



**FOTOVOLTAİK PANELLİ YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ SİSTEMİ İLE
ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİNDEN OLUŞAN HİBRİD SİSTEMİN
PERFORMANS ANALİZİ**

Mustafa ÖZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2020

Mustafa ÖZ tarafından hazırlanan “FOTOVOLTAİK PANELLİ YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ SİSTEMİ İLE ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİNDEN OLUŞAN HİBRİD SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Atilla BIYIKOĞLU

Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özgür EROL

Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Başkent Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Mehmet Timur AYDEMİR

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Abuzer Kadir ÖZSUNAR

Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Kemal BİLEN

Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 06/01/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa ÖZ

06/01/2020

FOTOVOLTAİK PANELLİ YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ SİSTEMİ İLE ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİNDEN OLUŞAN HİBRİD SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa ÖZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2020

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Güneş Panel Sistemi (CPV) ile entegre Organik Rankine Çevrimi (ORC) kullanılarak oluşturulan Hibrid Sistemin (CPV/T-ORC) farklı iş akışkanları ve çalışma şartları için performans haritalarının oluşturulması ve optimum çalışma bölgelerinin tespit edilmesidir. Bu sistemin orjinallliği, fotovoltaik güneş panellerinin her iki yüzeyinden aldığı güneş ışınları ile enerji üretirken, buharlaştırıcıdan geçen soğutucu iş akışkanının PV panellerinden çektiği ısı enerjisini kullanarak ORC türbininde ilave güç üretmesidir. Bu çalışmada, 8 farklı iş akışkanı: R245fa, n-Bütan (R600), R123, n-Pentan, İso-Pentan, R21, R11, R245ca kullanılarak ve türbin giriş sıcaklığının 80 oC ile 190 oC arasındaki değerleri ile türbin giriş basıncının 8 ila 20 bar arasında değişen değerleri için hibrid sistemin termodinamik analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar performans haritaları şeklinde sunulmuştur. Performans haritalarının analizi, 8 ile 10 bar çalışma basınç aralığında R11 iş akışkanının, 10 ile 20 bar çalışma basınç aralığında ise R21 iş akışkanının maksimum güç sağladığını göstermiştir. Bunun yanı sıra, R21 iş akışkanı kullanılarak 8-20 bar basınç aralığında hibrid sistemin birinci yasa veriminin en yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. İkinci yasa verime göre ise 8 bar çalışma basıncında R21, 10 ila 20 bar çalışma basınç bölgesinde ise n-Bütan (R600) iş akışkanı ile hibrid sistemin performansının en yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 91408

Anahtar Kelimeler : Organik Rankine Çevrimi (ORC), PV Güneş Panelleri, Soğutma, Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi

Sayfa Adedi : 290

Danışman : Prof. Dr. Atilla BIYIKOĞLU

İkinci Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Özgür EROL

PERFORMANCE ANALYSIS OF AN ORGANIC RANKINE CYCLE SYSTEM USING
CONCENTRATED SOLAR SYSTEM COUPLED WITH PHOTOVOLTAIC PANELS

(M. Sc. Thesis)

Mustafa ÖZ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2019

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the optimum working regions and to determine the performance maps for different working fluids and working conditions of the Hybrid System (CPV/T-ORC), which is Concentrated Photovoltaic Solar Panel System (CPV) and the integrated Organic Rankine Cycle (ORC). The originality of this system is that while both sides of the photovoltaic solar panels generate energy by solar radiation, cooling fluid passing through the evaporator generates additional power in the ORC turbine using the heat energy it takes from the PV panels. In this study, thermodynamic analysis of the hybrid system was performed using 8 different working fluids: R245fa, n-Butane (R600), R123, n-Pentane, Iso-Pentane, R21, R11, R245ca for the values of turbine inlet temperature between 80oC and 190oC, turbine inlet pressure between 8 and 20 bar and the results were presented as performance maps. Analysis of performance maps showed that the R11 working fluid provided maksimum power in the working pressure ranging from 8 to 10 bar and R12 working fluid presented maksimum power in the working pressure ranging from 10 to 20 bar. In addition, it was determined that the first law of thermodynamic of the hybrid system reaches the highest values in pressure ranging from 8 and 20 bar using R21 working fluid. According to the second law of thermodynamics, the performance of the hybrid system with R21 working fluid at 8 bar working pressure and n-Butane (R600) working fluid ranging from 8 to 20 bar working pressure zone was determined to reach the highest values.

Science Code : 91408

Key Words : Organic Rankine Cycle (ORC), Solar PV Panels, Cooling, Renewable Energy, Solar Energy

Page Number : 290

Supervisor : Prof. Dr. Atilla BIYIKOGLU

Co-Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ozgur EROL

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Atilla BIYIKOĞLU'na ve tez ikinci danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özgür EROL'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmadaki termodinamik hesaplamalarda ve sistem tasarımında EBSILON Professional 14 programını kullanmamı sağlayan EBSILON Steag Software firmasından Herr Guenzel Detlef'e teşekkür etmeyi borç bilirim.

Ayrıca tez dönemim süresince bana destek olan değerli yöneticim Sayın Berk ÜNAL'a ve bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve her türlü desteği veren Arş. Gör. Sayın Murat ERBAŞ'a şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xx
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xxiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xxviii
 1. GİRİŞ.....	 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	5
3.1. CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Tanıtılması	5
4. CPV/T-ORC HİBRİT SİSTEMİN TASARIMI	9
4.1. PV Güneş Panelleri Yüzeyindeki Isı Yükünün Hesaplanması	10
4.1.1. PV1 güneş panelleri yüzeyindeki güneş ışıınının hesaplanması	10
4.1.2. PV2 güneş panelleri yüzeyindeki güneş ışıınının hesaplanması	12
4.2. PV Güneş Paneli Hücre İçi Elektrik Üretimi	14
4.3. PV Güneş Panelleri için Hücre İçi Elektrik Üretimi ve Isı Kayıplarına Göre Soğutma Isı Yükünün Belirlenmesi	15
4.4. Organik Rankine Çevriminin Parametrelerinin Belirlenmesi	16
4.4.1. Organik rankine çevrimi bileşenleri ve çalışma prensibi.....	16
4.4.2. ORC'nin termodinamik hesaplamaları	17
4.4.3. CPV/T-ORC'de kullanılan organik rankine çevriminin çalışma parametrelerinin belirlenmesi.....	33
4.5. CPV/T-ORC Hibrid Sistemde Kullanılan Organik Rankine Çevrim Modelinin Doğruluğunun Test Edilmesi.....	35

Sayfa

4.6. CPV/T-ORC Hibrid Sistemde Kullanılan Yansıtıcı Yüzey (Reflector) Parametrelerinin Belirlenmesi ve Tasarlanması	38
4.7. Buharlaştırıcıdan Çıkan İş Akışkanının Çıkış Sıcaklığının Analitik Olarak Belirlenmesi	44
5. YOĞUNLAŞTIRILMIŞ FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLİ/ORGANİK RANKINE ÇEVİRİMİ (CPV/T-ORC) HİBRİT SİSTEMİN TERMODİNAMİK HESAPLAMALARI.....	57
5.1. CPV/T-ORC Hibrid Sisteminden Elde Edilen Güç ve Verim Analizi	57
5.1.1. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	59
5.1.2. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	60
5.1.3. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	61
5.1.4. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	62
5.1.5. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	63
5.1.6. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	64
5.1.7. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	65
5.1.8. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi	66
5.2. CPV/T-ORC Hibrid Sistemde Kullanılan Bileşenlerin Ekserji Analizi ve İkinci Yasa Verimlerinin İncelenmesi	67
5.2.1. R245fa İş akışkanı ile oluşturulan orc sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	68
5.2.2. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan orc sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	69
5.2.3. R123 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	70
5.2.4. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	71

Sayfa

5.2.5. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi.....	72
5.2.6. R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	73
5.2.7. R11 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	74
5.2.8. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	75
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	77
6.1. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 8 bar Olan ORC Sisteminin Değerlendirilmesi.....	77
6.2. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 10 bar Olan ORC Sisteminin Değerlendirilmesi.....	80
6.3. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 13 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi.....	83
6.4. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 15 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi.....	85
6.5. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 18 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi.....	88
6.6. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 20 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi.....	90
6.7. R245fa İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi.....	92
6.8. n-Bütan (R600) İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi	94
6.9. R123 İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi.....	97
6.10. n-Pentan İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi.....	98
6.11. İso-Pentan İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi.....	100
6.12. R21 İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi.....	102

Sayfa

6.13. R11 İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi.....	104
6.14. R245ca İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi.....	106
7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER.....	109
7.1. Maksimum Güce Göre Performans Haritasının Oluşturulması	109
7.2. Maksimum Birinci Yasa Verime Göre Performans Haritasının Oluşturulması.....	111
7.3. Maksimum İkinci Yasa Verime Göre Performans Haritalarının Oluşturulması.....	113
7.4. R245fa İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması.....	115
7.5. n-Bütan (R600) İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması	118
7.6. R123 İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması.....	121
7.7. n-Pentan İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması.....	123
7.8. İso-Pentan İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması	126
7.9. R21 İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması.....	129
7.10. R11 İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması.....	132
7.11. R245ca İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması.....	135
KAYNAKLAR	141
EKLER.....	145
EK-1. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	146
EK-2. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	147

Sayfa

EK-3. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	148
EK-4. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	149
EK-5. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	150
EK-6. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	151
EK-7. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	152
EK-8. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	153
EK-9. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	154
EK-10. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	155
EK-11. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	156
EK-12. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	157
EK-13. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri	158
EK-14. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	159
EK-15. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	160
EK-16. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri	161
EK-17. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	162
EK-18. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	163
EK-19. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	164

Sayfa

EK-20. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	165
EK-21. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	166
EK-22. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	167
EK-23. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	168
EK-24. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	169
EK-25. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	170
EK-26. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	171
EK-27. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	172
EK-28. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	173
EK-29. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	174
EK-30. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	175
EK-31. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	176
EK-32. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	177
EK-33. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	178
EK-34. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	179
EK-35. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	180
EK-36. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	181

EK-37. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	182
EK-38. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	183
EK-39. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri	184
EK-40. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri	185
EK-41. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	186
EK-42. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	187
EK-43. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	188
EK-44. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	189
EK-45. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	190
EK-46. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	191
EK-47. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	192
EK-48. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri.....	193
EK-49. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	194
EK-50. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	195
EK-51. R123 iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	196
EK-52. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	197
EK-53. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	198

Sayfa

EK-54. R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	199
EK-55. R11 iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	200
EK-56. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	201
EK-57. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	202
EK-58. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan sisteme ait sonuçlar	203
EK-59. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	204
EK-60. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	205
EK-61. İso-pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	206
EK-62. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	207
EK-64. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	208
EK-65. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	209
EK-66. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	210
EK-67. n-Bütan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	211
EK-68. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	212
EK-69. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	213
EK-70. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	214
EK-71. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	215

Sayfa

EK-72. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	216
EK-73. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	217
EK-74. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	218
EK-75. n-Bütan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	219
EK-76. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	220
EK-77. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	221
EK-78. İso-pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	222
EK-79. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	223
EK-80. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	224
EK-81. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	225
EK-82. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	226
EK-83. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	227
EK-84. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	228
EK-85. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	229
EK-85. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.....	230
EK-86. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	231
EK-87. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	232

Sayfa

EK-88.	R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	233
EK-89.	R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	234
EK-90.	n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	235
EK-91.	R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	236
EK-92.	n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	237
EK-93.	İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	238
EK-94.	R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	239
EK-95.	R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	240
EK-96.	R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	241
EK-97.	R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi	242
EK-98.	R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	243
EK-99.	R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	244
EK-100.	R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	245
EK-101.	R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	246
EK-102.	R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	247
EK-103.	n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi	248
EK-104.	n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	249

Sayfa

EK-105. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	250
EK-106. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	251
EK-107. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	252
EK-108. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	253
EK-109. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi	254
EK-110. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	255
EK-111. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	256
EK-112. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	257
EK-113. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	258
EK-114. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	259
EK-115. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi	260
EK-116. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	261
EK-117. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	262
EK-118. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	263
EK-119. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	264
EK-120. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	265
EK-121. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi	266

Sayfa

EK-122. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10bar olan çevrimin ekserji analizi	267
EK-123. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	268
EK-124. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	269
EK-125. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	270
EK-126. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	271
EK-127. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi	272
EK-128. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	273
EK-129. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	274
EK-130. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	275
EK-131. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	276
EK-132. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	277
EK-133. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8bar olan çevrimin ekserji analizi	278
EK-134. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	279
EK-135. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	280
EK-136. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	281
EK-137. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	282
EK-138. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	283

Sayfa

EK-139. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi	284
EK-140. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	285
EK-141. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	286
EK-142. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi	287
EK-143. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi	288
EK-144. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	289
ÖZGEÇMİŞ	290

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. PV1 güneş paneli üzerine etkiyen ışıınım miktarı ($Q_{ışınım1}$).....	11
Çizelge 4.2. PV2 güneş paneli üzerine etkiyen yoğunlaştırılmış ışıınım değeri ($Q_{yoğun}$)	12
Çizelge 4.3. PV2 güneş paneli üzerine etkiyen yoğunlaştırılmış ışıınım değeri ($Q_{yoğun}$)	13
Çizelge 4.4. PV2 güneş paneli üzerinden ışıınım ile ısı kaybı ($Q_{ışınım3}$)	13
Çizelge 4.5. PV1 ve PV2 panellerinden elde edilen elektrik enerjisi (P_{PV1} ve P_{PV2})...	15
Çizelge 4.6. PV güneş panellerine ait toplam soğutma ısı yükü ($\dot{Q}_{thermal}$).....	16
Çizelge 4.7. ORC İş akışkanlarının temel termodinamik özellikleri	34
Çizelge 4.8. ORC de kullanılan bileşenlerin izentropik verimleri	35
Çizelge 4.9. Ebsilon ile modellenen ORC sistemine ait noktaların termodinamik özellikleri	36
Çizelge 4.10. Quolin'nin gerçekleştirdiği deneysel çalışmaya ve Ebslion ile oluşturulan modele ait parametrik değerler ve sonuçlar	37
Çizelge 4.11. Quolin deney sonuçları ile Ebsilon programında modellenen ORC sistemine ait sonuçlar	37
Çizelge 4.12. Odak noktasının (f), ışıınım geliş açlarına (ϕ_{rim}) göre değeri.....	42
Çizelge 4.13. Yansıtıcı yüzey parametrelerinin sayısal değerleri	42
Çizelge 4.14. Sistemde kullanılan bileşenlere ait ısı özellikler ve kalınlıklar	46
Çizelge 4.15. Buharlaştırıcıdaki R245fa iş akışkanına ait termodinamik özellikler.....	47
Çizelge 4.16. Isınma bölgesindeki R245fa iş akışkanının termodinamik özellikleri.....	50
Çizelge 4.17. Buharlaşma bölgesindeki R245fa iş akışkanının termodinamik özellikleri	53
Çizelge 4.18. Buharlaşma bölgesindeki R245fa iş akışkanının Reynolds ve Nusselt sayısına karşılık gelen tek faz ısı taşınım katsayı değeri	53
Çizelge 4.19. Kızgın buhar bölgesindeki R245fa iş akışkanının termodinamik özellikleri	54

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.20. Kızgın buhar bölgesindeki R245fa iş akışkanının Reynolds ve Nusselt sayısına karşılık gelen tek faz ısı taşınım katsayı değeri	54
Çizelge 5.1. Ebsilon Professional 14. programı ile oluşturulan R245fa iş akışkanlı ORC' ye ait termodinamik sonuçlar	58
Çizelge 5.2. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	59
Çizelge 5.3. n-Bütan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	61
Çizelge 5.4. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	62
Çizelge 5.5. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	63
Çizelge 5.6. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	64
Çizelge 5.7. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.	65
Çizelge 5.8. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar	66
Çizelge 5.9. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.	67
Çizelge 5.10. R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi	68
Çizelge 5.11. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	69
Çizelge 5.12. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	70
Çizelge 5.13. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi	71
Çizelge 5.14. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	72
Çizelge 5.15. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi	73
Çizelge 5.16. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	74

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.17. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi	75
Çizelge 7.1. $T_1=170$ °C’de ve $P_1=20$ bar çalışma basıncında hibrid sistemde maksimum güç veren R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sistemindeki bileşenlerin ekserji analizi.	111
Çizelge 7.2. $T_1=80$ °C’de ve $P_1=8$ bar çalışma basıncında hibrid sistemde maksimum verimli R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sistemindeki bileşenlerin ekserji analizi.....	113
Çizelge 7.3. Kosmadakis ve ark. araştırma sonuçları ile bu tezde elde edilen sonuçların karşılaştırılması	138

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. CPV/T-ORC hibrid sistemin basit gösterimi	5
Şekil 3.2. CPV/T-ORC hibrid sisteminin geliştirilmiş gösterimi	6
Şekil 3.3. PV güneş panelleri ve buharlaştırıcının konumuna ait şematik görünüm	7
Şekil 4.1. PV güneş panellerinin ve üzerindeki ısı yüklerinin gösterimi	10
Şekil 4.2. CPV/T-ORC hibrid sistemine ait ORC'ye ait detaylı görünüm.....	17
Şekil 4.3. Isı eşanjörünün şematik görüntüsü	18
Şekil 4.4. ORC türbin şematik görüntüsü.	20
Şekil 4.5. Yoğuşturucunun şematik görüntüsü	23
Şekil 4.6. ORC pompasının şematik görüntüsü	26
Şekil 4.7. Soğutma suyu pompasının şematik görüntüsü	29
Şekil 4.8. EBSILON Professional 14. programı kullanılarak oluşturulan deneysel çalışmaya ait model	36
Şekil 4.9. Yansıtıcı yüzeyin çapı (D_{con}), güneş ışınlamalarının geliş açısına (rim angle, ϕ_{rim}) göre odak noktasının (focal point, f) gösterimi	39
Şekil 4.10. Yansıtıcı yüzey ve odak noktasına konumlandırılan PV güneş paneline ait görünüm.....	39
Şekil 4.11. Farklı yoğunlaştırma oranlarına göre hibrid sistemden alınan güç ve birinci yasa verimi	40
Şekil 4.12. Yansıtıcı yüzeyin optimum parametrik değerlere göre iki boyutlu gösterimi	43
Şekil 4.13. Optimum değerlere göre tasarlanan yansıtıcı yüzey (reflector) ve PV güneş panellerinin üç boyutlu gösterimi	44
Şekil 4.14. İş akışkanına aktarılan ısı mekanizmasına ait kesit görünümü.....	45
Şekil 4.15. R245fa akışkanına ait P-h diyagramı.....	48
Şekil 4.16. R245fa'nın buharlaşma mekanizmasına ait görsel	48
Şekil 5.1. Ebsilon Professional 14. Programı ile modellenen R245fa iş akışkanına ait ORC sistemine ait görünüm.....	58

Şekil	Sayfa
Şekil 6.1. $P_1=8$ basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği	78
Şekil 6.2. $P_1=8$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği	79
Şekil 6.3. $P_1=8$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği	80
Şekil 6.4. $P_1=10$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği	81
Şekil 6.5. $P_1=10$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği	82
Şekil 6.6. $P_1=10$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği	83
Şekil 6.7. $P_1=13$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği	83
Şekil 6.8. $P_1=13$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği	84
Şekil 6.9. $P_1=13$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği	85
Şekil 6.10. $P_1=15$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği	86
Şekil 6.11. $P_1=15$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği	87
Şekil 6.12. $P_1=15$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği	87
Şekil 6.13. $P_1=18$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği	88
Şekil 6.14. $P_1=18$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği	89
Şekil 6.15. $P_1=18$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği	90
Şekil 6.16. $P_1=20$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği	91
Şekil 6.17. $P_1=20$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği	91

Şekil	Sayfa
Şekil 6.18. $P_1=20$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği	92
Şekil 6.19. R245fa için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	93
Şekil 6.20. R245fa için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	94
Şekil 6.21. n-Bütan (R600) için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	95
Şekil 6.22. n-Bütan (R600) için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	96
Şekil 6.23. R123 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	97
Şekil 6.24. R123 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	98
Şekil 6.25. n-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	99
Şekil 6.26. n-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	99
Şekil 6.27. İso-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	100
Şekil 6.28. İso-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	101
Şekil 6.29. R21 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	102
Şekil 6.30. R21 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	103
Şekil 6.31. R11 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	104
Şekil 6.32. R11 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	105

Şekil	Sayfa
Şekil 6.33. R245ca için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi	106
Şekil 6.34. R245ca için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$).....	107
Şekil 7.1. Sekiz farklı iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemlerin türbin giriş basıncına göre elde edilen maksimum güç üretimi için performans haritası.....	109
Şekil 7.2. Sekiz farklı iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemlerin türbin giriş basıncına göre elde edilen birinci yasa verim haritası	112
Şekil 7.3. Sekiz farklı iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemlerin türbin giriş basıncına göre elde edilen ikinci yasa verim haritası	114
Şekil 7.4. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası	116
Şekil 7.5. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	117
Şekil 7.6. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	118
Şekil 7.7. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası.....	119
Şekil 7.8. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası.....	120
Şekil 7.9. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	120
Şekil 7.10. R123 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası	121
Şekil 7.11. R123 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	122
Şekil 7.12. R123 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	123
Şekil 7.13. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası	124
Şekil 7.14. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	125

Şekil	Sayfa
Şekil 7.15. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası.....	126
Şekil 7.16. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası.....	127
Şekil 7.17. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	128
Şekil 7.18. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası.....	129
Şekil 7.19. R21 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası	130
Şekil 7.20. R21iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	131
Şekil 7.21. R21 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	132
Şekil 7.22. R11 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası	133
Şekil 7.23. R11 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	134
Şekil 7.24. R11 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	134
Şekil 7.25. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası	136
Şekil 7.26. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası	137
Şekil 7.27. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verimi için oluşturulan performans haritası.....	138

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
$\dot{Q}_{Işınım1}$	PV1 güneş paneli üzerine gelen ışınm (kW)
$\dot{Q}_{direkt}$	Birim yüzey alanına güneşten gelen dik ışınlm (kW/m ²)
$\dot{Q}_{Modül}$	PV güneş paneli üzerine düşen net ışınlm (kW)
$\dot{Q}_{Işınım2}$	PV1 güneş paneli üzerinden ışınlm ile ısı kaybı (kW)
$\dot{Q}_{Işınım3}$	PV2 güneş paneli üzerinden ışınlm ile ısı kaybı (kW)
$\dot{Q}_{yoğun}$	PV2 güneş paneli üzerine gelen yoğunlaştırılmış ışınlm (kW)
$\dot{Q}_{termal1}$	PV1 güneş panelinden elde edilen soğutma ısı yükü (kW)
$\dot{Q}_{termal2}$	PV2 güneş panelinden elde edilen soğutma ısı yükü (kW)
$\dot{Q}_{termal}$	PV güneş panellerinden elde edilen toplam ısı yükü (kW)
$\dot{Q}_{PV}$	PV güneş panelleri üzerine etkiyen net ışınlm (kW)
$\dot{W}_{ORC,T}$	ORC türbininden alınan güç (kW)
$\dot{W}_{ORC,P}$	ORC pompasına verilen güç (kW)
$\dot{W}_{cw,P}$	Soğutma suyu pompasına verilen güç (kW)
$P_{ORC,T}$	ORC türbininden alınan net güç (kW)
$P_{ORC,P}$	ORC pompasına verilen net güç (kW)
$P_{cw,P}$	Soğutma suyu pompasına verilen net güç (kW)
$P_{ORC, net}$	ORC sisteminden alınan net güç (kW)
P_{PV}	PV güneş panellerinden alınan net güç (kW)

Simgeler	Açıklamalar
F	Görüş faktörü (-)
A_{PV}	PV güneş panel yüzey alanı (m^2)
T_{PV}	PV güneş panel sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$T_{gökyüzü}$	Gökyüzü sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{ortam}	Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$T_{hücre}$	PV güneş paneli hücre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
C	Yansıtıcı yüzeyin yoğunlaştırma oranı (-)
T_c	Kıritik sıcaklık ($^{\circ}C$)
P_c	Kıritik basınç (bar)
T_0	Ölü hal sıcaklığı (K)
s_0	Ölü hal özgül entropi değeri (kJ/kg.K)
h_0	Ölü hal özgül entalpi değeri (kJ/kg)
P_0	Ölü hal basıncı (bar)
h_{fg}	Buharlaştırma ısısı (kJ/kg)
V	İş akışkanının hızı (m/s)
g	Yer çekimi ivmesi (m/s^2)
z	Yükseklik (m)
T_L	Düşük sıcaklık (K)
T_H	Yüksek sıcaklık (K)
$\dot{m}_{fluid}$	İş akışkanının kütleli debi miktarı (kg/s)
$\dot{m}_{cw}$	Soğutucu su kütleli debi (kg/s)
$\eta_{I,ORC}$	ORC birinci yasa verimi (-)
$\eta_{II,ORC}$	ORC ikinci yasa verimi (-)
η_{th}	Karnot çevrimi verimi (-)
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$	CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci yasa verimi (-)
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$	CPV/T-ORC hibrid sistemin ikinci yasa verimi (-)

Simgeler	Açıklamalar
$\eta_{ORC,G}$	ORC jenaratör verimi (-)
$\eta_{ORC,P}$	ORC pompası jenaratör verimi (-)
$\eta_{cw,P}$	Soğutma suyu pompası jenaratör verimi (-)
η_{inv}	Dönüştürücü verimi (-)
η_{opt}	Yansıtıcı yüzeyin optik verimi (-)
η_{pv}	PV güneş panel verimi (-)
η_{Tref}	Referans sıcaklıkta PV güneş panel verimi (-)
$\eta_{ORC,P}$	ORC pampa verimi (-)
$\eta_{cw,P}$	Soğutma suyu pomapasının verimi (-)
$\eta_{II,evap}$	Buharlaştırıcı ikini yasa verimi (-)
$\eta_{II,ORC,T}$	ORC türbin ikinci yasa verimi (-)
$\eta_{II,cond}$	Yoğuşturucu ikinci yasa verimi (-)
$\eta_{II,ORC,P}$	ORC pompa ikinci yasa verimi (-)
$\eta_{II,cw,P}$	Soğutma suyu pompası ikinci yasa verimi (-)
$\dot{I}_{evap}$	Buharlaştırıcıdaki kayıp kullanılabilir enerji (kW)
$\dot{I}_{ORC,T}$	ORC türbinindeki kayıp kullanılabilir enerji (kW)
$\dot{I}_{cond}$	Yoğuşturucudaki kayıp kullanılabilir enerji (kW)
$\dot{I}_{ORC,P}$	ORC pompasındaki kayıp kullanılabilir enerji (kW)
$\dot{I}_{cw,P}$	Soğutma suyu pompası kayıp kullanılabilir enerji (kW)
h	Özgül Entalpi (kJ/kg)
s	Özgül Entropi (kJ/kgK)
ψ	Akış kullanılabilirliği (kW)
χ_{ky}	Kayıp kullanılabilir enerji (kJ)
$\dot{W}_{tr}$	Tersinir iş (kW)

Simgeler	Açıklamalar
$\dot{I}$	Kayıp kullanılabilir enerji (kW)
n	ORC sisteminde akış sıra numarası (-)
x	Kuruluk derecesi (-)
α	PV güneş paneli soğurma katsayısı (-)
σ	Stefan–Boltzmann sabiti: ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$)
ϵ_{PVcam}	PV güneş paneli cam yüzeyinin ışıyım yayma katsayısı (-)
β_{ref}	Sıcaklık sabiti ($1/^\circ\text{C}$)
A_{con}	Yansıtıcı yüzeyin alanı (m^2)
D_{con}	Yansıtıcı yüzeyin çapı (m)
f	Yansıtıcı yüzeyin odak noktası (m)
ϕ_{rim}	Güneş ışıyımının odak noktasına geliş açısıdır ($^\circ$)
D_{rec}	Alıcının uzunluğu (m)
h_{yan}	Yansıtıcının tepe noktası yükseliği (m)
R_{PV}	PV güneş panel ısıl direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
R_{Al}	Alüminyum ısıl direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
R_{cont}	Temas bölgesi ısıl direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
R_{toplam}	Toplam ısıl direnç ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
T_s	Buharlaştırıcı iç yüzey sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)
t_{pv}	PV güneş panel kalınlığı (m)
t_{Al}	Alüminyum kalınlığı (m)
k	Isıl iletkenlik (W/m/K)
ΔT	Sıcaklık farkı ($^\circ\text{C}$)
L	Uzunluk (m)
h	Isı taşınım katsayısı ($\text{W/m}^2/\text{K}$)
Nu	Nusselt sayısı (-)
Re_D	Reynolds sayısı (-)
Pr	Prandtl sayısı (-)
D_h	Hidrolik çap (m)
$p_{\text{çevre}}$	Buharlaştırıcının akışkan girişinin dik kesit çevre uzunluğu (m)
A_{cs}	Akışkanın buharlaştırıcıya dik giriş alanı (m^2)
μ	İş akışkanının viskozitesi (kg/m.s)

Simgeler**Açıklamalar**

ρ	İş akışkanının yoğunlu (kg/m^3)
ΔT_{lm}	Logaritmik ortalama sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
$\bar{X}$	Ortalama bıhar kütle oranı (-)
q_s''	Isı akısı (W/m^2)
Fr	Froude sayısı (-)
T_g	Giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{\dot{c}}$	Çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
dT	Sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{PV,new}$	PV güneş paneli sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Kısaltmalar**Açıklamalar**

CPV/T-ORC	Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik Güneş Paneli/Termal-Organik Rankine Çevirimi
DC	Doğru akım (amper)
AC	Alternatif akım (amper)

1. GİRİŞ

Geçtiğimiz yüzyılda dünya ekonomisi oldukça hızlı bir şekilde artmıştır. Endüstriyel gelişimle birlikte büyük fabrikalar, makineler yapılmış ve bu nedenle de enerji ihtiyacı daha da artmıştır. Maalesef enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtlara daha fazla ihtiyaç duyulmuş ve bunun sonucunda da atmosfer hızla kirlenmiş ve küresel problemler çoğalmıştır.

Bu sebeplerden dolayı çevre kirliliğine yol açmayan yeni teknolojilerle elektrik enerjisi üretilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Güneş sistemlerinde enerji üretimi son yıllardaki en popüler konulardan biri olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş sistemlerinin oldukça temiz bir enerji elde etme yolu olduğu açıkça görülmüştür. Güneş sistemlerinde en önemli konu elektrik üretim miktarı ve sistemin verimliliğidir. Elektrik üretim miktarı ve sistemin genel verimliliği, sistemin çalışma sıcaklığı, sistemin bulunduğu konum ve sistemde kullanılan fotovoltaik güneş panellerin tipi gibi bazı faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca, güneş sistemlerinde enerji üretimi güneş ışıınımı ile doğrusal bir bağıntıya sahiptir. Bu nedenle, fotovoltaik (PV) güneş panellerinin enerji üretimi (kWh/m^2) güneş ışıınımlarıyla önemli ölçüde artmaktadır [1]. Yoğun ışıınımla birlikte fotovoltaik panel hücrelerin çalışma sıcaklığı da artmaktadır. Fesharaki ve ark. [2] çalışmalarında sıcaklık artışının, PV güneş panellerinin verimleri üzerindeki etkisini göstermişlerdir. PV güneş panel hücrelerinin sıcaklık artışı ile güneş sistemlerinin enerji üretimi arasında ters orantı vardır. Sonuç olarak, sıcaklık artışı ile birlikte güneş sistemlerinin enerji üretkenliği azalmaktadır. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için güneş panellerinin sıcaklığını azaltmaya yönelik yenilikçi yollar geliştirmek gerekmektedir. Güneş panellerine soğutma sistemi ekleme veya ilave güç üretimi sistemi gibi güneş sistemlerinin soğutulması ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada, yoğunlaştırılmış güneş panellerinde (CPV) oluşan sıcaklığı düşürmek ve bu atık ısıyı ilave elektrik enerjisine çevirmek için Organik Rankine Çevrimi kullanılmıştır. Organik Rankine Çevrimi ile güneş paneli hücrelerinde oluşan ve güneş paneli verimini olumsuz etkileyen ısı, buharlaştırıcı yardımı ile iş akışkanı tarafından çekilmiştir. Daha sonra bu iş akışkanı Organik Rankine Çevriminde kullanılan türbine girerek ilave güç üretilmiştir. Bu hibrid (CPV/T-ORC) sistemin performansı soğutucu iş akışkanın tipine, iş akışkanın çalışma sıcaklık aralığı ve basınç gibi parametrelere bağlıdır. Bu çalışmada soğutucu iş

akışkanı olarak R245fa, n-bütan, R123,n-Pentan, İso-Pentan, R21, R11 ve R245ca seçilmiştir. İş akışkanların çalışma sıcaklık aralığı olarak 80 °C -190 °C arasında olduğu kabul edilmiş ve çalışma basıncı olarak 8, 10, 13, 15, 18 ve 20 bar olarak belirlenmiştir. Bu parametrelere göre CPV/T-ORC hibrid sistemi oluşturulmuş ve termodinamik analizleri yapılmıştır. Hibrid sistemlerden elde edilen ilave güç (kW) hesaplanmış ayrıca sistemlerin birinci ve ikinci yasa verimleri incelenmiştir. ORC sisteminde kullanılan bileşenlerin ekserji analizi yapılarak elde edilen veriler tablolar halinde sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Günümüzde PV güneş panellerinden PV elektrik enerjisi üretimi oldukça yaygın hale gelmiştir. Bununla birlikte PV güneş panellerinde oluşan yüksek sıcaklık ve bu sıcaklığın sistem verimi üzerinde olumsuz etkileri üzerine son dönemlerde çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalarda çeşitli yöntemler geliştirilerek yoğun miktarda güneş ışıınım akısına maruz kalan PV güneş panellerindeki sıcaklığı indirgemektedir. Ayrıca geliştirilen yeni hibrid sistemlerin ekonomik fizibilite çalışmaları da yapılmaktadır.

George ve ark. [3] çalışmalarında hibrid sistemler üzerinde ekonomik yönden incelemelerde bulunmuşlardır. Literatürde hibrid sistemlerin verimleri üzerine yapılan çeşitli deneysel [4-6] ve sayısal [7-10] çalışmalar da mevcuttur.

Hibrid sistemler üzerinde, Tourkov ve ark. [11] araştırmalarında PV güneş panellerinin soğutulmasında ORC sistemi kullanmışlardır. ORC sistemini 27 farklı iş akışkanına göre hacimsel debi ve hacimsel oranlarına göre analiz etmiş ve optimizasyon çalışmaları yapmışlardır.

Kosmadakis ve ark. [12] araştırmalarında yoğunlaştırılmış fotovoltaiik panelinin (CPV) soğutulmasına yönelik incelemeler yapmışlardır. Bu çalışmalarında CPV sistemini soğutmak için Organik Rankine Çevrimi(ORC) kullanmışlardır. ORC’de iş akışkanı olarak R245fa seçilmiş ve iş akışkanının çalışma sıcaklık aralığı 80 °C -150 °C, çalışma basıncı da 10 bar olarak belirlenmiştir. Farklı yoğunlaştırıcı oranlarına göre CPV/T-ORC hibrid sistemi oluşturularak sistemin soğutulması amaçlanmış ve sistemden ilave güç elde edilerek termodinamik analizler yapılmıştır.

Rahbar ve ark. [13] çalışmalarında parabolik kolektörle yoğunlaştırılmış PV güneş panellerinin soğutulmasında R1233zd iş akışkanlı ORC sistemi kullanmışlar ve sistemin elektrik, ısı ve genel verimlilik durumlarını incelemişlerdir.

Kant ve ark. [14] çalışmalarında PV’lerde oluşan yüksek sıcaklığı düşürmek için faz değiştiren malzemelerin PV’lerin performansına etkilerini incelemiştir.

PV güneş panellerini soğutma işleminde kullanılan ORC güç sisteminde kullanılan iş akışkanı büyük önem taşımaktadır. PV güneş panellerinde oluşan yüksek sıcaklık ORC’de kullanılan soğutucu iş akışkanı ile soğurulduğu için iş akışkanın tipi, sistem performansı üzerinde doğrudan etkilidir. Bu nedenle geçtiğimiz yıllarda ORC performansı ve ORC’lerde kullanılan farklı iş akışkanları üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Darvish ve ark. [15] çalışmasında 9 farklı tip iş akışkanı optimum basınç oranlarına göre incelemiş ve bu akışkanların ORC sistem performansı üzerine etkilerini araştırmıştır.

Kosmadakis ve ark.[16] çalışmalarında 11 farklı tip iş akışkanından ORC sistemin termodinamik analizini yapmışlardır. İş akışkanlarının sistem performansı üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Quoilin [17] doktora tezinde deneysel olarak R123 iş akışkanıyla çalışan Organik Rankine Çevrimi modellemiştir. Farklı türbin giriş sıcaklığına göre yaptığı deneylerde scroll tip ORC türbin kullanmıştır. Bu çalışmada sistem performansı incelenmiş ve sonuçları tablolar halinde sunulmuştur.

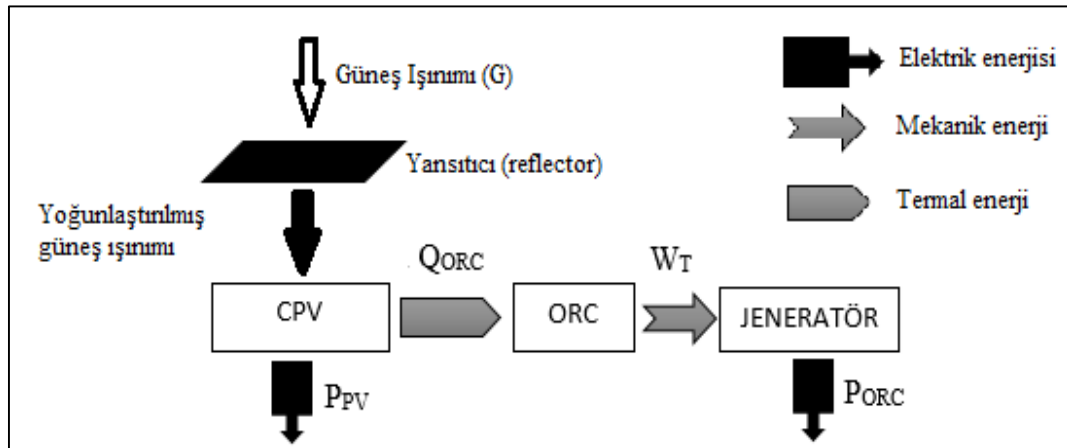
Demirkaya [18] doktora tezinde $\text{NH}_3\text{--H}_2\text{O}$ ikili güç çevrimi üzerine deneysel ve teorik bir çalışma yapmıştır. Buharlaştırıcı basıncının, amonyak – su çözeltisinin ve türbin izentropik veriminin, türbinden alınan gücün ve sistemin üzerinde etkisi olduğu sonucuna varmıştır.

Yalçinkaya ve ark. [19] adlı yüksek lisans tezinde iş akışkanı olarak karbon-dioksitin kullanıldığı jeotermal enerji kaynaklı güç çevrimleri tasarlamış ve çevrimlerin termodinamik analizi gerçekleştirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Tanıtılması

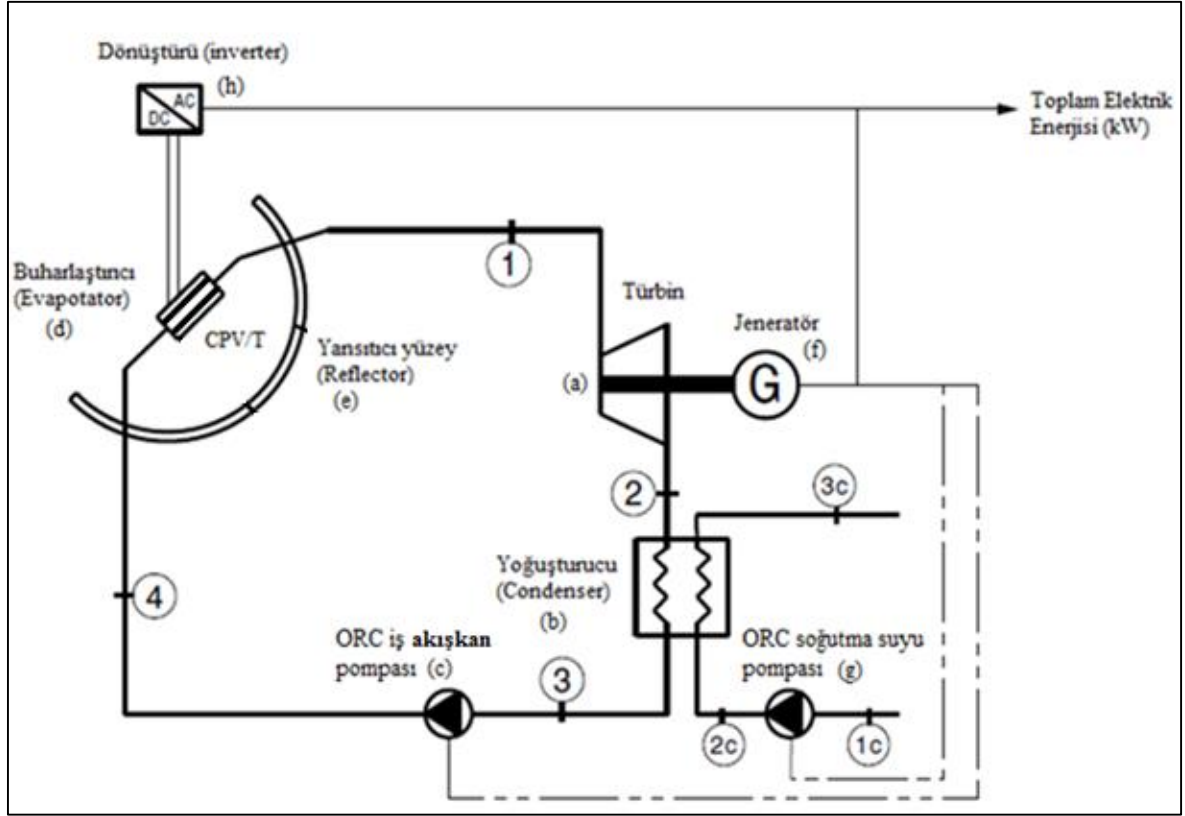
Literatürde, yoğunlaştırılmış fotovoltaiik güneş panelini (CPV) soğutmak ve sistemin genel verimliliğini artırmak amacıyla Organik Rankine Çevrimi (ORC) kullanılmıştır. CPV sistemine ORC entegre edilerek oluşturulan bu yeni CPV/T-ORC hibrid sistem, basitçe Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Hibrid sistemin çalışma prensibi şu şeklide açıklanabilir: PV güneş panelleri üzerine gelen güneş ışınlarıyla oluşan ısının bir kısmı panel hücreleri içinde elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Geri kalan atık ısı CPV’ye entegre edilmiş ORC sistemi ile çekilerek PV güneş panellerinin soğutulmasının yanı sıra ilave güç üretimi gerçekleştirilir.



Şekil 3.1. CPV/T-ORC hibrid sistemin basit gösterimi

CPV/T-ORC hibrid sistemin detaylı şeması Şekil 3.2’de gösterilmiş ve sistemin bileşenleri aşağıda verilmiştir:

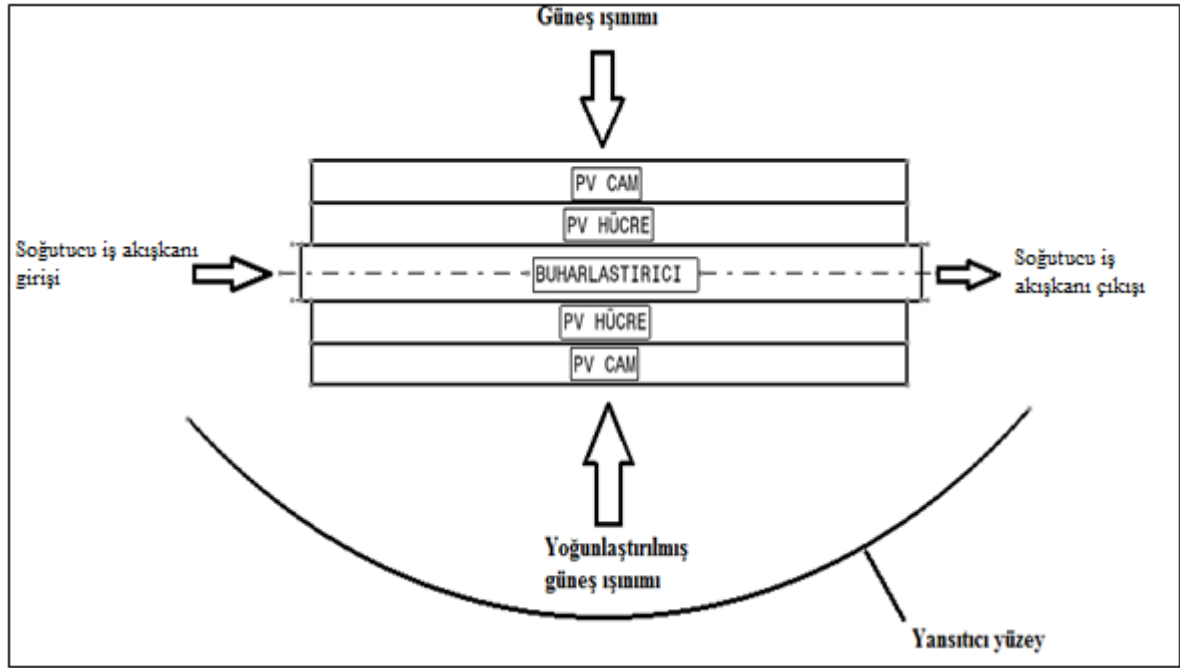
- ORC türbin
- ORC yoğurturucu
- Yansıtıcı yüzey
- PV güneş panelleri ve buharlaştırıcı
- ORC iş akışkanı pompası
- ORC soğutma suyu pompası
- Dönüştürücü



Şekil 3.2. CPV/T-ORC hibrid sisteminin geliştirilmiş gösterimi

Şekil 3.2'ye göre, CPV/T-ORC hibrid sistemin şu şekilde çalışmaktadır: PV güneş panel hücrelerinde elektrik üretimi sonrası kalan atık ısı, iki PV güneş paneli arasına konumlandırılan buharlaştırıcı yardımı ile iş akışkanı tarafından PV güneş panellerinden çekilir. Atık ısı ile buharlaşan iş akışkanı, ORC türbine gönderilir. ORC türbinde genişleyen iş akışkanı ile mekanik enerji elde edilir. Üretilen mekanik enerji, jeneratör vasıtası ile elektrik enerjisine dönüştürülür. ORC türbinden çıkan iş akışkanı ile yoğuşturucuda sıvı hale dönüştürülerek ORC iş akışkanı pompası ile tekrar buharlaştırıcıya gönderilir. Yoğuşturucuda soğutma suyu ORC soğutma suyu pompası ile tahrik edilir.

Bu tezde, literatürde bahsedilen çalışmalardan farklı olarak, 2 adet güneş paneli ve bunların arasına bir adet buharlaştırıcı yerleştirilmesi ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistem performansı incelenmiştir. Yeni CPV/T-ORC hibrid sistemdeki PV güneş panelleri ve buharlaştırıcının konumu Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. PV güneş panelleri ve buharlaştırıcının konumuna ait şematik görünüm

4. CPV/T-ORC HİBRİT SİSTEMİN TASARIMI

Bu bölümde CPV/T-ORC hibrid sistemi ile oluşturulan sistemin çalışma prensibi, şartları ve parametreleri belirtilmiştir. Hibrid sistemin çalışma bölgesi olarak, Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer alan Adana ili (37 ° 0' 0" N, 35 ° 19' 16,8" E) seçilmiştir. Hibrid sistemde Adana ilinin yıllık ortalama atmosferik değerleri kullanılmış olup bu değerler Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır.

Hibrid sistemin çalışma şartları:

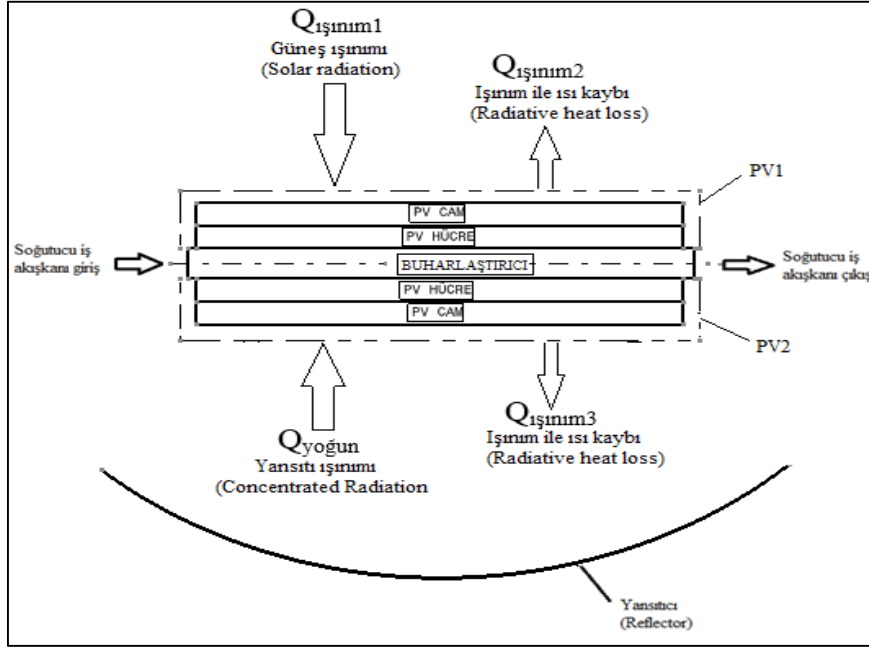
- i. PV güneş panel ve buharlaştırıcı yüzey alanları 1m^2 'dir
- ii. PV güneş paneli ve buharlaştırıcı yüzeyindeki ısı dağılımı homojendir.
- iii. Yansıtıcı yüzeyin yoğunlaştırıcı oranı (C) 10'dur.
- iv. Çevre sıcaklığı yıllık ortalama $19,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir [20].
- v. Buharlaştırıcıda ve yoğunlaştırıcıda basınç kayıpları ihmal edilmiştir.
- vi. İş akışkanın buharlaştırıcıdan çıkış sıcaklığı (T_1), PV güneş panelinin çalışma sıcaklığından (T_{PV}) $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ az olduğu kabul edilmiştir [12,21,26].
- vii. CPV/T-ORC hibrid sistemi sürekli olarak güneşi takip etmekte ve güneş ışınımını direkt olarak almaktadır.
- viii. PV güneş panel cam yüzeylerindeki taşınım ile ısı kayıpları ihmal edilmiştir.
- ix. PV güneş panel hücreleri ile PV güneş paneli cam yüzeylerinin sıcaklıklarının eşit olduğu kabul edilmiştir.
- x. Hibrid sistemin çalışma durumu kararlı halde olduğu (steady state) kabul edilmiştir.

Yukarıda verilen hibrid sistemin çalışma şartlarına göre matematiksel hesaplamalar aşağıda verilmiştir. PV güneş panelleri üzerine etkiyen ısı miktarları ile bu ısı miktarına bağlı olarak değişen PV hücre içi elektrik üretim miktarı (P_{PV}) ve ORC'ye aktarılabacak olan soğutma ısısı veya atık ısı olarak adlandırılan (Q_{termal}) ısı miktarlarını belirlemek için ısı yüklerinin hesaplanması gerekmektedir:

- i. PV güneş panelleri yüzeyindeki ısı yükünün belirlenmesi,
- ii. PV güneş panel hücreleri içinde üretilen elektrik enerjisinin belirlenmesi,
- iii. PV güneş panellerinden ORC'ye aktarılan soğutma ısısının belirlenmesi,

4.1. PV Güneş Panelleri Yüzeyindeki Isı Yükünün Hesaplanması

PV güneş panellerindeki ısı yükünün hesaplanması için yüzey üzerine düşen güneş ışıınımı ($Q_{ışınım1}$) ve ışıınım ile meydana gelen ısı kaybı ($Q_{ışınım2}$) belirlenir. PV güneş paneli üzerindeki ısı yükleri Şekil-4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. PV güneş panellerinin ve üzerindeki ısı yüklerinin gösterimi

4.1.1. PV1 güneş panelleri yüzeyindeki güneş ışıınımının hesaplanması

PV güneş panellerinin soğutma yüklerinin belirlenmesi için panel üzerinde etkili olan ısı miktarlarının hesaplanması gerekmektedir.

PV1 güneş paneli üzerine gelen ışıınımın miktarının belirlenmesi

PV1 üzerine güneş ışımasıyla etkiyen $Q_{ışınım1}$ miktarı aşağıdaki formülden bulunabilir [14].

$$Q_{ışınım1} = \alpha G_{modül} A_{PV} \quad (4.1)$$

Burada α , PV1 güneş panel camının soğurma katsayısıdır. A_{PV} , PV1 güneş panellerinin yüzey alanıdır. PV1 güneş paneli üzerine gelen ışıınım miktarı ($G_{modül}$), PV1 güneş paneli

üzerine direkt düşen güneş ışıının miktarına (G_{direkt}) eşittir. Adana bölgesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre 2018 yılı için ortalama ışıının miktarı (G_{direkt}) 4,696 kWh/m²'dir [22]. Denklem (1), yeniden düzenlendiğinde PV1 güneş paneli üzerine güneş ile etkiyen ışıının miktarı ($Q_{\text{ışınım1}}$) Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PV1 güneş paneli üzerine etkiyen ışıının miktarı ($Q_{\text{ışınım1}}$)

α [22] [-]	A_{PV} [m ²]	G_{direkt} [kWh/m ²]	$G_{\text{modül}}$ [kW]	$Q_{\text{ışınım1}}$ [kW]
0,9	1	4,7	4,7	4,2

Bu çalışmada, PV güneş panelleri üzerinde ısı kayıplarının sadece ışıının yolu ile gerçekleştiği kabul edilmiştir. Ayrıca CPV/T-ORC hibrid sistemin anlık olarak güneşi takip etmesi nedeniyle rüzgâr yönün sürekli değişmesi, taşınım kayıplarını belirsizleştirdiği için taşınım yolu ile ısı kayıpları ihmal edilmiştir. PV güneş panelleri üzerinde ışıının ile ısı kaybı, PV güneş panellerinin dış cam yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak değişmektedir. PV güneş paneli cam yüzeylerinin sıcaklıklarının PV güneş panel hücrelerinin çalışma sıcaklıklarına eşit olduğu kabul edilmiştir.

PV1 güneş paneli üzerinden ışıının ile oluşan ısı kaybı

PV1 güneş paneli üzerinde Şekil 4.1'de gösterildiği üzere aynı zamanda ışıının ile ısı kaybı ($Q_{\text{ışınım2}}$) meydana gelecektir. $Q_{\text{ışınım2}}$ miktarı aşağıdaki bağıntıda verilmiştir [14].

$$Q_{\text{ışınım2}} = \varepsilon_{\text{PVcam}} F_{\text{ön-gökyüzü}} \sigma A_{\text{PV}} (T_{\text{PV1}}^4 - T_{\text{gökyüzü}}^4) \quad (4.2)$$

Burada $\varepsilon_{\text{PVcam}}$, PV1 güneş panel camının ışıının yayma katsayısıdır ve 0,91 alınmıştır [23]. $F_{\text{ön-gökyüzü}}$, PV1 güneş paneli ile gökyüzü arasındaki görüş faktörüdür ve bu çalışmada değeri 1 alınmıştır. σ , Stefan-Boltzmann sabiti ve değeri 5,67x10⁻⁸ Wm⁻²K⁻⁴'dir. T_{PV1} , PV1 güneş panelinin dış cam yüzey sıcaklığı ve $T_{\text{gökyüzü}}$, gökyüzü sıcaklığıdır. Gökyüzü sıcaklığı ($T_{\text{gökyüzü}}$) Denklem (3)'den bulunmuştur [14].

$$T_{\text{gökyüzü}} = 0.037536T_{\text{ortam}}^{1.5} + 0.32T_{\text{ortam}} \quad (4.3)$$

T_{ortam} , CPV/T-ORC hibrid sisteminin bulunduğu dış ortam sıcaklığıdır ve 19,1 °C alınmıştır [18]. Denklem (4.3)'de değerler yerine yazıldığında gökyüzü sıcaklığı ($T_{\text{gökyüzü}}$) 7,90 °C olacaktır. Bu değerlere göre PV1 güneş panelinin çalışma sıcaklığına bağlı olarak ışıınım ile oluşan ısı kaybı miktarı ($Q_{\text{ışıınım2}}$) Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. PV2 güneş paneli üzerine etkiyen yoğunlaştırılmış ışıınım değeri ($Q_{\text{yoğun}}$)

T_{PV1} [°C]	$Q_{\text{ışıınım2}}$ [kW]
90	0,6
100	0,7
110	0,8
120	0,9
130	1,0
140	1,2
150	1,3
160	1,5
170	1,7
180	1,9
190	2,1
200	2,3

4.1.2. PV2 güneş panelleri yüzeyindeki güneş ışıınımının hesaplanması

PV2 güneş paneli üzerine gelen ışıınımının miktarının belirlenmesi

PV2 güneş paneli üzerindeki yansıtıcı yüzey ile yoğunlaştırılmış ışıınım miktarı ($Q_{\text{yoğun}}$) aşağıdaki eşitlikte verilmiştir [12].

$$Q_{\text{yoğun}} = G_{\text{direkt}} C_{\eta_{\text{opt}}} A_{\text{PV}} \quad (4.4)$$

Burada C yansıtıcı yüzeyin yoğunlaştırma oranı, η_{opt} yansıtıcı yüzeyin optik verimi, A_{PV} ise PV2 güneş panelinin alanıdır. Denklem (4) bu değerlere göre yeniden yazılmış ve yoğunlaştırılmış ışıınım miktarı ($Q_{yoğun}$) aşağıdaki Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. PV2 güneş paneli üzerine etkiyen yoğunlaştırılmış ışıınım değeri ($Q_{yoğun}$)

G_{direkt} [kW/m ²]	C [12] [-]	η_{opt} [26] [-]	A_{PV} [m ²]	$Q_{yoğun}$ [kW/m ²]
4,7	10	0,85	1	39,9

PV2 güneş paneli üzerinden ışıınım ile oluşan ısı kaybı

PV2 güneş paneli üzerinde radyasyon ile ısı kaybı oluşmaktadır. PV2 güneş paneli üzerindeki ışıınım ile kaybedilen ısı miktarı $Q_{ışıınım3}$, aşağıdaki denklem ile ifade edilmiştir [14].

$$Q_{ışıınım3} = \varepsilon_{PVcam} \sigma A_{PV} (T_{PV2}^4 - T_{ortam}^4) \quad (4.5)$$

PV2 güneş panelinin çalışma sıcaklığına bağlı olarak ışıınım ile oluşan ısı kaybı miktarı ($Q_{ışıınım3}$) Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. PV2 güneş paneli üzerinden ışıınım ile ısı kaybı ($Q_{ışıınım3}$)

T_{PV2} [°C]	$Q_{ışıınım3}$ [kW]
90	0,5
100	0,6
110	0,7
120	0,9
130	1,0
140	1,1
150	1,3
160	1,4
170	1,6
180	1,8
190	2,0
200	2,2

4.2. PV Güneş Paneli Hücre İçi Elektrik Üretimi

PV güneş panelleri hücre içinde elektrik üretimi PV güneş paneli üzerine düşen ışınlam miktarına bağlıdır. PV güneş panel içindeki hücrelere düşen ışınlam ile yarı iletken maddeden koparılan elektronların diğer yarı iletkenine iletilmesi ile elektrik akımı meydana gelir. Bu sayede hücreler içinde elektrik enerjisi üretilir. Hücre içindeki elektrik üretimi aşağıdaki formülde belirtilmiştir [12].

$$P_{PV} = Q_{PV} \eta_{npv} \eta_{inv} \quad (4.6)$$

Burada Q_{PV} , PV güneş paneli tarafından soğurulan ışınlam miktarıdır. η_{pv} , PV güneş panelinin verimidir. η_{inv} , PV güneş paneli içindeki dönüştürücünün verimidir 0,9 alınmıştır [27]. Q_{PV} ışınlam miktarı, PV1 güneş paneli için $Q_{ışınlam1}$ miktarına ve PV2 güneş paneli için $Q_{yoğun}$ ışınlam miktarına eşittir. PV güneş paneli verimi (η_{pv}) aşağıdaki denklemden bulunabilir [24,25].

$$\eta_{pv} = \eta_{Tref} [1 - \beta_{ref} (T_{hücre} - T_{ref})] \quad (4.7)$$

Burada η_{Tref} , PV güneş panelinin referans koşullarındaki verimidir ve 0,12 alınmıştır [28]. β_{ref} , sıcaklık sabiti ve $0,004C^{-1}$ alınmıştır [29]. Sıcaklık sabiti, PV güneş panelinde her bir sıcaklık artışına karşılık verimdeki düşüş miktarını belirtmektedir. T_{ref} , PV güneş panelinin referans sıcaklıktaki çalışma sıcaklığıdır ve $25^{\circ}C$ olarak belirlenmiştir [28]. $T_{hücre}$ PV güneş panelinin çalışma sıcaklığıdır.

PV1 güneş panelinden elde edilen P_{PV1} elektrik enerjisi ve PV2 güneş panelinden elde edilen P_{PV2} elektrik enerjisi Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. PV1 ve PV2 panellerinden elde edilen elektrik enerjisi (P_{PV1} ve P_{PV2})

$T_{\text{hücre}}$ [°C]	η_{PV} [%]	P_{PV1} [kW]	P_{PV2} [kW]
90	8,9	0,3	3,2
100	8,4	0,3	3,0
110	7,9	0,3	2,8
120	7,4	0,3	2,7
130	7,0	0,3	2,5
140	6,5	0,2	2,3
150	6,0	0,2	2,2
160	5,5	0,2	2,0
170	5,0	0,2	1,8
180	4,6	0,2	1,6
190	4,1	0,2	1,5
200	3,6	0,1	1,3

4.3. PV Güneş Panelleri için Hücre İçi Elektrik Üretimi ve Isı Kayıplarına Göre Soğutma Isı Yükünün Belirlenmesi

PV güneş panellerinin toplam soğutma (Q_{termal}) yükünün belirlenmesi için PV güneş panelleri Şekil 4.1’de gösterildiği üzere kapalı sistem olarak değerlendirilip enerji korunum kuralı uygulandığında;

PV1 için enerji korunum denklemi;

$$\dot{Q}_{\text{ışınım1}} = \dot{Q}_{\text{ışınım2}} + P_{PV1} + \dot{Q}_{\text{termal1}} \quad (4.8)$$

PV2 için enerji korunum denklemi;

$$\dot{Q}_{\text{yoğun}} = \dot{Q}_{\text{ışınım3}} + \dot{Q}_{PV2} + \dot{Q}_{\text{termal2}} \quad (4.9)$$

Denklem (8) ve (9)’da belirtildiği üzere PV1 güneş panelindeki ORC’ye aktarılması gereken toplam soğutma ısı yükü ($\dot{Q}_{\text{termal1}}$) ve PV2 güneş panelindeki ORC’ye aktarılması gereken ısı miktarı ($\dot{Q}_{\text{termal2}}$), güneş panellerindeki elektrik üretiminin devamı için sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir. Buharlaştırıcı yardımı ile bu toplam ısı miktarı (

$\dot{Q}_{\text{thermal}}$), güneş panellerinden çekilerek ORC'ye aktarılır. Bu sayede güneş panellerinin soğutulmasının yanında ilave elektrik üretimi elde edilir.

