

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ISI POMPASI DESTEKLİ
ISITMA SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK VE
TERMOEKONOMİK ANALİZİ**

Makine Yük. Müh. Zozan SİYAHHAN

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi	: 14.04.2009
Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Galip TEMİR
Yrd. Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Duriye BİLGE
Yrd. Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Seyhan ONBAŞIOĞLU
Juri Üyesi	: Prof. Dr. İsmail TEKE
Juri Üyesi	: Prof. Dr. Ahmet Rasim BÜYÜKTÜR

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
THERMODYNAMIC AND EXERGETIC ANALYSIS OF SOLAR HEAT PUMP ASSISTED HEATING SYSTEMS	xiv
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çevre Sorunları	1
1.1.1 Ozon Tabakasının İncelmesi	1
1.1.2 Küresel Isınma	1
1.1.3 Asit Yağmurları	2
1.2 Türkiye'nin Enerji Durumu	2
2. GÜNEŞ ENERJİSİ	3
2.1 Güneş Enerjisinin Avantajları	5
2.2 Güneş Enerjisinin Dezavantajları	5
2.3 Enerji Küpü	6
3. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ	7
3.1 Düşük Sıcaklık Sistemleri	7
3.1.1 Düzlemsel Güneş Kollektörleri	7
3.1.2 Vakumlu Güneş Kollektörleri	8
3.2 Yüksek Sıcaklık Sistemleri	8
3.2.1 Parabolik oluk kollektörleri	8
3.2.2 Parabolik Çanak Sistemler	9
3.2.3 Merkezi Alıcı Sistemler	9
3.2.4 Fotovoltaik Sistemler	9
4. ISI POMPALARI	11
4.1 Isı Pompalarının Tarihsel Gelişimi	12
4.2 Isı Pompası'nın Termodinamik Esasları	13
4.3 Kullanıldıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması	15
4.3.1 Hava Kaynaklı Isı Pompaları	15
4.3.2 Su Kaynaklı Isı Pompaları	16
4.3.3 Toprak Kaynaklı Isı Pompaları	16
4.3.4 Güneş Kaynaklı Isı Pompaları	17

5.	TERMODİNAMİĞİN 1. ve 2. YASALARI	18
5.1	1. Yasa	19
5.1.1	1. Yasa ve Kapalı Sistem	20
5.1.2	1. Yasa ve Açık Sistem	21
5.1.2.1	Sürekli Akışlı Açık Sistemde Kütlenin Korunumu	22
5.1.2.2	Sürekli Akışlı Açık Sistemde Enerjinin Korunumu	22
5.2	2. YASA	23
5.2.1	Çevre ve Ölü Hal	26
5.2.2	Kapalı Sistemlerin 2. Yasa Çözümlemesi	28
5.2.3	Sürekli Akışlı Açık Sistemlerin 2. Yasa Çözümlemesi	29
5.2.4	Ekserji Bileşenleri.....	30
5.2.4.1	Fiziksel Ekserji	31
5.2.4.2	Kimyasal Ekserji.....	32
	Standart kimyasal ekserji ve standart çevre.....	32
	Gaz ve gaz karışımlarının standart kimyasal ekserjisi.....	33
	Yakıtların standart kimyasal ekserjileri.....	33
	Kimyasal reaksiyonlu olan sistemlerin ikinci yasa çözümlemesi	34
5.2.5	Ekserji Kaybı ve Yıkımı (Yok Olması)	36
5.2.6	Ekserji Maliyeti	37
5.2.7	Termoekonomik (Ekserjiekonomik) Analiz ve Değerlendirme	39
6.	UYGULAMA	41
6.1	Sistem Şemaları	42
6.1.1	Yalnız Kazan Destekli Isıtma Sisteminin Açıklaması.....	43
6.1.2	Güneş Enerjisi Kaynaklı ve Isı Pompası Destekli Isıtma Sisteminin Açıklaması.....	45
7.	ENERJİ MALİYETİ HESABI VE ANALİZİ.....	49
7.1	Enerji Analizi Modeli	49
7.2	Enerji Analizi Modelinin Açıklanması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar.....	59
7.3	Optimum Kollektör Alanının Belirlenmesi	72
7.4	Sistem Maliyetleri.....	76
7.4.1	Ekipman Listeleri.....	76
7.4.1.1	Yalnız Kazan Destekli Isıtma Sisteminin Ekipman Listesi.....	76
7.4.1.2	Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompası Destekli Isıtma Sistemi Ekipman Listesi....	77
7.4.2	Tesis Maliyetleri	79
7.4.3	Sistemin Elektrik Tüketimleri.....	79
7.4.3.1	Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompası Destekli Isıtma Sistemi	79
7.4.3.2	Yalnız Kazanlı Isıtma Sistemi	80
7.4.4	Sistemin Yakıt Tüketimleri.....	80
7.4.5	Sistemler Arasındaki Fark	80
7.5	Ekonomik Analiz Yöntemleri.....	80
7.5.1	Geri Ödeme Süresi Yöntemi (GÖS).....	80
7.5.1.1	Maliyetlerin Karşılaştırılması	81
7.5.1.2	Amorti Süresi.....	82
7.5.2	Net Bugünkü Değer Yöntemi (NBD).....	83
7.5.3	İç Karlılık Oranı Yöntemi (İKO).....	85

8.	SİSTEMİN İLERİYE YÖNELİK TAHMİNİ ANALİZİ	86
9.	EKSERJİ MALİYETİ HESABI VE EKSERJİ EKONOMİK ANALİZ	92
9.1	Maliyet Analizi	93
9.1.1	Sistemin Saatlik Masrafı.....	93
9.1.2	Parasal Giderler İçin Kullanılan Eşitlikler.....	93
9.1.2.1	Bir Değere Getirilmiş Fiyat Düzeltme Faktörü (k).....	93
9.1.2.2	Ana Para Geri Kazanım Faktörü (CRF)	94
9.1.2.3	Eskalasyon Düzeltme Faktörü (CELF).....	94
9.1.2.4	Bir Değere Getirilme Faktörü (A)	94
9.1.3	Bir Değere Getirilmiş Parasal Değerler (Z).....	94
10.	GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ	95
10.1	Güneş Kollektörü Ekserji Analizi Modeli	95
10.2	Güneş Kollektörü Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar	98
10.3	Güneş Kollektörü Su Hesapları	101
10.3.1	Kollektör Depo Arası Debi.....	101
10.3.2	Kollektör Akümülayon Tankı Arası Debi.....	101
10.4	Güneş Kollektörü Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı.....	102
11.	AKÜMÜLAYON TANKI	107
11.1	Aküümülayon Tankı Ekserji Analizi Modeli.....	107
11.2	Aküümülayon Tankı Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar	110
11.3	Aküümülayon Tankı Su Hesapları	113
11.3.1	Sistem Tarafı Debi.....	113
11.3.2	Kollektör Tarafı Debi	113
11.4	Aküümülayon Tankı Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı	114
12.	DEPO.....	119
12.1	Depo Ekserji Analizi Modeli	119
12.2	Depo Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar	122
12.3	Depo Su Hesapları	125
12.3.1	Sistem Tarafı.....	125
12.3.2	Kollektör Tarafı	125
12.4	Depo Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı	126
13.	ISI POMPASI	132
13.1	Isı Pompası Ekserji Analizi Modeli.....	132
13.2	Isı Pompası Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar	137
13.3	Isı Pompası Su ve Akışkan Hesapları.....	142
13.3.1	Su Tarafı	142
13.3.2	Akışkan Tarafı	143
13.3.2.1	Kondenser	143
13.3.2.2	Evaporatör.....	143
13.3.2.3	Kompresör	143
13.3.2.4	Çevrimin COP'si	144
13.4	Isı Pompası Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı	147

14.	KAZAN	154
14.1	Kazan Sistemi Ekserji Analizi Modeli	154
14.2	Kazan Sistemi Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar	156
14.3	Kazan Sistemi Enerji Dengesi	158
14.4	Kazan Sistemi Ekserji Dengesi.....	162
14.5	Kazan Sistemi Ekserji Maliyeti Hesabı ve Ekserjiekonomik Tahlili	166
15.	SİSTEMİN TERMOEKONOMİK ANALİZ SONUÇLARI	169
16.	SONUÇ.....	198
KAYNAKLAR.....		203
Ek 1 Antalya İli Yıl Boyu Saatlik Sıcaklıkları ve Sıcaklık Eğrileri		206
Ek 2 Entalpi & Entropi Tabloları		231
Ek 3 Yerden Isıtma Projeleri		280
ÖZGEÇMİŞ.....		282

SİMGE LİSTESİ

A	Alan [m^2]
A	Bir değere getirilme faktörü
c	Birim ekserji maliyeti (€/kJ)
C_k	Kayıp ekserji maliyeti (€/h)
C	Özgül ısı [kJ/kgK]
C_p	Sabit basınçta özgül ısı [kJ/kgK]
C_v	Sabit hacimde özgül ısı [kJ/kgK]
$CELF$	Eskalasyon düzeltme faktörü
CRF	Ana para
e	Özgül ekserji akısı (kJ/kg)
E	Ekserji akısı (kJ/h)
E	Enerji (kJ/h)
€	Euro
f	Termoekonomik (ekserjiekonomik) faktör
g	Yerçekimi ivmesi [m/s^2]
g	Özgül Gibbs fonksiyonu [kJ/kg]
G	Toplam Gibbs fonksiyonu [kJ]
h	Entalpi [kJ/kg]
$\bar{h}$	Yanma entalpisi [$kJ/kmol$]
$\bar{h}_f^o$	Standart oluşum entalpisi [$kJ/kmol$]
h_f	Doymuş sıvı entalpisi [kJ/kg]
h_g	Doymuş buhar entalpisi [kJ/kg]
h_{fg}	Buharın faz değişimi sırasındaki entalpi farkı [kJ/kg]
i	Özgül tersinmezlik [kJ/kg]
i_{eff}	Geri ödeme oranı (%)
I	Toplam tersinmezlik [kJ]
k	Bir değere getirilmiş fiyat düzeltme faktörü
k	Özgül ısıların oranı (C_p/C_v)
KE	Kinetik Enerji [W]
m	Kütle [kg]
$\dot{m}$	Kütlesel debi [kg/h]
M	Mol kütlesi [$kg/kmol$]
m_{R407C}	R407C soğutucu akışkan debisi
n	Mol miktarı [$kmol$]
P	Basınç [bar]
P_{sv}	Emniyet ventili açma basıncı [bar]
PE	Potansiyel Enerji [W]
Q	Isı [W]
Q_e	Birim solar yük (W)
Q_{isi}	Isı kaybı (W)
Q_{solar}	Solar yük [W]
r_i	Faiz oranı (%)
r_n	Eskalasyon oranı (%)
s	Entropi [kJ/kgK]
s_f	Doymuş sıvı entropisi [kJ/kgK]
s_g	Doymuş buhar entropisi [kJ/kgK]
s_{fg}	Buharın faz değişimi sırasındaki entropi farkı [kJ/kgK]
T	Sıcaklık [K]

$T_{koll.}$	Kollektör iç sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
U	İç Enerji [kJ/kg]
V	Hacim [m^3]
v	Hava debisi [m^3/h]
v	Hız [m/s]
v	Özgül hacim [m^3/kg]
W	İş [W]
x	Kuruluk derecesi
y	Kaybolan ekserji oranı
Z	Parasal değer ($\text{€}/\text{h}$)
z	Yükseklik [m]

Yunan harfleri

ρ	Yoğunluk [kg/m^3]
η	Verim
Δ	Miktarda sonlu değişim (Fark)

Alt indis

ς	Çıkış
f	Yakıt
g	Giriş
k	Kayıp
o	Ölü hal (Çevre şartı)
p	Ürün
t	Toplam
tr	Tersinir

Üst indis

$\cdot$ (üst nokta)	Birim zamanda
$\bar{\cdot}$ (üst çizgi)	Birim mol için
$^{\circ}$ (çember)	Standart referans hali
CH	Kimyasal
PH	Fiziksel

KISALTMA LİSTESİ

AR-GE	Araştırma Geliştirme
A.S	Amorti Süresi
BG	Baca gazı
C	Karbon
CFC	Kloro Floro Karbon
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbon dioksit
COP	Coefficient of Performance, (Performans Katsayısı)
DG	Doğalgaz
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
GÖS	Geri Ödeme Süresi
H	Hidrojen
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning, (Isıtma Havalandırma ve Klimatizasyon)
IP	Isı Pompası
İKO	İç karlılık oranı
Koll.	Kollektör
MMO	Makine Mühendisliği Odası
N	Nitrojen
NBD	Net bugünkü değer
O ₂	Oksijen
O ₃	Ozon
ort	Ortalama
PI	Power Input (Güç girişi)
ppm	Parts per million, (Milyonda parçacık oranı)

S	Sülfür
sis	Sistem
SO ₂	Sülfür dioksit
SP	Soğutma Pompası
TC	Total Capacity (Toplam kapasite)
top	Toplam
UV	Ultra Viole
YIP	Yerden ısıtma pompası

Alt indis

comp.	Kompresör
e	Evaporatör
ex.	Expansion valve
k	Kondenser

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Yeryüzüne gelen güneş ışınımı	4
Şekil 2.2 Enerji küpleri.....	6
Şekil 3.1 Fotovoltaik sistem şeması (Isısan Çalışmaları, 2002).....	10
Şekil 4.1 Isı pompası çevrimi	11
Şekil 4.2 Isı pompası prensip şeması.....	13
Şekil 4.3 Isı pompası enerji akış yönleri.....	14
Şekil 4.4 Basit Rankine çevrimi ve ısı pompası şeması	15
Şekil 5.1 Açık sistem.....	18
Şekil 5.2 Kapalı sistem	18
Şekil 5.3 İzole sistem.....	19
Şekil 5.4 Sistem ve çevre arasında ısı geçişi	19
Şekil 6.1 Kazan sistemi prensip şeması.....	42
Şekil 7.1 Dış sıcaklığa göre hesaplan ısı kaybı eğrisi.....	61
Şekil 7.2 Dış sıcaklığa göre formülle hesaplan ısı kaybı eğrisi.....	61
Şekil 7.3 Dış sıcaklığa göre düzenlenmiş yerden ısıtma ortalama sıcaklık eğrisi	66
Şekil 7.4 Kollektör alanı değişimine göre güneş kollektörü elektrik maliyet değişim eğrisi...	74
Şekil 7.5 Kollektör alanı değişimine göre depo elektrik maliyeti değişimi eğrisi	74
Şekil 7.6 Kollektör alanı değişimine göre ısı pompası elektrik maliyeti değişimi eğrisi.....	74
Şekil 7.7 Kollektör alanı değişimine göre akümülayon tankı elektrik maliyeti değişimi eğrisi75	
Şekil 7.8 Kollektör alanı değişimine göre kazan elektrik maliyeti değişimi eğrisi.....	75
Şekil 7.9 Kollektör alanı değişimine göre toplam tasarruf değişimi eğrisi	75
Şekil 7.10 Kollektör alanı değişimine göre yatırımı karşılama süresi değişimi eğrisi.....	76
Şekil 8.1 Yıllara göre enflasyondan arındırılmış doğalgaz fiyat değişim eğrisi	86
Şekil 8.2 İleriye yönelik enflasyondan arındırılmış doğalgaz fiyat değişim eğrisi	86
Şekil 8.3 Türkiye elektrik üretimi kaynak dağılımı.....	87
Şekil 8.4 ABD elektrik üretimi kaynak dağılımı	87
Şekil 8.5 Almanya elektrik üretimi kaynak dağılımı.....	88
Şekil 8.6 Yıllara göre enflasyondan arındırılmış elektrik fiyat değişim eğrisi.....	88
Şekil 8.7 İleriye yönelik enflasyondan arındırılmış elektrik fiyat değişim eğrisi	89
Şekil 8.8 Yıllara göre amorti süresi	90
Şekil 8.9 İleriye yönelik amorti süresi.....	91
Şekil 10.1 Güneş kollektörü devresi şematik gösterimi	101
Şekil 10.2 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği.....	105
Şekil 10.3 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği	105
Şekil 10.4 Sistem komponentlerindeki Z(1) ve f(2) değerlerinin karşılaştırılması	106
Şekil 11.1 Akümülayon tankı devresi şematik gösterimi	113
Şekil 11.2 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği.....	117
Şekil 11.3 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği	117
Şekil 11.4 Sistem komponentlerindeki Z(1) ve f(2) değerlerinin karşılaştırılması	118
Şekil 12.1 Depo devresi şematik gösterimi	125
Şekil 12.2 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği.....	129
Şekil 12.3 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği	130
Şekil 12.4 Sistem komponentlerindeki Z(1) ve f (2) değerlerinin karşılaştırılması	130
Şekil 13.1 Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompası.....	141
Şekil 13.2 Isı Pompası devresi şematik gösterimi	142
Şekil 13.3 Isı pompası çevriminin diyagramda gösterimi, (Coolpackv1.46 yazılımı).....	144
Şekil 13.4 Soğutma çevrimi analizi diyagramındaki değerlerin tablosu, (Coolpack v1.46 yazılımı)	146
Şekil 13.5 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği.....	151
Şekil 13.6 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği	152

Şekil 13.7 Sistem komponentlerindeki $Z(1)$ ve $f(2)$ değerlerinin karşılaştırılması	152
Şekil 14.1 Kazan sistemi şematik gösterimi	162
Şekil 15.1 Kollektör ekserji kaybı değişim eğrisi	170
Şekil 15.2 Kollektör kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi	170
Şekil 15.3 Kollektör termoekonomik faktör değişimi eğrisi	171
Şekil 15.4 Depo ekserji kaybı değişimi eğrisi	171
Şekil 15.5 Depo kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi	172
Şekil 15.6 Depo termoekonomik faktör değişimi eğrisi.....	172
Şekil 15.7 Akümülayon tankı ekserji kaybı değişimi eğrisi	173
Şekil 15.8 Akümülayon tankı kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi	173
Şekil 15.9 Akümülayon tankı termoekonomik faktör değişimi eğrisi	174
Şekil 15.10 Isı pompası ekserji kaybı değişimi eğrisi	174
Şekil 15.11 Isı pompası kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi	175
Şekil 15.12 Isı pompası termoekonomik faktör değişimi eğrisi.....	175
Şekil 15.13 Kazan ekserji kaybı değişim eğrisi.....	176
Şekil 15.14 Kazan kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi.....	176
Şekil 15.15 Kazan termoekonomik faktör değişimi eğrisi	177
Şekil 15.19 Kollektör birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği.....	179
Şekil 15.20 Depo birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği	179
Şekil 15.21 Akümülayon tankı birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği.....	180
Şekil 15.22 Isı pompası birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği	180
Şekil 15.23 Kazan birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği.....	181
Şekil 15.24 Kollektör kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği	181
Şekil 15.25 Depo kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği.....	182
Şekil 15.26 Akümülayon tankı kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği	182
Şekil 15.27 Isı pompası kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği	183
Şekil 15.31 Sistemde kullanılan ekipmanların parasal giderleri	185
Şekil 15.32 Sistemde kullanılan ekipmanların ocak ayı için kayıp ekserji maliyetleri.....	186
Şekil 15.33 Sistemde kullanılan ekipmanların şubat ayı için kayıp ekserji maliyetleri.....	186
Şekil 15.34 Sistemde kullanılan ekipmanların mart ayı için kayıp ekserji maliyetleri	187
Şekil 15.35 Sistemde kullanılan ekipmanların nisan ayı için kayıp ekserji maliyetleri.....	187
Şekil 15.36 Sistemde kullanılan ekipmanların mayıs ayı için kayıp ekserji maliyetleri.....	188
Şekil 15.37 Sistemde kullanılan ekipmanların haziran ayı için kayıp ekserji maliyetleri.....	188
Şekil 15.38 Sistemde kullanılan ekipmanların temmuz ayı için kayıp ekserji maliyetleri.....	189
Şekil 15.43 Sistemde kullanılan ekipmanların aralık ayı için kayıp ekserji maliyetleri	191
Şekil 15.44 Sistemde kullanılan ekipmanların ocak ayı için termoekonomik faktörleri.....	192

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 7.1 Isı kaybı hesaplama formülünün oluşturulma çizelgesi	60
Çizelge 7.2 Enerji programı sonuç değerleri hesaplama çizelgesi	71
Çizelge 7.4 Güneş enerjisi sistem komponentlerinin maliyetleri çizelgesi	79
Çizelge 7.5 Güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sisteminin yakıt tasarrufları çizelgesi.....	80
Çizelge 7.6 Yalnız kazanlı sistem ile güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sistemlerinin fiyat farkları.....	80
Çizelge 7.7 Yalnız kazanlı sistem ile güneş enerjisi destekli sistemin karşılaştırması	81
Çizelge 7.8 Program sonucu ortaya çıkan değerler	82
Çizelge 7.9 Net Bugünkü Değer Yöntemi çizelgesi.....	84
Çizelge 8.1 İleriye yönelik amorti süreleri	89
Çizelge 9.1 Sistem bileşenlerinin maliyet analizi.....	93
Çizelge 10.1 Glikollü suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi	102
Çizelge 10.2 Güneş kolektörü sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi.....	103
Çizelge 10.3 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler	104
Çizelge 10.4 Güneş kolektörü tüm aylar için hesaplanan ortalama sonuçlar.....	106
Çizelge 11.1 Glikollü su ve suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi	114
Çizelge 11.2 Akümülayon tankı sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi	115
Çizelge 11.3 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler	116
Çizelge 11.4 Akümülayon tankı tüm aylar için hesaplanan sonuçlar.....	118
Çizelge 12.1 Glikollü su ve suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi	126
Çizelge 12.2 Depo sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi	127
Çizelge 12.3 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler	129
Çizelge 12.4 Depo tüm aylar için hesaplanan sonuçlar.....	131
Çizelge 13.1 Isı pompası çevrimi analizi diyagramındaki değerlerin tablosu, (Coolpack v1.46 yazılımı).....	145
Çizelge 13.2 R407C ve suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi	147
Çizelge 13.3 Isı pompası sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi.....	148
Çizelge 13.4 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler	151
Çizelge 13.5 Isı pompası tüm aylar için hesaplanan sonuçlar.....	153
Çizelge 14.1 Kazanda yakılan doğalgaz yakıtının bileşimi ve bileşimi oluşturan gazların oranları	158
Çizelge14.2 Kazan içerisine verilen yakma havasının gaz bileşimi ve oranları	159
Çizelge 14.3 Kazandaki yanma reaksiyonuna giren ve çıkan maddelerin entalpileri	160
Çizelge 14.4 Kazan sistemi noktalarının kütle debisi, basınç ve entalpi değerleri	162
Çizelge 14.5 Özgül ekserji ve toplam ekserji kayıpları.....	166
Çizelge 14.6 Kazan sisteminin maliyet dağılımı	166
Çizelge 14.7 Kazan tüm aylar için hesaplanan sonuçlar	168

ÖNSÖZ

Bu doktora çalışmasında, güneş enerjisi kaynaklı ve ısı pompası destekli sistemlerin özellikle kış ayları için ısıtma sisteminde kullanılmak üzere enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Sistemin senelik geçici davranışını tahmin etmek için bu çalışmada bilgisayar destekli bir model sunulmuştur.

Bu tez çalışması, “Güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sistemlerinin termodinamik ve termoekonomik analizi” isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu sebepten ötürü bize bu güncel konuda çalışma şansı sağlayan üniversite yönetimine teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmama olumlu eleştirileri ve önerileri ile katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Galip TEMİR, Prof. Dr. Duriye BİLGE, Prof. Dr. Seyhan ONBAŞIOĞLU, Prof. Dr. Ahmet Rasim BÜYÜKTÜR ve Prof. Dr. İsmail TEKE’ye teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini esirgemeyen, her türlü problemimde yardımcı olan aileme teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında her konuda yardımcı olan eşim Tuna TÜRKGENÇ’e teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada özellikle kış ayları için fosil yakıt tüketimini minimuma indirgeyebilmek amacı ile bedava bir kaynak olan ve ülkemizde de bol miktarda bulunan güneş enerjisinden faydalanarak binaların ısıtılmasında kullanılabilecek bir sistem geliştirilmiş ve bu sistemin verimliliği matematiksel olarak nümerik yöntemle araştırılmıştır.

Öncelikle bu çalışmada güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sisteminin performans incelemesi yapılmıştır. Bunun için Türkiye'nin güneş bakımından daha zengin olan güney bölgelerinden Antalya ili ele alınmıştır. Yıl boyunca güneş enerjisinin kullanılabilirliği incelenmiş ve bu enerji kaynağı kullanılarak ısı pompası desteği ile binaların ısıtılmasındaki uygulanabilirlik alanları belirlenmiştir. Bununla birlikte güneşin tek başına yeterli olmaması durumunda, yardımcı enerji kaynağı destekli bir sistem kurulması düşünülmüştür.

Tüm bunları belirleyebilmek için sistemin enerji ve ekserji analizleri yapılmış güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sisteminin avantajı ile kayda değer bir enerji tasarrufu olup olmadığı ve sistemin verimliliği araştırılmıştır. Güneş enerjisinin sistem tarafından ne kadar etkili kullanıldığını, ısı pompasının getirdiği avantajları araştırmak için termodinamik ve termoeconomik analizler yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Enerji, Ekserji, Güneş, Isı Pompası, Termodinamik ve Termoeconomik analiz.

THERMODYNAMIC AND EXERGETIC ANALYSIS OF SOLAR HEAT PUMP ASSISTED HEATING SYSTEMS

ABSTRACT

In this study; a system has been developed which can be used for heating buildings by utilizing solar energy, which is free and abundant in our country, with the aim of minimizing fossil based fuel consumption especially at wintertime and this system's efficiency has been analyzed mathematically with numerical methods.

First of all; in this study the performance of a solar heat pump system is examined. The city of Antalya is chosen for this study which is in the southern region of Turkey with an abundant source of solar energy. The usability of solar energy throughout the year is examined and its application areas in building heating with the utilization of heat pumps are determined. In addition an auxiliary system with an alternative energy source is considered in case solar energy is insufficient by itself.

In order to determine all of the above; energy and exergetic analysis of the system is performed. The advantages of the solar heat pump heating system is studied considering the amount of energy saved and the efficiency of the system. Thermodynamic and thermoeconomic analysis has been carried out in order to determine how effectively the solar energy is utilized by the system and the advantages of solar heat pump.

Keywords: Energy, Exergy, Solar, Heat Pump, Thermodynamic and Thermoeconomic analysis.

1. GİRİŞ

Dünyada enerji gereksinimi her yıl yaklaşık %4 -%5 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu gereksinimi karşılayan fosil rezervleri ise çok hızlı bir şekilde azalmaktadır. En iyimser ön görüler bile 2030 ile 2050 yılları arasında petrol rezervlerinin gereksinimini karşılayamayacağını göstermektedir. Kömür ve doğalgaz rezervleri için de daha uzun bir süreçte benzer bir durum söz konusudur. Ayrıca fosil yakıtların tüketimi bir çok çevre sorunlarının doğmasına neden olmuştur. Fosil yakıtların birleşiminde karbon, hidrojen, sülfür ve diğer elementler bulunur. Bileşiminde hidrojen oranı yüksek olanların çevre için zararı olmaz. Ancak karbon ve sülfür asit yağmurları ve küresel ısınmanın başlıca sorumlusudur.

1.1 Çevre Sorunları

Çok ciddi olarak düşünmemiz gereken üç ana çevre problemi vardır.

1.1.1 Ozon Tabakasının İncelmesi

Bu tabaka UV ışınlarını süzen bir tabakadır. Ozon molekülü üç oksijen atomundan oluşur (O_3). İncelmeye CFC (kloroflorokarbon) gazları neden olur. CFC gazları yükselerek ozon tabakasına ulaştığında bu tabakayı parçalar. Ozon tabakasının incelmesi, tabaka üzerinde deliklerin oluşmasına yol açar; böylece zararlı UV ışınları dünya yüzeyine ulaşır. Bu incelme daha çok sağlık açısından zararlıdır.

1.1.2 Küresel Isınma

Dünya bir atmosfer ile kaplıdır. Bu atmosfer güneşten gelen ışınların bir kısmını uzaya geri yansıtır. Diğer kısmını ise ozon tabakası gibi katmanlardan geçirerek yeryüzüne gönderir. Yeryüzü bu ışınların bir kısmını emer, geri kalanını dünya üzerinden uzay boşluğuna geri yansıtır. Havadaki karbondioksit ve diğer ısı emici gazlar bu ısının yer yüzeyini terk etmesini engeller. Yeryüzünde mahsur kalan ısı dünya ikliminin değişmesine yol açar. Küresel ısınmaya sera etkisi neden olur. Sera etkisinde baş etken CO_2 yığılmasıdır. CO_2 yığıldıkça yansıyan ışınların dışarı geçişini önler. Sera etkisi ile dünya ortalama sıcaklığı artmaktadır. Özellikle fosil yakıtların yakılması ve başka etkenlerin etkisi ile yılda yaklaşık 27×10^9 ton CO_2 atmosfere salınır. Yılda yaklaşık 13.5×10^9 ton CO_2 atmosferden eksilmektedir. (Biosfer ve okyanuslarda tutulan.) Geriye kalan 13.5×10^9 ton CO_2 yığılmaktadır. Atmosferde %78 N_2 , %21 O_2 , %1 diğer gazlar (%0.3 CO_2) vardır. Metan, tozlar, su buharı.. gibi diğer gazlar ve tozlar da sera etkisine neden olur. Ancak CO_2 'nin oranı yüksek olduğundan sera etkisinin baş sorumlusu CO_2 'dir. (CO_2 %56, CH_4 %13, N_2O %3, O_3 %10, CFC ve diğer gazlar %9). CO_2 yığılmasını önlemenin tek çaresi fosil yakıt tüketimini azaltmaktır. Her yıl fosil yakıt

tüketiminde %2'lik bir artış olursa 50, %3'lük bir artış olursa 40, %4'lük bir artış olursa 30 yılda bu konsantrasyon ikiye katlanacaktır. Bu konsantrasyon %100 arttığında dünya ortalama sıcaklığında 1-3 °C'lik bir artış olacağı öngörülmektedir. Bu artışın sonuçları şöyle sıralanabilir.

Kutupların erimesi yüzünden deniz seviyesinde yükselme olacaktır. Alçak kıyıları su basması ekonomik ve sosyal sorunlara neden olacaktır.

Dünya üzerinde çölleşme olacaktır. Özellikle Türkiye'nin de içinde bulunduğu orta kuşakta kuraklaşma tehlikesi bulunmaktadır. Soğuk bölgeler de ısınacak ve belkide Sibiryaya verimli bir bölge haline gelecektir.

Hızlı hava hareketleri (şiddetli fırtınalar, anormal iklim olayları...) olacaktır.

1.1.3 Asit Yağmurları

Nitrojen oksit ve sülfür dioksit atmosferde nem ile birleşerek yüksek oranda nitrik ve sülfirik asit içeren asit yağmurları meydana getirirler. Bu durum özellikle fosil yakıt tüketiminden kaynaklanır. Hidrokarbondan oluşan fosil yakıtların bileşimlerinde C,H,S ve diğer elementler bulunur. C, S asit yağmurları ve küresel ısınmanın başlıca sorumlusudur.

Asit yağmurları, insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkiler. Solunum yolu ile alındığında bir çok hastalığa neden olur. Ormanların tahrip olması atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun artmasına neden olur ki bu küresel ısınmayı daha da arttırıcı başka bir etkidir. Bitki örtüsüne zarar verir. Ormanları yok eder. Bu da iklimi etkiler. İçme ve kullanım sularının kalitesini bozar. Toprağın Ph'ını kötüleştirir. Tarihi yapıları tahrip eder. Bunlar da başka olumsuzluklara neden olur ve zincirleme tahribatlar oluşur.

1.2 Türkiye'nin Enerji Durumu

Türkiye'nin temel enerji kaynakları petrol, linyit kömürü, doğalgaz, jeotermal enerji, odun ve hidrolik enerji olarak gözükmemektedir. Türkiye komşularında olduğu gibi yeterli petrol ve doğalgaz rezervlerine sahip değildir. Türkiye'nin fosil yakıtlardan sahip olduğu en önemli enerji kaynağı düşük kaliteli kömürdür ve bu kömürün yakılmasıyla aşırı miktarda CO₂, SO₂, kül ve partikül emisyonları açığa çıkmaktadır. Yenilenebilir olmayan fosil yakıtlar bakımından fakir bir ülke olan Türkiye direkt elektrik, doğalgaz, petrol ve yüksek kalitede kömür alımı için milyarlarca dolar ithalat yapmaktadır. Bu şartlar altında Türkiye, önemli potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelidir.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarından oluşur. Yüzey sıcaklığı 6000°C olup merkezinde bu sıcaklık 20000000°C civarındadır. Bu yüksek sıcaklık nedeni ile elektronlar atom çekirdeklerinden ayrılır. Bu yüzden güneşte atomlar ve moleküller yerine serbest elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur. Hafif elementlerin atom çekirdekleri bir araya gelerek ağır elementlerin çekirdeklerini oluştururlar.

Güneş 3 bölgeden meydana gelir. Merkezindeki kor bölgesinde her saniyede binlerce ton hidrojen, nükleer reaksiyonlarla helyuma dönüştürülmekte ve dönüşüm esnasında aradaki kütle farkı da ısı ve ışık enerjisine dönüşüp uzay boşluğuna yayılmaktadır. Çeşitli dalga boylarında da dünyaya ulaşmaktadır. Güneş, ortalama 5762 K sıcaklığında radyasyon yayan bir siyah cisim olarak kabul edilir. Güneş ışınlarının %98'i (0.3-3) μ m dalga boyu aralığındadır. Güneşten dünya atmosferine kadar gelen ışınlar burada bir filtrasyona maruz kalırlar. Bir kısım ışınlar ozon tabakası tarafından geri yansıtılırken bir kısmı yutulur. Diğer kısmı da saçılarak geçer. Asıl önemli olan kısmı ise direkt olarak yeryüzüne ulaşır.

Güneş dünyaya ve diğer gezegenlere enerji veren sonsuz denebilecek güce sahip tek enerji kaynağıdır. Canlılar yaşamlarını güneşe borçludurlar. Kömür, petrol, su potansiyeli, rüzgar... vs. güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkisinden meydana gelir. Termonükleer bir reaktör olan güneşin birim alanından birim zamanda çeşitli dalga boylarında 62MW/m² enerji yayılmakta ve güneşin bütün yüzeyinden neşredilen enerjinin sadece iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir. Buna rağmen bir yıl boyunca yeryüzüne gelen enerji dünya enerji tüketiminin milyonlarca katıdır.

Enerji sorununun çözümü için tüm dünya devletleri, öncelikle tükettikleri enerjiyi denetim altına alarak, tasarrufa yönelmektedirler. Öte yandan petrole alternatif yeni enerji kaynakları araştırılmakta ve doğanın en büyük enerji kaynağı güneşten yararlanmak amacıyla yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Güneş, bedava çevre kirliliği olmayan ulaşım sorunu ve dışa bağımlılığı olmayan tükenmez bir enerji kaynağıdır.

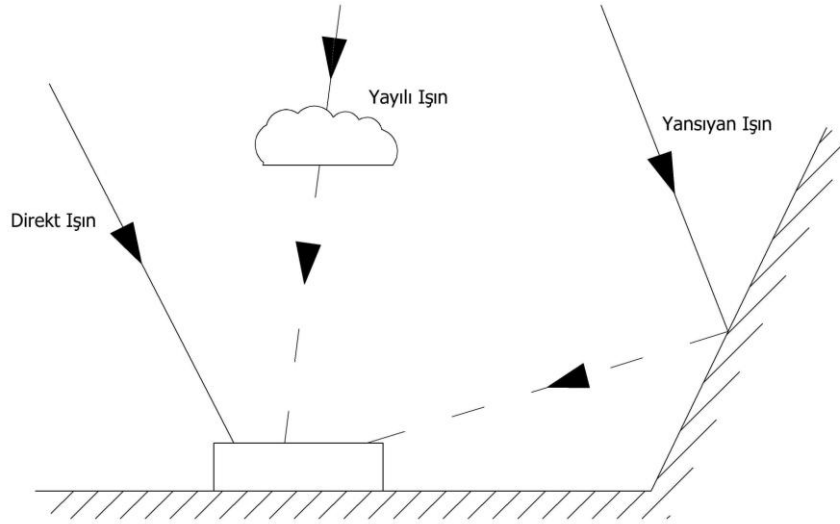
Ekvatorun 30° Kuzey ve 30° Güney enlemleri arasında kalan bölgeye “güneş kemeri” adı verilir. Türkiye coğrafi konumu ile (36°-42° Kuzey enlemleri arasında) bu kemere çok yakın olduğundan, güneş enerjisi alma yönünden şanslı bir ülkedir.

Güneş enerjisi potansiyelinin konutlarda, fabrikalarda, turistik tesislerde sıcak su ihtiyacını karşılayan sistemler halinde kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Binaların, seraların ısıtılmasında, kurutma tesislerinde ve damıtma işlemlerinde de bu enerjiden yararlanmak için

gerekli teknoloji ve bilgi birikimi oluşmuş bulunmaktadır.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı:

Güneş enerjisinden faydalanan sistemlerin dizaynında öncelikle faydalanılabilir güneş ışınımının bilinmesi gerekir.



Şekil 2.1 Yeryüzüne gelen güneş ışınımı

Güneş ışınımı atmosferi geçerken, atmosferde bulunan parçacıklar tarafından (Foton, Molekül, Toz,...vs) yutulur ve saçılır. Böylece azalarak atmosfer dışından gelen ışınımın 0.1 ile 0.8 arasında bir kesri yeryüzüne ulaşır. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına “Direkt güneş ışınımı”, saçılan ışınımın yeryüzüne gelen kısmına “Yayılı (Diffuse) güneş ışınımı” adı verilir. Direkt ve yayılı güneş ışınımı pratik olarak 0.3-3µm dalga boyu aralığında olduğundan buna “kısa dalga boylu ışınım” da denir.

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ısıma enerjisidir. Güneş’deki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Yıllık dünya üzerine düşen güneş enerjisi dünyanın bir yıllık tüm enerji gereksiniminin yaklaşık on bin katıdır. Fosil bazlı yakıtların sınırlı sürelerde tükeneyeceği göz önüne alınacak olursa güneş gelecekte en önemli enerji kaynaklarından biri olacaktır. (Bund Oberhaching/Greenpeace – Jahrbuch Erneuerbare Energien ,2000)

2.1 Güneş Enerjisinin Avantajları

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajları vardır.

- a) Her şeyden önce, bol ve tükenmeyen tek enerji kaynağıdır.
- b) Temiz enerji türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi artıkları yoktur.
- c) Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.
- d) Dışa bağımlı olmadığından doğabilecek ekonomik bunalımdan etkilenmez.
- e) Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye ihtiyaç duyulmaz.
- f) İşletme masrafları azdır.

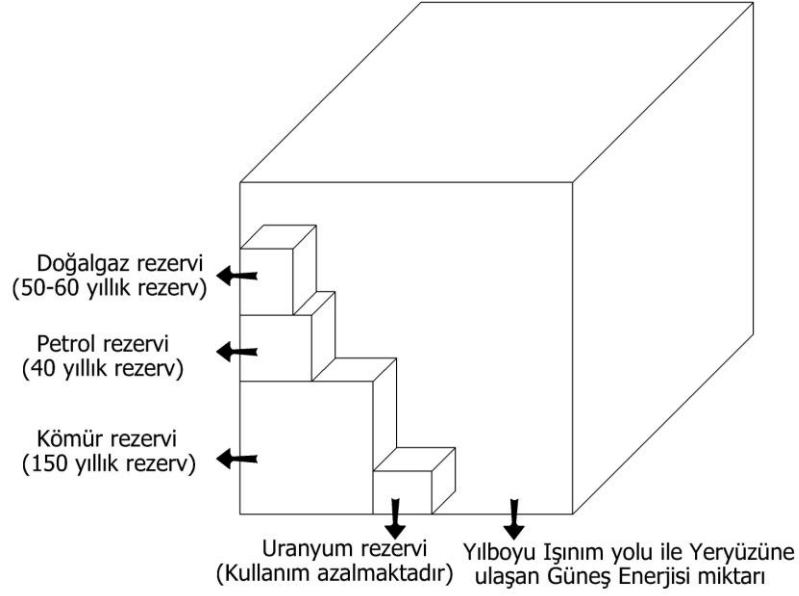
2.2 Güneş Enerjisinin Dezavantajları

Güneş enerjisinin yukarıda belirtilen üstünlüklerine rağmen günümüzde uygulamaların az oluşunun sebepleri vardır.

- a) Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç olmaktadır.
- b) Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir.
- c) Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- d) Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması gerekir.
- e) Güneş ışınımından yararlanan birçok tesisatın ilk yatırım masrafları fazladır ve hâlihazırda ekonomik değildir.

2.3 Enerji Küpü

Dünya ile güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Güneşin tahmin edilen tükenme süresi 5 milyar yıldır. Şekil 2.2'den de g r ld   gibi yeryüzüne bir yıl içinde gelen güneş enerjisi miktarı tüm enerji rezervlerinden kat kat fazladır. (Bund Oberhaching/Greenpeace – Jahrbuch Erneuerbare Energien ,2000)



Şekil 2.2 Enerji küpleri

3. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

Elektromagnetik radyasyon yoluyla dünyaya ulaşan güneş ışınlarının ısıtma ve soğutma proseslerinde kullanılabilmesi için enerjinin ısıya dönüştürülmesi gerekir. Güneş enerjili sistemlerde en önemli eleman güneş radyasyonunu faydalı enerjiye dönüştüren güneş kollektörleridir.

