



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**AKDENİZ BÖLGESİNDE KURULACAK
OLAN GÜNEŞ KULESİNİN ENERJİ VE
EKSERJİ ANALİZİ**

Mehmet ÇEVİK

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2018



**AKDENİZ BÖLGESİNDE KURULACAK OLAN GÜNEŞ KULESİNİN
ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ**

Mehmet ÇEVİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2018

Mehmet ÇEVİK tarafından hazırlanan "AKDENİZ BÖLGESİNDE KURULACAK OLAN GÜNEŞ KULESİNİN ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Ali KOÇ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi M. Atakan AKAR
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 08/06/2018

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

Doç. Dr. Tolga DEPCI
Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.



ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- 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.



Mehmet ÇEVİK

08/06/2018

AKDENİZ BÖLGESİNDE KURULACAK OLAN GÜNEŞ KULESİNİN ENERJİ VE
EKSERJİ ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet ÇEVİK

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Dünyada artan sanayileşme ve nüfus büyümesiyle doğru orantılı olarak ülkeler her geçen gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Artan enerji talebini hızlı ve ucuz biçimde karşılamak isteyen ülke politikaları, enerji üretiminin çoğunluğunun fosil yakıtlardan karşılanmasına neden olmaktadır. Bu politikalardan dolayı çevreye ve insan sağlığına olumsuz etki yaratacak birçok faktör açığa çıkmaktadır. Bunlardan en önemlisi çevre kirliliği ve küresel ısınmadır. Çevre kirliliği dünyada yaşayan tüm canlıların sağlığı üzerinde büyük risk oluşturmaktadır. Özellikle fosil yakıtların enerji üretimi amaçlı yakılması sonucu ortaya çıkan gazlar bu riskler üzerinde en önemli etkidir. Başta CO₂ olmak üzere diğer sera gazlarının atmosferde birikmeye başlamasıyla, küresel ısınmanın en büyük sebebi olan sera etkisi oluşmakta ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği ile birlikte insan hayatı için vazgeçilmez olan su kaynakları azalmakta, dünyanın akciğerleri olan ormanlar yangın sebebiyle hızla azalmakta ve kuraklık oluşmaktadır. Ek olarak, fosil yakıtlar gelecekte tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olup güvenilir enerji kaynakları değildirler. Fosil yakıtların, yukarıda bahsedilen bu nedenlerden dolayı kullanımının azaltılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneşi kullanan, bir güneş kulesi güç tesisinin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Tesisin kurulum yeri için, demir çelik sanayisi gelişmiş olan, aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş için çok uygun güneşlenme değerleri ve araziler bulunan İskenderun bölgesi seçilmiştir. Yapılan simülasyon ve analizler sonucunda sistemin maksimum ve minimum verimleri hesaplanıp, maksimum Carnot, termal ve ekserjik verimi % 74,664, % 45,814 ve % 47,27 olarak hesaplanırken, minimum değerleri sırasıyla % 58,278, % 38,106 ve % 39,04 olarak bulunmuştur. Sistemden aylık en düşük net güç üretimi aralık ayında kule çıkış sıcaklığı 500 °C'de iken 989 MW-saat/ay, sistemden elde edilen maksimum güç ise temmuz ayı kule çıkış sıcaklığı 1000 °C'de iken 17172 MW-saat/ay olarak hesaplanmıştır. Son olarak sistemden bir yıl içerisinde elde edilebilecek net güç hesaplanıp, 89253 MW-saat/yıl olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Güneş kulesi güç tesisi, enerji ve ekserji, EBSILON, yenilenebilir enerji.

Sayfa Adedi : 69

Danışman : Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ

ENERGY AND EXERGY ANALYSIS OF THE SOLAR TOWER TO BE BUILT IN
THE MEDITERRANEAN REGION
(M. Sc. Thesis)

Mehmet ÇEVİK

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

June 2018

ABSTRACT

In line with increasing industrialization and population growth in the world, countries need more energy every passing day. Country policies that want to meet rising energy demand quickly and cheaply cause the majority of energy production to be met from fossil fuels. Due to these policies, there are many factors that will have a negative impact on the environment and human health. The most important of these is environmental pollution and global warming. Environmental pollution poses a great risk to the health of all living beings in the world. In particular, fossil fuels are burned for power generation purposes and the resulting gases are the most important factor for these risks. As other greenhouse gases, especially CO₂, start to accumulate in the atmosphere, greenhouse effect, which is the biggest cause of global warming, occurs and causes climate change. Along with the climate change, water resources which are indispensable for human life are decreasing, forests which are the lungs of the world are rapidly decreasing due to fire and drought is occurring. In addition, fossil fuels face the danger of future depletion and are not reliable sources of energy. The use of fossil fuels due to the above-mentioned reasons needs to be reduced.

In this study, energy and exergy analysis of a solar tower power plant using solar energy from renewable energy sources was done. For the installation site of the facility, Iskenderun region, which has an iron steel industry developed and at the same time very suitable solar source for sun and renewable energy sources, has been chosen. The maximum and minimum efficiencies of the system were calculated as the result of the simulations and analyzes, and the maximal Carnot, thermal and exergetic yields were calculated as 74,664%, 45,814% and 47,27% respectively while the minimum values were found as 58,278%, 38,106% and 39,04% respectively. The minimum net power output from the system is calculated as 989 MW-hour / month while the tower output temperature at December is 500 °C, while the maximum power obtained from the system is calculated as 17172 MW-hour / month when the tower output temperature at July is 1000 °C. Finally, the net power that can be obtained from the system in one year was calculated as 89253 MW-hour / year.

Key Words : Solar power tower plant, energy and exergy, EBSILON, renewable energy.
Page Number : 69
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cuma KARAKUŞ

TEŞEKKÜR

Beni yüksek lisans öğrencisi olarak kabul eden, bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde bana destek olan, bilgi ve tavsiyelerini benimle paylaşan danışmanım Sayın Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ'a ve sayın Prof.Dr.Ali KOÇ hocama teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca, gerekli desteği sağlayan Arş. Gör. Hüseyin YAğLI ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiő herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında maddi-manevi desteğini esirgemeyen, özellikle konu eğitim olunca her türlü fedakârlığı gösteren, anneme ve babama, ayrıca bugünlere gelmemde üzerimde büyük emeği olan rahmetli dedem Mehmet ÇEVİK'e en içten sevgi ve şükran duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
HARİTALARIN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. Materyal ve Yöntem	22
2.1. Materyal	22
2.1.1. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi kullanan sistemler.....	22
2.1.2. Güneş Kulesi	26
2.1.3. Güneş kulesi güç sistemi ekipmanları	32
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	46
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	68

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Güneş kulesi güç tesisinin nominal çalışma koşulları.....	28
Çizelge 2.2. Güneş kulesi güç tesisi ekipmanlarının verimleri ve bazı değerler	28
Çizelge 2.3. Sistemin enerji ve ekserji formülleri.....	44
Çizelge 3.1. Sistemin en iyi performans gösterdiği noktadaki değerleri.....	58



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Türlerine göre fosil yakıtların kalan rezerv miktarları	1
Şekil 1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları	3
Şekil 1.3. Ülkelerin fosil yakıtlarından ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim oranları.....	4
Şekil 2.1. Yoğunlaştırıcı sistem çeşitleri.....	22
Şekil 2.2. Parabolik oluklu bir sistemin uygulaması.....	23
Şekil 2.3. Doğrusal fresnel reflektörlü bir sistem	24
Şekil 2.4. Parabolik çanaklı sistem uygulaması.....	25
Şekil 2.5. Konsantre güneş-termo elektrik sistemlerinin örnek gösterimi.....	26
Şekil 2.6. Genel bir güneş kulesi sistemi ve ekipmanları	27
Şekil 2.7. İskenderun bölgesinin güneş şiddeti grafiği	30
Şekil 2.8. İskenderun bölgesinin meteorolojik veriler grafiği	31
Şekil 2.9. İskenderun bölgesinin güneşlenme süresi grafiği.....	32
Şekil 2.10. Deaeratör ve üzerinde bulunan elemanlar	33
Şekil 2.11. Orta kapasiteli uygulamalarda kullanılan bir buhar türbini.....	34
Şekil 2.12. Güneş kulesinin yapısı ve alıcı sistem	36
Şekil 2.13. Enerji sektöründe kullanılan bir pompanın ticari uygulaması.....	37
Şekil 2.14. Pompayı oluşturan yapı ve elemanları.....	38
Şekil 2.15. Güneş ışınlarını izleyebilen heliostatların uygulaması	40
Şekil 2.16. Güneş kulesi sistemi simülasyonunun numaralandırılmış görüntüsü.....	41
Şekil 3.1. Tesisin Brüt Güç Üretimi.....	48
Şekil 3.2. Tesisin toplam pompa güç tüketimi.....	48
Şekil 3.3. Sistem için hesaplanan net güç üretimi	49

Şekil	Sayfa
Şekil 3.4. Yoğunlaştırılmış güneş ışınları ile kuleden toplam ısı girişi	50
Şekil 3.5. Sistemin kütle akış oranı.....	51
Şekil 3.6. Sistemin termal verim grafiği	52
Şekil 3.7. Sistemin Carnot verim grafiği	52
Şekil 3.8. Sistem için ekserjik verim grafiği.....	53
Şekil 3.9. Tesisten aylık olarak üretilen brüt güç.....	54
Şekil 3.10. Tesisten aylık olarak üretilen net güç	55
Şekil 3.11. Sistemin toplam ekserji girişi	56
Şekil 3.12. Sistemin genel görünüşü ve ekipmanları	57
Şekil 3.13. Sistemin en iyi performans gösterdiği noktadaki değerleri	58
Şekil 3.14. Sistemin ekipmanlarının ekserji yıkımının yüzdesel olarak grafiği	59

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 1.1. Dünya üzerine düşen güneş ışınımının ülkelere göre dağılımı	6
Harita 1.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası.....	7
Harita 2.1. İskenderun bölgesinin Türkiye haritasındaki konumu (internet, hatay harita, 2018).....	29



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

m^3

Metreküp

m^2

Metrekare

$^{\circ}C$

Santigrat derece

Kısaltmalar

Açıklamalar

CO₂

Karbondiyoksit

OECD

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü

ETKB

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

DNI

Doğrudan Normal Işınlama

PTCs

Parabolik Oluklu Güneş Kolektörleri

AHP

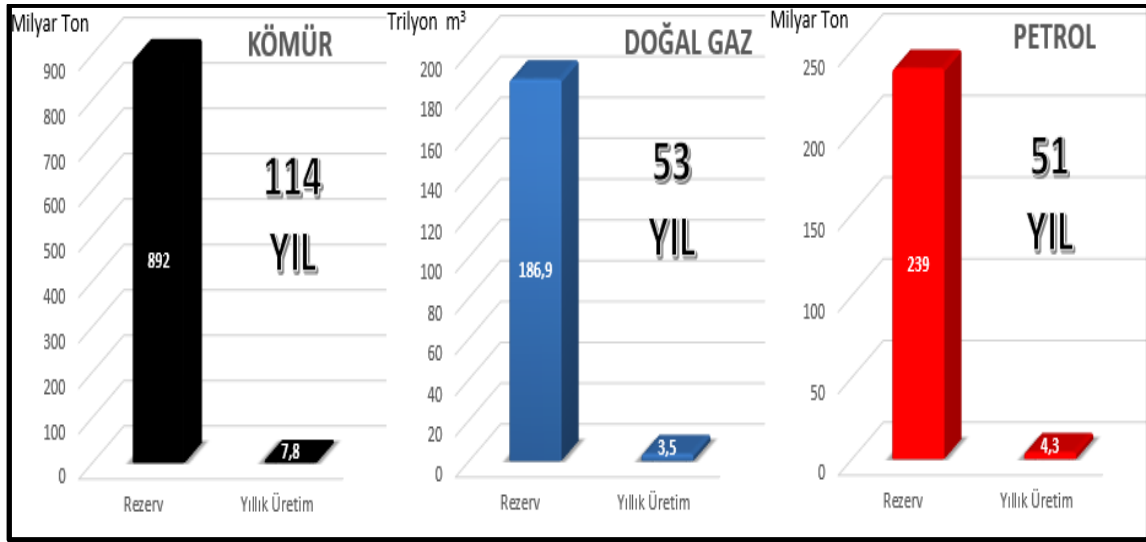
Emiş Isı Pompaları

PER

Birincil Enerji Oranı

1. GİRİŞ

Dünyada artan sanayileşme ve nüfus büyümesiyle doğru orantılı olarak ülkeler her geçen gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Buna karşılık dünya genelinde enerji üretiminin %85'lik bölümünün karşılanmasını sağlayan fosil yakıt rezervleri ise her geçen gün azalmaktadır (Karadayı ve Ergan, 2015). Petrol rezervlerinin yaklaşık 50 yıl içerisinde, kömür ve doğalgaz rezervlerinin de daha uzun bir süreçte tükeneceği öngörülmektedir (internet, enerji kaynakları, 2018). Dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri Şekil 1.1'de görülmektedir.



Şekil 1.1. Türlerine göre fosil yakıtların kalan rezerv miktarları (internet, enerji kaynakları, 2018)

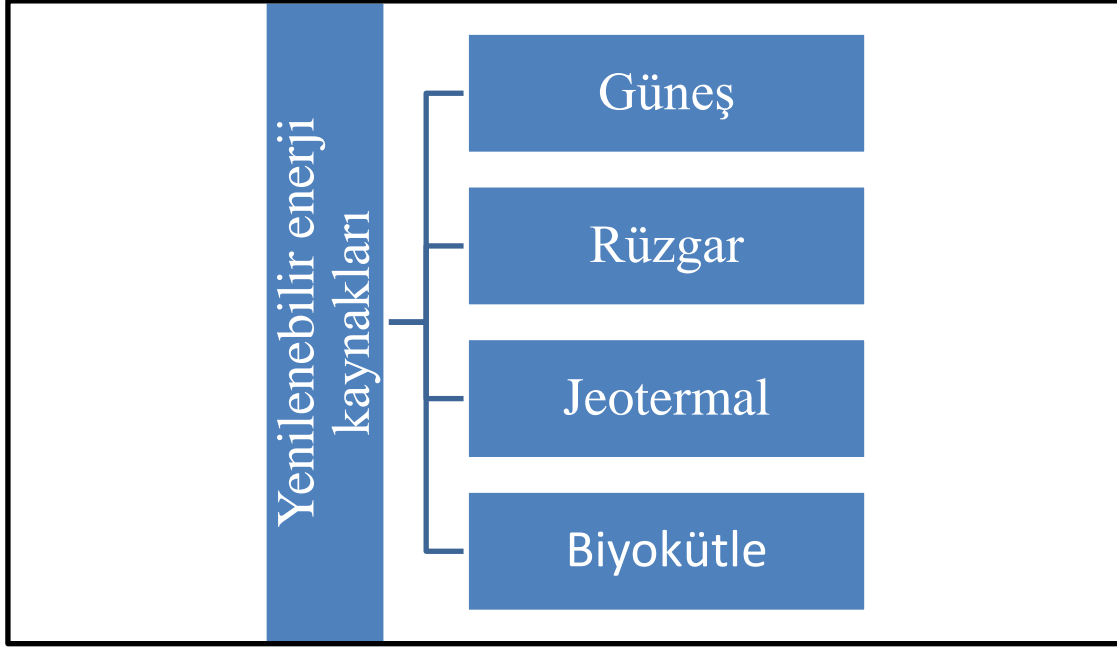
Bu yakıtların yakın zamanda tükenme tehlikesi olmasının yanı sıra çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz yanları bulunmaktadır. Dünya'da meydana gelen çevre kirliliği fosil yakıtlardan elde edilen enerji tüketimiyle doğru orantılı olduğu bilinmesine rağmen, yakın geçmişte 76 milyon varil olan petrol tüketiminin artarak, 2025 yılında 123 milyon varil olacağı tahmin edilmektedir. Oluşan çevre kirliliğine rağmen petrol tüketiminde ki bu artışta teknolojik gelişmeler, ekonomik nedenler ve devletlerin politikaları etkili olmaktadır. Bu artıştaki nedenlerden biri de dünya nüfusedir. Birleşmiş Milletler (BM) verilerine göre 2050 yılında 9,7 milyarı bulacağı tahmin edilmektedir (Koç ve Akbulut, 2017).

Fosil yakıtların enerji üretimi amaçlı yakılması sonucu en önemlisi karbondioksit olmak üzere açığa atık ürünler çıkmakta ve bu ürünler, büyük bir çevre kirliliği yaratıp insan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedir. Karbondioksit miktarı (CO₂) son yüzyılda 1,3 kat artmıştır (Varınca ve Gönüllü, 2006). Çağımızın hastalığı olan birçok kanser türünü

tetiklemekte ve insanların ölümüne neden olmaktadır. Ayrıca, başta CO₂ olmak üzere diğer sera gazlarının atmosferde birikmeye başlamasıyla, küresel ısınmanın en büyük sebebi olan sera etkisi oluşmakta ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği ile birlikte insan hayatı için vazgeçilmez olan su kaynakları azalmakta, dünyanın akciğerleri olan ormanlar yangın sebebiyle hızla azalmakta ve kuraklık oluşmaktadır.

İnsanların sağlığını tehdit eden ultraviyole ışınlarını emerek dünya üzerindeki canlıları koruma görevini üstlenen doğal örtü, ozon tabakasıdır. Yaklaşık 12-25 km kalınlığında olan stratosferde bulunan ozon tabakası kloroflorokarbon gazları, NO_x emisyonları ve halonlardan dolayı sürekli incelmektedir. Bunun yanı sıra, ultraviyole ışınlarında etkisiyle cilt kanseri başta olmak üzere çeşitli cilt hastalıkları tetiklenmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı ülkeler sürekli artmakta olan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla gelecek yatırım planlarını yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapmışlardır (Thellufsen ve Lund, 2016).

Yenilenebilir enerji kaynakları ana başlıklar halinde Şekil 1.2’de verilmiştir. Bunlardan en önemlisi bütün enerji kaynaklarının da kökeni olan ve ülkemizin coğrafi konumundan dolayı da büyük avantajları olan güneştir. Petrol, doğalgaz, kömür ve diğer enerji kaynakları bitkilerin güneş ışınlarıyla yaptığı fotosentez sayesinde meydana gelmiştir. Bu oluşumda basınç ve sıcaklığın oluşturduğu reaksiyonlarda etkili olmakla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve dalganın da sıcaklık farklarından ortaya çıktığından dolayı yine güneş kaynaklı enerji kaynaklarındandır.



Şekil 1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Doğa ve insan sağlığı açısından dost bir enerji kaynağı olan güneş, insan hayatının olduğu her yerde geniş kullanım alanı bulmuştur. Güneş enerjisini kullanan teknolojilerden bazıları; okyanus termal enerji dönüşümü, güneş enerjisi, güneş havuzu, güneş kulesi ve fotovoltaik sistemlerdir. Bu teknolojilerden en önemlilerinden olan güneş kulesi sistemleri, çok yüksek elektrik enerjisi ihtiyaçlarına cevap verebilmektedir. Güneş kulesi tesisleri 30-400MW aralığındaki elektrik enerjisi ihtiyacı için en uygun sistemlerdir (Benammar, Khellaf ve Mohammedi, 2014). Gelecekte, ülkelerin yüksek elektrik enerjisi ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan çevre ve insan dostu sistemler arasında en üst sıralarda kendine yer bulacaktır.

Dünya'daki Enerji Üretim ve Tüketiminde Enerji Kaynaklarının Payı

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü'nün açıkladığı verilere göre (OECD) Türkiye, 2015 yılında Dünya Birincil Enerji Tüketiminde yüzde bir pay alarak 19. sırada yer almıştır (internet, enerji kaynakları, 2018). Ayrıca, ülkemizdeki elektrik tüketimi 2017 yılı Temmuz ay sonu itibarıyla bir önceki yılın Temmuz ayı sonuna göre %4,7 artarak 167,1 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir (internet, elektrik, 2018). Veriler göstermektedir ki sürekli büyüyen ülke nüfusu ve hızla gelişen sanayileşme enerji talebini arttırmaktadır. Ancak, ülkemiz bu enerji talebinin büyük çoğunluğunu yerli kaynaklardan ziyade diğer ülkelerden ithal etmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) açıkladığı 2013 yılına ait birincil enerji tüketimi verilerine göre, ithal enerji kaynaklarının oranı yüzde 73,5 iken, yerli

kaynaklarımızın oranı ise yüzde 26,5 olarak gerçekleşmiştir (internet, mmo, 2018). Bu rakamlar göstermektedir ki enerji arz güvenliği açısından ülkemiz için ileri vaade de ciddi sorunlar doğurması kaçınılmazdır. Bundan dolayı, enerjide ki dışa olan bağımlılığımızı azaltmalı ve yatırımlarımızı çevre dostu ve süreklilik arz eden enerji kaynakları üzerine yönltilmesi gerekmektedir. Dünya ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji üretimi her geçen gün daha çok artış göstermektedir. Eurelectric tarafından açıklanan 2015 verilerine göre Avrupa Birliği bölgesinde elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı % 29 olarak gerçekleşmiştir (internet, enerji kaynakları, 2018).

Bazı dünya ülkeleri üzerinde yapılan araştırma sonuçlarına göre ise, yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji üretimi, fosil yakıtlardan olan kömürden hemen sonra gelmektedir. Şekil 1.3’de yüksek enerji üretim değerlerine sahip bazı ülkelerin yenilenebilir enerji ve diğer kaynaklardan enerji üretim değerleri verilmiştir.

ÜLKE	Kömür	Petrol	Doğal Gaz	Nükleer	Yenilenebilir Enerji	Diğer
Fransa	2,1%	0,3%	2,3%	77,6%	17,5%	0,2%
Almanya	45,4%	0,9%	9,9%	15,5%	28,0%	0,3%
ABD	39,5%	0,9%	26,8%	19,1%	13,6%	0,1%
Kanada	9,9%	1,2%	9,3%	16,4%	62,8%	0,3%
Çin	72,5%	0,2%	2,0%	2,3%	23,0%	0,0%
Hindistan	75,1%	1,8%	4,9%	2,8%	15,5%	0,0%
Rusya	14,9%	1,0%	50,1%	17,0%	17,0%	0,0%
Dünya	40,6%	4,3%	21,6%	10,6%	22,9%	0,1%

Şekil 1.3. Ülkelerin fosil yakıtlarından ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim oranları (internet, enerji kaynakları, 2018)

Şekildeki veriler incelendiğinde, dünyadaki toplam enerji üretim ve tüketiminde büyük paya sahip ülkelerin enerji üretimlerini hangi kaynaklardan sağladığı görülmektedir. Bu ülkelerin enerji üretimlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi açıkça görülmektedir. Dünya ülkeleri ortalama enerji üretimlerinin % 22,9’unu yenilebilir enerji kaynaklarından karşılamakla birlikte, fosil yakıtlardan biri olan kömürden sonra 2. sırada yer almaktadır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İncelenmesi

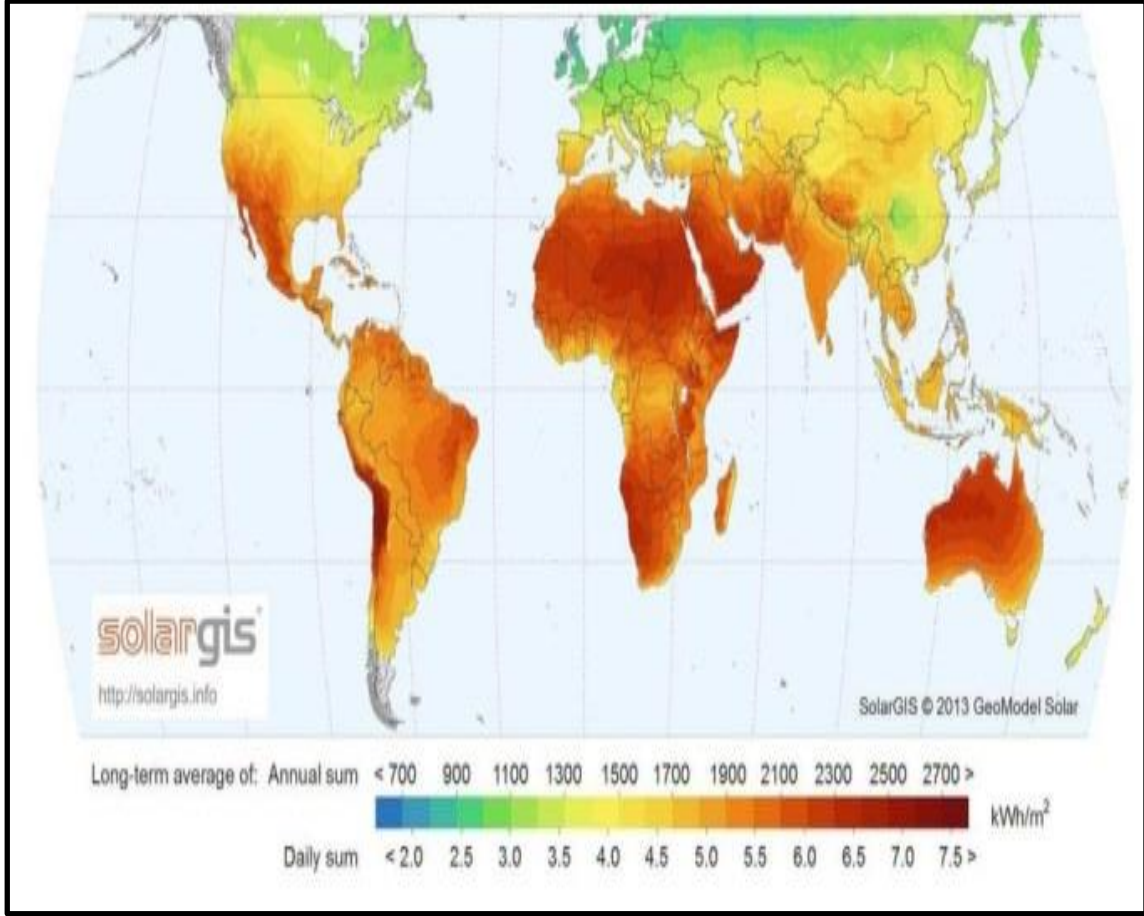
Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji yer kabuğunun, değişiklik gösterebilen derinliklerinde bulunan, biriken ısıнын yarattığı, sıcaklıkları atmosferik sıcaklığın üzerinde olan, normal yer altı ve yer üstü sularına göre daha fazla çözünmüş mineraller, tuzlar, gazlar içeren sıcak su ve buhar olarak tanımlanır (Arslan, Darıcı, Karahan, 2001). Ülkemiz ise çok önemli bir jeotermal kuşak üzerinde olmasına ve 1300'ün üzerinde kaynak barındırmasına rağmen, bilinen jeotermal kaynak bölgelerinin % 95'i ısıtmak amaçlı ve kaplıca olarak kullanımına uygundur. Sadece % 5'lik bölümü elektrik üretimine elverişlidir (Külekçi, 2009).

Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin sadece yüzde 1-2 kadar küçük bir miktarı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Kısaca rüzgâr, birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır (internet, yegm rüzgâr, 2018). Rüzgâr enerjisi bilinen önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olmasına rağmen elektrik üretiminde en yaygın olarak bilinen rüzgâr türbini uygulamaları bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, yeteri miktarda rüzgâr gücünün olmadığı zamanlarda enerji üretimi mümkün olmamaktadır. Rüzgâr türbinlerinin gürültülü çalışmaları, çevresel gürültü kirliliği yaratmakta, özellikle yerleşim yeri yakınlarında bu etki artmaktadır ve buna ek olarak, 2-3 km çapındaki bir alan içerisindeki başta radyo ve TV olmak üzere diğer haberleşme dalgalarını olumsuz etkilemektedir (Hayli, 2001).

Diğer bir enerji kaynağı olan biokütle, bir türe veya farklı türlerden oluşan bir gruba ait yaşayan organizmaların belirli bir zaman diliminde sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir (internet, yegm biyokütle, 2018). Biokütlenin bir enerji kaynağı olarak kullanılmasının başlıca olumlu yanları, çevre kirliliği oluşturmaması, hemen her yerde bulunabilmesi olarak gösterilebilirken olumsuz yanları olarak, düşük çevrim verimine sahip olması, tarım alanları için rekabet oluşturmaması gösterilmektedir (Kılıç, 2007).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan ve aslında tüm enerji kaynaklarının ve dünyadaki yaşamın sürdürülebilmesini sağlayan en önemli enerji kaynağı güneştir. Temiz ve çevre dostu olan, hayatımızın her alanında kullanıma elverişli ve kaynak olarak ta ülkemizin potansiyeli değerlendirildiğinde üzerine en fazla yoğunlaşması gereken enerji kaynağı güneştir.

Dünya üzerine düşen güneş ışınımının ülkelere göre dağılımı Harita 1.1’de gösterilmektedir. Harita incelendiğinde, ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin çoğu ülkeye göre yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle ülkemizin enerji açığını kapamak amacıyla, güneş enerjisi yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Böylelikle, yenilenebilir enerji kaynaklarından en yaygın olarak kullanılan ve uygulama alanı çok fazla olan güneş enerjisini doğru kullanarak ülkemizin yararına kullanılması mümkündür.



Harita 1.1. Dünya üzerine düşen güneş ışınımının ülkelere göre dağılımı (internet, harita, 2018)

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası Harita 1.2’de görülmektedir. Şekil incelendiğinde hangi bölgelerde güneş enerjisi yatırımlarının yapılmasının daha yararlı olacağı açıkça görülmektedir. Harita üzerinde mavi renk tonları bölgenin enerji potansiyelinin düşük olduğunu, kırmızı renk tonları ise enerji potansiyelinin arttığını temsil etmektedir. Bu durumda Akdeniz Bölgesi ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi güneş enerjisi yatırımları için önem kazanmaktadır. Yıllık güneşlenme süreleri ve metrekare başına düşen güneş ışınımı olarak yüksek potansiyele sahip olmaları sebebiyle bu iki bölge ön plana çıkmaktadır.

ulaşılabilen en yüksek sıcaklık olarak kaydedilmiştir. 1901’de A.G. Eneas, Kalifornia’da çiftliğinde bir su pompalama aparatını çalıştıran 10 çapında güneş ışınlarını odaklayarak toplayan bir sistem kurmuştur. Sistem, güneş ışınlarını tam toplayabilmek için, ters açılı bir şemsiye görünümünde bir yapıdan oluşuyordu. Güneş ışınlarını kazanın bulunduğu bir noktaya odaklayıp, kazan içindeki suyu ısıtıp buharlaştırmak suretiyle, santrifüj pompasını çalıştırmaktaydı (Kreith ve Kreider, 1978).

Güneş enerjisini, buhar motorlarını çalıştırmak amacıyla, düşük basınçlı buhar elde girişimleri 19. yüzyıla dayanır. August Monchot, güneş enerjisiyle çalışan birkaç buhar motoru inşa etmiştir. Ancak, Fransa’nın turlardan birini değerlendirmesi neticesinde bu sistemin çok pahalı olduğu kanaatine varılmıştır. August Monchot, Cezayir’de, 5,4 m gümüş kaplama metallere oluşan, 18,6 m² toplama alanına sahip 1400 kg ağırlığa sahip başka bir sistem kurmuştur (Kalogirou, 2004).

Son 50 yıl içerisinde çok çeşitli varyasyonlar kullanılarak, mekanik transfer ekipmanı çalıştıran veya sistemi çalıştıracak olan akışkanı ısıtmak için odak toplayıcı sistemler tasarlanıp üretilmiştir. Bu sistemler temelde iki ana gruba ayrılmış olup, birinci sistemde, güneş ışığını toplamak için, heliostatları bir kuleye odaklayan sistemlerdir. Diğer sistemde ise parabolik oluklu sistemler, parabolik tabaklar ve fresnel lenslerdir. Alıcı sistemlerinin sıcaklıkları, düşük sıcaklıklarda 100 °C, yüksek sıcaklıklarda ise 1500 °C’yi bulmaktadır (Stine, 1987).

Güneş enerjisinden yararlanmak açısından farklı bir uygulama olarak, güneş enerjili su ısıtıcıları 1960 senesinin başlarında üretilmeye başlanmıştır. Bu su ısıtıcıları dünya çapında tutularak hızla yayılmaya başlamıştır. Güneş enerjili su ısıtıcıları genellikle 3-4 m² yüzey alanına sahip absorbe edici iki plakadan oluşan güneş kolektörü ve 150-180 arasında değişiklik gösteren, depolama tankından meydana gelir. Kışın düşük güneş ışığının olduğu dönemlerde suyu ısıtmak için bir daldırılmış elektrikli ısıtıcı bulunur. Başka bir model ise panellerin, genellikle evlerin çatılarına monte edildiği ancak depolama tanklarının kapalı bir yerde olduğu sistemdir. Buna birleşik olarak sistem için gerekli iletim boruları, pompa ve termostatla sistem tamamlanır. Ancak, bu ikinci sistem görsel ve mimari açıdan daha iyi sonuçlar verse de, birinci sisteme göre daha maliyetlidir (Kalogirou, 1997).

Becquerel, 1839’da selenyumda fotovoltaj etkiyi keşfetmiştir. 1958’de geliştirilen yeni silikon hücrelerin verimliliği düşük ve maliyeti çok yüksek olmaktadır. Güneş pilinin ilk

pratik uygulaması, başka bir güç kaynağının olmadığı bir alanda yapılmıştır. 1960'larda yapılan araştırmalar ise galyum arseni gibi farklı fotovoltaiik malzemelerin keşfiyle sonuçlanmıştır. Bu malzemeler silikondan daha yüksek sıcaklıkta çalışabilmekte ancak, daha fazla maliyete sahiptir. Fotovoltaiik sistemlerin 2002 yılı sonunda kurulu kapasitesi 2 GWp olarak gerçekleştirilmiştir (Haghi, Balköse ve Thomas, 2018).

Büyük Fransız kimyacı Lavoiser (1862), güneş enerjisini damıtma şişelerine yoğunlaştırmalı için büyük cam lensler kullanmıştır. Pasteur (1928), güneş ışınlarını damıtma işlemi maksadıyla, su içeren bir bakır kazanı üzerine yoğunlaştırmıştır. Kazanda üretilen buhar, damıtılmış suyun biriktirildiği konvansiyonel su soğutmalı bir yoğunlaştırucuya aktarmıştır. Damıtmanın farklı bir uygulaması, tuzlu suyu damıtarak arıtma işlemidir. Büyük ölçekli su arıtma tesisi ilk olarak 1874 yılında Şili, Las Salinas'ta kurulmuş olup, 4700 m² alanda berrak güneş altında günde 23000 litre tatlı su elde edilmiştir. Bu tesis 40 yıl boyunca tatlı su üretmiş, ancak dağdan su borularıyla su temin edilmesiyle birlikte kullanımı durdurulmuştur (Wijaya, 2017).

Ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılan, enerjinin kullanıldığı her alanda kendini gösteren ve birçok uygulaması bulunan güneş enerjisi, yeni uygulamalarla karşımıza çıkmaktadır. Bu uygulamalar, çevre dostu sistemlerin giderek artmasını sağlamakta, güç üretim sistemlerinin yatırım maliyetleri giderek düşmekte ve en önemlisi dünyamız için birçok kötü etkiye neden olan sera etkisini azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Grasse (1991), çalışmasında çeşitli ülke firmaları tarafından ticarileştirmek amacıyla geliştirilen 30 MW'lık bir güneş kulesinin, fizibilite çalışması sonuçlarını teknik ve ekonomik açıdan özetlemiştir. Ek olarak, Tesis için 30 yıllık mali analizi, tesisin 30 yıllık ömrü boyunca 0,112 DM/kWh dinamik birim maliyetinin (1989 fiyatlarıyla) gerekli bir elektrik satış fiyatını öngören çalışma yapmıştır.

Kolb (1998), erimiş tuz güç kuleleri için birkaç hibrit ve sadece güneş konfigürasyonları, tarama analizi için basit bir ekonomik model ile değerlendirmiştir. Sonuç olarak, hibrid güç kulelerinin, aynı alan boyutuna sahip, sadece güneş enerjisi üreten tesislere göre ekonomik olarak üstün olduklarını göstermiştir.

Rheinländer ve Lippke (1998), güneş enerjisinden yararlanan elektrik ve içme suyunun kojenerasyonu, açık volumetrik PHOEBUS alıcısına sahip güneş enerjisi kulesi santrallerini varsayarak ele almışlardır. Alternatif tesis konfigürasyonlarının sonuçları, su üretim

maliyetinin, geleneksel olarak ateşlenen sistemlerin ürettiği su maliyetinden yaklaşık aynı veya hatta daha düşük olduğunu göstermiştir. Ayrıca, entegrasyon, güneş enerjisi üretiminin çevresel faydalarına ilaveten % 50'ye varan su üretimi ile ilgili CO₂ emisyonlarının azaltılmasını sağlamıştır.

Romero ve diğerleri (1999), çalışmalarında Avrupa'da yenilenebilir enerjinin yerel güç kaynağı için topluluklara ve enerji adalarına entegrasyonu (bina blokları, yerleşim bölgelerindeki yeni mahalleler, alışveriş merkezleri, hastaneler), daha az megavat kurulu güce sahip güvenilirlik gereksinimlerini karşılayan 1.36 MW'lık küçük bir güneş kulesi tesisin tasarım ve performans analizini yapmıştır. Ayrıca, beklenen elektrik maliyeti ve küçük kule tesisinin performansının heliostat konfigürasyonu ve kule yüksekliği gibi tasarım parametreleriyle hassasiyet analizini yapmıştır. Ek olarak, bir alışveriş merkezi için, sıcak su ve ısıtma alanların soğutulması için elektrik ve atık ısı üreten bir güneş kulesi olan için pratik bir uygulamanın analizini yapmıştır.

Quaschnig ve Muriel (2002), çalışmalarında, büyük ticari yoğunlaştırılmış güneş termik santralleri ile fotovoltaik sistemlerini karşılaştırmış, nasıl çalıştıkları, faaliyet gösterdikleri alanlar ve maliyet gelişmeleri hakkında kısa bir açıklama sunmuştur.

Selbaş, Yakut ve Şencan (2002), çalışmalarında güneş enerjisinden elektrik üretme yöntemlerini incelemiş ve en uygun metodu bulmaya çalışmıştır. Sonuç olarak, Güneş enerjisinden elektrik üretmede en uygun metot olarak güneş kulesini seçmiştir. Ek olarak, güneş kulesi ile yapılan bir uygulamanın teknik ve maliyet analizini yapmıştır.

Buck ve diğerleri (2002), çalışmalarında bir alıcı modülü, ikincil yoğunlaştırıcı ve bir volümetrik alıcı birimden oluşan hibrit güneş güç sistemini, Plataforma Solar de Almería'a, İspanya'da test etmiştir. Test sonuçlarında, hava çıkış sıcaklığı olarak en fazla 815 °C ve güç seviyesi olarak 410 kW elde etmiştir. Toplam güneş test süresi 400 saat ve alıcı verimliliği % 70 aralığında hesaplamışlardır. Sonuç olarak, bu teknolojinin belirli güç piyasalarında rekabet edebilirliğe ulaşma ümit verici potansiyelini doğrulamıştır. Ayrıca çalışmalarında, sistem iyileştirme ve maliyet azaltma için gelecekteki gelişmeleri tartışmıştır.

Herrmann, Kelly ve Price (2004), çalışmalarında son teknoloji ürünü parabolik oluklu güç santrallerinde (30-80 MWe) kullanılan transfer sıvısı (HTF) pahalı ve depolama sistemlerinin maliyetini önemli ölçüde artırmakta olup, erimiş tuz gibi başka bir (daha az pahalı) sıvı ortamın HTF'nin kendisinden ziyade depolama ortamı olarak kullanıldığı bir

kavramı değerlendirmek üzere bir mühendislik çalışması yapmıştır. Yaptıkları analizler temel olarak SEGS tesislerinden ve Solar Two projesinin işletme deneyimlerine dayanmıştır. Sonuç olarak, iki tanklı bir erimiş tuz depolama sistemi için spesifik maliyetin, depolama boyutuna bağlı olarak US\$ 30-40/kWh_{th} aralığında olduğu sonucuna varmıştır. Tuz depolama, Solar Two projesinde başarılı bir şekilde işletildiğinden, bu konseptin ilk ticari parabolik oluk santralinde gerçekleştirilmesi için önemli bir engel belirlenmemiştir.

Ağı ve Günerhan (2005), çalışmalarında Türkiye’de üretilen güneş kolektörleri için istatistiksel bilgiler vermiş ve kolektörlerin verimlerinin artırılması için yapılması gerekenleri sunmuştur. Ek olarak, pompasız doğal dolaşimli sistemlerde kolektör ve depo arasındaki borunun uzunluğu, eğimi hakkında bilgi vermiştir.

Üçgül, Delikanlı, Öztürk ve Şenol (2006), çalışmalarında yüksek sıcaklıklı güneş enerjisi santrallerinin alıcılarında kullanılacak olan malzemelerin seçimlerine ilişkin, ileride yapılacak olan teknolojik geliştirme uygulamaları için önemli bilgiler sunmuştur. Sonuç olarak, alıcı sistemleri malzemesi olarak genellikle süper alaşımların tercih edildiği, bu malzemelerin 1100 °C’ye kadar emniyetle kullanılabileceklerini tespit etmiştir.

Kartal (2007), çalışmasında parabolik güneş kolektörlerini incelemiş, tarihteki gelişimleri hakkında bilgi vermiş ve bir boyutlu enerji denklemlerini tanımlamıştır. Ek olarak, kolektörlere gelen güneş açılarına bağlı olarak, ışıyım hesabı yapmıştır. Çalışma sonucunda, güneş ışığının faydalanılabilir ısıya dönüştüren sistemlerin, ısıl performansını gösteren birincil parametrenin ısıl verim olmasına karşın, üretilen ısının gerekli bölümünün ekserji ile kıyaslanması gerekliliğini vurgulamıştır.

Ortega, Burgaleta ve TÁŠllez (2008), çalışmalarında, güneş enerjisi güç üretimi için geliştirilen tüm teknolojilerden, en yüksek sıcaklarda ve yüksek verimliliklerde elektrik üretimi sağlayan merkezi alıcı sistemlerini (CRSs) incelemiş, geliştirilen temel konsepti, önceki Güneş İKİ projesinde birikmiş olan deneyimi gözden geçirmekte ve SENER ve CIEMAT tarafından yapılan geliştirme çalışmaları ve İspanyol mevzuatının dayattığı teknik şartların bir sonucu olarak güneş enerjisi üretimindeki tasarım ve yenilikleri sunmuştur.

Montes, Abánades, Martinez-Val ve Valdés (2009), çalışmalarında depolama ve hibridizasyon olmayan güneş-parabolik oluklu bir sistemin ekonomik optimizasyonunu yapmıştır. Optimizasyon için aynı parametrelerle ancak, farklı güneş alan boyutlarıyla, 5 parabolik oluklu tesisi dikkate almıştır. Sonuç olarak, tesislerin her biri tarafından üretilen

yıllık elektriği hesaplamak için bir simülasyon yapmıştır. Her bir tesis için dengelenmiş enerji (LCOE) maliyeti hesaplanıp ve dikkate alınan aralık içinde belirli bir solar çoklu değer için minimum LCOE değeri elde etmiştir.

Kıncay ve diğerleri (2009), çalışmalarında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr, güneş ve toprak ile oluşturulan Birleşik Yenilenebilir Enerji Sistemi (BYES)'nin kullanım amaçları ve gerekliliğini işlemiştir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının ikili ve üçlü kullanıldığı sistemleri incelemiştir. Sonuç olarak, tesislerin kurulacak olduğu alanların çevresel faktörler gözetilerek tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından en üst düzeyde yararlanarak enerji ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla çalışmaların hızla devam ettiği BYES sistemlerinin birleşme eğiliminde olduğunu görmüştür.

Erdoğan ve diğerleri (2009), çalışmasında yoğunlaştırılmalı güneş enerjisi santralleri ele alınmış yapıları incelenip çeşitleri hakkında bilgiler sunmuştur. Yoğunlaştırıcı sistemleri, güneş potansiyeli yüksek olan Güney Doğu Anadolu Bölgesi için riskler içeren HES projelerine alternatif enerji kaynağı olarak incelemiş ve maliyetlerini hesaplamıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde, büyük riskler içeren HES ile üretilebilecek olan eşit miktarda enerjinin, parabolik oluklu sistemler ve güç kulesi sistemleriyle daha az yatırım maliyetiyle üretilebileceği sonucuna varmıştır.

Wei, Lu, Wang, Zhang ve Yao (2010), çalışmalarında güneş enerjisi kulesi santrali için heliostat saha düzeninin tasarımı için yeni bir yöntem sunmuştur. Bu yeni yöntemde, heliostatları yerleştirirken yıllık müdahale verimliliğinin hesaplanmasının gerekmediğini, bu nedenle toplam tasarım ve optimizasyon süresinin önemli ölçüde kaydedilebilir olduğunu ortaya koymuştur.

Wang (2010), çalışmasında güneş enerjisi kuleleri, güneş parabolik çukur yoğunlaştırıcıları, güneş çanakları karıştırma sistemleri, doğrusal fresnel reflektörler ve güneş bacaları gibi güneş enerjisi teknolojileri Çin için, 1980'lerden beri incelemiştir. Ayrıca, 2006 ve 2025 yılları arasında 5 yıllık aralıklarla Çin'de devam eden bir güneş termal güç geliştirme yol haritasını açıklamıştır.

Yang, Yang, Yang ve Ding. (2010), çalışmalarında güneş enerjisi kulesi tesisinde kullanılan ısı transfer performansı ile ergimiş bir tuz alıcısının termal etkinliği arasındaki etkileşimi incelemiştir. Bir test yatağı inşa etmiş, yumuşak ve spiral borular dahil olmak üzere iki tipteki erimiş tuz alıcı tüpleri için bir dizi ısı transferi artışı deneyi gerçekleştirmiştir. Sonuç

olarak, deneyler, ısı transfer tüpü olarak spiral boruyu kullanmanın erimiş tuz alıcısının ısı transfer performansını belirgin bir şekilde arttırdığını, radyasyon ve konveksiyon kayıplarını da önemli ölçüde azalttığını göstermiştir.

Güçlüer (2010), çalışmasında yoğunlaştırılmış güneş santrallerinin kurulumu için en uygun alanları, Coğrafi Bilgi Sistemi kullanarak belirlemiştir. Çalışma ile Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi ile CBS-ÇÖKA uygulamasıyla katkıda bulunmuştur. Sonuç olarak, CBS-ÇÖKA ile güneş potansiyeli dikkate alınarak seçilen Konya İl'inde yoğunlaştırılmış güneş elektrik santrallerinin kurulumuna uygun alanları belirlemiştir.

Şanlı (2010), çalışmasında parabolik oluklu yoğunlaştırıcı sistemini teorik olarak ele almış, sistemin elemanlarını incelemiştir. Teorik olarak Denizli ili için parabolik oluklu sistem tasarlamış, 1 senelik güneş verisi sonuçlarına göre analiz yapmıştır. Çalışma sonucunda, sistemin buhar türbinine kadar olan verimi % 67, türbin kapasitesi ise 300-500 kW arasında olacağını hesaplamıştır.

Xu, Yu, Wang ve Yang (2011), 1 MW Dahan güneş termik santral kulesini, modüler modelleme yöntemini kullanarak matematiksel olarak modellemiştir. Santralin dinamik ve statik özelliklerini bu matematiksel model üzerinden analiz etmiştir. Sistemin durum parametreleri yanıt eğrilerini farklı güneş ışınım parlamaları için hesaplamıştır. Sonuç olarak elde etmiş olduğu sonuçlar güneş güç kulesi sistemi tasarımı ve çalışması için iyi referanslar sunmuştur.

Şenol, Üçgül, Koyun ve Acar (2011), çalışmalarında güneş kulesi sistemi için aynaların güneş ışınlarını takip edip kuledeki alıcı sisteme yoğunlaştırılması için yazılım geliştirmiştir. Ek olarak, sistemde kullanılan heliostat ve diğer otomasyon sistemleri için maliyet analizleri yapmıştır. Sonuç olarak, 10 MW güçteki güneş kulesi için gerekli olan tüm dizayn parametrelerini elde etmiş, tesis için 380 m yarı çaplı alan, 120 m kule yüksekliği 852 adet heliostat ve sistemin toplam kontrol ve heliostat maliyetini 13436420 \$ olarak hesaplamıştır.

Xu, Wang, Li ve Sun. (2011), çalışmalarında ısı transferi için erimiş tuz kullanılan bir güneş enerjisi güç kulesi santrali sisteminin enerji ve ekserji analizi için teorik bir çerçeve sunmuştur. Sistemin her bileşenindeki ve genel sistemdeki enerji ve ekserji kayıpları değerlendirilmiştir. Doğrudan normal ışınım(DNI), konsantrasyon oranı ve güç çevriminin türünü içeren birkaç tasarım parametresinin enerji ve ekserji performansı üzerindeki

etkilerini değerlendirmek için test edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, ana sistemde ki maksimum enerji kaybının alıcı sistemde, heliostat alan sistemindeki enerji kaybının 2. sırada olduğudur. Ayrıca, alıcının ve genel sistemin enerji ve ekserji verimliliği, DNI ve konsantrasyon oranını arttırarak artırılabilir. Ek olarak, güneş enerjisi kulesi sisteminin genel enerji ve ekserji verimliliğinin, yeniden ısıtma Rankine döngüleri ve süper kritik Rankine döngüleri dahil olmak üzere ileri güç döngülerinin entegrasyonu ile bir dereceye kadar arttırılabileceği de bulunmuştur.

Yu, Wand, Xu, Li ve Guo (2011), bir güneş enerjisi kulesi santrali için güvenilir bir simülasyon sisteminin kurulması tüm sistemin ekonomik ve güvenlik performansını arttırılabileceğini görmüştür. alışmalarında, Badaling'deki 1MWe güneş enerjisi kulesi santralinin dinamik modeli, heliostat alanı dahil olmak üzere "STAR-90" simülasyon platformuna dayanarak geliştirmiştir. Simülasyonun geçerliliğini doğrulamak için, yer ve heliostat sayısı, sistemin besleme suyu kütleli debisi dikkate alınarak simülasyon platformuna dayalı olarak aynı işletim adımlarını tekrarlayarak, deneysel bir süreç simüle etmiştir. Sonuçlar, simülasyonlar ve deneyler arasında iyi bir uyum olduğunu göstermiştir.

Wei, Lu, Yu, Zhang ve Wang (2011), çalışmalarında güneş kulesi güç santrali için hedef izlemeye dayalı heliostat ve ışın izleme denklemleri türetmiştir. İzleme ve ışın izleme denklemlerini doğrulamak için toroidal yüzeye sahip bir hedef hizalı bir heliostat tasarlamıştır ve modellenmiştir. Sonuçların doğruluğu ticari bir yazılım olan Zemax ile karşılaştırılmış ve sonuçlar birbiriyle iyi bir şekilde örtüşmüş denklemlerin doğruluğunu kanıtlamıştır.

Burgaleta, Arias ve Ramirez (2011), alışmalarında GEMASOLAR adıyla merkezi kule teknolojisi ve erimiş tuz sistemini kullanan ilk ticari tesisini incelemiştir. Tesis 120 MW_{th} kapasiteye sahip olup, 565 °C sıcaklığa ulaşabilen erimiş bir tuz termal depolama sistemi ve ek olarak tesisin getirdiği önemli teknolojik özellikleri ele almışlardır.

Chacartegui, De Escalona, Sánchez, Monje ve Sánchez (2011), çalışmalarında merkezi alıcılı güneş güç tesisleri için süper kritik ve trans kritik karbon dioksit döngüleri kullanılmasını önermiştir. Bunlardan ilki, karbondioksit kullanan tek başına kapalı çevrim gaz türbinleri olmak üzere üç farklı döngüyü göz önünde bulundurmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, bahsi geçen döngülerin, güneş kulesi tesisleri için, diğer geleneksel teknolojilerle

verimlilik ve maliyet açısından rekabet etme potansiyeline sahip ümit verici teknolojiler olduğunu göstermiştir.

Kolb, Ho, Mancini ve Gary (2011), çalışmalarında ABD'nin Enerji Bakanlığı (DOE) tarafından mevcut teknolojiyi, teknoloji için var olan iyileştirme fırsatlarını ve orta dereceli rekabetçi elektriği sağlamaya yönelik DOE programatik hedefine ulaşmak için güç kulesi teknolojileri yol haritası geliştirmiştir. Ayrıca bu yol haritası, bu hedeflere ulaşmak için tek bir yol sunmayı aksine, enerji kulesi Ar-Ge'sini, maliyet azaltmalarını ve ticari dağıtımını hızlandırmak için DOE ve endüstrinin seçebileceği bir dizi opsiyonu değerlendirmek için bir süreç sunmuştur.

Rüstemli ve Dinçer (2011), çalışmalarında Van ili için burada bulunan mevcut güneş enerjisi uygulamalarının değerlendirmesini yapmış ve güneş enerjisinin geleceği için önerilerde bulunmuştur. Sonuç olarak çalışmalarında, fotovoltaik sistemlerin elektrik şebekesine uzak kırsal bölgelerde kullanılabileceğini göstermiştir. Ek olarak, fotovoltaik panellerin yerli olarak üretilmesini sağlayacak araştırmalar desteklenmeli görüşüne yer vermiştir.

Beyoğlu (2011), çalışmasında sabit ve 2 eksenli güneş takipli fotovoltaik sisteminin kurulumu, çalışması ve verimsel olarak karşılaştırmasını yapmıştır. Karşılaştırma sonucunda, çift eksenli güneş takipli sistem veriminin diğerine göre % 39 daha fazla olduğunu görmüştür.