PV güneş panellerinin soğutma yükü olan toplam ısı miktarı ($\dot{Q}_{\text{thermal}}$), PV güneş panel hücrelerinin farklı çalışma sıcaklıklarına göre aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.6. PV güneş panellerine ait toplam soğutma ısı yükü ($\dot{Q}_{\text{thermal}}$)

$T_{\text{hücre}}$ [°C]	$\dot{Q}_{\text{thermal1}}$ [kW]	$\dot{Q}_{\text{thermal2}}$ [kW]	$\dot{Q}_{\text{thermal}}$ [kW]
90	3,8	36,2	40,0
100	3,7	36,3	40,0
110	3,6	36,3	39,9
120	3,5	36,4	39,9
130	3,4	36,4	39,8
140	3,3	36,5	39,7
150	3,1	36,5	39,6
160	3,0	36,5	39,5
170	2,8	36,5	39,3
180	2,7	36,5	39,1
190	2,5	36,5	38,9
200	2,3	36,4	38,7

4.4. Organik Rankine Çevriminin Parametrelerinin Belirlenmesi

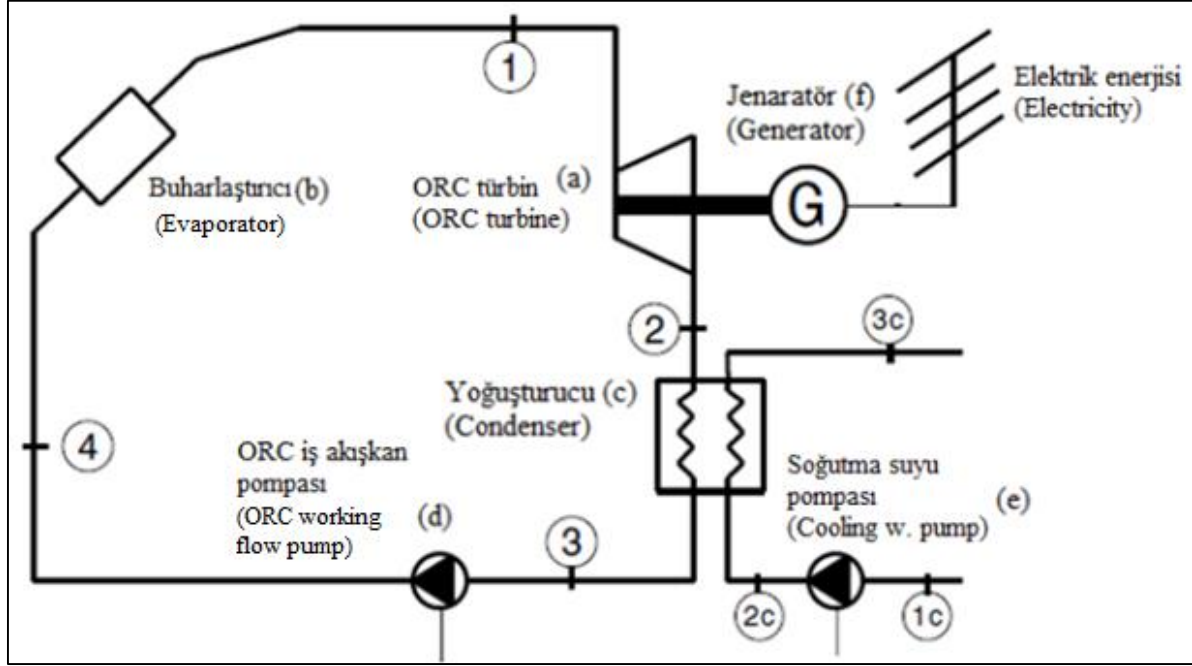
Bu bölümde CPV/T-ORC hibrid sistemde kullanılan Organik Rankine Çevriminin parametreleri, bileşenleri ve termodinamik hesaplamaları gösterilmiştir.

4.4.1. Organik rankine çevrimi bileşenleri ve çalışma prensibi

Organik Rankine Çevrimi(ORC) şematik olarak altta verilmiştir. ORC'de kullanılan bileşenler şunlardır;

- 1) Türbin (a)
- 2) Isı Eşanjörü (b)

- 3) Yoğuşturucu (c)
- 4) ORC Pompası (d)
- 5) Soğutma Pompası (e)
- 6) Jeneratör (f)



Şekil 4.2. CPV/T-ORC hibrid sistemine ait ORC'ye ait detaylı görünüm

Şekil 4.2'de de verilen ORC'de, PV güneş panelinden buharlaştırıcı (b) ile çekilen ısı yükü (Q_{termal}) ORC'deki iş akışkanını buharlaştırır ve buharlaşan iş akışkanı türbinden (a) geçerek mekanik enerji elde edilir. Mekanik enerji, jeneratör (f) yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Türbinden geçen organik iş akışkanı yoğuşturucu (c) ile sıvı hale dönüştürülür ve ORC pompası (d) ile basıncı artırılarak tekrar buharlaştırılmak üzere buharlaştırıcıya (b) gönderilir. ORC'de kullanılan ve iş akışkanını yoğuşturmak için kullanılan soğutma suyu, yoğuşturucuya soğutucu pompası (e) ile taşınır.

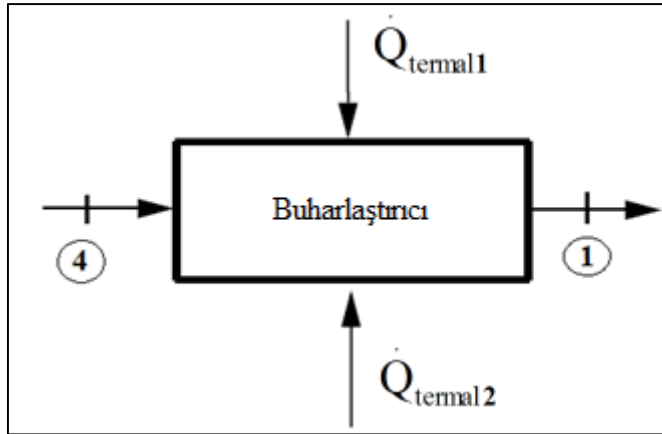
4.4.2. ORC'nin termodinamik hesaplamaları

Bu bölümde ORC'nin her bir bileşeni için termodinamik hesaplamalar gösterilmiştir. Bu hesaplamalara göre farklı organik iş akışkanları ile farklı sıcaklık ve basınçta oluşturulan ORC'ler; termodinamiğin birinci ve ikinci yasa verimleri, çevrimden alınan güç (kW) ve ekserji hesaplarında kullanılan denklemler tanımlanmıştır [30].

Buharlaştırıcının termodinamik hesaplamaları

Buharlaştırıcı basıncı sabit olduğu için;

$$\sum \dot{W}=0 \quad (4.10)$$



Şekil 4.3. Buharlaştırıcının şematik görüntüsü

Süreklilik denklemi;

$$\sum \dot{m}_1 - \sum \dot{m}_4 = 0 \quad (4.11)$$

$$\sum \dot{m}_1 = \sum \dot{m}_4 \quad (4.12)$$

Burada;

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{\text{fluid}} \quad (4.13)$$

$\dot{m}_{\text{fluid}}$: Buharlaştırıcıya giren iş akışkan kütleli debisidir (kg/s).

Termodinamiğin birinci kanunu;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_\text{ç} (h + V^2/2 + gz)_\text{ç} - \sum \dot{m}_\text{g} (h + V^2/2 + gz)_\text{g} \quad (4.14)$$

Kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilmiştir.

$$V^2/2 + gz = 0 \quad (4.15)$$

İş etkileşimi yoktur;

$$\dot{W} = 0 \quad (4.16)$$

Buharlaştırıcıya aktarılan toplam ısı yükü;

$$\dot{Q}_{\text{termal1}} + \dot{Q}_{\text{termal2}} = \dot{m}_{\text{iş}} h_1 - \dot{m}_{\text{iş}} h_4 = \dot{m}_{\text{iş}} (h_1 - h_4) \quad (4.17)$$

Buharlaştırıcının termodinamiğin ikinci kanunun analizine göre;

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{S}_{\text{gen}} = \sum \dot{m}_{\text{ç}} s_{\text{ç}} - \sum \dot{m}_{\text{g}} s_{\text{g}} - \dot{Q}_A / T_K \quad (4.18)$$

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{m}_{\text{fluid}} s_1 - \dot{m}_{\text{fluid}} s_4 - \dot{Q}_A / T_K \quad (4.19)$$

Burada $\dot{Q}_A$, ısı eşanjörüne transfer edilen ısı miktarıdır (kW). T_K ise PV güneş panellerinin ısı transferi durumundaki sıcaklığıdır (T_{PV}).

Tersinmezlik;

$$\dot{I}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} \quad (4.20)$$

Akış kullanılabilirliği;

$$\psi_1 = (h_1 - h_0) - T_0 (s_1 - s_0) \quad (4.21)$$

$$\psi_4 = (h_4 - h_0) - T_0 (s_4 - s_0) \quad (4.22)$$

Ölü hal değerleri;

$$T_0 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{K}$$

$$P_0 = 1 \text{ bar}$$

$$h_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.23)$$

$$s_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.24)$$

İkinci yasa verimi;

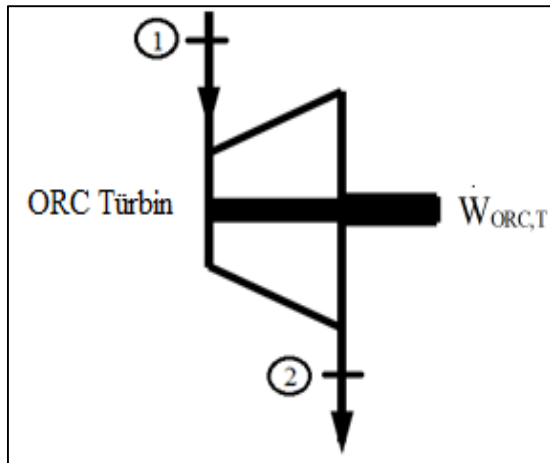
$$\eta_{II, \text{evap}} = \frac{\dot{m}_{\text{fluid}}(\psi_1 - \psi_4)}{\dot{m}_{\text{fluid}}(\psi_1 - \psi_4) + T_0 \Delta S_{\text{net}}} \quad (4.25)$$

ORC türbin termodinamik hesapları

ORC türbine ait termodinamik hesaplar aşağıda verilmiştir.

Türbinde adiabatik genişleme olduğu kabul edilmiştir.

$$\Sigma \dot{Q} = 0 \quad (4.26)$$



Şekil 4.4. ORC türbinin şematik görüntüsü

Süreklilik denklem;

$$\Sigma \dot{m}_1 - \Sigma \dot{m}_2 = 0 \quad (4.27)$$

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

Termodinamiğin birinci kanunu;

$$\dot{W} = \sum \dot{m}_{\dot{\zeta}} (h + V^2/2 + gz)_{\dot{\zeta}} - \sum \dot{m}_g (h + V^2/2 + gz)_g \quad (4.29)$$

Kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilmiştir.

$$V^2/2 + gz = 0 \quad (4.30)$$

$$\dot{W}_{\text{ORC,T}} = \dot{m}_{\text{fluid}} (h_1 - h_2) \eta_{\text{ORC,T}} \quad (4.31)$$

Burada $\eta_{\text{ORC,T}}$, ORC türbinin izentropik verimidir.

Tersinir iş;

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \sum \dot{m}_g (h_g - T_0 s_g) - \sum \dot{m}_{\dot{\zeta}} (h_{\dot{\zeta}} - T_0 s_{\dot{\zeta}}) \quad (4.32)$$

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \dot{m}_{\text{fluid}} (h_1 - T_0 s_1) - \dot{m}_{\text{fluid}} (h_2 - T_0 s_2) \quad (4.33)$$

Termodinamiğin ikinci kanunu;

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{S}_{\text{gen}} = \sum \dot{m}_{\dot{\zeta}} s_{\dot{\zeta}} - \sum \dot{m}_g s_g - \dot{Q}_A / T_K \quad (4.34)$$

Çevre ile ısı alışverişi yoktur.

$$\dot{Q}_A / T_K = 0 \quad (4.35)$$

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{m}_2 s_2 - \dot{m}_1 s_1 \quad (4.36)$$

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{m}_{\text{fluid}} (s_2 - s_1) \quad (4.37)$$

Ölü hal değerleri;

$$T_0 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{K}$$

$$P_0 = 1 \text{ bar}$$

$$h_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.38)$$

$$s_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.39)$$

Tersinmezlik;

$$\dot{I}_{\text{ORC},T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} \quad (4.40)$$

Ya da,

$$\dot{I}_{\text{ORC},T} = \dot{W}_{\text{tr}} - \dot{W}_T \quad (4.41)$$

Akış kullanılabilirliği;

$$\psi_1 = (h_1 - h_0) - T_0 (s_1 - s_0) \quad (4.42)$$

$$\psi_2 = (h_2 - h_0) - T_0 (s_2 - s_0) \quad (4.43)$$

Kayıp kullanılabilir enerji;

$$\dot{W}_{\text{fay}} = \eta_c \dot{Q}_A + \sum \dot{m}_g \psi_g - \sum \dot{m}_\zeta \psi_\zeta - \chi_{\text{ky}} \quad (4.44)$$

$$\eta_c \dot{Q}_A = 0 \quad (4.45)$$

$$\dot{W}_{\text{fay}} = \dot{m}_{\text{fluid}} \psi_1 - \dot{m}_{\text{fluid}} \psi_2 - \chi_{\text{ky}} \quad (4.46)$$

İkinci yasa verimi;

$$\eta_{II, ORC, T} = \dot{W}_T / \dot{W}_{tr} \quad (4.47)$$

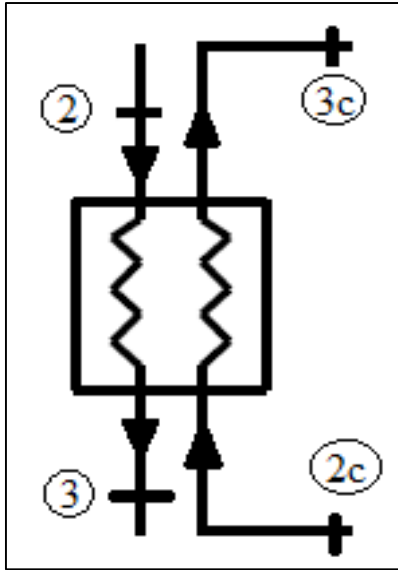
Ya da;

$$\eta_{II, ORC, T} = 1 - \frac{\dot{I}}{\dot{W}_{tr}} \quad (4.48)$$

Yoğuşturucu termodinamik hesapları

Yoğuşturucu basıncı sabittir ve iş etkileşimi yoktur.

$$\sum \dot{W} = 0 \quad (4.49)$$



Şekil 4.5. Yoğuşturucunun şematik görüntüsü

Süreklilik denklemi;

$$\sum \dot{m}_2 - \sum \dot{m}_3 = 0 \quad (4.50)$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_{fluid} \quad (4.51)$$

$$\sum \dot{m}_{2c} - \sum \dot{m}_{3c} = 0 \quad (4.52)$$

$$\dot{m}_{2c} = \dot{m}_{3c} = \dot{m}_{cw} \quad (4.53)$$

Burada;

$\dot{m}_{cw}$: Yoğuşturucuya giren soğutucu suyun kütleli debisidir (kg/s).

Termodinamiğin birinci kanunu;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{\dot{\zeta}} (h + V^2/2 + gz)_{\dot{\zeta}} - \sum \dot{m}_g (h + V^2/2 + gz)_g \quad (4.54)$$

Kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilmiştir;

$$V^2/2 + gz = 0 \quad (4.55)$$

İş etkileşimi yoktur;

$$\sum \dot{W} = 0 \quad (4.56)$$

Yoğuşturucuda iş akışkanından soğutma suyuna iletilen ısı ($\dot{Q}_{yoğuşma}$);

$$\dot{Q}_{yoğuşma} = \dot{m}_{cw} \cdot c \cdot (T_{3c} - T_{2c}) \quad (4.57)$$

Burada c , suyun ısı kapasitesidir ve 4,186 kJ/kg olarak alınmıştır.

Termodinamiğin ikinci kanunu;

$$\Delta S_{net} = \dot{S}_{gen} = \sum \dot{m}_{\dot{\zeta}} s_{\dot{\zeta}} - \sum \dot{m}_g s_g - \dot{Q}_{yoğ} / T_K \quad (4.58)$$

$$\Delta S_{net} = \dot{S}_{gen} = (\dot{m}_3 s_3 + \dot{m}_{3c} s_{3c}) - (\dot{m}_2 s_2 + \dot{m}_{2c} s_{2c}) - \dot{Q}_{yoğ} / T_K \quad (4.59)$$

Yoğuşturucu ile çevre arasında ısı transferi ihmal edilmiştir;

$$\dot{Q}_{\text{yog}}/T_K=0 \quad (4.60)$$

Ölü hal değerleri;

$$T_0=20^\circ\text{C}=293,15\text{K}$$

$$P_0=1 \text{ bar}$$

$$h_0=f(T_0,P_0) \quad (4.61)$$

$$s_0=f(T_0,P_0) \quad (4.62)$$

Tersinmezlik;

$$\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}} \quad (4.63)$$

Akış kullanılabilirliği;

$$\psi_2=(h_2-h_0)-T_0(s_2-s_0) \quad (4.63)$$

$$\psi_3=(h_3-h_0)-T_0(s_3-s_0) \quad (4.64)$$

$$\psi_{2c}=(h_{2c}-h_0)-T_0(s_{2c}-s_0) \quad (4.65)$$

$$\psi_{3c}=(h_{3c}-h_0)-T_0(s_{3c}-s_0) \quad (4.66)$$

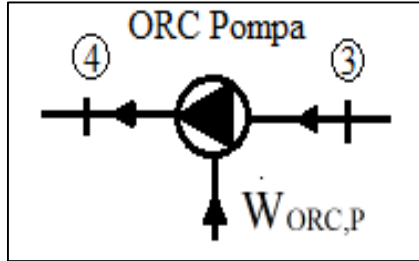
İkinci yasa verimi;

$$\eta_{\text{II,cond}}=1-\frac{T_0\Delta S_{\text{net}}}{\dot{m}_{\text{is}}(\psi_2-\psi_3)} \quad (5.67)$$

ORC pompasının termodinamik hesapları

Pompada adiyabatik sıkıştırma olduğu kabul edilmiştir.

$$\Sigma \dot{Q}=0 \quad (5.68)$$



Şekil 4.6. ORC iş akışkanı pompasının şematik görüntüsü

Süreklilik denklemi;

$$\Sigma \dot{m}_3 - \Sigma \dot{m}_4 = 0 \quad (4.69)$$

$$\Sigma \dot{m}_3 = \Sigma \dot{m}_4 \quad (4.70)$$

Burada;

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{\text{fluid}} \quad (4.71)$$

Termodinamiğin birinci kanunu;

$$-\dot{W} = \Sigma \dot{m}_c (h + V^2/2 + gz)_c - \Sigma \dot{m}_g (h + V^2/2 + gz)_g \quad (4.72)$$

Kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilmiştir.

$$V^2/2 + gz = 0 \quad (4.73)$$

$$\dot{W}_{\text{ORC,P}} = \Sigma \dot{m}_4 h_4 - \Sigma \dot{m}_3 h_3 \quad (4.74)$$

$$\dot{W}_{\text{ORC,P}} = \dot{m}_{\text{fluid}} (h_4 - h_3) \eta_{\text{ORC,P}} \quad (4.75)$$

Burada $\eta_{\text{ORC,P}}$, ORC iş akışkanını pompasının izentropik verimidir.

Ölü hal değerleri;

$$T_0 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{K}$$

$$P_0 = 1 \text{ bar}$$

$$h_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.76)$$

$$s_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.77)$$

Tersinir iş;

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \sum \dot{m}_g (h - T_0 s + V^2/2 + gz)_g - \sum \dot{m}_\zeta (h - T_0 s + V^2/2 + gz)_\zeta \quad (4.77)$$

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \sum \dot{m}_{\text{fluid}} (h_3 - T_0 s_3) - \sum \dot{m}_{\text{fluid}} (h_4 - T_0 s_4) \quad (4.78)$$

Termodinamiğin ikinci kanunu;

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{S}_{\text{gen}} = \sum \dot{m}_\zeta s_\zeta - \sum \dot{m}_g s_g - \dot{Q}_A / T_K \quad (4.79)$$

Çevre ile ısı alışverişi yoktur.

$$\dot{Q}_A / T_K = 0 \quad (4.80)$$

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{m}_4 s_4 - \dot{m}_3 s_3 \quad (4.81)$$

$$\Delta S_{\text{net}} = \dot{m}_{\text{fluid}} (s_4 - s_3) \quad (4.82)$$

Tersinmezlik;

$$\dot{I}_{\text{ORC,P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} \quad (4.83)$$

Akış kullanılabilirliği;

$$\psi_3 = (h_3 - h_0) - T_0 (s_3 - s_0) \quad (4.84)$$

$$\psi_4 = (h_4 - h_0) - T_0 (s_4 - s_0) \quad (4.85)$$

Kayıp kullanılabilir enerji;

$$\dot{W}_{\text{fay}} = \eta_c \dot{Q}_A + \sum \dot{m}_3 \psi_3 - \sum \dot{m}_4 \psi_4 - \chi_{\text{ky}} \quad (4.86)$$

$$\eta_c \dot{Q}_A = 0 \quad (4.87)$$

Kayıp kullanılabilir enerji aynı zamanda tersinmezliğe eşittir.

İkinci yasa verimi;

$$\eta_{\text{II,ORC,P}} = \dot{W}_{\text{tr}} / \dot{W}_{\text{ORC,P}} \quad (4.88)$$

$$\eta_{\text{II,ORC,P}} = 1 - \chi_{\text{ky}} / \dot{W}_{\text{ORC,P}} \quad (4.89)$$

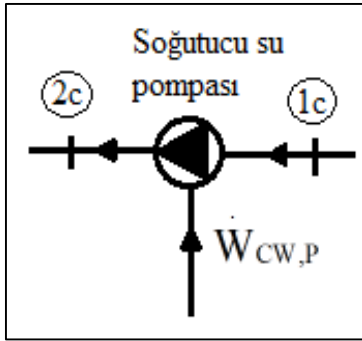
Ya da

$$\eta_{\text{II,ORC,P}} = 1 - \frac{\dot{I}}{\dot{W}_{\text{ORC,P}}} \quad (4.90)$$

Soğutma suyu pompasının termodinamik hesaplamaları

Soğutma suyu pompasında adiyabatik sıkıştırma olduğu kabul edilmiştir.

$$\Sigma \dot{Q}=0 \quad (4.91)$$



Şekil 4.7. Soğutma suyu pompasının şematik görüntüsü

Süreklilik denklemi:

$$\Sigma \dot{m}_{1c} - \Sigma \dot{m}_{2c} = 0 \quad (4.92)$$

$$\dot{m}_{1c} = \dot{m}_{2c} = \dot{m}_{cw} \quad (4.93)$$

Termodinamiğin birinci kanunu;

$$-\dot{W} = \Sigma \dot{m}_c (h + V^2/2 + gz)_c - \Sigma \dot{m}_g (h + V^2 + gz)_g \quad (4.94)$$

Kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilmiştir.

$$V^2/2 + gz = 0 \quad (4.95)$$

$$\dot{W}_{cw,P} = \Sigma \dot{m}_{2c} h_{2c} - \Sigma \dot{m}_{1c} h_{1c} \quad (4.96)$$

$$\dot{W}_{cw,P} = \dot{m}_{cw} (h_{2c} - h_{1c}) \eta_{cw,P} \quad (4.97)$$

Burada $\eta_{cw,P}$, ORC soğutma suyu pompasının izentropik verimidir.

Ölü hal değerleri;

$$T_0 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{K}$$

$$P_0 = 1 \text{ bar}$$

$$h_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.98)$$

$$s_0 = f(T_0, P_0) \quad (4.99)$$

Tersinir iş;

$$\dot{W}_{tr} = \sum \dot{m}_g (h - T_0 s + V^2/2 + gz)_g - \sum \dot{m}_\zeta (h - T_0 s + V^2/2 + gz)_\zeta \quad (4.100)$$

$$\dot{W}_{tr} = \sum \dot{m}_{1c} (h_{1c} - T_0 s_{1c}) - \sum \dot{m}_{2c} (h_{2c} - T_0 s_{2c}) \quad (4.101)$$

Termodinamiğin ikinci kanunu;

$$\Delta S_{net} = \dot{S}_{gen} = \sum \dot{m}_\zeta s_\zeta - \sum \dot{m}_g s_g - \dot{Q}_A / T_K \quad (4.102)$$

Çevre ile ısı alışverişi yoktur.

$$\dot{Q}_A / T_K = 0 \quad (4.103)$$

$$\Delta S_{net} = \dot{m}_{2c} s_{2c} - \dot{m}_{1c} s_{1c} \quad (4.104)$$

$$\Delta S_{net} = \dot{m}_{cw} (s_{2c} - s_{1c}) \quad (4.105)$$

Tersinmezlik;

$$\dot{I}_{cw,P} = T_0 \Delta S_{net} \quad (4.106)$$

Akış kullanılabilirliği;

$$\psi_3 = (h_{1c} - h_0) - T_0(s_{1c} - s_0) \quad (4.106)$$

$$\psi_4 = (h_{2c} - h_0) - T_0(s_{2c} - s_0) \quad (4.107)$$

Kayıp kullanılabilir enerji;

$$\dot{W}_{\text{fay}} = \eta_c \dot{Q}_A + \sum \dot{m}_{1c} \psi_{1c} - \sum \dot{m}_{2c} \psi_{2c} - \chi_{\text{ky}} \quad (4.108)$$

$$\eta_c \dot{Q}_A = 0 \quad (4.109)$$

Kayıp kullanılabilir enerji aynı zamanda tersinmezliğe eşittir.

İkinci yasa verimi;

$$\eta_{\text{II,cw,P}} = \dot{W}_{\text{tr}} / \dot{W}_P \quad (4.110)$$

$$\eta_{\text{II,cw,P}} = 1 - \chi_{\text{ky}} / \dot{W}_P \quad (4.111)$$

Ve ya

$$\eta_{\text{II,cw,P}} = 1 - \frac{\dot{I}}{\dot{W}_{\text{cw,P}}} \quad (4.112)$$

Yukarıda termodinamik analizi yapılan her çevrim elemanın farklı çalışma şartlarına göre incelenmiş, ikinci yasa verimleri ve kayıp kullanılabilir enerjisi sonraki bölümlerde çizelgelerde sırasıyla verilmiştir.

ORC sisteminden elde edilen toplam net güç ve sistemin genel verimi

Hibrid sistemde kullanılan ORC sisteminden elde edilen toplam net güç aşağıdaki bağıntılardan bulunabilir. Buna göre ORC sisteminden jeneratör ile elde edilen elektrik enerjisi;

$$P_{\text{ORC},T} = \dot{W}_{\text{ORC},T} \eta_{\text{ORC},G} \quad (4.113)$$

ORC sisteminde ORC pompası için harcanan elektrik enerjisi;

$$P_{\text{ORC},P} = W_{\text{ORC},P} / \eta_{\text{ORC},P} \quad (4.114)$$

ORC sisteminde soğutma suyu pompası için harcanan elektrik enerjisi;

$$P_{\text{cw},P} = W_{\text{cw},P} / \eta_{\text{cw},P} \quad (4.115)$$

ORC sisteminden alınan net elektrik enerjisi ise;

$$P_{\text{ORC},\text{net}} = P_{\text{ORC},T} - P_{\text{ORC},P} - P_{\text{cw},P} \quad (4.116)$$

Yukarıda verilen denklemlere göre ORC sisteminin termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına göre genel verimi aşağıdaki denklemlerden bulunabilir.

ORC sisteminin birinci yasa verim i(ısıl verim);

$$\eta_{\text{I,ORC}} = \frac{P_{\text{ORC},\text{net}}}{\dot{Q}_{\text{toplam}}} \quad (4.117)$$

Çevrimin ikinci yasa verimi (genel tesirliği) ise ORC sistemi için gerçek ısıl verimin aynı koşullarda olabilecek en yüksek (tersinir) ısıl verime oranıdır [29].

$$\eta_{\text{th}} = \left(1 - \frac{T_L}{T_H}\right) \quad (4.118)$$

$$\eta_{\text{II,ORC}} = \frac{\eta_{\text{I,ORC}}}{\eta_{\text{th}}} \quad (4.119)$$

Burada T_L ortam sıcaklığıdır ve 19,1 °C (292,25 K) olarak belirlenmiştir. T_H ise kaynak sıcaklığına bağlı olup 80 °C – 200° C (353,15-473,15 K) arasında değişmektedir. Kaynak sıcaklığı PV güneş panellerinin çalışma sıcaklığı kabul edilmiştir.

4.4.3. CPV/T-ORC’de kullanılan organik rankine çevriminin çalışma parametrelerinin belirlenmesi

Bu bölümde CPV/T-ORC hibrid sisteminde kullanılan ORC’nin çalışma parametreleri belirtilmiştir. ORC çevriminde kullanılan sekiz farklı tip iş akışkanının termodinamik özellikleri paylaşılmış ve ORC’de kullanılan bileşenlerin izentropik verimleri belirtilmiştir.

ORC için uygun iş akışkan seçimi ve iş akışkanlarının termodinamik özellikleri

ORC’nin çalışma performansını etkileyen en önemli faktörlerden birisi ORC’de kullanılan iş akışkan tipidir. İş akışkan tipini belirlerken aşağıdaki şartlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Termodinamik performans: Türbinden alınan güç ve çevrim verimi yüksek olmalıdır. Sisteme ait bu performans değerleri seçilen iş akışkanının termodinamik özellikleri olan kritik nokta, özgül ısı, yoğunluk vb. gibi değişkenlere bağlıdır. Bu değişkenlere göre farklı iş akışkanlarına ait çevrim oluşturulmalı ve alınan sonuçlar (türbin gücü – verim) karşılaştırılmalıdır.
- Pozitif ya da izentropik doymuş buhar eğrisi: Su gibi iş akışkanı ile yapılan çevrimde negatif buhar eğrisine sahip olan akışkanlar, genişleme sonucunda türbinden damlacıklar halinde çıkar. Bunun sonucunda ise türbin kanatçıkları kavitasyon nedeniyle zarar görebilir.
- Yüksek buhar yoğunluğu: Önemli bir özellik olan buhar yoğunluğu, sistem için belirleyici bir özelliktir. Düşük buhar yoğunluğuna sahip olan bir akışkan kullanıldığı zaman sistemde yüksek güç için daha fazla debiye sahip iş akışkanı kullanılmalıdır.
- Düşük viskozite: sıvı ve buhar fazında yüksek ısı transferi olması için hem de sürtünme kayıplarının az olması için gereklidir.
- Yüksek iletkenlik: Isı eşanjörlerinde ısı transferi için iletkenliğin yüksek olması gerekmektedir

- Uygun buharlaşma basıncı: İş akışkanı su olan çevrimlerde de görüldüğü gibi buharlaşma basıncı arttıkça işletme ve yatırım maliyetleri artmaktadır.
- Yoğunlaşma basıncı: Yoğunlaşma basıncının sistemde vakum etkisi göstermemesi için atmosferik basınçtan büyük olması gerekmektedir.
- Yüksek kararlılık sıcaklığı: Su gibi olmayan organik yapıları iş akışkanları yüksek sıcaklıklarda kimyasal bozulmalara maruz kalabilirler. Akışkanın kimyasal kararlılığı nedeniyle ısı kaynağı sıcaklığı sınırlandırılmalıdır.

Bu çalışmada iş akışkanının ORC sistem performansı üzerinde etkili bir faktör olduğunu göstermek R245fa, n-Bütan (R600), R123, n-Pentan, İso-Pentan, R21, R11 ve R245ca olmak üzere sekiz farklı iş akışkanları seçilmiştir. İş akışkanlarının termodinamik özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Simülasyon edilen çevrimlerde, buhar fazında olan organik akışkanının türbine giriş sıcaklığı 80 °C'den 190 °C'ye kadar değişmekte ve türbin giriş sıcaklıkları 8, 10, 13, 15, 18 ve 20 bar olmak üzere altı farklı basınç aralığı bulunmaktadır. Ayrıca ORC sistemi üzerine etkili olan diğer bir önemli faktör organik iş akışkanı olduğu için 8 farklı iş akışkanına göre çevrimler analiz edilmiştir. Farklı iş akışkanlarına ait çalışma basınç oranları verimleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. ORC İş akışkanlarının temel termodinamik özellikleri

İş akışkanı	Kritik Sıcaklık, T_c (°C)	Kritik Basınç, P_c (bar)	Yoğunluk, ρ^* (kg/m ³)	Buharlaşma Isısı, h_{fg}^{**} (kJ/kg)	Basınç Oranı (P_1/P_2)
R245fa	154	36	5,718	196	2,900 [15]
n-Bütan (R600)	151,9	38	2,441	358	2,900 [15]
R123	183	36	1464	170,6	2,950 [15]
n-Pentan	196,5	34	620,8	358	3,000 [15]
İso-Pentan	187,4	33,7	616	343,3	3,700 [31]
R21	178,5	51,7	526,013	239,5	3,516 [30]
R11	198,1	44,67	565	181,4	3,676 [30]
R245ca	174,4	60	525,468	204,2	3,000 [30]

* Oda sıcaklığında (25°C) ve 1atm'deki yoğunluk; **1 atm'deki buharlaşma ısısı.

ORC’de kullanılan bileşenlerin izentropik verimleri

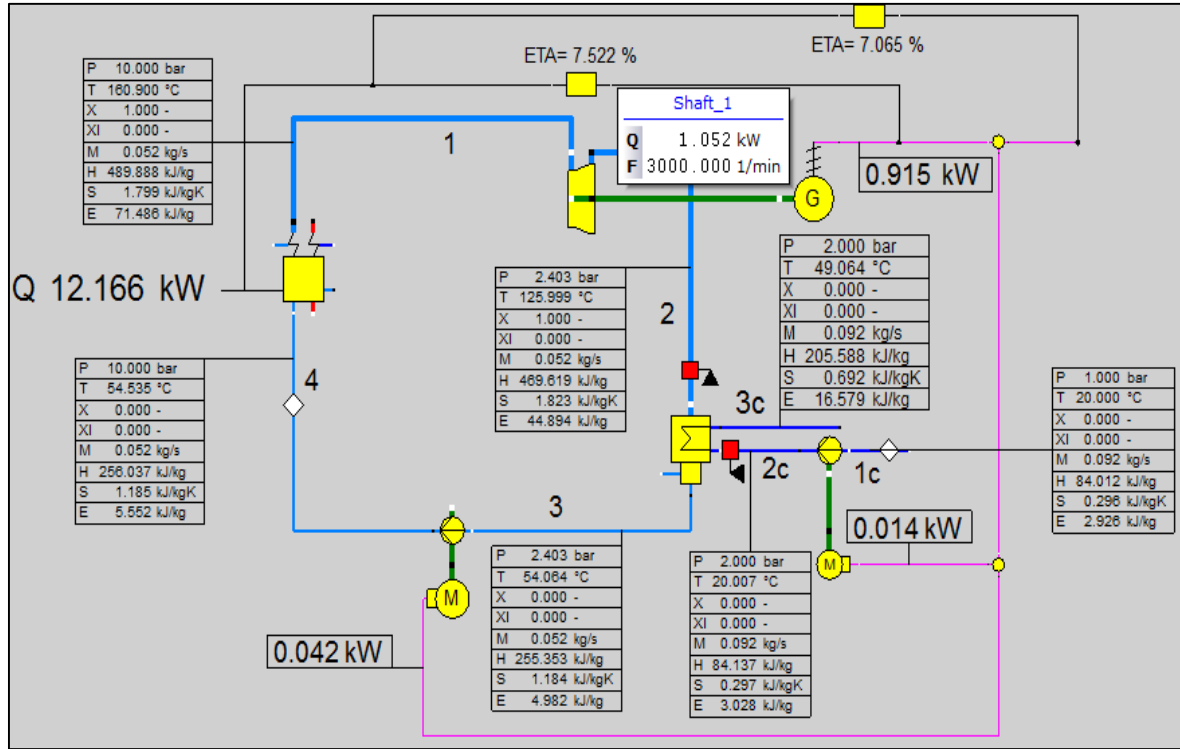
ORC’de kullanılan bileşenleri izentropik verimleri aşağıda verilmiştir. ORC’nin bileşenlerin termodinamik hesaplamaları aşağıdaki Çizelge 4.8’de verilen değerlere göre yapılmıştır.

Çizelge 4.8. ORC de kullanılan bileşenlerin izentropik verimleri

ORC bileşeni	İzentropik verim
ORC pompa verimi [$\eta_{\text{ORC,P}}$]	0,80[17]
ORC pompa jeneratör verimi [$\eta_{\text{ORC,PG}}$]	0,85[12]
ORC türbin verimi [$\eta_{\text{ORC,T}}$]	0,69[17]
ORC türbin jeneratör verimi [$\eta_{\text{ORC,G}}$]	0,98[12]
ORC soğutucu su pompasının verimi [$\eta_{\text{cw,P}}$]	0,80[17]
ORC soğutucu pompa jeneratör verimi [$\eta_{\text{cw,PG}}$]	0,85[12]

4.5. CPV/T-ORC Hibrid Sistemde Kullanılan Organik Rankine Çevrim Modelinin Doğruluğunun Test Edilmesi

Bu tezde, CPV/T-ORC hibrid sisteminde kullanılan ORC sisteminin termodinamik analizleri EBSILON Professional 14 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ebsilon programı kullanılarak oluşturulan ORC modelini doğrulamak için Quolin [11] yaptığı deneysel çalışmalara ait parametreler Ebsilon programında modellenmiştir (Sekil 4.8).



Şekil 4.8. EBSILON Professional 14. programı kullanılarak oluşturulan deneysel çalışmaya ait model

Ayrıca Ebsilon programı ile modellenmiş ORC sisteminin Şekil 4.8’de gösterilen noktalara ait termodinamik özellikler aşağıdaki tablo gösterilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Ebsilon ile modellenen ORC sistemine ait noktaların termodinamik özellikleri

n	Sıcaklık, T [°C]	Basınç, P [Bar]	Entalpi, h [kJ/kg]	Buhar kalitesi, x [-]	İş akışkanı kütleli debi, $\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	Soğutma suyu kütleli debi, $\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]
1	161	10	489,9	1	0,052	-
2	126	2,403	469,6	1	0,052	-
3	54	2,403	255,4	0	0,052	-
4	55	10	256,0	0	0,052	-
1c	20	1	84,0	-	-	0,357
2c	20	2	84,1	-	-	0,357
3c	45	2	188,8	-	-	0,357

Çizelge 4.10. Quolin [17]'nin gerçekleştirdiği deneysel çalışmaya ve Ebsilon ile oluşturulan modele ait parametrik değerler ve sonuçlar

Parametreler	Quolin [17]'nin deney verileri	Ebsilon ile oluşturulan ORC modeli
T_1 [°C]	160,9	160,9
P_1/P_2 [-]	4,16	4,16
$\eta_{\text{ORC},T}$ [-]	0,69	0,69
$\eta_{\text{ORC},P}$ & $\eta_{\text{cw},P}$ [-]	0,80	0,80
$\eta_{\text{ORC},G}$ [-]	0,87	0,87
İş akışkanı tipi	R123	R123
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,052	0,052
$\dot{W}_{\text{ORC},T}$ [kW]	0,995	1,03
$\eta_{\text{I,ORC}}$ [-]	0,061	0,071

Quolin. [11] deney verileri ile EBSILON Professional 14. programı ile kullanılarak oluşturulan model sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.10'da paylaşılmıştır. Bu sonuçlara göre ORC türbininden alınan güç ($\dot{W}_{\text{ORC},T}$), Ebsilon programı ile yaklaşık %3,5'lik bir hata ile hesaplanmıştır. Ayrıca ORC sisteminin birinci yasa verimi yaklaşık %16,3'lük hata ile hesaplanmıştır (Çizelge 4.11). Bu sonuçlara göre Ebsilon ile oluşturulan modellerin güvenilir olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.11. Quolin [17] deney sonuçları ile Ebsilon programında modellenen ORC sistemine ait sonuçlar

Değerlendirme kriteri	Quolin [17]'nin deney sonuçları	Ebsilon ile oluşturulan model sonuçları	2 model arasında fark [%]
$\dot{W}_{\text{ORC},T}$ [kW]	0,995	1,030	3,5
$\eta_{\text{I,ORC}}$ [-]	0,061	0,071	16,3

4.6. CPV/T-ORC Hibrid Sistemde Kullanılan Yansıtıcı Yüzey (Reflector) Parametrelerinin Belirlenmesi ve Tasarlanması

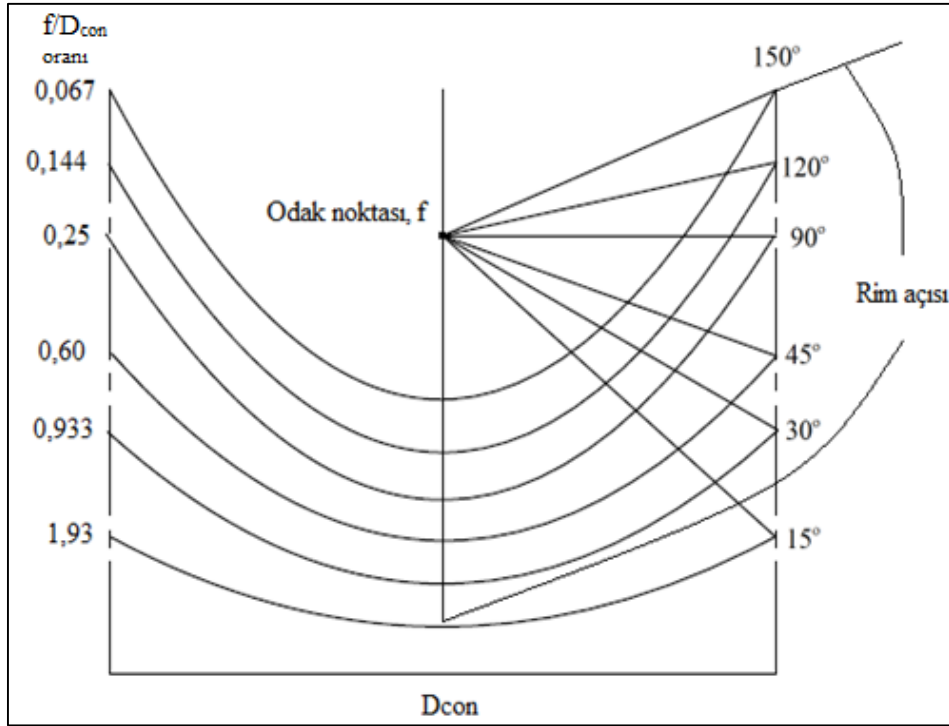
PV2 güneş paneli üzerine düşen güneş ışınım miktarı, Denklem (4.4)'te gösterildiği üzere yoğunlaştırma oranı (C) ile doğrudan bağlantılı olduğu için yansıtıcı yüzeyin geometrik yapısı ısı yüklerinin hesaplanmasında oldukça önemlidir. Yansıtıcı yüzeyin geometrik ölçüleri, güneş sistemlerinde kullanılan yoğunlaştırma oranına ve yansıtıcı yüzey üzerine güneş ışınımının geliş açısına (rim angle, ϕ_{rim}) göre değişmektedir. Ayrıca uygulamalarda genellikle yansıtıcı yüzeyin yansıtma verimliliğini artırmak için metal olmayan polimerik film [32] ya da paslanmaz çelik kullanılmaktadır [33]. Aşağıdaki denklemlerde yansıtıcı yüzeye ait geometrik parametreler verilmiştir [32].

$$A_{con} = \frac{\pi}{4} D_{con}^2 \quad (4.120)$$

Burada A_{con} , yansıtıcı yüzeyin alanıdır (m^2). D_{con} , yansıtıcı yüzeyin uzunluğudur (m). Şekil 4.9'da yansıtıcı yüzeyin parametreleri gösterilmiştir.

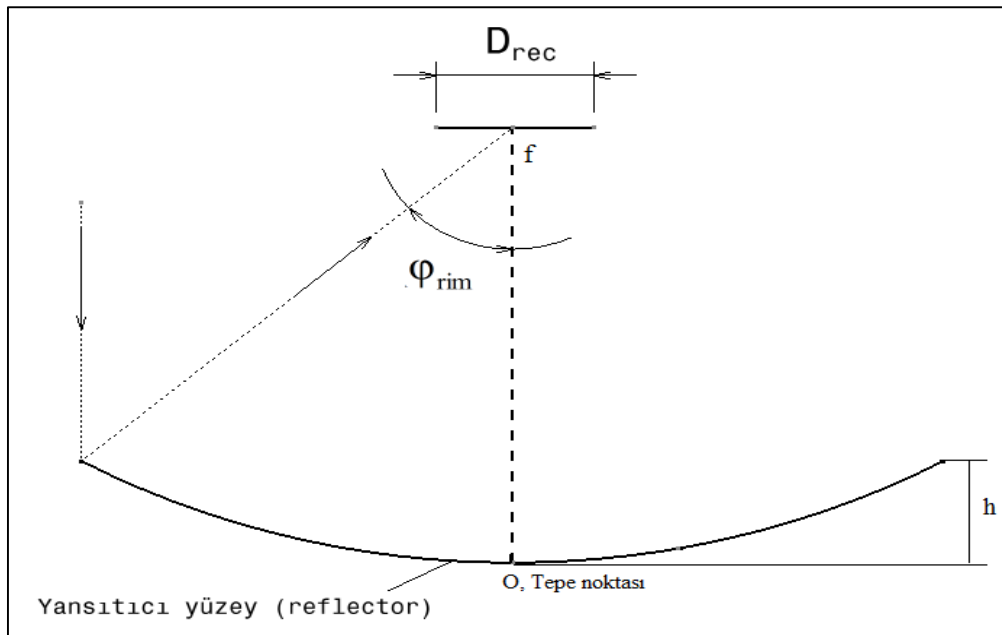
Şekil 4.9'da gösterildiği üzere odak noktası f, yansıtıcı yüzeyin uzunluğuna ve güneş ışınımının geliş açısına (ϕ_{rim}) bağlıdır.

$$f = \frac{D_{con}}{4 \tan(\phi_{rim}/2)} \quad (4.121)$$



Şekil 4.9. Yansıtıcı yüzeyin çapı (D_{con}), güneş ışınımının geliş açısına (rim angle, ϕ_{rim}) göre odak noktasının (focal point, f) gösterimi [32]

Şekil 4.10'da yansıtıcı yüzeyin odak noktasına konumlandırılan PV2 güneş paneli ve PV2 güneş panelinin uzunluğu (D_{rec}) ile ışınım geliş açısı gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Yansıtıcı yüzey ve odak noktasına konumlandırılan PV güneş paneline ait görünüm

PV2 güneş panelinin uzunluğuna (D_{rec}) bağlı olarak PV2 güneş panelinin alanı aşağıda belirtilmiştir. Bu çalışmada PV güneş panellerinin eni ve boyu 1 m x 1 m olarak alınmış ve birim metrekare alan kullanılmıştır. Bunun sonucunda PV2 güneş panel alanı:

$$A_{PV2} = 1 \text{ m}^2 \quad (4.122)$$

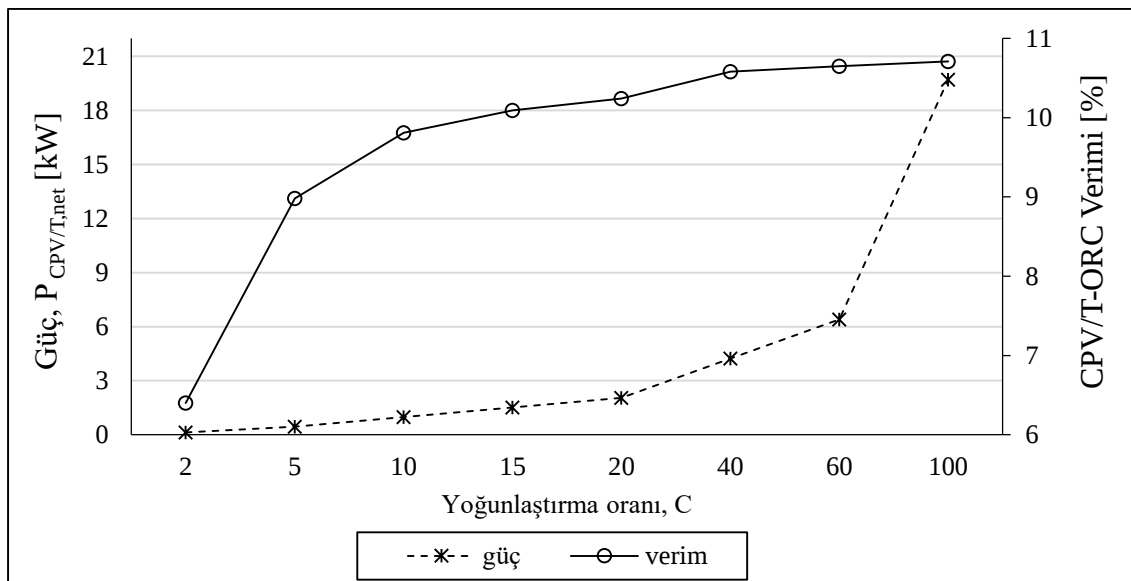
Yansıtıcı yüzeyin yüksekliği, h_{yan} aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$h_{yan} = \frac{D_{con}^2}{16f} \quad (4.123)$$

Yansıtıcı yüzeyin yoğunlaştırma oranı, C yansıtıcı yüzey alanın alıcı yüzeye (PV2) oranıdır ve aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$C = \frac{A_{con}}{A_{PV2}} \quad (4.124)$$

Yoğunlaştırma oranı CPV/T-ORC hibrid sistem üzerindeki etkisini Kosmadakis ve ark. [12] yaptıkları çalışmada göstermişlerdir (Şekil 4.11). Araştırmalarında farklı yoğunlaştırma oranlarına göre hibrid sistemden alınan net toplam güç (P_{net}) ve hibrid sistemin birinci yasa verimini incelemişlerdir.



Şekil 4.11. Farklı yoğunlaştırma oranlarına göre hibrid sistemden alınan güç ve birinci yasa verimi [12]

Şekil 4.11'e göre yoğunlaştırma oranının artmasıyla birlikte hibrid sistemin gücünde de artış meydana gelmiştir. Yoğunlaştırma oranının $C=10$ 'a kadar artması, sistemin toplam verimliliğini büyük oranda artırmış fakat bu noktadan sonra $C=100$ 'e kadar sadece yaklaşık % 1,5 oranında artırmıştır.

Şekil 4.11'e bakıldığında sistemden daha fazla güç ve verim alınması istendiğinde yoğunlaştırma oranının $C=100$ seçilmesi gerektiği görülmektedir. Ancak, yoğunlaştırma oranının artmasıyla birlikte yansıtıcı yüzeyin boyutlarının da artması, sistemin ilk kurulum ve çalışma maliyetlerini de arttıracaktır.

Hibrid sistemin tüm şartları göz önüne alındığında, bina çatılarında veya daha az alan gerektiren durumlarda minimum maliyet ile maksimum güç ve verim için yoğunlaştırma değerinin $C=10$ olduğu görülmektedir. Çünkü yoğunlaştırma oranı arttıkça yansıtıcı yüzeyin de çapı artmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada,,” sistemin genel verimliliği dikkate alınarak yoğunlaştırma oranı $C=10$ olarak alınmış ve bu sonuca göre performans verileri değerlendirilmiştir.

Literatürdeki bir diğer çalışma da yansıtıcı yüzeylerin odak noktalarının konumlarıyla ve bu konumların yansıtıcılarının ağırlıklarıyla olan ilişkileridir. Hijazi ve ark. [33] yaptıkları araştırmada odak noktasının “O” tepe noktasına yaklaştıkça yansıtıcı yüzey ağırlığının arttığı; tepe noktasından uzaklaştıkça da yansıtıcıların ağırlığının azaldığı görülmüştür. Yansıtıcı yüzeyin ağırlaşması hem sistem maliyetini arttırmakta hem de sistemin rüzgâr ve diğer fiziksel koşulların göz önüne alındığında devamlılığı bakımından uygun görülmemektedir. Ayrıca odak noktasının tepe noktasından uzaklaşması yansıtıcı yüzey ağırlığını düşürse de belli bir mesafeden sonra ağırlık merkezi yansıtıcı yüzeyin geometrik merkezinden sapmasına yol açacaktır. Diğer bir durum ise odak noktası ile yansıtıcı yüzey arasındaki mesafenin artması, yansıtıcı yüzeyin düzleşmesine ve rüzgâr gibi çevresel etmenlerden olumsuz yönde etkilenebilecek olmasıdır. Bu nedenle yukarıdaki gerekçeler göz önünde bulundurularak farklı ışınım geliş açılarına göre odak noktasının optimum değerinin belirlenmesi için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Çizelge 4.12. Odak noktasının (f), ışınlım geliş açısına (ϕ_{rim}) göre değeri

f [m]	ϕ_{rim} [°]
6,9	15
3,4	30
2,2	45
0,9	90
0,5	120
0,2	150

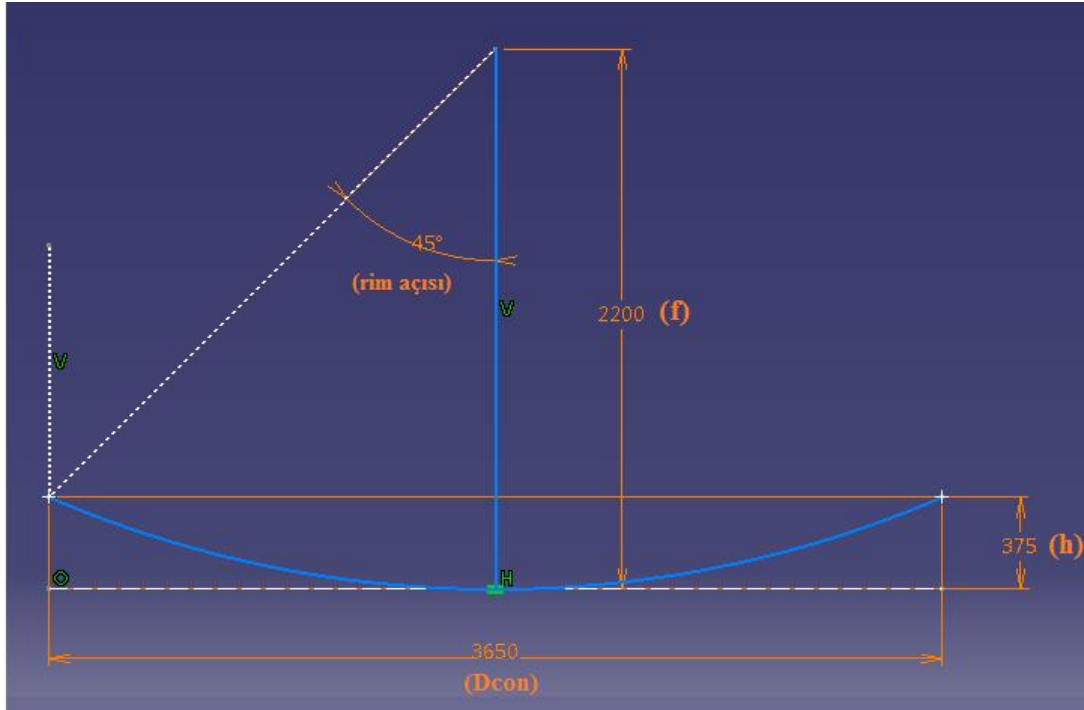
Yukarıdaki tabloya bakıldığında odak noktası için optimum değer 2,2 m'dir. Bu değere karşılık gelen ışınlım geliş açısı değeri ise 45°'dir.

Yansıtıcı yüzey yoğunlaştırma oranı $C=10$, odak noktası $f = 2,2$ m ve ışınlım geliş açısı $\phi_{rim} = 45^\circ$ olarak alındığında yansıtıcı yüzey tasarımı için belirlenen optimum parametre değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.13. Yansıtıcı yüzey parametrelerinin sayısal değerleri

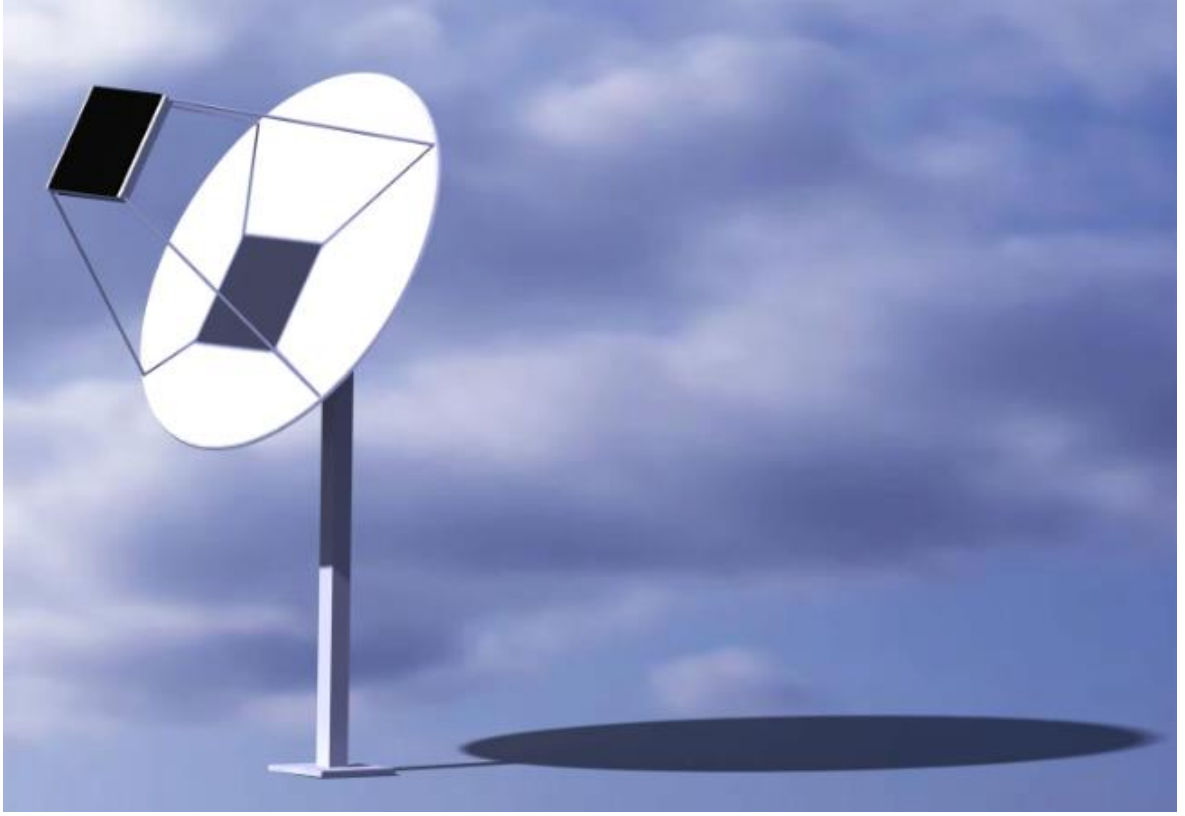
D_{rec} [m]	A_{PV} [m ²]	A_{conv} [m ²]	D_{con} [m]	C [-]	f [m]	h [m]
1	1	10	3,65	10	2,2	0,38

Çizelge 4.13'te verilen değerlere göre yansıtıcı yüzeyin CATIA V5 R21 tasarım programında oluşturulan iki boyutlu gösterimi Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Yansıtıcı yüzeyin optimum parametrik değerlere göre iki boyutlu gösterimi

Yansıtıcı yüzeyin optimum tasarım değerlerine göre CATIA V5 R21’de yansıtıcı yüzey ve PV güneş panellerinin üç boyutlu tasarımı yapılmış ve Şekil 4.13’te gösterilmiştir. Yansıtıcı yüzeyin odak noktasında güneşe direkt bakan bir adet PV güneş paneli (PV1) ve yansıtıcı yüzeye dönük bir adet PV güneş paneli (PV2) ve bu güneş panellerinin arasına buharlaştırıcı konumlandırılmıştır.



Şekil 4.13. Optimum değerlere göre tasarlanan yansıtıcı yüzey (reflector) ve PV güneş panellerinin üç boyutlu gösterimi

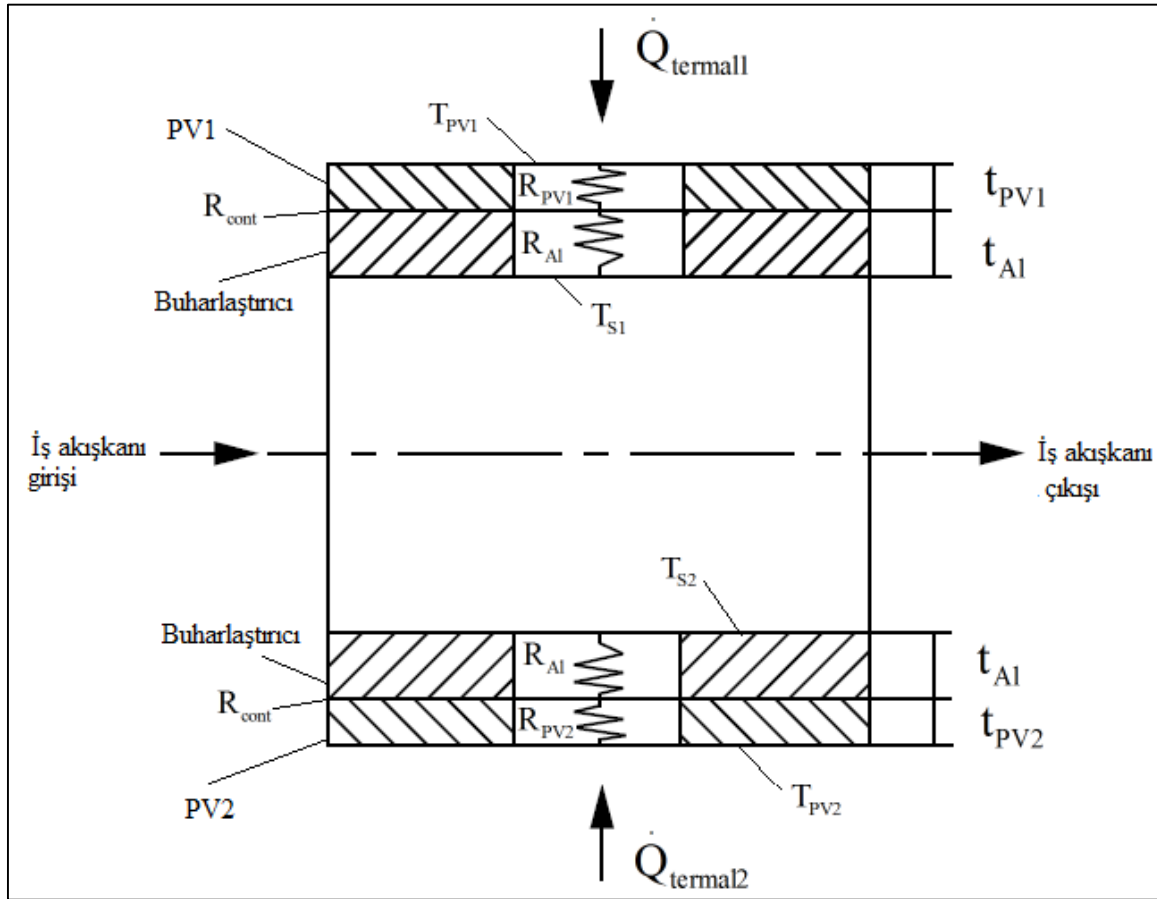
4.7. Buharlaştırıcıdan Çıkan İş Akışkanının Çıkış Sıcaklığının Analitik Olarak Belirlenmesi

Buharlaştırıcıdan çıkan iş akışkanının sıcaklığı (T_1), CPV/T-ORC hibrid sistemden alınan gücü doğrudan etkilediği için büyük önem taşımaktadır. Buharlaştırıcıdaki ısı kaybını en aza indirmek ve daha fazla güç alabilmek için iş akışkanının çıkış sıcaklığı (T_1), ısı kaynağı sıcaklığına olabildiğince yakın olmalıdır. Hiçbir ısı kaybının olmadığı ideal durumda ise T_1 çıkış sıcaklığı en fazla ısı kaynağının sıcaklığına eşit olmaktadır. Fakat uygulamalarda maalesef bu durum mümkün değildir. İş akışkanının buharlaştırıcıdan çıkış sıcaklığını (T_1) belirleme konusunda literatürde birçok çalışma vardır.

Kribus ve ark [26] yaptıkları deneysel çalışmada PV güneş paneli çalışma sıcaklığının 100 °C'de olduğunda iş akışkanı buharlaştırıcı çıkış sıcaklığının 90 °C sabit kaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Mittelman ve ark. [21] yaptıkları araştırmada CPV/T sistemlerinde ısı değiştiricisinden çıkan iş akışkan sıcaklığının ısı kaynağı sıcaklığından 10 °C ila 30 °C az olduğunu belirtmişlerdir.

Bu tezde yukarıda verilen çalışmalar referans alınarak iş akışkanının buharlaştırıcıdan çıkış sıcaklığı (T_1), PV güneş paneli çalışma sıcaklığından $10\text{ }^\circ\text{C}$ düşük olduğu kabul edilerek ısı hesaplamalar yapılmıştır.

Ayrıca bu bölümde buharlaştırıcıdan çıkan iş akışkanın çıkış sıcaklığı (T_1) analitik olarak incelenmiş ve elde edilen sonuç literatürde verilen ısı kaynağının sıcaklığı ile iş akışkanının buharlaştırıcıdan çıkış sıcaklık değerleri ile karşılaştırılmıştır. Isıl denklemleri belirlemek için iki adet PV güneş paneli ve bu güneş panellerin arasına konumlandırılan buharlaştırıcının kesit görünüşü aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 4.14.)



Şekil 4.14. İş akışkanına aktarılan ısı mekanizmasına ait kesit görünümü

Şekil 4.14'e göre PV1 güneş panelinden gelen $\dot{Q}_{thermal1}$ ve PV2 güneş panelinden $\dot{Q}_{thermal2}$ ısı yükleri, buharlaştırıcıya giren sıvı fazdaki iş akışkanının buharlaşarak ORC türbinine girmesini sağlamaktadır. Ancak PV güneş panellerinden gelen ısı yükleri, iş akışkanına etki etmeden önce PV güneş panelleri ile buharlaştırıcının iç dirençleri (R_{PV} ve R_{AL}) nedeniyle bir miktar ısı kaybına ve bu ısı kaybına bağlı olarak sıcaklık düşümüne neden olur ($T_s < T_{PV}$).

Ayrıca PV güneş paneli ile buharlaştırıcı arasında kalan boşluk da ısı direnç etkisi göstererek bir miktar ısı kaybına neden olmaktadır (R_{cont}).

