406,43	3063,70	6,3553	1245179,59	476916,34
8	406,43	3059,30	6,3637	1243391,30	474110,16
9	406,43	3684,00	7,2147	1497288,12	624885,26
10	406,43	3682,40	7,2206	1496637,83	623520,03
11	15,39	3152,90	7,3406	48523,13	14910,77
12	28,13	3402,10	7,2676	95701,07	34876,30
12a	28,13	3401,90	7,2764	95695,45	34796,87

12b	28,13	3064,10	6,7828	86193,13	29434,36
13	24,22	3153,70	7,3185	76382,61	23644,77
13a	24,22	3153,10	7,3409	76368,08	23468,49
14	9,67	2897,00	7,3243	28013,99	6941,33
14a	9,67	2895,40	7,3350	27998,52	6895,00
15	15,21	3152,90	7,3406	47955,61	14736,37
16	2,43	3137,90	8,3248	7625,10	1604,82
17	0,28	3137,90	8,3248	878,61	184,92
18	315,96	2895,00	7,3214	914704,20	226443,88
19	158,73	2897,10	7,3256	459856,68	113894,02
20	131,39	2288,80	7,6077	300725,43	3301,12
21	9,65	2817,90	7,3617	27192,74	6056,05
21a	9,65	2817,70	7,3749	27190,81	6016,14
22	12,62	2572,28	7,4234	32462,14	4587,85
22a	6,31	2572,28	7,4234	16231,07	2293,93
22b	5,85	2572,28	7,4234	15047,82	2126,70
22c	12,62	2572,28	7,4234	32462,14	4587,85
23	0,48	2879,90	9,4610	1382,35	30,56
24	157,24	2897,10	7,3256	455540,00	112824,90
25	131,20	2287,65	7,6085	300140,25	3113,60
26	15,89	2740,50	7,4167	43546,55	8481,63
26a	15,89	2740,80	7,4314	43551,31	8416,75
27	15,96	2410,20	7,3610	38466,75	3512,57
27a	11,36	2410,20	7,3610	27379,84	2500,18
27b	4,60	2410,20	7,3610	11086,91	1012,40
27c	15,96	2410,20	7,3610	38466,75	3512,57
28	0,48	2879,90	9,4610	1382,35	30,56
29	0,46	2875,30	9,4512	1322,64	28,51

30	15,21	2380,30	7,9433	36204,36	251,82
31	28,84	125,77	0,4367	3627,21	3,36
32	15,39	2389,40	7,8892	36772,87	643,04
33	322,03	110,97	0,3867	35735,67	73,14
33a	322,03	113,82	0,3889	36653,45	780,66
34	321,97	113,82	0,3889	36646,63	780,51
35	0,26	3384,10	10,1810	879,87	91,83
36	0,26	125,73	0,4368	32,69	0,02
37	321,97	116,32	0,3973	37451,55	784,84
38	321,97	228,15	0,7541	73457,46	2539,60
39	321,97	318,83	1,0227	102653,70	5947,65
40	321,97	434,15	1,3416	139783,28	12464,31
41	357,18	435,20	1,3444	155444,74	13904,24
42	357,18	499,92	1,5134	178561,43	19023,57
43	15,96	137,44	0,4752	2193,54	5,20
44	12,62	249,93	0,8275	3154,12	98,00
45	35,21	419,17	1,3072	14758,98	1196,75
46	35,21	422,14	1,3096	14863,55	1276,13
47	19,32	456,76	1,4067	8824,60	809,76
48	9,67	521,89	1,5735	5046,68	554,20
49	357,18	563,12	1,6722	201135,20	24686,23
50	499,77	743,66	2,0965	371658,96	61546,28
50a	249,89	743,66	2,0965	185829,48	30773,14
50b	249,89	743,66	2,0965	185829,48	30773,14
51	499,77	790,43	2,1194	395033,20	81508,27
51a	249,89	790,43	2,1194	197516,60	40754,14
51b	249,89	790,43	2,1194	197516,60	40754,14
52	499,77	947,70	2,4519	473632,03	110562,47

53	499,77	1215,60	2,9666	607520,41	167757,24
54	499,77	1330,10	3,1705	664744,08	194598,50
55	499,77	1348,90	3,2034	674139,75	199091,86
56	30,68	1250,00	3,0883	38350,00	10240,49
57	90,24	962,86	2,5559	86888,49	18533,41
58	118,37	797,96	2,2134	94454,53	16879,03
59	175,25	110,68	0,3860	19396,67	27,13
60	30000,00	63,38	0,2252	1901430,00	24306,78
61	30000,00	75,68	0,2678	2270520,00	11913,86
62	30000,00	88,19	0,3107	2645700,00	3374,81
63	611,11	599,9527	2,396848	366637,7544	56578,04
64	611,11	636,6886	2,457252	389087,4707	68021,98
65	59,61			1409802,728	1526563,365

5.1. Kömürün Enerji ve Ekserji Analizi

Sistemde kullanılan kömürü oluşturan elementlerin kömürün kütleli içeriği ve ısı değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Kömürün enerjisi Eş. (4.26) yardımı ile hesaplanır.

$$\dot{E}_{\text{kömür}} = \dot{m} \times (\text{kömürün A. I. D}) \quad (4.26)$$

$$\dot{E}_{\text{kömür}} = 59,61 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 23650,44 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1409802,73 \text{ kW}$$

Kömürün ekserjisi Eş (4.27) ile hesaplanır.

$$\dot{E}x_{\text{kömür}} = \dot{m}_{\text{kömür}} \times \varepsilon^0 \quad (4.27)$$

ε^0 yakıtın ekserjisidir ve Eş (4.17) ile hesaplanır.

$$\varepsilon^0 = [(\text{NKD})^0 + w h_{fg}] \varphi_{\text{kuru}} + 9417 \text{ s} \quad (4.17)$$

Eş. (4.17)’de NKD^0 yakıtın net kalorifik değerini yani yakıtın alt ısı değerini ifade etmektedir ve Çizelge 4.2.’de verilmiştir.

wkömürün içerisindeki suyun nem oranı (0,1457) ve h_{fg} yakıtın bulunduğu sıcaklıktaki suyun buharlaşma ısısıdır (2465,4 kJ/kg).

φ_{kuru} Yakıt ekserjisinin yakıtın ısıl değerine oranını ifade etmektedir ve Eş (4.14) ile hesaplanmaktadır.

$$\varphi_{\text{kuru}} = 1,0437 + 0,1882 \frac{H}{C} + 0,0610 \frac{O}{C} + 0,0404 \frac{N}{C} \quad (4.14)$$

$$\varphi_{\text{kuru}} = 1,0437 + 0,1882 \frac{4,19}{60,91} + 0,0610 \frac{6,3}{60,91} + 0,0404 \frac{1,8}{60,91} = 1,064149483$$

$$\begin{aligned} \varepsilon^0 &= \left[5658 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0,1457 \times 2465,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \times 1,064149483 + (9417) \times \left(\frac{0,63}{100} \right) \\ &= 25609,18243 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

Eş. (4.27) yardımı ile kömürün ekserjisi,

$$\dot{E}_{\text{xk\u00f6m\u00fcr}} = 59,61 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 25609,18243 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1526563,36 \text{ kW}$$

5.2. Kazanın Enerji ve Ekserji Analizi

Kazanın enerji ve ekserji analizini yapmak için kazana giren yakma havasının enerji ve ekserji analizlerini yapmak gerekmektedir. Havanın enerji ve ekserji analizi aşağıda g\u00f6r\u00fcl\u00fcd\u00fcđ\u00fc gibi yapılmıştır,

Yakma havasının \u00f6l\u00fc hal durumundaki sıcaklığı 25 \u00b0C yani 298,15 K olarak kabul edilmiş entalpi ve entropi değerleri sırasıyla 298,3345 kJ/kg , 1,695738 kJ/kgK'dir. Kazana yakma havası giriş ve \u00e7ıkış debisi 611,111 kg/s'dir. Yakma havası giriş sıcaklığı, entalpi ve entropi değerleri sırasıyla 320 \u00b0C yani 593,15 K, 599,9527 kJ/kg ve 2,396848 kJ/kgK'dir. Yakma havasının kazandan \u00e7ıkış sıcaklığı, entalpi ve entropi değerleri sırasıyla 355 \u00b0C yani 628,15 K, 636,6886 kJ/kg ve 2,457252 kJ/kgK'dir. Kazanın akış şeması şekil 4.1'de g\u00f6sterilmektedir.

Yakma havasının enerjisi Eş. (4.2) yardımı ile hesaplanmaktadır,

$$\dot{E} = \dot{m} \times h \quad (4.2)$$

$$\dot{E}_{63} = \dot{m}_{63} \times h_{63}$$

$$\dot{E}_{63} = 611,11 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 599,9527 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 366637,7544 \text{ kW}$$

$$\dot{E}_{64} = \dot{m}_{64} \times h_{64}$$

$$\dot{E}_{64} = 611,11 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 636,6886 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 389087,4707 \text{ kW}$$

Yakma havasının ekserji değerleri Eş. (4.24) yardımı ile hesaplanmaktadır,

$$\dot{E}_x = \dot{m}[(h_1 - h_0) - T_0(s_1 - s_0)] \quad (4.4)$$

$$\dot{E}_{x_{63}} = \dot{m}_{63} \times [(h_{63} - h_0) - T_0(s_{63} - s_0)]$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{x_{63}} &= 611,11 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \left[\left(599,9527 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 298,3345 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right. \\ &\quad \left. - 298,15 \text{ K} \times \left(2,396848 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} - 1,695738 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \right] = 56578,04 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\dot{E}_{x_{64}} = \dot{m}_{64} \times [(h_{64} - h_0) - T_0(s_{64} - s_0)]$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{x_{64}} &= 611,11 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \left[\left(636,6886 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 298,3345 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right. \\ &\quad \left. - 298,15 \text{ K} \times \left(2,457252 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} - 1,695738 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \right] = 68021,98 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kazanın kütle konumu Eş. (4.28), Eş. (4.29) ve Eş. (4.30) yardımıyla aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4.28)$$

$$406,43 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 406,43 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4.29)$$

$$611,11 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 611,11 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4.30)$$

Kazan için enerji dengesi yazılırsa, kazanda üretilen ısı Eş. (4.31) ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_{\text{kazan}} = \dot{E}_{\text{kömür}} + \dot{Q}_{\text{kayıp}} \quad (4.31)$$

Eş. (4.31)'de, $\dot{E}_{\text{kömür}}$ kömürün enerjisidir ve Eş (4.26) ile hesaplanır, $\dot{Q}_{\text{kayıp}}$ kazandaki ısı kayıplarıdır ve Eş (4.32)'de hesaplanır.

$$\dot{Q}_{\text{kayıp}} = \dot{E}_2 + \dot{E}_9 + \dot{E}_{64} - \dot{E}_1 - \dot{E}_8 - \dot{E}_{63} - \dot{E}_{65} \quad (4.32)$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{kayıp}} &= 1734001,99 + 1497288,12 + 389087,4707 - 674139,75 - 1243391,30 \\ &\quad - 366637,7544 - 1409802,73 = -73593,95 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{\text{kazan}} = 1409802,73 \text{ kW} + (-73593,95 \text{ kW}) = 1336208,78 \text{ kW}$$

Kazanın birinci yasa verimi Eş. (4.33) yardımıyla hesaplanabilir.

$$\eta_1 = \frac{\dot{Q}_{\text{kazan}}}{\dot{E}_{\text{kömür}}} = \frac{1336208,78 \text{ kW}}{1409802,73 \text{ kW}} = 0,9477 = \% 94,77$$

Kazan için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.35) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{\text{kazan}} = \dot{E}_{x_1} + \dot{E}_{x_8} + \dot{E}_{x_{63}} + \dot{E}_{x_{65}} - \dot{E}_{x_2} - \dot{E}_{x_9} - \dot{E}_{x_{64}} \quad (4.35)$$

$$\dot{I}_{\text{kazan}} = (199091,8606 + 474110,1563 + 56578,04 + 1526563,36 - 800088,8123 - 624885,2613 - 68021,98) \text{ kW} = 763941,1649 \text{ kW}$$

Kazanın ekserji verimi Eş. (4.36) yardımıyla hesaplanabilir.

$$\eta_{\text{II}} = 1 - \frac{\dot{I}_{\text{kazan}}}{\dot{E}x_{\text{kömür}}} = 1 - \frac{763941,1649 \text{ kW}}{1526563,36 \text{ kW}} = 0,4995 = \% 49,95 \quad (4.36)$$

5.3. Türbin Grubunun Enerji ve Ekserji Analizi

Türbin grubunun termodinamik analizi yüksek basınç türbini, orta basınç türbini, 1 numaralı alçak basınç türbini ve 2 numaralı alçak basınç türbini olarak ayrı hesaplanmaktadır.

5.3.1. Yüksek Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi

Yüksek basınç türbinin Şekil 4.2'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.37)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{m}_5 + \dot{m}_6 + \dot{m}_7 \quad (4.37)$$

$$499,77 \text{ kg / s} = (30,68 + 59,55 + 3,11 + 406,43) \text{ kg / s}$$

Yüksek basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.39) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a, \text{YBT}} = \dot{E}_3 - \dot{E}_4 - \dot{E}_5 - \dot{E}_6 - \dot{E}_7 \quad (4.39)$$

$$\dot{W}_{a, \text{YBT}} = (1733902,04 - 96681,88 - 181544,13 - 8818,09 - 1245179,59) \text{ kW} = 201678,33 \text{ kW}$$

Yüksek basınç türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.41) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s, \text{YBT}} = \dot{m}_3 \times h_3 - \dot{m}_4 \times h_4 - \dot{m}_5 \times h_5 - \dot{m}_6 \times h_6 - \dot{m}_7 \times h_7 \quad (4.41)$$

$$\dot{W}_{s, \text{YBT}} = (499,77 \times 3469,40 - 499,77 \times 3122,1 - 59,55 \times 3026,9 - 3,11 \times 2622,6 - 406,43 \times 3026,9) \text{ kW} = 219484,862 \text{ kW}$$

Yüksek basınç türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.43) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_1 = \frac{\dot{W}_{a, \text{YBT}}}{\dot{W}_{s, \text{YBT}}} = \frac{201678,33 \text{ kW}}{219484,862 \text{ kW}} = \% 91,88 \quad (4.43)$$

Yüksek basınç türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.45) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x, \text{YBT}} = \dot{E}x_3 - \dot{E}x_4 - \dot{E}x_5 - \dot{E}x_6 - \dot{E}x_7 \quad (4.45)$$

$$\begin{aligned}\dot{W}_{x,YBT} &= (797962,37 - 38832,87 - 70070,35 - 2556,40 - 476916,34)\text{kW} \\ &= 209586,42 \text{ kW}\end{aligned}$$

Yüksek basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.47) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{YBT} = \dot{W}_{x,YBT} - \dot{W}_{a,YBT} \quad (4.47)$$

$$\dot{I}_{YBT} = 209586,42 \text{ kW} - 201678,33 \text{ kW} = 7908,08 \text{ kW}$$

Yüksek basınç türbini için tersinmezlik Eş. (4.48) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0 &= \left[(30,68 \times 6,3395 + 59,55 \times 6,2938 + 3,11 \times 6,7683 + 406,43 \right. \\ &\quad \left. \times 6,3553) \frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] \times 298,15\text{K} = 298,15 \text{ Kw}\end{aligned}$$

Yüksek basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.50) ya da Eş. (4.52) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,YBT}}{\dot{W}_{x,YBT}} = \frac{201678,33 \text{ kW}}{209586,42 \text{ kW}} = \%96,22 \quad (4.50)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,YBT}} = 1 - \left(\frac{7908,08 \text{ kW}}{209586,42 \text{ kW}} \right) = \%96,22 \quad (4.52)$$

5.3.2. Orta Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi

Orta basınç türbinin Şekil 4.3' deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.53)'te tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{10} + \dot{m}_{16} = \dot{m}_{11} + \dot{m}_{12} + \dot{m}_{13} + \dot{m}_{14} + \dot{m}_{15} + \dot{m}_{17} + \dot{m}_{18} \quad (4.53)$$

$$(406,43+2,43) \text{ kg / s} = (15,39+28,13+24,22+9,67+15,21+0,28+315,96) \text{ kg / s}$$

Orta basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.54) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,OBT} = \dot{E}_{10} - \dot{E}_{11} - \dot{E}_{12} - \dot{E}_{13} - \dot{E}_{14} - \dot{E}_{15} - \dot{E}_{17} - \dot{E}_{18} \quad (4.54)$$

$$\begin{aligned}\dot{W}_{a,OBT} &= (1496637,83 - 48523,13 - 95701,07 - 76382,61 - 28013,99 - \\ &47955,61 - 878,61 - 914704,20)\text{kW} = 284478,603 \text{ kW}\end{aligned}$$

Orta basınç türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.55) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}\dot{W}_{s,OBT} &= \dot{m}_{10} \times h_{10} - \dot{m}_{11} \times h_{s11} - \dot{m}_{12} \times h_{s12} - \dot{m}_{13} \times h_{s13} - \dot{m}_{14} \times h_{s14} - \\ &\dot{m}_{15} \times h_{s15} - \dot{m}_{17} \times h_{s17} - \dot{m}_{18} \times h_{s18}\end{aligned} \quad (4.55)$$

$$\begin{aligned}\dot{W}_{s,OBT} &= (406,43 \times 3682,40 - 15,39 \times 3080,6 - 28,13 \times 3367,5 - 24,22 \times 3094,3 \\ &\quad - 9,67 \times 2847,5 - 15,21 \times 3080,06 - 0,28 \times 2623,4 - 315,96 \\ &\quad \times 2847)kW = 219484,862 \text{ kW}\end{aligned}$$

Orta basınç türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.56) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,OBT}}{\dot{W}_{s,OBT}} = \frac{284478,603 \text{ kW}}{304891,754 \text{ kW}} = \% 93,30 \quad (4.56)$$

Orta basınç türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.57) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x,OBT} = \dot{E}x_{10} - \dot{E}x_{11} - \dot{E}x_{12} - \dot{E}x_{13} - \dot{E}x_{14} - \dot{E}x_{15} - \dot{E}x_{17} - \dot{E}x_{18} \quad (4.57)$$

$$\begin{aligned}\dot{W}_{x,OBT} &= (623520,03 - 14910,77 - 34876,30 - 23644,77 - 6941,33 - 14736,37 \\ &\quad - 184,92 - 226443,88)kW = 301781,7 \text{ kW}\end{aligned}$$

Orta basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.58) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{OBT} = \dot{W}_{x,OBT} - \dot{W}_{a,OBT} \quad (4.58)$$

$$\dot{I}_{OBT} = 301781,7 \text{ kW} - 284478,603 \text{ kW} = 17303,092 \text{ kW}$$

Orta basınç türbini için tersinmezlik Eş. (4.59)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= [\dot{m}_{11} \times s_{11} + \dot{m}_{12} \times s_{12} + \dot{m}_{13} \times s_{13} + \dot{m}_{14} \times s_{14} + \dot{m}_{15} \times s_{15} + \dot{m}_{17} \times \\ &\quad s_{17} + \dot{m}_{18} \times s_{18} - \dot{m}_{10} \times s_{10}] \times T_0 \quad (4.59)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= \left[(15,39 \times 7,3406 + 28,13 \times 7,2676 + 24,22 \times 7,3185 + 9,67 \right. \\ &\quad \times 7,3243 + 15,21 \times 7,3406 + 0,28 \times 8,3248 + 315,96 \times 7,3214 \\ &\quad \left. - 406,43 \times 7,2206) \frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] \times 298,15\text{K} = 17314,17545 \text{ kW}\end{aligned}$$

Orta basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.60) ya da Eş. (4.61) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,OBT}}{\dot{W}_{x,OBT}} = \frac{284478,603 \text{ Kw}}{301781,7 \text{ Kw}} = \%94,26 \quad (4.60)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,OBT}} = 1 - \left(\frac{17314,17545 \text{ Kw}}{301781,7 \text{ Kw}} \right) = \%94,26 \quad (4.61)$$

5.3.3. 1 Numaralı Alçak Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi

1 Numaralı alçak basınç türbinin Şekil 4.4'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.62)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{19} + \dot{m}_{23} = \dot{m}_{20} + \dot{m}_{21} + \dot{m}_{22a} + \dot{m}_{27a} \quad (4.62)$$

$$(158,73+0,48) \text{ kg / s} = (131,39+9,65+6,31+11,36) \text{ kg / s}$$

0,5 kg/s fazla debi çıktığı hesaplanmış ve bu debinin vakum tutmak için vakum pompalarının yoğunlaşmayan gazları çektiği görülmüştür.

1 Numaralı alçak basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.63) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,ABT-1} = \dot{E}_{19} - \dot{E}_{20} - \dot{E}_{21} - \dot{E}_{22a} - \dot{E}_{27a} \quad (4.63)$$

$$\dot{W}_{a,ABT-1} = (459856,68 - 300725,43 - 27192,74 - 16231,07 - 27379,84) \text{ kW} = 88327,60618 \text{ kW}$$

1 Numaralı alçak basınç türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.64) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s,ABT-1} = \dot{m}_{19} \times h_{19} - \dot{m}_{20} \times h_{s20} - \dot{m}_{21} \times h_{s21} - \dot{m}_{22a} \times h_{s22a} - \dot{m}_{27a} \times h_{s27a} \quad (4.64)$$

$$\dot{W}_{s,ABT-1} = (158,73 \times 2897,10 - 131,39 \times 2203,9 - 9,65 \times 2802 - 6,31 \times 2537,9 - 11,36 \times 2398,1) \text{ kW} = 99990,397 \text{ kW}$$

1 Numaralı alçak basınç türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.65) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_i = \frac{\dot{W}_{a,ABT-1}}{\dot{W}_{s,ABT-1}} = \frac{88327,60618 \text{ kW}}{99990,397 \text{ kW}} = \% 88,33 \quad (4.65)$$

1 Numaralı alçak basınç türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.66) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x,ABT-1} = \dot{E}_{x19} - \dot{E}_{x20} - \dot{E}_{x21} - \dot{E}_{x22a} - \dot{E}_{x27a} \quad (4.66)$$

$$\dot{W}_{x,ABT-1} = (113894,02 - 3301,12 - 6056,05 - 2293,93 - 2500,18) \text{ kW} = 99742,75 \text{ kW}$$

1 Numaralı alçak basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.67) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{ABT-1} = \dot{W}_{x,ABT-1} - \dot{W}_{a,ABT-1} \quad (4.67)$$

$$\dot{I}_{ABT-1} = 99742,75 \text{ kW} - 88327,60618 \text{ kW} = 11415,14342 \text{ kW}$$

1 Numaralı alçak basınç türbini için tersinmezlik Eş. (4.68) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{20} \times s_{20} + \dot{m}_{21} \times s_{21} + \dot{m}_{22a} \times s_{22a} + \dot{m}_{27a} \times s_{27a} - \dot{m}_{19} \times s_{19}] \times T_0 \quad (4.68)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = \left[(131,39 \times 7,6077 + 9,65 \times 7,3617 + 6,31 \times 7,4234 + 11,36 \times 7,3610 - 158,73 \times 7,3256) \frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] \times 298,15\text{K} = 11415,05221 \text{ kW}$$

1 Numaralı alçak basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.69) ya da Eş. (4.70) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,ABT-1}}{\dot{W}_{x,ABT-1}} = \frac{88327,60618 \text{ KW}}{99742,75 \text{ KW}} = \%88,55 \quad (4.69)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,ABT-1}} = 1 - \left(\frac{11415,05221 \text{ KW}}{99742,75 \text{ KW}} \right) = \%88,55 \quad (4.70)$$

5.3.4. 2 Numaralı Alçak Basınç Türbinin Enerji ve Ekserji Analizi

2 Numaralı alçak basınç türbinin Şekil 4.5'teki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.71)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{24} + \dot{m}_{28} = \dot{m}_{22b} + \dot{m}_{25} + \dot{m}_{26} + \dot{m}_{27b} \quad (4.71)$$

$$(157,24+0,48) \text{ kg / s} = (5,85+131,2+15,89+4,6) \text{ kg / s}$$

0,18 kg/s fazla debi çıktığı hesaplanmış ve bu debinin vakum tutmak için vakum pompalarının yoğunlaşmayan gazları çektiği görülmüştür.

2 Numaralı alçak basınç türbininde üretilen güç Eş. (4.72) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,ABT-2} = \dot{E}_{24} - \dot{E}_{22b} - \dot{E}_{25} - \dot{E}_{26} - \dot{E}_{27b} \quad (4.72)$$

$$\dot{W}_{a,ABT-2} = (455540 - 15047,82 - 300140,25 - 43546,55 - 11086,91)\text{kW} = 85718,48 \text{ kW}$$

2 Numaralı alçak basınç türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.73) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s,ABT-2} = \dot{m}_{24} \times h_{24} - \dot{m}_{22b} \times h_{s22b} - \dot{m}_{25} \times h_{s25} - \dot{m}_{26} \times h_{s26} - \dot{m}_{27b} \times h_{s27b} \quad (4.73)$$

$$\dot{W}_{s,ABT-2} = (157,24 \times 2897,10 - 5,85 \times 2537,9 - 131,20 \times 2176,9 - 15,89 \times 2704,3 - 4,60 \times 2398,1)\text{kW} = 101081,42 \text{ kW}$$

2 Numaralı alçak basınç türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.74) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,ABT-2}}{\dot{W}_{s,ABT-2}} = \frac{85718,48 \text{ KW}}{101081,42 \text{ KW}} = \% 84,80 \quad (4.74)$$

2 Numaralı alçak basınç türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.75) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x,ABT-2} = \dot{E}x_{24} - \dot{E}x_{22b} - \dot{E}x_{25} - \dot{E}x_{26} - \dot{E}x_{27b} \quad (4.75)$$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{x,ABT-2} &= (112824,90 - 2126,70 - 3113,60 - 8481,63 - 1012,40) \text{ kW} \\ &= 98090,575 \text{ kW} \end{aligned}$$

2 Numaralı alçak basınç türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.76) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{ABT-2} = \dot{W}_{x,ABT-2} - \dot{W}_{a,ABT-2} \quad (4.76)$$

$$\dot{I}_{ABT-1} = 98090,575 \text{ kW} - 85718,48 \text{ kW} = 12372,091 \text{ kW}$$

2 Numaralı alçak basınç türbini için tersinmezlik Eş. (4.77) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\frac{\dot{S}_{\text{üretim}}}{T_0} \times T_0 = [\dot{m}_{22b} \times s_{22b} + \dot{m}_{25} \times s_{25} + \dot{m}_{26} \times s_{26} + \dot{m}_{27b} \times s_{27b} - \dot{m}_{24} \times s_{24}] \times T_0 \quad (4.77)$$

$$\begin{aligned} \frac{\dot{S}_{\text{üretim}}}{T_0} \times T_0 &= \left[(5,85 \times 7,4234 + 131,20 \times 7,6085 + 15,89 \times 7,4167 + 4,60 \right. \\ &\quad \left. \times 7,3610 - 157,24 \times 7,3256) \frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] \times 298,15 \text{ K} = 13669,68228 \text{ kW} \end{aligned}$$

2 Numaralı alçak basınç türbininin ekserji verimi Eş. (4.78) ya da Eş. (4.79) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a,ABT-2}}{\dot{W}_{x,ABT-2}} = \frac{85718,48 \text{ KW}}{98090,575 \text{ KW}} = \%87,38 \quad (4.78)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,ABT-2}} = 1 - \left(\frac{13669,68228 \text{ KW}}{98090,575 \text{ KW}} \right) = \%86,06 \quad (4.79)$$

Türbinlerde elde edilen toplam güç ise Eş. (4.80) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{\text{Toplam}} = \dot{W}_{a,YBT} + \dot{W}_{a,OBT} + \dot{W}_{a,ABT-1} + \dot{W}_{a,ABT-2} \quad (4.80)$$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{\text{Toplam}} &= 201678,33 \text{ kW} + 284478,603 \text{ kW} + 88327,60618 \text{ kW} + 85718,48 \text{ kW} \\ &= 660203,03 \text{ kW} \end{aligned}$$

5.4. Yoğuşturucu Grubunun Enerji ve Ekserji Analizi

Yoğuşturucu grubunun termodinamik analizi 1 numaralı yoğuşturucu ve 2 numaralı yoğuşturucu olarak ayrı hesaplanmaktadır.

5.4.1. 1 Numaralı Yoğuşturucunun Enerji ve Ekserji Analizi

1 Numaralı yoğuşturucu Şekil 4.6'daki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.81) ve Eş. (4.82)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{20} + \dot{m}_{32} + \dot{m}_{59} = \dot{m}_{33} \quad (4.81)$$

$$(131,39 + 15,39 + 175,25) \text{ kg/s} = 322,03 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{61} = \dot{m}_{62} \quad (4.82)$$

$$30000,00 \text{ kg/s} = 30000,00 \text{ kg/s}$$

1 numaralı yoğuşturucu için akışkandan atılan enerji Eş. (4.84) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{yoğ}1} = \dot{E}_{20} + \dot{E}_{32} + \dot{E}_{59} - \dot{E}_{33} \quad (4.84)$$

$$\dot{Q}_{\text{yoğ}1} = (300725,43 + 36772,87 + 19396,67 - 35735,67) \text{ kW} = 321159,29 \text{ kW}$$

1 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun enerjisi Eş. (4.86) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ds}1} = \dot{E}_{62} - \dot{E}_{61} \quad (4.86)$$

$$\dot{E}_{\text{ds}1} = (2645700,00 - 2270520,00) \text{ kW} = 375180 \text{ kW}$$

1 numaralı yoğuşturucuda akışkandan atılan ekserji Eş. (4.88) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{\text{yoğ}1} = \dot{E}x_{20} + \dot{E}x_{32} + \dot{E}x_{59} - \dot{E}x_{33} \quad (4.88)$$

$$\dot{E}x_{\text{yoğ}1} = (3301,12 + 643,04 + 27,13 - 73,14) \text{ kW} = 12437,19 \text{ kW}$$

1 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun ekserjisi Eş. (4.90) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{\text{ds}1} = \dot{E}x_{62} - \dot{E}x_{61} \quad (4.90)$$

$$\dot{E}x_{\text{ds}1} = (3374,81 - 11913,86) \text{ kW} = 15885,14 \text{ kW}$$

1 numaralı yoğuşturucunun enerji verimi Eş. (4.91) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{yoğ1}}{\dot{E}_{ds1}} = \left(\frac{321159,29 \text{ KW}}{375180 \text{ KW}} \right) = \%85,60 \quad (4.91)$$

1 numaralı yoğuşturucunun ekserji verimi Eş. (4.92) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \left(\frac{\dot{E}_{x_{yoğ1}}}{\dot{E}_{x_{ds1}}} \right) = 1 - \left(\frac{12437,19 \text{ KW}}{15885,14 \text{ KW}} \right) = \%21,70 \quad (4.92)$$

5.4.2. 2 Numaralı Yoğuşturucunun Enerji ve Ekserji Analizi

2 Numaralı yoğuşturucu Şekil 4.7'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.93) ve Eş. (4.94)' te tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{25} + \dot{m}_{30} + \dot{m}_{31} = \dot{m}_{59} \quad (4.93)$$

$$(131,20 + 15,21 + 28,84) \text{ kg/s} = 175,25 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{60} = \dot{m}_{61} \quad (4.94)$$

$$30000,00 \text{ kg/s} = 30000,00 \text{ kg/s}$$

2 numaralı yoğuşturucu için akışkandan atılan enerji Eş. (4.95) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{yoğ2} = \dot{E}_{25} + \dot{E}_{30} + \dot{E}_{31} - \dot{E}_{59} \quad (4.95)$$

$$\dot{Q}_{yoğ2} = (300140,25 + 36204,36 + 3627,21 - 19396,67) \text{ kW} = 320575,1 \text{ kW}$$

2 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun enerjisi Eş. (4.96) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{ds2} = \dot{E}_{61} - \dot{E}_{60} \quad (4.96)$$

$$\dot{E}_{ds2} = (2270520,00 - 1901430,00) \text{ kW} = 369090 \text{ kW}$$

2 numaralı yoğuşturucuda akışkandan atılan ekserji Eş. (4.97) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{x_{yoğ2}} = \dot{E}_{x_{25}} + \dot{E}_{x_{30}} + \dot{E}_{x_{31}} - \dot{E}_{x_{59}} \quad (4.97)$$

$$\dot{E}_{x_{yoğ2}} = (3113,60 + 251,82 + 3,36 - 27,13) \text{ kW} = 15734,58 \text{ kW}$$

2 numaralı yoğuşturucuda iş yapan deniz suyu soğutucunun ekserjisi Eş. (4.98) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{x_{ds2}} = \dot{E}_{x_{61}} - \dot{E}_{x_{60}} \quad (4.98)$$

$$\dot{E}_{x_{ds2}} = (11913,86 - 24306,78) \text{ kW} = 27675,56 \text{ kW}$$

2 numaralı yoğuşturucunun enerji verimi Eş. (4.91) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{yoğ2}}{\dot{E}_{ds2}} = \left(\frac{320575,1 \text{ KW}}{369090 \text{ KW}} \right) = \%86,85 \quad (4.91)$$

2 numaralı yoğuşturucunun ekserji verimi Eş. (4.92) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \left(\frac{\dot{E}x_{yoğ.2}}{\dot{E}x_{ds.2}} \right) = 1 - \left(\frac{15734,58 \text{ kW}}{27675,56 \text{ kW}} \right) = \%43,14 \quad (4.92)$$

5.5. Yoğuşturucu Pompasının Enerji ve Ekserji Analizi

Yoğuşturucu pompasının Şekil 4.8'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.93)'te tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{33} = \dot{m}_{33a} \quad (4.99)$$

$$322,03 \text{ kg / s} = 322,03 \text{ kg / s}$$

Yoğuşturucu pompasında elde edilen iş Eş. (4.101) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,pompa} = \dot{E}_{33a} - \dot{E}_{33} \quad (4.101)$$

$$\dot{W}_{a,pompa} = (36653,45 - 35735,67) \text{ kW} = 917,786 \text{ kW}$$

Yoğuşturucu pompasının enerji verimi Eş. (4.102) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,pompa}}{\text{Verilen enerji}} = \frac{917,786}{1075} = \% 85,37 \quad (4.102)$$

Yoğuşturucu pompasının ideal işi Eş. (4.104) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s,pompa} = \dot{m}_{33a} \times h_{s33a} - \dot{m}_{33} \times h_{33} \quad (4.104)$$

$$\dot{W}_{s,pompa} = (322,03 \times 112,94) \text{ kW} - (322,03 \times 110,97) \text{ kW} = 634,3991 \text{ kW}$$

Yoğuşturucu pompasının izantropik verimi Eş. (4.105) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{s,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} = \frac{634,3991 \text{ kW}}{917,786 \text{ kW}} = \% 69,12 \quad (4.105)$$

