



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



BITİRME TEZİ

GÜNEŞ ENERJİLİ ÖN ISITMALI HİBRİT RANKİNE GÜÇ SANTRALİNİN MODELLENMESİ VE BİLGİSAYAR PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

Öğrencinin Adı ve Soyadı:
05035924 Mehmet Aydın SOYDAŞ
masoydas@yahoo.com.tr
mas.platform@gmail.com

Tezi Yöneten:
Yrd. Doç. Dr. Turhan M. ÇOBAN

Haziran, 2011
İZMİR

SINAV SONUÇ FORMU

Aşağıda belirtilen bu çalışma, ... / ... / ... günü toplanan jürimiz tarafından, BİTİRME TEZİ olarak kabul edilmiştir / edilmemiştir.

Çalışmanın Adı : Güneş Enerjili Ön Isıtmalı Hibrit Rankie Güç Santralinin Modellenmesi Ve Bilgisayar Programının Oluşturulması

Öğrencinin Adı, Soyadı : Mehmet Aydın SOYDAŞ

Öğrenci No : 05-03-5924

Danışmanın Ünvanı, Adı, Soyadı : Yrd. Doç. Dr. Turhan M. ÇOBAN

Başarı Notu (rakam ve yazı ile) :

Başkan

Üye

Üye

ONAY

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başlangıcından bitimine kadar her aşamada çalışmayı yönlendiren, özverili yardımlarını esirgemeyen Hocam Yrd. Doç. Dr. Turhan M. ÇOBAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mehmet Aydın SOYDAŞ

İZMİR, 10/ 06 / 2011

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİLİ ÖN ISITMALI HİBRİT RANKİNE GÜÇ SANTRALİNİN MODELLENMESİ VE BİLGİSAYAR PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

SOYDAŞ Mehmet Aydın

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Turhan M. ÇOBAN

Bu çalışma kapsamında güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralinin modellenmesi üzerine çalışılıp, burdan elde edilen veriler doğrultusunda bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen program, ayrı sınıflar şeklinde oluşmaktadır ve her sınıf da kendisi ayrıca çalıştırılabilmektedir.

İlk başta güneş ışınımının yeryüzüne gelişine göre, konum ve zamana bağlı olarak, birim alana düşen güç eldesinin hesabını yapan program(radoSUN.java) geliştirilmiştir. Bu program yatay yüzey, açıları belirtilmiş eğik bir yüzey ve güneşi tek ekseninde takip eden yüzey modeli (CSP-AP) için ayrı ayrı hesap yapabilmektedir.

Bölüm üçde incelendiği üzere arasırtmalı rakine güç çevriminin modellenmiştir. Buna göre geliştirilen bilgisayar programı(rankinearasırtmalı.java), çevrimin bütün hal noktalarının hesabını yaparak, çevrimin verim gibi genel özelliklerinin bulmaktadır. Burada suyun termodinamik özelliklerini hesaplayan “steam” sınıfında kullanılmıştır.

En son olarakda dördüncü bölümde, güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralin modeli için çalışmalar toplanarak, programı(Hybrit_Power_Plant.java) oluşturulmuştur. Bu programın oluşturulmasında steam, radoSUN ve rankinearasırtmalı sınıfları kullanılmıştır. Bunlara ek olarak grafiklerin çizimi içinde plot, vs. sınıflarda kullanılmıştır.

Böylece oluşturulan programların testi yapılarak, programların doğruluğu incelenmiştir. Elde edilen veriler ve sonuçlar üzerine incelemeler, irdelemeler yapılarak çalışma toplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: güneş sistemi, rankine, modelleme, simülasyon, Hibrit

İÇİNDEKİLER

1	GİRİŞ	9
1.1	Güneş Enerjisi İle İlgili Genel Bilgiler	9
1.2	Güneş Enerjisinin Kullanım Yöntemleri	10
1.2.1	Düşük Sıcaklık Uygulamaları	11
1.2.2	Yoğunlaştırıcı Sistemler	13
1.2.3	Fotovoltaik Pil Uygulamaları	15
1.3	Yoğunlaştırıcı Sistemler İle Elektrik Üretimi	17
1.3.1	Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri	17
1.3.2	Güneş Enerjisi ve iklim Değerlendirmesi	18
1.3.3	Uzun Dönem Performans Değerlendirmesi.....	18
1.3.4	İzleme Modülünün Seçimi	18
1.3.5	Parametrelerinin Optimizasyonu ve Diğer Etkenler.....	18
1.4	Parabolik Oluk Kollektörlerle Elektrik Üretimi.....	19
1.4.1	Parabolik Oluk Elektrik Santrallerinin Dünyadaki Uygulamaları.....	21
2	Güneş Işınımının Modelinin Oluşturulması	23
2.1	Güneş Işınımının Hesaplanması.....	23
2.1.1	Güneş Geometrisi Ve Kullanılan Formüller	24
2.1.2	Yatay Bir Yüzeye Gelen Işınımın Hesaplanması (Açık Gün Modeli)	28
2.1.3	Eğik Bir Yüzeye Gelen Işınımın Hesaplanması	31
2.1.4	Güneşin Takip Eden Bir Modelin Gelen Işınımın Hesaplanması	32
2.2	Işınım Hesabı için Bilgisayar Programının Hazırlanması	33
2.3	Örnek Hesap ve Karşılaştırma.....	33
2.3.1	Hesapların Yapılması:	34
2.3.2	Meteorolojik Veriler:	37
2.4	Bilgisayar Programının Testi ve Değerlendirmesi:.....	37
2.4.1	Analitik Çözüm Yapan Program Parçası:.....	37
2.4.2	Grafik Olarak Çıktı Veren Program Parçası:.....	39
2.4.3	Değerlendirme:.....	42
3	Rankine Çevrim Modelinin Oluşturulması	42
3.1	Rankine Güç Çevrimi.....	43
3.2	Araştırmalı Rankine Güç Çevrimi Modeli	43

3.3	Modelin Bilgisayar Programının Hazırlanması.....	47
3.4	Araştırmalı Rankine G. Ç. Modelinin Testi ve Değerlendirmeler	47
4	Hibrit Santral Modelinin Oluşturulması.....	49
4.1	Güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralının modellenmesi.....	50
4.2	Modelin Bilgisayar Programının Hazırlanması.....	53
4.3	Modelin Bilgisayar Programının Testi ve Değerlendirmeler.....	54
5	Sonuçlar, Değerlendirme Ve Öneriler	58
6	KAYNAKLAR	60

Şekil 1	Parabolik aynalar - SEGS - Andosol İspanya.....	13
Şekil 2	Çanak tipi termal güneş santralleri.....	14
Şekil 3	Kule tipi termal güneş çevrim santralleri	15
Şekil 4	Fotovoltaik Pıl Uygulamalarından değişik örnekler	16
Şekil 5	Parabolik Oluk Kollektörlerle Elektrik Üretimi üzerine örnekler	20
Şekil 6	Parabolik Oluk Kollektör ünitesinin şematiği.....	21
Şekil 7	Parabolik aynalı oluk kollektörlerden oluşturulmuş Solar tarlalar	23
Şekil 8	Güneş açılarının gösterilmesi	27
Şekil 9	Parabolik Kollektör sisteminin tek eksenle güneşin izlemesi.....	33
Şekil 10	girdi penceresi	38
Şekil 11	girdi penceresi	38
Şekil 12		39
Şekil 13	Yatay bir yüzeye gelen ışınım şiddetinin gün boyunca değişimi;.....	40
Şekil 14	Eğimli bir yüzeye gelen ışınım şiddetinin gün boyunca değişimi;	41
Şekil 15	CSP_APmodel için ışınım şiddetinin gün boyunca değişimi;	42
Şekil 16	İdeal rankine çevriminin şekli;.....	43
Şekil 17	Hibrit güç santralının şematiği.....	50

No table of figures entries found.

SEMBOLLER

<u>Sembol</u>		<u>Birim</u>
m	Kütlesel debi	[kg/s]
h	Entalpi	[kJ/kg]
s	Entropi	[kJ/(kg.K)]
T	Sıcaklık	[°C]
P	Basınç	[Bar]
w	Birim kütle başına İş yükü	[kJ/kg]
W	İş yükü	[kJ]
q	Birim kütle başına Isıl yük	[kJ/kg]
Q	Isıl yük	[kJ]
E	Zaman düzeltme faktörü	[dk]
β	Eğim açısı	[° derece]
γ	Yüzey azimut açısı	[° derece]
θ	Geliş açısı	[° derece]
φ	Enlem açısı	[° derece]
δ	Deklinasyon açısı	[° derece]
θ_z	Zenit açısı	[° derece]
G_{sc}	Güneş sabiti	[W/m ²]
G_{an}	Yatay bir yüzeye gelen ışıının	[W/m ²]
G_{cnb}	Güneş ışıınlarına dik bir yüzey için açık doğrudan ışıının şiddeti	[W/m ²]
G_{cb}	Yatay bir yüzeye gelen doğrudan ışıının şiddeti	[W/m ²]
G_d	Yatay bir yüzeye gelen yaygın ışıının şiddeti	[W/m ²]
τ_b	Yeryüzündeki doğrudan ışıının, atmosfer dışındaki ışıına oranı [-]	
τ_d	Yatay bir yüzeye gelen yaygın ışıının, atmosfer dışındaki ışıına oranı [-]	
Δp	Boru boyunca basınç düşüşü	[Pa]

η	Verim	[%]
CSP_AP	Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi - aktif panel modeli(güneşi takip ediyor)	

İndisler:

p	pompa
$pump$	pompa
in	Giren
out	Çıkan
t	Toplam
$turb$	Türbin

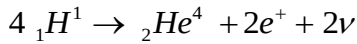
1 GİRİŞ

Bu çalışma kapsamında güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralinin modellenmesi analitik ve sayısal yöntemler kullanılarak incelendiğinden bu bölümde çalışmaya temel teşkil eden teorik bilgilere yer verilmiştir.

1.1 Güneş Enerjisi İle İlgili Genel Bilgiler

Güneş çok yoğun ve çok sıcak gazlardan meydana gelmiştir. Yer küreden $1,5 \times 10^{11}$ m uzaklıkta olan güneşin çapı $1,39 \times 10^9$ m'dir. Sıcaklığın $8-40 \times 10^6$ K, yoğunluğun 10^5 kg/m³ olduğu, güneşin merkezi ile $0,23r$ (r: güneşin yarıçapı) arasındaki bölgede enerjinin % 90'ı üretilir, toplam kütesinin % 40'ı bulunur. Merkezden $0,7r$ uzaklıktaki bölgede yoğunluk 70 kg/m³, sıcaklık 130000 K değerine düşer. $0,7r$ ile $1,0r$ arasındaki konvektif bölgede yoğunluk 10^{-5} kg/m³, sıcaklık 5000 K düzeyindedir. Güneş radyasyonunun asıl kaynağını oluşturan fotosfer tabakası konvektif bölgenin dış kabuğudur. Bu tabakanın üzerinde yüzlerce kilometre kalınlığındaki inversiyon tabakası bulunur. Bu tabakanın dışında kromosfer tabakası yer alır. Kromosfer tabakasının kalınlığı yaklaşık 10000 km'dir. En dışta 10^6 K sıcaklıkta ve düşük yoğunluktaki corona tabakası bulunur.

Güneşte üretilen enerji;



dört protonun helim çekirdeğine dönüştüğü çekirdek tepkimesi ile açığa çıkar. Bu tepkimede ısı veren özelliktedir. Açığa çıkan enerji her Helyum çekirdeği için $1,5 \times 10^8$ kcal/g'dır. Ortalama güneş-dünya uzaklığı $1,495 \times 10^{11}$ m'dir. Bu uzaklıkta güneş, dünyada 32 dakikalık bir açı içinde düzlemsel bir daire gibi görülür. Güneş yaklaşık 4 haftada bir kendi eksenini etrafında döner. Bu dönme katı cisim gibi olmaz. Ekvator bölgesi 27 günde, kutup bölgesi 30 günde döner.

Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m² değerindedir, ancak yeryüzünde $0-1100$ W/m² değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra

hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Türkiye güneş kuşağı adı verilen 40° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında yer almakta ve güneş enerjisi bakımından orta zenginlikte bir ülke durumundadır. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresinin yüksek olmasına karşılık düşük ve orta sıcaklık uygulamalarında sınırlı sayıda kullanılmaktadır. Sanayinin toplam enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinden yalnızca % 0.1 oranında faydalanılmaktadır. Ülkemizde güneş enerjisi uygulamaları ağırlıklı olarak, güneş toplayıcıları vasıtasıyla düşük sıcaklıkta sıcak su ve sıcak hava üretimi ile sınırlı kalmıştır. Güneş enerjisi uygulamaları; sıcak su üretimi, bitkisel ürünlerin soğutulması ve kurutulması, pişirilmesi, deniz suyunun damıtılması, elektrik üretimi, hacim ısıtılması ve soğutulması, sulama suyunun pompalanması, endüstriyel işlem ısısı üretme, fotokimyasal ve fotosentetik çevrimlerin gerçekleştirilmesi olarak sıralanabilir.

Güneş enerjisinin üstünlükleri şunlardır: yakıt masrafının olmaması, işletme maliyetinin düşük olması, proses ısısının istenilen sıcaklıkta doğrudan elde edilmesi, enerji kaynağının tükenmez oluşu ve en önemlisi çevreyi kirletmemesidir. Dezavantajları ise; geniş kullanım alanlarına ihtiyaç duyulması, kullanılabilir enerjileri dönüştürme teknolojisinin henüz tam olarak yaygınlaşmaması, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve gelen enerjinin kesikli ve değişken olmasıdır. Bu dezavantajların ortadan kaldırılması için gerekli teknolojiler üzerinde bilimsel çalışmalar devam etmektedir.

1.2 Güneş Enerjisinin Kullanım Yöntemleri

1.2.1 Düşük Sıcaklık Uygulamaları

Düzlemsel Güneş Kollektörleri: Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70°C civarındadır. Düzlemsel güneş kollektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır. Kollektörler, yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. Güneş kollektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında kullanılır. Bu konudaki Ar-Ge çalışmaları sürmekle birlikte, bu sistemler tamamen ticari ortama girmiş durumdadırlar. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kollektörü alanı 30 milyon m²'nin üzerindedir. En fazla güneş kollektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye, 7,5 milyon m² kurulu kollektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır.

Vakumlu Güneş Kollektörleri: Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100-120°C), düzlemsel kollektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler.

Güneş Havuzları: Yaklaşık 5-6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını yakalayarak 90°C sıcaklıkta sıcak su eldesinde kullanılır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir, tuz konsantrasyonu en üstten alta doğru artar. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulursa bile havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Bu sıcak su bir eşanjöre pompalanarak ısı olarak yararlanılabileceği gibi Rankin çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş havuzları konusunda en fazla İsrail'de çalışma ve uygulama yapılmıştır. Bu ülkede 150 kW gücünde 5 MW gücünde iki sistemin yanında Avustralya'da 15 kW ve ABD'de 400 kW gücünde güneş havuzları bulunmaktadır.

Güneş Bacaları: Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeye kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava, çevre sıcaklığından daha çok ısınacaktır. Isınan hava yükseleceği için, çatı eğimli yapıp, hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde 15 m/sn hızda hava akışı-rüzgar oluşacaktır. Baca girişine yerleştirilecek yatay rüzgar türbini bu rüzgarı elektriğe çevirecektir. Bir tesisin gücü 30-100 MW arasında olabilir. Deneysel bir kaç sistem dışında uygulaması yoktur.

Su Arıtma Sistemleri: Bu sistemler esas olarak sığ bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine eğimli şeffaf-cam yüzeyler kapatılır. Havuzda buharlaşan su bu kapaklar üzerinde yoğunlaşarak toplanırlar. Bu tür sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı bazı yerleşim yerlerinde yıllardır kullanılmaktadır. Su arıtma havuzları üzerinde yapılan Ar- Ge çalışmaları ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına ve verimin artırılmasına yöneliktir.

Güneş Mimarisi: Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi toplanır, depolanır ve dağıtılır. Ayrıca güneş kolektörleri, güneş pilleri vb. aktif ekipmanlar da yararlanılabilir.

Ürün Kurutma ve Seralar: Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tür sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif bileşenler de içerebilir. Bu sistemler dünyada kırsal yörelerde sınırlı bir biçimde kullanılmaktadırlar.

Güneş Ocakları: Çanak şeklinde ya da kutu şeklinde, içi yansıtıcı maddelerle kaplanmış güneş ocaklarında odakta ısı toplanarak yemek pişirmede kullanılır. Bu yöntem, Hindistan, Çin gibi bir kaç ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Güneş Enerjisi ile Soğutma: Soğutmaya ihtiyaç duyulan mevsimde güneş enerjisinin bol olması, bu kaynağın soğutma amacıyla kullanılmasını cazip kılmaktadır. Soğutma işlemleri için güneş enerjisi; Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli sistemlerde, absorpsiyonlu sistemlerde, termoelektrik sistemlerde, ejektörlü sistemlerde, adsorpsiyonlu sistemlerde, Brayton çevrimli mekanik sistemlerde, gece ısıtım etkili sistemlerde ve fotovoltaiik ünitelerde enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu sistemler içinde absorpsiyonlu soğutma sistemi, düşük sıcaklık uygulamaları için en uygun olanıdır. Kapasite

kontrolünün basitliği, yapım kolaylığı ve performans katsayısının yüksekliği absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin avantajlarıdır.

1.2.2 Yoğunlaştırıcı Sistemler

Parabolik Oluk Kollektörler: Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Kollektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kollektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar. Kollektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa ulaşabilirler. (350-400°C) Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemler ticari ortama girmiş olup, bu sistemlerin en büyük ve en tanınmış olanı 350 MW gücündeki şimdiki Kramer&Junction eski Luz International santralleridir.



şekil 1 PAربولik aynalar - SEGS - Andosol İspanya

Parabolik Çanak Sistemler: İki eksenle güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir yada odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürölmesinde % 30 civarında verim elde edilmiştir.



Şekil 2 Çanak tipi termal güneş santralleri

Merkezi Alıcı Sistemler: Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı denen bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir, bu durumda sıcaklık 800°C'ye çıkar. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasite ve sıcaklıkları, sanayi ile kıyaslanabilir düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir.



Şekil 3 Kule tipi termal güneş çevrim santralleri

1.2.3 Fotovoltaik Pil Uygulamaları

Güneş enerjisinin fotoelektrik dönüşümünde kullanılan fotovoltaik piller, güneş enerjisini doğrudanelektrik enerjisine çeviren düzeneklerdir. Fazla elektron bulunan n-tipi yarı iletken ile fazla boşluk bulunan p-tipi yarı iletken yan yana geldiği zaman tek bir kristal meydana getirmesi ve fazla elektronların boşluklara atlamasıyla doğru akım meydana gelir. Güneş pillerinin verimleri; tasarım, madde yapısı ve imalat şartlarına bağlı olarak % 6 – 35 arasında değişir.

Güneş pillerinin 35 yıllık gelişiminde, özel ve kamu destekli araştırma ve geliştirme çalışmaları esas olmuştur. Güneş pili fiyatlarındaki düşüş ve elektrik üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı kullanımında son yıllarda önemli bir artış görülmektedir. Güneş pilleri pahalı olmalarına karşın en önemli üstünlükleri; hiç bir hareketli parçaya sahip olmamaları, sorunsuz olarak az bakımla 25- 30 yıl kullanılabilmeleri ve çalışma süreleri boyunca doğaya hiç bir kirletici atık bırakmamalarıdır.

Fotovoltaik piller, modüller halinde olduğundan ihtiyaca göre boyutlandırılabilir. Yeni sistemlerin tasarımı, kuruluşu ve çalıştırılması veya var olan sistemlere ek yapılmasında geçen süre diğer konvansiyel güç üretim tekniklerinde gereken sürenin küçük bir kısmıdır. Ayrıca bu sistemlerin basitliği, düşük çalışma ve bakım maliyeti sağlar. Fotovoltaik jeneratörleri çevirme işleminde, hiçbir hareketli parçası olmadığından dolayı bakım, tamir ve yedek parça maliyeti daha düşüktür. Çalışma maliyeti sıfırdır çünkü yakıt masrafının olmaması birim kWh başına enerji maliyetini düşürmektedir. Tipik bir sistemin kullanım süresi yaklaşık 20 yıldır.

Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan korunması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi yada dışı aydınlatma
- Dağ evleri yada yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama yada ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşı soğutma



Şekil 4 Fotovoltaik Pil Uygulamalarından değişik örnekler

1.3 Yoğunlaştırıcı Sistemler İle Elektrik Üretimi

Bugüne kadar güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki sistem kullanılmıştır. Birincisi, güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik sistemlerdir. Fakat geçen 20 yıl içerisinde fotovoltaik sistem uygulamalarının artışına rağmen, teknolojinin karmaşıklığı ve maliyetinin yüksek oluşu, geniş çapta elektrik üretimi için yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. İkinci seçenek ise, güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, konvansiyonel yöntemlerle elektrik üretimidir.

Güneş termal güç santralleri, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, yani kullanılan kollektörler bakımından farklılık gösterirler. Toplama elemanı olarak parabolik oluk kollektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde, çalışma sıvısı kollektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilir. Parabolik çanak kollektörler kullanılan sistemlerde de ya aynı yöntem kullanılır ya da merkeze yerleştirilen bir motor (Stirling) yardımı ile direkt olarak elektrik üretilir. Merkezi alıcılı sistemlerde ise, güneş ışınları düzlemsel aynalar (heliostat) yardımı ile alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtılır. Alıcıda ısıtılan çalışma sıvısından konvansiyonel yollarla elektrik elde edilir.