3.1 Düşük Sıcaklık Sistemleri

3.1.1 Düzlemsel Güneş Kollektörleri

Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Ulaştıkları sıcaklık basit kollektörlerde maximum 120°C civarındadır. Güneş kollektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için sıcak su sağlanmasında kullanılır. Düzlemsel güneş kollektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban tabaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşur. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği arttıran bir madde ile kaplanır. Kollektörler yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açı ile yerleştirilirler. Güneş kollektörleri güneş ışınımını emici plaka ile yutarlar radyasyonu absorbe eden emici plakanın sıcaklığı yükselir ve ısı, sıvı ya da gaz akışkanlar ile ısıya ihtiyaç duyulan ortama taşınır. Kollektör plakası sıcaklığı çevre sıcaklığından yüksek olduğundan kollektörlerden çevreye ısı kaybı olur ve bundan dolayı kollektörlerden yüzde yüz verim elde edilemez. Güneş kollektörlerinin dizaynı düz yüzeyli ve yoğunlaştırmalı olmak üzere iki grupta yapılmaktadır. Düz yüzeyli kollektörler her üç radyasyondan yararlanabilirler. Yoğunlaştırmalı kollektörler ise belirli bir yüzeye düşen direkt güneş radyasyonunu daha küçük emici alanına yoğunlaştırarak verirler. Yoğunlaştırmalı kollektörler sadece direkt radyasyonu kullanabildikleri için güneşi sürekli izlemeleri sağlanmalıdır. Kollektörler, ısı taşıyıcı akışkan cinsine göre de sıvılı ve gazlı kollektörler olarak ikiye ayrılırlar. Sıvılı kollektörlerde daha çok su gazlı kollektörlerde de hava dolaşmaktadır. Sıvılı kollektörlerin verimi havalı kollektörlere göre daha yüksek, yapımı daha kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha düşük hacimli depo yeterli olur. Basit bir düz yüzeyli kollektör 5 ana kısımdan meydana gelir bunlar güneş radyasyonunu geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen bir veya daha çok saydam örtü, enerji toplayan emici plaka, ısı taşıyıcı akışkanın dolaştığı borular, ısı yalıtım malzemesi ve bu kısımları bir arada tutan kasadır.

Güneş kolektörlerinden en verimli şekilde faydalanmak için, kolektörden çevreye olan ısı kayıplarının minimuma çekilmesi, emici plaka yutuculuğunun arttırılması, plakadan akışkana ısı kayıplarının azaltılması gerekir. Bu amaçla yüzeye güneş ışınımını geçiren ve taşınım ile olan ısı kaybını minimuma indiren saydam bir örtü konulur. Işınımından faydalanamayan alt ve yan yüzeyler ısı geçişine karşı yalıtılır. Düz toplayıcılarda, saydam örtü olarak genellikle camlar kullanılır. Camlar dalga boyu 0.3 μm ile 3 μm arasında olan güneş ışınımının büyük kısmını geçirirken emici plaka tarafından yansıtılan uzun dalga boylu ışınımı geçirmezler. Camların toplam geçirme oranı bileşimindeki demir-oksit miktarı arttıkça azaldığından demir-oksit miktarı %0.05 den düşük olan camlar kullanılır.

Emici plakanın, güneş ışınımı yutma oranı büyük ve uzun dalga boylu ışın yansıtıcılığı düşük olmalıdır. Işınımı yutarak ısınan emici plaka bu ısıyı temas halinde olduğu boruların içerisindeki akışkana iyi bir şekilde iletilebilmesi için ısı iletim katsayısının yüksek ve ısı geçişinin hızlı olabilmesi için de plakanın ince olması gerekir. Emici plaka malzemesi olarak bakır, alüminyum, çelik ve paslanmaz çelik gibi materyaller kullanılır. Kolektörlerin güneş görmeyen alt ve yan yüzeylerinden olan ısı kaybının azaltılması için poliüretan köpük veya cam yünü gibi yalıtım malzemeleri kullanılır.

Düzlemsel güneş kolektörleri ile ilgili Araştırma-Geliştirme çalışmaları sürmekle birlikte bu sistemler tamamen ticari ortama girmiş durumdadır. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kolektörü alanı 30 milyon m^2 'nin üzerindedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. (Isısan Çalışmaları, 2002)

3.1.2 Vakumlu Güneş Kolektörleri

Bu sistemlerde vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi arttırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları maximum 230°C civarında sıcaklıkta olduğu için düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler. (Isısan Çalışmaları, 2002)

3.2 Yüksek Sıcaklık Sistemleri

3.2.1 Parabolik oluk kolektörleri

Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşurlar. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya

yöneltirler. 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 (350-400°C) ulaşabilirler. (Isısan Çalışmaları, 2002)

3.2.2 Parabolik Çanak Sistemler

İki eksenle güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir. Veya odak bölgesine monte edilen bir stirling makinesi yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-stirling birleşimi ile güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde %30 civarında verim elde edilmiştir. (Isısan Çalışmaları, 2002)

3.2.3 Merkezi Alıcı Sistemler

Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı denilen 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 çevrimine göre çalışan bir makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkan olarak hava da kullanılabilir. Bu durumda sıcaklık 800°C'ye çıkar. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasiteleri ve sıcaklıkları, sanayide kullanılabilecek düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir. (Isısan Çalışmaları, 2002)

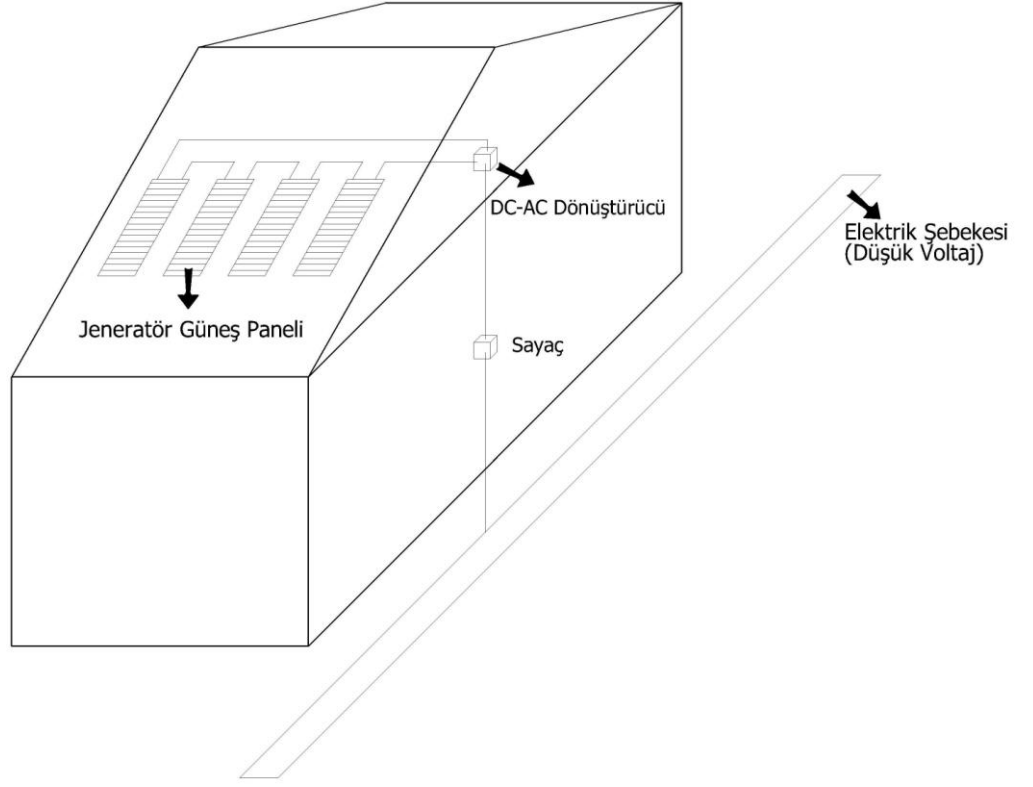
3.2.4 Fotovoltaik Sistemler

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0.2 – 0.4 mm arasındadır.

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar. Yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verim ile elektrik enerjisine çevrilebilir.

Güç çıkışını arttırmak amacı ile çok sayıda güneş pili birbirine paralel veya seri olarak bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilebilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik

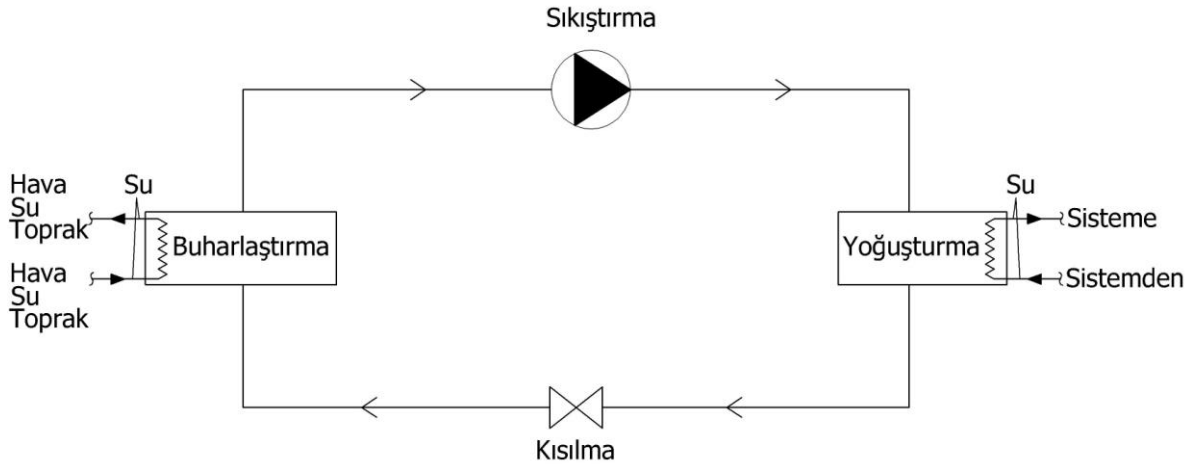
modül adı verilir. Şekil 3.1’de bir Fotovoltaik sistem şeması görülmektedir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç watt’tan megawatt’lara kadar ulaşan sistem oluşturulur. (Isısan Çalışmaları, 2002)



Şekil 3.1 Fotovoltaik sistem şeması (Isısan Çalışmaları, 2002)

4. ISI POMPALARI

Isı pompaları enerjinin düşük sıcaklık kaynağından yüksek sıcaklık kaynağına aktarıldığı düzenekler olup, prensip olarak uzun yıllardan beri bilinmektedir. Yakıt fiyatlarındaki artış ve diğer fosil yakıt kaynaklı ısıtma sistemlerinin çevreye olan zararlı etkileri nedeni ile ısı pompaları önemli bir ticari potansiyel oluşturmaktadır. Bir taraftan yakıtların çevreye verdiği zararlar ve küresel ısınma, diğer taraftan artan yakıt fiyatları ısı pompalarını cazip hale getirmiştir. Günümüzde dünyanın pek çok ülkesinde ve özellikle ABD, İsveç, Kanada, İsviçre, Avusturya, Almanya, Finlandiya... vb. ülkelerde ısı pompaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Isı pompaları ile insanlar doğada zaten var olan yenilenebilir enerjileri kullanmak sureti ile kışın ısınmakta, yazın serinleyebilmektedirler. Dış hava, toprak, nehir suyu, göl suyu... ısı pompalarının kaynaklarını oluştururlar. Bu kaynaklardan kış şartlarında alınan ısı, ısıtılması hedeflenen hacme aktarılmakta, yaz şartlarında ise serinletilmesi hedeflenen ortamdan alınan ısı yine aynı kaynağa transfer edilmektedir. Şekil 4.1’de basit bir ısı pompası çevrimi görülmektedir.



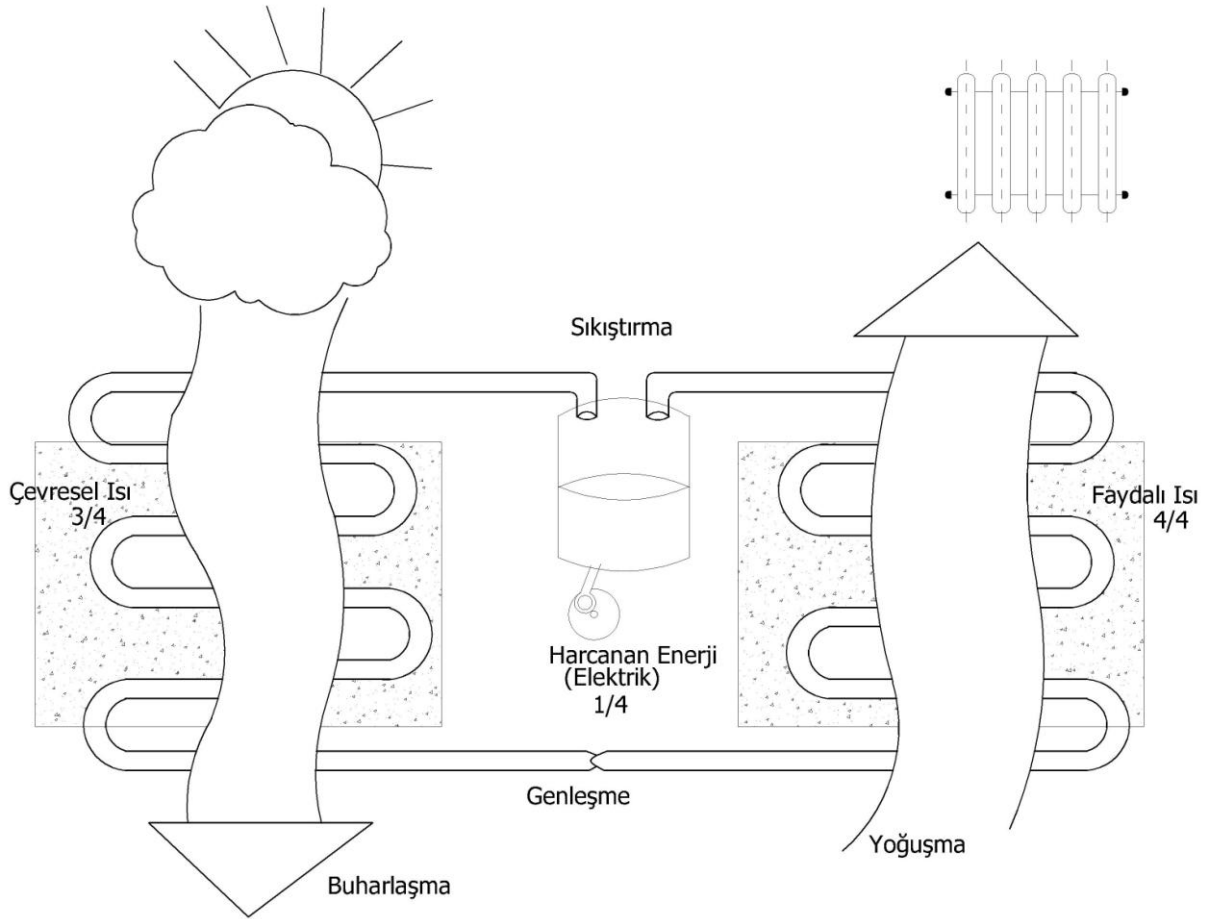
Şekil 4.1 Isı pompası çevrimi

Sıcak sulu ısıtma devresinde su sıcaklığının düşük olması nedeniyle ısı pompasının kullanıldığı sistem düşük sıcaklık ısıtma sistemi olmak zorundadır. Bu amaca en uygun çözüm döşemeden ısıtma sistemidir.

4.1 Isı Pompalarının Tarihsel Gelişimi

Gerçekte bir soğutma çevrimi olan ısı pompası çevriminin temel prensibini Nicolas Léonard Sadi Carnot 1824 yılında ortaya atmıştır. 26 yıl sonra 1850 yılında Lord Kelvin'in, soğutma cihazlarının ısıtma maksadı ile kullanılabileceğini ileri sürmesiyle ısı pompası uygulamaya girmiştir. II. Dünya Savaşı'ndan önce ısı pompasının geliştirilmesi ve kullanılabilir hale getirilmesi için birçok mühendis ve bilim adamı bu alanda araştırmalar ve çalışmalar yapmıştır. Savaş yıllarında endüstri, imkânlarını daha acil problemlere yönelttiği için ara verilen bu çalışmalara savaştan sonra tekrar başlanmıştır.

Son yirmi yıl içerisinde ısı pompası sistemi çok az enerjiye ihtiyaç duyması, evlerdeki yoğun kullanımı ve klimatizasyon için ekonomik çözümler sunması sonucu dikkate değer bir biçimde performansını ve güvenilirliğini arttırmıştır. Çevre sorunlarında kirlilikte ve küresel ısınmayı oluşturan sebeplerde konutlardaki ısıtma ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan fosil yakıtlar, sanayi ve endüstrinin bıraktığı atıklar, taşıtların egzoz gazlarındaki kirleticiler etkili olmaktadır. Hava, su ve toprak kirliliğine neden olan bu zararlı maddeler ekolojik dengede olumsuz değişiklikler meydana getirmekte, canlı ve cansız varlıklar üzerinde zararlı etkiler yapmaktadır. Çevremizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ısı pompaları düşük enerji tüketimleri CO₂ gazı emisyonunu önemli ölçüde azaltabilmeleri ve yüksek performans katsayıları ile günümüz iklimlendirme uygulamalarında daha çok tercih edilmeye başlamıştır. Bina ısıtmasında en çok kazanlar kullanılmaktadır. Buna karşın ısı pompası talebinin artması ile birlikte enerji tasarrufunda önemli mertebede artışlar olmaktadır. Fosil yakıt kaynaklı ısıtma sistemlerinin çevreye olan büyük zararları ve bu yakıtların fiyatlarındaki artışlar ısı pompalarının önemini bir kat daha arttırmaktadır. Yapılan araştırmalar; ısıtma ve soğutma amacı ile harcanan enerjinin ısı pompaları yardımı ile daha az tüketilebileceğini göstermektedir.



Şekil 4.2 Isı pompası prensip şeması

Isıtmada kullanılabilecek birçok alternatif geleneksel sistem bulunmaktadır. Ticari uygulamalarda önemli bir yeri bulunan ısı pompaları uzun yıllardır bilinmesine karşın küresel ısınma ve yakıt fiyatlarına bağlı olarak ancak son yıllarda kullanımı artmıştır.

Isı pompası adını ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama “pompalama” veya “taşıma” kabiliyetinden alır. Soğutma makinelerinden tek farkı ısıyı tek değil iki yönde taşıma kabiliyetinin olmasıdır. Şekil 4.2’de ısı pompasının prensip şeması görülmektedir. Bağımsız üniteli sistemlerdeki tüm ekipmanlara (evaporatör, kondenser, kompresör ve genleşme vanası) ilave olarak ısı pompasında dört yollu vana bulunmaktadır.

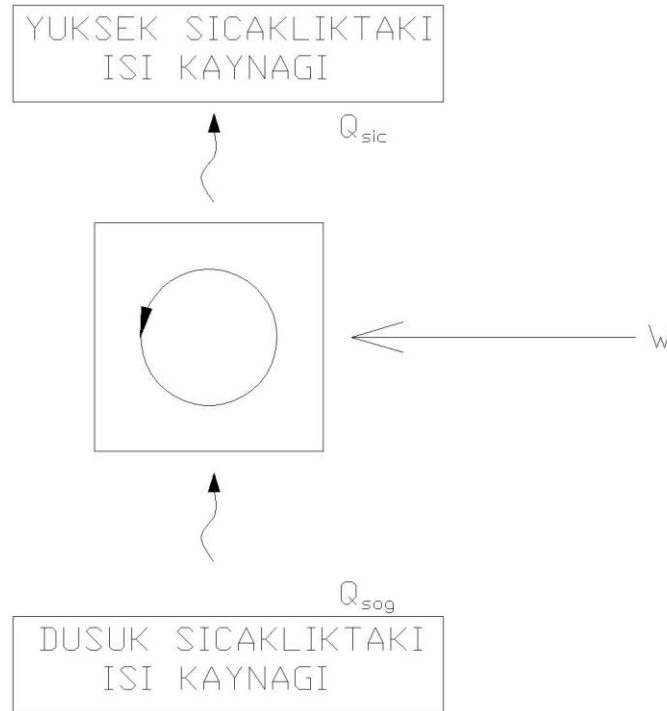
4.2 Isı Pompası’nın Termodinamik Esasları

Isı pompası, dışarıdan enerji verilmesi ile düşük sıcaklıktaki bir ortamdan aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama veren bir makinedir. Kışın ısıtma maksadı ile kullanılan ısı pompası, yazın da soğutma için kullanılabilir.

Soğutma makineleri ve ısı pompaları aynı çevrimi gerçekleştirirler fakat kullanım amaçları

farklıdır. Bir soğutma makinesinin amacı düşük sıcaklıktaki ortamı, ortamdan ısı çekerek çevre sıcaklığının altında tutmaktır. Daha sonra çevreye veya yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçişi, çevrimi tamamlaması için yapılması zorunlu bir işlemdir fakat amaç değildir. Isı pompasının amacı ise bir ortamı sıcak tutmaktır. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi bu işlevi yerine getirmek için düşük sıcaklıktaki bir ısı enerji deposundan alınan ısı, yüksek sıcaklıktaki ısıtılmak istenen ortama verilir. Düşük sıcaklıktaki ısı enerji deposu genellikle soğuk çevre havası, kuyu suyu veya toprak, ısıtılmak istenen ortam ise bir evin içidir.

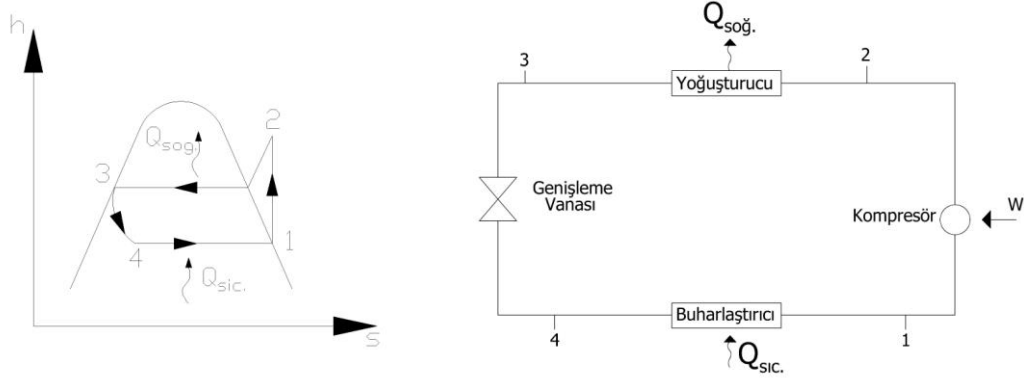
Isı pompasının ve soğutma makinesinin görevleri, aynı biçimde düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısı çekip, bu ısıyı yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına aktarmak olmakta burada soğutma makinesinin kullanım amacı, yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağını ısıtmak olmayıp, düşük sıcaklıktaki ısı kaynağını soğutmak olduğundan, soğutma makinesi adını alırlar.



Şekil 4.3 Isı pompası enerji akış yönleri

Gerçekte ısı pompası ve soğutma makinesi aynı düzenek olduğundan her ikisinin de termodinamiği aynıdır. Uygulamada soğutma makineleri genellikle tasarım şartlarına yakın çalışırken ısı pompası çalışma koşulları geniş bir aralıkta sık sık değişir. Bu sebepten ötürü kontrol ve ayar cihazları daha önemli olmaktadır.

Şekil 4.4’de Basit Rankine çevrimi ve ısı pompası şeması görülmektedir.



Şekil 4.4 Basit Rankine çevrimi ve ısı pompası şeması

4.3 Kullanıldıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması

Isı pompaları kullanımında hava, su, toprak ve güneş enerjisi olmak üzere dört kaynaktan yararlanılır. Bu kaynaklardan ilk üçü tek başlarına kullanılabilirle beraber, güneş enerjisi bugüne kadar genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflandırmada enerjinin absorbe edildiği ve serbest bırakıldığı ortama göre ısı pompaları isimlendirilir. Isının çekildiği ve atıldığı kaynakların aynı sıcaklıkta olmaları halinde, ısı pompası maksimum verimde çalışır.

4.3.1 Hava Kaynaklı Isı Pompaları

Hava ısı pompası için universal, ucuz, bol bir ısı kaynağıdır. En büyük avantajları, sürekli bulunması, geniş uygulama alanı bulunması, kullanılan ekipmanların makul boyutlarda olması ve nispeten düşük işletme ve tesis maliyetleri gerektirmesidir. Tasarımı için çok geniş ve ayrıntılı bilgi kaynakları mevcuttur. Hava kaynaklı ısı pompalarının dezavantajları;

- Hava sıcaklığının çok değişken olması,
- Buzlanma problemi,

olarak sayılabilir. Isı ihtiyacının yüksek olduğu durumlarda kaynak sıcaklığı da düşüktür. Bu ise ısı pompasının kapasitesinin düşmesine neden olur. Bu durumlarda ek bir ısıtma kaynağına ihtiyaç duyulur. Isı kaynağının çok değişken olması projelendirmeyi ve ekipman seçimini zorlaştırır. Hava kaynaklı ısı pompalarında, buharlaştırıcıda ısı geçişini sağlamak amacıyla, kaynak sıcaklığı ile soğutucu akışkan sıcaklığı arasında genellikle 10°C civarında bir fark olur. Buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı 0°C'nin altına düştüğünde, hava içerisindeki su buharı buharlaştırıcı yüzeyi üzerinde yoğunlaşarak buzlanmaya sebep olur. Buzun buharlaştırıcı üzerinde uzun süre kalması ısı geçişini engelleyecektir. Bu durum ısı pompası tesir katsayısı ve kapasiteyi düşürecektir. Yapılan araştırmalar, buz birikiminin, 9.8-14.6kg/m² değerine kadar ısı geçişini artırıcı yönde rol oynadığını göstermektedir. Daha fazla birikmeyi

engellemek için buzun periyodik olarak buharlaştırıcı yüzeyinden çözülmesi gerekmektedir. Hava kaynaklı ısı pompalarının bir diğer problemi ise buharlaştırıcıda ısı geçişinin düşük olmasıdır. Bu sebepten ötürü ısı geçişini arttırmak amacıyla genellikle genişletilmiş yüzeylerden ve fanlardan faydalanılır. Hava/hava ısı pompalarının buharlaştırıcı yüzeyleri yoğunlaştırıcı yüzeylerinden daha büyük olmakta ve evaporatör yüzeyinden geçen hava debisi yoğunlaştırıcı yüzeylerinden geçen hava debisine oranla %50-%100 oranlarında daha fazla olmaktadır.

4.3.2 Su Kaynaklı Isı Pompaları

Kuyulardan, göllerden nehirlerden şehir şebekelerinden ve üretim işlerinden elde edilen su, ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Kuyu suyu 45-150 metre derinlikten ve kuzey ülkelerinde, yaklaşık 10°C, güney ülkelerinde ise 16°C sıcaklıklarda elde edilebilir. Yıl boyunca su sıcaklığının fazla değişmemesi büyük bir avantajdır. Göl, nehir ve benzeri yerüstü sularında ise, sıcaklık, yıl boyunca kuyu sularına göre daha fazla değişmekle beraber, sıcaklık değişimi havada olduğu kadar olmamaktadır. Ülkemizdeki su kaynaklarının 0°C'nin üzerinde olması bir avantajdır.

Kuyu suyundan yararlanıldığında, buharlaştırıcıyı terk eden düşük sıcaklıktaki suyun kaynak sıcaklığını düşürmemesi için, genellikle bir daha kullanılmak üzere, bir başka yere atılması ve bu nedenle kaynağın bol miktarda su içermesi gerekmektedir. Dolayısıyla suyun bir defa kullanılması ve büyük miktarlarda gerekmesi, kuyu suyundan yararlanma olanaklarını azaltmaktadır. Kuyu suyunun maliyeti (sondaj, bakım) küçük tesisler için uygun olmamaktadır. Kaynak olarak su kullanıldığında diğer önemli bir husus da suyun kalitesi olmaktadır. Su kalite testi kesinlikle yapılmalı ve içerdiği mineraller korozyon probleminden ötürü incelenmelidir. Su kaynaklı ısı pompalarının en büyük avantajı ısı değiştiricilerinde, ısı geçişinin daha yüksek olmasıdır.

4.3.3 Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Isı kaynağı olarak toprağın kullanılması diğer sistemlere göre daha pahalıdır. Toprak altına gömülen borulardan doğrudan soğutucu akışkan veya daha ucuz olması bakımından genellikle, salamura geçirilir. Toprak ısı değiştiricileri, yatay ve dikey olmak üzere iki şekilde dönebilirler.

Toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı ve gömme derinliği, toprak ısı değiştiricisinin seçimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak değişmesi projelendirilmede güçlük yaratan sebeplerden birisidir. Aynı biçimde ısı pompası da çalıştırıldığı andan itibaren toprağın özelliklerini etkiler. Örneğin ısı pompası ile

ısıtma yapıldığında ısı değiştiricisine yakın bölgelerde toprak sıcaklığı düşer. Dolayısıyla bu bölgede nem miktarı ve toprak özellikleri değişir. Salamuranın buharlaştırıcıya giriş sıcaklığı da aynı sebeple düşer, bu ise ısı pompası kapasitesi ve ısıtma tesir katsayısını doğrudan etkiler. Soğuk bölgelerde ısıtma yapıldığı süre içinde toprağa yeteri miktarda ısı girişi olmazsa kış aylarında topraktan sürekli çekilen ısı nedeniyle, toprağın donma tehlikesi mevcuttur.

Toprak sıcaklığının havaya göre genellikle daha uygun sıcaklıklarda ve sıcaklık değişiminde bulunması ayrıca salamura-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerinin, hava-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerine göre daha küçük bir sıcaklık farkında çalışabilmeleri, toprak kaynaklı ısı pompalarını hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha avantajlı bir konuma getirmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompaları, buharlaştırıcısında topraktan çekilen ısıyı kullanan ısı pompalarıdır. Toprakla olan ısı alışverişi, toprağa yatay veya dikey olarak gömülmüş toprak ısı değiştiricileriyle gerçekleştirilir. Su veya salamura, toprak ısı değiştiricisini oluşturan borulardan geçirilerek elde edilen ısı enerjisi, ısı pompasındaki buharlaştırıcıda soğutucu akışkana aktarılır. Toprak kaynaklı ısı pompalarında ısı kaynağı toprak ise de, ısı topraktan sıvı akışkan vasıtası ile çekildiğinden kullanılan ısı pompaları su (salamura)/hava, su(salamura)/su ısı pompalarıdır.

4.3.4 Güneş Kaynaklı ısı Pompaları

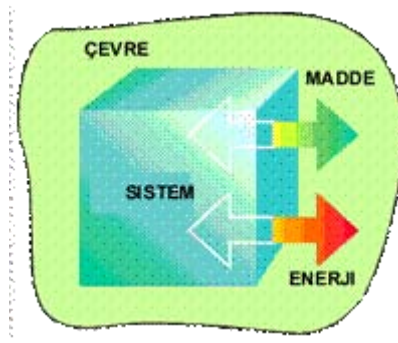
Isı kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanmanın en büyük avantajı, ısı pompası buharlaştırıcı sıcaklığının yüksek seçilebilmesine imkân vermesidir. Bu suretle ısıtma tesir katsayısı yükselmiş olur. Güneş enerjisinden yararlanan ısı pompası sistemleri, daha düşük toplayıcı sıcaklığında çalıştıklarından, toplayıcı verimi diğer güneş enerjisi sistemlerinde olduğundan yüksektir. Kaynak olarak güneş enerjisinden yararlanıldığında iki temel sistem söz konusudur. Bunlar direkt ve endirekt sistemlerdir. Direkt sistemlerde toplayıcılar buharlaştırıcı görevi görür. Endirekt sistemlerde ise toplayıcıdan su veya su buharı geçirilerek kaynak olarak bu akışkanlardan yararlanır. Ancak, hava kaynağında olduğu gibi, ısı ihtiyacının yüksek olduğu günlerde güneş enerjisi de az olduğundan; ek bir ısıtma tesisatına veya ısının depolanmasına gerek vardır. Buda pahalı olan sistemin maliyetini daha da arttırmaktadır. (Sunar, 2004)

5. TERMODİNAMİĞİN 1. ve 2. YASALARI

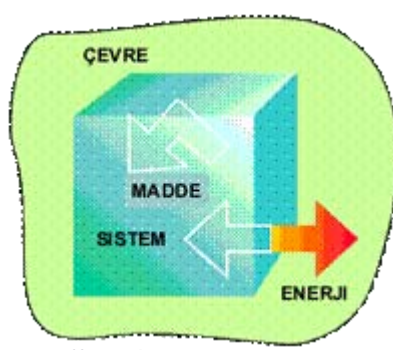
Termodinamik enerji ile ilgilenen temel bir bilimdir ve mühendislik eğitiminin temel öğelerinden biridir. Termodinamik, ısı, iş ve maddelerin özellikleriyle uğraşan ve bu maddeler ile ısı ve iş arasında ilişki kuran bir bilim olup hem mühendislik biliminin, hem de fiziğin bir dalıdır. Termodinamikte bütün bulgular kesin temel yasalar şeklinde biçimlendirilmiştir.

1. yasa enerjinin niceliği ile ilgilidir. Bu yasa "enerjinin korunumu" olarak da bilinir. Enerji yoktan var edilemez, vardan yok edilemez sadece bir şekilden diğerine dönüşür. Yani toplam enerji sabittir.

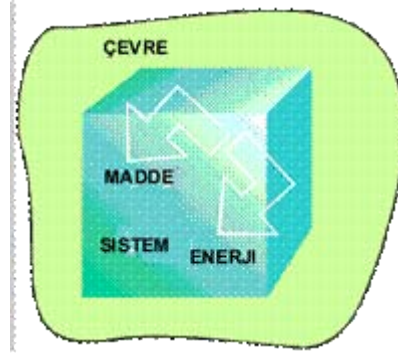
2. yasa: Enerjinin niteliği ile ilgilidir. Entropi adı verilen yeni bir özelliğin tanımına yol açar. Enerjinin tersine, entropi korunan bir özellik değildir. Bir hal değişimi sırasında, enerjinin niteliğinin azalması entropi üretimi, iş potansiyelinin tamamının değerlendirilmemesi bu yasanın inceleme alanı içindedir.



Şekil 5.1 Açık sistem



Şekil 5.2 Kapalı sistem



Şekil 5.3 İzole sistem

Sistem çevresinden açıkça belirtilen bir sınır tarafından ayrılır. Sistemin sınırları sabit veya hareketli olabilir. Sınırın kalınlığı matematiksel olarak sıfırdır ve bu yüzden kütlesi ve hacmi yoktur. Sistemin tipi çevre ile arasındaki sınıra bağlı olarak tanımlanabilir. Yukarıdaki şekillerde çevre ile sistem arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Eğer sistem ile çevre arasında madde ve enerji alışverişi varsa sistem *açık sistem* olarak adlandırılır. (Şekil 5.1). Sistem ile çevre arasında madde alışverişi yok fakat enerji alışverişi varsa sistem *kapalı sistem* olarak adlandırılır. (Şekil 5.2). Sistem ile çevre arasında madde ve enerji alışverişi yoksa sistem *izole sistem* olarak adlandırılır. (Şekil 5.3). Sistem ve çevrenin tümü ise *Evreni* meydana getirir.

5.1 1. Yasa

Enerjinin korunumu yasası. Enerji sistem sınırlarını ısı veya iş olarak geçer. Enerji geçişi sistem-çevre arasında sıcaklık farkından dolayı oluyorsa ısı geçişi, sıcaklık farkı söz konusu değilse iş olarak tanımlanır.



Şekil 5.4 Sistem ve çevre arasında ısı geçişi

Şekil 5.4’de görüldüğü gibi bir sistemde enerji artması olduğu zaman aynı anda çevresinde aynı miktarda enerji azalması olur.

$$\Delta E_{\text{SİSTEM}} + \Delta E_{\text{ÇEVRE}} = 0 \quad (5.1)$$

Termodinamiğin 1. yasasını şu şekilde de ifade edebiliriz. Enerji yoktan var edilemez, vardan yok edilemez. Sadece bir şekilden başka bir şekle dönüştürülebilir. Bu ifade izole edilmiş bir sistem için şu şekli alır. İzole edilmiş bir sistemin içerdiği bütün enerjilerin toplamı zamanla değişmez. Termodinamiğin 1. yasası aynı zamanda birinci tür sürekli çalışan makinenin yapılamayacağını ifade etmektedir. Hiçbir makine eşdeğer miktarda diğer bir tür enerji tüketmeden enerji üretemez. İzafiyet teorisi bize göstermiştir ki kütle ve enerji temelde aynı şeydir ve bunlar birbirine dönüştürülebilir. (Einstein; $E=mc^2$). Sistemde (veya çevresinde) oluşan enerji değişimleri ısı ve iş iletimi veya kütle iletimi sonucunda gerçekleşir ve sistemin ölçülebilir özelliklerinin değerlerinde meydana gelen değişimler yardımı ile ölçülür. Sistem ile çevresi arasında oluşan enerji alışverişleri incelenirken sistemin kapalı veya açık olmasına göre değişik yol izlenir. (Büyüktür, 1992)

5.1.1 1. Yasa ve Kapalı Sistem

Kapalı bir sistem olarak tanımlanan, belirli sınırlar içinde bulunan sabit bir kütle için termodinamiğin birinci yasası veya enerjinin korunumu ilkesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Sisteme veya sistemden} \\ \text{ısı veya iş olarak} \\ \text{net enerji geçisi} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Sistemin} \\ \text{toplam enerjisi} \\ \text{net artışı veya azalışı} \end{array} \right]$$

$$Q - W = \Delta E \text{ (kJ)} \quad (5.2)$$

Burada;

Q , sistem sınırlarından net ısı geçişini $\left(\sum Q_g - \sum Q_{\bar{g}} \right)$,

W , değişik biçimleri kapsayan net işi $\left(\sum W_g - \sum W_{\bar{g}} \right)$,

ΔE , sistemdeki toplam enerji değişimini $\left(E_2 - E_1 \right)$,

g ve $\bar{g}$ indisleri ise sistem sınırından giren veya çıkan ısıyı veya işi göstermektedir.

Sistemin toplam enerjisi E , üç parçadan oluşmaktadır; iç enerji U , kinetik enerji KE , ve potansiyel enerji PE . Bu nedenle bir hal değişimi sırasında sistemin toplam enerjisinin değişimi, iç enerji, kinetik enerji ve potansiyel enerjisindeki değişimlerin toplamı olarak ifade edilebilir.

$$\Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \text{ (kJ)} \quad (5.3)$$

Burada;

$$Q - W = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \text{ (kJ)} \quad (5.4)$$

$$\Delta U = m(u_2 - u_1) \quad (5.5)$$

$$\Delta KE = (m/2)(V_2^2 - V_1^2) \quad (5.6)$$

$$\Delta PE = mg(z_2 - z_1) \quad (5.7)$$

eşitlikleri geçerlidir.

Verilmiş bir kapalı sistem (kontrol kütlesi) içerisindeki herhangi bir Δm kütle elemanının birim kütlesinin toplam enerjisi;

$$e = u + \frac{V^2}{2} + gz \quad (5.8)$$

Sistemin toplam enerjisi ise;

$$E = U + \frac{mV^2}{2} + mgz \quad (5.9)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Uygulamalarda karşılaşılan sistemlerin çoğu hareketsizdir, bu nedenle hızlarında veya kütle merkezlerinin bulunduğu noktada hal değişimi sırasında bir değişiklik olmaz. Böylece, hareketsiz kapalı sistemlerin kinetik ve potansiyel enerjilerindeki değişimler göz ardı edilebilir. ($\Delta KE = \Delta PE = 0$)

Bu durumda;

$$Q - W = \Delta U \text{ (kJ)} \quad (5.10)$$

şeklinde yazılır. (Büyüktür, 1992) (Çengel ve Boles, M, 1996)

5.1.2 1. Yasa ve Açık Sistem

Başlangıçta verilmiş (1) denge konumunda bulunan bir sistemin Δt zaman aralığında çevre ile ısı ve iş alış verişinde bulunduğu ve (2) konumuna kadar hal değiştirdiğini düşünelim. Söz konusu zaman aralığında çevreden aldığı ısı miktarı ΔQ ve çevreye yaptığı iş ΔW olsun. Termodinamiğin 1. yasası göz önüne alınarak sistemin çevreden aldığı ve çevreye verdiği enerjiler arasındaki farkın sistemin toplam enerjisindeki değişikliğe eşit olduğu söylenebilir.

$$\Delta Q - \Delta W = \Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \quad (5.11)$$

Açık sistemlerde sistemle çevre arasında enerji, iş ve ısı şeklinde iletildiği gibi kütle alışverişiyle de iletilir. Uygulamada çok defa açık sistemler söz konusu olur. Kapalı sistemlerde verilmiş bir kütlenin çevresi ile ısı ve iş alışverişinin incelenmesi söz konusu olduğu halde açık sistemlerde kontrol hacmi adı verilen belirli bir bölgenin çevresi ile ısı ve iş alışverişinin incelenmesi gerekir. (Büyüktür, 1992)

5.1.2.1 Sürekli Akışlı Açık Sistemde Kütlenin Korunumu

Sürekli akışlı açık sistemde, kontrol hacmi içindeki toplam kütle zamanla değişmez ($m_{KH}=\text{sabit}$). Bu durumda, kütlenin korunumu ilkesi uyarınca kontrol hacmine giren toplam kütlenin, kontrol hacminden çıkan toplam kütleyle eşit olması gerekir.

Birçok girişi ve çıkışı olan genel bir sürekli akışlı açık sistem için, kütlenin korunumu ilkesi aşağıdaki gibidir. (Çengel ve Boles,M,1996)

$$\begin{bmatrix} \text{Birim zamanda} \\ KH'ne \text{ giren} \\ \text{toplam kütle} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Birim zamanda} \\ KH'den \text{ çıkan} \\ \text{toplam kütle} \end{bmatrix}$$

$$\Sigma \dot{m}_g = \Sigma \dot{m}_\phi \quad (\text{kg/s}) \quad (5.12)$$

5.1.2.2 Sürekli Akışlı Açık Sistemde Enerjinin Korunumu

Sürekli akışlı açık sistemde, kontrol hacminin toplam enerjisinde değişim olmaz ($\Delta E_{KH}=0$). Böylece sürekli akışlı açık sistemde, kontrol hacmine ısı, iş veya kütle akışı olarak giren enerjinin çıkan enerjiye eşit olması zorunludur.