Yoğuşturucu pompasının tersinir işi Eş. (4.107) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x,pompa} = \dot{E}x_{33a} - \dot{E}x_{33} = (780,66 - 73,14) \text{ kW} = 707,5164 \text{ kW} \quad (4.107)$$

Yoğuşturucu pompasının ekserji kaybı Eş. (4.108) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I} = \dot{W}_{a,pompa} - \dot{W}_{x,pompa} = (917,786 - 707,5164) \text{ kW} = 210,26 \text{ kW} \quad (4.108)$$

Yoğuşturucu pompasının ekserji verimi Eş. (4.109) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{x,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} = \frac{707,5164 \text{ kW}}{917,786 \text{ kW}} = \% 77,09 \quad (4.109)$$

5.6. 7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısı Boşaltma Pompasının Enerji ve Ekserji Analizi

7 Numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının Şekil 4.9'daki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.110)'da tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{45} = \dot{m}_{46} \quad (4.110)$$

$$35,21 \text{ kg / s} = 35,21 \text{ kg / s}$$

ABI-7 boşaltma pompasında elde edilen iş Eş. (4.111) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,pompa} = \dot{E}_{46} - \dot{E}_{45} \quad (4.111)$$

$$\dot{W}_{a,pompa} = (14863,55 - 14758,98)\text{kW} = 104,5737 \text{ kW}$$

ABI-7 boşaltma pompasının enerji verimi Eş. (4.102) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,pompa}}{\text{Verilen enerji}} = \frac{104,5737 \text{ kW}}{126 \text{ kW}} = \% 82,99 \quad (4.102)$$

ABI-7 boşaltma pompasının ideal işi Eş. (4.112) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s,pompa} = \dot{m}_{46} \times h_{s46} - \dot{m}_{45} \times h_{45} \quad (4.112)$$

$$\dot{W}_{s,pompa} = (35,21 \times 421,25 - 35,21 \times 419,17)\text{kW} = 73,2368 \text{ kW}$$

ABI-7 boşaltma pompasının izantropik verimi Eş. (4.105) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{s,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} = \frac{73,2368 \text{ kW}}{104,5737 \text{ kW}} = \% 70,03 \quad (4.105)$$

ABI-7 boşaltma pompasının tersinir işi Eş. (4.113) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x,pompa} = \dot{E}x_{46} - \dot{E}x_{45} \quad (4.113)$$

$$\dot{W}_{x,pompa} = (1276,13 - 1196,75)\text{kW} = 79,378832 \text{ kW}$$

ABI-7 boşaltma pompasının ekserji kaybı Eş. (4.108) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I} = \dot{W}_{a,pompa} - \dot{W}_{x,pompa} \quad (4.108)$$

$$\dot{I} = 104,5737 \text{ kW} - 79,378832 \text{ kW} = 25,1948676 \text{ kW}$$

ABI-7 boşaltma pompasının ekserji verimi Eş. (4.109) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{x,pompa}}{\dot{W}_{a,pompa}} = \frac{79,378832 \text{ kW}}{104,5737 \text{ kW}} = \% 75,91 \quad (4.109)$$

5.7. Sızdırmazlık Buharı Yoğuşturucusunun Enerji ve Ekserji Analizi

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusunun Şekil 4.10'daki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.114) ve Eş. (4.115)'te tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{34} = \dot{m}_{37} \quad (4.114)$$

$$321,97 \text{ kg/s} = 321,97 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{35} = \dot{m}_{36} \quad (4.115)$$

$$0,26 \text{ kg/s} = 0,26 \text{ kg/s}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.116) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{yoğ} = \dot{E}_{37} - \dot{E}_{34} \quad (4.116)$$

$$\dot{Q}_{yoğ} = (37451,55 - 36646,63) \text{ kW} = 804,925 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.118) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{ısıtıcı} = \dot{E}_{35} - \dot{E}_{36} \quad (4.118)$$

$$\dot{E}_{ısıtıcı} = (879,87 - 32,69) \text{ kW} = 847,1762 \text{ kW}$$

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusunun enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{yoğ}}{\dot{E}_{ısıtıcı}} = \frac{804,925 \text{ kW}}{847,1762 \text{ kW}} = \%95,01 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.121) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{ısıtıcı} = \dot{E}x_{35} - \dot{E}x_{36} \quad (4.121)$$

$$\dot{E}x_{ısıtıcı} = (91,83 - 0,02) \text{ kW} = 91,8116 \text{ kW}$$

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu için tersinmezlik Eş. (4.122) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{s}_{üretim} \times T_0 = [\dot{m}_{36} \times s_{36} + \dot{m}_{37} \times s_{37} - \dot{m}_{35} \times s_{35} - \dot{m}_{34} \times s_{34}] \times T_0 \quad (4.122)$$

$$\begin{aligned} \dot{s}_{üretim} \times T_0 &= [0,26 \times 0,4368 + 321,97 \times 0,3973 - 0,26 \times 10,1810 - 321,97 \\ &\quad \times 0,3889] \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \times 298,15 \text{ K} = 45,2367 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusunun ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{s}_{üretim} \times T_0}{\dot{E}x_{ısıtıcı}} = 1 - \left(\frac{45,2367 \text{ kW}}{91,8116 \text{ kW}} \right) = \%50,73 \quad (4.123)$$

5.8. 9 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısının Şekil 4.11'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.124) ve Eş. (4.125)'te tanımlandığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{37} = \dot{m}_{38} \quad (4.124)$$

$$321,97 \text{ kg/s} = 321,97 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{27c} = \dot{m}_{43} \quad (4.125)$$

$$15,96 \text{ kg/s} = 15,96 \text{ kg/s}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.126) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{38} - \dot{E}_{37} \quad (4.126)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (73457,46 - 37451,55) \text{ kW} = 36005,9051 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.127) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{27c} - \dot{E}_{43} \quad (4.127)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (38466,75 - 2193,54) \text{ kW} = 36273,20625 \text{ kW}$$

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{36005,9051 \text{ kW}}{36273,20625 \text{ kW}} = \%99,26 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.128) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}x_{27c} - \dot{E}x_{43} \quad (4.128)$$

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = (3512,57 - 5,20) \text{ kW} = 3507,371774 \text{ kW}$$

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.129) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{38} \times s_{38} + \dot{m}_{43} \times s_{43} - \dot{m}_{27c} \times s_{27c} - \dot{m}_{37} \times s_{37}] \times T_0 \quad (4.129)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [321,97 \times 0,7541 + 15,96 \times 0,4752 - 15,96 \times 7,3610 - 321,97 \times 0,3973] \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \times 298,15 \text{ K} = 1485,3083 \text{ kW}$$

9 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}}} = 1 - \left(\frac{1485,3083 \text{ kW}}{3507,371774 \text{ kW}} \right) = \%57,65 \quad (4.123)$$

5.9. 8 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısının Şekil 4.12'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.130) ve Eş. (4.131)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{38} = \dot{m}_{39} \quad (4.130)$$

$$321,97 \text{ kg/s} = 321,97 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{22c} = \dot{m}_{44} \quad (4.131)$$

$$12,62 \text{ kg/s} = 12,62 \text{ kg/s}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.132) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{39} - \dot{E}_{38} \quad (4.132)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (102653,70 - 73457,46)\text{kW} = 29196,2396 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.133) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{22c} - \dot{E}_{44} \quad (4.133)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (32462,14 - 3154,12)\text{kW} = 29308,02074 \text{ kW}$$

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{29196,2396 \text{ kW}}{29308,02074 \text{ kW}} = \%99,62 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.134) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}x_{22c} - \dot{E}x_{44} \quad (4.134)$$

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = (4587,85 - 98,00)\text{kW} = 4489,852 \text{ kW}$$

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.135) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{39} \times s_{39} + \dot{m}_{44} \times s_{44} - \dot{m}_{22c} \times s_{22c} - \dot{m}_{38} \times s_{38}] \times T_0 \quad (4.135)$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= [321,97 \times 1,0227 + 12,62 \times 0,8275 - 12,62 \times 7,4234 - 321,97 \\ &\quad \times 0,7541] \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \times 298,15\text{K} = 970,0241 \text{ kW} \end{aligned}$$

8 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}}} = 1 - \left(\frac{970,0241 \text{ kW}}{4489,852 \text{ kW}} \right) = \%78,39 \quad (4.123)$$

5.10. 7 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının Şekil 4.13'teki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.136) ve Eş. (4.137)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{39} = \dot{m}_{40} \quad (4.136)$$

$$321,97 \text{ kg/s} = 321,97 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{26c} + \dot{m}_{47} = \dot{m}_{45} \quad (4.137)$$

$$(15,89 + 19,32) \text{ kg/s} = 35,21 \text{ kg/s}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.138) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{40} - \dot{E}_{39} \quad (4.138)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (139783,28 - 102653,70)\text{kW} = 37129,5804 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.139) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{26c} + \dot{E}_{47} - \dot{E}_{45} \quad (4.139)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (43551,31 + 8824,60 - 14758,98)\text{kW} = 37616,9395 \text{ kW}$$

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{37129,5804 \text{ kW}}{37616,9395 \text{ kW}} = \%98,70 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.140) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}x_{26c} + \dot{E}x_{47} - \dot{E}x_{45} \quad (4.140)$$

$$\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}} = (8416,75 + 809,76 - 1196,75) \text{ kW} = 8029,762474 \text{ kW}$$

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.141) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{40} \times s_{40} + \dot{m}_{45} \times s_{45} - \dot{m}_{26c} \times s_{26c} - \dot{m}_{39} \times s_{39} - \dot{m}_{47} \times s_{47}] \times T_0 \quad (4.141)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [321,97 \times 1,3416 + 35,21 \times 1,3072 - 15,89 \times 7,4314 - 321,97 \times 1,0227 - 19,32 \times 1,4067] \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \times 298,15\text{K} = 1025,741843 \text{ kW}$$

7 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}x_{\text{ısıtıcı}}} = 1 - \left(\frac{1025,741843 \text{ kW}}{8029,762474 \text{ kW}} \right) = \%87,23 \quad (4.123)$$

5.11. 6 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısının Şekil 4.14'teki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.142) ve Eş. (4.143)'te tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{41} = \dot{m}_{42} \quad (4.142)$$

$$357,18 \text{ kg/s} = 357,18 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{21a} + \dot{m}_{48} = \dot{m}_{47} \quad (4.143)$$

$$(9,65 + 9,67) \text{ kg/s} = 19,32 \text{ kg/s}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.144) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{42} - \dot{E}_{41} \quad (4.144)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (178561,4 - 155444,7)\text{kW} = 23116,6896\text{kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.145) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{21a} + \dot{E}_{48} - \dot{E}_{47} \quad (4.145)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (27190,81 + 5046,676 - 8824,603)\text{kW} = 23412,8781 \text{ kW}$$

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{23116,6896 \text{ kW}}{23412,8781 \text{ kW}} = \%98,73 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.146) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{x_{21a}} + \dot{E}_{x_{48}} - \dot{E}_{x_{47}} \quad (4.146)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (6016,14 + 554,2037 - 809,7606) \text{ kW} = 5760,5835 \text{ kW}$$

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.147) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{42} \times s_{42} + \dot{m}_{47} \times s_{47} - \dot{m}_{21a} \times s_{21a} - \dot{m}_{41} \times s_{41} - \dot{m}_{48} \times s_{48}] \times T_0 \quad (4.147)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [357,18 \times 1,5134 + 19,32 \times 1,4067 - 9,65 \times 7,3749 - 357,18 \times 1,3444 - 9,67 \times 1,5735] \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right) \times 298,15 \text{ K} = 345,0591 \text{ kW}$$

6 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = 1 - \left(\frac{345,0591 \text{ kW}}{5760,5835 \text{ kW}} \right) = \%94,01 \quad (4.123)$$

5.12. 5 Numaralı Alçak Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısının Şekil 4.15'teki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.148) ve Eş. (4.149)'da tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{42} = \dot{m}_{49} \quad (4.148)$$

$$357,18 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 357,18 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_{14a} = \dot{m}_{48} \quad (4.149)$$

$$9,67 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 9,67 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.150) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{49} - \dot{E}_{42} \quad (4.150)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (201135,2 - 178561,4) \text{ kW} = 22573,776 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.151) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{14a} - \dot{E}_{48} \quad (4.151)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (27998,52 - 5046,676) \text{ kW} = 22951,8417 \text{ kW}$$

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{22573,776 \text{ kW}}{22951,8417 \text{ kW}} = \%98,35 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.152) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{\text{Isıtıcı}} = \dot{E}x_{14a} - \dot{E}x_{48} \quad (4.152)$$

$$\dot{E}x_{\text{Isıtıcı}} = (6895,004258 - 554,2037)kW = 6340,800554 kW$$

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.153) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{48} \times s_{48} + \dot{m}_{49} \times s_{49} - \dot{m}_{14a} \times s_{14a} - \dot{m}_{42} \times s_{42}] \times T_0 \quad (4.153)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [357,18 \times 1,6722 + 9,67 \times 1,5735 - 9,67 \times 7,335 - 357,18 \times 1,5134](kJ/kgK) \times 298,15K = 300,0817 kW$$

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}x_{\text{Isıtıcı}}} = 1 - \left(\frac{300,0817 kW}{6340,800554 kW} \right) = \%95,27 \quad (4.123)$$

5.13. 3 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının Şekil 4.16'daki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.154) ve Eş. (4.155)'te tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{51} = \dot{m}_{52} \quad (4.154)$$

$$499,77 \frac{kg}{s} = 499,77 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{m}_{12b} + \dot{m}_{57} = \dot{m}_{58} \quad (4.155)$$

$$28,13 \frac{kg}{s} + 90,24 \frac{kg}{s} = 118,37 \frac{kg}{s}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.156) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{Isıtıcı}} = \dot{E}_{52} - \dot{E}_{51} \quad (4.156)$$

$$\dot{Q}_{\text{Isıtıcı}} = (473632 - 395033,2)kW = 78598,8279 kW$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.157) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{Isıtıcı}} = \dot{E}_{12b} + \dot{E}_{57} - \dot{E}_{58} \quad (4.157)$$

$$\dot{E}_{\text{Isıtıcı}} = (86193,13 + 86888,49 - 94454,53)kW = 78627,0942 kW$$

3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{Isıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{Isıtıcı}}} = \frac{78598,8279 kW}{78627,0942 kW} = \%99,96 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.158) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}x_{\text{Isıtıcı}} = \dot{E}x_{12b} + \dot{E}x_{57} - \dot{E}x_{58} \quad (4.158)$$

$$\dot{E}x_{\text{Isıtıcı}} = (29434,35603 + 18533,40953 - 16879,02578) kW = 31088,73978 kW$$

3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.159) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{52} \times s_{52} + \dot{m}_{58} \times s_{58} - \dot{m}_{12b} \times s_{12b} - \dot{m}_{51} \times s_{51} - \dot{m}_{57} \times s_{57}] \times T_0 \quad (4.159)$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= \left[(499,77 \times 2,4519 + 118,37 \times 2,2134 - 28,13 \times 6,7828 - 499,77 \right. \\ &\quad \left. \times 2,1194 - 499,77 \times 2,1194 - 90,24 \times 2,5559) \frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] \times 298,15\text{K} \\ &= 20006,282059 \text{ kW} \end{aligned}$$

3 numaralı a yüksek basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} \quad (4.123)$$

5.14. 2 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının Şekil 4.17'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.160) ve Eş. (4.161)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{52} = \dot{m}_{53} \quad (4.160)$$

$$499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_{5a} + \dot{m}_{56} = \dot{m}_{57} \quad (4.161)$$

$$59,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} + 30,68 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 90,24 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.83) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{53} - \dot{E}_{52} \quad (4.162)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (607520,4 - 473632) \text{ kW} = 133888,383 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.163) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{5a} + \dot{E}_{56} - \dot{E}_{57} \quad (4.163)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (182437,4 + 38350 - 86888,49) \text{ kW} = 133898,8936 \text{ kW}$$

2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.164) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{133888,383 \text{ kW}}{133898,8936 \text{ kW}} = \%99,9 \quad (4.164)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.165) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = \dot{E}_{X_{5a}} + \dot{E}_{X_{56}} - \dot{E}_{X_{57}} \quad (4.165)$$

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = (69653,29707 + 10240,49419 - 18533,40953)\text{kW} = 61360,38173\text{kW}$$

2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.166) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{53} \times s_{53} + \dot{m}_{57} \times s_{57} - \dot{m}_{5a} \times s_{5a} - \dot{m}_{52} \times s_{52} - \dot{m}_{56} \times s_{56}] \times T_0 \quad (4.166)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = \left[(499,77 \times 2,9666 + 90,24 \times 2,5559 - 59,55 \times 6,3676 - 499,77 \times 2,9666 - 30,68 \times 3,0883) \frac{\text{KW}}{\text{K}} \right] \times 298,15\text{K} = 4155,141 \text{ kW}$$

2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}}} = 1 - \left(\frac{4155,141 \text{ kW}}{61360,38173 \text{ kW}} \right) = \%93,22 \quad (4.123)$$

5.15. 1 Numaralı Yüksek Basınç Isıtıcısının Enerji ve Ekserji Analizi

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının Şekil 4.18'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.167) ve Eş. (4.168)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{53} = \dot{m}_{54} \quad (4.167)$$

$$499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_{4a} = \dot{m}_{56} \quad (4.168)$$

$$30,68 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 30,68 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.153) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{54} - \dot{E}_{53} \quad (4.153)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (664744,1 - 607520,4)\text{kW} = 57223,67 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.169) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{4a} - \dot{E}_{56} \quad (4.169)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (96684,95 - 38350)\text{kW} = 58334,952 \text{ kW}$$

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısının enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{57223,67 \text{ kW}}{58334,952 \text{ kW}} = \%98,09 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.170) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = \dot{E}_{X_{4a}} - \dot{E}_{X_{56}} \quad (4.170)$$

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = (38721,59248 - 10240,49419) \text{ kW} = 28481,09828 \text{ kW}$$

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için tersinmezlik Eş. (4.171) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{54} \times s_{54} + \dot{m}_{56} \times s_{56} - \dot{m}_{4a} \times s_{4a} - \dot{m}_{53} \times s_{53}] \times T_0 \quad (4.171)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = \left[(499,77 \times 3,1705 + 30,68 \times 3,0883 - 30,68 \times 6,352 - 499,77 \times 2,9666) \frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] \times 298,15 \text{ K} = 528,5564 \text{ kW}$$

1 numaralı a yüksek basınç ısıtıcısının ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}}} = 1 - \left(\frac{528,5564 \text{ kW}}{28481,09828 \text{ kW}} \right) = \%98,14 \quad (4.123)$$

5.16. Ön Buhar Soğutucusunun Enerji ve Ekserji Analizi

Ön buhar soğutucusunun Şekil 4.19'daki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.172) ve Eş. (4.173)'te tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{54} = \dot{m}_{55} \quad (4.172)$$

$$499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_{12a} = \dot{m}_{12b} \quad (4.173)$$

$$28,13 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 28,13 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.174) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{55} - \dot{E}_{54} \quad (4.174)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (674139,8 - 664744,1) \text{ kW} = 9395,676 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan enerji Eş. (4.175) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{12a} - \dot{E}_{12b} \quad (4.175)$$

$$\dot{E}_{\text{ısıtıcı}} = (95695,45 - 86193,13) \text{ kW} = 9502,314 \text{ kW}$$

Ön buhar soğutucusunun enerji verimi Eş. (4.119) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}}}{\dot{E}_{\text{ısıtıcı}}} = \frac{9395,676 \text{ kW}}{9502,314 \text{ kW}} = \%98,87 \quad (4.119)$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.176) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = \dot{E}_{X_{12a}} - \dot{E}_{X_{12b}} \quad (4.176)$$

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = (34796,86682 - 29434,35603)\text{kW} = 5362,510791 \text{ kW}$$

Ön buhar soğutucusu için tersinmezlik Eş. (4.177) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{55} \times s_{55} + \dot{m}_{12b} \times s_{12b} - \dot{m}_{12a} \times s_{12a} - \dot{m}_{54} \times s_{54}] \times T_0 \quad (4.177)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = \left[(499,77 \times 3,2034 + 28,13 \times 6,7828 - 28,13 \times 7,2764 - 499,77 \times 3,1705) \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \right] \times 298,15\text{K} = 762,5082 \text{ kW}$$

Ön buhar soğutucusunun ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}}} = 1 - \left(\frac{762,5082 \text{ kW}}{5362,510791 \text{ kW}} \right) = \% 85,79 \quad (4.123)$$

5.17. Deaeratrörün Enerji ve Ekserji Analizi

Deaeratrörün Şekil 4.20'deki akış şemasında görüldüğü üzere kütle korunumu Eş. (4.178)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{13a} + \dot{m}_{49} + \dot{m}_{58} = \dot{m}_{50} \quad (4.178)$$

$$24,22 \frac{\text{kg}}{\text{s}} + 357,18 \frac{\text{kg}}{\text{s}} + 118,37 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Akışkana aktarılan enerji Eş. (4.179) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = \dot{E}_{13a} + \dot{E}_{49} + \dot{E}_{58} - \dot{E}_{50} \quad (4.179)$$

$$\dot{Q}_{\text{ısıtıcı}} = (76368,08 + 201135,2 + 94454,53 - 371659)\text{kW} = 298,8506 \text{ kW}$$

Akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji Eş. (4.180) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = \dot{E}_{X_{13a}} + \dot{E}_{X_{49}} + \dot{E}_{X_{58}} \quad (4.180)$$

$$\dot{E}_{X_{\text{ısıtıcı}}} = (23468,49 + 24686,23 + 16877,6)\text{kW} = 65033,73957 \text{ kW}$$

Deaeratrör için tersinmezlik Eş. (4.181) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = \left[\dot{m}_{50} \times s_{50} - \dot{m}_{13a} \times s_{13a} - \dot{m}_{49} \times s_{49} - \dot{m}_{58} \times s_{58} + \left(\frac{\dot{Q}}{T_0} \right) \right] \times T_0 \quad (4.181)$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = \left[499,77 \times 2,0965 - 24,22 \times 7,3409 - 357,18 \times 1,6722 - 118,36 \right. \\ \left. \times 2,2134 + \left(\frac{22573,776}{298,15} \right) \right] \times 298,15K = 3487,461392 \text{ kW}$$

Deaeratörün ekserji verimi Eş. (4.123) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{E}_{\text{Xısıtıcı}}} = 1 - \left(\frac{3487,266929 \text{ kW}}{65033,73957 \text{ kW}} \right) = \%94,64 \quad (4.123)$$

5.18. Kazan Besleme Suyu Pompa ve Türbin Grubunun Enerji ve Ekserji Analizi

5.18.1. Kazan Besleme Suyu A Pompasının ve Türbininin Enerji ve Ekserji Analizi

Şekil 4.21'de Kazan besleme suyu A pompasına ve türbinine giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.

Kazan besleme suyu A türbini için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır vekütle korunumu Eş. (4.182)'de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{32} \quad (4.182)$$

$$15,39 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 15,39 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Kazan besleme suyu A türbininde üretilen güç Eş. (4.38)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a, \text{KBSPT}-A} = \dot{E}_{11} - \dot{E}_{32} \quad (4.183)$$

$$\dot{W}_{a, \text{KBSPT}-A} = (48523,13 - 36772,87)\text{kW} = 11750,265 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu A türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.184)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s \text{ KBSPT}-A} = \dot{m}_{11} \times h_{11} - \dot{m}_{32} \times h_{s32} \quad (4.184)$$

$$\dot{W}_{s \text{ KBSPT}-A} = (15,39 \times 3152,90 - 15,39 \times 2198,9)\text{kW} = 11750,265 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu A türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.185)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_i = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSPT}-A}}{\dot{W}_{s \text{ KBSPT}-A}} = \frac{11750,265 \text{ kW}}{14682,06 \text{ kW}} = \% 80,03 \quad (4.185)$$

Kazan besleme suyu A türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.186)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x \text{ KBSPT}-A} = \dot{E}_{X11} - \dot{E}_{X32} \quad (4.186)$$

$$\dot{W}_{x \text{ KBSPT}-A} = (14910,77 - 643,0437)\text{Kw} = 14267,72387 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu A türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.187)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{\text{KBSPT -A}} = \dot{W}_{x,\text{KBSPT -A}} - \dot{W}_{a,\text{KBSPT -A}} \quad (4.187)$$

$$\dot{I}_{\text{KBSPT -A}} = 14267,72387\text{kW} - 11750,265 \text{ kW} = 2517,458873 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu A türbini için tersinmezlik Eş. (4.188) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{32} \times s_{32} - \dot{m}_{11} \times s_{11}] \times T_0 \quad (4.188)$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= [15,39 \times 7,889242 - 15,39 \times 7,3406] \left(\frac{\text{kW}}{\text{K}}\right) \times 298,15\text{K} \\ &= 2517,4588 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kazan besleme suyu A türbininin ekserji verimi Eş. (4.189) ya da Eş. (4.190)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{II}} = \frac{\dot{W}_{a,\text{KBSPT -A}}}{\dot{W}_{x,\text{KBSPT -A}}} = \frac{11750,265 \text{ kW}}{14267,72387\text{kW}} = \%82,35 \quad (4.189)$$

Ya da;

$$\eta_{\text{II}} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{x,\text{KBSPT -A}}} = 1 - \left(\frac{2517,4588\text{kW}}{14267,72387\text{kW}}\right) = \%82,35 \quad (4.190)$$

Kazan besleme suyu A pompası için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Kazan besleme suyu A pompası için kütle korunum denklemi Eş. (4.191)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{50a} = \dot{m}_{51a} \quad (4.191)$$

$$249,89 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 249,89 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Kazan besleme suyu A pompasında elde edilen iş Eş. (4.192)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,\text{KBSP -A}} = \dot{E}_{51a} - \dot{E}_{50a} \quad (4.192)$$

$$\dot{W}_{a,\text{KBSP -A}} = (197516,6 - 185829,5)\text{kW} = 11687,1214 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu A pompasının enerji verimi Eş. (4.193)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{I}} = \frac{\dot{W}_{a,\text{KBSP -A}}}{\text{Verilen enerji}} = \frac{11687,12145 \text{ kW}}{11750,265 \text{ kW}} = \% 99,46 \quad (4.193)$$

Kazan besleme suyu A pompasının ideal işi Eş. (4.194)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{s,\text{KBSP -A}} = \dot{m}_{51a} \times h_{s51a} - \dot{m}_{50a} \times h_{s50a} \quad (4.194)$$

$$\dot{W}_{s,\text{KBSP -A}} = (249,89 \times 780,01 - 249,89 \times 743,66)\text{kW} = 9083,31975 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu A pompasının izantropik verimi Eş. (4.195)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{s,KBSP-A}}{\dot{W}_{a,KBSP-A}} = \frac{9083,31975 \text{ kW}}{11687,12145 \text{ kW}} = \% 77,72 \quad (4.195)$$

Kazan besleme suyu A pompasının tersinir işi Eş. (4.196) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{x,KBSP-A} = \dot{E}x_{51a} - \dot{E}x_{50a} \quad (4.196)$$

$$\dot{W}_{x,KBSP-A} = (40754,14 - 30773,14) \text{ kW} = 9980,9978 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu A pompasının ekserji kaybı Eş. (4.197) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{KBSP-A} = \dot{W}_{a,KBSP-A} - \dot{W}_{x,KBSP-A} \quad (4.197)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{KBSP-A} &= \dot{W}_{a,KBSP-A} - \dot{W}_{x,KBSP-A} = (11687,12145 - 9980,9978) \text{ kW} \\ &= 1706,123572 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kazan besleme suyu A pompasındaki tersinmezlik Eş. (4.198) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{51a} \times s_{51a} - \dot{m}_{50a} \times s_{50a}] \times T_0 \quad (4.198)$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= [249,885 \times 2,1194 - 249,885 \times 2,0965] \left(\frac{\text{kW}}{\text{K}} \right) \times 298,15 \text{ K} \\ &= 1706,123572 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kazan besleme suyu A pompasının ekserji verimi Eş. (4.199) ya da Eş. (4.200) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{x,KBSP-A}}{\dot{W}_{a,KBSP-A}} = \frac{9980,9978 \text{ kW}}{11687,12145 \text{ kW}} = \% 85,40 \quad (4.199)$$

Ya da,

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{a,KBSP-A}} = \frac{1706,123572 \text{ kW}}{11687,12145 \text{ kW}} = \% 85,40 \quad (4.200)$$

5.18.2. Kazan Besleme Suyu B Pompasının ve Türbininin Enerji ve Ekserji Analizi

Şekil 4.22’de Kazan besleme suyu b pompasına ve türbinine giren ve çıkan kütleler gösterilmektedir.

Kazan besleme suyu B türbini için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır ve kütle korunumu Eş. (4.201)’de tanımladığı gibi yazılmaktadır.

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{30} \quad (4.201)$$

$$15,21 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 15,21 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Kazan besleme suyu B türbininde üretilen güç Eş. (4.202) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a, \text{KBSPT-B}} = \dot{E}_{15} - \dot{E}_{30} \quad (4.202)$$

$$\dot{W}_{a, \text{KBSPT-A}} = (47955,61 - 36204,36)\text{kW} = 11751,246 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu B türbini için ideal güç denklemi Eş. (4.203)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_s \text{KBSPT-B} = \dot{m}_{15} \times h_{15} - \dot{m}_{30} \times h_{s30} \quad (4.203)$$

$$\dot{W}_s \text{KBSPT-A} = (15,21 \times 3152,90 - 15,21 \times 2222,9)\text{kW} = 14145,3 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu B türbini için izantropik verim denklemi Eş. (4.204)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSPT-B}}}{\dot{W}_s \text{KBSPT-B}} = \frac{11751,246 \text{ kW}}{14145,3 \text{ kW}} = \% 83,08 \quad (4.204)$$

Kazan besleme suyu B türbini için maksimum kullanılabilir güç Eş. (4.205)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_x \text{KBSPT-B} = \dot{E}x_{15} - \dot{E}x_{30} \quad (4.205)$$

$$\dot{W}_x \text{KBSPT-A} = (14736,37 - 253,0442)\text{kW} = 14484,55284 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu B türbini için yok olan ekserji (tersinmezlik) denklemi ise Eş. (4.206)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{\text{KBSPT-B}} = \dot{W}_x \text{KBSPT-B} - \dot{W}_{a, \text{KBSPT-B}} \quad (4.206)$$

$$\dot{I}_{\text{KBSPT-A}} = (14483,32843 - 11751,246) \text{ kW} = 2733,306838 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu B türbini için tersinmezlik Eş. (4.207) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{30} \times s_{30} - \dot{m}_{15} \times s_{15}] \times T_0 \quad (4.207)$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= \left[(15,21 \times 7,943062 - 15,21 \times 7,3406) \frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] \times 298,15\text{K} \\ &= 2733,306838 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kazan besleme suyu B türbininin ekserji verimi Eş. (4.208) ya da Eş. (4.209)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{a, \text{KBSPT-B}}}{\dot{W}_x \text{KBSPT-B}} = \frac{11751,246 \text{ kW}}{14484,55284 \text{ kW}} = \%81,13 \quad (4.208)$$

Ya da;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_x \text{KBSPT-B}} = 1 - \left(\frac{2733,306838 \text{ kW}}{14484,55284 \text{ kW}} \right) = \%81,13 \quad (4.209)$$

Kazan besleme suyu B pompası için termodinamik analiz aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Kazan besleme suyu B pompası için kütle korunum denklemi Eş. (4.210)'de tanımlandığı gibi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\dot{m}_{50b} = \dot{m}_{51b} \quad (4.210)$$

$$249,89 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 249,89 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Kazan besleme suyu B pompasında elde edilen iş Eş. (4.211)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_{a,KBSP-B} = \dot{E}_{51b} - \dot{E}_{50b} \quad (4.211)$$

$$\dot{W}_{a,KBSP-A} = (197516,6 - 185829,5)\text{kW} = 11687,1214 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu B pompasının enerji verimi Eş. (4.212)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{a,KBSP-B}}{\text{Verilen enerji}} = \frac{11687,12145 \text{ kW}}{11751,246 \text{ kW}} = \% 99,45 \quad (4.212)$$

Kazan besleme suyu B pompasının ideal işi Eş. (4.213)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_s,KBSP-B = \dot{m}_{51b} \times h_{s51b} - \dot{m}_{50b} \times h_{50b} \quad (4.213)$$

$$\dot{W}_s,KBSP-B = (249,89 \times 780,01 - 249,89 \times 743,66)\text{kW} = 9083,31975 \text{ kW}$$

Kazan besleme suyu B pompasının izantropik verimi Eş. (4.214)yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_s,KBSP-B}{\dot{W}_{a,KBSP-B}} = \frac{9083,31975 \text{ kW}}{11687,12145 \text{ kW}} = \% 77,72 \quad (4.214)$$

Kazan besleme suyu B pompasının tersinir işi Eş. (4.215) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{W}_x,KBSP-B = \dot{E}x_{51b} - \dot{E}x_{50b} \quad (4.215)$$

$$\dot{W}_x,KBSP-A = (40754,14 - 30773,14)\text{kW} = 9980,9978\text{kW}$$

Kazan besleme suyu B pompasının ekserji kaybı Eş. (4.216) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{I}_{KBSP-B} = \dot{W}_{a,KBSP-B} - \dot{W}_x,KBSP-B \quad (4.216)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{KBSP-B} &= \dot{W}_{a,KBSP-A} - \dot{W}_x,KBSP-A = (11687,12145 - 9980,9978)\text{kW} \\ &= 1706,123572 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kazan besleme suyu B pompasının tersinmezlik Eş. (4.217) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 = [\dot{m}_{51b} \times s_{51b} - \dot{m}_{50b} \times s_{50b}] \times T_0 \quad (4.217)$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0 &= [249,885 \times 2,1194 - 249,885 \times 2,0965] \left(\frac{\text{kW}}{\text{K}} \right) \times 298,15\text{K} \\ &= 1706,123572 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kazan besleme suyu B pompasının ekserji verimi Eş. (4.218) ya da Eş. (4.219) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_x,KBSP-B}{\dot{W}_{a,KBSP-B}} = \frac{9980,9978\text{kW}}{11687,12145 \text{ kW}} = \% 85,40 \quad (4.218)$$

Ya da,

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\dot{W}_{a,KBSP-B}} = \frac{1706,123572 \text{ kW}}{11687,12145 \text{ kW}} = \% 85,40 \quad (4.219)$$

Bir termik santral termodinamik analiz edilirken enerji ve ekserji verimleri aşağıdaki Eş. (4.220) ve Eş. (4.221) yardımıyla hesaplanmaktadır..

$$\eta_I = \frac{\text{Çıkan ürünlerin enerjisi}}{\text{Giren enerji}} = 1 - \frac{\text{Enerji kaybı}}{\text{Giren enerji}} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{Q}_{\text{giren}}} \quad (4.220)$$

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{Q}_{\text{giren}}} = \frac{660203,03 \text{ kW}}{1409802,73 \text{ kW}} = \%46,83$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\dot{S}_{\text{üretim}} \times T_0}{\text{Harcanan ekserji}} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{E}x_{\text{yakıt}}} \quad (4.221)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{E}x_{\text{yakıt}}} = \frac{660203,03 \text{ kW}}{1526563,36 \text{ kW}} = \% 43,25$$

5.19. Su/Kömür Debi Oranının Hesaplanması

Su/Kömür debi oranı Eş. (4.222) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{su/kömür debi oranı} = \frac{\text{Su debisi}}{\text{Kömür debisi}} \times 1,0502 \quad (4.222)$$

$$\text{su/kömür debi oranı} = \frac{(499,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}})}{(59,61 \frac{\text{kg}}{\text{s}})} \times 1,0502 = 8,80$$

6. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, Çanakkale ilinde işletmede olan bir ultra süper kritik termik santralin termodinamik analizi yapılmıştır. Bu analizde ölü hal şartları için sıcaklık değeri 25 °C ve basınç değeri 1 bar olarak kabul edilmiştir.