Spelling, Favrat, Martin ve Augsburg (2012), çeşitli çalışma koşulları ve üstyapı düzenleri için tesisin termodinamik ve ekonomik performansının belirlenmesini sağlamak amacıyla, saf güneş enerjisi kombine çevrim santralının dinamik bir modeli geliştirmiştir. Model daha sonra, nüfus tabanlı bir evrimsel algoritma kullanılarak, hem santral performansının hem de maliyetinin çok amaçlı termo-ekonomik optimizasyonu için kullanmıştır. Sonuç olarak, asgari yatırım maliyetleri ve asgari düzelenmiş elektrik maliyetleri olmak üzere, birbiriyle çelişen iki hedef dikkate alınmış, bölgede % 18 ile % 24 arasında verim elde edilebileceği ve bu durumun bölgedeki elektriksel giderlerin giderildiğini göstermiştir.

Ramos ve Ramos (2012), çalışmalarında merkezi bir alıcı güneş enerjisi termik santralının optimizasyonu için bir yöntemi incelemiştir. Tesis tasarımı için gerekli değişkenlerin tesis performansındaki etkisini değerlendirmek için bir yöntem sunmuştur. Bu yöntem, optimal tesis tasarımı için hangi değişkenlerin anahtar olduğunu ve hangisinin daha az önemli

olduğunu sunmuştur. Sonuç olarak bu bilginin, tesis tasarımını daha da geliştirmek ve optimizasyon prosedürünü hızlandırmak için kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Zhang, Baeyens, Degrève ve Cacères (2013), çalışmalarında konsantre güneş enerjisi santrallerini (CSP) incelemiştir. CSP teknolojilerinden olan parabolik oluklu kolektörler (PTC) ile güneş kulesi kolektörlerinin (STC) avantajlar ve dezavantajları üzerine incelemelerde bulunmuşlardır. Ayrıca, birleştirilmiş önceki literatür bulgularına ve mevcut meteorolojik verilere dayanarak aylık ortalamalar; farklı seçilmiş STC yerleri için tahminleri ve son olarak, optimum bir STC tesisi için gerekli konfigürasyonu simüle etmede tahminlerin kullanımını tarif etmişlerdir.

He, Cui, Cheng, Li ve Tao (2013), çalışmalarında, güneş enerjisi kulesi santrali için bir konsantre ve toplama alt sistemi optik modeli tam olarak geliştirmiş ve heliostat alanından basınçlı volumetrik alıcıya (PVR) karşılık gelen güneş radyasyonu iletim prosesi, kurum içi geliştirilen Monte Carlo Ray Tracing (MCRT) kodu ile simüle etmiştir. Ayrıca, yukarıdaki modele dayanarak, heliostat alanının optik verimi ve SiC absorbe edicideki lokal ısı akısı dağılımı hesaplanmış, daha sonra radyasyon iletimi ve absorpsiyon prosesinde zaman ve tarih, alıcı montaj yüksekliği ve heliostats izleme hatasının etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak, alan verimliliğinin ve absorbe edicinin maksimum ısı akısı yoğunluğunun değişim eğilimleri, bir gün veya bir yıl boyunca solar yükseklik açısına benzer olduğunu görmüştür. Ayrıca, yıllık ortalama alan verimliliği ve emicinin maksimum ısı akışı, izleme hatası arttıkça hızlı bir düşüş eğilimi sergiler, ancak alıcı montaj yüksekliği arttıkça biraz artan bir eğilim göstermiştir.

Behar, Khellaf ve Mohammedi (2013), çalışmalarında 1980'lerden beri araştırma geliştirme faaliyetleri hızlanan, elektrik üretimi için kullanılmakta olan merkezi alıcı sistemleri (CRS) incelemiştir. Heliostat alanı, güneş alıcısı ve güç dönüşüm sistemi de dahil olmak üzere merkezi alıcı güneş enerjisi termik santrallerinin ana bileşenleri hakkında en önemli çalışmaları gözden geçirmiştir. Ayrıca, optik, termal ve termodinamik analizden oluşan mevcut tasarımın detaylı bir literatür araştırması ve bileşenleri değerlendirmek için kullanılan teknikler düzenlenmiştir.

Güngör ve Çeliktaş (2013), çalışmalarında yoğunlaştırılmış güneş enerjisi güç sistemleri alanında yapılan bilimsel çalışmalarda eğilimi tespit etmeye çalışmıştır. Bu amaçla, bibliyometrik analiz ve literatür araştırması yapmıştır. Ek olarak, teknolojik eğilimleri

bulmak için bibliyometrik analiz yöntemiyle gelecekteki yoğunlaştırılmış güneş enerjisi güç sistemlerindeki olası gelişmelere ışık tutmaya çalışmıştır. Sonuç olarak, Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi güç sistemleri hakkındaki yayınlar ve patent sayıları incelendiğinde, ABD, İspanya, İsviçre ve Almanya kökenli kurumların ön plana çıktığını tespit etmiştir. Ayrıca, çalışma konuları olarak yayın ve patentlerde, alıcı, ayna, hibrit sistemlerin ön planda olduğu sonucuna varmıştır.

Behçet, Oral ve Gül (2013), çalışmalarında Türkiye’de bulunan Adıyaman ilinin güneş enerjisi potansiyeli üzerinde durulmuş, güneş enerjisi ile verimli olarak güç üretim sistemlerinin Adıyaman için kullanılabilirliğini araştırmıştır. Sonuç olarak, güneş enerjisi santralının kurulacağı en uygun bölge olarak Adıyaman ilinin Samsat ve Besni ilçelerini seçmiştir. Ayrıca, bu bölgelerde yoğunlaşacak güç santrallerin diğer bölgelerden buraya elektrik taşıma maliyetlerini ortadan kaldıracağı ve ülke ekonomisine katkı sağlayacağı sonucuna varmıştır.

Benammar, Khellaf ve Mohammedi (2014), enerji analizine dayanan bir matematiksel modeli enerji depolama olmaksızın güneş enerjisi kulesi santrallerinin (STP) performanslarının modellenmesi ve simülasyonu için geliştirmiştir. STP sistemini dört ana alt sisteme ayırmıştır; heliostat alan alt sistemi, boşluk alıcı alt sistemi (kule), buhar üretimi alt sistemi ve güç çevrimi alt sistemi (Rankine çevrimi). Ana alt sistemlerinin termal ve termodinamik modelleri geliştirmiştir. Alıcı yüzey sıcaklığının ve alıcı yüzey alanının, kavite alıcı verimliliği ve buhar kütlesi akışı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak, her bir buhar kütlesi akışı, alıcı yüzey sıcaklığı ve alıcı yüzey alanı için optimal bir alıcı verim değerinin varlığını göstermiştir.

Faille, Liu, Wang ve Yang (2014), çalışmalarında 1 MW’lık güneş kulesi tesisinin ısı depolama sistemi ile birlikte, kontrol tasarım modelinin geliştirilmesini, tesisin farklı bileşenleri için varsayım ve denklemleri sunmuştur. Sonuç olarak, Matlab/Simulink’de geliştirilen modelin davranışı, kapalı döngü simülasyonları tarafından niteliksel olarak doğrulanmıştır.

Ho ve Iverson (2014), çalışmalarında güneş enerjisi uygulamalarını yüksek sıcaklık güç çevrimleriyle yoğunlaştırmak için merkezi alıcı tasarımlarını gözden geçirmiştir. Farklı alıcı tasarımlarını şu şekilde sınıflandırılmış ve değerlendirmişlerdir. Gaz alıcıları, sıvı alıcılar ve katı parçacık alıcıları. Sonuç olarak her tasarım için, şu bilgileri sağlamışlardır. Genel

modelleme ve önceki modelleme ve test aktivitelerinin gözden geçirilmesi, beklenen çıkış sıcaklığı, termal verim, faydalar, algılanan zorluklar ve araştırma ihtiyaçlarıdır.

Besarati, Goswami ve Stefanakos (2014), Çalışmalarında alıcı yüzeyinde en uygun akı dağılımını bulmak için genetik algoritma prensiplerine dayanan yeni bir optimizasyon algoritması geliştirmiştir. Amaç, bireysel heliostatların hedef noktalarını değiştirerek akı yoğunluğu dağılımının standart sapmasını en aza indirmektir. Sonuç olarak, her bir heliostatın akı dağılımı, deneysel verilere karşı doğrulanmış olan HFLCAL modeli kullanılarak bulunmuş, yeni algoritmayı kullandıktan sonra maksimum akı yoğunluğunun büyüklük sırasına göre azaldığını göstermiştir. Ayrıca, hedeflenen noktaların sayısının ve hedef yüzeyinin boyutlarının akı yoğunluğu dağılımı üzerindeki etkilerini detaylı olarak incelemişlerdir.

Yaşar, Bilgili ve Özbek (2014), çalışmalarında yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (YGE)'nin uygulamaları, gelişimi, gelecekteki ve mevcut durumu hakkında bilgiler vermiştir. Ayrıca, YGE'yi yatırım maliyetleri açısından incelemiştir. Sonuç olarak, diğer yenilenebilir teknolojilere kıyasla nispeten düşük maliyetli termal depolama avantajına sahip olan YGE'nin termal depolama sağlaması ve bundan dolayı yenilenebilir kaynaklarından üretilen enerjideki payının artmasını öngörmüştür.

Kalogirou, Karellas, Braimakis, Stanciu ve Badescu (2016), incelemelerinde, termal güneş kolektörlerinin ve proseslerinin ekserji analizini gözden geçirmiştir. Çalışmaları, sadece güneş enerjisi kolektörlerini değil, ayrıca çeşitli güneş enerjisi sistemleri uygulamalarını da içermiştir. Parabolik çanak ve parabolik oluklu kolektörler, düzlemsel kolektörler, hava güneş ısıtıcıları, konsantre, konsantre olmayan toplayıcılar ve hibrid fotovoltaik/termal kolektörlerinde incelemiştir. Son olarak, yukarıdaki konulara ilişkin literatür taraması ile, temsili bir performans değerlendirmesi sunan ekserji analizi yapmıştır.

Cengiz ve Mamiş (2016), çalışmalarında dünya ülkelerinin ve ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini karşılaştırmıştır. Ayrıca, kamu tarafından verilebilecek teşvikler ve bu teşviklerin ekonomik alanda sağlayacağı katkıları incelemiştir. Sonuç olarak, yoğunlaştırılmış güç sistemlerine de uygun olarak çalışan stirling motorlu güneş izleme sistemini inceleyip, ülkemizde yaygınlaştırılması gerekliliğine değinmiş, bu konuda analiz ve değerlendirmelerde bulunmuştur.

Sangwongwanich, Yang, Blaabjerg ve Wang (2016), çalışmalarında güneş enerjisiyle güç üretim sistemi olan fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlı olan uygulamalarında karşılaşılan, üretilen elektriğin sürekli olarak dalgalanmasına çözüm aramıştır. Sonuç olarak, gelişmiş bir güç kontrol sistemini üç adımda ekonomik bir çözüm olarak geliştirmiştir. Geliştirdikleri bu sistem dinamik performans açısından düşük verim sunarken, sağlamlık açısından en iyi sonuçlar vermiştir.

Hekim (2017), çalışmasında Türkiye’de bulunan Birecik/Urfa’da, kurulacak 10 MW gücünde bir merkezi alıcı sistemli güneş güç santralının verimliliğini, santralden sağlanabilecek yıllık enerji miktarını hesaplamış ve güç santralının teknik performans sonuçlarını elde etmiştir. Sonuç olarak, yapılan inceleme ve hesaplar sonucunda Birecik bölgesinin önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu, 10 MW kapasiteye sahip merkezi alıcı güneş santralının yıllık 25.417 MWh enerji üretilebileceği sonucuna varmıştır.

Baseer, Awan ve Zubair (2018), çalışmalarında güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Ortadoğu Bölgesi’nde kullanılmak üzere tasarlanmış 100 MWe’lik bir parabolik oluklu güneş santralının, tasarım, performans analizi ve optimizasyonunu sunmuştur. Analiz için Ortadoğu’da yıllık ortalama doğrudan irradyasyonu $5.5 \text{ kWh/m}^2 / \text{gün}$ ’den fazla olan temsili iki saha seçmiştir. Santral tasarımının termodinamik yönü ve yıllık performansını SAM sürüm 2017.9.5 kullanarak analiz etmiştir. Sonuç olarak, iki tasarımda yapılan analize dayanarak, Abu Dabi'deki yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) tesis tasarımından elde edilen yıllık güç 333.15 GWh, buna karşılık Aswan'da 369.26 GWh'lik bir değer, santrallerin ortalama verimliliğini ise sırasıyla % 14.35 ve % 14.98 olarak bulmuştur.

Marrakchi, Leemrani, Asselman, Aoukili ve Asselman (2018), çalışmalarında absorbe edici tüpün üç boyutlu sıcaklık dağılımını bulmak için yapılmış kesin bir çalışma olmadığından, parabolik oluklu güneş kolektörlerini hedeflemiştir. Ayrıca, sıcaklık dağılımının, aynı güneş ısı akısının parabolik oluklu toplayıcı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak, COMSOL Multiphysics 5.1 programı kullanılarak yaptıkları simülasyonda, akışkanın ve örtü sıcaklıklarının 298K'den 318K'lik bir özgül sıcaklık denge değerine ulaşana kadar kademeli olarak arttığını gözlemlemiştir.

Leemrani, Marrakchi, Asselman ve Asselman (2018), çalışmalarında Parabolik oluklu güneş kolektörünün Fas'ın kuzeybatısındaki performansını teorik olarak incelemiştir. Ayrıca çalışmalarında, iki farklı ısı transfer sıvısını karşılaştırarak Fas'ın Kuzeybatı Bölgesi'ndeki

meteorolojik koşullar altında parabolik oluk toplayıcısının performansını incelemeye odaklanmıştır. Sonuç olarak, her iki sıvı için de sıcaklık dağılımının neredeyse olduğu sonucuna varmıştır. Ancak, sonuçların simülasyonda dikkate almadıkları izleme sisteminin eksikliğinden dolayı, sıcaklıkların endüstriyel ve ticari kolektörlere kıyasla düşük olduğunu göstermiştir.

Fan ve diğerleri (2018), çalışmalarında farklı coğrafi bölgelerdeki güneş ısıtma sisteminin, meteorolojik koşullar altında, parabolik oluklu güneş kolektörlerini (PTCs) sırasıyla, emiş ısı pompaları (AHP) ve yağ/su ısı eşanjörü (OWHE) ile çalıştırıldığında, orta ve düşük işletme sıcaklıklarında uygulanabilirliğinin araştırmıştır. Sistemin termal performansını, birincil enerji oranı (PER) endeksi ile değerlendirmiştir. Sonuç olarak, düşük direkt normal irradyasyonlu (DNI) bulutlu günlerde, PTC + AHP / OWHE sisteminin çalışmasının maliyet-etkin olmadığını görmüştür. Kısa bir süre (örn. 2 saat) süren yüksek DNI ile bulutlu günlerde, PTC + OWHE sisteminin çalışması, PTC + AHP sisteminden daha iyi sonuç vermiştir. Uzun bir süre (örneğin 8 saat) süren yüksek DNI ile güneşli günlerde, PTC + AHP sisteminin daha yüksek PER değerlerine sahip olduğu için çalıştırılmasını önermiştir.

Grami ve Gharbia (2018), çalışmalarında parabolik oluklu güneş kolektörlerinin özellikle Körfez Bölgesi'nde ki tozlu ve fırtınaları günlerin çokluğu nedeniyle sürekli olarak temizlenmesi gerektiğinin gerekliliğini, ancak, sistemin geometrisi sebebiyle otonom temizliğin uygun olmayacağını göstermiştir. Bundan dolayı, çalışmalarında bor silikat tabakalarını kullanarak oluğun boşluğunu kapatarak temizlemeyi çok daha kolaylaştırmayı amaçlamıştır. Sonuç olarak, yeni tasarımlarıyla birlikte, oluklu kolektörün % 27'lik ısı verim ile önemli bir gelişim göstermiş ve kolay bir temizleme prosedürüyle toz birikimi problemini çözmüştür (internet, parabolic collector, 2018).

Fernández ve diğerleri (2018), çalışmalarında küçük boyutlu parabolik oluklu kolektörlerin (PTC) gerçek dış ortam koşullarında performansını değerlendirmek için bir güneş termal test döngüsünün geliştirilmesini ve aynı zamanda belirtilen test koşullarını karşılaştırmayı amaçlayan bir dizi deney sonuçlarını sunmuştur. Sonuçlarında, küçük ölçekli PTC'ler, 100 ila 250 °C arasındaki ısı taleplerini karşılamak için ümit vaat eden bir çözümü temsil etmelerine rağmen, bunların test edilmesine yönelik bir sertifikasyon şemasının uygulanmasının amaçlanması durumunda bazı zorluklar tespit etmişlerdir. Ayrıca, performans testleri sırasında gerçekleştirilecek ortam ve çalışma koşullarına ilişkin mevcut standartlar arasında genel bir fikir birliğinin olmadığını tespit etmiştir. Ek olarak, dünyada

uzun süre boyunca kullanılabilen gerçek çalışma koşulları altında performanslarını değerlendirmek için uygun test tesisinin bulunmadığını vurgulamıştır.

Vinicchayakul, Sookramoon ve Patummakason (2018), çalışmalarında parabolik oluklu yoğunlaştırıcı toplayıcılar için otomatik devrelerin kullanıldığı güneş takip sistemini sunmuştur. Sonuçları, güneş takip sistemi olmayan tesis ile güneş takip sistemine sahip tesis karşılaştırılarak gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, güneş takip sistemi, sıradan parabolik oluk sisteminden önemli ölçüde daha iyi sonuç vermiştir.

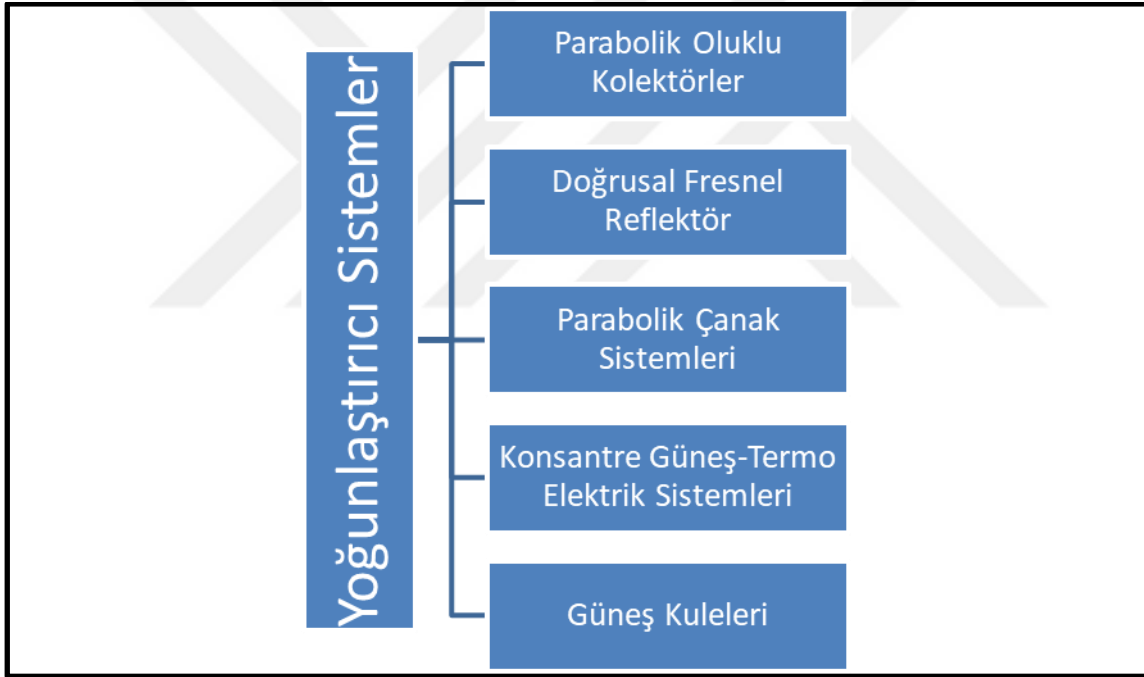
Bu çalışmada İskenderun Bölgesi'nin $36^{\circ} 35' 12''N - 36^{\circ} 10' 21''E$ koordinatlarında bulunan alanda, EBSILON programı kullanılarak Güneş Kulesi Güç Tesisinin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Analizler için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan İskenderun Bölgesine ait 12 aylık, sıcaklık, rüzgâr değerleri ve bölgenin aylık toplam güneş enerjisi verileri kullanılmıştır. Analizlerde, Güneş Kulesinin çıkış sıcaklığı $500-1000^{\circ}C$ arasında tutulup, simülasyon çalıştırılmış, toplam pompa güç tüketimi, brüt güç, net güç, toplam ısı girişi, sistem akışkanı kütleli debisi, ekserji verimi grafikleri çizdirilip ve sistemin en verimli çalıştığı ay ve sıcaklık değerleri bulunmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi kullanan sistemler

İnsanlar geçmişten günümüze kadar güneş enerjisini, çeşitli yöntemler ile enerji ihtiyaçlarını giderebilmek amacıyla kullanmışlardır. Güneş ışınlarını kullanarak enerji üretmenin birçok yöntemi olmasına karşın, yüksek enerji ihtiyaçlarına çözüm olmalarından dolayı güneş enerjisini yoğunlaştırarak kullanan sistemler ana başlıklar halinde incelenecektir. Yoğunlaştırıcı sistemlerin çeşitleri Şekil 2.1’de verilmiştir. Toplamda beş gruba ayrılan bu sistemler çalışma yöntemleri, avantajları ve dezavantajları yönünden incelenmiştir.



Şekil 2.1. Yoğunlaştırıcı sistem çeşitleri

Parabolik oluklu sistemler

Parabolik oluklu sistemler güneş ışınlarını doğrudan kolektör eksenini üzerindeki bir odak çizgisine yoğunlaştırır. Parabolik oluklu bir sistemin uygulaması Şekil 2.2’de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi borunun içinden geçen sistem akışkanı ile bir alıcı tüpü, tüp duvarlarından yoğunlaştırılmış olan güneş enerjisini emer ve entalpisini yükseltir. Güneş ışınlarını çizgiye doğru açıda odaklanmasını sağlamak için, kolektörlere tek eksenli bir güneş takip sistemi yerleştirilir. Parabolik oluklu sistemleri, ışın radyasyonu veya Doğrudan

Normal Işınlama (DNI) olarak adlandırılan doğrudan güneş ışınımını, atmosferdeki bulut, duman veya toz tarafından etkilenmeyen ve Dünya'nın yüzeyine paralel bir ışın olarak ulaşan güneş ışınımını kullanabilirler (Fernández-García ve diğerleri, 2018).

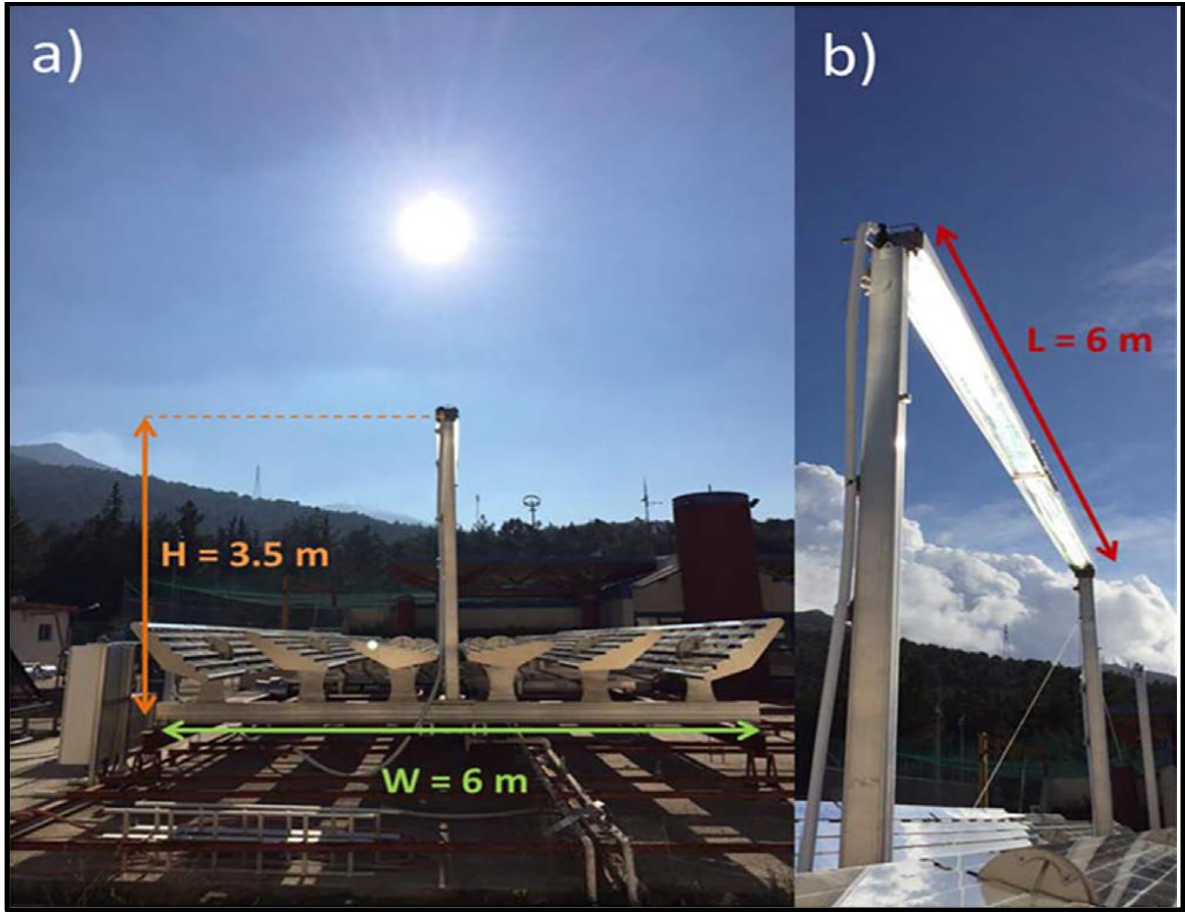


Şekil 2.2. Parabolik oluklu bir sistemin uygulaması (Ghazouani, Skouri, Bouadila ve Guizani, 2018)

Doğrusal fresnel reflektör

Doğrusal fresnel reflektörlü bir sistem Şekil 2.3'de görülmektedir. Yoğunlaştırıcı sistemlerden birisi olan doğrusal fresnel reflektörlü sistemler, güneş ışınlarını aşağı doğru bakan bir doğrusal alıcıya yansıtacak şekilde sıralanmış, düz veya hafif kavisli aynalar kullanarak parabolik oluklu sistemlere benzer yapı göstermektedir. Parabolik oluklu kolektörlerde olduğu gibi alıcı, doğrusal bir tüp şeklinde olup reflektörün üzerine ve üzerinde bir yansıtıcıya monte edilmiş sabit bir yapıdır. Reflektörler, güneşi tek veya çift eksenli bir rejimde takip edebilen aynalardır. Fresnel sistemin en önemli avantajı, esnek bükülmüş aynaların ve sabit alıcıların basit tasarımlarının daha düşük yatırım maliyetleri gerektirmesi ve doğrudan buhar üretimini kolaylaştırmasıdır. Ancak, bu sistemler, güneş

enerjisini elektriğe dönüştürmede güneş kulesi sistemleri ve parabolik oluklu sistemlere göre daha az popüler ve daha az verimlidir (Abbas, Montes, Piera ve Martínez, 2012).