Enerjinin korunumu ilkesi sürekli akışlı açık sistemler için aşağıdaki gibi yazılır.

$$\begin{bmatrix} \text{Birim zamanda ısı} \\ \text{veya iş olarak sin irlari} \\ \text{geçen toplam enerji} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Birim zamanda kütle ile} \\ \text{birlikte KH'den çıkan} \\ \text{toplam enerji} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Birim zamanda kütle ile} \\ \text{birlikte KH'ye giren} \\ \text{toplam enerji} \end{bmatrix}$$

$$\dot{Q} - \dot{W} = \Sigma \dot{m}_\phi \theta_\phi - \Sigma \dot{m}_g \theta_g \quad (5.13)$$

Burada, θ akış işi de içinde olmak üzere akışkanın birim kütlesinin toplam enerjisidir.
 $\theta = h + ke + pe$ (5.14)

Kütle debisinin değişmediği göz önüne alınırsa $\dot{m} = \dot{m}_g = \dot{m}_\phi$ ayrıca potansiyel ve kinetik enerjilerin değişmediği kabul edilirse, bir geçişli ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistem için enerjinin korunumu denklemi;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}(h_{\phi} - h_g) \quad (W) \quad (5.15)$$

şeklinde yazılır. Bu denklem kütle debisi $\dot{m}$ ile bölünürse ve iş ihmal edilirse, birinci yasanın birim kütle için ifadesi;

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}} \quad (\text{birim kütle geçişi, kJ/kg}) \quad (5.16)$$

ve

$$q = h_{\phi} - h_g = \Delta h \quad (\text{kJ/kg}) \quad (5.17)$$

şeklini alır. Q, kontrol hacmi ile çevresi arasında birim zamanda olan ısı geçişidir.

Mükemmel gazlar için, entalpi değişimi yaklaşık olarak;

$$\Delta h = C_{p,ort}(T_{\phi} - T_g) \quad (5.18)$$

bağıntısından hesaplanabilir. (Çengel ve Boles, M, 1996)

5.2 2. YASA

Termodinamiğin birinci yasası herhangi bir hal değişiminde sistemle çevresi arasında alınan ve verilen iş ve ısı ile iç enerjide meydana gelen değişme arasındaki bağıntıyı vermektedir. Fakat bu yasa bize tasarlanan bir hal değişiminin gerçekleşip gerçekleşmeyeceği hakkında bir bilgi vermemektedir. Oysaki deneyler bize doğadaki hal değişimlerinin ve dolayısıyla enerji dönüşümlerinin sadece belirli yönlerde kendiliğinden gerçekleşebileceğini göstermektedir. Hal değişimleri belirli bir yönde gerçekleşirken, tersi olan yönde gerçekleşmemektedir. 1. Yasa hal değişimlerinin yönü üzerinde herhangi bir kısıtlama koymaz, fakat 1.Yasanın sağlanması hal değişiminin gerçekleşebileceği anlamına gelmez. Bir hal değişiminin olup olamayacağı konusunda 1. Yasanın yetersizliği bir başka genel ilke ile, termodinamiğin 2. Yasası ile kapatılır. Termodinamiğin 2. Yasasının kullanımı sadece hal değişimlerinin yönünü belirlemekle sınırlı değildir. 2. yasa enerjinin niceliği yanında niteliğini de ön plana çıkarır. 1. yasa enerjinin niceliği üzerinde durur ve enerjinin bir biçimden diğerine dönüşümü sırasındaki değişimleri sayısal değerlerle ifade eder. Sayısal değer olarak eşit fakat biçim ve kaynak bakımından farklı enerji arasında ayırım gözetmez. 2. yasa enerjinin niteliğinin ve bir hal değişimi sırasında bu niteliğin nasıl azaldığını hesaplamak için somut yöntemler ortaya koyar.

2. Yasa entropi adı verilen bir özelliğin tanımına yol açar. Entropi; maddenin tersinir adyabatik bir eğri boyunca sabit kalan özelliğine denir. Bir yönde gerçekleştikten sonra çevre

üzerinde hiçbir iz bırakmadan ters yönde de gerçekleşebilen hal değişimine “tersinir hal değişimi” denir. Başka bir deyişle ters yöndeki hal değişiminden sonra hem sistem hem de çevre ilk hallerine geri dönerler. Bu ancak her iki yöndeki hal değişimini birlikte ele alındığı zaman net ısı geçişi ve net iş sıfır (0) olursa mümkündür. Tersinir olmayan hal değişimi “tersinmez hal değişimi” olarak adlandırılır. Enerji krizleri sırasında sık sık enerjinin korunması başka bir deyişle tasarruf edilmesiyle ilgili konuşmalara tanık oluruz. Fakat enerjinin niceliğinin (miktarının) korunduğu zaten bilinmektedir. Korunmayan enerjinin niteliği veya işe dönüşebilme yeteneğidir. Enerjinin harcanması onu daha az yararlı bir biçime dönüştürmek demektir. Bir birim yüksek nitelikte enerji üç birim düşük nitelikli enerjiden daha değerli olabilir. Kararlarımızda sadece niceliği göz önüne almak ve niteliği azımsamak bizi yanlış sonuçlara götürebilir. Başka bir deyişle teknik olmayan bir konuda bile bir olayı değerlendirirken hem 1. Yasayı hem de 2. Yasayı göz önünde bulundurmak zorunludur. İşte tüm bunlar ekserji kavramının ortaya çıkmasını sağlar. Ekserji kullanılabilir enerjidir. Termodinamik potansiyeldir. İşin genel bir ölçütüdür. Yani iş potansiyelidir. Ekserji bizim üst limitimizdir. Her zaman pozitiftir. Negatif olamaz. Çünkü negatif iş yoktur. (Çengel ve Boles,M,1996)

Termodinamiğin ikinci yasası, entropi adlı yeni bir özelliğin tanımlanmasına yol açmıştır. Entropi bir sistemin mikroskopik düzeyde düzensizliğinin nicel bir ölçüsüdür. Entropinin tanımı *Clausius eşitsizliğine* dayanmaktadır. Bu eşitsizlik,

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.19)$$

bağıntısıyla verilmektedir. Burada eşitlik, içten tersinir veya tümenden tersinir hal değişimleri için, eşitsizlik ise tersinmez hal değişimleri için geçerlidir. Çevrim boyunca integrali sıfır olan bir büyüklük özeldir ve entropi aşağıdaki denklemle tanımlanır;

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{içten tr}} \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.20)$$

Bir hal değişimi sırasında entropi değişimi yukarıdaki bağıntıyı integre ederek bulunur;

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{içten tr}} \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.21)$$

Bu integralin hesaplanması kolay değildir, çünkü Q değerinin T'nin fonksiyonu olarak nasıl değiştiğinin bilinmesi gerekir. Özel bir durum olan, içten tersinir, sabit sıcaklıkta hal değişimleri için integrasyon kolaylıkla yapılabilir ve şu sonucu verir;

$$\Delta S = \frac{Q}{T_o} \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.22)$$

Clausius eşitsizliğiyle entropinin tanımı birleştirildiği zaman, entropinin artışı ilkesi adı verilen eşitsizlik elde edilir;

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad \text{veya,} \quad (5.23)$$

$$\Delta S_{ayrik} \geq 0 \quad \text{veya,} \quad (5.24)$$

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{cevre}} \geq 0 \quad (5.25)$$

Böylece bir haldeğişimi sırasındaki toplam entropi değişimi, hal değişimi gerçek veya tersinmez ise sıfırdan büyük, tersinir ise sıfırdır. Bir hal değişimi sırasındaki toplam entropi değişimi, bu hal değişimi için entropi üretimine eşittir ve sistemle çevresinin entropi değişimlerinin toplamıdır. Bir sistemin veya çevresinin entropisi bir hal değişimi sırasında azalabilir, fakat ikisinin toplamı mutlaka artı olmak zorundadır. Bu ilke hem kapalı sistemler, hemde kontrol hacimleri için geçerlidir.

Entropi değişimi ısı geçişi, kütle akışı ve tersinmezlikler sonucu olabilir. Bir sisteme ısı geçişi sistemin entropisini artırır, bir sistemden ısı geçişi sistemin entropisini azaltır. Tersinmezliklerin etkisi her zaman entropiyi artırıcı yöndedir.

Kapalı sistem için entropinin artışı ilkesi şöyle ifade edilebilir;

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplam}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{cevre}} \geq 0 \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.26)$$

$$\Delta S_{\text{sistem}} = S_2 - S_1 = m(s_2 - s_1) \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.27)$$

$$\Delta S_{\text{cevre}} = \sum \frac{Q_R}{T_R} \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.28)$$

olmaktadır. Sistem sadece T_{cevre} sıcaklığındaki çevreyle Q_{cevre} miktarında ısı alışverişinde bulunuyorsa, çevrenin entropi değişimi $\Delta S_{\text{cevre}} = Q_{\text{cevre}}/T_{\text{cevre}}$ şeklinde yazılabilir.

Birden çok ısıl enerji deposuyla ısı alışverişinde bulunan bir kontrol hacmi için entropinin artışı ilkesi aşağıda gösterildiği gibi ifade edilebilir. Aşağıda $\dot{T}_R$ ısıl enerji deposunun sıcaklığını, $\dot{Q}_R$ ısıl enerji deposuyla birim zamanda olan ısı alışverişini göstermektedir.

Genel ifade:

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \sum \dot{m}_{\dot{\varsigma}} s_{\dot{\varsigma}} - \sum \dot{m}_g s_g + \frac{dS_{KH}}{dt} + \sum \frac{\dot{Q}_R}{T_R} \quad (\text{kw/K}) \quad (5.29)$$

Düzgün akışlı dengeli açık sistem:

$$S_{\text{üretim}} = \dot{m}_2 s_2 - \dot{m}_1 s_1 + \sum \dot{m}_{\dot{\varsigma}} s_{\dot{\varsigma}} - \sum \dot{m}_g s_g + \sum \frac{Q_R}{T_R} \geq 0 \quad (\text{kJ/K}) \quad (5.30)$$

Sürekli akışlı açık sistem:

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \sum \dot{m}_{\dot{\varsigma}} s_{\dot{\varsigma}} - \sum \dot{m}_g s_g + \sum \frac{\dot{Q}_R}{T_R} \geq 0 \quad (\text{kw/K}) \quad (5.31)$$

Sadece çevreyle ısı alışverişinde bulunan bir girişli ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistem için yukarıdaki denklem sadeleştirilebilir.

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \dot{m} s_{\dot{\varsigma}} - \dot{m} s_g + \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \geq 0 \quad (\text{kw/K}) \quad (5.32)$$

$$S_{\text{üretim}} = s_{\dot{\varsigma}} - s_g + \frac{q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \geq 0 \quad (\text{kJ/kgK}) \quad (5.33)$$

Yukarıdaki denklemlerde $\dot{S}_{\text{üretim}}$ birim zamanda toplam entropi üretimini göstermektedir. Bu bağıntılarda eşitlik tersinir hal değişimleri için, eşitsizlik ise tersinmez hal değişimleri için uygulanmaktadır.

ΔS_{toplam} veya $S_{\text{üretim}}$ değerleri bir hal değişiminin tersinirmi, tersinmezmi olduğunu veya gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini belirlemek için kullanılabilir.

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplam}} \begin{cases} > 0 \text{ ter sin mez hal deg isimi} \\ = 0 \text{ ter sin ir hal deg isimi} \\ < 0 \text{ gerceklesmesi olanaksiz} \end{cases} \quad (\text{Çengel ve Boles,M,1996})$$

5.2.1 Çevre ve Ölü Hal

İster tek bir elemandan oluşan küçük bir sistem olsun, isterse devasa türbin sistemleri olsun bütün sistemler bir ortamda yer alırlar. Ortam ve çevre terimlerini birbirlerinden ayırmak önemlidir. Ortam terimi sistemin dışında kalan herşeyi ifade ederken çevre terimi asıl özellikleri uniform olan ve herhangi bir prosesin etkisi ile değiştirilemeyen bir kısmını ifade eder. Çevre tersinmezliklerden bağımsız olarak kabul edilir.

Fiziksel dünya karmaşıklaştıkça çevreyi tanımlamak için birçok değişik model ortaya atılmıştır. Çevre genel olarak dünyada bolca bulunan maddeler olarak düşünülür. Bu maddeler

doğal formlarında denge halindedir ve birbirleri ile etkileşimlerinden iş elde etmek imkansızdır. Çevrenin asıl özelliklerinin değişmediği kabul edilse de alt özellikleri diğer sistemler ile etkileşime girerek değişebilir.

Çevrenin gerçek dünya ile ilişkili olması gerektiği fikrinden çevre T_0 ve P_0 değerleri olarak 25°C ve 1 bar gibi çevresel şartların basitleştirilmiş değerleri alınır. Ancak gerçek hayat uygulamalarında T_0 ve P_0 başka türlü belirlenmelidir. Örneğin T_0 ve P_0 değerleri sistemin çalışma ortamındaki dış sıcaklığın ortalama değeri alınabilir. Eğer sistem atmosferik havayı kullanıyorsa havanın ortalama değerleri, suyu kullanıyorsa suyun ortalama değerleri, her ikisini de kullanıyorsa bu değerlerden küçük olanı kullanılmalıdır.

Sistemden elde edilebilecek en çok işi belirlerken tersinmezlikler hesaba katılmaz ve hal değişimi sonunda sistemin ölü halde olması gerekir.

Bir sistemin ölü halde olması, çevresiyle termodinamik dengede bulunması anlamına gelir. Ölü haldeyken sistem, çevre sıcaklığı ve basıncındadır. Başka bir deyişle, çevreyle ısı ve mekanik dengededir. Ayrıca sistemin çevresine göre kinetik ve potansiyel enerjileri sıfırdır. Ölü haldeyken sistem çevresiyle kimyasal reaksiyona girmez, ayrıca çevreyle arasında dengelenmeyen manyetik, elektrik veya yüzey gerilme etkileri yoktur. Sistemin ölü haldeki özellikleri, $(P_0, T_0, h_0, u_0 \text{ ve } s_0)$ sıfır indisiyle gösterilir. Bir sistemin ölü haldeki ekserjisi sıfırdır.

Bir sistemden en çok iş elde edebilmek için sistemin son halinin ölü hal olmak zorunluluğu şöyle açıklanabilir; Sistemin son haldeki sıcaklığı eğer çevre sıcaklığının üzerinde veya altında ise, çevre sıcaklığıyla bu sıcaklık arasında çalışan bir ısı makinesi aracılığıyla iş yapılabilir. Sistemin son haldeki basıncı eğer çevre basıncının üzerinde veya altındaysa bu basınç farkından yararlanarak genişleme işi yapılabilir. Başlangıçta ölü halde bulunan bir sistemden iş elde edilmesi olanaksızdır. Bunların sonucunda, bir sistemden elde edilebilecek en çok iş, sistem belirli bir başlangıç halinden, tersinir bir hal değişimiyle çevrenin bulunduğu hale (ölü hale) getirilirse elde edilir denilebilir. Bu değer, sistemin verilen başlangıç halinde, yararlı iş potansiyelini veya iş yapma olanağını göstermektedir ve ekserji diye adlandırılır.

Verilen bir halde sistemin kullanılabilirliği, sistemin özelliklerinin yanı sıra, çevre koşullarına, başka bir deyişle ölü hale bağlıdır. Bu bakımdan kullanılabilirlik sadece sistemin değil, sistem çevre ikilisinin bir özelliğidir.

(Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995) (Çengel ve Boles, 1996)

5.2.2 Kapalı Sistemlerin 2. Yasa Çözümlemesi

İncelenen kapalı sistem için termodinamiğin birinci ve ikinci yasaları aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{Birinci yasa ;} \quad Q - W = U_2 - U_1 \quad (5.34)$$

$$\text{İkinci yasa;} \quad S_{\text{üretim}} = S_2 - S_1 - \frac{Q_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \quad (5.35)$$

Burada $T_{\text{çevre}}=T_0$, $Q_{\text{çevre}}=-Q$ olup, $S_{\text{üretim}}$ hal değişimi sırasındaki toplam entropi üretimi, başka bir deyişle toplam entropi değişimidir. Bu iki denklem arasında ısı geçişi terimi yok edilir ve W çözülürse,

$$W = U_1 - U_2 - T_0(S_1 - S_2) - T_0 S_{\text{üretim}} \quad (5.36)$$

W , hal değişimi sırasında gerçekleşen toplam iştir. Hal değişimi sırasında sistemin hacmi değişirse, bu işin bir bölümü çevreye karşı (veya tarafından) yapılacaktır. Bu durumda *yararlı iş* aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$W_y = W - W_{\text{çevre}} = W - P_0(V_2 - V_1) \quad (5.37)$$

$$W_y = (U_1 - U_2) - T_0(S_1 - S_2) + P_0(V_1 - V_2) - T_0 S_{\text{üretim}} \quad (5.38)$$

Sistemle çevre arasındaki ısı alışverişi tersinir olarak gerçekleşirse entropi üretimi olmaz, bu nedenle $S_{\text{üretim}}=0$ olur. Bu hal değişimi sırasında yapılan yararlı iş tersinir iştir.

$$W_r = (U_1 - U_2) - T_0(S_1 - S_2) + P_0(V_1 - V_2) \quad (kJ) \quad (5.39)$$

Bir sistemden elde edilebilecek en çok iş, sistem belirli bir başlangıç halinden, tersinir bir hal değişimiyle çevrenin bulunduğu hale (ölü hale) getirilirse elde edilir. Bu değer, sistemin verilen başlangıç halinde, yararlı iş potansiyelini veya iş yapma olanağını göstermektedir ve kullanılabilirlik diye adlandırılır. Bir sistemin kullanılabilirliği ile gerçekte yaptığı iş arasında küçük veya büyük bir fark her zaman vardır. Kullanılabilirlik ve ekserji tanımları aynı anlamda kullanılmaktadır. Ancak bazı kitaplarda kullanılabilirlik ve ekserji terimlerinin tanımlarında küçük de olsa bir farklılık bulunduğu belirtilmelidir.

Belirli bir halde bulunan kapalı bir sistemden elde edilebilecek en çok yararlı işi ifade eden kapalı sistem kullanılabilirliği;

$$\Phi = (U - U_0) - T_0(S - S_0) + P_0(V - V_0) \quad (kJ) \quad (5.40)$$

Birim kütle kullanılabilirliği ise,

$$\phi = (u - u_o) - T_o(s - s_o) + P_o(v - v_o) \quad (kJ / kg) \quad (5.41)$$

Bu denklemlerden, kapalı sistemin ölü haldeki ($u=u_o, s=s_o, v=v_o$) kullanılabilirliğinin sıfır olduğu açıkça görülmektedir. Başka bir deyişle, çevresiyle dengede bulunan bir sistemden iş elde etmek olanaksızdır. Bu bağıntıların kimyasal reaksiyona girmeyen sistemler için geçerli olduğu belirtilmelidir.

İki hal arasındaki değişim sırasında bir sistemden elde edilebilecek en çok yararlı iş (veya sistemin gerektirdiği en az yararlı iş) tersinir iş diye adlandırılır. Eğer son hal çevre koşulları ise, tersinir iş en büyük değere ulaşır ve kullanılabilirlik diye adlandırılır. Bir hal değişimi sırasında tersinir işle yararlı iş arasındaki fark, tersinmezlik diye tanımlanır.

Bir hal değişimi için tersinir iş, kullanılabilirlikle de ifade edilebilir;

$$W_{tr} = \Phi_1 - \Phi_2 \quad (kJ) \quad (5.42)$$

Birim kütle tersinir iş ise,

$$w_{tr} = \phi_1 - \phi_2 \quad (kJ / kg) \quad (5.43)$$

Kapalı bir sistemin hal değişimiyle ilişkili tersinmezlik,

$$I = W_{tr} - W_y = T_o S_{üretim} \quad (kJ) \quad (5.44)$$

Birim kütle tersinmezlik ise,

$$i = w_{tr} - w_y = T_o s_{üretim} \quad (kJ / kg) \quad (5.45)$$

(Çengel ve Boles,M,1996)

5.2.3 Sürekli Akışlı Açık Sistemlerin 2. Yasa Çözümlemesi

Sürekli akışlı açık sistem ikinci yasa çözümlemesi, lüle, türbin, kompresör ve ısı değiştiricisi gibi içinde sürekli akışın gerçekleştiği açık sistemler için kullanışlıdır.

Sürekli akışlı açık sistem için termodinamiğin ikinci yasası aşağıdaki gibi yazılır;

$$\dot{S}_{üretim} = \sum \dot{m}_g s_g + \frac{\dot{Q}_{çevre}}{T_o} \quad (5.46)$$

Burada $\dot{Q}_{çevre} = -\dot{Q}$ ve $\dot{S}_{üretim}$, sistemin toplam entropi üretimidir. Birinci kanun kullanılarak ısı geçişi terimi yok edilirse,

$$\dot{W} = \sum \dot{m}_g \left(h_g + \frac{V_g^2}{2} + gz_g - T_o s_g \right) - \sum \dot{m}_\zeta \left(h_\zeta + \frac{V_\zeta^2}{2} + gz_\zeta - T_o s_\zeta \right) - T_o \dot{S}_{\text{üretim}} \quad (5.47)$$

bulunur. Bu denklemde verilen $\dot{W}$, açık sistemde yapılan gerçek iştir, aynı zamanda yararlı işe eşittir, çünkü sürekli akışlı açık sistemlerin sınırları sabit olup çevre işi söz konusu değildir.

Sürekli akışlı açık sistemin bir girişi ve bir çıkışı, varsa potansiyel ve kinetik enerji değişimleri ihmal edilirse, tersinir iş;

$$\dot{W}_{tr} = \dot{m} \left[h_g - h_\zeta - T_o (s_g - s_\zeta) \right] \quad (kw) \quad (5.48)$$

veya sistemden geçen birim kütle için;

$$w_{tr} = (h_g - h_\zeta) - T_o (s_g - s_\zeta) = T_o \Delta s \quad (kJ/kg) \quad (5.49)$$

yazılabilir.

Bir açık sistemde birim zamanda tersinmezlik $\dot{I}$ veya birim kütle için tersinmezlik i , tersinir işle yararlı iş arasındaki farktır;

$$\dot{I} = \dot{W}_{tr} - \dot{W}_y = T_o \dot{S}_{\text{üretim}} \quad (kw) \quad (5.50)$$

Birim kütle için tersinmezlik ise;

$$i = w_{tr} - w_y = T_o s_{\text{üretim}} \quad (kJ/kg) \quad (5.51)$$

eşitliği ile verilir.

(Çengel ve Boles,M,1996)

5.2.4 Ekserji Bileşenleri

Nükleer, manyetik, elektrik ve yüzey gerilimleri etkilerinin yokluğunda, sistemin toplam ekserjisi E dört elemana bölünebilir. Bunlar, fiziksel ekserji E^{PH} , kinetik ekserji E^{KN} , potansiyel ekserji E^{PT} ve kimyasal ekserji E^{CH} dir. Toplam ekserji;

$$E = E^{PH} + E^{KN} + E^{PT} + E^{CH} \quad (5.52)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Kinetik, fiziksel ve potansiyel ekserjilerin toplamı literatürde termomekanik ekserjiler olarak da ifade edilir.

Ekserji kapsamlı bir özellik olmasına rağmen genellikle kütleli veya molar bazda

çalışılmaya uygun bir özelliktir. Kütlesel bazda toplam ekserji;

$$e = e^{PH} + e^{KN} + e^{PT} + e^{CH} \quad (5.53)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Çevreye göre ele alındığında sistemin kinetik ve potansiyel enerjilerinin tümü prensipte işe çevrilebilir. Böylece kinetik ve potansiyel enerjiler, kinetik ve potansiyel ekserjiler ile örtüşür.

$$e^{KN} = \frac{1}{2} V^2 \quad (5.54)$$

$$e^{PT} = gz \quad (5.55)$$

Böylece ekserji toplamı şu şekilde ifade edilebilir;

$$e = e^{PH} + \frac{1}{2} V^2 + gz + e^{CH} \quad (5.56)$$

Çevreye göre durgun bir sistemde, $e^{KN} = e^{PT} = 0$ olarak düşünülebilir. Sistem bulunduğu halden sınırlı ölü hale geçerken elde edilebilecek maksimum iş fiziksel ekserji, sınırlı ölü halden ölü hale geçerken elde edilebilecek maksimum iş kimyasal ekserjidir.

Bu durumda ekserji;

$$E = e^{PH} + e^{CH} \quad (5.57)$$

olarak ifade edilebilir. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

5.2.4.1 Fiziksel Ekserji

Belirli bir durumda saf maddelerin fiziksel ekserjisi,

$$e^{PH} = (u - u_0) + p_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) \quad (5.58)$$

olarak yazılabilir. Toplam ekserji akısı;

$$E^{PH} = (U - U_0) + p_0(V - V_0) - T_0(S - S_0) \quad (5.59)$$

şeklinde ifade edilir. Burada u , v ve s kapalı sistemin belirlenen halde iç enerjisini, hacmini ve entropisini ve u_0 , v_0 ve s_0 sistemin sınırlı ölü haldeki aynı özelliklerini belirtir. Fiziksel ekserji için kısaca,

$$e^{PH} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (5.60)$$

yazılabilir. Buradan,

$$E^{PH} = m \cdot e^{PH} \quad (5.61)$$

elde edilir. İdeal gazın özgül ısılar oranı k ile birlikte birim kütle için fiziksel ekserjisi;

$$\frac{e^{PH}}{c_p T_o} = \frac{T}{T_o} - 1 - \ln \frac{T}{T_o} + \frac{k-1}{k} \left[\ln \frac{P}{P_o} + \frac{T}{T_o} \left(\frac{P_o}{P} - 1 \right) \right] \quad (5.62)$$

eşitliği ile verilir.

(Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

5.2.4.2 Kimyasal Ekserji

Kimyasal ekserji ele alınırken (çevreden kimyasal yapısı ile farklılık gösteren ekserji bileşeni), sistemi oluşturan elemanlar benzer bir şekilde seçilmiş çevreye göre tanımlanmalıdır. Çevrede bulunan parçalar arasında fiziksel veya kimyasal etkileşimler sonucu iş oluşması ihtimalini ortadan kaldırmak için bu referans maddeler birbirleri ile mutlak bir denge halinde bulunmalıdır. Doğal çevre mutlak bir denge halinde olmadığı gibi, sıcaklık, basınç ve diğer önemli özellikleri düzgün dağılımlı değildir ve zamanla değişim gösterir. Buna göre fiziksel gerçeklik ile termodinamik teoriyi birbirinden ayırmak önemlidir. Ekserjik çevre veya termodinamik çevre olarak sıkça adlandırılarak fiziksel ekserji ile olan farkı belirtilir. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

Standart kimyasal ekserji ve standart çevre

Standart kimyasal ekserjiler, çevrenin standart sıcaklığı T_o ve basıncı P_o olan (örneğin 25°C ve 1bar) değerlere dayanırlar. Standart çevrenin mümkün merteye çevrenin kimyasal yapısına eşdeğer olarak tanımlanmaya çalışılır.

Mühendislik uygulamalarında iki alternatif standart çevre kabul görmüştür. Bunlar Model I ve Model II olarak isimlendirilmişlerdir.

Model I için referans maddeler nitrik asit ve nitratlar ile sınırlı kimyasal dengede ve atmosferdeki, okyanuslardaki ve litosferdeki diğer bütün kimyasal içerikler için sınırsız termodinamik dengede olarak sunulmuştur. Model II’de farklı bir yaklaşım benimsenerek tamamen dengede bulunmasalar bile gerçek çevrede bolca mevcut olan maddeleri içerir. Burada dikkat edilmesi gereken bir gerçek doğada bolca bulunan maddelerin çok az ekonomik değeri olmasıdır. Model I termodinamik teorisinin denge gereksinimini karşılarken, Model II tatmin edici bir denge tanımına dayanmaksızın doğal çevrenin madde kompozisyonuna daha yakındır. Bu yüzden kimyasal ekserji hesaplamalarında değerler Model II’den alınmıştır.

Bir standart çevre tablosunun kullanılması ekserji prensiplerini büyük oranda uygulanabilir hale getirmektedir. Ancak standart ekserji terimi bütün uygulamalar için geçerli olan bir standart çevre bulunmadığı için yanıltıcı olabilir. Hesaplanan kimyasal ekserjiler için bulunan

değerler oldukça yakındır. Mühendislik uygulamalarının geniş bir bölümü için standart ekserji tablolarının kullanımının basitliği gerçek değerlere göre oluşan hafif hatalara baskın çıkmıştır. Özellikle T_0 ve p_0 değerlerinde olan ufak varyasyonların etkileri ihmal edilebilir.

(Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

Gaz ve gaz karışımlarının standart kimyasal ekserjisi

Standart ekserji referans çevrelerin genel bir uygulaması da N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O ve diğer gazları içeren havayı belirten gaz fazıdır.

Gaz fazındaki k'nci gaz T_0 sıcaklığında ve $p_k^e = x_k^e p_0$ kısmi basıncındadır. k'nci gaz T_0 ve p_0 özelliklerinde girer ve çevre ile ısı tranferi ile izotermal olarak genişleyerek çevreye T_0 ve $x_k^e p_0$ kısmi basıncında çıkar. Gaz k'nın mol başına elde edilebilecek maksimum iş genişleme tersinmezlikler olmadan gerçekleşir.

Buna göre entalpi ve entropi için ideal gaz dengeleri

$$\bar{e}_k^{CH} = -\bar{R}T_0 \ln \frac{x_k^e p_0}{p_0} = -\bar{R}T_0 \ln x_k^e \quad (5.63)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Standart çevrede bulunmayan gazların ekserjileri şu eşitlik ile bulunabilir;

$$\bar{e}_k^{CH} = \sum x_k \bar{e}_k^{CH} + \bar{R}T_0 \sum x_k \ln x_k \quad (5.64)$$

Bağıntıdaki $\bar{e}_k^{CH}$ değerleri ilgili tablolardan standart molar kimyasal ekserji değerleri olarak Model II'den alınır. Bağıntıdaki x katsayıları ise yanma ürünü içerisindeki bir gazın mol sayısının yanma ürünü içerisindeki tüm gazların mol sayılarının toplamına oranıdır. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

Yakıtların standart kimyasal ekserjileri

Prensipite doğada bulunmayan bir maddenin standart kimyasal ekserjisi standart kimyasal ekserjisi bilinen diğer elemanlar ile olan reaksiyonundan elde edilebilir.

Yakıtın kimyasal ekserjisi;

$$\bar{e}_F^{CH} = \left(\frac{\dot{W}_{cv}}{\dot{n}_F} \right)_{\text{int rev}} + a \bar{e}_{CO_2}^{CH} + \frac{b}{2} \bar{e}_{H_2O(I)}^{CH} - \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{e}_{O_2}^{CH} \quad (5.65)$$

$-\bar{h}_{RP}$ teriminin molar yüksek ısıtma değeri $\bar{HHV}$ olduğunu dikkate alırsak,

$$\begin{aligned} \bar{e}_F^{CH} = & \overline{HHV}_{(T_0, P_0)} - T_0 \left[\bar{s}_F + \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{s}_{O_2} - a \bar{s}_{CO_2} - \frac{b}{2} \bar{s}_{H_2O(l)} \right]_{T_0, P_0} \\ & + \left\{ a \bar{e}_{CO_2}^{CH} + \frac{b}{2} \bar{e}_{H_2O(l)}^{CH} - \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{e}_{O_2}^{CH} \right\} \end{aligned} \quad (5.66)$$

olarak yazılabilir.

Benzer biçimde alternatif açıklama olarak;

$$\begin{aligned} \bar{e}_{DG}^{CH} = & \left[\bar{g}_F + \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{g}_{O_2} - a \bar{g}_{CO_2} - \frac{b}{2} \bar{g}_{H_2O} \right]_{T_0, P_0} \\ & + \left[a \bar{e}_{CO_2}^{-CH} + \frac{b}{2} \bar{e}_{H_2O}^{-CH} - \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{e}_{O_2}^{-CH} \right] \end{aligned} \quad (5.67)$$

elde edilir.

Bu tanımın Gibbs fonksiyonunu içeren ilk terimi Gibbs fonksiyonundaki negatif değişim olarak isimlendirilebilir. C_aH_b olarak ifade edilen hidrokarbonlarda standart kimyasal ekserji O_2 , CO_2 ve $H_2O(l)$ 'nun standart kimyasal ekserjileri kullanılarak, yüksek ısıtma değeri, mutlak entropiler veya Gibbs fonksiyonları yardımı ile elde edilebilir. Ancak kullanılan modelin sadece kıvrımlı parantez içeren terimleri etkilediğine dikkat edilmelidir. Gerekli yakıtın bilgileri mevcut olmadığı zaman belirlenen veya tahmini bir yüksek ısıtma değeri ve mutlak entropi oluşturulabilir. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

Bağıntıdaki a katsayıları karbon, b katsayıları hidrojen adedini göstermektedir. Ancak birden fazla hidrokarbonlu yakıtlar için stokiometrik katsayılar bunların yerini alır. Gibbs fonksiyonları g ve standart molar kimyasal ekserji e değerleri ilgili yakıt için tablolardan Model II baz alınarak okunur. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

Kimyasal reaksiyonlu olan sistemlerin ikinci yasa çözümlemesi

Yandığı zaman çevreye enerji veren maddelere yakıt adı verilir. Yakıtın oksijen ile birleştiği ve büyük miktarlarda enerjinin açığa çıktığı kimyasal reaksiyona yanma denir. Yanma için gerekli oksijen genellikle hava ile sağlanır. Kuru havada mol olarak %21 oksijen ve %79 azot vardır. Bu nedenle

$$1 \text{ kmol } O_2 + 3.76 \text{ kmol } N_2 = 4.76 \text{ kmol hava}$$

oluşturur. Azot, normal yanma sıcaklıklarında, diğer elementler ile kimyasal reaksiyona girmeyen bir gazdır.

Bir yanma işlemi sırasında reaksiyondan önce varolan maddelere yanma işlemine girenler,

reaksiyondan sonra var olan maddelere yanma işleminden çıkanlar veya yanma sonu ürünleri adı verilir. Kimyasal denklemler, kimyasal reaksiyon sırasında her elementin kütlesinin sabit kaldığını belirten, kütlenin korunumu ilkesine göre dengelenirler. Bir yanma işleminde hava kütlesinin yakıt kütlesine oranı hava yakıt oranı HY diye tanımlanır.

$$HY = \frac{m_{hava}}{m_{yakit}} \quad (5.68)$$

$$\text{Burada, } m_{hava} = \sum M_{hava} \text{ ve } m_{yakit} = \sum M_i \quad (5.69)$$

olmaktadır.

Yanma işleminde giren yada çıkan gazın entalpisi birim mol için aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Entalpi = \bar{h}_f^o + \bar{h} - \bar{h}^o \quad (\text{kJ/kmol}) \quad (5.70)$$

Bir maddenin verilen bir halde kimyasal bileşiminden dolayı sahip olduğu entalpiye, oluşum entalpisi $\bar{h}_f^o$ denir. Burada $\bar{h}_f^o$ standart oluşum entalpisidir ve ilgili gazlar için tablolardan okunur. Kararlı elementlerin oluşum entalpilerine standart referans hali olan 25°C sıcaklık ve 1 atm basınçta sıfır değeri atanmıştır. $\bar{h}$ bulunduğu haldeki entalpi değeri, $\bar{h}^o$ ise çevre şartındaki entalpi değerleridir. Tüm bu değerler baz alınan sıcaklıklara göre ilgili tablolardan okunur.

Kimyasal reaksiyona giren sürekli akışlı bir açık sistem için enerjinin korunumu denklemi kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilirse yakıtın birim molü için aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{n}_\chi (\bar{h}_f^o + \bar{h} - \bar{h}^o)_\chi - \sum \dot{n}_g (\bar{h}_f^o + \bar{h} - \bar{h}^o)_g \quad (\text{kJ/s}) \quad (5.71)$$

Burada 0 üssü standart referans halini, χ indisi yanma işleminde çıkanları, g ise yanma işlemine girenleri göstermektedir. $\dot{n}_\chi$ ve $\dot{n}_g$ yanma işleminden çıkan ve girenlerin mol debilerini göstermektedir.

Yukarıdaki bu denklemde her iki taraf yakıtın mol debisine bölünürse yakıtın birim mol miktarına göre ifade edilmiş bağıntısı aşağıdaki gibi olur.

$$Q - W = \sum n_\chi (\bar{h}_f^o + \bar{h} - \bar{h}^o)_\chi - \sum n_g (\bar{h}_f^o + \bar{h} - \bar{h}^o)_g \quad (\text{kJ}) \quad (5.72)$$

Burada n_χ ve n_g sırasıyla yanma işleminden çıkan ve girenlerin mol miktarlarını

göstermektedir.

Kimyasal reaksiyonlar için de entropi tanımı sözkonusudur. Tablolarda değişik gazlar için mutlak entropi $\bar{s}^o$ değerleri mevcut sıcaklık ve 1 atm basınçta verilmektedir. Mükemmel gaz karışımında bir gazın entropisi hesaplanırken sıcaklık için karışım sıcaklığı alınır. Basınç ise karışımın toplam basıncının gazın mol oranıyla çarpılması ile bulunur. Toplam entropi üretimi veya değişimi hesaplandıktan sonra tersinmezlik;

$$I = T_o S_{\text{üretim}} \quad (kJ) \quad (5.73)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanır.

Kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilip ısı alışverişinin T_o sıcaklığındaki çevreyle olduğu sürekli akışlı bir yanma işlemi için;

$$W_{tr} = \sum n_g \left(\bar{h}_j^o + \bar{h} - \bar{h}^o - T_o \bar{s}_j \right) - \sum n_c \left(\bar{h}_j^o + \bar{h} - \bar{h}^o - T_o \bar{s}_j \right) \quad (5.74)$$

Yanma işlemine girenler ve yanma sonu ürünleri eğer çevre sıcaklığında ise;

$$\left(\bar{h}_j^o + \bar{h} - \bar{h}^o - T_o \bar{s}_j \right) = \bar{g}_o \quad (5.75)$$

Yanma işlemine girenler ve yanma işleminden çıkanlar , çevre sıcaklığı T_o 'da oldukları zaman, tersinir iş Gibbs fonksiyonu ile ifade edilebilir.

$$W_{tr} = \sum n_g \left(\bar{h}_f^o + \bar{g}_{T_o} - \bar{g}^o \right) - \sum n_c \left(\bar{h}_f^o + \bar{g}_{T_o} - \bar{g}^o \right) \quad (5.76)$$

(Çengel ve Boles,M,1996)

5.2.5 Ekserji Kaybı ve Yıkımı (Yok Olması)

Bir termodinamik analizde ilk adım sistemi ve kontrol hacmini tanımlamaktır. Sistem tanımı ekserji analizinde özellikle önemlidir çünkü sınırın seçimi ısı transferi etkilerinin ekserji yokolumunu “ E_D ” yoksa ekserji kaybını “ E_L ” olarak ele alınacağını belirler.

Ekserji dengesi şu şekilde kurulur;

Giren ekserji = Çıkan ekserji + Ekserji yok olumu + Ekserji kaybı

şeklindedir. Ekserji kaybının ve ekserji yokolumunun toplamı daima sabittir.

Kaybedilen ekserji akısı E_k , incelenen elemandan başka bir sisteme transfer edilen ekserji akısı E_L ile eleman içinde tersinmezlikler nedeniyle tüketilen ve başka hiçbir yerde kullanılmayan ekserji akısı E_D 'nin toplamıdır.

$$E_k = E_D + E_L \quad (5.77)$$

$\dot{E}_D$ ekserji yok olumu ve $\dot{E}_L$ ekserji kaybı oranlarının değerleri sistemin termodinamik verimi ile ilgili bir ölçüt getirirler. Bu ölçütlere dayanarak ekserji kayıp oranları (y) hesaplanabilir.

Bir sistem bileşenindeki ekserji kayıp oranı sisteme sağlanan toplam ekserji kayıp oranı ile karşılaştırılabilir.

Herhangi bir ünite veya elemanda yok olan ekserjinin sistemin tümünde yok edilen ekserjiye oranı (y_k), ele alınan bileşenin sistemin kayıp ekserji oranını gösterir.

$$y_k = \frac{E_k}{\Sigma E_k} \quad (5.78)$$

5.2.6 Ekserji Maliyeti

Masrafların seneden seneye değişiminden dolayı termoekonomik inceleme sırasında maliyetlerin bir değere getirilmesi yaklaşımına gidilir.

Geleneksel ekonomik analizde sistemin geneli için maliyet dengesi formüle edilir.

$$\dot{C}_{P,tot} = \dot{C}_{F,tot} + \dot{Z}_{tot}^{CI} + \dot{Z}_{tot}^{OM} \quad (5.79)$$

Sistemin ürününün maliyet oranı ($\dot{C}_P$), ürünü oluşturmak için olan yakıt maliyeti oranı ($\dot{C}_F$) ve ilk yatırım maliyeti ile ilgili maliyet oranının ($\dot{Z}^{CI}$) ve işletme ve bakım maliyet oranları ($\dot{Z}^{OM}$) toplamına eşit olması maliyet dengesi olarak ifade edilir.

$\dot{C}$ ekserji akışı ile ilgili masraf oranını belirtirken $\dot{Z}$ geri kalan bütün maliyetleri belirtir.

Durağan durumdaki bir sistem işlerken bir takım çevre ile ısı ve iş etkileşimi ve maddi akışların giriş çıkışı olabilir. Bu madde ve enerji transferlerine uygun olarak sistem içindeki tersinmezliklerden kaynaklanan ekserji yok olumu oluşur. Ekserji ölçümleri bu gibi etkiler için gerçek termodinamik değerler olduğundan termal sistemlerde maliyetleri belirlemede ekserjinin kullanımı anlamlıdır. Aslında termoekonomi bu gibi termal sistemlerdeki verimsizlikler ve çevre ile etkileşimler ile oluşan masraflar ile ilgili gerçekçi baz oluşturan tek ifadenin ekserji olduğu tezini savunur. Bu yaklaşıma ekserji maliyeti adını veriyoruz.

Çevresiyle ısı, iş veya madde alışverişinde bulunan sistemlerde yok edilen ekserji verim kaybına yol açar. Kaybolan birim ekserji akısının fiyatı, yani ekserji akısının maliyeti $\dot{C}$, birim ekserji maliyeti c ile ekserji akısının çarpımıdır.

$$\dot{C} = cxE = cx\dot{m}xe \quad (5.80)$$

Ekserji maliyeti genellikle her bir eleman için ayrı olarak formülize edilmiş masraf dengesini içerir. Bir sistemdeki elemanın masraf dengesi giren bütün ekserji akışlarının masraf toplamının çıkan bütün ekserji akışlarının masraf toplamı ile ilk yatırım maliyeti ve işletme ve bakım maliyetinin toplamına eşit olması şeklinde oluşturulur. Son iki terimin toplamı $\dot{Z}$ ile ifade edilir. Buna göre ısı transferi olan ve güç elde eden bir ekipman için,

$$\sum_e \dot{C}_e + \dot{C}_w = \dot{C}_q + \sum_i \dot{C}_i + \dot{Z} \quad (5.81)$$

eşitliği yazılır.