1.3.1 Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri

Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler şunlardır;

- Bölge seçimi
- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi
- Parametrelerin optimizasyonu

Santralin tesis edileceği ideal bölge seçilirken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

1. Yıllık yağış miktarının düşük olması,
2. Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması,
3. Hava kirliliğinin olmaması,
4. Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması,
5. Rüzgar hızının düşük olması.

6. Güneş Enerjisi ve iklim Değerlendirmesi

1.3.2 Güneş Enerjisi ve iklim Değerlendirmesi

Santralin tesis edileceği bölgenin, yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine ve metrekaare başına yıllık 1500 kWh'lık bir güneş enerjisi değerine sahip olması gereklidir. Ayrıca, 4 saatlik güneşlenme süresine sahip gün sayısının 150 den az olmaması gereklidir. Yukarıdaki şartları sağlayan bir bölgede santral tasarımı için aşağıdaki çalışmaların yapılması gerekir.

1.3.3 Uzun Dönem Performans Değerlendirmesi

Yoğunlaştırıcı kollektörlerin uzun dönem performans değerlendirme için saatlik direkt güneş enerjisi değerleri kullanılır. Bu değerler ölçümlerden elde edilemediği zaman, bir model yardımı ile günlük toplam güneş enerjisi değerlerinden elde edilmelidir. Coğrafi bölge ve kollektör seçiminin yapılmasında uzun dönem yıllık güneş enerjisi değerlerinden faydalanılır. Bu değerler aynı zamanda ekonomik analiz için de gereklidir.

1.3.4 İzleme Modülünün Seçimi

Doğrusal yoğunlaştırıcı kollektörler, Kuzey-Güney veya Doğu-Batı doğrultusunda yerleştirilebilir. Yön seçilirken, maksimum güneş enerjisinin hangi doğrultuda alındığı göz önünde bulundurularak yerleştirme yapılır. Genelde Kuzey-Güney doğrultusunda yerleştirmekle en iyi sonuç elde edilir.

1.3.5 Parametrelerinin Optimizasyonu ve Diğer Etkenler

Doğrusal yoğunlaştırma yapan ve ısı transfer akışkanı olarak termal yağ kullanılan sistemlerde çalışma parametrelerinin optimizasyonu için aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır.

Isı Transfer Yağının Seçimi : Güneş termal güç santralinin verimli çalışması büyük ölçüde, uygun ısı transfer akışkanının seçimine bağlıdır. Bu akışkanın dolaştığı sistem parçaları, 0 °C ile 300 °C arasında değişen sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalırlar. Bu nedenle güç santrallerinde kullanılan ısı transfer akışkanında aşağıdaki özellikler aranır.

- Yüksek yanma noktası (500 °C'ın üstünde)
- Düşük buharlaşma basıncı
- Düşük sıcaklıklarda yüksek akışkanlık
- Yüksek yoğunluk

- Yüksek sıcaklıklarda (300 °C) sürekli çalışabilme

Bu kriterlerin hepsini sağlayan bir yağda ayrıca 0°C ve 300°C arasında basınç düşmesinin minimum olması gerekir.

Basınç Düşmesi

İşletme basıncı; santralin önemli çalışma parametrelerinden biridir. İşletme basıncının maksimum ve minimum değerleri, işletme sıcaklığının maksimum ve minimum değerleri ile sınırlanır. Bu basıncın alt limiti ısı transfer akışkanının buharlaşmasını engelleyecek bir değerde olmalıdır.

Boru Boyutlandırması: Sistemdeki sıvının sirkülasyonu için kullanılan boru şebekesi, absorban borulardan ve esnek hortumlardan oluşur. Kollektörlerdeki absorban borular sabittir. Fakat kollektörler arasındaki bağlantıyı sağlayan esnek hortumlar hareketli olduğu için uygun olarak boyutlandırılması önem taşır. Boruların çapının arttırılması, akışkan hızını ve basıncını düşürür. Hızın düşmesi ile artan ısı kayıpları maliyeti olumsuz yönde etkiler. Bunun için boru çapı belirlenirken, sistem basınç düşüşünün minimum olmasına ve çalışma basıncının işletme maliyetini minimum seviyeye getirmesine dikkat edilmelidir.

Kapasite Seçimi: Kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark maksimum olmalıdır. Bu durumu sağlamak için:

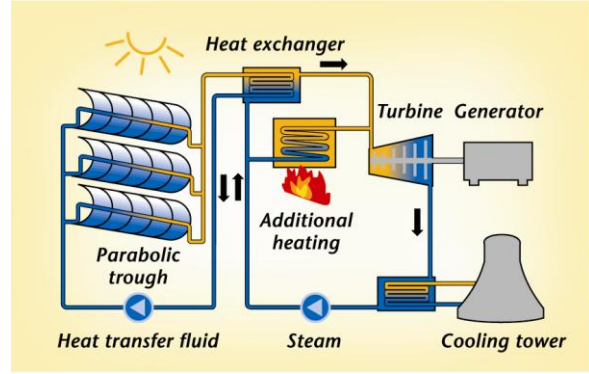
Isı transfer akışkanı, güneş tarlasından aldığı enerjiyi mümkün olduğunca buhar üretim sistemine bırakıp, minimum sıcaklıkta geri dönmelidir. Isı değiştirgeci, buhar üretici gibi ekipmanların verimliliği arttırılmalıdır.

Korozyon: Sistemin ısı kayıplarını minimum seviyeye getirirken prosesin olduğu kısımlar ve kollektörler korozyondan korunmalıdır. Örneğin ekipman içinde yoğunlaşmasına izin verilen buharın, ısı değiştirgecinde ıslak buhar korozyonuna neden olmaması için, süper ısıtıcılarda kızgın buhar haline getirilir.

1.4 Parabolik Oluk Kollektörlerle Elektrik Üretimi

Parabolik oluk kollektörlü güç santralleri, güneş tarlası, buhar ve elektrik üretim sistemlerinden oluşur. Bu santrallerde proses ısısı için, doğrusal yoğunlaştırma yapılarak,

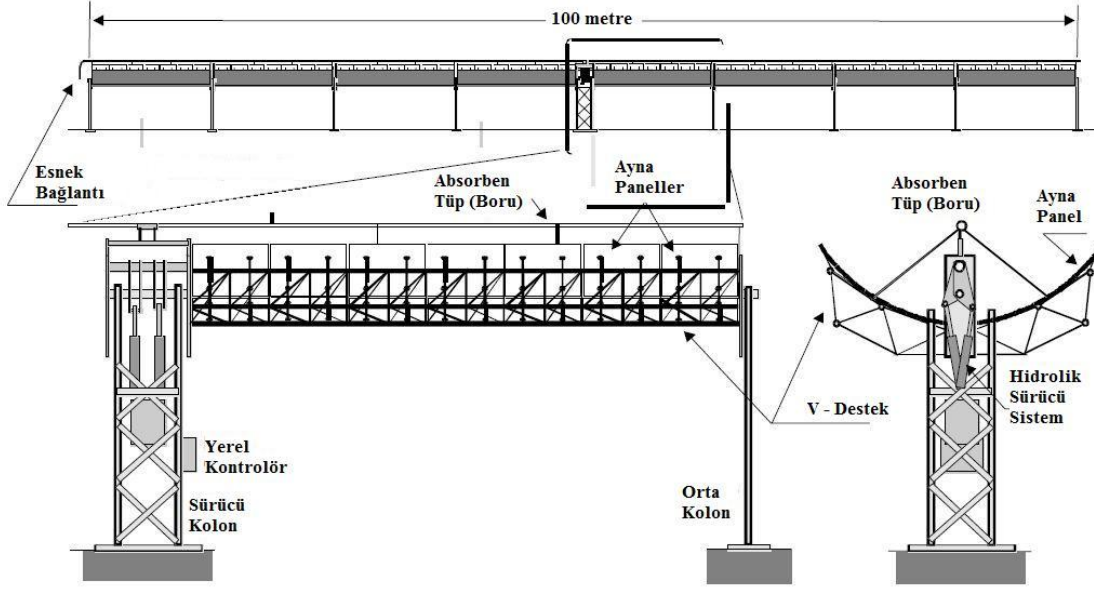
güneş enerjisinden 300 °C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır.



Şekil 5 Parabolik Oluk Kollektörlerle Elektrik Üretimi üzerine örnekler

Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik oluk kollektör gruplarından oluşan alandır. Bu üniteler, gelen güneş enerjisini 4 mm kalınlığında ve yüksek yansıtma oranına (% 94) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru üzerine yansıtırlar. Parabolik oluk kollektörler grupları yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör bulunur. Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık % 97 lik bir absorbtiviteye sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını azaltmak için, cam tüp ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0.1 atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe ve radyasyon kayıplarını en aza indirmek için antirefleksif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır.

Güneş tarlası kontrol sistemi; genel kontrol sistemi ve her kollektör grubunda bulunan lokal kontrol ünitelerinden oluşur. Genel kontrol sistemi güneşlenme durumunu izler ve buna göre sistemi tamamen ya da kısmen açar ya da kapatır. Bu işlem, lokal kontrol üniteleriyle iletişim içinde yapılır. Lokal kontrol üniteleri, her kollektör grubunu ayrı ayrı kontrol ederek güneşin takip edilmesini sağlarlar.



Şekil 6 Parabolik Oluk Kollektör ünitesinin şematığı

Güneş enerjili güç santrallerinde, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda, kesintisiz elektrik üretiminin sağlanması için ilave ısıtıcılar kullanılır. Petrolle ya da doğal gazla çalışan ilave ısıtıcılar, aynı sıcaklık ve basınçta buhar üretirler.

1.4.1 Parabolik Oluk Elektrik Santrallerinin Dünyadaki Uygulamaları

Parabolik oluk kolektörlü sistemler konusunda faaliyet gösteren LUZ International (ABD), dünyada güneş enerjisiyle üretilen toplam elektriğin % 92'sini gerçekleştirmektedir. Bu şirket, 1984 yılında başlattığı çalışmalar ile günümüze kadar 9 güç santralini (SEGS: Solar Electric Generating System) işletmeye sokmuş olup 4 santral ise proje safhasındadır.

80 MW gücündeki SEGS-9, 1990 yılında Harper Gölü'nde inşa edilen santrallerin ikincisi olup, inşa edilmesi ve devreye sokulması 8.5 ay gibi kısa bir sürede tamamlanmıştır. SEGS-8 ve SEGS-9'dan sonra 1994 yılına kadar inşa edilecek olan 4 santral da işletmeye alındığında, 1 milyon insanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak ve toplam 680 MW'lık bir enerji üretilecektir.

SEGS teknolojisi, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankin çevrimli buhar türbin sistemine dayanır. Güneş Santrali, parabolik oluk kolektör gruplarından (Solar Collecting Assemblies-SCA) meydana gelmiştir. Güneşi iki boyutlu olarak takip eden ve yansıtıcı yüzeyleri vasıtasıyla güneş ışınlarını odaklayarak çelik boru üzerinde

yoğunlaştıran kollektörler, kolonlar üzerine kurulmuş olup, esnek hortumlarla birbirine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kayıplarını en düşük seviyeye getirmek için, absorban olarak kullanılan ve özel bir madde ile kaplı olan bu çelik boru, içi vakumlanmış cam bir tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı (sentetik yağ), 380 °C civarına kadar ısıtılır ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli olan buhar üretilir.

Güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda, kesintisiz enerji üretimini sağlamak için, doğal gazlı ısıtıcı sistem kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin yeterli, yetersiz veya hiç olmama durumuna göre sistem üç değişik şekilde çalışır.

Güneş enerjinin yeterli olduğu durumlarda, ısı transfer akışkanı doğrudan güneş tarlasından geçer. Yetersiz veya hiç olmama durumlarında ise doğal gazlı ısıtıcılarla desteklenir veya tamamen bu ısıtıcılar devreye sokulur. Her iki enerji kaynağının da kullanıldığı durumda, hem güneş enerjisinden hem doğal gazdan yararlanabilmek için by-pass valfi açık bırakılır. Bu durumda güneş tarlasında ısınan sıvı, destek ısıtıcılar yardımı ile çalışma sıcaklığına ulaşınca kadar ısıtılır.

1.4.1.1 SEGS Santrallerinin Ekonomisi

ABD'de yürütülen SEGS projelerinin toplam kurulu gücü 680 MW ve toplam yatırım maliyeti 2 milyar dolardır. Bu maliyetin 1 milyar dolarlık kısmı çalışır durumdaki 8 santral için harcanmıştır. Her biri büyük bir yatırım olan bu santraller, özel şirketler tarafından finanse edilmiştir. 80 MW gücündeki bütün santraller, yaz ayları boyunca ilave güce ihtiyaç duyan Güney Kaliforniya Edison ve San Diego Gaz ve Elektrik Şirketleri tarafından finanse edilmektedir. Petrolle çalışan 80 MW gücünde bir güç santrali ile, yatırım maliyeti bundan üç kat daha pahalı olan eşdeğer bir SEGS santrali arasında enerji üretim maliyeti açısından bir karşılaştırma yapılmıştır.

Bu karşılaştırmaya göre, ham petrolün varil fiyatının 20 ABD \$'ı olduğu düşünüldüğünde, SEGS santrali % 30 daha pahalı olmaktadır. Ham petrol fiyatının 30 ABD \$'ı olduğu varsayıldığında, maliyetler arasındaki fark % 10'a düşmektedir. Karşılaştırma için 240 MW'lık santraller gözönüne alınır ve ham petrol fiyatının 20 ABD \$'ı olduğu varsayılırsa, SEGS santralının üretim maliyetinin, petrolle çalışan santralin üretim maliyetinden sadece %

10 daha pahalı olduğu gör÷lür. Ham petrol fiyatının 30 ABD \$'ı olduğu varsayılırsa, güneş santrali elektrik üretim maliyeti açısından petrollü santrallere göre avantajlı duruma geçmektedir.



Şekil 7 Parabolik aynalı oluk kolektörlerden oluşturulmuş Solar tarlalar

2 Güneş Işınımının Modelinin Oluşturulması

Güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralinin modellenmesi oluşturulmasında öncelikli olarak konuma ve zamana bağlı olarak güneş ışınımının hesaplarının yapılması ve bunun simüle edilmesi gereklidir. Bu kısımda bu hesaplamalarının nasıl yapıldığı incelenmekte, bilgisayar programı oluşturulmaktadır ve bunların kontrolü yapılmaktadır.

2.1 Güneş Işınımının Hesaplanması

Güneş enerjisinin doğrudan kullanıldığı uygulamalarda, yüzeylere gelen güneş ışınımının anlık değerinin bilinmesi gerekir. Yüzeylere gelen güneş ışınımının şiddeti enlem derecesine, yılın gününe ve saate, yüzeyin yönüne bağlı olarak değişir. Bu çalışmada, günün herhangi bir saatinde eğik yüzeye gelen doğrudan ve yaygın ışınımın hesaplanması için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan tanım ve bağıntılar güneş enerjisi ile ilgili muhtelif kitaplarda bulunmakta olup, bu çalışmada Duffie ve Beckman tarafından verilen bağıntılar kullanılmıştır.

2.1.1 Güneş Geometrisi Ve Kullanılan Formüller

Dünyanın kendi eksenini etrafında 24 saatte ve güneşin etrafında 365,2564 günde tamamladığı iki hareketi bulunmaktadır. Dünyanın dönüş eksenini ile güneş etrafındaki yörünge düzleminin normali arasında 23,45°'lik açı bulunmaktadır. Bu hareketler nedeniyle güneşin ve dünyanın birbirlerine göre konumları gün ve yıl içinde sürekli değişim gösterirler. Bu nedenle yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı da gerek gün gerekse yıl içinde farklılık gösterir. Güneş ışınımının hesaplanmasında bu hareketlerin dikkate alınması gereklidir. Bu nedenle güneş ve dünyanın birbirlerine göre konumlarını belirlemek için bazı tanımlamalardan yararlanılır. Ayrıca güneş enerjisi sistemlerinde alıcı yüzeye gelen güneş ışınımının hesaplanmasında, alıcı yüzey düzlemi ve güneş ışınlarının doğrultusu ile ilgili açılardan yararlanılır. Bu kapsamda aşağıdaki temel tanımlamalar kullanılır:

2.1.1.1 Gerçek Güneş Zamanının Hesaplanması:

Anlık güneş ışınımı hesaplarının yapılabilmesi için öncelikle gerçek güneş zamanı bilinmelidir. Güneş zamanı yerel saat zamanı kullanılarak aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

$$GZ = YSZ + \frac{4 * (L_{st} - L_{loc}) + E}{60}$$

GZ: Güneş Zamanı (saat)

YSZ: Yerel Saat Zamanı (saat)

Lst: Standart Saat Boylamı (Batı boylamları [+], doğu boylamları [-])

Lloc: Yerel boylam (Batı boylamları [+], doğu boylamları [-])

E: Zaman Düzeltme Faktörü (dakika)

Türkiye için standart saat boylamı -30° boylamıdır. Yaz saati uygulandığı sürece -45° boylamı standart olarak alınır.

E zaman düzeltme faktörü dünyanın dönüş hızındaki salınımlarla ilgili olup en çok ± 15 dakika civarında olmaktadır.

$$E = 229.2 * (0.000075 + 0.001868 * \cos(B) - 0.032077 * \sin(B) - 0.014615 * \cos(2 * B) - 0.04089 * \sin(2 * B))$$

$$B = (n - 1) * \frac{360}{365}$$

Bağıntıları ile hasplanır.

Bağıntıda ki n sembolü, 1 Ocakdan itibaren yılın gününü gösterir ve değeri

$1 \leq n \leq 365$ arasında değişir.

Aylar	Ayın i. günü için n	Ayı temsil eden gün	
		Tarih	Yılın n. günü
Ocak	i	17	17
Şubat	$31+i$	16	47
Mart	$59+i$	16	75
Nisan	$90+i$	15	105
Mayıs	$120+i$	15	135
Haziran	$151+i$	11	162
Temmuz	$181+i$	17	198
Ağustos	$212+i$	16	228

Eylül	243+i	15	258
Ekim	273+i	15	288
Kasım	304+i	14	318
Aralık	334+i	10	344

Tablo 2.1. Her ay için önerilen ortalama gün ayın günleri

2.1.1.2 Güneş Öğlesi ve Saat Açısının Hesaplanması:

Güneş öğlesinde güneş zamanı 12 olmaktadır. Güneş dünyanın dönmesinden dolayı yerel boylamın doğusuna veya batısına doğru saatte 15^0 'lık açısal yerdeğiştirme yapmaktadır. Bu yerdeğiştirme saat açısı (w) olarak tanımlanır.

$$w = 15 * (GZ - 12)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

2.1.1.3 Gelen Güneş Işının Yönü ve Açıları

Eğimli bir yüzeyin yatayla yaptığı açı eğim açısı (β) olarak isimlendirilir. Yüzeyin normalinin yatayla olan izdüşümünün güneyle yaptığı açı ise azimut açısı (γ)'dir. Doğu yönü (-), Batı yönü (+), kabul edilir. Yüzey üzerine gelen güneş ışınlarının yüzeyin normali ile yaptığı açı güneşin geliş açısı enleme, boylama, tarih ve saateve yüzeyin açısına bağlı olarak değişir. Geliş açısının hesaplamak için kullanılan diğer tanım ve formüller aşağıda verilmiştir.

Eğim açısı (β): İncelenen yüzeyin yatay ile yaptığı açıdır. Eğim açısı 0° ile 180° arasında değişir.

Yüzey azimut açısı (γ): Yüzey normalinin yatay düzlemdeki izdüşümü ile yerel meridyen arasındaki açıdır. Yüzey azimut açısı, güneye yönelik yüzeylerde sıfır, doğu yönü için negatif, batı yönü için pozitifdir.

Zenit açısı (θ_z): Direkt güneş ışınlarının yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır. Aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \beta$$

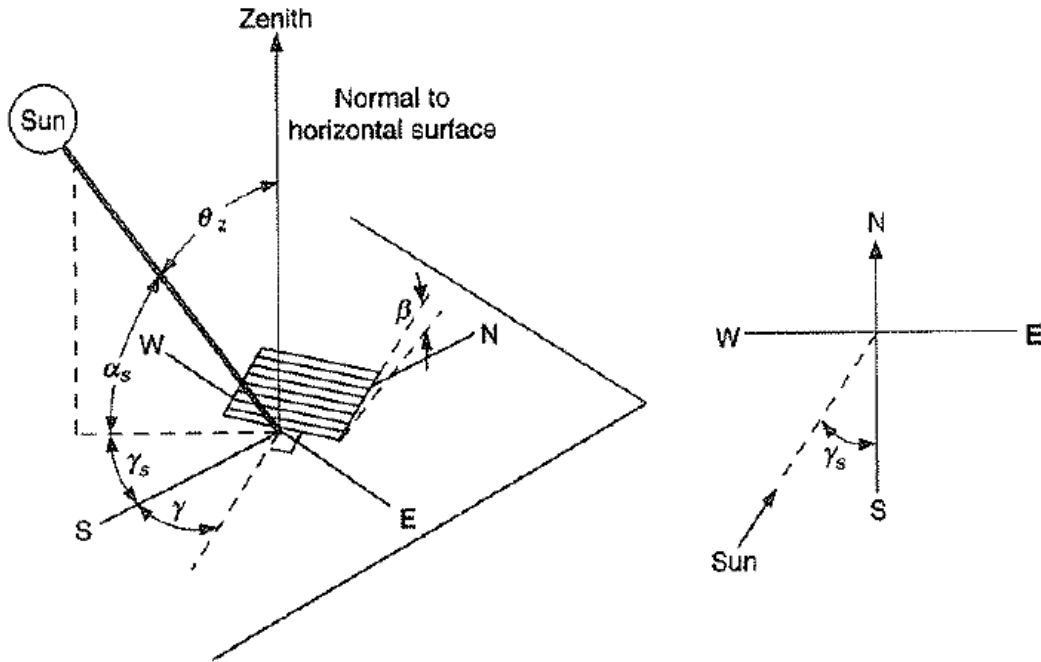
Enlem açısı (ϕ): Gözlemcinin bulunduğu yeri, dünya merkezine birleştiren doğrunun dünyanın ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Kuzey yarıkürede pozitif, güney yarıkürede negatif değer alır. Enlem açısı -90° ile $+90^\circ$ arasında değerler alır.