Santralden alınan değişken su/kömür debi oranı verileri ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda en çok enerji kaybımız denize attığımız ısı yoğuşturucuda meydana gelmektedir, en çok ekserji yıkımı ise kazanda meydana gelmektedir.

Analizi yapılan santralde değişken su kömür debi oranlarında santralin birinci ve ikinci yasa verimleri incelenmeleri sonucunda işletme şartlarına uygun su kömür debi oranı 9,0 olduğu tespit edilmiştir.

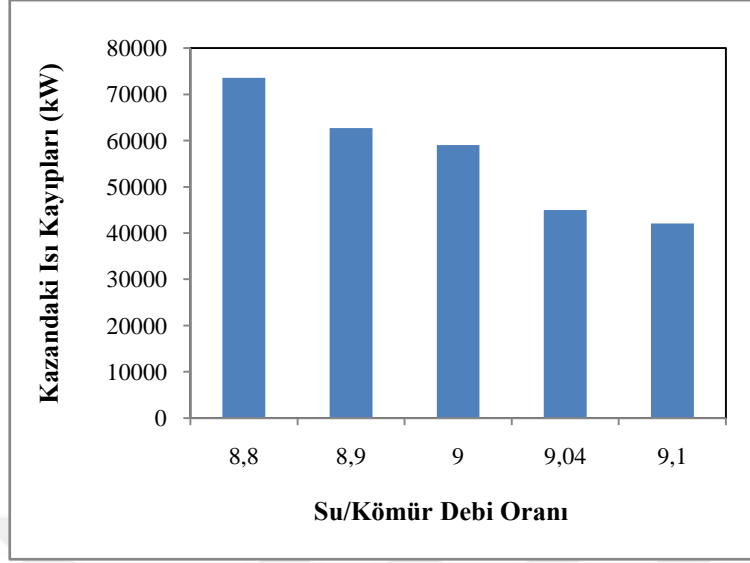
Aşağıdaki çizelge 6.1'de santraldeki ekipmanların 1. yasa, 2. yasa ve izantropik verimleri tablo halinde gösterilmiştir. Santraldeki ekipmanların ısı kazanımları, ısı kayıpları, ekserji yıkımları, türbin ve pompalardaki işler, üretilen güçler ve ekipmanların verimleri grafikler halinde gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

Çizelge 6.1. Santraldeki ekipmanların enerji, ekserji ve izantropik verim tablosu

Ekipman	Su/Kömür Debi Oranı														
	8,8			8,9			9,0			9,04			9,1		
	η_I (%)	η_{II} (%)	η_T (%)	η_I (%)	η_{II} (%)	η_T (%)	η_I (%)	η_{II} (%)	η_T (%)	η_I (%)	η_{II} (%)	η_T (%)	η_I (%)	η_{II} (%)	η_T (%)
Kazan	94,77	49,99	-	95,5	50,37	-	95,77	50,57	-	96,76	51,05	-	96,99	51,17	-
YBT	93,80	96,22	91,88	94,76	95,24	91,46	95,81	95,80	91,68	94,82	95,51	81,15	94,61	94,14	88,60
OBT	94,82	94,26	93,30	94,93	94,34	93,00	95,07	94,23	93,13	94,73	94,04	92,76	95,66	94,38	92,98
ABT-1	97,06	88,55	88,33	94,73	87,23	87,25	94,62	87,15	87,10	94,75	86,93	87,22	94,38	87,37	87,05
ABT-2	94,19	86,06	84,80	93,37	85,66	84,24	93,04	86,05	84,01	93,30	85,56	84,25	92,87	85,90	83,83
Yoğuşturucu-1	85,60	21,70	-	95,11	25,39	-	98,61	24,37	-	96,66	25,74	-	93,35	24,74	-
Yoğuşturucu-2	86,85	43,14	-	96,74	44,03	-	87,20	41,08	-	96,67	45,24	-	95,06	44,56	-
Yoğuşturucu pompası	85,38	77,09	69,12	85,53	77,09	69,47	96,94	73,32	73,07	96,94	73,32	73,07	94,54	79,56	74,92
Sızdırmazlık buharı yoğ.	95,01	50,73	-	94,80	48,17	-	95,19	49,10	-	95,19	49,10	-	95,19	49,10	-
ABI-9	99,26	57,65	-	97,49	71,91	-	95,98	85,18	-	95,98	85,18	-	95,19	91,69	-
ABI-8	99,62	78,40	-	95,07	99,29	-	95,37	98,67	-	96,13	95,85	-	94,97	97,72	-

ABI-7	98,70	87,23	-	98,60	87,88	-	96,91	94,33	-	97,46	90,20	-	99,14	85,38	-
ABI-6	98,73	94,01	-	97,52	99,91	-	98,25	95,84	-	98,89	92,97	-	98,21	96,30	-
ABI-5	98,35	95,27	-	99,21	94,48	-	98,59	94,93	-	99,81	90,64	-	97,52	86,66	-
ABI-7 Boşaltma pompası	82,99	75,91	70,03	83,74	76,60	70,31	90,60	66,14	59,94	91,45	72,05	65,31	91,16	68,86	62,34
Deaeratrör	99,92	94,64	-	99,95	95,07	-	99,93	94,92	-	99,91	94,61	-	99,16	93,36	-
KBST-A	94,00	82,36	80,03	93,95	82,31	82,01	94,46	81,80	82,38	94,46	81,80	82,38	94,93	82,03	82,62
KBSP-A	99,46	85,40	77,72	95,71	87,64	83,87	96,91	85,15	77,35	96,91	85,15	77,35	91,12	88,56	82,48
KBST-B	94,00	82,36	80,03	93,95	82,31	82,01	94,46	81,80	82,38	94,46	81,80	82,38	94,93	82,03	82,62
KBSP-B	99,46	85,40	77,72	95,71	87,64	83,87	96,91	85,15	77,35	96,91	85,15	77,35	91,12	88,56	82,48
YBI-3	99,96	93,55	-	96,18	99,49	-	98,94	95,10	-	98,94	95,12	-	99,18	95,07	-
YBI-2	99,99	93,23	-	97,28	96,61	-	96,91	97,28	-	94,85	99,78	-	91,28	98,81	-
YBI-1	98,09	98,14	-	97,61	98,47	-	98,09	98,20	-	98,92	97,20	-	97,87	97,34	-
Ön Buhar Soğutucusu	98,88	85,78	-	97,27	83,93	-	93,87	87,67	-	94,12	87,44	-	97,96	86,87	-

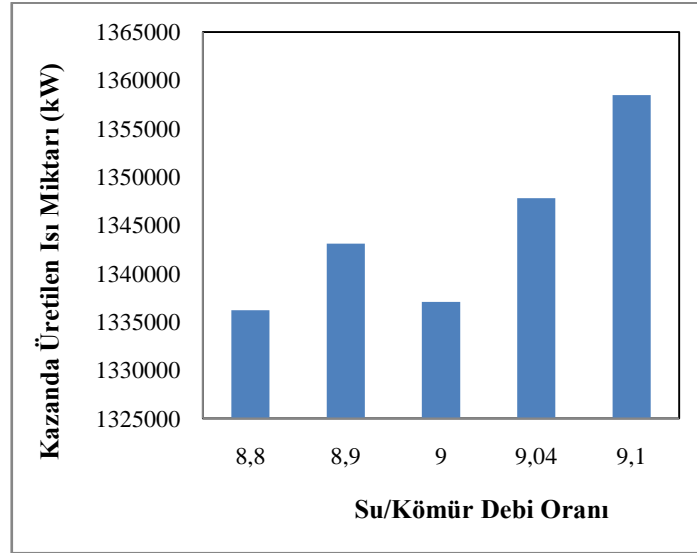
Şekil 6.1’de kazandaki ısı kayıpları görülmektedir.



Şekil 6.1. Kazandaki ısı kayıpları

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi su/kömür debi oranı arttıkça kazandaki ısı kayıpları azalmaktadır. Kazandaki en yüksek ısı kaybı 73594 kW olarak en düşük değer olan 8,8 su/kömür debi oranında hesaplanırken, en düşük ısı kaybı 42092 kW olarak en yüksek su/kömür debi oranı olan 9,1 değerinde hesaplanmıştır.

Şekil 6.2’de kazanda üretilen ısı miktarları görülmektedir.

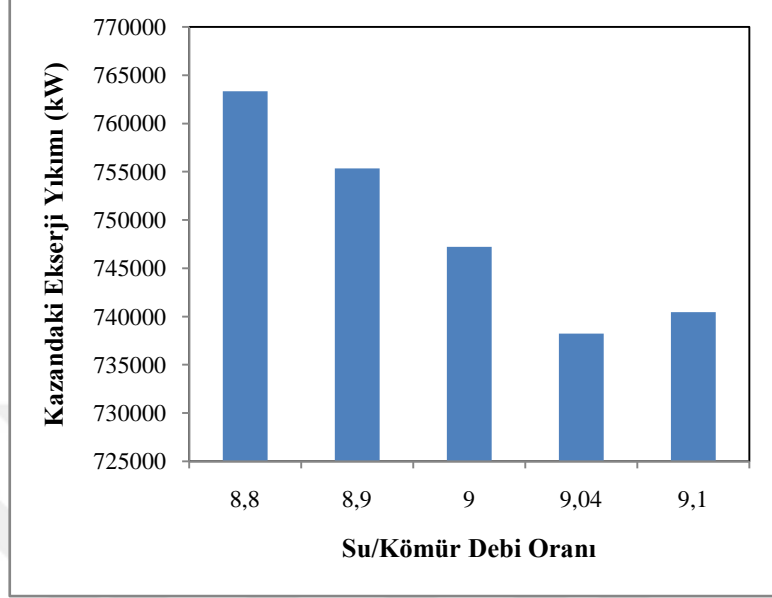


Şekil 6.2. Kazanda üretilen ısı miktarı

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi su kömür oranı arttıkça üretilen ısı miktarında artmaktadır, fakat su/kömür debi oranı 9 olduğundaki üretilen ısı miktarında düşüş olduğu görülmüş

araştırmalarda ana buhara aktarılan ısı sıcaklık farkının az olduğu ve kömür debisinin az olduğundan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

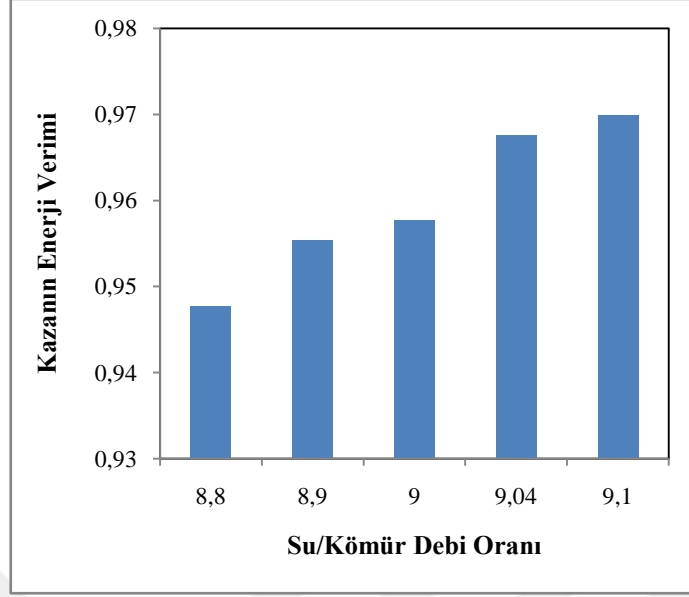
şekil 6.3'te kazandaki ekserji yıkım miktarları görölmektedir.



şekil 6.3. Kazandaki ekserji yıkımı

şekil 6.3'de göröldüğu gibi, su/kömür debi oranı arttıkça kazandaki ekserji yıkımın azaldığı görölmektedir. Fakat su/kömür debi oranının 9,1 olduğunda ekserji yıkımının tekrar artmasının sebebi olarak kazana beslenen su debisinden oluştuğu görölmektedir. Kazana beslenen su debisinde ana buhar ve tekrar ısıtılan buhar arasındaki fark 100 kg/s nin altındayken en çok su/kömür debi oranın 9,1 de olduğu durumda debi farkı yaklaşık olarak 102 kg/s olduğu tespit edilmiştir. Kazandaki en yüksek ekserji yıkımı 763347 kW olarak su/kömür debi oranının 8,8 olduğu zaman hesaplanırken en az ekserji yıkımı ise 738215 kW olarak su/kömür debi oranının 9,04 olduğu zaman hesaplanmıştır.

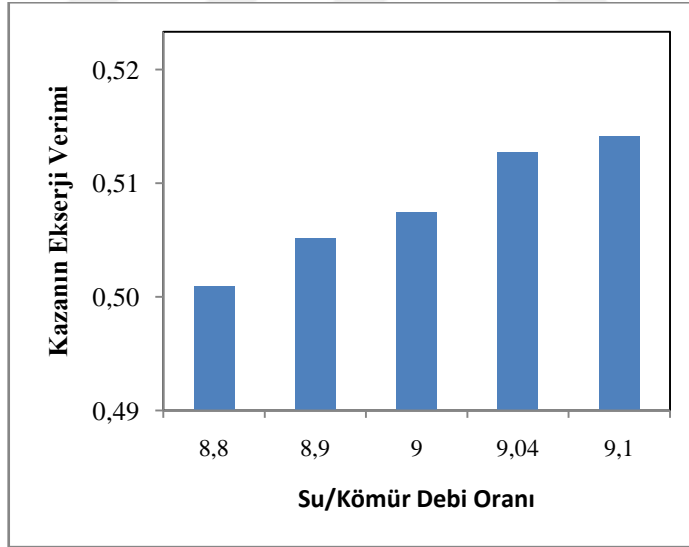
şekil6.4'tekazanın enerji verimi görölmektedir.



Şekil 6.4. Kazanın enerji verimi

Şekil6.4'te su/kömür debi oranı arttıkça kazanın enerji verimi arttığı görülmektedir. Su/kömür debi oranının 8,8 olduğu anda kazanın enerji verimi %94,7 ve su/kömür debi oranının 9,1 olduğu anda kazanın enerji verimi %96,9 olarak hesaplanmıştır.

Şekil6.5'tekazanın ekserji verimi görülmektedir.

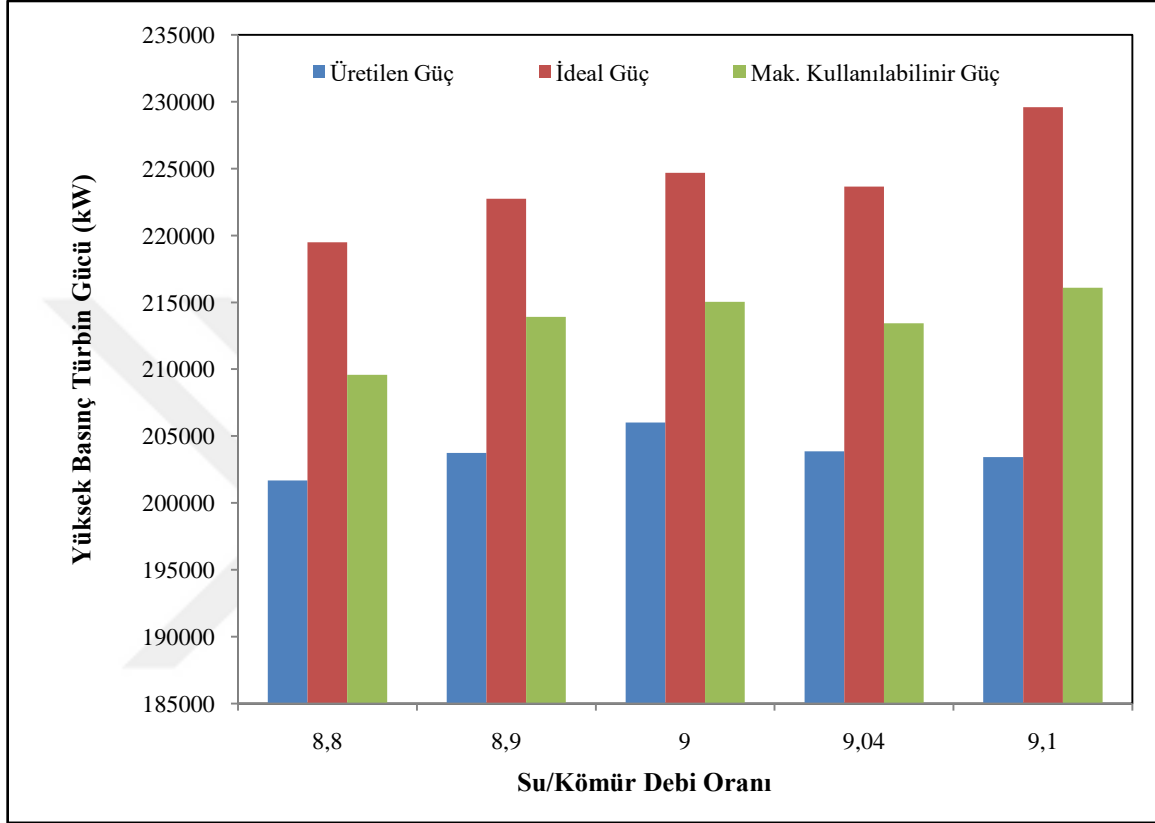


Şekil 6.5. Kazanın ekserji verimi

Şekil6.4'te su/kömür debi oranı arttıkça kazanın ekserji verimi arttığı görülmektedir. Su/kömür debi oranının 8,8 olduğu anda kazanın ekserji verimi %50 ve su/kömür debi oranının 9,1 olduğu anda kazanın enerji verimi %54,2 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.3'teen az ekserji yıkımının su/kömür debi oranı 9,04'te olmasına rağmen kazanın en yüksek

ekserji verimi su/kömür debi oranı 9,1 olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise kazanda şekil 6.2’de görülen kazanda üretilen ısı miktarının en çok su/kömür debi oranı 9,1’de olduğundan kaynaklanmaktadır.

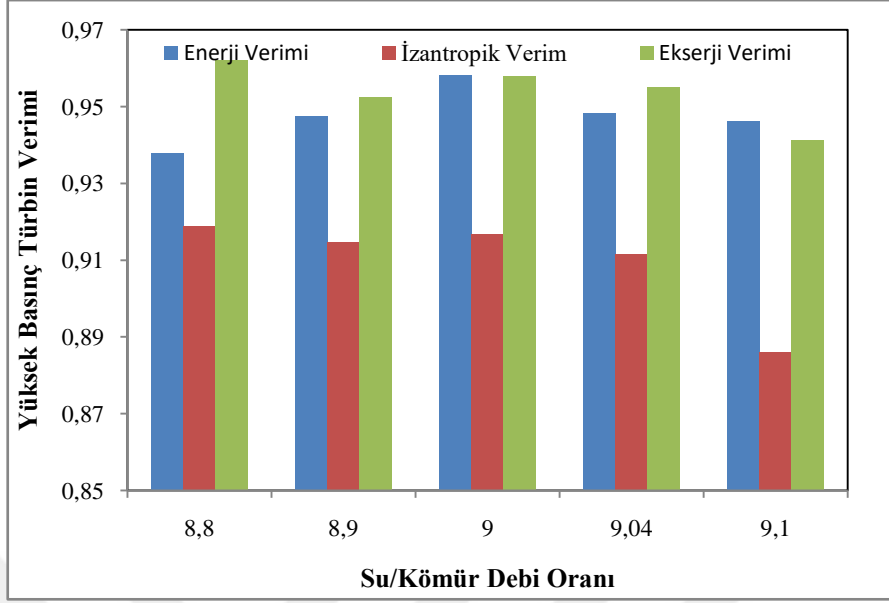
Şekil 6.6’da yüksek basınç türbininde elde edilen güç, ideal güç ve maksimum kullanılabilir güç görülmektedir.



Şekil 6.6. Yüksek basınç türbininde elde edilen güç

Su/kömür debi oranının 8,8 iken yüksek basınç türbinde 201678 kW ile en az güç elde edilmiştir ve su/kömür debi oranının 9,0 olduğu değerinde yüksek basınç türbininde 206004 kW ile en fazla güç elde edilmiştir. Su/kömür debi oranının 9,0 olduğunda en fazla güç elde edilmesinin ana sebebi türbinin egzozunda diğer su/kömür debi oranlarından ortalama 3000 kW daha fazla enerji harcadığı yani türbinde buhardan en fazla güç elde edildiği gözlemlenmiştir. Su/kömür debi oranının 8,8 iken yüksek basınç türbinde 219484 kW ile en az ideal güç elde edilmiştir ve su/kömür debi oranının 9,0 olduğu değerinde yüksek basınç türbininde 229586 kW ile en fazla ideal güç elde edilmiştir. Su/kömür debi oranının 8,8 iken yüksek basınç türbinde 209586 kW ile en az kullanılabilir güç elde edilmiştir ve su/kömür debi oranının 9,0 olduğu değerinde yüksek basınç türbininde 216081 kW ile maksimum kullanılabilir güç elde edilmiştir.

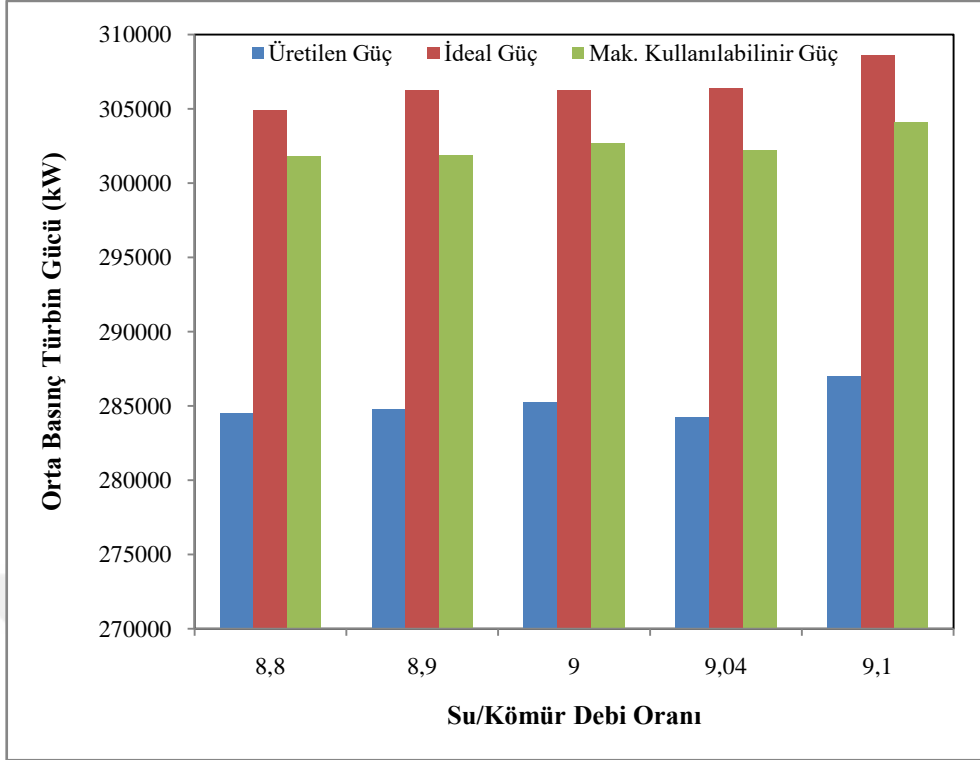
Şekil6.7’de yüksek basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi görülmektedir.



Şekil 6.7. Yüksek basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi

Şekil 6.7’de görüldüğü gibi su/kömür debi oranı 9,0 iken en yüksek enerji verimi %95,81 elde edilmiştir. Bunun nedeni su/kömür debi oranı 9,0 iken türbinden en yüksek güç elde edildiği içindir. Su/kömür debi oranı 9,1 iken en düşük izantropik verim%88,6 elde edilmiştir. Bunun nedeni Şekil 6.6’da görüldüğü üzere türbinde üretilen güç ve ideal güç arasındaki en çok fark olduğu içindir. Şekil 6.15’te görüldüğü gibi su/kömür debi oranının 8,8 olduğu anda türbinin en az ekserji yıkımı olduğu için en yüksek ekserji verimi %96,2 elde edilmiştir.

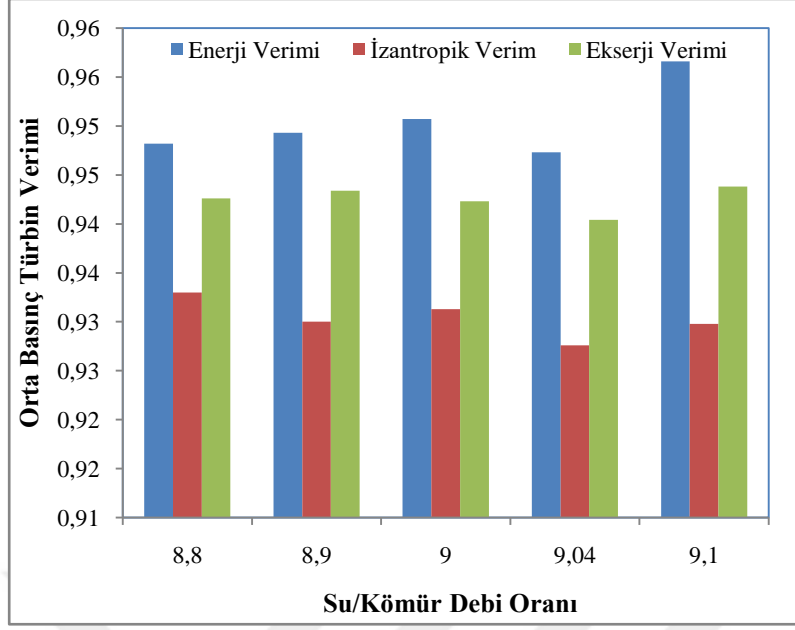
Şekil6.8’de orta basınç türbininde elde edilen güç, ideal güç ve maksimum kullanılabilir güç görülmektedir.



Şekil 6.8. Orta basınç türbininde elde edilen güç

Orta basınç türbininde en düşük güç 284421 kW olarak su/kömür debi oranı 9,0'te hesaplanırken en yüksek güç ise 286991 kW ile su/kömür debi oranının 9,1 olduğu değerde hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranı arttıkça türbinin ideal gücünde arttığı görülmektedir. Su/kömür debi oranı 8,8 iken türbinin ideal gücü 304891 kW, su/kömür debi oranı 9,1 iken 308630 kW ideal güç elde edilmiştir. Türbine giren ve çıkan buhar sıcaklık değerleri su/kömür debi oranlarında bir birine yakın olmana rağmen en çok debi ile su/kömür debi oranının 9,1'de olduğu için en fazla kullanılabilir güç elde edilmiştir.

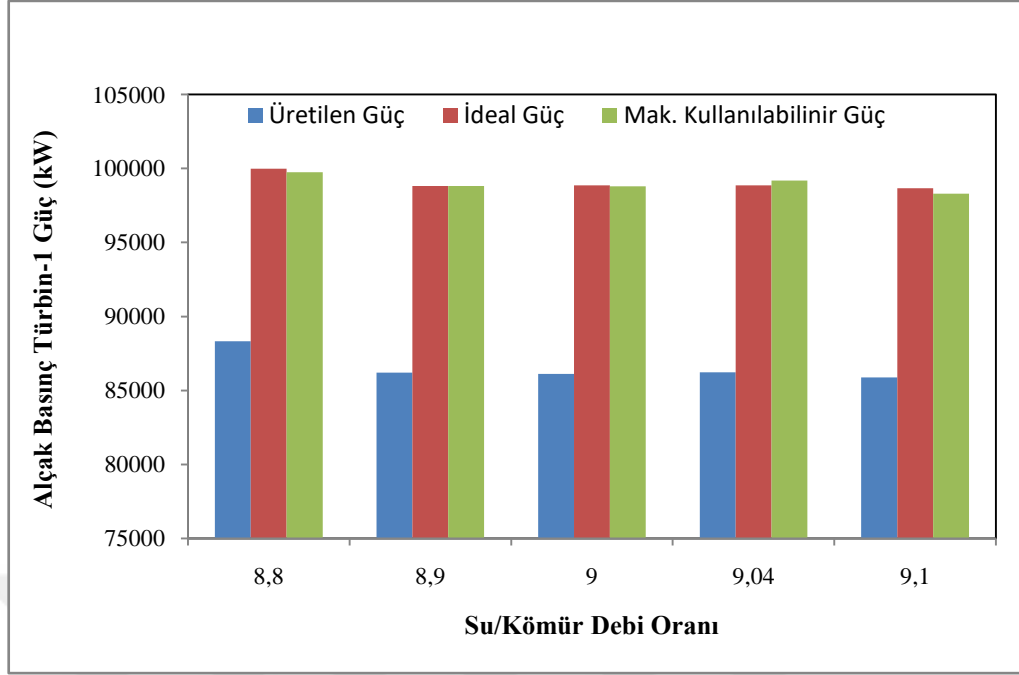
Şekil 6.9'da orta basınç türbininin enerji, izantropik ve ekserji verimi görülmektedir.



Şekil 6.9. Orta basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi

Orta basınç türbininde enerji verimi en az olduğu değerinde %94,7 ile su/kömür debi oranı 9,04 olduğu anda ve en yüksek verim ise %95,7 ile su/kömür oranının 9,1 olduğu anda hesaplanmıştır. En yüksek enerji veriminin su/kömür debi oranı 9,1'de olmasının sebebi Şekil6.8'den de görüleceği üzere en yüksek güç elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Su/kömür debi oranı 8,8 iken en yüksek izantropik verim %93,3 elde edilmiştir. Su/kömür debi oranı 9,04 iken en az izantropik verim %92,76 elde edilmiştir. Su/kömür debi oranı 9,1 iken en yüksek ekserji verim %94,3 elde edilmiştir. Su/kömür debi oranı 9,04 iken en az ekserji verim %94 elde edilmiştir. Orta basınç türbininde 2. yasa verimi Şekil 6.15'te görüldüğü gibi ekserji yıkımıyla verimler doğru orantılıdır.

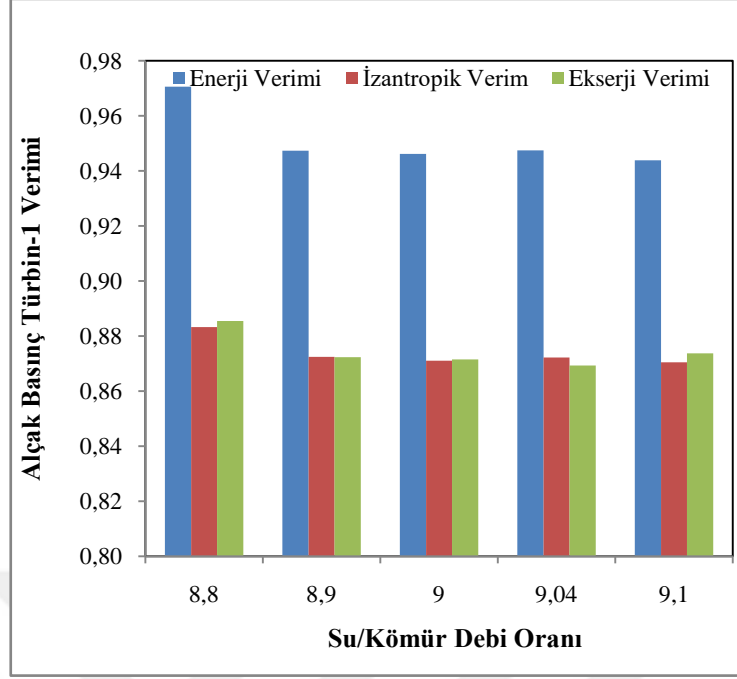
Şekil6.10'da 1 numaralı alçak basınç türbini elde edilen güç, ideal güç ve maksimum kullanılabilir güç görülmektedir.



Şekil 6.10. 1 Numaralı alçak basınç türbininde elde edilen güç

Su/kömür debi oranı 8,8 iken türbinde en çok 88327 kW üretilen güç olduğu görülmektedir. Su/kömür debi oranı 8,8 iken türbine giren ve çıkan buhar sıcaklıkları arasındaki fark en fazladır. Yani türbin buhardan en fazla su/kömür debi oranı 8,8 olduğu zaman yararlanmıştır. Su/kömür debi oranı 9,1 iken türbinde en az 85887 kW üretilen güç olduğu görülmektedir. Su/kömür debi oranı 8,8 iken türbinde en çok 99990 kW ideal güç üretildiği görülmektedir. Türbinde en az ideal güç 98804 kW üretildiği su/kömür debi oranının 8,9 olduğu zaman görülmektedir. Türbinde üretilen maksimum kullanılabilir güç 99742 kW ile su/kömür oranı 8,8 iken elde edilmiştir, en az kullanılabilir güç ise su/kömür debi oranı 9,1 iken 98289 kW güç elde edilmiştir.