Şekil 2.3. Doğrusal fresnel reflektörlü bir sistem (Bellos, Mathioulakis, Papanicolaou ve Belessiotis, 2018)

Parabolik çanak sistemleri

Parabolik çanak sistemlerini, parabolik oluklu sistemlerden ve doğrusal Fresnel kolektörlerden ayıran en önemli özelliği, güneş ışınlarını doğrusal bir çizgi üzerinde değil de, bir nokta üzerinde yoğunlaştırmasıdır. Parabolik çanaklı bir sistemin uygulaması şekil 2.4'de gösterilmiştir.

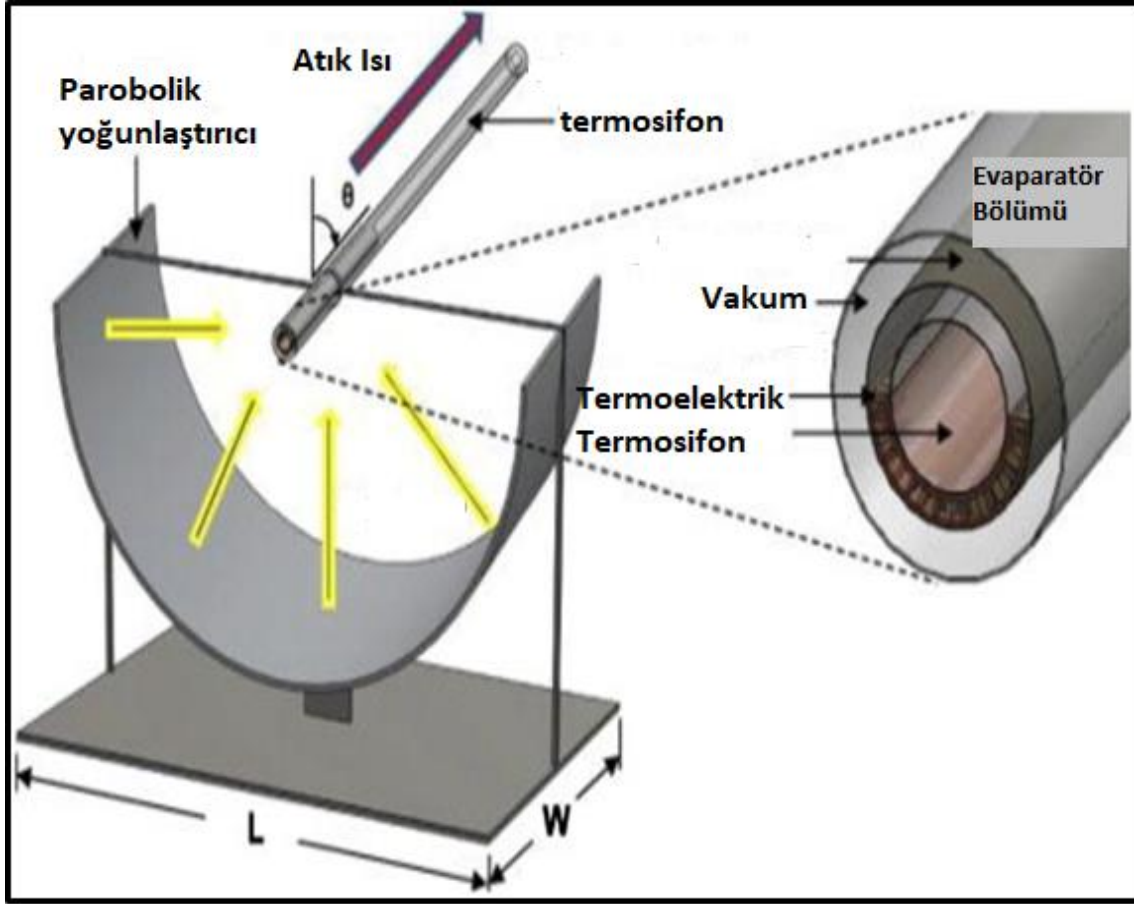
Sistemin ana ekipmanları, güneş ışınlarını odak noktasına yansıtacak olan parabolik çanak şeklinde dizilmiş aynalar ve güç dönüştürücü sistemden meydana gelir. Çanak sistemi, sistem verimini arttırmak için güneş ışınlarını iki eksenli olarak izlemektedir. Güç dönüştürücü sistem ise jeneratör ve termal alıcı sistemden oluşmaktadır. Alıcı sistemde, hidrojen çevrimiyle güneş ışığı ısı enerjisine çevrilir. Isınmış hidrojen ise jeneratör türbinlerinin çalışmasını sağlar (Erdoğan ve diğerleri, 2009).



Şekil 2.4. Parabolik çanaklı sistem uygulaması (internet, kilsanblog, 2018)

Konsantre güneş-termo elektrik sistemleri

Konsantre güneş-termo elektrik sistemleri Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Fotovoltaik sistemler gibi güneş enerjisinin elektriğe doğrudan dönüşümü, konsantre güneş termo-elektrik teknolojisi ile mümkündür. Güneş termoelektrik cihazları, indüklenmiş sıcaklık gradyanı ile güneş enerjisi enerjisini elektriğe dönüştürebilir. Son zamanlarda, yoğunlaştırılmış güneş sistem teknolojileri daha yüksek verimlilik elde etmek için termo-elektrikler sistemleriyle birleştirilmiştir. Bir konsantre güneş termoelektrik enerji jeneratörü tipik olarak bir güneş termal toplayıcı ve bir termo-elektrik jeneratöründen oluşur. Isı, termal toplayıcı tarafından emilir, daha sonra yoğunlaştırılır ve termik-elektrik jeneratörüne iletilir. Termo-elektrik malzemelerin mevcut maliyeti, bu sistemlerin yaygın kullanımını engellemektedir (Zhang, Baeyens, Degre ve Cacères, 2013).

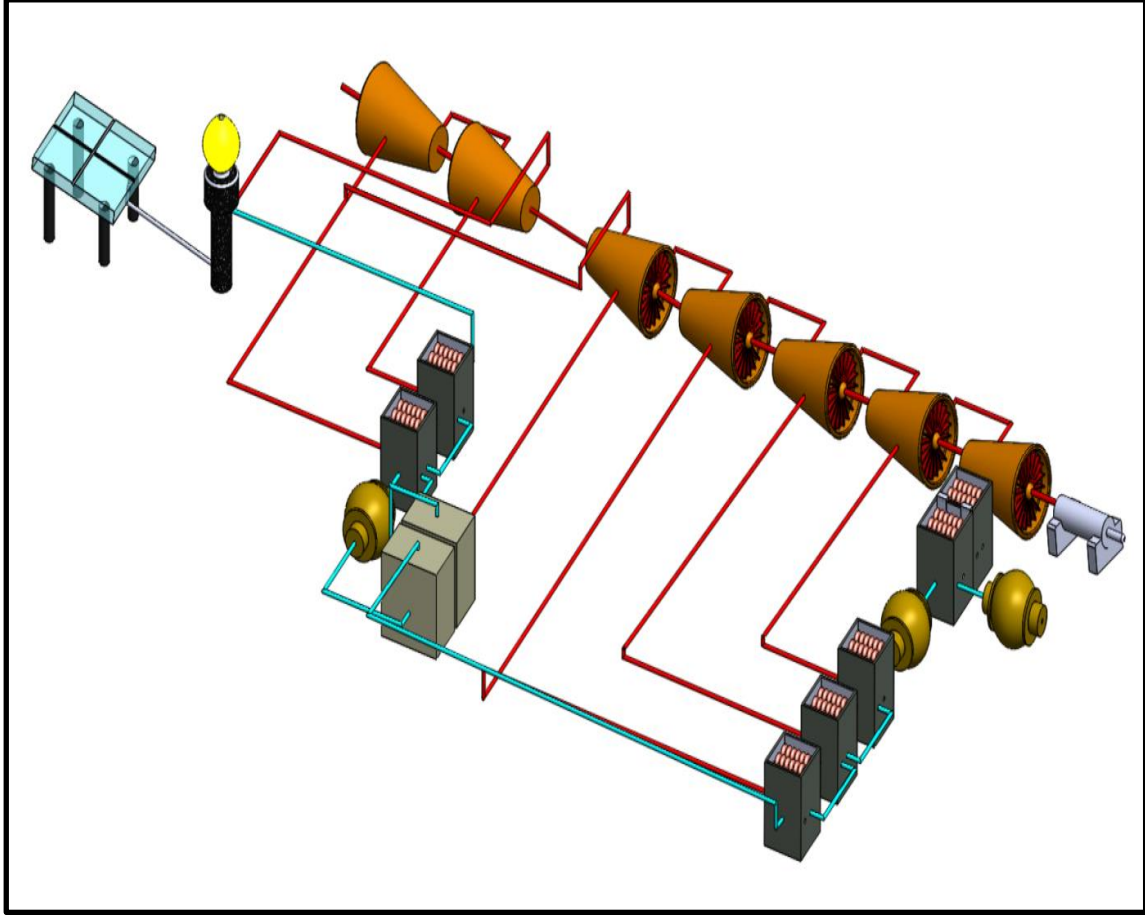


Şekil 2.5. Konsantre güneş-termo elektrik sistemlerinin örnek gösterimi (Zhang, Baeyens, Degreève ve Cacères, 2013).

2.1.2. Güneş kulesi

Merkezi alıcı sistemler olarak da bilinen, güneş kulesi güç sistemleri, güneş ışınlarını yoğunlaştırıp yansıtan heliostat adı verilen aynalar kullanan ve bu yoğunlaştırılan güneş ışınlarını sabit olan bir kule üzerindeki alıcıya yansıtan sistemlerdir. Şekil 2.6'da sistemin genel yapısı görülmekte olup, şekilde bulunan heliostatların tasarımı kullanıldıkları sistemlere göre farklılık gösterebilir. Yalnız yaygın olarak düz veya hafif iç bükey olan çeşitleridir. Kule üzerindeki merkezi alıcıda yoğunlaştırılan güneş ışınlarından oluşan ısı, sistemde kullanılan ısı transfer sıvısı tarafından emilir. Daha sonra buhar Rankine güç çevrimine buhar sağlayan ısı değiştiricilerine ısı transfer edilir. Ancak, günümüzdeki ticari sistemlerin bazılarında direkt olarak buhar üretimi sağlanırken, diğerlerinde ise, ısı transfer akışkanı ve depolama amaçlı olarak kullanılan erimiş tuzlarla birlikte farklı sıvılar kullanılmaktadır. Kulede çok yüksek sıcaklıklar elde edilebilmekte ve elde edilen buhar, türbinlerde elde edilen güç sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Güneş kulesi oldukça esnek olup tasarımcılar çok farklı heliostat ve kule tipleri kullanabilmekte ve birçok

ısı transfer sıvısı arasından seçim yapabilmektedir. Bazı sistemlerde ise tek bir güç bloğunu desteklemek için birden fazla kule kullanılabilir (Zhang, Baeyens, Degreéve ve Cacères, 2013).



Şekil 2.6. Genel bir güneş kulesi sistemi ve ekipmanları

Sistemde kullanılan sabitler ve bazı değerler

SPT sistemleri heliostatlar ile yoğunlaştırılmış güneş ışınlarının direkt olarak bir kule tepesindeki küre içerisinde bulunan çevrim akışkanına doğru yönlendirilmesi ile elde edilen kızgın buharın türbinden geçirilmesi ile güç üretmektedir. Sistemde aracı akışkan olarak su kullanılmaktadır. Sistemde farklı basınç seviyelerinde çalışan yedi adet türbin bulunmaktadır. Heliostatlar için ayrılmış olan toplam alan yaklaşık olarak yaklaşık 170 bin m² olup, heliostatların yüzeylerinin kapladığı net alan ise yaklaşık 14 bin m²'dir.

Simülasyonu yapılmış olan güneş kulesi güç tesisinin nominal çalışma koşulları ve önemli ekipmanlarının verim değerleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de görülmektedir. Çizelgeler incelendiğinde sistem ekipmanlarının korunması amacıyla limit sıcaklık değeri 2000 °C olarak seçilmiştir. Ayrıca, rüzgâr için tolere edilebilecek değer olarak 15 m/s seçilmiştir.

Çizelge 2.1. Güneş kulesi güç tesisinin nominal çalışma koşulları

Parametre	Değer	Birim
Güneş kulesi sayısı	1	Adet
Yoğuşturucu sayısı	1	Adet
Besleme suyu tankı sayısı	1	Adet
Isı değiştiricisi sayısı	5	Adet
Türbin sayısı	7	Adet
Maksimum çıkış sıcaklık limiti	2000	°C
Maksimum tolere edilebilecek rüzgar hızı	15	m/s
Heliostat net alanı	14208,33	m ²
Toplam heliostat alanı	170500	m ²

Çizelge 2.2. Güneş kulesi güç tesisi ekipmanlarının verimleri ve bazı değerler

Parametre	Değer	Birim
Türbin verimi	% 88	-
Pompa verimi	% 80	-
Jeneratör elektriksel verimi	% 80	-
Etkili alan verimliliği	% 70	-
Alıcı verimliliği	% 91	-
Yoğuşturucu soğutma suyu giriş sıcaklığı	40,009	°C
Yoğuşma Basıncı	2	bar

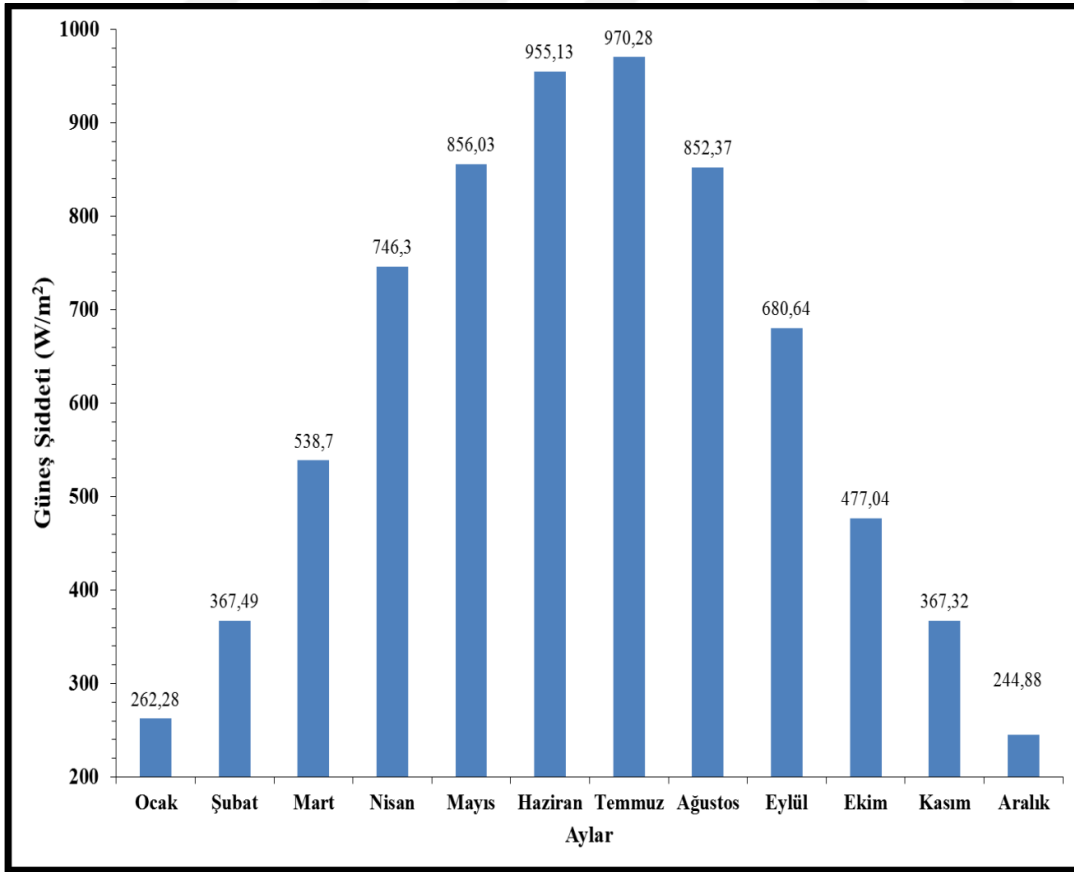
Tesis için yer seçimi

Hatay ili Türkiye'nin güneyinde bulunan Akdeniz'de İskenderun körfezinin doğu kıyısında yer alır. Batıdan Akdeniz ile güney ve doğudan Suriye, kuzeybatıdan Adana, kuzeyden Osmaniye son olarak kuzeydoğudan Gaziantep ile çevrilmiştir. Hatay; Antakya, Altınözü, Arsuz, Belen, Defne, Dört Yol, Erzin, Hassa, İskenderun, Kırıkhan, Kumlu, Payas, Reyhanlı, Samandağ ve Yayladağı ilçelerinden oluşmaktadır. Hatay'ın yüzölçümü göller hariç tutulduğunda 5.524 km² olup, il topraklarının % 46,1'ini dağlar, % 33,5'ini ovalar ve % 20,4'ünü platolar oluşturmaktadır. İskenderun ilçesinin konumu Harita 2.1'de gösterilmektedir (internet, hatay, 2018).

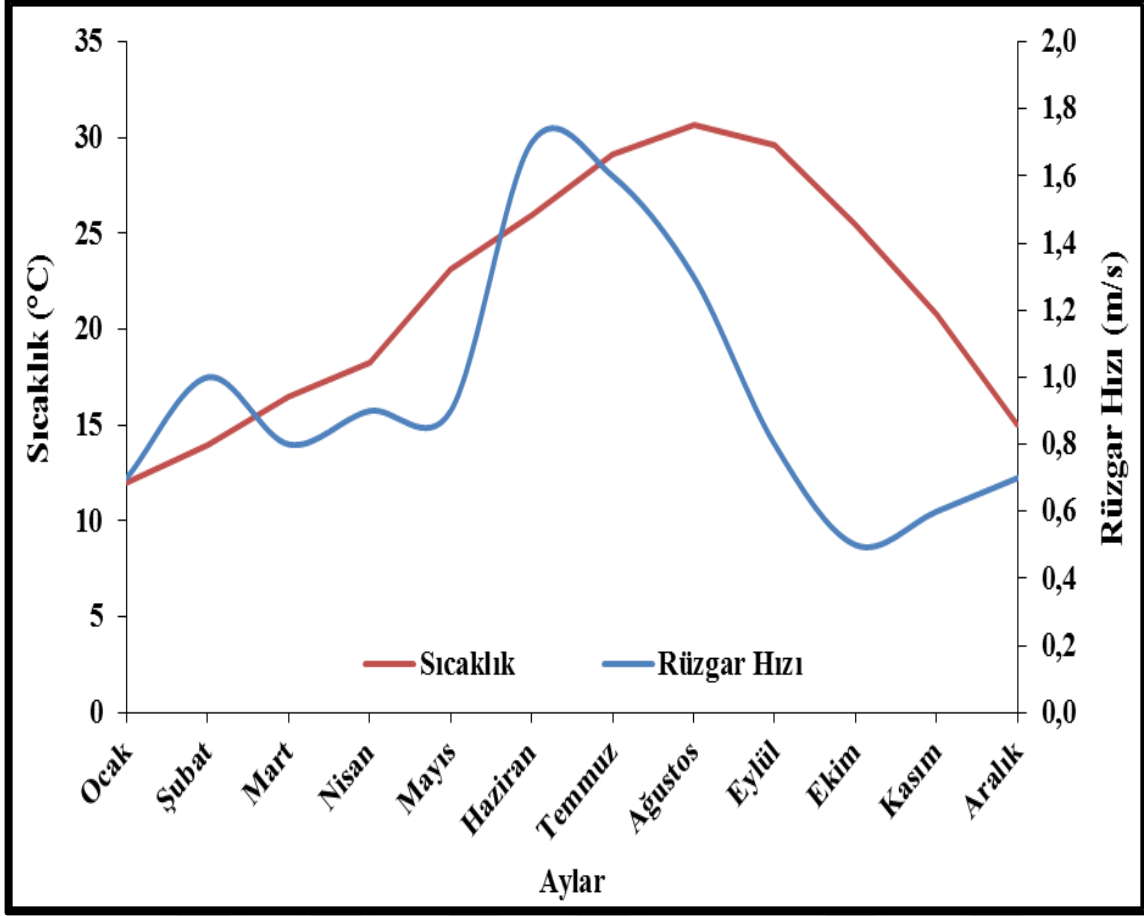


Harita 2.1. İskenderun bölgesinin Türkiye haritasındaki konumu (internet, hatay harita, 2018)

Sanayi bazlı olarak incelendiğinde özellikle 1970 yılında faaliyete geçen demir-çelik fabrikasıyla birlikte, İskenderun, Dörtyol-Payas çevresinde demir-çeliğe dayalı sanayi faaliyetleri yoğunluk kazanmıştır. Bu faaliyetlerin, Hatay'daki imalat sanayinin temelini oluşturduğu söylenebilir. Hatay bölgesinin demir-çelik sanayisindeki bu gelişim bölgede büyük bir enerji talebi doğurmuştur. Böylelikle açığa çıkan bu enerji talebini karşılamak için bölgede enerjiye yönelik yatırımlar artmıştır. Ancak, bölgede kurulan güç santralleri genellikle termik santrallerden oluşmaktadır. Bu santraller mevcut demir-çelik fabrikalarının oluşturduğu çevre kirliliğinin daha da artmasına sebebiyet vermekte ve bölge halkının sağlığını ciddi ölçüde tehdit etmektedir. Bundan dolayı, bölgede kurulacak olan güç santrallerinin hem çevreci hem de büyük güç kapasitesine sahip olması kaçınılmazdır. Tüm bunların yanı sıra, bölgenin hava koşulları, güneş radyasyonu, mevcut inşaat alanları ve seçilen alanın eğimi gibi birçok kriter güneş kulesi güç sisteminin yer seçiminde etkili olmuştur. Seçim kriterlerinden en önemlilerinden biri olan güneş şiddeti grafiği Şekil 2.7'de ve İskenderun bölgesine ait sıcaklık-rüzgâr grafiği Şekil 2.8'de görülmektedir. Sıcaklık ve rüzgâr değerleri iki karşılaştırılması kolay olması açısından iki eksenli grafik üzerinde gösterilmiştir.

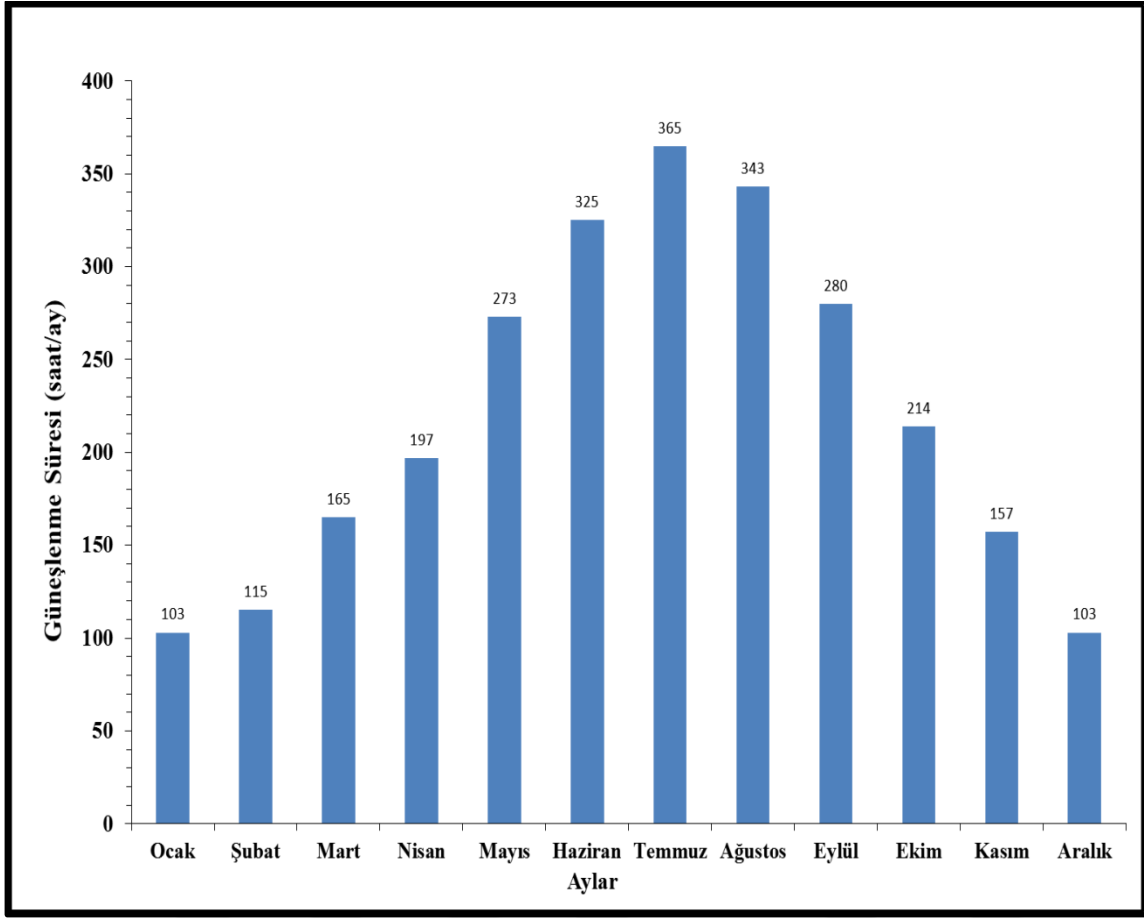


Şekil 2.7. İskenderun bölgesinin güneş şiddeti grafiği



Şekil 2.8. İskenderun bölgesinin meteorolojik veriler grafiği

Bölgenin güneş şiddetinin aylara göre dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 2.7) yaz aylarında oldukça yüksek değerlerde seyrettiği görülmektedir. Bölgenin sıcaklık-rüzgâr grafiği incelendiğinde ise güneş şiddeti grafiğine paralel değerler görülmektedir. Yaz aylarında havanın sıcaklığı diğer aylara göre yüksektir. Rüzgar değerleri ise güç üretiminde önemli bir kriter değildir. İki grafik ortak olarak yorumlanırsa yaz aylarındaki değerlerin yüksek olması, tesisin bu aylardaki güç üretim değerlerinin daha yüksek çıkmasına sebebiyet vermektedir. Tesisin güç üretiminde büyük bir öneme sahip diğer bir parametre olan güneşlenme süresi grafiği Şekil 2.9'da görülmektedir. Güneşlenme süresi olarak Akdeniz Bölgesi çok yüksek güneşlenme süresi değerlerine sahip bir bölgedir. Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Sistemin aylık ve yıllık olarak ne kadar güç üretebileceği direkt olarak güneşlenme süresiyle bağlantılı olması sistem için bu değerlerin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.9. İskenderun bölgesinin güneşlenme süresi grafiği

Güneşlenme süresi grafiği incelendiğinde kış aylarında bölgenin fazla süre güneş almadığı görülmektedir. Ancak, kış aylarının aksine yaz aylarının sıcaklık-rüzgâr ve güneşlenme şiddeti grafiklerinde olduğu gibi yüksek değerlerde seyrettiği görülmektedir.