Deklasyon açısı (δ): Güneş öğlesinde, güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Deklasyon açısı, yıl boyunca $-23,45^\circ$ ile $+23,45^\circ$ arasında değişir. Deklasyon açısı, aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\delta = 23.45 * \sin \left(360 * \frac{284 + n}{365} \right)$$

Geliş açısı (θ) : Yüzey normali ile yüzeye gelen direkt ışınım arasındaki açıdır. Direkt güneş ışınımının yüzeye geliş açısı (θ), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned}$$



Şekil 8 Güneş açılarının gösterilmesi

2.1.1.4 Güneşin Batış ve Doğuş Saatlerinin Hesaplanması:

Güneşin batış ve doğuş saatlerinde, yatay yüzeye geliş açısı 90° olmaktadır. Yatay yüzey için güneşin doğduğu veya battığı andaki saat açısı (w_s)

$$w_s = \cos^{-1} [-\tan \delta * \tan \phi]$$

eşitliğinden hesaplanır. Güneşin doğuşundan batışına kadar saataçısındaki değişme bunun iki misli olmaktadır. Böylece güneşin doğuş saati

$$(YSZ)_{gd} = 12 - \frac{4 * (L_{st} - L_{loc}) + E}{60} - \frac{w_s}{15}$$

Batış saati:

$$(YSZ)_{gb} = 12 - \frac{4 * (L_{st} - L_{loc}) + E}{60} + \frac{w_s}{15}$$

Bağıntıları kullanılarak hesaplanabilir. Günün toplam uzunluğu ise:

$$GZ = (YSZ)_{gd} - (YSZ)_{gb} = 2 * \frac{w_s}{15}$$

2.1.2 Yatay Bir Yüzeye Gelen Işınımın Hesaplanması (Açık Gün Modeli)

Yeryüzüne gelen güneş ışıınının hesaplanmasında, atmosfer dışında yatay ve eğik yüzeylere gelen ışıının değerlerinden yararlanılır. Bu nedenle atmosfer dışından gelen güneş ışıının değerinin bulunması önemlidir. Dünya-güneş mesafesi yıl boyunca değişim gösterdiğinden, atmosfer dışına gelen güneş ışıınını da değişim gösterir. Ancak ortalama dünya-güneş uzaklığında güneş, dünyadan 32 dakikalık hacımsal açı içinde görülür. Bu koşulda güneşten yayılan radyasyonun atmosfer dışına gelen yoğunluğu yaklaşık sabittir. Atmosfer dışında, ortalama dünya-güneş uzaklığında radyasyon doğrultusuna dik yüzeyin birim alanına, birim zamanda güneşten gelen enerji, güneş sabiti (G_{sc}) olarak isimlendirilir. Güneş sabitinin değeri son ölçümlerle 1367 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Güneş radyasyonunun spektral dağılımı incelendiğinde dalga boyunun ve radyasyon şiddetinin geniş bir aralıkta değiştiği görülür. Ancak enerjinin tamamına yakın bir bölümü, dalga boyunun $0,3$ ile $3,0 \mu\text{m}$ değerleri arasında yer almaktadır.

Dünya-güneş uzaklığı yıl boyunca değişim gösterdiğinden atmosfer dışına gelen güneş ışıınını da değişmektedir. Işıınıma dik bir yüzeye, yılın n 'inci günü gelen atmosfer dışı ışıının;

$$G_{an} = G_{sc} * \left(1 + 1,033 * \cos \left(\frac{360}{365} * n \right) \right)$$

$$G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$$

olarak yazılır.

Güneş ışıını yataı y zeıle doğrudan veya yaygın ışıını olarak gelmektedir. Ancak y zeıe gelen doğrudan ve yaygın ışıınıların oranı bulutluluk, sis gibi meteorolojik Őartlara ve doğrudan ışıının geliş açısına bağlı olarak değişmektedir. Bir y zeıe gelen ışıının Şiddetinin hesaplanması için farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Açık günlerde, yeryüzündeki yataı bir y zeıe gelen güneş ışıının Şiddetinin hesaplanması için Hattel tarafından geliştirilen yöntem aşağıda gösterilmiştir. Buna göre, yeryüzündeki doğrudan ışıını atmosfer dışındaki ışıına oranı;

$$\tau_b = \frac{G_{bn}}{G_{an}} = a_0 + a_1 * e^{-\frac{k}{\cos \theta_z}}$$

olmaktadır. Burada G_{bn} , yeryüzünde güneş ışıınlarının dik bir y zeıe gelen doğrudan ışıının Őiddetidir. “ a_0 , a_1 ve k ” sabitleri görüş uzaklığının 23 km olduğu açık bir gün için, deniz seviyesinden 2500 metreye kadar olan yükseklikler için , aşağıda tanımlar ile hesaplanır.

$$a_0 = r_0 * a_0^*$$

$$a_1 = r_1 * a_1^*$$

$$k = r_k * k^*$$

$$a_0^* = 0,4237 - 0,00821 * (6 - A)^2$$

$$a_1^* = 0,5055 - 0,00595 * (6,5 - A)^2$$

$$k^* = 0,2711 - 0,01858 * (2,5 - A)^2$$

Burada A, deniz seviyesinden (km) olarak yüksekliktir. “ r_0 , r_1 , r_k ” değerleri iklime bağlı olarak değişmektedir. Bu değerler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

İklim Tipi	r_0	r_1	r_k
Tropical	0,95	0,98	1,02
Midlatitude summer	0,97	0,99	1,02
Subarctic summer	0,99	0,99	1,01
Midlatitude winter	1,03	1,01	1,00

Hottel (1976)’den

Tablo 2.2. İklim tipleri için verilen katsayılar

Böylece, güneş ışınlarına dik bir yüzey için açık gün doğrudan ışı nım şiddeti ;

$$G_{cnb} = G_{an} * \tau_b$$

ve yatay yüzeye gelen gelen doğrudan ışı nım şiddeti;

$$G_{cb} = G_{an} * \tau_b * \cos \theta_z$$

bağlantıları kullanılarak hesaplanır.

Doğrudan ışı nım dışında, açık bir gmk yüzünde dahi güneş ışı nımının bir kısmı yaygın ışı nım olarak gelmektedir. Yatay bir yüzeye gelen yaygın ışı nımın atmosfer dışındaki ışı nıma oranı

Liu ve Jordan tarafından geliştirilen ampirik bağı ntı kullanılarak açık bir gün için:

$$\tau_d = \frac{G_d}{G_{an}} = (0,271 - 0,294 * \tau_b) * \cos \theta_z$$

ifadesiyle verilmiştir.

Yatay bir yüzeye gelen yaygın ışı nımın;

$$G_d = G_{an} * \tau_d$$

olarak bulunur.

Yukarıda verilen doğrudan ve yaygın ışı nım bağı ntılara gün doğumundan batımına kadar her saat için ayrı ayrı hesaplanır ve toplanırsa, açık bir gün için yatay yüzeye gelen toplam ışı nım miktarı H_c hesaplanır.

$$H_c = \sum_{gündoğumu}^{günbatım} (G_{cb} + G_d) * \Delta t$$

Açık gün modelinin dışında saatlik ve günlük ışı nımın bulutluluğa bağı lı olarak değı şimini inceleyen ve meteorolojik verilerle açık gün modelinin ilişkisini araştıran pek çok bağı ntı kurulmuştur. Bu bağı ntılar bu çalışmanın kapsamına alınmamıştır.

2.1.3 Eğik Bir Yüzeye Gelen Işınımın Hesaplanması

Meteoroloji istasyonlarında genellikle yatay yüzeye gelen saatlik veya günlük toplam güneş ışınım değerleri ölçülmektedir. Güneş enerjili sistemlerin tasarımında ise farklı eğim ve yönlendirilmesi olan yüzeylere gelen ışınım değerlerine gereksinim duyulur. Bu nedenle güneş enerjili sistemlerin üzerine gelen güneş ışınım değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Herhangi bir zamanda eğik yüzeye gelen direkt ışınımın yatay yüzeye gelene oranı, geometrik faktör (R_b) kullanılarak hesaplanır.

$$R_b = \frac{G_{b,T}}{G_b} = \frac{G_{b,T} * \tau_b * \cos \theta}{G_b * \tau_b * \cos \theta_z} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z}$$

olarak yazılır.

Yatayla β açısı yapan eğik bir yüzeye gelen ışınım doğrudan yaygın ve yansıyan ışınım olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Doğrudan ışınım güneş ışınlarının yüzeye geliş açısına, yaygın ve yansıyan ışınlar ise sırası ile yüzeyin göğü ve yeri görüş faktörlerine bağlıdır. Yaygın ışınım için kullanılan bir model yaygın ışınımın gök boyunca geliş açısına bağlı olmadan izotropik olarak dağıldığıdır. Güneşin konumuna göre ve ufuk civarında yaygın ışınımın değişimini inceleyen daha hassas modellerin kullanılması halinde yüzeye gelmesi beklenen toplam ışınım bir miktar artmaktadır. Ancak bu çalışma için kolay anlaşılabilmesi göz önünde tutularak izotropik model kullanılmıştır. Eğik bir yüzeye çevre zeminden yansıyan ışınım ise yüzeyin zemini giriş açısına ve zeminin yansıtma(ρ_g) katsayısına bağlıdır. Böylece eğik yüzeye gelen toplam ışınım şiddeti yüzeyin göğü görüş faktörünün,

$$F_{cs} = \frac{1 + \cos \beta}{2}$$

Ve yüzeyin çevre zemini görüş faktörünün,

$$F_{cg} = \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

olduğu hesaba katılarak,

$$G_T = G_b * K_b + G_d * \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + G * \rho_g * \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada G yatay zemine G ise eğik yüzeye gelen toplam ışınlam şiddetlerini göstermektedir. Eğik yüzeye gelen ışınlamın yatay yüzeye gelen ışınlama oranı ise :

$$R = \frac{G_b}{G} * R_b + \frac{G_d}{G} * \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + \rho_g * \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

2.1.4 Güneşin Takip Eden Bir Modelin Gelen Işınlamın Hesaplanması

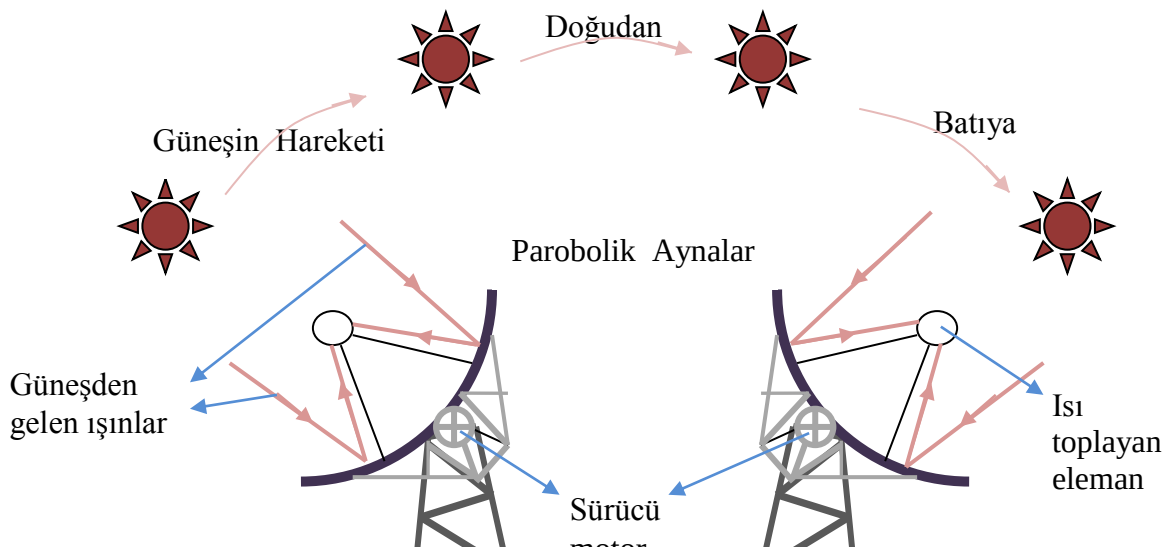
Güneş ışınlarından en yüksek verimin alınabilmesi için sisteme ışınların dik gelmesi gereklidir. Bu nedenden dolayı sistemler güneşi tek veya çift yönde izlemesi beklenir. Bu çalışmada parabolik oluk hareketi olan tek eksenli güneşin modellenmesi yapılacaktır.

Bu modelin oluşturulmasında sistem (burada sistem parabolik oluk veya düzlem olabilir) kuzey-güney ekseninde sabit tutulmaktadır. Bu durum da sistemin yüzey azimut açısının(γ) 90° ye eşit olmaktadır.

Güneşi doğudan batıya hareketiyle, sistemde güneşi takip etmektedir. Bunun simüle edilebilmesi için, sistemin eğimi(β), güneşin hareketi ile değişen saat açısına(w) eşitlenir. Böylece sisteme gelen ışınlamın mümkün olduğunca dik gelmesi sağlanmış olur.

Elde edilen çıkarımlar; $\gamma = 90^\circ$ ve $w = \beta$ 'dır.

Bu çıkarımlar kullanılarak eğik düzleme gelen ışınlam hesabı gibi hesaplandığında; güneşi takip eden böyle bir sistemin hesabı yapılır.



Şekil 9 Parabolik Kollektör sisteminin tek eksenli güneşin izlemesi

2.2 Işınım Hesabı için Bilgisayar Programının Hazırlanması

Tez için oluşturulan program parçalar şeklinde oluşturulmuştur. Programın parçaları ayrı ayrı çalıştırılabilmesiyle beraber ana programda bir bütün halinde çalışmaktadır.

Bilgisayar programının bu parçası ışıınım hesaplarını yapacak şekilde ayrı olarak tasarlanmıştır. Program ; ana metod ve yardımcı metodlar şeklinde “radoSUN” ana sınıfının içinde oluşturulmuştur.

Yardımcı metodlar içerisinde;

Yatay bir yüzeye gelen ışıının hesaplanmasında kullanılan metod;

radiation(day, month , standartTime)

Eğik bir yüzeye gelen ışıının hesaplanmasında kullanılan metod;

angles_surface(day, month, standartTime, yatay_egim, azimuth, ro)

Güneşin takip eden bir modelin gelen ışıının hesaplanmasında kullanılan metod;

CSP_APmodel(day, month, standartTime, ro)

Bu ana sınıf üzerinden çalışan “radoSUN_out.java” girilen değerler doğrultusunda güneş ışıının geliş açısı, doğrudan ışıınım şiddeti, günün uzunluğu ve benzeri sonuçlar çıktı olarak alınır.

Bu ana sınıf üzerinden çalışan 2.program da “radoSUN_out2.java” girilen değerler doğrultusunda birincisine ek olarak yatay, eğimli ve güneşi takip eden yüzeylere gelen açık gün boyunca değişimin grafik olarak göstermektedir.

“radoSUN” ana programının içerisinde yukarıda belirttiğimiz, yan metodların yanında yatay, eğimli ve güneşi takip eden yüzeyler için gün boyunca ortalamasını bulan metod, CSP_APmodel için bir yıl içerisindeki hangi günde maksimum ışıma olduğunu bulan metod, gibi metodlarda bulunmaktadır.

2.3 Örnek Hesap ve Karşılaştırma

Aşağıda verilen örnekte hesaplamaların yapılması gösterilmiş ve yatay bir yüzeye gelen açık gün ışıınımı tespit edilmiştir.

Veriler:

YER: Bornova / İzmir

ENLEM: 38.4⁰

BOYLAM: -27.25⁰

İKLİM TÜRÜ: Yarı Tropikal

YEREL SAAT: 11

STANDART SAAT BOYLAMI: -45⁰ (yaz saati uygulamasına göre)

DENİZ SEVİYESİNDEN YÜKSEKLİK: 0,01 km

AY: 08

GÜN: 21

YÜZEY EĞİM AÇISI: 30⁰

YÜZEY AZİMUT AÇISI: -45⁰

2.3.1 Hesapların Yapılması:

Yılın günü: n = 212+21= 233.gün (8.Ayın 21. Günü)

$$B = (233-1)*(360/365) = 228,82$$

E zaman düzeltme faktörü hesaplanır:

$$E = 229.2*(0.000075+0.001868* \cos(B)-0.032077* \sin(B)-0.014615* \cos(2*B)-0.04089* \sin(2*B))$$

$$E = 229.2*(0.000075+0.001868* \cos(228,82)-0.032077* \sin(228,82)-0.014615* \cos(2*228,82)-0.04089* \sin(2*228,82)) = -3,575 \text{ dk}$$

Güneş zamanı yerel saat zamanı hesaplanır:

$$GZ = YSZ + \frac{4 * (L_{st} - L_{loc}) + E}{60} = 11 + \frac{4 * (-45 + 27,25) - 3,575}{60} = 9,757 \text{ saat}$$

yerdeğiştirme saat açısı hesaplanır:

$$w = 15 * (GZ - 12) = 15 * (9,757 - 12) = -33,6^0$$

Deklinasyon açısı:

$$\delta = 23.45 * \sin\left(360 * \frac{284 + n}{365}\right) = 23.45 * \sin\left(360 * \frac{284 + 233}{365}\right) = 11,75^\circ$$

Geliş açısı (θ) hesabı:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma \\ &+ \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega \\ &+ \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ &+ \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin(11,75^\circ) \sin(38,4^\circ) \cos(30^\circ) - \sin(11,75^\circ) \cos(38,4^\circ) \sin(30^\circ) \cos(-45^\circ) \\ &+ \cos(11,75^\circ) \cos(38,4^\circ) \cos(30^\circ) \cos(-33,6^\circ) \\ &+ \cos(11,75^\circ) \sin(38,4^\circ) \sin(30^\circ) \cos(-45^\circ) \cos(-33,6^\circ) \\ &+ \cos(11,75^\circ) \sin(30^\circ) \sin(-45^\circ) \sin(-33,6^\circ) \\ \theta &= 12^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_Z &= \cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \beta \\ &= \cos(11,75^\circ) \cos(38,4^\circ) \cos(-33,6^\circ) + \sin(11,75^\circ) \sin(30^\circ) \\ \theta_Z &= 40^\circ \end{aligned}$$

Saat açısı (w_s) hesaplanır;

$$w_s = \cos^{-1} [-\tan \delta * \tan \varphi] = \cos^{-1} [-\tan(11,75^\circ) * \tan(38,4^\circ)] = 99,5^\circ$$

Güneşin doğuş saati;

$$\begin{aligned} (YSZ)_{gd} &= 12 - \frac{4 * (L_{st} - L_{loc}) + E}{60} - \frac{w_s}{15} = 12 - \frac{4 * (-45 + 27,25) - 3,575}{60} - \frac{99,5}{15} \\ &= 6,61 (saat) = 6:37(sa, dk) \end{aligned}$$

Batış saati;

$$\begin{aligned} (YSZ)_{gb} &= 12 - \frac{4 * (L_{st} - L_{loc}) + E}{60} + \frac{w_s}{15} = 12 - \frac{4 * (-45 + 27,25) - 3,575}{60} + \frac{99,5}{15} \\ &= 19,88 (saat) = 19:53(sa, dk) \end{aligned}$$

Günün toplam uzunluğu ise:

$$GZ = (YSZ)_{gd} - (YSZ)_{gb} = 2 * \frac{w_s}{15} = 19,88 - 6,61 = 13,27(sa, dk)$$

Hesaplamanın yapıldığı saatte, yarı tropikal iklim için deniz seviyesinden 0,01 km yükseklikte;

$$a_0^* = 0,4237 - 0,00821 * (6 - 0,01)^2 = 0,1291$$

$$a_1^* = 0,5055 - 0,00595 * (6,5 - 0,01)^2 = 0,7561$$

$$k^* = 0,2711 - 0,01858 * (2,5 - 0,01)^2 = 0,3863$$

$$a_0 = r_0 * a_0^* = 0,97 * 0,1291 = 0,1252$$

$$a_1 = r_1 * a_1^* = 0,99 * 0,7561 = 0,7485$$

$$k = r_k * k^* = 1,02 * 0,3863 = 0,3940$$

Yeryüzündeki doğrudan ışınlam atmosfer dışındaki ışınlama oranı;

$$\tau_b = \frac{G_{bn}}{G_{an}} = a_0 + a_1 * e^{-\frac{k}{\cos \theta_z}} = 0,1252 + 0,7485 * e^{-\frac{0,3940}{\cos 40^\circ}} = 0,5727$$

$$\tau_d = \frac{G_{dn}}{G_{an}} = (0,271 - 0,294 * \tau_b) * \cos \theta_z = (0,271 - 0,294 * 0,5727) * \cos 40 = 0,0774$$

Yılın 233'inci günü gelen atmosfer dışı ışınlam;

$$G_{an} = G_{sc} * \left(1 + 1,033 * \cos \left(\frac{360}{365} * 233 \right) \right) = 1337 \text{ W/m}^2$$

Yatay yüzeye gelen doğrudan ışınlam şiddeti;

$$G_{cb} = G_{an} * \tau_b * \cos \theta_z = 1337 * 0,5727 * \cos 40^\circ = 586,56 \text{ W/m}^2$$

Yatay yüzeye gelen yaygın ışınlam şiddeti;

$$G_d = G_{an} * \tau_d = 1337 * 0,0774 = 103,484 \text{ W/m}^2$$

Yatay yüzeye gelen toplam ışınlam şiddeti;

$$G_{T_yatay} = G_{cb} + G_d = 690,043 \text{ W/m}^2$$

olarak hesaplanmaktadır.