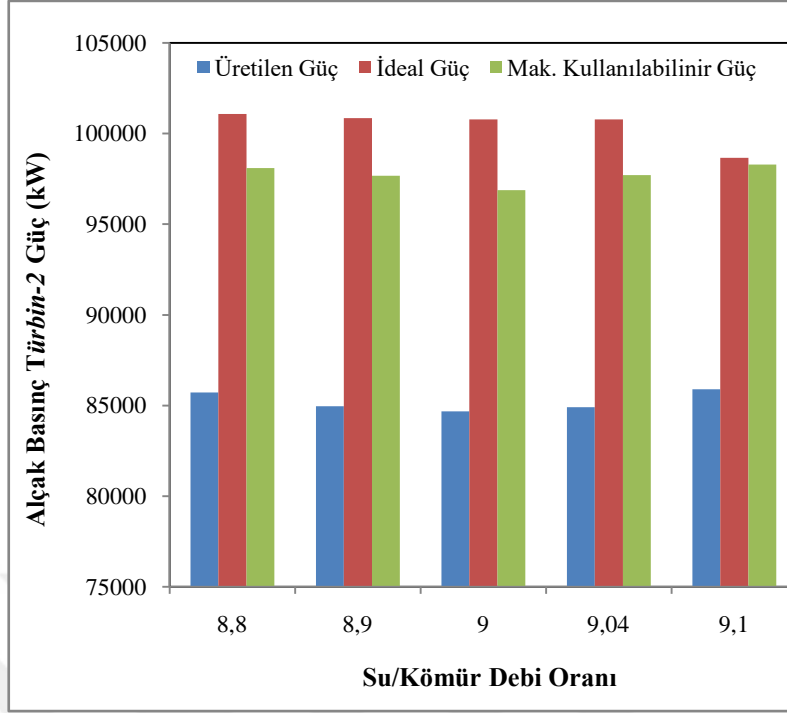
Şekil 6.11’de 1 numaralı alçak basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi görülmektedir.



Şekil 6.11. 1 Numaralı alçak basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi

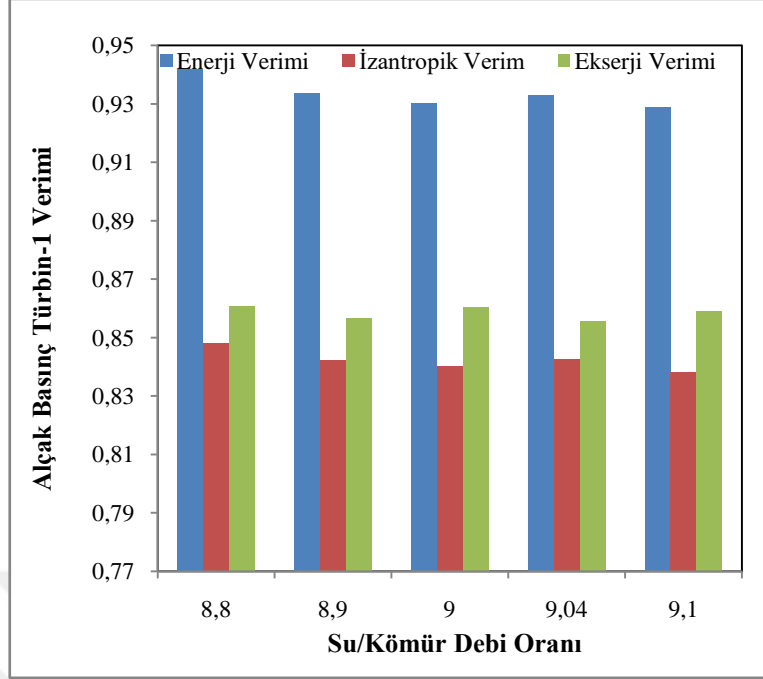
Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinden en fazla güç elde edildiği için enerji verimi de en yüksek %97,1 olarak hesaplanmış ve en düşük verimi ise %94,6 ile su/kömür debi oranının 8,9 olduğu anda görülmektedir. Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinin izantropik verimi %88,3 ve su/kömür debi oranı 9,1’de izantropik verimi %87,05 olarak hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinin ekserji verimi %88,5 ve su/kömür debi oranı 9,1’de ekserji verimi %86,9 olarak hesaplanmıştır.

Şekil6.12’de 2 numaralı alçak basınç türbini elde edilen güç, ideal güç ve maksimum kullanılabilir güç görülmektedir.



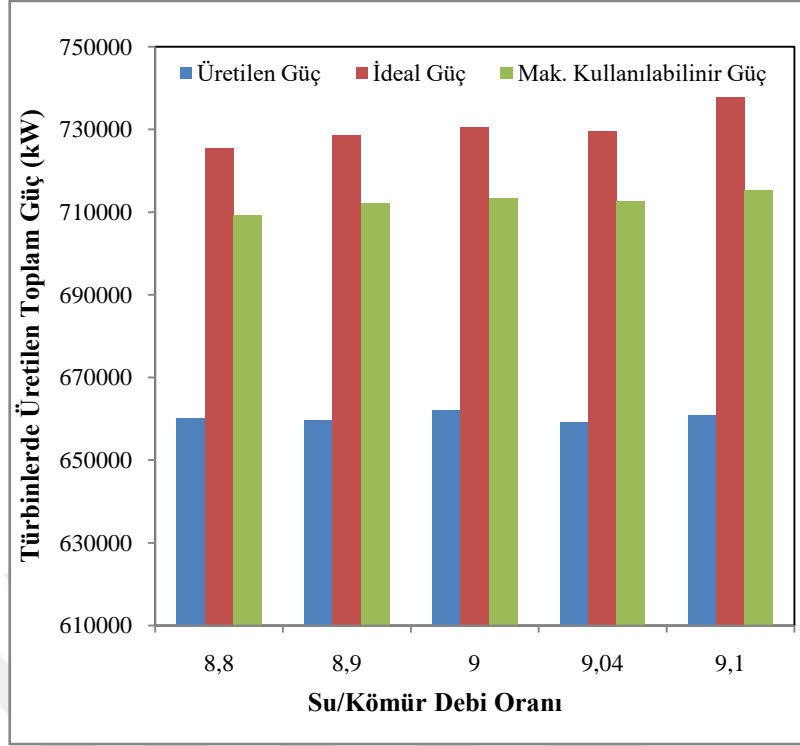
Şekil 6.12. 2 Numaralı alçak basınç türbininde elde edilen güç

Türbinde üretilen en az güç 84667 kW ile su/kömür debi oranının 9,0 iken, türbinde üretilen en yüksek gücün ise 85887 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken hesaplanmaktadır. Türbine giren ve çıkan buharların değerleri bir birine yakın olduğu için türbinde elde edilen işlerde bir birine yakın olduğu görülmektedir. Su/kömür debi oranı 8,8 iken türbinde en fazla ideal güç 101081 kW olarak hesaplanmaktadır. Türbindeki en az ideal güç ise 98663 kW su/kömür debi oranı 9,1 iken hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranının 9,0 iken türbinde 96875 kW ile en az kullanılabilir güç elde edilmiştir ve su/kömür debi oranının 9,1 olduğu değerde türbinden 98289 kW ile maksimum kullanılabilir güç elde edilmiştir. Şekil 6.13'te 2 numaralı alçak basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi görülmektedir.



Şekil 6.13. 2 Numaralı alçak basınç türbinin enerji, izantropik ve ekserji verimi

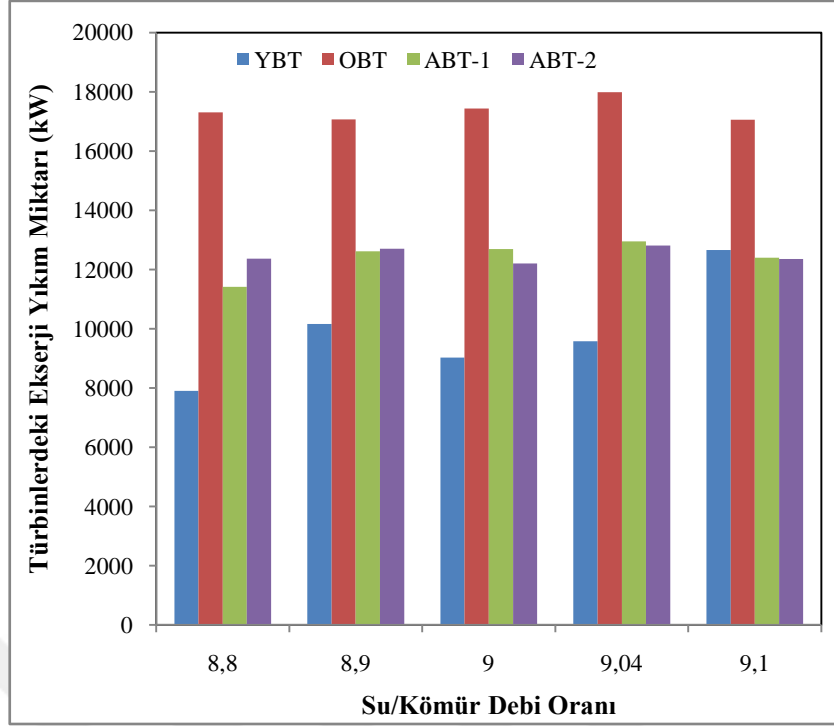
Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinden en fazla güç elde edildiği için enerji verimi de en yüksek %94,19 olarak hesaplanmış ve en düşük verimi ise %92,9 ile su/kömür debi oranının 9,1 iken görülmektedir. Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinin en yüksek izantropik verimi %84,8 ve su/kömür debi oranı 9,1’de türbinin en düşük izantropik verimi %83,8 olarak hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinin en yüksek ekserji verimi %86,1 ve su/kömür debi oranı 9,04’te ekserji verimi %85,6 olarak hesaplanmıştır. Şekil6.14’te türbinlerde elde edilen toplam güç, toplam ideal güç ve toplam maksimum kullanılabilir güç görülmektedir.



Şekil 6.14. Türbinlerde elde edilen toplam güçler

Türbinlerde elde edilen en çok güç su/kömür debi oranının 9,0 iken 662001 kW hesaplanmaktadır. Türbinlerde elde edilen en az güç ise su/kömür debi oranının 9,04 iken 659215 kW hesaplanmaktadır. Türbinlerde elde edilen en çok ideal güç su/kömür debi oranının 9,1 iken 737702 kW hesaplanmaktadır. Türbinlerde elde edilen en az ideal güç ise su/kömür debi oranının 8,8 iken 725448 kW hesaplanmaktadır. Türbinlerde elde edilen en çok kullanılabilir güç su/kömür debi oranının 9,1 iken 715302 kW hesaplanmaktadır. Türbinlerde elde edilen en az ideal güç ise su/kömür debi oranının 8,8 iken 709201 kW hesaplanmaktadır.

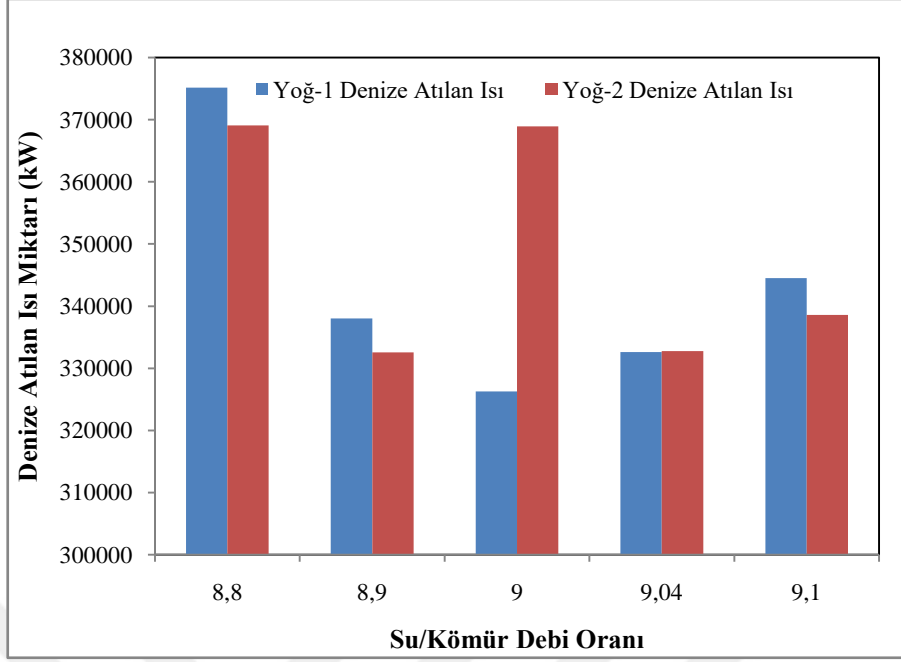
Şekil 6.15'te türbinlerdeki ekserji yıkımları görülmektedir.



Şekil 6.15. Türbinlerdeki ekserji yıkımları

Yüksek basınç türbini için en az ekserji yıkımı 7908 kW ile su/kömür oranının 8,8 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12659 kW ile su/kömür debi oranının 9,1 iken hesaplanmıştır. 9,1 oranında Şekil 6.6'da görüldüğü gibi maksimum kullanılabilir güç ile üretilen güç arasındaki farkın çok olmasından kaynaklanmaktadır. Orta basınç türbini için en az ekserji yıkımı 17061 kW ile su/kömür oranının 9,1 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 17992 kW ile su/kömür debi oranının 9,04 iken hesaplanmıştır. Şekil 6.8'den görüldüğü üzere su/kömür debi oranı 9,04 olduğu anda türbinden en düşük güç elde edilmiştir. 1 numaralı alçak basınç türbini için en az ekserji yıkımı 11415 kW ile su/kömür oranının 8,8 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12955 kW ile su/kömür debi oranının 9,04 iken hesaplanmıştır. Şekil 6.10'da görüldüğü gibi en fazla iş elde edildiği için ve maksimum kullanılabilir iş diğer oranlarla yakın olduğu için su/kömür debi oranı 8,8'de ekserji yıkımı en az olmuştur. 2 numaralı alçak basınç türbini için en az ekserji yıkımı 12207 kW ile su/kömür oranının 9,0 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12807 kW ile su/kömür debi oranının 9,04 iken hesaplanmıştır.

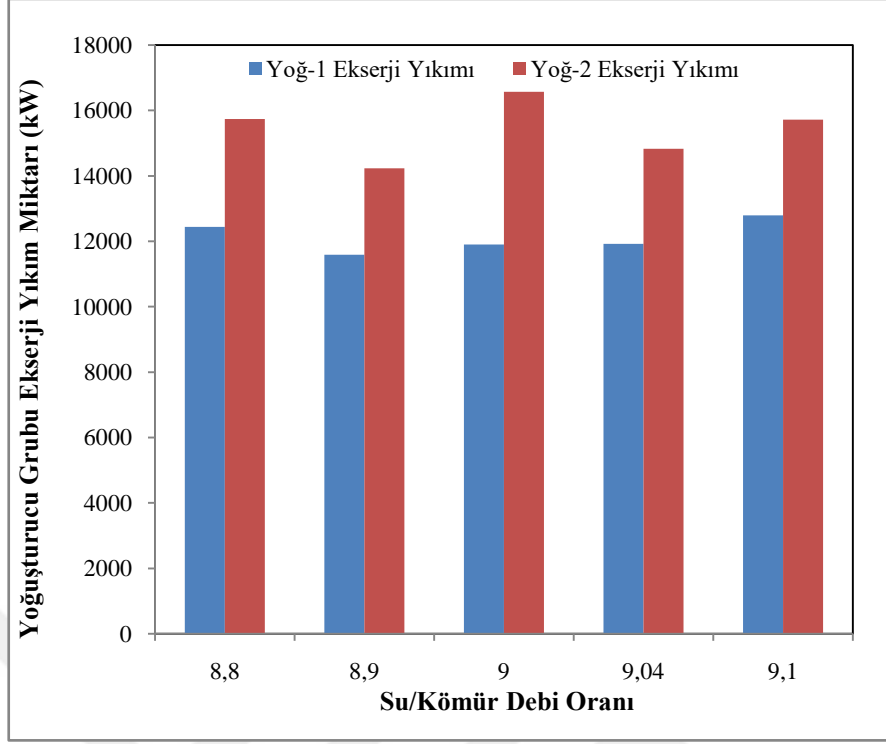
Şekil 6.16'da dayoğuşturuculardan denize atılan ısı miktarları görülmektedir.



Şekil 6.16. Yoğuşturuculardan denize atılan ısı miktarları

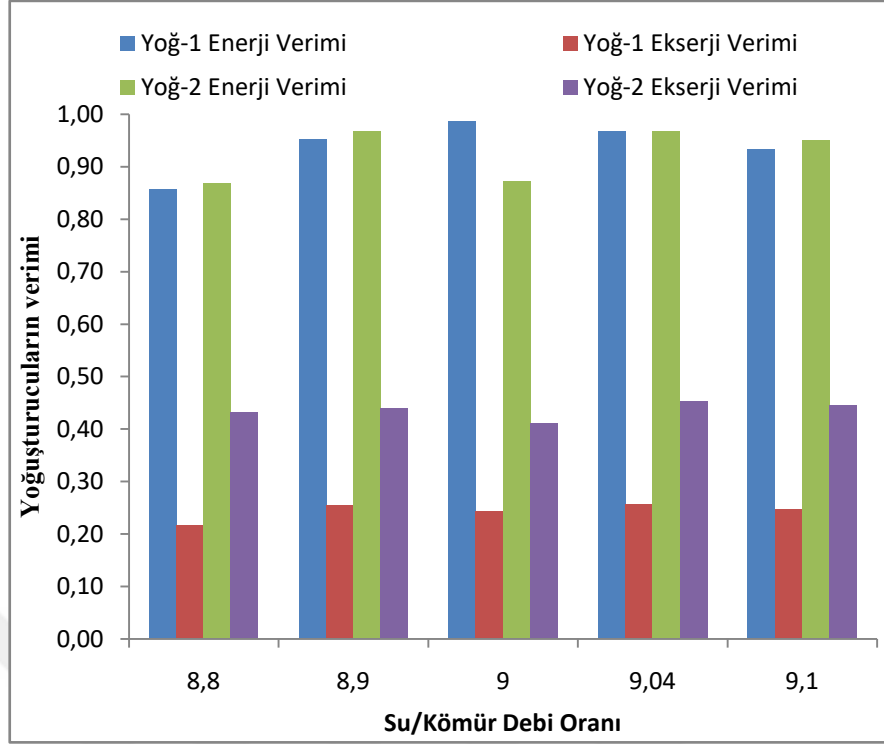
Şekil 6.16'da yoğuşturucu 1'den denize atılan ısı miktarı en fazla 375180 kW ve yoğuşturucu 2'den denize atılan ısı miktarı 369090 kW ile su/kömür debi oranının 8,8 iken hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranı 9,0'da yoğuşturucu 1'den denize atılan ısı miktarı 326279 kW ile en düşük iken yoğuşturucu 2'den denize atılan ısı miktarı 368938 kW ile ciddi miktar ısı denize atılmaktadır. Bunun nedeni ise yoğuşturucu 2 için yoğuşturucuya giren ve çıkan deniz suyunun daha fazla ısınmasından kaynaklanmaktadır. Yoğuşturucu 2'den denize atılan en az ısı miktarı 332559 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır.

Şekil 6.17'de yoğuşturuculardaki ekserji yıkım miktarları görülmektedir.



Şekil 6.17. Yoğuşturuculardaki ekserji yıkımı

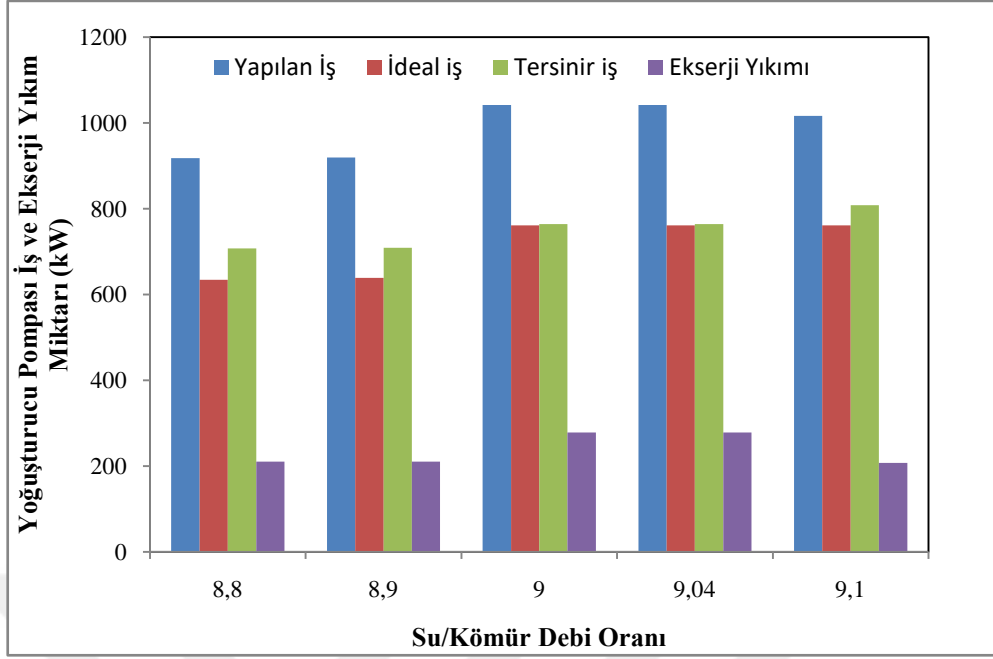
Yoğuşturucu 1 için en az ekserji yıkımı 11587 kW ile su/kömür oranının 8,9 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12793 kW ile su/kömür debi oranının 9,1 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için en az ekserji yıkımı 14235 kW ile su/kömür oranının 8,9 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 16567 kW ile su/kömür debi oranının 9,0 iken hesaplanmıştır. Şekil 6.18’de yoğuşturucuların enerji ve ekserji verimleri görülmektedir.



Şekil 6.18. Yoğuşturucuların enerji ve ekserji verimleri

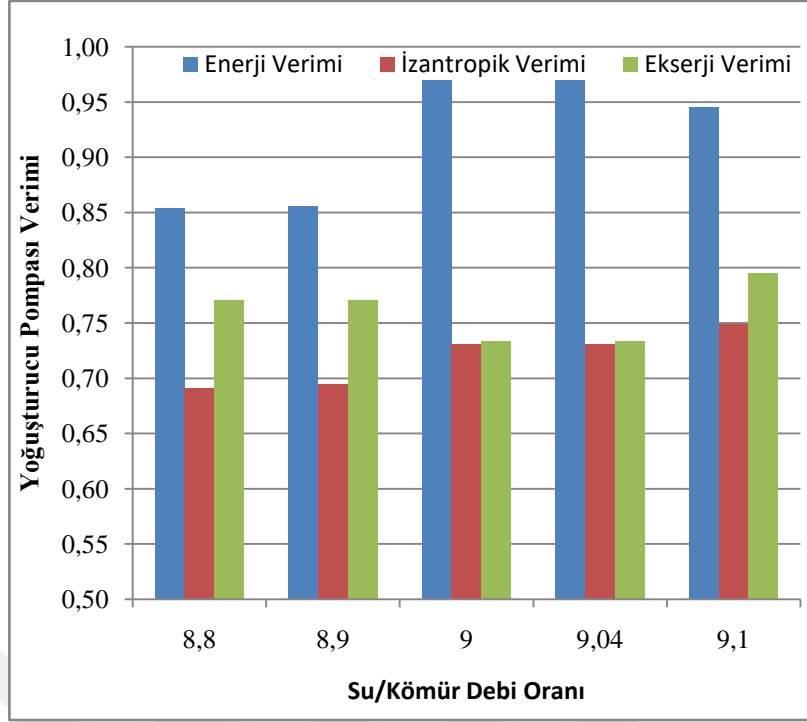
Yoğuşturucu 1 için enerji veriminin en yüksek olduğu %98,61 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 1 için en düşük enerji verimi ise %85,6 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 1 için ekserji veriminin en yüksek olduğu %25 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 1 için en düşük ekserji verimi ise %22 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 1 için enerji verimi denize atılan ısı miktarıyla ve ekserji verimi ise ekserji yıkımıyla doğru orantılıdır. Yoğuşturucu 2 için enerji veriminin en yüksek olduğu %97 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için en düşük enerji verimi ise %87 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için ekserji veriminin en yüksek olduğu %44 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için en düşük ekserji verimi ise %41 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken hesaplanmıştır.

Şekil 6.19'da yoğuşturucu pompasında yapılan iş ve ekserji yıkım miktarı görülmektedir.



Şekil 6.19. Yoğuşturucu pompasında yapılan iş ve ekserji yıkım miktarı

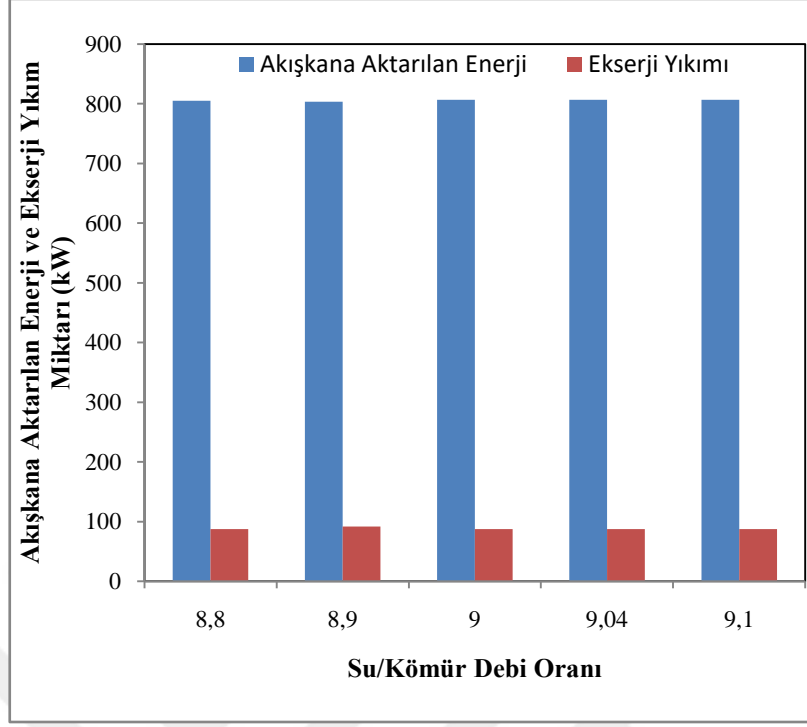
Su/kömür debi oranının 9,0 ve 9,04 iken yoğuşturucu pompasının en çok yaptığı iş 1042 kW hesaplanmıştır. Pompanın en az yaptığı iş 917 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranının 9,0 ve 9,04 iken yoğuşturucu pompasının en çok ideal iş 761 kW hesaplanmıştır. Pompanın en az yaptığı ideal iş 634 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranının 9,0 ve 9,04 iken yoğuşturucu pompasının en çok tersinir iş 764 kW hesaplanmıştır. Pompanın en az yaptığı tersinir iş 707 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Pompanın en fazla ekserji yıkımı 277 kW ilse su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken hesaplanmıştır. Pompanın en az ekserji yıkımı ise 210 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Pompanın yapılan iş, ideal iş, tersinir iş ve ekserji yıkımının en az su/kömür debi oranı 8,8 iken olmasının nedeni pompadan geçen akışkan debisi diğer oranlardakinden az olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 6.20'de yoğuşturucu pompasının enerji verimi, ekserji verimi ve izantropik verimi görülmektedir.



Şekil 6.20. Yoğuşturucu pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi

Yoğuşturucu pompasının en yüksek enerji verimi %96,9 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,04 iken hesaplanmıştır. Pompanın en düşük enerji verimi ise %85,3 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu pompasının en yüksek izantropik verimi %74,9 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken hesaplanmıştır. Pompanın en düşük izantropik verimi ise %69,1 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu pompasının en yüksek ekserji verimi %79,5 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken hesaplanmıştır. Pompanın en düşük ekserji verimi ise %73,3 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken hesaplanmıştır. Pompanın ekserji verimleri Şekil 6.19'dan görüldüğü gibi doğru orantılıdır.

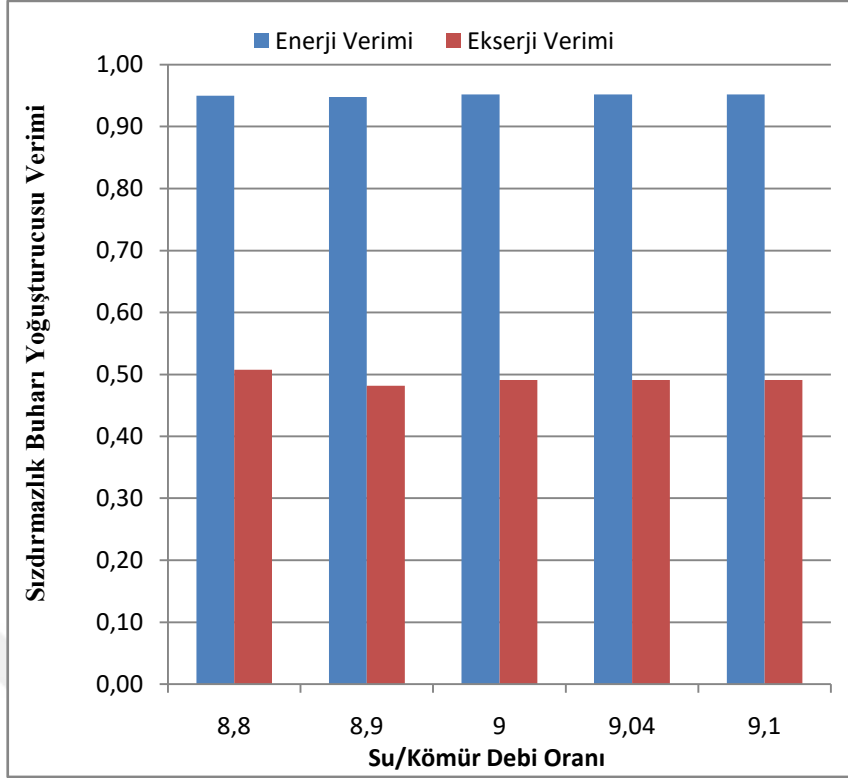
Şekil 6.21'de sızdırmazlık buharı yoğuşturucusundan akışkana aktarılan ısı ve ekserji yıkım miktarı görülmektedir.



Şekil 6.21. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusundan akışkana aktarılan ısı ve ekserji yıkım miktarı

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusundan akışkana aktarılan en çok enerji 806 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 9,04 ve 9,1 iken gerçekleşmektedir. Akışkana aktarılan en az enerji ise 813 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu en çok ekserji yıkımı ise 91 kW ilse su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçeklemiştir.

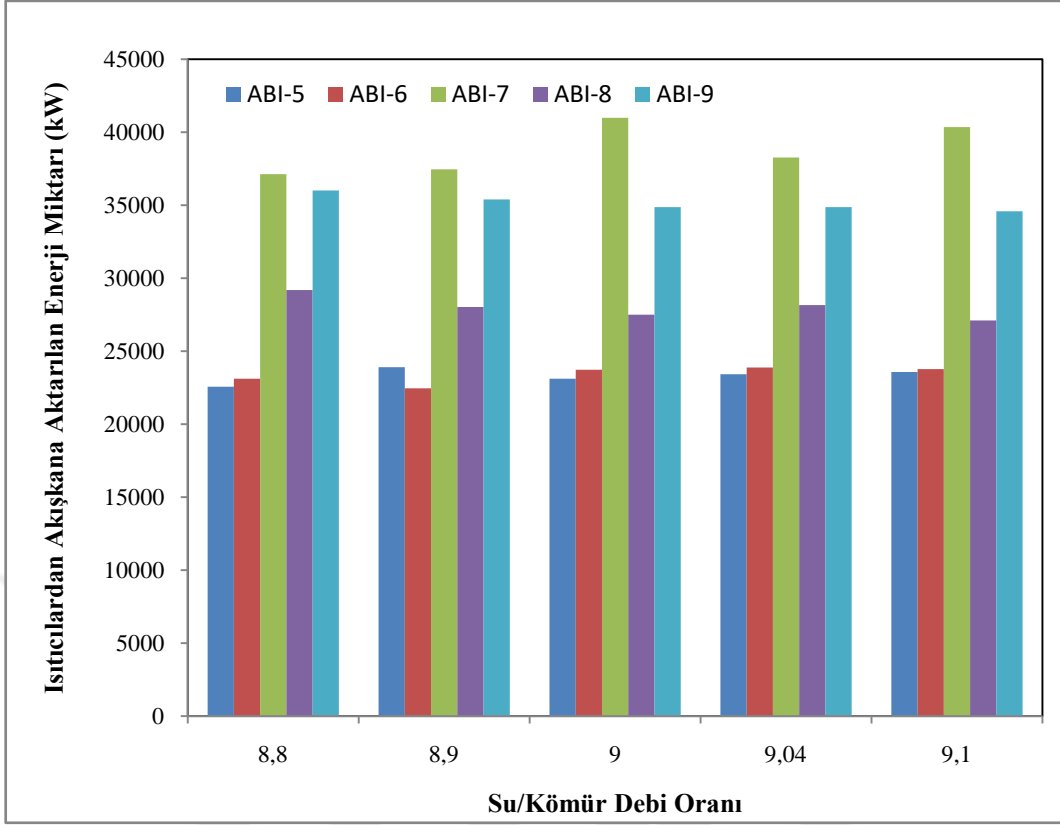
Şekil 6.22’de sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu enerji verimi ve ekserji verimi görülmektedir.



Şekil 6.22. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu enerji ve ekserji verimi

Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu en düşük enerji verimi %94,8 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmış ve diğer su/kömür debi oranlarında ise enerji verimi %95,1 hesaplanmıştır. Sızdırmazlık buharı yoğuşturucusu en yüksek ekserji verimi %50,7 ilse su/kömür debi oranı 8,8 iken en düşük ekserji verimi ise %48,1 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır.

Şekil 6.23'te alçak basınç ısıtıcılarından akışkana aktarılan enerji miktarı görülmektedir.