Bu ifade basitçe çıkan ekserji akışlarının toplam masrafının bunları elde etmek için toplam harcamaya eşit olduğunu ifade eder.

Bir sisteme güç girişi olup ısı transferi elde edildiği durumda güç ile ilgili ifade denklemin sol tarafına geçer. Bu durumda eşitlik şu şekilde yazılır;

$$\sum_e \left(\dot{C}_e \dot{E}_e \right) + \dot{C}_w \dot{W} = c_q \dot{E}_q + \sum_i \left(\dot{C}_i \dot{E}_i \right) + \dot{Z} \quad (5.82)$$

Ekipmana giren ve çıkan ekserji oranları bir önceki aşamada oluşan ekserji analizi ile elde edilir. $\dot{Z}$ ekipman ile ilgili ilk yatırım ve bakım işletme maliyetini kapsayan ve sistemin işletme süresince birim zaman başına bu maliyetlerin bir değere getirilmiş parasal gideridir. Bu değer (Z) yıllık çalışma süresi sistem ömrü, faiz, eskalasyon gibi ekonomik parametrelerin fonksiyonudur.

Birim ekserji akısının maliyeti c , bu akımı oluşturmak için harcanan paradır. Bir üniteden elde edilmek istenen o ünitenin ürünü ve bu ürünü elde etmek için harcananlar da yakıt olarak tanımlanır. Bir ünitenin yakıtı başka bir üniteden gelen bir akımsa, bunun parasal değeri her iki ünite için de aynıdır. Bir üniteye iki veya daha fazla sayıda akım varsa bunların fiyatları akımların ekserjileri farklı olsa da eşit olur. Bir dış akımın taşıdığı ekserjinin tutarı çıktığı üniteye mal edilir. Bir bileşendeki masraf kaynağı iki katogoride sınıflandırılabilir. İlki ekserji dışı masrafları içerir (ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyetleri gibi), ikincisi ekserji yok olumu ve ekserji kaybını içerir. Bir bileşenin performansını artırırken her iki katogorinin de etkisini bilmek önemlidir, böylece üniteyi değerlendirirken bunlardan hangisinin ekserji akımı maliyetinin daha ağırlıklı olduğunu bilmek, iyileştirmenin yapılabilmesi için nereye odaklanılması gerektiğini gösterir. Ekserjiekonomik faktör bu olanağı sağlar. Bu değerlendirme ölçütü termoeekonomik (ekserjiekonomik) faktör f şu şekilde tanımlanır,

$$f = \frac{Z}{Z + c_F E_K} \quad (5.83)$$

Temel elemanlardan biri için hesaplanan ekserjiekonomik faktörün küçük bir değerde olması ilgili elemanın veriminin arttırılması ile elemanın ilk yatırım maliyeti yükselse bile bütün sistemde para tasarrufu yapılabileceğini (ekserji yokolumunu azaltarak) mümkün olacağına ifade eder. Buna göre, yatırım ve işletme masraflarını arttırmak pahasına da olsa yüksek verimli donanımlar kullanılmalıdır.

Öbür taraftan ekserjiekonomik faktörün büyük değerde olması elemanın ilk yatırım maliyetinin ekserjik verimliliğine göre fazla olduğunu ifade eder. f 'nin nisbeten büyük değeri, ele alınan ünitenin parasal giderlerinin ağırlıklı olarak yatırım, işletme masraflarından kaynaklandığını gösterir. Ünitenin veriminin yükseltilmeye çalışılması, örneğin ısı geçişinde sıcaklık farkını azaltmak amacıyla yüzeyini büyütme yada verimi yüksek olan daha pahalı donanım kullanmak pek de gerçekçi olmayacaktır. Ekserjiekonomik faktörün tipik değerleri eleman tipine göre farklılık gösterir. Örneğin, ısı değiştiricileri için %55, kompresörler ve türbinler için %35 ile %75 arası ve pompalar için %70 gibi.

(Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

5.2.7 Termoekonomik (Ekserjiekonomik) Analiz ve Değerlendirme

Termoekonomi ekserji analizi ile ekonomiyi birleştiren bir mühendislik dalıdır. Sistem dizaynı için önemli olan ancak klasik enerji analizi veya ekonomik yöntemler ile incelenemeyen konularda bilgi verir. Termoekonomiyi ekserji destekli masraf minimasyonu olarak ele alabiliriz. Termoekonomi ekserji konseptine dayandığı için ekserji analizi ve ekonominin bileşimini belirtmek için ekserjiekonomi terimi de kullanılabilir.

Sistemin termodinamik incelenmesi esnasında ekserji yok olumu ve ekserji kaybı gibi sistemin verimi ile ilgili ölçüt getiren tanımlar oluşturulmuştur ancak çoğu zaman verimsizliklerin ne kadar mal olduğu bilinmek istenir. Bu giderler ile ilgili bilgi sahibi olmak sistemin pahasal verimini arttırmak için oldukça kullanışlıdır. Bu üretilen ürünün maliyetinin azalması manasına gelir.

Ek olarak eğer bir sistem birden çok ürüne sahipse her bir ürünün ayrı ayrı maliyeti bilinmek istenir. Bu bir tesisatın çeşitli bölümlerinde elektrik gücünün, ısıtma suyunun, vb. ürün olarak üretilmesi ve diğer bölümlere aktarılması sebebi ile ciddi bir problemdir. Her bir bölümde üretilen maddeler ile ilgili gerçek tutarlar bilinmek istenir. Böylece son ürünlerin masrafı bulunur.

Buna göre termoekonomik analizin amacı (a) sistem tarafından birden fazla üretilen ürünlerin her birinin masraflarını hesaplamak (b) sistemdeki masrafların akışını belirlemek ve masraf dağılım sistemini benimsemek (c) tek bir bileşendeki belirli değişkenleri optimize etmek (d) sistem genelini optimize etmektir.

Masrafların seneden seneye değişiminden dolayı termoekonomik inceleme sırasında masrafların bir değere getirilmesi yaklaşımına gidilir.

Bir sistemin detaylı termoekonomik iyileştirmesi analizinde

- Ekserjik verimler
- Ekserji yokolumunu ve ekserji kayıpları
- Ekserji yok olum yüzdesi ve ekserji kayıp yüzdesi
- İlk yatırım maliyetleri ve işletme giderleri
- Ekserji yokolumunun parasal oranı
- Relatif parasal farkı
- Ekserjiekonomik faktörü

hesaplanır.

Bir kaç elemandan oluşan termal sistemin parasal veriminin artırılması için aşağıdaki metodoloji kullanılabilir;

- Parasal öneme göre bütün elemanları azalan sıraya göre sıralanması ($Z + C$ değerleri)
- Bu toplamı yüksek olan elemanlar için dizayn değişikliğinin göze alınması
- Yüksek relatif parasal farka sahip elemanlara özellikle $Z+C$ toplamı yüksekse özel önem gösterilmesi
- Elemanın asıl parasal giderinin ekserji yokolumundan mı yoksa ilk yatırım maliyetinden mi kaynaklandığının ekserjiekonomik faktörün değerine göre tespit edilmesi
- Ekserji yokolumunu arttıran ancak diğer elemanların ilk yatırım maliyetlerini ve yakıt harcamalarını azaltmaya yönelik bir faydası olmayan elemanları sistemden çıkarmanın göze alınması
- Nispeten düşük ekserjetik verime sahip veya nispeten yüksek ekserji yokolum oranı, ekserji kaybı oranı olan elemanların ekserjetik verimlerinin artırılması

Bu metodu uygularken termoekonomik değişkenlerin değerlerinin ısı değiştirgeçleri, kompresör, türbin, pompa, kimyasal reaktör ve dahası gibi eleman tipine dayandığına dikkat edilmelidir. Buna göre bir değer yüksek veya düşük olması ancak benzer elemanlar karşılaştırıldığı zaman mana ifade eder. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

6. UYGULAMA

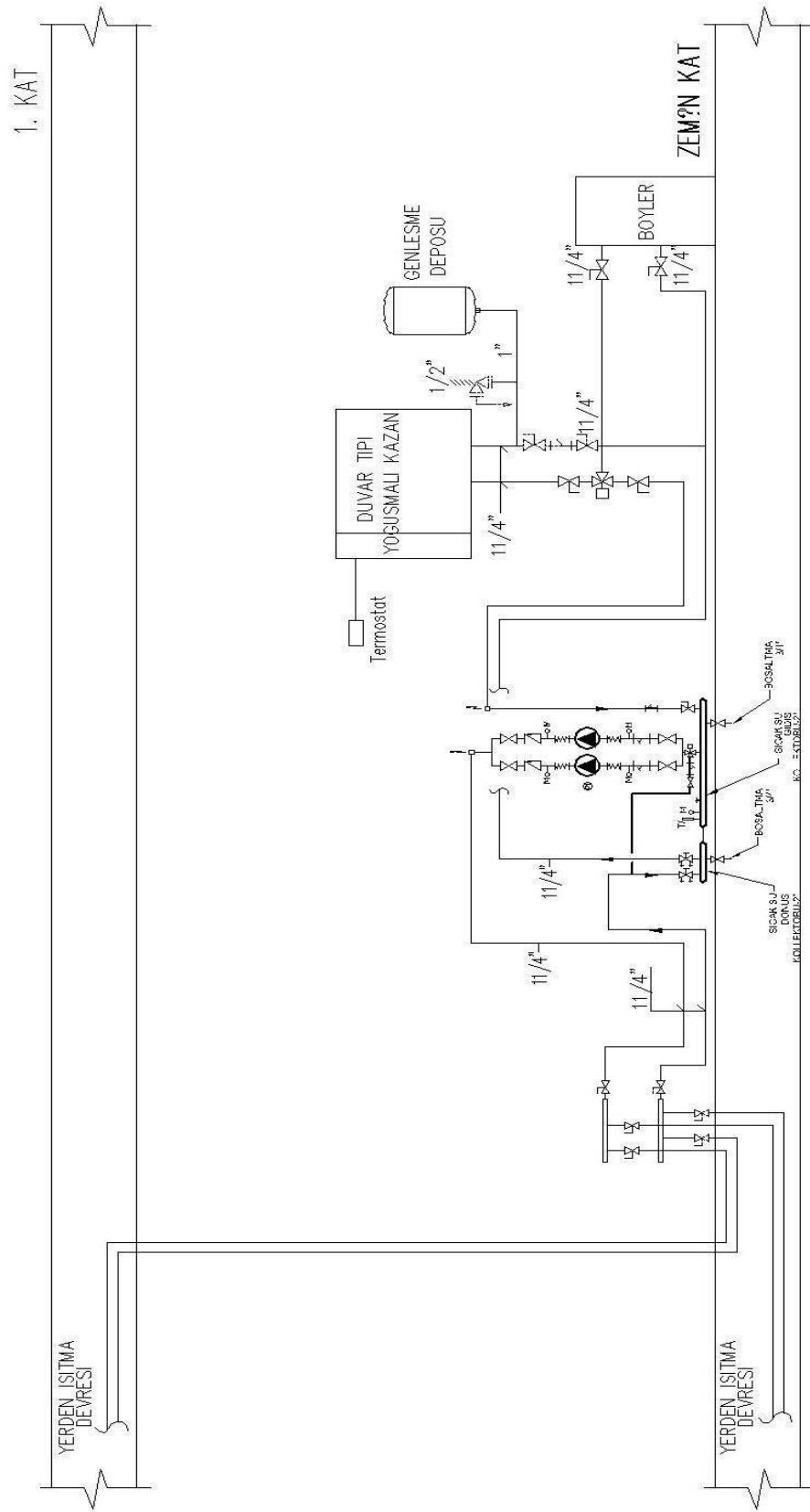
Proje konusu olan konut 196m² çatı alanlı, 142m² zemin kat ve 113m² birinci kattan oluşan iki katlı bir villadır. Konut projesi Antalya ili için hesaplanmış olup, ayrık nizamda ve serbest konumda kabul edilmiştir. Isı kaybı olan her saat sistemde ısıtma yapılmıştır. Isıtma ihtiyacını karşılamak üzere yerden ısıtma sistemi düşünülmüştür. Ek3’de sözkonusu proje mimarisi ve mekanik tesisat uygulama projesi verilmektedir. Antalya ili için toprak sıcaklığı 10°C kabul edilmiştir.

Isı kaybı hesapları için gerekli kabuller TMMOB (14. Baskı, 2000) kalorifer tesisatı proje hazırlama esasları adlı kitaptan alınmıştır.

Binanın müstakil bir kazan dairesi bulunmaktadır. Bina ısıtması için iki alternatif sistem düşünülmüştür. Birinci alternatif sistemde tek başına bir yoğuşmalı kazan kullanılarak ısıtma ihtiyacının karşılanması şeklindedir. Klasik bina ısıtmalarında olduğu gibi ısı ihtiyacı olduğu saatlerde yoğuşmalı kazan devreye girer ve sistemi besler. İkinci alternatif ise güneş enerjisi sistemine yoğuşmalı kazan takviyeli sistem şeklinde düşünülmüştür. Isıtma güneşin yeterli olduğu zamanlarda güneş kolektörleri ve güneş enerjisi akümülayon tankı vasıtası ile sağlanacaktır. Aynı zamanda güneşin yeterli olduğu zamanlarda güneş kolektörleri güneş enerjisini depolayabileceğimiz küresel bir su deposunu besleyecektir. Güneşin yeterli olmadığı zamanlarda ise öncelikli olarak küresel su deposu içindeki depo edilmiş enerjiden direk ısıtma ihtiyacı karşılanacaktır. Daha sonra depo besleme hattındaki su sıcaklığı yerden ısıtma sistemi için gerekli olan sıcaklığın altına düştüğünde depo edilmiş enerjiden ısı pompası vasıtası ile faydalanılacaktır. Bu enerjide tükendiğinde ve halen güneş enerjisi yeterli değil ise yoğuşmalı kazan devreye girerek ısıtma ihtiyacı karşılanacaktır.

Sistemde kullanılacak tüm ekipmanların kapasiteleri, basınç kayıpları ve diğer özellikleri pik duruma göre hesaplanmış olup cihaz seçimleri bu doğrultuda yapılmıştır.

6.1 Sistem Şemaları



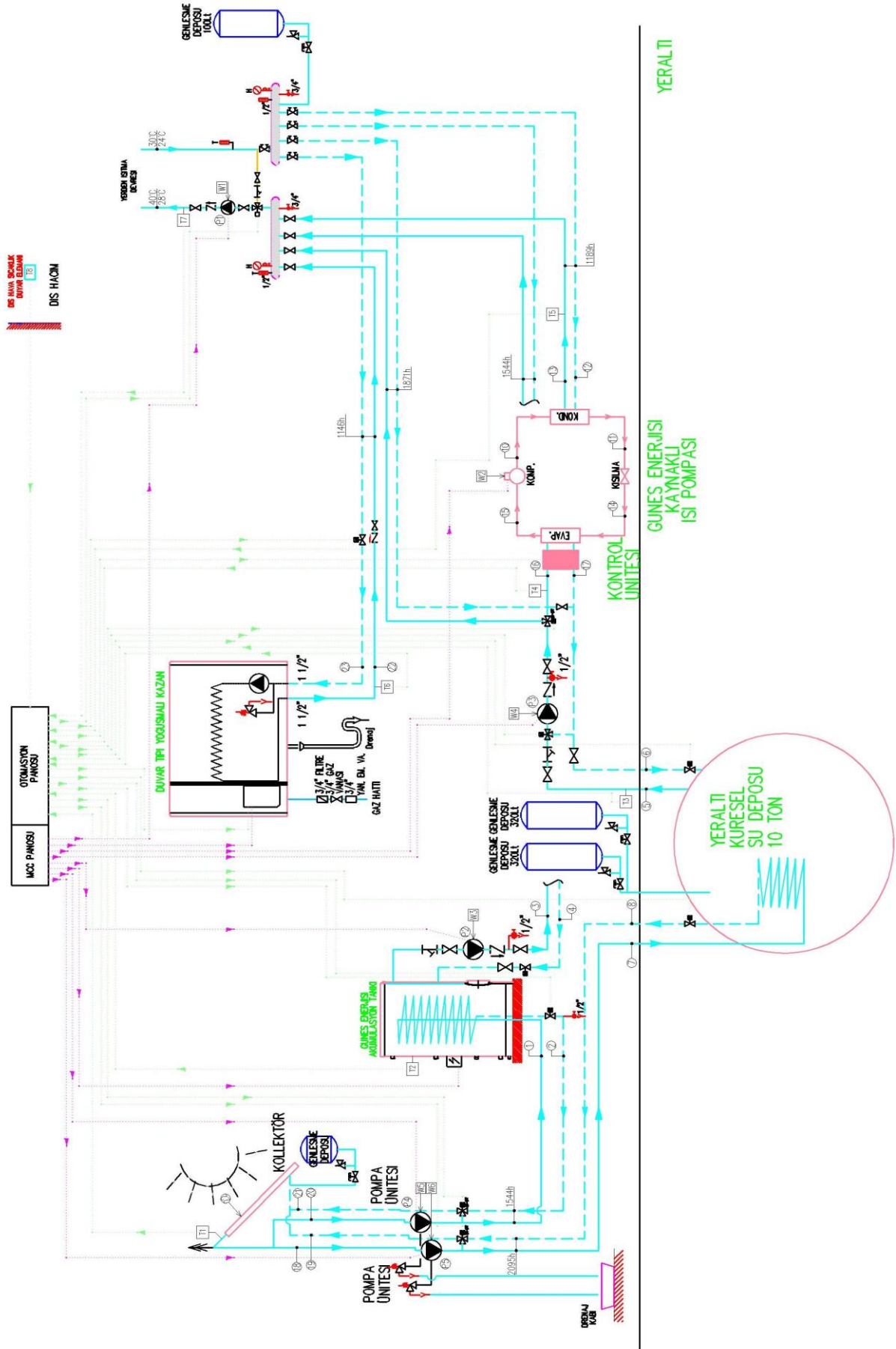
Şekil 6.1 Kazan sistemi prensip şeması

6.1.1 Yalnız Kazan Destekli Isıtma Sisteminin Açıklaması

Klasik bina ısıtma sistemlerinde olduğu gibi sisteme bina ısıtması için yoğuşmalı kazan, temizsu ısıtması için de boyler düşünülmüştür. Şekil 6.1’de sistemin prensip şeması görülmektedir. Bina içinde yerden ısıtma sistemi ile ısı kaybının karşılanacağı düşünülmüştür. Bu sistemde ısıtma ihtiyacı olduğu zamanlarda yoğuşmalı kazan devreye girer ve ısıtma sistemini besler. Bina temiz su ısıtma sistemi için yine kazan devresinden faydalanılabilir. Kazan besleme devresinde 3 yollu motorlu vana kullanılarak hem bina hemde temizsu ısıtmasının aynı devreden karşılanması sağlanmıştır. Kazan boyler öncelikli çalışmaktadır. Yani sıcak temizsu ihtiyacı olduğunda ısıtma devresi kesilip kazan boyleri besler. Diğer zamanlarda kazan ısıtma sistemini besler. Isıtma sistemi gidiş ve dönüş kollektörlerini besleyen ısıtma gidiş ve ısıtma dönüş hatları arasında 3 yollu motorlu vana kullanılarak primer devrede yüksek sıcaklıklara çıkabilme olanağı sağlanmıştır. Sekonder devrede ise yerden ısıtma sistemi olduğu için çalışma rejimi 40°C/30°C kabul edilmiştir.

Boyer için ayrı bir sirkülasyon pompası konulmamış yoğuşmalı kazanın içindeki pompa ile yetinilmiştir. Yoğuşmalı kazan içindeki pompa boyler devresini ve ısıtma gidiş ve dönüş kollektörlerine kadar olan devreyi sirküle edebilmektedir. Sistemde yerden ısıtma sistemini besleyen gidiş hattında ısıtma pompası kullanılmıştır.

Isıtma devresinde sudaki sıcaklığa bağlı genleşmeyi (sıcaklık arttıkça hacim artar) alabilmek üzere sistemde genleşme deposu kullanılmıştır. Genleşme deposu aynı zamanda sistemin güvenliğini ve sistemde basıncın yükselmemesini sağlamaktadır.



Şekil 6.2 Güneş enerjisi kaynaklı ve ısı pompası destekli ısıtma sistemi prensip şeması

6.1.2 Güneş Enerjisi Kaynaklı ve Isı Pompası Destekli Isıtma Sisteminin Açıklaması

Sistemde bina ısıtması için güneş kolektörleri, güneş enerjisi akümülayon tankı, güneş enerjisi depolama için bir adet küresel su deposu, güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası ve yoğuşmalı kazan kullanılmıştır. Şekil 6.2’de sistemin prensip şeması görülmektedir.

Bina içinde yerden ısıtma sistemi ile ısı kaybının karşılanacağı düşünülmüştür. Güneş enerjisi akümülayon tankı aynı zamanda bina temiz su ısıtması için de kullanılabilir.

Sistemde yerden ısıtma sistemini besleyen gidiş hattında ısıtma pompası kullanılmıştır. Kazan besleme devresi için ayrı bir sirkülayon pompası konulmamış yoğuşmalı kazanın devresindeki pompa ile yetinilmiştir. Yoğuşmalı kazan devresindeki pompa, ısıtma gidiş ve dönüş kolektörlerine kadar olan devreyi sirküle edebilmektedir. Güneş kolektörleri besleme hatlarında pompa kullanılmıştır. Bu pompalar kolektörden akümülayon tankına ve kolektörden küresel su deposuna kadar olan primer devreleri sirküle etmektedir. Güneş enerjisi akümülayon tankı besleme hattında pompa kullanılarak akümülayon tankından sisteme kadar olan devrenin sirkülayonu sağlanmıştır. Aynı şekilde güneş enerjisi küresel su deposu basma hattında kullanılan pompa ile depodan sisteme kadar olan su sirkülayonu sağlanmıştır.

Isıtma devresinde sudaki sıcaklığa bağlı genleşmeyi (sıcaklık arttıkça hacim artar) alabilmek üzere sistemde ihtiyaç duyulan noktalarda genleşme deposu kullanılmıştır. Genleşme deposu aynı zamanda sistemin güvenliğini ve sistemde basıncın yükselmemesini sağlamaktadır.

Şekil 6.2’den de görüldüğü gibi sistemde çeşitli noktalarda sıcaklık değerleri ölçülmektedir. Bu değerler aşağıda sıralandığı gibidir. Ayrıca sistemde kullanılan pompalar da aşağıda sıralanmıştır.

T₁: Güneş kolektörü sıcaklık değeri

T₂: Güneş enerjisi akümülayon tankı içindeki su sıcaklık değeri

T₃: Güneş enerjisi küresel su deposu içindeki su sıcaklık değeri

T₄: Isı pompası giriş hattı sıcaklık değeri

T₅: Isı pompası çıkış hattı sıcaklık değeri

T₆: Kazan besleme gidiş hattı sıcaklık değeri

T₇: Yerden ısıtma sistemi gidiş hattı sıcaklık değeri

T₈: Dış hava sıcaklık değeri

P₁: Yerden ısıtma sistemi besleme pompası

P₂: Akümülayon tankı ısıtma sistemi besleme pompası

P₃: Küresel su deposu ısıtma sistemi besleme pompası

P₄: Güneş kollektörü akümülayon tankı ısıtma pompası

P₅: Güneş kollektörü depo ısıtma pompası

Bu sıcaklık ölçümleri doğrultusunda sistem şu şekilde çalışmaktadır. Güneş kollektörüne düşen güneş enerjisi yeterli durumda iken güneş kollektörlerinden öncelikli olarak güneş enerjisi akümülayon tankı ve aynı zamanda akümülayon tankından artan fazla enerji varsa ve depo dolu değilse küresel su deposu beslenecektir. Bu durum $T_1 > T_2$ ve $T_1 > T_3$ süresi boyunca devam etmektedir. $T_1 < T_2$ olduğunda yani güneş kollektörü akümülayon tankı besleme suyu sıcaklığı, akümülayon tankı içindeki su sıcaklığından küçük ise güneş enerjisi akümülayon tankı besleme pompa ünitesi P₄ devre dışı kalmaktadır. $T_1 < T_3$ olduğunda yani güneş kollektörü depo besleme suyu sıcaklığı, küresel su deposu içindeki su sıcaklığından küçük ise güneş enerjisi depo besleme pompa ünitesi P₅ devre dışı kalmaktadır. Ayrıca kollektör besleme hatlarına yerleştirilen 3 yollu motorlu vanalar ile sistemde ihtiyaç olmadığı zamanlarda kollektör devresinde yüksek sıcaklıklara çıkılmasını engellemek için kendi içinde sirkülasyon yapılması sağlanmaktadır. Sistemde kollektör alanı kış aylarında ısıtma yapmayı sağlamak amacıyla belirlenmiştir. Bu yüzden yaz aylarında sistemin aşırı ısınmasından dolayı sistem içindeki suyun buhar fazına geçmesini engellemek için bir takım önlemler alınması gerekmektedir.

Akümülayon tankı içinde değişken sıcaklıkta su bulunmaktadır. Kollektör su sıcaklığı o andaki akümülayon tankı içindeki sıcaklığın üzerine çıktığı zaman kollektör akümülayon tankı besleme pompası P₄ devreye girer. Depo içindeki su sıcaklığı değişkendir. Depo içindeki su sıcaklığı başlangıçta 10°C'dir. Toprak sıcaklığı ile aynıdır ve bu enerjiden faydalanılmamaktadır. Deponun içindeki sıcaklık özellikle yaz aylarında 90°C mertebelerine kadar çıkarılabilir. Kollektör sıcaklığı o andaki depo içindeki su sıcaklığının üzerinde olduğu zaman kollektör depo besleme pompası P₅ çalışmaya başlar. Kollektör sıcaklığı 120°C mertebelerine ulaşana kadar her iki pompa da çalışabilir. Ayrıca akümülayon tankının hem primer, hemde sekonder devresine yerleştirilen 2 yollu motorlu vanalar ile bu devrelerin çalışmadığı zamanlarda akümülayon tankı içindeki suyu soğutması engellenmiştir. Bu devrelerde sirkülasyon olmadığı zamanlarda 2 yollu motorlu vanalar kapatmaktadır.

Sistemde ısıtma ihtiyacı öncelikli olarak akümülayon tankından sağlanacaktır. Güneş enerjisi

varsa, kollektör akümülayon tankı pompası P_4 çalışmaya başlar ve akümülayon tankı içindeki su sıcaklığı ısıtma sistemini beslemek için yeterli ise akümülayon tankı pompası P_2 devreye girer ve sistemi beslemeye başlar. Bu durum $T_2 < T_7$ olana dek devam eder. Yani akümülayon tankı içindeki su sıcaklığı yerden ısıtma sistemi gidiş suyu sıcaklığından küçük olduğu zaman akümülayon tankı pompası P_2 devre dışı kalacaktır. Akümülayon tankı besleme hattı sıcaklığı yerden ısıtma sistemi besleme hattı sıcaklığına göre değişkenlik gösterir. Bu sıcaklık değeri de dış hava sıcaklığına ve ısı kaybına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Akümülayon tankı devre dışı kalmış ve güneş enerjisi yeterli değil ise küresel su deposu içinde depolanan enerjiden faydalanılmaktadır. Depo içinde yüksek sıcaklıkta su var ise bu enerjiden sistem direk beslenerek faydalanılabilir. Bu durum depo içindeki sıcaklık belli bir değerin altına düşene dek devam eder. Eğer depo içindeki su sıcaklığı yani T_3 değeri o andaki yerden ısıtma sistemi gidiş suyu sıcaklığının altına düşmeye başlar ise o zaman depo artık sistemi direk besleyemez, ısı pompası desteği ile besleyebilir. Depo sistem besleme hattı ile depo ısı pompası besleme hattı arasına yerleştirilen 3 yollu motorlu vana ile devrelerden birinin çalışmasına izin verilir. Yani depodaki enerji yeterli olduğu süre boyunca 3 yollu motorlu vana ile deponun direk besleme hattına yol verilir. Depodaki enerji yeterli değilse motorlu vana direk besleme hattını kapatır, ısı pompası hattına yol verir. Ayrıca küresel su deposunun hem primer, hemde sekonder devresine yerleştirilen 2 yollu motorlu vanalar ile bu devrelerin çalışmadığı zamanlarda depo içindeki suyu soğutması engellenmiştir. Bu devrelerde sirkülasyon olmadığı zamanlarda 2 yollu motorlu vanalar kapatmaktadır. Depo direk besleme hattı maksimum ısı yükünde $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ çalışma rejiminde çalıştırılabilir. Depo direk besleme hattı yerden ısıtma sistemi besleme hattı sıcaklığına göre değişkenlik gösterir. Bu sıcaklık değeri de dış hava sıcaklığına ve ısı kaybına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

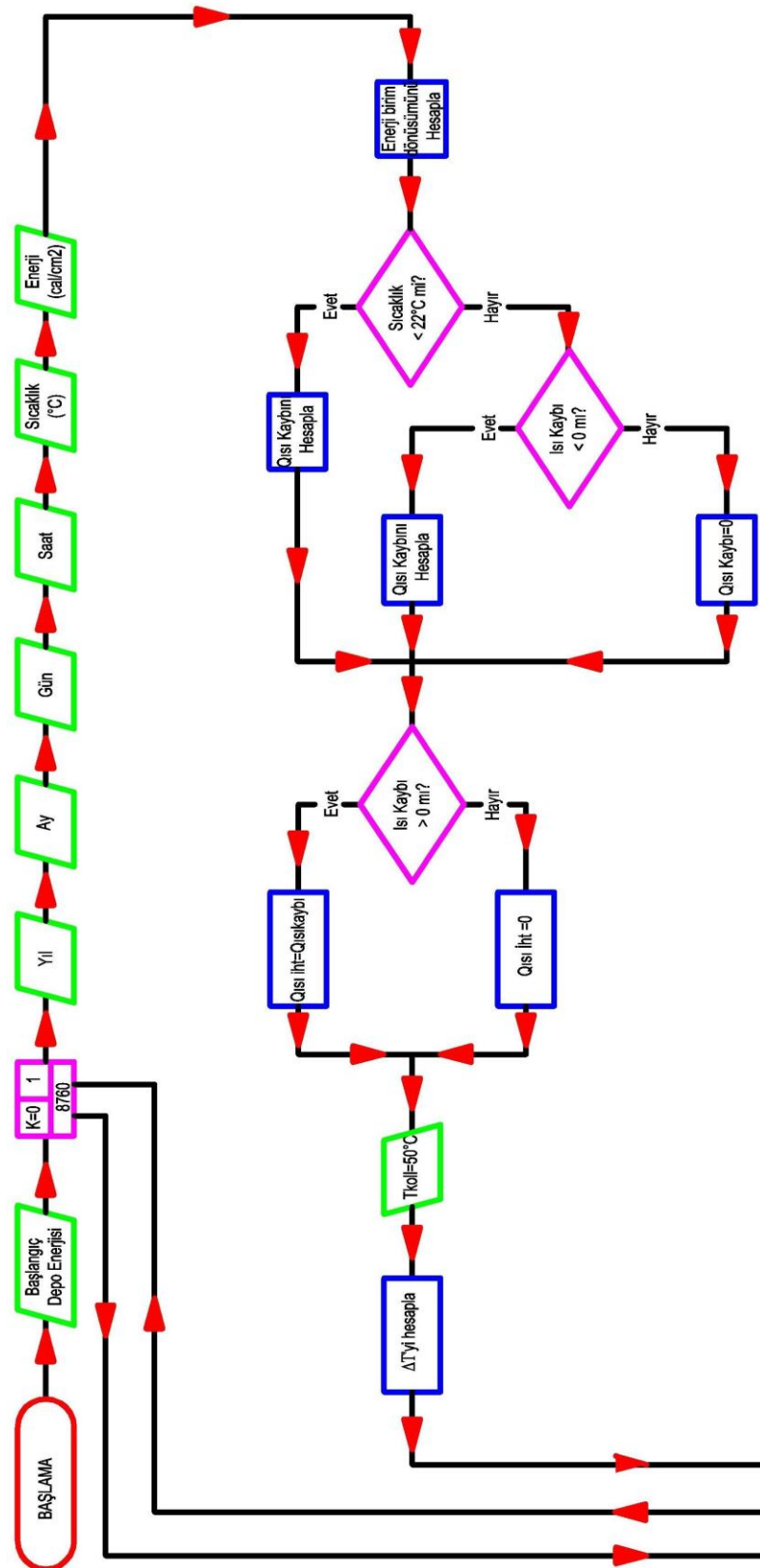
Isı pompası girişinde maksimum 25°C , minimum 10°C 'de su girişine izin verilir. Bu yüzden ısı pompası besleme hattında P_3 pompadan önce yerleştirilen 3 yollu motorlu vana ile gidiş ve dönüş hatları arasında karışım yapılarak istenilen giriş suyu sıcaklığı elde edilir. Bu şekilde depodan alınan düşük sıcaktaki sudan ısı pompası vasıtası ile yüksek sıcaklıkta su elde edilmiş olur. Isı pompası girişinde su rejimi aralığı $\Delta T = 4^\circ\text{C}$ 'de çalışmaktadır. Isı pompasının devrede kalması $T_7 > T_5$ olması durumuna kadar devam eder. Yani ısı pompası sistem besleme suyu sıcaklığı yerden ısıtma sistem gidiş suyu sıcaklığından küçük olduğu zaman ısı pompası besleme hattı devre dışı kalacaktır. Isı pompası sistem besleme hattı yerden ısıtma sistemi

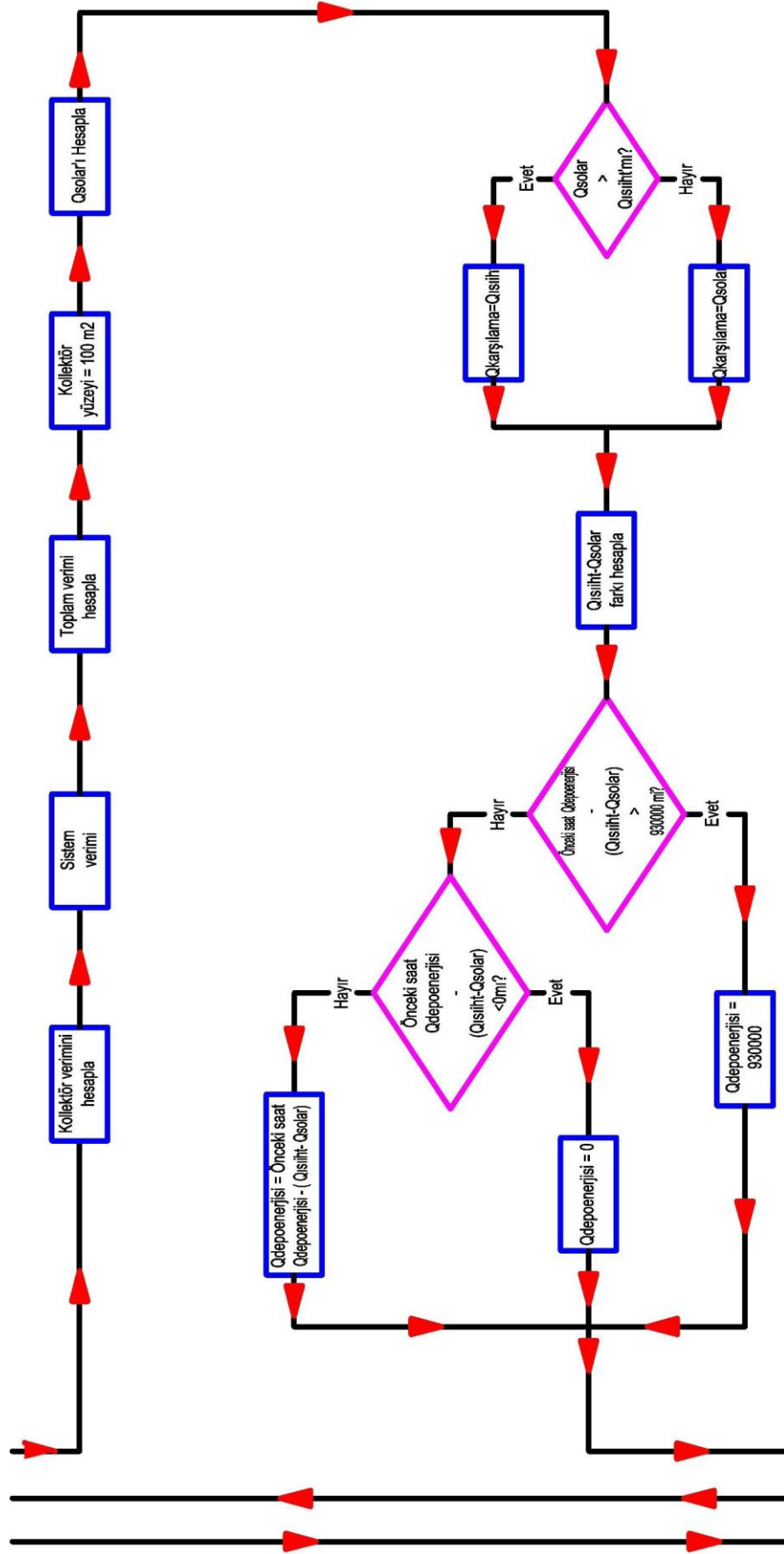
besleme hattı sıcaklığına göre değişkenlik gösterir. Bu sıcaklık değeri de dış hava sıcaklığına ve ısı kaybına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Isı pompası çıkış sıcaklığı maksimum 55°C olabilmektedir.

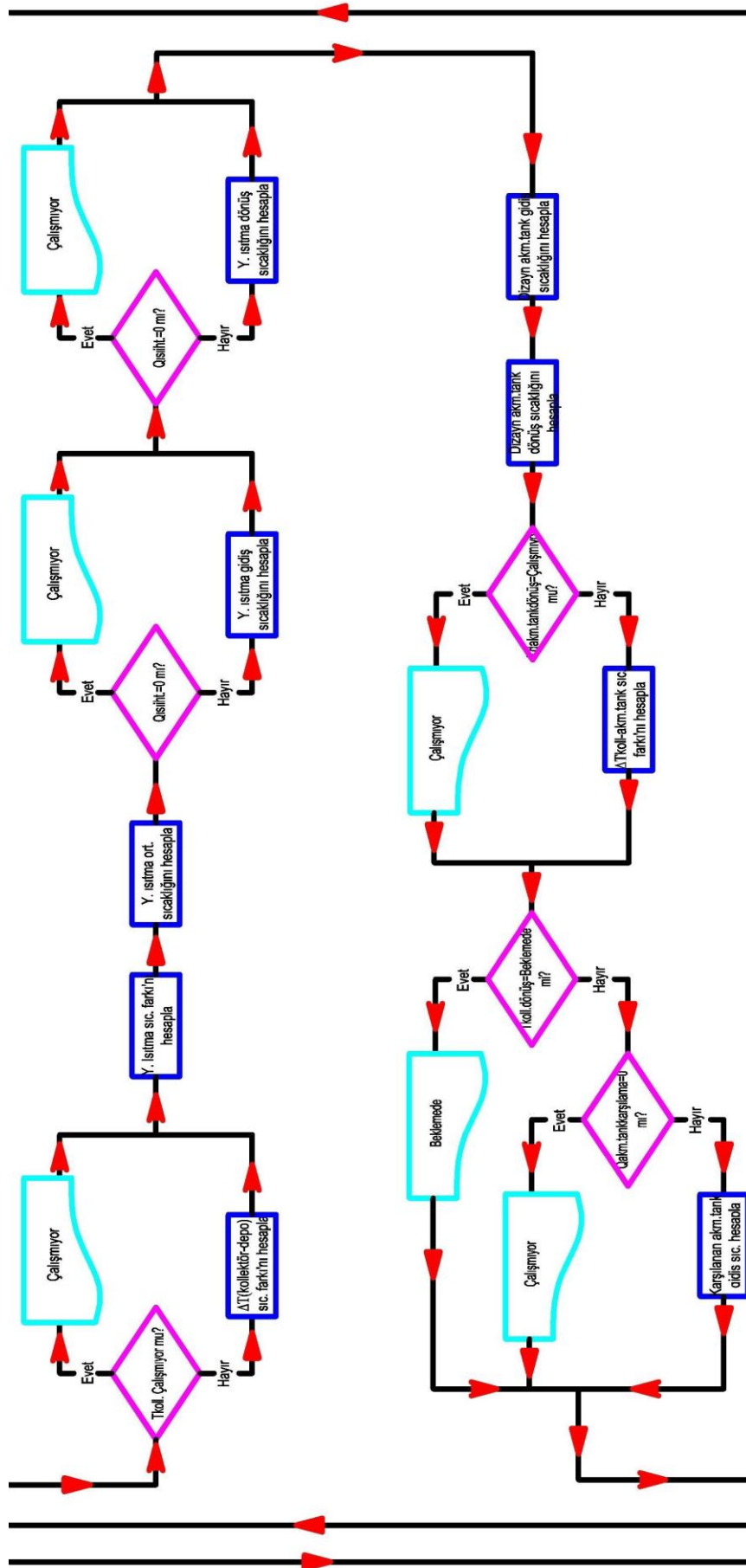
Eğer hem güneş yetersiz hemde güneşten depo ettiğimiz enerji tükenmiş ise o zaman yoğunlaşmalı kazan devreye girer ve direk ısıtma sistemini besler. Kazan devresine koyduğumuz 2 yollu motorlu vana ile bu devrenin çalışması veya devre dışı kalması sağlanır. Kazana ihtiyaç olmadığı zamanlarda 2 yollu motorlu vana kapatır. Kazan sistem besleme hattı sıcaklığı yerden ısıtma sistemi besleme hattı sıcaklığına göre değişkenlik gösterir. Kazan sistem besleme hattı T_6 sıcaklığı yerden ısıtma sistemi besleme hattı T_7 sıcaklığına eşit veya büyük olabilir.