Hesaplamalarda PV güneş panelleri ve buharlaştırıcıya ait malzeme ve geometrik özellikler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.14. Sistemde kullanılan bileşenlere ait ısı özellikler ve kalınlıklar [12]

Bileşenler	Kalınlık, (t_{Al} , $t_{PV1,2}$) [m]	İletkenlik, (k) [W/m/K]
PV1 güneş paneli	0,0003	145
Buharlaştırıcı (Alüminyum)	0,002	237

Çizelge 4.14'te belirtildiği üzere iş akışkan çıkış sıcaklığı aynı zamanda PV güneş paneli ve buharlaştırıcı malzemesi ile geometrik ölçülerine bağlıdır.

Buharlaştırıcıdan çıkan iş akışkanının çıkış sıcaklığını (T_1) bulmak için öncelikle buharlaştırıcı iç yüzey sıcaklığını (T_{s1} ve T_{s2}) bulmak gerekmektedir. Bunun için öncelikle buharlaştırıcı iç yüzeyine kadar olan ısı transferini ve bu ısı transferine bağlı olarak sıcaklık farkı bulunmalıdır. İletim ile ısı aktarım genel denklemi:

$$\dot{Q}_{termal1} = \Delta T / R_{toplam} \quad (4.125)$$

Burada R_{toplam} , toplam ısı transfer katsayısıdır (W/K). ΔT ise PV güneş paneli ile buharlaştırıcı iç yüzeyi arasındaki toplam sıcaklık farkıdır (K). Toplam transfer katsayısı R_{toplam} , aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$R_{toplam} = R_{PV1} + R_{Al} + R_{cont}$$

4.126

$$R_{toplam} = \frac{t_{PV1}}{k_{PV1}A} + \frac{t_{Al}}{k_{Al}A} + R_{cont} \quad (4.127)$$

Burada R_{cont} , PV güneş paneli ile buharlaştırıcı arasındaki montaj boşluğu da ısı iletiminde ısı direnç etkisi göstermektedir ve bu çalışmada $3 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ olarak alınmıştır [34]. Sayısal değerler yerine koyulduğunda toplam ısı transfer katsayısı:

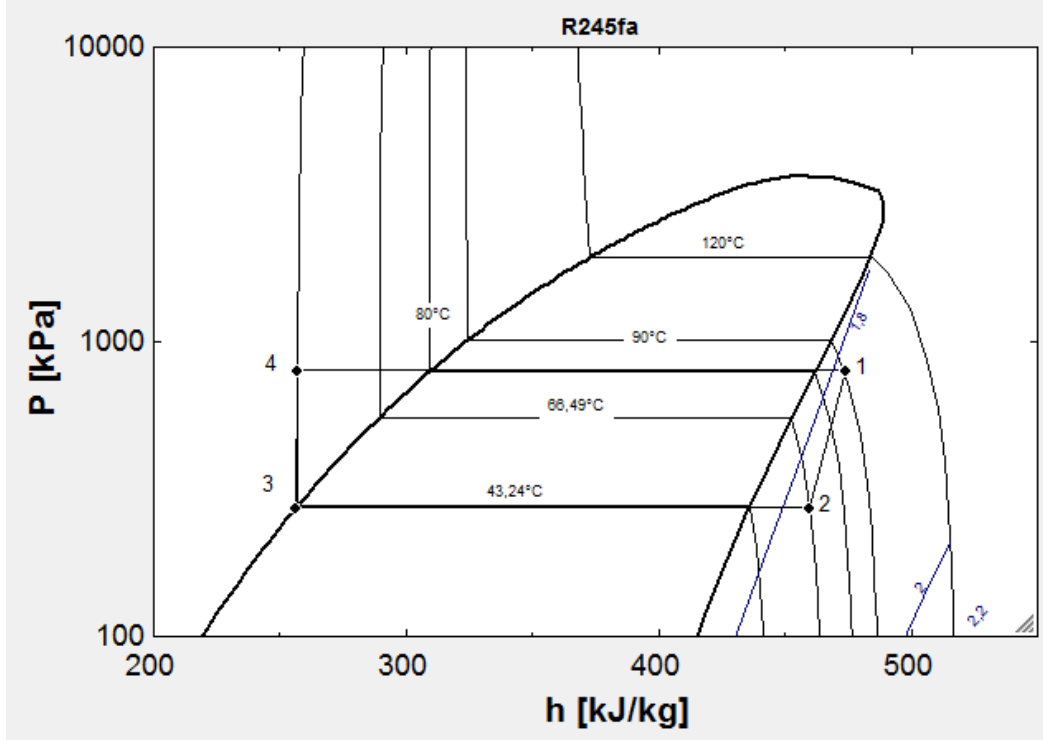
$$R_{toplam} = \frac{0,0003}{145} + \frac{0,002}{237} + 3 \times 10^{-5} = 4,05 \times 10^{-5} \text{ K/W} \quad (4.128)$$

Çıkış sıcaklığını (T_1) belirlemek için iş akışkanının termodinamik özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu nedenle hesaplamalarda örnek teşkil etmesi için PV güneş panel sıcaklığı 100°C ; ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar ve buharlaştırıcı çıkış sıcaklığı 90°C olan R245fa iş akışkanlı CPV/T-ORC hibrid sistemi seçilmiştir. Belirtilen şartlarda, Çizelge 4.15'e göre PV güneş panellerinin çalışma sıcaklığını 100°C 'de sabit tutmak için buharlaştırıcı tarafından çekilmesi gereken ısı yükü $40,0 \text{ kW}$ 'tır. Fakat buharlaştırıcının iki yüzeyine de farklı ısı akısı gelmesinden dolayı iş akışkanının çıkış sıcaklığı, PV1 ve PV2 güneş paneline göre ayrı ayrı analitik çözümü zor ve karmaşık olduğundan toplam ısı yükünün ortalaması alınmış ve buharlaştırıcının tek yüzeyinden ısı girişi olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.15. Buharlaştırıcıdaki R245fa iş akışkanına ait termodinamik özellikler

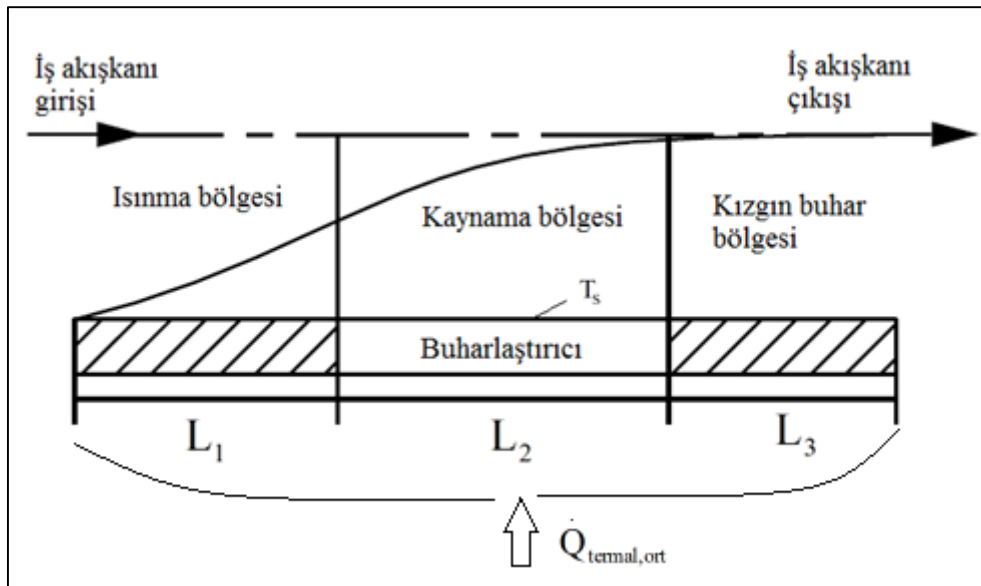
	Sıcaklık, T [$^\circ\text{C}$]	Basıncı, P [Bar]	Entalpi, h [kJ/kg]	Kütleli debi, m_{fluid} [kg/s]
Giriş	43,3	8	257,626	0,184
Çıkış	90	8	474,591	0,184

R245fa iş akışkanı ile oluşturulan ORC sistemine ait P-h diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.15. R245fa akışkanına ait P-h diyagramı

Şekil 4.15'e göre 4-1 numaralı bölgede iş akışkanı buharlaştırıcıya girmiş ve sabit basınçta 43,3 °C'den 80 °C'ye kadar doyma sıcaklığına ulaşmıştır. İş akışkanı 90 °C'de ise buharlaştırıcıdan kızgın buhar olarak çıkmıştır. Bu modele göre iş akışkanının buharlaşma mekanizması üç bölgeden oluşmaktadır. Bu mekanizmaya ait buharlaşma görseli aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 4.16. R245fa'nın buharlaşma mekanizmasına ait görsel

Şekil 4.16'ya göre buharlaştırıcı içindeki R245fa iş akışkanı sabit basınçta (8 bar) L_1 mesafesi boyunca $43,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında ısınmakta, L_2 mesafesi boyunca $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de buharlaşmakta ve L_3 uzunluğu boyunca $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar kızgın buhar haline gelmektedir. T_1 çıkış sıcaklığı belirlenirken ısı denklemler bu üç farklı bölge için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Isınma bölgesinde L_1 uzunluğunun bulunması için bu bölgede L_1 mesafesi boyunca buharlaştırıcıda bulunan iş akışkanına ne kadar ısı girdiği belirlenir. Akışkan burada sıvı fazdadır ve tek fazlı ısı transferi denklemi kullanılır. Öncelikle iş akışkanının temas ettiği buharlaştırıcı iç yüzey sıcaklığını (T_s) bulmak için:

$$\dot{Q}_{\text{termal,ort}} = (T_{\text{PV}} - T_s) / R_{\text{toplam}} \quad (4.129)$$

$$T_s = 373,15\text{ K} - 20000\text{ W} \times (4,05 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ K/W}) = 99,189\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.130)$$

L_1 mesafesinde iş akışkanın çektiği ısı miktarı;

$$\dot{Q}_{\text{termal,ort}} = h_1 A_1 \Delta T_{\text{lm}} \quad (4.131)$$

Burada h_1 , L_1 bölgesi boyunca geçerli ısı taşınım katsayısıdır ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$). ΔT_{lm} ise logaritmik ortalama sıcaklık farkını temsil etmektedir. A_1 , L_1 mesafesi boyunca iş akışkanının ısı çektiği alandır (m^2) ve aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir.

$$A_1 = L_1 \times 1 \quad (4.132)$$

Buharlaştırıcının genişliği 1 m alınmıştır.

Isı taşınım katsayısını bulmak için Nusselt sayısı (Nu) belirlenmelidir.

$$\text{Nu} = \frac{h \cdot D_h}{k_{\text{ort}}} \quad (4.133)$$

Burada D_h , buharlaştırıcının hidrolik çapıdır (m).

$$D_h = \frac{4 \cdot A_{cs}}{p_{\text{çevre}}} \quad (4.134)$$

Burada A_{cs} iş akışkanının buharlaştırıcıya girdiği kesit alanıdır (m^2). Bu çalışmada buharlaştırıcının yüksekliği 0,0005 m olarak alınmıştır. Dolayısı ile A_{cs} kesit alanı 0,0005 m^2 'dir. $p_{\text{çevre}}$, buharlaştırıcının akışkan giriş kesitindeki çevre uzunluğudur (m). k_{ort} ise ortalama ısı iletim katsayısıdır ($W/m.K$) ve 43,3 °C ile 80 °C'deki değerlerin ortalaması alınmıştır. Nusselt sayısı ise Reynolds (Re_D) ve Prandtl (Pr_{ort}) sayısı ile ilişkilidir.

$$Nu = 0,023 Re_D^{0,8} Pr_{\text{ort}}^{0,4} \quad (4.135)$$

$$Re_D = \frac{\dot{m}_{\text{fluid}} D_h}{A_{cs} \mu_{\text{ort}}} \quad (4.136)$$

Yukarıdaki denklemlerdeki sembollerin değerleri alttaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.16. Isınma bölgesindeki R245fa iş akışkanının termodinamik özellikleri

Sıcaklık, T [°C]	Basınç, P [Bar]	Yoğunluk, ρ [kg/m ³]	Entalpi, h [J/kg]	Viskozite, μ [kg/m.s]	Isıl iletkenlik, k [W/m.K]	Prandtl sayısı, Pr [-]
43,3	8	1289,325	257626,2	0,000322	0,086844	5,048902
80,0	8	1168,519	310563,5	0,000209	0,075751	4,106692

Çizelge 4.16'da verilen değerler yerine yazıldığında Reynolds sayısı (Re_D);

$$Re_D = 1385,87 \quad (4.137)$$

Reynolds sayısı ve Prandtl sayısı ile ısınma bölgesi için bulunan Nusselt sayısı;

$$Nu = 13,78 \quad (4.138)$$

Isınma bölgesi için h_1 ısı taşınım katsayısını bulmak için Denklem (4.133) uygulanır. Nusselt sayısı, hidrolik çap D_h , ve ısı iletim katsayısı k_{ort} değerleri yerine yazıldığında h_1 ;

$$h_1=1019,27 \text{ W/(m}^2\text{.K)} \quad (4.139)$$

Isı taşınım katsayısı h_1 değerine göre Denklem (4.131) kullanılarak ısınma bölgesinin L_1 uzunluğu bulunabilir. Bunun için öncelikle logaritmik ortalama sıcaklık değeri (ΔT_{lm}) belirlenmelidir.

İş akışkanının buharlaştırıcıya giriş sıcaklığı $T_g=43,3^\circ\text{C}$ ve ısınma bölgesinden çıkış sıcaklığı $T_\zeta=80^\circ\text{C}$ 'dir. Buharlaştırıcı iç yüzey sıcaklığı T_s , Denklem (4.130)'dan $99,19^\circ\text{C}$ olduğu belirlenmiştir. Buna göre;

$$\Delta T_g = T_s - T_g = 55,99^\circ\text{C} \quad (4.140)$$

$$\Delta T_\zeta = T_s - T_\zeta = 18,64^\circ\text{C} \quad (4.141)$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_g - \Delta T_\zeta}{\ln \left[\frac{\Delta T_g}{\Delta T_\zeta} \right]} = \frac{55,99 - 18,64}{\ln \left[\frac{55,99}{18,64} \right]} = 33,95^\circ\text{C} \quad (4.142)$$

Bulunan değerler Denklem (4.131)'de yerine koyulursa L_1 ısınma bölgesi uzunluğu aşağıdaki denklemden elde edilir.

$$L_1 = \frac{\dot{Q}_{\text{termal,ort}}}{1 \cdot h_1 \Delta T_{lm}} = \frac{20000 \text{ W}}{1 \text{ m} \times 1019,27 \text{ W/m}^2\text{.K} \times 33,95 \text{ K}} = 0,58 \text{ m} \quad (4.143)$$

Buharlaşma bölgesinin uzunluğunu (L_2) bulmak için benzer yöntem uygulanır. Fakat bu gölgede buharlaşma olduğu için ısı iletim katsayısı h_2 , çift faz (sıvı-buhar karışık) için farklı bir denklem kullanılarak bulunacaktır [34].

$$\frac{h_a}{h_{sp}} = 0,6683(\rho_l/\rho_v)\bar{X}^{0,16}(1-\bar{X})^{0,64}f(Fr) + 1058 \left(\frac{\dot{q}_s''}{\dot{m}_{fluid} h_{fg}} \right)^{0,7} (1-\bar{X})^{0,8} G_{s,f}$$

yada

$$\frac{h_b}{h_{sp}} = 1,136(\rho_l/\rho_v)\bar{X}^{0,72}(1-\bar{X})^{0,08}f(Fr) + 667,2 \left(\frac{\dot{q}_s''}{\dot{m}_{fluid} h_{fg}} \right)^{0,7} (1-\bar{X})^{0,8} G_{s,f} \quad (4.144)$$

$$h_2 = h_{sp} \times \max(h_a, h_b)$$

Burada h_{sp} , tek fazdaki ısı taşınım katsayısıdır. ρ_l ve ρ_v değerleri iş akışkanının sıvı ve buhar fazındaki yoğunluğudur. $\dot{q}_s''$, kritik ısı akısı miktarıdır (W/m^2). $\bar{X}$ değeri ortalama buhar kütle oranıdır ve $0 < \bar{X} \leq 0,8$ aralığında değer almaktadır.

$$\bar{X} = \frac{\dot{q}_s'' p_{çevre} x_0}{2 \times \dot{m}_{fluid} \times h_{fg}} \quad (4.145)$$

Burada orijin noktasına göre $x=0$ noktasından x_0 mesafesinde $\bar{X}$ değerinin sıfırdan pozitif yönde arttığı noktadır ve bu çalışmada 0,5 alınmıştır.

$G_{s,f}$ yüzey-sıvı kombinasyon katsayısıdır ve bu çalışmada 1,63 alınmıştır [34]. Fr ise Froude sayısıdır ve aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$Fr = (\dot{m}_{fluid} / \rho_l)^2 / (g \cdot D_h) \quad (4.146)$$

Burada $\dot{m}_{fluid}$ değeri iş akışkanının birim kesit alanı başına kütle akış debi miktarıdır ($kg/s/m^2$) ve $\dot{m}_{fluid} = \dot{m}_{fluid} / A_{cs}$ olarak tanımlanır. g , yerçekimi ivmesidir ve $9,81 \text{ m/s}^2$ alınmıştır.

Buharlaştırma bölgesindeki iş akışkanının termodinamik özellikleri alttaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.17. Buharlaşma bölgesindeki R245fa iş akışkanının termodinamik özellikleri

Sıcaklık, T [°C]	Basınç, P [Bar]	Yoğunluk, ρ [kg/m ³]	Entalpi, h [J/kg]	Viskozite, μ [kg/m.s]	Isıl iletkenlik, k [W/m.K]	Prandtl sayısı, Pr [-]
80,0	8	1168,5	310563,5	0,000209	0,075751	4,106692
80,0	8	44,33	463977,5	1,44E-05	0,021325	0,762169

Çizelge 4.17'deki değerler yerine yazıldığında Denklem (4.135) ve Denklem (4.136)'ya göre Reynolds ve Nusselt sayısı değerleri ve buna karşılık gelen tek faz ısı taşınım katsayısı h_{sp} sonuçları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Buharlaşma bölgesindeki R245fa iş akışkanının Reynolds ve Nusselt sayısına karşılık gelen tek faz ısı taşınım katsayı değeri

Nusselt Sayısı (Nu)	Reynolds Sayısı (Re _p)	h_{sp} ısı taşınım katsayısı [W/m ² /K]
1037,76	324501,2	78650,84

Denklem (4.144)'te değerler yerine yazıldığında buharlaşma bölgesindeki çift fazlı akışın ısı taşınım katsayısı h_2 bulunur.

$$\frac{h}{h_{sp}} = 0,6683(1168,519/44,3)0,35^{0,16}(1-0,35)^{0,64}5,27+1058\left(\frac{20000}{0,184 \times 153413,9}\right)^{0,7}(1-0,35)^{0,8}1,63 = 7,79$$

yada

$$\frac{h}{h_{sp}} = 1,136(1168,519/44,3)0,35^{0,72}(1-0,35)^{0,08}5,27+667,2\left(\frac{20000}{0,184 \times 153413,9}\right)^{0,7}(1-0,35)^{0,8}1,63 = 14,88$$

$$h_2 = 78650,84 \times 14,89 = 1170504,355 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Denklem (4.147) buharlaşma bölgesi için uygulandığında L_2 uzunluğu için;

$$L_2 = \frac{\dot{Q}_{\text{termal,ort}}}{1.h_2\Delta T} = \frac{20000 \text{ W}}{1 \text{ m} \times 1170504,355 \text{ W/m}^2.\text{K} \times 18,63 \text{ K}} = 0,0001 \text{ m} \quad (4.147)$$

Burada ΔT buharlaştırıcının iç yüzey sıcaklığı T_s (99,189 °C) ile iş akışkanının buharlaşma bölgesindeki sıcaklığı (80 °C) arasındaki farktır.

Kızgın buhar bölgesindeki L_3 mesafesini bulmak için tek fazlı akışkanın ısı taşınım katsayısı h_3 bulunmalıdır. Kızgın buhar bölgesindeki iş akışkanının termodinamik özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.19. Kızgın buhar bölgesindeki R245fa iş akışkanının termodinamik özellikleri

Sıcaklık, T [°C]	Basınç, P [Bar]	Yoğunluk, ρ [kg/m ³]	Entalpi, h [J/kg]	Viskozite, μ [kg/m.s]	Isıl iletkenlik, k [W/m.K]	Prandtl sayısı, Pr [-]
80	8	44,27587	463977,5	1,44E-05	0,021325	0,762169
90,0	8	42,05476	474591,8	1,47E-05	0,02209	0,743681

Bu bölgede sabit basınç altında (8 bar) iş akışkanın sıcaklığı 80 °C'den 90 °C'ye yükselmiştir ve akışkan tek fazdadır (buhar). Isı taşınım katsayısı h_3 , tek faz ısı iletim denklemlerine göre çözülmüştür. Tek faz ısı denklemlerine göre Reynolds, Nusselt ve Prandtl sayısı ile bu değerlere karşılık gelen taşınım katsayısı h_3 aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.20. Kızgın buhar bölgesindeki R245fa iş akışkanının Reynolds ve Nusselt sayısına karşılık gelen tek faz ısı taşınım katsayı değeri

Nusselt Sayısı (Nu)	Reynolds Sayısı (Re _D)	h_3 ısı taşınım katsayısı [W/m ² /K]
68,40	25307,68	1485,43

Denklem (4.148) kızgın buhar bölgesi için uygulandığında L_3 mesafe uzunluğu:

$$L_3 = \frac{\dot{Q}_{\text{termal,ort}}}{1.h_3\Delta T_{\text{lm}}} \quad (4.148)$$

ΔT_{lm} logaritmik ortama sıcaklık değeri için;

$$\Delta T_g = T_s - T_g = 19,12 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.149)$$

$$\Delta T_\varsigma = T_s - T_\varsigma = 9,12 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.150)$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_g - \Delta T_\zeta}{\ln \left[\frac{\Delta T_g}{\Delta T_\zeta} \right]} = \frac{19,12 - 9,12}{\ln \left[\frac{19,12}{9,12} \right]} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.151)$$

Değerler Denklem (4.148)'de yerine yazıldığında L_3 mesafesi 0,99 m olarak bulunacaktır. Buharlaştırıcının toplam uzunluk değeri L ise;

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 1,53 \text{ m} \quad (4.152)$$

Toplam uzunluk (L) buharlaştırıcı için 1 m seçilmiştir. Fakat çıkan sonuç 1 m'den büyük olduğu için sistem dengeye gelen kadar ısı denklemler iterasyon ile çözümlenmesi gerekmektedir.

Akışkanlar mekaniğindeki “under-relaxation factors” metodu kullanılarak iterasyon yapılırsa T_{PV} sıcaklığı;

$$\begin{aligned} dT &= T_{PV} - 0,5(T_g + T_\zeta) \\ dT_{new} &= A_{top}(dT) \\ T_{PV,new} &= 0,5(T_g + T_\zeta) + 0,5(dT + dT_{new}) \end{aligned} \quad (4.153)$$

Burada A_{top} , ısınma, buharlaşma ve kızgın buhar bölgelerindeki ısı transferi gerçekleşen alanların toplamıdır. Denklem (4.153)'ye göre ısı denklemler iterasyon ile çözümlenmiştir. 6 iterasyon sonucunda PV güneş panel sıcaklığı T_{PV} yaklaşık $104 \text{ } ^\circ\text{C}$ 'de dengeye ulaşmış ve toplam alan 1 m^2 olarak sabitlenmiştir. PV güneş panel sıcaklığı varsayılan sıcaklıktan sadece $4 \text{ } ^\circ\text{C}$ yüksek olması nedeniyle analitik çözüm beklenen sonucu vermiştir.

Denge halinde iş akışkanının buharlaştırıcıdan çıkış sıcaklığı $90 \text{ } ^\circ\text{C}$ olduğu görülmektedir. PV güneş paneli çalışma sıcaklığı ile iş akışkanının çıkış sıcaklığı arasındaki fark $14 \text{ } ^\circ\text{C}$ olduğu görülmektedir. Analitik çözüme göre literatürdeki ısı kaynağı sıcaklığı ile iş akışkanının buharlaştırıcıdan çıkış sıcaklığı arasındaki farkın tutarlı görünmektedir.

Bu tezde PV güneş panel sıcaklığı ile buharlaştırıcıdan çıkan iş akışkanının çıkış sıcaklığı farkı $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ alınmıştır.

5. YOĞUNLAŞTIRILMIŞ FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLİ/ORGANİK RANKINE ÇEVİRİMİ (CPV/T-ORC) HİBRİT SİSTEMİN TERMODİNAMİK HESAPLAMALARI

Bu bölümde CPV/T-ORC hibrid sisteminin parametrik performans analizi yapılmıştır. Sekiz farklı iş akışkanına göre oluşturulan hibrid sistemde, ORC türbin girişi sıcaklıkları (T_1) 80 °C ile 190 °C arasında olmak üzere, ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8, 10, 13, 15, 18 ve 20 bar olan farklı ORC sistemleri incelenmiştir. Hibrid sistemler, net güç çıkışına (kW), termodinamiğin birinci ve ikinci yasa verimlerine göre incelenmiştir.

CPV/T-ORC hibrid sisteminde PV güneş panellerinin elektrik verimleri termodinamiğin birinci yasasına göre aşağıda bulunan Denklem (5.1)'deki gibi tanımlanmıştır [12].

$$\eta_{I,PV} = \frac{P_{PV1} + P_{PV2}}{\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}} \quad (5.1)$$

CPV/T-ORC hibrid sisteminin geliştirilmiş birinci yasa verimliliği aşağıdaki Denklem (5.2) ve (5.3)'teki gibi ifade edilmiştir [12].

$$\eta_{I, CPV/T-ORC} = \frac{P_{PV1} + P_{PV2}}{\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}} + \frac{P_{ORC,T} - P_{ORC,P} - P_{cw,P}}{\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}} \quad (5.2)$$

$$\eta_{I, CPV/T-ORC} = \eta_{I,PV} + \eta_{I,ORC} \quad (5.3)$$

CPV/T-ORC hibrid sisteminin geliştirilmiş ikinci yasa verimi ise Denklem (5.4)'te verilmiştir.

$$\eta_{II, CPV/T-ORC} = \frac{\eta_{I, CPV/T-ORC}}{\eta_{th}} \quad (5.4)$$

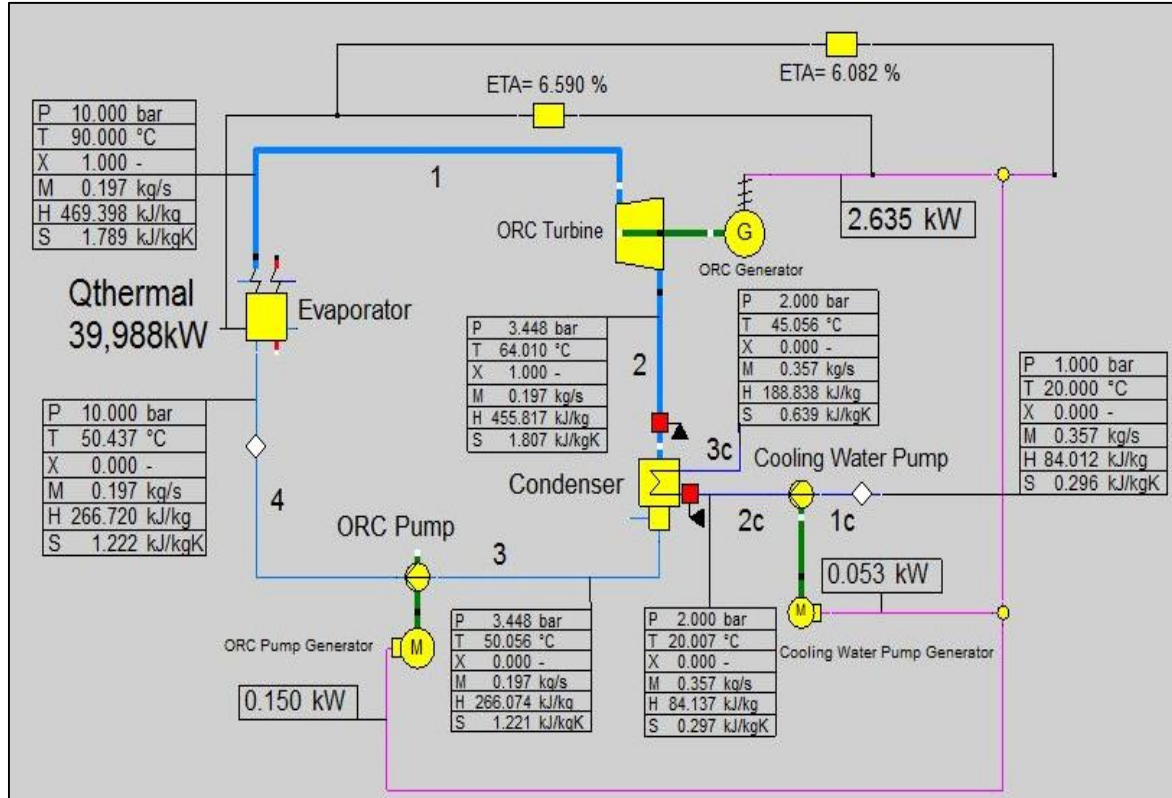
5.1. CPV/T-ORC Hibrid Sisteminden Elde Edilen Güç ve Verim Analizi

Bu bölümde, CPV/T-ORC hibrid sisteminde PV güneş panellerinin çalışma sıcaklıklarına göre ORC sisteminde farklı iş akışkanları ile oluşturulan çevrimlerin termodinamik hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca, ORC türbin giriş sıcaklık (T_1) ve basınca (P_1) göre her bir

sisteminin termodinamik özellikleri ve elde edilen elektrik enerjisi ile termodinamiğin birinci ve ikinci yasa verimleri paylaşılmıştır. EBSILON Professional 14 paket programı ile R245fa iş akışkanı kullanılarak oluşturulan hibrid sistemin ORC bölümüne ait sistem tasarımı ve analiz sonucu aşağıdaki Şekil 5.1’de paylaşılmıştır.

Çizelge 5.1. Ebsilon Professional 14. programı ile oluşturulan R245fa iş akışkanlı ORC' ye ait termodinamik sonuçlar

n	Sıcaklık T [°C]	Basınç P [Bar]	Entalpi, h [kJ/kg]	Kuruluk derecesi, x [-]	İş Akışkanı Kütlesel Debi, $\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	Soğutma Suyu Kütlesel Debi $\dot{m}_{cw}$ [kg/s]
1	90	10	469,4	1	0,197	-
2	64	3,448	455,8	1	0,197	-
3	50	3,448	266,1	0	0,197	-
4	50	10	266,7	0	0,197	-
1c	20	1	84,0	-	-	0,357
2c	20	2	84,1	-	-	0,357
3c	45	2	188,8	-	-	0,357



Şekil 5.1. Ebsilon Professional 14. Programı ile modellenen R245fa iş akışkanına ait ORC sistemine ait görünüm

CPV/T-ORC hibrid sisteminde PV güneş panelinin çalışma sıcaklıklarına bağlı olarak değişen toplam soğutma ısı yüküne (Q_{termal}) göre, hibrid sistem ve ORC'nin farklı iş akışkanları ile parametrik analizi EBSILON Professional 14 programı ile yapılmıştır. Bu bölümde her bir akışkan için elde edilen maksimum güce göre CPV/T-ORC hibrid sistemine ait termodinamik sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Ayrıca her bir akışkan için ORC türbin giriş basıncı 8-20 bar aralığında olan tüm sistemlerin sonucu tablolar halinde EKLER bölümünde verilmiştir.

5.1.1. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.2'de R245fa iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{\text{giriş}}$) 8 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{\text{çıkış}}$) 2,566 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Buna göre sistemden en fazla güç ($P_{\text{ORC,net}}$), $T_1=90^\circ\text{C}$ 'de 2,4 kW olarak elde edilmiştir. ORC türbin giriş sıcaklığının (T_1) artışına bağlı olarak sistemden alınan net güç azalmıştır. Aynı şekilde CPV/T-ORC hibrid sisteminin birinci ve ikinci yasa verimleri de sıcaklığın artışına bağlı olarak azalmıştır. En yüksek birinci ($\eta_{\text{I, CPV/T-ORC}}$) yasa ve ikinci yasa verimi ($\eta_{\text{II, CPV/T-ORC}}$) $T_1=90^\circ\text{C}$ 'de % 11,1 ve %51,1 olarak alınmıştır. ORC sisteminde kullanılan iş akışkan debisinin ($\dot{m}_{\text{fluid}}$) T_1 sıcaklığının artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Sistemde kullanılan en fazla iş akışkan debisi $T_1=90^\circ\text{C}$ 'de, 0,184 kg/s olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245fa 8-2,566 bar ($P_{\text{giriş}}-P_{\text{çıkış}}$)						
$T_{\text{hücre}} [^\circ\text{C}]$	100	110	120	130	140	150	160
$T_1 [^\circ\text{C}]$	90	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{\text{termal}} [\text{kW}]$	40,0	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{\text{fluid}} [\text{kg/s}]$	0,184	0,175	0,167	0,159	0,152	0,145	0,139
$P_{\text{ORC,T}} [\text{kW}]$	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4

Çizelge 5.2. (devam) R245fa iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7
η_{th} [%]	21,7	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$P_{PV,T}$ [kW]	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,1	10,7	10,3	9,9	9,4	9,0	8,6
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	51,1	45,0	40,0	35,8	32,3	29,2	26,4

5.1.2. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.3’de n-Bütan (R600) iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{giriş}$) 13 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{çıkış}$) 4,483 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Analiz sonucuna göre sistemden en fazla güç ($P_{ORC,net}$) $T_1=100$ °C-120 °C aralığında 2,7 kW olarak elde edilmiştir. Sistemden alınan net güç sıcaklık artışıyla azalma eğilimi göstermiştir. ORC’de kullanılan iş akışkan debisi sıcaklık artışıyla azalmış en yüksek debi $T_1=100$ °C’de 0,096 kg/s olarak hesaplanmıştır. CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci ve ikinci yasa veriminin T_1 sıcaklığının artışına bağlı azaldığı görülmüştür. Hibrid sistemin en yüksek birinci ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) ve ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$), $T_1=100$ °C’de % 11,4 ile % 47,9 olarak hesaplanmıştır. En az birinci ve ikinci yasa verimi ise $T_1=150$ °C’de %9,3 ve % 28,4 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.3. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Bütan (R600) 13-4,483 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	110	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,096	0,09	0,086	0,081	0,077	0,074
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,8	6,7	6,7	6,7	6,6	6,5
η_{th} [%]	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$P_{PV,T}$ [kW]	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,4	10,9	10,5	10,1	9,7	9,3
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	47,9	42,6	38,2	34,5	31,3	28,4

5.1.3. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.4’de R123 iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{giriş}$) 13 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{çıkış}$) 4,407 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hibrid sistemden en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) $T_1=130$ °C -170 °C aralığında alınmıştır. Sistemden alınan net güç giriş sıcaklığına bağlı olarak azalmıştır. Sistemde kullanılan iş akışkan debisi ($\dot{m}_{fluid}$) en fazla $T_1=130$ °C’de 0,224 kg/s olarak bulunmuştur. Aynı şekilde, iş akışkan debisi türbin giriş sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak azalmıştır. Hibrid sistemin birinci ve ikinci yasa verimi sıcaklık artışına ters yönde azalmıştır. $T_1=130$ °C’de en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) % 10,1; en yüksek ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) % 34,5 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.4. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R123 13-4,407 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,224	0,212	0,201	0,191	0,182	0,174
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınıml} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,1	9,7	9,3	8,9	8,5	8,0
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	34,5	31,3	28,6	26,1	23,8	21,8

5.1.4. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.5'te n-Pentan iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{giriş}$) 10 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{çıkış}$) 3,333 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Epsilon programı ile yapılan analiz sonuçlarına göre hibrid sistemden alınan en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) $T_1=140$ °C-150 °C aralığında 2,6 kW olarak hesaplanmıştır. Sistemden alınan net gücün, türbin giriş sıcaklığının (T_1) artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. ORC siteminde kullanılan iş akışkan debisi en fazla $T_1=130$ °C'de 0,097 kg/s'dir. Ayrıca hibrid sistemin birinci ve ikinci yasa verimlerinin T_1 sıcaklığındaki artışa bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Hibrid sistemde alınan en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) $T_1=130$ °C'de % 10,0 ve alınan en yüksek ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) $T_1=130$ °C'de % 34,2 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Pentan 10-3,333 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,097	0,091	0,086	0,081	0,077	0,073	0,070
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,5	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,0	9,6	9,1	8,7	8,2	7,7	7,3
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	34,2	30,9	28,0	25,4	23,1	21,0	19,1

5.1.5. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.6'da İso-Pentan iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{giriş}$) 13 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{çıkış}$) 3,514 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hibrid sistemden en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) $T_1=130$ °C-140 °C aralığında alınmıştır. Sistemden alınan net güç, T_1 giriş sıcaklığına bağlı olarak azalmıştır. Sistemde kullanılan iş akışkan debisi ($\dot{m}_{fluid}$) en fazla $T_1=130$ °C'de 0,100 kg/s olarak bulunmuştur. Aynı şekilde iş akışkanının debisi, türbin giriş sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak azalmıştır. Hibrid sistemin birinci ve ikinci yasa verimi sıcaklık artışına ters yönde azalmıştır. $T_1=130$ °C'de en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) % 10,8; en yüksek ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) % 37,0 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	İso-Pentan 13-3,514 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,100	0,093	0,088	0,083	0,078	0,074
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,8	10,4	9,9	9,5	9,0	8,5
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	37,0	33,6	30,5	27,8	25,3	23,1

5.1.6. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.7’de R21 iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{giriş}$) 20 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{çıkış}$) 5,688 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Analiz sonucuna göre sistemden en fazla güç ($P_{ORC,net}$) $T_1=130$ °C-150 °C aralığında 3,3 kW olarak elde edilmiştir. Sistemden alınan net güç sıcaklık artışıyla azalma eğilimi göstermiştir. ORC’de kullanılan iş akışkan debisi ($\dot{m}_{fluid}$) sıcaklık artışıyla azalmış en yüksek debi $T_1=100$ °C’de 0,216 kg/s olarak hesaplanmıştır. CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci ve ikinci yasa veriminin T_1 sıcaklığının artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Hibrid sistemin en yüksek birinci ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) ve ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$), $T_1=130$ °C’de % 11,3 ile % 38,6 olarak hesaplanmıştır. En az birinci ve ikinci yasa verimi ise $T_1=180$ °C’de % 10,0 ve % 28,2 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.7. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.

Akışkan	R21 20-5,688 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,216	0,205	0,196	0,187	0,179
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	11,3	11,0	10,7	10,4	10,0
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	38,6	35,5	32,8	30,4	28,2

5.1.7. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.8’de R11 iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{giriş}$) 13 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{çıkış}$) 3,536 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Buna göre sistemden en fazla güç ($P_{ORC,net}$), $T_1=150$ °C’de 3,32 kW olarak elde edilmiştir. ORC türbin giriş sıcaklığının (T_1) artışına bağlı olarak sistemden alınan net güç azalmıştır. Aynı şekilde CPV/T-ORC hibrid sisteminin birinci ve ikinci yasa verimleri de sıcaklığın artışına bağlı olarak azalmıştır. En yüksek birinci ($\eta_{I, CPV/T-ORC}$) yasa ve ikinci yasa verimi ($\eta_{II, CPV/T-ORC}$) $T_1=130$ °C’de % 11,4 ve % 38,9 olarak hesaplanmıştır. ORC sisteminde kullanılan iş akışkanı debisinin ($\dot{m}_{fluid}$) , T_1 sıcaklığının artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Sistemde kullanılan en fazla iş akışkan debisi $T_1=130$ °C’de, 0,204 kg/s olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.8. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R11 13-3,536 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,204	0,195	0,188	0,181	0,174	0,168	0,162
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,30	3,31	3,32	3,31	3,29	3,28	3,26
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,4	11,0	10,7	10,3	9,9	9,5	9,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	38,9	35,6	32,8	30,2	27,8	25,7	23,7

5.1.8. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin güç ve verim analizi

Çizelge 5.9’da R245ca iş akışkanı ile ORC türbin giriş basıncı ($P_{giriş}$) 13 bar ve türbin çıkış basıncı ($P_{çıkış}$) 4,333 bar olan ORC sisteminin farklı türbin giriş sıcaklığına (T_1) göre termodinamik sonuçları paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hibrid sistemden en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) $T_1=120$ °C -140 °C aralığında 2,5 kW olarak alınmıştır. Sistemden alınan net güç giriş sıcaklığına bağlı olarak azalmıştır. Sistemde kullanılan iş akışkanı debisi ($\dot{m}_{fluid}$) en fazla $T_1=120$ °C’de 0,184 kg/s olarak bulunmuştur. Aynı şekilde iş akışkan debisi, türbin giriş sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak azalmıştır. Hibrid sistemin birinci ve ikinci yasa verimi sıcaklık artışına ters yönde azalmıştır. $T_1=120$ °C’de en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) %10,2; en yüksek ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) % 37,2 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.9. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar.

Akışkan	R245ca 13-4,333 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,184	0,173	0,164	0,155	0,148	0,140
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,3	6,3	6,2	6,2	6,1	6,0
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,2	9,8	9,4	9,0	8,5	8,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	37,2	33,5	30,3	27,5	25,0	22,8

5.2. CPV/T-ORC Hibrid Sistemde Kullanılan Bileşenlerin Ekserji Analizi ve İkinci Yasa Verimlerinin İncelenmesi

Bu bölümde, EBSILON Professional 14. programı ile modellenen ORC sistemlerinde kullanılan bileşenlerin ekserji analizleri yapılmış ve bileşenlerin performansları termodinamiğin ikinci yasa verimine göre incelenmiştir. R245fa, n-Bütan (R600), R123, n-Pentan, İso-Pentan, R21, R11 ve R245ca iş akışkanlarıyla farklı çalışma sıcaklık ve basınçlarda oluşturulan ORC sistemlerinde, her bir akışkan için maksimum güç ($P_{ORC,net}$) alınan çevrimin ikinci yasa çözümlemesi tablolar halinde sunulmuştur.

Ayrıca, sekiz iş akışkanı için ORC türbin giriş sıcaklığı (T_1), 80 °C-190 °C ve türbin giriş basıncı 8-20 bar arasında değişen tüm çevrimlere ait ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi tablolar halinde EKLER bölümünde sunulmuştur.

5.2.2. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan orc sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi

Çizelge 5.11’de n-Bütan (R600) iş akışkanı ile ORC sisteminden maksimum güç elde edilen ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi yapılmıştır. Sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak buharlaştırıcıda ve yoğuşturucuda enerji kaybının ($\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ & $\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) arttığı görülmüştür. Bu enerji kaybının artışı ile birlikte bileşenlerinin ikinci yasa verimleri de azalmıştır ($\eta_{\text{II, evap}}$ & $\eta_{\text{II, cond}}$). ORC türbin giriş sıcaklığının artması türbinden kaybedilen enerjinin ($\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) azalmasını sağlamış ORC türbininin ikinci yasa verimi ($\eta_{\text{II, ORC, T}}$), sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır. ORC iş akışkanı pompasında ve soğutma suyu pompasında sıcaklığın artışına bağlı entropi üretiminin çok az olması nedeniyle enerji kaybı ($\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ & $\dot{I}_{\text{cw, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) görülmemiş ve bileşenlerin verimleri ($\eta_{\text{II, ORC, P}}$ & $\eta_{\text{II, cw, P}}$) sabit kalmıştır. Genel olarak ORC çevriminde en yüksek ikinci yasa verimi $T_1=100$ °C’de % 77,6 ile buharlaştırıcıda görülmüştür. Aynı şekilde sıcaklık artışı ile en fazla enerji kaybı yine $T_1=150$ °C’de 4,9 kW ile buharlaştırıcıda görülmüştür.

Çizelge 5.11. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150
$\eta_{\text{II, evap}}$ [%]	77,6	72,4	68,7	65,8	63,6	61,8
$\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	2,1	2,8	3,4	3,9	4,4	4,9
$\eta_{\text{II, ORC, T}}$ [%]	72,0	73,0	73,4	73,7	74,4	75,1
$\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9
$\eta_{\text{II, cond}}$ [%]	40,3	39,9	36,5	35,3	33,4	31,2
$\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9
$\eta_{\text{II, ORC, P}}$ [%]	69,8	69,8	69,8	69,8	69,8	69,8
$\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
$\eta_{\text{II, cw, P}}$ [%]	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5
$\dot{I}_{\text{cw, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

5.2.3. R123 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi

Çizelge 5.12’de R123 iş akışkanı ile ORC sisteminden maksimum güç elde edilen ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre sıcaklık artışına bağlı olarak enerji kaybının buharlaştırıcıda ve yoğuşturucuda ($\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ & $\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) olduğu görülmüştür. Bu artışın sonucu olarak da bileşenlerinin ikinci yasa verimleri ($\eta_{\text{II, evap}}$ & $\eta_{\text{II, cond}}$) sıcaklığın artması ile azalmıştır. ORC türbininde sıcaklık artışına ters orantı olarak enerji kaybı azalmış ($\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) ve bileşenlerin ikinci yasa verimi ($\eta_{\text{II, ORC, T}}$) artmıştır. Sıcaklığın artması ile birlikte ORC iş akışkanı pompasında ve soğutma suyu pompasında entropi üretiminin çok az olması nedeniyle enerji kaybı ($\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ & $\dot{I}_{\text{cw, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) görülmemiş ve verimleri ($\eta_{\text{II, ORC, P}}$ & $\eta_{\text{II, cw, P}}$) sabit kalmıştır. Sistemde genel anlamda en yüksek ikinci yasa verimi $T_1=130\text{ }^\circ\text{C}$ ’de % 85,2 ile buharlaştırıcıda görülmüştür fakat en fazla enerji kaybı yine $T_1=180\text{ }^\circ\text{C}$ ’de 4,1 kW ile buharlaştırıcıda meydana gelmiştir.

Çizelge 5.12. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	130	140	150	160	170	180
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	85,2	81,3	78,1	75,2	73,0	71,3
$\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,7	2,3	2,8	3,3	3,7	4,1
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	73,6	74,5	74,1	74,9	75,6	76,2
$\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	47,5	48,1	45,5	45,7	45,3	41,4
$\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,1	3,2	3,4	3,4	3,5	3,9
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	63,9	63,9	63,9	63,9	63,9	63,9
$\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$\eta_{\text{II, cw, P}} [\%]$	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5
$\dot{I}_{\text{cw, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

5.2.5. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi

Çizelge 5.14.'de İso-Pentan iş akışkanı ile ORC sisteminden maksimum güç elde edilen ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi yapılmıştır. Sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak buharlaştırıcıda ve yoğuşturucuda enerji kaybının ($\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ & $\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) artmıştır. Bu enerji kaybının artışı ile birlikte sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak bileşenlerinin ikinci yasa verimleri ($\eta_{\text{II, evap}}$ & $\eta_{\text{II, cond}}$) de azalmıştır. ORC türbin giriş sıcaklığının artması, türbinden kaybedilen enerjinin ($\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) azaldığını göstermiştir. ORC türbinin ikinci yasa verimi ($\eta_{\text{II, ORC, T}}$) sıcaklığın artışına doğru orantılı olarak artmıştır. ORC iş akışkanı pompasında türbin giriş sıcaklığına (T_1) bağlı olarak kaybedilen enerjinin ($\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) azaldığı görülmüş fakat bu etki çok az olduğu için pompanın ikinci yasa veriminde bir etkisi görülmemiştir. Sonuç olarak çevrimde kullanılan bileşenler arasında en yüksek ikinci yasa verimi %85,6 ile $T_1=130$ °C'de buharlaştırıcıda görülmüştür. Ayrıca en fazla kayıp enerji $T_1=180$ °C'de 4,0 kW ile buharlaştırıcı da ve yoğuşturucuda görülmüştür.

Çizelge 5.14. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180
$\eta_{\text{II, evap}}$ [%]	85,6	81,4	78,3	75,8	73,6	72,0
$\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,7	2,3	2,8	3,2	3,6	4,0
$\eta_{\text{II, ORC, T}}$ [%]	73,7	74,6	74,9	75,2	75,9	76,5
$\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9
$\eta_{\text{II, cond}}$ [%]	45,4	42,9	43,2	40,0	39,5	38,5
$\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	3,0	3,2	3,3	3,6	3,8	4,0
$\eta_{\text{II, ORC, P}}$ [%]	71,9	71,9	71,9	71,9	71,9	71,9
$\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04
$\eta_{\text{II, CW, P}}$ [%]	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5
$\dot{I}_{\text{CW, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

5.2.6. R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi

Çizelge 5.15.'te R21 iş akışkanı ile ORC sisteminden maksimum güç elde edilen ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre sıcaklık artışına bağlı olarak enerji kaybının buharlaştırıcıda ve yoğuşturucuda ($\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ & $\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) olduğu görülmüştür. Bu artışın sonucu olarak da bileşenlerinin ikinci yasa verimleri ($\eta_{\text{II, evap}}$ & $\eta_{\text{II, cond}}$) sıcaklığın artması ile azalmıştır. ORC türbininde sıcaklık artışına ters olarak enerji kaybı azalmış ($\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) ve bileşenin ikinci yasa verimi ($\eta_{\text{II, ORC, T}}$) artmıştır. Soğutma suyu pompasında sıcaklığın artması ile herhangi bir enerji kaybı ($\dot{I}_{\text{cw, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) görülmemiş ve verimi ($\eta_{\text{II, cw, P}}$) sabit kalmıştır. ORC pompasında $T_1=130\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de arasında herhangi bir enerji kaybı ($\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) görülmemiş, $T_1=170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de enerji kaybı azalmıştır. Genel olarak ikinci yasa verimi en yüksek $T_1=130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de % 83,0 ile buharlaştırıcıda görülmüştür. En fazla enerji kaybı ($\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) $T_1=170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 4, kW ile buharlaştırıcıdadır.

Çizelge 5.15. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^{\circ}\text{C}]$	130	140	150	160	170
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	83,0	78,8	75,7	72,8	70,8
$\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,0	2,6	3,1	3,6	4,0
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	72,1	72,4	72,6	74,1	74,2
$\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	45,9	45,9	45,2	43,6	42,0
$\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2
$\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
$\eta_{\text{II, cw, P}} [\%]$	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6
$\dot{I}_{\text{cw, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

5.2.8. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi

Çizelge 5.17.'de R245ca iş akışkanı ile ORC sisteminden maksimum güç elde edilen ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemesi yapılmıştır. Türbin giriş sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak buharlaştırıcıda ve yoğunlaştırıcıda enerji kaybı ($\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ & $\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) artmıştır. Bu enerji kaybının artışı ile birlikte sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak bileşenlerinin ikinci yasa verimleri ($\eta_{\text{II, evap}}$ & $\eta_{\text{II, cond}}$) de azalmıştır. ORC türbin giriş sıcaklığının artması, türbinden kaybedilen enerjinin ($\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) azaldığını göstermiştir. ORC türbinin ikinci yasa verimi ($\eta_{\text{II, ORC, T}}$) sıcaklığın artışına doğru orantılı olarak artmıştır. ORC iş akışkanı pompasında türbin giriş sıcaklığına (T_1) bağlı olarak kaybedilen enerjinin ($\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$) azaldığı görülmüş fakat bileşenin ikinci yasa veriminde bir artış olmamıştır. Ayrıca soğutma suyu pompasında sıcaklığın artmasına bağlı enerji kaybında bir değişiklik görülmemiş bileşenin ikinci yasa verimi sabit kalmıştır. Termodinamik analiz sonuçlarına göre en yüksek ikinci yasa verimine sahip bileşen $T_1=130$ °C'de % 85,0 olarak buharlaştırıcı olmuştur. En fazla enerji kaybı ise $T_1=170$ °C'de 4,2 kW ile buharlaştırıcıda görülmüştür.

Çizelge 5.17. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170
$\eta_{\text{II, evap}}$ [%]	85,0	80,4	76,7	73,8	71,5	69,8
$\dot{I}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,6	2,3	2,8	3,3	3,8	4,2
$\eta_{\text{II, ORC, T}}$ [%]	73,0	73,9	74,7	75,5	76,1	75,8
$\dot{I}_{\text{ORC, T}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
$\eta_{\text{II, cond}}$ [%]	46,6	44,4	44,8	41,9	41,5	40,9
$\dot{I}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	3,0	3,2	3,2	3,5	3,6	3,7
$\eta_{\text{II, ORC, P}}$ [%]	65,7	65,7	65,7	65,7	65,7	65,7
$\dot{I}_{\text{ORC, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
$\eta_{\text{II, cw, P}}$ [%]	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5
$\dot{I}_{\text{cw, P}}=T_0\Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Sekiz farklı iş akışkanları ile farklı çalışma sıcaklık ve basıncına göre oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemlerde kullanılan bileşenlerin ekserji analizi ve ikinci yasa çözümlemeleri kullanılabilir kayıp enerjinin en fazla buharlaştırıcıda ve yoğuşturucuda olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda bileşenler arasında en yüksek ikinci yasa verimine yine buharlaştırıcılar sahiptir. ORC iş akışkanı pompasında ve soğutma suyu pompasında entropi üretiminin çok az olduğu ve neredeyse bu kaybın ihmal edilebilir düzeyde sistemlere etki ettiği görülmüştür.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu tezde, ORC türbin giriş sıcaklığı 10 °C'lik artışla 80 °C'den 190 °C'ye kadar ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8, 10, 13, 15, 18 ve 20 bar olan sekiz farklı iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemin performans analizi yapılmıştır. R245fa, n-Bütan (R600), R123, n-Pentan, İso-Pentan, R21, R11 ve R245ca iş akışkanları ile EBSILON Professional 14. programı kullanılarak toplam 287 farklı CPV/T-ORC sistemi oluşturulmuştur.

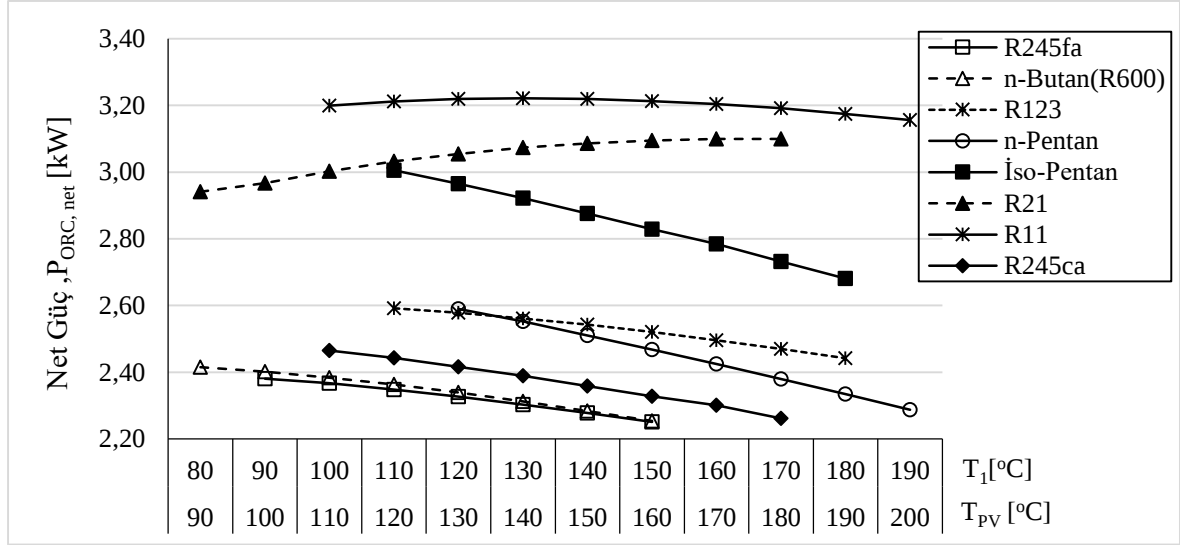
Analiz sonuçları;

- i. İş akışkanlarının belli bir ORC türbin giriş basıncında (P_1), PV güneş panel çalışma sıcaklığına bağlı ORC net güç çıkışına ($P_{ORC,net}$) göre,
- ii. İş akışkanlarının belli bir ORC türbin giriş basıncında (P_1), PV güneş panel çalışma sıcaklığına bağlı ve CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci yasa verimliliğine göre,
- iii. İş akışkanlarının belli bir ORC türbin giriş basıncında (P_1), PV güneş panel çalışma sıcaklığına bağlı ve CPV/T-ORC hibrid sistemin ikinci yasa verimliliğine göre,
- iv. Her bir iş akışkanının farklı ORC türbin giriş basıncında (P_1), ORC net güç ($P_{ORC,net}$) ve CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci yasa verimliliğine ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) göre,

değerlendirilmiştir.

6.1. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 8 bar Olan ORC Sisteminin Değerlendirilmesi

ORC sisteminde türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrime ait güç ve verim sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



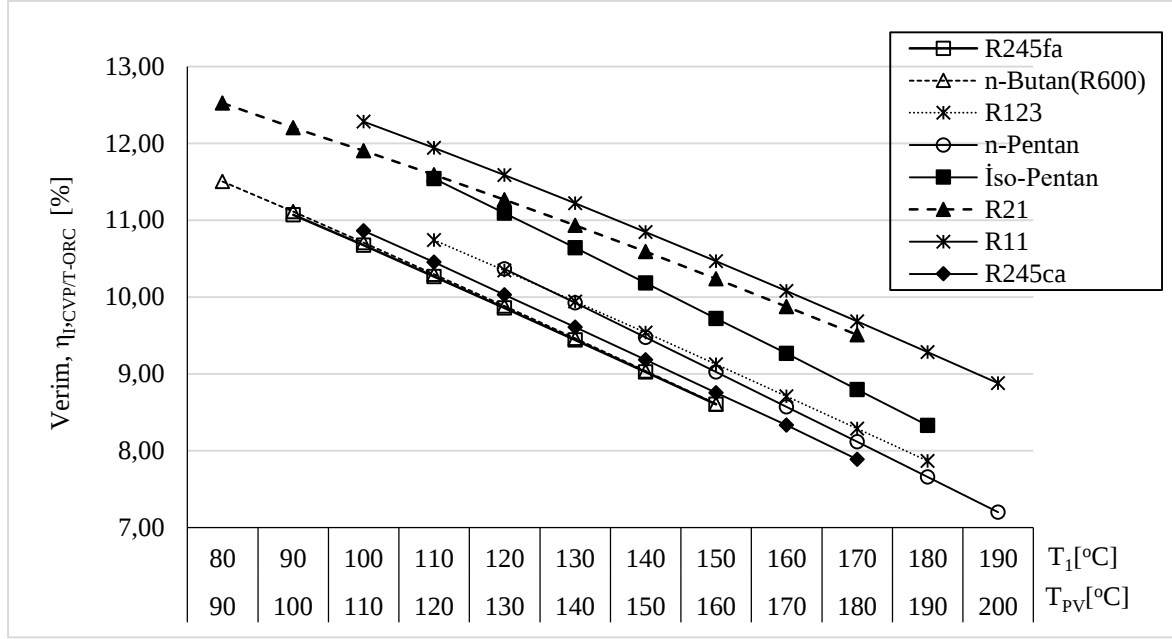
Şekil 6.1. $P_1=8$ basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği

Buna göre $P_1=8$ bar basınçta, R245fa iş akışkanının çalışma sıcaklık aralığı (T_1) 90 °C-150 °C, n-Bütan (R600)'nın 80 °C-150 °C, R123'ün 110 °C-180 °C, n-Pentan'nın 120 °C-19 °C'dir. İso-Pentan'nın çalışma sıcaklık aralığı 110 °C-180 °C, R21'in 80 °C-170 °C, R11'in 100 °C-190 °C ve R245ca'nın 100 °C ile 170 °C aralığında olduğu tespit edilmiştir.

R11 iş akışkanından alınan gücün ($P_{ORC,net}$), ORC türbin giriş sıcaklığının 100 °C-140 °C arasında sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak arttığı, 140 °C-190 °C aralığında ise sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

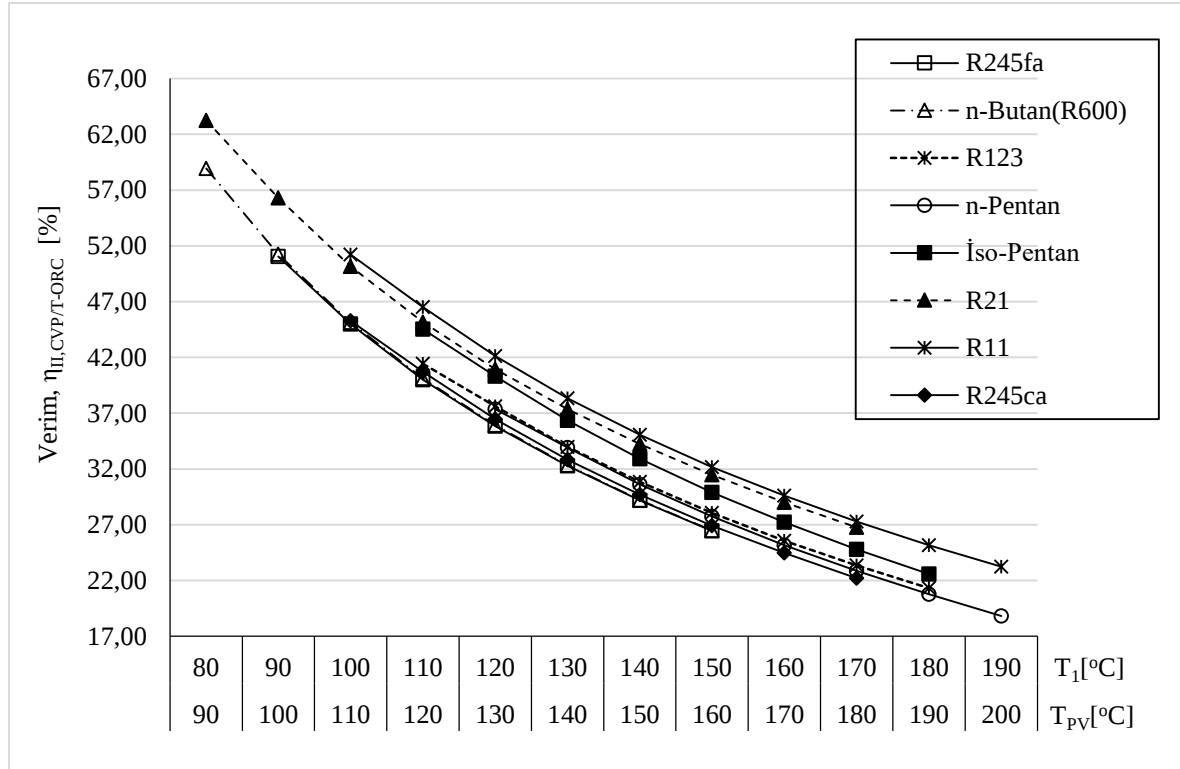
R21 iş akışkanından alınan gücün ise 80 °C-170 °C arasında sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

Diğer akışkanlar için hibrid sistemden alınan güç ($P_{ORC,net}$) sıcaklığın artışı ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.



Şekil 6.2. $P_1=8$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği

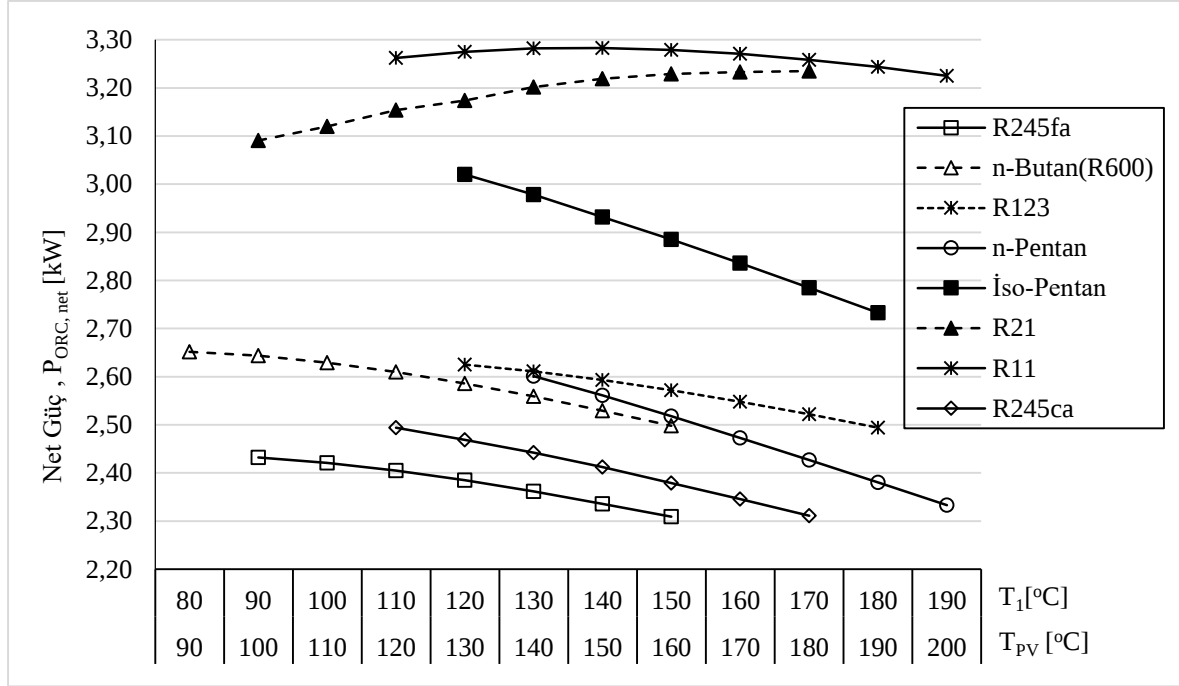
Şekil 6.1'e bakıldığında, $P_1=8$ bar basınçta ORC sisteminde en fazla güç ($P_{ORC,net}$) üretimi ORC türbin giriş sıcaklığı (T_1) 130 °C'de 3,221 kW ile R11 iş akışkanı olduğu görülmüştür. En az güç ise 2,251 kW ile $T_1=80$ °C'de R245fa iş akınından elde edilmiştir. CPV/T-ORC hibrid sisteminin en yüksek birinci yasa verimi $T_1=80$ °C'de ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) % 12,523 ile R21 iş akışkanından ve en düşük verim ise $T_1=190$ °C'de % 7,198 ile n-Pentan iş akışkanından elde edildiği görülmüştür (Şekil 6.2). Ayrıca hibrid sistemin ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) Şekil 6.3'te verilmiştir. Buna göre en yüksek ikinci yasa verimi $T_1=80$ °C'de % 63,250 ile R21; en düşük ikinci yasa verimi ise $T_1=190$ °C'de % 18,827 ile n-Pentan olduğu görülmüştür.