2.1.3. Güneş kulesi güç sistemi ekipmanları

Deaeratör

Deaeratörler buharla çalışan sistemlerde kullanılmaktadır. Bir deaeratör sisteminin elamanları ile birlikte genel olarak görüntüsü Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Sistemin besleme suyundaki çözünmüş gazların atılması buharlı sistemlerde gereklilik arz etmektedir. Besleme suyu içerisinde bulunan çözünmüş oksijen kazan ve benzeri sistem ekipmanlarında hızlı lokal korozyona oluşmasına sebebiyet vermektedir. Suda çözünen karbondioksit, düşük pH seviyeleri ve koroziv karbonik asit üretilmesine neden olur. Bu çözünmüş gazların kimyasal ilavelerle kontrol edilebilir olmasına rağmen, mekanik yollarla uzaklaştırılması ekonomik ve termal olarak daha verimli olmaktadır. Bu mekanik süreç hava alma olarak

adlandırılır ve buhar sisteminin ömrünü arttırmaya önemli ölçüde yardımcı olmaktadır. Havalandırma işlemi, iki bilimsel temele dayanmaktadır. Birinci ilke Henry Yasası ile açıklanabilmektedir. Henry Yasası, çözelti içerisindeki gazın kısmi basıncı düştükçe çözeltide bulunan gazın çözünürlüğünün azaldığını ifade etmektedir. Hava boşaltma işlemini sağlayan ikinci ilke ise gaz çözünürlük ve sıcaklık arasında bulunan bağlantıdır. Çözelti sıcaklığı, doymuluk sıcaklığına yaklaştıkça, çözelti içerisindeki gazın çözünürlüğü azalmaktadır. Deaeratör, bu süreçlerin her ikisini de, kaynar sudaki çözülmüş oksijen, karbon dioksitle birlikte başka yoğunlaşmayan gazları almak için kullanmaktadır. Besleme suyu, buhar tabakası üzerine ince filmlerle püskürtülür ve doyma sıcaklığına kadar hızlı bir şekilde ısıtılır. Besleme suyunu ince filmler şeklinde püskürterek sıvının buhar ile temasta yüzey alanı artırır, bu işlemle birlikte daha hızlı oksijen giderme ve daha az gaz konsantrasyonları ile sonuçlanır. Bu işlem tüm çözülmüş gazların çözünürlüğünü azaltıp besleme suyundan uzaklaştırır. Sonuç olarak kurutulmuş gazlar deaeratörden havalandırılır.



Şekil 2.10. Deaeratör ve üzerinde bulunan elemanlar (internet, deaeratör, 2018)

Buhar türbini

Buhar türbinleri genellikle, yüksek hızlı buharın rotorun dönmesine neden olacak şekilde yönlendirildiği çok sayıda bıçağa sahip bir rotor içeren genellikle büyük, ağır çelik makineleridir. Orta kapasiteli uygulamalarda kullanılan bir buhar türbini Şekil 2.11'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi bir buhar türbini çalışırken, sıklıkla buhar, çeşitli rotor kanatları serisi boyunca hızlıca ilerler, her bir set, aldığı buharın en verimli kullanımını sağlamak üzere tasarlanmış türbin "aşaması" dır. Buhar genellikle türbine, birinci aşamada yüksek basınç ve sıcaklıkta girer ve her aşamayı geçerken düşük basınçta ve düşük sıcaklıkta ardışık aşamalardan geçerek ilerlemeye devam eder. Buhar bu aşamalardan geçerken türbin kanatlarına çarpmasıyla birlikte mekanik enerji elde edilir. Yaygın olarak elektrik üretmek için rotorun shaftına bir elektrik jeneratörü eklenir. Buhar türbinlerinin kullanıldığı alanlar ise öncelikle elektrik santralleridir. Elektrik üretmek amacıyla kurulan santrallerde üreteçleri çalıştırmak için buhar türbinleri kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak yüksek sıcaklıklara ulaşarak buhar üretimi sağlayan güneş kulesi güç santralleri ve diğer güneş ışınlarını yoğunlaştırarak buhar üretimi sağlayan santraller verilebilir. Ayrıca yolcu ve yük gemilerinin pervanelerinin döndürülmesinde yine buhar türbinlerinden faydalanılmaktadır.



Şekil 2.11. Orta kapasiteli uygulamalarda kullanılan bir buhar türbini (Abadi, Ahmadpour, Abadi ve Meyer, 2018)

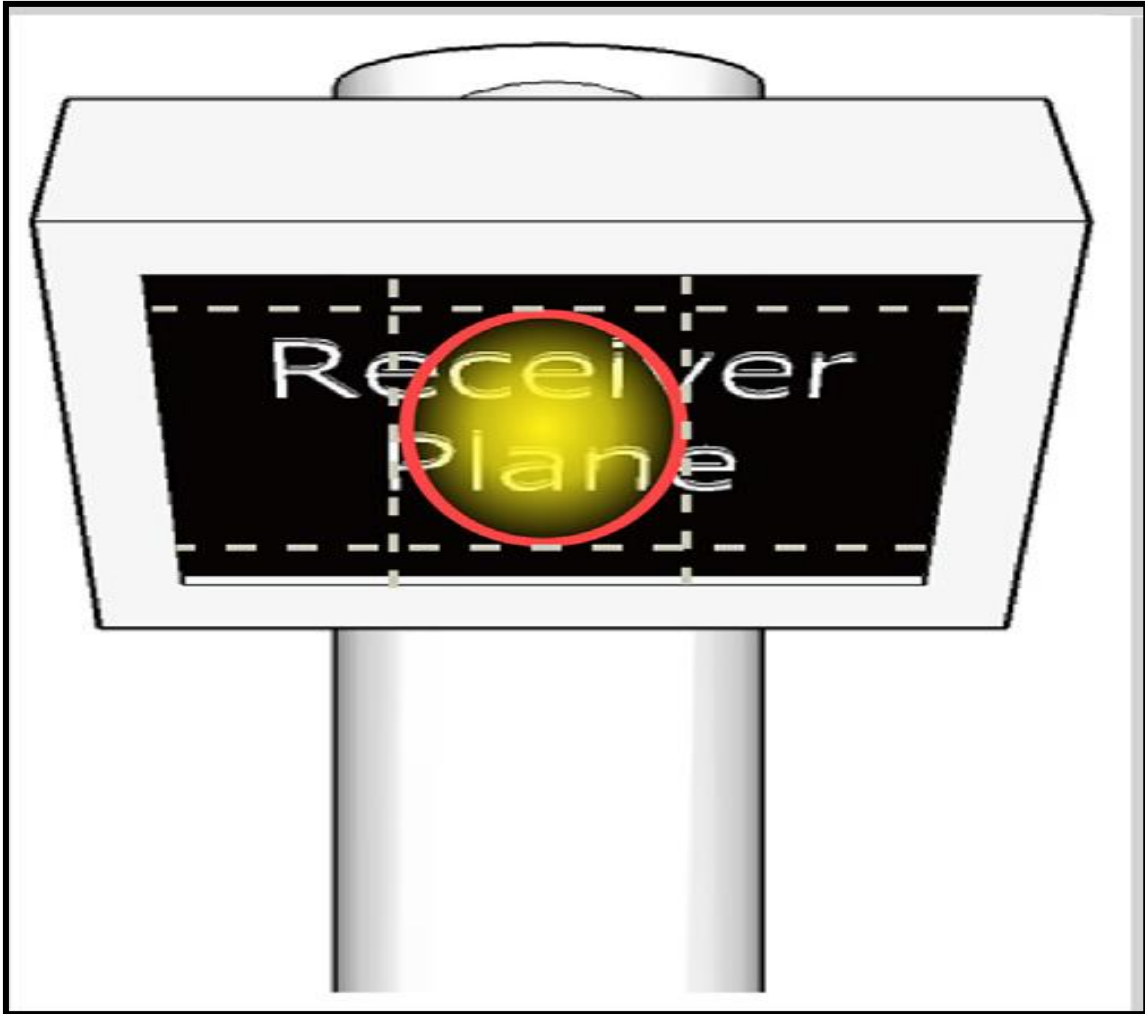
Alıcı sistem

Heliostatlar tarafından yönlendirilen güneş ışınları kule en üstünde bulunan alıcı sistem üzerinde toplanırlar. Bu alıcı sistemde toplanan güneş ışınları burada termal enerjiye dönüştürülür. Burada enerji, silindirik borulu bir yapıya sahip ısı eşanjörü yardımıyla sistem akışkanına (erimiş nitrat tuzu, su buharı) aktarılır. Sistemin bileşenlerinden olan alıcı sistem, tek parçadan oluşmayıp kendi alt sistemleri bulunmaktadır. Bunlar;

- Alıcı sirkülasyon pompası
- Alıcı giriş tankı
- Alıcı boru sistemleri
- Yüksek nikel alaşımından imal edilmiş alıcı emici panelleri
- Alıcı çıkış tankı
- Alıcı panel destek çerçevesi

- Kurulum ve parça değiştirme işlemleri için alıcı panellerine erişim sağlayan bir alıcı kule vinci

Ayrıca kule gövdesi alıcı sistemin önemli bir bileşeni olup günümüzdeki uygulama yükseklikleri 60 ile 150 metre arasında değişiklik göstermektedir. Bir güneş kulesi sistemi ekipmanları, özellikle bir güneş kulesinin yapısı ve alıcı sistem Şekil 2.12’de görölmektedir.



Şekil 2.12. Güneş kulesinin yapısı ve alıcı sistem (Wagner ve Wendelin, 2018)

Pompa

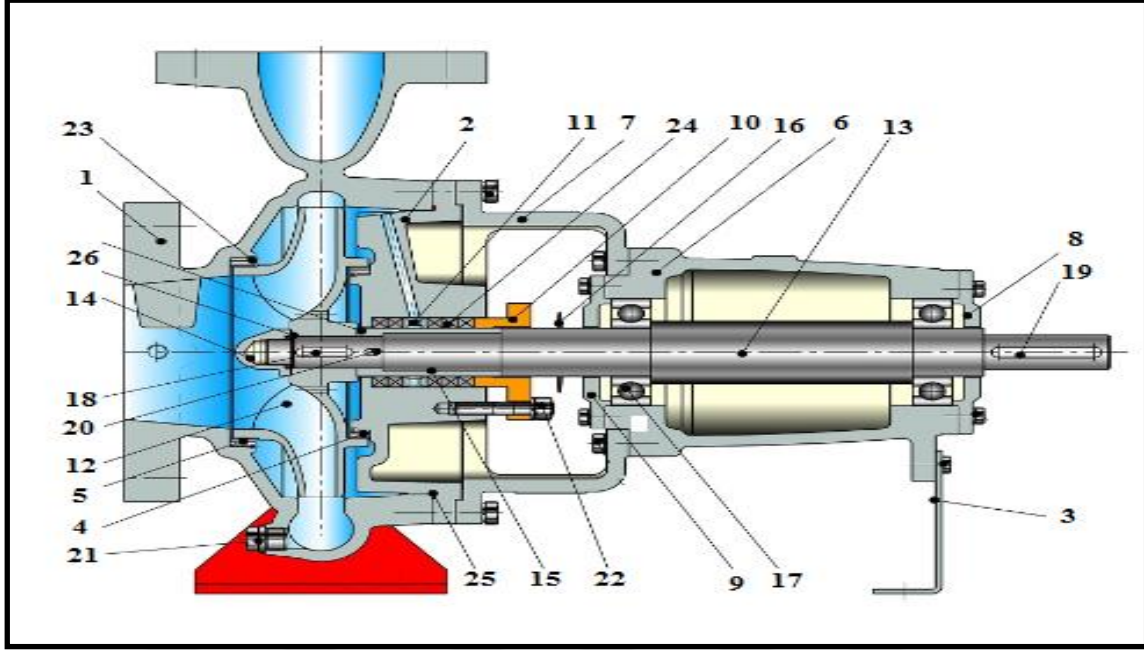
Şekil 2.13’de gösterilen enerji sektöründe kullanılan ticari bir uygulaması görölen pompalar, tür olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar, hacimsel ve rotadinamik pompalardır. Hacimsel pompalarda tek veya daha fazla hacimler mevcuttur. Bu hacimlerin görevi çevrim akışkanını emme ağzından basma ağzına zorunlu olarak getirmeleridir. Hacimler alışma esnasında sürekli olarak dolup boşalır ve akışkanın basılması devamlılık arz etmez.

Rotadinamik pompalarda emme ağız ile basma ağız arasında akışkanın ilerlemesini engelleyecek hacimler bulunmamaktadır. Çevrim sıvısının akışı devamlı olarak ilerler. Akışkan sıvıya, pompa çarkı içinde verilen enerji ile akışın momentumunda değişiklik oluşması sağlanır. Bu ise basınç farkı oluşmasını sağlamaktadır. Rotadinamik pompaların basma yükseklikleri pompanın içinden geçen debinin bir fonksiyonudur.



Şekil 2.13. Enerji Sektöründe kullanılan bir pompanın ticari uygulaması (internet, pompa, 2018)

Genel olarak bir pompayı oluşturan yapı elemanları ve isimleri Şekil 2.14’de görülmektedir.



Parça No	Parça Adı	Parça No	Parça Adı
1	Salyangoz Gövde	14	Çark Somunu
2	Salmastra Yatağı	15	Mil Burcu
3	Destek Ayak	16	Su Siperi
4	Aşınma Halkası (Arka)	17	Rulman
5	Aşınma Bileziği (Ön)	18	Çark Kaması
6	Rulman Yatağı	19	Kaplin Kaması
7	Ara Parça	20	Burç Kaması
8	Rulman Kapağı (Dış)	21	Boşaltma Tapası
9	Rulman Kapağı (İç)	22	Saplama
10	Glen	23	Setuskur
11	Sulama Halkası	24	Yumuşak Salmastra
12	Çark	25	O-Ring
13	Mil	26	Conta

Şekil 2.14. Pompayı oluşturan yapı ve elemanları

Heliostat

Heliostatlar teknik açıdan bir güneş kulesi tesisinin en önemli elemanlarından biridir. Maliyet açısından incelendiğinde ise tesisin toplam maliyetinin yaklaşık olarak % 50 kadarını oluşturmaktadır. Ayrıca, tesisin toplam kurulu alanı düşünüldüğünde en fazla alanı kaplayan sistem ekipmanıdır.

Güneş kulesi güç sistemlerinde kullanılan ve güneş ışınımı izleme kabiliyetine sahip heliostatların ticari bir uygulaması Şekil 2.15’de görülmektedir. Bir güneş kulesi güç sisteminde heliostatların görevi, üzerlerine düşen güneş ışınlarını doğru açıda şekilde gösterilen güneş kulesi üzerinde bulunan alıcı kısma yansıtmaktır. Kulenin alıcı yüzeyine yansıtılan güneş ışınları buraya odaklanarak yüksek sıcaklık elde edilmektedir. Güneş ışınları yeryüzüne günün her saatinde farklı açılarla düşmektedir. Bu yüzden sabitlenmiş bulunan heliostatların güneş ışınlarını iyi verim sağlanacak düzeyde kuleye yansıtması zorlaşmaktadır. Bu sebeple, heliostatlar için sistemin verimini arttırmak amacıyla güneş izleme sistemleri tasarlanmıştır. Böylelikle, güneş ışınlarının iki eksenli veya tek eksenli olarak izlenmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 2.15. Güneş ışınlarını izleyebilen heliostatların uygulaması (internet, heliostat, 2018)

2.3. Yöntem

Bu çalışmada İskenderun Bölgesinin $36^{\circ} 35' 12''N - 36^{\circ} 10' 21''E$ koordinatlarında bulunan alanda, güneş enerjisi ile çalışan sistem sayesinde insanların sağlığına zararlı olan fosil yakıtların yakılması sonucu çevre kirliliğine neden olan maddelerin azaltılması amaçlanmıştır. Ayrıca sanayisi gelişmiş olan İskenderun bölgesinin enerji ihtiyacının temiz ve sağlıklı olan yenilenebilir enerji kaynağı kullanan bu sistem ile karşılanması amaçlanmıştır. Güneş kulesi güç tesisinin EBSILON programı kullanılarak yapılan analizler neticesinde;

- Güneş kulesi çıkış sıcaklığı, mevcut malzeme optimizasyonları ve geçmişte bu sistem üzerine yapılan çalışmalar dikkate alınarak farklı sıcaklık ve rüzgar değerleri için simülasyon yapılmış,
- Yapılan simülasyonda, bölgenin güneş ışınımı değerleri hesaba katılmış,
- Bölgenin aylara göre güneşlenme süreleri kullanılarak ay ve yıllık bazda ne kadar güç üretilebileceği hesaplanmış,
- Yapılan parametrik optimizasyon sonucunda maksimum güç çıkışının ve verimin elde edildiği aydaki optimum sıcaklık değerleri bulunmuş,
- Sistemin enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır.

2.3.1. Güneş kulesi güç çevrimi

Simülasyonu yapılmış olan sistemde verimliliği artırmak amacıyla birden fazla türbin ve ısı değiştiricisi kullanılmıştır. Sistemin daha kolay anlaşılması ve oluşabilecek anlaşmazlıkları giderebilmek, amacıyla sistem şemasının programdan çıktısı alınıp numaralandırma yapılmıştır. Sistemi açıklamak amacıyla kule çıkış sıcaklığı $1500^{\circ}C$ olarak belirlenip çalıştırılmıştır. Sistemin numaralandırılmış hali Şekil 2.16'da görülmektedir. Sistem akışkanın ilerleyişine göre numaralandırılan sistem için, başlangıç numarası kabul edilen bir numara, heliostatlara gelen güneş ışınlarının, kuleye yansıtılmasını temsil etmektedir.

(4) girer (2-3-4). A türbininden gelen buhar (4) B türbininde genişleyerek 16,5 bar ve 1072 °C sıcaklıkta 2. ısı değiştiriciye (5) ve C türbinine (6) girer (4-5-6). B türbininden gelen buhar (6) C türbininde genişleyerek 6 bar ve 866 °C sıcaklıkta çıkararak karışım odasına (7) ve D türbinine (8) girer (6-7-8). C türbininden gelen buhar (8) D türbininde genişleyerek 2,5 bar ve 706 °C sıcaklıkta çıkar, 5 numaralı ısı değiştiriciye (9) ve E türbinine(10) girer (8-9-10). D türbininden gelen buhar(10) E türbininde genişleyerek 1,2 bar ve 585 °C sıcaklıkta çıkar 4 numaralı ısı değiştiriciye (11) ve F türbinine (12) girer (10-11-12). E türbininden gelen buhar (12) F türbininde genişleyerek 0,6 bar ve 480 °C sıcaklıkta çıkar, 3. ısı değiştiriciye (13) ve G türbinine (14) girer (12-13-14). F türbininden gelen buhar (14) G türbininde genişleyerek 0,12 bar ve 278 °C sıcaklıkta çıkar yoğunlaştırıcıya (15) gider (14-15). G türbininden çıkar buhar (15) yoğunlaştırıcıda yoğunlaşarak 0,12 bar ve 50 °C sıcaklıkta (16) çıkar (15-16). Yoğunlaştırıcıdan çıkan su (16) 3 numaralı ısı değiştiriciden gelen ısıyı aktarılmış su (18) ile birleşip pompaya girer (17) (16-17-18). Pompaya giren su (17) pompadan 6,5 bar ve 52 °C sıcaklıkta çıkar (19) (17-19). F türbininden gelen buhar (13) 4 numaralı ısı değiştiriciden çıkan (21) su ile 3 numaralı ısı değiştiricide birleşip ısıyı aktararak pompaya gider (18) (13-21y-18). 4 numaralı ısı değiştiriciden çıkan 104 °C sıcaklıktaki 1,2 bar basınçtaki su yoğunlaştırıcı valfe girip (21) 0,6 bar ve 85 °C sıcaklıkta çıkar (21y) (21-21y). Pompadan çıkan su (19) 4 numaralı ısı değiştiriciye girer orada ısı çekip sıcaklığını artırıp çıkar (20) (19-20). E türbininden gelen buhar (11) 5 numaralı ısı değiştiriciden çıkan (23) su ile 4 numaralı ısı değiştiricide birleşip ısıyı aktarıp 3 numaralı ısı değiştiriciye gider (21) (11-23y-21). 5 numaralı ısı değiştiriciden çıkan 2,5 bar ve 127 °C sıcaklıktaki buhar yoğunlaştırıcı valfe girip (23) 1,2 bar ve 105 °C sıcaklıkta çıkar (21y) (23-23y). 3 numaralı ısı değiştiricide ısı çekip sıcaklığını artırmış su 4 numaralı ısı değiştiriciye girer (20) orada ısı çekip sıcaklığını artırarak 6 bar ve 100 °C sıcaklıkta çıkar (22) (20-22). D türbininden gelen buhar (9) 5 numaralı ısı değiştiriciye girip orada ısıyı aktarıp çıkar (23) (9-23). 4 numaralı ısı değiştiriciden çıkan su 5 numaralı ısı değiştiriciye girip oradan ısı çekerek sıcaklığını yükseltip 6 bar ve 122 °C sıcaklıkta çıkar (24) (22-24). 5 numaralı ısı değiştiriciden çıkan buhar (24), C numaralı türbinden çıkan buhar (7) ve yoğunlaştırıcı valften çıkan buhar (26v) karışım odasında karışıp 6 bar ve 158 °C sıcaklıkta çıkar (27) (24-7-26y-27). Karışım odasından çıkan buhar (27) pompaya girerek sıkıştırılarak çıkar (28) (27-28). B türbininden gelen buhar (5) 1 numaralı ısı değiştiriciden gelen buhar ile 2 numaralı ısı değiştiricide birleşip ısılarını aktarıp 16,5 bar ve 202 °C sıcaklıkta çıkar (26) (5-25-26). Pompadan çıkan su (28) ısı değiştiriciye girip ısı çekerek sıcaklığını yükselterek 125 bar ve 197 °C sıcaklıkta çıkar (29) (28-29). A türbininden gelen buhar (3) 1 numaralı ısı

değiştiriciye girip ısısını aktarır 16,5 bar ve 202 °C sıcaklıkta çıkar (25) (3-25). 1 numaralı ısı değiştiriciden çıkan buhar (5) yoğunlaştırıcı valfe girerek 16,5 bar ve 202 °C sıcaklıkta çıkar (25y) (25-25y). 2 numaralı ısı değiştiriciden çıkan buhar 1 numaralı ısı değiştiriciye girerek ısı çeker ve sıcaklığını yükseltir 125 bar ve 245 °C sıcaklıkta çıkar (30) (29-30).

Matematiksel Denklemler

Bir güneş kulesi güç sisteminde geniş bir vizyona sahip olmak için, enerji analizine ek olarak, sistem ekserjik olarak da analiz edilmelidir. Bu nedenle, bu çalışmada tasarlanan güneş kulesi sisteminin enerji ve ekserji analizi, aşağıdaki gibi yazılan genel kütle, enerji ve ekserji dengesi denklemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o \quad (2.1)$$

$$\dot{Q} + \dot{W} = \sum(\dot{m}h)_o - \sum(\dot{m}h)_i \quad (2.2)$$

$$\dot{E}_{ex;i} = \dot{E}_{ex;o} + \dot{E}_{ex;dest} \quad (2.3)$$

Burada, \dot{E}_{ex} ekserji akış hızı anlamına gelir ve şu şekilde bulunabilir:

$$\dot{E}_{ex} = \dot{m}\psi \quad (2.4)$$

Burada, ψ spesifik ekserjiyi temsil eder ve şu şekilde belirlenebilir.

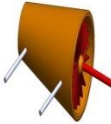
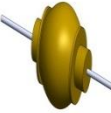

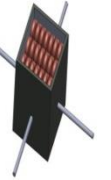
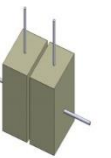
$$\psi = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (2.5)$$

İşin ekserjik değeri, enerjik değere eşittir. Çünkü işin ekserjik verimliliği % 100'dür. Bununla birlikte, ısının ekserjik eşdeğeri, değişen ortam ve yüzey sıcaklığı ile değişmektedir. Yani, ısının ekserjik değeri şu şekilde hesaplanabilir:


$$\dot{E}_{ex;Q} = \left(1 - \frac{T_0}{T_{sur}}\right) \dot{Q} \quad (2.6)$$

Burada, T_0 ortam sıcaklığı veya aylık olarak kaydedilmiş atmosfer sıcaklığını ifade eder. T_{sur} ise bileşenin ortalama yüzey sıcaklığıdır.