Yeryüzünün yansıtma katsayısı ve görüş faktörleri de dikkate alınarak eğik yüzeye gelen ışınlam şiddeti:

$$G_{T_eğik} = G_b * K_b + G_d * \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + G * \rho_g * \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$$

$$G_{T_{eğik}} = 586,56 * \frac{\cos 12^o}{\cos 40^o} + 103,484 * \left(\frac{1 + \cos 30^o}{2} \right) + 690,043 * 0,2 * \left(\frac{1 - \cos 30^o}{2} \right) = 854,76 \text{ W/m}^2$$

2.3.2 Meteorolojik Veriler:

Enlem : 38,28° North

Boylam : 27,15° East

Deniz seviyesinden yükseklik : 27,27

21 Ağustos 1999 yatay yüzey için :

Saat 10-11 arası Güneş Radyasyonu : 50,40 cal/cm²

Hesaplamalardan Bulunan Radyasyon değeri: 53,74 cal/cm²

Saat 11-12 arası Güneş Radyasyonu : 59,30 cal/cm²

Hesaplamalardan Bulunan Radyasyon değeri: 64,5 cal/cm²

Hesaplamalardan bulununan değerler ile bilgisayar programının değerleri eşit olduğu görülmüştür. Bu ilerleyen kısımda gösterilmiştir.

Bu değerlerden de görüleceği üzere program açık gün modeli ile hesaplama yaptığı için Meteorolojiden alınan değerlerle birtakım farklılıklar görülebilmektedir. Fakat sonuçlar kabuledilebilir düzeydedir.

2.4 Bilgisayar Programının Testi ve Değerlendirmesi:

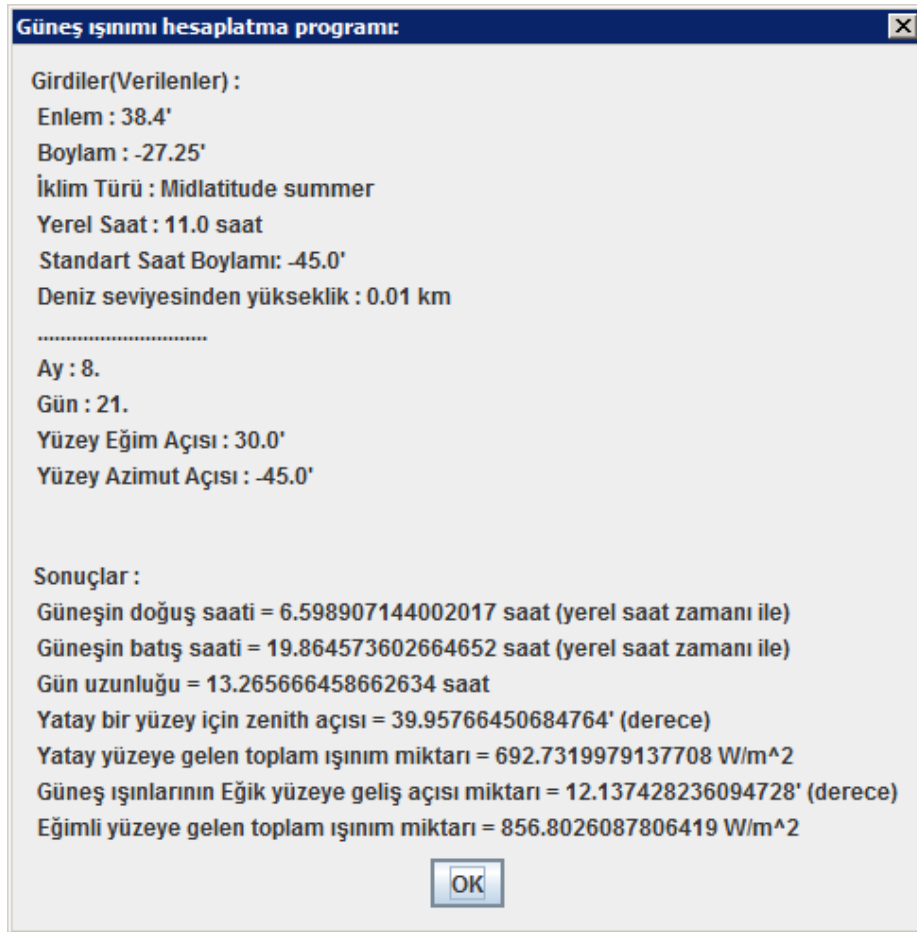
2.4.1 Analitik Çözüm Yapan Program Parçası:

Verilen örnekteki değerler, “radoSUN_out.java” programına girilerek güneş ışıının geliş açısı, doğrudan ışıının şiddeti, günün uzunluğu ve benzeri sonuçlar çıktı olarak alınır.

```
1 import javax.swing.*;
2
3 public class radoSUN_out
4 {
5     public static void main(String arg[])
6     {
7
8         double enlem=38.4;
9         double boylam=-27.25;
10
11         double ssboylam=-45.0;
12         double yukseklik=0.01; // deniz seviyesinden yükseklik
13         int iklim=2; // yarı tropikal
14
15         double yatay_egim=30.0; //yüzey eğim açısı
16         double azimuth=-45.0; //yüzey azimut açısı
17         double ro=0.2; //yansırma oranı
18
19         int mounth=8;
20         int day=21;
21         double standartTime=11.0*60.0;
22     }
23 }
```

Şekil 10 girdi penceresi

Ve program çalıştırılarak sonuçlar görülür;



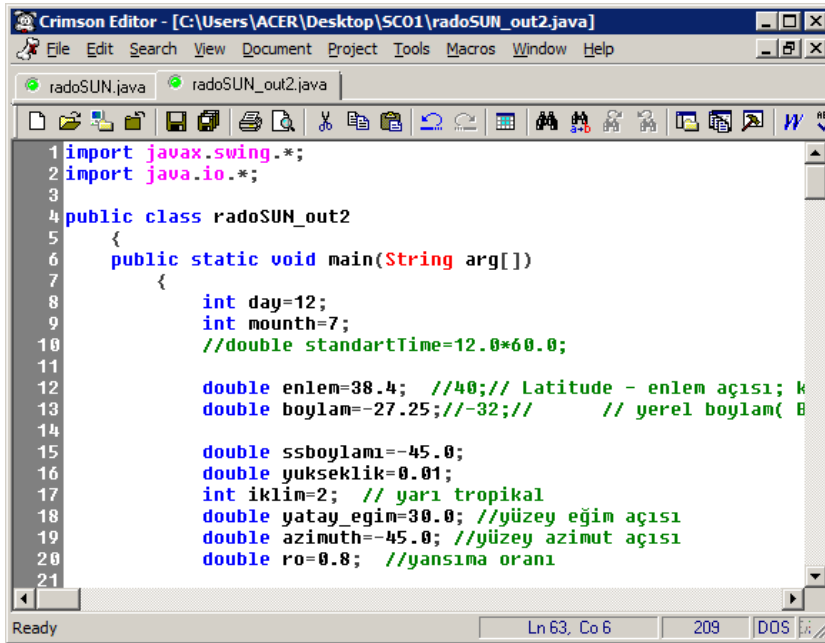
Şekil 11 girdi penceresi

Burada elde edilen değerlerin elde yapılan hesaplarla aynı olduğu görülür. Programın doğru çalıştığı böylece görülmüş olur.

2.4.2 Grafik Olarak Çıktı Veren Program Parçası:

Verilen örnekteki değerler 2.program da “radoSUN_out2.java” girilerek, yatay, eğimli ve güneşi takip eden yüzeylere gelen açık gün boyunca değişiminin grafik olarak göstermektedir. Aşağıdaki şekillerde bunlar görülmektedir.

Veriler üç yüzey içinde topluca aşağıdaki gibi girilir;

The image shows a screenshot of the Crimson Editor software. The title bar indicates the file path is C:\Users\ACER\Desktop\SCO1\radoSUN_out2.java. The code is written in Java and defines a class named radoSUN_out2 with a main method. The main method contains several variable declarations and assignments for solar radiation calculations. The code is as follows:

```
1 import javax.swing.*;
2 import java.io.*;
3
4 public class radoSUN_out2
5 {
6     public static void main(String arg[])
7     {
8         int day=12;
9         int mounth=7;
10        //double standartTime=12.0*60.0;
11
12        double enlem=38.4; //40;// Latitude - enlem açısı; k
13        double boylam=-27.25;//-32;// // yerel boylam( B
14
15        double ssboylam=-45.0;
16        double yukseklik=0.01;
17        int iklim=2; // yarı tropikal
18        double yatay_egim=30.0; //yüzey eğim açısı
19        double azimuth=-45.0; //yüzey azimut açısı
20        double ro=0.8; //yansırma oranı
21    }
22 }
```

Şekil 12

Verilenler;

Tüm yüzeyler için;

ENLEM: 38.4°

BOYLAM: -27.25°

İKLİM TÜRÜ: Yarı Tropikal

STANDART SAAT BOYLAMI: -45° (yaz saati uygulamasına göre)

DENİZ SEVİYESİNDEN YÜKSEKLİK: 0,01 km

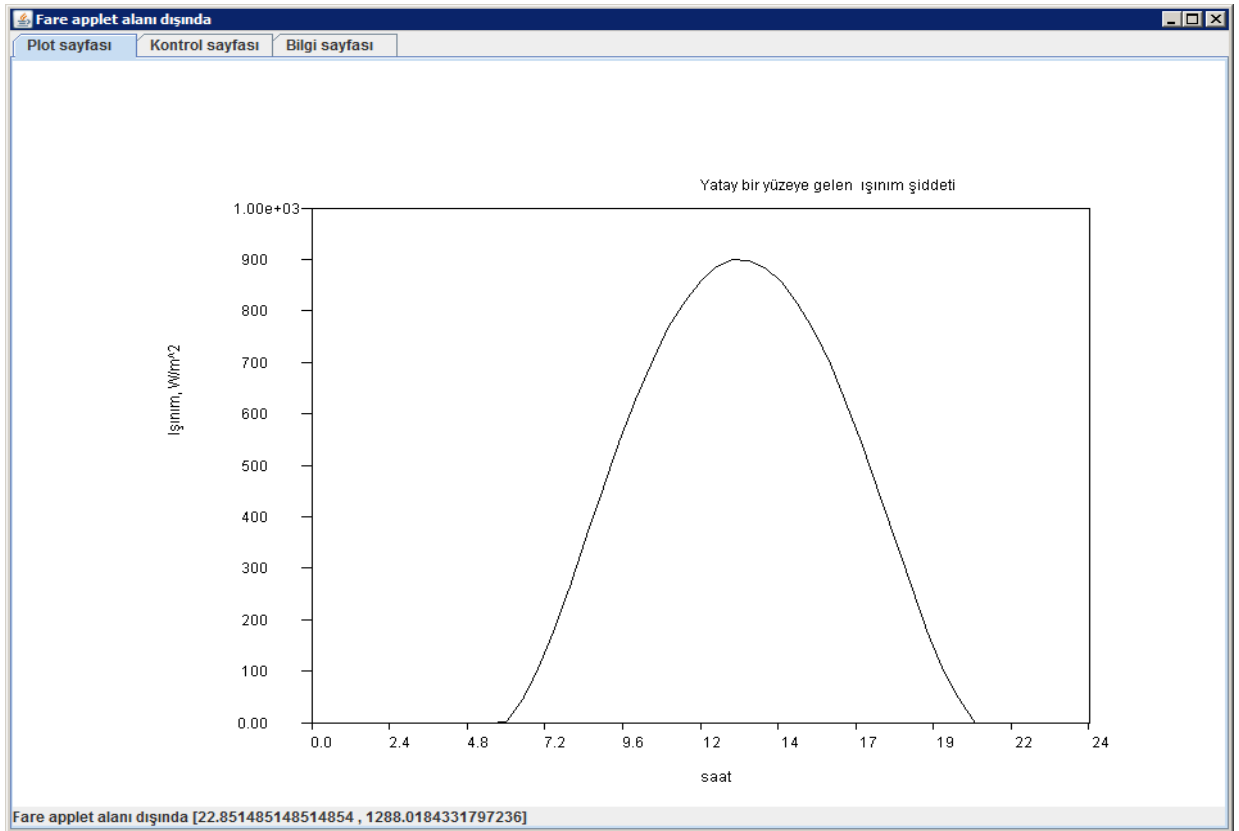
AY: 08

GÜN: 21

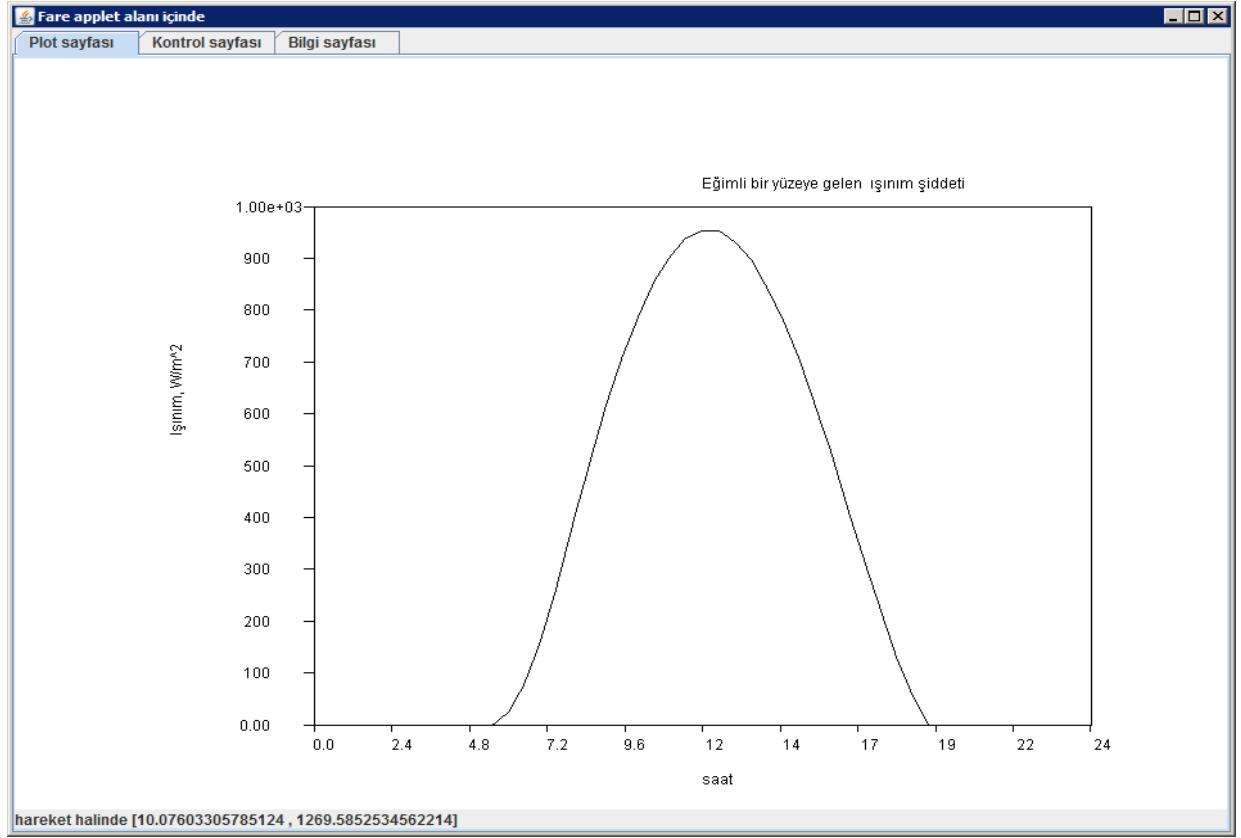
Sadece Yatay bir yüzey için;

YÜZEY EĞİM AÇISI: 30°

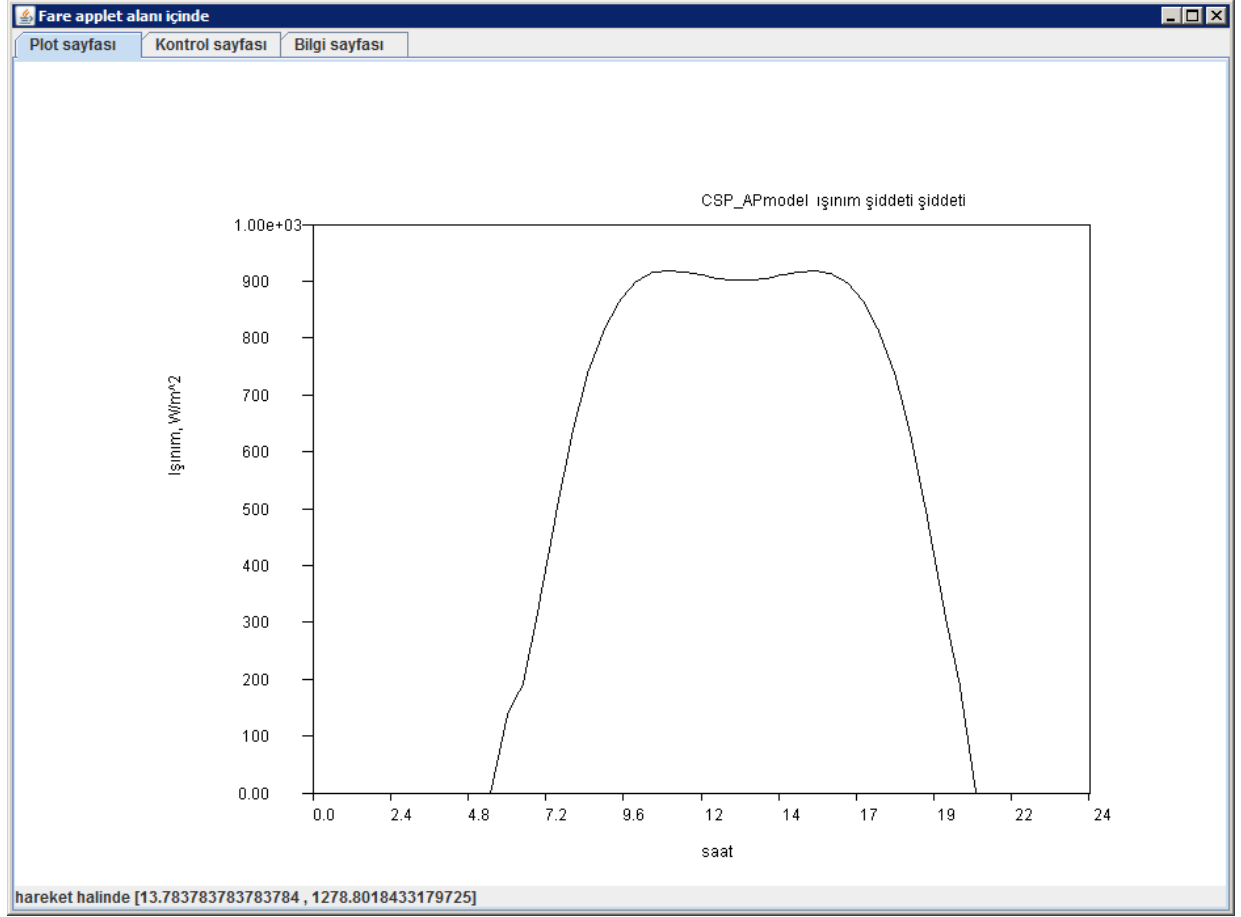
YÜZEY AZİMUT AÇISI: -45°



Şekil 13 Yatay bir yüzeye gelen ışınım şiddetinin gün boyunca değişimi;



Şekil 14 Eğimli bir yüzeye gelen ısıtım şiddetinin gün boyunca değişimi;



Şekil 15 CSP_APmodel için ışıınım şiddetinin gün boyunca değişimi;

2.4.3 Değerlendirme:

Grafiklerden de görüleceği üzere, gün ortasında ışıınım maksimum olmaktadır. Eğimli yüzey, yatay yüzeye göre daha fazla ışıınım almaktadır. CSP_AP (Concentrating Solar Power - Aktive Panel => Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi - aktif panel) modeli de güneşi takip etmesinden dolayı daha ışıınım değerleri elde edilmiştir.