Şekil 6.3. $P_1=8$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği

6.2. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 10 bar Olan ORC Sisteminin Değerlendirilmesi

ORC sisteminde türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrime ait güç ve verim sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. Hibrid sistemde $P_1=10$ bar çalışma basıncında R245fa'nın çalışma sıcaklık aralığı (T_1) 90 °C-150 °C, n-Bütan (R600)'nın 80 °C-150 °C, R123'ün 120 °C-180 °C, n-Pentan'ın 130 °C-190 °C 'dir. İso-Pentan iş akışkanının çalışma sıcaklık aralığı (T_1), 120 °C-180 °C, R21'in 90 °C-170 °C, R11'in 110 °C -190 °C ve R245ca iş akışkanının 110 °C-170 °C'dir.



Şekil 6.4. $P_1=10$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği

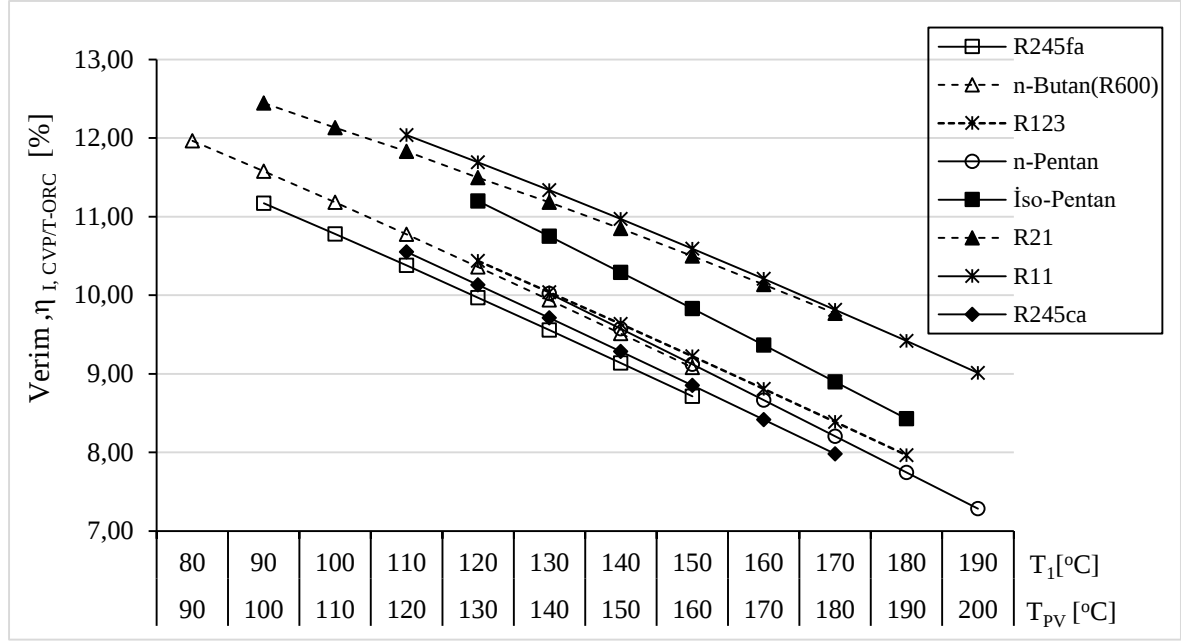
ORC sisteminde, en yüksek güç ($P_{ORC,net}$) 3,283 kW olarak $T_1=140$ °C’de R11 iş akışkanı ile elde edilirken, en düşük güç üretimi ise 2,309 kW ile $T_1=150$ °C’de R245fa ile gerçekleşmiştir (Şekil 6.4).

R11 iş akışkanından alınan gücün ($P_{ORC,net}$), ORC türbin giriş sıcaklığının 110 °C-140 °C arasında sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak arttığı, 140 °C-190 °C aralığında ise sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

R21 iş akışkanından alınan gücün ise 90 °C-170 °C arasında sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

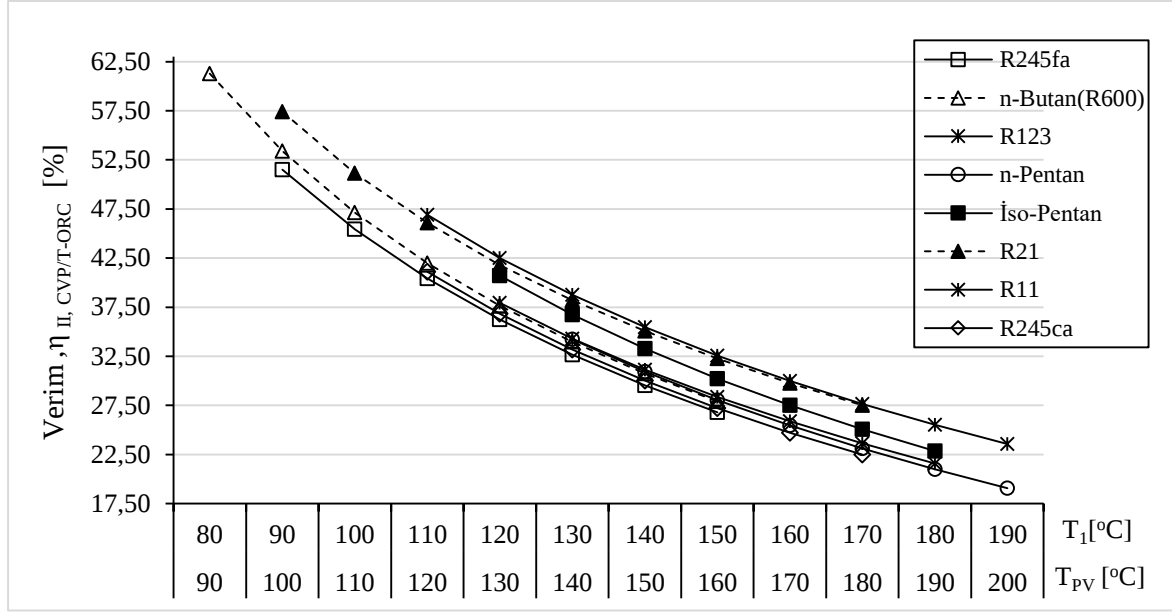
Diğer akışkanlar için hibrid sistemden alınan güç ($P_{ORC,net}$) sıcaklığın artışı ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) Şekil 6.5.’te verilmiştir.



Şekil 6.5. $P_1=10$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği

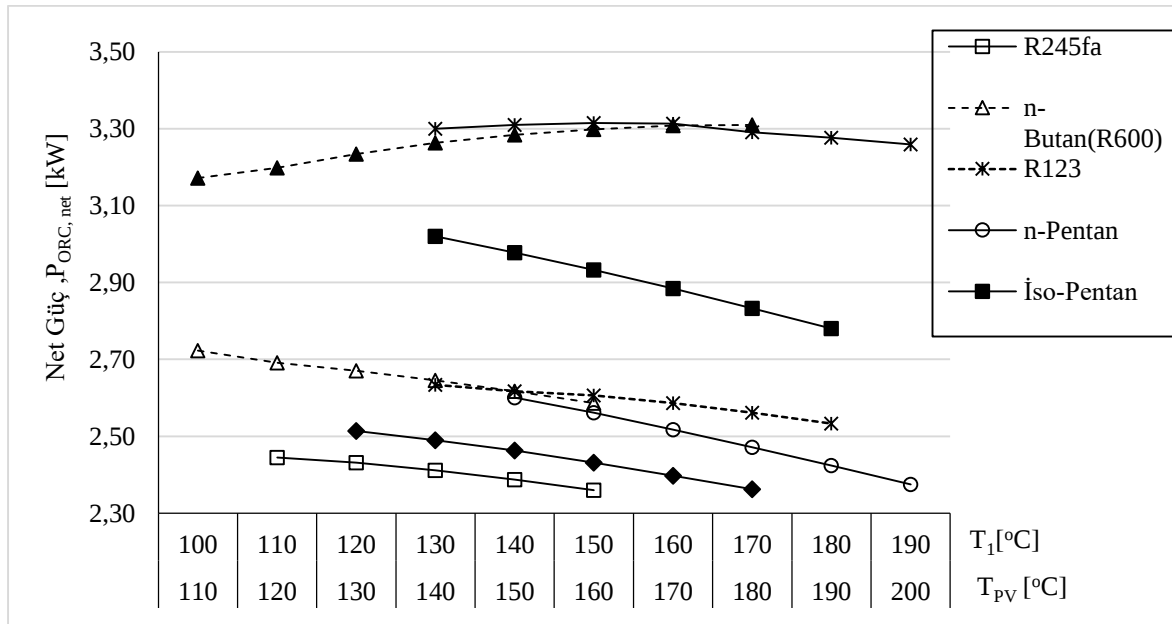
Şekil 6.5'e göre hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) $T_1=90$ °C'de, % 12,444 ile en fazla R21 iş akışkanından elde edilmiştir. En düşük verim ise $T_1=190$ °C'de % 19,055 ile n-Pentan iş akışkanından alınmıştır. CPV/T-ORC hibrid sistemin ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$), $T_1=90$ °C'de % 61,278 ile en fazla R21 iş akışkanından, en düşük ikinci yasa verim ise $T_1=190$ °C'de % 19,055 ile n-Pentan iş akışkanından alınmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. $P_1=10$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği

6.3. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 13 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi

ORC sisteminde türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrime ait güç ve verim sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 6.7. $P_1=13$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği

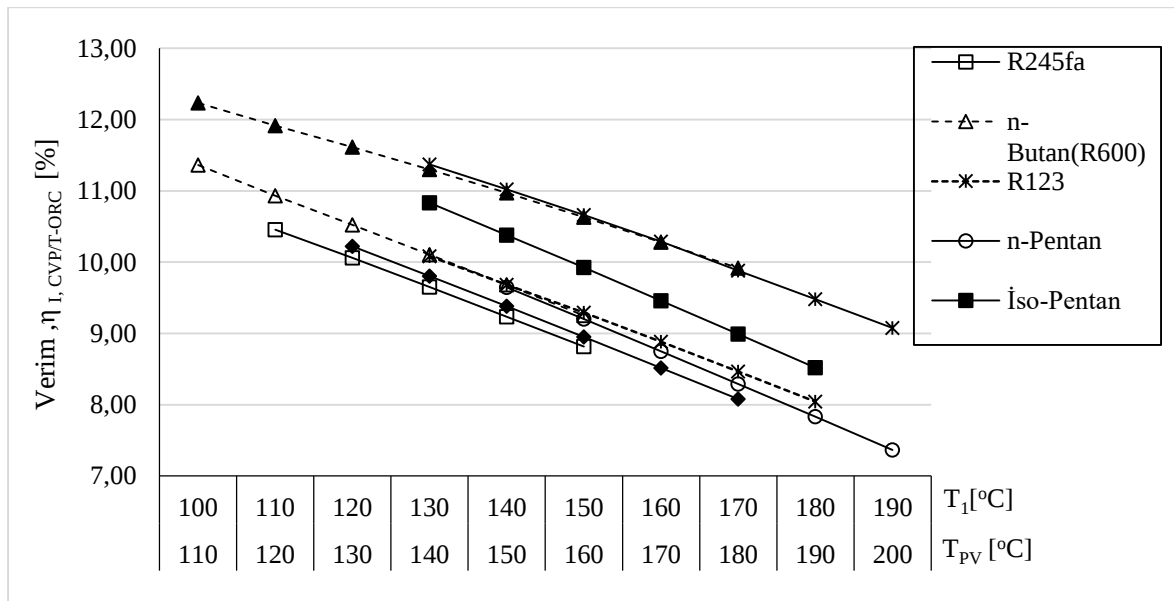
Hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı $P_1=13$ bar basınçta R245fa'nın çalışma sıcaklık aralığı (T_1) 110 °C-150 °C, n-Bütan (R600)'nın 100°C-150 °C, R123'ün 130 °C-180 °C, n-Pentan'ın 140 °C-190 °C 'dir. İso-Pentan iş akışkanının çalışma sıcaklık aralığı (T_1) 130 °C-180 °C, R21'in 100 °C-170 °C, R11'in 130 °C -190 °C ve R245ca iş akışkanının 120 °C-170 °C'dir.

ORC türbin giriş basıncı $P_1=13$ bar basınçta ORC sisteminden alınan en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) $T_1=150$ °C'de 3,315 kW ile R11 iş akışkanından, en az net güç ($P_{ORC,net}$) ise $T_1=150$ °C'de 2,360 kW ile R245fa iş akışkanından alınmıştır (Şekil 6.7).

R11 iş akışkanından alınan gücün ($P_{ORC,net}$), ORC türbin giriş sıcaklığının 130 °C-150 °C arasında sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak arttığı, 150 °C-190 °C aralığında ise sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

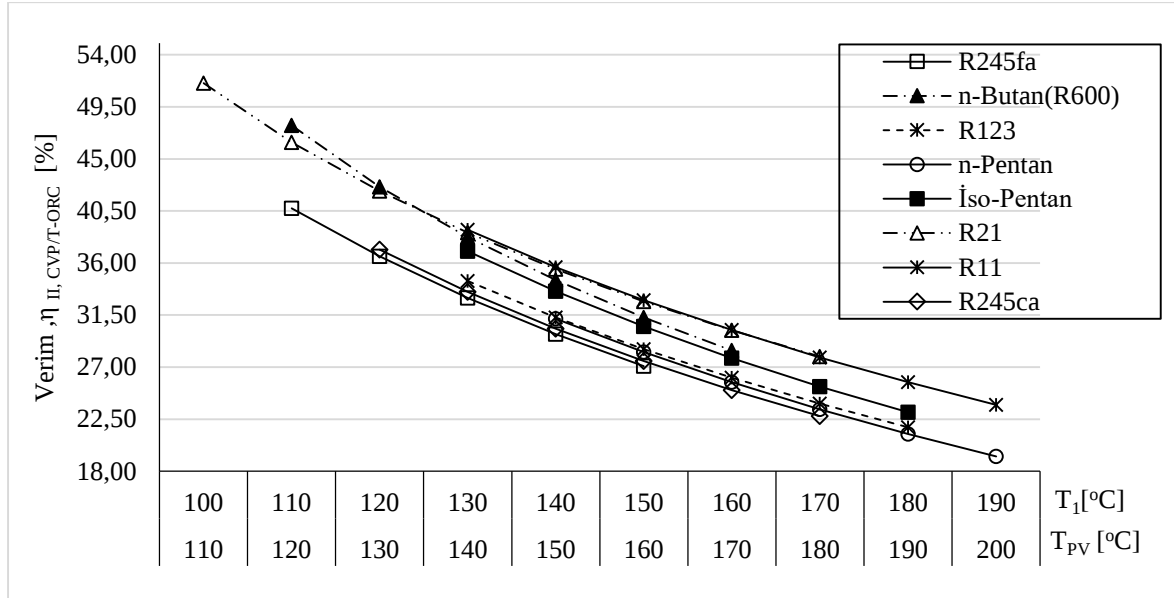
R21 iş akışkanından alınan gücün ise 100 °C-170 °C arasında sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

Diğer altı akışkan için hibrid sistemden alınan güç ($P_{ORC,net}$) sıcaklığın artışı ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.



Şekil 6.8. $P_1=13$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği

CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) en yüksek $T_1=100$ °C’de R21 iş akışkanı ile % 12,231, en düşük ise $T_1=190$ °C’ de % 7,366 ile n-Pentan iş akışkanından elde edilmiştir (Şekil 6.8).

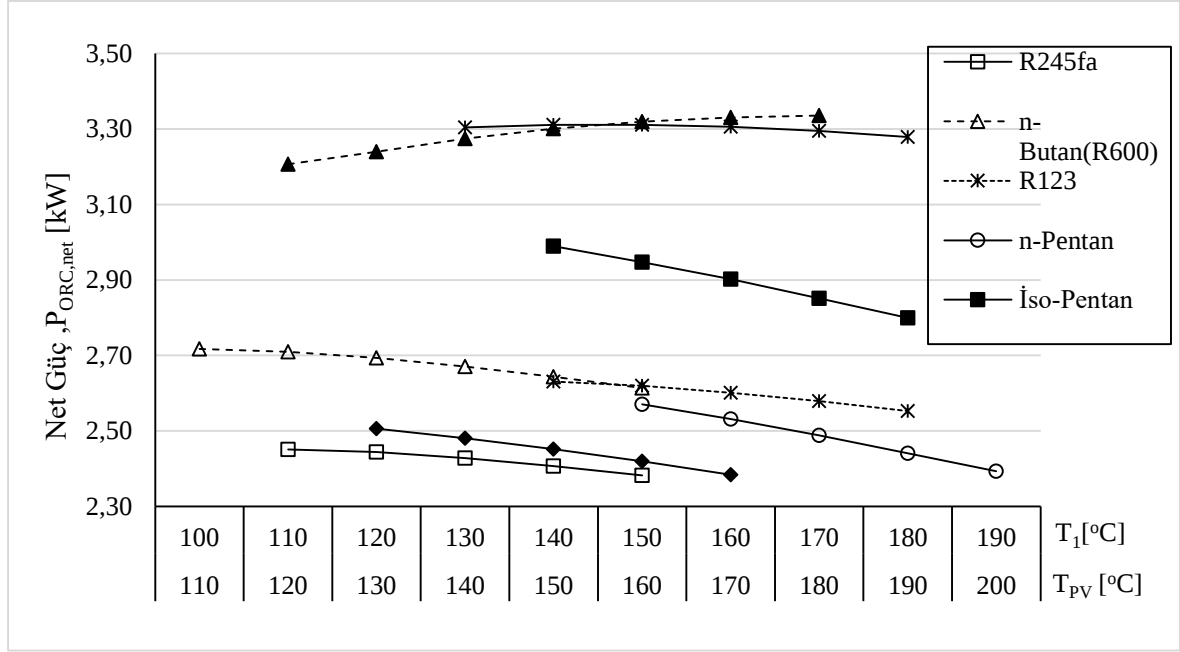


Şekil 6.9. $P_1=13$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği

Hibrid sistemin ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) en yüksek $T_1=100$ °C’de % 51,558 ile R21 iş akışkanından; en düşük ise $T_1=190$ °C’de % 19,267 ile n-Pentan iş akışkanından alınmıştır.

6.4. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 15 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi

ORC sisteminde türbin giriş basıncı $P_1=15$ bar olan çevrime ait güç ve verim sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 6.10. $P_1=15$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği

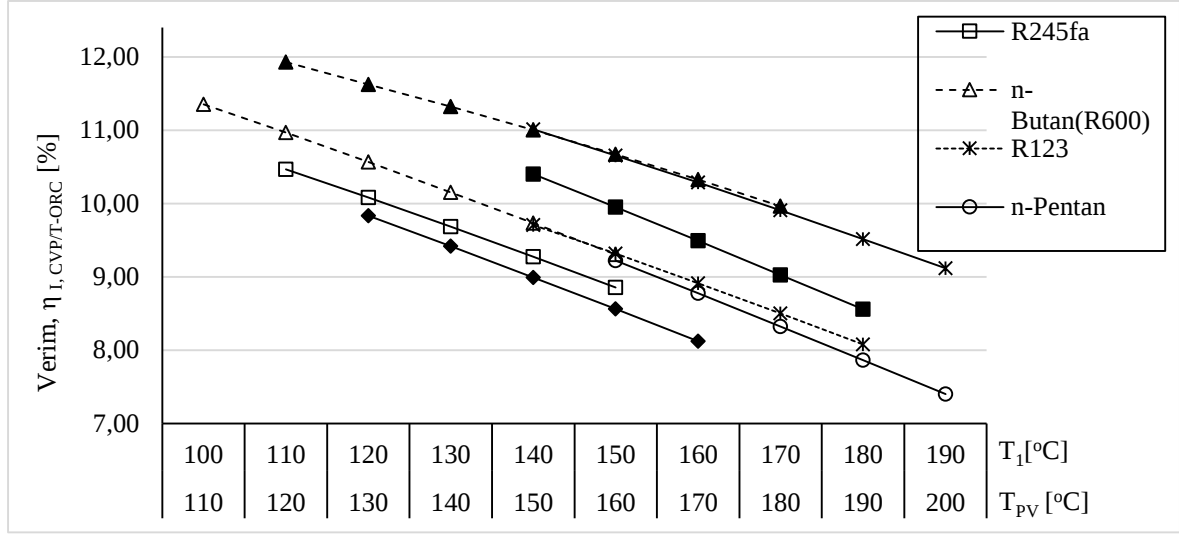
Hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı $P_1=15$ bar basınçta R245fa'nın çalışma sıcaklık aralığı (T_1), 110 °C-150 °C, n-Bütan (R600)'nın 100°C-150°C, R123'ün 140 °C-180 °C, n-Pentan'ın 150 °C-190 °C 'dir. İso-Pentan iş akışkanının çalışma sıcaklık aralığı (T_1), 140 °C-180 °C, R21'in 110 °C-170 °C, R11'in 140 °C -190 °C ve R245ca iş akışkanının 130 °C-170 °C'dir.

R11 iş akışkanından alınan gücün ($P_{ORC,net}$), ORC türbin giriş sıcaklığının 140 °C-160 °C arasında sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak arttığı, 160 °C-190 °C aralığında ise sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

R21 iş akışkanından alınan gücün ise 110 °C-170 °C arasında sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

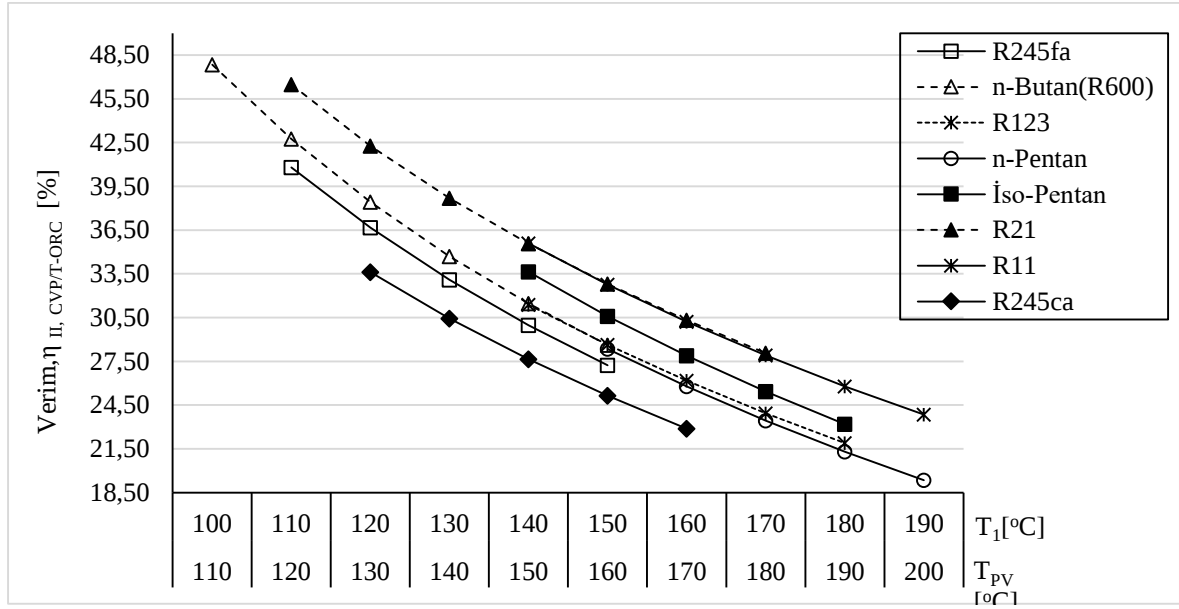
Diğer altı akışkan için hibrid sistemden alınan güç ($P_{ORC,net}$) sıcaklığın artışı ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

Şekil 6.10'a göre ORC türbin giriş basıncı $P_1=15$ bar basınçta ORC sisteminden alınan en fazla net güç ($P_{ORC,net}$), $T_1=170$ °C'de 3,336 kW ile R21 iş akışkanından, en az net güç ise $T_1=150$ °C'de 2,382 kW ile R245fa iş akışkanından alınmıştır.



Şekil 6.11. $P_1=15$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği

CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) en yüksek $T_1=110$ °C’de R21 iş akışkanı ile % 11,930; en düşük ise $T_1=190$ °C’ de % 7,401 ile n-Pentan iş akışkanından elde edilmiştir (Şekil 6.11).

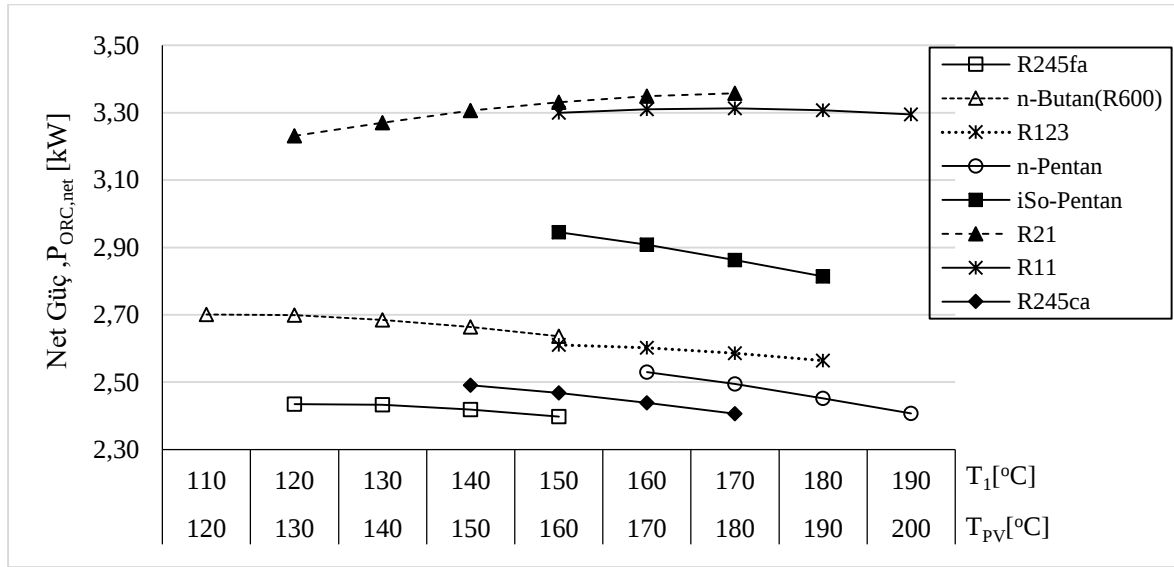


Şekil 6.12. $P_1=15$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği

Hibrid sistemin ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) en yüksek $T_1=100$ °C’de % 47,845 ile n-Bütan (R600) iş akışkanından; en düşük ise $T_1=190$ °C’de % 19,358 ile n-Pentan iş akışkanından alınmıştır (Şekil 6.12).

6.5. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 18 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi

ORC sisteminde türbin giriş basıncı $P_1=18$ bar olan çevrime ait güç ve verim sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 6.13. $P_1=18$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği

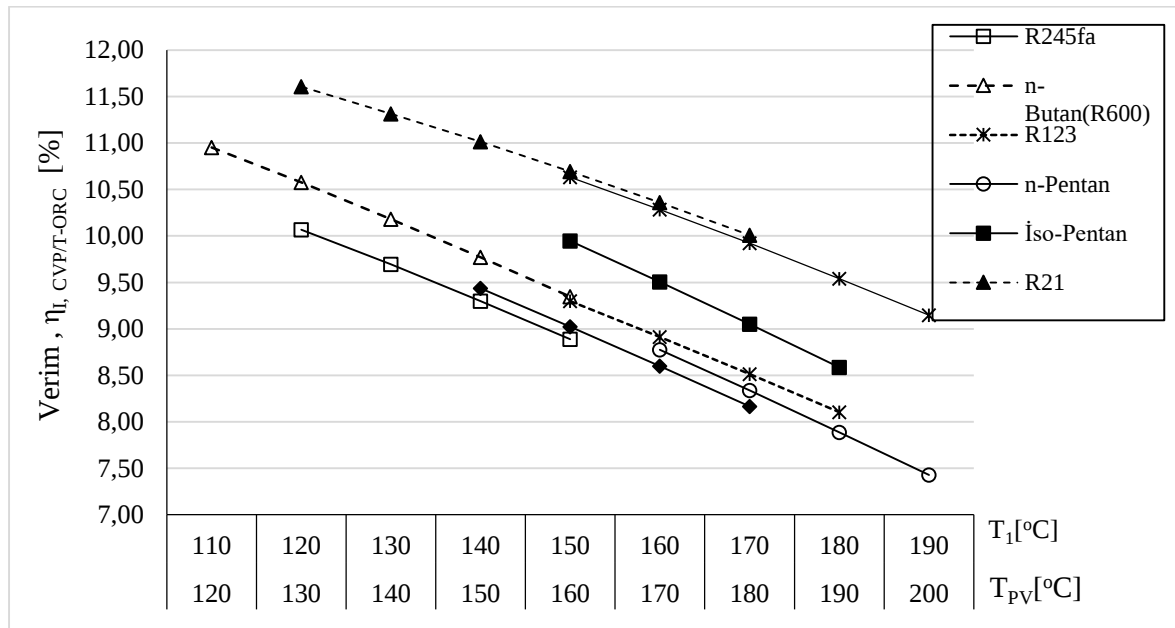
Hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı $P_1=15$ bar basınçta R245fa’nın çalışma sıcaklık aralığı (T_1), 120 °C-150 °C, n-Bütan (R600)’nın 110 °C-150 °C, R123’ün 150 °C-180 °C, n-Pentan’ın 160 °C-190 °C ‘dir. İso-Pentan iş akışkanının çalışma sıcaklık aralığı (T_1), 150 °C-180 °C, R21’in 120 °C-170 °C, R11’in 150 °C -190 °C ve R245ca iş akışkanının 140 °C-170 °C’dir.

R11 iş akışkanından alınan gücün ($P_{ORC,net}$), ORC türbin giriş sıcaklığının 150 °C-170 °C arasında sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak arttığı, 170 °C-190 °C aralığında ise sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

R21 iş akışkanından alınan gücün ise 120 °C-170 °C arasında sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

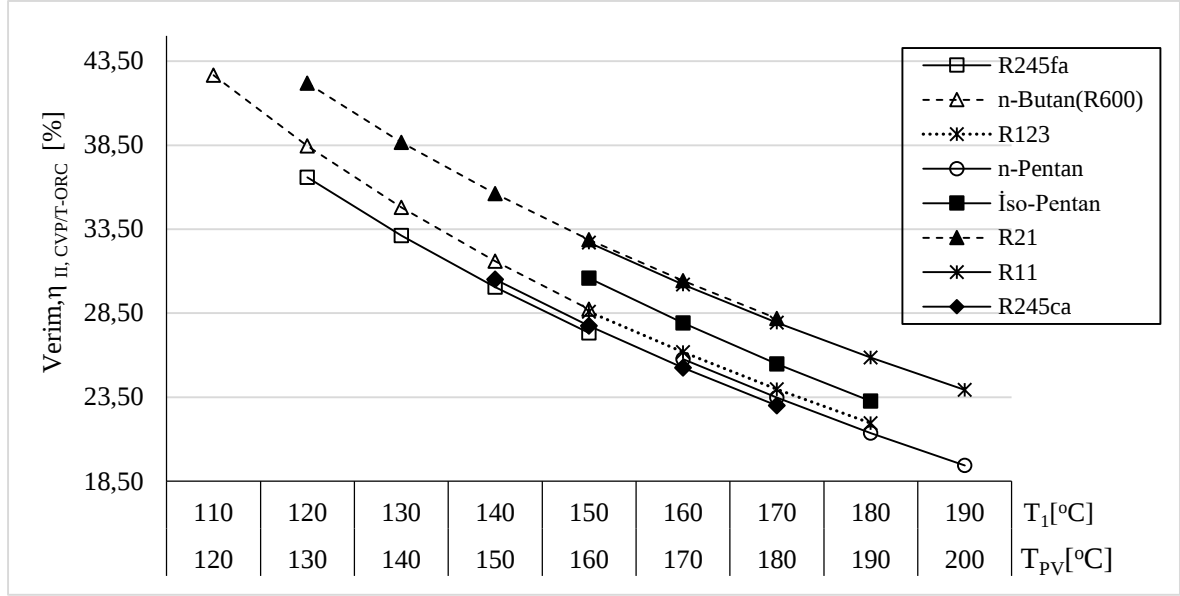
Diğer altı akışkan için hibrid sistemden alınan güç ($P_{ORC,net}$) sıcaklığın artışı ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

Şekil 6.13'e bakıldığında, $P_1=18$ bar basınçta ORC sisteminde en fazla güç ($P_{ORC,net}$) üretimi ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=170$ °C'de 3,358 kW ile R21 iş akışkanı olduğu görülmüştür. En az güç üretimi ise 2,398 kW ile $T_1=150$ °C'de R245fa iş akışkanından elde edilmiştir. Ayrıca CPV/T-ORC hibrid sisteminin en yüksek birinci yasa verimi $T_1=120$ °C'de ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) % 11,608 ile R21 iş akışkanından ve en düşük verim ise $T_1=190$ °C'de % 7,428 ile n-Pentan iş akışkanından elde edildiği görülmüştür (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. $P_1=18$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği

Hibrid sistemin ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) Şekil 6.15'te verilmiştir. Buna göre en yüksek ikinci yasa verimi $T_1=100$ °C'de %42,669 ile n-Bütan (R600); en düşük ise $T_1=190$ °C'de % 19,429 ile n-Pentan olduğu görülmüştür.



Şekil 6.15. $P_1=18$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği

6.6. ORC Türbin Giriş Basıncı (P_1) 20 bar Olan CPV/T-ORC Hibrid Sistemin Değerlendirilmesi

ORC sisteminde türbin giriş basıncı $P_1=20$ bar olan çevrime ait güç ve verim sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

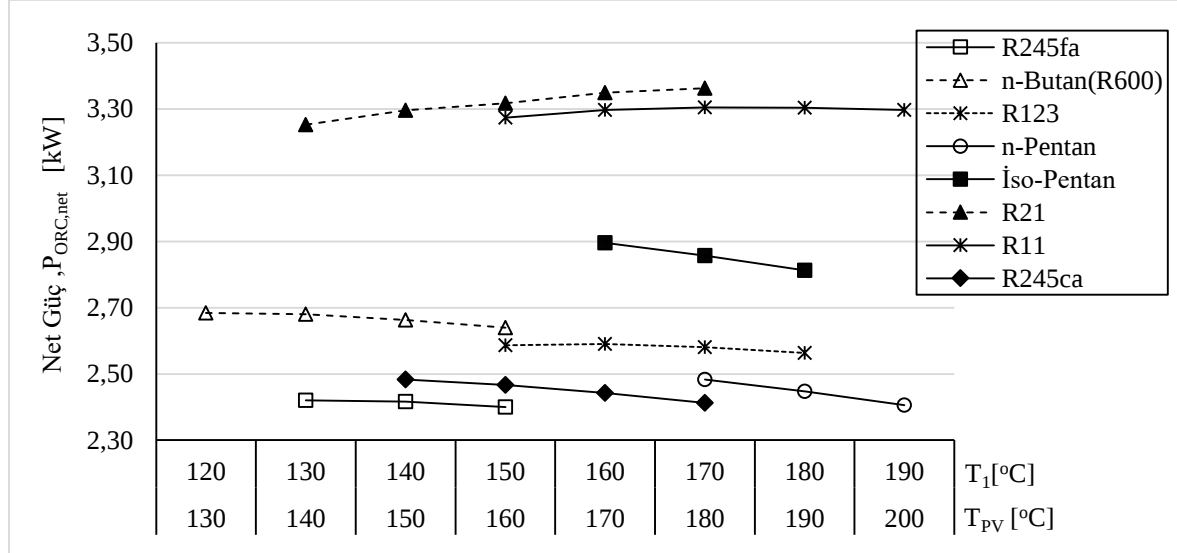
Hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı $P_1=15$ bar basınçta R245fa'nın çalışma sıcaklık aralığı (T_1), 130 °C-150 °C, n-Bütan (R600)'nın 120 °C-150 °C, R123'ün 150 °C-180 °C, n-Pentan'ın 170 °C-190 °C 'dir. İso-Pentan iş akışkanının çalışma sıcaklık aralığı (T_1) 160 °C-180 °C, R21'in 130 °C-170 °C, R11'in 150 °C -190 °C ve R245ca iş akışkanının 140 °C-170 °C'dir.

R11 iş akışkanından alınan gücün ($P_{ORC,net}$), ORC türbin giriş sıcaklığının 150 °C-170 °C arasında sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak arttığı, 170 °C-190 °C aralığında ise sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

R21 iş akışkanından alınan gücün ise 130 °C-170 °C arasında sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

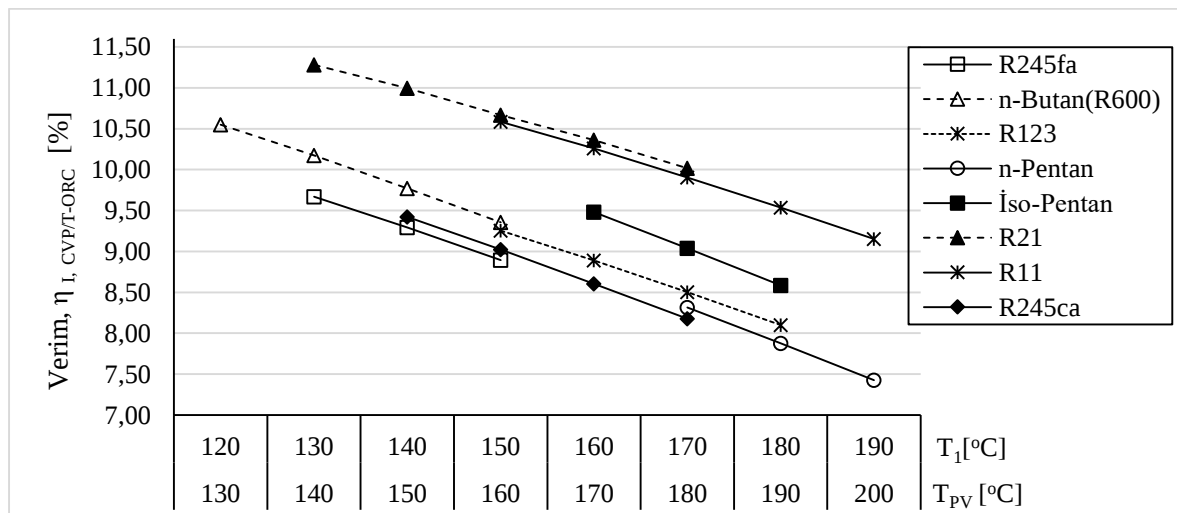
Diğer altı akışkan için hibrid sistemden alınan güç ($P_{ORC,net}$) sıcaklığın artışı ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür.

ORC türbin giriş basıncı $P_1=20$ bar olan sisteminde en fazla güç üretimi ($P_{ORC,net}$), ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=170$ °C'de 3,363 kW ile R21 iş akışkanı olduğu görülmüştür. En az güç üretimi ($P_{ORC,net}$) ise 2,400 kW ile $T_1=150$ °C'de R245fa iş akışkanından alınmıştır (Şekil 6.16).



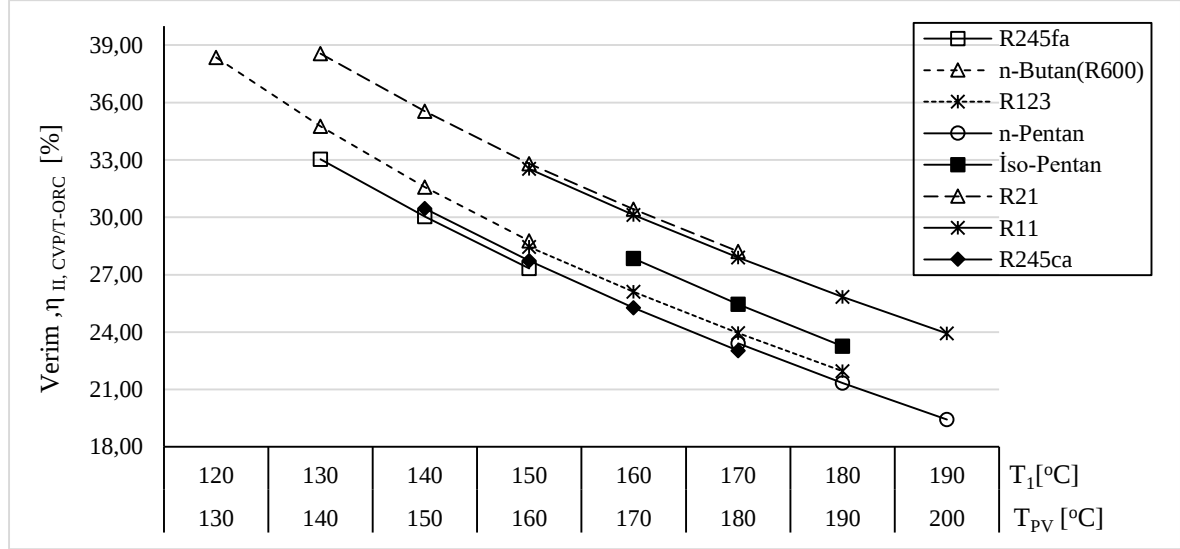
Şekil 6.16. $P_1=20$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre ORC sisteminden alınan net güç grafiği

CPV/T-ORC hibrid sisteminin en yüksek birinci yasa verimi $T_1=130$ °C'de ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) % 11,281 ile R21 iş akışkanından ve en düşük verim ise $T_1=190$ °C'de % 7,426 ile n-Pentan iş akışkanından elde edildiği görülmüştür (Şekil 6.17).



Şekil 6.17. $P_1=20$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin birinci yasa verim grafiği

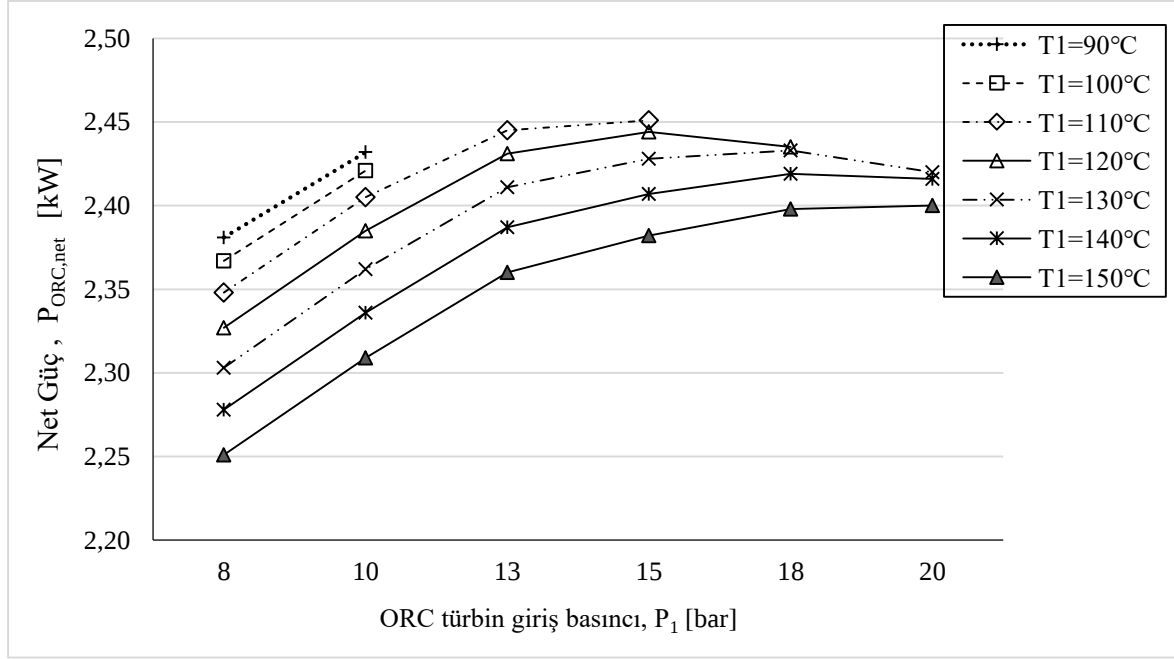
Şekil 6.18’de CPV/T-ORC hibrid sistemin ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) en yüksek $T_1=130$ °C’de R21 iş akışkanı ile % 38,550; en düşük ise $T_1=190$ °C’ de % 19,424 ile n-Pentan iş akışkanından elde edilmiştir.



Şekil 6.18. $P_1=20$ bar basınçta PV çalışma sıcaklığına göre hibrid sistemin ikinci yasa verim grafiği

6.7. R245fa İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

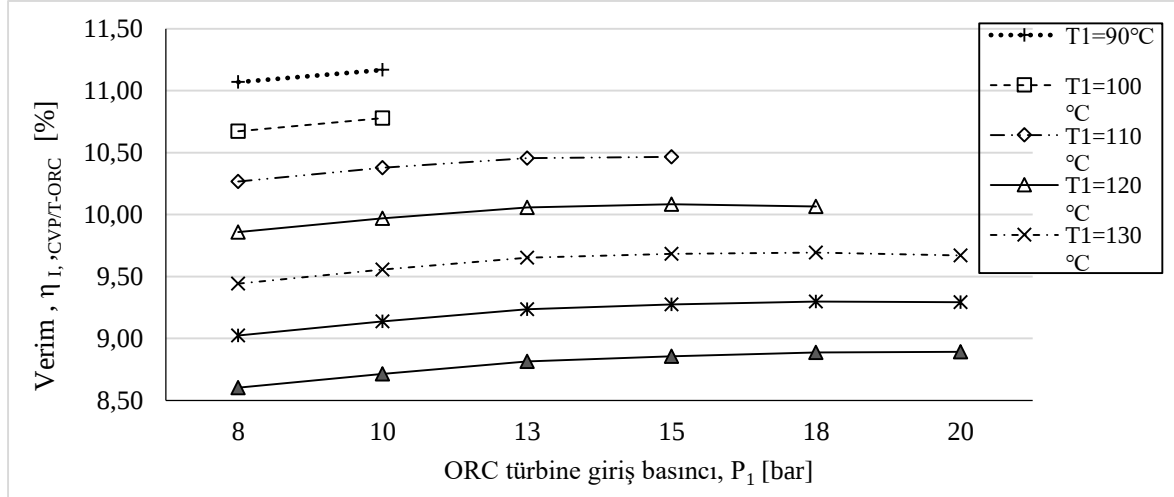
Bu bölümde R245fa iş akışkanının farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), ORC türbin giriş basıncına (P_1) göre ORC sisteminden alınan net güç ($P_{ORC,net}$) ve CPV/T-ORC hibrid sistemden alınan birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) incelenmiştir.



Şekil 6.19. R245fa için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi

Şekil 6.19'a göre değerlendirme yapıldığında, ORC sisteminden R245fa iş akışkanı ile en fazla gücün ($P_{ORC,net}$) türbin giriş basıncının $P_1=15$ bar, türbin giriş sıcaklığının $T_1=110^\circ\text{C}$ 'de 2,445 kW olarak alındığı görülmüştür. Alınan en düşük güç ise 2,251 kW ile $P_1=8$ bar basınçta ve $T_1=150^\circ\text{C}$ 'de olduğu görülmüştür.

Yukarıda verilen grafikler değerlendirildiğinde R245fa iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde ORC'den alınan net gücün ($P_{ORC,net}$) türbin giriş sıcaklığının (T_1) 90°C - 110°C sıcaklıkları için 8-15 bar aralığında basınç artışına göre doğru orantılı olarak artmıştır. $T_1=120^\circ\text{C}$ çalışma sıcaklığında sistemden alınan net gücün 8-15 bar çalışma basınç aralığında arttığı, 15-18 bar çalışma basınç aralığında basınç artışına ters olarak azaldığı görülmüştür. Ayrıca türbin giriş sıcaklığı (T_1) 130°C - 150°C için sistemden alınan net gücün 8-18 bar çalışma basınç aralığında artış gösterdiği, 18-20 bar arasında basınç artışına bağlı olarak net gücün azaldığı görülmüştür.



Şekil 6.20. R245fa için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

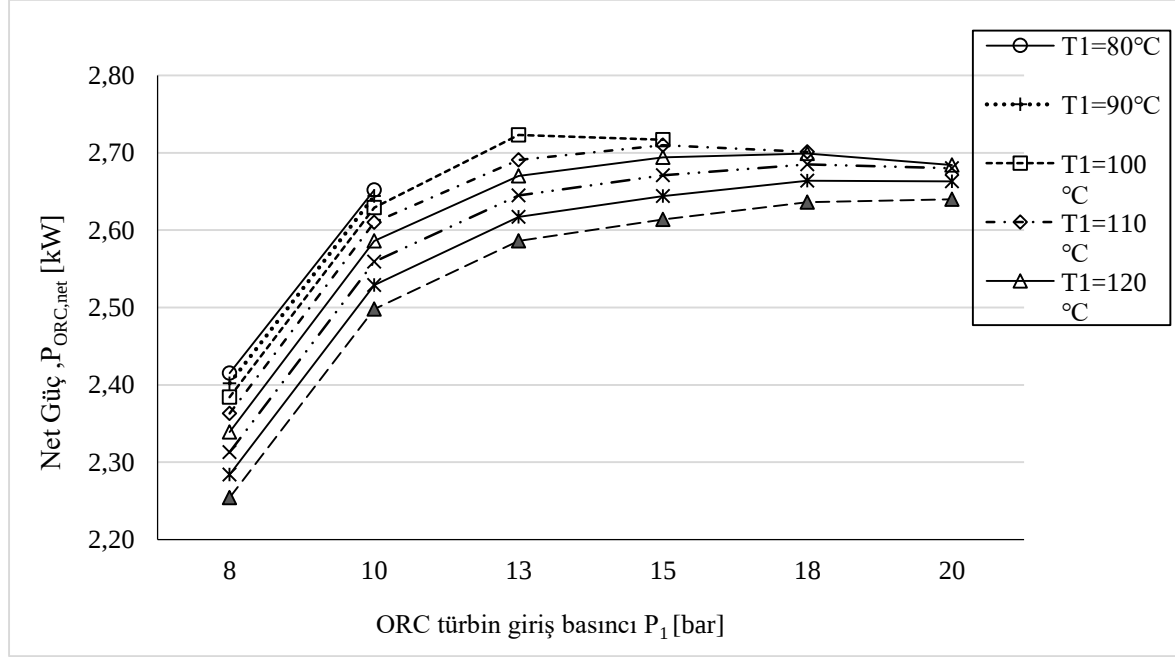
Şekil 6.20'ye göre R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde en fazla elde edilen birinci yasa verim değeri ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) % 11,168 ile $P_1=10$ bar basınçta ve $T_1=90$ °C sıcaklık değerindedir. En düşük birinci yasa verimi ise % 8,603 ile $P_1=8$ bar basınçta ve $T_1=150$ °C değerinde elde edilmiştir.

Hibrid sistemin, farklı çalışma basınç ve sıcaklık değerlerine göre birinci yasa verim değerleri ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) ORC sisteminden alına net güç sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Hibrid sistemin birinci yasa veriminin, $T_1=90-110$ °C 'de, 8-15 bar aralığında türbin giriş basıncının artmasıyla orantılı olarak arttığı; $T_1=120$ °C'de türbin giriş basıncı 8-15 bar arasında basınç artışıyla birlikte arttığı, fakat 15-18 bar arasında azaldığı görülmüştür. $T_1=130$ °C-150 °C için sistemin birinci yasa verimi, 8-18 bar giriş basınç aralığında, basınç artışına bağlı olarak arttığı; giriş basıncı (P_1) 18-20 bar aralığında ise basınç artışına karşılık azaldığı görülmüştür.

6.8. n-Bütan (R600) İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sisteminin farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), giriş basıncı (P_1) göre net güç ($P_{ORC,net}$) ve hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) incelenmiştir.

Şekil 6.21. göre n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) ORC türbin giriş basıncı $P_1=13$ bar basınçta, türbin giriş basıncı $T_1=100$ °C’de 2,723 kW ile elde edilmiştir. En az net güç ise ($P_{ORC,net}$) 2,254 kW ile $P_1=8$ bar basınçta, $T_1=150$ °C’de elde edilmiştir.

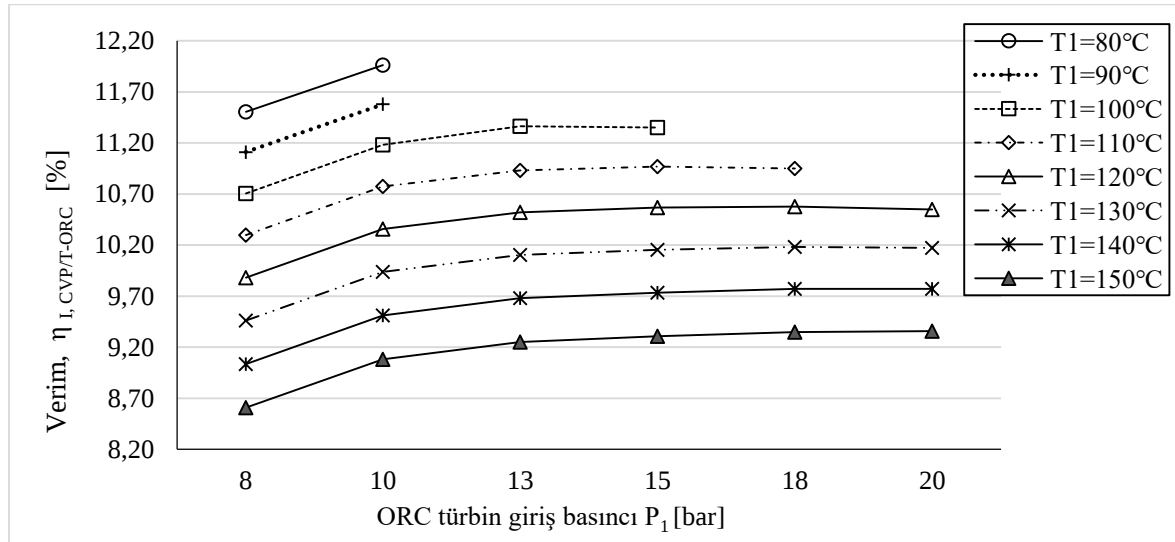


Şekil 6.21. n-Bütan (R600) için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi

n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, ORC türbin giriş sıcaklığı (T_1), 80 °C-90 °C aralığında, türbin giriş basıncının (P_1) 8-10 bar aralığında, basınç artışı ile birlikte ORC sisteminden alınan net gücün ($P_{ORC,net}$) basınç artışı ile birlikte arttığı görülmüştür. Net güç, $T_1=100$ °C’de, türbin giriş basıncının 8-13 bar aralığında basınç artışıyla birlikte artmış, 13-15 bar aralığında basınç artışına ters olarak azalmıştır. Aynı şekilde $T_1=110$ °C’de, 8-15 bar türbin giriş basıncında basınçla birlikte net güç artmış, 15-18 bar basınç arası azalmıştır. Türbin giriş sıcaklığı $T_1=120$ °C-140 °C’de, 8-18 bar türbin giriş basınç aralığında basınç artışıyla birlikte net güç artmış 18-20 bar aralığında azalmıştır. Sadece $T_1=150$ °C’de 8-20 bar çalışma basınç aralığında net güç basınç artışıyla birlikte sürekli artmıştır.

CPV/T-ORC hibrid sistemin en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$), $P_1=10$ bar basınçta $T_1=80$ °C’de % 11,963; en düşük verimin ise $P_1=8$ bar basınçta $T_1=150$ °C’de, % 8,609 olarak gerçekleşmiştir.

ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=80$ °C-90 °C aralığında, çalışma basıncının 8-10 bar olduğu durumda ise basınç artışına bağlı olarak sistemin birinci yasa veriminin ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) arttığı görülmüştür. $T_1=100$ °C’de çalışma basıncının 8-13 bar olan sistemin basınç artışına göre sistem veriminin arttığı fakat 13-15 bar arası azaldığı kaydedilmiştir. Benzer şekilde sistemin birinci yasa verimi $T_1=110$ °C’de, $P_1=8-15$ bar arasında artmış 15-18 bar arasında azalmıştır. $T_1=120$ °C-140 °C aralığında türbin giriş basıncının 8-18 bar olduğu durumunda ise basınç artışıyla doğru orantı olarak sistem verimi artmış, 18-20 bar arasında azalmıştır.

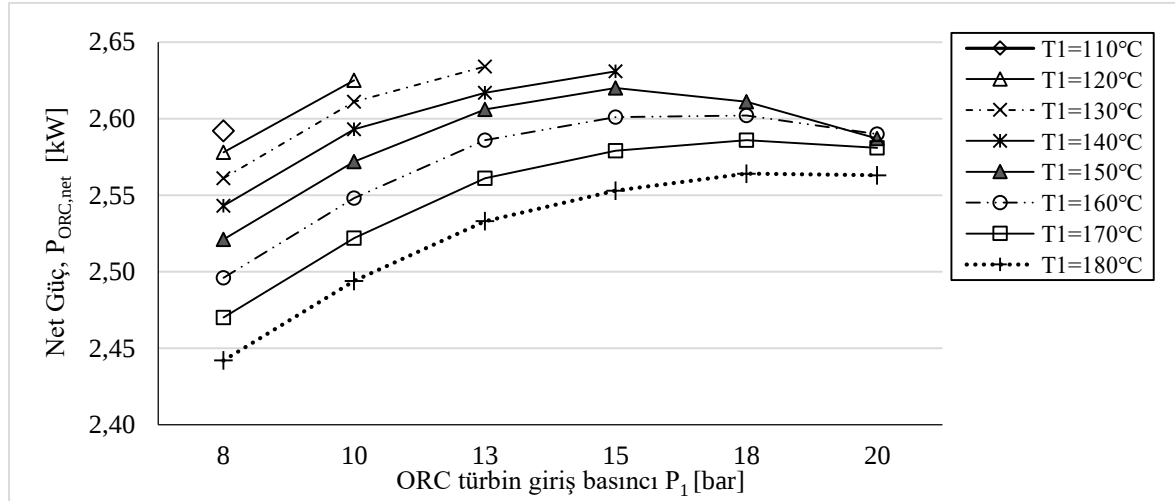


Şekil 6.22. n-Bütan (R600) için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

Türbin giriş sıcaklığı $T_1=150$ °C ve türbin giriş basıncının 8-20 bar aralığındaki durum için sistem veriminin basınç artışına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir.

6.9. R123 İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

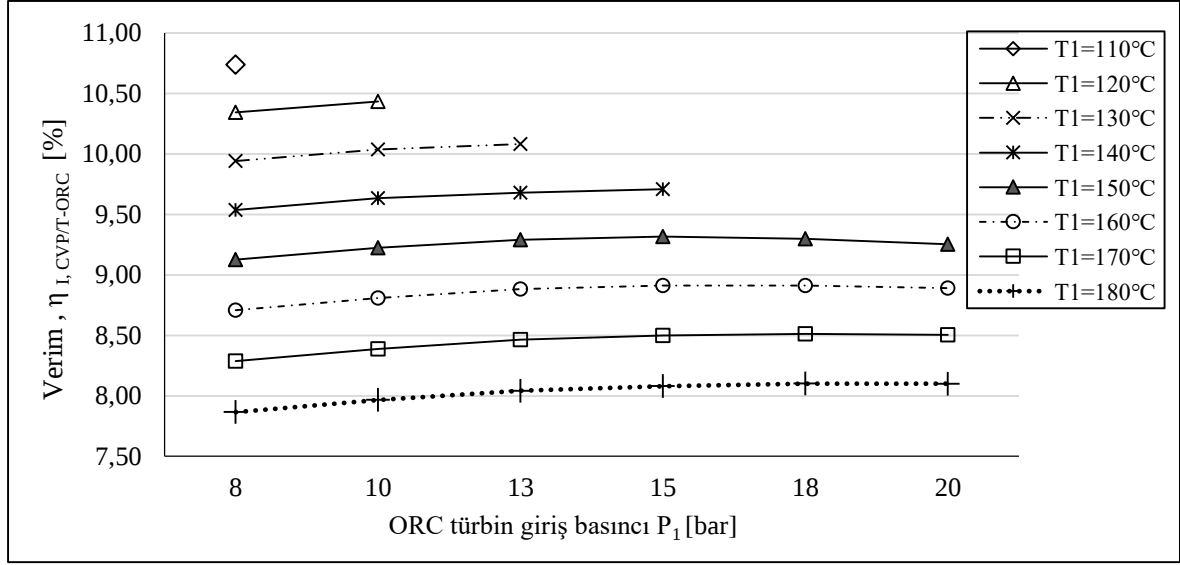
R123 iş akışkanını ile oluşturulan CVP/T-ORC hibrid sistem, farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına (P_1) göre ORC'den alınan net güç ($P_{ORC,net}$) ve hibrid sistemin birinci yasa verimine ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) göre değerlendirilmiştir.



Şekil 6.23. R123 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi

Hibrid sistemde R123 iş akışkanını ile en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) 2,634 kW ile $T_1=130^\circ\text{C}$ 'de, $P_1=13$ bar basınçta elde edilmiştir. En düşük net güç ise 2,442 kW değerinde $T_1=180^\circ\text{C}$ 'de, $P_1=8$ bar basınçta alınmıştır.

R123 iş akışkanını sistemden alınan net güç, ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=120^\circ\text{C}$ - 140°C 'de türbin giriş basıncı $P_1=8$ - 15 bar arasında basınç artışı ile orantılı olarak artmıştır. $T_1=150^\circ\text{C}$ ve çalışma basıncının (P_1), 8 - 15 bar aralığında iken sistemden elde edilen net güç, basınç artışı ile birlikte artmış fakat 15 - 20 bar aralığında azalmıştır. $T_1=160^\circ\text{C}$ - 180°C ve $P_1=8$ - 18 bar aralığında sistemden alınan net güç artmış; 18 - 20 bar basınç aralığında ise azalmıştır.



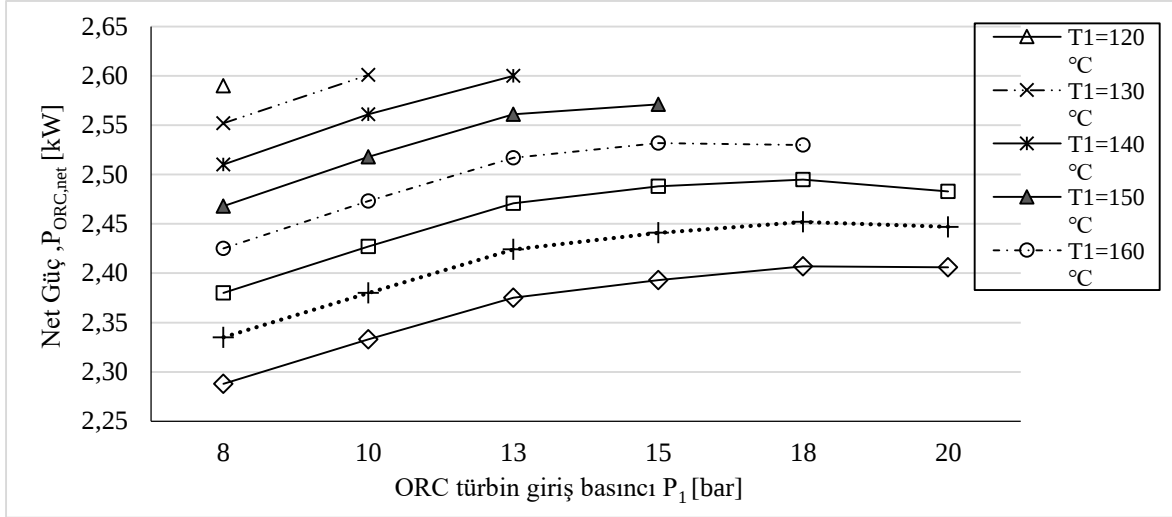
Şekil 6.24. R123 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

R123 iş akışkanlı hibrid sistemden elde edilen en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) $P_1=8$ bar ve $T_1=110^\circ\text{C}$ 'de, % 10,740 olmuştur. En düşük verim ise % 7,865 olarak $P_1=20$ bar ve $T_1=150^\circ\text{C}$ 'de alınmıştır.