Çizelge 2.3. Sistemin enerji ve ekserji formülleri (Ahmadi, Toghraie ve Akbari, 2017; Cengel ve Boles, 2008; Dincer ve Rosen, 2012; Yaglı, Koc, Karakus and Koc, 2016)

Bileşen	Enerji	Ekserji
 <p>TÜRİN</p>	$\dot{m}_i = \dot{m}_o$ $\dot{W}_t = \dot{m}_i(h_i - h_o)$ $\eta_t = \frac{h_i - h_o}{h_i - h_{os}}$	$\dot{W}_{t,rev} = \dot{m}_i(\psi_i - \psi_o)$ $\dot{E}_{ex;t,dest} = \dot{W}_{t,rev} - \dot{W}_t$ $\varepsilon_t = \frac{\dot{W}_t}{\dot{W}_{t,rev}}$
 <p>POMPA</p>	$\dot{m}_i = \dot{m}_o$ $\dot{W}_p = \dot{m}_i(h_o - h_i)$ $\eta_p = \frac{h_{os} - h_i}{h_o - h_i}$	$\dot{W}_{p,rev} = \dot{m}_i(\psi_o - \psi_i)$ $\dot{E}_{ex;p,dest} = \dot{W}_p - \dot{W}_{p,rev}$ $\varepsilon_p = \frac{\dot{W}_{p,rev}}{\dot{W}_p}$
 <p>YOĞURTURUCU</p>	$\dot{m}_{i,1} = \dot{m}_{o,1} = \dot{m}_{STP}$ $\dot{m}_{i,2} = \dot{m}_{o,2} = \dot{m}_{cw}$ $\dot{Q}_c = \dot{m}_{i,1}(h_{i,1} - h_{o,1}) = \dot{m}_{i,2}(h_{o,2} - h_{i,2})$	$\dot{E}_{ex;c,dest} = \dot{m}_{i,1}(\psi_{i,1} - \psi_{o,1}) - \dot{m}_{i,2}(\psi_{o,2} - \psi_{i,2})$ $\varepsilon_c = \frac{\dot{m}_{i,2}(\psi_{o,2} - \psi_{i,2})}{\dot{m}_{i,1}(\psi_{i,1} - \psi_{o,1})}$
 <p>ISI DEĞİŞTİRİCİ</p>	$\dot{m}_{i,1} = \dot{m}_{o,1}$ $\dot{m}_{i,2} = \dot{m}_{o,2}$ $\dot{Q}_{HeX} = \dot{m}_{i,1}(h_{i,1} - h_{o,1}) = \dot{m}_{i,2}(h_{o,2} - h_{i,2})$	$\dot{E}_{HeX,dest} = \dot{m}_{i,1}(\psi_{i,1a} - \psi_{o,1}) - \dot{m}_{i,2}(\psi_{o,2} - \psi_{i,2})$ $\varepsilon_{HeX} = \frac{\dot{m}_{i,2}(\psi_{o,2} - \psi_{i,2})}{\dot{m}_{i,1}(\psi_{i,1a} - \psi_{o,1})}$
 <p>DEAERATÖR</p>	$\dot{m}_o = \dot{m}_{i,1} + \dot{m}_{i,2} + \dot{m}_{i,3}$ $\dot{Q}_d = \dot{m}_o h_o = \dot{m}_{i,1} h_{i,1} + \dot{m}_{i,2} h_{i,2} + \dot{m}_{i,3} h_{i,3}$	$\dot{E}_{d,dest} = (\dot{m}_{i,1} \psi_{i,1} + \dot{m}_{i,2} \psi_{i,2} + \dot{m}_{i,3} \psi_{i,3}) - (\dot{m}_o \psi_o)$ $\varepsilon_d = \frac{\dot{m}_o \psi_o}{\dot{m}_{i,1} \psi_{i,1} + \dot{m}_{i,2} \psi_{i,2} + \dot{m}_{i,3} \psi_{i,3}}$

Çizelge 2.3 (devam). Sistemin enerji ve ekserji formülleri (Ahmadi, Toghraie ve Akbari, 2017; Cengel ve Boles, 2008; Dincer ve Rosen, 2012; Yagli, Koc, Karakus and Koc, 2016)

Bileşen	Enerji	Ekserji
 KULE	$\dot{m}_i = \dot{m}_o$ $\dot{Q}_{TW} = \dot{m}_i(h_o - h_i)$ $\eta_{TW} = \frac{\dot{Q}_{TW;i} - \dot{Q}_{TW;loss}}{\dot{Q}_{TW;i}}$	$\dot{E}_{TW;dest} = [\dot{m}_i(\psi_o - \psi_i)] - \left[\dot{Q} \left(1 - \frac{T_o}{T_{sur}} \right) \right]$ $\varepsilon_{TW} = \frac{\dot{Q} \left(1 - \frac{T_o}{T_{sur}} \right)}{\dot{m}_i(\psi_o - \psi_i)}$

Güneş kulesi güç tesisinin her bir bileşeninin enerji ve ekserjik analiz formülleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Genel döngünün enerji ve ekserji verimliliği şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\eta_{STP} = \frac{W_{net}}{\dot{Q}_i} \quad (2.7)$$

$$\varepsilon_{STP} = \frac{\dot{E}_{ex;o}}{\dot{E}_{ex;i}} = \frac{W_{net}}{\dot{E}_{ex;i}} \quad (2.8)$$

Sistem analizi sırasında akış, kararlı durum koşullarında kabul edilip, kinetik ve potansiyel enerjisi ihmal edilmiştir.

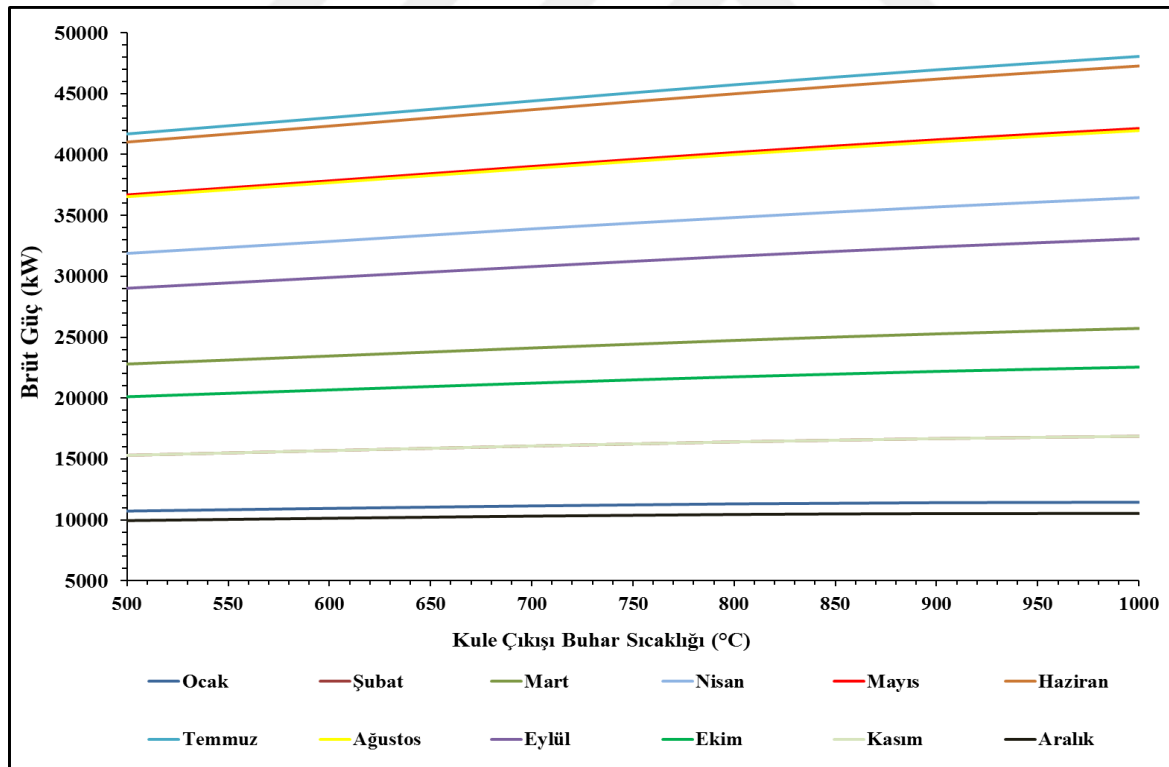
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma kapsamında, İskenderun bölgesi için tasarımı yapılmış olan bir güneş kulesi güç sistemi incelenmiştir. Çalışmada, öncelikle güneş kulesi güç sisteminin maksimum ve minimum güç ürettiği güneş kulesi çıkış sıcaklıkları ve aylar detaylı olarak incelenmiştir. Sistemin maksimum ve minimum güç ürettiği noktaların incelenmesinin ardından sistemin parametrik optimizasyonu farklı sıcaklıklar için aylık bazda yapılmıştır. Güneş kulesi çıkış sıcaklığı, mevcut malzeme optimizasyonları ve geleceğin güneş kulesi sistemleri üzerine yapılan çalışmalar neticesinde yükseltilmesi üzerine yapılan çalışmalarda dikkate alınarak farklı sıcaklık değerleri için simüle edilmiştir. Son olarak, yapılan parametrik optimizasyon sonucunda maksimum güç çıkışının ve verimin elde edildiği aydaki optimum sıcaklık için sistemin her bir ekipmanının ekserji analizi yapılarak sistemin ekserji verimi hesaplanmıştır.

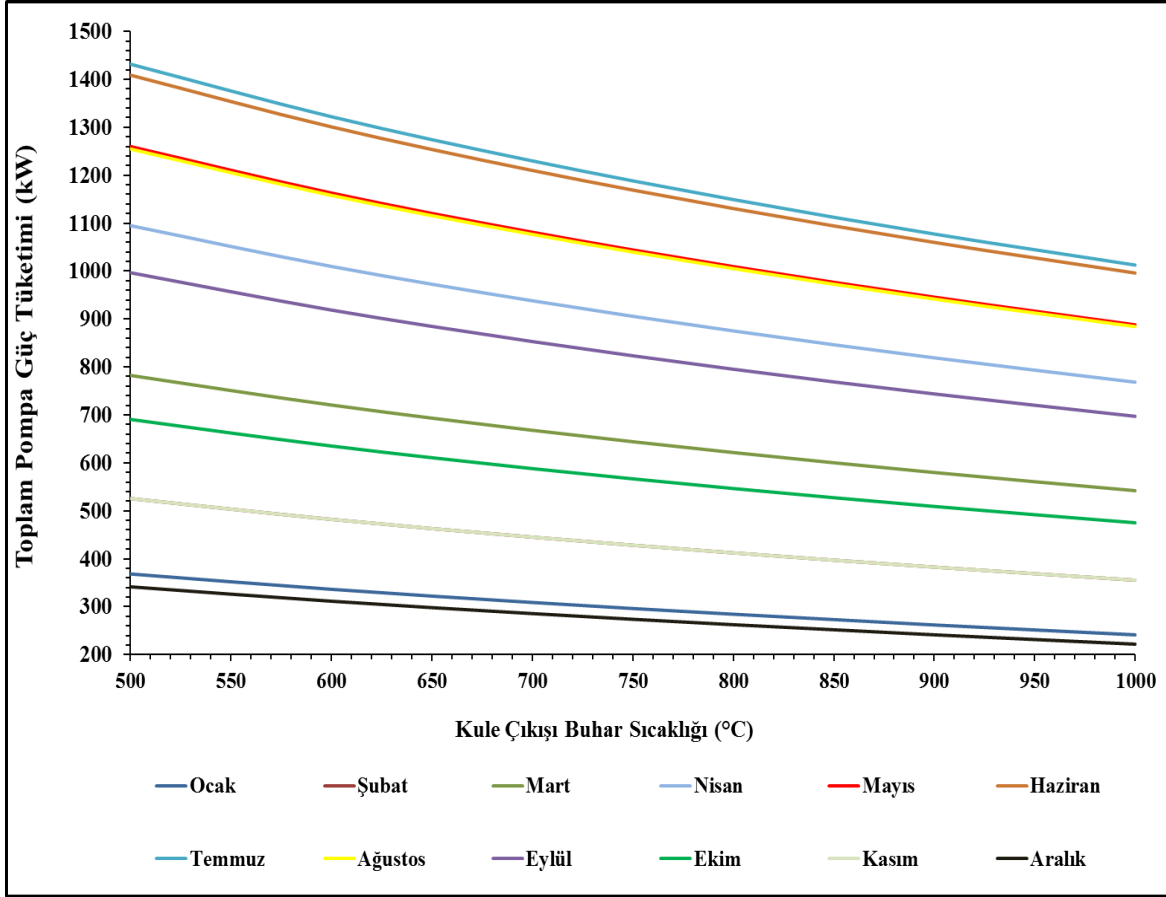
İskenderun bölgesinde $36^{\circ} 35' 12''N - 36^{\circ} 10' 21''E$ koordinatları arasında kurulması için tasarlanmış olan güneş kulesi sisteminin simülasyonundan maksimum ve minimum değerler elde edilmiştir. Öncelikle sistemden elde edilen anlık brüt güç ve net güç değerleri bulunmuştur. Hesaplanan maksimum ve minimum değerler sırasıyla, Temmuz ve Aralık aylarında 48059,238 kW (Temmuz ayında $1000^{\circ}C$) ile 9943,068 kW (Aralık ayında $500^{\circ}C$) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen maksimum ve minimum güç değerleri ise sırasıyla, Temmuz ve Aralık aylarında 47046,60 kW (Temmuz ayında $1000^{\circ}C$) ile 9601,60 kW (Aralık ayında $500^{\circ}C$) olarak gerçekleşmiştir. Sistemde kullanılan pompaların tükettiği güçler ise, maksimum ve minimum pompa tüketimi Temmuz ayında $500^{\circ}C$ 'de 1431,84 kW, Aralık ayında ise $1000^{\circ}C$ 'de 221,81 kW olarak görülmüştür. Sistemi daha iyi yorumlamamızı sağlayan önemli kriterlerden olan, Carnot, termal ve ekserjik verimi hesaplanmış olup maksimum değerler sırasıyla, % 74,664, % 45,814 ve % 47,27 olarak bulunurken, minimum değerleri sırasıyla % 58,278, % 38,106 ve % 39,04 olarak elde edilmiştir. Bir aylık pompa güç tüketimlerinin çıkarılmasıyla hesaplanan aylık net güç üretimleri Temmuz ve Aralık aylarında 17172 MW-saat/ay (Temmuz ayında $1000^{\circ}C$) ile 989 MW-saat/ay bir aylık en düşük net güç üretimi aralık ayı $500^{\circ}C$ 'de iken 989 MW-saat/ay (Aralık ayında $500^{\circ}C$) olarak bulunmuştur. Vermiş olduğumuz bu değerler sistemi genel olarak açıklamamızı sağlayıp aşağıda ayrıntılı bir şekilde grafiksel olarak incelenmiştir.

Güneş kulesi güç sistemi tesisin yıllık brüt elektrik üretimi Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Sistemden maksimum ve minimum brüt güç üretimi sırasıyla Temmuz ve Aralık aylarında

sırasıyla 48059,238 kW (Temmuz ayında 1000 °C) ile 9943,068 kW (Aralık ayında 500 °C) arasında gerçekleşmektedir. Kasım ve Şubat ayının sıcaklık ve ışınlam değerleri birbirine çok yakın olması nedeniyle grafikteki eğimleri aynı olup, yaklaşık olarak aynı değerleri göstermişlerdir. Sistemin ana giriş parametrelerinden olan ışınlam ve sıcaklık değerleri, birbirine çok yakın değerlere sahip olan Kasım-Şubat ve Mayıs-Ağustos eğrileri grafiklerde benzerlik göstermiş olup, brüt güç, net güç, toplam ısı girişi, pompa gücü, akışkanın debisi grafiklerinde gösterge çizgileri üst üste binme eğilimi göstermiştir. Şekil 3.1 incelendiğinde her bir ayda üretilen brüt gücün sıcaklıklara göre değişimi benzer eğriler oluşturmuştur. Brüt güç için jeneratör verimliliği hesaba katılırken, pompaların tüketimi dikkate alınmamıştır. Yıllık toplam pompa tüketimlerinin toplamı Şekil 3.2’de verilmiştir. Net güç üretimini hesaplamak için yıllık pompa tüketimi önemlidir. Sistemde üç adet pompa bulunmaktadır. Her ay için bu pompaların güç tüketimleri toplanmış sonrasında, sistemden elde edilen brüt güç değerinden çıkarılıp net güç değerleri elde edilmiştir.

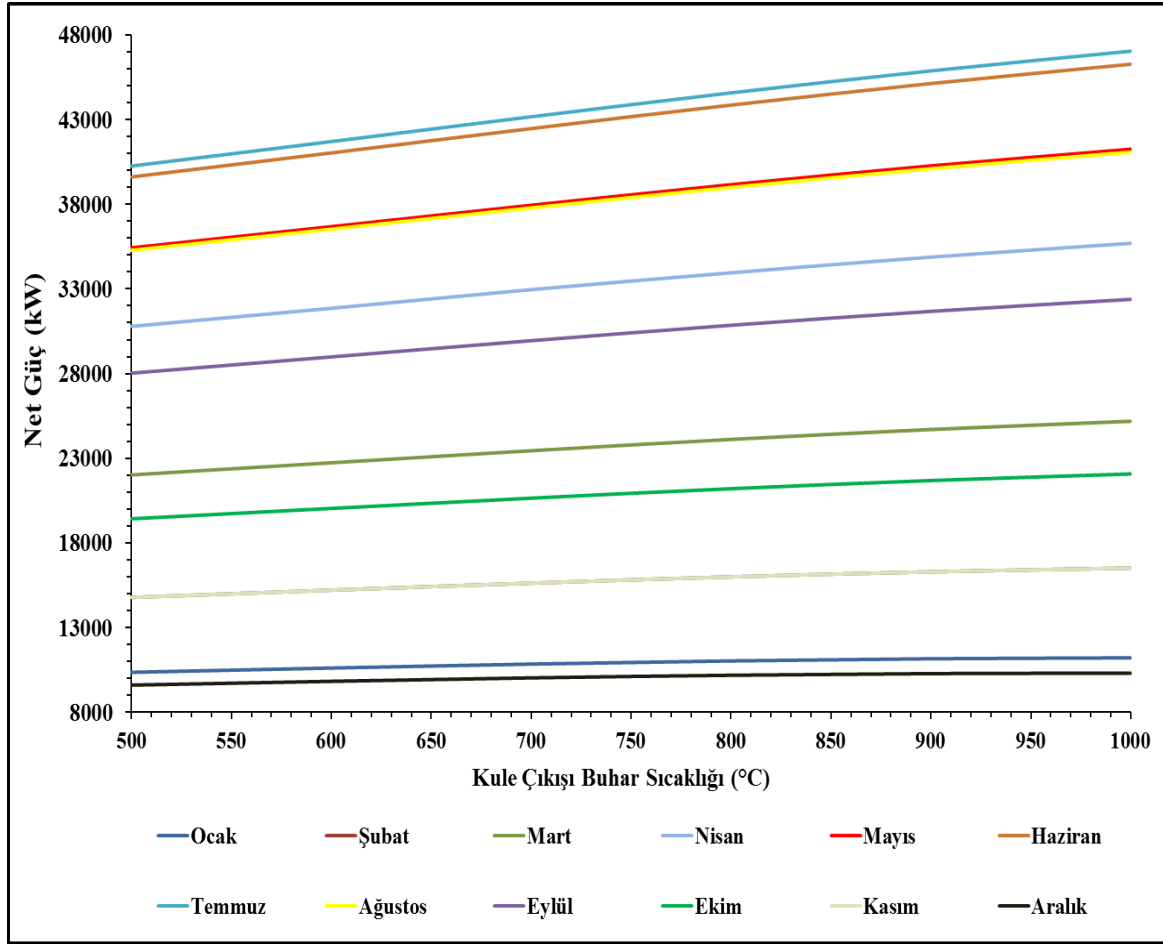


Şekil 3.1. Tesisin Brüt Güç Üretimi



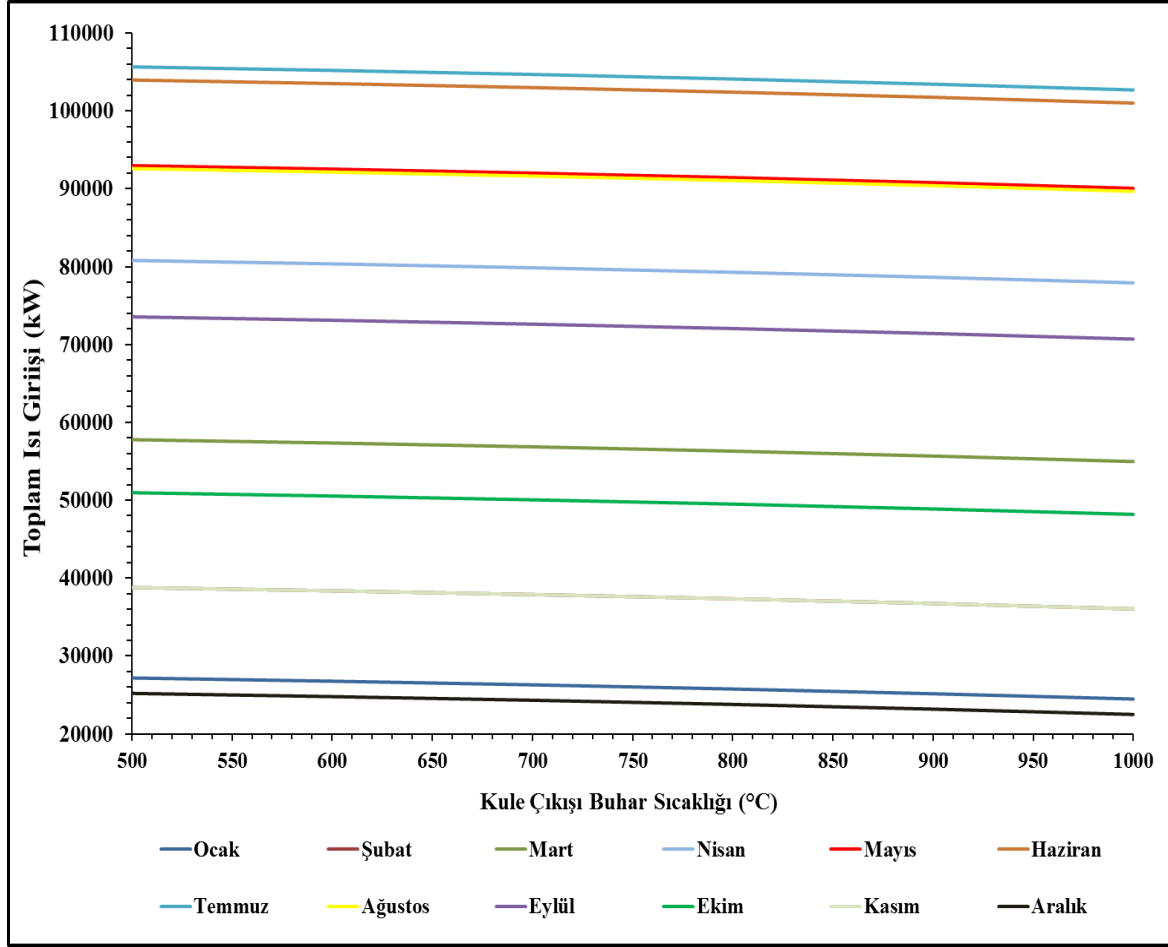
Şekil 3.2. Tesisin toplam pompa güç tüketimi

Tesisin toplam pompa tüketimleri, brüt elektrik üretimi ile benzer bir eğilim göstermektedir. Böylece, maksimum ve minimum pompa tüketimleri sırasıyla Temmuz ve Aralık aylarında elde edilmiştir. Bununla birlikte, sistemin brüt güç üretimi artan sıcaklıkla artarken, aynı ayda toplam pompa tüketimi, yükselen sıcaklıkla azalmaktadır. Maksimum ve minimum pompa tüketimi Temmuz ayında 500 °C'de 1431,84 kW, Aralık ayında ise 1000 °C'de 221,81 kW olarak görülmektedir. Toplam güç tüketimi ve jeneratör verimliliği göz önünde bulundurularak, sistemin net güç üretimi hesaplanmaktadır. Sistem için hesaplanan net güç üretimi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



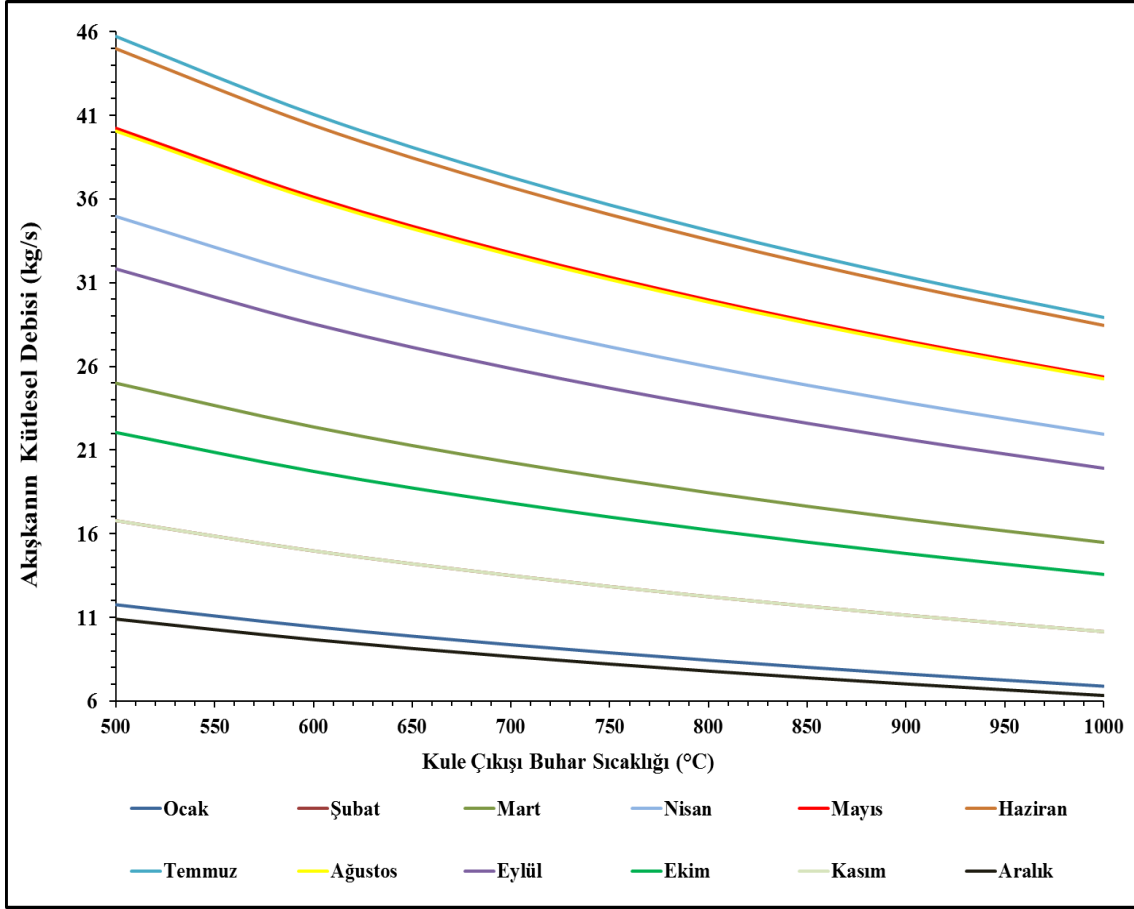
Şekil 3.3. Sistem için hesaplanan net güç üretimi

Tesisin net güç üretimi, brüt güç üretimi ile benzer bir eğilim göstermesine rağmen, pompa tüketimleriyle ters bir eğilim gösterir. Net güç üretimini hesaplamak için toplam pompa tüketimi brüt güçten çıkarılır ve sonuç jeneratör verimliliği ile çarpılır. Temmuz ayında en büyük net güç üretimi, 1000 ° C'de 47046,60 kW olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Aralık ayında, en düşük net enerji üretimi, 9601,60 kW olarak 500 ° C'de bulunmuştur. Temmuz ayında maksimum güç üretiminin değerlendirilmesinin temel nedeni, Temmuz ayında güneş radyasyonu ve güneş ışığının en yüksek olmasıdır. Kuleden yoğunlaştırılmış güneş ışınlarıyla toplam ısı girişi Şekil 3.4'de verilmiştir.