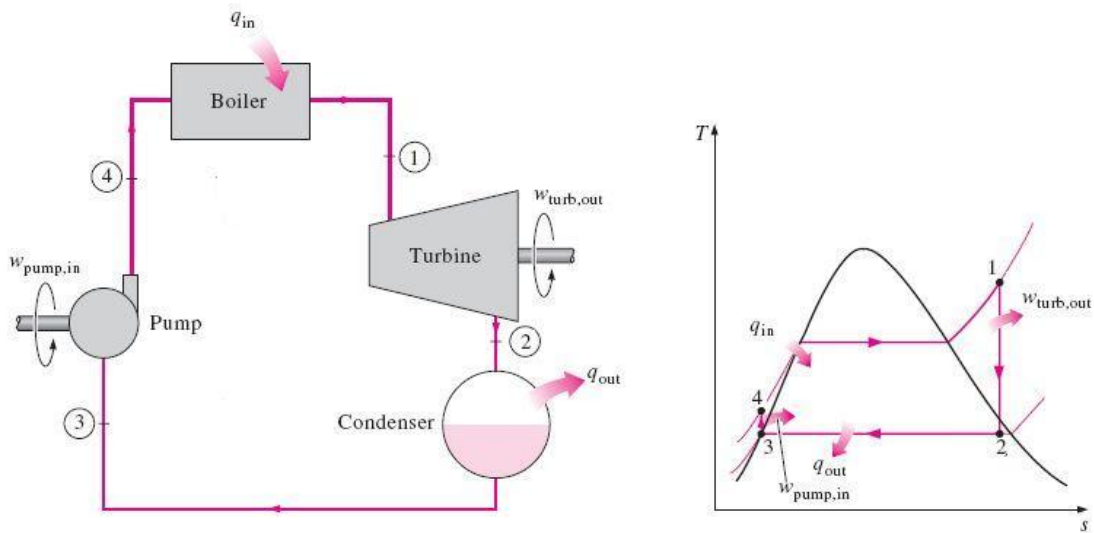
3 Rankine Çevrim Modelinin Oluşturulması

Bu kısımda Güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralinin modellenmesi oluşturulmasında da kullanılan rankine güç çevriminin hesaplarının yapılması ve bunun simüle edilmesi incelenecektir. Böylece rankine çevrim modelinin bilgisayar programı oluşturulacaktır.

3.1 Rankine Güç Çevrimi

Buharlı güç santrallerinin ideal çevrimi olan Rankine çevrimi, temel olarak dört hal değişiminden oluşur.

- 1-2 Türbinde genişleme
- 2-3 Yoğuşturucuda sabit basınçta ısı alınması
- 3-4 Pompada sıkıştırma
- 4-1 Kazanda sabit basınçta ısı girişi

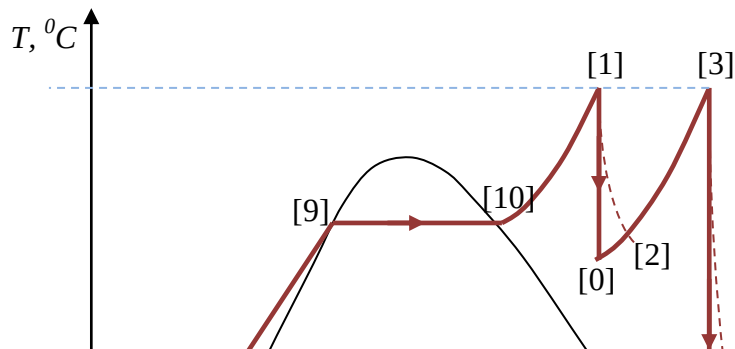
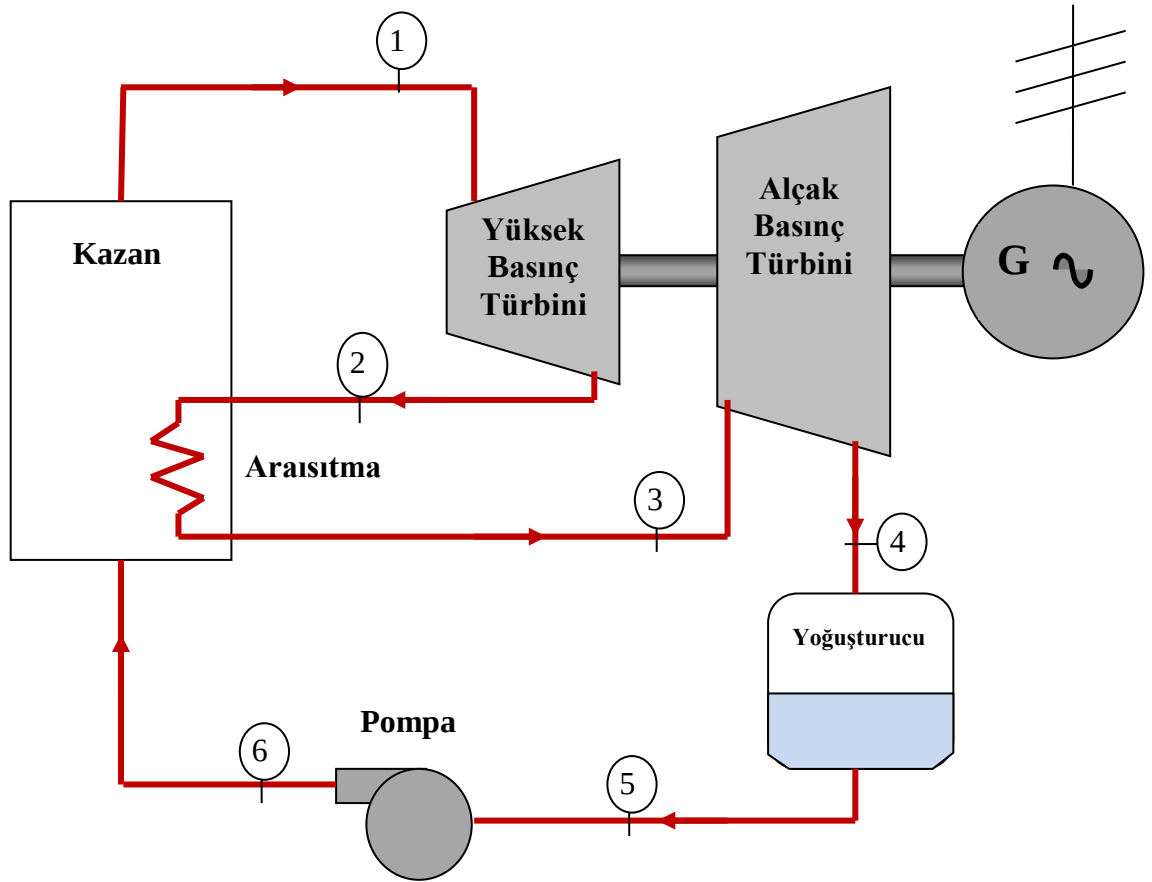


Şekil 16 İdeal rankine çevriminin şekli;

Sistemimiz için sadece Araısıtmalı olacak şekilde Rankine Güç Çevrimi kullanılmıştır. Bunun nedeni böyle çevrimde kazan su girişinin düşük sıcaklıkta olmasıdır. Bu da Solar sistemden (güneş ısıtım sistemi) maksimum faydalanmayı sağlar. Açık Besleme Suyu ısıtıcısı ve Kapalı Besleme Suyu ısıtıcısı eklentileri , kazana su girişinin yüksek sıcaklıklara taşımamasından dolayı yapılmamıştır.

3.2 Araısıtmalı Rankine Güç Çevrimi Modeli

Ara ısıtmalı rankine çevrimine göre çalışan bir buharlı güç santralinde su buharı yüksek basınç türbinine P[1] basınç ve T[1] sıcaklıkta girmekte, yoğuşturucuda P[4] basınçta yoğuşmaktadır. Alçak basınç türbinine giriş ve arasııtma P[arasıtma](=P[2]= P[3]) basınçta girmektedir. Alçak basınç türbinine giriş sıcaklığı T[3] olmaktadır. Türbin ve pompa verimleri sırasıyla etaiti ve etaipi olmaktadır. Buradaki verilenler doğrultusunda hesaplamalar takip edildiği şekilde yapılmaktadır.



[1] hal durumu;
Yüksek Basıncılı Türbin girişi [1] hal durumu;
Bilinen $T[1]$ ve $P[1]$ göre;
 $h[1], s[1]$ bulunur.

[0] hal durumu;
İsentropik Y.B. Türbin çıkışı [0] hal durumu;
 $s[0]=s[1]$;
 $P[0]=P[2]$;

Bilinen $P[0]$ ve $s[0]$ göre;
 $T[0], h[0]$ bulunur.

[2] hal durumu;
gerçek Y.B.türbin çıkışı
 $h[2]=h[1]-\eta_{turb}(h[1]-h[0])$;

Bilinen $P[2]$ ve $h[2]$ göre;
 $T[2], s[2]$ bulunur.

Araısıtma yapıldıktan sonra;

[3] hal durumu;
Düşük Basıncılı Türbin girişi
Bilinen $T[3]$ ve $P[3]$ göre;
 $h[3], s[3]$ bulunur;

[8] hal durumu;
İsentropik Düşük B. Türbin çıkışı
 $s[8]=s[3]$;
 $P[8]=P[4]$;

Bilinen $P[8]$ ve $s[8]$ göre;
 $T[8], h[8]$ bulunur.

[4] hal durumu;
gerçek Düşük B.türbin çıkışı
 $h[4]=h[3]-\eta_{t1}(h[3]-h[8]);$

Bilinen $P[4]$ ve $h[4]$ göre;
 $T[4]$, $x[4]$ ve $s[4]$ bulunur.

[5] hal durumu;
yoğusturucu çıkışı
 $P[5]=P[4];$
 $x[5]=0.0;$
Bilinen $P[5]$ ve $x[5]$ göre;
 $T[5]$, $h[5]$ ve $s[5]$ bulunur.

[6] hal durumu;
isentropik pompa
 $P[6]=P[1];$
 $s[6]=s[5];$
Bilinen $P[6]$ ve $s[6]$ göre;
 $h[6]$, $s[6]$ bulunur.

[7] hal durumu;
gerçek pompa
 $h[7]=h[5]+(h[6]-h[5])/\eta_{p1};$
 $P[7]=P[1];$
Bilinen $P[7]$ ve $h[7]$ göre;
 $T[7]$, $s[7]$ bulunur.

[9] hal durumu;
// kazan kaynama bölgesi girişi
 $P[9]=P[1];$
 $x[9]=0.0;$
Bilinen $P[9]$ ve $x[9]$ göre;
 $T[9]$, $s[9]$ ve $h[9]$ bulunur.

[10] hal durumu;
kazan kızgın buhar bölgesi girişi
 $P[10]=P[1];$
 $x[10]=1.0;$
Bilinen $P[10]$ ve $x[10]$ göre;
 $T[10]$, $s[10]$ ve $h[10]$ bulunur.

Net işin bulunması;
 $W_t = m*((h[1]-h[2])+(h[3]-h[4]));$
 $W_p = m*(h[7]-h[5]);$
 $W = W_t - W_p;$

Toplam ısı gidişinin bulunması;
 $Q_{kazan} = m \cdot (h[1] - h[7]);$
 $Q_{araisıtma} = m \cdot (h[3] - h[2]);$
 $Q_{giren} = Q_{kazan} + Q_{araisıtma};$

Isı çıktısının bulunması;
 $Q_{yogusturucu} = m \cdot (h[4] - h[5]);$

Verimin bulunması;
 $\eta = W / Q_{giren};$

3.3 Modelin Bilgisayar Programının Hazırlanması

Tez için oluşturulan program parçalar şeklinde oluşturulmuştur. Programın parçaları ayrı ayrı çalıştırılabilmesiyle beraber ana programda bir bütün halinde çalışmaktadır.

Bilgisayar programının bu parçası araisıtmalı Rankine güç çevrim modelinin anlatıldığı şekilde hesaplarını yapacak şekilde ayırık olarak tasarlanmıştır. Program ; ana metod ve yardımcı metodlar şeklinde “rankinearaisıtmalı” ana sınıfının içinde oluşturulmuştur. (rankinearaisıtmalı.java ve rankinearaisıtmalı.class)

“rankinearaisıtmalı” programı Yrd. Doç. Dr. Turhan M. ÇOBAN hocamız tarafından yazılan “steam” sınıfını kullanır. Bu “steam” sınıfı, suyun verilen iki termodinamik özelliği ile diğer özelliklerini tespit eder. Böylece çevrimin hesapları bu verilere dayanarak çözülür.

Programın test edilebilmesi için “rankinearaisıtmalıtest” programı kullanılır.

SCO dosyasının içerisinde “steam” sınıfını kullanan başka rakine çevrimlerinin modelleri ve bunların test programları mevcuttur. Ama bunlar bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Bunlardan bazıları;

“rankine.java” ve “rankinetest.java” =>sadece ideal rakine çevrimi

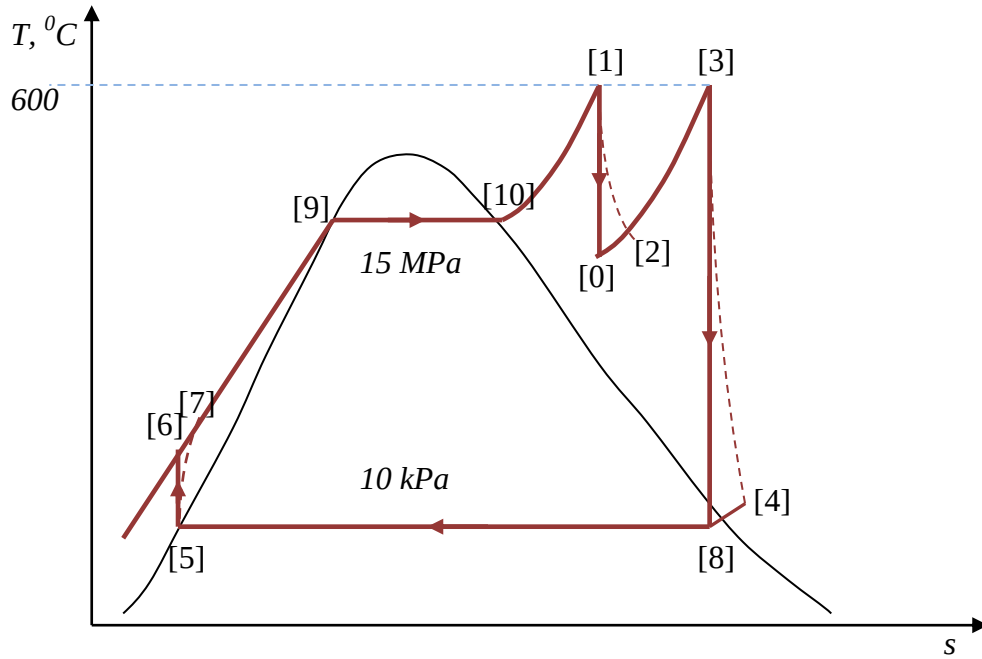
“rankine2.java” ve “rankine2test.java” =>Açık ön ısıtıcılı 2 kademe türbinli Rankine çevrimi

3.4 Araııtmalı Rankine G. Ç. Modelinin Testi ve Değerlendirmeler

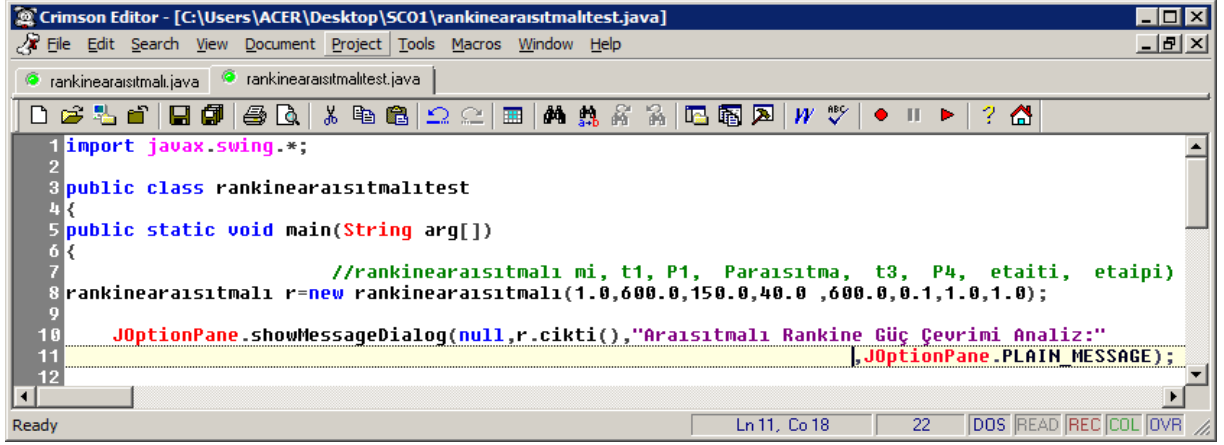
Modelin testi için hesaplar program tarafından verilen çıktıdan yapılacaktır. Örnek için “Mühendislik yaklaşımıyla Termodinamik – Yunus A.Çengel” kitabında ki Örnek 10-4 (ideal araisıtmalı Rankine çevrim) kullanılmıştır.

Verilenler;

Ara ısıtmalı rankine çevrimine göre çalışan bir buharlı güç santralinde su buharı yüksek basınç türbinine 15MPa basınç ve 600 °C sıcaklıkta girmekte, yoğuşturucuda 10kPa basınçta yoğuşmaktadır. Alçak basınç türbinine giriş ve arasııtma 4MPa basınçta girmektedir. Alçak basınç türbinine giriş sıcaklığı, yüksek basınç türbini ile aynı olacak şekilde 600 °C olmaktadır. Türbin ve pompa verimleri ise çevrim ideal olduğu için “1” olmaktadır. Kütlesel debi 1kg/s kabul edilmektedir.



Veriler bilgisayar programına girilir;



```
1 import javax.swing.*;
2
3 public class rankinearaisitmalitest
4 {
5     public static void main(String arg[])
6     {
7         //rankinearaisitmalı m1, t1, P1, Paraisıtma, t3, P4, etaiti, etaipi)
8         rankinearaisitmalı r=new rankinearaisitmalı(1.0,600.0,150.0,40.0 ,600.0,0.1,1.0,1.0);
9
10        JOptionPane.showMessageDialog(null,r.cikti(),"Araisıtmalı Rankine Güç Çevrimi Analiz:"
11        ,JOptionPane.PLAIN_MESSAGE);
12    }
13 }
```

Sonuçlar çıktı penceresinde görülür;

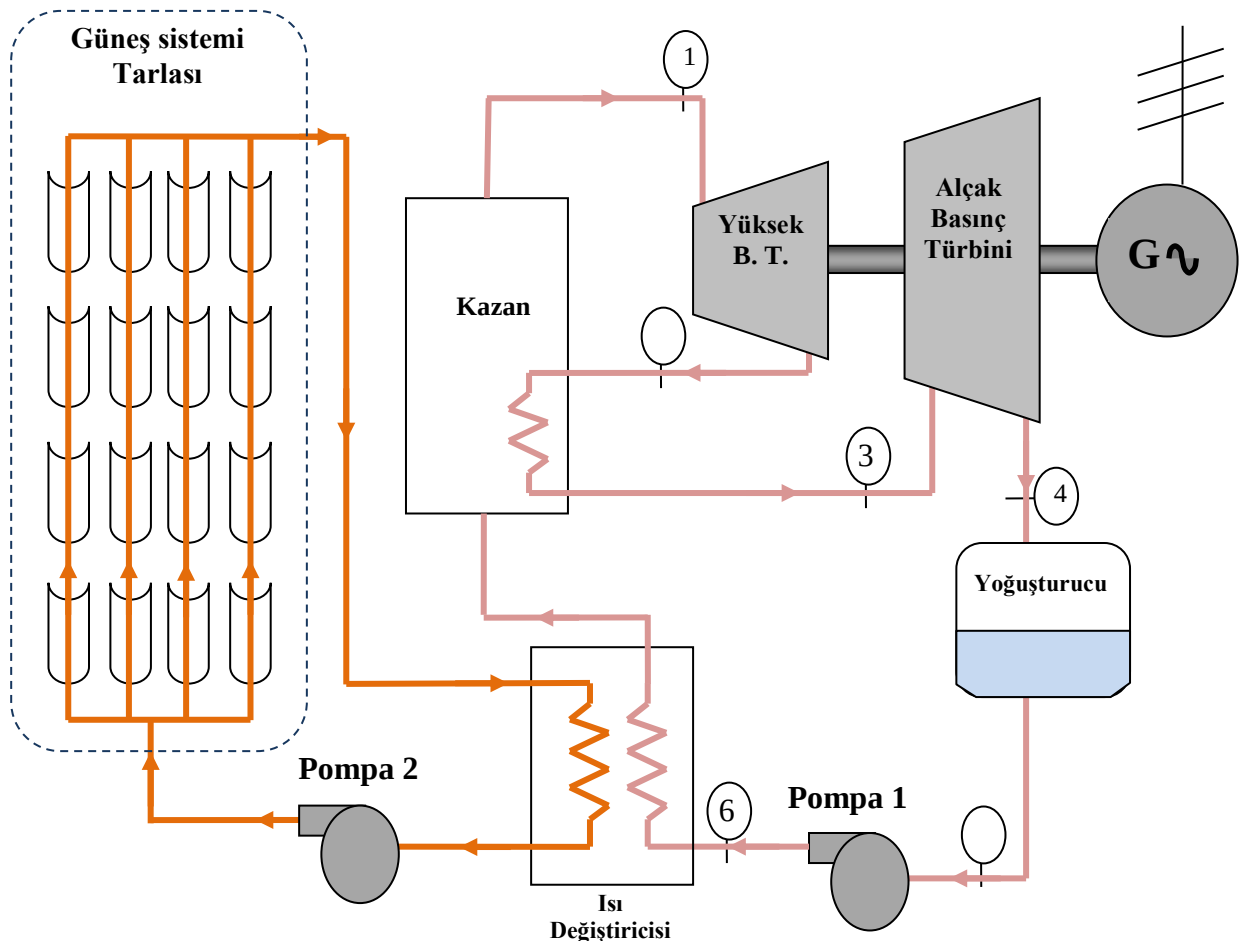


Elde edilen sonuçların örnek problemdeki sonuçlarla uyduğu görülmüştür. Böylece modelin ve ona göre oluşturulan programın doğru çalıştığı görülmüştür.