Hibrid sistemin birinci yasa verimi türbin giriş sıcaklığı $T_1=120^\circ\text{C}$ - 140°C aralığında 8-15 bar çalışma basınç (P_1) aralığında artış göstermiştir. ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=150^\circ\text{C}$ 'de, 8-15 bar çalışma basınç alanında hibrid sistemin verimi artmış; 15-20 bar arasında ise azaldığı tespit edilmiştir. $T_1=160^\circ\text{C}$ - 180°C çalışma sıcaklığında, 8-18 bar çalışma basınç bölgesinde sistemin verimi artmış 18-20 bar arasında azalmıştır.

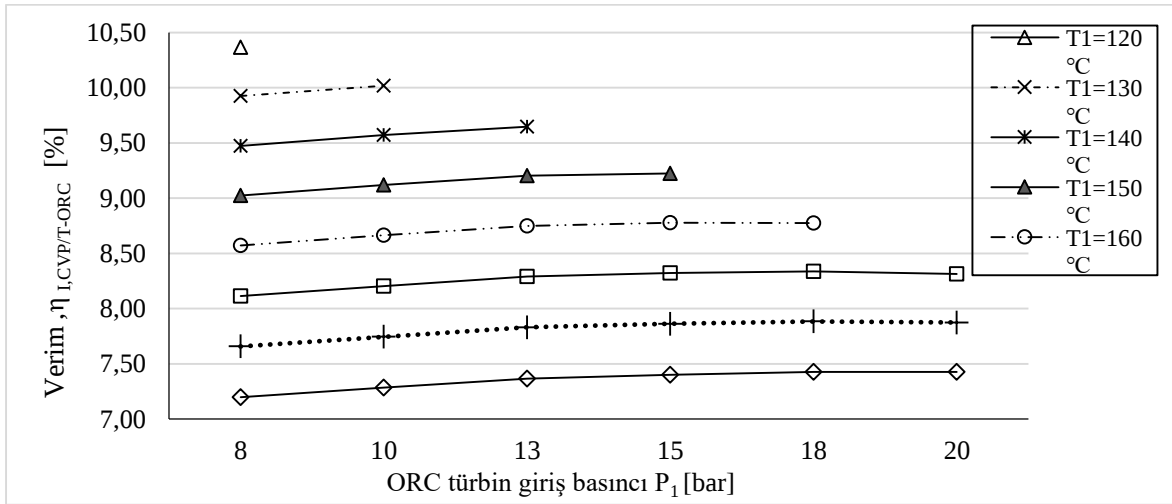
6.10. n-Pentan İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CVP/T-ORC hibrid sistem, farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına (P_1) göre ORC'den alınan net güç ($P_{ORC,net}$) ve hibrid sistemin birinci yasa verimine ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) göre değerlendirilmiştir.



Şekil 6.25. n-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi

Şekil 6.25' te verilen grafiğe göre, n-Pentan iş akışkanını ile oluşturulan hibrid sistemde en yüksek net güç ($P_{ORC,net}$) ORC türbin giriş basıncı $P_1=10$ bar ve türbin sıcaklığı $T_1=130$ °C'de 2,601 kW olarak elde edilmiştir. En düşük net güç ise $P_1=8$ bar ve $T_1=190$ °C'de 2,288 kW olarak alınmıştır.



Şekil 6.26. n-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

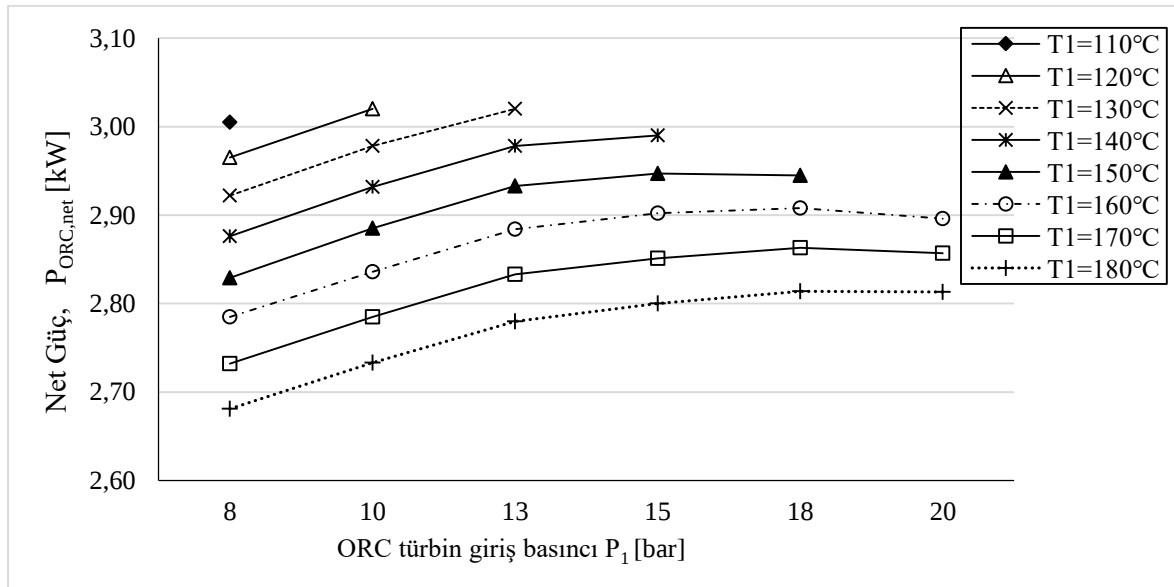
Şekil 6.26'ye göre n-Pentan iş akışkanlı hibrid sistemin en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$), ORC türbin giriş basıncı $T_1=120$ °C ve türbin giriş basıncının $P_1=8$ bar olduğu

durumda % 10,367; en düşük verimi ise $T_1=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=8\text{ bar}$ basınçta % 7,198 olduğu görülmüştür.

İş akışkanının türbin giriş sıcaklığı $T_1=130\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında ve $P_1=8$ - 15 bar çalışma basınç bölgesinde, basınç artışı ile birlikte hibrid sistemden alınan gücün ($P_{\text{ORC,net}}$) ve birinci yasa veriminin ($\eta_{\text{I,CPV/T-ORC}}$) arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca $T_1=160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=8$ - 15 bar çalışma basınç bölgesinde ORC den alınan net güç ve sistemin birinci yasa verimi artmış; 15 - 18 bar aralığında ise bu değerlerin basınç artışı ile azaldığı görülmüştür. ORC türbin giriş basıncı $T_1=170\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında ve çalışma basınç bölgesi $P_1=8$ - 18 bar aralığında net güç ve sistemin birinci yasa verimi artmış 18 - 20 bar arası basınç artışıyla ters orantılı olarak azalmıştır.

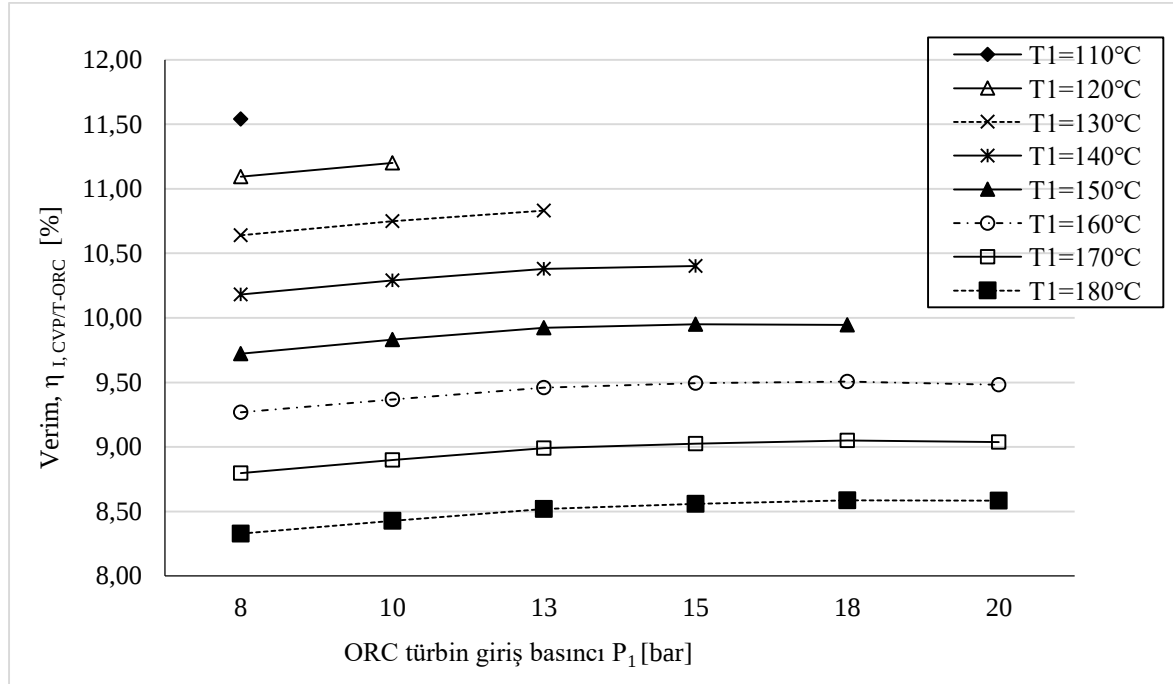
6.11. İso-Pentan İş Akışkanın Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CVP/T-ORC hibrid sistem, farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına (P_1) göre ORC'den alınan net güç ($P_{\text{ORC,net}}$) ve hibrid sistemin birinci yasa verimine ($\eta_{\text{I,CPV/T-ORC}}$) göre değerlendirilmiştir.



Şekil 6.27. İso-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{\text{ORC,net}}$) değişimi

Şekil 6.27 incelendiğinde İso-Pentan iş akışkanlı ORC sisteminden en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) 3,020 kW ile ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=120\text{ }^{\circ}\text{C}$, ORC türbin giriş basıncı $P_1=10\text{ bar}$ ve $T_1=130\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_1=13\text{ bar}$ basınç olmak üzere iki noktada elde edildiği görülmüştür. Sistemden elde edilen en az net güç 2,681 kW ile $T_1=180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $P_1=8\text{ bar}$ basınçta elde edilmiştir.



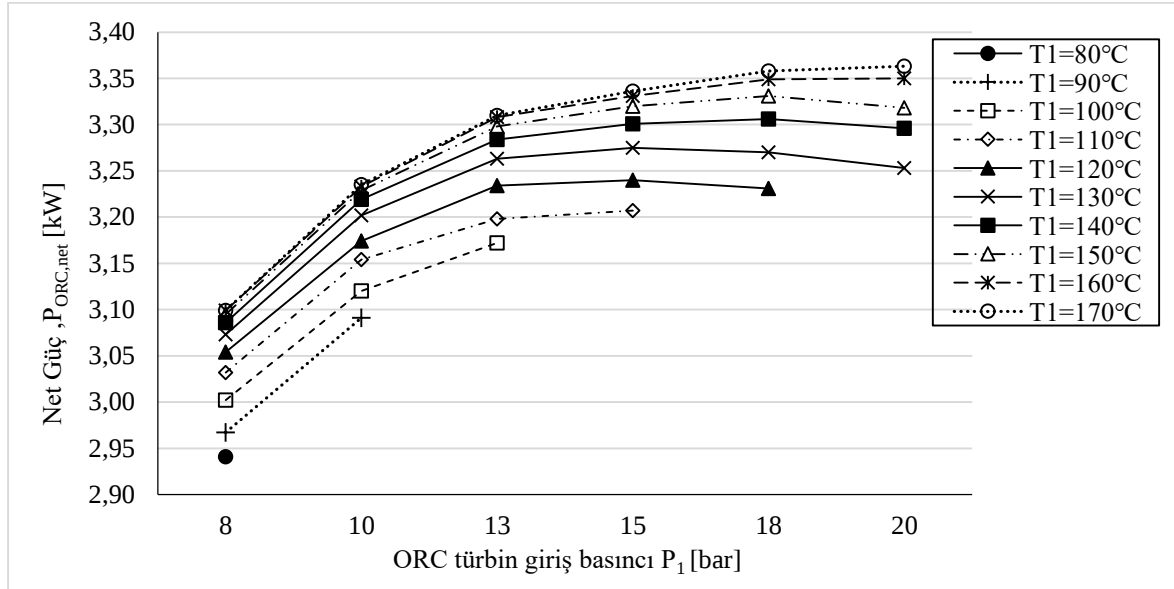
Şekil 6.28. İso-Pentan için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

Şekil 6.28'e göre İso-Pentan iş akışkanı kullanılan hibrid sistemin birinci yasa veriminin ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) en yüksek değeri, ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=110\text{ }^{\circ}\text{C}$, ORC türbin giriş basıncı $P_1=8\text{ bar}$ olduğunda % 11,539 olarak elde edilmiştir. En az birinci yasa verim değeri ise $T_1=150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_1=8\text{ bar}$ basınçta % 8,328 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 6.28 ve Şekil 6.29 birlikte değerlendirildiğinde CPV-T/ORC hibrid sisteminde ORC türbin giriş sıcaklığı ve giriş basıncı $T_1=120\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_1=8$ - 15 bar aralığında basınç artışına doğru orantılı olarak net güç ve sistemin birinci yasa verimi artmıştır. $T_1=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ise $P_1=8$ - 15 bar aralığında sistemden elde edilen net güç ve verim artmış; 15 - 18 bar aralığında ise azalmıştır. Ayrıca $T_1=160\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de, $P_1=8$ - 18 bar basınç aralığında basınç artışı ile birlikte sistemin net gücü ve verimi artmış 18 - 20 bar arasında ise azaldığı görülmüştür.

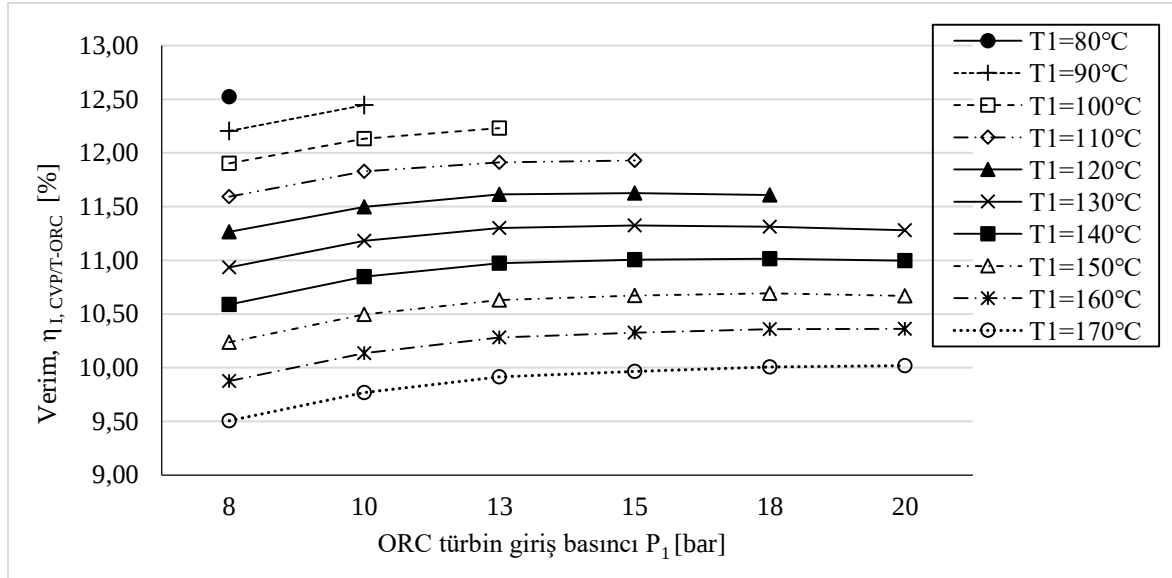
6.12. R21 İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

R21 iş akışkanı ile oluşturulan CVP/T-ORC hibrid sistem, farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına (P_1) göre ORC'den alınan net güç ($P_{ORC,net}$) ve hibrid sistemin birinci yasa verimine ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) göre değerlendirilmiştir.



Şekil 6.29. R21 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi

R21 iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde ORC'den elde edilen en fazla net güç ($P_{ORC,net}$), türbin giriş sıcaklığı ve basıncı $T_1=170^\circ\text{C}$, $P_1=20$ bar basınçta 3,363 kW'tır. Elde edilen en az güç ise 2,941 kW ile $T_1=80$ ve $P_1=8$ bar noktasındadır.



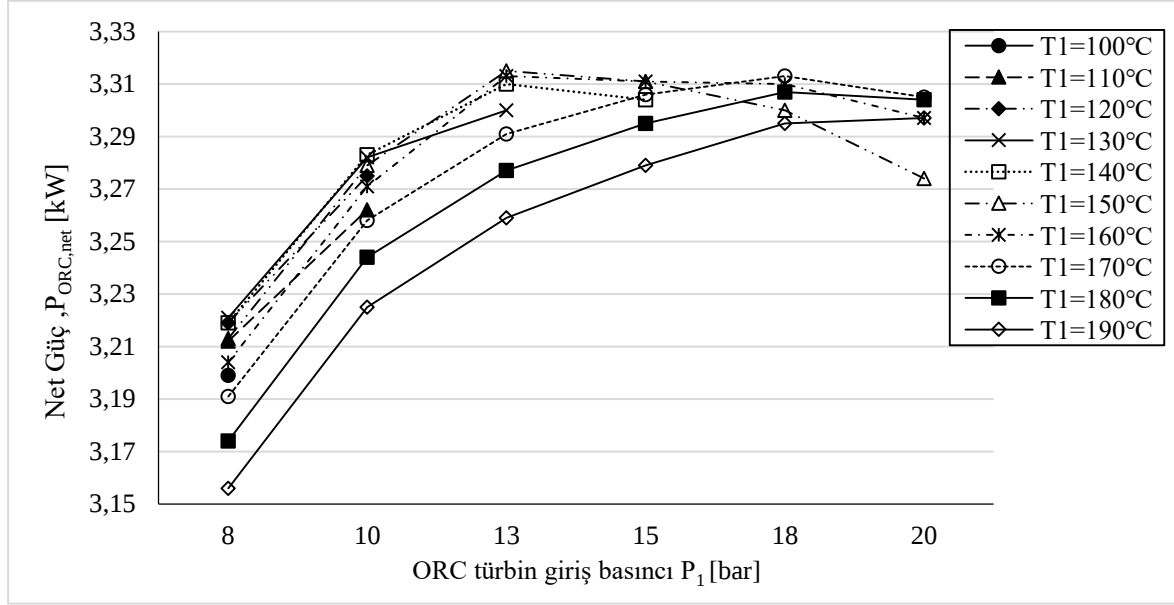
Şekil 6.30. R21 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

Şekil 6.30'a göre R21 iş akışkanı kullanılan CPV/T-ORC hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$), % 12,523 ile ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=80^\circ\text{C}$ ve türbin giriş basıncı $P_1=8$ bar noktasıdır. Hibrid sistem en düşük verim ise $T_1=150^\circ\text{C}$ ve $P_1=8$ bar basınçta % 9,506 olarak hesaplanmıştır.

Yukarıdaki grafikler (Şekil 6.29 ve Şekil 6.30) birlikte değerlendirildiğinde, ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=90^\circ\text{C}$ - 110°C arası ve türbin giriş basıncı $P_1=8$ - 15 bar çalışma basınç bölgesinde, basınç artışı ile birlikte ORC'den alınan net güç ($P_{ORC,net}$) ve hibrid sistemin birinci yasa veriminin ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. $T_1=120^\circ\text{C}$ 'de ve $P_1=8$ - 15 bar aralığında basınç artışı ile birlikte ORC'nin ve hibrid sistemin birinci yasa verimi artmış, $P_1=15$ - 18 bar çalışma basınç aralığında ise azalmıştır. Ayrıca $T_1=130^\circ\text{C}$ - 160°C aralığında $P_1=8$ - 18 bar çalışma basınç bölgesinde basınç artışına bağlı olarak ORC'den alınan net güç ve hibrid sistemin verimi artmıştır fakat $P_1=18$ - 20 bar basınç aralığında ters orantı olarak azaldığı görülmüştür. ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=170^\circ\text{C}$ 'de, $P_1=8$ - 20 bar çalışma basınç bölgesinde ORC net güç ve hibrid sistemin verimi basınç artışı ile birlikte sürekli olarak arttığı tespit edilmiştir.

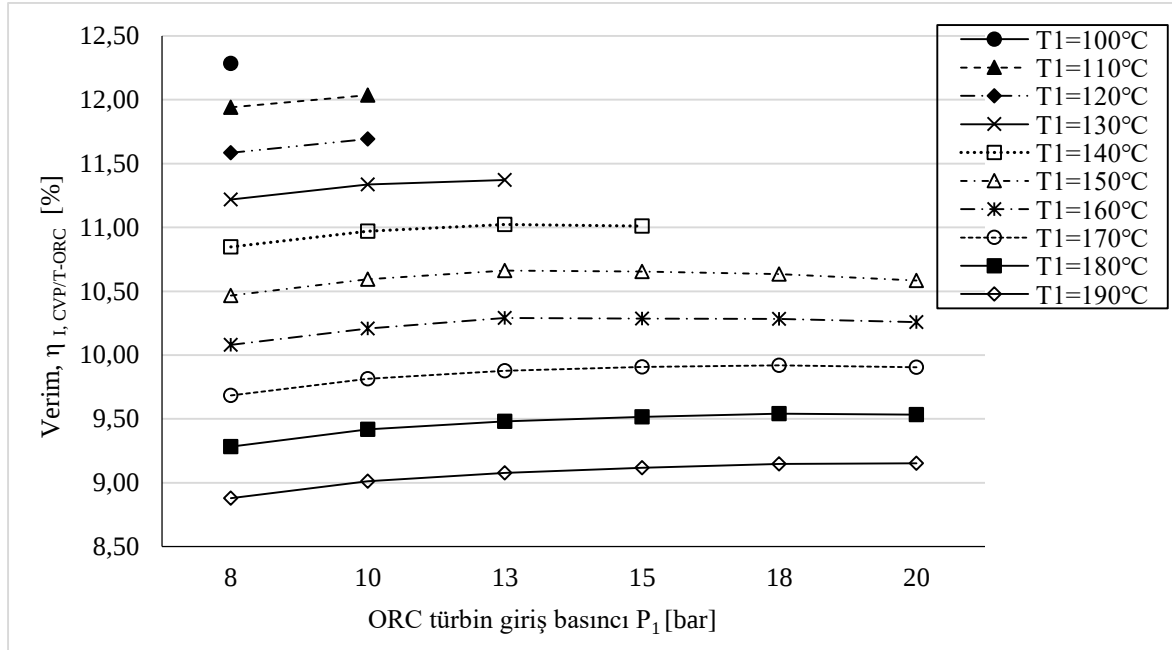
6.13. R11 İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

R11 iş akışkanı ile oluşturulan CVP/T-ORC hibrid sistem, farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına (P_1) göre ORC'den alınan net güç ($P_{ORC,net}$) ve hibrid sistemin birinci yasa verimine ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) göre değerlendirilmiştir.



Şekil 6.31. R11 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi

R11 iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde ORC'den alınan en yüksek net güç ($P_{ORC,net}$) 3,315 kW ile $T_1=150^\circ\text{C}$ ORC türbin giriş sıcaklığında ve $P_1=13$ bar türbin giriş basıncında alınmıştır. Elde edilen en düşük güç ise $T_1=190^\circ\text{C}$ ve $P_1=8$ bar basınçta 3,156 kW olarak hesaplanmıştır.



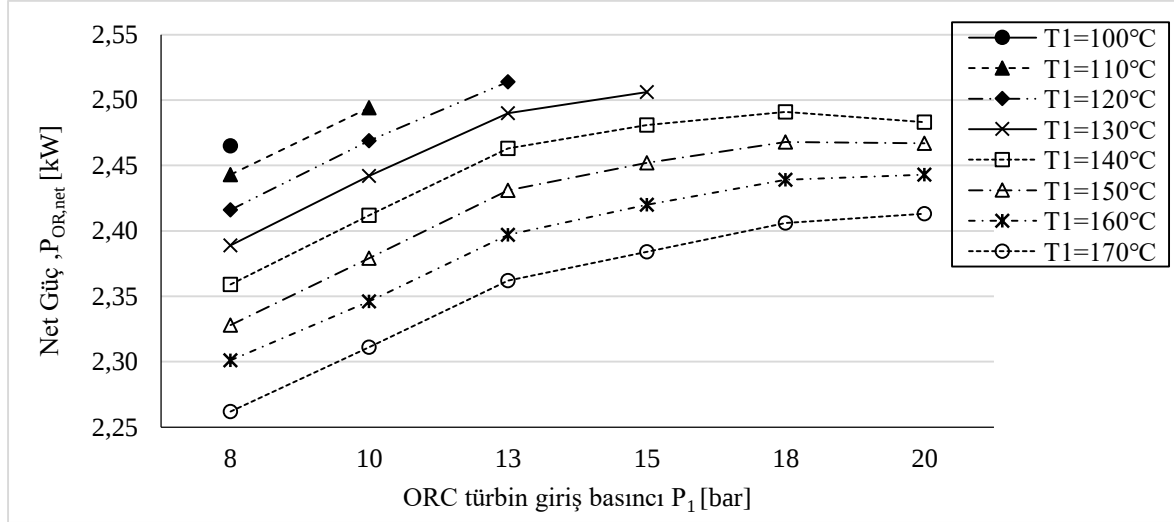
Şekil 6.32. R11 için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

Şekil 6.32’de CVP/T-ORC hibrid sisteminin ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), çalışma basıncına göre birinci yasa verim değerleri gösterilmiştir. Buna göre hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) en fazla $T_1=80$ °C ve $P_1=8$ bar noktasında % 12, 284 olarak hesaplanmıştır. En az verim ise $T_1=190$ °C ve $P_1=8$ bar noktasında % 8,878 olarak hesaplanmıştır.

Yukarıdaki Şekil 6.31 ve Şekil 6.32 birlikte değerlendirildiğinde CPV-T/ORC hibrid sisteminde ORC türbin giriş sıcaklığı ve giriş basıncı $T_1=110$ °C-130 °C, $P_1=8$ -13 bar aralığında basınç artışına doğru orantılı olarak net güç ($P_{ORC,net}$) ve sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) artmıştır. $T_1=140$ °C’de türbin giriş basıncı $P_1=8$ -13 bar çalışma basınç bölgesinde net güç ve sistem verimi artmış, $P_1=13$ -15 bar aralığında ise azalmıştır. $T_1=150$ °C -180 °C aralığında, $P_1=8$ -18 bar çalışma basınç bölgesinde ORC’den alınan net güç ve hibrid sistemin verimi basınç artışına bağlı olarak artmış, $P_1=18$ -20 bar çalışma bölgesinde ise basınç artışıyla ters orantı olarak azalmıştır. ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=190$ °C’de $P_1=8$ -20 bar çalışma basınç aralığında basınç yükselmesine bağlı olarak ORC’den alınan net güç ve hibrid sistemin veriminin arttığı gözlemlenmiştir.

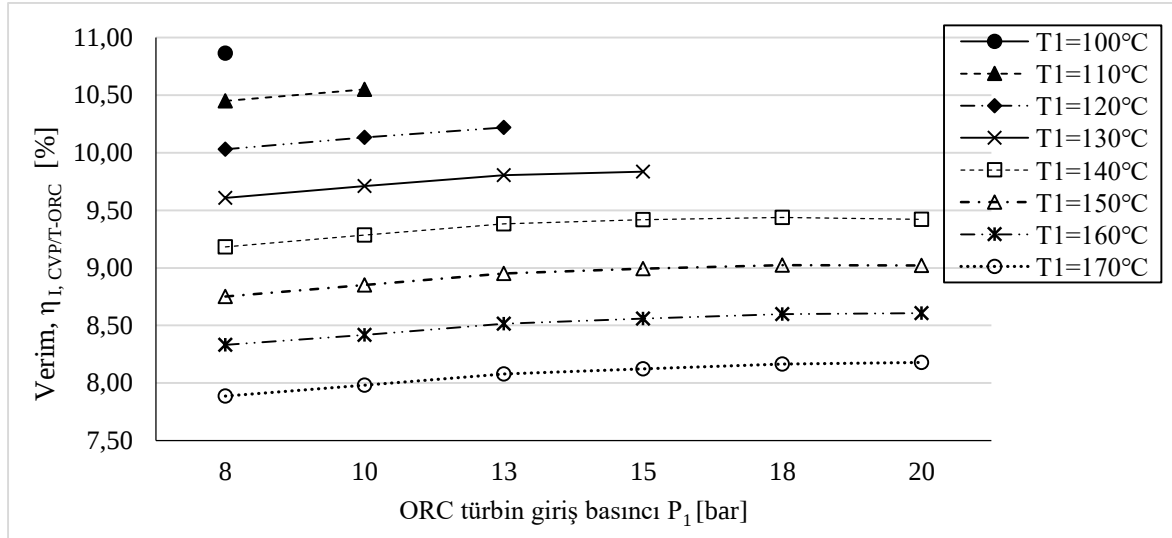
6.14. R245ca İş Akışkanının Farklı Çalışma Basıncına Göre Performansının Değerlendirilmesi

R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CVP/T-ORC hibrid sistem, farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına (P_1) göre ORC'den alınan net güç ($P_{ORC,net}$) ve hibrid sistemin birinci yasa verimine ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) göre değerlendirilmiştir.



Şekil 6.33. R245ca için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC net gücün ($P_{ORC,net}$) değişimi

R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CVP/T-ORC hibrid sisteminde ORC'den alınan en fazla net güç ($P_{ORC,net}$) türbin giriş sıcaklığı $T_1=120^\circ\text{C}$ 'de ve türbin giriş basıncı $P_1=13$ bar basınçta 2,514 kW değerinde elde edilmiştir. En az güç ise $T_1=170^\circ\text{C}$ 'de $P_1=8$ bar basınçta 2,262 kW olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.34. R245ca için farklı ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), türbin giriş basıncına göre ORC birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$)

CVP/T-ORC hibrid sisteminin ORC türbin giriş sıcaklığında (T_1), çalışma basıncına göre birinci yasa verim değerleri gösterilmiştir (Şekil 6.34). Buna göre hibrid sistemin birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) en fazla $T_1=80^\circ\text{C}$ ve $P_1=8$ bar noktasında % 10,863 olarak hesaplanmıştır. En az verim ise $T_1=170^\circ\text{C}$ ve $P_1=8$ bar noktasında % 7,886 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 6.33 ve Şekil 6.34 birlikte değerlendirildiğinde CPV-T/ORC hibrid sisteminde ORC türbin giriş sıcaklığı ve giriş basıncı $T_1=110^\circ\text{C}$ - 130°C , $P_1=8$ - 15 bar aralığında basınç artışına doğru orantılı olarak net güç ve sistemin birinci yasa verimi artmıştır. $T_1=140^\circ\text{C}$ - 150°C aralığında ise $P_1=8$ - 18 bar aralığında sistemden elde edilen net güç ve verim artmış; $P_1=18$ - 20 bar çalışma bölgesinde ise azalmıştır. Ayrıca $T_1=160^\circ\text{C}$ - 170°C 'de, $P_1=8$ - 20 bar çalışma basınç bölgesinde basınç artışı ile birlikte sistemin net gücü ve verimi artmıştır.

Sonuç olarak CVP/T-ORC hibrid sisteminde elde edilen net güç ve birinci yasa verimleri her bir akışkan için farklı çalışma şartlarında farklı sonuçlar alındığı görülmüştür.

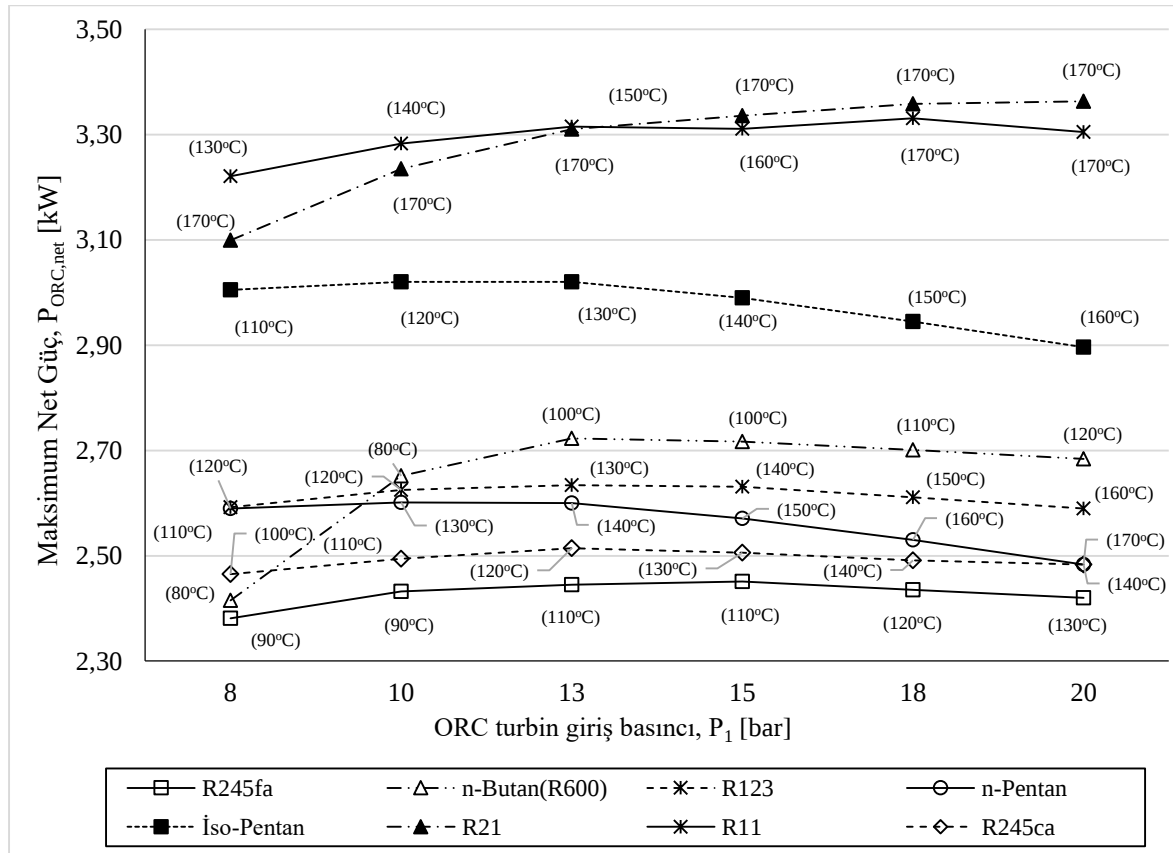
Sekiz farklı iş akışkanı için oluşturulan hibrid sistemlerde görülmüştür ki; ORC türbin giriş sıcaklığının artması ORC'den alınan net gücü arttırdığı fakat ORC türbin giriş basıncının (P_1) artması, iş akışkanlarının buharlaştırıcıdan buhar fazında çıkmasını zorlaştırdığı için çalışma bölgelerini azalttığı tespit edilmiştir.

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, EBSILON Professional 14 programı ile farklı sıcaklık ve basınç çalışma şartlarında tasarlanan CVP/T-ORC hibrid sisteminin 6. Bölüm 'de detaylı olarak verilen termodinamik analiz sonuçlarına göre, sistemden alınan net güç ($P_{ORC,net}$), sistemin birinci yasa ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) ve ikinci yasa ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) verimlerine göre en iyi iş akışkanı belirlenmiştir. Şekil 7.1, Şekil 7.2 ve Şekil 7.3'teki performans haritalarının üzerinde parantez içerisinde sunulan değerler türbin giriş sıcaklığını (T_1) temsil etmektedir.

7.1. Maksimum Güce Göre Performans Haritasının Oluşturulması

Sekiz farklı iş akışkanı ile hibrid sistemin her bir iş akışkanından ORC türbin giriş basıncına göre elde edilen maksimum güç ($P_{ORC,net}$) için performans haritası oluşturulmuştur (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Sekiz farklı iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemlerin türbin giriş basıncına göre elde edilen maksimum güç üretimi için performans haritası

Şekil 7.1' göre hibrid sistemden alınan maksimum net güç 3,363 kW değerinde R21 iş akışkanı ile ORC türbin giriş sıcaklığı $T_1=170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve türbin giriş basıncı $P_1=20$ bar basınç noktasında olmuştur.

R245fa iş akışkanı ile alınan maksimum net güç ($P_{\text{ORC,net}}$) 2,451 kW ile $T_1=110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de $P_1=15$ bar basınçta elde edilmiştir.

n-Bütan (R600) iş akışkanı ile elde edilen maksimum net güç ($P_{\text{ORC,net}}$) 2,723 kW ile $T_1=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=13$ bar basınç noktasıdır.

R123 iş akışkanı kullanılarak oluşturulan hibrid sistemde maksimum net güç ($P_{\text{ORC,net}}$), $T_1=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=13$ bar çalışma basıncında 2,634 kW değerindedir.

n-Pentan iş akışkanından alınan maksimum net güç ($P_{\text{ORC,net}}$), $T_1=130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=10$ bar çalışma basıncında 2,601 kW değerindedir.

İso-Pentan iş akışkanı ile alınan maksimum net güç ($P_{\text{ORC,net}}$) ise 3,020 kW ile 2 farklı nokta alınmıştır. Bunlar $T_1=120\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_1=10$ bar ve $T_1=130\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_1=13$ bar noktalarıdır.

R11 ile alınan maksimum net güç ($P_{\text{ORC,net}}$), 3,331 kW ile $T_1=160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=18$ bar çalışma bölgesidir.

R245ca ile oluşturulan hibrid sistemde ise elde edilen maksimum net güç ($P_{\text{ORC,net}}$), 2, 514 kW ile $T_1=120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=13$ bar çalışma basınç noktasındadır.

Ayrıca maksimum güç veren R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminde kullanılan bileşenlerin, ekserji analizi ve ikinci yasa verimleri aşağıdaki çizelgede paylaşılmıştır (Çizelge 7.1).

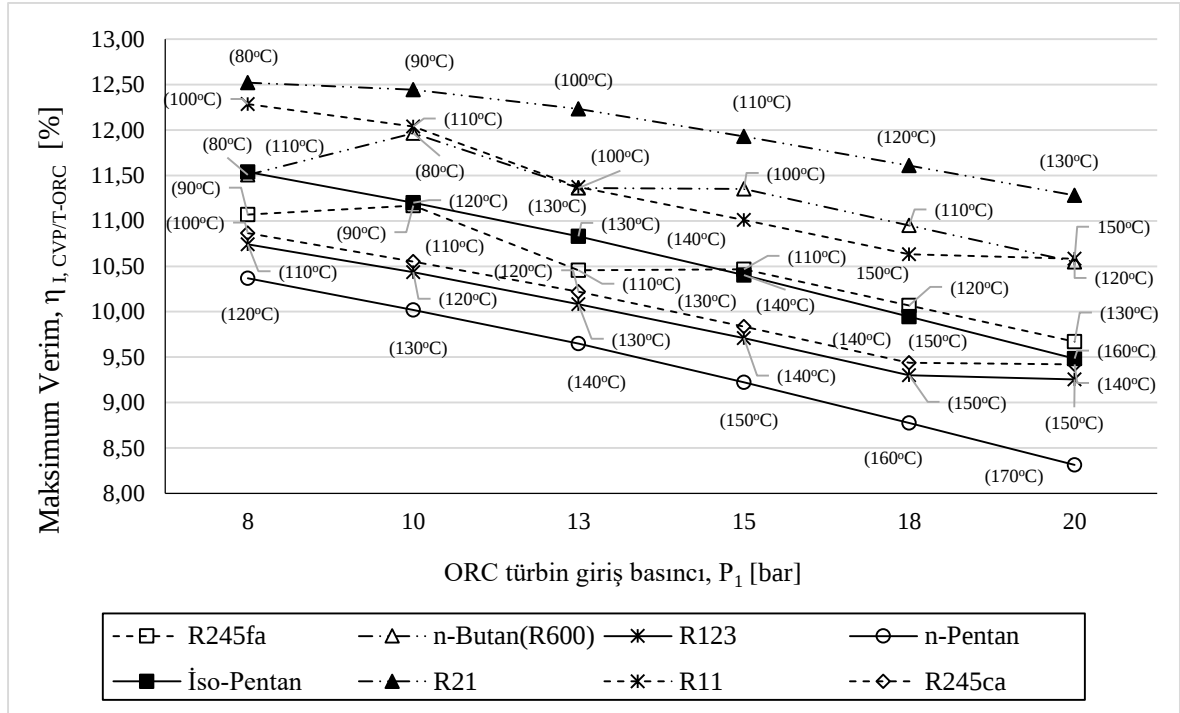
Çizelge 7.1. $T_1=170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=20\text{ bar}$ çalışma basıncında hibrid sistemde maksimum güç veren R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sistemindeki bileşenlerin ekserji analizi.

Buharlaştırıcı	$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	70,8
	$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	4,04
Türbin	$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	74,2
	$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,29
Yoğuşturucu	$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	42,0
	$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,87
ORC iş akışkanı pompası	$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	79,2
	$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,04
Soğutma suyu pompası	$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,6
	$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,01
Toplam Tersinmezlik	$\dot{i} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	8,25

Çizelge 7.1'de gösterildiği üzere R21 iş akışkanının maksimum güç verdiği çalışma şartlarında en yüksek ikinci yasa verimine sahip bileşen % 79,2 ile ORC iş akışkanı pompası olmuştur. En düşük verim ikinci yasa verimi ise % 42,0 ile yoğuşturucuda olmuştur. Bileşenler arasında enerji kaybı en az 0,01 kW ile soğutma suyu pompasında, en fazla enerji kaybı ise 4,04 kW ile buharlaştırıcıda olmuştur.

7.2. Maksimum Birinci Yasa Verime Göre Performans Haritasının Oluşturulması

Aynı şekilde sekiz farklı iş akışkanı göre hibrid sistemden elde edilen maksimum birinci yasa verim haritası Şekil 7.2'de gösterilmiştir. Buna göre hibrid sistemden elde edilen maksimum birinci yasa verimi ($\eta_{I, \text{CPV/T-ORC}}$) R21 iş akışkanı ile $T_1=80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=8\text{ bar}$ basınçta % 12,523 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.2. Sekiz farklı iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemlerin türbin giriş basıncına göre elde edilen birinci yasa verim haritası

R245fa iş akışkanı ile alınan maksimum verim ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) %11,168 ile $T_1=90$ °C’de $P_1=10$ bar basınçta elde edilmiştir.

n-Bütan (R600) iş akışkanı ile elde edilen maksimum verim % 11,963 ile $T_1=80$ °C’de ve $P_1=10$ bar basınç noktasıdır.

R123 iş akışkanı kullanılarak oluşturulan hibrid sistemde maksimum verim, $T_1=110$ °C’de ve $P_1=8$ bar çalışma basıncında % 10,740 değerindedir.

n-Pentan iş akışkanından alınan maksimum verim, $T_1=120$ °C’de ve $P_1=8$ bar çalışma basıncında % 10,367 değerindedir.

İso-Pentan iş akışkanı ile alınan maksimum verim ise % 11,539 ile $T_1=110$ °C, $P_1=18$ bar noktasıdır.

R11 ile alınan maksimum verim, %12,284 ile $T_1=100$ °C’de ve $P_1=8$ bar çalışma bölgesidir.

R245ca ile oluşturulan hibrid sistemde ise elde edilen maksimum verim, % 10,863 ile $T_1=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=8\text{ bar}$ çalışma basıncı noktasındadır.

Birinci yasa verimi maksimum olan R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sisteminde kullanılan bileşenlerin, ekserji analizi ve ikinci yasa verimleri aşağıdaki çizelgede paylaşılmıştır (Çizelge 7.2).

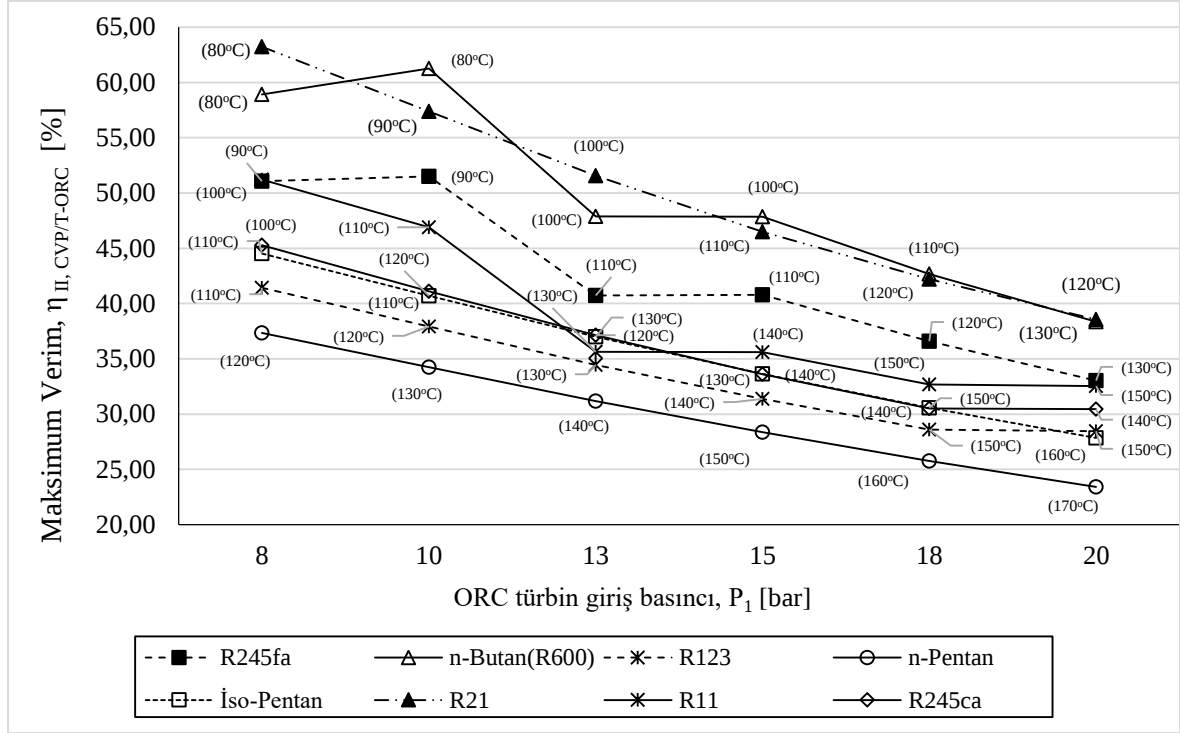
Çizelge 7.2. $T_1=80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve $P_1=8\text{ bar}$ çalışma basıncında hibrid sistemde maksimum verimli R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC sistemindeki bileşenlerin ekserji analizi

Buharlaştırıcı	$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	79,3
	$\dot{i}_{\text{evap}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,60
Türbin	$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	69,8
	$\dot{i}_{\text{ORC}, T}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,42
Yoğuşturucu	$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	16,9
	$\dot{i}_{\text{cond}}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,19
ORC iş akışkanı pompası	$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	44,6
	$\dot{i}_{\text{ORC}, P}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,05
Soğutma suyu pompası	$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,5
	$\dot{i}_{\text{cw}, P}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,04
Toplam Tersinmezlik	$\dot{i}=T_0\Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	4,3

R21 iş akışkanının maksimum güç verdiği çalışma şartlarında en yüksek ikinci yasa verimine sahip bileşen % 79,3 ile buharlaştırıcı olmuştur. En düşük verim ikinci yasa verimi ise % 16,9 ile yoğuşturucuda olmuştur. Bileşenler arasında enerji kaybı en az 0,04 kW ile soğutucu suyu pompasında, en fazla enerji kaybı ise 1,60 kW ile buharlaştırıcıda olmuştur.

7.3. Maksimum İkinci Yasa Verime Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

CVP/T-ORC hibrid sistemin ikinci yasa çözümlemesi, sekiz farklı iş akışkanının 8-20 bar çalışma basıncı aralığında maksimum verimlerine göre değerlendirmiş ve verim haritası oluşturulmuştur.



Şekil 7.3. Sekiz farklı iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemlerin türbin giriş basıncına göre elde edilen ikinci yasa verim haritası

CPV/T-ORC hibrid sistemden elde edilen maksimum ikinci yasa verim haritası Şekil 7.3'de gösterilmiştir. Buna göre hibrid sistemden elde edilen maximum ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) R21 iş akışkanı ile $T_1=80$ °C'de ve $P_1=8$ bar basınçta % 63,251 olarak hesaplanmıştır.

R245fa iş akışkanı ile alınan maksimum ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) %51,510 ile $T_1=90$ °C'de $P_1=10$ bar basınçta elde edilmiştir.

n-Bütan (R600) iş akışkanı ile elde edilen maksimum verim % 61,280 ile $T_1=80$ °C'de ve $P_1=10$ bar basınç noktasından alınmıştır.

R123 iş akışkanı kullanılarak oluşturulan hibrid sistemde maksimum verim, $T_1=110$ °C'de ve $P_1=8$ bar çalışma basıncında % 41,436 değerindedir.

n-Pentan iş akışkanından alınan maksimum verim, $T_1=120$ °C'de ve $P_1=8$ bar çalışma basıncında % 37,349 olarak hesaplanmıştır.

İso-Pentan iş akışkanı ile alınan maksimum verim ise % 44,521 ile $T_1=110$ °C, $P_1=18$ bar noktasıdır.

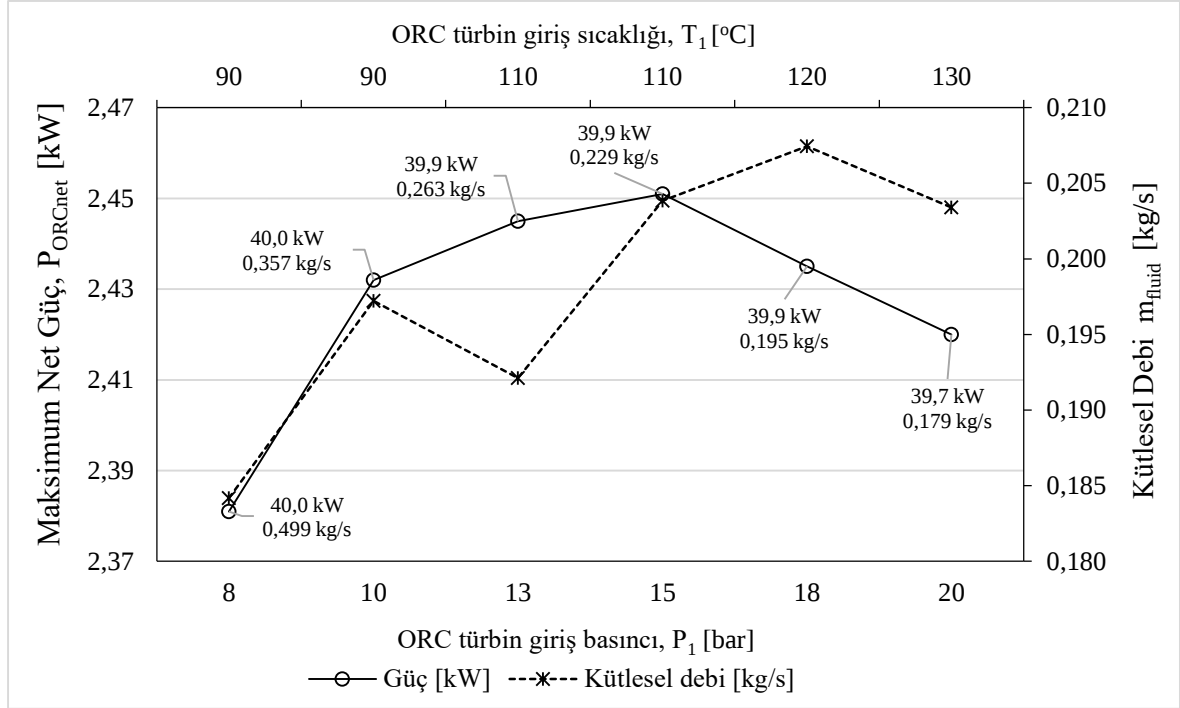
R11 ile alınan maksimum verim, %51,215 ile $T_1=100$ °C’de ve $P_1=8$ bar çalışma bölgesidir.

R245ca ile oluşturulan hibrid sistemde ise elde edilen maksimum verim, % 45,291 ile $T_1=100$ °C’de ve $P_1=8$ bar çalışma basınç noktasındadır.

7.4. R245fa İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

R245fa iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur (Şekil 7.4). Bu haritada, hibrid sistemde alınan maksimum güç, türbin giriş basınç ve sıcaklığı ile bu noktalardaki ORC sistemi tarafından çekilen ısı yükleri ve bu ısı yüklerine karşılık iş akışkanı ve soğutma suyu debisi gösterilmiştir.

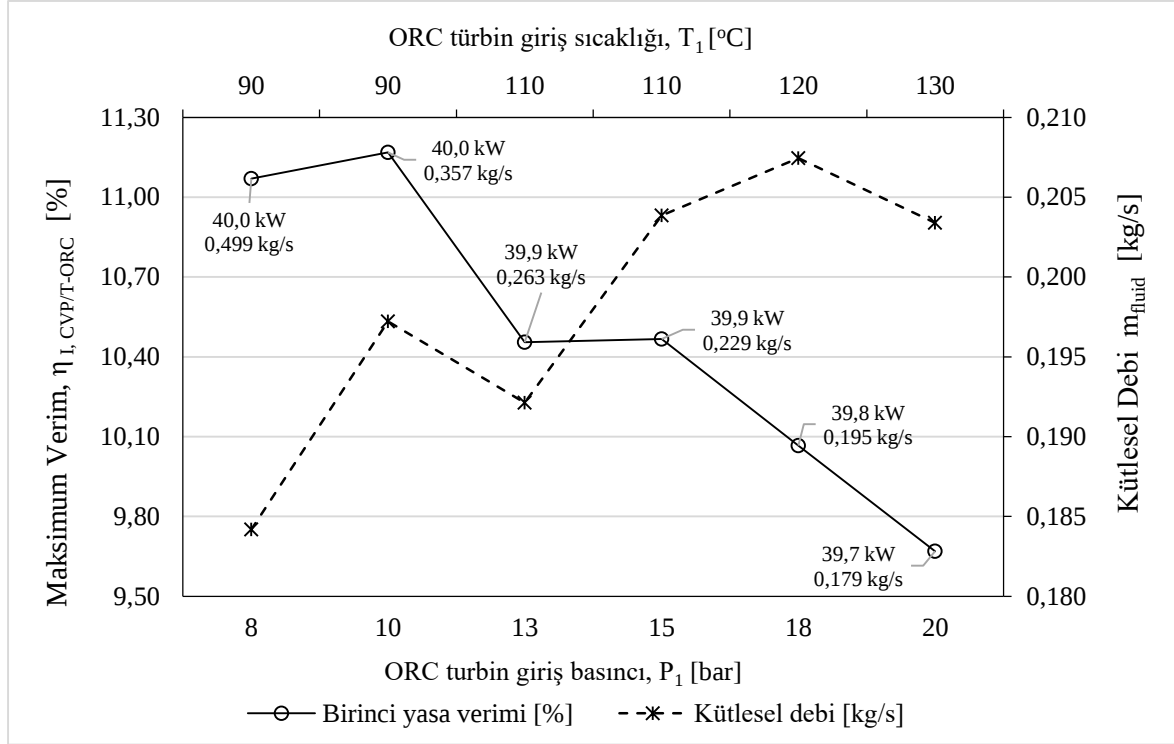
(Şekil 7.4-Şekil 7.28’deki grafik üzerindeki güç (kW) çizgisi üzerindeki değerler ORC sistemi tarafından çekilen ısı ve bu ısı yüküne karşılık gelen soğutma suyu debi miktarını göstermektedir.)



Şekil 7.4. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

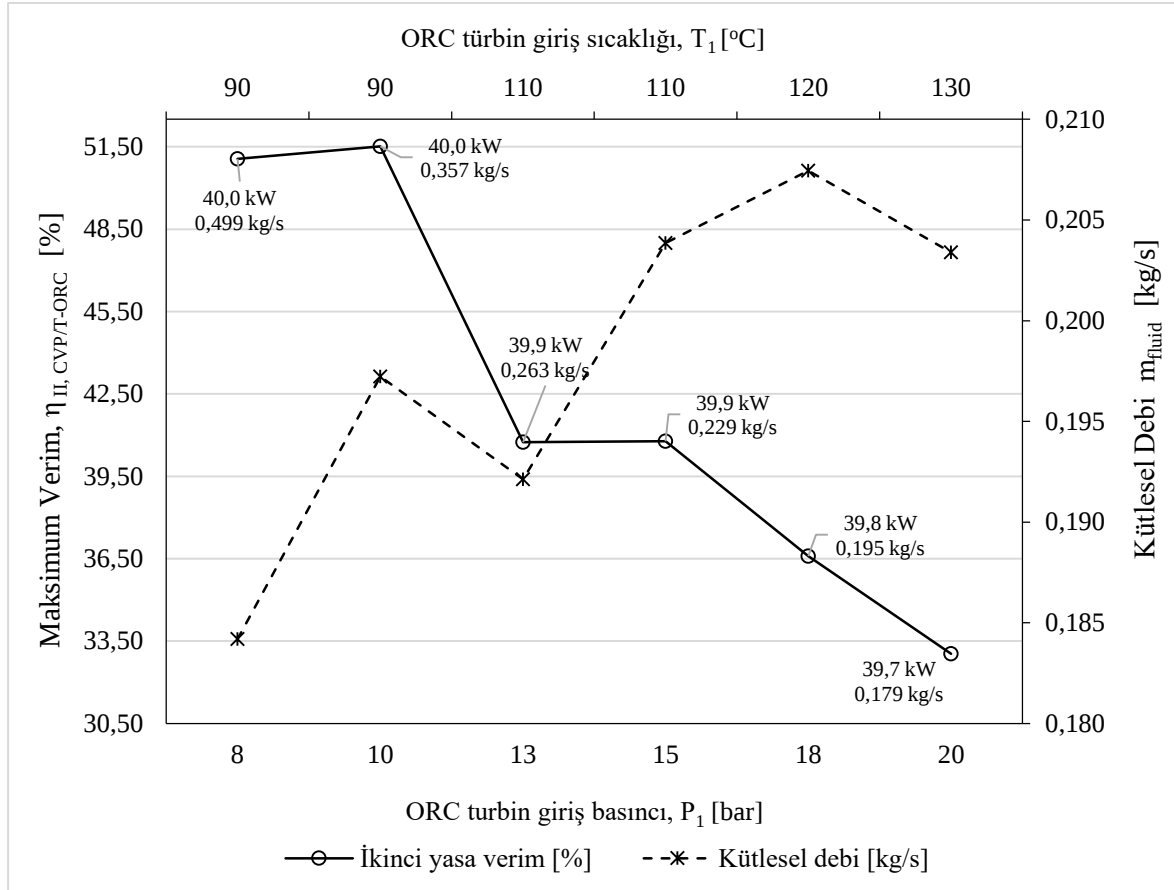
Şekil 7.4'e göre ısı yükleri sıcaklık artışı ile azaldığı görülmüştür. Optimum noktalara göre hibrid sistemden çekilen en fazla ısı yükü 40,0 kW; en az ısı yükü ise 39,7 kW'tır. Hibrid sistemden alınan güç (kW), türbin giriş basıncı $P_1=8-15$ bar aralığında artmış; $P_1=15-20$ bar aralığında azalmıştır. En fazla iş akışkanı debi miktarı $P_1=18$ bar, $T_1=120$ °C'de 0,208 kg/s olarak ölçülmüştür. Bu noktaya karşılık üretilen güç ise 2,435 kW'tır. En az iş akışkanı debi miktarı ise $P_1=8$ bar, $T_1=90$ °C'de 0,184 kg/s olarak bulunmuştur. Bu noktalarda hibrid sistemden elde edilen güç ise 2,381 kW'tır. Hibrid sistemde kullanılan soğutma suyu miktarı ise basınç artışına bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Kullanılan en fazla soğutma suyu 0,499 kg/s debi ile $P_1=8$ bar basınçta ve $T_1=90$ °C'de; en az ise $P_1=20$ bar ve $T_1=130$ °C'de 0,179 kg/s olarak bulunmuştur.

Şekil 7.5'te R245fa iş akışkanı ile maksimum verim için oluşturulan optimum noktadaki sistemin termodinamik özellikleri verilmiştir.



Şekil 7.5. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

R245fa ile oluşturulan hibrid sistemden maksimum verim için kullanılan iş akışkanına ait kütlesel debi miktarı ORC türbin giriş basıncı $P_1=8-10$ bar aralığında artmış, $10-13$ bar aralığında azalmıştır. m_{fluid} değeri, $P_1=13-18$ bar aralığında ise artmış ve $18-20$ bar aralığında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 7.6). Ayrıca sistemde kullanılan soğutma suyu kütlesel debi miktarı basınç artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Hibrid sistemde kullanılan ısı yükü (kW) sıcaklık artışı ile azaldığı görülmüştür. Kullanılan en yüksek ısı yükü 90 °C 'de 40 kW ; en az ısı yükü ise 130 °C 'de $39,7\text{ kW}$ 'tır. CPV/T-ORC hibrid sistemde $P_1=10$ bar ve $T_1=90\text{ °C}$ 'de $0,197\text{ kg/s}$ iş akışkanı ve $0,357\text{ kg/s}$ soğutma suyu kullanılarak $\% 11,168$ 'lik maksimum verim elde edilmiştir.



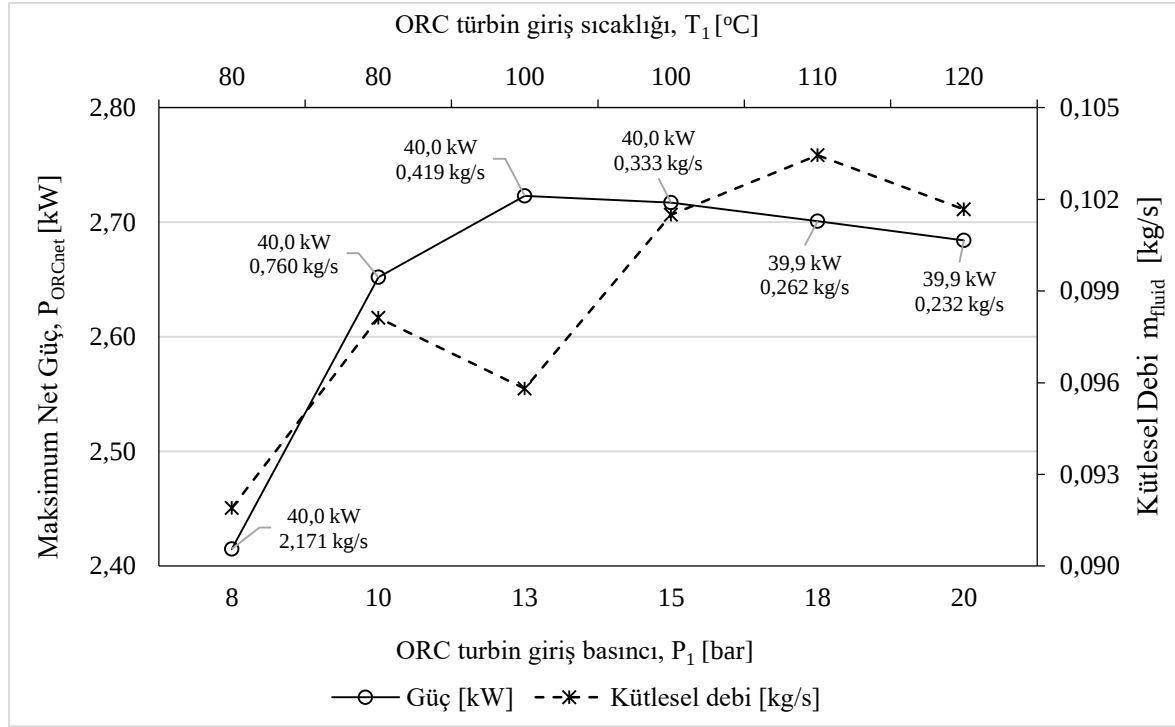
Şekil 7.6. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

Şekil 7.6’da R245fa iş akışkanı kullanılarak oluşturulan sistemde elde edilen maksimum ikinci yasa verimi % 51,510’dur. Bu noktanın termodinamik özelliği ise $P_1=10$ bar ve $T_1=90$ °C’dir ve sistemde kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,197 kg/s ve soğutma suyu miktarı 0,357 kg/s olarak hesaplanmıştır.