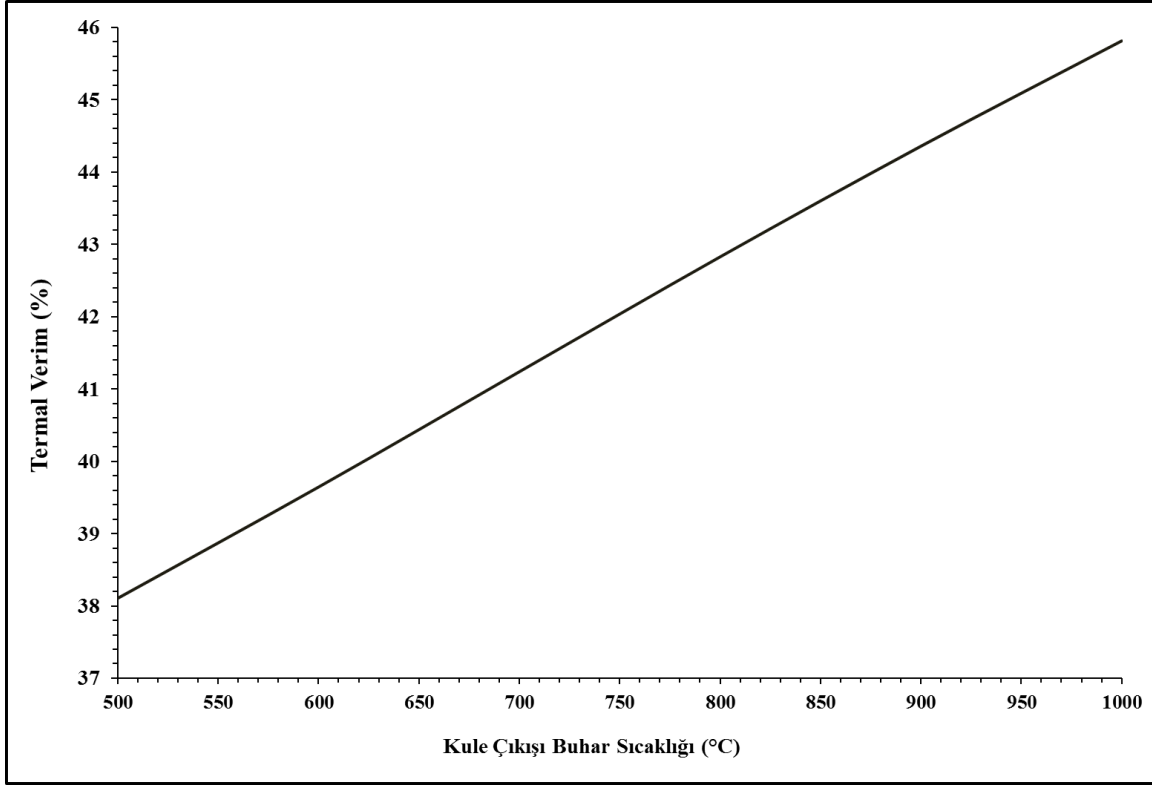
Şekil 3.4. Yoğunlaştırılmış güneş ışınları ile kuleden toplam ısı girişi

Güneş ışınlarından en yüksek ısı girdisi, maksimum güneş ışımasının görüldüğü Temmuz ayında bulunur. Ek olarak, yüksek güneş enerjisi potansiyeli nedeniyle, Temmuz ayında buhar kütlesi akış oranı da maksimum olarak hesaplanır. Sistemden değerlendirilen yıllık kütle akış oranı Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

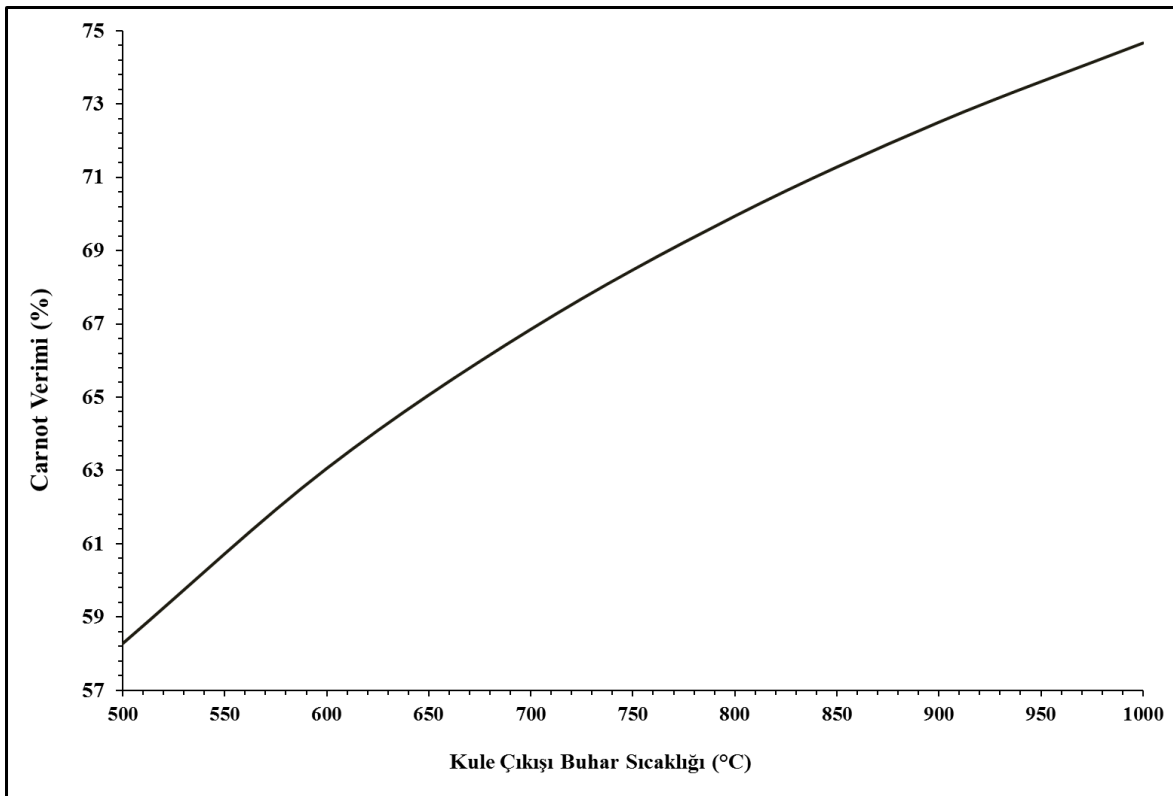


Şekil 3.5. Sistemin kütle akış oranı

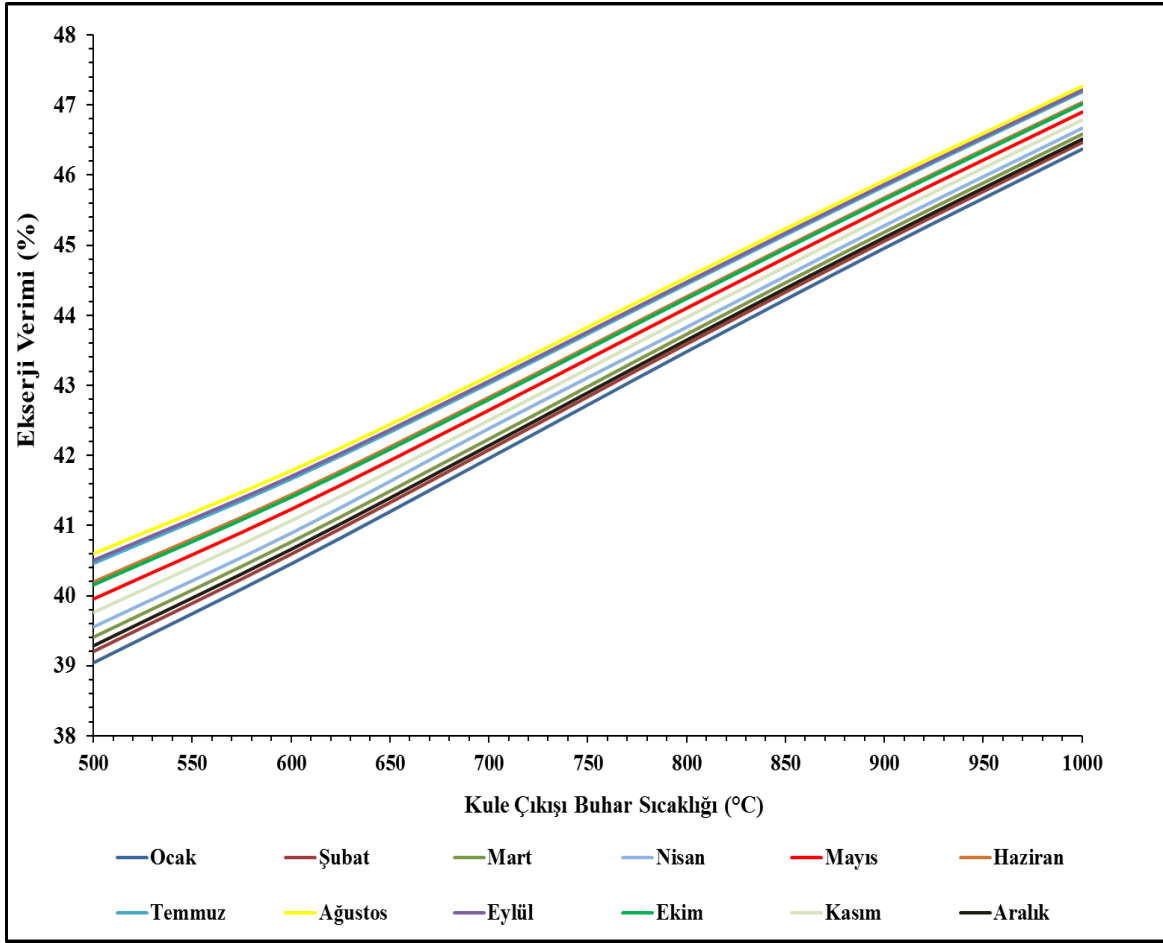
Güç üretim oranı, sistemin kütle akış oranı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, maksimum kütle akış oranı Temmuz ayında hesaplanmaktadır. Bununla birlikte, aynı ayda, kütle akış oranındaki değişim, güç üretimi ile ters orantılı olarak değişir. Sistemin termal verimliliği Şekil 3.6'da Carnot verimliliği Şekil 3.7'de ve ekserjik verimlilik değerlendirme sistemi Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Sistemin termal verim grafiği

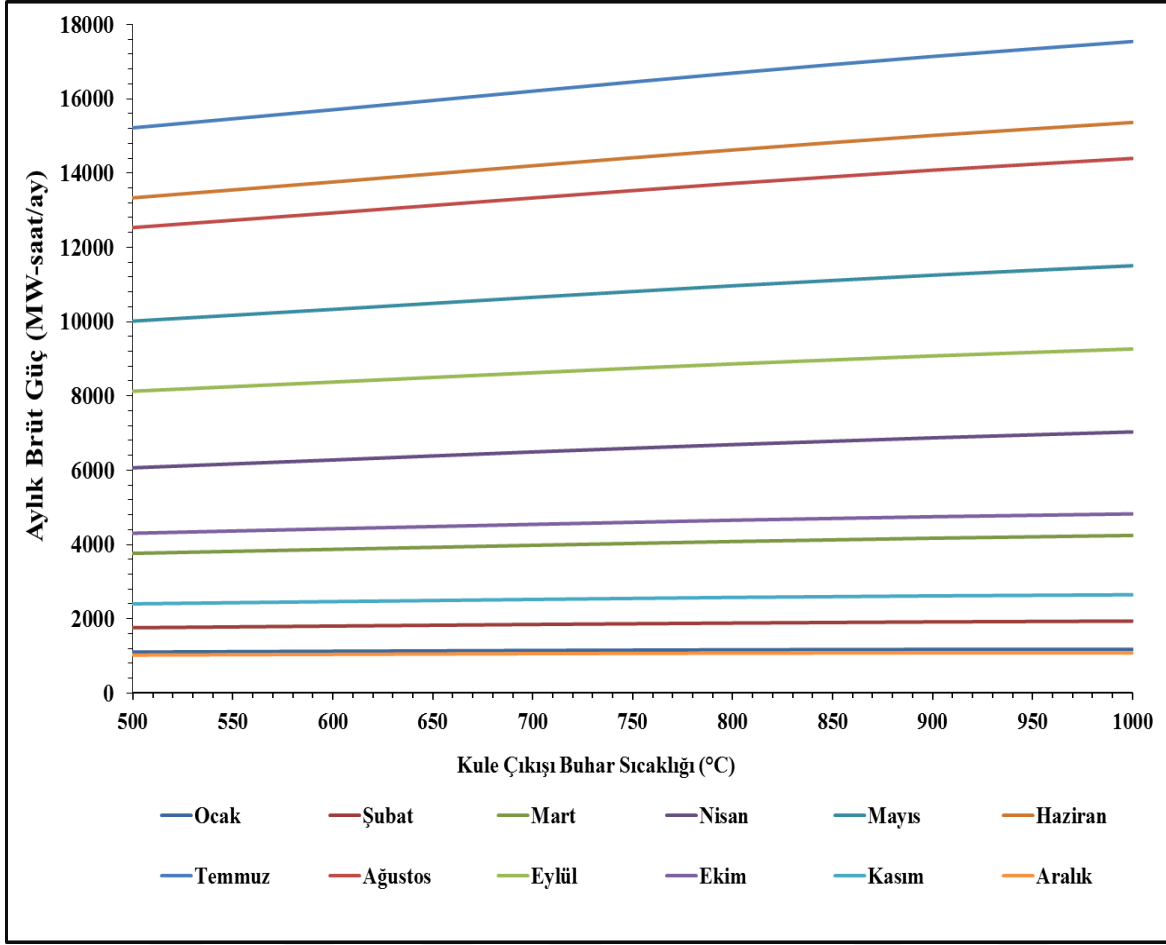


Şekil 3.7. Sistemin Carnot verim grafiği



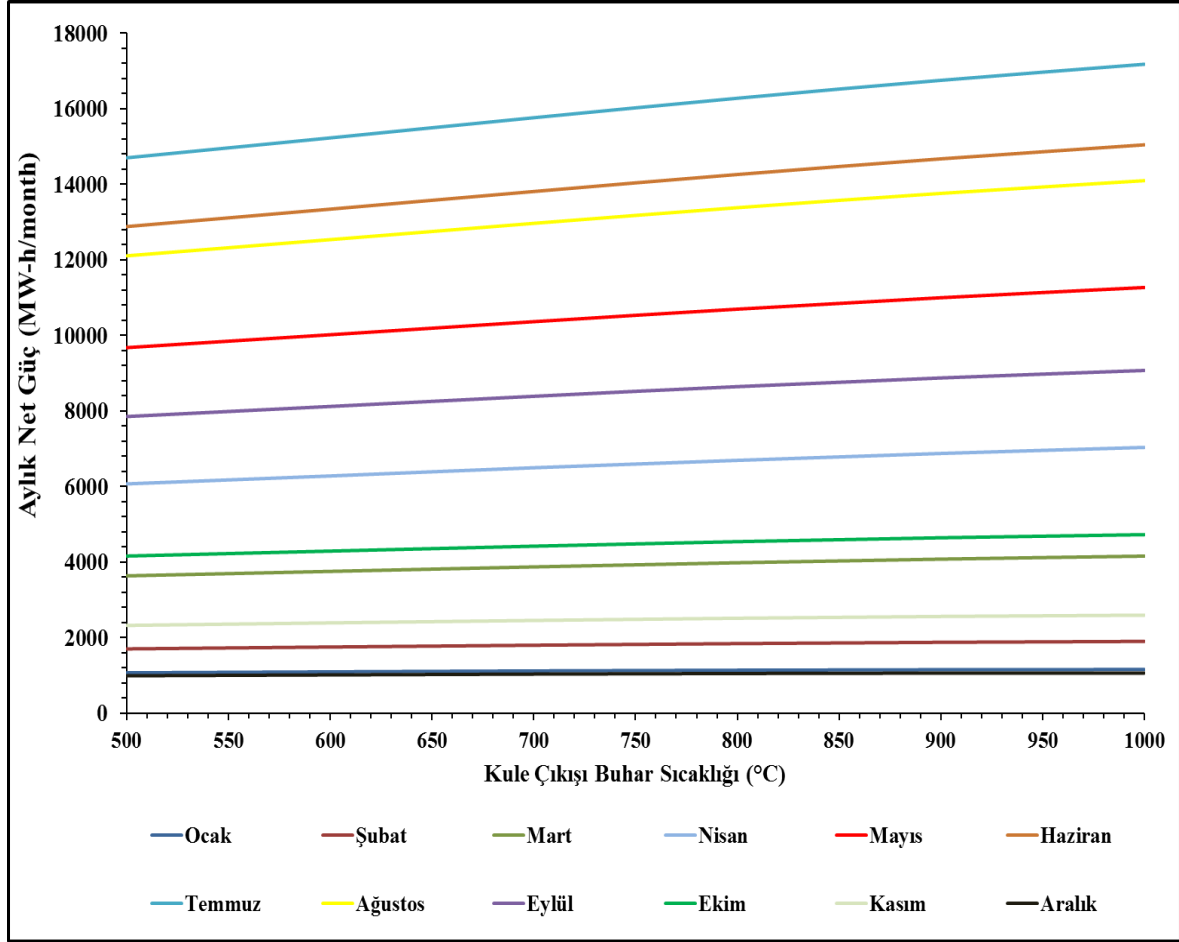
Şekil 3.8. Sistem için ekserjik verim grafiği

Sistemin verim değerlerinin bulunduğu Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de mevcut olan grafikler incelediğinde; tesisin maksimum Carnot, termal ve ekserjik verimi % 74,664, % 45,814 ve % 47,27 olarak hesaplanırken, minimum değerleri sırasıyla % 58,278, % 38,106 ve % 39,04 olarak bulunmuştur. Sistemin ekserjik verimi yıl boyunca çok fazla değişmemesine rağmen, artan sıcaklıkla birlikte önemli miktarlarda artış göstermiştir. Sistemin termal verimi değerlendirildiğinde ise tüm aylarda aynı verim değerlerini göstermiştir. Ancak sistemin termal veriminin yılın tüm aylarında aynı sıcaklık değerlerinde sabit olmasına rağmen, termal verim yükselen sıcaklıkla birlikte artış göstermiştir. Yıl boyunca, sistemin en iyi performansı Temmuz ayında 1000 ° C’de görülmüştür. Sistemden aylara göre elde edilen brüt güç ve net güç değerleri Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da verilmiştir.



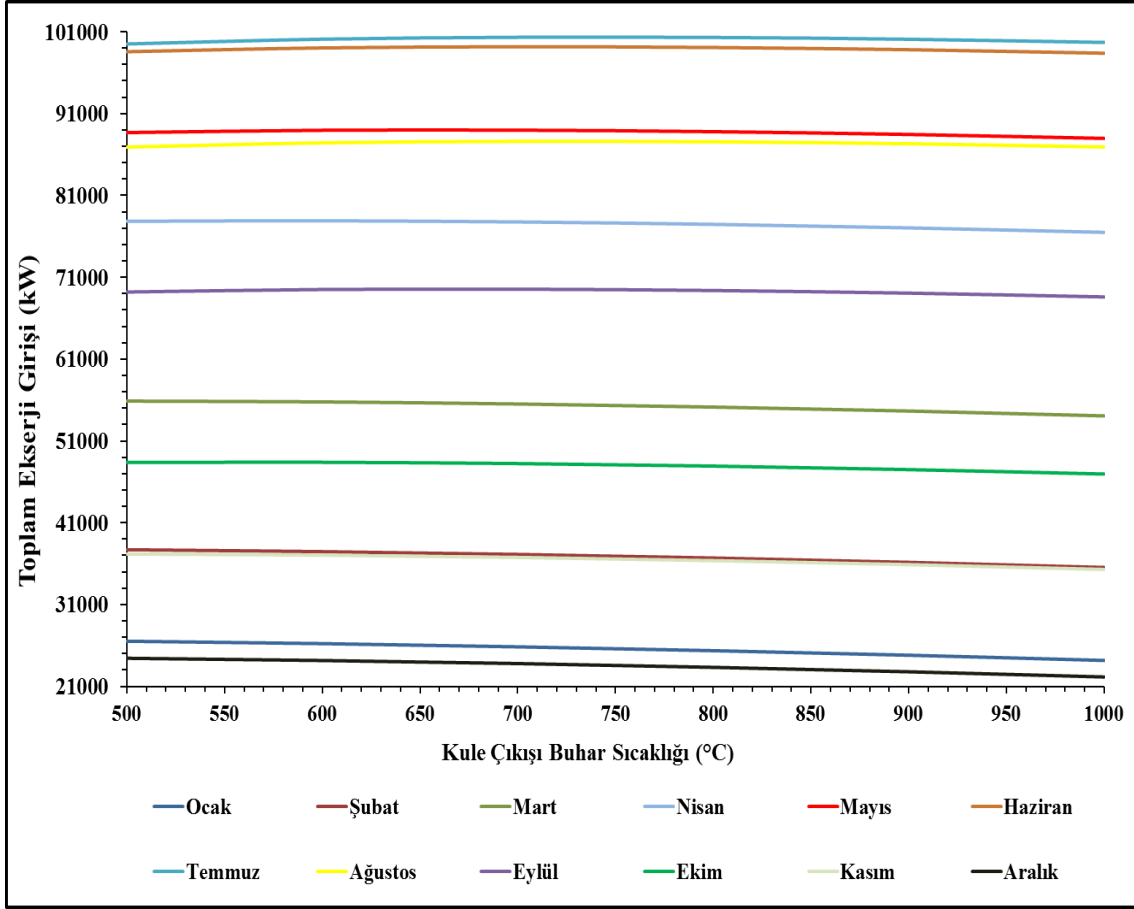
Şekil 3.9. Tesisten aylık olarak üretilen brüt güç

Tesisten aylık olarak maksimum ve minimum olarak ne kadar güç üretilebileceği hesaplanmıştır. Aylara göre brüt güç üretimlerinin bulunduğu Şekil 3.9 incelendiğinde bir aylık en düşük güç üretimi aralık ayında kule çıkış sıcaklığı 500 °C’de iken 1024 MW-saat/ay olarak hesaplanırken, temmuz ayı kule çıkış sıcaklığı 1000 °C’de iken maksimum 17542 MW-saat/ay ile brüt güç elde edilmiştir.



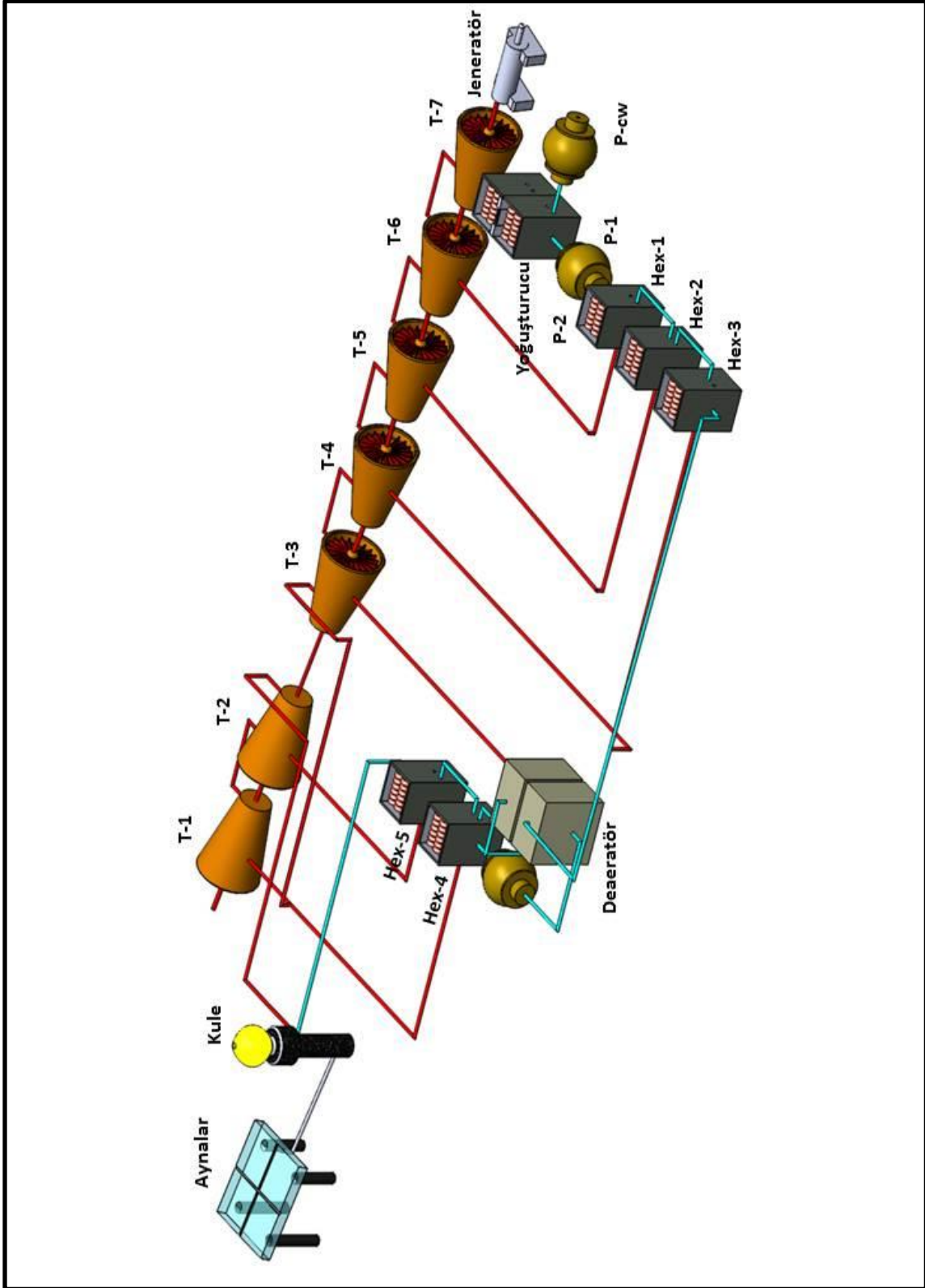
Şekil 3.10. Tesisten aylık olarak üretilen net güç

Şekil 3.10 incelendiğinde, bir aylık en düşük net güç üretimi aralık ayı 500 °C’de iken 989 MW-saat/ay olarak hesaplanırken, sistemden elde edilen maksimum güç ise temmuz ayı kule çıkış sıcaklığı 1000 °C’de iken 17172 MW-saat/ay olarak hesaplanmıştır. Sistemin ekserji girişi şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.11. Sistemin toplam ekserji girişi

Şekil 3.11 incelendiğinde sisteme minimum ekserji girişinin aralık ayı, kule çıkış sıcaklığı 1000 °C'de iken 22155 kW olduğu görülmüştür. Maksimum ekserji girişi ise temmuz ayı, kule çıkış sıcaklığı 700 °C'de iken 100330 kW olarak gerçekleşmiştir. Sistemin ekserji olarak daha iyi anlaşılması açısından Şekil 3.12'de sistemin elemanları verilmiş olup, Şekil 3.13'de ise sistemin en performanslı çalıştığı kule çıkış sıcaklığı 1000 °C ve Temmuz ayındaki sistemin ekserjik yıkım ve verim değerleri verilmiştir.