Burada görüldüğü üzere termodinamik özellikleri sağlayan steam.java programının gayet hasas olmasıdır. “steam.java” programı değerleri helmholts serbest enerji fonksiyonlarına göre hesaplamaktadır. Bu program kullanılarak daha başka programlarda geliştirilebilir.

4 Hibrit Santral Modelinin Oluşturulması

Güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralinin modellenmesin de güneşten gelen ışınlam ile kazanılan enerji girdisi, doğalgaz yanmalı kazanın ısıl girdisine takviye yapılacak şekilde düşünülmüştür. Sistemimiz güneş enerjisi depo edilmeden direk kullanılmaktadır. Bundan dolayı, sistemimizin 7 gün – 24 saat çalıştığı kabulü ile, gündüzleri solar – doğalgaz yanmalı ortaklaşa çalışırken, geceleri sadece doğalgaz yanmalı çalıştığı göz önüne alınmalıdır. Şekilde de görüldüğü üzere güneş enerjisi sisteminden gelen ısıtıcı akışkan ters akışlı ısı değişiriciden geçerek ön ısıtma işlemi gerçekleşir.



Şekil 17 Hibrit güç santralinin şematığı

4.1 Güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralinin modellenmesi

Modellememiz yapılırken ilk başta sistemin kapasitesi belirlenmelidir. İstenilen güç çıktısı belirlendikten sonra

Sistemimizin arasıdtmalı rankine güç çevriminin analizi yapıldıktan sonra buradan bulunan net iş(w_{net}) göre çevrimin kütleel debisi bulunur;

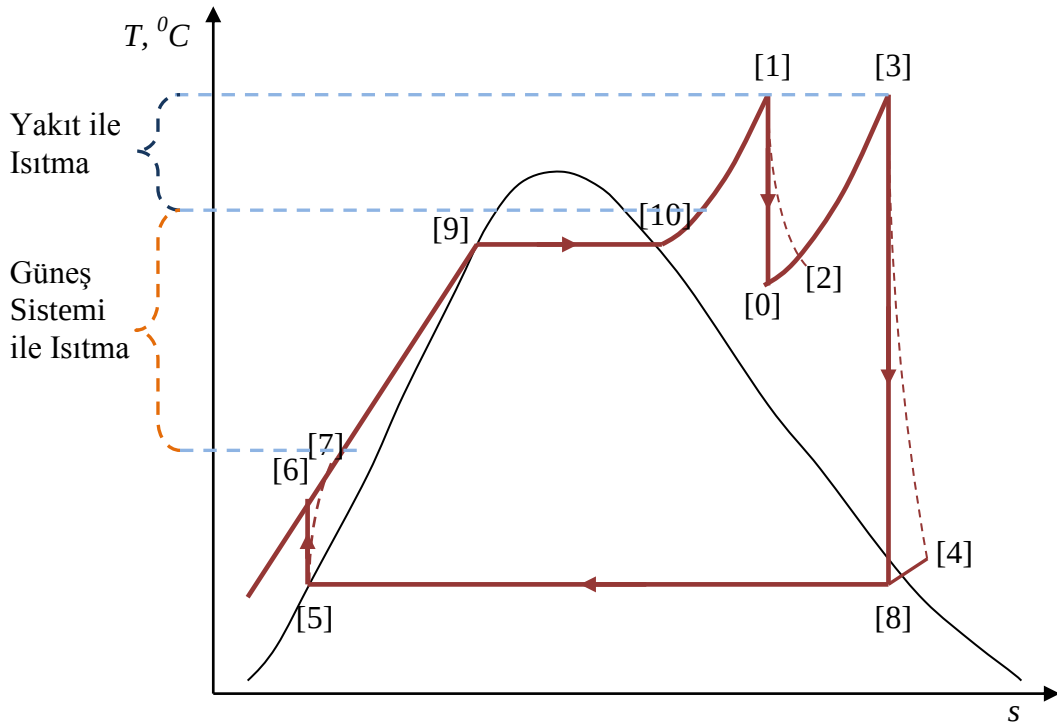
$$m = W / w_{net} \Rightarrow \text{rankine çevriminin kütleel debisi (kg/s)}$$

toplaml olması gereken ısı girdisi;

h_{in} = kazan giriş entalpisi;

h_{out} = türbin giriş -kazan çıkış entalpisi;

$$q_{net}=(h_{out}-h_{in})*m_r; \text{ // toplam ısı girdisi (KW)}$$



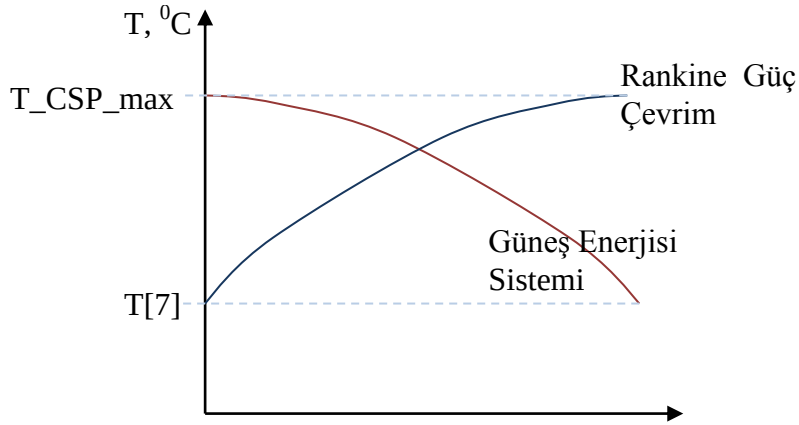
Parabolik kollektörlerde sıcaklığı en yüksek çıkma aralığı 350 °C - 400 °C olmaktadır. Bunun tespiti ile güneş enerjisi ile ısıtma sistemininde en yüksek sıcaklıktır.

$$T_{CSP_max} \Rightarrow 350 \text{ } ^\circ\text{C} - 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Güneş enerjisi ile ısıtma sistemininde maksimum ısı transferi şöyle bulunur;

$$\max_delta_h = h(T_{CSP_max}) - h_{in} ;$$

Aşağıda ki şekilde ısıdeğiştircinin davranışı görölmektedir.



Solar Tarlanın boyutunun bulunması için yıl içerisindeki en yüksek ışıının bulunması gerekir. Bu da radoSUN programı kullanılarak, yan metod kullanılarak maximum ışıının miktarı bulunur.

$$w_{\text{max}} = \text{rm.maximum_CSP_APmodel(ro)}[2]; \text{ // (W/m}^2\text{)}$$

Sonrasında da yapılabilecek maksimum solar alan aşağıda gösterildiği gibi bulunur.

$$\text{max_solar_field} = (\text{max_delta_h} * m_r * 1000) / (w_{\text{max}});$$

Bunun gibi daha başka istenilen durumlar için ek yan metodlar geliştirilebilir.

Yakıtın TL/MJ cinsinden maliyetinin hesaplanması:

Bu kısımda programın sistem için maliyet analizini hesaplanabilmesi için yakıtın (Doğalgaz) birim MJ (Mega joule) için TL fiyatının hesaplanması yapılacak.

Yakıt (Doğalgaz) Alt Isıl Değeri (H_u) : 8250 kcal/m³

Ortalama İşletme Verim Değeri (η) : 93%

Yakıtın 02 Mart 2011 Tarihindeki Birim Fiyatı : 0,518184 TL/m³

Not: Bu veriler <http://www.tesisat.com.tr> sitesinden elde edilmiştir. Güncel bilgilere bu siteden ulaşmak mümkündür. Birim fiyatda %18 KDV hariçtir.

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$$

Doğalgaz maliyeti: (DM)

$$DM = \frac{0,518184 \text{ TL/m}^3}{8250 \text{ kcal/m}^3 * 0,93} * \frac{1 \text{ kcal}}{4,184 \text{ kJ}} * \frac{1000 \text{ kJ}}{1 \text{ MJ}} = 0,016142 \text{ MJ/m}^3$$

Yakıt(Doğalgaz) maliyetinin daha gerçekçi olması için KDV' sini de dahil etmek gereklidir.

$$DM = 0,016142 \frac{Mj}{m^3} * 1,18 = 0,019047 \frac{Mj}{m^3}$$

Solar sistem için yıllık ortalama güç girdisi:

```
radoSUN rm=new radoSUN(fi, Lloc, Lst, H, climate);
```

```
w_sun_ave_year=rm.average_year_CSP_APmodel(ro); // (W/m^2)
```

```
average_S = w_sun_ave_year *field/1000; // (KW)
```

Solar sistemin doğalgaz kısmı için yıllık ortalama güç girdisi :

```
average_b = q_net-average_year_S(field,ro); // (KW)
```

```
yakıt_m = yakıt*average_year_b(field,ro)/1000;
```

```
oran=average_year_S(field,ro)/average_year_b(field,ro);
```

Solar sistem kullanıldığında Yıllık kazanç (TL/yıl):

```
Kazanc = yakıt_maliyet( 0, ro)*365*24*60*60-yakıt_maliyet(field,  
ro)*365*24*60*60;
```

4.2 Modelin Bilgisayar Programının Hazırlanması

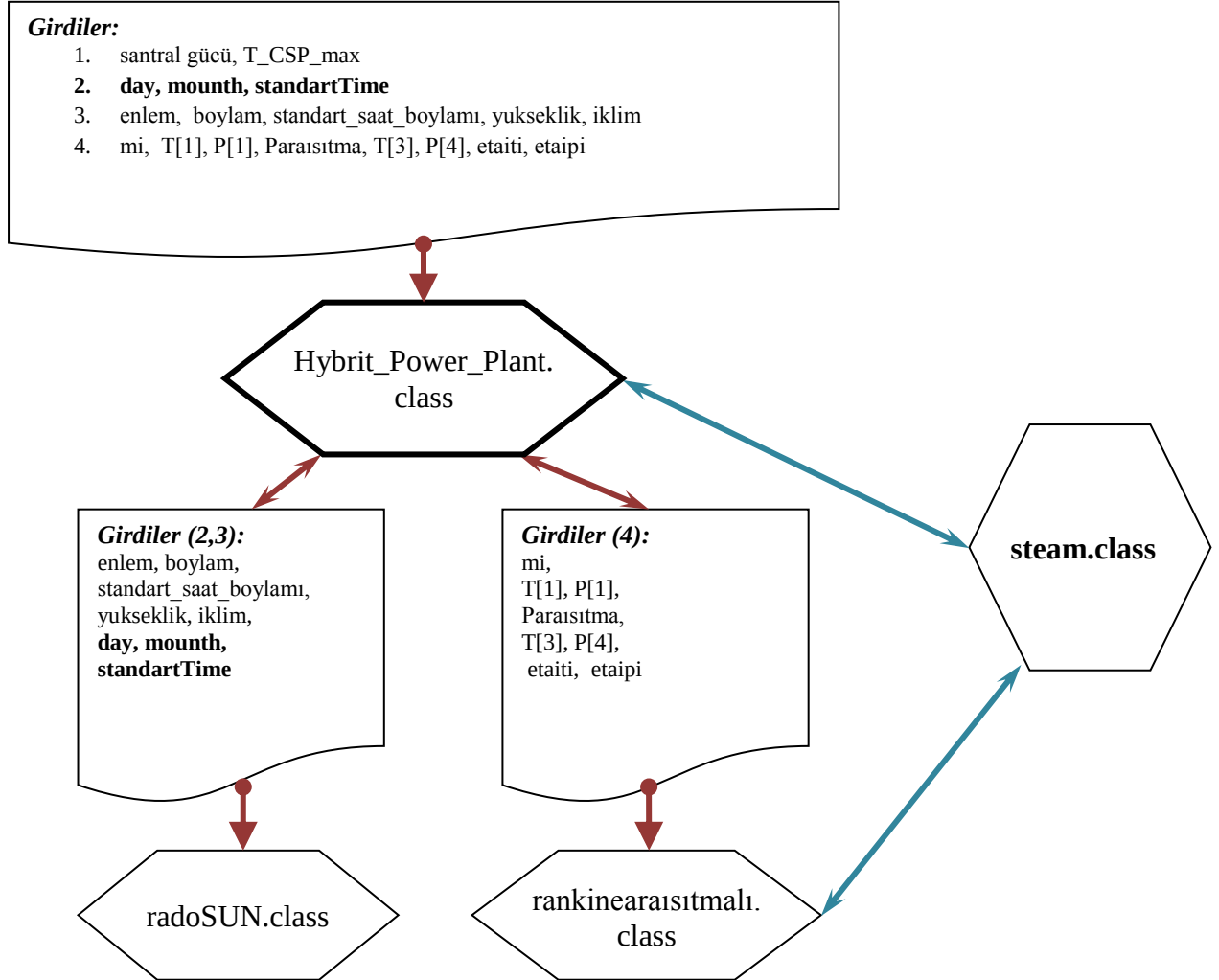
Bilgisayar programız “radoSUN.java” ve “rankinearaisıtmalı.java” programında ki kurucu ve yardımcı metodları kullanarak önceki konuda anlatıldığı şekilde oluşturulmuştur. Modelde de belirttiği üzere solar sistemden gelen ısıtıcı akışkanın, ısı değitircide ki suyun durumunun belirlenmesi için “steam.java” programıda kullanılmıştır. Program ismi “Hybrit_Power_Plant.java” dır.

Bütün girdiler Hybrit_Power_Plant.java programının , ana ve yardımcı metodları üzerinden yapılmaktadır.

Bu ana sınıf üzerinden çalışan “Hybrit_Power_Plan_Main.java” girilen değerler doğrultusunda kütleli debi, güneş sistemi tarla alanı vs. çıktı olarak alınır. Ek olarak zamanla değişime göre Kazanda üretilen ısı bulunuyor.

Bu ana sınıf üzerinden çalışan 2.program da “Hybrit_Power_Plan_Main.java” girilen değerler doğrultusunda birincisinin daha sade versiyonudur.

Programın çalışma şeması aşağıda verilmiştir.



4.3 Modelin Bilgisayar Programının Testi ve Değerlendirmeler

Verilenler;

Konum;

ENLEM: 38.4⁰

BOYLAM: -27.25⁰

İKLİM TÜRÜ: Yarı Tropikal

STANDART SAAT BOYLAMI: -45⁰ (yaz saati uygulamasına göre)

DENİZ SEVİYESİNDEN YÜKSEKLİK: 0,01 km

AY: 08 (opsiyonel)

GÜN: 21(opsiyonel)

Ara ısıtmalı rankine çevrimini için Verilenler;

$P_1 = 15 \text{ MPa}$

$T_1 = 600^\circ \text{C}$

$P_4 = 10 \text{ kPa}$

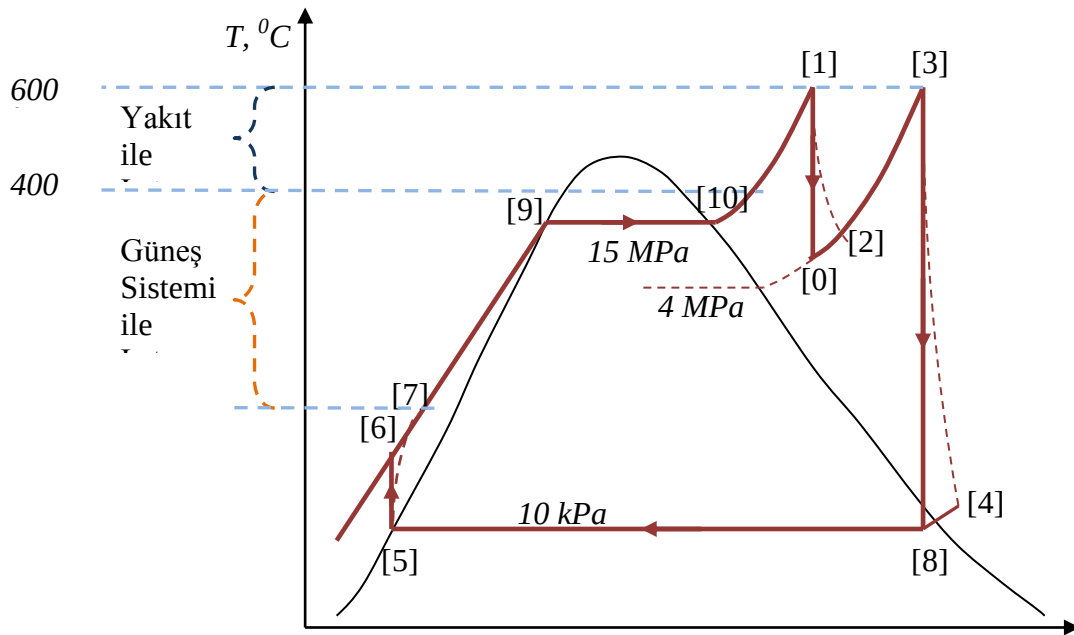
$P_{\text{araisıtma}} = 4 \text{ MPa}$

$T_3 = 600^\circ \text{C}$

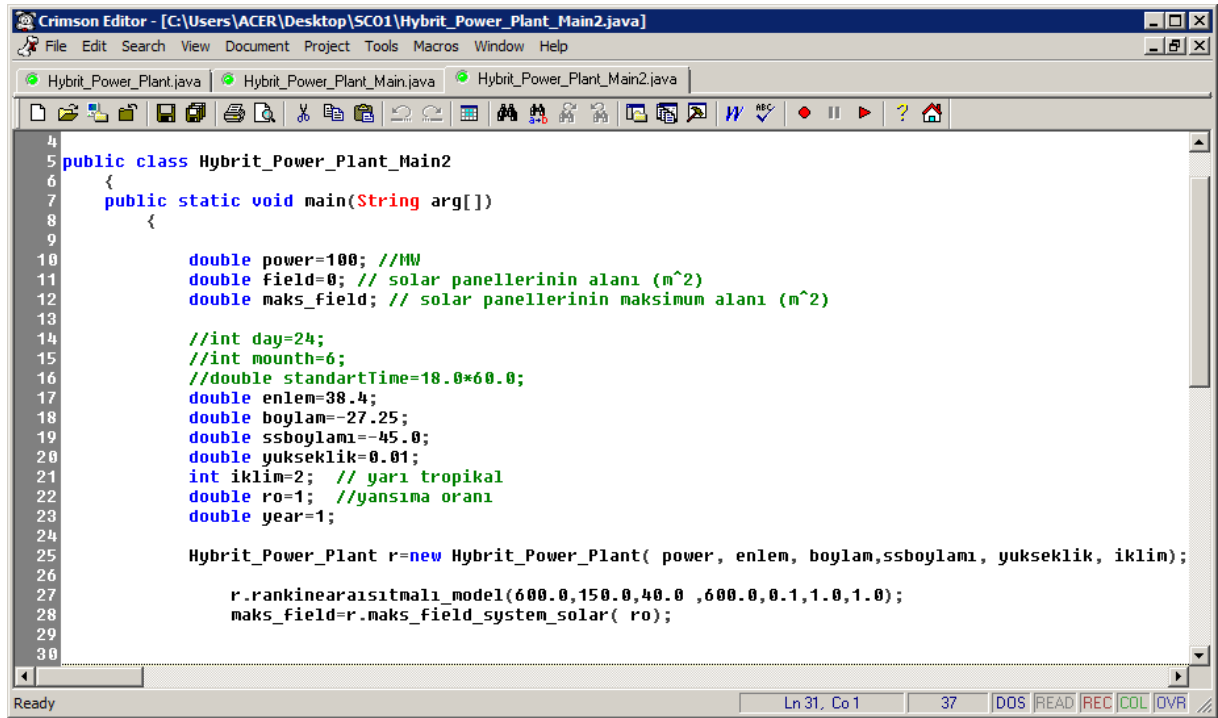
Türbin ve pompa verimleri “1” kabul edilmektedir.