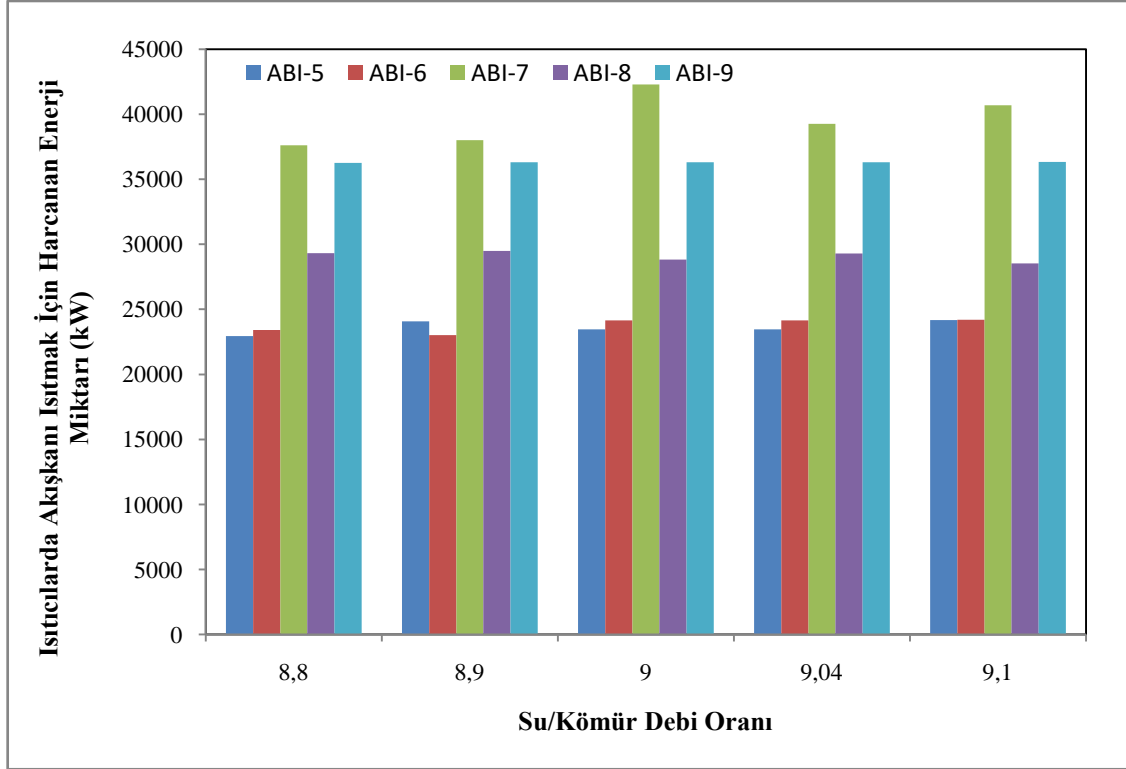


Şekil 6.23. Alçak basınç ısıtıcılarından akışkana aktarılan enerji miktarı

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı 23895 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 22573 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı 23892 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 22454 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı 40988 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 37129 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,0 olduğunda ısıtıcıdan geçen akışkana en fazla enerjinin aktarıldığı görülmektedir. Bunun nedeni akışkanı ısıtan buharın enerjisi fazla olduğundan kaynaklanmaktadır. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı 29196 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 27099 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı 36005 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 34576 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür

debi oranı 8,8’ de akışkana aktarılan enerji en fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ısıtılan akışkanın miktarının diğer oranlardaki ısıtılan akışkan miktarlarından az olması ve akışkan az olduğu için daha fazla ısınmasıdır.

Şekil 6.24’te alçak basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan enerji miktarı görülmektedir.

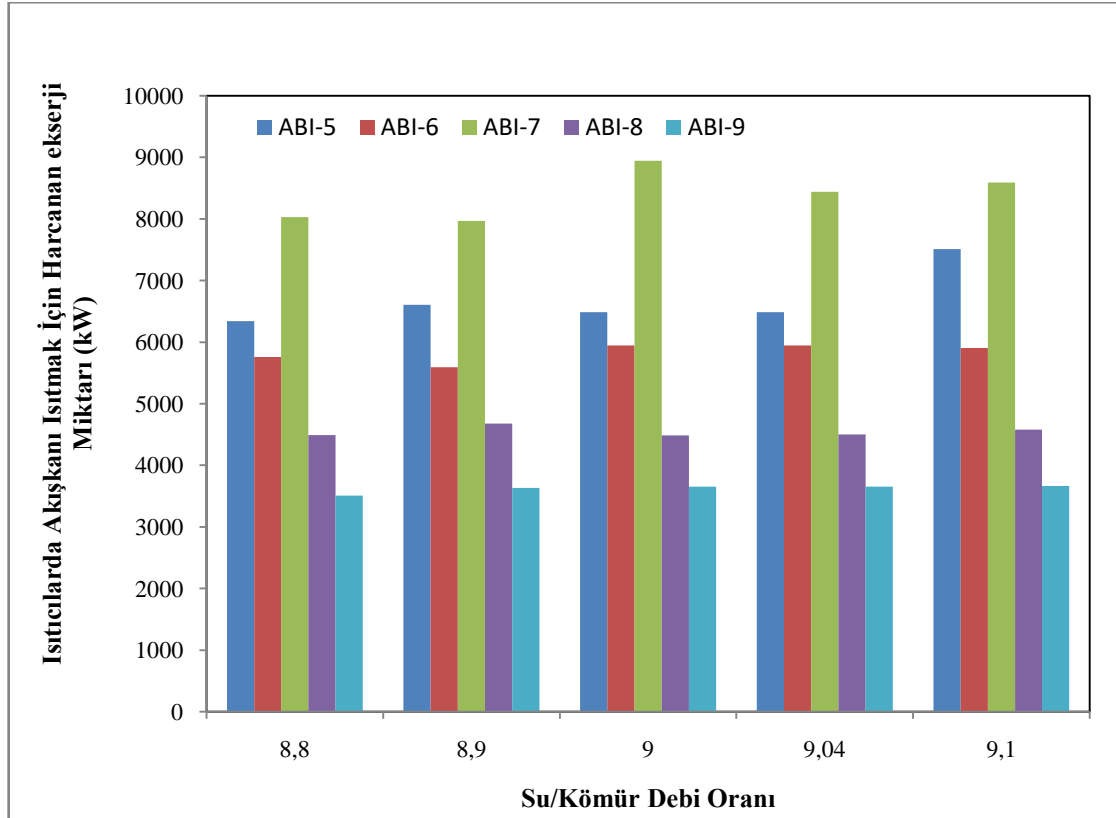


Şekil 6.24. Alçak basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan enerji miktarı

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 24185 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 22951 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 24197 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 23024 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 42296 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 37616 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 29479 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 28533 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken

gerçekleşmiştir. 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 36322 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 36273 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.

Şekil 6.25'te alçak basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji miktarı görülmektedir.

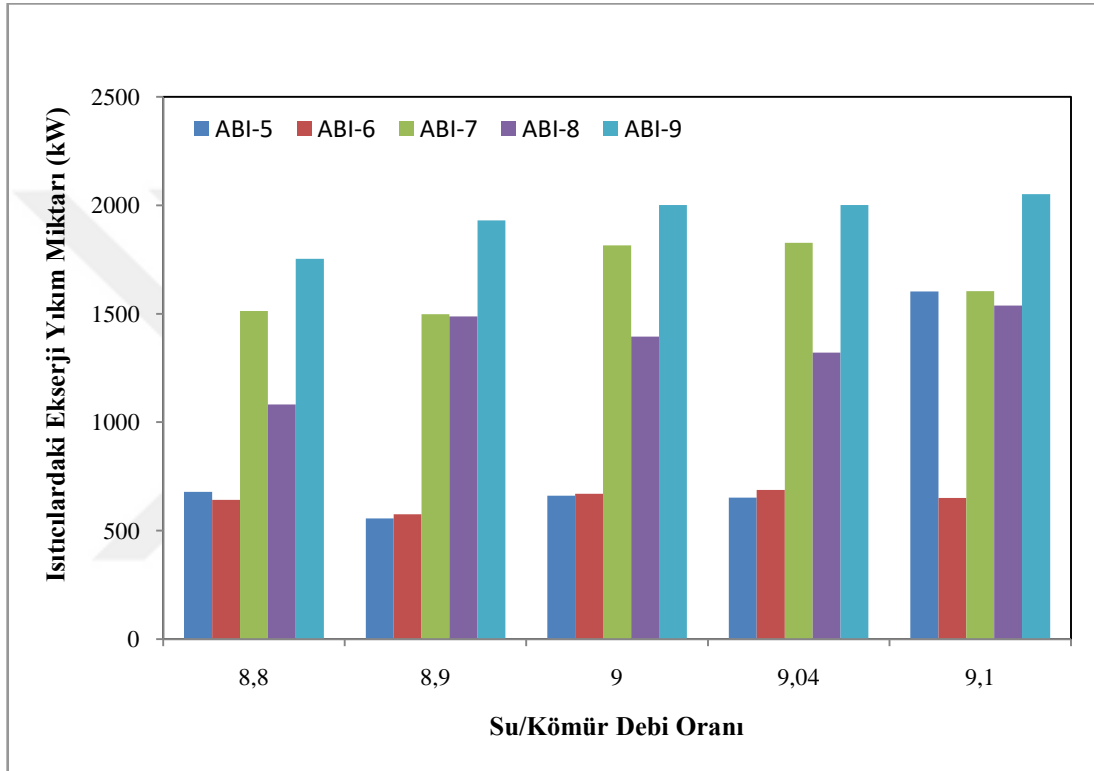


Şekil 6.25. Alçak basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji miktarı

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok ekserji miktarı 7508 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 6340 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok ekserji miktarı 5760 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 5592 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok ekserji miktarı 8943 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 7966 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok

ekserji miktarı 4678 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 4486 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir. 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok ekserji miktarı 3662 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 3507 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.

Şekil 6.26'da alçak basınç ısıtıcılarındaki ekserji yıkım miktarı gösterilmektedir.

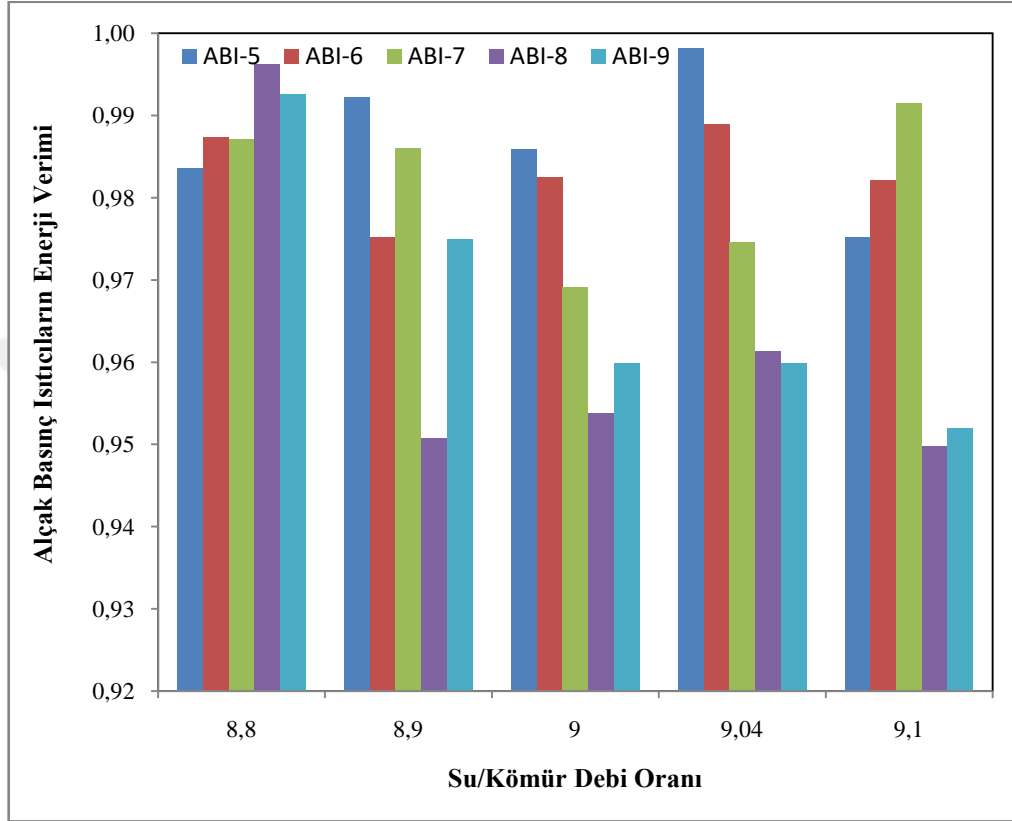


Şekil 6.26. Alçak basınç ısıtıcılarındaki ekserji yıkım miktarı

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 1602 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 551 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 687 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 574 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 1826 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 1497 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 1538 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 1081 kW ile su/kömür debi oranı

8,8 iken gerçekleşmiştir. 9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 2051 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 1752 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.

Şekil 6.27’de alçak basınç ısıtıcıların enerji verimi gösterilmektedir.

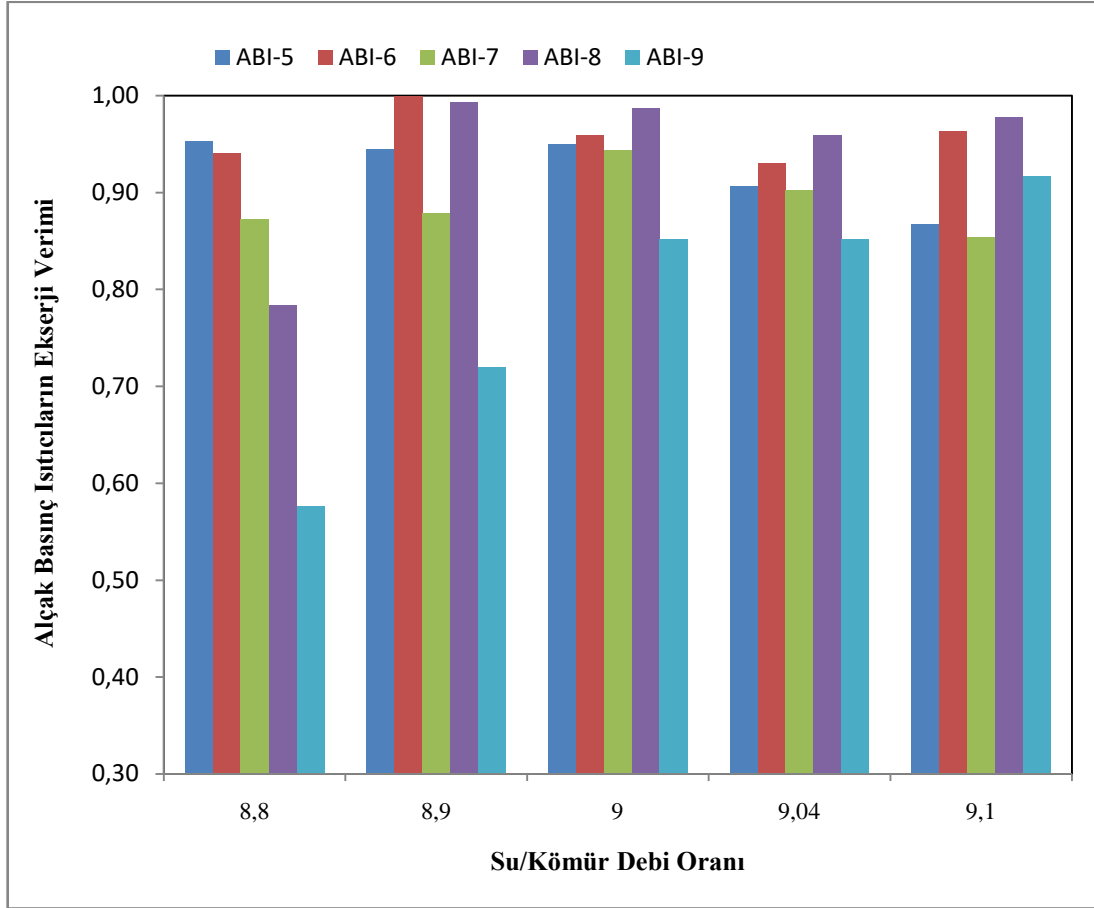


Şekil 6.27. Alçak basınç ısıtıcıların enerji verimi

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %99,8 ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %97,5 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %98,8 ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %97,5 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %99,1 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %96,9 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,0’da akışkana en fazla enerji aktarılmasına rağmen en düşük enerji verimi çıkmasının sebebi ısıtıcı buharının debisinin fazla olup ısıyı aktarmamasından kaynaklanmaktadır. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %99,6 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %94,97 ile

su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir.9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %99,2 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %95,1 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir.

Şekil 6.28’de alçak basınç ısıtıcıların ekserji verimi gösterilmektedir.

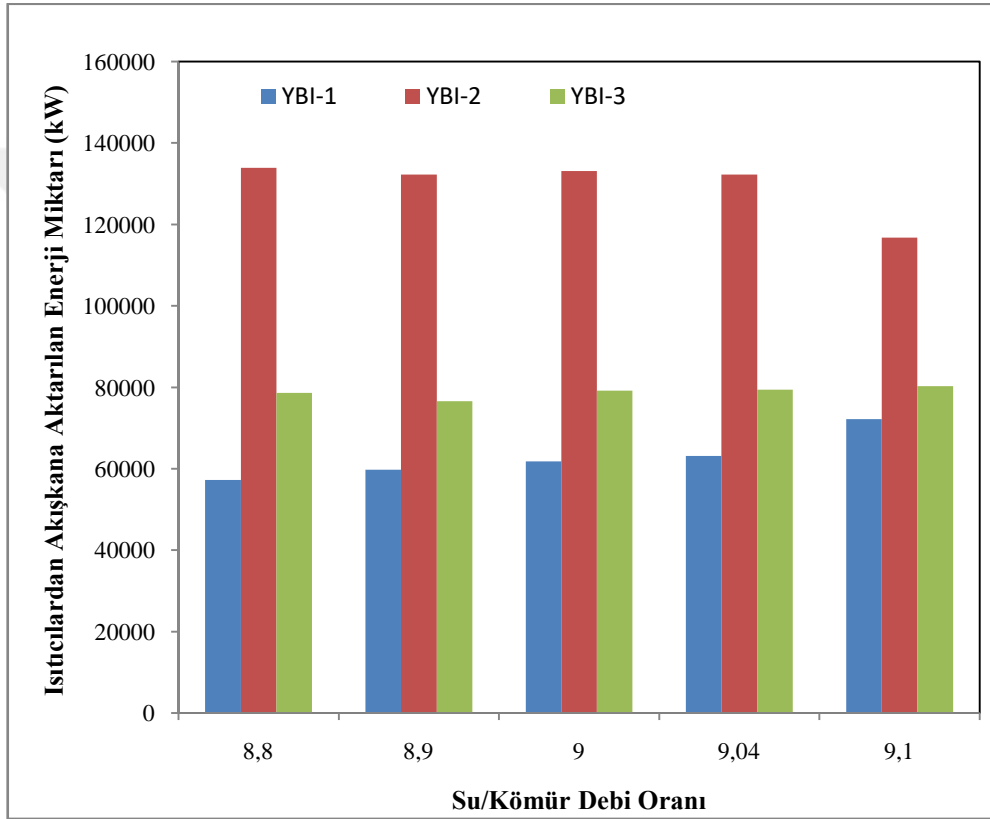


Şekil 6.28. Alçak basınç ısıtıcıların ekserji verimi

5 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %95,2 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %86,6 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranının 9,1’ de en düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak akışkanı ısıtırken kullanılan buharın ekserjisinin daha fazla kullanılmasından ve ekserji yıkımının en fazla olmasından kaynaklanmaktadır. 6 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %99,9 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %92,9 ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranının 8,9’ da en yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak akışkanı ısıtırken kullanılan buharın ekserjisinin daha az kullanılmasından kaynaklanmaktadır.7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %94,3 ile

su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %85,3 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. 8 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %99,2 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %78,4 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.9 numaralı alçak basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %91,6 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %57,6 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.

Şekil 6.29'dayüksek basınç ısıtıcılarından akışkana aktarılan enerji miktarı görülmektedir.

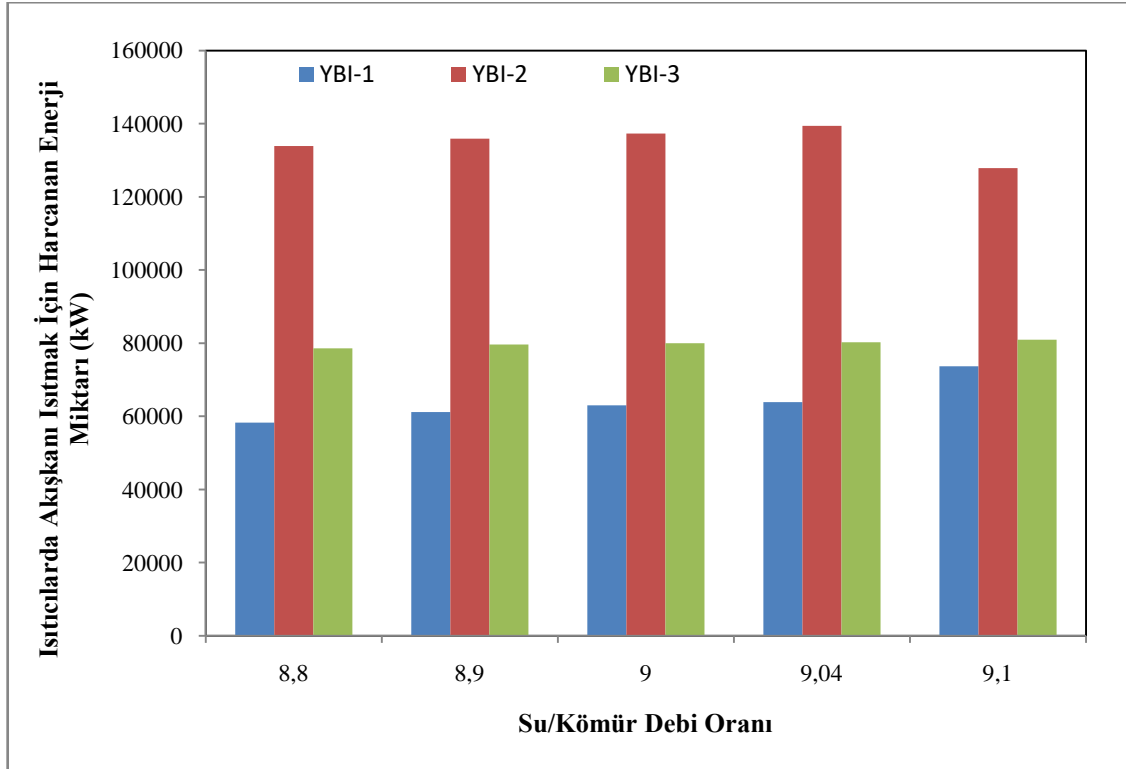


Şekil 6.29. Yüksek basınç ısıtıcılarından akışkana aktarılan enerji miktarı

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı72167 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 57223 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,1'de akışkanı ısıtmak için harcanan enerjinin fazla olmasından ve enerji veriminin de yüksek olduğundan dolayı akışkana aktarılan enerjide fazladır. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı133888 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 116720 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,1 olduğu zaman akışkanı ısıtmak için

harcanan enerji az olduğu için akışkana aktarılan enerjide en az olduğu görülmektedir.3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkana aktarılan en çok enerji miktarı 80292 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 76582 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir.

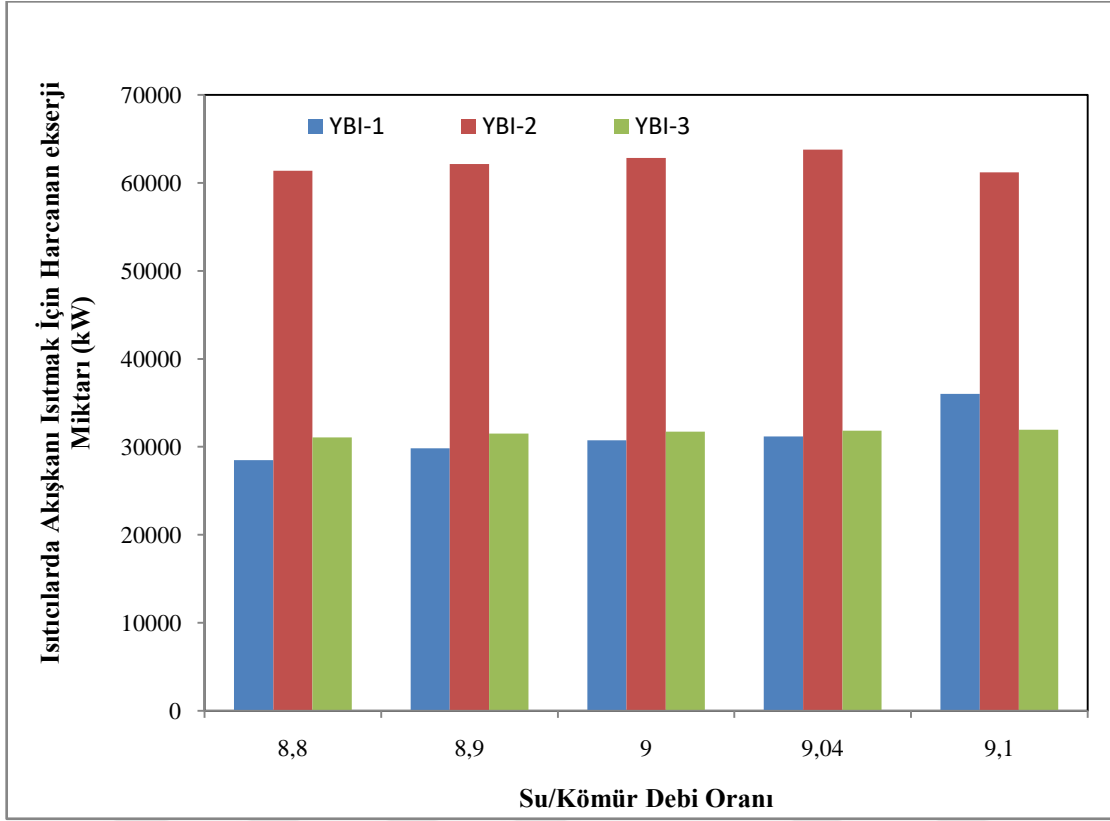
Şekil 6.30'da yüksek basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan enerji miktarı görülmektedir.



Şekil 6.30. Yüksek basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan enerji miktarı

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 73734 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 58334 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 139394 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 127865 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok enerji miktarı 80956 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 78627 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.

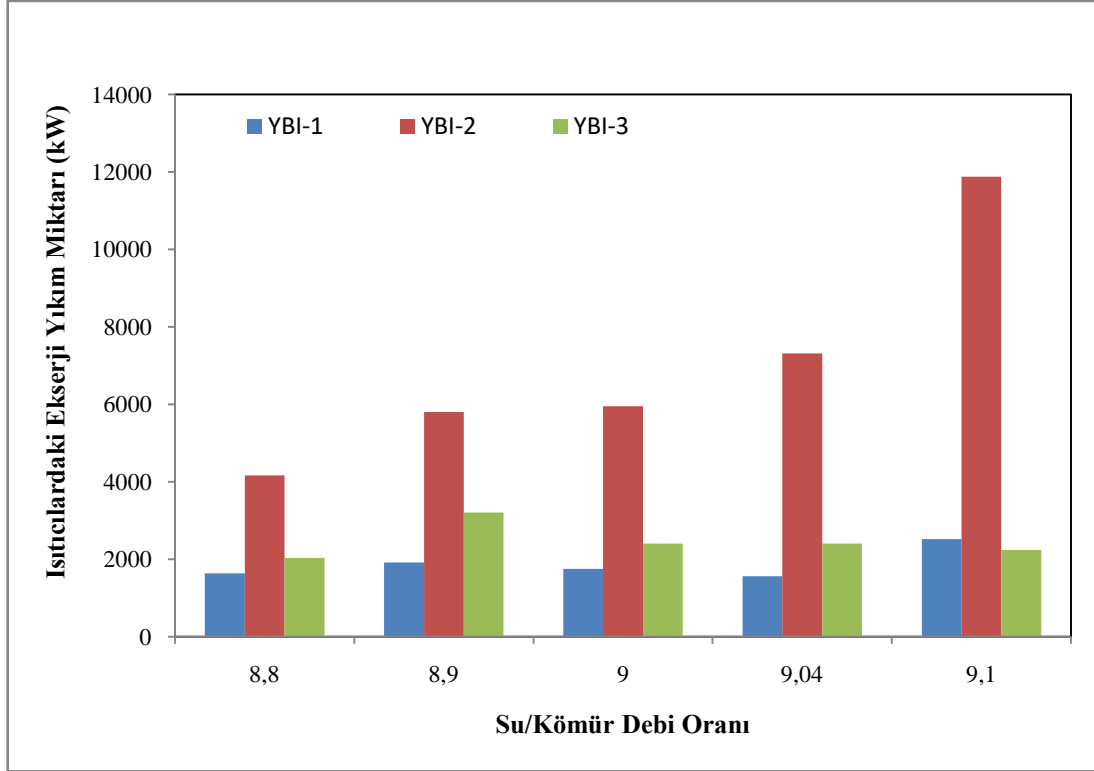
Şekil 6.31'deyüksek basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji miktarı görülmektedir.



Şekil 6.31. Yüksek basınç ısıtıcılarında akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji miktarı

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok ekserji miktarı 36001 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 28481 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok ekserji miktarı 63762 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 61212 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı ısıtmak için harcanan en çok ekserji miktarı 31960 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 31088 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.

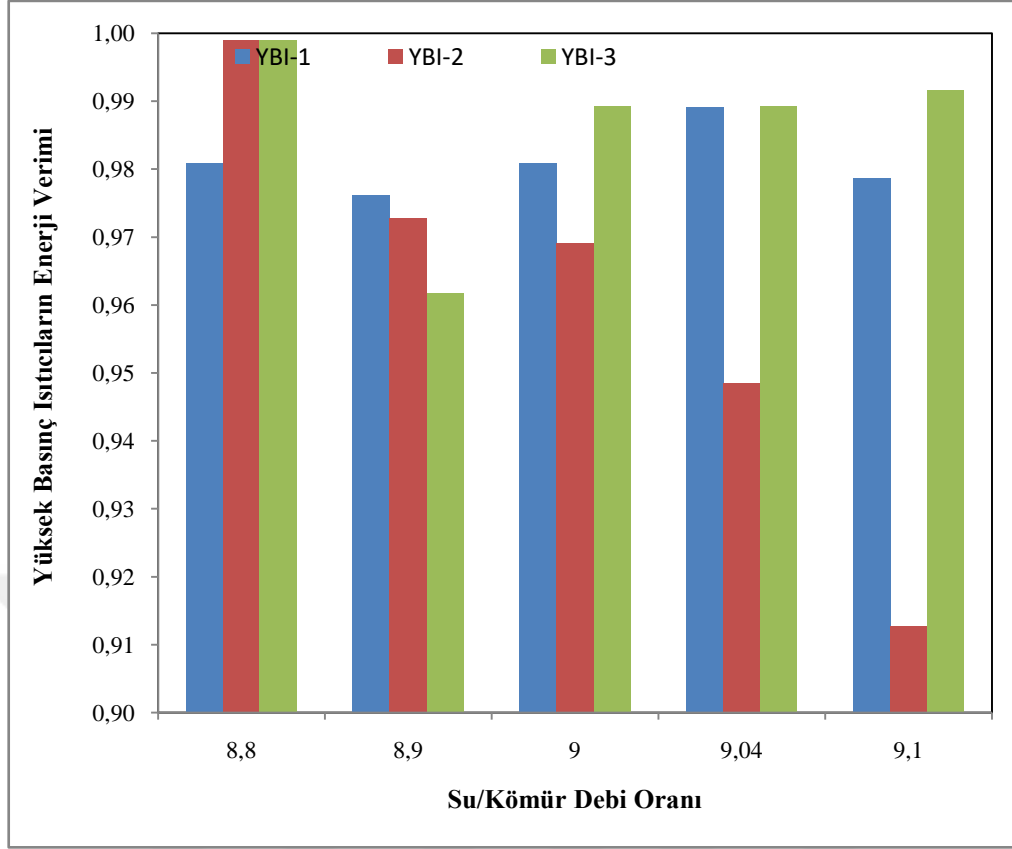
Şekil 6.32'deyüksek basınç ısıtıcılarındaki ekserji yıkım miktarı gösterilmektedir.



Şekil 6.32. Yüksek basınç ısıtıcılarındaki ekserji yıkım miktarı

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 2523 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 1565 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 11872 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 4165 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için akışkanı en çok ekserji yıkım miktarı 3204 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 2034 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir.

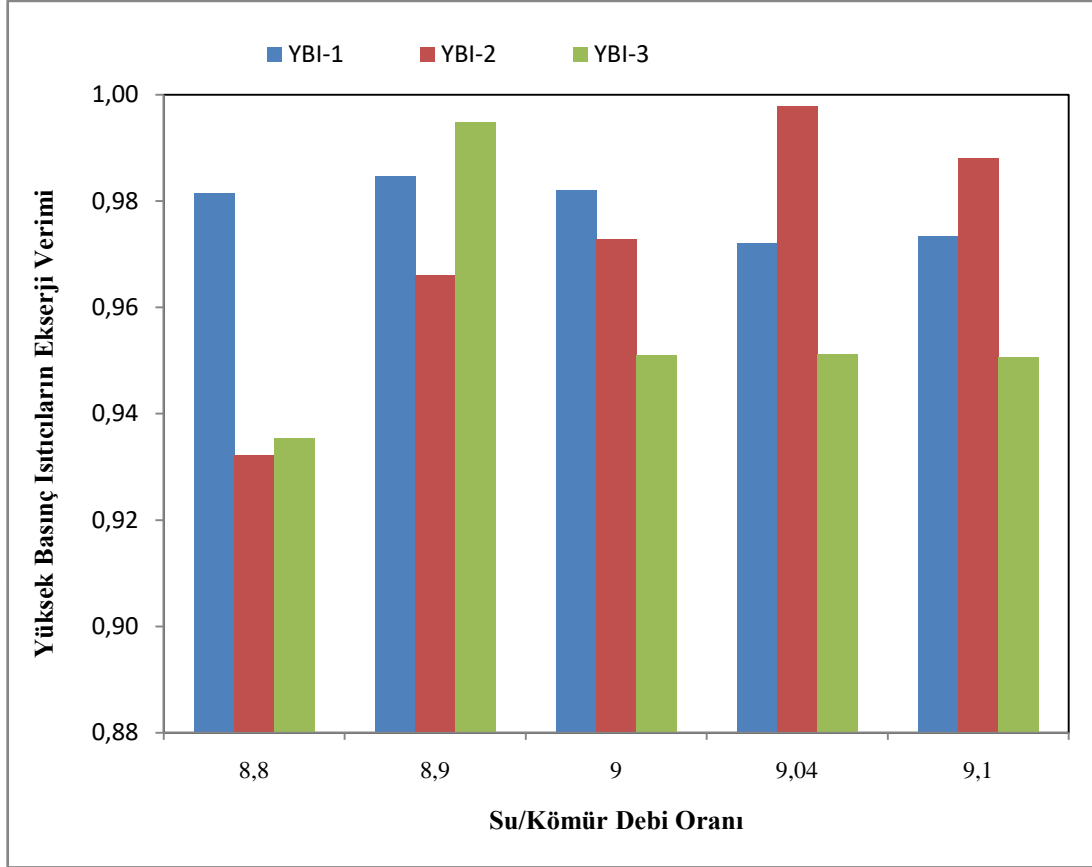
Şekil 6.33'te yüksek basınç ısıtıcıların enerji verimi gösterilmektedir.



Şekil 6.33. Yüksek basınç ısıtıcıların enerji verimi

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %98,9 ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %97,6 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,04'te enerji veriminin yüksek olmasının nedeni akışkana aktarılan enerjinin akışkanı ısıtmak için harcanan enerjiye yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Isıtıcı ısıtan buharın enerjisinden yüksek oranda faydalanmıştır. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %99,9 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %91,2 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir. 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için en yüksek enerji verimi %99,9 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise %96,1 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir.