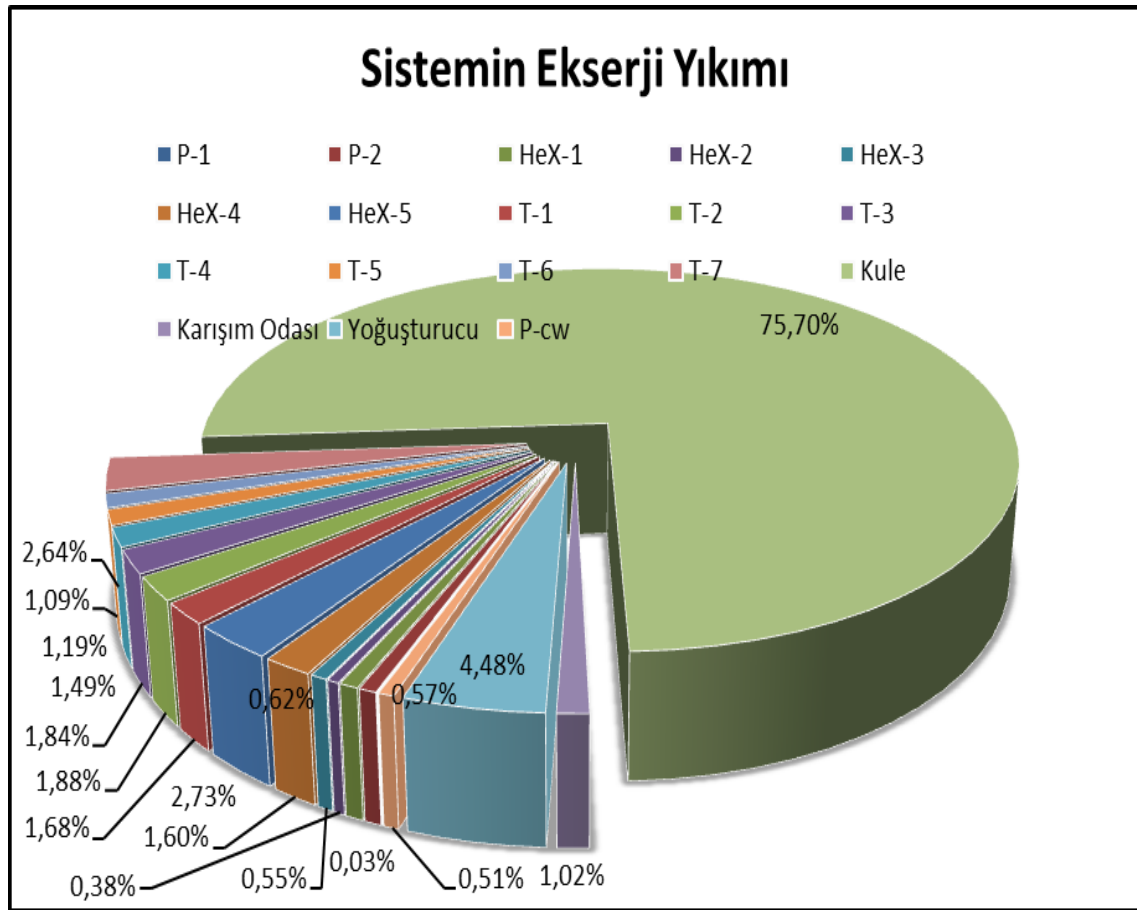
Şekil 3.12. Sistemin genel görünüşü ve ekipmanları

Çizelge 3.1. Sistemin en iyi performans gösterdiği noktadaki değerleri

	Q	\dot{W}	$E_{ex;in}$	$E_{ex;out}$	$E_{ex;dest}$	<i>Ekserji Verimi</i>
Birim	kW	kW	kW	kW	kW	%
P-1	-	25,623	115,290	107,340	7,950	93,10
P-2	-	558,817	3249,628	3097,998	151,630	95,33
HeX-1	2803,509	-	636,010	471,694	164,316	74,16
HeX-2	1932,430	-	901,205	798,485	102,720	88,60
HeX-3	2333,761	-	1437,373	1290,154	147,220	89,76
HeX-4	4648,730	-	5615,404	5187,422	427,982	92,38
HeX-5	6257,070	-	8285,207	7555,229	729,978	91,19
T-1	-	9576,306	48547,946	48098,167	449,779	99,07
T-2	-	12449,508	65144,371	64641,707	502,664	99,23
T-3	-	8721,304	36489,121	35998,369	490,752	98,66
T-4	-	6053,564	26078,544	25679,210	399,334	98,47
T-5	-	4189,608	18933,071	18614,171	318,900	98,32
T-6	-	3325,425	13988,942	13698,990	289,953	97,93
T-7	-	5745,992	9895,835	9189,302	706,533	92,86
Kule	102689,903	-	85364,602	65144,371	20220,231	76,31
Karışım Odası	-	-	2961,954	2690,811	271,143	90,85
Yoğuşturucu	53022,655	-	6040,101	4844,454	1195,647	80,20
P-cw	-	428,203	2732,337	2596,791	135,546	95,04
Toplam	49667,248	49049,063	85364,602	309704,666	26712,277	47,19

En iyi performans gösteren temmuz ayındaki kule çıkış sıcaklığının 1000 °C'deki Şekil 3.12'de gösterilen sistemin her bileşeninin ekserjik analizi ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sistemde minimum ekserji yıkımı 7,95 kW ile P-1 bileşeninde gerçekleşmiştir. Sistemin maksimum ekserji yıkımı ise kulede 20220,231 kW olarak hesaplanmıştır. Ekserji yıkımının daha detaylı görülebilmesi amacıyla sistemin her bileşeninde gerçekleşen ekserji yıkımının yüzdesel olarak grafiği Şekil 3.13'de verilmiştir. Kuledeki maksimum ekserji yıkımının nedeni, giriş ve çıkış arasındaki maksimum sıcaklık farkının bu noktada görülmesidir.

Ayrıca, minimum ekserji yıkımının sistemdeki P-1 bileşeninde gerçekleşmesinin nedeni ise minimum sıcaklık farkının bu bileşende görülmüş olmasıdır. Sistem ekserjik verim açısından incelendiğinde ise ekserji verimliliğinin minimum % 74,16 ile HeX-1 bileşeninde gerçekleştiği hesaplanırken, maksimum ekserji verimi T-2 bileşeninde % 99,23 olarak belirlenmiştir. Sistemin genel ekserjik verimliliği % 47,19 olarak hesaplanmıştır. Tüm bunlara ek olarak sistemin yorumlanması açısından önem taşıyan bazı değerler şu şekilde hesaplanmıştır. Çizelge 3.1 incelendiğinde sistemin en verimli çalıştığı noktadaki toplam ısı girdisi, toplam pompa ve toplam net enerji üretimi sırasıyla 102689,903 kW, 1012,643 kW ve 49049,063 kW olarak bulunmuştur.



Şekil 3.13. Sistemin ekipmanlarının ekserji yıkımının yüzdesel olarak grafiği

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, İskenderun, Türkiye bölgesi için tasarımı yapılmış olan bir güneş kulesi güç sistemi incelenmiştir. Sistemin öncelikli amacı büyüyen sanayisiyle enerji talebi sürekli artan ancak, sanayinin getirmiş olduğu çevre kirliliğiyle insan sağlığının kötü yönde etkilendiği İskenderun bölgesi için, enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklı bir çözüm sunmaktır. Çalışmada, güneş kulesi simülasyonlar yapıp bölgede kurulacak bir güneş kulesi sistemi için çok faydalı sonuçlar elde edilmiştir. Sistem ekipmanlarının verimi, sistemin termal, Carnot, ekserji verimleri farklı kule çıkış sıcaklıkları ve aylar için hesaplanmıştır. Böylelikle bölgede kurulacak olan tesisin, kule çıkış sıcaklığı değiştirilerek hangi sıcaklıkta sistemin daha verimli çalışabileceği sonucuna varılmıştır. Son olarak, yapılan parametrik optimizasyon sonucunda maksimum güç çıkışının ve verimin elde edildiği aydaki optimum sıcaklık için sistemin her bir ekipmanının ekserji analizi yapılarak sistemin ekserji verimi hesaplanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre, sistemde maksimum verimin elde edildiği noktada hesaplanan brüt güç 48059,238 kW olmuştur. Bölge için sistemin en verimliği çalıştığı ay Temmuz ayıdır. Bunda en büyük etken bölgenin meteorolojik verileridir. Bölgenin bir ayda maksimum ne kadar enerji ihtiyacının karşılanabileceği bölgenin ay içerisindeki toplam güneşlenme saati dikkate alınarak hesaplanmış olup, bu değer temmuz ayı için 17542 MW-saat/ay olarak hesaplanmıştır. Sistemden elde edilen maksimum güç ise 47046,60 kW olarak bulunmuştur. Buna bağlı olarak bölge için bir aylık maksimum sistemden üretilebilecek net güç ise 17172 MW-saat ay olarak bulunmuştur. Sistemden elde edilen bir senelik toplam net güç değeri ise her ayın üretilen maksimum değerleri toplanarak bulunmuş olup 89253 MW-saat/yıl olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, İskenderun bölgesinin güneş potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, sanayiden doğan enerji talebi enerji talebini karşılamak için, büyük güç üretimi sağlayan ve çevreye ve insan sağlığına zararı olmayan güneş kulesi güç sistemini kullanmak etkili bir çözümdür.

KAYNAKLAR

- Arslan, S., Darıcı, M., ve Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli. *Jeotermal Enerji Semineri*, 21-28.
- Abbas, R., Montes, M. J., Piera, M. and Martínez-Val, J. M. (2012). Solar radiation concentration features in linear fresnel reflector arrays. *Energy Conversion and Management*, 54(1), 133-144.
- Ağı, S. ve Günerhan, H. (2005). Sivili düzlemsel güneş kolektörlerinde verim artırma olanakları. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 86, 15-30.
- Ahmadi, G., Toghraie, D. and Akbari, O. A. (2017). Efficiency improvement of a steam power plant through solar repowering. *International Journal of Exergy*, 22(2), 158-182.
- Baseer, M. A., Awan, A. B. and Zubair, M. (2018). Performance analysis and optimization of a parabolic trough solar power plant in the middle east region. *energies*, 11(4), 1-18.
- Behçet, R., Oral, H. ve Gül, H. (2013). Adıyaman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, (3)2, 52-67.
- Benammar, S., Khellaf, A. and Mohammedi, K. (2014). Contribution to the modeling and simulation of solar power tower plants using energy analysis. *Energy conversion and management*, 78, 923-930.
- Behar, O., Khellaf, A. and Mohammedi, K. (2013). A review of studies on central receiver solar thermal power plants. *Renewable and sustainable energy reviews*, 23, 12-39.
- Besarati, S. M., Goswami, D. Y. and Stefanakos, E. K. (2014). Optimal heliostat aiming strategy for uniform distribution of heat flux on the receiver of a solar power tower plant. *Energy Conversion and Management*, 84, 234-243.
- Beyaoğlu, F. (2011). Balıkesir ilinde çift eksenli güneş takip sistemi ile sabit eksenli PV sistemin verimlerinin karşılaştırılması, Balıkesir Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir.
- Buck, R., Brauning, T., Denk, T., Pfänder, M., Schwarzbözl, P. and Tellez, F. (2002). Solar-hybrid gas turbine-based power tower systems (REFOS). *Journal of Solar Energy Engineering*, 124(1), 2-9.
- Burgaleta, J. I., Arias, S. and Ramirez, D. (2011). Gemasolar, the first tower thermosolar commercial plant with molten salt storage. *SolarPACES*, Granada, Spain, 20-23.
- Cengel, Y.A. and Boles, M.A. (2008). *Thermodynamics: an engineering approach*, McGraw-Hill Inc., 6th. Ed., New York.

- Chacartegui, R., De Escalona, J. M., Sánchez, D., Monje, B. and Sánchez, T. (2011). Alternative cycles based on carbon dioxide for central receiver solar power plants. *Applied Thermal Engineering*, 31(5), 872-879.
- Cengiz, M. S., and Mamiş, M. S. (2015). Türkiye ve dünyada isi kaynakli güneş enerjisi kullanimi ve csp stirling motorlu sistemlerin verimlilik değerlendirmesi. *Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu*, 225-236.
- Dincer, I. and Rosen, M. A. (2012). *Exergy: energy, environment and sustainable development*. Elsevier.
- Erdoğan, H., Gümüş, B., Serhat B.E., Kutlu, C., Bayındır, H., Yakut, Y.B. ve Aslan, R. (2009). Yoğunlaştırcılı güneş enerji santralleri ve ılısu hes'e alternatif olarak güneydoğu anadolu bölgesine uygulanabilirliği. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Diyarbakır.
- Faille, D., Liu, S., Wang, Z. and Yang, Z. (2014). Control design model for a solar tower plant. *Energy Procedia*, 49, 2080-2089.
- Fernández-García, A., Zarza, E., Valenzuela, L. and Pérez, M. (2010). Parabolic-trough solar collectors and their applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 1695-1721.
- Fan, M., Liang, H., You, S., Zhang, H., Yin, B. and Wu, X. (2018). Applicability analysis of the solar heating system with parabolic trough solar collectors in different regions of China. *Applied Energy*, 221, 100-111.
- Fernández-García, A., Valenzuela, L., Zarza, E., Rojas, E., Pérez, M., Hernández-Escobedo, Q., and Manzano-Agugliaro, F. (2018). SMALL-SIZED parabolic-trough solar collectors: Development of a test loop and evaluation of testing conditions. *Energy*, 152, 401-415.
- Grasse, W. (1991). PHOEBUS: international 30 MWe solar tower plant. *Solar Energy Materials*, 24(1-4), 82-94.
- Güçlüer D. (2010). Güneş enerjisi santrali kurulacak alanların cbs-çok ölçütlü karar analizi yöntemi ile belirlenmesi. *YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Güngör, E. ve Çelikaş M. S. (2013). Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi güç sistemleri için teknoloji yol haritası. *IX. Clean Energy Symposium, UTES'13*.
- Ho, C. K. and Iverson, B. D. (2014). Review of high-temperature central receiver designs for concentrating solar power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 835-846.
- Herrmann, U., Kelly, B. and Price, H. (2004). Two-tank molten salt storage for parabolic trough solar power plants. *Energy*, 29 (5-6), 883-893.

Hayli, S. (2001). Rüzgâr enerjisinin önemi Dünya’da ve Türkiye’deki durumu, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 1-26.

Hekim, M. (2017). Merkezi alıcı sistemli (mas) güneş güç santrali birecik uygulaması, Hacettepe Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.

He, Y. L., Cui, F. Q., Cheng, Z. D., Li, Z. Y. and Tao, W. Q. (2013). Numerical simulation of solar radiation transmission process for the solar tower power plant: from the heliostat field to the pressurized volumetric receiver. *Applied Thermal Engineering*, 61(2), 583-595.

İnternet: Rüzgâr Enerjisi. *yegm rüzgâr*.URL: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, Son Erişim Tarihi: 17.05.2018.

İnternet: Biyokütle Enerjisi. *yegm biyokütle*.URL: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx, Son Erişim Tarihi: 17.05.2018.

Alcan, Y., Demir, M., ve Duman, S. (2018). Sinop ilinin güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin ülkemiz ve almanya ile karşılaştırarak incelenmesi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(1), 35-44.

İnternet: Dünya Ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. *enerji kaynakları*.URL: http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fEnerji%20ve%20Tabii%20Kaynaklar%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BCm%2fSayi_15.pdf, Son Erişim Tarihi: 05.05.2018.

İnternet: Experimental investigation of new designed solar parabolic trough collectors. *parabolic collector*.URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8352310/>, Son Erişim Tarihi: 18.05.2018.

İnternet: Yoğunlaştırılmış solar enerji sistemleri. *kilsanblog*.URL: <http://www.kilsanblog.com/yesil-cevreci-ekolojik/yogunlastirilmis-solar-enerji-sistemleri-gunes-depoluyor/>, Son Erişim Tarihi: 20.05.2018.

İnternet: Sosyal ve Coğrafi Durum. *hatay*.URL: <http://www.hatay.gov.tr/sosyal-ve-cografidurum>, Son Erişim Tarihi: 20.05.2018.

İnternet: Hatay İli Haritası. *hatay harita*.URL: http://cografyaharita.com/haritalarim/4l_hatay_ili_haritasi.png, Son Erişim Tarihi: 20.05.2018.

İnternet: Domestic And Industrial Boilers. *deaerator*.URL: <http://www.schusterboilers.com/products/industrial-369/deaerator/382/tfe>, Son Erişim Tarihi: 29.04.2018.

İnternet: Su Pompası. *pompa*.URL: <https://www.kampa.com.tr/SMT15003-S-Sicak-Su-Santrifuj-Pompa-120C-Trifaze-380V-15HP,PR-11006.html>, Son Erişim Tarihi: 29.04.2018.

İnternet: Türkiye elektrik enerjisi Tüketimi. *Elektrik*.URL: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik/>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.

İnternet: Heliostat mirros. *heliostat*.URL: <http://www.abc.net.au/news/2016-09-08/heliostat-mirrors-at-a-solar-thermal-power-plant/7826308>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.

İnternet: Güneş Işınım Haritası. *harita*.URL: <http://halimgurgenci.blogspot.com.tr/2017/01/>, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.

İnternet: Türkiyenin Enerji Raporu Görünümü. *mmo*.URL: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/a5a69d7ec06d9cd_ek.pdf, Son Erişim Tarihi: 18.03.2018.

Kalogirou, S. A., Karellas, S., Braimakis, K., Stanciu, C. and Badescu, V. (2016). Exergy analysis of solar thermal collectors and processes. *Progress in Energy and Combustion Science*, 56, 106-137.

Kreith, F. and Kreider, J. F. (1978). Principles of solar engineering. Washington, DC, Hemisphere Publishing Corp., 1978. 790 p.

Kolb, G. J., Ho, C. K., Mancini, T. R. and Gary, J. A. (2011). Power tower technology roadmap and cost reduction plan.Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, Report No. SAND2011-2419.

Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in energy and combustion science*, 30(3), 231-295.

Kolb, G. J. (1998). Economic evaluation of solar-only and hybrid power towers using molten-salt technology. *Solar energy*, 62(1), 51-61.

Karadayı, S. ve Ergan, Z.H. (2015). Geleneksel / yenilenebilir enerji kaynaklarının karşılaştırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması için öneriler. *EJOIR*, 2, 112-121.

Kartal, Y. (2007). Parabolik yansıtıcı yüzeyli yoğunlaştırıcı güneş kolektörü tasarımı, İzmir.

Kalogirou, S.A. (1997). Solar water heating in Cyprus: current status of technology and problems. *Renewable Energy*, 10(1), 107-112.

Kılıç, F. Ç. (2007). Biyogaz, önemi, genel durumu ve türkiye'deki yeri. *Renewable Energy World*, 8.6.

Külekçi, Ö. C. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91.

Kıncay, O., Utlı, Z., Ağustos, H., Akbulut, U. ve Açıkgöz, Ö., (2009). Yenilenebilir enerji kaynaklarında birleşme eğilimi. *YTÜ Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 27: 60-82.

- Leemrani, Z., Marrakchi, S., Asselman, H. and Asselman, A. (2018). The study of the performance of a parabolic trough collector in the region of north-west of Morocco. *Procedia Manufacturing*, 22, 780-787.
- Montes, M. J., Abánades, A., Martinez-Val, J. M. and Valdés, M. (2009). Solar multiple optimization for a solar-only thermal power plant, using oil as heat transfer fluid in the parabolic trough collectors. *Solar Energy*, 83(12), 2165-2176.
- Marrakchi, S., Leemrani, Z., Asselman, H., Aoukili, A. and Asselman, A. (2018). Temperature distribution analysis of parabolic trough solar collector using CFD. *Procedia Manufacturing*, 22, 773-779.
- Ortega, J. I., Burgaleta, J. I. and TÁŠllez, F. M. (2008). Central receiver system solar power plant using molten salt as heat transfer fluid. *Journal of Solar energy engineering*, 130 (2), 024501.
- Quaschnig, V. and Muriel, M. B. (2002). Solar power-photovoltaics or solar thermal power plants?. *Vgb Powertech-International Edition*, 82, 48-52.
- Rüstemli, S. and Dinçer, F. (2011). Van ili elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisinin mevcut durumu ve geleceği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 22-33.
- Ramos, A. and Ramos, F. (2012). Strategies in tower solar power plant optimization. *Solar Energy*, 86(9), 2536-2548.
- Rheinländer, J. and Lippke, F. (1998). Electricity and potable water from a solar tower power plant. *Renewable Energy*, 14(1-4), 23-28.
- Romero, M., Marcos, M. J., Téllez, F. M., Blanco, M., Fernández, V., Baonza, F. and Berger, S. (1999). Distributed power from solar tower systems: a MIUS approach. *Solar Energy*, 67(4-6), 249-264.
- Sangwongwanich, A., Yang, Y., Blaabjerg, F. and Wang, H. (2018). Benchmarking of constant power generation strategies for single-phase grid-connected photovoltaic systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 54(1), 447-457.
- Spelling, J., Favrat, D., Martin, A. and Augsburg, G. (2012). Thermo-economic optimization of a combined-cycle solar tower power plant. *Energy*, 41(1), 113-120.
- Selbaş, R., Yakut, A. K. ve Şencan, A. (2003). Güneş kulesi modeli ile elektrik enerjisi üretimi için bir uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 179-184.
- Stine, W.B. (1987) Power from the Sun: Principles of High Temperature Solar Thermal Technology. Solar Energy Research Institute, Colorado.
- Şanlı, G. (2010). Parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinin teorik olarak incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Denizli.

- Şenol, R., Üçgül, İ., Koyun, A. and Mustafa, A. C. A. R. (2011). 10 MW'lık SDU güneş güç kulesi tesis tasarımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(4).
- Thellufsen, J. Z., and Lund, H. (2016). Roles of local and national energy systems in the integration of renewable energy. *Applied energy*, 183, 419-429.
- Türkyılmaz, O. (2015). Ocak 2015 İtibarıyla Türkiye'nin Enerji Görünümü Raporu. *Tmmob Makina Mühendisleri Odası Bülten*, (200), 4-10.
- Varınca, K. B. ve Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 270-275.
- Vinicchayakul, W., Sookramoon, K. and Patummakason, C. (2018). An automatic solar tracking system for a parabolic trough concentrating collector. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(6S), 526-539.
- Wei, X., Lu, Z., Wang, Z., Yu, W., Zhang, H. and Yao, Z. (2010). A new method for the design of the heliostat field layout for solar tower power plant. *Renewable Energy*, 35(9), 1970-1975.
- Wang, Z. (2010). Prospectives for China's solar thermal power technology development. *Energy*, 35(11), 4417-4420.
- Wei, X., Lu, Z., Yu, W., Zhang, H. and Wang, Z. (2011). Tracking and ray tracing equations for the target-aligned heliostat for solar tower power plants. *Renewable energy*, 36(10), 2687-2693.
- Üçgül, İ., Delikanlı, K., Öztürk, M. ve Şenol, R. (2006). Yüksek sıcaklıklı güneş enerjisi alıcı sistemleri için malzeme seçimi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 53-64.
- Xu, E., Yu, Q., Wang. and Yang, C. (2011). Modeling and simulation of 1 MW DAHAN solar thermal power tower plant. *Renewable Energy*, 36(2), 848-857.
- Xu, C., Wang, Z., Li, X. and Sun, F. (2011). Energy and exergy analysis of solar power tower plants. *Applied Thermal Engineering*, 31(17-18), 3904-3913.
- Yu, Q., Wang, Z., Xu, E., Li, X. and Guo, M. (2012). Modeling and dynamic simulation of the collector and receiver system of 1 MWe DAHAN solar thermal power tower plant. *Renewable Energy*, 43, 18-29.
- Yang, M., Yang, X., Yang, X. and Ding, J. (2010). Heat transfer enhancement and performance of the molten salt receiver of a solar power tower. *Applied Energy*, 87(9), 2808-2811.
- Yaşar, A., Bilgili, M. ve Özbek, A. (2014). Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojisi ve yatırım maliyetlerinin küresel değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 39-52.

- Yagli, H., Koc, A., Karakus, C. and Koc, Y. (2016). Comparison of toluene and cyclohexane as a working fluid of an organic Rankine cycle used for reheat furnace waste heat recovery. *International Journal of Exergy*, 19(3), 420-438.
- Zhang, H. L., Baeyens, J., Degève, J. and Cacères, G. (2013). Concentrated solar power plants: Review and design methodology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 466-481.
- Koç, Z. G., and Ekşi Akbulut, D. (2017). Ekolojik Tasarım Kapsamında Dünyada ve Türkiye'de Toprak Yapı Standart ve Yönetmeliklerinin Değerlendirilmesi. *Megaron*, 12(4).
- Wijaya, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Distilasi Air dalam Proses Pengolahan Air Bersih dengan Menggunakan Fresnel Lens Solar Collector. *Magister Scientiae*, (40), 71-83.
- Haghi, A. K., Balköse, D. and Thomas, S. (2018). Design Strategies of Polymer for High-Performance Organic Photovoltaics Meha J. Prajapati and Kiran R. Surati. *In Applied Physical Chemistry with Multidisciplinary Approaches*, 127-154.
- Abadi, S. N. R., Ahmadpour, A., Abadi, S. M. N. R. and Meyer, J. P. (2017). CFD-based shape optimization of steam turbine blade cascade in transonic two phase flows. *Applied Thermal Engineering*, 112, 1575-1589.
- Wagner, M. J. and Wendelin, T. (2018). SolarPILOT: A power tower solar field layout and characterization tool. *Solar Energy*, 171, 185-196.
- Ghazouani, K., Skouri, S., Bouadila, S. and Guizani, A. A. (2018). Thermal study of solar parabolic trough concentrator. *In Renewable Energy Congress (IREC)*, 2018 9th International (pp. 1-4). IEEE.
- Bellos, E., Mathioulakis, E., Papanicolaou, E. and Belessiotis, V. (2018). Experimental investigation of the daily performance of an integrated linear Fresnel reflector system. *Solar Energy*, 167, 220-230.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇEVİK, Mehmet
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 10.05.1991, Hatay
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (530) 9656801
 Faks : -
 e-mail : mhmtcevik@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Makine Mühendisliği	2018
Lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Makine Mühendisliği	2014
Lise	Fatih Anadolu Lisesi	2009
İlköğretim	İnönü İlköğretim Okulu	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2015	Erol Bilecik Meslek Lisesi	Mühendis
2015-2016	CES Coşkun Mühendislik.	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

Cevik M., Karakus C., Yağlı H., Koç A., (2018). İskenderun Bölgesinde Güneş Kulesi Güç Analizi. 3e Electrotech Dergisi.

Hobiler

Bağlama, bilgisayar programları yazma, doğa yürüyüşü.

DİZİN

A

Akdeniz Bölgesi · 7

C

CO₂ · 2

Ç

çevre kirliliği · 1

Çözelti sıcaklığı · 33

D

Deaeratör · ix, 32, 33

Doğrusal fresnel reflektör · 23

E

ekserji analizi · iv, 14, 19, 21, 43,
46, 60

ekserjik verim · x, 53, 59

enerji · iv, viii, ix, 1, 2, 3, 4, 5, 6,
10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19,
20, 21, 22, 25, 30, 34, 35, 36,
40, 43, 44, 45, 49, 59, 60, 61,
62, 63, 64

G

güç tesisi · iv, viii, 28

güç tüketimi · 48

Güç Üretimi · 47

Güneş · 22

Güneş kulesi · iv, vii, viii, ix, 3, 26,
28, 32, 39, 40, 41, 45, 46, 47,
65

güneş radyasyonu · 30

I

ısı eşanjörü · 35

ısı girişi · 50

İ

İskenderun · 29

ithal enerji · 4

K

kütle akış oranı · 51

P

Parabolik çanak · 24

Parabolik oluklu sistemler · 22

pompa · 37

R

Rankine · 14, 17, 26, 67

S

SPT sistemleri · 27

Y

yakıt rezervleri · 1

yenilenebilir enerji · iv, 2, 4, 6,
12, 13, 40, 60

Yoğunlaştırıcı sistem · ix, 22

Yoğuşturucu · 42



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