7.5. n-Bütan (R600) İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

Şekil 7.7’de n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur. Performans haritasına bakıldığında optimum noktalarda hibrid sistemde kullanılan ısı yükü, sıcaklık artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. En yüksek ısı yükü 40,0 kW ve en düşük 39,9 kW’tır. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile elde edilen güç (kW), $P_1=8-13$ bar aralığında basınç artışı ile artmış; $P_1=13-20$ bar aralığında ise azalmıştır. Sistemde kullanılan iş akışkanı debi miktarı ise giriş basıncı $P_1=8-10$ bar aralığında artmış; 10-13 bar aralığında azalmıştır. İş akışkanı kütleli

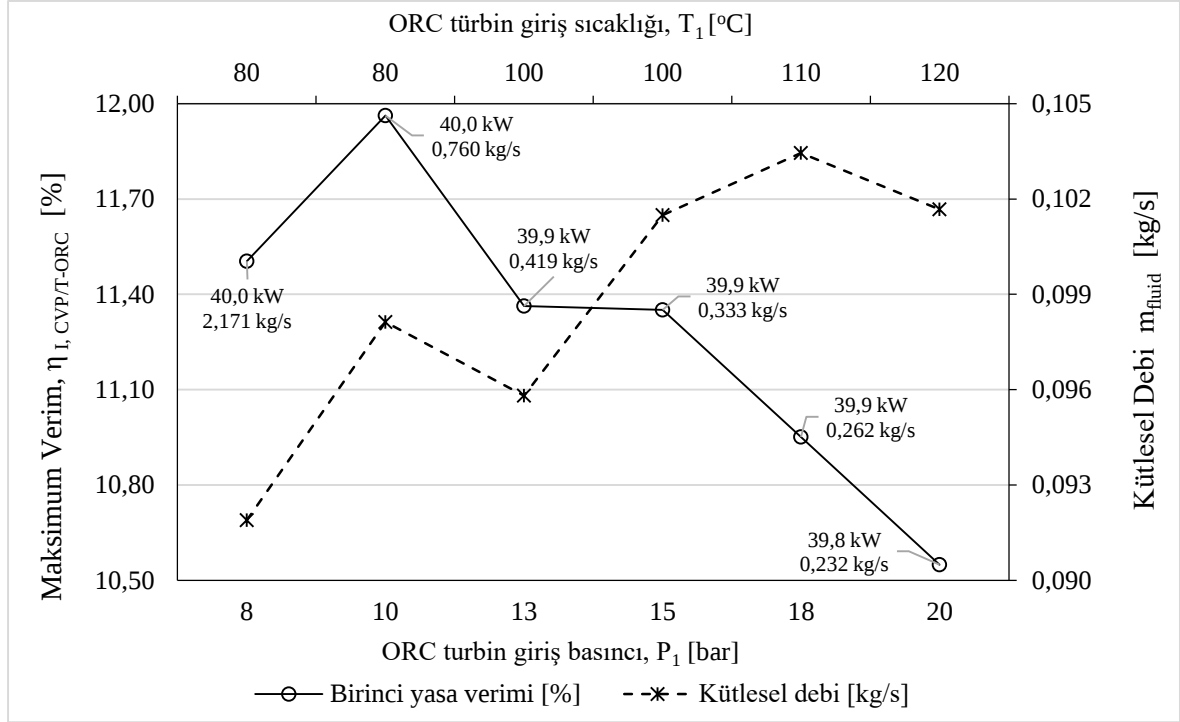
debi miktarı $P_1=13-18$ bar basınçta artmış, 18-20 bar aralığında ise tekrar azalmıştır. En fazla iş akışkanı debi miktarı $P_1=18$ bar, $T_1=110$ °C’de 0,103 kg/s olarak ölçülmüştür. Bu noktaya karşılık üretilen güç ise 2,701 kW’tır. En az iş akışkanı debi miktarı ise $P_1=8$ bar, $T_1=80$ °C’de 0,092 kg/s olarak bulunmuştur. Bu noktada sistemden 2,415 kW güç elde edilmiştir.



Şekil 7.7. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

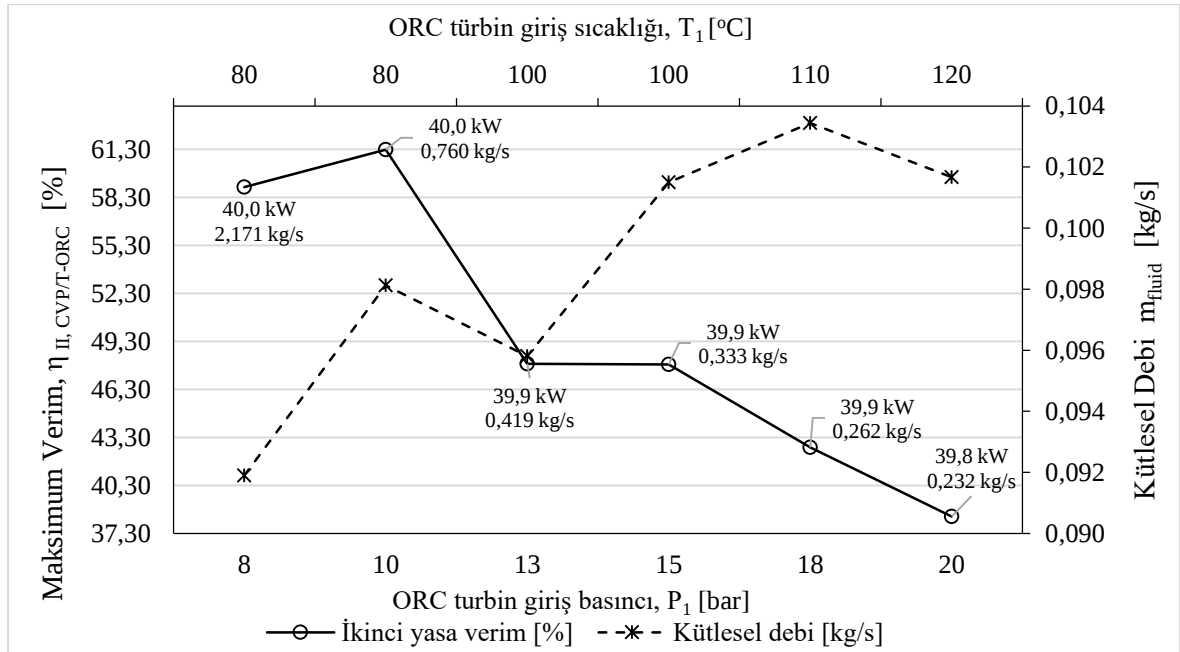
Hibrid sistemde n-Bütan (R600) iş akışkanı kullanılarak elde edilen maksimum güç değeri için türbin giriş basınç ve sıcaklık değerleri $P_1=13$ bar, $T_1=100$ °C ve bu noktadaki iş akışkanı debi miktarı 0,096 kg/s ve soğutma suyu debi miktarı 0,419 kg/s’dir. Çekilen ısı yükü ise 40,0 kW’tır.

Şekil 7.8’de ise optimum noktalarda elde edilen maksimum verim miktarları gösterilmiştir. Buna göre, türbin giriş basınç ve sıcaklık $P_1=10$ bar, $T_1=80$ °C ve iş akışkanı debi miktarı 0,098 kg/s, soğutma suyu miktarı 0,760 kg/s değer ile % 11,963 maksimum verim elde edilmiştir. Şekil 7.9’da ise n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemin optimum noktalardaki maksimum ikinci yasa verim haritası oluşturulmuştur. Elde edilen maksimum birinci yasa verim noktası ile aynı noktada % 61,277 değerinde maksimum ikinci yasa verimi elde edilmiştir.



Şekil 7.8. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

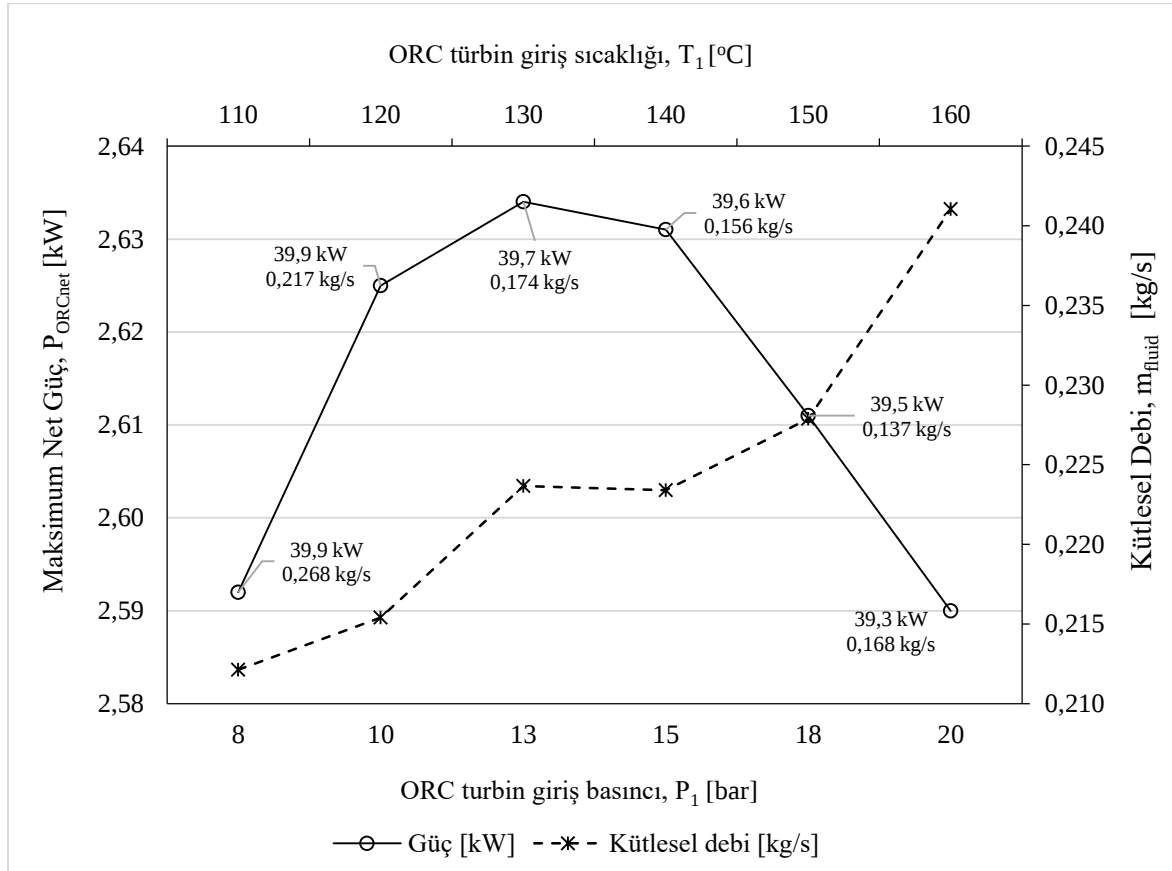
Hibrid sistemde kullanılan soğutma suyu ise basınç artışına bağlı olarak azalmıştır. En fazla soğutma suyu kütleli debi miktarı 2,171 kg/s ile $P_1=8$ bar ve $T_1=80$ °C noktasındadır. En az soğutma suyu kütleli debi miktarı ise $P_1=20$ bar ve $T_1=120$ °C'de 0,232 kg/s'dir.



Şekil 7.9. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

7.6. R123 İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

R123 iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur (Şekil 7.10). Performans haritasına bakıldığında optimum noktalarda hibrid sistemde kullanılan ısı yükü, sıcaklık artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Hibrid sistemde kullanılan en yüksek ısı yükü 39,9 kW ve en düşük güç 39,3 kW'tır. R123 iş akışkanı kullanılarak elde edilen maksimum güç (kW), $P_1=8$ -13 bar aralığında basınç artışı ile artmış; $P_1=13$ -20 bar aralığında ise azalmıştır. Sistemde kullanılan iş akışkanı debi miktarı ise giriş basıncı $P_1=8$ -13 bar aralığında artmış; 13-15 bar aralığında azalmıştır. İş akışkanı debi miktarı, $P_1=15$ -20 bar basınç aralığında ise tekrar artmıştır. Sistemde kullanılan en fazla iş akışkanı debi miktarı $P_1=20$ bar, $T_1=160$ °C'de 0,225 kg/s olarak ölçülmüştür. Bu noktaya karşılık üretilen güç ise 2,590 kW'tır. En az iş akışkanı debi miktarı ise $P_1=8$ bar, $T_1=110$ °C'de 0,212 kg/s olarak bulunmuştur. Bu noktada sistemden 2,592 kW güç elde edilmiştir.

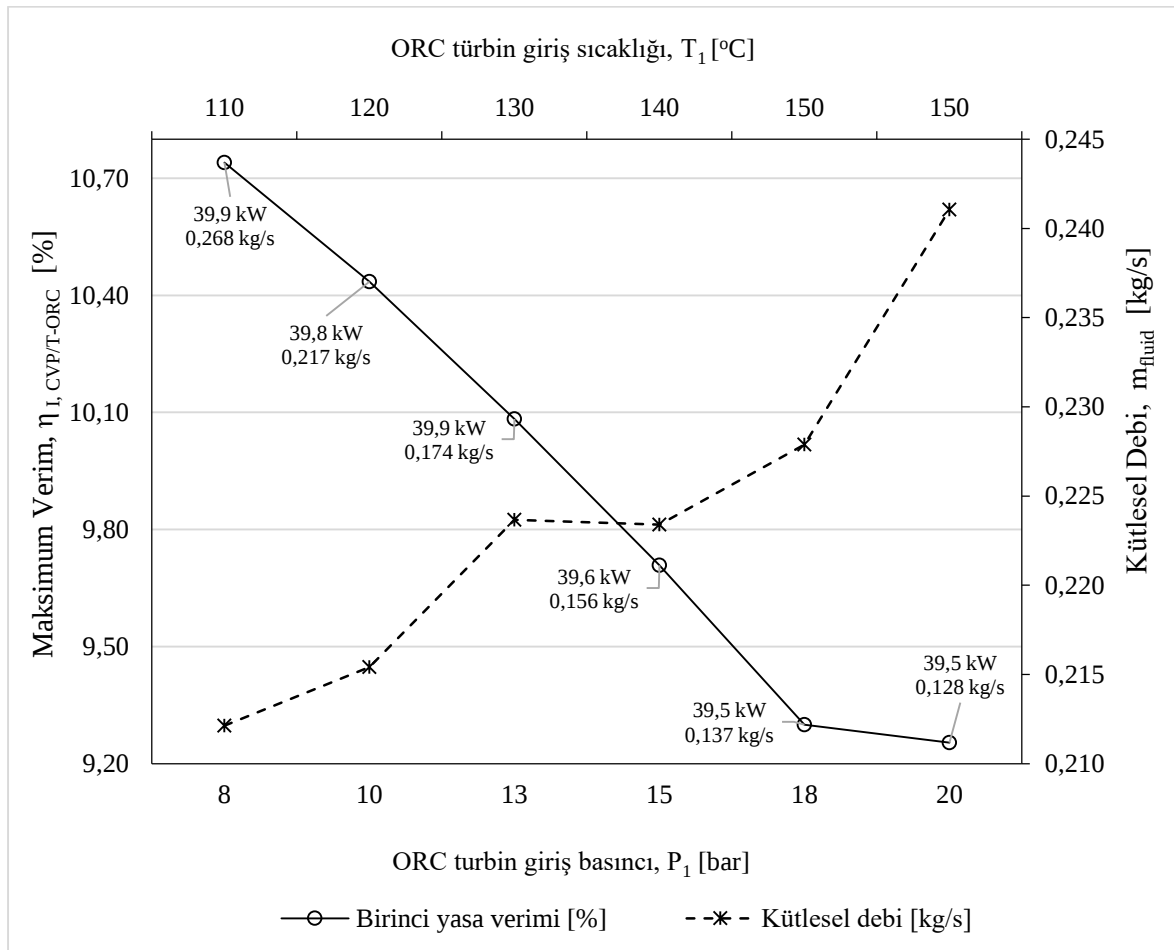


Şekil 7.10. R123 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

Hibrid sistemde kullanılan soğutma suyu kütleli debi miktarı, türbin giriş basıncının artması ile azaldığı görülmüştür. En yüksek soğutma suyu miktarı türbin giriş basıncı ve sıcaklığı $P_1=8$ bar, $T_1=100$ °C'de 0,268 kg/s olarak hesaplanmıştır. En düşük soğutma suyu miktarı ise $P_1=20$ bar, $T_1=160$ °C'de 0,168 kg/s olarak bulunmuştur.

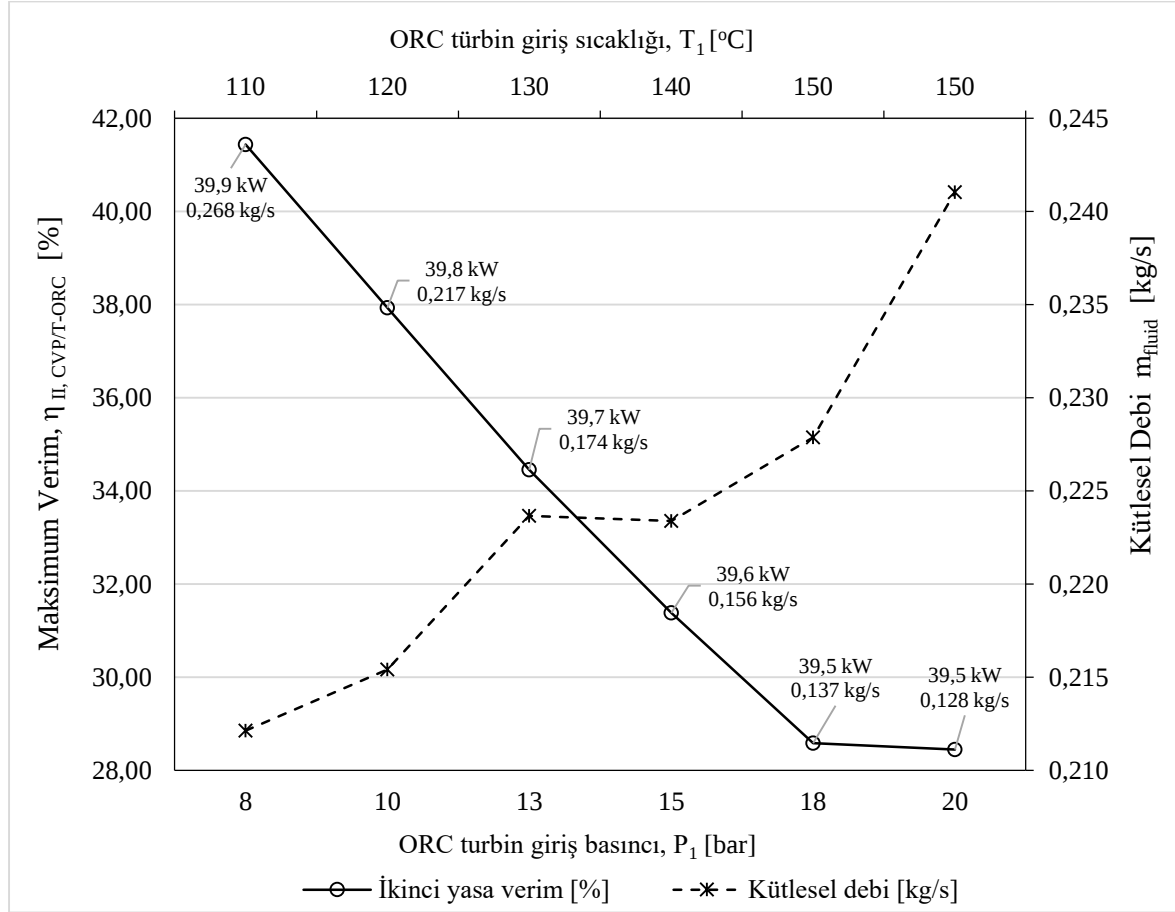
Hibrid sistemde türbin giriş basıncı ve sıcaklığı $P_1=13$ bar, $T_1=130$ °C'de, 0,224 kg/s iş akışkan ve 0,174 kg/s soğutma suyu debi miktarları ile 2,634 kW maksimum güç elde edilmiştir.

Şekil 7.11'de çekilen ısı miktarı ile iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarlarına göre hibrid sistemin farklı çalışma şartlarında maksimum birinci yasa verimleri gösterilmiştir. En yüksek birinci yasa verimi 39,9 kW ısı yükü ile $P_1=8$ bar ve $T_1=110$ °C'de, iş akışkanı debi miktarı ise 0,212 kg/s, soğutma suyu debi miktarı 0,268 kg/s ile % 10,740 olarak bulunmuştur.



Şekil 7.11. R123 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

Hibrid sisteme ait en yüksek ikinci yasa verim ise $P_1=8$ bar ve $T_1=110$ °C’de % 41,436 değer olarak bulunmuştur (Şekil 7.12).



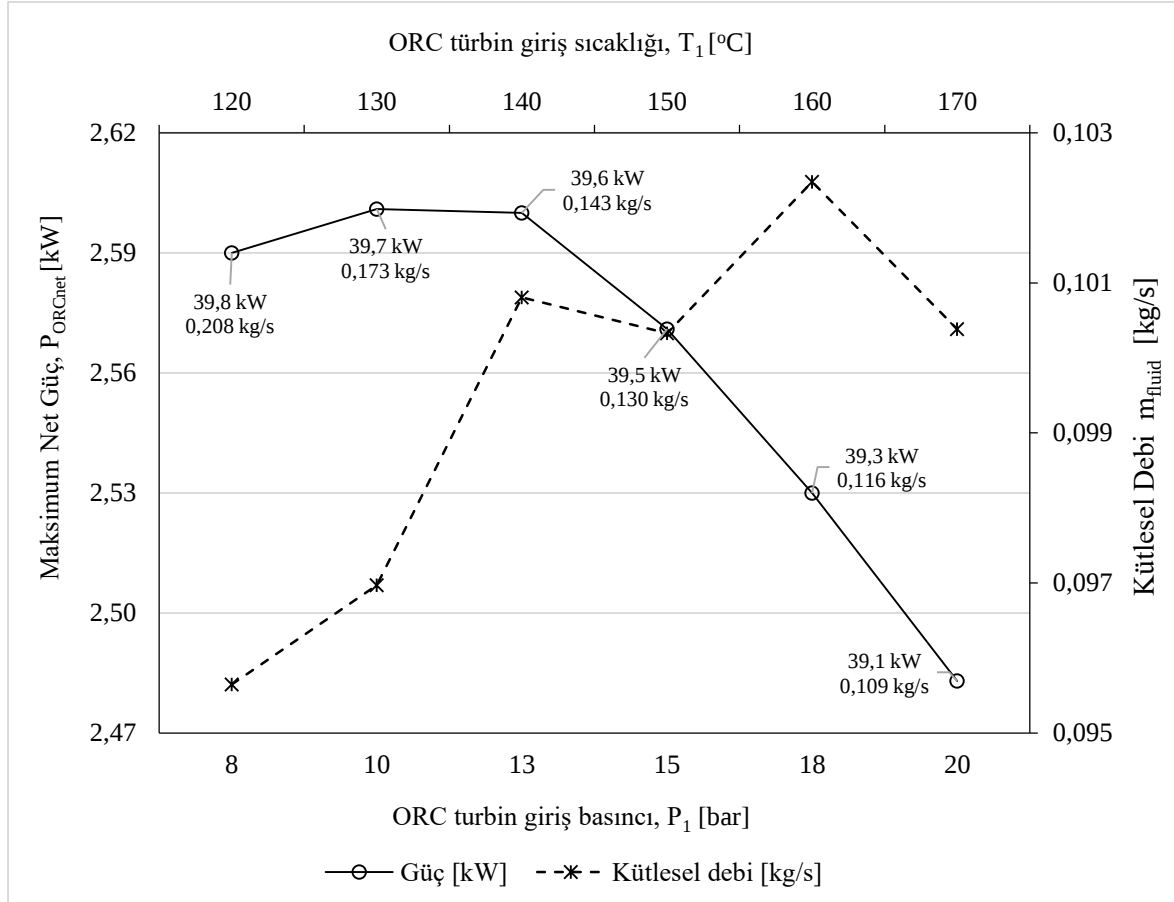
Şekil 7.12. R123 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

7.7. n-Pentan İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur (Şekil 7.13). Bu haritada, hibrid sistemde alınan maksimum güç, türbin giriş basınç ve sıcaklığı ile bu noktalardaki ORC sistemi tarafından çekilen ısı yükleri ve bu ısı yüklerine karşılık iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarları gösterilmiştir.

Hibrid sistemde kullanılan ısı yükü miktarı türbin giriş basıncının artmasına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Performans haritasına bakıldığında çekilen en yüksek ısı yükü $P_1=8$ bar ve $T_1=120$ °C’de 39,8 kW ve en az $P_1=20$ bar, $T_1=170$ °C’de 39,1 kW olarak

hesaplanmıştır. İş akışkanı debi miktarı ise türbin giriş basıncına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kullanılan en yüksek iş akışkan debi miktarı $P_1=18$ ve $T_1=160$ °C’de 0,102 kg/s olarak; en düşük ise $P_1=8$ ve $T_1=120$ °C’de 0,096 kg/s olarak bulunmuştur. Soğutma suyu iş akışkanı debi miktarı türbin giriş basıncının artmasına bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir.



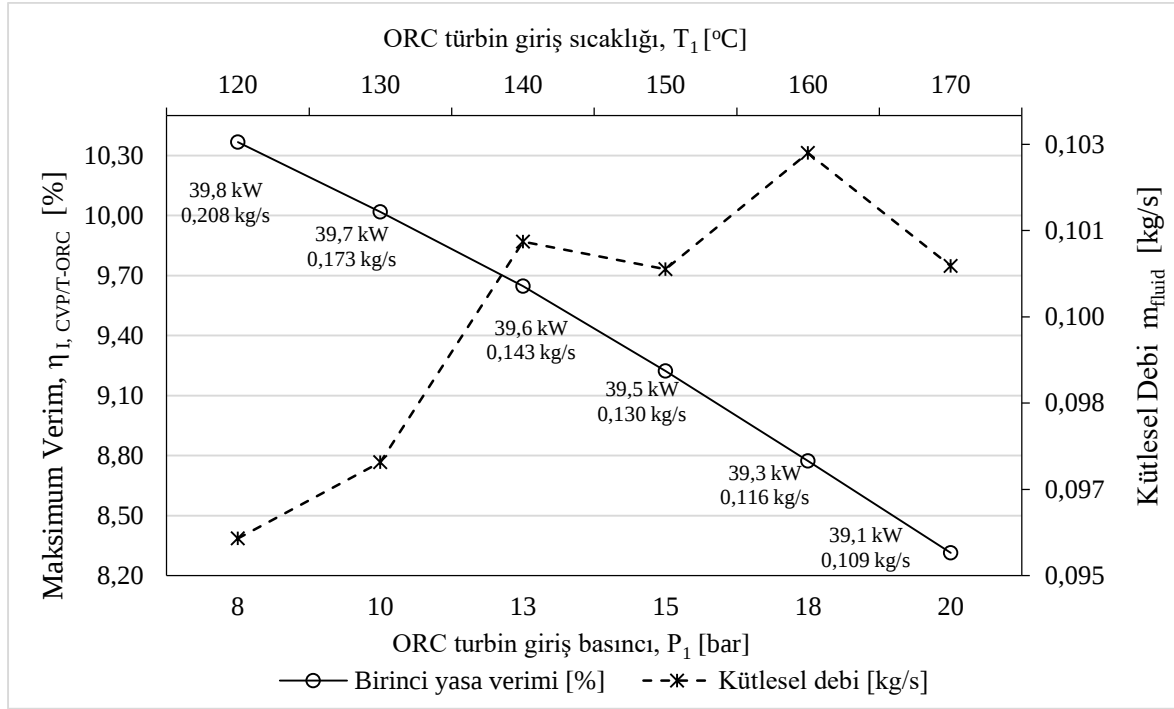
Şekil 7.13. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

Sistemde kullanılan en yüksek soğutma suyu miktarı $P_1=8$ bar ve $T_1=120$ °C’de 0,208 kg/s; en düşük miktar ise $P_1=20$, $T_1=170$ °C’de 0,109 kg/s olarak hesaplanmıştır.

Hibrid sistemde 39,7 kW’lık ısı yükünden 2,601 kW değerinde maksimum güç için parametrik değerler: $P_1=10$ bar, $T_1=130$ °C ve iş akışkanı ve soğutma suyu kütlesel debi miktarı sırasıyla 0,097 kg/s ve 0,173 kg/s’dir.

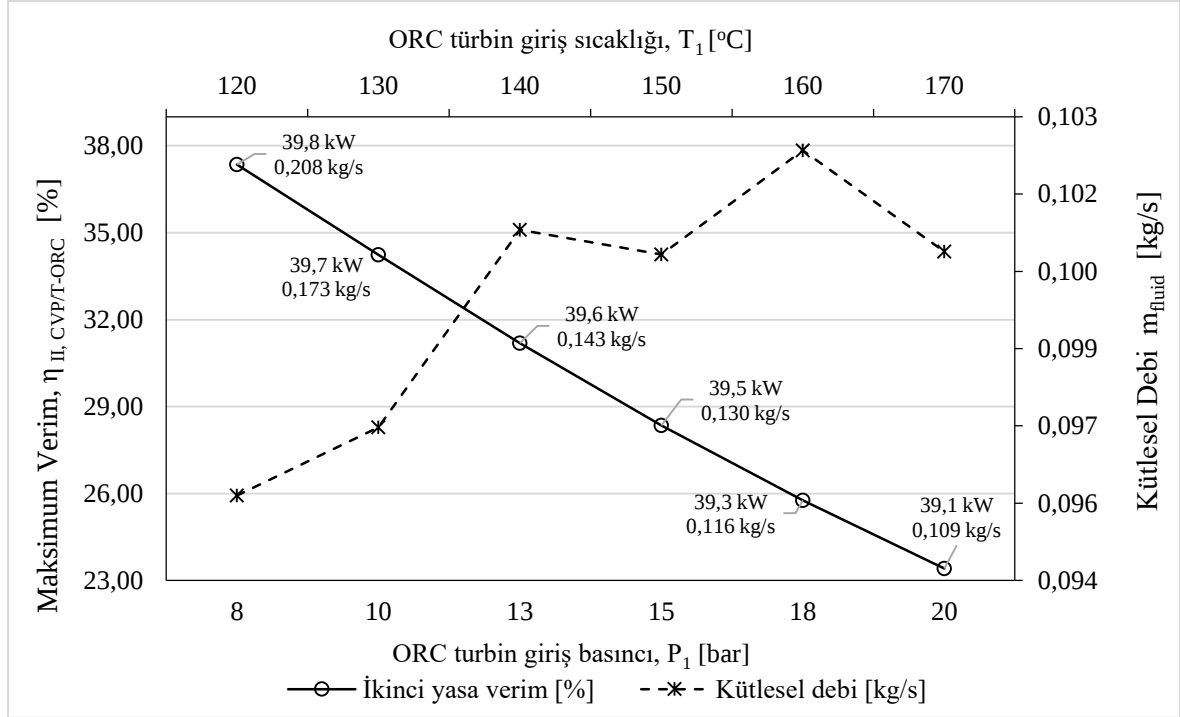
Şekil 7.14’te ise n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulmuş farklı ısı yüklerine göre farklı çalışma basıncı ve sıcaklıklardaki maksimum birinci yasa verimlerinin iş akışkan ve soğutma suyu

kütlesel debi miktarlarına göre değişim grafiği verilmiştir. Bu performans haritasına göre 39,8 kW'lık ısı yükü ile sistemden elde edilen en yüksek birinci yasa verimi $P_1=8$ ve $T_1=120$ °C'de % 10,367 değerinde elde edilmiştir. Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,096 kg/s, soğutma suyu kütlesel debi miktarı ise 0,208 kg/s'dir.



Şekil 7.14. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

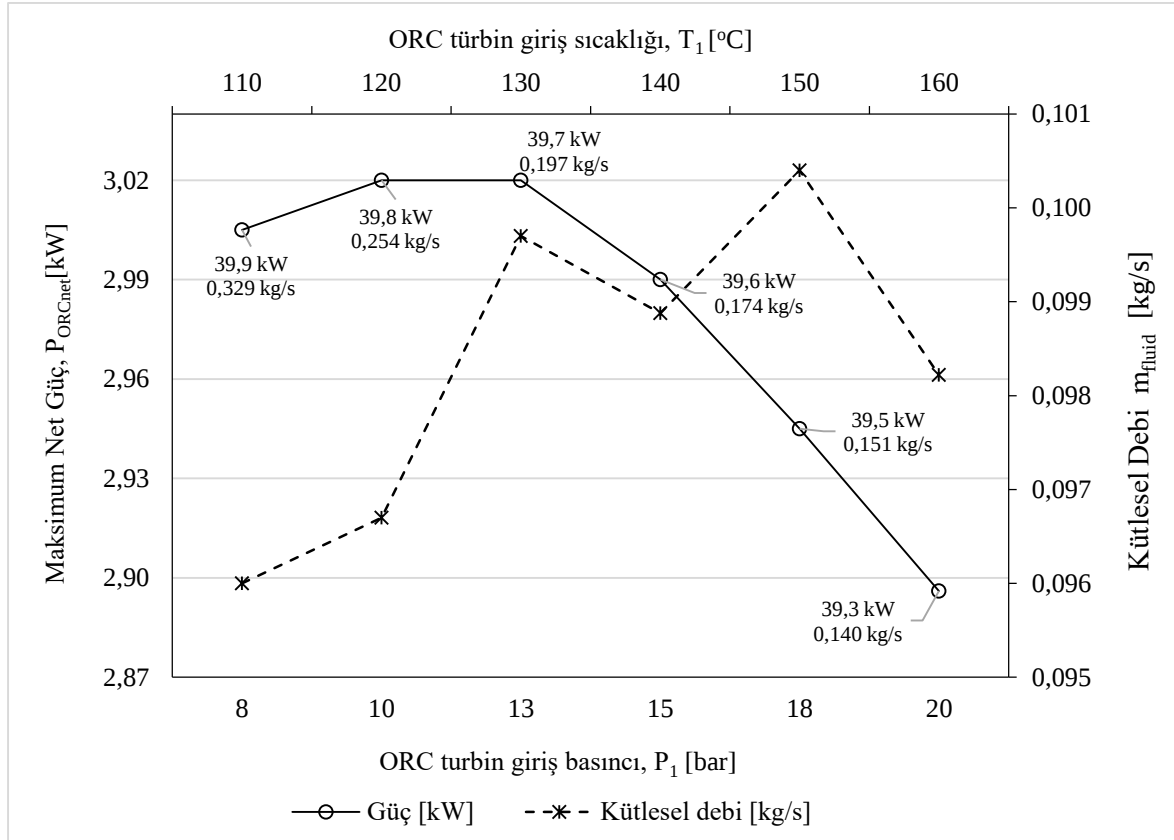
Hibrid sisteme ait en 39,8 kW ısı yükü ile en yüksek ikinci yasa verim ise $P_1=8$ bar ve $T_1=120$ °C'de % 37,349 değer olarak bulunmuştur (Şekil 7.15). Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,096 kg/s, soğutma suyu kütlesel debi miktarı ise 0,208 kg/s'dir.



Şekil 7.15. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

7.8. İso-Pentan İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

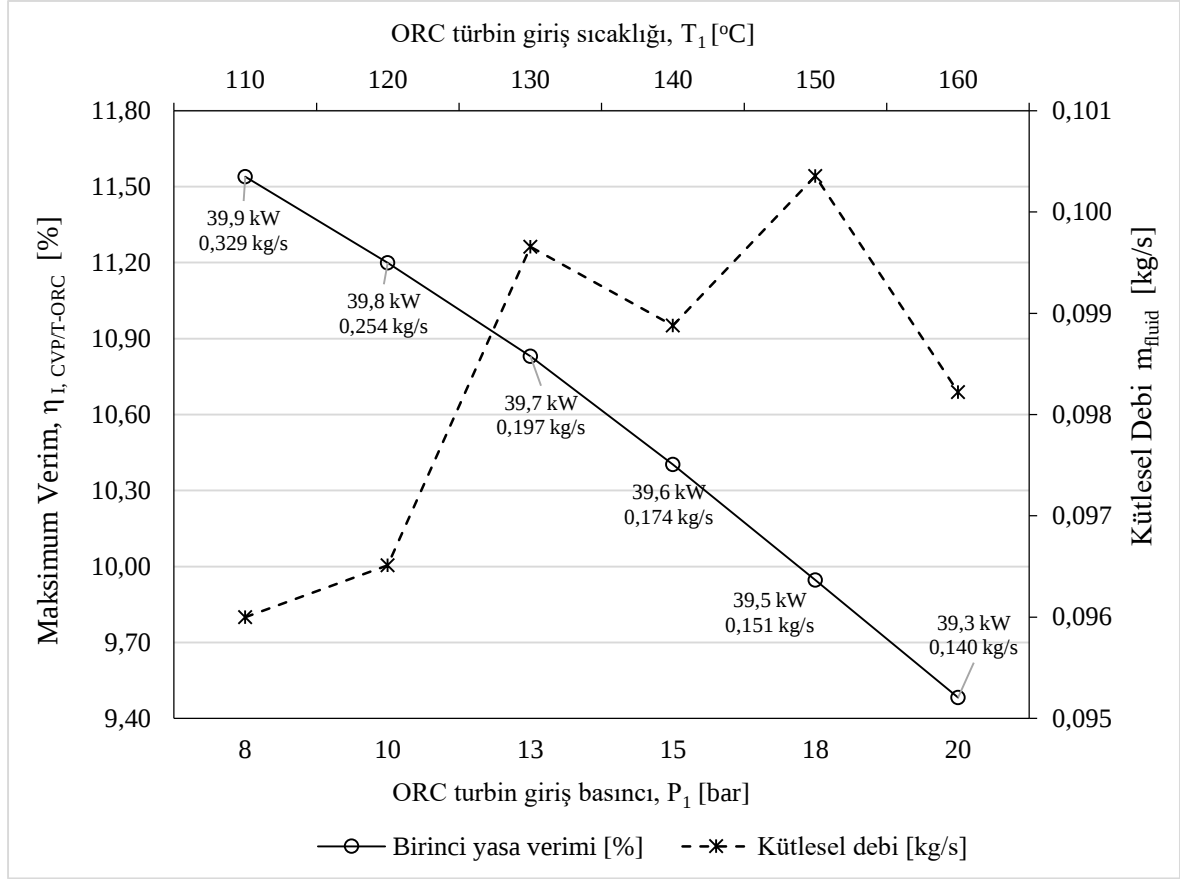
Şekil 7.16'da İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur. Bu haritada, hibrid sistemde alınan maksimum güç, türbin giriş basınç ve sıcaklığı ile bu noktalardaki ORC sistemi tarafından çekilen ısı yükleri ve bu ısı yüklerine karşılık iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarları gösterilmiştir.



Şekil 7.16. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

Hibrid sistemde kullanılan ısı yükü miktarı türbin giriş basıncının artmasına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Performans haritasına bakıldığında çekilen en yüksek ısı yükü $P_1=8$ bar ve $T_1=120$ °C’de 39,9 kW ve en az $P_1=20$ bar, $T_1=170$ °C’de 39,3 kW olarak hesaplanmıştır. İş akışkanı debi miktarı ise türbin giriş basıncına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kullanılan en yüksek iş akışkanı debi miktarı $P_1=18$ ve $T_1=150$ °C’de 0,100 kg/s olarak; en düşük ise $P_1=8$ ve $T_1=120$ °C’de 0,096 kg/s olarak bulunmuştur. Soğutma suyu debi miktarı türbin giriş basıncının artmasına bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Sistemde kullanılan en yüksek soğutma suyu miktarı $P_1=8$ bar ve $T_1=110$ °C’de 0,329 kg/s; en düşük miktar ise $P_1=20$, $T_1=160$ °C’de 0,140 kg/s olarak hesaplanmıştır.

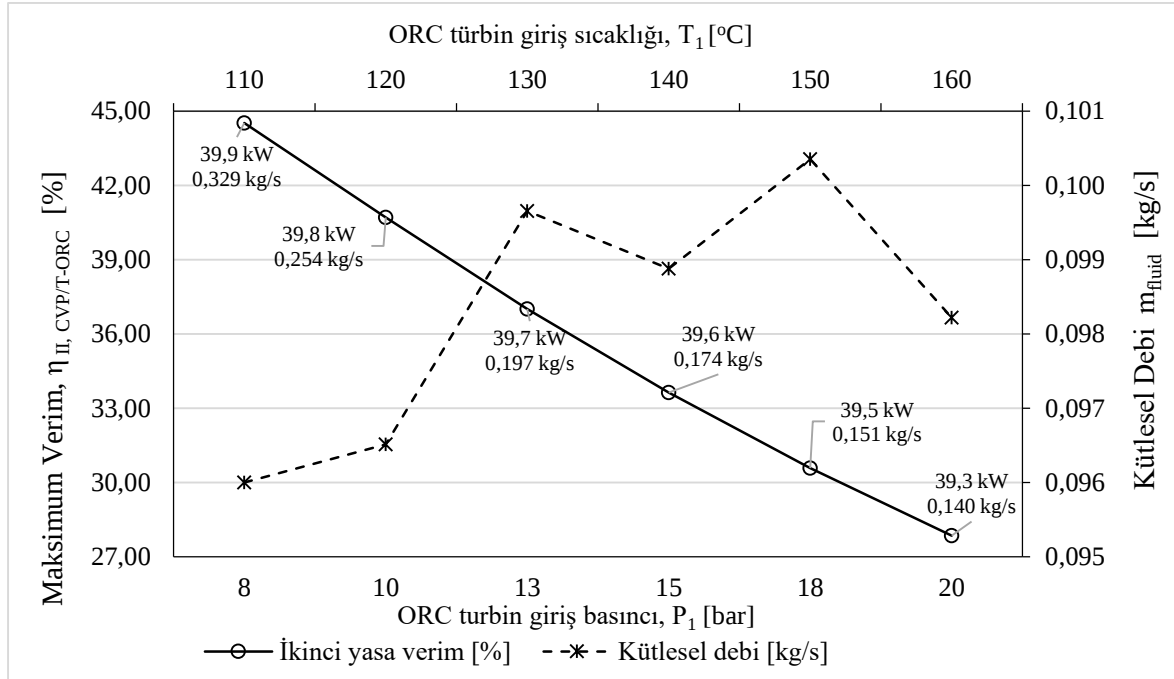
Hibrid sistemde 39,7 kW’lık ısı yükü kullanılarak 3,020 kW’lık maksimum güç elde etmek için türbin giriş basınç ve sıcaklık $P_1=10$ bar, $T_1=130$ °C ile iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarı sırasıyla 0,097 kg/s ve 0,173 kg/s olduğu görülmüştür.



Şekil 7.17. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

Şekil 7.17’de ise İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulmuş farklı ısı yüklerine göre farklı çalışma basınç ve sıcaklıklardaki maksimum birinci yasa verimlerinin iş akışkanı ve soğutma suyu kütlesel debi miktarlarına göre değişim grafiği verilmiştir. Bu performans haritasına göre 39,9 kW’lık ısı yükü ile sistemden elde edilen en yüksek birinci yasa verimi $P_1=8$ ve $T_1=110$ °C’de % 11,539 değerinde elde edilmiştir. Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,096 kg/s, soğutma suyu kütlesel debi miktarı ise 0,329 kg/s’dir.

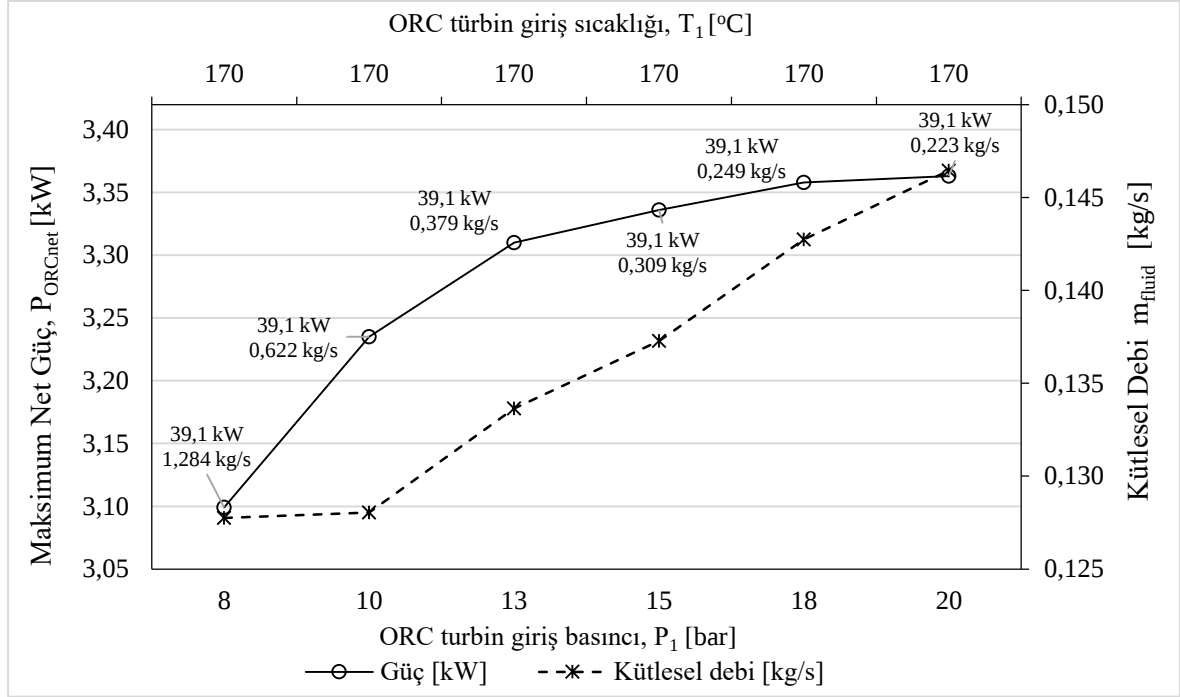
Hibrid sisteme ait en 39,9 kW ısı yükü ile en yüksek ikinci yasa verim ise $P_1=8$ bar ve $T_1=110$ °C’de % 44,521 değer olarak bulunmuştur (Şekil 7.18). Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,096 kg/s, soğutma suyu kütlesel debi miktarı ise 0,329 kg/s’dir.



Şekil 7.18. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

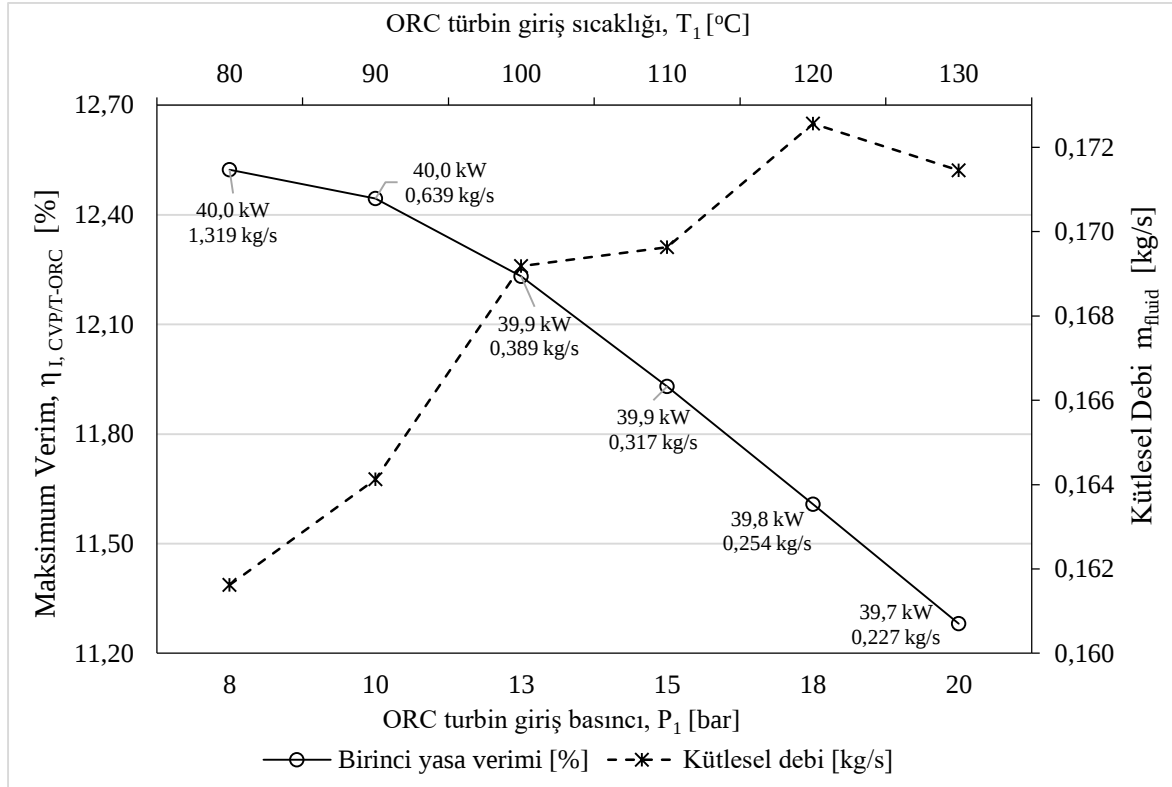
7.9. R21 İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

Şekil 7.19’da R21 iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre çekilen ısı yüklerine göre farklı çalışma şartlarında farklı iş akışkanı ve soğutma suyu debi miktarlarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur.



Şekil 7.19. R21 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

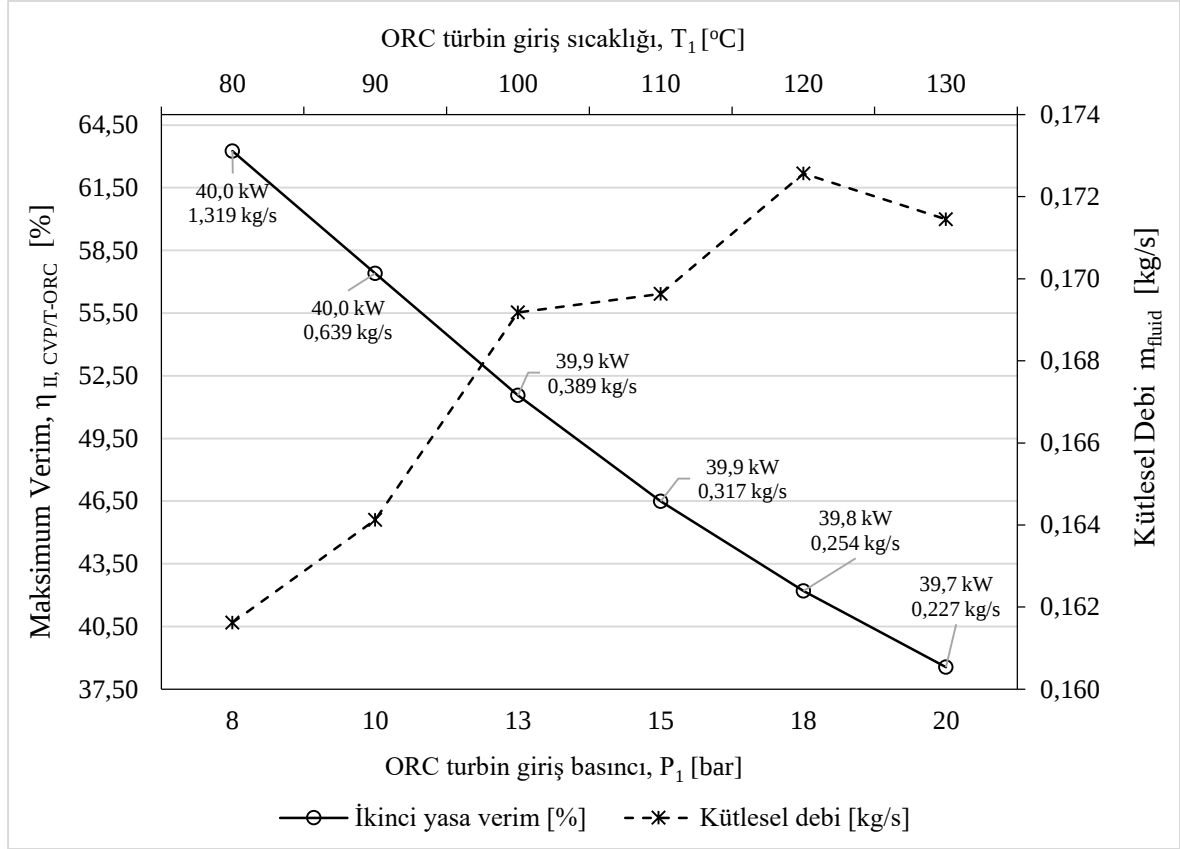
Performans haritasına bakıldığında optimum noktalarda hibrid sistemde kullanılan ısı yükü, türbin giriş basınç artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Sistemde kullanılan ısı yükü 39,1 kW'tır. R21 iş akışkanı ile elde edilen güç (kW), türbin giriş basıncının artması ile doğru orantılı olarak artmıştır. Sistemde kullanılan iş akışkanı debi miktarı türbin giriş basıncının artışına bağlı olarak artmıştır. Maksimum güç haritasına göre en fazla iş akışkanı debi miktarı $P_1=20$ bar, $T_1=170$ °C'de 0,146 kg/s, en az debi miktarı ise $P_1=8$ bar, $T_1=170$ °C'de 0,128 kg/s olarak ölçülmüştür. Sistemde kullanılan soğutma suyu akışkanı debi miktarı türbin giriş basıncının artmasına bağlı olarak azalmıştır. Şekil 7.19'a göre soğutma suyu en fazla $P_1=8$ bar, $T_1=170$ °C'de 1,284 kg/s olarak hesaplanmıştır. Hibrid sistemde 39,1 kW'lık ısı yükü kullanılarak 3,363 kW'lık maksimum güç elde etmek için türbin giriş basınç ve sıcaklık $P_1=20$ bar, $T_1=170$ °C ile iş akışkanı ve soğutma suyu kütlesel debi miktarı sırasıyla 0,146 kg/s ve 0,223 kg/s olduğu görülmüştür.



Şekil 7.20. R21iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

Şekil 7.20’de R21 iş akışkanı ile oluşturulmuş farklı ısı yüklerine göre farklı çalışma basınç ve sıcaklıklardaki maksimum birinci yasa verimlerinin iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarlarına göre değişim grafiği verilmiştir. Bu performans haritasına göre 40,0 kW’lık ısı yükü ile sistemden elde edilen en yüksek birinci yasa verimi $P_1=8$ ve $T_1=80$ °C’de % 12,523’lik değer elde edilmiştir. Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,162 kg/s, soğutma suyu kütleli debi miktarı ise 1,319 kg/s’dir.

Hibrid sisteme ait en 40,0 kW ısı yükü ile en yüksek ikinci yasa verim ise $P_1=8$ bar ve $T_1=80$ °C’de % 63,251 değer olarak bulunmuştur (Şekil 7.21). Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,162 kg/s, soğutma suyu kütleli debi miktarı ise 1,319 kg/s’dir.



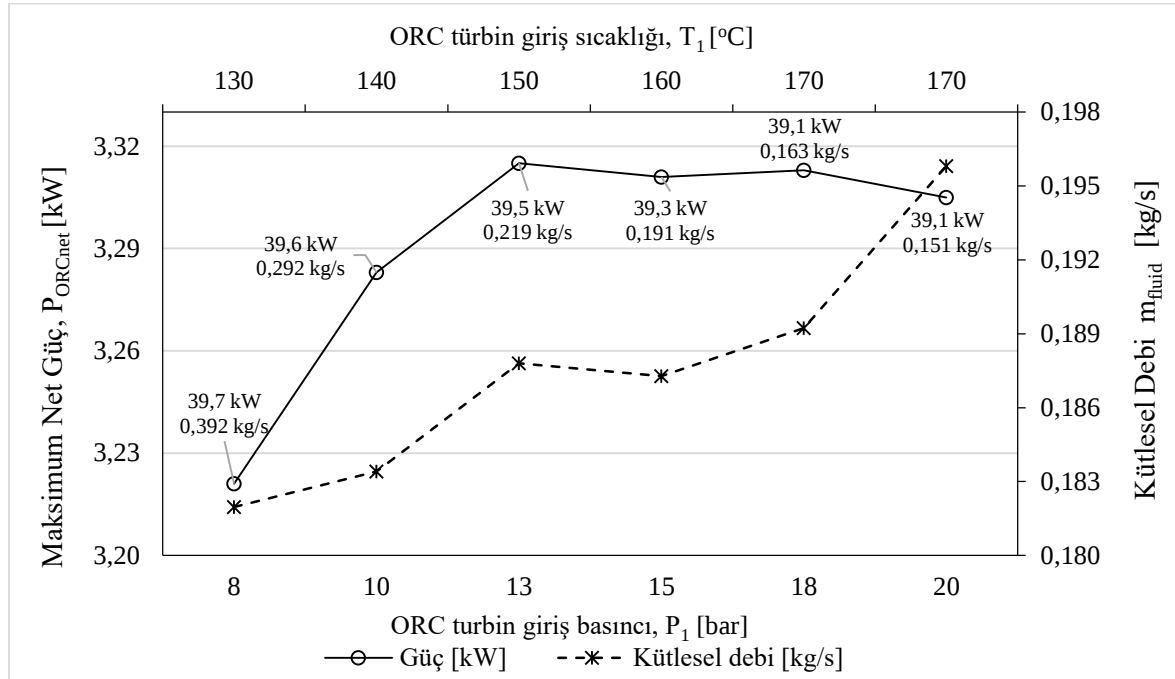
Şekil 7.21. R21 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

7.10. R11 İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

R11 iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur (Şekil 7.22). Bu haritada, hibrid sistemde alınan maksimum güç, türbin giriş basınç ve sıcaklığı ile bu noktalardaki ORC sistemi tarafından çekilen ısı yükleri ve bu ısı yüklerine karşılık iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarları gösterilmiştir.

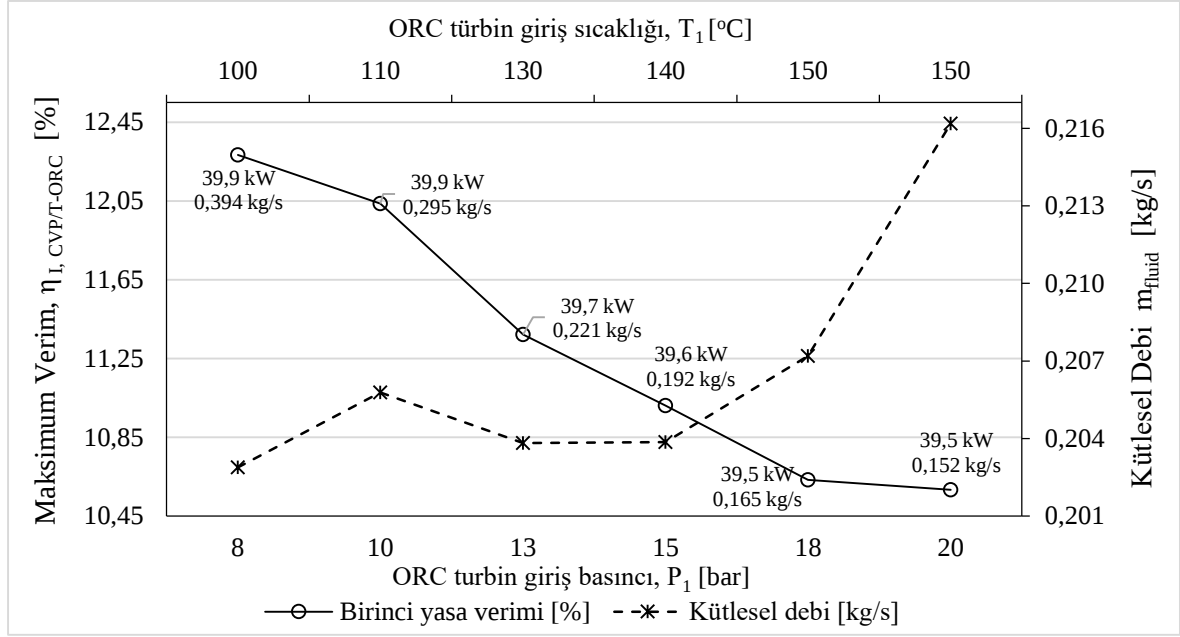
R11 iş akışkanı ile oluşturulan farklı çalışma şartlarındaki sistemlerden elde edilen maksimum güce göre oluşturulan performans haritasına göre en yüksek iş akışkanı debi miktarı $P_1=20$ bar ve $T_1=170$ °C'de 0,196 kg/s; en düşük iş akışkanı debi miktarı ise $P_1=8$ bar ve $T_1=130$ °C'de 0,183 kg/s olarak bulunmuştur.

Hibrid sistemden elde edilen maksimum güç çalışma basıncına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. 39,5 kW'lık ısı yükü ile sistemden elde edilen $P_1=13$ bar ve $T_1=150$ °C'de 3,315 kW'lık maksimum güç için 0,188 kg/s iş akışkanı ve 0,219 kg/s soğutma suyu kullanılmıştır.



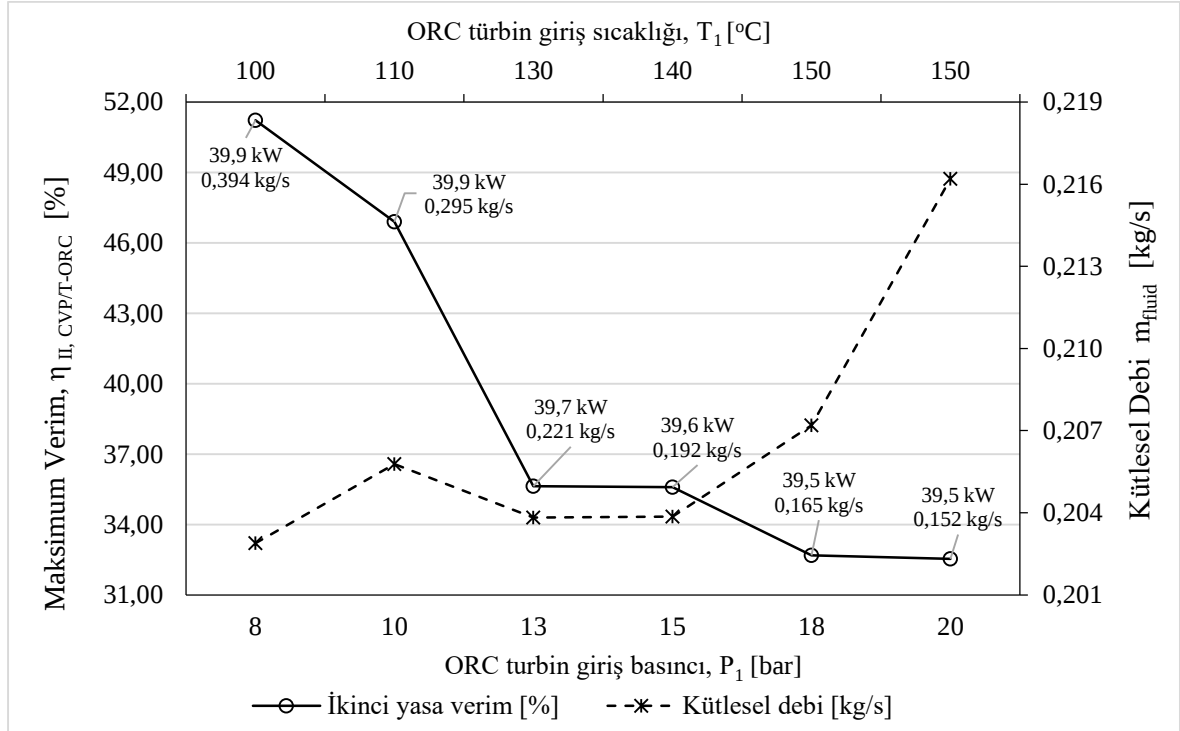
Şekil 7.22. R11 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

Şekil 7.23'te R11 iş akışkanı ile oluşturulmuş farklı ısı yüklerine göre farklı çalışma basıncı ve sıcaklıklardaki maksimum birinci yasa verimlerinin iş akışkanı ve soğutma suyu kütlesel debi miktarlarına göre değişim grafiği verilmiştir. Bu performans haritasına göre 39,9 kW'lık ısı yükü ile sistemden elde edilen en yüksek birinci yasa verimi $P_1=8$ ve $T_1=100$ °C'de % 12,284'lük değer elde edilmiştir. Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,203 kg/s, soğutma suyu kütlesel debi miktarı ise 0,394 kg/s'dir. Birinci yasa verim haritasına göre iş akışkanı debi miktarı $P_1=8$ bar ve $T_1=100$ °C'de 0,203 kg/s ile en düşük; $P_1=20$ bar ve $T_1=150$ °C'de 0,216 kg/s ile en yüksek değerdedir. Soğutma suyu debi miktarı ise $P_1=8$ bar ve $T_1=100$ °C'de 0,394 kg/s ile en yüksek; $P_1=20$ bar ve $T_1=150$ °C'de 0,152 kg/s ile en düşük değerdedir.



Şekil 7.23. R11 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

Hibrid sisteme ait en 39,9 kW ısı yükü ile en yüksek ikinci yasa verim ise $P_1=8$ bar ve $T_1=100$ °C’de % 51,215 olarak bulunmuştur (Şekil 7.24). Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,203kg/s, soğutma suyu kütleli debi miktarı ise 0,394 kg/s’dir.