İstenilen güç: 100MW

$T_{\text{CSP_max}} = 400^\circ \text{C}$



“Hybrit_Power_Plant_Main2.java” programı kullanılarak girdilerin girilmesi;



```
4
5 public class Hybrit_Power_Plant_Main2
6 {
7     public static void main(String arg[])
8     {
9
10         double power=100; //MW
11         double field=0; // solar panellerinin alanı (m^2)
12         double maks_field; // solar panellerinin maksimum alanı (m^2)
13
14         //int day=24;
15         //int month=6;
16         //double standartTime=18.0*60.0;
17         double enlem=38.4;
18         double boylam=-27.25;
19         double ssboylamı=-45.0;
20         double yukseklik=0.01;
21         int iklim=2; // yarı tropikal
22         double ro=1; //yansımaya oranı
23         double year=1;
24
25         Hybrit_Power_Plant r=new Hybrit_Power_Plant( power, enlem, boylam,ssboylamı, yukseklik, iklim);
26
27         r.rankinearasıtmalı_model(600.0,150.0,40.0 ,600.0,0.1,1.0,1.0);
28         maks_field=r.maks_field_system_solar( ro);
29
30     }
```

Programın çıktısı görülür;



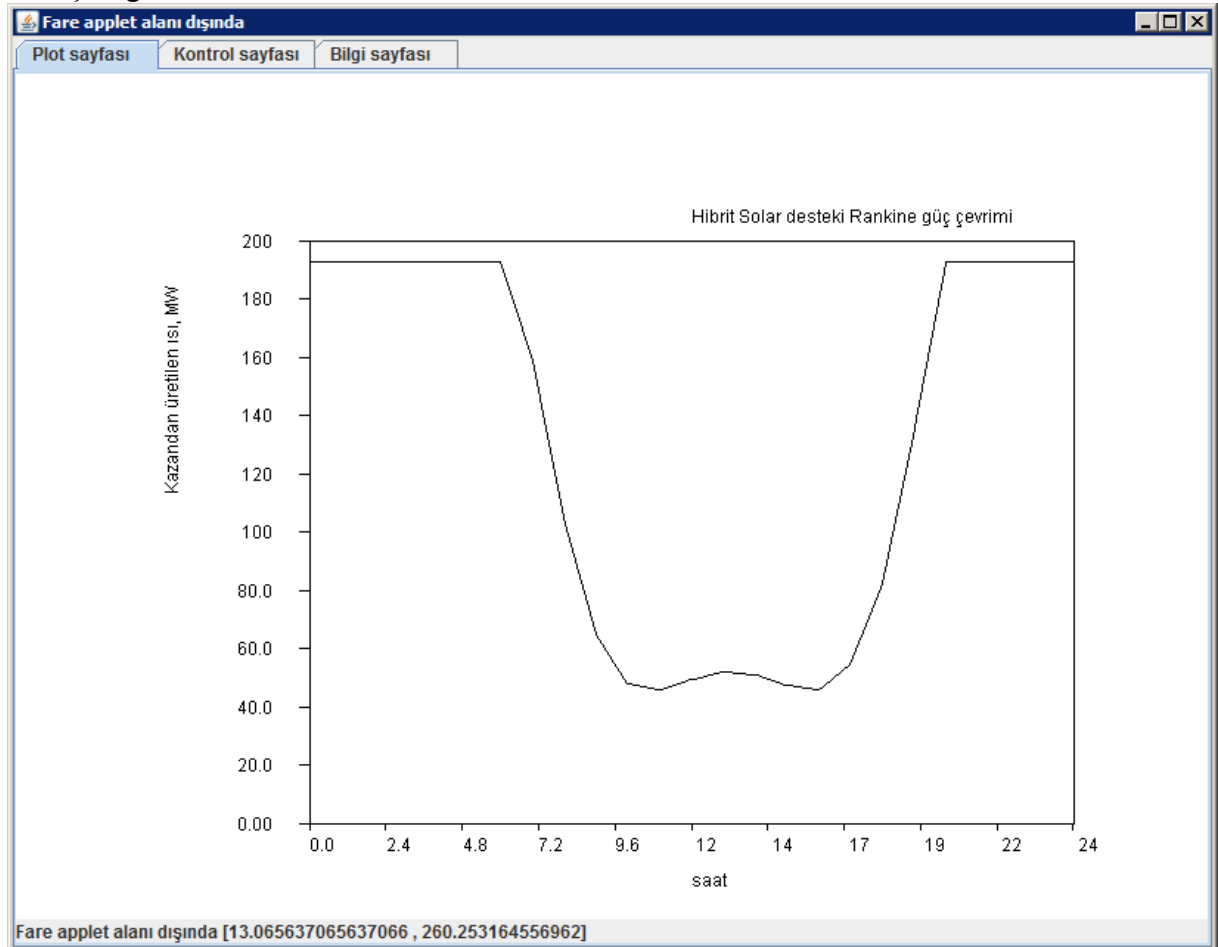
“Hybrit_Power_Plant_Main.java” programı kullanılarak girdilerin girilmesi;


```
Crimson Editor - [C:\Users\ACER\Desktop\SC01\Hybrit_Power_Plant_Main.java]
File Edit Search View Document Project Tools Macros Window Help
Hybrit_Power_Plant.java Hybrit_Power_Plant_Main.java Hybrit_Power_Plant_Main2.java

1 import javax.swing.*;
2
3 public class Hybrit_Power_Plant_Main
4 {
5     public static void main(String arg[])
6     {
7
8         double power=100; //MW
9         double Field; // solar panellerinin alanı (m^2)
10
11         int day=24;
12         int mounth=6;
13         double standartTime=18.0*60.0;
14         double enlem=38.4;
15         double boylam=-27.25;
16         double ssboylamı=-45.0;
17         double yukseklik=0.01;
18         int iklim=2; // yarı tropikal
19         double yatay_egim=30.0; //yüzey eğim açısı
20         double azimuth=-45.0; //yüzey azimut açısı
21         double ro=1; //yansırma oranı
22
23
24         Hybrit_Power_Plant r=new Hybrit_Power_Plant( power, enlem, boylam,ssboylamı, yukseklik, iklim);
25
26         r.rankinearasıttmalı_model(600.0,150.0,40.0 ,600.0,0.1,1.0,1.0);
27         Field=r.maks_Field_system_solar( ro);
28
29     }
30 }

Ready Ln 13, Co 35 72 DOS READ REC COL DVR
```

Sonuçlar görülür:

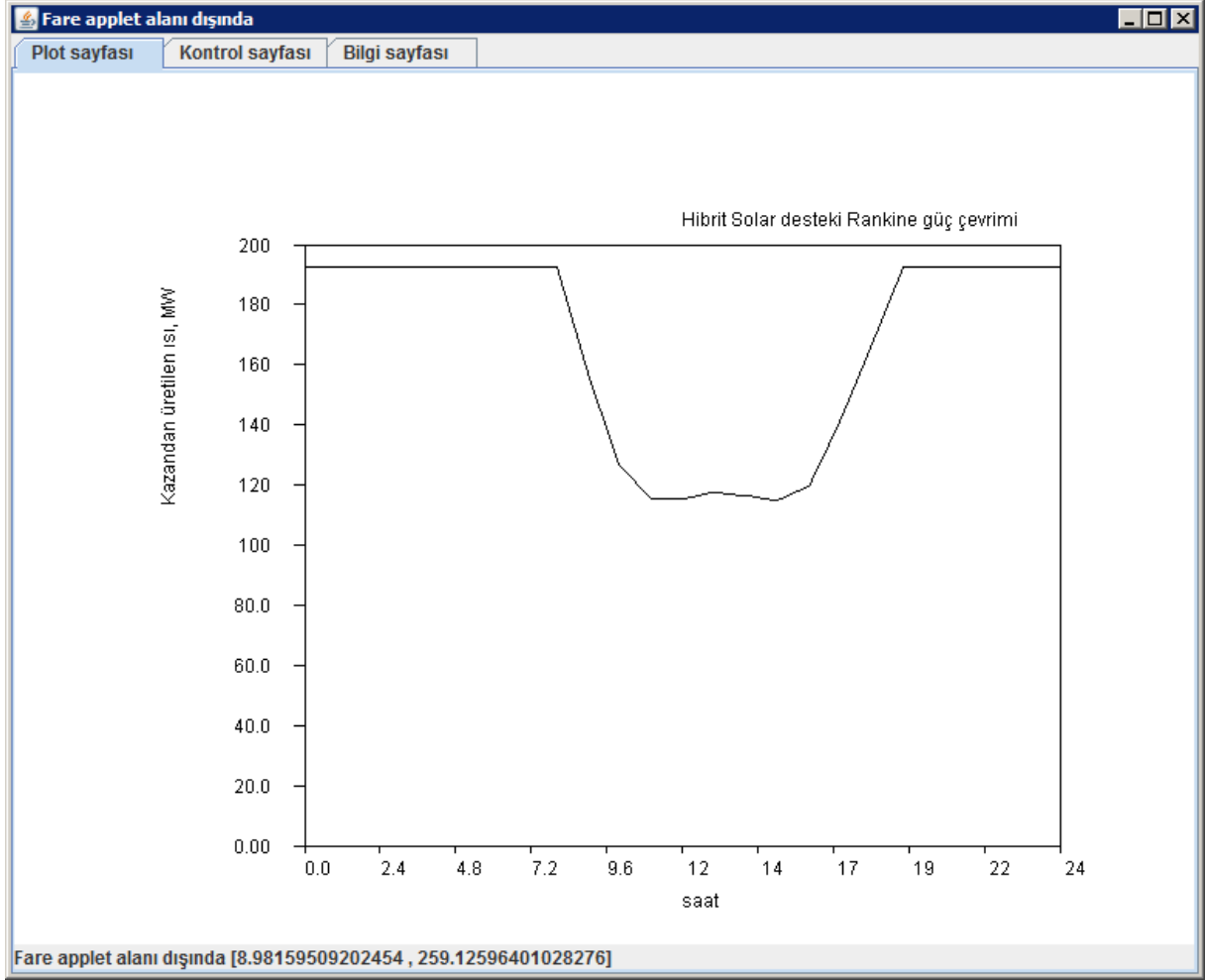


Verilerimizi kış ayına göre ayarlayıp programımızı tekrar çalıştıralım;

AY: 01 (opsiyonel)

GÜN: 21(opsiyonel)

“Hybrit_Power_Plant_Main.java” programı kullanılarak girdilerin girilmesi;



Grafik çıktılarından da görüldüğü yaz ayında hibrit sisteme ısı güç katkısı yüksek olan güneş enerjisi sistemi, kışın ciddi manada düşmektedir.

Program tarafından hesaplanan yıl boyunca elde edilen kazanç, yıl boyunca olan ortalamaya göre hesaplamaktadır.

5 Sonuçlar, Değerlendirme Ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ve değeriendirilmesi bu bölümde yapılmıştır.

✓ Sistemin(hibrit rankine güç santrali) 100Mw bir güç ihtiyacı göre çözümlemesinde; Güneş enerjili ön ısıtmalı sistemin olaması ile yakıtdan %26 tasarruf edilmesi, yakıtın doğalgaz olması durumunda da 1 yılda “30 milyon” TL üzerinde yakıt tasarrufu elde edildiği görülmüştür. Bundan dolayı hibrit böyle sistemlerin gayet ekonomik, çevreci ve verimli olduğu görülebilmektedir.

✓ Analiz yapılırken sistemimizin 7 gün – 24 saat çalıştığı kabul edilmişdi, bu durumun değişik koşullar için denenebilir. Mesala; güç ihtiyacının gündüzleri yüksek olan bir belde düşünülerek sistem ve program koşulları buna göre ayarlanıp yeni analizler yapılabilir.

✓ Programların ayrı sınıflar şeklinde tasarlanmış olması sayesinde, bunlar üzerinden yeni programlar geliştirmek daha mümkündür.

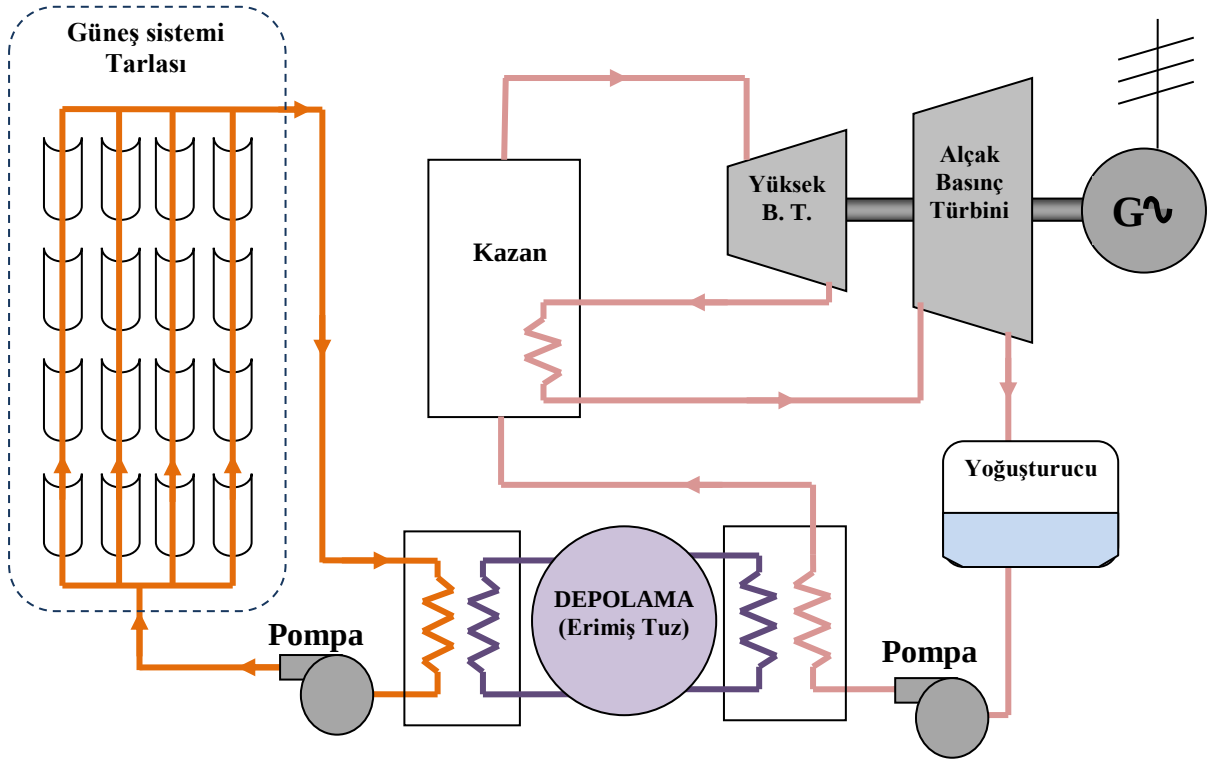
✓ Programlardan görüldüğü üzere “crimson editor “ üzerinden çalıştırılmaktadır, bu programlara grafik arayüzü geliştirilebilir, böylece programların kullanımı oldukça kolay hale getirilebilir.

✓ Sistemin değeriendirmeleri Bornova / İzmir kordinatlarına göre hesaplanmaktadır. Sistemin kazançlarının farklı kordinatlarda nasıl değiştiği incelenebilir.

✓ Sistemimiz için sadece Arasııtmalı olacak şekilde Rankine Güç Çevrimi kullanılmıştır. Bunun nedeni böyle çevrimde kazan su girişinin düşük sıcaklıkta olmasıdır. Bu da Solar sistemden (güneş ışıınım sistemi) maksimum faydalanmayı sağlar. Açık Besleme Suyu ısıtıcısı ve Kapalı Besleme Suyu ısıtıcısı eklentileri , kazana su girişinin yüksek sıcaklıklara taşınmasından dolayı yapılmamıştır. Yine de bu durum , programa(Hybrit_Power_Plant.java) eklenecek yeni metodlar yarımıyla oluşturulacak karşılaştırma programları ile test edilebilir.

✓ Güneş enerjili ön ısıtmalı hibrit rankine güç santralinin çalışmasında, yakıt ile ısıtma ünitesi geceleri en yüksek kapasitede çalışırken, gündüzleri en düşük çalışma düzeyine

inmektedir. Bu sistemin istikrarsız olması neden olabilmektedir. Bu nedenle sisteme gündüzleri enerjinin bir kısmını depolayıp , gecede ısı verilecek şekilde çalışması sağlayacak depolama ünitesi eklenebilir. Böyle uygulamalar pratikte de yapılmaktadır. Böyle bir model şekildedeki gösterilmiştir.



6 KAYNAKLAR

- [1] Duffie, J., A., Beckman, W., A., “Solar Engineering of Thermal Processes”, John Wiley and Sons, New York, 1991.
- [2] Yunus A. ÇENGEL, Micheal A. BOLES, “Mühendislik yaklaşımıyla Termodinamik”, McGraw Hill
- [3] Kakaç S., Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design, 2nd Edition, CRC Press, USA, 2002,
- [4] Jan. F. Kreider, Frank Kreith, “Solar Energy Handbook” , McGraw Hill, 1979
- [5] Atagündüz, G., Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları, Ege Üniversitesi Basımevi, 1989, İzmir.
- [6] <http://www.tesisat.com.tr>
- [7] Yrd. Doç. Dr. Turhan M. ÇOBAN tarafından oluşturulan programlar ve programları anlatan makalalar

7.Ekler

7 “radoSUN.java programı”

```
//=====
//
// Class roSUN
// Mehmet Aydın SOYDAŞ , öğrenci
// Danışman: Dr. Turhan Coban
// Ege University, School of Engineering,
// Department of Mechanical Engineering
// Bornova İZMİR - TURKEY
// Program yazılırken kullanılan kaynak: Duffie, J., A., Beckman, W., A.,
//                                     "Solar Engineering of Thermal Processes",
//                                     John Wiley and Sons, New York, 1991.
//

import javax.swing.JOptionPane;

public class radoSUN
{
    int n,d;
    int m;
    int day_mounth[]={0,31,59,90,120,151,181,212,243,273,304,334};
    double enlem,boylam;
    double B,o;
    double E; // E zaman düzeltme faktörü
    double st; // standart time - yerel saat zamanı (dakika)
    double solarT; // solar time - güneş zamanı (dakika)
```

```

double Lst; // standart saat boylamı( Batı boylamları (+), doğu boylamları (-))
double Lloc; // yerel boylam( Batı boylamları (+), doğu boylamları (-))

// *** Açılar ***
double w; // hour - saat açısı
double fi; // Latitude - enlem açısı; kuzey yarım küre için pozitif, güney yarım küre
için negatif (-90' < fi < 90')
double delta; // Declination - Deklinasyon açısı; -günlük hesaplanır
double tetaZ,costetaZ; // Zeith açısı - Güneş ışınlarının yatay bir düzleme gelişini
ölçer.
double gama=0; // Yüzey azimut açısı
double beta=0; // Slope - Eğimli bir yüzeyin yatayla yaptığı açı
double teta,costeta;

double YSZgd,w1;
double YSZgb,w2;
double gu;

// * katsayılar *
double a00,a0;
double a11,a1;
double kk,k;

double r0;
double r1;
double rk;

double A; // deniz seviyesinden (km) olarak yükseklik
int iklim; // climate type
String s_iklim;
double TOB; // yeryüzündeki doğrudan ışıının, atmosfer dışındaki ışıınma oranı
double TOD; // yatay bir yüzeye gelen yaygın ışıınım, atmosfer dışındaki ışıınma oranı

double Gsc=1367; //1370; // (W/m^2) güneş sabiti
double Gan; // yatay bir yüzeye gelen ışıının hesaplanması
double Gcnb; // güneş ışınlarına dik bir yüzey için açık doğrudan ışıınım şiddeti
double Gcb; // yatay bir yüzeye gelen doğrudan ışıınım şiddeti
double Gd;
double Gtoplam; //yatay yüzeye gelen toplam ışıınım miktarı
double Getoplam; //eğik yüzeye gelen toplam ışıınım miktarı
double Rb; // Eğik yüzeye gelen doğrudan ışıınım yatay yüzeye gelen doğrudan ışıınma
oranı
double a,b; // Rb nin hasas modeli için katsayılar
double q;
double ad,am; // günlük ortalama ve aylık ortalama ışıınımlar

public radoSUN( double enlem, double boylam, double ssboylamı, double yukseklik,
int climate)

```

```

{

    fi=enlem;
    Lloc=boylam;
    Lst=ssboylam; // standart saat boylamı
    A=yukseklık; // deniz seviyesinden (km) olarak yükseklik
    iklim=climate;

    if( iklim==1 ) // Tropical
    {r0=0.95; r1=0.98; rk=1.02; s_iklim="Tropical"; }
      else if( iklim==2 ) // Midlatitude summer
        {r0=0.97; r1=0.99; rk=1.02; s_iklim="Midlatitude summer"; }
          else if( iklim==3 ) // Subarctic summer
            {r0=0.99; r1=0.99; rk=1.01; s_iklim="Subarctic summer"; }
              else if( iklim==4 ) // Midlatitude winter
                {r0=1.03; r1=1.01; rk=1.00; s_iklim="Midlatitude winter"; }

}

public int day_sayac(int day, int mounth)
{
    d=day;
    m=mounth;
    n=d+day_mounth[m-1];

    return n;
}

public int[] day_sayac(int n)
{
    int xDay=0;
int xMounth=0;

    for(int i=0; i<=n; i++)
    {

        for(int j=0; j<=11; j++)
        {
            if( i==day_mounth[j] )
                {xMounth=(j+1);
                }
        }

        xDay=i-day_mounth[(xMounth-1)];
    }
}

```

```

        d=xDay+1;
        m=xMounth;

        int k[] = new int[2];
            k[0] = xDay+1;
            k[1] = xMounth;

        return k;
    }

    public double solar_time(int yearsday, double standartTime)
    {
        st=standartTime; // standart time - yerel saat zamanı (dakika)
        n=yearsday;
        B=((n-1)*(360/365))*(Math.PI/180);
        E=229.2*(0.000075+0.001868*Math.cos(B)-0.032077*Math.sin(B)-
0.014615*Math.cos(2*B)-0.04089*Math.sin(2*B)); // dakika cinsinden
        solarT=st+4*(Lst-Lloc)+E;

        return solarT;
    }

    public double radiation(int nn,double standartTime)
    {

        solarT=solar_time(nn,standartTime);

        w=15*((solarT/60)-12); // hour - saat açısı

        // deklinasyon açısı hesabı
        delta=23.45*Math.sin(2*Math.PI*(284+n)/365);

        // yatay bir yüzey için zenith açısı

        costetaZ=Math.cos(delta*Math.PI/180)*Math.cos(fi*Math.PI/180)*Math.cos(w*Math
.PI/180)
        +Math.sin(delta*Math.PI/180)*Math.sin(fi*Math.PI/180);
        tetaZ=Math.acos(costetaZ)*180/Math.PI;

        // güneş doğuş ve batış saatlerinin hesaplanması

        double ws=(Math.acos(-
Math.tan(delta*(Math.PI/180))*Math.tan(fi*(Math.PI/180))))*(180/Math.PI);

        YSZgd=12-((4*(Lst-Lloc)+E)/60)-ws/15;
        YSZgb=12-((4*(Lst-Lloc)+E)/60)+ws/15;

        gu=2*ws/15;