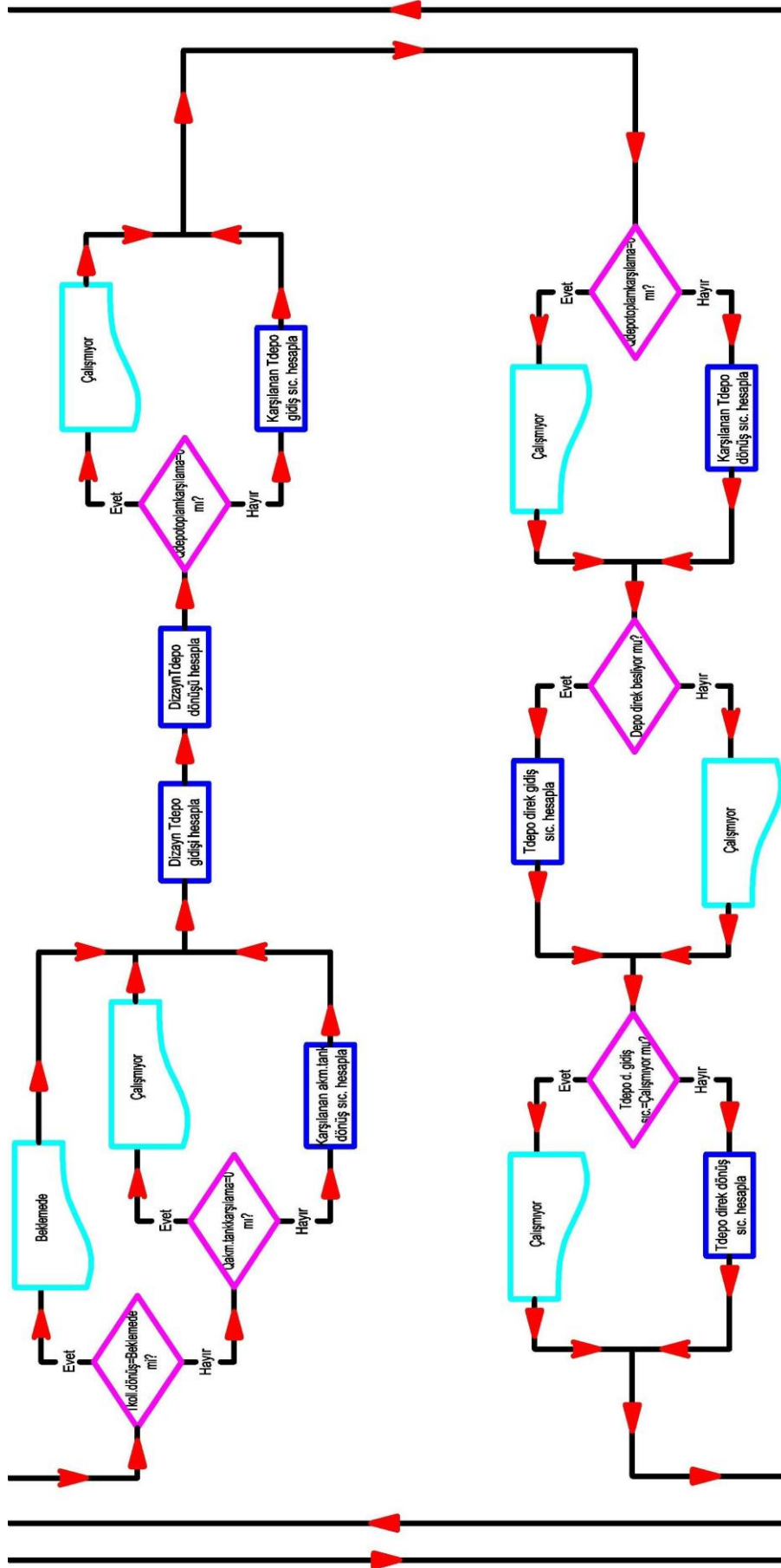
Yerden ısıtma sistemi için P_1 ısıtma pompası kullanılmıştır. Yerden ısıtma sisteminde pompadan önce ısıtma gidiş ve ısıtma dönüş hatları arasında üç yollu motorlu vana ile karışım yapılarak primer devrede yüksek sıcaklıklara çıkabilme olanağı sağlanmıştır. Kazan besleme hattı değişken çalışma rejimlerinde çalıştırılabilir. Primer devre yüksek sıcaklıklarda çalıştırılabilirken sekonder devre yani yerden ısıtma sistemi pik yükte 40/30°C çalışma rejiminde ve $\Delta T=10^\circ\text{C}$ sıcaklık farkında çalıştırılmaktadır. Yerden ısıtma sistemi çalışma sıcaklığı ve çalışma sıcaklık farkı dış sıcaklık ve ısı kaybına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dış sıcaklık arttıkça ΔT ve yerden ısıtma gidiş suyu sıcaklığı düşmektedir. Dolayısıyla yerden ısıtma sistemi gidiş ve dönüş suyu sıcaklıkları dış sıcaklık ve ısı kaybına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Tüm ekipmanların besleme hatlarında gidiş ve dönüş suyu sıcaklıkları da yerden ısıtma sisteminde o andaki ihtiyaç duyulan sıcaklığa göre devreye girip çıkmakta ve buna göre çalışmaktadır.

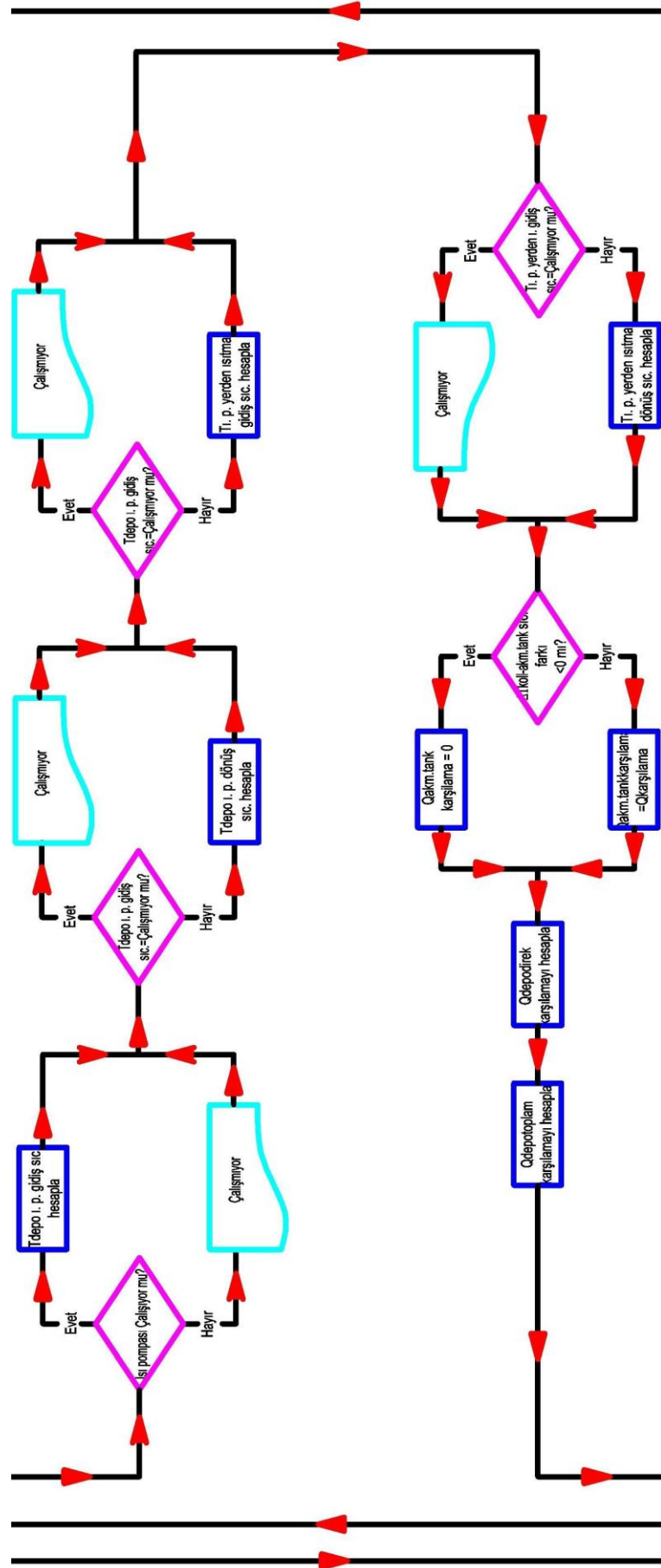
Otomasyon için sistemde bir otomasyon panosu birde mcc güç panosu bulunmaktadır. Tüm sıcaklık değerleri bilgileri otomasyon panosuna gider. Gelen bu değerlere göre otomasyon panosundan tüm motorlu vanalara aç kapa bilgileri gider. Aynı zamanda mcc panosu da pompalara güç beslemesini açar yada kapatır.

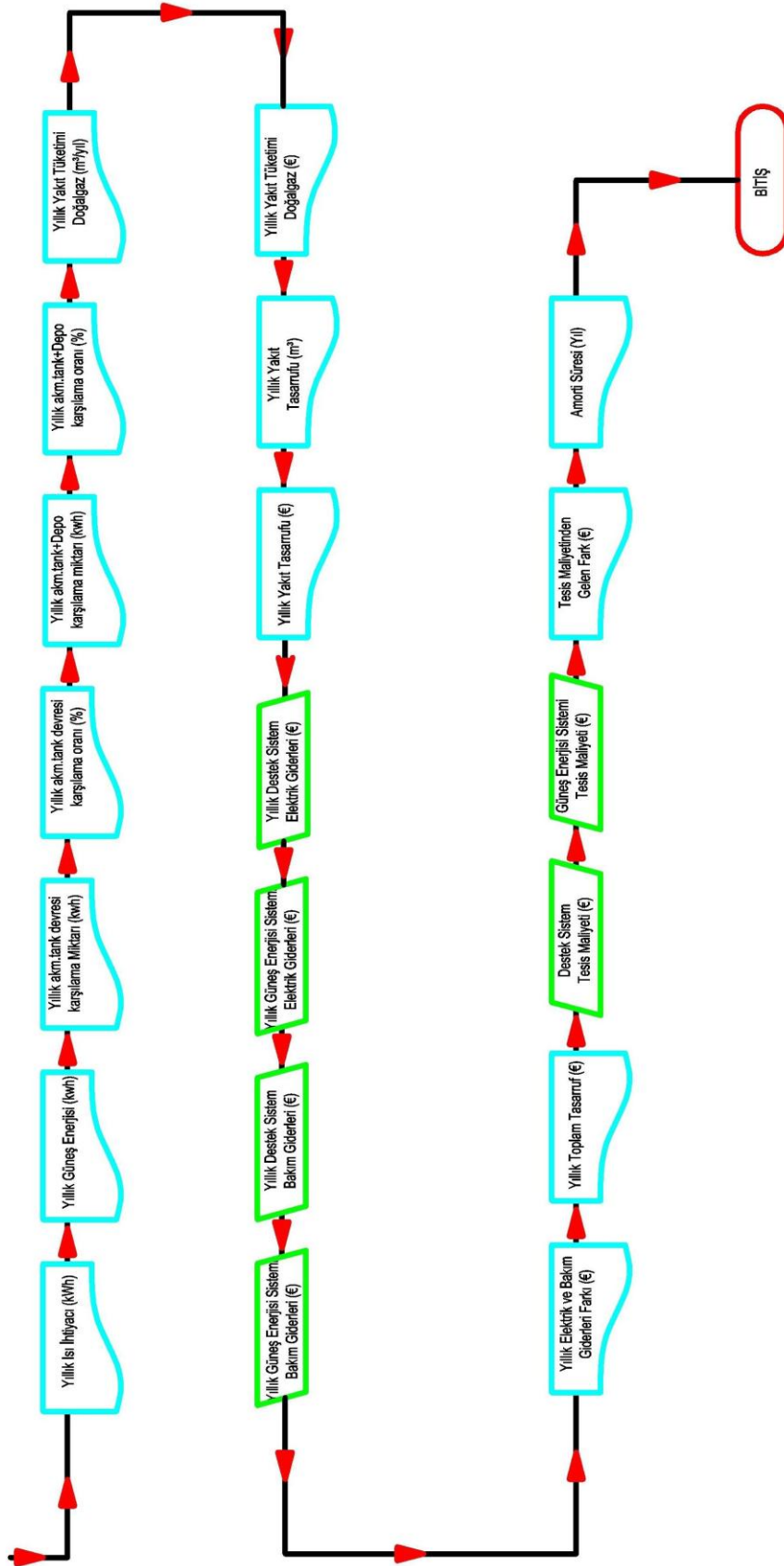












Enerji analiz modeli yukarıdaki akım şemasında gösterildiği şekilde çalışmaktadır. İstenen değerlerin hesaplanabilmesi için belirtilen komutlar girilir.

7.2 Enerji Analizi Modelinin Açıklanması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar

Hazırlanan programdaki tüm veriler ve hesaplar Antalya ili baz alınarak yapılmıştır.

Öncelikle binanın ısı kaybı hesabı MMO (14. Baskı, 2000) ısı kaybı hesabı çizelgesine uygun olarak hazırlanmıştır. Burada sıcaklık değişken olarak formülize edilmiştir. Böylece dış sıcaklık değerleri değiştirildiği zaman program otomatik olarak ısı kaybını hesaplamaktadır.

Buradan enerji ve ekserji analizi programı oluşturulmuştur. DMİ'den (Devlet Meteoroloji İşleri ile karşılıklı görüşme) 2005 yılına ait; yılın her ayı, her günü, her saati için ölçülmüş olan güneş radyasyon değerleri ve saatlik dış sıcaklık değerleri alınmıştır. Bu değerler tek tek programa girilmiştir. Bundan sonraki tüm hesapları program otomatik olarak hesaplamaktadır. Programın hesaplama yöntemi aşağıda açıklanmıştır. Programı başlatmak için komutlar aşağıdaki gibidir.

Yıl: Yılı gir.

Ay: Yıl içindeki tüm ayları gir.

Gün: Yıl içindeki tüm günleri gir.

Saat: Yıl içindeki tüm günlerin her saatini gir.

Sıcaklık-°C: Yıl içindeki her saatteki dış sıcaklık değerlerini gir.

Q_e (Enerji-cal/cm²): Yıl içindeki her saatteki güneşten gelen radyasyon değerlerini gir. Güneşten gelen radyasyon miktarları azimut ve eğim açılarıı içermektedir.

(Yukarıda belirtilen bu değerler K=0'dan K=8760'a kadar saatlik değerler şeklinde tek tek girilir. Buradan program enerji değeri için birim dönüşümü yapar. cal/cm² olan birimi Wh/m²'ye çevirir.)

Q_e (Enerji-Wh/m²): Program yıl içindeki her saatteki güneşten gelen radyasyon değerlerinin birim dönüşümünü yapar.

Q_{isi} (Isı kaybı-Wh): Yıl içindeki her saatteki dış sıcaklık değişimine göre ısı kaybı yaklaşık olarak formülize edilmiştir. Program yıl içindeki her saatteki dış sıcaklık değişimine göre ısı kaybı değerini hesaplar.

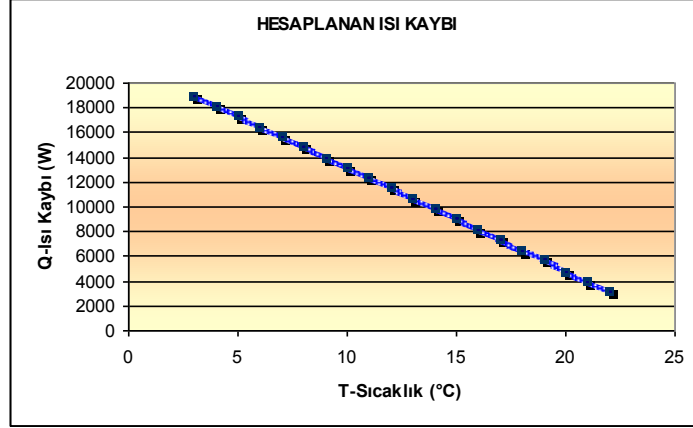
$$Q_{isi} = [(-0.04 \times T^2) - (720T) + 18456] / 0.86 \text{ (W)}$$

“Çizelge 7.1’de formülün çıkarılışında kullanılan tablo sunulmuştur.

Çizelge 7.1 Isı kaybı hesaplama formülünün oluşturulma çizelgesi

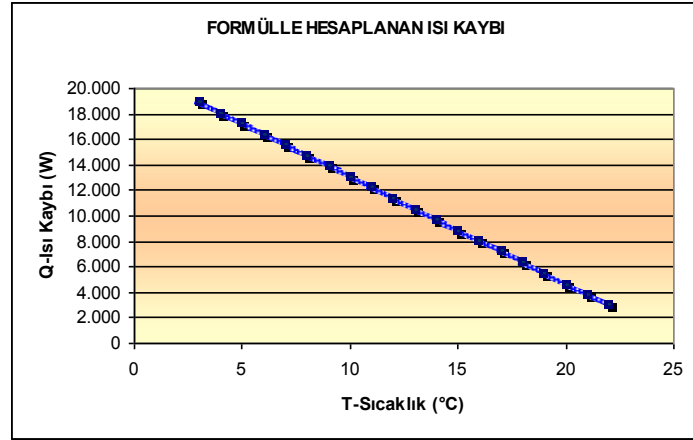
$T_{dış}$ (°C)	Isı Kaybı (W)	Formülle hesaplanan ısı kaybı (W)	Isı kaybı farkı (W)	Formülle hesaplanan ısı kaybı farkı (W)	Isı kaybı ve Formülle hesaplanan ısı kaybı hesaplarının farkı (W)	Yüzdesel fark (%)
3	19005.81	18948	825.581	837.441	11.860	0.014
4	18145.35	18111	860.465	837.534	-22.930	-0.027
5	17330.23	17273	815.116	837.627	22.511	0.026
6	16434.88	16436	895.348	837.720	-57.627	-0.068
7	15644.19	15598	790.697	837.813	47.116	0.056
8	14805.81	14760	838.372	837.906	-0.465	-0.0005
9	13980.23	13922	825.581	838.000	12.418	0.014
10	13131.4	13084	848.837	838.093	-10.744	-0.012
11	12317.44	12246	813.953	838.186	24.232	0.028
12	11513.95	11407	803.488	838.279	34.790	0.041
13	10595.35	10569	918.604	838.372	-80.232	-0.095
14	9851.16	9776	744.186	792.995	48.809	0.061
15	9047.67	8892	803.488	884.027	80.539	0.091
16	8129.07	8053	918.604	838.651	-79.953	-0.095
17	7384.88	7248	744.186	805.031	60.845	0.075
18	6488.37	6376	896.511	872.549	-23.961	-0.027
19	5732.55	5537	755.813	838.930	83.116	0.099
20	4790.69	4665	941.860	871.570	-70.289	-0.080
21	3952.32	3859	838.372	806.568	-31.803	-0.039
22	3150.00	3019	802.325	839.209	36.883	0.043

Öncelikle dış sıcaklık $+3^{\circ}\text{C}$ 'den $+22^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar olan binada meydana gelen ısı kayıpları hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar doğrultusunda ısı kaybı - sıcaklık eğrisi oluşturulmuştur.



Şekil 7.1 Dış sıcaklığa göre hesaplan ısı kaybı eğrisi

Bu doğrusal eğriden değişken sıcaklığa göre formül oluşturulmuş ve aynı sıcaklıklara karşılık gelen formüllü ısı kayıpları hesaplanmıştır.



Şekil 7.2 Dış sıcaklığa göre formülle hesaplan ısı kaybı eğrisi

Daha sonra ısı kaybı hesabında bir önceki sıcaklık değeri ile bir sonraki sıcaklık değerine karşılık gelen ısı kayıplarının farkı alınmış ve aynı işlem formülle hesaplanan ısı kaybı içinde yapılmıştır. Sonra çıkan sonuçların farkları alınmış buradan da yüzdesel olarak hata payları çıkarılmıştır.”

Ek1’de Antalya ili için yıl boyu sıcaklık değerlerinin bulunduğu tablo ve grafikler sunulmuştur.

Isı kaybı hesabında program dış sıcaklık değerini sorgular. Sıcaklık 22°C'den küçük ise ısı kaybını hesaplar. 22°C'den büyük ise ısı kaybı'nın 0'dan küçük olup olmadığını sorgular. 0'dan küçük ise ısı kaybını hesaplar. Değilse ısı kaybını 0 alır.

Q_{isiht} (Isı kaybı-Wh): Isı kaybı'nın 0'dan büyük olup olmadığını saatlik olarak sorgular. Isı kaybı değeri 0'dan küçük ise ısı ihtiyacını 0 alır. 0'dan büyük ise ısı ihtiyacını ısı kaybı kadar alır.

T_{koll} (Kollektör iç sıcaklığı- °C): Yerden ısıtma sistemi maksimum 40 °C'dir. Kollektör iç sıcaklığı için ΔT 8-12 °C arasında alınır. Kollektör iç sıcaklığını ΔT 10 °C'ye göre belirlediğimizde kollektör iç sıcaklığı 50 °C olur. T kollektör sabit 50°C olarak alınır.

ΔT (Sıcaklık farkı- °C) : Saatlik olarak kollektör sıcaklığı ile dış sıcaklık farkını hesaplar.

$$\Delta T = T_{koll} - T_{dış}$$

η_{koll} (Kollektör verimi): Kollektör verim eğrilerinden formülize edilmiştir. Verim hesaplamasında değişken ΔT 'dir. Değişken ΔT 'ye göre program saatlik olarak hesaplar.

$$\eta_{koll} = [0.826 - (3.68 \Delta T / 800) - (0.011 \Delta T / 800)] \quad (\text{Viessmann Çalışmaları, 2005})$$

η_{sis} (Sistem verimi): Devrede meydana gelebilecek kayıplardan dolayı sabit bir değer şeklinde 0.95 olarak alınmıştır.

η_{top} (Toplam verim): Kollektör ve sistemden oluşan toplam verim program tarafından saatlik olarak hesaplanır. Kollektör verimi ile sistem veriminin çarpımı şeklinde hesaplanır.

$$\eta_{top} = \eta_{koll} \times \eta_{sis}$$

A_{koll} (Kollektör yüzey alanı-m²): Optimum yüzey alanı olarak hesaplanmış ve 100m² olarak programa girilmiştir. (Bkn. Çizelge 7.3)

Q_{solar} (Solar yük-Wh): Güneşten alınan toplam solar yük hesaplanır. Güneşten gelen enerji (Wh/m²)'nin toplam verim ve kollektör yüzey alanı (m²) ile çarpılması şeklinde saatlik olarak hesaplanır.

$$Q_{solar} = Q_e \times \eta_{top} \times A_{koll}$$

$Q_{\text{karşılama}}$ (Wh): Bu değer Q_{solar} karşılama değeridir. Program Q_{solar} ile $Q_{\text{ısı iht.}}$ 'ını saatlik olarak karşılaştırır. Q_{solar} , $Q_{\text{ısı iht.}}$ ihtiyacından büyük ise karşılama $Q_{\text{ısı iht.}}$ ihtiyacına eşit olur. Değilse karşılama Q_{solar} 'a eşit olur. (Yani güneşten gelen enerji, ısı kaybı ihtiyacından küçük ise güneşten gelen kadarını karşılayabilecek geriye kalanını karşılayamayacak. Yada güneşten gelen enerji, ısı kaybı ihtiyacından büyük ise ısı kaybı ihtiyacı kadar olanını karşılayabilecek geriye kalan fazla enerji olarak depolanacak.)

$Q_{\text{ısı iht.}} - Q_{\text{solar}}$ (Wh): Program $Q_{\text{ısı iht.}}$ ile Q_{solar} yük farkını saatlik olarak alır. Çıkan değer pozitif ise güneşten gelen enerjiden daha fazla ısı kaybı vardır, negatif ise ısı kaybından daha fazla güneşten enerji kazancı var demektir.

$$Q_{\text{ısı iht.}} - Q_{\text{solar}}$$

“Antalya ili için ortalama dış sıcaklık (+8°C) değerlerinde ısı kaybı hesaplandığında;

14805W çıkmaktadır.

Yine aynı il için ortalama dış sıcaklık (+8°C) değerlerinde günlük ısı kaybı değeri;

355330Wh/gün olmaktadır.

Antalya ili için yer altı küresel su deposu içindeki su sıcaklığı 10°C'den 40°C'ye getirilmek istendiği durumda;

$$355330\text{Wh/gün} = m(\text{L/gün}) \times c(1.162\text{Wh/kg}^\circ\text{C}) \times \Delta T(30^\circ\text{C})$$

Buradan;

Depo ≈ 10 ton bulunmaktadır.

Hesaplarda depo kapasitesi 10 ton alınmıştır. Deponun çok iyi izole edileceği ve %2'lik bir ısı kaybı olacağı kabul edilmiştir.

Yaz aylarında depo içindeki sıcaklık 90°C mertebelerine kadar çıkarılabilir. Bu durumda depo içindeki enerji;

$$\Delta T = 80^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{depomax}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{depomax}} = 10000L \times 1.162 \text{Wh/ kg}^\circ\text{C} \times 80^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{depomax}} = 930000 \text{Wh}$$

Yani yaz aylarında depo içinde maximum 930000Wh değerinde bir enerjinin depolanacağı düşünülebilir.”

$Q_{\text{depoenerjisi}}$ ve $Q_{\text{depokarşılama}}$ (Wh): Programda ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}}$) Isı ihtiyacı - Solar yük (Wh) farkı saatlik olarak alınmaktadır. Buradan deponun içinde ne kadar ısı kapasitesinin olduğu ve ne kadar ısı ihtiyacını karşılayabileceği bulunur. Başlangıç noktası olarak Eylül 1’de depo içerisinde 930000Wh değerinde bir enerji depo edildiği kabul edilmiştir. Depodaki enerji ($Q_{\text{depo enerjisi}}$) ile bir sonraki saatteki ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}}$) değerinin farkı alınır. Eğer ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}}$) değeri negatif ise bu fark pozitif çıkar ve depoya enerji olarak direk eklenir. Bu şekilde toplanarak depodaki enerji artar. Ancak ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}}$) değeri pozitif ise depodaki enerji ile farkı alınır. Bu fark deponun karşılama değeri olur. Eğer bu fark negatif bir değer çıkarsa depoya enerji girişi olmaz. Bu durumda depodaki enerji ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}}$) farkını karşılayabiliyorsa bunu karşılar, karşıladıkça da kendi kapasitesi düşer. Kendi kapasitesinin düştüğü değerler deponun karşılama değerleri olur. Solar yükün ısı ihtiyacından küçük olduğu durumlarda depoya enerji beslemesi olmayacaktır. Solar yükün ısı ihtiyacından büyük olduğu durumlarda ise deponun kapasitesi artacaktır. Bu şekilde yapılan simülasyon sonucunda deponun yıl boyunca kaç Wh ısı yükü (enerji) karşıladığı ortaya çıkmaktadır.

$Q_{\text{depo max}} = 930000 \text{Wh}$ ’dır. Eğer önceki saat depo enerjisi ($Q_{\text{depo enerjisi}} - (Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}} \text{ farkı}) > 930000 \text{Wh}$ ise program depodaki enerjiyi 930000Wh olarak alır. Bu adım ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}}$) farkın negatif olduğu durumlarda deponun maximum kapasiteyi aşmasını önler. Değilse (önceki saat depo enerjisi) - ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}} \text{ fark}) < 0$ olup olmadığını sorgular. Eğer < 0 ise 0, değilse (önceki saat depo enerjisi) - ($Q_{\text{Isiht}} - Q_{\text{solar}} \text{ fark})$ olarak alır. Bu adım depo kapasitesinin bitip, 0 olduğunda kapasitenin negatif sayı yönünde daha fazla kullanılmasını engeller. Pozitif olan saatler Q_{solar} yükün daha fazla olduğu saatlerdir ve bu yükler depo enerjisine doğrudan eklenir. Negatif olan saatlerde Q_{Isiht} daha fazladır ve bu durumda depo içerisinde biriken enerji artmaz. Depo içerisinde mevcut biriken enerji var ise depodan enerji çekilir.

Eğer önceki saat depo enerjisi ile depo enerjisi farkı < 0 ise “0” alır. Değilse farkını alır.

Depo enerjisinin düştüğü fark sistemin ihtiyacı için depodan çekilen ısı yüküdür. Buradan da deponun yıl boyu karşılama miktarı karşımıza çıkar.

Su ve akışkan sıcaklıkları için aşağıdaki analiz yapılır.

$T_{\text{depo}} (^{\circ}\text{C})$: Deponun içindeki suyun sıcaklığı minimum 10°C 'dir. Bu sıcaklıkta deponun enerjisi "0 Wh" olarak kabul edilmiştir. Böylece depoya aktarılan enerjinin depodaki suyun sıcaklığına etkisi saatlik olarak aşağıdaki formülden hesaplanır. Depo hacmi 10000L'dir. Suyun özgül ısısı $1.162\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C}$ 'dir.

$$T_{\text{depo}} = 10^{\circ}\text{C} + [Q_{\text{depo enerjisi}} / (V_{\text{depo}} \times C_{\text{su}})]$$

$\Delta T_{\text{koll.}} (^{\circ}\text{C})$: Kollektör ve kollektör devresi içerisinde 600L glikollü su bulunmaktadır. Bu akışkanın özgül ısısı $0.967\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kollektörden elde edilen enerjinin akışkan sıcaklığını saatlik olarak arttırma miktarı aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\Delta T_{\text{koll.}} = [Q_{\text{solar}} / (m_{\text{koll.}} \times c_{\text{gli.su}})]$$

$T_{\text{koll.}} (^{\circ}\text{C})$: Güneş kollektörüne enerji gelmediği zamanlarda güneş kollektörlerinin içindeki akışkanın düşeceği minimum sıcaklığın dış sıcaklığa eşit olacağı kabul edilmiştir. Böylece güneş kollektörlerine gelen enerjinin kollektör içindeki akışkanın sıcaklığını ΔT kadar arttıracığı göz önüne alınırsa kollektörün içindeki saatlik akışkan sıcaklığı dış sıcaklık değeri ile kollektör sıcaklık farkının toplamı ile bulunur. Program önce $Q_{\text{depoenerjisi}}$ 'nin 930000Wh'den farklı olup olmadığını sorgular. Farklı ise $T_{\text{koll.}}$ sıcaklığını hesaplar. 930000Wh'e eşit ise $Q_{\text{karşılama}}$ 'nın 0'a eşit olup olmadığını sorgular. Eşit ise program o saatte "Çalışmıyor" alır. Değilse $T_{\text{koll.}}$ sıcaklığını hesaplar.

$$T_{\text{koll.}} = T_{\text{dış}} + \Delta T_{\text{koll.}}$$

$T_{\text{koll.dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: $T_{\text{koll.}}$ çalışmıyormu? Öyle ise program "Çalışmıyor" alır. Değilse program $Q_{\text{ısıiht.}} - Q_{\text{solar}}$ 'ın 0'dan küçük olup olmadığını sorgular. Değilse $T_{\text{koll.dönüş}}$ sıcaklığını hesaplar.

$$T_{\text{koll.dönüş}} = T_{\text{koll.}} - (Q_{\text{karşılama}} / m_{\text{koll.}} / c_{\text{gli.su}})$$

Öyle ise program $Q_{\text{depo enerjisi}}$ 'nin 930000Wh'den farklı olup olmadığını sorgular. Farklı ise $T_{\text{koll.dönüş}}$ sıcaklığını hesaplar.

$$T_{\text{koll.dönüş}} = T_{\text{koll.}} - (Q_{\text{solar}} / m_{\text{koll.}} / c_{\text{gli.su}})$$

Farklı değilse $T_{\text{koll.dönüş}}$ sıcaklığını hesaplar.

$$T_{\text{koll.dönüş}} = T_{\text{koll.}} - (Q_{\text{karşılama}} / m_{\text{koll.}} / c_{\text{gli.su}})$$

Kollektör ve kollektör devresi içerisinde 600L glikollü su bulunmaktadır. Bu akışkanın özgül ısısı $0.967 \text{Wh/kg}^\circ\text{C}$ 'dir.

$\Delta T_{\text{koll.-depo}} (^\circ\text{C})$: Saatlik olarak kollektör içi ve depo içindeki sıcaklıkların farkıdır. $T_{\text{koll.}}$ değeri çalışmıyor ise "Çalışmıyor" alır. Değilse $\Delta T_{\text{koll.-depo}}$ sıcaklık farkını hesaplar.

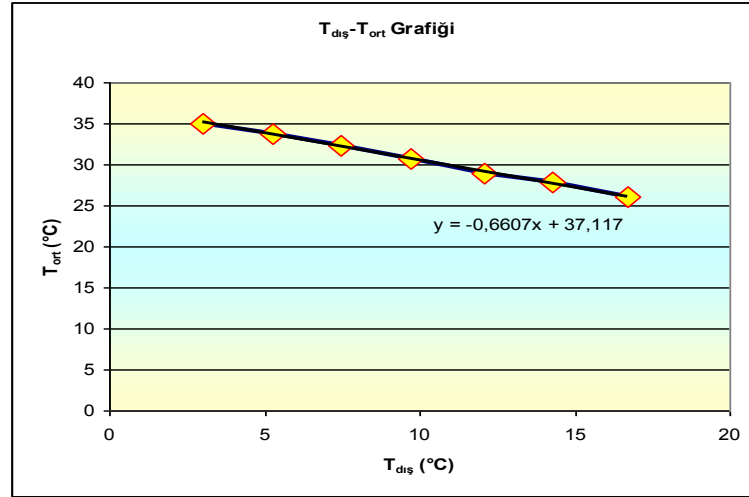
$$\Delta T_{\text{koll.-depo}} = T_{\text{koll.}} - T_{\text{depo}}$$

$\Delta T_{\text{y.i.}} (^\circ\text{C})$: Saatlik olarak yerden ısıtma sıcaklık farkını dış sıcaklık ve ısı kaybına göre hesaplar. Suyun özgül ısısı $1.162 \text{Wh/kg}^\circ\text{C}$ 'dir. Sistemde saatte dolaşan suyun debisi 1720L 'dir.

$$\Delta T_{\text{y.i.}} = Q_{\text{ısı iht.}} / c_{\text{su}} / m_{\text{y.i.}}$$

$T_{\text{ort.y.i.}} (^\circ\text{C})$: Saatlik olarak yerden ısıtma sisteminin ortalama sıcaklığını hesaplar. Gidiş suyu sıcaklığı ve dönüş suyu sıcaklıklarının aritmetik ortalamasıdır.

$$T_{\text{ort.y.i.}} = -0.6607 T_{\text{dış}} + 33.117$$



Şekil 7.3 Dış sıcaklığa göre düzenlenmiş yerden ısıtma ortalama sıcaklık eğrisi

$T_{\text{y.i. gidiş}} (^\circ\text{C})$: $Q_{\text{ısı iht.}}$ 0'a eşitmidir? Eşit ise program yerden ısıtma sistemi için o saatte "Çalışmıyor" alır. Değilse $T_{\text{y.i.gidiş}}$ sıcaklığını hesaplar.

$$T_{\text{y.i. gidiş}} = (T_{\text{ort. y.i.}} + \Delta T_{\text{y1}}) / 2$$

$T_{\text{y.i. dönüş}} (^\circ\text{C})$: $Q_{\text{ısı iht.}}$ 0'a eşitmidir? Eşit ise program yerden ısıtma sistemi için o saatte "Çalışmıyor" alır. Değilse $T_{\text{y.i. dönüş}}$ sıcaklığını hesaplar.

$$T_{\text{y.i. dönüş}} = (T_{\text{ort. y.i.}} - \Delta T_{\text{y1}}) / 2$$

$T_{\text{dakm. tankı gidiş}} (^\circ\text{C})$: Dizayn akümülayon tankı gidiş sıcaklığını hesaplar. Dizayn

akümülayon tankı gidiş sıcaklığı yerden ısıtma gidiş sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{dakm. tankı gidiş}} = T_{\text{y.i. gidiş}}$$

$T_{\text{dakm. tankı dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: Dizayn akümülayon tankı dönüş sıcaklığını hesaplar. Dizayn akümülayon tankı dönüş sıcaklığı yerden ısıtma dönüş sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{dakm. tankı dönüş}} = T_{\text{y.i. dönüş}}$$

$\Delta T_{\text{koll.-akm.tank}} (^{\circ}\text{C})$: $T_{\text{akm.tankdönüş}}$ çalışmıyormu? O saatte çalışmıyor ise program “Çalışmıyor” alır. Değilse saatlik olarak kollektör içi ve akümülayon tankı içindeki sıcaklıkların farkını alır. Başlangıçta akümülayon tankı içindeki su hacmi bir elektrikli ısıtıcı vasıtası ile ısıtılmış ve hesaplar bu doğrultuda yapılmıştır. Aynı şekilde akümülayon tankının çok iyi izole edileceği kabul edilmiştir.

$$\Delta T_{\text{koll.-akm.tankı}} = T_{\text{koll}} - T_{\text{akm. tankı dönüş}}$$

$T_{\text{akm. tankı gidiş}} (^{\circ}\text{C})$: $T_{\text{koll.dönüş}}$ beklemedemi? Öyle ise o saatte program “Beklemede” alır. Değilse $Q_{\text{akm. tankı}}$ 0’a eşitmi? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse karşılanan akümülayon tankı gidiş sıcaklığını hesaplar. Karşılanan akümülayon tankı gidiş sıcaklığı dizayn akümülayon tankı gidiş sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{akm.tankı gidiş}} = T_{\text{dakm.tankı gidiş}}$$

$T_{\text{akm.tankı dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: $T_{\text{koll.dönüş}}$ beklemedemi? Öyle ise o saatte program “Beklemede” alır. Değilse $Q_{\text{akm. tankı}}$ 0’a eşitmi? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse karşılanan akümülayon tankı dönüş sıcaklığını hesaplar. Karşılanan akümülayon tankı dönüş sıcaklığı dizayn akümülayon tankı dönüş sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{akm. tankı dönüş}} = T_{\text{dakm.tankı dönüş}}$$

$T_{\text{depo gidiş}} (^{\circ}\text{C})$: Dizayn depo gidiş sıcaklığını hesaplar. Dizayn depo gidiş sıcaklığı depo sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{ddepogidiş}} = T_{\text{depo}}$$

$T_{\text{depo dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: Dizayn depo dönüş sıcaklığını hesaplar. Suyun özgül ısısı 1.162Wh/kg $^{\circ}\text{C}$ ’dir. Sistemde saatte dolaşan suyun debisi 1720L’dir.

$$T_{\text{depo dönüş}} = T_{\text{depo gidiş}} - Q_{\text{depo toplam karşılama}} / c_{\text{su}} / m_{\text{depo}}$$

$T_{\text{depo gidiş}} (^{\circ}\text{C})$: $Q_{\text{depo toplam karşılama}}$ 0’a eşitmidir? Öyle ise program “Çalışmıyor” alır. Değilse karşılanan depo gidiş suyu sıcaklığını hesaplar. Karşılanan depo gidiş suyu sıcaklığı dizayn depo gidiş suyu sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{depo gidiş}} = T_{\text{ddepo gidiş}}$$

$T_{\text{depo dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: $Q_{\text{depo toplam karşılama}}$ 0'a eşitmidir? Öyle ise program "Çalışmıyor" alır. Değilse karşılanan depo dönüş suyu sıcaklığını hesaplar. Suyun özgül ısısı $1.162 \text{Wh/kg}^{\circ}\text{C}$ 'dir. Sistemde saatte dolaşan suyun debisi 1720L 'dir.

$$T_{\text{depo dönüş}} = T_{\text{ddepo gidiş}} - Q_{\text{depo toplam karşılama}} / c_{\text{su}} / m_{\text{depo}}$$

$T_{\text{depo direk gidiş}} (^{\circ}\text{C})$: Depo direk besliyor mu? Beslemiyor ise program "Çalışmıyor" alır. Değilse depo direk gidiş suyu sıcaklığını hesaplar. Depo direk gidiş suyu sıcaklığı karşılanan depo gidiş suyu sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{depo direk gidiş}} = T_{\text{depo gidiş}}$$

$T_{\text{depo direk dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: Depo direk gidiş çalışmıyor mu? Öyle ise program "Çalışmıyor" alır. Değilse depo direk dönüş sıcaklığını hesaplar. Depo direk dönüş suyu sıcaklığı karşılanan depo dönüş suyu sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{depo direk dönüş}} = T_{\text{depo dönüş}}$$

$T_{\text{depo 1.p. gidiş}} (^{\circ}\text{C})$: Isı pompası çalışıyor mu? Çalışmıyor ise program "Çalışmıyor" alır. Çalışıyor ise depo ısı pompası gidiş sıcaklığını hesaplar. Depo ısı pompası gidiş suyu sıcaklığı karşılanan depo gidiş suyu sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{depo 1.p. gidiş}} = T_{\text{depo gidiş}}$$

$T_{\text{depo 1.p. dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: $T_{\text{depo 1.p. gidiş}}$ çalışmıyor mu? Öyle ise program "Çalışmıyor" alır. Değilse depo ısı pompası dönüş suyu sıcaklığını hesaplar. Depo ısı pompası dönüş suyu sıcaklığı karşılanan depo dönüş suyu sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{depo 1.p. dönüş}} = T_{\text{depo dönüş}}$$

$T_{\text{1.p. y.1. gidiş}} (^{\circ}\text{C})$: $T_{\text{depo 1.p. gidiş}}$ çalışmıyor mu? Öyle ise program "Çalışmıyor" alır. Değilse ısı pompası yerden ısıtma gidiş suyu sıcaklığını hesaplar. Isı pompası yerden ısıtma gidiş suyu sıcaklığı yerden ısıtma gidiş suyu sıcaklığına eşittir.

$$T_{\text{1.p. y.1. gidiş}} = T_{\text{y.1. gidiş}}$$

$T_{\text{1.p. y.1. dönüş}} (^{\circ}\text{C})$: $T_{\text{1.p. y.1. gidiş}}$ çalışmıyor mu? Öyle ise program "Çalışmıyor" alır. Değilse ısı pompası yerden ısıtma dönüş suyu sıcaklığını hesaplar. Suyun özgül ısısı $1.162 \text{Wh/kg}^{\circ}\text{C}$ 'dir. Sistemde saatte dolaşan suyun debisi 1720L 'dir.

$$T_{\text{1.p. y.1. dönüş}} = T_{\text{1.p. y.1. gidiş}} - Q_{\text{depo toplam karşılama}} / c_{\text{su}} / m_{\text{1.p.}}$$

$Q_{\text{akm.tank. karşılama}} (\text{Wh})$: $\Delta T_{\text{koll.-akm.tank}}$ sıcaklık farkı – Kollektör akümülayon tankı arası sıcaklık

farkı ile ilişkilidir. Bu değer negatif ise $Q_{\text{akm.tank. karşılama}}$ 0'a eşittir. Bu durumda akümülayon tankı karşılama yapmaz. Değer pozitif ise $Q_{\text{karşılama}}$ değerini alır. Tüm alınan $Q_{\text{karşılama}}$ değerleri saatlik olarak akümülayon tankının karşılama değerleridir.