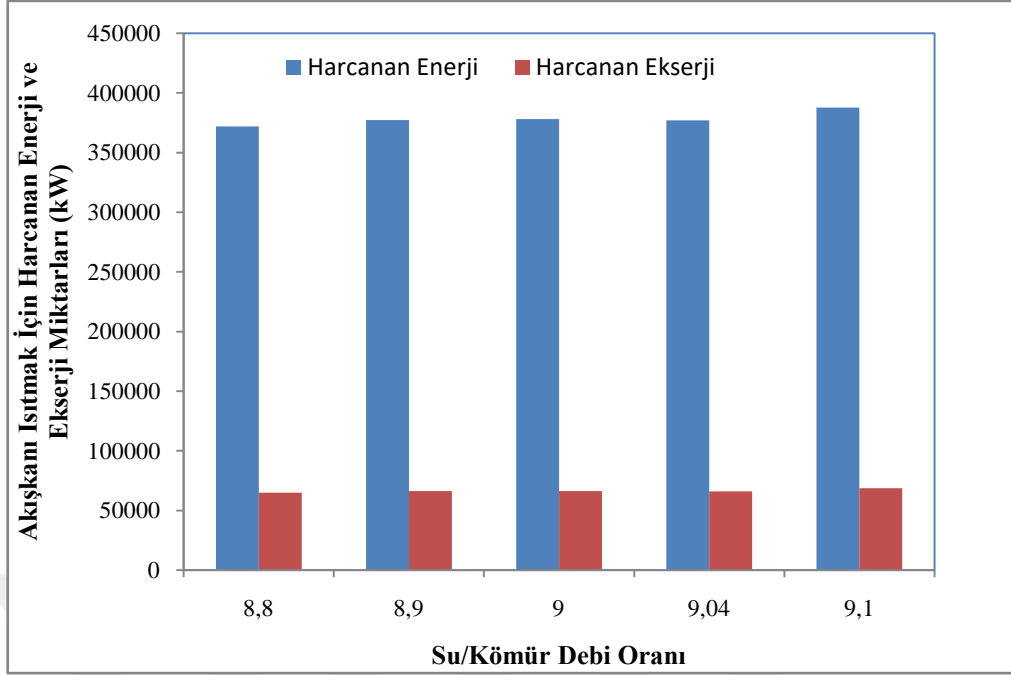
Şekil 6.34'te yüksek basınç ısıtıcıların ekserji verimi gösterilmektedir.



Şekil 6.34. Yüksek basınç ısıtıcıların ekserji verimi

1 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %98,4 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %97,2 ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir. 2 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %99,7 ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %93,2 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 3 numaralı yüksek basınç ısıtıcısı için en yüksek ekserji verimi %99,4 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise %93,5 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 8,9’ da ekserji veriminin yüksek olmasının sebebi entropi üretiminin diğer oranlardaki entropi üretimlerine göre çok az olmasından ve akışkanı ısıtmak için harcanan ekserjinin diğer oranlarda bir birine yakın olmasından dolayı kaynaklanmaktadır.

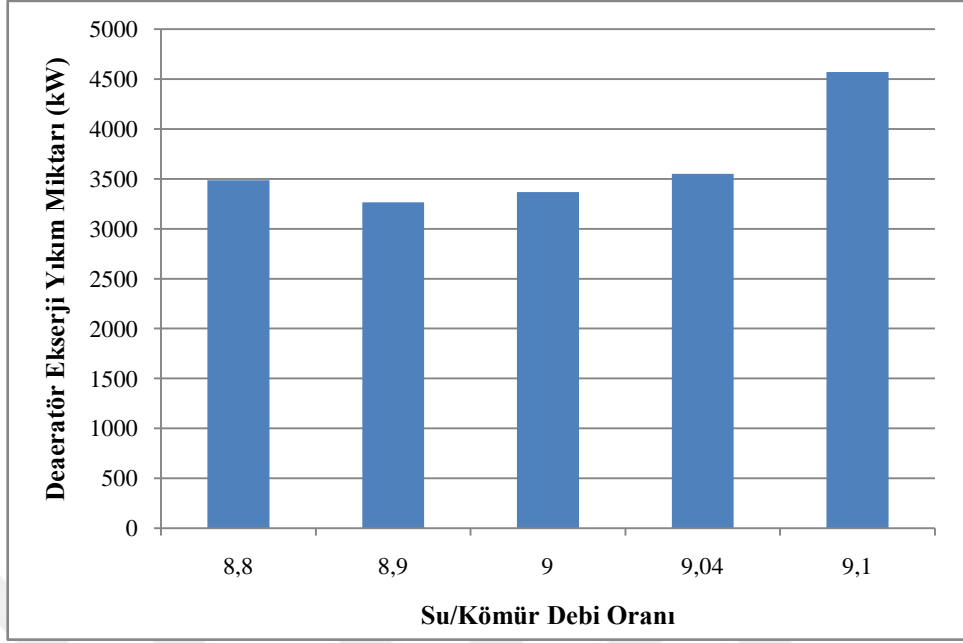
Şekil 6.35’te deaeratörde akışkanı ısıtmak için harcanan enerji ve ekserji miktarları gösterilmektedir.



Şekil 6.35. Deaerátörde akışkanı ısıtmak için harcanan enerji ve ekserji miktarları

Su/kömür debi oranı 9,1 iken akışkanı ısıtmak için en çok harcanan enerji miktarı 387850 kW olarak gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için en az harcanan enerji miktarı ise 371957 kW ile su/kömür debi oranının 8,8 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,1 iken akışkanı ısıtmak için en çok harcanan ekserji miktarı 68821 kW olarak gerçekleşmiştir, akışkanı ısıtmak için en az harcanan ekserji miktarı ise 65033 kW ile su/kömür debi oranının 8,8 iken gerçekleşmiştir.

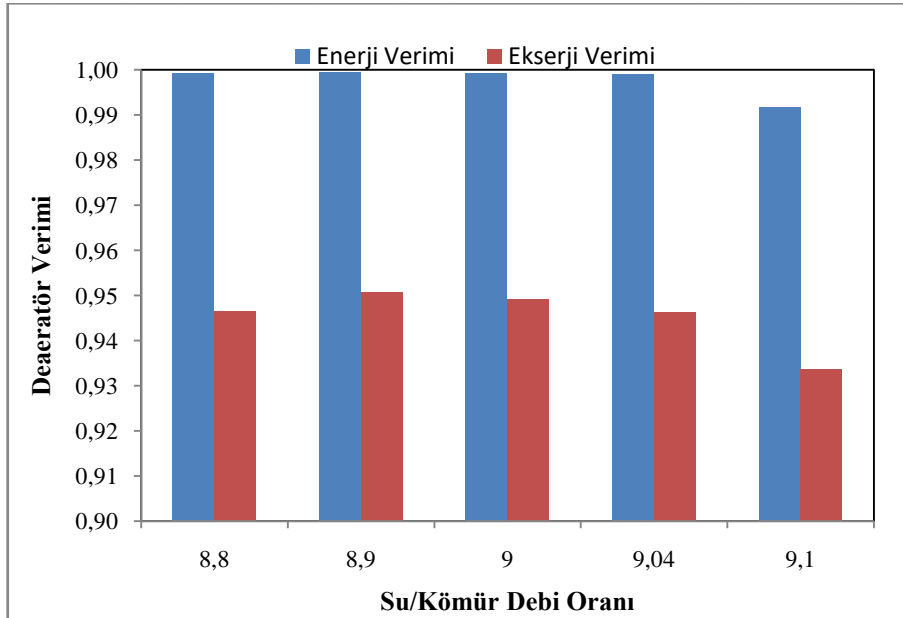
Şekil 6.36'de deaerátör ekserji yıkım miktarları gösterilmektedir.



Şekil 6.36. Deaeratör ekserji yıkım miktarları

Deaeratörde ekserji yıkım miktarının en fazla 4571 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkım miktarı ise 3263 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir.

Şekil 6.37’de deaeratörün enerji ve ekserji verimi gösterilmektedir.

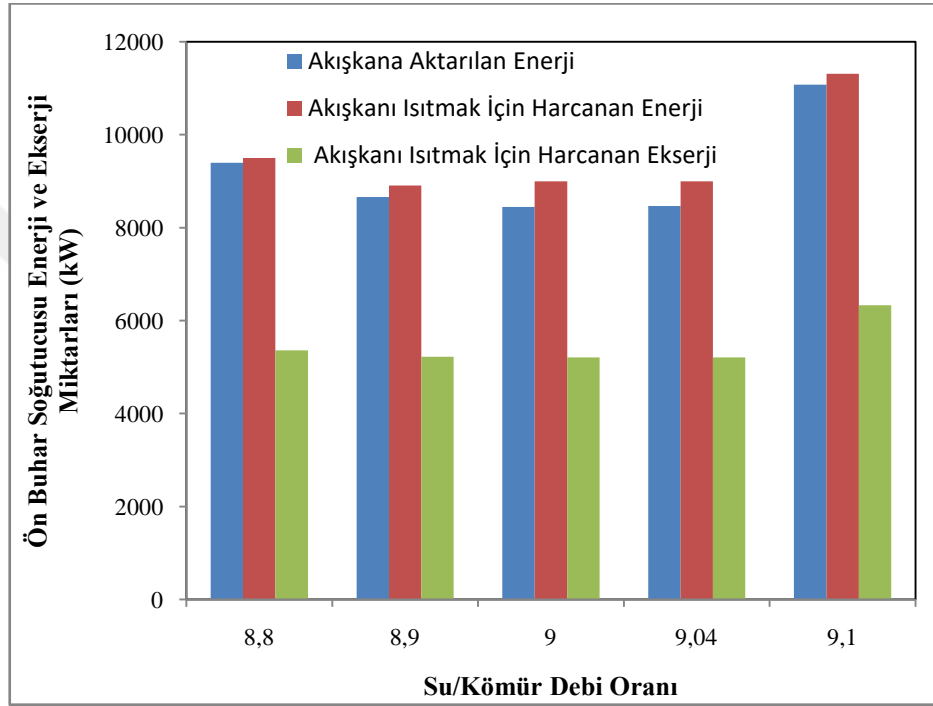


Şekil 6.37. Deaeratörün enerji ve ekserji verimi

Deaeratörün enerji veriminin en yüksek %99,95 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır, en düşük enerji verimi ise %99,16 ile /kömür debi oranı 9,1 iken

hesaplanmıştır. Deaeratörün ekserji veriminin en yüksek %95,07 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır, en düşük ekserji verimi ise %93,36 ile /kömür debi oranı 9,1 iken hesaplanmıştır.Su/kömür debi oranının 9,1 olduğu zaman en düşük enerji ve ekserji verimi olmuştur. Bunun nedeni olarak akışkanı ısıtmak için harcanan enerji en çok olduğu ve ekserji yıkımının en çok miktarda olduğu görülmektedir.

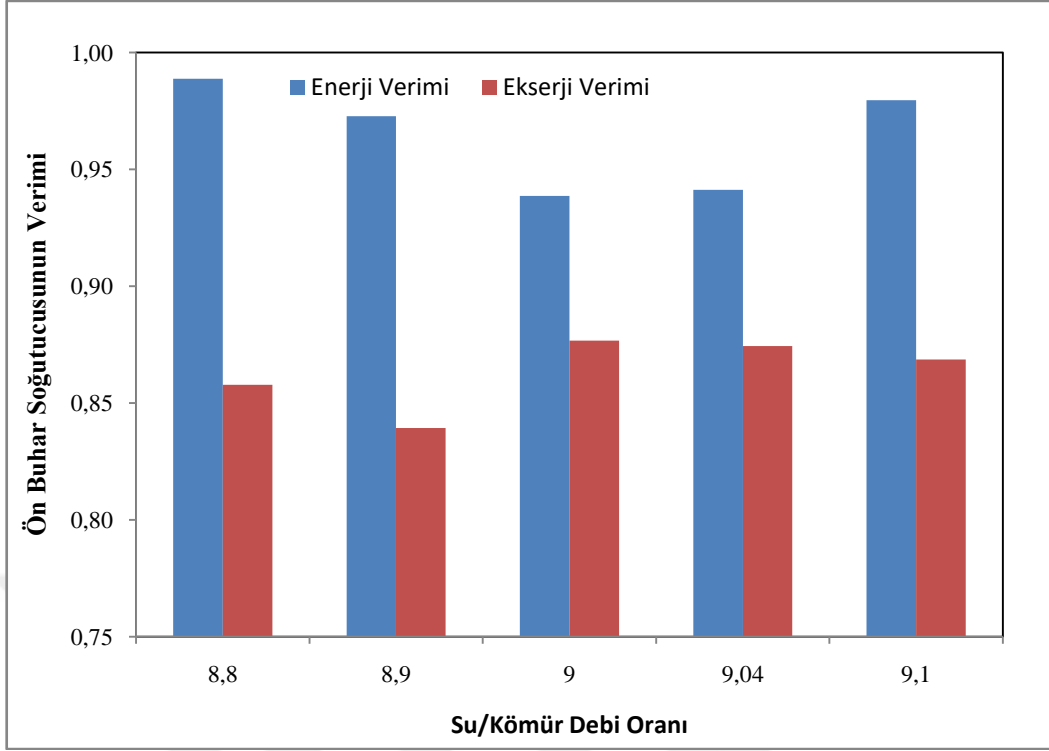
Şekil 6.37’de ön buhar soğutucusunda akışkana aktarılan enerji, akışkanı ısıtmak için harcanan enerji ve akışkanı ısıtmak için harcanan ekserji miktarları gösterilmektedir.



Şekil 6.38. Ön buhar soğutucusunun verileri

Su/kömür debi oranı 9,1 iken akışkana aktarılan en yüksek enerji miktarı 11079 kW olarak hesaplanmıştır, akışkana aktarılan en az enerji miktarı ise 8443 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 iken hesaplanmıştır.Su/kömür debi oranı 9,1 iken akışkanı ısıtmak için harcanan en fazla enerji miktarı 11308 kW olarak hesaplanmıştır, akışkanı ısıtmak için harcanan en az enerji miktarı ise 8904 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranı 9,1 iken akışkanı ısıtmak için harcanan en fazla ekserji miktarı 6329 kW olarak hesaplanmıştır, akışkanı ısıtmak için harcanan en az ekserji miktarı ise 5204 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,04 iken hesaplanmıştır.

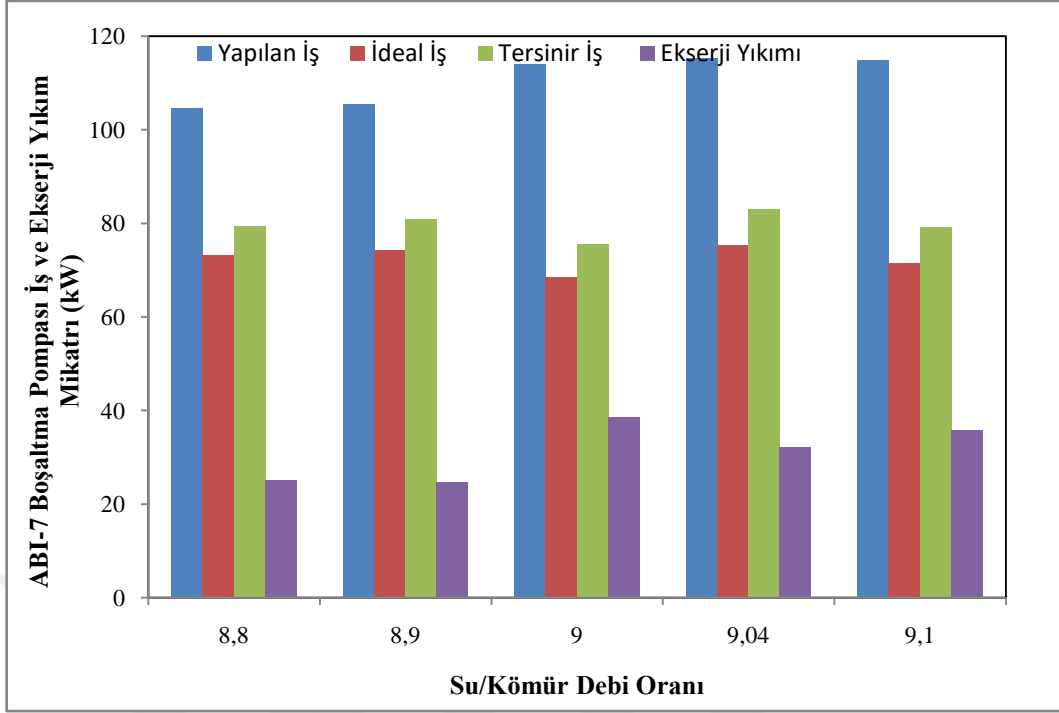
Şekil 6.39’daön buhar soğutucusunun enerji ve ekserji verimi gösterilmektedir.



Şekil 6.39. Ön buhar soğutucusunun enerji ve ekserji verimi

Ön buhar soğutucusunun en yüksek enerji verimi %98,8 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir, en düşük enerji verimi ise % 93,8 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,0'da enerji verimi düşük olmasının nedeni Şekil 6.38' de görüldüğü üzere akışkana aktarılan enerji ile akışkanı ısıtmak için harcanan enerji arasındaki farkın fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Ön buhar soğutucusunun en yüksek ekserji verimi %87,6 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir, en düşük ekserji verimi ise % 93,9 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir.

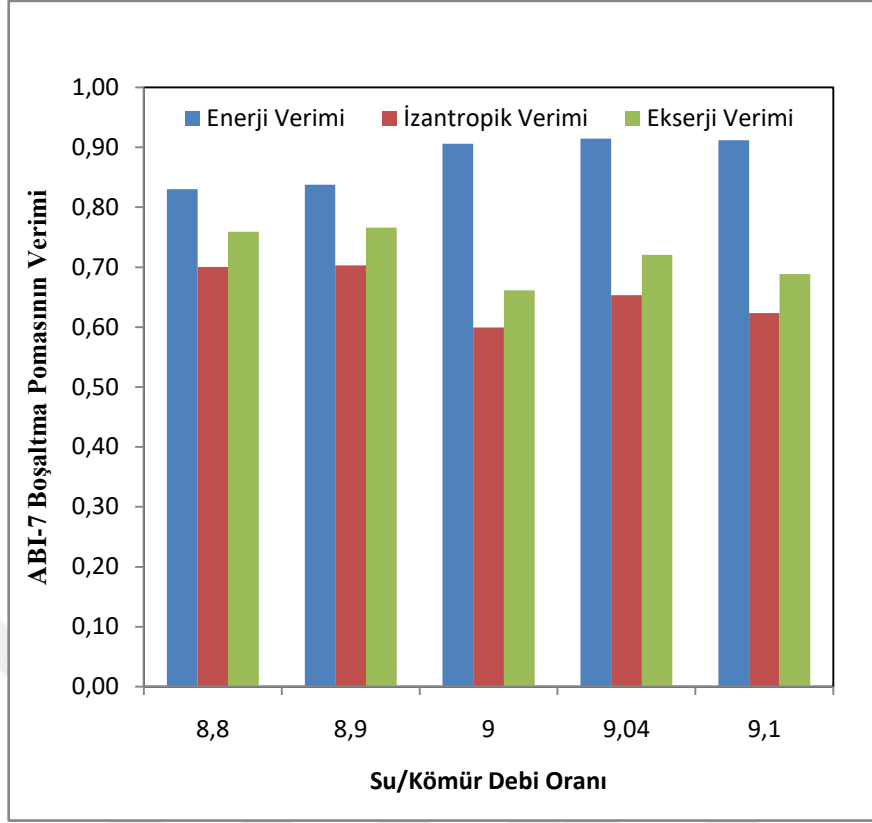
Şekil 6.40'ta 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasında yapılan iş, ideal iş, tersinir iş ve ekserji yıkım miktarı gösterilmektedir.



Şekil 6.40. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının verileri

7 numaralı alçak basınç ısıtma pompasında en fazla iş 115 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken yapılmıştır, en az iş ise 104 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken yapılmıştır. 7 numaralı alçak basınç ısıtma pompasında en fazla ideal iş 75 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken yapılmıştır, en az ideal iş ise 68 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken yapılmıştır. 7 numaralı alçak basınç ısıtma pompasında en fazla tersinir iş miktarı 83 kW ile su/kömür debi oranı 9,04 iken, en az tersinir iş miktarı ise 75 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 iken yapılmıştır. 7 numaralı alçak basınç ısıtma pompasında en fazla ekserji yıkımı 38 kW ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkımı ise 24 kW ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir. Su/kömür debi oranı 9,0 olduğu zamanda en fazla ekserji yıkımı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise pompanın yaptığı iş ile tersinir iş arasındaki farkın çok olmasıdır.

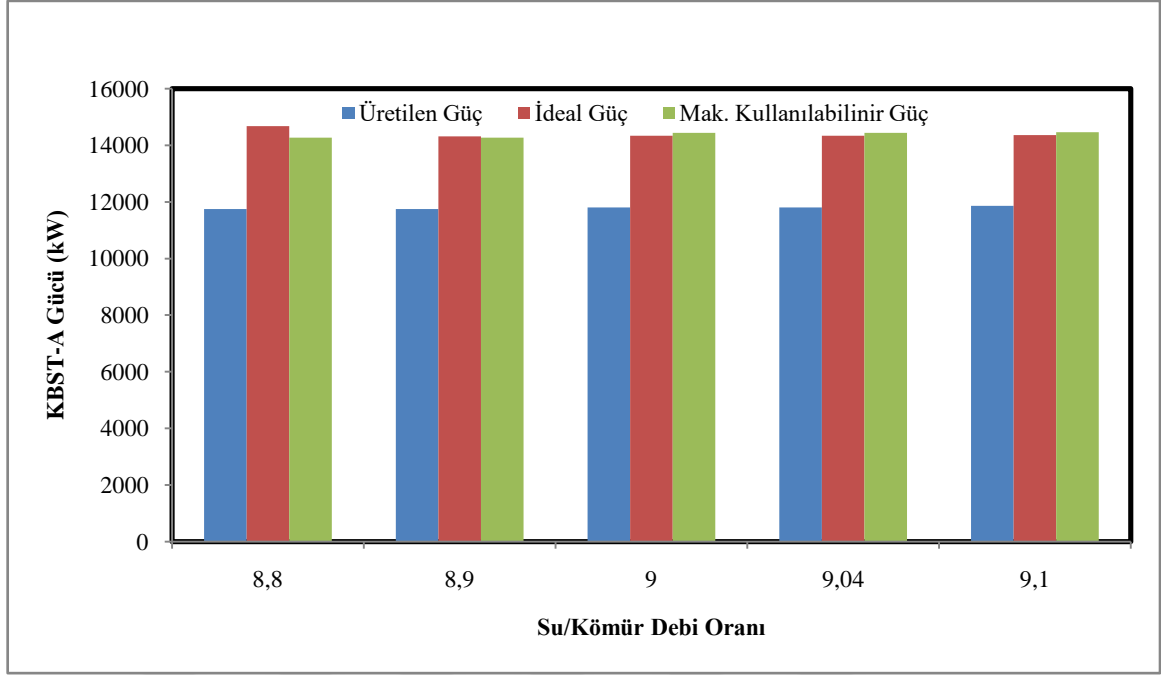
Şekil 6.39. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi gösterilmektedir.



Şekil 6.41. 7 numaralı alçak basınç ısıtıcısı boşaltma pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi

7 numaralı alçak basınç ısıtma pompasının en fazla enerji verimi %91,4 ile su/kömür debi oranı 9,04 iken gerçekleşmiştir, en az enerji verimi ise %82,9 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. 7 numaralı alçak basınç ısıtma pompasının en fazla izantropik verimi %70,31 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, en az izantropik verimi ise %59,9 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir. 7 numaralı alçak basınç ısıtma pompasında en fazla ekserji verimi %76,6 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken gerçekleşmiştir, en az ekserji verimi ise %61,1 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken gerçekleşmiştir. Pompanın ekserji verimleri şekil 6.40'ta görülen ekserji yıkım miktarları ile doğru orantıda gerçekleşmiştir.

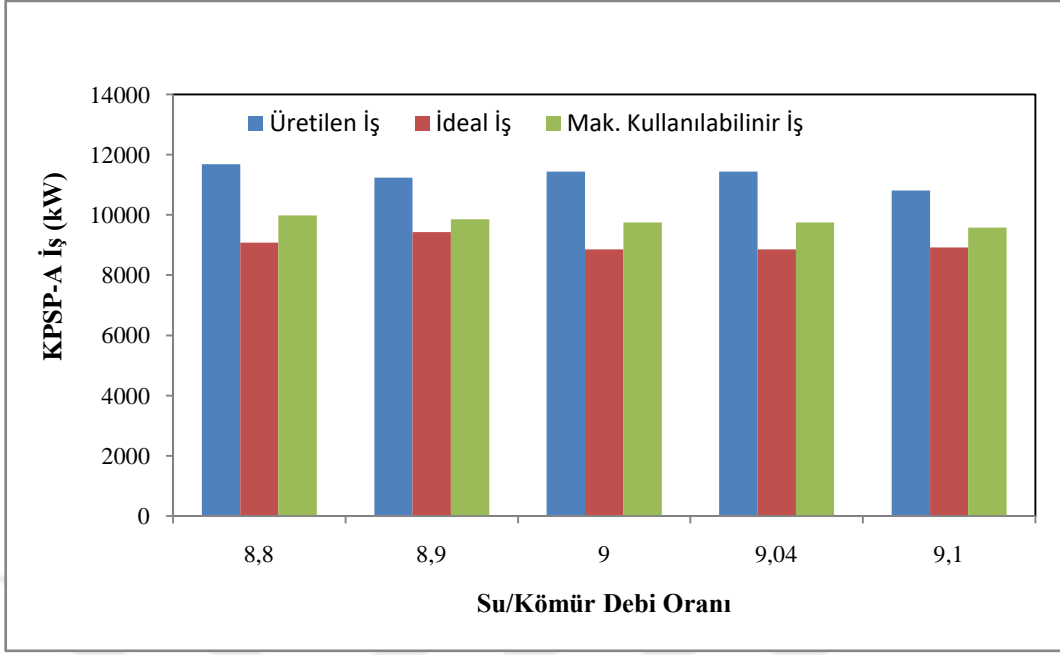
Şekil 6.42'de kazan besleme suyu A türbininde üretilen güçler, ideal güçler ve maksimum kullanılabilir güç gösterilmektedir.



Şekil 6.42. Kazan besleme suyu A türbininde elde edilen güç

Kazan besleme suyu A türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla 11865kW üretilen güç elde edilmiştir, en az güç ise su/kömür debi oranı 8,9 iken 11743 kW güç elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A türbini için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla 14682 kW ideal güç elde edilmiştir, en az ideal güç ise su/kömür debi oranı 8,9 iken 14320 kW elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla 14464 kW maksimum kullanılabilir güç elde edilmiştir, en az kullanılabilir güç ise su/kömür debi oranı 8,9 iken 14267 kW elde edilmiştir.

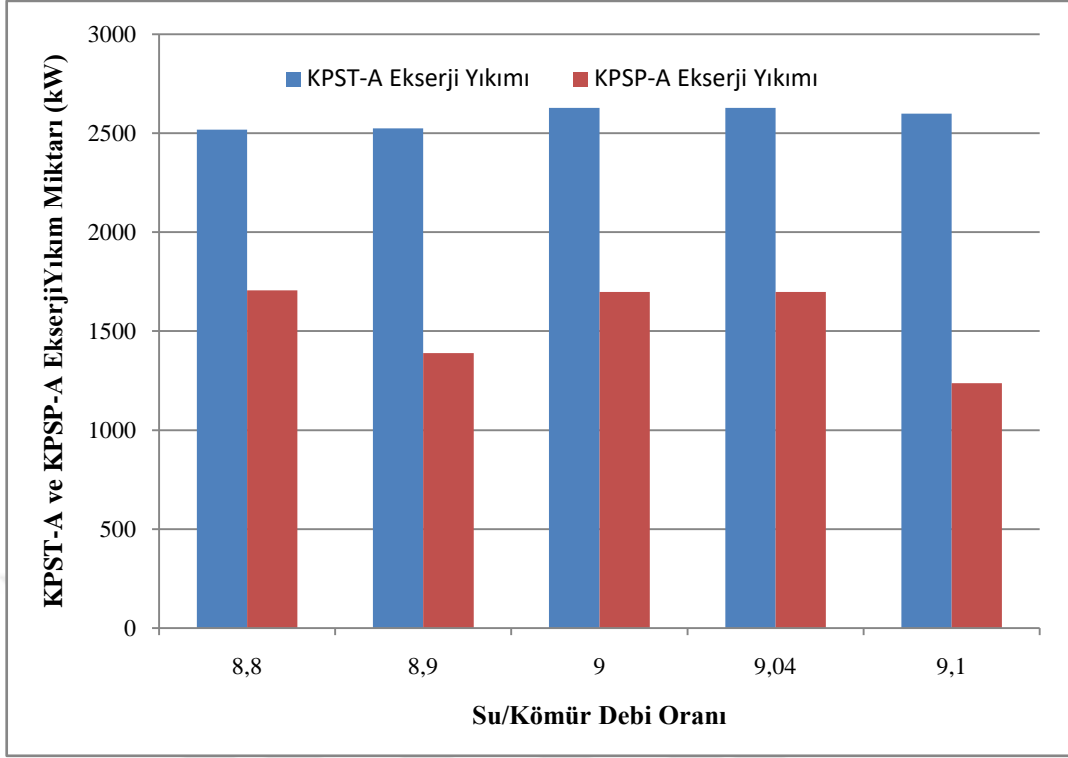
Şekil 6.43'te kazan besleme suyu A pompasında üretilen işler, ideal işler ve maksimum kullanılabilir işler gösterilmektedir.



Şekil 6.43. Kazan besleme suyu A pompasında yapılan iş

Kazan besleme suyu A pompası için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla 11687 kW üretilen iş elde edilmiştir, en az iş ise su/kömür debi oranı 9,1 iken 10812 kW iş elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A pompası için su/kömür debi oranı 8,9 iken en fazla 9426 kW ideal iş elde edilmiştir, en az ideal iş ise su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,04 iken 8850 kW iş elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A pompası için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla 9980 kW maksimum kullanılabilir iş elde edilmiştir, en az kullanılabilir iş ise su/kömür debi oranı 9,1 iken 9575 kW iş elde edilmiştir.

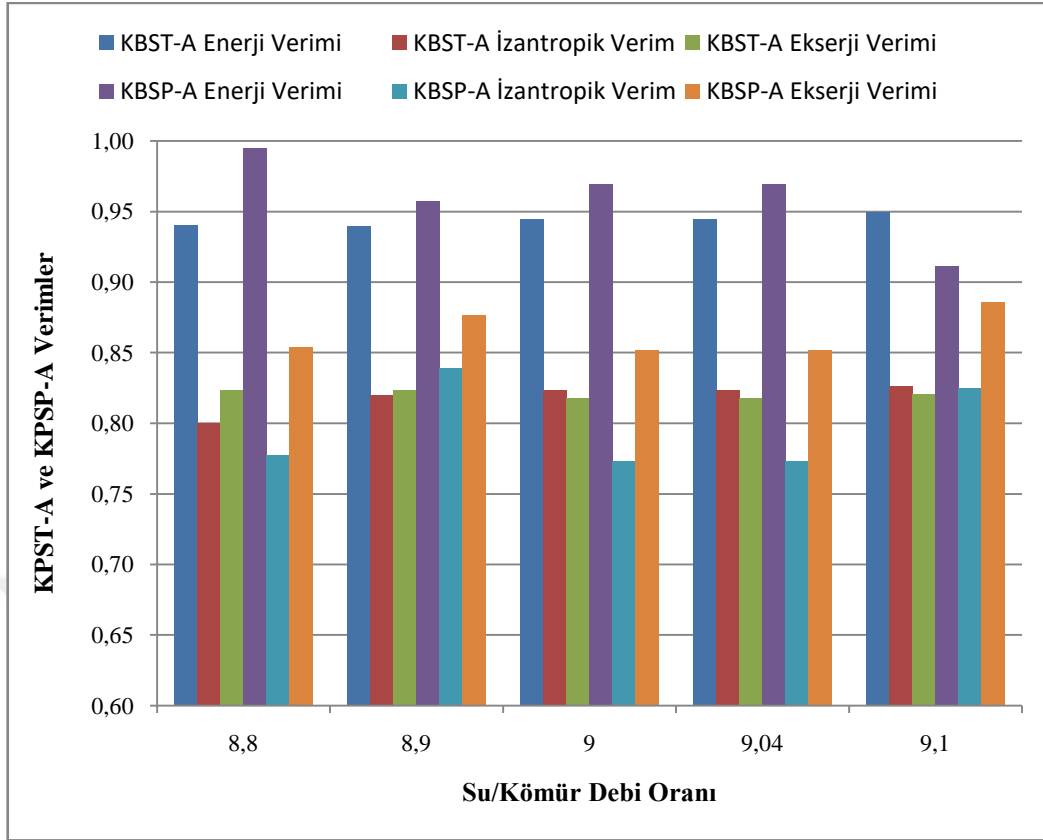
Şekil 6.44'tekazan besleme suyu A türbini ve A pompasındaki ekserji yıkım miktarları gösterilmektedir.



Şekil 6.44. Kazan besleme suyu A türbini ve A pompasındaki ekserji yıkımları

Kazan besleme suyu A türbininde su/kömür debi oranı 9 ve 9,04 iken en fazla 2627 kW ile ekserji yıkımı gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkımı ise 2517 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. Kazan besleme suyu A pompasında su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla 1706 kW ile ekserji yıkımı gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkımı ise 1236 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir.