```



```

// yatay bir yüzeye gelen ışıının hesaplanması

Gan=Gsc*(1+0.033*Math.cos(2*Math.PI*nn/365));

a00=0.4237-0.00821*(6-A)*(6-A);
a11=0.5055+0.00595*(6.5-A)*(6.5-A);
kk=0.2711+0.01858*(2.5-A)*(2.5-A);

a0=r0*a00;
a1=r1*a11;
k=rk*kk;

TOb=a0+a1*Math.exp(-(k/costetaZ));

if ( costetaZ == 0 )
{
    TOb=0;
}

// güneş ışınlarına dik bir yüzey için açık doğrudan ışıının şiddeti
Gcnb=Gan*TOb;

// yatay bir yüzeye gelen doğrudan ışıının şiddeti
Gcb=Gan*TOb*costetaZ;

// yatay bir yüzeye gelen yaygın ışıının şiddeti
TOd=(0.271-0.294*TOb)*costetaZ;

Gd=Gan*TOd;

//yatay yüzeye gelen toplam ışıının miktarı

Gtoplam=(Gcb+Gd+Math.abs(Gcb+Gd))/2;

//double op=1/0;
if ( n == 337 || n == 333 || n == 226 || n == 150 || n == 70 )
{
    Gtoplam=0;
}

if ( costetaZ == 0 )
{
    Gtoplam=0;
}

return Gtoplam;
}

public double radiation(int day, int mounth , double standartTime)

```

```

{
    d=day;
    m=mounth;
    n=day_sayac(d,m);
    Gtoplam=radiation(n,standartTime);

    return Gtoplam;
}

public double angles_surface(int n,double standartTime, double yatay_egim, double
azimuth, double ro)
{

    beta=yatay_egim;
    gama=azimuth;
    q=ro;

    Gtoplam=radiation(n,standartTime);

    /** -> Rb yi bulmak için birincil model <-

    costeta=Math.sin(delta*Math.PI/180)*Math.sin(fi*Math.PI/180)*Math.cos(beta*Math
.PI/180)-

    Math.sin(delta*Math.PI/180)*Math.cos(fi*Math.PI/180)*Math.sin(beta*Math.PI/180)
*Math.cos(gama*Math.PI/180)+

    Math.cos(delta*Math.PI/180)*Math.cos(fi*Math.PI/180)*Math.cos(beta*Math.PI/180
)*Math.cos(w*Math.PI/180)+

    Math.cos(delta*Math.PI/180)*Math.sin(fi*Math.PI/180)*Math.sin(beta*Math.PI/180)
*Math.cos(gama*Math.PI/180)*Math.cos(w*Math.PI/180)+

    Math.cos(delta*Math.PI/180)*Math.sin(beta*Math.PI/180)*Math.sin(gama*Math.PI/1
80)*Math.sin(w*Math.PI/180);

    teta=Math.acos(costeta)*180/Math.PI;

    // Eğik yüzeye gelen doğrudan ışınlım yatay yüzeye gelen doğrudan ışınlıma
oranı

    Rb=(costeta/costetaZ);

    // radiation on sloped surface: the isotropic diffuse model - by liu and jordan

```

```

        Getoplam=Gcb*Rb+Gd*((1+Math.cos(beta*Math.PI/180))/2)+Gtoplam*q*((1-
Math.cos(beta*Math.PI/180))/2);
        if( Gtoplam<=0 )
        {Getoplam=0;}
        if( Getoplam<=0 )
        {Getoplam=0;}

        return Getoplam;

    }

```

```

    public double angles_surface(int day, int mounth,double standartTime, double
yatay_egim, double azimuth, double ro)
    {
        d=day;
        m=mounth;
        n=day_sayac(d,m);
        Getoplam=angles_surface(n,standartTime, yatay_egim, azimuth,ro);

        return Getoplam;
    }

```

// Concentrating Solar Power - Aktive Panel modeli => Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi - aktif panel(güneşi takip ediyor)

```

    public double CSP_APmodel(int n, double standartTime, double ro)
    {

        solarT=solar_time(n,standartTime);
        w=15*((solarT/60)-12); // hour - saat açısı

        gama=90.0; //yüzey azimut açısı - Sistem Kuzey-güney ekseninde sabit
tutuluyor.

        double Gctoplam=angles_surface(n,standartTime,w,gama,ro);
        return Gctoplam;

    }

```

// Concentrating Solar Power - Aktive Panel modeli => Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi - aktif panel(güneşi takip ediyor)

```

    public double CSP_APmodel(int day, int mounth, double standartTime, double ro)
    {

        d=day;
        m=mounth;
        n=day_sayac(d,m);
        double Gctoplam=CSP_APmodel(n,standartTime, ro);
        return Gctoplam;
    }

```

```
}
```

```
public double average_day_CSP_APmodel(int day, int mounth, double ro)
//CSP_APmodel için günlük ortalama ışıınım miktarı(W/m^2 )
{
    double x0=0;
    double toplam=0;
    int oran=2;
double    orann=oran;

    for(int i=0; i<=(24*oran); i++)
    {
        x0=i*(60/oran);

        double t=CSP_APmodel(day,mounth,x0, ro);

        toplam+=t;
    }
    double average=toplam/(24*orann);

    return average;
}

public double average_day_CSP_APmodel(int n, double ro) //CSP_APmodel için
günlük ortalama ışıınım miktarı(W/m^2 )
{
    double x0=0;
    double toplam=0;
    int oran=2;
double    orann=oran;

    for(int i=0; i<=(24*oran); i++)
    {
        x0=i*(60/oran);

        double t=CSP_APmodel(n,x0, ro);

        toplam+=t;
    }
    double average=toplam/(24*orann);

    return average;
}
```

```

// Depo edilmesi modeli_ Concentrating Solar Power - Aktive Panel
modeli
// Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi - aktif panel(güneşi takip ediyor)
public double CSP_APmodel_Storage(int n, double standartTime,
double ro)
{
    //...solarT=solar_time(n,standartTime);
    //...w=15*((solarT/60)-12); // hour - saat açısı
    //...gama=90.0; //yüzey azimut açısı - Sistem Kuzey-güney
    ekseninde sabit tutuluyor.
    double storageTime=standartTime-9.0*60;

    if( storageTime<0 )
        {storageTime=24*60-storageTime; }

    double Gc_Stoplam=0.35*CSP_APmodel(n,standartTime,
ro)+0.65*average_day_CSP_APmodel(n,ro);
    return Gc_Stoplam;
}

```

```

// Depo edilmesi modeli_ Concentrating Solar Power - Aktive Panel
modeli
//Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi - aktif panel(güneşi takip ediyor)
public double CSP_APmodel_Storage(int day, int mounth, double
standartTime, double ro)
{
    d=day;
    m=mounth;
    n=day_sayac(d,m);
    double Gc_Stoplam=CSP_APmodel_Storage(n,standartTime,
ro);

    return Gc_Stoplam;
}

```

```

public double[] maximum_CSP_APmodel( double ro) //CSP_APmodel için 365 gün
içerisinde maksimum ışıınım miktarı(W/m^2 )
{
    double time;
    double t=0;
    int nn=0;
    double kontrol=0;
    for(int n=1; n<=365; n++)
    {

```

```

        for(int i=0; i<=24; i++)
        {
            time=i*60.0;

            if( kontrol<CSP_APmodel(n,time,ro) )
            {
                kontrol=CSP_APmodel(n,time,ro);
                t=time;
                nn=n;
            }
        }
    }

    int xDay=0;
    int xMounth=0;

    xDay=day_sayac(nn)[0];
    xMounth=day_sayac(nn)[1];

    double m[] = new double[5];
    m[0] = nn;
    m[1] = t;
    m[2] = kontrol;
    m[3] = xMounth;
    m[4] = xDay;

    return m;
}

public double average_year_CSP_APmodel(double ro) //CSP_APmodel için yıllık
ortalama ışıınım miktarı(W/m^2 )
{
    double x0=0;
    double toplam=0;
    double t;
    int oran=1;
    double orann=oran;

    for(int n=1; n<=365; n++)
    {
        for(int i=0; i<(24*oran); i++)
        {
            x0=i*(60/orann);

            t=CSP_APmodel(n, x0, ro);

```

```

        toplam+=t;
    }

    }

    double averagem=toplam/((365-5)*24*oran); // hesaplamada yılın sadece beş
günü için NaN hatası alınmakta

    // o yüzden ortalama hesabında bunlar çıkartılmaktadır.
    return averagem;
}

public double average_year_angles_surface(double yatay_egim, double azimuth,
double ro)
    //CSP_APmodel için yıllık ortalama ışıınım miktarı(W/m^2 )
    {

        double x0=0;
        double toplam=0;
        double t;

        int oran=1;
double    orann=oran;

        for(int n=1; n<=365; n++)
            {
                for(int i=0; i<(24*oran); i++)
                    {
                        x0=i*(60/orann);

                        t=angles_surface(n,x0, yatay_egim, azimuth, ro);

                        toplam+=t;
                    }
            }

        double averagem=toplam/((365-5)*24*oran); // hesaplamada yılın sadece beş
günü için NaN hatası alınmakta

        // o yüzden ortalama hesabında bunlar çıkartılmaktadır.
        return averagem;
    }

    public String cikti()
    {

        String s="Girdiler(Verilenler) : \n";
        s+=" Enlem : "+fi+" \n";
        s+=" Boylam : "+Lloc+" \n";
        s+=" İklim Türü : "+s_iklim+" \n";
    }

```

```

s+=" Yerel Saat : "+st/60+" saat \n";
s+=" Standart Saat Boylamı: "+Lst+" \n";
s+=" Deniz seviyesinden yükseklik : "+A+" km \n";
s+=" ..... \n";
s+=" Ay : "+m+" \n";
s+=" Gün : "+d+" \n";
s+=" Yüzey Eğim Açısı : "+beta+" \n";
s+=" Yüzey Azimut Açısı : "+gama+" \n\n\n";

```

```

s+="Sonuçlar : \n";
s+=" Güneşin doğuş saati = "+YSZgd+" saat (yerel saat zamanı ile) \n";
s+=" Güneşin batış saati = "+YSZgb+" saat (yerel saat zamanı ile) \n";
s+=" Gün uzunluğu = "+gu+" saat\n";
s+=" Güneş ışınlarının Yatay yüzeye Geliş açısı = "+tetaZ +"" (derece)\n";

```

```

//s+=" Yatay bir yüzeye gelen doğrudan ışınlm şiddeti = "+Gcb +" W/m^2 \n";
//s+=" Yatay bir yüzeye gelen yaygın ışınlm şiddeti = "+Gd +" W/m^2 \n";
s+=" Yatay yüzeye gelen toplam ışınlm miktarı = "+Gtoplam +" W/m^2 \n";
s+=" Güneş ışınlarının Eğik yüzeye geliş açısı miktarı = "+teta +"" (derece) \n";
s+=" Eğimli yüzeye gelen toplam ışınlm miktarı = "+Getoplam +" W/m^2 \n";

```

```

return s;
}

```

```

    public String cikti2()
{

```

```

String s="Sonuçlar\n";
s+=" Güneşin doğuş saati = "+YSZgd+" saat (yerel saat zamanı ile) \n";
s+=" Güneşin batış saati = "+YSZgb+" saat (yerel saat zamanı ile) \n";
s+=" Gün uzunluğu = "+gu+" saat\n";
s+=" Yatay bir yüzey için zenith açısı = "+tetaZ +"" (derece)\n";
s+=" Yatay bir yüzeye gelen doğrudan ışınlm şiddeti = "+ Gcb+" W/m^2 \n";
s+=" Yatay bir yüzeye gelen yaygın ışınlm şiddeti = "+Gd +" W/m^2 \n";
s+=" Yatay yüzeye gelen toplam ışınlm miktarı = "+Gtoplam +" W/m^2 \n";

```

```

return s;
}

```

```

public String ciktiEY()
{

```

```

String s="Sonuçlar\n";
s+=" Güneşin doğuş saati = "+YSZgd+" saat (yerel saat zamanı ile) \n";
s+=" Güneşin batış saati = "+YSZgb+" saat (yerel saat zamanı ile) \n";
s+=" Gün uzunluğu = "+gu+" saat\n";
s+=" Yatay yüzey için zenith açısı = "+tetaZ +"" (derece)\n";
s+=" Yatay yüzeye gelen doğrudan ışınlm şiddeti = "+Gcb+" W/m^2 \n";
s+=" Yatay yüzeye gelen yaygın ışınlm şiddeti = "+Gd +" W/m^2 \n";

```



```

s+=" Yatay yüzeye gelen toplam ışınlm miktarı = "+Gtoplaml + " W/m^2 \n";
s+=" Eğimli yüzeye gelen toplam ışınlm miktarı = "+Getoplaml + " W/m^2 \n";

return s;
}}

```

8 “rankinearaisıtmalı.java” programı

```

public class rankinearaisıtmalı
{
// steam sınıfını kullanır
// çağrı
// steam b=new steam();
// double a[]=b.property("tp",30.0,1.01325);
// girdi parametreleri
// termodinamik set "tv" "tp" "th" "tu" "ts" "tx"
// "pv" "pt" "ph" "pu" "ps" "px"
// çıkış parametreleri(a) a[0]=P a[1]=T a[2]=V a[3]=h
// a[4]u a[5]=s a[6]=x
double T[];
double P[];
double h[];
double s[];
double x[];
double etait,etaip;
double etacevrim;
double m;
double Wt,Wp,W;
double Qkazan,Qyogusturucu,Qaraisıtma,Qgiren;
steam b;
double Kin[],Kout[]; // <=>

public rankinearaisıtmalı(double mi,double t1,double P1, double Paraisıtma, double t3, double
P4, double etaiti, double etaipi)
{
m=mi;
b=new steam();
T=new double[11];
P=new double[11];
h=new double[11];
s=new double[11];
x=new double[11];
T[1]=t1;
P[1]=P1;
P[2]=Paraisıtma;
P[3]=Paraisıtma;
T[3]=t3;

P[4]=P4;

```

```

etaip=etaipi;
//c1=new double[2][20];
//c3=new double[2][20];
}

public void cevrimhesabi()
{
// Yüksek Basıncılı Türbin girişi
double a1[]=b.property("tp",T[1],P[1]);
h[1]=a1[3];
s[1]=a1[5];
// isentropik Y.B.Türbin çıkışı
s[0]=s[1];
P[0]=P[2];
double a0[]=b.property("ps",P[0],s[0]);
T[0]=a0[1];
h[0]=a0[3];
// gerçek Y.B.türbin çıkışı
h[2]=h[1]-etaip*(h[1]-h[0]);
double a2[]=b.property("ph",P[2],h[2]);
T[2]=a2[1];
s[2]=a2[5];

//araisıtma

// Düşük Basıncılı Türbin girişi
double a3[]=b.property("tp",T[3],P[3]);
h[3]=a3[3];
s[3]=a3[5];
// isentropik Düşük B.Türbin çıkışı
s[8]=s[3];
P[8]=P[4];
double a8[]=b.property("ps",P[8],s[8]);
T[8]=a8[1];
h[8]=a8[3];
// gerçek Düşük B.türbin çıkışı
h[4]=h[3]-etaip*(h[3]-h[8]);
double a4[]=b.property("ph",P[4],h[4]);
T[4]=a4[1];
x[4]=a4[6];
s[4]=a4[5];

// yoğunlaştırucu çıkışı
P[5]=P[4];
x[5]=0.0;

```

```

double a5[]=b.property("px",P[5],x[5]);
T[5]=a5[1];
h[5]=a5[3];
s[5]=a5[5];

// isentropik pompa
P[6]=P[1];
s[6]=s[5];
double a6[]=b.property("ps",P[6],s[6]);
h[6]=a6[3];
s[6]=a6[5];
// gerçek pompa
h[7]=h[5]+(h[6]-h[5])/etaip;
P[7]=P[1];
double a7[]=b.property("ph",P[7],h[7]);
T[7]=a7[1];
s[7]=a7[5];
// kazan kaynama bölgesi girişi
P[9]=P[1];
x[9]=0.0;
double a9[]=b.property("px",P[9],x[9]);
T[9]=a9[1];
s[9]=a9[5];
h[9]=a9[3];
// kazan kızgın buhar bölgesi girişi
P[10]=P[1];
x[10]=1.0;
double a10[]=b.property("px",P[10],x[10]);
T[10]=a10[1];
s[10]=a10[5];
h[10]=a10[3];


Wt=m*((h[1]-h[2])+(h[3]-h[4]));
Wp=m*(h[7]-h[5]);
W=Wt-Wp;
Qkazan=m*(h[1]-h[7]);
Qaraisıtma=m*(h[3]-h[2]);
Qgiren=Qkazan+Qaraisıtma;

Qyogusturucu=m*(h[4]-h[5]);
etacevrim=W/Qgiren;

// kazan için girdi,çıktı verilerinin iletilmesi
Kin=a7;
Kout=a1;
//.....

}

```

```

public double[][] degerler()
{
    cevrimhesabi();
    double m[][] = new double[2][];
        m[0] = Kin;           //kazan giriş entalpisi
        m[1] = Kout;         // kazan çıkış bölgesi girişi

        /*  [][][0]=" bars      =P :";
            [][][1]=" deg C      =T :";
            [][][2]=" m^3/kg      =v :";
            [][][3]=" KJ/kg       =h :";
            [][][4]=" KJ/kg       =u :";
            [][][5]=" KJ/kg       =s :";
            [][][6]=" kg vap/kg mix =x :";
            [][][7]=" kg/m^3      = :";          */

        return m;
}

public double w_net()
{
    cevrimhesabi();
    return W;
}

public String cikti()
{
    cevrimhesabi();
    String s="Basit Rankine çevrimi\n";
    s+=" çevrim verimi   = "+etacevrim+"\n";
    s+=" Türbinlerin ürettiği güç = "+Wt+" kW\n";
    s+=" Pompanın yaptığı iş = "+Wp+" kW\n";
    s+=" Net iş çıkışı   = "+W +" kW\n";
    s+=" Toplam ısı girişi(Qgiren) = "+Qgiren +" kW\n";
    s+=" Yoğuşturucu ısı çıkışı(Qçıkan) = "+Qyogusturucu +" kW\n";
    s+=" h1 Yüksek basınçlı türbin girişi = "+h[1] +" kJ/kg\n";
    s+=" h2 Yüksek basınçlı türbin çıkışı = "+h[2] +" kJ/kg\n";
    s+=" h3 Alçak basınçlı türbin girişi = "+h[3] +" kJ/kg\n";
    s+=" h4 Alçak basınçlı türbin çıkışı = "+h[4] +" kJ/kg\n";
    s+=" h5 yoğuşturucu çıkışı = "+h[5] +" kJ/kg\n";
    s+=" h6 pompa çıkışı = "+h[6] +" kJ/kg\n";
    return s;
}}

```

9 “Hybrit_Power_Plant.java” programı

```
import javax.swing.*;
```

```

public class Hybrit_Power_Plant_Main
{
    public static void main(String arg[])
    {

        double power=100; //MW
        double field; // solar panellerinin alanı (m^2)

        int day=21;
        int mounth=8;
        double standartTime=18.0*60.0;
        double enlem=38.4;
        double boylam=-27.25;
        double ssboylamı=-45.0;
        double yukseklik=0.01;
        int iklim=2; // yarı tropikal
        double yatay_egim=30.0; //yüzey eğim açısı
        double azimuth=-45.0; //yüzey azimut açısı
        double ro=1; //yansıma oranı

        Hybrit_Power_Plant r=new Hybrit_Power_Plant( power, enlem,
        boylam,ssboylamı, yukseklik, iklim);

        r.rankinearaisıtmalı_model(600.0,150.0,40.0 ,600.0,0.1,1.0,1.0);
        field=r.maks_field_system_solar( ro);
        /**

        //Grafik çizdirme hasaslık oranı
        int oran=1;
        double orann=oran;

        //.....Yatay bir yüzeye gelen ışıınım şiddeti
        double xx[] = new double[24*oran+1] ;
        double yy[] = new double[24*oran+1] ;
        double x0,x1=0;
        double toplam=0;
        double average=0;

        for(int i=0; i<=(24*oran); i++)
        {
            x0=i*(60/oran);

            double t=r.day_boiler( day, mounth, x0, ro, field )/1000;

            xx[i]=x1;
            yy[i]=t;
            x1+=(1/orann);
            toplam+=t;

```

```

        }
        average=toplam/(24*oran);

        Plot pp=new Plot(xx,yy);
        pp.setPlabel("Hibrit Solar destekli Rankine güç çevrimi");
        pp.setYlabel("Kazandan üretilen ısı, MW");
        pp.setXlabel("saat");
        pp.plot();

        System.out.println(" Hibrit, Solar destekli Rankine güç çevrimi \n");
        System.out.println(" Gün boyu ortalama:"+average+" W/m^2 \n");
        System.out.println(" Saat Işınım \n");
        for(int j=0; j<=(24*oran); j++)
        {

                System.out.println(" "+xx[j]+" "+yy[j]+" \n");
        }

        System.out.println(r.cikti(field,ro));
    }
}

```