$Q_{\text{depo direk karşılama}}$ (Wh) : $Q_{\text{karşılama}}$ ile $Q_{\text{akm.tank karşılama}}$ değerlerinin farkı $Q_{\text{depo direk karşılama}}$ 'yı verir. $Q_{\text{karşılama}}$ güneş enerjisinden direk karşılama yapılabilen değerlerdir. Bu değerlerden kollektör sıcaklığı uygun olup da yalnız akümülayon tankı ile karşılama yapılanlar çıkarıldığında depodan direk karşılama yapılan saatler karşımıza çıkar.

$$Q_{\text{depo direk karşılama}} = Q_{\text{karşılama}} - Q_{\text{akm.tank karşılama}}$$

$Q_{\text{depo toplam karşılama}}$ (Wh) : Daha önce hesaplanan $Q_{\text{depo direk karşılama}}$ ve $Q_{\text{depo karşılama}}$ değerlerinin toplamı deponun toplamda karşılama yaptığı değerleri vermektedir.

$$Q_{\text{depo toplam karşılama}} = Q_{\text{depo direk karşılama}} + Q_{\text{depo karşılama}}$$

Sistemdeki her ekipmanın yıl boyu kaç saat çalıştığını belirlemek için aşağıdaki işlemler yapılır. Bu şekilde de her ekipmanın tükettiği elektrik veya yakıt miktarı hesaplanabilir.

Güneş kollektörlerinin akümülayon tankını beslediği saat (h): Program $Q_{\text{akm.tank karşılama}}$ değerinin 0 olup olmadığını kontrol eder. 0 ise "KARŞILAMIYOR" alır ; değilse çalışma saatlerini toplayarak toplam saati bulur. $Q_{\text{akm.tank karşılama}}$ değeri güneş tarafından kollektör ve akümülayon tankı vasıtası ile karşılanan ısı yükünü göstermektedir.

Isı yükünün diğer ekipmanlarla kaç saat karşılandığı (h): Program depodaki suyun kullanımı şu şekilde tayin eder;

Eğer $(Q_{\text{ısıiht}} - Q_{\text{solar}}) \leq 0$ ise "ısı kaybı yok" alınır. Bu değer negatif ise ısı kazancı var demektir. Eğer deponun toplam karşıladığı $Q_{\text{depo toplam karşılama}} = 0$ ise o saatleri toplayarak program toplam saati bulur. Bu saatlerin toplamı kazanın yıl boyu çalışma saatini verir. Çünkü son olarak depo da karşılayamıyorsa kazan karşılıyordur. Deponun karşıladığı=0 değilse program şunları sorgular; $T_{\text{depo}} < T_{\text{y.i.gidiş}}$ mi? Öyle ise ısı pompası karşılama yapmaktadır. Bu saatlerin toplamı ısı pompasını yıl boyu çalışma saatini verir. Değilse depo direk karşılama yapmaktadır. Bu saatlerin toplamı da deponun yıl boyu direk besleme yaptığı saatlerin toplamını verir. Deponun içindeki su sıcaklığı o saatte yerden ısıtma sistemi için gerekli olan su sıcaklığına eşit veya büyükse depo direk karşılayabilir. Ancak deponun içindeki su sıcaklığı o saatte yerden ısıtma sistemi için gerekli olana su sıcaklığının altında ise depo direk karşılama yapamaz, ısı pompası vasıtası ile karşılama yapar.

Güneş kollektörünün depoyu beslediği saat (h): Güneş kollektöründen elde edilen enerji ısı kaybı ihtiyacından fazla ise, depo edilme imkanı olan ihtiyaç fazlası enerji mevcuttur. Bu enerjinin depo edilebilmesi için depodaki enerji kapasitesinin dolu olmaması (930000Wh) gerekir. Program depoya enerji aktarımını şu şekilde tayin eder;

Eğer $Q_{\text{depo}} \text{ direk karşılama}$ değerleri 0'dan farklı ise program çalışma saatlerini toplar. Eğer $(Q_{\text{ısı iht.}} - Q_{\text{solar}}) < 0$ ise “BESLEMİYOR” alır. Değilse depodaki enerjinin ($Q_{\text{depo enerjisi}}$) 930000Wh'dan farklı olup olmadığını kontrol eder. Farklı değilse “DEPO DOLU” alır, farklı ise çalışma saatlerini toplayarak toplam saati bulur.

Buradan program $T_{\text{koll.gidiş}}$ ve $T_{\text{koll.dönüş}}$ suyu sıcaklıkları için bir simülasyon yaparak kollektörün çalışmadığı ve beklemede olduğu saatleri belirler. Güneşten gelen enerjinin kollektörde yaptığı sıcaklık artışı besleme yapacağı yerdeki ihtiyaç duyulan sıcaklık değerinin altındaysa kollektör hemen devreye girmez. Sıcaklık artışı yeterli mertebeye gelene kadar bekler sonra devreye girer.

Sonuç değerleri için program sırasıyla şunları hesaplar;

$Q_{\text{ısı iht.}}$ ihtiyacı yüklerini toplayarak $Q_{\text{ısı iht.}}$ ihtiyacı genel toplamını bul.

Q_{solar} yük değerlerini toplayarak Q_{solar} genel toplam değerini bul.

$Q_{\text{karşılama}}$ miktarlarını toplayarak karşılama genel toplamını bul.

Buradan;

Aşağıdaki tüm verileri hesapla.

Çizelge 7.2 Enerji programı sonuç değerleri hesaplama çizelgesi

Yıllık ısı enerjisi ihtiyacı:	Toplam ısı enerjisi ihtiyacı (Genel Toplam)
Yıllık güneş enerjisi:	Toplam Q_{solar} yük (Güneş enerjisi) (Genel Toplam)
Yıllık akümülayon tankı karşılama miktarı:	Toplam akümülayon tankı karşılama miktarı (Akümülayon tankı karşılama miktarlarını toplayarak genel toplamı bul) (Genel Toplam)
Yıllık akümülayon tankı karşılama oranı:	Akümülayon tankı karşılama miktarı / Yıllık toplam ısı enerjisi ihtiyacı
Yıllık akümülayon tankı + depodan gelen:	Akümülayon tankı + Depodan yıl boyu gelen toplam ısı yük
Yıllık akümülayon tankı + depo karşılama oranı:	Yıllık Akümülayon tankı+Depo sisteminin karşılama oranı (Yıllık akümülayon tankı karşılama miktarı+Yıllık depodan gelen) / (Yıllık toplam ısı enerjisi ihtiyacı)
Yıllık yakıt tüketimi (Doğalgaz):	Isı enerjisi ihtiyacı(Wh/yıl) / Kazan verimi(0.9)xYakıt ısı değeri(8832.5 Wh/m ³)
Yıllık yakıt tüketimi (Doğalgaz):	Yıllık yakıt tüketimi (m ³) x m ³ başına birim € doğalgaz fiyatı
Yıllık yakıt tasarrufu:	Yıllık yakıt tüketimi(m ³) x Yıllık akm+depo karşılama oranı
Yıllık yakıt tasarrufu:	Yakıt tasarrufu miktarı(m ³)xm ³ başına birim € fiyat
Elektrik ve bakım giderlerinden gelen:	(Her iki sistemin elektrik ve bakım gider farkı)
Yıllık toplam tasarruf:	(Yakıt tasarrufu – Elektrik ve bakımdan gelen gider)
Güneş enerjisi tesis maliyeti	(Tesis maliyeti firmadan alınmıştır.)
Destek sistem tesis maliyeti	(Tesis maliyeti firmadan alınmıştır.)
Tesis maliyeti farkı:	(İki sistemin tesis maliyeti farkı)

Amorti süresi:	Güneş enerjisi tesis maliyeti / Toplam tasarruf
----------------	---

7.3 Optimum Kollektör Alanının Belirlenmesi

Sistemde kullanılacak optimum kollektör alanını belirleyebilmek için çeşitli kollektör alanlarına karşılık gelen yatırım karşılama süreleri ile yakıt tasarrufları ve bunlarla birlikte sistemde çalışan ekipmanların harcadıkları elektrik € fiyatları program tarafından hesaplanmıştır. Programa girilen çeşitli kollektör alanlarına göre model program tüm bu değerleri otomatik hesaplamaktadır.

Kollektör alanı değiştikçe ekipmanların çalışma saatleri ve elektrik sarfiyatları değişmektedir. Bu doğrultuda program ekipmanların elektrik maliyetleri şu şekilde hesaplanmaktadır;

Ekipmanın karşılama saatixEkipmanın elektrik sarfiyatıxElektrik birim fiyatı

Kollektör alanına göre değişen bu değerler yakıt tasarrufu ile yatırımı karşılama süresini etkilemektedir. Böylece program çeşitli kollektör alanlarına göre tüm hesapları güncelleyerek yakıt tasarrufu ile yatırımı karşılama sürelerini hesaplamaktadır.

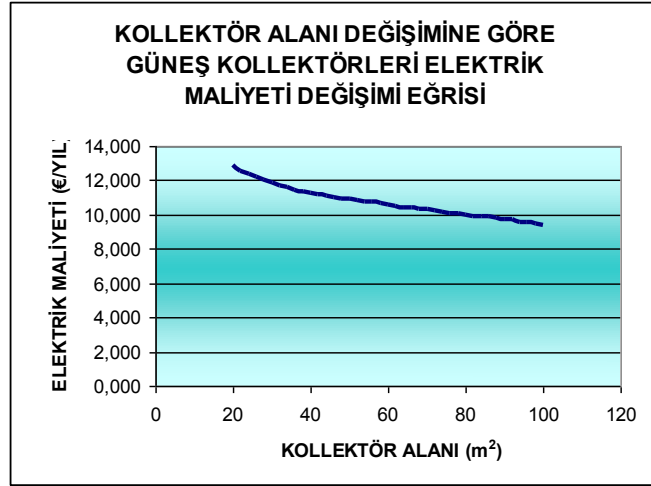
Çeşitli kollektör alanlarına göre programdan çıkan sonuçlar tablo haline getirilmiş ve Çizelge 7.3’de sunulmuştur. Tablodaki ekipmanlara karşılık gelen değerler ekipmanların yıllık harcadıkları elektrik € fiyatlarıdır. Yatırımı karşılama süresi sistemin kaç senede ilk yatırım maliyetini karşılayabileceğini gösterir. Toplam tasarruf ise kollektör alanına göre ortaya çıkan yakıt tasarrufu ile elektrik bakım giderlerinden gelen farkı alır.

Bu tablo doğrultusunda da kollektör alanına göre hesaplanan tüm değerlerin eğrileri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu eğriler Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6, Şekil 7.7, Şekil 7.8, Şekil 7.9, Şekil 7.10’da sunulmuştur.

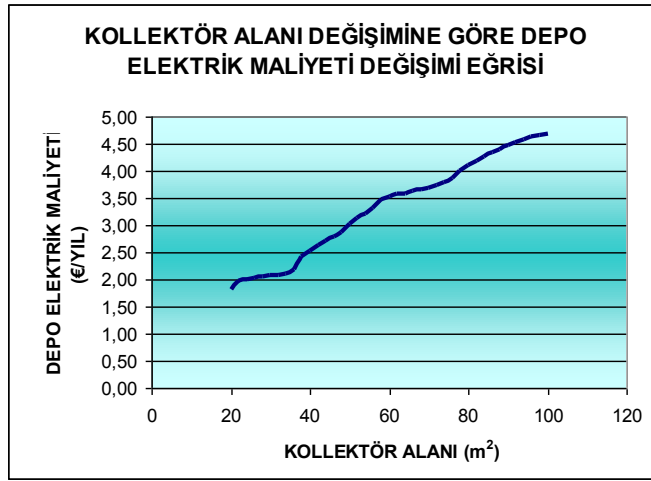
Tüm sonuçlar, tablo ve eğriler neticesinde hesaplarımızda kollektör alanı 100m² olarak alınmıştır.

Çizelge 7.3 Optimum kollektör alanı

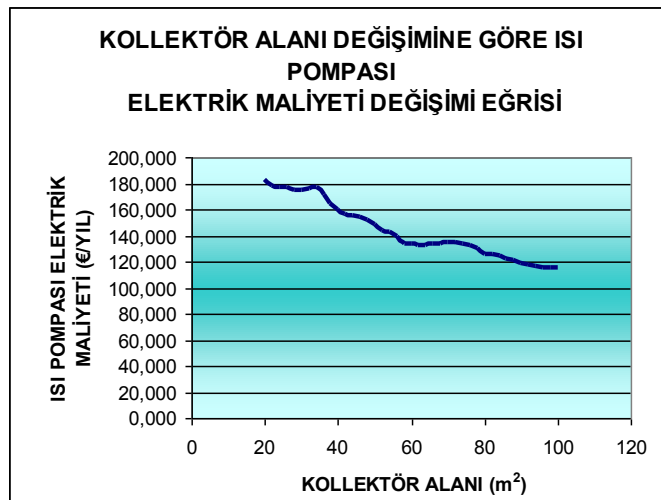
KOLL. ALANI m ²	KOLL	DEPO	ISI POMPASI	AKM. TANKI	KAZAN	YATIRIMI KARŞILAMA SURESİ	TOPLAM TASARRUF
20	12.852	1.83	183.398	1.735	8.492	65.5	199.593
22	12.564	1.97	178.035	1.878	8.314	57.4	235.687
24	12.339	2.00	177.645	1.983	8.148	52.3	266.873
26	12.182	2.03	176.573	2.083	7.998	48.3	298.654
28	12.002	2.05	175.013	2.195	7.855	45.0	330.349
30	11.858	2.07	175.305	2.275	7.703	42.6	359.389
32	11.696	2.08	176.378	2.363	7.530	40.6	387.622
34	11.579	2.10	176.670	2.450	7.378	38.9	416.179
36	11.417	2.19	171.893	2.553	7.290	37.2	447.298
38	11.363	2.42	164.873	2.623	7.082	35.7	478.688
40	11.228	2.54	160.388	2.710	6.962	34.5	507.495
42	11.156	2.64	156.975	2.790	6.809	33.6	535.223
44	11.106	2.71	155.610	2.855	6.646	32.8	560.937
46	11.021	2.78	153.855	2.913	6.533	32.1	587.040
48	10.944	2.86	151.710	2.980	6.403	31.5	613.512
50	10.890	3.02	148.103	3.033	6.234	30.8	641.162
52	10.850	3.14	143.618	3.085	6.110	30.2	669.115
54	10.782	3.22	142.350	3.133	5.974	29.8	692.984
56	10.728	3.31	138.938	3.183	5.873	29.4	717.233
58	10.629	3.47	133.478	3.248	5.769	29.0	742.770
60	10.575	3.52	133.380	3.278	5.632	28.8	762.666
62	10.490	3.57	132.015	3.335	5.535	28.6	783.789
64	10.418	3.59	132.503	3.380	5.421	28.5	803.113
66	10.391	3.62	133.185	3.415	5.291	28.4	821.959
68	10.355	3.65	133.575	3.458	5.158	28.2	841.086
70	10.310	3.69	134.355	3.485	5.031	28.2	859.836
72	10.242	3.74	134.355	3.510	4.917	28.0	879.049
74	10.157	3.80	133.478	3.540	4.823	28.0	897.249
76	10.103	3.88	132.698	3.555	4.703	27.9	915.129
78	10.067	3.99	129.870	3.585	4.570	27.8	934.945
80	9.986	4.12	125.483	3.615	4.514	27.6	956.276
82	9.918	4.18	125.678	3.633	4.394	27.6	973.150
84	9.909	4.27	124.215	3.648	4.287	27.6	991.590
86	9.887	4.33	122.558	3.675	4.202	27.5	1010.224
88	9.810	4.39	120.998	3.703	4.141	27.4	1028.184
90	9.725	4.48	118.463	3.738	4.076	27.5	1043.890
92	9.711	4.54	117.683	3.748	3.981	27.5	1057.854
94	9.585	4.59	116.805	3.783	3.920	27.6	1071.975
96	9.549	4.63	115.830	3.803	3.858	27.6	1086.136
98	9.486	4.65	115.733	3.828	3.803	27.7	1099.283
100	9.428	4.68	115.928	3.860	3.725	27.8	1112.084
120	9.005	4.97	120.023	4.005	2.935	28.6	1234.415
140	8.748	5.15	124.800	4.133	2.262	29.5	1347.024
160	8.420	5.53	121.193	4.248	1.700	30.4	1453.484
180	8.082	5.99	112.028	4.330	1.274	31.4	1550.503
200	7.794	6.90	84.240	4.408	0.904	32.1	1656.245
250	6.903	8.26	37.928	4.583	0.406	35.5	1809.101
300	6.156	8.67	22.523	4.700	0.224	40.4	1865.909
400	5.085	8.97	7.800	4.870	0.029	51.1	1910.956
500	4.396	8.95	4.095	4.98	0.013	62.5	1917.872



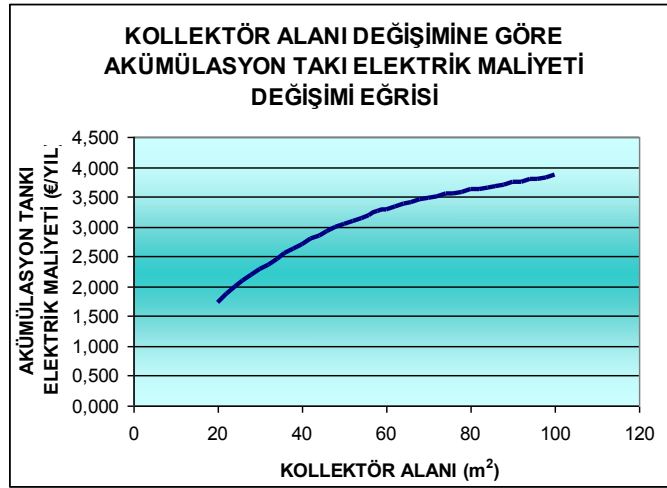
Şekil 7.4 Kollektör alanı değişimine göre güneş kollektörü elektrik maliyet değişim eğrisi



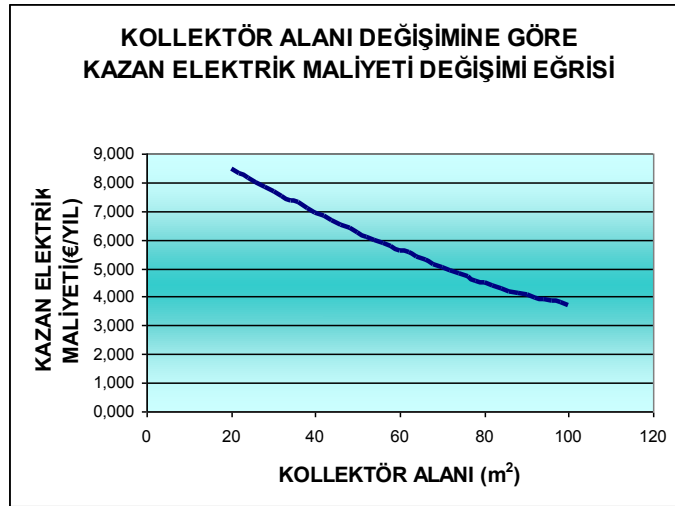
Şekil 7.5 Kollektör alanı değişimine göre depo elektrik maliyeti değişimi eğrisi



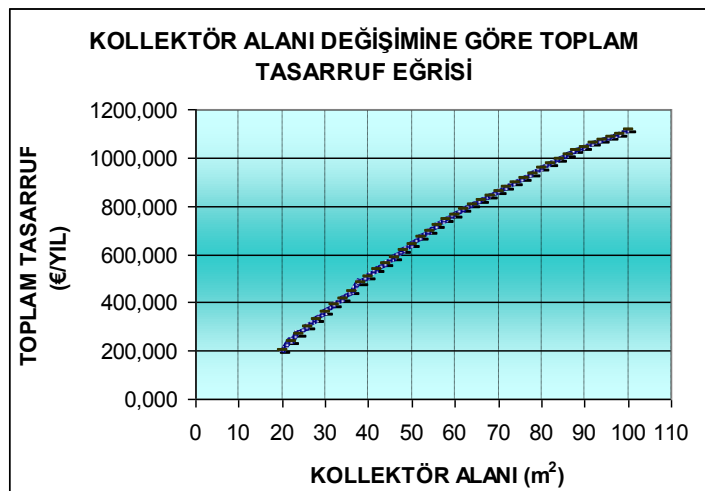
Şekil 7.6 Kollektör alanı değişimine göre ısı pompası elektrik maliyeti değişimi eğrisi



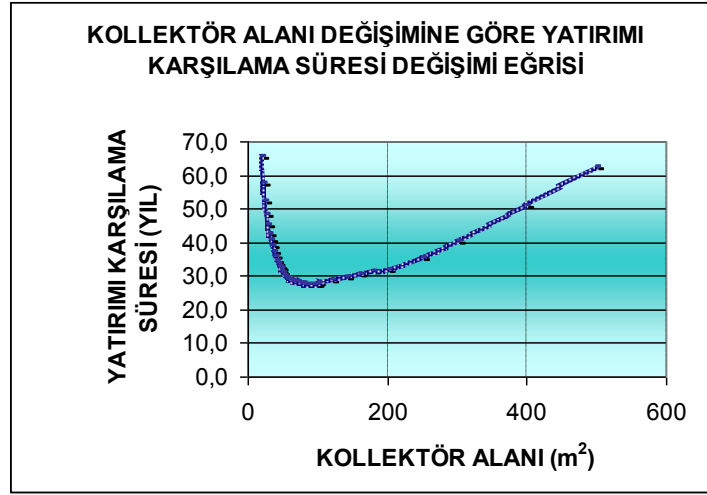
Şekil 7.7 Kollektör alanı değişimine göre akümülayon tankı elektrik maliyeti değişimi eğrisi



Şekil 7.8 Kollektör alanı değişimine göre kazan elektrik maliyeti değişimi eğrisi



Şekil 7.9 Kollektör alanı değişimine göre toplam tasarruf değişimi eğrisi



Şekil 7.10 Kollektör alanı değişimine göre yatırımı karşılama süresi değişimi eğrisi

7.4 Sistem Maliyetleri

Binanın sadece kazan kullanılarak çözülmesi durumu ile uygulama yaptığımız güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sistemi kullanılarak çözülmesi durumu karşılaştırılmıştır. Bu doğrultuda aşağıda her iki sistem için kullanılması gereken ekipmanların listesi sunulmuştur.

7.4.1 Ekipman Listeleri

7.4.1.1 Yalnız Kazan Destekli Isıtma Sisteminin Ekipman Listesi

Kazan:

Seçilen kazan :: Duvar tipi, yoğuşmalı,hermetik yerden ısıtma kazanı

Toplam Kapasite :20000W

Isıtma suyu giriş/çıkış sıcaklığı : 60/ 80 °C

İşletme basıncı : 3.0 bar

Boyler kapasitesi :

Boyler Hacmi : 300 L

Serpantin Kapasitesi : 20 kw

Isıtıcı akışkan : 80 / 60 °C sıcak su

Miktar : 1 adet

Tipi: Kapalı membranlı tip

Motorlu vana :

3 yollu : 1 adet

Genleşme deposu kapasitesi :

Kapasite :V= 100 L

Psv = 3bar

Miktar= 1 adet

Tipi = Kapalı membranlı tip

Isıtma sisteminde pompalar:

P1: 2 m³/h ; 75 kPa – 2 ad – VSD (Yerden Isıtma Pompası)

Yerden ısıtma sistemi:

1.kat :137 m²

Zemin kat: 106 m²

7.4.1.2 Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompası Destekli Isıtma Sistemi Ekipman Listesi**Kazan:**

Seçilen kazan : Duvar tipi, yoğunlaşmalı, hermetik yerden ısıtma kazanı

Toplam Kapasite :20000W

Isıtma suyu giriş/çıkış sıcaklığı : 60/ 80 °C

İşletme basıncı : 3.0 bar

Motorlu vana :

3 yollu : 5 adet

2 yollu : 5 adet

Isıtma sistemi genleşme deposu kapasitesi :

Kapasite :V= 100 L

Psv = 3bar

Miktar= 1 adet

Tipi = Kapalı membranlı tip

Pompalar :

P1: 2 m³/h ; 75 kPa – 2 ad – Sabit debili (Yerden Isıtma Pompası)

P2: 2 m³/h ; 45 kPa – 2 ad – Sabit debili (Akümülayon tankı Pompası)

P3: 2 m³/h ; 55 kPa – 2 ad – VSD (Depo Pompası)

Yerden ısıtma sistemi:

1.kat :137 m²

Zemin kat: 106 m²

Güneş enerjisi akümülayon tankı kapasitesi:

Kapasite : 1000 L

Isıtma sistemine 20kw

Yer altı küresel su deposu genleşme deposu kapasitesi :

Kapasite

:V= 320 L

Konstriksiyon basıncı = 4bar

Miktar= 2 adet

Güneş enerjisi sistemi genleşme deposu kapasitesi :

Kapasite

:V= 300 L

Konstriksiyon basıncı = 3bar

Miktar= 1 adet

Güneş enerjisi sistemi kollektörü :

100m²

Yer altı küresel su deposu :

10 ton

Miktar= 1 adet

Isı pompası :

Kapasite:20000W

Miktar= 1 adet

7.4.2 Tesis Maliyetleri

Sistemde yalnız kazan kullanılarak ısıtma yapıldığında tesis maliyeti 5182 € olmaktadır. Ancak güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sisteminin tesis maliyeti 36063 € olmaktadır.

Sistemde; ekipmanlar, borulama ve aksesuarları, montaj ve otomasyon dahil sistemin getirdiği ilk yatırım maliyeti farkı 30880 €'dur.

Tesis maliyeti olan 36063 € değeri (2005) sistemdeki ana ekipmanlara bölündüğünde montaj+otomasyon+borulama+pompa+genleşme depoları da katılmak suretiyle her ekipmanın fiyatı Çizelge 7.4'deki gibi olmaktadır. (Hesap kuru 1€, 1.82TL alınmıştır.)

Çizelge 7.4 Güneş enerjisi sistem komponentlerinin maliyetleri çizelgesi

Güneş Kollektörleri	22255 €
Yer altı küresel su deposu	3520 €
Isı pompası	5880 €
Akümülayon tankı	1650 €
Kazan	2750 €

Yakıt Fiyatı=0.288 €/m³ (2005 yılı)

Elektrik Fiyatı = 0.05 €/kwh (2005 yılı) kabul edilmiştir.

7.4.3 Sistemin Elektrik Tüketimleri

7.4.3.1 Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompası Destekli Isıtma Sistemi

- 1189 h/yıl Isı pompası → (0.1+3.8)kw = 3.9kw x 1189 h/yıl = 4637kwh/yıl ≈ 232 €/yıl
- 1871 h/yıl Depo → 0.1kw x 1871 h/yıl =187kwh/yıl ≈ 9.4 €/yıl
- 2095 h/yılGüneş kollektörü/Depo → 0.18kw x 2095 h/yıl = 377.1kwh/yıl ≈ 18.85 €/yıl
- 1544 h/yıl Güneş kollektörü/Akm.tank→0.18kw x 1544h/yıl = 278kwh/yıl ≈ 13.9 €/yıl
- 1146 h/yıl Kazan → 0.13kw x 1146 h/yıl = 149kwh/yıl ≈ 7.4 €/yıl
- 1544 h/yıl Akümülayon tankı → 0.1kw x 1544 h/yıl = 154kwh/yıl ≈ 7.7 €/yıl

TOPLAM: 5750 h/yıl

275.35 €/yıl

7.4.3.2 Yalnız Kazanlı Isıtma Sistemi

≈ 5750 h/yıl

Kazan → 0.13kw x 5750 h/yıl = 747.5kwh/yıl =38 €/yıl

Sistemde devamlı sirkülasyon olmayacağı düşünülerek yıllık elektrik sarfiyatı değeri her iki sistem içinde %50 olarak alınmıştır. Bu durumda güneş enerjisi sisteminin elektrik sarfiyat değeri 137.5 €, yalnız kazan sisteminin elektrik sarfiyat değeri 19 € olarak alınmıştır.

7.4.4 Sistemin Yakıt Tüketimleri

Çizelge 7.5 Güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sisteminin yakıt tasarrufları çizelgesi

Yıllık yakıt tasarrufu (m3)	4457 m3
Yıllık yakıt tasarrufu (€)	1286 €

7.4.5 Sistemler Arasındaki Fark

Çizelge 7.6 Yalnız kazanlı sistem ile güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sistemlerinin fiyat farkları

İlk Yatırım Maliyeti Farkı	30880 €
Yıllık yakıt tasarrufu	1286 €
Yıllık elektrik gideri farkı	118.5 €
Bakım gideri farkı	55 €

7.5 Ekonomik Analiz Yöntemleri

Herhangi bir yatırımın mali bakımdan çekiciliğini değerlendirmek için kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Projelerin ekonomik olarak incelenme ve değerlendirme işlemi, projelerin olumlu ve olumsuz etkilerinin karşılaştırılması amacıyla yapılır. Ortaya çıkacak olumlu etkiler fayda, olumsuz etkiler de masraf olarak tanımlanır. (Sanayide Enerji Yönetimi Esasları,1997)

Aşağıda en çok kullanılan yöntemler vasıtası ile projenin verimliliği değerlendirilecektir.

7.5.1 Geri Ödeme Süresi Yöntemi (GÖS)

Geri ödeme süresi bir yatırımın ekonomik değerini ölçmede en çok kullanılan ve çok basit olan bir yöntemdir. Yöntemin temel ilkesi, bir proje için yapılacak yatırımın (masrafın), proje için sağlanacak faydalarla tamamen ödeneceği yıl sayısının bulunmasıdır. En kısa sürede yatırımı geri ödeyen sistem tercih edilir. (Sanayide Enerji Yönetimi Esasları,1997)

GÖS=Tesis maliyeti/Toplam tasarruf şeklinde hesaplanır.

Bu yöntem programda otomatik olarak hesaplanmaktadır. Program neticesinde geri ödeme süresi 27 yıl olarak bulunmuştur. Programda çıkan sonuçlar Çizelge 7.8’da verilmiştir.

7.5.1.1 Maliyetlerin Karşılaştırılması

İlk yatırım maliyetleri:	(Yalnız kazanlı sistem) / (Kazan+Güneş enerjisi destekli sistem)
Yıllık yakıt tüketimleri:	(Yalnız kazanlı sistem) / (Kazan+Güneş enerjisi destekli sistem)
Yıllık yakıt giderleri:	(Yalnız kazanlı sistem) / (Kazan+Güneş enerjisi destekli sistem)
Elektrik sarfıyatı:	(Yalnız kazanlı sistem) / (Kazan+Güneş enerjisi destekli sistem)
Elektrik sarfiyat maliyeti:	(Yalnız kazanlı sistem) / (Kazan+Güneş enerjisi destekli sistem)
Yıllık bakım giderleri:	(Yalnız kazanlı sistem) / (Kazan+Güneş enerjisi destekli sistem)

Çizelge 7.7 Yalnız kazanlı sistem ile güneş enerjisi destekli sistemin karşılaştırması

	Yalnız kazanlı sistem	Güneş enerjisi destekli sistem
İlk yatırım maliyetleri:	5182 €	36063 €
Yıllık yakıt tüketimleri:	6862 m ³	2404 m ³
Yıllık yakıt giderleri:	1976 €	692 €
Yıllık elektrik sarfıyatı:	374 kwh	2752 kwh
Elektrik sarfiyat maliyeti:	19 €	137.5 €
Yıllık bakım giderleri:	110 €	165 €
Yıllık toplam giderler:	129 €	302.5 €

7.5.1.2 Amorti Süresi

Çizelge 7.8 Program sonucu ortaya çıkan değerler

Yıllık ısı enerjisi ihtiyacı (kWh)	54546
Yıllık güneş enerjisi (kWh)	96204
Yıllık akümülayon tankı karşılama miktarı (kWh)	10944
Yıllık akümülayon tankı karşılama oranı (%)	20
Yıllık akümülayon tankı +depodan gelen (kWh)	24488
Yıllık akümülayon tankı + depolu karşılama oranı (%)	65
Yıllık yakıt tüketimi (Doğalgaz) (m ³ /yıl)	6862
Yıllık yakıt tüketimi (Doğalgaz) (€/yıl)	1976
Yıllık yakıt tasarrufu (m ³ /yıl)	4457
Yıllık yakıt tasarrufu (€/yıl)	1286
Yıllık destek sistem elektrik giderleri (€/yıl)	19
Yıllık güneş enerjisi sistem elektrik giderleri (€/yıl)	137.6
Yıllık destek sistem bakım giderleri (€/yıl)	110
Yıllık güneş enerjisi sistem bakım giderleri (€/yıl)	165
Yıllık elektrik ve bakım giderleri farkı (€/yıl)	174
Yıllık toplam tasarruf (€/yıl)	1112
Destek sistem tesis maliyeti (€)	5182
Güneş enerjisi sistemi tesis maliyeti (€)	36063
Tesis maliyetinden gelen fark (€)	30880
Amorti süresi (Yıl)	27

7.5.2 Net Bugünkü Değer Yöntemi (NBD)

Net bugünkü değer yöntemi, her şeyden önce projenin tüm yaşamı boyunca yaratacağı faydaları göz önüne almaktadır. Bu yöntemle yapılan proje değerlendirmede, önceden belirlenen bir faiz oranına göre, projenin sağlayacağı faydaların bugünkü değerlerinin toplamı ile yatırım harcamalarının bugünkü değerlerinin toplamı arasındaki fark bulunur. Bulunan değer pozitif ise proje kabul, aksi ise proje ret edilir. (Sanayide Enerji Yönetimi Esasları,1997)

Yatırım ömrü (n) $\Rightarrow$ 20 yıl

Projenin yatırım ömrü boyunca yıl yıl getireceği toplam tasarruf miktarları ile toplam gider miktarları için ileriye yönelik bir analiz çalışması yapılmış olup, bu değerlerin yıl yıl getireceği farklılıklar bu doğrultuda belirlenmiştir. (Bkn. Bölüm8)

Sistem içindeki ekipmanların hepsi bir arada çalışmadığından her bir ekipmanın yıllık çalışma saati yıllık toplam ısıtma yapılan saatten çok daha düşük olmaktadır. Bu şekilde Enerji Analizi Programından ekipmanların yıllık çalışma süreleri alınarak sistem ömrü sonunda her ekipmanın ayrı ayrı toplamda kaç saat çalışmış olduğu ve önünde çalışabileceği daha kaç saatin olduğu belirlenir. Bu doğrultuda da sistemin hurda değeri belirlenir.

Çizelge 7.9'daki tablo hazırlanarak ilk yatırım maliyeti, yıllık tasarruflar, yıllık giderler ve hurda değeri yıl yıl girilir. Her yıl için bu değerlerin kendi içinde aritmetik toplamı Net Nakit Akışlarını (NNA) verir.

Projenin faiz oranı (i) $\Rightarrow$ %18

Projenin enflasyon oranı (g) $\Rightarrow$ %10

Buradan faiz oranı enflasyondan arındırılarak gerçek faiz oranı (r) bulunur.

$$r = \left(\frac{1+i}{1+g} \right) - 1 \Rightarrow \left(\frac{1+0.18}{1+0.10} \right) - 1 = 0.07 \quad \text{Gerçek faiz oranı (r) } \Rightarrow \%7$$

Proje kapsamında her yıl için Bugünkü Değer Faktörleri (BDF) hesaplanır.

$$BDF = \frac{1}{(1+r)^n}$$

Yıl yıl Net Nakit Akışları (NNA) ile Bugünkü Değer Faktörleri (BDF) çarpılarak her yıl için $NNA \times BDF$ değerleri bulunur. Sistem ömrü kadar olan tüm yılların $NNA \times BDF$ değerlerinin toplamı Net Bugünkü Değeri (NBD) verir.

Çizelge 7.9 Net Bugünkü Değer Yöntemi çizelgesi

[illegible]

7.5.3 İç Karlılık Oranı Yöntemi (İKO)

Bu yöntem projenin ne oranda gelir getireceğinin veya fayda sağlayacağını hesaplanmasıyla ilgilidir. İç karlılık oranı yönteminde faiz oranı bir veri değil, bir bilinmeyendir. İç karlılık oranı yöntemi ile projeye ait nakit girişlerini, nakit çıkışlarına eşitleyen verim oranı hesaplanır. Bulunan verim oranı ile yatırımcının belirlediği faiz oranı karşılaştırılarak projenin kabul veya reddine karar verilir. (Sanayide Enerji Yönetimi Esasları,1997)

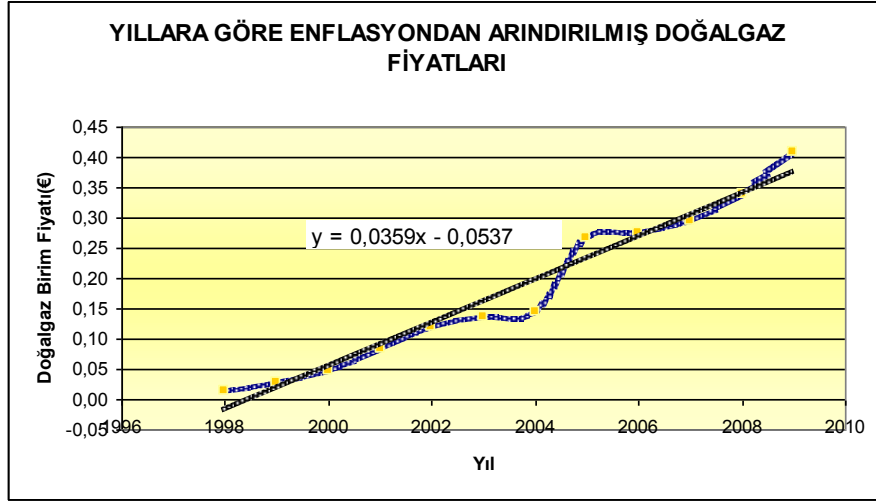
Net Nakit Akışları ile Bugünkü Değer Faktörlerinin 20 yıllık çarpımının iç karlılık oranı %-1 çıkmaktadır.

Sonuç olarak;

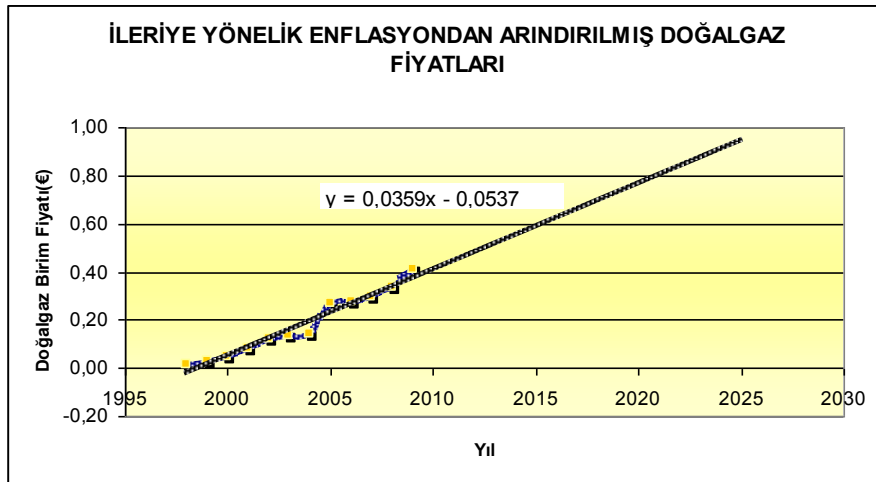
Gerek Geri Ödeme Süresi Yöntemi, gerek Net Bugünkü Değer Yöntemi ve gerekse İç Karlılık Oranı Yöntemine göre proje uygun çıkmamaktadır.

8. SİSTEMİN İLERİYE YÖNELİK TAHMİNİ ANALİZİ

Dünyada ve ülkemizde sosyal ve ekonomik kalkınmanın en ağırlıklı girdisi olan enerjiye gün geçtikçe daha fazla gereksinim duyulmaktadır. Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin gelişimi ile birlikte enerji tüketiminde her geçen gün artmaktadır. Buna karşın yakıt rezervleri gitgide azalmaktadır. Bu durum yakıt fiyatlarının önümüzdeki yıllarda gittikçe katlanarak artacağını bir işarettir. Yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin kullanılabilirliği de ileriki yıllarda artacaktır. Yakıt fiyatlarının artması, bununla birlikte bu tip sistemlerde seri imalata geçilmesi (ki bu durum sistemin ilk yatırım maliyetlerinin düşmesini sağlar) ile birlikte sistemin amortisman süreside yıl yıl azalacaktır. Son yıllarda yakıt ve elektrik fiyatlarındaki değişim eğrileri göz önüne alınarak yapılan tahmini hesaplamalar sonucunda aşağıdaki sonuçlar karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 8.1 Yıllara göre enflasyondan arındırılmış doğalgaz fiyat değişim eğrisi



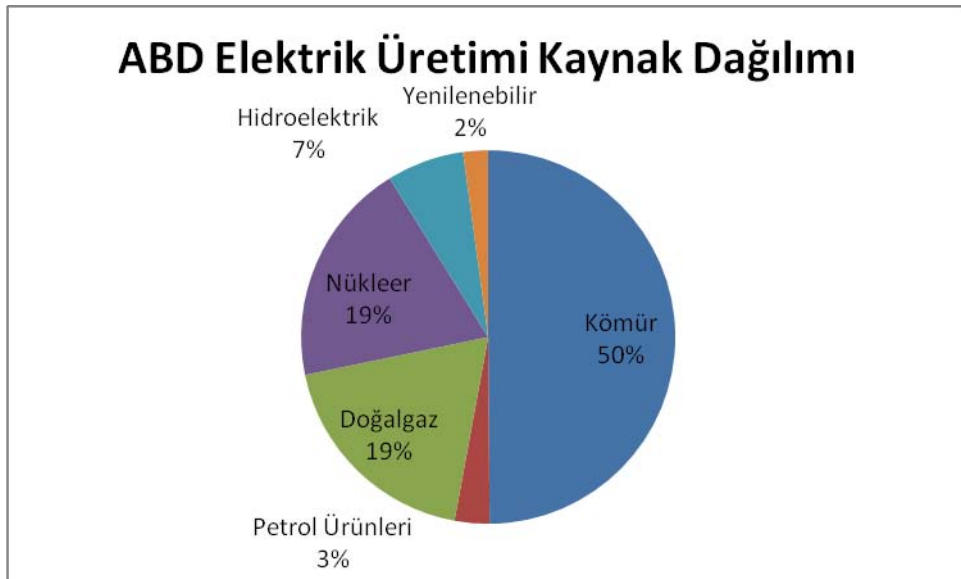
Şekil 8.2 İleriye yönelik enflasyondan arındırılmış doğalgaz fiyat değişim eğrisi

Şekil 8.1'deki yıllara göre doğalgaz fiyatlarının eğrisi ileriye yönelik 20 yıl devam ettirilirse Şekil 8.2'deki grafik ortaya çıkar. Bu fiyatlar ileriye yönelik analiz çalışmasının tasarruf maliyetlerini ortaya çıkarır.