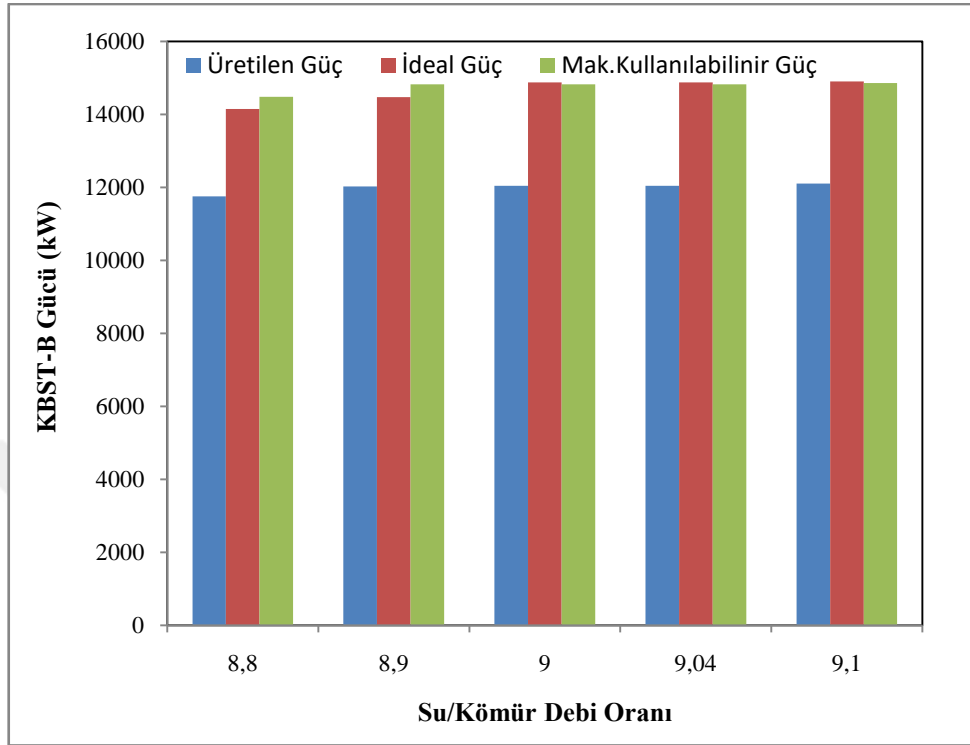
Şekil 6.45'te kazan besleme suyu A türbininin ve pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi gösterilmektedir.



Şekil 6.45. Kazan besleme suyu A türbininin ve pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi

Kazan besleme suyu A türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla %94,9 enerji verimi elde edilmiştir, en az enerji verimi ise %93,9 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla %82,6 izantropik verimi elde edilmiştir, en az izantropik verimi ise %80 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A türbini için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla %82,3 ekserji verimi elde edilmiştir, en az ekserji verimi ise %81,8 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A pompası için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla %99,4 enerji verimi elde edilmiştir, en az enerji verimi ise %91,1 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A pompası için su/kömür debi oranı 8,9 iken en fazla %83,7 izantropik verimi elde edilmiştir, en az izantropik verimi ise %77,3 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu A pompası için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla %88,5 ekserji verimi elde edilmiştir, en az ekserji verimi ise %85,1 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken elde edilmiştir.

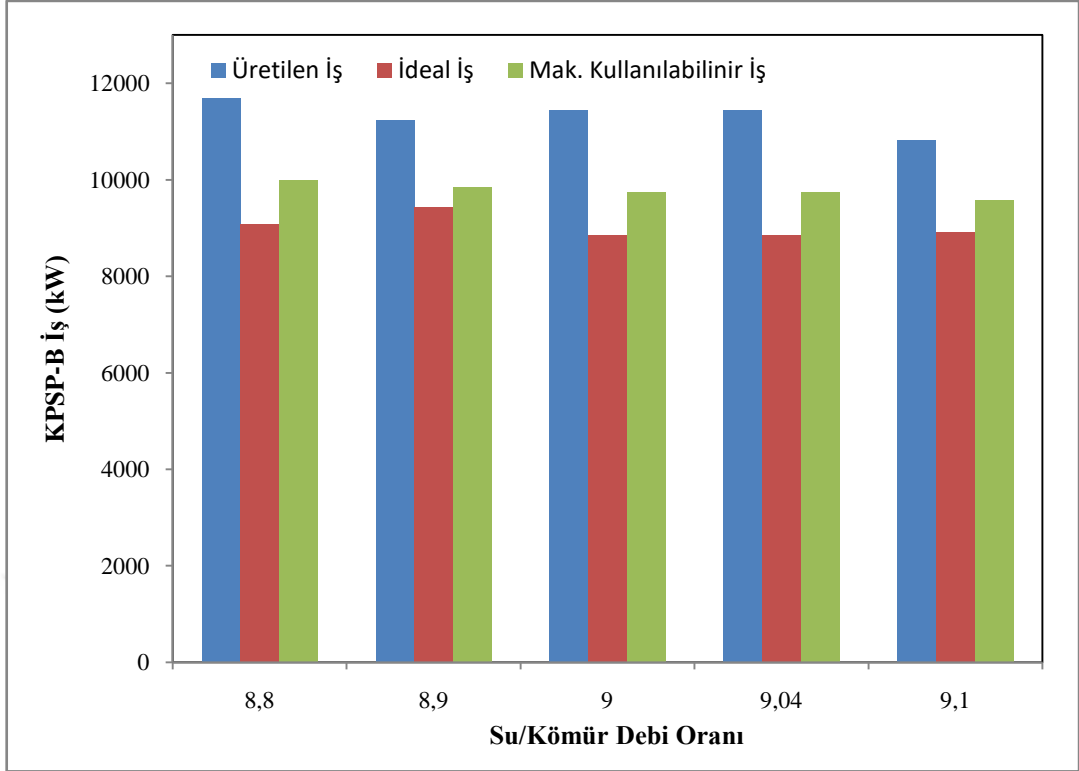
Şekil 6.46’da kazan besleme suyu B türbininde üretilen güçler, ideal güçler ve maksimum kullanılabilir güç gösterilmektedir.



Şekil 6.46. Kazan besleme suyu B türbininde elde edilen güç

Kazan besleme suyu B türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla 12101 kW üretilen güç elde edilmiştir, en az güç ise su/kömür debi oranı 8,8 iken 11751 kW güç elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla 14904 kW ideal güç elde edilmiştir, en az ideal güç ise su/kömür debi oranı 8,8 iken 14145 kW elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla 14856 kW maksimum kullanılabilir güç elde edilmiştir, en az kullanılabilir güç ise su/kömür debi oranı 8,8 iken 14484 kW elde edilmiştir.

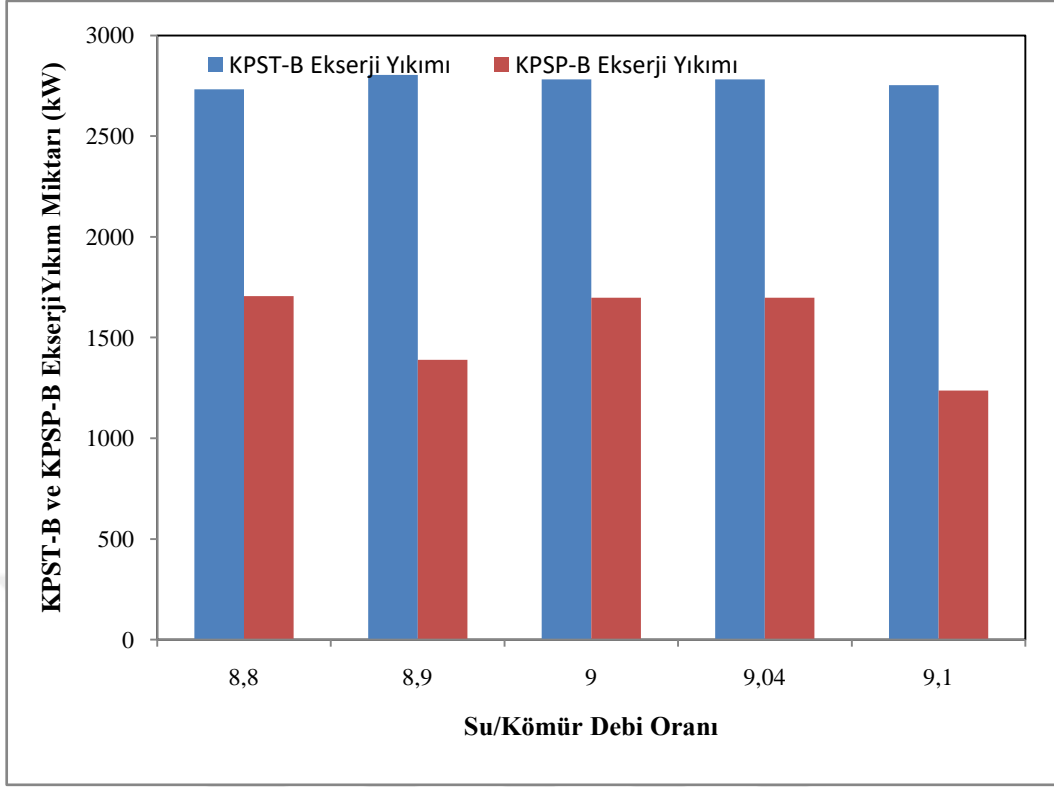
Şekil 6.47’de kazan besleme suyu B pompasında üretilen işler, ideal işler ve maksimum kullanılabilir işler gösterilmektedir.



Şekil 6.47. Kazan besleme suyu B pompasında yapılan iş

Kazan besleme suyu B pompası için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla 11687 kW üretilen iş elde edilmiştir, en az iş ise su/kömür debi oranı 9,1 iken 10812 kW iş elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B pompası için su/kömür debi oranı 8,9 iken en fazla 9426 kW ideal iş elde edilmiştir, en az ideal iş ise su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,04 iken 8850 kW iş elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B pompası için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla 9980 kW maksimum kullanılabilir iş elde edilmiştir, en az kullanılabilir iş ise su/kömür debi oranı 9,1 iken 9575 kW iş elde edilmiştir.

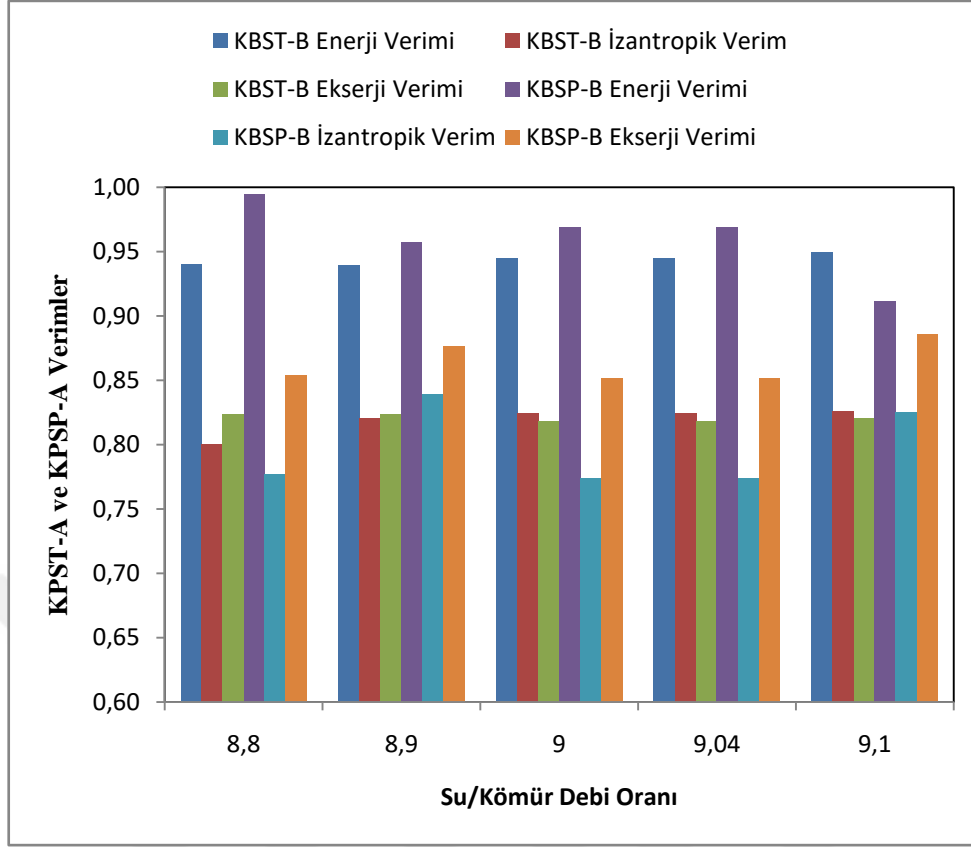
Şekil 6.48'de kazan besleme suyu B türbini ve B pompasındaki ekserji yıkım miktarları gösterilmektedir.



Şekil 6.48. Kazan besleme suyu B türbini ve B pompasındaki ekserji yıkımları

Kazan besleme suyu B türbininde su/kömür debi oranı 8,9 iken en fazla 2804 kW ile ekserji yıkımı gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkımı ise 2733 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken gerçekleşmiştir. Kazan besleme suyu B pompasında su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla 1706 kW ile ekserji yıkımı gerçekleşmiştir, en az ekserji yıkımı ise 1236 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken gerçekleşmiştir.

Şekil 6.49’da kazan besleme suyu B türbininin ve pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi gösterilmektedir.

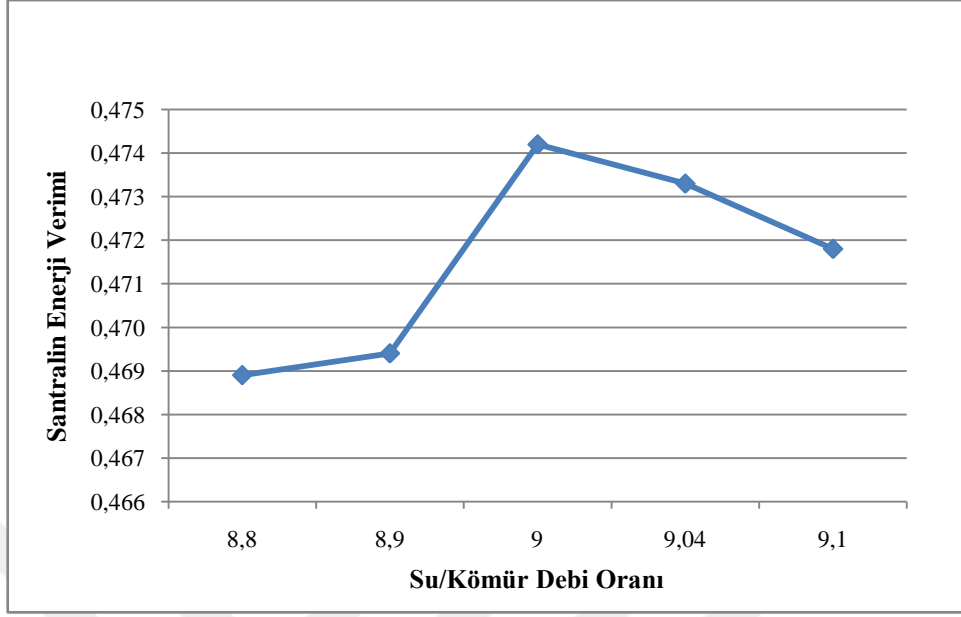


Şekil 6.49. Kazan besleme suyu B türbininin ve pompasının enerji, ekserji ve izantropik verimi

Kazan besleme suyu B türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla %94,9 enerji verimi elde edilmiştir, en az enerji verimi ise %93,9 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B türbini için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla %82,6 izantropik verimi elde edilmiştir, en az izantropik verimi ise %80 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B türbini için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla %82,3 ekserji verimi elde edilmiştir, en az ekserji verimi ise %81,8 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B pompası için su/kömür debi oranı 8,8 iken en fazla %99,4 enerji verimi elde edilmiştir, en az enerji verimi ise %91,1 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken elde edilmiştir. Kazan besleme suyu B pompası için su/kömür debi oranı 8,9 iken en fazla %83,7 izantropik verimi elde edilmiştir, en az izantropik verimi ise %77,3 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken elde edilmiştir.

Kazan besleme suyu B pompası için su/kömür debi oranı 9,1 iken en fazla %88,5 ekserji verimi elde edilmiştir, en az ekserji verimi ise %85,1 ile su/kömür debi oranı 9,0 ve 9,1 iken elde edilmiştir.

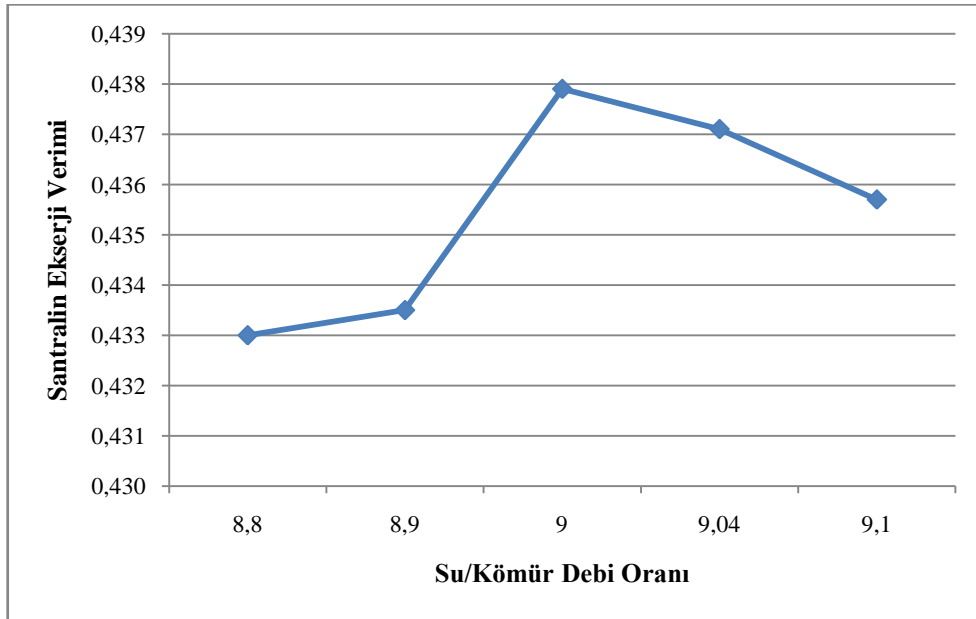
Şekil 6.50’de santralin enerji verimi gösterilmektedir.



Şekil 6.50. Santralin enerji verimi

Termik santralin enerji verimi türbinlerde üretilen gücün kazanda yakılan kömürün enerjisine oranlanarak bulunmuştur. Termik santralin en düşük enerji verimi %46,89 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Termik santralin enerji verimi en uygun su kömür debi oranı 9,0 olduğu zamanda %47,42 olarak hesaplanmaktadır.

Şekil 6.51’de santralin ekserji verimi gösterilmektedir.



Şekil 6.51. Santralin ekserji verimi

Termik santralin ekserji verimi türbinlerde üretilen gücün kazanda yakılan kömürün ekserjisine oranlanarak bulunmuştur.. Termik santralin en düşük ekserji verimi %43,30 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Termik santralin ekserji verimi en uygun su/kömür debi oranı 9,0 olduğu zamanda %43,79 olarak hesaplanmaktadır.



7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Çanakkale ilinde işletmede olan bir ultra süper kritik termik santralin termodinamik analizi yapılmıştır. Sistemde bulunan kazan, türbin, yoğuşturucunun, yoğuşturucu pompasının, deaeratrörün, düşük ve yüksek basınçlı ısıtıcıların, kazan besleme suyu pompalarının ve türbinlerinin ve diğer ekipmanların enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır.

- Değişken su ve kömür debi oranlarının santralin enerji ve ekserji verime etkisi araştırılarak, sistem ve verimi için en uygun su kömür debi oranı 9,0 olduğu belirlenmiştir ve santralin enerji verimi %47,42 ekserji verimi ise %43,79 olarak hesaplanmıştır.
- . Kazandaki en yüksek ısı kaybı 73594 kW olarak en düşük değer olan 8,8 su/kömür debi oranında hesaplanırken, en düşük ısı kaybı 42092 kW olarak en yüksek su/kömür debi oranı olan 9,1 değerinde hesaplanmıştır.
- Kazanda en fazla ısı miktarı 1358487 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken, en az ısı miktarı ise 1336208 kW ile su/kömür debi oranı 8,8 iken üretilmiştir.
- Kazandaki en yüksek ekserji yıkımı 763347 kW olarak su/kömür debi oranının 8,8 olduğu zaman hesaplanırken en az ekserji yıkımı ise 738215 kW olarak su/kömür debi oranının 9,04 olduğu zaman hesaplanmıştır.
- Su/kömür debi oranının 8,8 olduğu anda kazanın enerji verimi %94,7 ve su/kömür debi oranının 9,1 olduğu anda kazanın enerji verimi %96,9 olarak hesaplanmıştır.
- Su/kömür debi oranının 8,8 olduğu anda kazanın en düşük ekserji verimi %50 ve su/kömür debi oranının 9,1 olduğu anda kazanın en yüksek ekserji verimi %54,2 olarak hesaplanmıştır.
- Su/kömür debi oranının 8,8 iken yüksek basınç türbinde 201678 kW ile en az güç elde edilmiştir ve su/kömür debi oranının 9,0 olduğu değerinde yüksek basınç türbininde 206004 kW ile en fazla güç elde edilmiştir.

- Yüksek basınç türbini için en az ekserji yıkımı 7908 kW ile su/kömür oranının 8,8 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12659 kW ile su/kömür debi oranının 9,1 iken hesaplanmıştır.
- Yüksek basınç türbininde su/kömür debi oranı 9,0 iken en yüksek enerji verimi %95,81 elde edilmiştir. Su/kömür debi oranı 8,8 iken türbinde en düşük enerji verimi %93,8 elde edilmiştir. Su/kömür debi oranının 8,8 olduğu anda türbinin en yüksek ekserji verimi %96,2 elde edilmiştir. En düşük ekserji verimi ise %94,1 ile su/kömür debi oranı 9,1 iken elde edilmiştir.
- Orta basınç türbininde en düşük güç 284421 kW olarak su/kömür debi oranı 9,0'te hesaplanırken en yüksek güç ise 286991 kW ile su/kömür debi oranının 9,1 olduğu değerde hesaplanmıştır.
- Orta basınç türbini için en az ekserji yıkımı 17061 kW ile su/kömür oranının 9,1 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 17992 kW ile su/kömür debi oranının 9,04 iken hesaplanmıştır.
- Orta basınç türbininde enerji verimi en az olduğu değerde %94,7 ile su/kömür debi oranı 9,04 olduğu anda ve en yüksek verim ise %95,7 ile su/kömür oranının 9,1 olduğu anda hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranı 9,1 iken en yüksek ekserji verim %94,3 elde edilmiştir. Su/kömür debi oranı 9,04 iken en az ekserji verim %94 elde edilmiştir.
- 1 numaralı alçak basınç türbininde su/kömür debi oranı 8,8 iken türbinde en çok 88327 kW üretilen güç olduğu görülmektedir. Su/kömür debi oranı 9,1 iken türbinde en az 85887 kW üretilen güç olduğu görülmektedir.
- 1 numaralı alçak basınç türbini için en az ekserji yıkımı 11415 kW ile su/kömür oranının 8,8 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12955 kW ile su/kömür debi oranının 9,04 iken hesaplanmıştır.
- 1 numaralı alçak basınç türbininde su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinden en yüksek %97,1 olarak hesaplanmış ve en düşük verimi ise %94,6 ile su/kömür debi oranının 8,9 olduğu anda görülmektedir. Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinin ekserji verimi %88,5 ve su/kömür debi oranı 9,1'de ekserji verimi %86,9 olarak hesaplanmıştır.

- 2 numaralı alçak basınç türbininde üretilen en az güç 84667 kW ile su/kömür debi oranının 9,0 iken, türbinde üretilen en yüksek gücün ise 85887 kW ile su/kömür debi oranı 9,1 iken hesaplanmaktadır.
- 2 numaralı alçak basınç türbini için en az ekserji yıkımı 12207 kW ile su/kömür oranının 9,0 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12807 kW ile su/kömür debi oranının 9,04 iken hesaplanmıştır.
- 2 numaralı alçak basınç türbininde su/kömür debi oranının 8,8 iken enerji verimi en yüksek %94,19 olarak hesaplanmış ve en düşük verimi ise %92,9 ile su/kömür debi oranının 9,1 iken görülmektedir. Su/kömür debi oranının 8,8 iken türbinin en yüksek ekserji verimi %86,1 ve su/kömür debi oranı 9,04'te ekserji verimi %85,6 olarak hesaplanmıştır.
- Türbinlerde elde edilen en çok güç su/kömür debi oranının 9,0 iken 662001 kW hesaplanmaktadır. Türbinlerde elde edilen en az güç ise su/kömür debi oranının 9,04 iken 659215 kW hesaplanmaktadır.
- Yoğuşturucu 1'den denize atılan ısı miktarı en fazla 375180 kW ve yoğuşturucu 2'den denize atılan ısı miktarı 369090 kW ile su/kömür debi oranının 8,8 iken hesaplanmıştır. Su/kömür debi oranı 9,0'da yoğuşturucu 1'den denize atılan ısı miktarı 326279 kW ile en düşük iken yoğuşturucu 2'den denize atılan ısı miktarı 368938 kW ile ciddi miktar ısı denize atılmaktadır.
- Yoğuşturucu 1 için en az ekserji yıkımı 11587 kW ile su/kömür oranının 8,9 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 12793 kW ile su/kömür debi oranının 9,1 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için en az ekserji yıkımı 14235 kW ile su/kömür oranının 8,9 iken ve en çok ekserji yıkımı ise 16567 kW ile su/kömür debi oranının 9,0 iken hesaplanmıştır.
- Yoğuşturucu 1 için enerji veriminin en yüksek olduğu %98,61 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 1 için en düşük enerji verimi ise %85,6 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 1 için ekserji veriminin en yüksek olduğu %25 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 1 için en düşük ekserji verimi ise %22 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır.
- Yoğuşturucu 2 için enerji veriminin en yüksek olduğu %97 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için en düşük enerji verimi

ise %87 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için ekserji veriminin en yüksek olduğu %44 ile su/kömür debi oranı 8,9 iken hesaplanmıştır. Yoğuşturucu 2 için en düşük ekserji verimi ise %41 ile su/kömür debi oranı 9,0 iken hesaplanmıştır.

- Yoğuşturuculardan toplam denize atılan ısı 744270,00 kW ile su kömür debi oranının 8,8 olduğu zaman hesaplanmıştır.
- Santralden alınan değişken su kömür debi oranı verileri ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda en çok enerji kaybımız denize attığımız ısının olduğu yer yoğuşturucularda toplam denize atılan ısı 744270,00 kW ile su kömür debi oranının 8,8 olduğu zaman meydana gelmektedir. En çok ekserji yıkımı 763347,3682Kw ile su/kömür debi oranının 8,8 olduğu zaman kazanda meydana gelmektedir.
- Hesaplamalarda kömür tüketiminin en çok 59,61 kg/s ile su/kömür debi oranının 8,8 olduğu zaman, en az kömür tüketimi ise 58,89 kg/s ile su/kömür debi oranının 9,04 olduğu zaman hesaplanmıştır.
- Sistemdeki ısıtıcılar arasındaki kıyaslama sonucunda yüksek basınç ısıtıcılarının alçak basınç ısıtıcılardan daha yüksek verimde çalıştığı görülmektedir.
- Termik santralin enerji verimi türbinlerde üretilen gücün kazanda yakılan kömürün enerjisine oranlanarak bulunmuştur. Termik santralin en düşük enerji verimi %46,89 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Termik santralin enerji verimi en uygun su kömür debi oranı 9,0 olduğu zamanda %47,42 olarak hesaplanmaktadır.
- Termik santralin ekserji verimi türbinlerde üretilen gücün kazanda yakılan kömürün ekserjisine oranlanarak bulunmuştur. . Termik santralin en düşük ekserji verimi %43,30 ile su/kömür debi oranı 8,8 iken hesaplanmıştır. Termik santralin ekserji verimi en uygun su/kömür debi oranı 9,0 olduğu zamanda %43,79 olarak hesaplanmaktadır.

Kazanda meydana gelen ekserji yıkımının azaltılması ile önemli ölçüde sistemin olumlu etkileneceği ön görülmektedir. Kazanda ekserji yıkımını arttıran faktörler incelenmeli ve iyileştirilme yapılmalıdır.

Analizi yapılan santrale yakın kurulu güce ve kullanılan kömür değerlerine sahip santrallerin su kömür debi oranlarının dikkate alınarak işletilmesi santralin verimi açısından önemli olduğu bulunmuştur.



KAYNAKLAR

- [1] Singh, N. et al.,2000, “Exergetic Analysis of solar thermal powerplantsystem”, Renewable Energy, 135-143.
- [2] Wall, G., 1198, “Exergy Auseful Concept”, PhD thesis, Chalmers Univercity Of Technology, Göteborg, Sweden, 5-11.
- [3] Dinçer, I., 2002, “The Role of Exergy in Energy Policy Making”, Energy Policy, 30 (2): 137-149.
- [4] Tekel, E., 2006, “Termik Santrallerin Enerji ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 65-95.
- [5] Ünal, F., 2009, “Bir Termik Santralin Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 86-88.
- [6] Kocaekiz, B., 2010, “Bir Termik Santralin Enerji ve Verim Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 66-79.
- [7]Geredelioglu, Ç., 2011, “Çayırhan Termik Santralinin Enerji ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta,23-34, 116-118.
- [8] Ege, A., 2012, “Afşin-Elbistan B Kömür Santralinin Ekserji ve Termoekonomik Analizi ve Optimizasyonu”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 134-140.
- [9] Şahin, H, E.,2012, “Kritik-Üstü Tip Bir Buharlı Güç Santralinin Enerji ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul, 85,39-48.
- [10] Bilginsoy, A, K., 2012, “Bir Termik Santralde Termodinamik Analiz ve Isıl Süreçlerdeki Tersinmezliklerin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 18-23, 66-68.
- [11] Uysal, C., 2012, “Bir Termik Santralin Termoekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 73-74.

- [12] Tontu, M., 2013, “Energy And Exergy Analysis Of A Steam Power Plant”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 81-88.
- [13] Tüysüz, C., 2013, “Bir Kritiküstü Termik Santralde Enerji ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 19-29, 50-52.
- [14] Bayrak, S., 2013, “Bir Termik Santralde Entropi Üretiminin Enerji Verimliliğine Etkisinin İncelenmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 24-32, 71-82.
- [15] Adibhatla, S., Kaushik, S., C., 2014, “Energy And Exergy Analysis Of a Super Critical Thermal Power Plant At Various Load Conditions Under Constant And Pure Sliding Pressure Operation”, Applied Thermal Engineering, 73 (2014), 51-65.
- [16] Sevin, L., 2014, “Bir Termik Santralin Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 87-88.
- [17] Çelik, C., 2015, “Termik Santrallarda Enerji ve Ekserji Analizi İçin Yazılım Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 93-97.
- [18] Dinçol, Ş., 2016, “Soma Termik Santralinin Enerji ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 62-63.
- [19] Ahmadi, R., G., Toghraie, D., 2016, “Energy And Exergy Analysis Of Montazeri Steam Power Plant in Iran”, Renewable And Sustainable Energy Reviews, 56 (2016), 454-463.
- [20] Gao, J., Zhang, Q., Wang, X., Song, D., Liu, W., ve Liu, W., 2018, “Exergy and Exergoeconomic Analyses With Modeling For CO₂ Allocation Of Coal-Fired CHP Plants” Energy, 15(2), 562-575.
- [21] Erzen. S., 2018, “Kangal Termik Santralinin Enerji ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 73-77.

- [22] Elhelw, M., Dahma, K., S., A., Attia., A., E., H., 2019, "Utilizing Exergy Analysis in Studying The Performance of Steam Power Plant At Two Different Operation Mode", *Applied Thermal Engineering*, 150 (2019), 285-293.
- [23] Hasti, S., Aroonwilas, A., Veawab, A., 2013, "Exergy Analysis of Ultra Super-Critical Power Plant", *Energy Procedia*, 37 (2013), 2544-2551.
- [24] Si, N., Zhao, Z., Su, S., Han, P., Sun, Z., Xu, J., Cui, X., Hu, S., Wang, Y., Jiang, L., Zhou, Y., Chen, G., Xiang, J., 2017, "Exergy Analysis Of a 1000 MW Double Reheat Ultra-Supercritical Power Plant", *Energy Conversion And Management*, 147 (2017), 155-165.
- [25] Zhao, Z., Su, S., Si, N., Hu, S., Wang, Y., Xu, J., Jiang, L., Chen, G., Xiang, J., 2017, "Exergy Analysis Of The Turbine System In a 1000 MW Double Reheat Ultra-Supercritical Power Plant", *Energy*, 119(2017), 540-548.
- [26] Liu, Y., Li, Q., Duan, X., Zhang, Y., Yang, Z., Che, D., 2018 "Thermodynamic Analysis of A Modified System For A 1000 MW Single Reheat Ultra-Supercritical Thermal Power Plant", *Energy*, 145 (2018) 25-37.
- [27] İnternet : 2018, "Enerji Santralleri" <https://www.enerji.gen.tr/enerji-santralleri.html> [28]
- [28] Saidur R., Ahamed, J.U., Masjuki, H.H., 2010, "Energy, Exergy and Economic Analysis of Industrial Boilers", *Energy Policy*; 38, 2188–2197.
- [29] Erduranlı, P., 1997, "Enerji Santraline Ekserji Analizinin Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 10-30.