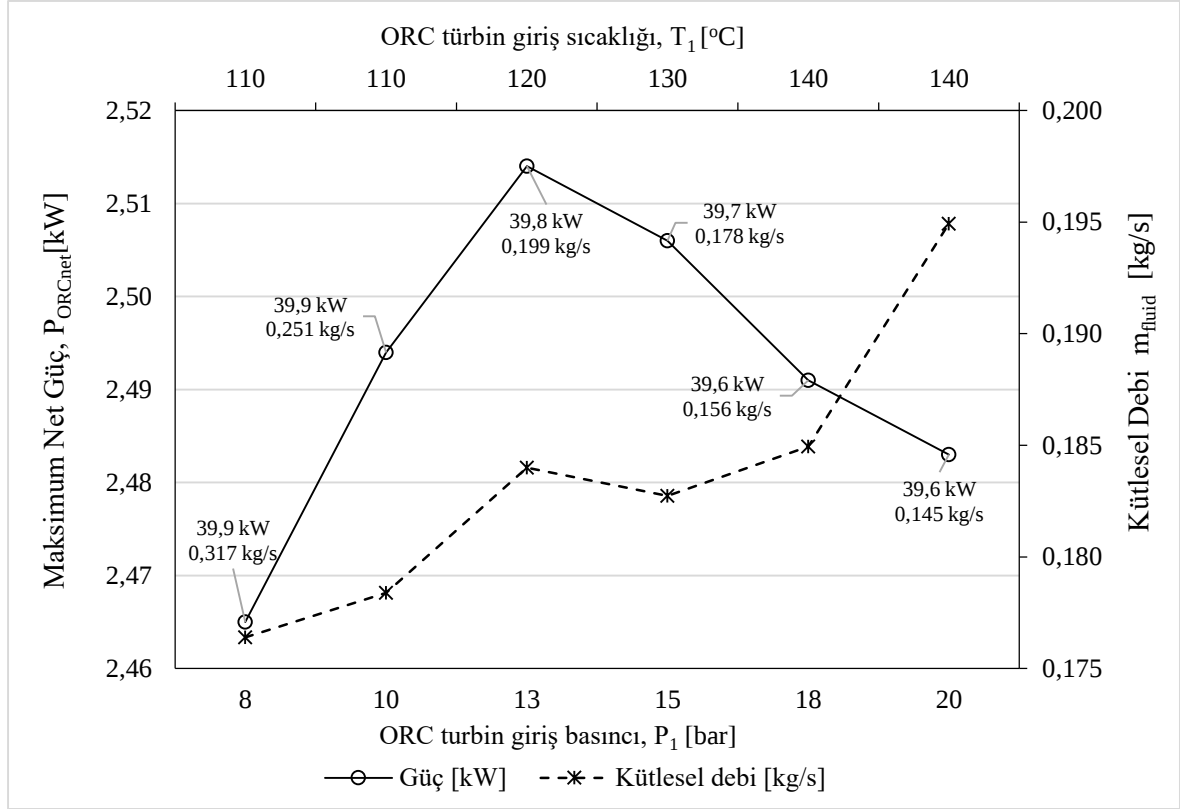
Şekil 7.24. R11 iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

7.11. R245ca İş Akışkanının Optimum Noktalara Göre Performans Haritalarının Oluşturulması

Şekil 7.25’de R245ca iş akışkanı ile oluşturulan hibrid sistemde, optimum çalışma noktalarına göre maksimum güç-performans haritası oluşturulmuştur. Bu haritada, hibrid sistemde alınan maksimum güç, türbin giriş basınç ve sıcaklığı ile bu noktalardaki ORC sistemi tarafından çekilen ısı yükleri ve bu ısı yüklerine karşılık iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarları gösterilmiştir.

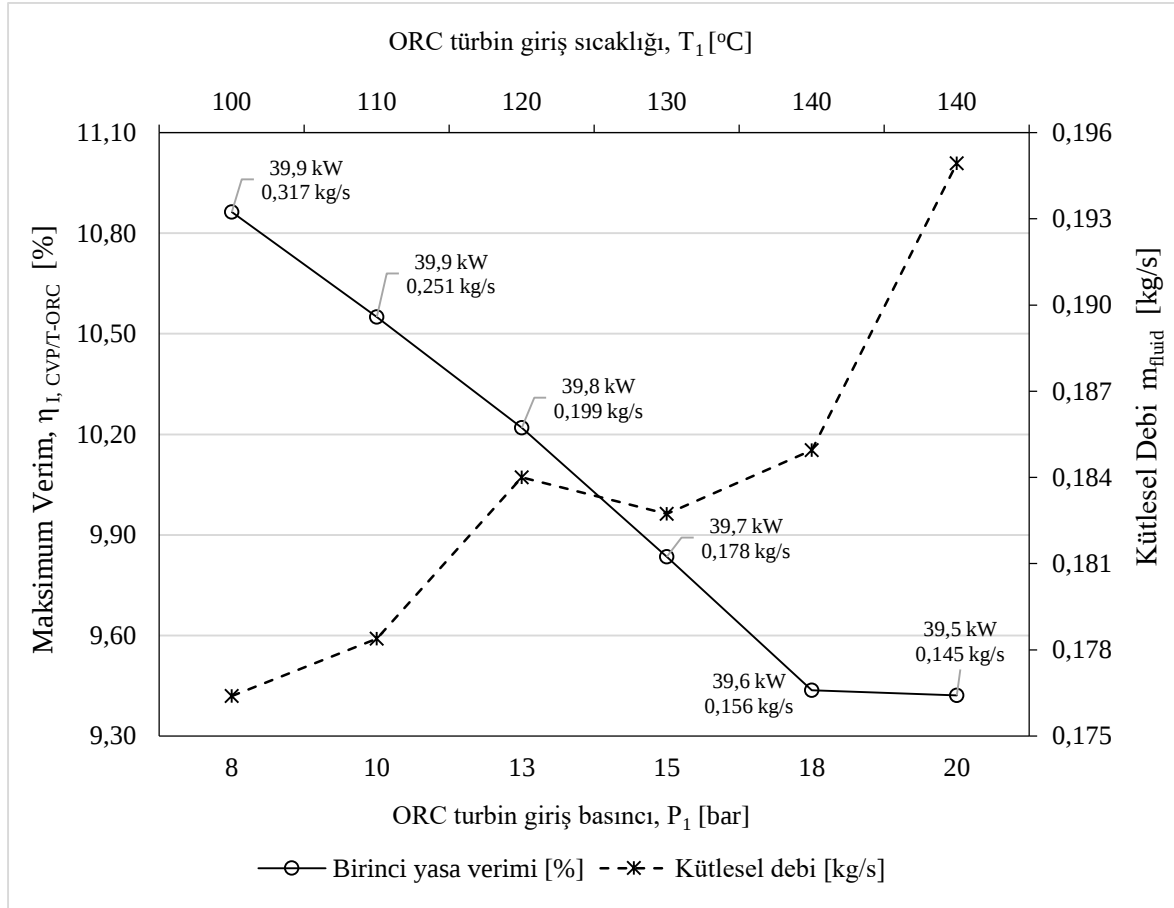
Hibrid sistemde kullanılan ısı yükü miktarı türbin giriş basıncının artmasına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Performans haritasına bakıldığında çekilen en yüksek ısı yükü $P_1=8$, 10 bar ve $T_1=110$ °C’de 39,9 kW ve en az $P_1=18$, 20 bar, $T_1=140$ °C’de 39,6 kW olarak hesaplanmıştır. İş akışkanı debi miktarı ise türbin giriş basıncına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kullanılan en yüksek iş akışkanı debi miktarı $P_1=20$ ve $T_1=140$ °C’de 0,195 kg/s olarak; en düşük ise $P_1=8$ ve $T_1=110$ °C’de 0,176 kg/s olarak bulunmuştur. Soğutma suyu debi miktarı türbin giriş basıncının artmasına bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Sistemde kullanılan en yüksek soğutma suyu miktarı $P_1=8$ bar ve $T_1=110$ °C’de 0,317 kg/s; en düşük miktar ise $P_1=20$, $T_1=140$ °C’de 0,145 kg/s olarak hesaplanmıştır. Hibrid sistemde 39,8 kW’lık ısı yükü kullanılarak 2,514 kW’lık maksimum güç elde etmek için türbin giriş basınç ve sıcaklık $P_1=13$ bar, $T_1=120$ °C ile iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarı sırasıyla 0,184 kg/s ve 0,199 kg/s olduğu görülmüştür.

Şekil 7.26’da R245ca iş akışkanı ile oluşturulmuş farklı ısı yüklerine göre farklı çalışma basınç ve sıcaklıklardaki maksimum birinci yasa verimlerinin iş akışkanı ve soğutma suyu kütleli debi miktarlarına göre değişim grafiği verilmiştir.



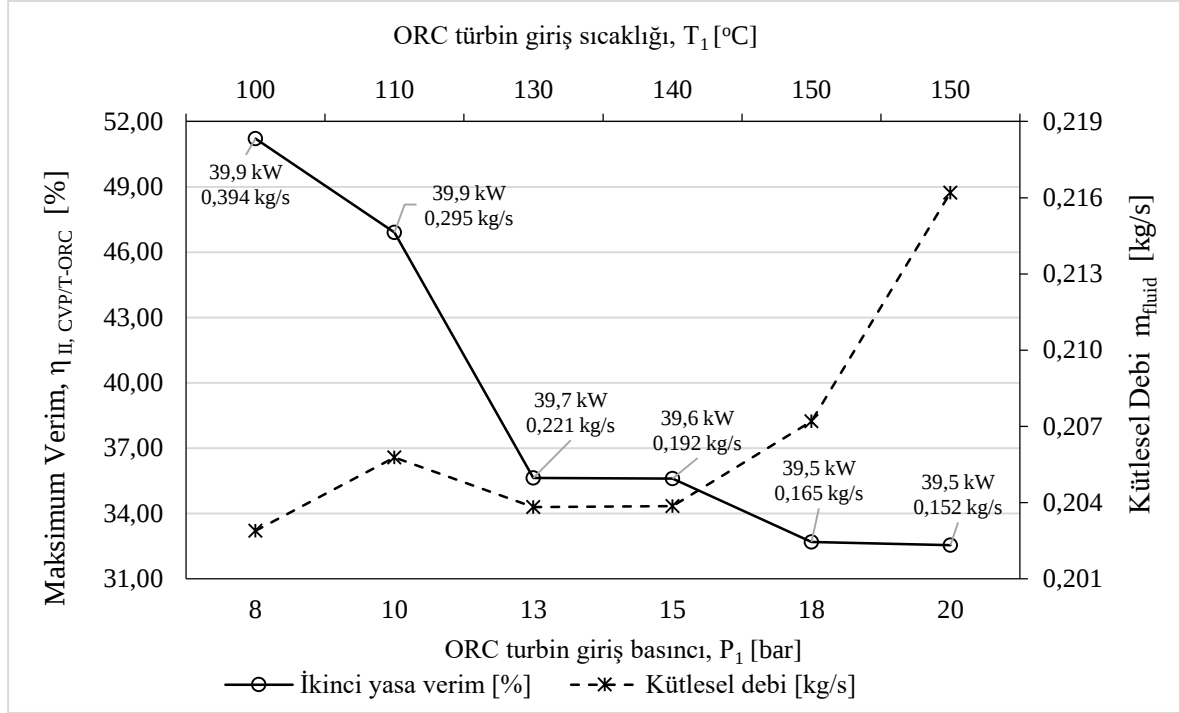
Şekil 7.25. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum güç için oluşturulan performans haritası

Bu performans haritasına göre 39,9 kW'lık ısı yükü ile sistemden elde edilen en yüksek birinci yasa verimi $P_1=8$ ve $T_1=100$ °C'de % 10,863'lük değer elde edilmiştir. Bu noktada kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,176 kg/s, soğutma suyu kütlesel debi miktarı ise 0,317 kg/s'dir. Birinci yasa verim haritasına göre iş akışkanı debi miktarı $P_1=8$ bar ve $T_1=100$ °C'de 0,176 kg/s ile en düşük; $P_1=20$ bar ve $T_1=140$ °C'de 0,195 kg/s ile en yüksek değerdedir. Soğutma suyu debi miktarı ise $P_1=8$ bar ve $T_1=100$ °C'de 0,317 kg/s ile en yüksek; $P_1=20$ bar ve $T_1=140$ °C'de 0,145 kg/s ile en düşük değerdedir.



Şekil 7.26. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum birinci yasa verim için oluşturulan performans haritası

Şekil 7.27’de R245ca iş akışkanı kullanılarak oluşturulan sistemde elde edilen maksimum ikinci yasa verimi % 51,215’dir. Bu noktanın termodinamik özelliği $P_1=8$ bar ve $T_1=100$ °C’dir ve sistemde kullanılan iş akışkanı debi miktarı 0,203 kg/s ve soğutma suyu miktarı 0,394 kg/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.27. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan optimum noktalarda maksimum ikinci yasa verimi için oluşturulan performans haritası

Bu çalışmada, sekiz farklı iş akışkanı ile farklı sıcaklık ve basınç çalışma şartlarında oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistem, maksimum net güç, sistemin birinci yasa ve ikinci yasa verimine göre incelenmiş ve sonuçları yukarıda gösterilmiştir.

R245fa iş akışkanı kullanılarak oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemden elde edilen sonuçlar ile Kosmadakis ve ark. [12] yaptıkları çalışma sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 7.3. Kosmadakis ve ark. [12] araştırma sonuçları ile bu tezde elde edilen sonuçların karşılaştırılması

	Kosmadakis ve ark. [12]'nin araştırma sonuçları			Bu tezde elde edilen sonuçlar		
PV çalışma sıcaklığı [°C]	100	120	140	100	120	140
P_1/P_2 [Bar]	10/1,79	10/1,80	10/1,81	10/3,448	10/3,449	10/3,450
CPV güç [kW]	2,6	2,3	2,0	3,2	2,8	3,4
ORC'ye giren ısı [kW]	30,3	30,4	30,4	39,9	39,8	39,6
ORC net güç [kW]	1,6	2,1	2,7	2,4	2,4	2,3
R245fa kütleli debi [kg/s]	0,132	0,126	0,122	0,186	0,168	0,152
Net CPV/T-ORC güç [kW]	4,2	4,4	4,7	5,6	5,2	4,7
Toplam Verim [%]	10,58	11,08	11,83	10,778	9,97	9,14

Çizelge 7.3'e bakıldığında Kosmadakis ve ark. [12]'nin yaptığı çalışmada ORC türbin giriş ve çıkış basınç oranları, bu tezde kullanılan basınç oranından daha fazla olduğu görülmektedir. Fakat bu tezde CPV/T-ORC hibrid sisteminden elde edilen net güç, PV çalışma sıcaklığı 100 °C ve 120 °C olan sistemlerde daha fazladır. Kosmadakis ve ark. [12]'nin ait çalışmada sistemin toplam birinci yasa verimi PV çalışma sıcaklığı 120 °C ve 140 °C 'de daha fazla olduğu görülmüştür.

İki çalışma sonuçlarından da görüldüğü üzere literatürde mevcut durumdaki tek taraflı PV güneş paneline alternatif yaklaşım ile ilave PV güneş paneli eklenerek daha fazla güç elde edilmesi sağlanmıştır.

Genel olarak güneş sistemleri ile termal güç sistemlerinin birleşimi ile oluşturulan hibrid sistemlerin performansı üzerinde çalışma sıcaklığı, basıncı ve iş akışkan tipi gibi birçok etken olduğu açıkça görülmüştür. Ayrıca tüm iş akışkanları için görülmüştür ki sistemin çalışma basıncının artması iş akışkanlarının buharlaşma bölgelerini sınırlamıştır.

Yapılan termodinamik analizler sonucunda R245fa, n-Bütan (R600), R123, n-Pentan, İso-Pentan, R21, R11 ve R245ca iş akışkanlarına ait farklı sıcaklık ve basınç çalışma şartlarına göre performans haritaları oluşturulmuştur.

Buna göre ORC türbin giriş basıncı $P_1 = 8-10$ bar basınçta maksimum güç üretimi R11; $P_1 = 10-20$ bar basınç aralığından ise R21 iş akışkanından maksimum güç ($P_{ORC,net}$) alındığı görülmüştür

CPV/T-ORC hibrid sistemin en yüksek birinci yasa verimi ($\eta_{I,CPV/T-ORC}$) $P_1 = 8-20$ bar çalışma basınç aralığında R21 iş akışkanından alındığı görülmüştür.

CPV/T-ORC hibrid sistemin en yüksek ikinci yasa verimi ($\eta_{II,CPV/T-ORC}$) ise $P_1 = 8$ bar basınçta R21 iş akışkanından; $P_1 = 10-20$ bar arası ise n-Bütan iş akışkanından elde edildiği görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda güç platformları için verim haritaları kullanılarak çalışma şartlarına ve kriterlerine göre iş akışkan tipi seçilebilir ve yeni hibrid sistemler oluşturulabilir.

Ayrıca kimya endüstrisinin gelişmesiyle birlikte termodinamik özellikler bakımından daha verimli iş akışkanları bulunarak hibrid sistemlerin verimleri ve kullanım alanlarının artması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Gautreau, R. and Savin, W. (1999). *Schaum's outline of theory and problems of modern physics*. Washington: McGraw-Hill, 56-61.
2. Fesharaki, V. J., Dehghani, M. and Fesharaki, J. J. (2011). *The effect of temperature on photovoltaic cell efficiency*. Proceedings of the 1st International Conference on Emerging Trends in Energy Conservation - ETEC, Tehran, Tehran, Iran, 20–21.
3. George, M., Pandey, A. K., Abd, N., Tyagi, V. V., Shahabuddin, S. and Saidur, R. (2019). Concentrated photovoltaic thermal systems : A component-by-component view on the developments in the design, heat transfer medium and applications. *Energy Conversion and Management*, 186, 15–41.
4. Karimi, F., Xu, H., Wang, Z., Chen, J. and Yang, M. (2017). Experimental study of a concentrated PV/T system using linear Fresnel lens. *Energy*, 123, 402–412.
5. Zuhur, S. and Ceylan, İ. (2019). Energy, Exergy and Enviroeconomic (3E) analysis of concentrated PV and thermal system in the winter application. *Energy Reports*, 5, 262–270.
6. Amanlou, Y., Hashjin, T. T., Ghobadian, B. and Naja, G. (2018). Air cooling low concentrated photovoltaic/thermal (LCPV/T) solar collector to approach uniform temperature distribution on the PV plate. *Applied Thermal Engineering*, 141, 413–421.
7. Du, M., Tang, G. H. and Wang, T. M. (2019). Exergy analysis of a hybrid PV / T system based on plasmonicnano fluids and silica aerogel glazing. *Solar Energy*, 183, 501–511.
8. Wang, G., Wang, F., Shen, F., Chen, Z., and Hu, P. (2019). Novel design and thermodynamic analysis of a solar concentration PV and thermal combined system based on compact linear fresnel reflector. *Energy*, 180, 133–148.
9. El-Samie, M. M. A., Ju, X., Zhang, Z., Adam, S. A., Pan, X., and Xu, C. (2019). Three-dimensional numerical investigation of a hybrid low concentrated photovoltaic/thermal system. *Energy*, 190, 116436.
10. Teffah, K. and Zhang, Y. (2017). Modeling and experimental research of hybrid PV-thermoelectric system for high concentrated solar energy conversion. *Solar Energy*, 157, 10–19.
11. Tourkov, K., and Schaefer, L. (2015). Performance evaluation of a PVT / ORC (photovoltaic thermal / organic Rankine cycle) system with optimization of the ORC and evaluation of several PV (photovoltaic) materials. *Energy*, 82, 839–849.
12. Kosmadakis, G., Manolakos, D. and Papadakis, G. (2011). Simulation and economic analysis of a CPV / thermal system coupled with an organic Rankine cycle for increased power generation. *Solar Energy*, 85(2), 308–324.
13. Rahbar, K., Riasi, A., Khatam, H., Sangjoei, B. and Razmjoo, N. (2019). Heat recovery of nanofluid based con-centrating Photovoltaic Thermal (CPV/T) Collector with Organic Rankine Cycle. *Energy Conversion and Management*, 179, 373–396.

14. Kant, K., Shukla, A., Sharma, A. and Biwole, P. H. (2016). Heat transfer studies of photovoltaic panel coupled with phase change material. *Solar Energy*, 140, 151–161.
15. Darvish, K., Ehyaei, M. A., Atabi, F. and Rosen, M. A. (2015). Selection of optimum working fluid for organic Rankine cycles by exergy and exergy-economic analyses. *Sustainability*, 7(11), 15362-15383.
16. Kosmadakis, G., Manolakos, D., Kyritsis, S. and Papadakis, G. (2009). Comparative thermodynamic study of refrigerants to select the best for use in the high-temperature stage of a two-stage organic Rankine cycle for RO desalination. *Desalination*, 243(1-3), 74-94.
17. Quoilin, S. (2007). *Experimental study and modeling of a low temperature Rankine cycle for small scale cogeneration*. Doctoral Dissertation, Université de Liège, Liège, 129.
18. Demirkaya, G. (2011). *Theoretical and experimental analysis of power and cooling cogeneration utilizing low temperature heat sources*. Doctoral Dissertation, University of South Florida, Florida, 253.
19. Yalcinkaya, R. and Biyikoglu, A. (2012). On usage of super-critical carbon-dioxide in a geothermal power cycle. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27(3), 557-568.
20. Internet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2019). Resmi İstatistikler. URL: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=adana>, Son Erişim Tarihi: 15.11.2019.
21. Mittelman, G., Kribus, A. and Dayan, A. (2007). Solar cooling with concentrating photovoltaic/thermal (CPVT) systems. *Energy Conversion and Management*, 48(9), 2481–2490.
22. Wu, Y. Y., Wu, S. Y. and Xiao, L. (2015). Performance analysis of photovoltaic thermoelectric hybrid system with and without glass cover. *Energy Conversion and Management*, 93, 151–159.
23. Hammami, M., Torretti, S., Grimaccia, F. and Grandi, G. (2017). Thermal and performance analysis of a photovoltaic module with an integrated energy storage system. *Applied Sciences*, 7(11), 1107.
24. Notton, G., Cristofari, C., Mattei, M. and Poggi, P. (2005). Modelling of a double-glass photovoltaic module using finite differences. *Applied Thermal Engineering*, 25(17–18), 2854–2877.
25. Skoplaki, E. and Palyvos, J. A. (2009). On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. *Solar Energy*, 83(5), 614–624.
26. Kribus, A., Kaftori, D., Mittelman, G., Hirshfeld, A., Flitsanov, Y. and Dayan, A. (2006). A miniature concentrating photovoltaic and thermal system. *Energy Conversion and Management*, 47(20), 3582–3590.

27. Zondag, H. A. (2008). Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(4), 891–959.
28. Mattei, M., Notton, G., Cristofari, C., Muselli, M. and Poggi, P. (2006). Calculation of the polycrystalline PV module temperature using a simple method of energy balance. *Renewable Energy*, 31(4), 553–567.
29. Şen, İ. (2006). *Buhar çevrim santralinin termodinamiğin 2. kanununa göre analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 34-103.
30. Cristóvão, R., Botelho, C., Martins, R. and Boaventura, R. (2012). Pollution prevention and wastewater treatment in fish canning industries of Northern Portugal. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 32(1), 12–16.
31. Kosmadakis, G., Manolakos, D., Kyritsis, S. and Papadakis, G. (2009). Comparative thermodynamic study of refrigerants to select the best for use in the high-temperature stage of a two-stage organic Rankine cycle for RO desalination. *Desalination*, 243(1-3), 74–94.
32. Hijazi, H., Mokhiamar, O. and Elsamni, O. (2016). Mechanical design of a low cost parabolic solar dish concentrator. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 1–11.
33. Hafez, A. Z., Soliman, A., El-Metwally, K. A. and Ismail, I. M. (2016). Solar parabolic dish Stirling engine system design, simulation, and thermal analysis. *Energy Conversion and Management*, 126, 60–75.
34. Inropera, F.P, Lavine, A.S, Bergman, T.L. and DeWitt, D.P (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer*. New York, NY: Wiley, 637-640.

EKLER

EK-1. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	90	100	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_1 [kJ/kg]	473,832	484,967	496,065	507,168	518,309	529,510	540,786
s_1 [kJ/kgK]	1,813	1,843	1,872	1,901	1,929	1,956	1,983
T_2 [°C]	66,494	77,123	87,612	97,995	108,295	118,530	128,711
P_2 [bar]	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759
h_2 [kJ/kg]	459,670	470,184	480,686	491,214	501,795	512,449	523,189
s_2 [kJ/kgK]	1,831	1,862	1,892	1,920	1,948	1,976	2,003
T_3 [°C]	42,950	42,950	42,950	42,950	42,950	42,950	42,950
P_3 [bar]	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759
h_3 [kJ/kg]	256,305	256,305	256,305	256,305	256,305	256,305	256,305
s_3 [kJ/kgK]	1,191	1,191	1,191	1,191	1,191	1,191	1,191
T_4 [°C]	43,238	43,238	43,238	43,238	43,238	43,238	43,238
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kgK]	256,814	256,814	256,814	256,814	256,814	256,814	256,814
s_4 [kJ/kgK]	1,192	1,192	1,192	1,192	1,192	1,192	1,192
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	37,950	37,950	37,950	37,950	37,950	37,950	37,950
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	159,140	159,140	159,140	159,140	159,140	159,140	159,140
s_{c3} [kJ/kgK]	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,184	0,175	0,167	0,159	0,152	0,145	0,139
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,499	0,499	0,499	0,498	0,497	0,496	0,495

EK-2. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	90	100	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	469,398	481,155	492,457	504,197	515,638	527,086	538,571
s_1 [kJ/kgK]	1,789	1,821	1,852	1,881	1,910	1,938	1,965
T_2 [°C]	54,010	75,055	85,850	96,467	106,952	117,336	127,641
P_2 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_2 [kJ/kg]	455,817	466,875	477,787	488,638	499,480	510,349	521,270
s_2 [kJ/kgK]	1,807	1,840	1,870	1,900	1,929	1,957	1,985
T_3 [°C]	50,056	50,056	50,056	50,056	50,056	50,056	50,056
P_3 [bar]	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448
h_3 [kJ/kg]	266,074	266,074	266,074	266,074	266,074	266,074	266,074
s_3 [kJ/kgK]	1,221	1,221	1,221	1,221	1,221	1,221	1,221
T_4 [°C]	50,438	50,438	50,438	50,438	50,438	50,438	50,438
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kg]	266,721	266,721	266,721	266,721	266,721	266,721	266,721
s_4 [kJ/kgK]	1,222	1,222	1,222	1,222	1,222	1,222	1,222
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	45,056	45,056	45,056	45,056	45,056	45,056	45,056
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	188,834	188,834	188,834	188,834	188,834	188,834	188,834
s_{c3} [kJ/kgK]	0,639	0,639	0,639	0,639	0,639	0,639	0,639
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,197	0,186	0,176	0,168	0,160	0,152	0,145
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,357	0,357	0,357	0,356	0,356	0,355	0,354

EK-3. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	486,943	499,199	511,234	523,152	535,018
s_1 [kJ/kgK]	1,823	1,855	1,885	1,914	1,943
T_2 [°C]	82,695	93,825	104,688	115,363	125,899
P_2 [bar]	4,483	4,483	4,483	4,483	4,483
h_2 [kJ/kg]	472,764	484,300	495,662	506,940	518,193
s_2 [kJ/kgK]	1,841	1,873	1,904	1,933	1,962
T_3 [°C]	58,914	58,914	58,914	58,914	58,914
P_3 [bar]	4,483	4,483	4,483	4,483	4,483
h_3 [kJ/kg]	278,458	278,458	278,458	278,458	278,458
s_3 [kJ/kgK]	1,259	1,259	1,259	1,259	1,259
T_4 [°C]	59,447	59,447	59,447	59,447	59,447
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	279,317	279,317	279,317	279,317	279,317
s_4 [kJ/kgK]	1,260	1,260	1,260	1,260	1,260
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	53,914	53,914	53,914	53,914	53,914
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	225,852	225,852	225,852	225,852	225,852
s_{c3} [kJ/kgK]	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,192	0,181	0,171	0,162	0,154
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,263	0,263	0,263	0,262	0,261

EK-4. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	482,324	495,377	507,961	520,286	532,468
s_1 [kJ/kgK]	1,804	1,838	1,870	1,900	1,929
T_2 [°C]	80,047	91,728	102,953	113,888	124,620
P_2 [bar]	5,170	5,170	5,170	5,170	5,170
h_2 [kJ/kg]	468,725	480,968	492,812	504,447	515,976
s_2 [kJ/kgK]	1,822	1,856	1,888	1,918	1,948
T_3 [°C]	63,962	63,962	63,962	63,962	63,962
P_3 [bar]	5,170	5,170	5,170	5,170	5,170
h_3 [kJ/kg]	285,626	285,646	285,646	285,646	285,646
s_3 [kJ/kgK]	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
T_4 [°C]	64,606	64,606	64,606	64,606	64,606
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	286,629	286,649	286,649	286,649	286,649
s_4 [kJ/kgK]	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	58,976	58,976	58,976	58,976	58,976
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	246,960	247,019	247,019	247,019	241,945
s_{c3} [kJ/kgK]	0,818	0,818	0,818	0,818	0,818
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,204	0,191	0,180	0,170	0,161
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,229	0,229	0,228	0,228	0,227

EK-5. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	120	130	140	150
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	488,483	502,344	515,515	528,310
s_1 [kJ/kgK]	1,812	1,847	1,879	1,910
T_2 [°C]	87,789	99,883	111,373	122,495
P_2 [bar]	6,207	6,207	6,207	6,207
h_2 [kJ/kg]	474,939	487,911	500,290	512,357
s_2 [kJ/kgK]	1,829	1,865	1,897	1,928
T_3 [°C]	70,694	70,694	70,694	70,694
P_3 [bar]	6,207	6,207	6,207	6,207
h_3 [kJ/kg]	295,318	295,318	295,318	295,318
s_3 [kJ/kgK]	1,308	1,308	1,308	1,308
T_4 [°C]	71,516	71,516	71,516	71,516
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	296,541	296,541	296,541	296,541
s_4 [kJ/kgK]	1,309	1,309	1,309	1,309
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	65,694	65,694	65,694	65,694
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	275,126	275,126	275,126	275,126
s_{c3} [kJ/kgK]	0,902	0,902	0,902	0,902
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,207	0,193	0,181	0,170
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,195	0,195	0,194	0,194

EK-6. R245fa ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	130	140	150
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	497,915	511,921	525,265
s_1 [kJ/kgK]	1,831	1,866	1,898
T_2 [°C]	97,382	109,436	120,914
P_2 [bar]	6,900	6,900	6,900
h_2 [kJ/kg]	484,037	497,156	509,707
s_2 [kJ/kgK]	1,848	1,883	1,915
T_3 [°C]	74,732	74,732	74,732
P_3 [bar]	6,900	6,900	6,900
h_3 [kJ/kg]	301,206	301,206	301,206
s_3 [kJ/kgK]	1,325	1,325	1,325
T_4 [°C]	75,683	75,683	75,683
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	302,582	302,582	302,582
s_4 [kJ/kgK]	1,326	1,326	1,326
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	2,000	2,000	2,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	69,732	69,732	69,732
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	292,029	292,029	292,029
s_{c3} [kJ/kgK]	0,952	0,952	0,952
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,203	0,189	0,177
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,179	0,178	0,178

EK-7. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	80	90	100	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_1 [kJ/kg]	705,840	727,554	749,410	771,475	793,790	816,387	839,286	862,505
s_1 [kJ/kgK]	2,529	2,590	2,649	2,708	2,765	2,822	2,878	2,934
T_2 [°C]	54,552	65,141	75,620	86,016	96,344	106,617	116,844	127,032
P_2 [bar]	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759
h_2 [kJ/kg]	674,168	694,535	715,064	735,836	756,887	778,243	799,921	821,936
s_2 [kJ/kgK]	2,573	2,634	2,694	2,753	2,811	2,868	2,924	2,980
T_3 [°C]	29,103	29,103	29,103	29,103	29,103	29,103	29,103	29,103
P_3 [bar]	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759	2,759
h_3 [kJ/kg]	269,545	269,545	269,545	269,545	269,545	269,545	269,545	269,545
s_3 [kJ/kgK]	1,241	1,241	1,241	1,241	1,241	1,241	1,241	1,241
T_4 [°C]	29,434	29,434	29,434	29,434	29,434	29,434	29,434	29,434
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kgK]	270,698	270,698	270,698	270,698	270,698	270,698	270,698	270,698
s_4 [kJ/kgK]	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	24,103	24,103	24,103	24,103	24,103	24,103	24,103	24,103
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	101,266	101,266	101,266	101,266	101,266	101,266	101,266	101,266
s_{c3} [kJ/kgK]	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,092	0,087	0,083	0,080	0,076	0,073	0,070	0,067
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	2,171	2,171	2,170	2,168	2,166	2,162	2,158	2,152

EK-8. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	80	90	100	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	697,464	720,166	742,793	765,481	788,314	811,346	834,619	858,160
s_1 [kJ/kgK]	2,479	2,543	2,604	2,664	2,723	2,781	2,838	2,894
T_2 [°C]	52,212	63,151	73,895	84,499	94,997	105,408	115,751	126,037
P_2 [bar]	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448
h_2 [kJ/kg]	667,056	688,246	709,433	730,736	752,226	773,951	795,944	818,231
s_2 [kJ/kgK]	2,522	2,586	2,648	2,708	2,767	2,826	2,883	2,940
T_3 [°C]	30,098	30,098	30,098	30,098	30,098	30,098	30,098	30,098
P_3 [bar]	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448	3,448
h_3 [kJ/kg]	288,475	288,475	288,475	288,475	288,475	288,475	288,475	288,475
s_3 [kJ/kgK]	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302
T_4 [°C]	37,132	37,132	37,132	37,132	37,132	37,132	37,132	37,132
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kgK]	289,939	289,939	289,939	289,939	289,939	289,939	289,939	289,939
s_4 [kJ/kgK]	1,303	1,303	1,303	1,303	1,303	1,303	1,303	1,303
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	31,698	31,698	31,698	31,698	31,698	31,698	31,698	31,698
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	133,016	133,016	133,016	133,016	133,016	133,016	133,016	133,016
s_{c3} [kJ/kgK]	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,098	0,093	0,088	0,084	0,080	0,076	0,073	0,069
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,760	0,760	0,759	0,758	0,758	0,757	0,755	0,753

EK-9. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	731,475	755,472	779,330	803,190	827,147	851,266
s_1 [kJ/kgK]	2,543	2,607	2,668	2,728	2,787	2,845
T_2 [°C]	70,830	81,888	92,730	103,413	113,973	124,438
P_2 [bar]	4,483	4,483	4,483	4,483	4,483	4,483
h_2 [kJ/kg]	699,781	722,208	744,576	767,007	789,583	812,359
s_2 [kJ/kgK]	2,585	2,649	2,711	2,772	2,831	2,889
T_3 [°C]	46,193	46,193	46,193	46,193	46,193	46,193
P_3 [bar]	4,483	4,483	4,483	4,483	4,483	4,483
h_3 [kJ/kg]	312,653	312,653	312,653	312,653	312,653	312,653
s_3 [kJ/kgK]	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378	1,378
T_4 [°C]	46,796	46,796	46,796	46,796	46,796	46,796
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	314,596	314,596	314,596	314,596	314,596	314,596
s_4 [kJ/kgK]	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	41,193	41,193	41,193	41,193	41,193	41,193
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	172,693	172,693	172,693	172,693	172,693	172,693
s_{c3} [kJ/kgK]	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,096	0,090	0,086	0,081	0,077	0,074
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,419	0,418	0,418	0,417	0,416	0,415

EK-10. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	722,557	747,874	772,682	797,265	821,793	846,378
s_1 [kJ/kgK]	2,504	2,571	2,635	2,697	2,757	2,815
T_2 [°C]	68,289	79,820	90,992	101,918	112,664	123,277
P_2 [bar]	5,172	5,172	5,172	5,172	5,172	5,172
h_2 [kJ/kg]	692,133	715,702	738,889	761,942	785,007	808,180
s_2 [kJ/kgK]	2,544	2,612	2,677	2,739	2,800	2,859
T_3 [°C]	51,634	51,634	51,634	51,634	51,634	51,634
P_3 [bar]	5,172	5,172	5,172	5,172	5,172	5,172
h_3 [kJ/kg]	326,777	326,777	326,777	326,777	326,777	326,777
s_3 [kJ/kgK]	1,422	1,422	1,422	1,422	1,422	1,422
T_4 [°C]	52,359	52,359	52,359	52,359	52,359	52,359
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	329,047	329,047	329,047	329,047	329,047	329,047
s_4 [kJ/kgK]	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423	1,423
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	46,634	46,634	46,634	46,634	46,634	46,634
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	195,426	195,426	195,426	195,426	195,426	195,426
s_{c3} [kJ/kgK]	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,101	0,095	0,090	0,085	0,080	0,076
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,333	0,333	0,332	0,332	0,331	0,330

EK-11. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	734,275	761,307	787,413	813,065	838,521
s_1 [kJ/kgK]	2,516	2,586	2,651	2,714	2,775
T_2 [°C]	75,935	87,907	99,360	110,482	121,376
P_2 [bar]	6,207	6,207	6,207	6,207	6,207
h_2 [kJ/kg]	704,012	729,134	753,505	777,538	801,460
s_2 [kJ/kgK]	2,556	2,626	2,693	2,756	2,818
T_3 [°C]	58,869	58,869	58,869	58,869	58,869
P_3 [bar]	6,207	6,207	6,207	6,207	6,207
h_3 [kJ/kg]	345,887	345,887	345,887	345,887	345,887
s_3 [kJ/kgK]	1,480	1,480	1,480	1,480	1,480
T_4 [°C]	59,791	59,791	59,791	59,791	59,791
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	348,659	348,659	348,659	348,659	348,659
s_4 [kJ/kgK]	1,481	1,481	1,481	1,481	1,481
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	53,869	53,869	53,869	53,869	53,869
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	225,666	225,666	225,666	225,666	225,666
s_{c3} [kJ/kgK]	0,753	0,753	0,753	0,753	0,753
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,103	0,096	0,091	0,085	0,081
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,262	0,261	0,261	0,260	0,259

EK-12. n-Bütan (R600) ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	120	130	140	150
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	752,339	779,985	806,662	832,864
s_1 [kJ/kgK]	2,552	2,622	2,687	2,750
T_2 [°C]	85,371	97,372	108,845	119,985
P_2 [bar]	6,900	6,900	6,900	6,900
h_2 [kJ/kg]	721,419	747,134	772,058	796,625
s_2 [kJ/kgK]	2,591	2,662	2,728	2,792
T_3 [°C]	63,226	63,226	63,226	63,226
P_3 [bar]	6,900	6,900	6,900	6,900
h_3 [kJ/kg]	357,581	357,581	357,581	357,581
s_3 [kJ/kgK]	1,514	1,514	1,514	1,514
T_4 [°C]	64,287	64,287	64,287	64,287
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	360,693	360,693	360,693	360,693
s_4 [kJ/kgK]	1,516	1,516	1,516	1,516
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	58,226	58,226	58,226	58,226
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	243,880	243,880	243,880	243,880
s_{c3} [kJ/kgK]	0,809	0,809	0,809	0,809
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,102	0,095	0,089	0,084
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,232	0,231	0,231	0,230

EK-13. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	8,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	448,237	456,911	465,540	474,151	482,763	491,390	500,044	508,731
s_1 [kJ/kgK]	1,708	1,730	1,752	1,773	1,794	1,814	1,833	1,853
T_2 [°C]	82,568	93,043	103,398	113,659	123,847	133,975	144,053	154,092
P_2 [bar]	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712
h_2 [kJ/kg]	435,050	443,185	451,293	459,398	467,516	475,661	483,839	492,058
s_2 [kJ/kgK]	1,725	1,747	1,769	1,790	1,811	1,831	1,851	1,871
T_3 [°C]	58,173	58,173	58,173	58,173	58,173	58,173	58,173	58,173
P_3 [bar]	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712
h_3 [kJ/kg]	259,717	259,717	259,717	259,717	259,717	259,717	259,717	259,717
s_3 [kJ/kgK]	1,197	1,197	1,197	1,197	1,197	1,197	1,197	1,197
T_4 [°C]	58,510	58,510	58,510	58,510	58,510	58,510	58,510	58,510
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kg]	260,197	260,197	260,197	260,197	260,197	260,197	260,197	260,197
s_4 [kJ/kgK]	1,198	1,198	1,198	1,198	1,198	1,198	1,198	1,198
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	53,173	53,173	53,173	53,173	53,173	53,173	53,173	53,173
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	222,755	222,755	222,755	222,755	222,755	222,755	222,755	222,755
s_{c3} [kJ/kgK]	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,212	0,202	0,193	0,185	0,177	0,170	0,163	0,157
$\dot{m}_{cw}$ [kg/s]	0,268	0,268	0,267	0,267	0,266	0,265	0,264	0,263

EK-14. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	453,523	462,514	471,415	480,266	489,094	497,318	506,752
s_1 [kJ/kgK]	1,711	1,734	1,756	1,777	1,798	1,818	1,837
T_2 [°C]	90,689	101,337	111,828	122,199	132,478	142,682	152,826
P_2 [bar]	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380
h_2 [kJ/kg]	440,251	448,670	457,023	465,345	473,659	481,982	490,325
s_2 [kJ/kgK]	1,728	1,751	1,773	1,794	1,815	1,835	1,855
T_3 [°C]	65,961	65,961	65,961	65,961	65,961	65,961	65,961
P_3 [bar]	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380
h_3 [kJ/kg]	268,060	268,060	268,060	268,060	268,060	268,060	268,060
s_3 [kJ/kgK]	1,222	1,222	1,222	1,222	1,222	1,222	1,222
T_4 [°C]	66,407	66,407	66,407	66,407	66,407	66,407	66,407
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kgK]	268,671	268,671	268,671	268,671	268,671	268,671	268,671
s_4 [kJ/kgK]	1,223	1,223	1,223	1,223	1,223	1,223	1,223
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	60,961	60,961	60,961	60,961	60,961	60,961	60,961
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	255,320	255,320	255,320	255,320	255,320	255,320	255,320
s_{c3} [kJ/kgK]	0,843	0,843	0,843	0,843	0,843	0,843	0,843
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,215	0,205	0,195	0,187	0,178	0,171	0,164
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,217	0,216	0,216	0,215	0,214	0,213	0,212

EK-15. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	457,301	466,827	476,160	485,373	494,513	503,612
s_1 [kJ/kgK]	1,710	1,733	1,755	1,777	1,798	1,818
T_2 [°C]	97,834	108,839	119,596	130,175	140,620	150,962
P_2 [bar]	4,407	4,407	4,407	4,407	4,407	4,407
h_2 [kJ/kg]	444,236	453,132	461,872	470,519	479,114	487,685
s_2 [kJ/kgK]	1,726	1,749	1,772	1,794	1,815	1,835
T_3 [°C]	75,913	75,913	75,913	75,913	75,913	75,913
P_3 [bar]	4,407	4,407	4,407	4,407	4,407	4,407
h_3 [kJ/kg]	278,862	278,862	278,862	278,862	278,862	278,862
s_3 [kJ/kgK]	1,253	1,253	1,253	1,253	1,253	1,253
T_4 [°C]	76,538	76,538	76,538	76,538	76,538	76,538
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	279,673	279,673	279,673	279,673	279,673	279,673
s_4 [kJ/kgK]	1,254	1,254	1,254	1,254	1,254	1,254
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	70,913	70,913	70,913	70,913	70,913	70,913
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	296,975	296,975	296,975	296,975	296,975	296,975
s_{c3} [kJ/kgK]	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,224	0,212	0,201	0,191	0,182	0,174
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,174	0,173	0,173	0,172	0,171	0,171

EK-16. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	463,311	473,104	482,660	492,069	501,385
s_1 [kJ/kgK]	1,718	1,742	1,764	1,786	1,806
T_2 [°C]	106,384	117,524	128,380	139,037	149,545
P_2 [bar]	5,800	5,800	5,800	5,800	5,800
h_2 [kJ/kg]	450,097	459,236	468,180	477,008	485,763
s_2 [kJ/kgK]	1,734	1,758	1,781	1,802	1,823
T_3 [°C]	81,516	81,516	81,516	81,516	81,516
P_3 [bar]	5,800	5,800	5,800	5,800	5,800
h_3 [kJ/kg]	285,020	285,020	285,020	285,020	285,020
s_3 [kJ/kgK]	1,271	1,271	1,271	1,271	1,271
T_4 [°C]	82,272	82,272	82,272	82,272	82,272
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	285,967	285,967	285,967	285,967	285,967
s_4 [kJ/kgK]	1,272	1,272	1,272	1,272	1,272
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	76,516	76,516	76,516	76,516	76,516
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	320,456	320,456	320,456	320,456	320,456
s_{c3} [kJ/kgK]	1,034	1,034	1,034	1,034	1,034
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,223	0,211	0,200	0,190	0,181
$\dot{m}_{cw}$ [kg/s]	0,156	0,156	0,155	0,154	0,154

EK-17. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	150	160	170	180
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	467,807	478,114	488,065	497,795
s_1 [kJ/kgK]	1,722	1,746	1,769	1,790
T_2 [°C]	113,863	125,348	136,445	147,280
P_2 [bar]	6,102	6,102	6,102	6,102
h_2 [kJ/kg]	454,683	464,282	473,580	482,696
s_2 [kJ/kgK]	1,737	1,762	1,785	1,807
T_3 [°C]	89,043	89,043	89,043	89,043
P_3 [bar]	6,102	6,102	6,102	6,102
h_3 [kJ/kg]	293,383	293,383	293,383	293,383
s_3 [kJ/kgK]	1,294	1,294	1,294	1,294
T_4 [°C]	90,010	90,010	90,010	90,010
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	294,540	294,540	294,540	294,540
s_4 [kJ/kgK]	1,295	1,295	1,295	1,295
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	84,043	84,043	84,043	84,043
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	352,037	352,037	352,037	352,037
s_{c3} [kJ/kgK]	1,123	1,123	1,123	1,123
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,228	0,214	0,202	0,192
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,137	0,137	0,136	0,135

EK-18. R123 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	150	160	170	180
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	463,527	474,636	485,101	495,197
s_1 [kJ/kgK]	1,708	1,734	1,758	1,780
T_2 [°C]	110,744	122,929	134,457	145,587
P_2 [bar]	6,780	6,780	6,780	6,780
h_2 [kJ/kg]	450,977	461,280	471,027	480,460
s_2 [kJ/kgK]	1,723	1,749	1,773	1,796
T_3 [°C]	93,529	93,529	93,529	93,529
P_3 [bar]	6,780	6,780	6,780	6,780
h_3 [kJ/kg]	298,421	298,421	298,421	298,421
s_3 [kJ/kgK]	1,307	1,307	1,307	1,307
T_4 [°C]	94,647	94,647	94,647	94,647
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	299,721	299,721	299,721	299,721
s_4 [kJ/kgK]	1,308	1,308	1,308	1,308
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	88,529	88,529	88,529	88,529
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	370,883	370,883	370,883	370,883
s_{c3} [kJ/kgK]	1,176	1,176	1,176	1,176
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,241	0,225	0,211	0,199
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,128	0,128	0,127	0,126

EK-19. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_1 [kJ/kg]	495,168	518,400	541,757	565,299	589,069	613,098	637,412	662,025
s_1 [kJ/kgK]	1,334	1,393	1,450	1,506	1,562	1,617	1,671	1,725
T_2 [°C]	96,793	107,452	117,988	128,431	138,800	149,108	159,367	169,586
P_2 [bar]	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667
h_2 [kJ/kg]	465,918	487,967	510,182	532,614	555,302	578,273	601,545	625,134
s_2 [kJ/kgK]	1,370	1,429	1,486	1,543	1,599	1,654	1,708	1,762
T_3 [°C]	67,743	67,743	67,743	67,743	67,743	67,743	67,743	67,743
P_3 [bar]	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667
h_3 [kJ/kg]	77,704	77,704	77,704	77,704	77,704	77,704	77,704	77,704
s_3 [kJ/kgK]	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238
T_4 [°C]	68,080	68,080	68,080	68,080	68,080	68,080	68,080	68,080
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kgK]	78,861	78,861	78,861	78,861	78,861	78,861	78,861	78,861
s_4 [kJ/kgK]	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	62,743	62,743	62,743	62,743	62,743	62,743	62,743	62,743
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	262,777	262,777	262,777	262,777	262,777	262,777	262,777	262,777
s_{c3} [kJ/kgK]	0,865	0,865	0,865	0,865	0,865	0,865	0,865	0,865
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,096	0,090	0,086	0,081	0,077	0,073	0,070	0,066
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,208	0,208	0,207	0,207	0,206	0,205	0,204	0,203

EK-20. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	510,233	534,494	558,753	583,109	607,628	632,357	657,328
s_1 [kJ/kgK]	1,351	1,411	1,469	1,526	1,582	1,637	1,691
T_2 [°C]	105,203	116,061	126,750	137,313	147,780	158,170	168,498
P_2 [bar]	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330
h_2 [kJ/kg]	480,918	503,918	526,972	550,165	573,556	597,184	621,078
s_2 [kJ/kgK]	1,386	1,446	1,505	1,562	1,618	1,674	1,728
T_3 [°C]	76,079	76,079	76,079	76,079	76,079	76,079	76,079
P_3 [bar]	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330
h_3 [kJ/kg]	99,064	99,064	99,064	99,064	99,064	99,064	99,064
s_3 [kJ/kgK]	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
T_4 [°C]	76,524	76,524	76,524	76,524	76,524	76,524	76,524
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kgK]	100,536	100,536	100,536	100,536	100,536	100,536	100,536
s_4 [kJ/kgK]	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	71,079	71,079	71,079	71,079	71,079	71,079	71,079
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	297,671	297,671	297,671	297,671	297,671	297,671	297,671
s_{c3} [kJ/kgK]	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,097	0,091	0,086	0,081	0,077	0,073	0,070
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,173	0,173	0,173	0,172	0,172	0,171	0,170

EK-21. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	140	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	521,495	547,445	573,069	598,583	624,119	649,760
s_1 [kJ/kgK]	1,356	1,418	1,478	1,536	1,593	1,649
T_2 [°C]	112,460	123,756	134,757	145,557	156,208	166,747
P_2 [bar]	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333
h_2 [kJ/kg]	492,717	517,254	541,555	565,811	590,140	614,614
s_2 [kJ/kgK]	1,390	1,452	1,513	1,571	1,629	1,685
T_3 [°C]	86,567	86,567	86,567	86,567	86,567	86,567
P_3 [bar]	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333
h_3 [kJ/kg]	126,529	126,529	126,529	126,529	126,529	126,529
s_3 [kJ/kgK]	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377
T_4 [°C]	87,187	87,187	87,187	87,187	87,187	87,187
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	128,482	128,482	128,482	128,482	128,482	128,482
s_4 [kJ/kgK]	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	81,567	81,567	81,567	81,567	81,567	81,567
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	341,642	341,642	341,642	341,642	341,642	341,642
s_{c3} [kJ/kgK]	1,094	1,094	1,094	1,094	1,094	1,094
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,101	0,094	0,088	0,083	0,079	0,074
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,143	0,143	0,143	0,142	0,141	0,141

EK-22. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	538,388	565,349	591,818	618,079	644,295
s_1 [kJ/kgK]	1,384	1,447	1,508	1,566	1,623
T_2 [°C]	121,205	132,688	143,817	154,711	165,437
P_2 [bar]	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
h_2 [kJ/kg]	509,399	534,879	559,973	584,935	609,910
s_2 [kJ/kgK]	1,417	1,481	1,542	1,601	1,659
T_3 [°C]	92,564	92,564	92,564	92,564	92,564
P_3 [bar]	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
h_3 [kJ/kg]	142,544	142,544	142,544	142,544	142,544
s_3 [kJ/kgK]	0,421	0,421	0,421	0,421	0,421
T_4 [°C]	93,311	93,311	93,311	93,311	93,311
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	144,829	144,829	144,829	144,829	144,829
s_4 [kJ/kgK]	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	87,564	87,564	87,564	87,564	87,564
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	366,827	366,827	366,827	366,827	366,827
s_{c3} [kJ/kgK]	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,100	0,094	0,088	0,082	0,077
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,130	0,130	0,129	0,129	0,128

EK-23. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	160	170	180	190
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	551,201	580,043	607,900	635,288
s_1 [kJ/kgK]	1,399	1,465	1,527	1,587
T_2 [°C]	128,660	140,644	152,090	163,206
P_2 [bar]	6,000	6,000	6,000	6,000
h_2 [kJ/kg]	522,552	549,751	576,121	602,123
s_2 [kJ/kgK]	1,432	1,498	1,561	1,622
T_3 [°C]	106,062	106,062	106,062	106,062
P_3 [bar]	6,780	6,780	6,780	6,780
h_3 [kJ/kg]	179,471	179,471	179,471	179,471
s_3 [kJ/kgK]	0,519	0,519	0,519	0,519
T_4 [°C]	106,997	106,997	106,997	106,997
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	182,114	182,114	182,114	182,114
s_4 [kJ/kgK]	0,520	0,520	0,520	0,520
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	101,062	101,062	101,062	101,062
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	423,650	423,650	423,650	423,650
s_{c3} [kJ/kgK]	1,319	1,319	1,319	1,319
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,102	0,095	0,088	0,083
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,116	0,116	0,115	0,114

EK-24. n-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	170	180	190
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	570,496	600,076	628,584
s_1 [kJ/kgK]	1,435	1,501	1,564
T_2 [°C]	137,939	149,999	161,498
P_2 [bar]	6,670	6,670	6,670
h_2 [kJ/kg]	541,423	569,325	596,318
s_2 [kJ/kgK]	1,467	1,534	1,597
T_3 [°C]	105,311	105,311	105,311
P_3 [bar]	6,670	6,670	6,670
h_3 [kJ/kg]	177,381	177,381	177,381
s_3 [kJ/kgK]	0,513	0,513	0,513
T_4 [°C]	106,411	106,411	106,411
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	180,516	180,516	180,516
s_4 [kJ/kgK]	0,515	0,515	0,515
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	100,311	100,311	100,311
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	420,000	420,000	420,000
s_{c3} [kJ/kgK]	1,310	1,310	1,310
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,100	0,093	0,086
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,109	0,108	0,108

EK-25. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_1 [kJ/kg]	474,886	497,697	520,617	543,725	567,073	590,069	614,613	638,846
s_1 [kJ/kgK]	1,311	1,370	1,428	1,484	1,540	1,595	1,650	1,704
T_2 [°C]	83,419	94,141	104,718	115,187	125,574	135,895	146,163	156,387
P_2 [bar]	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162
h_2 [kJ/kg]	440,909	462,338	483,926	505,739	527,821	550,202	572,901	595,932
s_2 [kJ/kgK]	1,355	1,414	1,472	1,529	1,585	1,640	1,695	1,749
T_3 [°C]	51,733	51,733	51,733	51,733	51,733	51,733	51,733	51,733
P_3 [bar]	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162
h_3 [kJ/kg]	56,362	56,362	56,362	56,362	56,362	56,362	56,362	56,362
s_3 [kJ/kgK]	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
T_4 [°C]	52,089	52,089	52,089	52,089	52,089	52,089	52,089	52,089
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kgK]	57,607	57,607	57,607	57,607	57,607	57,607	57,607	57,607
s_4 [kJ/kgK]	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	46,733	46,733	46,733	46,733	46,733	46,733	46,733	46,733
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	195,842	195,842	195,842	195,842	195,842	195,842	195,842	195,842
s_{c3} [kJ/kgK]	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661	0,661
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,096	0,090	0,086	0,081	0,078	0,074	0,070	0,067
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,329	0,329	0,328	0,328	0,327	0,327	0,325	0,324

EK-26. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	489,817	513,652	537,466	561,380	585,469	609,783	634,355
s_1 [kJ/kgK]	1,329	1,389	1,447	1,504	1,561	1,616	1,671
T_2 [°C]	91,764	102,697	113,432	124,026	134,513	144,918	155,257
P_2 [bar]	2,702	2,702	2,702	2,702	2,702	2,702	2,702
h_2 [kJ/kg]	455,712	478,082	500,495	523,057	545,832	568,863	592,177
s_2 [kJ/kgK]	1,371	1,432	1,491	1,548	1,605	1,660	1,716
T_3 [°C]	59,609	59,609	59,609	59,609	59,609	59,609	59,609
P_3 [bar]	2,702	2,702	2,702	2,702	2,702	2,702	2,702
h_3 [kJ/kg]	75,649	75,649	75,649	75,649	75,649	75,649	75,649
s_3 [kJ/kgK]	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238
T_4 [°C]	60,073	60,073	60,073	60,073	60,073	60,073	60,073
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kg]	77,228	77,228	77,228	77,228	77,228	77,228	77,228
s_4 [kJ/kgK]	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	54,609	54,609	54,609	54,609	54,609	54,609	54,609
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	228,758	228,758	228,758	228,758	228,758	228,758	228,758
s_{c3} [kJ/kgK]	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,097	0,091	0,086	0,082	0,077	0,074	0,070
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,254	0,253	0,253	0,252	0,252	0,251	0,250

EK-27. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	501,045	526,588	551,755	576,809	601,897	627,108
s_1 [kJ/kgK]	1,334	1,397	1,457	1,515	1,573	1,629
T_2 [°C]	98,838	110,251	121,319	132,160	142,840	153,400
P_2 [bar]	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514
h_2 [kJ/kg]	467,430	491,338	514,976	538,575	562,263	586,118
s_2 [kJ/kgK]	1,375	1,438	1,499	1,558	1,616	1,672
T_3 [°C]	69,453	69,453	69,453	69,453	69,453	69,453
P_3 [bar]	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514	3,514
h_3 [kJ/kg]	100,291	100,291	100,291	100,291	100,291	100,291
s_3 [kJ/kgK]	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310
T_4 [°C]	70,092	70,092	70,092	70,092	70,092	70,092
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	102,381	102,381	102,381	102,381	102,381	102,381
s_4 [kJ/kgK]	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	64,453	64,453	64,453	64,453	64,453	64,453
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	269,930	269,930	269,930	269,930	269,930	269,930
s_{c3} [kJ/kgK]	0,887	0,887	0,887	0,887	0,887	0,887
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,100	0,093	0,088	0,083	0,078	0,074
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,197	0,197	0,196	0,196	0,195	0,194

EK-28. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	140	150	160	170	180
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	517,775	544,311	570,311	596,103	621,867
s_1 [kJ/kgK]	1,363	1,426	1,487	1,546	1,604
T_2 [°C]	107,520	119,123	130,321	141,259	152,014
P_2 [bar]	4,054	4,054	4,054	4,054	4,054
h_2 [kJ/kg]	483,840	506,669	533,084	557,376	581,702
s_2 [kJ/kgK]	1,403	1,468	1,529	1,588	1,646
T_3 [°C]	75,082	75,082	75,082	75,082	75,082
P_3 [bar]	4,054	4,054	4,054	4,054	4,054
h_3 [kJ/kg]	114,659	114,659	114,659	114,659	114,659
s_3 [kJ/kgK]	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352
T_4 [°C]	75,848	75,848	75,848	75,848	75,848
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	117,101	117,101	117,101	117,101	117,101
s_4 [kJ/kgK]	0,353	0,353	0,353	0,353	0,353
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	20,007	70,082	70,082	70,082	70,082
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	293,495	293,495	293,495	293,495	293,495
s_{c3} [kJ/kgK]	0,956	0,956	0,956	0,956	0,956
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,099	0,092	0,087	0,082	0,077
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,174	0,174	0,173	0,173	0,172

EK-29. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	150	160	170	180
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	530,505	558,937	586,311	613,212
s_1 [kJ/kgK]	1,379	1,445	1,508	1,568
T_2 [°C]	114,820	126,964	138,494	149,662
P_2 [bar]	4,865	4,865	4,865	4,865
h_2 [kJ/kg]	496,870	523,414	549,079	574,386
s_2 [kJ/kgK]	1,418	1,486	1,549	1,609
T_3 [°C]	82,561	82,561	82,561	82,561
P_3 [bar]	4,865	4,865	4,865	4,865
h_3 [kJ/kg]	134,074	134,074	134,074	134,074
s_3 [kJ/kgK]	0,407	0,407	0,407	0,407
T_4 [°C]	83,528	83,528	83,528	83,528
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	137,048	137,048	137,048	137,048
s_4 [kJ/kgK]	0,408	0,408	0,408	0,408
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	77,561	77,561	77,561	77,561
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	324,838	324,838	324,838	324,838
s_{c3} [kJ/kgK]	1,046	1,046	1,046	1,046
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,100	0,093	0,087	0,082
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,151	0,151	0,150	0,150

EK-30. İso-Pentan ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	160	170	180
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	549,628	578,752	606,757
s_1 [kJ/kgK]	1,415	1,482	1,544
T_2 [°C]	124,070	136,272	147,849
P_2 [bar]	5,405	5,405	5,405
h_2 [kJ/kg]	515,426	542,628	568,898
s_2 [kJ/kgK]	1,454	1,522	1,585
T_3 [°C]	87,038	87,038	87,038
P_3 [bar]	5,405	5,405	5,405
h_3 [kJ/kg]	145,878	145,878	145,878
s_3 [kJ/kgK]	0,439	0,439	0,439
T_4 [°C]	88,149	88,149	88,149
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	149,217	149,217	149,217
s_4 [kJ/kgK]	0,441	0,441	0,441
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	82,038	82,038	82,038
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	343,618	343,618	343,618
s_{c3} [kJ/kgK]	1,099	1,099	1,099
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,098	0,091	0,085
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,140	0,139	0,139

EK-31. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_1 [kJ/kg]	480,931	488,621	496,227	503,781	511,306	518,817	526,328	533,849	541,387	548,947
s_1 [kJ/kgK]	1,830	1,852	1,873	1,893	1,912	1,931	1,949	1,967	1,985	2,002
T_2 [°C]	33,498	43,995	54,220	64,342	74,384	84,358	94,275	104,143	113,968	123,757
P_2 [bar]	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275
h_2 [kJ/kg]	460,567	467,467	474,213	480,926	487,630	494,337	501,057	507,799	514,567	521,367
s_2 [kJ/kgK]	1,860	1,883	1,903	1,924	1,943	1,962	1,981	1,999	2,017	2,034
T_3 [°C]	31,674	31,674	31,674	31,674	31,674	31,674	31,674	31,674	31,674	31,674
P_3 [bar]	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275	2,275
h_3 [kJ/kg]	232,986	232,986	232,986	232,986	232,986	232,986	232,986	232,986	232,986	232,986
s_3 [kJ/kgK]	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114
T_4 [°C]	31,995	31,995	31,995	31,995	31,995	31,995	31,995	31,995	31,995	31,995
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kgK]	233,515	233,515	233,515	233,515	233,515	233,515	233,515	233,515	233,515	233,515
s_4 [kJ/kgK]	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	26,674	26,674	26,674	26,674	26,674	26,674	26,674	26,674	26,674	26,674
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	112,016	112,016	112,016	112,016	112,016	112,016	112,016	112,016	112,016	112,016
s_{c3} [kJ/kgK]	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,162	0,157	0,152	0,148	0,143	0,139	0,135	0,131	0,128	0,124
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	1,319	1,318	1,315	1,313	1,309	1,305	1,301	1,296	1,290	1,284

EK-32. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	90	100	110	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	484,793	492,788	500,662	508,456	516,198	523,908	531,602	539,292	546,988
s_1 [kJ/kgK]	1,826	1,848	1,868	1,888	1,908	1,927	1,945	1,963	1,981
T_2 [°C]	41,183	51,823	62,182	72,421	82,564	92,627	102,622	112,559	122,447
P_2 [bar]	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844
h_2 [kJ/kg]	464,252	471,404	478,381	485,304	492,198	499,080	505,963	512,855	519,765
s_2 [kJ/kgK]	1,855	1,878	1,899	1,919	1,939	1,958	1,977	1,995	2,012
T_3 [°C]	38,747	38,747	38,747	38,747	38,747	38,747	38,747	38,747	38,747
P_3 [bar]	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844	2,844
h_3 [kJ/kg]	240,572	240,572	240,572	240,572	240,572	240,572	240,572	240,572	240,572
s_3 [kJ/kgK]	1,138	1,138	1,138	1,138	1,138	1,138	1,138	1,138	1,138
T_4 [°C]	39,168	39,168	39,168	39,168	39,168	39,168	39,168	39,168	39,168
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kg]	241,243	241,243	241,243	241,243	241,243	241,243	241,243	241,243	241,243
s_4 [kJ/kgK]	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	33,747	33,747	33,747	33,747	33,747	33,747	33,747	33,747	33,747
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	141,580	141,580	141,580	141,580	141,580	141,580	141,580	141,580	141,580
s_{c3} [kJ/kgK]	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,164	0,159	0,154	0,149	0,144	0,140	0,136	0,132	0,128
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,639	0,638	0,637	0,635	0,633	0,631	0,628	0,625	0,622

EK-33. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	487,079	495,571	503,864	512,017	520,075	528,067	536,016	543,937
s_1 [kJ/kgK]	1,815	1,837	1,858	1,879	1,899	1,918	1,939	1,954
T_2 [°C]	47,644	58,629	69,242	79,687	90,005	100,218	110,344	120,396
P_2 [bar]	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697
h_2 [kJ/kg]	466,611	474,214	481,550	488,781	495,946	503,071	510,173	517,266
s_2 [kJ/kgK]	1,843	1,867	1,888	1,909	1,929	1,949	1,967	1,986
T_3 [°C]	47,555	47,555	47,555	47,555	47,555	47,555	47,555	47,555
P_3 [bar]	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697
h_3 [kJ/kg]	250,115	250,115	250,115	250,115	250,115	250,115	250,115	250,115
s_3 [kJ/kgK]	1,168	1,168	1,168	1,168	1,168	1,168	1,168	1,168
T_4 [°C]	48,137	48,137	48,137	48,137	48,137	48,137	48,137	48,137
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	251,002	251,002	251,002	251,002	251,002	251,002	251,002	251,002
s_4 [kJ/kgK]	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169	1,169
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	42,555	42,555	42,555	42,555	42,555	42,555	42,555	42,555
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	178,385	178,385	178,385	178,385	178,385	178,385	178,385	178,385
s_{c3} [kJ/kgK]	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606	0,606
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,169	0,163	0,157	0,152	0,147	0,143	0,138	0,134
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,389	0,388	0,387	0,385	0,384	0,382	0,381	0,379