Şekil 8.3 Türkiye elektrik üretimi kaynak dağılımı

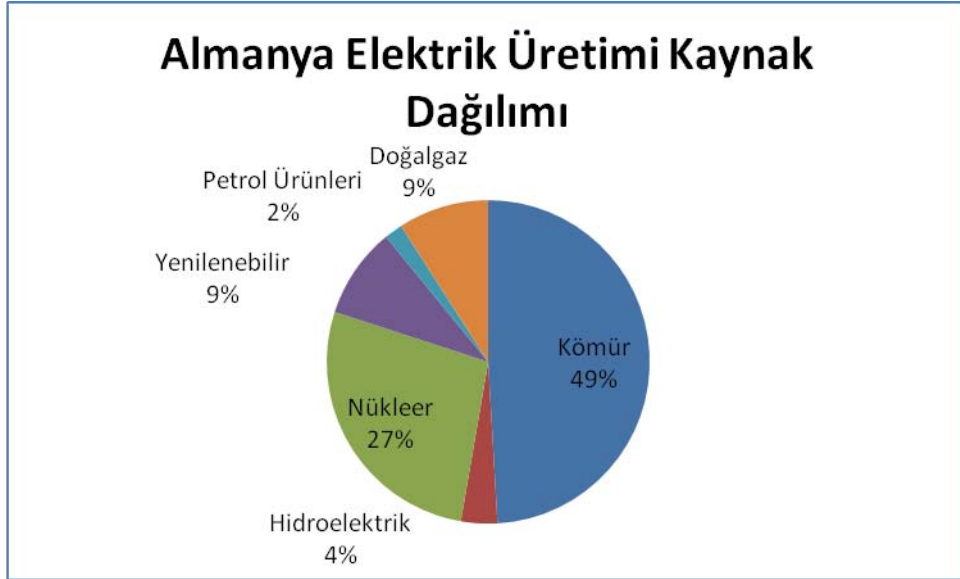
Türkiye'nin yıllık elektrik üretiminin dağılımı Şekil 8.3'de gösterilmektedir. Bu dağılıma göre Türkiye'nin elektrik üretiminin %40'ı kömür termik santrallerinden, %30'u hidrolik santrallerden, %27'si doğalgaz termik santrallerinden ve %3'ü sıvı yakıt termik santrallerinden üretilmektedir.



Şekil 8.4 ABD elektrik üretimi kaynak dağılımı

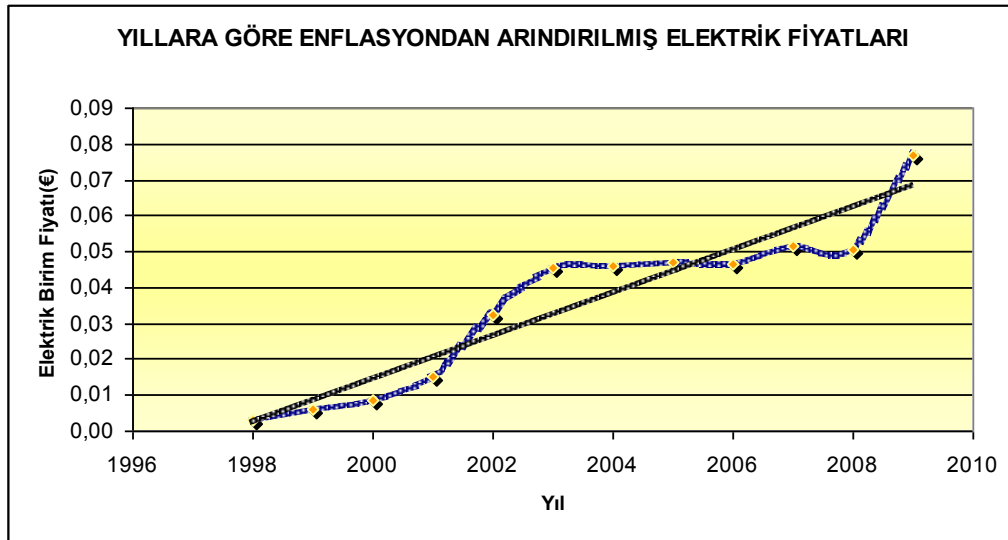
Amerika Birleşik Devletlerinde ise elektrik üretim dağılımı Şekil 8.4'de gösterilmektedir. Bu

dağılıma göre ABD'nin elektrik üretimini; %50 kömür termik santralleri, %19 nükleer santraller, %19 doğal gaz termik santralleri, %7 hidrolik santraller, %3 petrol ürünleri termik santralleri, %2 yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır.

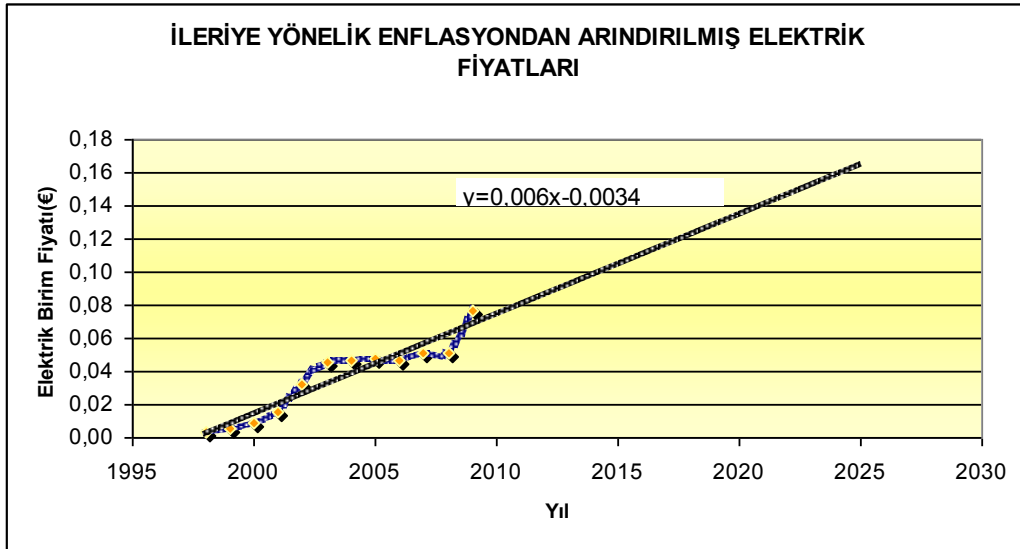


Şekil 8.5 Almanya elektrik üretimi kaynak dağılımı

Almanya'da elektrik üretim dağılımı ise Şekil 8.5'de gösterilmektedir. Bu dağılıma göre Almanya'nın elektrik üretimini; %49 Kömür termik santralleri, %27 nükleer santraller, %9 doğalgaz termik santralleri, %9 yenilenebilir enerji kaynakları, %4 hidroelektrik santraller, %2 petrol ürünleri termik santralleri oluşturmaktadır.



Şekil 8.6 Yıllara göre enflasyondan arındırılmış elektrik fiyat değişim eğrisi



Şekil 8.7 İleriye yönelik enflasyondan arındırılmış elektrik fiyat değişim eğrisi

Şekil 8.6'deki yıllara göre elektrik fiyatlarının eğrisi ileriye yönelik 20 yıl devam ettirilirse Şekil 8.7'deki grafik ortaya çıkar. Bu fiyatlar ileriye yönelik analiz çalışmasının gider maliyetlerini ortaya çıkarır.

Çizelge 8.1 İleriye yönelik amorti süreleri

Yıl	Yakıt (€/m ³)	Elektrik (€/kwh)	Tesis(€)	Tasarruf (€)	Gider(€)	Toplam Tasarruf (Tasarruf-Gider) (€)	A.S. (Yıl)
2005	0.266	0.047	30880.0	1188.33	167.03	1021.29	30.2
2006	0.274	0.046	31806.4	1223.07	165.60	1057.47	30.1
2007	0.294	0.051	32760.6	1314.65	177.20	1137.45	28.8
2008	0.337	0.050	33743.4	1505.38	175.37	1330.01	25.4
2009	0.409	0.077	34755.7	1822.91	237.78	1585.13	21.9
2010	0.413	0.074	35798.4	1840.74	231.95	1608.78	22.3
2011	0.448	0.080	36872.3	2000.74	246.18	1754.56	21.0
2012	0.484	0.086	37978.5	2160.75	260.41	1900.33	20.0
2013	0.520	0.092	39117.9	2320.76	274.64	2046.11	19.1
2014	0.556	0.098	40291.4	2480.76	288.87	2191.88	18.4
2015	0.592	0.104	41500.1	2640.77	303.11	2337.66	17.8
2016	0.628	0.110	42745.1	2800.77	317.34	2483.43	17.2
2017	0.664	0.116	44027.5	2960.78	331.57	2629.20	16.7
2018	0.700	0.122	45348.3	3120.79	345.80	2774.98	16.3
2019	0.736	0.128	46708.8	3280.79	360.03	2920.75	16.0
2020	0.772	0.134	48110.0	3440.80	374.27	3066.53	15.7
2021	0.807	0.140	49553.3	3600.81	388.50	3212.30	15.4
2022	0.843	0.146	51039.9	3760.81	402.73	3358.08	15.2
2023	0.879	0.152	52571.1	3920.82	416.96	3503.85	15.0
2024	0.915	0.158	54148.3	4080.82	431.19	3649.63	14.8
2025	0.951	0.164	59169.3	4240.83	445.43	3795.40	15.6

Doğalgaz ve elektrik fiyatları için şekil 8.1, 8.2, 8.6, 8.7'deki eğriler baz alınarak yıl yıl tasarruf ve gider maliyetleri hesaplanmıştır.

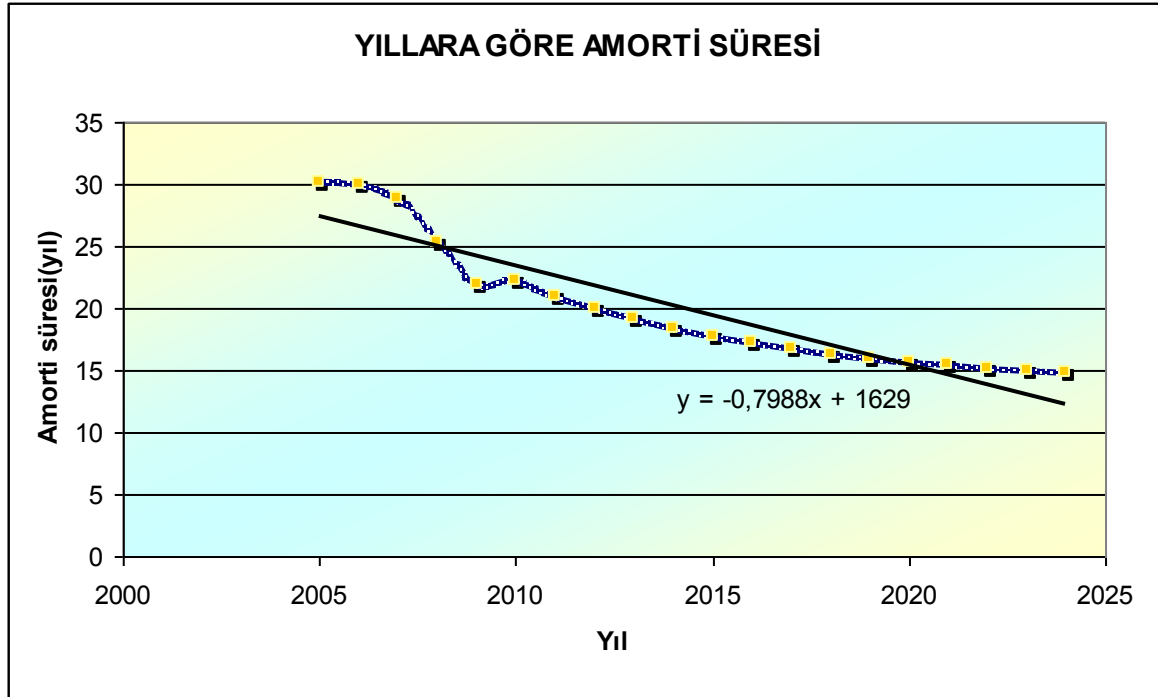
Tesis maliyeti için her seneye %3 artış kabul edilmiştir. Bu kabuller içinde savaş, kriz gibi istisnai durumlar hariç tutulmuştur. Ayrıca tesis maliyeti için seri imalata geçildiğinde kullanılabilme gücünün artacağı düşünülmektedir. Tesis maliyeti hesabında bileşik faiz yöntemi kullanılmaktadır.

S: n yıl sonra paranın gelecekteki değeri

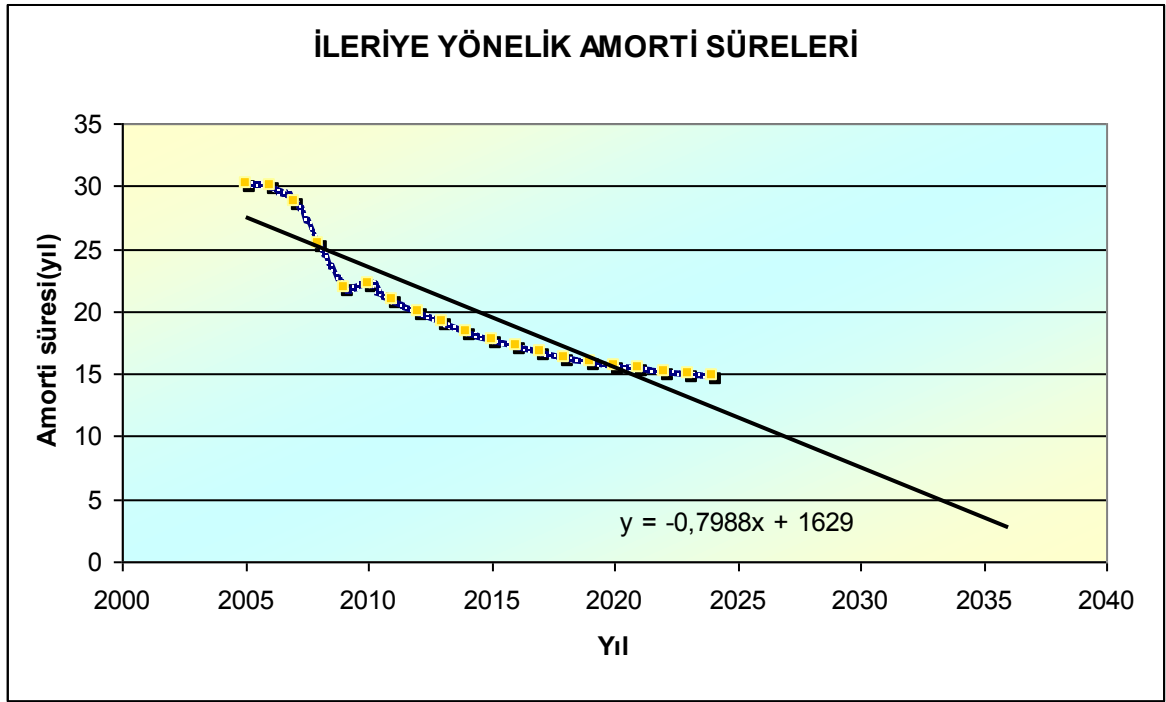
P: İlk yatırım yada paranın şimdiki değeri

i: Yıllık faiz oranı

$$S = Px(1+i)^n$$



Şekil 8.8 Yıllara göre amorti süresi



Şekil 8.9 İleriye yönelik amorti süresi

Şekil 8.8'deki yıllara göre amorti süreleri eğrisi ileriye yönelik 20 yıl devam ettirilirse Şekil 8.9'daki grafik ortaya çıkar. Bu tahmini hesaplama sonucunda enerji fiyatları tahmin edilen gibi olursa görünen odurki, sistem 7 sene sonra artıya geçmeye başlayacaktır.

9. EKSERJİ MALİYETİ HESABI VE EKSERJİ EKONOMİK ANALİZ

Sistemi sadece enerji analizi yönünden irdelemek yeterli olmayacaktır. Çünkü enerji analizinde çevre faktörleri tamamen göz ardı edilmektedir. Oysa sistemin etkileşimde olduğu çevre, çalışma şartlarını değiştirmektedir.

Ekserji analizi ile sistem yada ekipmanların ekserji kayıplarından kaynaklanan tersinmezliklerin miktarları ve yerleri tespit edilir. Dolayısıyla bu yöntemle sistemdeki tersinmezliklerin yerleri belirlenip bunların azaltılması ile verimi arttırmak mümkün olabilmektedir. Ancak ekserji analizinde değerlendirmenin sadece termodinamik olarak yapılması her zaman gerçeği yansıtmamaktadır. Bu yüzden analizde maliyet faktörü de göz önüne alınmalıdır. Bu durum sonuçların ekonomik olup olmadığını ortaya koyar. Bu analiz yöntemi ekserji ekonomik analiz olarak tanımlanmaktadır. Ekserji ekonomik analizde, sistemde kullanılan ekipmanların ayrı ayrı ekserji analizleri yapılır, daha sonra yine aynı ekipmanlar için maliyet denklemleri kurularak her birinin birim ürün ekserji maliyeti bulunur.

Ekserji analizinde kullanılacak olan sistem akışkanlarının entalpi ve entropi değerleri tablo olarak Ek2’de sunulmuştur.

Sistemin ekserji ekonomik analizi yapılırken sürekli akışlı açık sistem şartları alınarak, sisteme ilk giriş başlangıç noktasından başlanarak hesaplamalar yapılmıştır. Akışkanın sisteme girdiği ilk noktadan başlanarak akış sırasına göre diğerleri hesaplanmıştır. Çünkü bir elemanın çıktısı diğer bir elemanın girdisidir. Bu şekilde de bir ekipmanın çıkış maliyetinden diğer bir ekipmanın çıkış maliyeti hesaplanabilir. Sırasıyla tüm ekipmanlara bu hesap uygulandığında en son ekipmanın ürün maliyeti hesaplanabilir.

Sistemde akışkan olarak su ve glikollü su dolaşmaktadır. İlk yatırım maliyetleri, bakım ve işletme masrafları ekipmanlara paylaştırılarak hesaplar yapılmıştır. Hesaplarda sistem ömrü 20 yıl olarak alınmıştır.

Enerji ve Ekserji Analizi Programı sistemin saatlik olarak enerji ve ekserji analizini yapar. Program ekserji analizi için gerekli olan bir takım verileri enerji analizinden otomatik olarak alarak tüm hesaplamaları bu doğrultuda yapar. Dolayısıyla enerji analizinde herhangi bir değişiklik yapıldığında ekserji analizi de otomatik olarak değişmektedir. Programı başlatmak için kullanılan komutlar her ekipman için ayrı ayrı akım şemaları şeklinde verilmiştir.

9.1 Maliyet Analizi

Çizelge 9.1 Sistem bileşenlerinin maliyet analizi

Maliyetler	Güneş Kollektörü	Küresel Su Deposu	Isı Pompası	Akümülayon tankı	Kazan
İlk yatırım maliyeti (Ekipman+Aksesuar+Otm) (€)	22255	3520	5880	1650	2750
Yıllık yakıt tasarrufu (€/yıl)	859	136	227	64	-
Yıllık elektrik gideri (yıllık işletme masrafı (€/yıl))	9.4	4.7	115.9	3.9	3.7
Yıllık işletim gideri (€/yıl)	102	16	26	8	13
Sistemin saatlik masrafı (€/h)	0.584	0.105	0.366	0.061	0.134
Bir değere getirilmiş saatlik masraf (€/h)	0.800	0.145	0.505	0.084	0.185

Çizelge 9.1’deki maliyet, tasarruf ve giderler enerji analizi kısmında hesaplanmıştır.

9.1.1 Sistemin Saatlik Masrafı

$$\text{Sistemin saatlik masrafı} = \frac{\left[\left(\frac{\text{İlk yatırım maliyeti}}{\text{Sistem ömrü}} \right) + \text{yıllık işletme masrafı} + \text{yıllık işletim gideri} \right]}{\text{yıllık çalışma süresi}}$$

9.1.2 Parasal Giderler İçin Kullanılan Eşitlikler

Tesis bileşenlerinin ömrü 20 yıl olarak kabul edilmiştir. Faiz oranı $r_i = \%3$, eskalasyon oranı $r_n = \%4$, geri ödeme oranı $i_{\text{eff}} = \%6$ kabul edilirse parasal giderler için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

9.1.2.1 Bir Değere Getirilmiş Fiyat Düzeltme Faktörü (k)

$$k = \frac{1 + r_n}{1 + i_{\text{eff}}} = \frac{1 + 0.04}{1 + 0.06} = 0.98 \quad k = 0.98$$

9.1.2.2 Ana Para Geri Kazanım Faktörü (CRF)

$$CRF = \frac{i_{eff} \cdot (1 + i_{eff})^n}{(1 + i_{eff})^n - 1} = \frac{0.06(1 + 0.06)^{20}}{(1 + 0.06)^{20} - 1} = 0.087 \quad CRF=0.087$$

9.1.2.3 Eskalasyon Düzeltme Faktörü (CELF)

$$CELF = \frac{k \cdot (1 - k^n)}{1 - k} \times CRF = \frac{0.98(1 - 0.98^{20})}{1 - 0.98} \times 0.087 = 1.417 \quad CELF=1.417$$

9.1.2.4 Bir Değere Getirilme Faktörü (A)

$$A = \frac{CELF}{1 + r_i} = \frac{1.417}{1 + 0.03} = 1.38 \quad A=1.38$$

9.1.3 Bir Değere Getirilmiş Parasal Değerler (Z)

$$Z = \left[\frac{\text{İlk yatırım maliyeti}}{\text{Sistem omru} \times \text{Yıllık çalışma saati}} + \frac{\text{Elektrik + Bakım gideri}}{\text{Yıllık çalışma saati}} \right] \times A$$

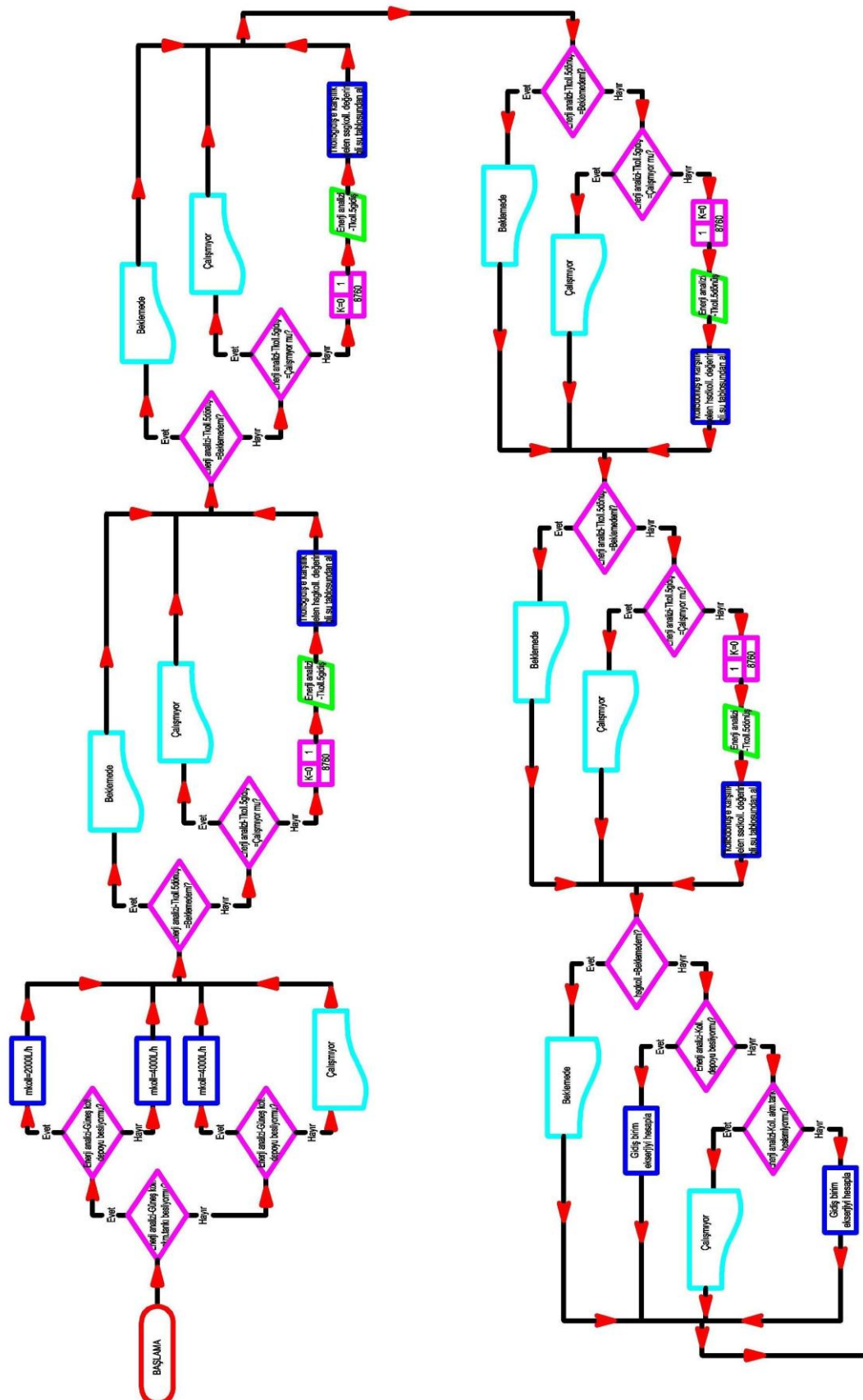
$$Z_{güneş kolektörü} = \left[\frac{22255}{20 \times 2095} + \frac{111}{2095} \right] \times 1.38 = 0.80 \text{ € / h}$$

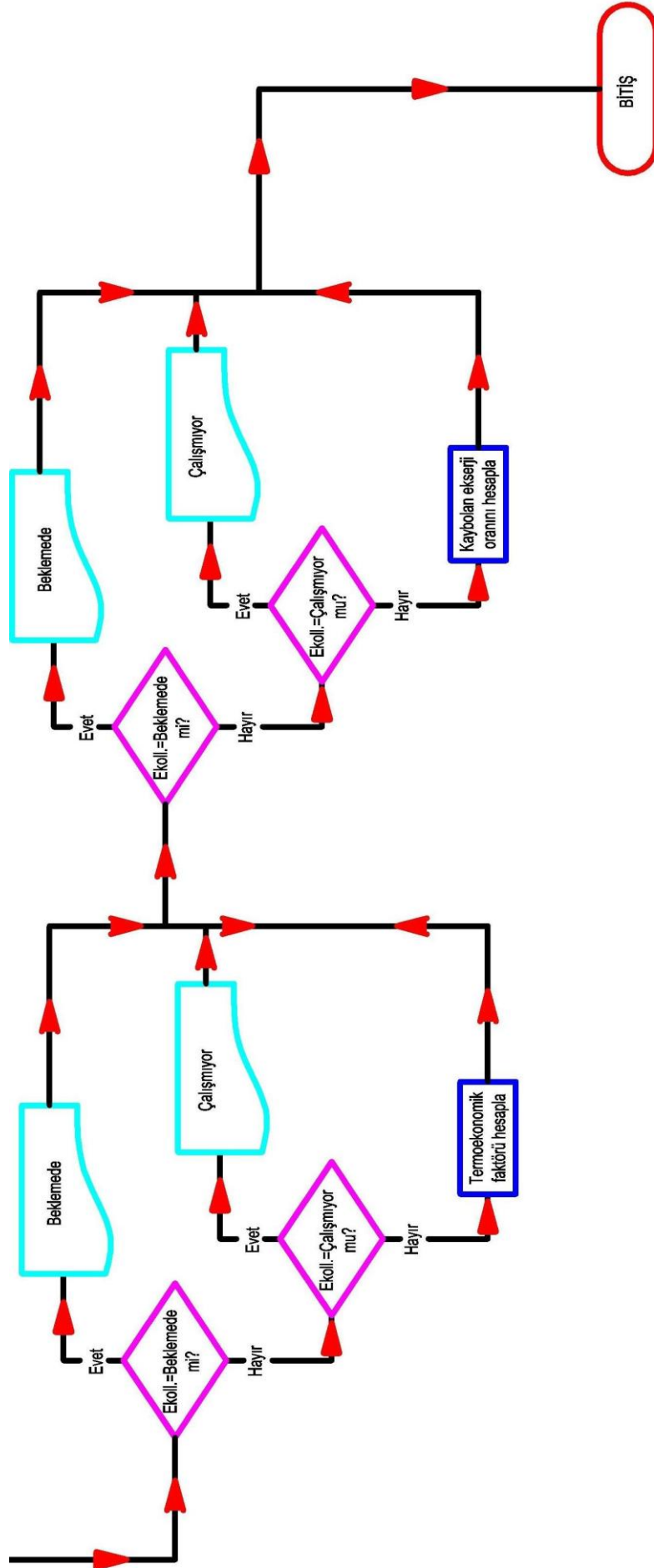
$$Z_{kuresel su deposu} = \left[\frac{3520}{20 \times 1871} + \frac{21}{1871} \right] \times 1.38 = 0.145 \text{ € / h}$$

$$Z_{isi pompası} = \left[\frac{5880}{20 \times 1189} + \frac{142}{1189} \right] \times 1.38 = 0.505 \text{ € / h}$$

$$Z_{akm. tank} = \left[\frac{1650}{20 \times 1544} + \frac{12}{1544} \right] \times 1.38 = 0.084 \text{ € / h}$$

$$Z_{kazan} = \left[\frac{2750}{20 \times 1146} + \frac{17}{1146} \right] \times 1.38 = 0.185 \text{ € / h}$$





10.2 Güneş Kollektörü Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar

$\dot{m}_{koll.}$ (kg/h) : Enerji Analizinde o saatte güneş kollektörü akümülayon tankını besliyormu? Öyle ise aynı saatte güneş kollektörü depoyu besliyormu? Besliyorsa debi 2000L/h, beslemiyorsa 4000L/h alır. Güneş kollektörü akümülayon tankını beslemiyorsa program yine güneş kollektörünün depoyu besleyip beslemediğini sorgular. Beslemiyorsa o saatte “Çalışmıyor” alır. Besliyorsa debiyi 4000L/h alır.

$h_{sgkoll.}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$S_{sgkoll.}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$h_{sdkoll.}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5dönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$S_{sdkoll.}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5dönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entropi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$e_{gkoll.}$ (kJ/kg) : $h_{sgkoll.}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse Enerji Analizinde o saatte kollektörün depoyu besleyip beslemediğini sorgular. Besleme varsa gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar. Besleme yoksa program Enerji Analizinde o saatte kollektörün akümülayon tankını besleyip beslemediğini sorgular. Besleme yoksa “Çalışmıyor” alır. Besleme varsa program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{gkoll.} = (h_{gkoll.} - h_o) - T_o(s_{gkoll.} - s_o)$$

$e_{dkoll.}$ (kJ/kg) : $h_{sdkoll.}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse Enerji Analizinde o saatte kollektörün depoyu besleyip beslemediğini sorgular. Besleme varsa dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar. Besleme yoksa program

Enerji Analizinde o saatte kollektörün akümülayon tankını besleyip beslemediğini sorgular. Besleme yoksa “Çalışmıyor” alır. Besleme varsa program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{dkoll.} = (h_{dkoll.} - h_o) - T_o(S_{dkoll.} - S_o)$$

$\underline{E}_{gkoll.}$ (kJ/h) : $e_{gkoll.}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse $e_{gkoll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{gkoll.} = e_{gkoll.} \times m_{koll.}$$

$\underline{E}_{dkoll.}$ (kJ/h) : $e_{dkoll.}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse $e_{dkoll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program dönüş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{dkoll.} = e_{dkoll.} \times m_{koll.}$$

$\underline{E}_{güneş}$ (Wh/m²) : Enerji Analizinden yıllık tüm saatlerdeki güneşten gelen radyasyon miktarlarını alır.

$\underline{E}_{güneş}$ (kJ/h) : Yıllık tüm saatlerdeki $E_{güneş}$ değerlerinin birim dönüşümünü yapar. Wh/m²’yi kJ/h’e çevirir.

$\underline{E}_{koll.}$ (kJ/h) : $E_{gkoll.}$ değeri beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program $E_{gkoll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak toplam ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{koll.} = E_{güneş} + E_{gkoll.} - E_{dkoll.}$$

$\underline{C}_{koll.}$ (€/kJ) : $E_{koll.}$ değeri beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program $E_{koll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak birim ekserji maliyetini hesaplar.

$$(C_{gkoll.1} \times E_{gkoll.1}) - (C_{dkoll.1} \times E_{dkoll.1}) + (C_{gkoll.2} \times E_{gkoll.2}) - (C_{dkoll.2} \times E_{dkoll.2}) + (C_w \times E_w) + Z_{koll.} = 0$$

Maliyet denge denklemi yardımıyla bir ekipmanın çıkış maliyetinden diğer bir ekipmanın çıkış maliyeti hesaplanabilir. Bu şekilde sistemde her noktanın birim ürün maliyeti hesaplanabilir. Su çevreden alındığı için maliyeti ihmal edilmiştir.

$$C_{koll.} = C_w + C_{su\ sirk.} \text{ (Maliyet denge denkleminde)}$$

$\underline{C}_{koll.}$ (€/h) : $E_{koll.}$ değeri beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program $E_{koll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse

program saatlik olarak kayıp ekserji maliyetini hesaplar.

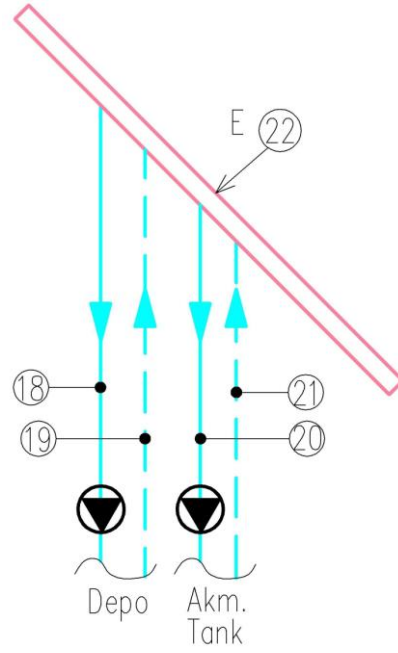
$$C_{koll.} = c_{koll.} \times E_{koll.}$$

$\underline{f}_{koll.}$: $E_{koll.}$ değeri beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program $E_{koll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak termoeekonomik (ekserjiekonomik) faktörü hesaplar.

$$f_{koll.} = Z_{koll.} / (Z_{koll.} + C_{koll.})$$

$\underline{y}_{koll.}$: $E_{koll.}$ değeri beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program $E_{koll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kaybolan ekserji oranını hesaplar.

$$y_{koll.} = E_{koll.} / E_{top.(sistem)}$$



Şekil 10.1 Güneş kollektörü devresi şematik gösterimi

Şekil 10.1’de güneş kollektörü devresinin şematik gösterimi görülmektedir.

10.3 Güneş Kollektörü Su Hesapları

10.3.1 Kollektör Depo Arası Debi

m^2 'ye 100L/h' den $100m^2$ için; $100m^2 \times 40L/h \rightarrow \dot{m} = 4000kg/h$

10.3.2 Kollektör Akümülayasyon Tankı Arası Debi

m^2 'ye 100L/h' den $100m^2$ için; $100m^2 \times 40L/h \rightarrow \dot{m} = 4000kg/h$

Su ve glikollü su devreleri için h ve s değerleri bulundukları sıcaklık ve basınca göre entalpi ve entropi tablolarından alınmıştır.

Su devreleri için h_o ve s_o değerleri $0^\circ C$, 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır. Su için bu değerler; $h_o = -0.04kJ/kg$, $s_o = 0.00kJ/kgK$, $T_o = 273.15K$

Glikollü devreler için h_o ve s_o değerleri $0^\circ C$, 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır. Glikol oranı %40’dır. Glikollü su için bu değerler; $h_o = -0.03kJ/kg$, $s_o = 0.00kJ/kgK$, $T_o = 273.15K$

10.4 Güneş Kollektörü Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı

Yıllık herhangi bir su sıcaklığı kabulüyle güneş kollektörü sistemi için bir saatlik hesaplama yöntemi şu şekildedir;

Çizelge 10.1 Glikollü suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	T (°C)	T (K)	$\dot{m}$ (kg/h)	h (kJ/kg)	s (kJ/kgK)
18	Glikollü su	60	333.15	2000	216.018	0.714
19	Glikollü su	50	323.15	2000	178.381	0.599
20	Glikollü su	60	333.15	2000	216.018	0.714
21	Glikollü su	50	323.15	2000	178.381	0.599

$W_5, W_6 = 0.18$ kw

Akışkanların özgül ekserjileri

Denklem 5.60'dan;

$$e_{18} = (h_{18} - h_0) - T_0 (s_{18} - s_0) \quad (10.1)$$

$$e_{18} = 20.765 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{19} = (h_{19} - h_0) - T_0 (s_{19} - s_0) \quad (10.2)$$

$$e_{19} = 14.605 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{20} = (h_{20} - h_0) - T_0 (s_{20} - s_0) \quad (10.3)$$

$$e_{20} = 20.765 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{21} = (h_{21} - h_0) - T_0 (s_{21} - s_0) \quad (10.4)$$

$$e_{21} = 14.605 \text{ kJ/kg}$$

Akışkanların özgül ve toplam ekserjileri

Denklem 5.61'den;

$$E(\text{kJ/h}) = e(\text{kJ/kg}) \times \dot{m} (\text{kg/h}) \quad (10.5)$$

$$W_5, W_6 = N_{\text{motor}}(\text{kw}) \times 3600 \quad (10.6)$$

Çizelge 10.2 Güneş kolektörü sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	m (kg/h)	e (kJ/kg)	E (kJ/h)
18	Glikollü su	2000	20.765	41531.60
19	Glikollü su	2000	14.605	29211.73
20	Glikollü su	2000	20.765	41531.60
21	Glikollü su	2000	14.605	29211.73
22	Güneş ışıınımı	-	-	86476.34
W_5, W_6	Elektrik	-	-	648

Kolektörün toplam ekserji kaybı

$$E_{\text{koll.}} = E_{22} + E_{19} + E_{21} - E_{18} - E_{20} \quad (10.7)$$

$$E_{\text{koll.}} = 61836.59 \text{ kJ/h} = 17.17 \text{ kw}$$

Bu çalışma rejiminde diğer ekipmanların ekserjileri aşağıdaki gibidir;

$$E_{\text{koll.}} = 61836.60 \text{ kJ/h}$$

$$E_{\text{depo}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{akm. tank}} = 4571.23 \text{ kJ/h}$$

$$E_{\text{i.p.}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{kaz.}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{sistem, toplam}} = 66407.83 \text{ kJ/h}$$

Birim maliyet

$$C_{w5+w6} = (0.18 \text{ kw} \times 0.05 \text{ €/kwh}) / 648 \text{ kJ/h} \quad (10.8)$$

$$C_{w5+w6} = 1.388 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

Kollektör için maliyet denklemi

Denklem 5.82'den;

$$C_{19} \times E_{19} - C_{18} \times E_{18} + C_{21} \times E_{21} - C_{20} \times E_{20} + C_{w6} \times E_{w6} + Z_{koll} = 0 \quad (10.9)$$

$$C_{18} = C_{19} = C_{20} = C_{21}$$

$$C_{w6} = C_{w5}$$

$$C_{18} = C_{19} = C_{20} = C_{21} = [(C_{w6} \times E_{w6}) + Z_{koll}] / (E_{18} - E_{19} + E_{20} - E_{21})$$

$$C_{18} = C_{19} = C_{20} = C_{21} = 3.283 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