EKLER

EK-1. Santral düğüm noktalarının kütle, sıcaklık ve basınç özellikleri

Su/kömür debi oranı			8,8	8,9	9	9,04	9,1	8,8	8,9	9	9,04	9,1	8,8	8,9	9	9,04	9,1
Nokta	Ekipman	Hal	m (kg/s)					Sıcaklık (°C)					Basınç (bar)				
1	Kazan girişi	Su	499,77	503,5	505,58	506,94	512,92	304,2	303,2	304,6	304,6	302	331,80	331	323,00	323,00	324,00
2	Kazan çıkışı	Kızgın buhar	499,77	503,5	505,58	506,94	512,92	603	602,1	601,5	600,5	600,5	285,60	284,9	286,00	286,30	288,00
3	YBT giriş	Kızgın buhar	499,77	503,5	505,58	506,94	512,92	600	601,2	598,1	598	599,2	275,90	279,1	275,70	275,70	275,90
4	YBT ara kademe çıkış	Kızgın buhar	30,68	31,68	32,665	33,665	38,17	410,6	409,5	407	409	409	89,11	88,7	88,50	89,00	88,80
4a	YBI-1 giriş	Kızgın buhar	30,68	31,68	32,665	33,665	38,17	408,8	407,3	406,5	406,5	408	86,44	86,7	87,20	87,20	87,40
5	YBT ara kademe çıkış	Kızgın buhar	59,55	60,55	61,575	61,935	60,10	358,6	356,9	353	355	357	61,78	60,8	60,10	61,00	59,20
5a	YBI-2 giriş	Kızgın buhar	59,55	60,55	61,575	61,935	60,10	356,9	355,4	352,3	352,3	355,3	59,92	59,5	59,70	59,70	59,10
6	YBT sızdırmazlık buharı çıkış	Kızgın buhar	3,11	3,84	3,91	3,91	3,91	200	200	200	200	200	8,77	8,65	8,77	8,77	8,77
7	YBT çıkış	Kızgın buhar	406,43	407,43	407,43	407,43	410,75	358,6	357	353	356	357,2	61,78	60,8	60,10	61,00	59,20
8	Kazan tekrar ısıtma girişi	Kızgın buhar	406,43	407,43	407,43	407,43	410,75	357,4	355	354,8	354,8	354,6	60,69	59,8	60,20	60,20	60,10
9	Kazan tekrar ısıtma çıkışı	Kızgın buhar	406,43	407,43	407,43	407,43	410,75	612	609,8	610,5	610,5	610	58,69	58,15	58,40	58,40	58,40

10	OBT giriş	Kızgın buhar	406,43	407,43	407,43	407,43	410,75	610	609	609,5	609,5	609,5	56,83	56,4	56,90	56,90	56,90
11	KBSPT-A giriş	Kızgın buhar	15,39	15,41	15,41	15,41	15,41	346,6	345,9	346,7	346,7	348,5	9,03	9	9,03	9,03	9,03
12	OBT ara kademe çıkış	Kızgın buhar	28,13	28,33	28,33	28,33	29,33	472,1	477	478	478	479	23,81	24,2	24,20	24,20	24,10
12a	Ön buhar soğutucusu giriş	Kızgın buhar	28,13	28,33	28,33	28,33	29,33	471,7	476	477	477	477	23,33	23,8	23,80	23,80	23,80
12b	YBI-3 giriş	Kızgın buhar	28,13	28,33	28,33	28,33	29,33	320,3	334	334	334	305	22,63	22,27	22,70	22,70	23,00
13	OBT ara kademe çıkış	Kızgın buhar	24,22	24,42	24,42	24,42	26,40	347,4	348	346	346	348,5	9,51	9,45	9,30	9,30	9,00
13a	Deaeratrör ısıtma giriş	Kızgın buhar	24,22	24,42	24,42	24,42	26,40	346,7	347	346	346	348	9,03	9	9,00	9,00	9,00
14	OBT ara kademe çıkış	Kızgın buhar	9,67	9,87	9,87	9,87	10,21	216	218	219	219	219	3,38	3,36	3,30	3,30	6,00
14a	ABI-5 giriş	Kızgın buhar	9,67	9,87	9,87	9,87	10,21	215	217	218	218	218	3,27	3,21	3,27	3,27	6,00
15	KBSPT-B giriş	Kızgın buhar	15,21	15,59	15,59	15,59	15,59	346,6	345,9	346,7	346,7	348,5	9,03	9	9,03	9,03	9,03
16	Sızdırmazlık buharı girişi	Kızgın buhar	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	331,35	331,35	331,35	331,35	331,35	1,00	1	1,00	1,00	1,00
17	OBT sızdırmazlık buharı çıkış	Kızgın buhar	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	331,35	331,35	331,35	331,35	331,35	1,00	1	1,00	1,00	1,00

18	OBT Çıkış	Kızgın buhar	315,96	315,96	315,96	315,96	315,96	216	215	214,8	214,8	214,1	3,37	3,36	3,36	3,36	3,33
19	ABT-1 giriş	Kızgın buhar	158,73	158,83	158,83	158,83	158,83	216	214,9	214,6	214,6	214	3,37	3,36	3,36	3,36	3,33
20	ABT-1 çıkış	Sıvı-buhar karışımı	131,39	131,49	131,49	131,49	131,49	28,5	28,9	28,9	28,5	29,1	0,04	0,039	0,04	0,04	0,04
21	ABT-1 ara kademe çıkış	Kızgın buhar	9,65	9,95	9,95	9,95	9,95	174,3	181	181	181	181	2,14	2,05	2,10	2,10	1,60
21a	ABI-6 giriş	Kızgın buhar	9,65	9,95	9,95	9,95	9,95	174	150	174,2	174,2	175,5	2,08	2,01	2,08	2,08	2,00
22	ABT-1-2 ara kademe çıkış	Sıvı-buhar karışımı	12,62	12,62	12,62	12,62	12,62	79,3	81,8	82	82	82	0,46	0,461	0,46	0,46	0,46
22a	ABT-1 ara kademe çıkış	Sıvı-buhar karışımı	6,31	6,31	6,31	6,31	6,31	79,3	81,8	82	82	82	0,46	0,461	0,46	0,46	0,46
22b	ABT-2 ara kademe çıkış	Sıvı-buhar karışımı	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	79,3	81,8	82	82	82	0,46	0,461	0,46	0,46	0,46
22c	ABI-8 giriş	Sıvı-buhar karışımı	12,62	12,62	12,62	12,62	12,62	79,3	81,8	82	79,5	82	0,45	0,447	0,45	0,45	0,45
23	ABT-1 sızdırmazlık buharı giriş	Kızgın buhar	0,48	0,745	0,745	0,745	0,75	200	200	200	200	200	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
24	ABT-2 giriş	Kızgın buhar	157,24	157,34	157,34	157,34	157,34	216	214,9	214,6	214,6	214	3,37	3,36	3,36	3,36	3,33
25	ABT-2 çıkış	Sıvı-buhar karışımı	131,20	131,3	131,3	131,3	131,30	28,3	28,5	29,2	28,3	28,95	0,03	0,032	0,03	0,03	0,33

26	ABT-2 ara kademe çıkış	Kızgın buhar	15,89	16,19	16,19	16,19	16,19	133,1	138,7	139,3	139,3	140,5	1,28	1,19	1,28	1,28	1,22
26a	ABI-7 giriş	Kızgın buhar	15,89	16,19	16,19	16,19	16,19	133,1	138,5	138,5	138,5	139,7	1,24	1,15	1,27	1,27	1,21
27	ABT-1-2 ara kademe çıkış	Sıvı-buhar karışımı	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	57,5	58,8	59	59	59,1	0,18	0,177	0,18	0,18	0,18
27a	ABT-1 ara kademe çıkış	Sıvı-buhar karışımı	11,36	11,63	11,63	11,63	11,63	57,5	58,8	59	59	59,1	0,18	0,177	0,18	0,18	0,18
27b	ABT-2 ara kademe çıkış	Sıvı-buhar karışımı	4,60	4,33	4,33	4,33	4,33	57,5	58,8	59	59	59,1	0,18	0,177	0,18	0,18	0,18
27c	ABI-9 giriş	Sıvıbuhar karışımı	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	57,5	58,8	59	59	59,1	0,17	0,172	0,17	0,17	0,17
28	ABT-2 sızdırmazlık buharı giriş	Kızgın buhar	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	200	200	200	200	200	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
29	Sızdırmazlık buharı	Kızgın buhar	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	197,6	197,6	198	198	198	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
30	KBSPT-B çıkış	Sıvı-buhar karışımı	15,21	15,59	15,59	15,59	15,59	27,2	27,2	27,4	27,4	27,4	0,04	0,036	0,04	0,04	0,04
31	Yoğuşturucu giriş	Sıvı-buhar karışımı	28,84	28,84	28,84	28,84	28,84	30	30	30	30	30	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
32	KBSPT-A çıkış	Sıvı-buhar karışımı	15,39	15,41	15,41	15,41	15,41	30,6	30,6	29,3	29,3	29,3	0,04	0,044	0,04	0,04	0,04
33	Yoğuşturucu pompası giriş	Sıvı	322,03	322,63	322,63	322,63	322,63	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	3,10	3	0,04	0,04	0,04

33a	Yoğuşturucu pompası çıkış	Sıvı	322,03	322,63	322,63	322,63	322,63	26,6	26,6	26,6	26,6	26,55	25,00	24,9	26,00	26,00	27,40
34	Sızdırmazlık buhar yoğuşturucusu giriş	Sıvı	321,97	322,57	322,57	322,57	322,57	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	25,00	24,9	25,00	25,00	25,00
35	Sızdırmazlık buharı yoğuşturucugiriş	Kızgın buhar	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	450	450	450	450	450	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
36	Sızdırmazlık buharı yoğuşturucu çıkış	Sıvı	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	30	29,9	30	30	30	0,04	0,043	0,04	0,04	0,04
37	Sızdırmazlık buhar yoğuşturucusu çıkış	Sıvı	321,97	322,57	322,57	322,57	322,57	27,2	27,2	27,1	27,1	27,2	25,00	24,8	25,00	25,00	25,00
38	ABI-9 çıkış	Sıvı	321,97	322,57	322,57	322,57	322,57	54	53,5	53,1	53,1	52,9	24,50	24,4	24,50	24,50	24,50
39	ABI-8 çıkış	Sıvı	321,97	322,57	322,57	322,57	322,57	75,7	74,3	73,5	73	73	23,50	23,1	23,50	23,50	23,50
40	ABI-7 çıkış	Sıvı	321,97	322,57	322,57	322,57	322,57	103,2	102	103,8	102,3	102,8	21,00	20,8	21,00	20,90	22,50
41	ABI-6 giriş	Sıvı	357,18	358,58	358,58	358,58	358,92	103,45	104,65	103,6	102	102,8	21,00	20,8	21,00	20,90	22,50
42	ABI-6 çıkış	Sıvı	357,18	358,58	358,58	358,58	358,92	118,8	119,5	119,3	117,8	118,5	19,00	18,7	19,00	19,50	21,00
43	ABI-9 çıkış	Sıvı	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	32,8	32,8	32,8	32,8	32,8	0,10	0,1	0,10	0,10	0,10
44	ABI-8 çıkış	Sıvı	12,62	12,62	12,62	12,62	12,62	59,7	57,5	70	60	75,5	0,30	0,3	0,32	0,30	0,41
45	ABI-7 çıkış	Sıvı	35,21	36,01	36,01	36,01	36,35	100	103,5	75	95	86	1,02	1,15	1,45	1,25	1,33
46	ABI-7yoğuşum pompası çıkış	Sıvı	35,21	36,01	36,01	36,01	36,35	100,35	103,85	75,4	95,4	86,4	21,00	20,8	20,00	21,20	20,20
47	ABI-6 çıkış	Sıvı	19,32	19,82	19,82	19,82	20,16	108,9	109	109	109	108,7	1,40	1,39	1,40	1,40	1,40
48	ABI-5 çıkış	Sıvı	9,67	9,87	9,87	9,87	10,21	124,25	109,5	125	125	124	2,40	2,35	2,40	2,40	2,40
49	ABI-5 çıkış	Sıvı	357,18	358,58	358,58	358,58	358,92	133,7	135,2	134,5	133,2	134	17,00	16,85	17,00	17,30	18,50

50	Deaeratrör çıkış	Sıvı	499,77	503,57	505,58	506,94	512,92	175,6	176,75	176,4	175,5	177	9,10	9,7	9,70	9,70	9,60
50a	KBSP-A giriş	Sıvı	249,89	251,785	249,885	249,885	249,89	176,6	177	176,4	176,4	177	9,10	9,7	9,70	9,70	9,60
50b	KBSP-B giriş	Sıvı	249,89	251,785	249,885	249,885	249,89	177,6	177	176,4	176,4	177	9,10	9,7	9,70	9,70	9,60
51	YBI-3 giriş	Sıvı	499,77	503,57	505,58	506,94	512,92	182,3	183	183	183	183	336,00	335	328,00	328,00	330,00
51a	KBSP-A çıkış	Sıvı	249,89	251,785	249,885	249,885	249,89	183,3	183	183	183	183	336,00	335	328,00	328,00	330,00
51b	KBSP-B çıkış	Sıvı	249,89	251,785	249,885	249,885	249,89	184,3	183	183	183	183	336,00	335	328,00	328,00	330,00
52	YBI-3 çıkış	Sıvı	499,77	503,57	505,58	506,94	512,92	218,5	218	219	219	219	335,00	334	327,00	327,00	328,50
53	YBI-2 çıkış	Sıvı	499,77	503,57	505,58	506,94	512,92	277,1	275,5	269	276	269	334,00	333	326,00	326,00	326,00
54	YBI-1 çıkış	Sıvı	499,77	503,57	505,58	506,94	512,92	300,5	299,8	299	299	298	333,00	332	325,00	325,00	325,00
55	Ön buhar soğutucusu çıkış	Sıvı	499,77	503,57	505,58	506,94	512,92	304,2	303,2	304,9	304,9	302,3	331,80	331	324,00	324,00	324,00
56	YBI-1 çıkış	Sıvı	30,68	31,68	32,665	33,665	38,17	282,65	276	276	282	276	80,00	79,8	80,00	79,50	80,00
57	YBI-2 çıkış	Sıvı	90,24	92,24	94,25	95,61	98,28	224,15	222	223	223	223	26,00	27,5	26,00	26,00	26,00
58	YBI-3 çıkış	Sıvı	118,37	120,57	122,58	123,94	127,61	187,8	187,4	188	188	188	19,00	18,75	19,00	19,00	9,00
59	Yoğuşturucu 2 çıkış	Sıvı	175,25	175,25	175,25	175,25	175,25	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	0,04	0,036	0,04	0,04	0,04
60	Deniz suyu yoğuşturucu 2 giriş	Sıvı	30000,00	27000	29000	28500	29000,00	15,05	15,05	14,95	14,9	14,85	2,00	2	2,00	2,00	2,00
61	Deniz suyu yoğuşturucu 1 giriş	Sıvı	30000,00	27000	29000	28500	29000,00	18	18	18	17,7	17,65	1,50	1,5	1,50	1,50	1,50
62	Deniz suyu yoğuşturucu 1 çıkış	Sıvı	30000,00	27000	29000	28500	29000,00	21	21	20,7	20,3	20,3	1,00	1,3	1,00	1,00	1,00
63	Kazana hava girişi		611,11	611,11	611,11	611,11	611,11	320	317	327	320	307					

64	Kazandan hava çıkışı		611,11	611,11	611,11	611,11	611,11	355	347	347	355	327					
65	Kazana kömür girişi		59,61	59,44	59,03	58,89	59,22										

EK-2. Santral düğüm noktalarının termodinamik özellikleri

	Entalpi (kJ/kg) (h)					Entropi (kJ/kgK) (s)				
	8,8	8,9	9	9,04	9,1	8,8	8,9	9	9,04	9,1
Su kömür debi oranı										
Nokta										
Ölü Hal	104,92					0,3672				
1	1348,90	1343,8	1351,30	1351,30	1338,00	3,2034	3,1948	3,2096	3,2096	3,1864
2	3469,60	3467,5	3464,60	3461,20	3459,60	6,2829	6,2815	6,2767	6,2724	6,2682
3	3469,40	3470,1	3463,80	3466,60	3467,00	6,2965	6,2927	6,2903	6,2937	6,2937
4	3151,30	3149	3142,20	3146,90	3147,30	6,3395	6,3380	6,3290	6,3336	6,3351
4a	3151,40	3146,6	3143,40	3143,40	3147,20	6,3520	6,3438	6,3366	6,3366	6,3414
5	3048,60	3061,4	3052,20	3055,50	3065,60	6,2938	6,3581	6,3482	6,3475	6,3758
5a	3063,60	3060,4	3051,20	3051,20	2921,60	6,3676	6,3655	6,3494	6,3494	5,9605
6	2835,40	2836,1	2835,40	2835,40	2835,40	6,7683	6,7755	6,7683	6,7683	6,7683
7	3063,70	3061,7	3052,20	3061,20	3066,20	6,3553	6,3586	6,3482	6,3565	6,3767
8	3059,30	3058,5	3057,00	3057,00	3056,70	6,3637	6,3604	6,3552	6,3552	6,3554
9	3684,00	3683,2	3684,70	3684,70	3683,50	7,2147	7,2112	7,2109	7,2109	7,2096
10	3682,40	3682,7	3683,50	3682,20	3683,50	7,2206	7,2244	7,2213	7,2191	7,2213

11	3152,90	3151,5	3153,10	3153,10	3156,90	7,3406	7,3399	7,3409	7,3409	7,3471
12	3402,10	3412,5	3414,80	3414,80	3417,10	7,2676	7,2742	7,2771	7,2771	7,2821
12a	3401,90	3410,8	3413,00	3413,00	3413,00	7,2764	7,2794	7,2824	7,2824	7,2824
12b	3064,10	3096,5	3095,50	3095,50	3027,40	6,7828	6,8438	6,8337	6,8337	6,7129
13	3153,70	3155	3151,10	3151,10	3157,00	7,3185	7,3235	7,3244	7,3244	7,3488
13a	3153,10	3153,8	3151,70	3151,70	3156,00	7,3409	7,3437	7,3403	7,3403	7,3471
14	2897,00	2901,2	2903,50	2903,50	2891,80	7,3243	7,3349	7,3478	7,3478	7,0536
14a	2895,40	2899,8	2901,60	2901,60	2889,60	7,3350	7,3528	7,3480	7,3480	7,0493
15	3152,90	3151,5	3153,10	3153,10	3156,90	7,3406	7,3399	7,3409	7,3409	7,3471
16	3137,90	3137,9	3137,90	3137,90	3137,90	8,3248	8,3248	8,3248	8,3248	8,3248
17	3137,90	3137,9	3137,90	3137,90	3137,90	8,3248	8,3248	8,3248	8,3248	8,3248
18	2895,00	2895	2894,60	2896,10	2893,30	7,3214	7,3223	7,3214	7,3244	7,3228
19	2897,10	2894,8	2894,20	2894,20	2893,10	7,3256	7,3219	7,3206	7,3206	7,3224
20	2288,80	2289,695474	2289,70	2288,80	2290,05	7,6077	7,6009	7,6009	7,6077	7,5975
21	2817,90	2832,1	2831,80	2831,80	2831,80	7,3617	7,4135	7,4019	7,4019	7,4019
21a	2817,70	2769	2818,10	2818,10	2821,20	7,3749	7,2786	7,3759	7,3759	7,4007
22	2572,28	2576,666757	2577,08	2577,08	2577,08	7,4234	7,3911	7,4234	7,4234	7,3885
22a	2572,28	2576,666757	2577,08	2577,08	2577,08	7,4234	7,3911	7,4234	7,4234	7,3885

22b	2572,28	2576,666757	2577,08	2577,08	2577,08	7,4234	7,3911	7,4234	7,4234	7,3885
22c	2572,28	2576,666757	2577,08	2572,69	2577,08	7,4234	7,3911	7,4234	7,4209	7,3885
23	2879,90	2879,9	2879,90	2879,90	2879,90	9,4610	9,4610	9,4610	9,4610	9,4610
24	2897,10	2894,8	2894,20	2894,20	2893,10	7,3256	7,3219	7,3206	7,3206	7,3224
25	2287,65	2288,011995	2289,49	2287,65	2288,93	7,6085	7,6051	7,5932	7,6085	7,5975
26	2740,50	2752,6	2753,00	2753,00	2755,90	7,4167	7,4776	7,4474	7,4474	7,4744
26a	2740,80	2752,5	2751,50	2751,50	2754,40	7,4314	7,4931	7,4453	7,4453	7,4745
27	2410,20	2412,663612	2413,10	2413,10	2413,32	7,3610	7,3430	7,3401	7,3401	7,3388
27a	2410,20	2412,663612	2413,10	2413,10	2413,32	7,3610	7,3430	7,3401	7,3401	7,3388
27b	2410,20	2412,663612	2413,10	2413,10	2413,32	7,3610	7,3430	7,3401	7,3401	7,3388
27c	2410,20	2412,663612	2413,10	2413,10	2413,32	7,3610	7,3430	7,3401	7,3401	7,3388
28	2879,90	2879,9	2879,90	2879,90	2879,90	9,4610	9,4610	9,4610	9,4610	9,4610
29	2875,30	2875,3	2876,00	2876,00	2876,00	9,4512	9,4512	9,4528	9,4528	9,4528
30	2380,30	2380,3	2380,64	2380,64	2380,64	7,9433	7,9433	7,9396	7,9396	7,9396
31	125,77	125,77	125,77	125,77	125,77	0,4367	0,4367	0,4367	0,4367	0,4367
32	2389,40	2389,4	2386,88	2386,88	2386,88	7,8892	7,8892	7,9129	7,9129	7,9129
33	110,97	110,96	110,68	110,68	110,68	0,3867	0,3867	0,3860	0,3860	0,3860
33a	113,82	113,81	113,91	113,91	113,83	0,3889	0,3889	0,3889	0,3889	0,3882

34	113,82	113,81	113,82	113,82	113,82	0,3889	0,3889	0,3889	0,3889	0,3889
35	3384,10	3384,1	3384,10	3384,10	3384,10	10,1810	10,1810	10,1810	10,1810	10,1810
36	125,73	125,32	125,73	125,73	125,73	0,4368	0,4354	0,4368	0,4368	0,4368
37	116,32	116,3	116,32	116,32	116,32	0,3973	0,3973	0,3973	0,3973	0,3973
38	228,15	226,05	224,39	224,39	223,51	0,7541	0,7477	0,7426	0,7426	0,7400
39	318,83	312,93	309,61	311,70	307,52	1,0227	1,0059	0,9962	1,0023	0,9902
40	434,15	429,08	436,68	430,35	432,58	1,3416	1,3282	1,3483	1,3315	1,3370
41	435,20	440,25	435,84	429,09	432,58	1,3444	1,3579	1,3461	1,3282	1,3370
42	499,92	502,87	502,04	495,72	498,79	1,5134	1,5210	1,5188	1,5025	1,5100
43	137,44	137,44	137,44	137,44	137,44	0,4752	0,4752	0,4752	0,4752	0,4752
44	249,93	240,73	293,07	251,19	316,13	0,8275	0,7998	0,9551	0,8313	1,0218
45	419,17	433,94	314,12	398,12	360,27	1,3072	1,3466	1,0157	1,2504	1,1463
46	422,14	436,87	317,29	401,32	363,43	1,3096	1,3489	1,0193	1,2534	1,1496
47	456,76	457,18	457,19	457,19	455,92	1,4067	1,4078	1,4078	1,4078	1,4045
48	521,89	459,37	525,08	525,08	520,83	1,5735	1,4132	1,5816	1,5816	1,5709
49	563,12	569,51	566,53	561,01	564,50	1,6722	1,6879	1,6806	1,6669	1,6752
50	743,66	748,74	747,20	743,25	749,83	2,0965	2,1076	2,1042	2,0954	2,1101
50a	743,66	748,74	747,20	747,20	749,83	2,0965	2,1076	2,1042	2,1042	2,1101

50b	743,66	748,74	747,20	747,20	749,83	2,0965	2,1076	2,1042	2,1042	2,1101
51	790,43	793,38	792,99	792,99	793,10	2,1194	2,1261	2,1270	2,1270	2,1267
51a	790,43	793,38	792,99	792,99	793,10	2,1194	2,1261	2,1270	2,1270	2,1267
51b	790,43	793,38	792,99	792,99	793,10	2,1194	2,1261	2,1270	2,1270	2,1267
52	947,70	945,46	949,58	949,58	949,64	2,4519	2,4476	2,4576	2,4576	2,4574
53	1215,60	1208	1212,80	1210,40	1177,20	2,9666	2,9529	2,9632	2,9589	2,8980
54	1330,10	1326,6	1335,00	1335,00	1317,90	3,1705	3,1647	3,1808	3,1808	3,1510
55	1348,90	1343,8	1351,70	1351,70	1339,50	3,2034	3,1948	3,2102	3,2102	3,1890
56	1250,00	1215,2	1215,20	1246,60	1215,20	3,0883	3,0254	3,0253	3,0823	3,0253
57	962,86	952,93	957,52	957,52	957,52	2,5559	2,5356	2,5452	2,5452	2,5452
58	797,96	796,18	798,85	798,85	798,85	2,2134	2,2096	2,2153	2,2153	2,2153
59	110,68	110,86	111,94	110,68	110,68	0,3860	0,3868	0,3900	0,3860	0,3860
60	63,38	63,381	62,96	62,75	62,54	0,2252	0,2252	0,2237	0,2230	0,2223
61	75,68	75,698	75,68	74,43	74,22	0,2678	0,2678	0,2678	0,2635	0,2628
62	88,19	88,218	86,935	86,10	86,10	0,3107	0,3107	0,3064	0,3036	0,3036
63	599,9527	596,22	607,02	599,9527	586,04	2,396848	2,3914	2,40902	2,396848	2,37348
64	636,6886	628,07	628,07	636,6886	607,02	2,457252	2,44356	2,44356	2,457252	2,40902

EK-3. Santral düğüm noktalarının enerji ve ekserji hızları özellikleri

	Enerji Hızı kW (Ė)					Ekserji Hızı kW (Ėx)				
	8,8	8,9	9	9,04	9,1	8,8	8,9	9	9,04	9,1
Su kömür debi oranı										
Nokta										
1	674139,75	676603,30	683190,25	685028,02	686286,96	199091,86	199300,94	201685,18	202227,71	201339,32
2	1734001,99	1745886,25	1751632,47	1754620,73	1774498,03	800088,81	805213,04	807796,80	808896,08	818259,66
3	1733902,04	1747195,35	1751228,00	1757358,20	1778293,64	797962,37	804840,81	805342,29	808414,19	818155,63
4	96681,88	99760,32	102639,96	105940,39	120116,70	38832,87	40039,91	41150,37	42522,19	48204,33
4a	96684,95	99684,29	102679,16	105822,56	120112,89	38721,59	39909,09	41115,55	42374,25	48128,82
5	181544,13	185367,77	187939,22	189242,39	184242,56	70070,35	70861,25	71676,06	72312,43	70269,88
5a	182437,38	185307,22	187877,64	188976,07	175588,16	69653,30	70667,11	71592,46	72011,02	69057,16
6	8818,09	10890,62	11086,41	11086,41	11086,41	2556,40	3150,89	3213,99	3213,99	3213,99
7	1245179,59	1247428,43	1243557,85	1247224,72	1259426,32	476916,34	476874,04	474266,79	476925,42	480385,82
8	1243391,30	1246124,66	1245513,51	1245513,51	1255524,24	474110,16	475351,60	475372,13	475372,13	479092,22
9	1497288,12	1500646,18	1501257,32	1501257,32	1512979,21	624885,26	626521,98	627169,57	627169,57	631938,76
10	1496637,83	1500442,46	1500768,41	1500238,75	1512979,21	623520,03	624714,79	625417,31	625154,89	630505,93
11	48523,13	48564,62	48589,27	48589,27	48647,83	14910,77	14911,79	14931,85	14931,85	14961,92
12	95701,07	96676,13	96741,28	96741,28	100223,54	34876,30	35363,15	35403,81	35403,81	36677,24
12a	95695,45	96627,96	96690,29	96690,29	100103,29	34796,87	35271,06	35308,05	35308,05	36554,36
12b	86193,13	87723,85	87695,52	87695,52	88793,64	29434,36	30046,28	30103,26	30103,26	30224,84
13	76382,61	77045,10	76949,86	76949,86	83329,02	23644,77	23835,36	23733,57	23733,57	25616,77

13a	76368,08	77015,80	76964,51	76964,51	83302,62	23468,49	23658,99	23632,46	23632,46	25603,75
14	28013,99	28634,84	28657,55	28657,55	29525,28	6941,33	7095,15	7079,89	7079,89	8099,90
14a	27998,52	28621,03	28638,79	28638,79	29502,82	6895,00	7028,66	7060,55	7060,55	8090,53
15	47955,61	49131,89	49156,83	49156,83	49216,07	14736,37	15085,97	15106,26	15106,26	15136,69
16	7625,10	7625,10	7625,10	7625,10	7625,10	1604,82	1604,82	1604,82	1604,82	1604,82
17	878,61	878,61	878,61	878,61	878,61	184,92	184,92	184,92	184,92	184,92
18	914704,20	914704,20	914577,82	915051,76	914167,07	226443,88	226359,09	226317,49	226508,82	225774,86
19	459856,68	459781,08	459685,79	459685,79	459511,07	113894,02	113775,68	113741,94	113741,94	113481,99
20	300725,43	301072,06	301072,06	300954,31	301119,07	3301,12	3687,90	3687,90	3303,63	3866,42
21	27192,74	28179,40	28176,41	28176,41	28176,41	6056,05	6231,94	6263,37	6263,37	6263,37
21a	27190,81	27551,55	28040,10	28040,10	28070,94	6016,14	6004,29	6204,18	6204,18	6161,46
22	32462,14	32517,53	32522,75	32522,75	32522,75	4587,85	4765,07	4648,47	4648,47	4779,87
22a	16231,07	16258,77	16261,37	16261,37	16261,37	2293,93	2382,54	2324,23	2324,23	2389,94
22b	15047,82	15073,50	15075,92	15075,92	15075,92	2126,70	2208,85	2154,80	2154,80	2215,71
22c	32462,14	32517,53	32522,75	32467,35	32522,75	4587,85	4765,07	4648,47	4602,66	4779,87
23	1382,35	2145,53	2145,53	2145,53	2145,53	30,56	47,43	47,43	47,43	47,43
24	455540,00	455467,83	455373,43	455373,43	455200,35	112824,90	112708,34	112674,92	112674,92	112417,40
25	300140,25	300415,97	300609,95	300369,01	300536,45	3113,60	3297,66	3956,22	3115,97	3716,04
26	43546,55	44564,59	44571,07	44571,07	44618,02	8481,63	8543,69	8695,95	8695,95	8612,57
26a	43551,31	44562,98	44546,79	44546,79	44593,74	8416,75	8467,26	8681,80	8681,80	8587,80
27	38466,75	38506,11	38513,06	38513,06	38516,54	3512,57	3637,66	3658,04	3658,04	3668,01

27a	27379,84	28059,28	28064,34	28064,34	28066,88	2500,18	2650,75	2665,60	2665,60	2672,87
27b	11086,91	10446,83	10448,72	10448,72	10449,66	1012,40	986,91	992,44	992,44	995,14
27c	38466,75	38506,11	38513,06	38513,06	38516,54	3512,57	3637,66	3658,04	3658,04	3668,01
28	1382,35	1382,35	1382,35	1382,35	1382,35	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56
29	1322,64	1322,64	1322,96	1322,96	1322,96	28,51	28,51	28,62	28,62	28,62
30	36204,36	37108,88	37114,13	37114,13	37114,13	251,82	258,11	280,62	280,62	280,62
31	3627,21	3627,21	3627,21	3627,21	3627,21	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
32	36772,87	36820,65	36781,89	36781,89	36781,89	643,04	643,88	496,56	496,56	496,56
33	35735,67	35799,02	35708,69	35708,69	35708,69	73,14	70,05	49,94	49,94	49,94
33a	36653,45	36718,52	36750,78	36750,78	36724,97	780,66	778,89	814,04	814,04	858,45
34	36646,63	36711,69	36714,92	36714,92	36714,92	780,51	778,74	781,97	781,97	781,97
35	879,87	879,87	879,87	879,87	879,87	91,83	91,83	91,83	91,83	91,83
36	32,69	32,58	32,69	32,69	32,69	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
37	37451,55	37514,89	37521,34	37521,34	37521,34	784,84	778,89	786,30	786,30	786,30
38	73457,46	72916,95	72381,48	72381,48	72097,62	2539,60	2480,53	2438,43	2438,43	2397,89
39	102653,70	100941,83	99870,90	100545,07	99196,73	5947,65	5671,30	5530,37	5620,76	5437,09
40	139783,28	138408,34	140859,87	138818,00	139537,33	12464,31	12140,84	12659,27	12233,13	12423,50
41	155444,74	157864,85	156283,51	153863,09	155261,61	13904,24	14326,27	14006,48	13499,77	13823,49
42	178561,43	180319,12	180021,50	177755,28	179025,71	19023,57	19343,43	19281,01	18757,43	19074,51
43	2193,54	2193,54	2193,54	2193,54	2193,54	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20
44	3154,12	3038,01	3698,54	3170,02	3989,56	98,00	86,31	162,28	99,72	202,44

45	14758,98	15626,18	11311,46	14336,30	13095,81	1196,75	1332,80	570,75	1075,76	838,28
46	14863,55	15731,69	11425,61	14451,53	13210,68	1276,13	1413,61	646,25	1158,78	917,38
47	8824,60	9061,31	9061,51	9061,51	9191,35	809,76	832,54	832,74	832,74	841,26
48	5046,68	4533,98	5182,54	5182,54	5317,67	554,20	420,31	573,32	573,32	582,24
49	201135,20	204214,90	203146,33	201166,97	202610,34	24686,23	25395,82	25107,70	24593,01	24980,76
50	371658,96	377043,00	377769,38	376783,16	384602,80	61546,28	62905,83	62890,84	62387,67	64250,60
50a	185829,48	188521,50	186714,07	186714,07	187371,27	30773,14	31452,92	31084,06	31084,06	31301,69
50b	185829,48	188521,50	186714,07	186714,07	187371,27	30773,14	31452,92	31084,06	31084,06	31301,69
51	395033,20	399522,37	400919,88	401998,35	406796,85	81508,27	82607,62	82604,51	82826,71	83906,06
51a	197516,60	199761,18	198156,31	198156,31	198183,79	40754,14	41303,81	40827,62	40827,62	40877,46
51b	197516,60	199761,18	198156,31	198156,31	198183,79	40754,14	41303,81	40827,62	40827,62	40877,46
52	473632,03	476105,29	480088,66	481380,09	487089,35	110562,47	110920,73	111939,07	112240,19	113625,56
53	607520,41	608312,56	613167,42	613600,18	603809,42	167757,24	167262,56	168804,36	168691,71	162965,96
54	664744,08	668035,96	674949,30	676764,90	675977,27	194598,50	195186,44	197785,50	198317,54	196443,25
55	674139,75	676697,37	683392,49	685230,80	687056,34	199091,86	199328,65	201796,97	202339,80	201711,09
56	38350,00	38497,54	39694,51	41966,79	46378,11	10240,49	10065,93	10379,87	11182,60	12127,60
57	86888,49	87898,26	90246,26	91548,49	94100,28	18533,41	18586,50	19154,36	19430,75	19972,36
58	94454,53	95995,42	97923,03	99009,47	101937,25	16879,03	17114,72	17519,01	17713,38	18237,18
59	19396,67	19428,22	19617,49	19396,67	19396,67	27,13	18,96	38,94	27,13	27,13
60	1901430,00	1711287,00	1825898,00	1788432,00	1813747,00	24306,78	21876,10	23882,76	23689,00	24355,43
61	2270520,00	2043846,00	2194836,00	2121198,00	2152351,00	11913,86	11180,97	11516,73	12230,39	12609,33

62	2645700,00	2381886,00	2521115,00	2453793,00	2496842,00	3374,81	3873,83	3787,23	4084,66	4156,32
63	366637,7544	364539,33	370956,65	366637,7544	358135,54	56578,04	55472,82	58679,18	56578,04	52333,55
64	389087,4707	383819,85	383820,54	389087,4707	370956,65	68021,98	65249,66	65249,78	68021,98	58679,18
65	1409802,728	1405782,15	1396085,47	1392774,41	1400579,06	1526563,365	1522209,8	1511710,04	1508124,75	1516575,78

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KURT, Bircan

Uyruğu : T.C

Doğum tarihi ve yeri : 20.05.1991 Çanakkale/ Biga

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (537) 956 53 73

e-mail : bircan223kurt@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Yakın Doğu Üniversitesi / Denizcilik Fakültesi Gemi Makinaları İşletme Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Gelibolu Armatör Yakup Aksoy Anadolu Denizcilik Meslek Lisesi / Gemi Makineleri Bölümü	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-	Çanakkale	Makine Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tiyatro, sinema, yüzme, turistik gezi, bisiklet sürmek, yürüyüş yapmak