EK-34. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	491,821	500,538	509,029	517,363	525,585	533,730	541,821
s_1 [kJ/kgK]	1,818	1,840	1,862	1,882	1,902	1,921	1,939
T_2 [°C]	55,911	66,932	77,626	88,147	98,526	108,797	118,973
P_2 [bar]	4,266	4,266	4,266	4,266	4,266	4,266	4,266
h_2 [kJ/kg]	471,080	478,831	486,338	493,729	501,041	508,303	515,533
s_2 [kJ/kgK]	1,847	1,870	1,891	1,912	1,932	1,951	1,970
T_3 [°C]	52,606	52,606	52,606	52,606	52,606	52,606	52,606
P_3 [bar]	4,266	4,266	4,266	4,266	4,266	4,266	4,266
h_3 [kJ/kg]	255,635	255,635	255,635	255,635	255,635	255,635	255,635
s_3 [kJ/kgK]	1,185	1,185	1,185	1,185	1,185	1,185	1,185
T_4 [°C]	53,303	53,303	53,303	53,303	53,303	53,303	53,303
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	256,669	256,669	256,669	256,669	256,669	256,669	256,669
s_4 [kJ/kgK]	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	47,606	47,606	47,606	47,606	47,606	47,606	47,606
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	199,489	199,489	199,489	199,489	199,489	199,489	199,489
s_{c3} [kJ/kgK]	0,673	0,673	0,673	0,673	0,673	0,673	0,673
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,170	0,163	0,157	0,152	0,147	0,142	0,137
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,317	0,316	0,315	0,314	0,312	0,311	0,309

EK-35. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	495,018	504,163	513,006	521,640	530,125	538,504
s_1 [kJ/kgK]	1,815	1,838	1,859	1,880	1,900	1,919
T_2 [°C]	62,980	74,247	85,144	95,828	106,347	116,732
P_2 [bar]	5,119	5,119	5,119	5,119	5,119	5,119
h_2 [kJ/kg]	474,248	482,354	490,161	497,810	505,350	512,815
s_2 [kJ/kgK]	1,843	1,866	1,889	1,910	1,930	1,949
T_3 [°C]	59,303	59,303	59,303	59,303	59,303	59,303
P_3 [bar]	5,119	5,119	5,119	5,119	5,119	5,119
h_3 [kJ/kg]	263,008	263,008	263,008	263,008	263,008	263,008
s_3 [kJ/kgK]	1,207	1,207	1,207	1,207	1,207	1,207
T_4 [°C]	60,183	60,183	60,183	60,183	60,183	60,183
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	264,264	264,264	264,264	264,264	264,264	264,264
s_4 [kJ/kgK]	1,208	1,208	1,208	1,208	1,208	1,208
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	54,303	54,303	54,303	54,303	54,303	54,303
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	227,481	227,481	227,481	227,481	227,481	227,481
s_{c3} [kJ/kgK]	0,759	0,759	0,759	0,759	0,759	0,759
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,173	0,166	0,159	0,153	0,148	0,143
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,254	0,253	0,252	0,251	0,250	0,249

EK-36. R21 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	500,590	509,866	518,833	527,587	536,186
s_1 [kJ/kgK]	1,822	1,845	1,866	1,887	1,906
T_2 [°C]	71,728	82,970	93,902	104,618	115,165
P_2 [bar]	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688
h_2 [kJ/kg]	479,411	487,590	495,512	503,270	510,915
s_2 [kJ/kgK]	1,850	1,874	1,896	1,916	1,936
T_3 [°C]	63,319	63,319	63,319	63,319	63,319
P_3 [bar]	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688
h_3 [kJ/kg]	267,460	267,460	267,460	267,460	267,460
s_3 [kJ/kgK]	1,221	1,221	1,221	1,221	1,221
T_4 [°C]	64,328	64,328	64,328	64,328	64,328
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	268,868	268,868	268,868	268,868	268,868
s_4 [kJ/kgK]	1,222	1,222	1,222	1,222	1,222
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	58,319	58,319	58,319	58,319	58,319
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	244,271	244,271	244,271	244,271	244,271
s_{c3} [kJ/kgK]	0,810	0,810	0,810	0,810	0,810
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,171	0,164	0,158	0,152	0,146
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,227	0,226	0,225	0,224	0,223

EK-37. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_1 [kJ/kg]	439,005	446,285	453,427	460,481	467,483	474,455	481,413	488,368	495,329	502,300
s_1 [kJ/kgK]	1,680	1,699	1,717	1,735	1,752	1,769	1,785	1,801	1,816	1,832
T_2 [°C]	59,961	70,310	80,481	90,522	100,465	110,333	120,143	129,905	139,630	149,323
P_2 [bar]	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176
h_2 [kJ/kg]	422,069	428,657	435,135	441,547	447,921	454,277	460,629	466,987	473,356	479,742
s_2 [kJ/kgK]	1,703	1,722	1,741	1,759	1,776	1,793	1,809	1,825	1,841	1,856
T_3 [°C]	47,231	47,231	47,231	47,231	47,231	47,231	47,231	47,231	47,231	47,231
P_3 [bar]	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176
h_3 [kJ/kg]	241,636	241,636	241,636	241,636	241,636	241,636	241,636	241,636	241,636	241,636
s_3 [kJ/kgK]	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140	1,140
T_4 [°C]	47,603	47,603	47,603	47,603	47,603	47,603	47,603	47,603	47,603	47,603
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kgK]	242,148	242,148	242,148	242,148	242,148	242,148	242,148	242,148	242,148	242,148
s_4 [kJ/kgK]	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	42,231	42,231	42,231	42,231	42,231	42,231	42,231	42,231	42,231	42,231
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	177,029	177,029	177,029	177,029	177,029	177,029	177,029	177,029	177,029	177,029
s_{c3} [kJ/kgK]	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,203	0,195	0,188	0,182	0,176	0,170	0,164	0,159	0,154	0,149
$\dot{m}_{cw}$ [kg/s]	0,394	0,393	0,393	0,392	0,390	0,389	0,388	0,386	0,384	0,381

EK-38. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	442,903	450,458	457,826	465,071	472,239	479,359	486,450	493,526	500,598
s_1 [kJ/kgK]	1,679	1,698	1,717	1,734	1,751	1,768	1,784	1,800	1,815
T_2 [°C]	67,221	77,782	88,115	98,285	108,333	118,289	128,173	138,000	147,000
P_2 [bar]	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
h_2 [kJ/kg]	425,791	432,614	439,282	445,855	452,370	458,851	465,315	471,775	478,238
s_2 [kJ/kgK]	1,702	1,721	1,740	1,758	1,775	1,792	1,808	1,824	1,840
T_3 [°C]	54,656	54,656	54,656	54,656	54,656	54,656	54,656	54,656	54,656
P_3 [bar]	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
h_3 [kJ/kg]	248,404	248,404	248,404	248,404	248,404	248,404	248,404	248,404	248,404
s_3 [kJ/kgK]	1,161	1,161	1,161	1,161	1,161	1,161	1,161	1,161	1,161
T_4 [°C]	55,144	55,144	55,144	55,144	55,144	55,144	55,144	55,144	55,144
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kgK]	249,055	249,055	249,055	249,055	249,055	249,055	249,055	249,055	249,055
s_4 [kJ/kgK]	1,162	1,162	1,162	1,162	1,162	1,162	1,162	1,162	1,162
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	49,656	49,656	49,656	49,656	49,656	49,656	49,656	49,656	49,656
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	208,056	208,056	208,056	208,056	208,056	208,056	208,056	208,056	208,056
s_{c3} [kJ/kgK]	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,206	0,198	0,190	0,183	0,177	0,171	0,165	0,159	0,154
$\dot{m}_{cw}$ [kg/s]	0,295	0,294	0,293	0,292	0,291	0,290	0,289	0,287	0,285

EK-39. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	453,260	461,029	468,596	476,030	483,377	490,666	497,919
s_1 [kJ/kgK]	1,692	1,711	1,729	1,747	1,763	1,780	1,795
T_2 [°C]	84,427	95,096	105,523	115,775	125,900	135,924	145,870
P_2 [bar]	3,536	3,536	3,536	3,536	3,536	3,536	3,536
h_2 [kJ/kg]	435,644	442,658	449,507	456,251	462,929	469,565	476,177
s_2 [kJ/kgK]	1,715	1,734	1,752	1,770	1,787	1,803	1,819
T_3 [°C]	64,494	64,494	64,494	64,494	64,494	64,494	64,494
P_3 [bar]	3,536	3,536	3,536	3,536	3,536	3,536	3,536
h_3 [kJ/kg]	257,483	257,483	257,483	257,483	257,483	257,483	257,483
s_3 [kJ/kgK]	1,188	1,188	1,188	1,188	1,188	1,188	1,188
T_4 [°C]	65,168	65,168	65,168	65,168	65,168	65,168	65,168
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	258,341	258,341	258,341	258,341	258,341	258,341	258,341
s_4 [kJ/kgK]	1,189	1,189	1,189	1,189	1,189	1,189	1,189
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	59,494	59,494	59,494	59,494	59,494	59,494	59,494
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	249,187	249,187	249,187	249,187	249,187	249,187	249,187
s_{c3} [kJ/kgK]	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,204	0,195	0,188	0,181	0,174	0,168	0,162
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,221	0,220	0,219	0,218	0,217	0,215	0,214

EK-40. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	140	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	457,954	465,894	473,608	481,173	488,638	496,036
s_1 [kJ/kgK]	1,697	1,716	1,734	1,751	1,768	1,784
T_2 [°C]	92,465	103,252	113,772	124,102	134,290	144,371
P_2 [bar]	4,081	4,081	4,081	4,081	4,081	4,081
h_2 [kJ/kg]	440,138	447,300	454,276	461,134	467,914	474,645
s_2 [kJ/kgK]	1,719	1,738	1,756	1,774	1,791	1,807
T_3 [°C]	69,992	69,992	69,992	69,992	69,992	69,992
P_3 [bar]	4,081	4,081	4,081	4,081	4,081	4,081
h_3 [kJ/kg]	262,616	262,616	262,616	262,616	262,616	262,616
s_3 [kJ/kgK]	1,203	1,203	1,203	1,203	1,203	1,203
T_4 [°C]	70,799	70,799	70,799	70,799	70,799	70,799
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	263,617	263,617	263,617	263,617	263,617	263,617
s_4 [kJ/kgK]	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	64,992	64,992	64,992	64,992	64,992	64,992
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	272,188	272,188	272,188	272,188	272,188	272,188
s_{c3} [kJ/kgK]	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,204	0,195	0,187	0,180	0,173	0,167
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,192	0,192	0,191	0,190	0,189	0,188

EK-41. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	461,272	469,576	477,575	485,374	493,039
s_1 [kJ/kgK]	1,696	1,715	1,734	1,751	1,768
T_2 [°C]	99,266	110,359	121,107	131,613	141,945
P_2 [bar]	4,897	4,897	4,897	4,897	4,897
h_2 [kJ/kg]	443,499	450,970	458,188	465,245	472,195
s_2 [kJ/kgK]	1,718	1,738	1,756	1,774	1,791
T_3 [°C]	77,272	77,272	77,272	77,272	77,272
P_3 [bar]	4,897	4,897	4,897	4,897	4,897
h_3 [kJ/kg]	269,482	269,482	269,482	269,482	269,482
s_3 [kJ/kgK]	1,223	1,223	1,223	1,223	1,223
T_4 [°C]	78,289	78,289	78,289	78,289	78,289
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	270,701	270,701	270,701	270,701	270,701
s_4 [kJ/kgK]	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	72,272	72,272	72,272	72,272	72,272
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	302,667	302,667	302,667	302,667	302,667
s_{c3} [kJ/kgK]	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,207	0,198	0,189	0,181	0,174
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,165	0,164	0,163	0,163	0,161

EK-42. R11 ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	150	160	170	180	190
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	457,642	466,534	474,931	483,020	490,906
s_1 [kJ/kgK]	1,683	1,704	1,723	1,741	1,758
T_2 [°C]	96,061	107,733	118,868	129,654	140,197
P_2 [bar]	5,441	5,441	5,441	5,441	5,441
h_2 [kJ/kg]	440,499	448,465	456,017	463,315	470,448
s_2 [kJ/kgK]	1,704	1,725	1,745	1,763	1,781
T_3 [°C]	81,633	81,633	81,633	81,633	81,633
P_3 [bar]	5,441	5,441	5,441	5,441	5,441
h_3 [kJ/kg]	273,637	273,637	273,637	273,637	273,637
s_3 [kJ/kgK]	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234
T_4 [°C]	82,801	82,801	82,801	82,801	82,801
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	275,004	275,004	275,004	275,004	275,004
s_4 [kJ/kgK]	1,235	1,235	1,235	1,235	1,235
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	76,633	76,633	76,633	76,633	76,633
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	320,945	320,945	320,945	320,945	320,945
s_{c3} [kJ/kgK]	1,035	1,035	1,035	1,035	1,035
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,216	0,205	0,196	0,187	0,179
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,152	0,152	0,151	0,150	0,149

EK-43. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_1 [kJ/kg]	500,579	512,173	523,786	535,443	547,160	558,951	570,024	582,785
s_1 [kJ/kgK]	1,873	1,903	1,933	1,962	1,991	2,019	2,047	2,074
T_2 [°C]	77,011	87,540	97,952	108,271	118,516	128,700	138,834	148,927
P_2 [bar]	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667
h_2 [kJ/kg]	485,490	496,462	507,475	518,548	529,698	540,930	552,255	563,677
s_2 [kJ/kgK]	1,892	1,923	1,953	1,983	2,011	2,040	2,068	2,095
T_3 [°C]	53,185	53,185	53,185	53,185	53,185	53,185	53,185	53,185
P_3 [bar]	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667	2,667
h_3 [kJ/kg]	273,649	273,649	273,649	273,649	273,649	273,649	273,649	273,649
s_3 [kJ/kgK]	1,246	1,246	1,246	1,246	1,246	1,246	1,246	1,246
T_4 [°C]	53,451	53,451	53,451	53,451	53,451	53,451	53,451	53,451
P_4 [bar]	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
h_4 [kJ/kgK]	274,156	274,156	274,156	274,156	274,156	274,156	274,156	274,156
s_4 [kJ/kgK]	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247	1,247
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	48,185	48,185	48,185	48,185	48,185	48,185	48,185	48,185
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	201,910	201,910	201,910	201,910	201,910	201,910	201,910	201,910
s_{c3} [kJ/kgK]	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,176	0,168	0,160	0,152	0,145	0,139	0,133	0,127
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,317	0,317	0,317	0,316	0,316	0,315	0,314	0,312

EK-44. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_1 [kJ/kg]	508,472	520,498	532,486	544,477	556,496	568,564	580,692
s_1 [kJ/kgK]	1,882	1,913	1,943	1,972	2,001	2,029	2,057
T_2 [°C]	85,590	96,273	106,803	117,216	127,537	137,785	147,972
P_2 [bar]	3,333	3,333	3,333	3,333	3,333	3,333	3,333
h_2 [kJ/kg]	493,275	504,645	516,006	527,390	538,821	550,313	561,879
s_2 [kJ/kgK]	1,901	1,932	1,963	1,992	2,021	2,049	2,077
T_3 [°C]	60,536	60,536	60,536	60,536	60,536	60,536	60,536
P_3 [bar]	3,333	3,333	3,333	3,333	3,333	3,333	3,333
h_3 [kJ/kg]	284,219	284,219	284,219	284,219	284,219	284,219	284,219
s_3 [kJ/kgK]	1,277	1,277	1,277	1,277	1,277	1,277	1,277
T_4 [°C]	60,887	60,887	60,887	60,887	60,887	60,887	60,887
P_4 [bar]	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
h_4 [kJ/kgK]	284,864	284,864	284,864	284,864	284,864	284,864	284,864
s_4 [kJ/kgK]	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	55,536	55,536	55,536	55,536	55,536	55,536	55,536
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	232,634	232,634	232,634	232,634	232,634	232,634	232,634
s_{c3} [kJ/kgK]	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,178	0,169	0,160	0,153	0,145	0,139	0,132
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,251	0,251	0,250	0,250	0,249	0,248	0,247

EK-45. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_1 [kJ/kg]	514,821	527,518	540,056	552,514	564,941	577,370
s_1 [kJ/kgK]	1,885	1,917	1,948	1,978	2,007	2,035
T_2 [°C]	93,253	104,252	115,015	125,608	136,071	146,434
P_2 [bar]	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333
h_2 [kJ/kg]	499,744	511,722	523,583	535,394	547,198	559,023
s_2 [kJ/kgK]	1,904	1,936	1,967	1,997	2,026	2,055
T_3 [°C]	69,700	69,700	69,700	69,700	69,700	69,700
P_3 [bar]	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333
h_3 [kJ/kg]	297,562	297,562	297,562	297,562	297,562	297,562
s_3 [kJ/kgK]	1,317	1,317	1,317	1,317	1,317	1,317
T_4 [°C]	70,190	70,190	70,190	70,190	70,190	70,190
P_4 [bar]	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
h_4 [kJ/kgK]	298,416	298,416	298,416	298,416	298,416	298,416
s_4 [kJ/kgK]	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	64,700	64,700	64,700	64,700	64,700	64,700
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	270,966	270,966	270,966	270,966	270,966	270,966
s_{c3} [kJ/kgK]	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,184	0,173	0,164	0,155	0,148	0,140
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,199	0,199	0,198	0,198	0,197	0,196

EK-46. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	130	140	150	160	170
P_1 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_1 [kJ/kg]	523,711	536,766	549,610	562,339	575,013
s_1 [kJ/kgK]	1,901	1,933	1,964	1,993	2,022
T_2 [°C]	102,216	113,322	124,162	134,812	145,322
P_2 [bar]	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
h_2 [kJ/kg]	508,426	520,739	532,888	544,955	556,992
s_2 [kJ/kgK]	1,919	1,952	1,983	2,013	2,042
T_3 [°C]	74,950	74,950	74,950	74,950	74,950
P_3 [bar]	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
h_3 [kJ/kg]	305,295	305,295	305,295	305,295	305,295
s_3 [kJ/kgK]	1,339	1,339	1,339	1,339	1,339
T_4 [°C]	75,541	75,541	75,541	75,541	75,541
P_4 [bar]	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
h_4 [kJ/kgK]	306,293	306,293	306,293	306,293	306,293
s_4 [kJ/kgK]	1,340	1,340	1,340	1,340	1,340
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	69,950	69,950	69,950	69,950	69,950
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	292,944	292,944	292,944	292,944	292,944
s_{c3} [kJ/kgK]	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,183	0,172	0,162	0,154	0,146
$\dot{m}_{cw}$ [kg/s]	0,178	0,177	0,177	0,176	0,176

EK-47. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	140	150	160	170
P_1 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_1 [kJ/kg]	531,079	544,752	558,082	571,216
s_1 [kJ/kgK]	1,910	1,943	1,974	2,004
T_2 [°C]	110,271	121,660	132,694	143,488
P_2 [bar]	6,000	6,000	6,000	6,000
h_2 [kJ/kg]	515,799	528,677	541,270	553,709
s_2 [kJ/kgK]	1,928	1,962	1,993	2,023
T_3 [°C]	81,906	81,906	81,906	81,906
P_3 [bar]	6,000	6,000	6,000	6,000
h_3 [kJ/kg]	315,000	315,000	315,000	315,000
s_3 [kJ/kgK]	1,368	1,368	1,368	1,368
T_4 [°C]	82,659	82,659	82,659	82,659
P_4 [bar]	18,000	18,000	18,000	18,000
h_4 [kJ/kgK]	316,865	316,865	316,865	316,865
s_4 [kJ/kgK]	1,369	1,369	1,369	1,369
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	76,906	76,906	76,906	76,906
P_{c3} [bar]	1,950	1,950	1,950	1,950
h_{c3} [kJ/kg]	322,091	322,091	322,091	322,091
s_{c3} [kJ/kgK]	1,038	1,038	1,038	1,038
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,185	0,173	0,163	0,154
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,156	0,155	0,155	0,154

EK-48. R245ca ile oluşturulan çevrimin ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin T_1 giriş sıcaklığına göre termodinamik özellikleri

T_1 [°C]	140	150	160	170
P_1 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000
h_1 [kJ/kg]	526,522	541,057	554,942	568,474
s_1 [kJ/kgK]	1,895	1,929	1,962	1,993
T_2 [°C]	107,707	119,688	131,087	142,132
P_2 [bar]	6,667	6,667	6,667	6,667
h_2 [kJ/kg]	511,820	525,461	538,544	551,332
s_2 [kJ/kgK]	1,912	1,947	1,980	2,011
T_3 [°C]	86,072	86,072	86,072	86,072
P_3 [bar]	6,667	6,667	6,667	6,667
h_3 [kJ/kg]	321,911	321,911	321,911	321,911
s_3 [kJ/kgK]	1,386	1,386	1,386	1,386
T_4 [°C]	86,942	86,942	86,942	86,942
P_4 [bar]	20,000	20,000	20,000	20,000
h_4 [kJ/kgK]	323,278	323,278	323,278	323,278
s_4 [kJ/kgK]	1,387	1,387	1,387	1,387
T_{c1} [°C]	20,000	20,000	20,000	20,000
P_{c1} [bar]	1,000	1,000	1,000	1,000
h_{c1} [kJ/kg]	84,012	84,012	84,012	84,012
s_{c1} [kJ/kgK]	0,296	0,296	0,296	0,296
T_{c2} [°C]	20,007	20,007	20,007	20,007
P_{c2} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c2} [kJ/kg]	84,137	84,137	84,137	84,137
s_{c2} [kJ/kgK]	0,297	0,297	0,297	0,297
T_{c3} [°C]	81,072	81,072	81,072	81,072
P_{c3} [bar]	2,000	2,000	2,000	2,000
h_{c3} [kJ/kg]	339,565	339,565	339,565	339,565
s_{c3} [kJ/kgK]	1,088	1,088	1,088	1,088
$\dot{m}_{\text{fluid}}$ [kg/s]	0,195	0,181	0,170	0,160
$\dot{m}_{\text{cw}}$ [kg/s]	0,145	0,144	0,144	0,143

EK-49. R245fa iş akışkanını ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245fa 8-2,566 Bar ($P_{\text{giriş}}-P_{\text{çıkış}}$)						
$T_{\text{hücre}} [^{\circ}\text{C}]$	100	110	120	130	140	150	160
$T_1 [^{\circ}\text{C}]$	90	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{\text{termal}} [\text{kW}]$	40,0	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{\text{fluid}} [\text{kg/s}]$	0,184	0,175	0,167	0,159	0,152	0,145	0,139
$P_{\text{ORC,T}} [\text{kW}]$	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4
$P_{\text{ORC,P}} [\text{kW}]$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{\text{cw,P}} [\text{kW}]$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{\text{ORC,net}} [\text{kW}]$	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
$\eta_{\text{I,ORC}} [\%]$	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7
$\eta_{\text{th}} [\%]$	21,7	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{\text{II,ORC}} [\%]$	27,5	25,0	22,9	21,2	19,8	18,6	17,5
$P_{\text{PV,T}} [\text{kW}]$	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{\text{ışınımI}} + \dot{Q}_{\text{yoğun}} [\text{kW}]$	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{\text{I, CPV/T-ORC}} [\%]$	11,1	10,7	10,3	9,9	9,4	9,0	8,6
$\eta_{\text{II, CPV/T-ORC}} [\%]$	51,1	45,0	40,0	35,8	32,3	29,2	26,4

EK-50. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Bütan (R600) 8-2,759 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)							
$T_{hücre}$ [°C]	90	100	110	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	80	90	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	40,0	40,0	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,092	0,087	0,083	0,08	0,076	0,073	0,07	0,067
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,0	6,0	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7
η_{th} [%]	19,5	21,7	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	30,9	27,7	25,2	23,1	21,4	19,9	18,6	17,5
$P_{PV,T}$ [kW]	3,5	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,5	11,1	10,7	10,3	9,9	9,5	9,0	8,6
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	58,9	51,2	45,1	40,1	35,9	32,3	29,2	26,5

EK-51. R123 iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R123 8-2,712 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)							
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,212	0,202	0,193	0,185	0,177	0,17	0,163	0,157
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4	6,3	6,3	6,3
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	27,1	25,1	23,5	22,0	20,8	19,7	18,7	16,2
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,7	10,3	9,9	9,5	9,1	8,7	8,3	7,9
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	41,4	37,6	34,0	30,8	28,1	25,6	23,3	21,3

EK-52. n-Pentan iş akışkanını ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Pentan 8-2,667 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)							
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,096	0,09	0,086	0,081	0,077	0,073	0,07	0,066
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,5	6,4	6,3	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9
η_{th} [%]	29,3	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	22,0	21,9	20,5	19,2	18,1	17,1	16,2	15,5
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,4	9,9	9,5	9,0	8,6	8,1	7,7	7,2
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	37,3	33,9	30,6	27,7	25,2	22,9	20,8	18,8

EK-53. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	İso-Pentan 8-2,162Bbar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,09	0,086	0,081	0,078	0,074	0,07	0,067
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,4	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0	6,9
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	27,1	25,1	23,5	22,0	20,8	19,7	18,7
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,1	10,6	10,2	9,7	9,3	8,8	8,3
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	44,5	40,3	36,4	32,9	29,9	27,2	24,8

EK-54. R21 iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R21 8-2,275 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)									
$T_{hücre}$ [°C]	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	40,0	40,0	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,16 2	0,15 7	0,15 2	0,14 8	0,14 3	0,13 9	0,13 5	0,13 1	0,12 8	0,124
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,4	7,4	7,5	7,6	7,7	7,7	7,8	7,8	7,9	7,9
η_{th} [%]	19,8	21,7	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	37,1	34,2	31,7	29,6	27,9	26,4	25,2	24,1	23,1	22,3
$P_{PV,T}$ [kW]	3,5	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınımI} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	12,5	12,2	11,9	11,6	11,3	10,9	10,6	10,2	9,9	9,5
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	63,3	56,3	50,2	45,2	41,0	37,4	34,2	31,5	29,0	26,8

EK-55. R11 iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R21 8-2,176 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)								
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,195	0,188	0,182	0,176	0,17	0,164	0,159	0,154	0,149
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,2	3,3
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	31,4	29,4	27,7	26,3	25,0	23,9	23,0	22,1	8,6
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	11,9	11,6	11,2	10,8	10,5	10,1	9,7	9,3	8,9
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	51,2	46,5	42,1	38,3	35,1	32,2	29,6	27,3	25,2

EK-56. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245ca 8-2,667 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,168	0,16	0,152	0,145	0,139	0,133	0,127
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
η_{LORC} [%]	6,1	6,1	6,0	6,0	5,9	5,8	5,8
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	23,9	22,1	20,5	19,2	18,1	17,1	16,3
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,5	10,0	9,6	9,2	8,8	8,3	7,9
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	45,3	40,7	36,5	32,8	29,7	26,9	24,5

EK-57. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245fa 10-2,635 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	100	110	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	90	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	40,0	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,197	0,186	0,176	0,168	0,16	0,152	0,145
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,1	6,1	6,0	6,0	5,9	5,9	5,8
η_{th} [%]	21,7	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	28,1	25,5	23,5	21,8	20,3	19,1	18,0
$P_{PV,T}$ [kW]	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,2	10,8	10,4	9,1	9,6	9,1	8,7
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	51,5	45,4	40,4	36,2	32,7	29,5	26,8

EK-58. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Bütan (R600) 10-3,448 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)							
$T_{hücre}$ [°C]	90	100	110	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	80	90	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{thermal}$ [kW]	40,0	40,0	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,098	0,093	0,088	0,084	0,08	0,076	0,073	0,069
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5	6,4	6,4	6,3
η_{th} [%]	19,5	21,7	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	34,0	30,5	27,7	25,5	23,6	22,0	20,6	19,4
$P_{PV,T}$ [kW]	3,5	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	12,0	11,6	11,2	10,8	10,4	9,9	9,5	9,1
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	61,3	53,4	47,1	42,0	37,7	34,0	30,7	27,9

EK-59. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R123 10-3,380 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,215	0,205	0,195	0,187	0,178	0,171	0,164
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,6	6,5	6,5	6,5	6,4	6,4
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	22,3	24,2	26,0	27,7	29,3	30,9	32,4
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınımI} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	10,4	10,0	9,6	9,2	8,8	8,4	8,0
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	37,9	34,3	31,1	28,4	25,9	23,6	21,6

EK-60. n-Pentan iş akışkanını ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Pentan 10-3,333 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,097	0,091	0,086	0,081	0,077	0,073	0,07
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,5	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	22,4	20,9	19,6	18,5	17,5	16,6	15,8
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,0	9,6	9,1	8,7	8,2	7,7	7,3
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	34,2	30,9	28,0	25,4	23,1	21,0	19,1

EK-61. İso-pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	İso-Pentan 10-2,702 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,097	0,091	0,086	0,082	0,077	0,074	0,07
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	27,6	25,6	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	11,2	10,7	10,3	9,8	9,4	8,9	8,4
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	40,7	36,7	33,3	30,2	27,5	25,1	22,8

EK-62. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R21 10-2,844 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)								
$T_{hücre}$ [°C]	100	110	120	130	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	40,0	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,164	0,159	0,154	0,149	0,144	0,14	0,136	0,132	0,128
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,1	8,2	8,2	8,3
η_{th} [%]	21,7	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	35,7	32,9	30,8	29,0	27,5	26,3	25,1	24,1	23,3
$P_{PV,T}$ [kW]	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	12,4	12,1	11,8	11,5	11,2	10,8	10,5	10,1	9,8
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	57,4	51,1	46,1	41,8	38,2	35,1	32,3	29,8	27,5

EK-64. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R11 10-3,2700 bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)								
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{terminal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,206	0,198	0,19	0,183	0,177	0,171	0,165	0,159	0,154
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,2	8,2	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	31,9	29,9	28,2	26,8	25,5	24,4	23,4	22,6	21,8
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	12,0	11,7	11,3	11,0	10,6	10,2	9,8	9,4	9,0
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	46,9	42,5	38,7	35,5	32,6	30,0	27,6	25,5	23,6

EK-65. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245ca 10-3,333 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	110	120	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,178	0,169	0,16	0,153	0,145	0,139	0,132
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,3	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0	5,9
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	24,4	22,5	21,0	19,7	18,5	17,5	16,6
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	10,6	10,1	9,7	9,3	8,9	8,4	8,0
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	41,1	36,8	33,2	30,0	27,2	24,7	22,5

EK-66. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245fa 13-2,679 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,192	0,181	0,171	0,162	0,154
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,1	6,1	6,1	6,0	6,0
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	23,9	22,2	20,7	19,5	18,4
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,5	10,1	9,7	9,2	8,8
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	40,7	36,6	33,0	29,9	27,1

EK-67. n-Bütan iş akışkanını ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Bütan (R600) 13-4,483 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	110	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,096	0,09	0,086	0,081	0,077	0,074
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,8	6,7	6,7	6,7	6,6	6,5
η_{th} [%]	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	28,5	26,3	24,4	22,8	21,4	20,1
$P_{PV,T}$ [kW]	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınımI} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	11,4	10,9	10,5	10,1	9,7	9,3
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	47,9	42,6	38,2	34,5	31,3	28,4

EK-68. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R123 13-4,407 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,224	0,212	0,201	0,191	0,182	0,174
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	24,2	26,0	27,7	29,3	30,9	32,4
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,1	9,7	9,3	8,9	8,5	8,0
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	34,5	31,3	28,6	26,1	23,8	21,8

EK-69. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Pentan 13-4,333 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,101	0,094	0,088	0,083	0,079	0,074
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1
η_{th} [%]	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	21,2	19,9	18,8	17,8	16,9	16,0
$P_{PV,T}$ [kW]	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınımI} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	9,6	9,2	8,7	8,3	7,8	7,4
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	31,2	28,3	25,7	23,3	21,2	19,3

EK-70. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	İso-Pentan 13-3,514 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,100	0,093	0,088	0,083	0,078	0,074
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	26,0	24,3	22,8	21,5	20,4	19,3
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,8	10,4	9,9	9,5	9,0	8,5
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	37,0	33,6	30,5	27,8	25,3	23,1

EK-71. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R21 13-3,697 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)							
$T_{hücre}$ [°C]	110	120	130	140	150	160	110	120
T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150	100	110
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,9	39,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,169	0,163	0,157	0,152	0,147	0,143	0,169	0,163
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	7,9	8,0
η_{th} [%]	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	23,7	25,7
$\eta_{II,ORC}$ [%]	33,5	31,2	29,5	28,1	26,8	25,7	33,5	31,2
$P_{PV,T}$ [kW]	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	3,1	3,0
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	12,2	11,9	11,6	11,3	11,0	10,6	12,2	11,9
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	51,6	46,4	42,2	38,6	35,5	32,7	30,2	27,9

EK-72. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R11 13-3,536 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	130	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,204	0,195	0,188	0,181	0,174	0,168	0,162
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	28,3	26,9	25,7	24,6	23,7	22,8	22,0
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,4	11,0	10,7	10,3	9,9	9,5	9,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	38,9	35,6	32,8	30,2	27,8	25,7	23,7

EK-73. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245ca 13-4,333 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,184	0,173	0,164	0,155	0,148	0,14
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,3	6,3	6,2	6,2	6,1	6,0
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	22,9	21,4	20,1	18,9	17,9	17,0
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,2	9,8	9,4	9,0	8,5	8,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	37,2	33,5	30,3	27,5	25,0	22,8

EK-74. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245fa 15-2,727 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,204	0,191	0,18	0,17	0,161
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,1	6,1	6,1	6,1	6,0
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	23,9	22,3	20,9	19,6	18,5
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	10,5	10,1	9,7	9,3	8,9
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	40,8	36,7	33,1	30,0	27,2

EK-75. n-Bütan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Bütan (R600) 15-5,172 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	110	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,101	0,095	0,09	0,085	0,08	0,076
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,6
η_{th} [%]	23,7	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	28,7	26,5	24,6	23,0	21,6	20,4
$P_{PV,T}$ [kW]	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,4	11,0	10,6	10,2	9,7	9,3
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	47,8	42,7	38,4	34,7	31,5	28,6

EK-76. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R123 15-5,080 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,223	0,211	0,2	0,19	0,181
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
η_{th} [%]	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	21,5	20,4	19,4	18,6	17,8
$P_{PV,T}$ [kW]	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	9,7	9,3	8,9	8,5	8,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	31,4	28,6	26,2	23,9	21,9

EK-77. n-Pentan iş akışkanını ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Pentan 15-5,000 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,1	0,094	0,088	0,082	0,077
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,5	6,4	6,4	6,3	6,2
η_{th} [%]	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	20,0	18,9	17,9	17,0	16,2
$P_{PV,T}$ [kW]	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	9,2	8,8	8,3	7,9	7,4
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	28,4	25,8	23,4	21,3	19,4

EK-78. İso-pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	İso-pentan 15-4,054 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	150	160	170	180	190
T_1 [°C]	140	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,099	0,092	0,087	0,082	0,077
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,5	7,5	7,4	7,3	7,2
η_{th} [%]	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	24,4	22,9	21,7	20,5	19,5
$P_{PV,T}$ [kW]	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,4	10,0	9,5	9,0	8,6
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	33,6	30,6	27,9	25,4	23,2

EK-79. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R21 15-4,266 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)						
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160	120	130
T_1 [°C]	110	120	130	140	150	110	120
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,9	39,8
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,17	0,163	0,157	0,152	0,147	0,17	0,163
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,0	8,1
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5	25,7	27,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	31,3	29,6	28,2	26,9	25,8	31,3	29,6
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	3,0	2,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,9	11,6	11,3	11,0	10,7	11,9	11,6
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	46,5	42,3	38,7	35,6	32,8	30,3	28,1

EK-80. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R11 15-4,081 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	150	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	140	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,6	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,204	0,195	0,187	0,18	0,173	0,167
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,3	8,4	8,4	8,4	8,5	8,5
η_{th} [%]	30,9	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	26,9	25,8	24,7	23,8	22,9	22,2
$P_{PV,T}$ [kW]	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,0	10,7	10,3	9,9	9,5	9,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	35,6	32,8	30,2	27,9	25,8	23,8

EK-81. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245ca 15-5,000 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,183	0,172	0,162	0,154	0,146
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,3	6,3	6,2	6,2	6,1
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	21,5	20,2	19,1	18,1	17,2
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	9,8	9,4	9,0	8,6	8,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	33,6	30,4	27,6	25,1	22,9

EK-82. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245fa 18-2,764 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160
T_1 [°C]	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,207	0,193	0,181	0,17
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,7	2,7	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,4	2,4	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,1	6,1	6,1	6,1
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	22,2	20,9	19,7	18,7
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınımI} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	10,1	9,7	9,3	8,9
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	36,6	33,1	30,1	27,3

EK-83. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Bütan (R600) 18-6,202 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	120	130	140	150	160
T_1 [°C]	110	120	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,103	0,096	0,091	0,085	0,081
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7
η_{th} [%]	25,7	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	26,4	24,6	23,1	21,7	20,5
$P_{PV,T}$ [kW]	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	11,0	10,6	10,2	9,8	9,3
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	42,7	38,5	34,8	31,6	28,7

EK-84. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R123 18-6,102 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	160	170	180	190
T_1 [°C]	150	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,228	0,214	0,202	0,192
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,9	2,9	2,8
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,6	6,6	6,6
η_{th} [%]	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	20,3	19,4	18,6	17,8
$P_{PV,T}$ [kW]	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	9,3	8,9	8,5	8,1
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	28,6	26,2	24,0	22,0

EK-85. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Pentan 18-6,000 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	170	180	190	200
T_1 [°C]	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,102	0,095	0,088	0,083
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,8	2,8	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,5	2,5	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,4	6,4	6,3	6,2
η_{th} [%]	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	18,9	17,9	17,1	16,3
$P_{PV,T}$ [kW]	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	8,8	8,3	7,9	7,4
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	25,8	23,5	21,4	19,4

EK-85. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	Iso-Pentan 18-4,865 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	160	170	180	190
T_1 [°C]	150	160	170	180
$\dot{Q}_{thermal}$ [kW]	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,1	0,093	0,087	0,082
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,3	3,3	3,2	3,1
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,4	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,9	2,9	2,9	2,8
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,5	7,4	7,3	7,2
η_{th} [%]	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	22,9	21,7	20,6	19,6
$P_{PV,T}$ [kW]	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	9,9	9,5	9,0	8,6
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	30,6	27,9	25,5	23,3

EK-86. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R21 18-5,119 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)					
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160	170	180
T_1 [°C]	120	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{thermal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,173	0,166	0,159	0,153	0,148	0,143
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,2	3,3	3,5	3,3	3,3	3,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	29,5	28,1	27,0	25,9	25,0	24,2
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınımlı} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	11,6	11,3	11,4	10,7	10,4	10,0
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	42,2	38,7	35,6	32,9	30,4	28,2

EK-87. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R11 18-4,897 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,207	0,198	0,189	0,181	0,174
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5
η_{th} [%]	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	25,7	24,7	23,8	23,0	22,3
$P_{PV,T}$ [kW]	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	10,6	10,3	9,9	9,5	9,1
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	32,7	30,2	27,9	25,9	23,9

EK-88. R245ca iş akışkanını ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245ca 18-6,000 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	150,0	160,0	170,0	180,0
T_1 [°C]	140,0	150,0	160,0	170,0
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,2	0,2	0,2	0,2
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,7	2,7	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,2	0,2	0,2
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,5	2,4	2,4
η_{LORC} [%]	6,3	6,2	6,2	6,1
η_{th} [%]	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	20,3	19,2	18,2	17,3
$P_{PV,T}$ [kW]	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	9,4	9,0	8,6	8,2
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	30,5	27,7	25,2	23,0

EK-89. R245fa iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245fa 20-6,900 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)		
$T_{hücre}$ [°C]	140	150	160
T_1 [°C]	130	140	150
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,203	0,189	0,177
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,7	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,4	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,1	6,1	6,1
η_{th} [%]	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	20,8	19,7	18,7
$P_{PV,T}$ [kW]	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	9,7	9,3	8,9
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	33,0	30,0	27,3

EK-90. n-Bütan (R600) iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Bütan (R600) 20-6,900 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	130	140	150	160
T_1 [°C]	120	130	140	150
$\dot{Q}_{thermal}$ [kW]	39,8	39,7	39,6	39,5
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,102	0,095	0,089	0,084
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,1	3,1	3,0	3,0
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,4	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,7	2,7	2,7	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,7	6,7	6,7	6,7
η_{th} [%]	27,5	29,3	30,9	32,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	24,5	23,0	21,7	20,5
$P_{PV,T}$ [kW]	2,8	2,6	2,4	2,2
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	10,5	10,2	9,8	9,4
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	38,3	34,8	31,6	28,8

EK-91. R123 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R123 20-6,780 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	160	170	180	190
T_1 [°C]	150	160	170	180
$\dot{Q}_{thermal}$ [kW]	39,5	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,241	0,225	0,211	0,199
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,0	3,0	2,9	2,9
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,4	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,6	2,6	2,6	2,6
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,6	6,6	6,6	6,6
η_{th} [%]	32,5	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	20,1	19,3	18,6	17,8
$P_{PV,T}$ [kW]	2,2	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	9,3	8,9	8,5	8,1
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	28,4	26,1	23,9	22,0

EK-92. n-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	n-Pentan 20-6,667 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)		
$T_{hücre}$ [°C]	180	190	200
T_1 [°C]	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,1	0,093	0,086
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,9	2,8	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,4	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,3	6,3	6,2
η_{th} [%]	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	17,9	17,0	16,3
$P_{PV,T}$ [kW]	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	8,3	7,9	7,4
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	23,4	21,3	19,4

EK-93. İso-Pentan iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	İso-Pentan 20-5,405 Bar ($P_{giriş}$ - $P_{çıkış}$)		
$T_{hücre}$ [°C]	170	180	190
T_1 [°C]	160	170	180
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,3	39,1	38,9
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,098	0,091	0,085
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,3	3,2	3,2
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,4	0,4	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,9	2,9	2,8
$\eta_{I,ORC}$ [%]	7,4	7,3	7,2
η_{th} [%]	34,1	35,5	36,9
$\eta_{II,ORC}$ [%]	21,6	20,6	19,6
$P_{PV,T}$ [kW]	2,0	1,8	1,6
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	9,5	9,0	8,6
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	27,8	25,5	23,3

EK-94. R21 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R21 20-5,688 Bar ($P_{\text{giriş}}-P_{\text{çıkış}}$)				
$T_{\text{hücre}} [^{\circ}\text{C}]$	140	150	160	170	180
$T_1 [^{\circ}\text{C}]$	130	140	150	160	170
$\dot{Q}_{\text{termal}} [\text{kW}]$	39,7	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{\text{fluid}} [\text{kg/s}]$	0,171	0,164	0,158	0,152	0,146
$P_{\text{ORC,T}} [\text{kW}]$	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
$P_{\text{ORC,P}} [\text{kW}]$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
$P_{\text{cw,E}} [\text{kW}]$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{\text{ORC,net}} [\text{kW}]$	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4
$\eta_{\text{I,ORC}} [\%]$	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6
$\eta_{\text{th}} [\%]$	29,3	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{\text{II,ORC}} [\%]$	28,0	26,9	25,9	25,0	24,2
$P_{\text{PV,T}} [\text{kW}]$	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{\text{ışınım1}} + \dot{Q}_{\text{yoğun}} [\text{kW}]$	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{\text{I, CPV/T-ORC}} [\%]$	11,3	11,0	10,7	10,4	10,0
$\eta_{\text{II, CPV/T-ORC}} [\%]$	38,6	35,5	32,8	30,4	28,2

EK-95. R11 iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R11 20-5,441 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)				
$T_{hücre}$ [°C]	160	170	180	190	200
T_1 [°C]	150	160	170	180	190
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,5	39,3	39,1	38,9	38,7
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,216	0,205	0,196	0,187	0,179
$P_{ORC,T}$ [kW]	3,6	3,7	3,6	3,6	3,6
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
$\eta_{I,ORC}$ [%]	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5
η_{th} [%]	32,5	34,1	35,5	36,9	38,2
$\eta_{II,ORC}$ [%]	25,5	24,6	23,8	23,0	22,3
$P_{PV,T}$ [kW]	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I,CPV/T-ORC}$ [%]	10,6	10,3	9,9	9,5	9,2
$\eta_{II,CPV/T-ORC}$ [%]	32,5	30,1	27,9	25,8	23,9

EK-96. R245ca iş akışkanı ile oluşturulan CPV/T-ORC hibrid sistemde ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan hibrid sisteme ait sonuçlar

Akışkan	R245ca 20-6,667 Bar ($P_{giriş}-P_{çıkış}$)			
$T_{hücre}$ [°C]	150	160	170	180
T_1 [°C]	140	150	160	170
$\dot{Q}_{termal}$ [kW]	39,6	39,5	39,3	39,1
$\dot{m}_{fluid}$ [kg/s]	0,195	0,181	0,17	0,16
$P_{ORC,T}$ [kW]	2,8	2,8	2,7	2,7
$P_{ORC,P}$ [kW]	0,3	0,3	0,3	0,3
$P_{cw,P}$ [kW]	0,0	0,0	0,0	0,0
$P_{ORC,net}$ [kW]	2,5	2,5	2,4	2,4
$\eta_{I,ORC}$ [%]	6,3	6,2	6,2	6,2
η_{th} [%]	30,9	32,5	34,1	35,5
$\eta_{II,ORC}$ [%]	20,3	19,2	18,2	17,4
$P_{PV,T}$ [kW]	2,4	2,2	2,0	1,8
$\dot{Q}_{ışınım1} + \dot{Q}_{yoğun}$ [kW]	51,7	51,7	51,7	51,7
$\eta_{I, CPV/T-ORC}$ [%]	9,4	9,0	8,6	8,2
$\eta_{II, CPV/T-ORC}$ [%]	30,5	27,7	25,3	23,0

EK-99. R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	110	120	130	140	150
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	80,632	75,769	72,295	69,569	67,129
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,965	2,633	3,197	3,704	4,195
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	72,878	73,846	73,655	74,429	75,129
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,014	0,956	0,954	0,905	0,860
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	45,203	42,816	40,192	39,542	38,780
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,494	2,677	2,881	3,035	3,181
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	65,873	65,873	65,873	65,873	65,873
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,056	0,053	0,050	0,048	0,045
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008

EK-100. R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	110	120	130	140	150
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	85,111	79,793	75,679	72,693	70,304
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,511	2,195	2,807	3,324	3,790
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	72,045	73,195	74,166	75,011	74,753
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,076	1,007	0,947	0,895	0,895
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	46,934	44,617	44,935	41,694	41,383
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,619	2,796	2,860	3,141	3,249
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	70,773	70,773	70,773	70,773	70,773
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,060	0,056	0,053	0,050	0,047
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007

EK-101. R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	120	130	140	150
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	84,946	80,448	77,116	74,203
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,636	2,256	2,785	3,292
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	73,102	73,228	74,262	75,145
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,034	1,019	0,955	0,899
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	47,510	45,357	45,326	42,252
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,928	3,092	3,196	3,471
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	76,030	76,030	76,030	76,030
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,061	0,057	0,053	0,050
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,006	0,006	0,006	0,006

EK-102. R245fa iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	130	140	150
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	83,357	79,359	76,418
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,921	2,512	3,010
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	73,578	74,765	75,739
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,014	0,943	0,884
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	46,476	47,005	43,885
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,213	3,247	3,536
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	78,695	78,695	78,695
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,060	0,055	0,052
$\eta_{\text{II, cw, P}} [\%]$	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,005	0,005	0,005

EK-103. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 8 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	80	90	100	110	120	130	140	150
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	68,980	62,984	58,917	55,756	53,686	52,059	50,947	50,082
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	2,391	3,172	3,854	4,489	5,032	5,532	5,970	6,371
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	71,060	71,909	72,250	72,985	73,238	73,881	74,485	75,053
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,185	1,129	1,101	1,051	1,027	0,982	0,940	0,900
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	15,897	14,282	12,925	11,808	10,014	9,213	7,777	7,111
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,093	1,247	1,422	1,619	1,856	2,098	2,378	2,640
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	74,575	74,575	74,575	74,575	74,575	74,575	74,575	74,575
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,027	0,026	0,024	0,023	0,022	0,021	0,020	0,020
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,064	0,064	0,064	0,064	0,063	0,063	0,063	0,063

EK-105. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	100	110	120	130	140	150
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	77,557	72,393	68,734	65,835	63,562	61,804
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,106	2,801	3,397	3,942	4,435	4,875
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	72,022	72,985	73,383	73,720	74,439	75,102
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,180	1,114	1,080	1,049	0,997	0,949
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	40,271	39,947	36,542	35,281	33,401	31,184
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,905	2,008	2,238	2,405	2,625	2,874
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	69,825	69,825	69,825	69,825	69,825	69,825
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,056	0,053	0,050	0,048	0,045	0,043
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012

EK-106. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	100	110	120	130	140	150
$\eta_{II, \text{evap}}$ [%]	82,886	77,246	72,978	69,668	67,171	65,347
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,606	2,309	2,936	3,500	3,996	4,422
$\eta_{II, \text{ORC}, T}$ [%]	72,180	72,802	73,295	74,153	74,478	74,756
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,190	1,145	1,105	1,045	1,014	0,984
$\eta_{II, \text{cond}}$ [%]	43,201	40,787	40,623	37,136	36,018	34,371
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	2,101	2,260	2,356	2,618	2,792	3,013
$\eta_{II, \text{ORC}, P}$ [%]	87,086	87,086	87,086	87,086	87,086	87,086
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,030	0,028	0,026	0,025	0,024	0,022
$\eta_{II, \text{CW}, P}$ [%]	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{CW}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

EK-107. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	110	120	130	140	150
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	83,812	78,796	75,150	72,159	69,807
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,642	2,304	2,868	3,389	3,853
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	72,074	73,289	73,362	74,263	74,620
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,213	1,132	1,115	1,050	1,016
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	44,917	45,013	42,074	41,315	40,367
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,433	2,510	2,729	2,883	3,044
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	89,425	89,425	89,425	89,425	89,425
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,030	0,028	0,027	0,025	0,024
$\eta_{\text{II, CW, P}} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{CW, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008

EK-108. n-Bütan (R600) iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	120	130	140	150
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	82,296	78,063	74,951	72,356
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,923	2,531	3,049	3,528
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	73,006	73,695	74,221	74,641
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,162	1,111	1,068	1,030
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	43,673	43,916	40,637	40,101
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,756	2,817	3,090	3,226
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	81,160	81,160	81,160	81,160
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,060	0,056	0,052	0,049
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,007	0,007	0,007	0,007

EK-111. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	130	140	150	160	170	180
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	85,190	81,282	78,131	75,234	72,988	71,295
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,709	2,278	2,791	3,297	3,734	4,103
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	73,583	74,488	74,140	74,878	75,550	76,167
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,049	0,993	1,001	0,953	0,908	0,867
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	47,507	48,063	45,513	45,654	45,264	41,410
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,136	3,174	3,380	3,435	3,541	3,893
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	63,853	63,853	63,853	63,853	63,853	63,853
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,066	0,062	0,059	0,056	0,053	0,051
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

EK-112. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	140	150	160	170	180
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	85,529	81,583	78,784	76,147	74,449
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,761	2,351	2,825	3,298	3,653
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	73,803	74,726	74,395	76,253	75,815
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,048	0,990	0,997	0,891	0,901
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	48,057	45,738	46,294	46,021	42,592
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,406	3,601	3,614	3,725	4,040
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	69,044	69,044	69,044	69,044	69,044
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,065	0,062	0,059	0,056	0,053
$\eta_{\text{II, CW, P}} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{CW, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

EK-113. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	150	160	170	180
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	85,875	82,661	79,865	77,938
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,803	2,308	2,783	3,153
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	74,903	74,677	75,539	75,185
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,002	1,005	0,949	0,955
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	49,756	47,354	47,718	47,748
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,599	3,801	3,835	3,897
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	74,663	74,663	74,663	74,663
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,067	0,063	0,059	0,056
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,004	0,004	0,004	0,004

EK-114. R123 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	150	160	170	180
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	87,915	84,506	81,679	79,595
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,542	2,063	2,532	2,917
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	74,053	75,231	76,194	75,857
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,060	0,989	0,929	0,934
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	51,121	48,314	48,752	49,023
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,606	3,868	3,896	3,929
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	77,450	77,450	77,450	77,450
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,071	0,066	0,062	0,058
$\eta_{\text{II, CW, P}} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{CW, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,004	0,004	0,004	0,004

EK-117. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	140	150	160	170	180	190
$\eta_{II, \text{evap}}$ [%]	88,050	84,250	81,152	78,702	76,658	74,976
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,455	2,010	2,509	2,944	3,336	3,685
$\eta_{II, \text{ORC}, T}$ [%]	74,275	75,180	75,439	76,157	76,302	76,907
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,005	0,939	0,908	0,854	0,829	0,784
$\eta_{II, \text{cond}}$ [%]	49,903	47,615	45,238	45,515	45,606	42,204
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	3,496	3,732	3,973	4,050	4,128	4,491
$\eta_{II, \text{ORC}, P}$ [%]	84,990	84,990	84,990	84,990	84,990	84,990
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,030	0,028	0,026	0,024	0,023	0,022
$\eta_{II, \text{cw}, P}$ [%]	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004

EK-118. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	150	160	170	180	190
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	87,693	84,334	81,501	79,379	77,571
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,571	2,085	2,557	2,947	3,303
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	74,979	75,352	76,162	76,361	76,516
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,971	0,932	0,873	0,844	0,818
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	49,861	47,599	48,251	45,302	45,329
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,767	3,999	4,025	4,342	4,425
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	87,171	87,171	87,171	87,171	87,171
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,029	0,027	0,026	0,024	0,023
$\eta_{II, \text{CW}, P} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{CW}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004

EK-119. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	160	170	180	190
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	96,964	92,511	89,024	86,123
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,357	0,927	1,422	1,869
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	74,757	75,795	76,124	76,373
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,990	0,917	0,880	0,848
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	4,449	4,044	6,926	9,270
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	7,377	7,573	7,495	7,447
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	88,908	88,908	88,908	88,908
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,030	0,028	0,026	0,024
$\eta_{II, \text{CW}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{CW}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,003	0,003	0,003	0,003

EK-120. n-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	170	180	190
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	87,353	84,749	82,456
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,748	2,180	2,583
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	75,605	76,069	76,934
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,942	0,898	0,836
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	49,102	49,899	46,960
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	4,311	4,308	4,635
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	81,298	81,298	81,298
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,059	0,054	0,051
$\eta_{\text{II, cw, P}} [\%]$	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,003	0,003	0,003

EK-123. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	130	140	150	160	170	180
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	85,554	81,442	78,294	75,827	73,625	71,987
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,667	2,259	2,770	3,218	3,646	4,004
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	73,662	74,573	74,920	75,205	75,870	76,480
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,198	1,123	1,082	1,045	0,988	0,935
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	45,409	42,911	43,167	40,029	39,506	38,481
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,989	3,219	3,302	3,601	3,751	3,952
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	71,947	71,947	71,947	71,947	71,947	71,947
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,058	0,055	0,052	0,049	0,046	0,044
$\eta_{\text{II, CW, P}} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{CW, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

EK-124. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	140	150	160	170	180
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	84,969	81,590	78,731	76,436	74,503
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,829	2,349	2,831	3,257	3,644
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	74,319	75,353	75,146	75,877	76,538
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,159	1,138	1,068	1,006	0,950
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	47,426	43,236	44,960	41,638	41,052
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,175	3,403	3,505	3,834	3,989
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	87,995	87,995	87,995	87,995	87,995
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,029	0,027	0,025	0,024	0,023
$\eta_{\text{II, cw, P}} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

EK-125. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	150	160	170	180
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	85,561	82,556	79,934	77,876
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,843	2,322	2,774	3,162
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	74,632	74,719	75,596	76,361
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,147	1,120	1,047	0,983
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	48,469	45,784	45,844	42,430
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,435	3,691	3,786	4,141
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	90,143	90,143	90,143	90,143
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,029	0,027	0,026	0,024
$\eta_{\text{II, cw, P}} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,004	0,004	0,004	0,004

EK-126. İso-Pentan iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	160	170	180
$\eta_{II, \text{evap}}$ [%]	84,764	82,002	79,906
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	2,028	2,488	2,872
$\eta_{II, \text{ORC}, T}$ [%]	74,947	75,494	75,903
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,123	1,069	1,023
$\eta_{II, \text{cond}}$ [%]	47,533	47,883	44,571
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	3,710	3,765	4,108
$\eta_{II, \text{ORC}, P}$ [%]	82,441	82,441	82,441
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,058	0,053	0,050
$\eta_{II, \text{cw}, P}$ [%]	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,004	0,004	0,004

EK-128. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1 [^{\circ}\text{C}]$	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	80,735	73,962	69,278	65,346	62,011	59,492	57,625	55,998	54,572
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,651	2,443	3,117	3,765	4,384	4,930	5,408	5,858	6,279
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	70,728	70,858	71,030	71,812	72,535	73,205	73,213	73,810	74,972
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,395	1,396	1,397	1,354	1,313	1,274	1,276	1,238	1,164
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	37,889	37,828	35,618	34,930	33,873	31,849	31,578	30,309	28,200
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,375	1,372	1,457	1,530	1,606	1,731	1,809	1,936	2,113
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	56,311	56,311	56,311	56,311	56,311	56,311	56,311	56,311	56,311
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,048	0,047	0,045	0,044	0,042	0,041	0,040	0,039	0,038
$\eta_{II, \text{CW}, P} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{CW}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018

EK-131. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	120	130	140	150	160	170
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	83,880	79,241	75,769	72,582	70,009	67,965
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,751	2,395	2,949	3,499	3,992	4,428
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	71,675	72,655	72,204	73,043	73,802	74,496
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,416	1,359	1,401	1,349	1,301	1,255
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	47,071	46,703	46,422	45,184	43,452	41,215
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,265	2,309	2,323	2,415	2,543	2,710
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	76,660	76,660	76,660	76,660	76,660	76,660
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,051	0,049	0,047	0,045	0,043	0,042
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007

EK-132. R21 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1 [^{\circ}\text{C}]$	130	140	150	160	170
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	82,955	78,830	75,721	72,824	70,777
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,967	2,577	3,099	3,618	4,039
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	72,069	72,378	72,616	74,096	74,184
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,407	1,398	1,389	1,292	1,288
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	45,895	45,931	45,181	43,621	42,037
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,557	2,551	2,613	2,749	2,874
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	79,180	79,180	79,180	79,180	79,180
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,050	0,048	0,046	0,045	0,043
$\eta_{II, \text{CW}, P} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{CW}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007

EK-134. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 10 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1 [^{\circ}\text{C}]$	110	120	130	140	150	160	170	180	190
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	85,769	80,568	75,980	72,832	70,032	67,546	65,683	64,013	62,821
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,444	2,111	2,772	3,307	3,824	4,320	4,743	5,144	5,475
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	71,735	72,577	73,336	73,199	73,850	74,456	75,025	75,559	75,315
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,387	1,333	1,283	1,290	1,245	1,201	1,160	1,121	1,128
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	43,805	43,655	43,550	42,747	41,238	39,533	37,164	37,136	36,721
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,173	2,233	2,271	2,356	2,492	2,630	2,823	2,905	2,998
$\eta_{III, \text{ORC}, P} [\%]$	54,969	54,969	54,969	54,969	54,969	54,969	54,969	54,969	54,969
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,060	0,058	0,056	0,054	0,052	0,050	0,048	0,047	0,045
$\eta_{II, \text{cw}, P} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008

EK-136. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	140	150	160	170	180	190
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	83,435	79,818	76,846	74,468	72,262	70,564
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,016	2,576	3,082	3,529	3,965	4,335
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	73,422	74,247	74,985	74,824	75,452	76,034
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,315	1,259	1,208	1,213	1,167	1,123
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	48,878	45,561	45,106	44,587	43,500	41,864
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,736	2,959	3,038	3,104	3,219	3,386
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	70,714	70,714	70,714	70,714	70,714	70,714
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,060	0,057	0,055	0,053	0,051	0,049
$\eta_{\text{II, CW, P}} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{CW, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

EK-137. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	150	160	170	180	190
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	84,754	81,612	78,538	76,378	74,322
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,946	2,448	2,966	3,376	3,781
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	73,375	73,401	75,038	74,908	75,559
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,336	1,333	1,220	1,223	1,174
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	47,569	47,813	47,315	43,596	45,863
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,140	3,149	3,236	3,503	3,412
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	75,952	75,952	75,952	75,952	75,952
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,061	0,058	0,055	0,053	0,051
$\eta_{\text{II, CW, P}} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{CW, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

EK-138. R11 iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	150	160	170	180	190
$\eta_{II, \text{evap}}$ [%]	86,915	83,360	80,562	78,166	76,197
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,670	2,215	2,687	3,121	3,505
$\eta_{II, \text{ORC}, T}$ [%]	73,578	74,588	74,572	75,341	75,212
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,331	1,264	1,263	1,207	1,209
$\eta_{II, \text{cond}}$ [%]	50,381	47,170	47,361	46,847	46,329
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	3,120	3,351	3,358	3,443	3,508
$\eta_{II, \text{ORC}, P}$ [%]	78,555	78,555	78,555	78,555	78,555
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,063	0,060	0,057	0,055	0,053
$\eta_{II, \text{cw}, P}$ [%]	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004

EK-141. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 13 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	120	130	140	150	160	170
$\eta_{II, \text{evap}} [\%]$	84,999	80,407	76,722	73,810	71,545	69,817
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,630	2,261	2,833	3,342	3,788	4,172
$\eta_{II, \text{ORC}, T} [\%]$	73,023	73,931	74,732	75,452	76,108	75,783
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,025	0,966	0,913	0,866	0,822	0,823
$\eta_{II, \text{cond}} [\%]$	46,566	44,355	44,848	41,937	41,531	40,931
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	2,960	3,155	3,208	3,473	3,606	3,740
$\eta_{II, \text{ORC}, P} [\%]$	65,673	65,673	65,673	65,673	65,673	65,673
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,054	0,051	0,048	0,046	0,043	0,041
$\eta_{II, \text{CW}, P} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{CW}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

EK-142. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 15 bar olan çevrimin ekserji analizi

T_1 [°C]	130	140	150	160	170
$\eta_{II, \text{evap}}$ [%]	83,866	79,986	76,791	74,559	72,503
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	1,862	2,436	2,962	3,387	3,801
$\eta_{II, \text{ORC}, T}$ [%]	74,337	74,210	75,014	74,780	75,452
$\dot{i}_{\text{ORC}, T} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,964	0,957	0,904	0,901	0,854
$\eta_{II, \text{cond}}$ [%]	46,449	47,502	44,737	44,687	41,297
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	3,239	3,226	3,480	3,575	3,901
$\eta_{II, \text{ORC}, P}$ [%]	70,626	70,626	70,626	70,626	70,626
$\dot{i}_{\text{ORC}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,054	0,050	0,048	0,045	0,043
$\eta_{II, \text{cw}, P}$ [%]	76,585	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw}, P} = T_0 \Delta S_{\text{net}}$ [kW]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

EK-143. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 18 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	140	150	160	170
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	84,515	80,942	78,215	75,941
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,885	2,432	2,900	3,325
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	74,331	74,267	75,114	75,864
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,976	0,965	0,908	0,857
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	47,631	48,603	45,573	45,427
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,548	3,522	3,820	3,922
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	84,282	84,282	84,282	84,282
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,054	0,051	0,048	0,045
$\eta_{\text{II, CW, P}} [\%]$	76,548	76,548	76,548	76,548
$\dot{i}_{\text{CW, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,005	0,005	0,005	0,005

EK-144. R245ca iş akışkanlı ve ORC türbin giriş basıncı (P_1) 20 bar olan çevrimin ekserji analizi

$T_1[^\circ\text{C}]$	140	150	160	170
$\eta_{\text{II, evap}} [\%]$	87,001	83,666	80,473	78,022
$\dot{i}_{\text{evap}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	1,582	2,085	2,599	3,038
$\eta_{\text{II, ORC, T}} [\%]$	74,684	74,720	75,655	76,463
$\dot{i}_{\text{ORC, T}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,971	0,957	0,896	0,842
$\eta_{\text{II, cond}} [\%]$	48,477	49,281	46,630	46,753
$\dot{i}_{\text{cond}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	3,587	3,595	3,851	3,928
$\eta_{\text{II, ORC, P}} [\%]$	78,555	78,555	78,555	78,555
$\dot{i}_{\text{ORC, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,057	0,053	0,050	0,047
$\eta_{\text{II, cw, P}} [\%]$	76,585	76,585	76,585	76,585
$\dot{i}_{\text{cw, P}} = T_0 \Delta S_{\text{net}} [\text{kW}]$	0,004	0,004	0,004	0,004

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZ, Mustafa
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.06.1990, Ankara
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 506 723 69 26
 e-mail : ozzmustafa@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Makina Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Makina Mühendisliği	2013
Lise	Eryaman Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	TUSAŞ	Tasarım Mühendisi
2014-2017	MAN Türkiye A.Ş.	Tasarım Mühendisi
2013-2014	Özçelikler Hidrolik	Üretim Mühendisi
2012-2012	Gürallar Art-Craft (LAV)	Proje Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Yayınlar

Öz, M., Bıyıkoglu, A. (2019, March). *Parametric analysis and optimization of low üekhedaiiude organic rankine cycle scenarios*. Proceedings of Abstracts of 4th International Conference on “Innovations & Emerging Trends in Mechanical Engineering” IETME2019, Bonglore/Hindistan, 17.

Hobiler

Yüzme, Dans, Spor



GAZİ GELECEKTİR..