Kollektörün kayıp ekserji maliyet denklemi

Denklem 5.80'den;

$$C_{kkoll.} = (C_{w5+w6} + C_{18}) \times E_{koll.} \quad (10.10)$$

$$C_{kkoll.} = 2.88 \text{ €/h}$$

Kollektör için termoekonomik (ekserji ekonomik) faktör

Denklem 5.83'den;

$$f_{koll.} = Z_{kollektör} / (Z_{kollektör} + C_{kkollektör}) \quad (10.11)$$

$$f_{kollektör} = 0.216$$

Kollektör için kaybolan ekserji oranı

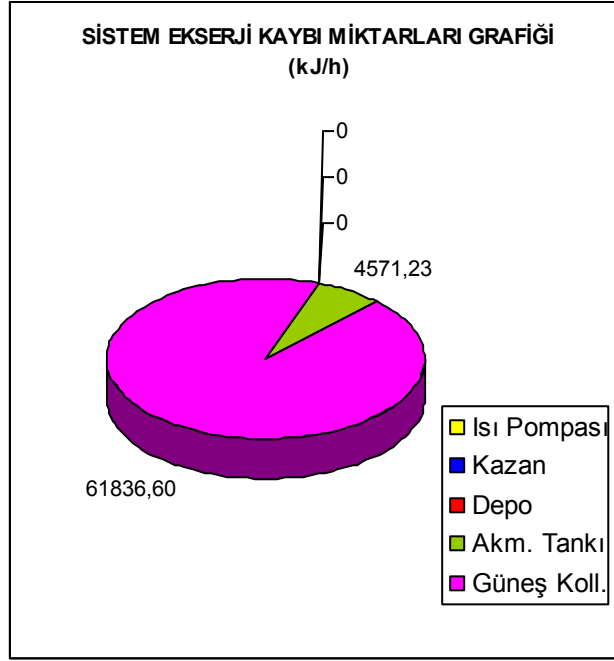
Denklem 5.78'den;

$$Y_{kkollektör} = E_{kkollektör} / E_{sistem, toplam} \quad (10.12)$$

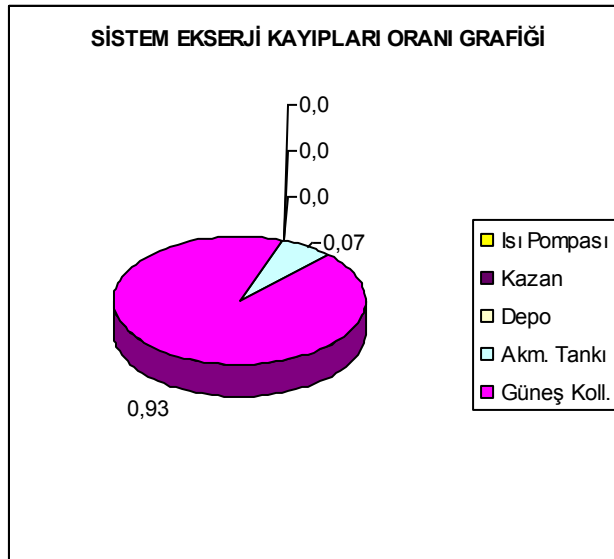
$$Y_{kkollektör} = 0.931$$

Çizelge 10.3 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler

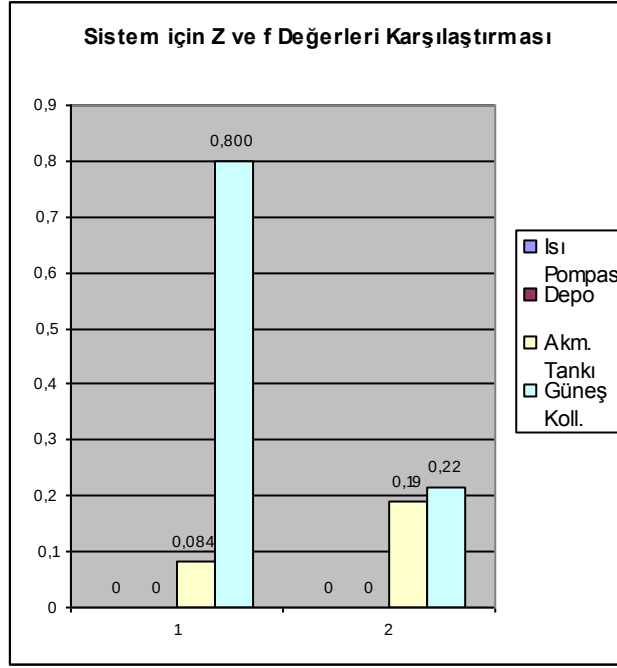
Bileşen	Ekserji Kaybı Miktarı $\dot{E}$ (kJ/h)	Ekserji Kayıp Oranı $y(\%)$	Bir Değere Getirilmiş Maliyet $\dot{Z}$ (€/h)	Ekserji ekonomik faktör $f(\%)$
Isı Pompası	-	-	-	-
Kazan	-	-	-	-
Depo	-	-	-	-
Akm.Tank	4571.23	0.07	0.084	0.19
Güneş Koll	61836.60	0.93	0.800	0.22



Şekil 10.2 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği



Şekil 10.3 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği

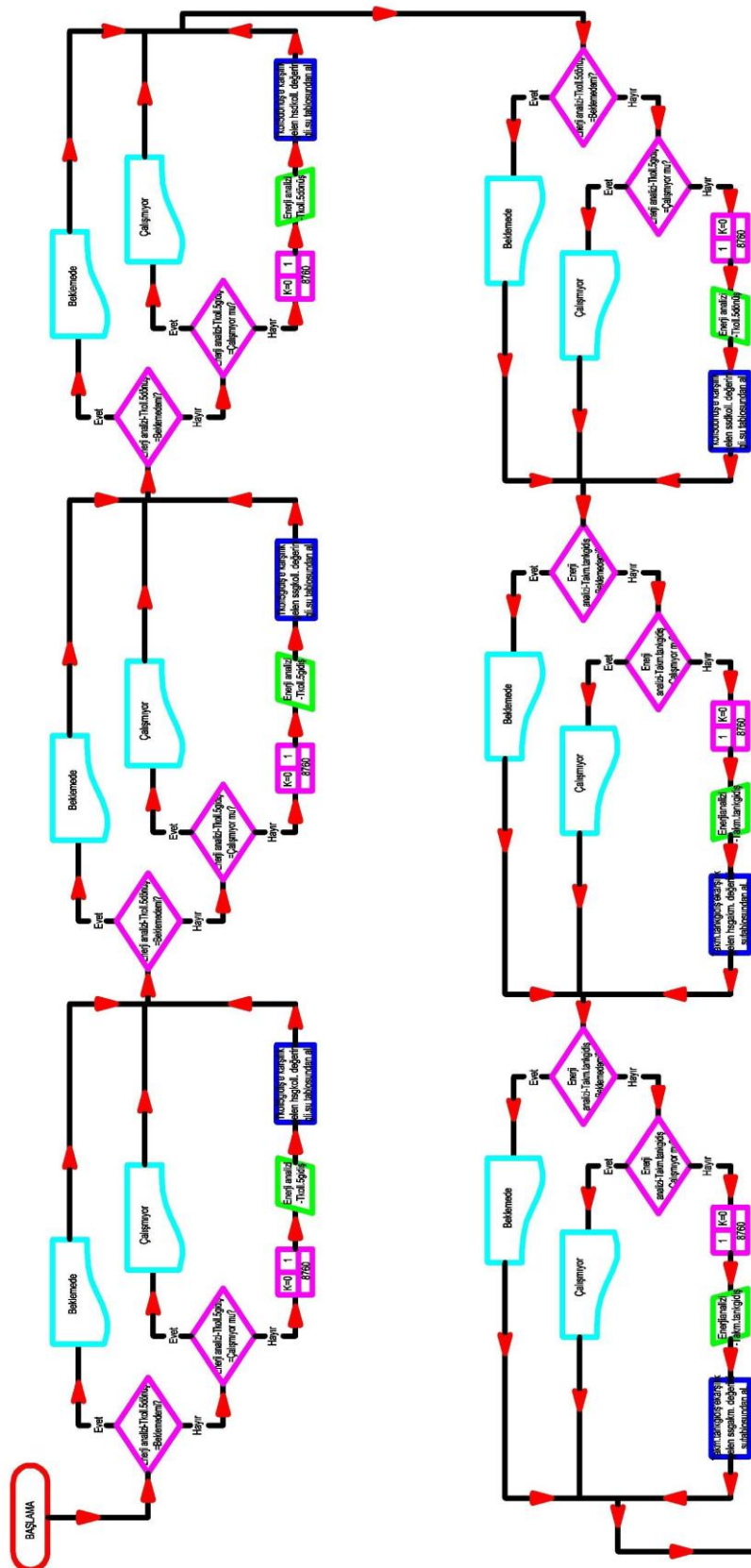


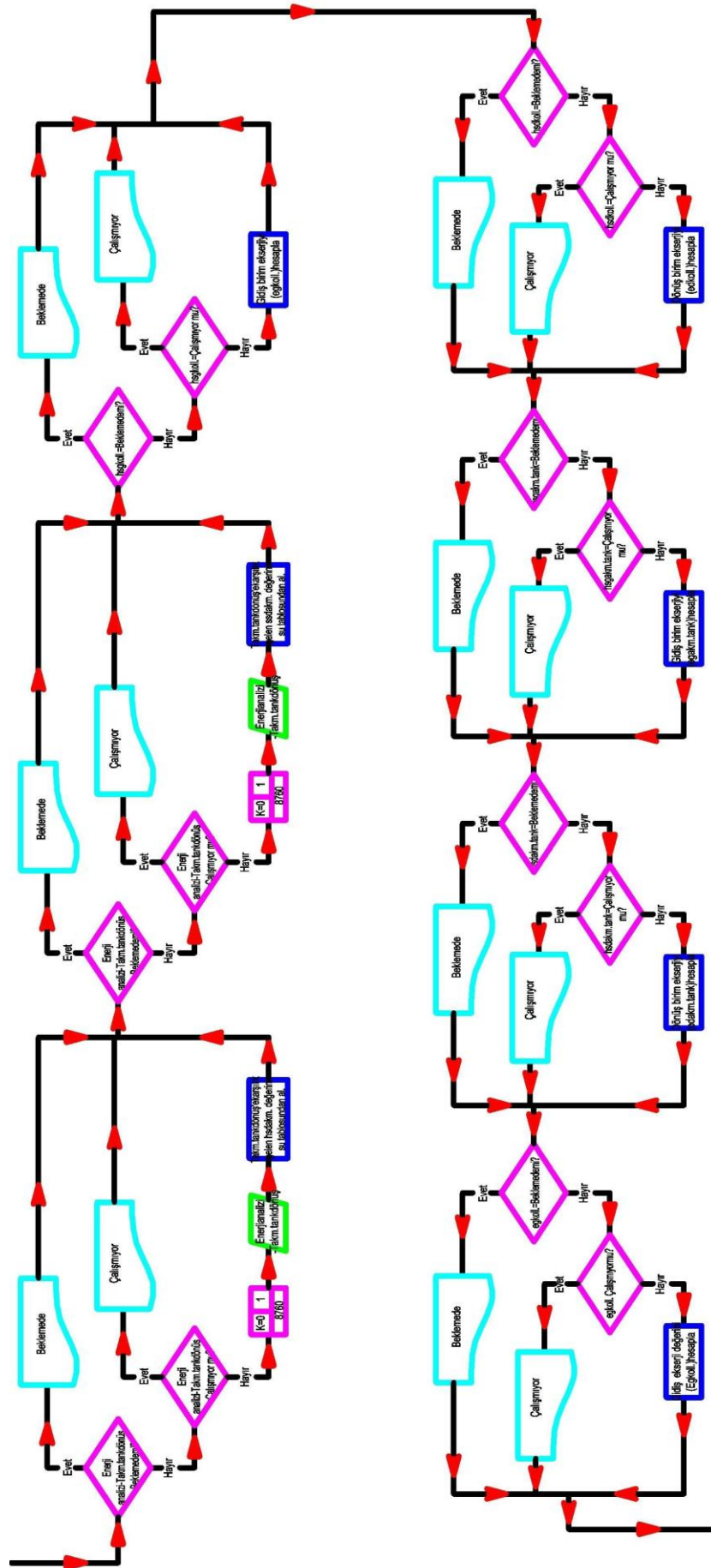
Şekil 10.4 Sistem komponentlerindeki Z(1) ve f(2) değerlerinin karşılaştırılması

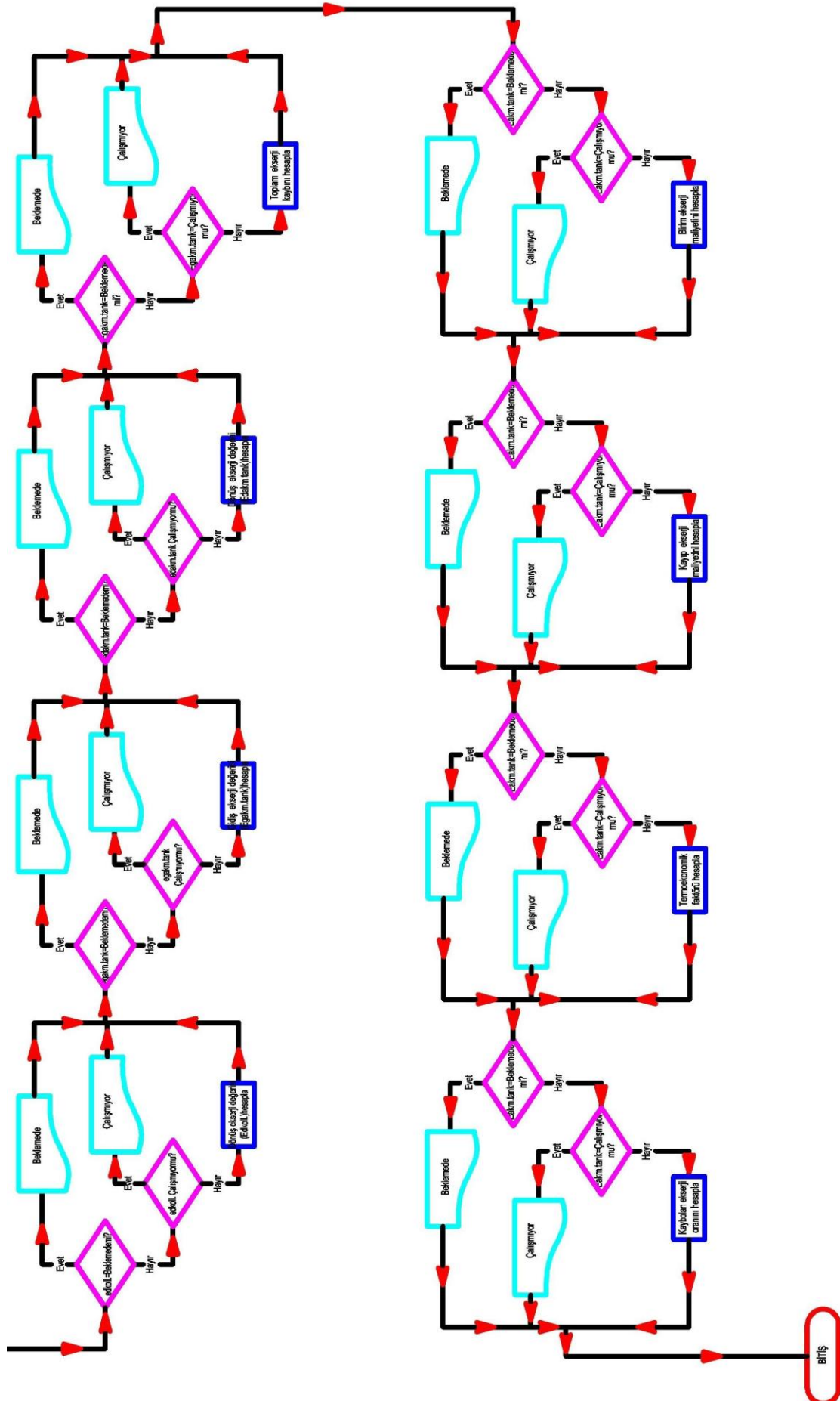
Yukarıdaki hesap yöntemi yılın tüm saatleri için uygulandığında bulunan sonuçlar ortalama aylık değerler olarak Çizelge 10.4’de sunulmuştur.

Çizelge 10.4 Güneş kollektörü tüm aylar için hesaplanan ortalama sonuçlar

AYLAR	KOLLEKTÖR				
	E	C	f(10 ³)	y(10 ³)	c(10 ⁶)
	kJ/h	€/h			€/kJ
Ocak	9290.34	0.6020	237.934	108.468	169.647
Şubat	15770.71	0.7287	243.364	131.101	118.146
Mart	24838.71	0.9530	278.474	167.255	99.319
Nisan	26414.77	0.9376	258.439	203.456	110.692
Mayıs	11264.88	0.4922	161.007	115.520	85.196
Haziran	2487.31	0.1492	58.421	37.037	51.830
Temmuz	203.75	0.0166	7.319	5.644	8.571
Ağustos	8.080	0.0018	0.972	0.601	0.436
Eylül	2547.22	0.1444	55.409	36.715	134.828
Ekim	17316.99	0.6494	189.338	143.802	112.511
Kasım	12853.15	0.7313	272.571	131.030	221.666
Aralık	9207.61	0.6054	240.749	122.090	179.593







11.2 Akümülayon Tankı Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar

$\underline{h_{sgkoll}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{S_{sgkoll}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{h_{sdkoll}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5dönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{S_{sdkoll}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5dönüş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entropi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{h_{sgakm.tank}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{akm.gidiş}$ beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program Enerji Analizinden $T_{akm.gidiş}$ ’in çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{akm.gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{S_{sgakm.tank}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{akm.gidiş}$ beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program Enerji Analizinden $T_{akm.gidiş}$ ’in çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{akm.gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{h_{sdakm.tank}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{akm.dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program Enerji Analizinden $T_{akm.dönüş}$ ’ün çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{akm.dönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{S_{sdakm.tank}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{akm.dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse program Enerji Analizinden $T_{akm.dönüş}$ ’ün çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{akm.dönüş}$ sıcaklığına

karşılık gelen dönüş entropi değerini program su tablosundan alır.

e_{gkoll} (kJ/kg) : h_{sgkoll} değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse h_{sgkoll} çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{gkoll} = (h_{gkoll} - h_o) - T_o(s_{gkoll} - s_o)$$

e_{dkoll} (kJ/kg) : h_{sdkoll} değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse h_{sdkoll} çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{dkoll} = (h_{dkoll} - h_o) - T_o(s_{dkoll} - s_o)$$

$e_{gakm.tank}$ (kJ/kg) : $h_{sgakm.tank}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $h_{sgakm.tank}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{gakm.tank} = (h_{gakm.tank} - h_o) - T_o(s_{gakm.tank} - s_o)$$

$e_{dakm.tank}$ (kJ/kg) : $h_{sdakm.tank}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $h_{sdakm.tank}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{dakm.tank} = (h_{dakm.tank} - h_o) - T_o(s_{dakm.tank} - s_o)$$

E_{gkoll} (kJ/h) : e_{gkoll} değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse e_{gkoll} değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{gkoll} = e_{gkoll} \times m_{koll}$$

E_{dkoll} (kJ/h) : e_{dkoll} değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse e_{dkoll} değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program dönüş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{dkoll} = e_{dkoll} \times m_{koll}$$

$E_{gakm.tank}$ (kJ/h) : $e_{gakm.tank}$ değeri beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $e_{gakm.tank}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{gakm.tank} = e_{gakm.tank} \times m_{akm.tank}$$

E_{ddepo} (kJ/h) : $e_{dakm.tank}$ değeri beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse program

$e_{\text{dakm.tank}}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program dönüş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{\text{dakm.tank}} = e_{\text{dakm.tank}} \times m_{\text{akm.tank}}$$

$E_{\text{akm.tank}}$ (kJ/h) : $E_{\text{gakm.tank}}$ değeri beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse program $E_{\text{gakm.tank}}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program saatlik olarak toplam ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{\text{akm.tank}} = E_{\text{gkoll.}} - E_{\text{dkoll.}} + E_{\text{gakm.tank}} - E_{\text{dakm.tank}}$$

$C_{\text{akm.tank}}$ (€/kJ) : $E_{\text{akm.tank}}$ değeri beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse program $E_{\text{akm.tank}}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program saatlik olarak birim ekserji maliyetini hesaplar.

$$(C_{\text{gkoll.}} \times E_{\text{gkoll.}}) - (C_{\text{dkoll.}} \times E_{\text{dkoll.}}) + (C_{\text{gakm.tank}} \times E_{\text{gakm.tank}}) - (C_{\text{dakm.tank}} \times E_{\text{dakm.tank}}) + (C_w \times E_w) + Z_{\text{akm.tank}} = 0$$

Maliyet denge denklemi yardımıyla bir ekipmanın çıkış maliyetinden diğer bir ekipmanın çıkış maliyeti hesaplanabilir. Bu şekilde sistemde her noktanın birim ürün maliyeti hesaplanabilir. Su çevreden alındığı için maliyeti ihmal edilmiştir.

$$C_{\text{akm.tank}} = C_w + C_{\text{su sirk.}} \text{ (Maliyet denge denkleminden)}$$

$C_{\text{akm.tank}}$ (€/h) : $E_{\text{akm.tank}}$ değeri beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse program $E_{\text{akm.tank}}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program saatlik olarak kayıp ekserji maliyetini hesaplar.

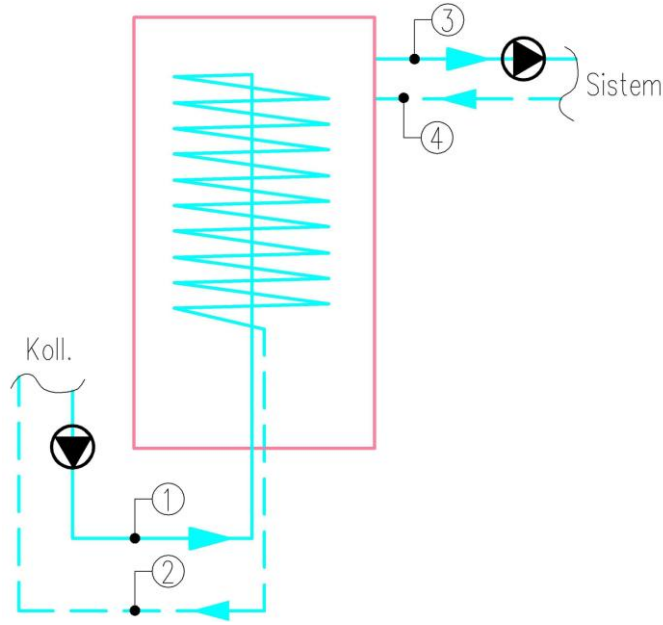
$$C_{\text{akm.tank}} = C_{\text{akm.tank}} \times E_{\text{akm.tank}}$$

$f_{\text{akm.tank}}$: $E_{\text{akm.tank}}$ değeri beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse program $E_{\text{akm.tank}}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program saatlik olarak termoekonomik (ekserjiekonomik) faktörü hesaplar.

$$f_{\text{akm.tank}} = Z_{\text{akm.tank}} / (Z_{\text{akm.tank}} + C_{\text{akm.tank}})$$

$y_{\text{akm.tank}}$: $E_{\text{akm.tank}}$ değeri beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse program $E_{\text{akm.tank}}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program saatlik olarak kaybolan ekserji oranını hesaplar.

$$y_{\text{akm.tank}} = E_{\text{akm.tank}} / E_{\text{top.(sistem)}}$$



Şekil 11.1 Akümülayon tankı devresi şematik gösterimi

Şekil 11.1’de Akümülayon tankı devresinin şematik gösterimi görölmektedir.

11.3 Akümülayon Tankı Su Hesapları

Aküümülayon tankının sistem besleme hattı maksimum yükte $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ çalışma rejiminde çalıştırılmaktadır.

11.3.1 Sistem Tarafı Debi

$$Q = m \times c \times \Delta T \rightarrow 20\text{kw}=20000\text{W} = m(\text{L/h}) \times 1.162(\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C}) \times 10(^{\circ}\text{C}) \quad \dot{m} = 1720 \text{ kg/h}$$

11.3.2 Kollektör Tarafı Debi

$$\text{m}^2\text{'ye } 100\text{L/h' den } 100\text{m}^2 \text{ için; } 100\text{m}^2 \times 40\text{L/h} \rightarrow \dot{m} = 4000\text{kg/h}$$

Su ve glikollü su devreleri için h ve s değerleri bulundukları sıcaklık ve basınca göre entalpi ve entropi tablolarından alınmıştır.

Su devreleri için h_o ve s_o değerleri 0°C , 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır. Su için bu değerler; $h_o = -0.04\text{kJ/kg}$, $s_o = 0.00\text{kJ/kgK}$, $T_o = 273.15\text{K}$

Glikollü devreler için h_o ve s_o değerleri 0°C , 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır. Glikol oranı %40’dır. Glikollü su için bu değerler; $h_o = -0.04\text{kJ/kg}$, $s_o = 0.00\text{kJ/kgK}$, $T_o = 273.15\text{K}$

11.4 Akümülayon Tankı Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı

Yıllık herhangi bir su sıcaklığı kabulüyle akümülayon tankı sistemi için bir saatlik hesaplama yöntemi şu şekildedir;

Çizelge 11.1 Glikollü su ve suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	T (°C)	T (K)	$\dot{m}$ (kg/h)	h (kJ/kg)	s (kJ/kgK)
1	Glikollü su	60	333.15	2000	216.018	0.714
2	Glikollü su	50	323.15	2000	178.381	0.599
3	Su	40	313.15	1720	167.45	0.572
4	Su	30	303.15	1720	125.66	0.435

$$W_3 = 0.18 \text{ kw}$$

Akışkanların özgül ekserjileri

Denklem 5.60'dan;

$$e_1 = (h_1 - h_o) - T_o (s_1 - s_o) \quad (11.1)$$

$$e_1 = 20.765 \text{ kJ/kg}$$

$$e_2 = (h_2 - h_o) - T_o (s_2 - s_o) \quad (11.2)$$

$$e_2 = 14.605 \text{ kJ/kg}$$

$$e_3 = (h_3 - h_o) - T_o (s_3 - s_o) \quad (11.3)$$

$$e_3 = 11.220 \text{ kJ/kg}$$

$$e_4 = (h_4 - h_o) - T_o (s_4 - s_o) \quad (11.4)$$

$$e_4 = 6.715 \text{ kJ/kg}$$

Akışkanların özgül ve toplam ekserjileri

Denklem 5.61'den;

$$E(\text{kJ/h}) = e(\text{kJ/kg}) \times m(\text{kg/h}) \quad (11.5)$$

$$W_3 = N_{\text{motor}}(\text{kw}) \times 3600 \quad (11.6)$$

Çizelge 11.2 Akümülayon tankı sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	$\dot{m}$ (kg/h)	e (kJ/kg)	E (kJ/h)
1	Glikollü su	2000	20.765	41531.608
2	Glikollü su	2000	14.605	29211.734
3	Su	1720	11.220	19299.922
4	Su	1720	6.715	11551.279
W ₃	Elektrik	-	-	648

Akümlasyon tankının toplam ekserji kaybı

$$E_{\text{akm. tank}} = E_1 + E_4 - E_2 - E_3 \quad (11.7)$$

$$E_{\text{akm. tank}} = 4571.23 \text{ kJ/h} = 1.269 \text{ kw}$$

Bu çalışma rejiminde diğer ekipmanların ekserjileri aşağıdaki gibidir;

$$E_{\text{koll.}} = 61836.60 \text{ kJ/h}$$

$$E_{\text{depo}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{akm. tank}} = 4571.23 \text{ kJ/h}$$

$$E_{\text{i.p.}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{kaz.}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{sistem, toplam}} = 66407.83 \text{ kJ/h}$$

Birim maliyet

$$c_{w3} = (0.18 \text{ kw} \times 0.05 \text{ €/kwh}) / 648 \text{ kJ/h} \quad (11.8)$$

$$c_{w3} = 1.39 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

Akümlasyon tankı için maliyet denklemi

Denklem 5.82'den;

$$c_4 \times E_4 - c_3 \times E_3 + c_1 \times E_1 - c_2 \times E_2 + c_{w3} \times E_{w3} + Z_{\text{akm. tank}} = 0 \quad (11.9)$$

$$c_4 = c_3$$

$$c_1=c_2=3.28 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

$$c_3=[c_1 \times (E_1-E_2) + (c_{w3} \times E_{w3}) + Z_{\text{akm. tank}}] / (E_3-E_4)$$

$$c_4=c_3=6.42 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

Akümülasyon tankı kayıp ekserji maliyet denklemi

Denklem 5.80'den;

$$C_{k \text{ akm. tank}} = (c_{w3} + c_3) \times E_{\text{akm. tank}} \quad (11.10)$$

$$C_{k \text{ akm. tank}} = 0.356 \text{ €/h}$$

Akümülasyon tankı için termoekonomik (ekserji ekonomik) faktör

Denklem 5.83'den;

$$f_{\text{akm. tank}} = Z_{\text{akm. tank}} / (Z_{\text{akm. tank}} + C_{k \text{ akm. tank}}) \quad (11.11)$$

$$f_{\text{akm. tank}} = 0.190$$

Akümülasyon tankı için kaybolan ekserji oranı

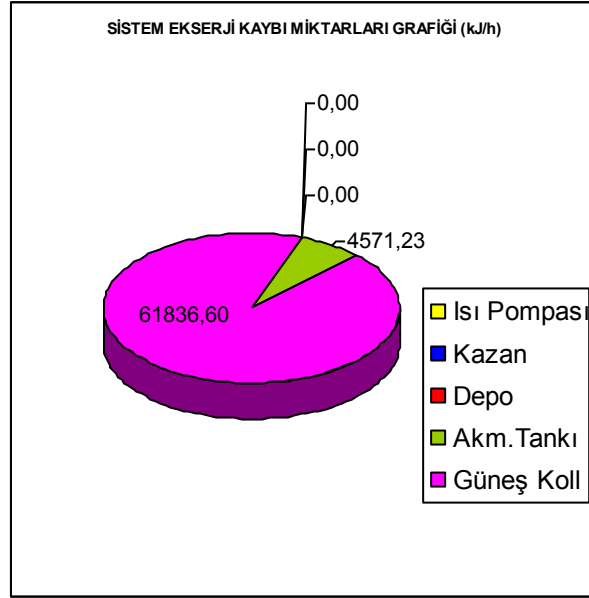
Denklem 5.78'den;

$$y_{k \text{ akm. tank}} = E_{k \text{ akm. tank}} / E_{\text{sistem, toplam}} \quad (11.12)$$

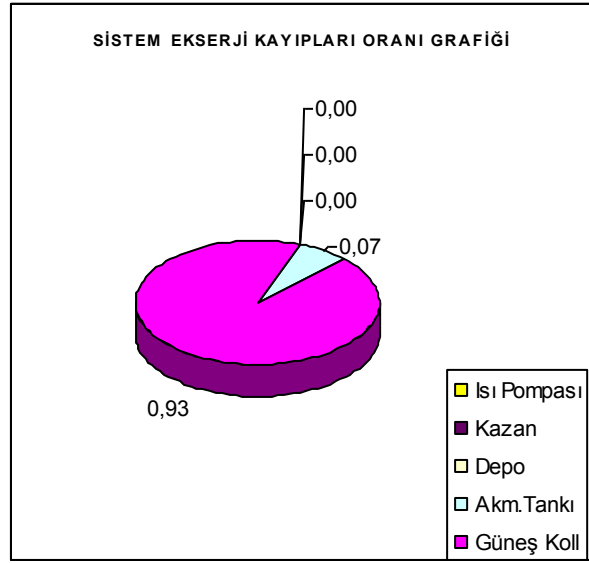
$$y_{k \text{ akm. tank}} = 0.068$$

Çizelge 11.3 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler

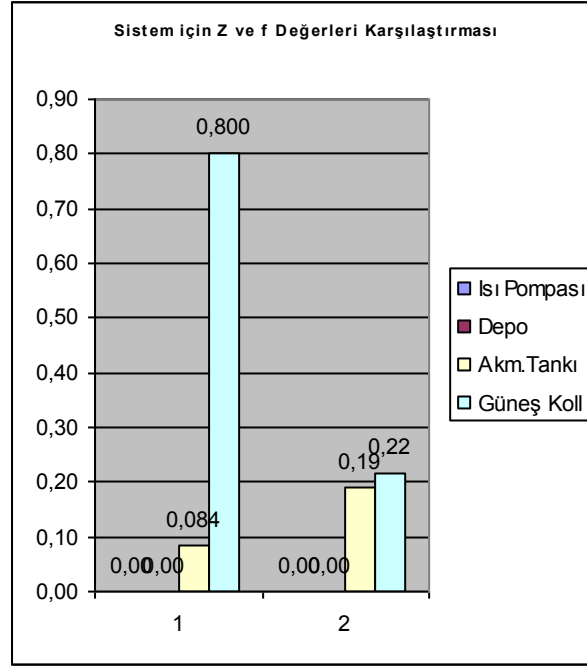
Bileşen	Ekserji Kaybı Miktarı $\dot{E}$ (kJ/h)	Ekserji Kayıp Oranı $y(\%)$	Bir Değere Getirilmiş Maliyet $\dot{Z}$ (€/h)	Ekserji ekonomik faktör $f(\%)$
Isı Pompası	-	-	-	-
Kazan	-	-	-	-
Depo	-	-	-	-
Akm.Tank	4571.23	0.07	0.084	0.19
Güneş Koll	61836.60	0.93	0.80	0.22



Şekil 11.2 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği



Şekil 11.3 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği



Şekil 11.4 Sistem komponentlerindeki Z(1) ve f(2) değerlerinin karşılaştırılması

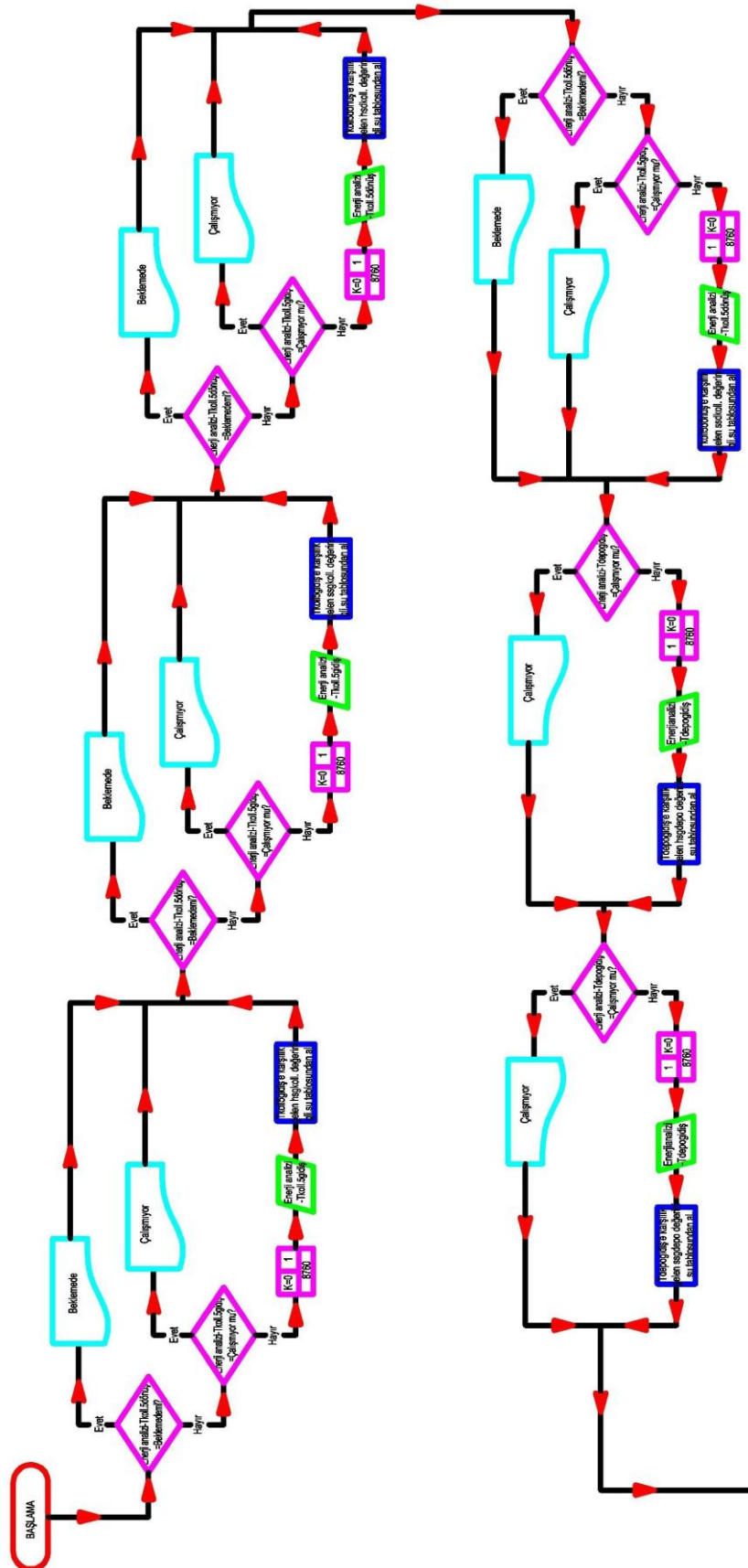
Yukarıdaki hesap yöntemi yılın tüm saatleri için uygulandığında bulunan sonuçlar ortalama aylık değerler olarak Çizelge 11.4’de sunulmuştur.

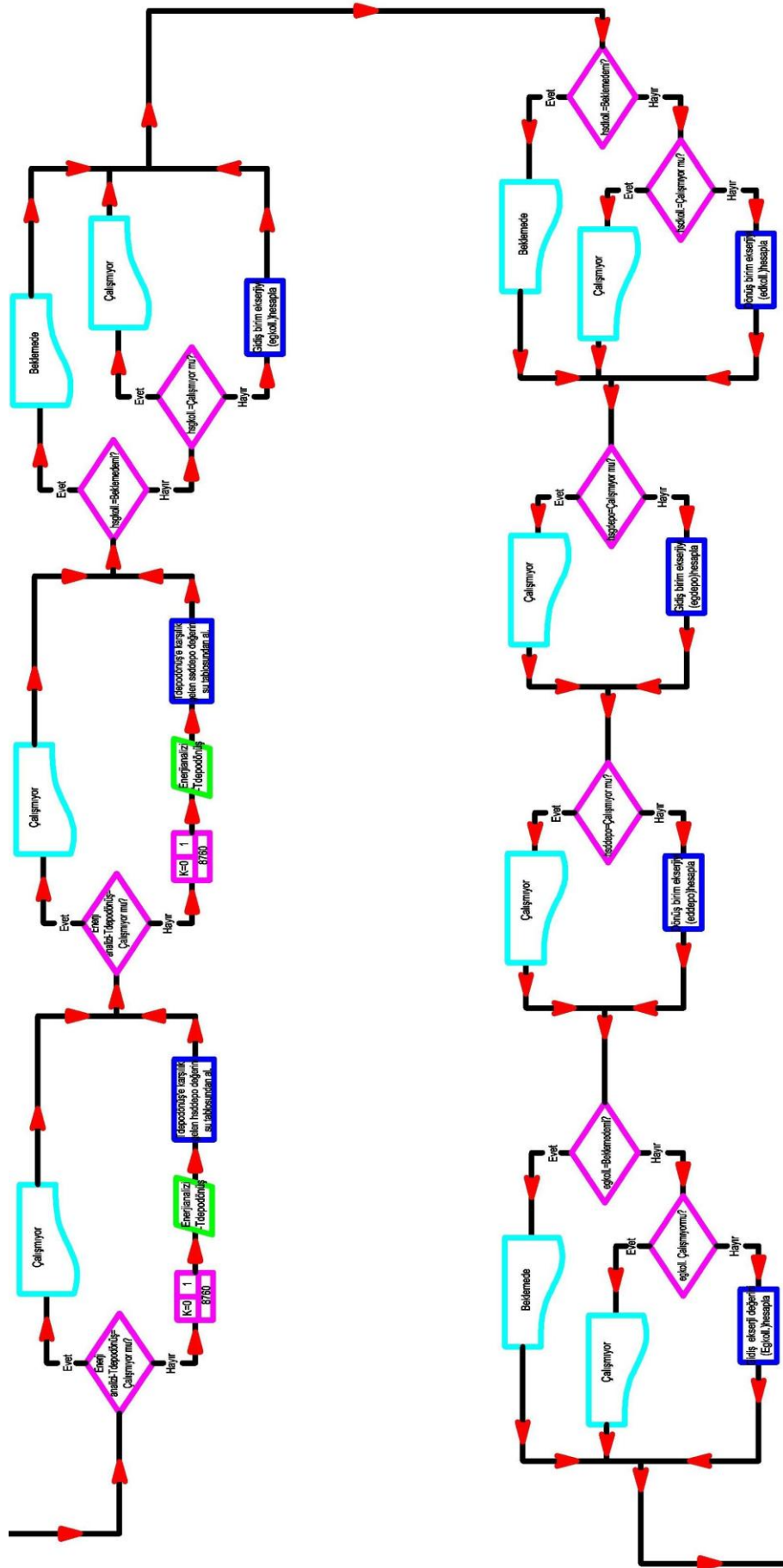
Çizelge 11.4 Akümü. tankı tüm aylar için hesaplanan sonuçlar

AYLAR	AKÜMÜLASYON TANKI				
	E	C	f(10 ³)	γ(10 ³)	c(10 ⁶)
	kJ/h	€/h			€/kJ
Ocak	8870.245	2.718	5.508	86.002	91.090
Şubat	15553.398	3.732	7.000	114.495	94.244
Mart	22116.829	8.881	6.571	136.469	188.392
Nisan	15522.412	6.655	6.968	120.196	174.559
Mayıs	4975.440	2.768	4.676	61.627	119.754
Haziran	660.951	0.445	1.603	15.531	36.097
Temmuz	52.231	0.021	0.530	2.618	4.160
Ağustos	5.893	0.003	0.106	0.438	1.071
Eylül	374.319	0.233	1.533	10.965	24.586
Ekim	5770.518	2.905	5.443	67.733	118.440
Kasım	10600.865	4.835	7.657	107.546	183.965
Aralık	7864.387	2.804	8.136	97.978	127.956

12. DEPO

12.1 Depo Ekserji Analizi Modeli





12.2 Depo Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağlıntılar

$\underline{h}_{sgkoll}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{s}_{sgkoll}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{h}_{sdkoll}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5gidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5dönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{s}_{sdkoll}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{koll.5dönüş}$ beklemedemi? Öyle ise “Beklemede” alır. Değilse $T_{koll.5dönüş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{koll.5gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entropi değerini program glikollü su tablosundan alır.

$\underline{h}_{sgdepo}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte T_{depo} gidiş çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki T_{depo} gidiş sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{s}_{sgdepo}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte T_{depo} gidiş çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki T_{depo} gidiş sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{h}_{sddepo}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte T_{depo} dönüş çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki T_{depo} dönüş sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{s}_{sddepo}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte T_{depo} dönüş çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki T_{depo} dönüş sıcaklığına karşılık gelen dönüş entropi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{e}_{gkoll}$ (kJ/kg) : $\underline{h}_{sgkoll}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse $\underline{h}_{sgkoll}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$\underline{e}_{gkoll} = (\underline{h}_{gkoll} - \underline{h}_o) - T_o(\underline{s}_{gkoll} - \underline{s}_o)$$

$\underline{e}_{dkoll.}$ (kJ/kg) : $h_{sdkoll.}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse $h_{sdkoll.}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{dkoll.} = (h_{dkoll.} - h_o) - T_o(s_{dkoll.} - s_o)$$

$\underline{e}_{gdepo}$ (kJ/kg) : h_{sgdepo} çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{gdepo} = (h_{gdepo} - h_o) - T_o(s_{gdepo} - s_o)$$

$\underline{e}_{ddepo}$ (kJ/kg) : h_{dddepo} çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{ddepo} = (h_{ddepo} - h_o) - T_o(s_{ddepo} - s_o)$$

$\underline{E}_{gkoll.}$ (kJ/h) : $e_{gkoll.}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse $e_{gkoll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{gkoll.} = e_{gkoll.} \times m_{koll.}$$

$\underline{E}_{dkoll.}$ (kJ/h) : $e_{dkoll.}$ değeri o saatte beklemedemi? Öyle ise program “Beklemede” alır. Değilse $e_{dkoll.}$ değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program dönüş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{dkoll.} = e_{dkoll.} \times m_{koll.}$$

$\underline{E}_{gdepo}$ (kJ/h) : e_{gdepo} değeri çalışmıyormu? Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{gdepo} = e_{gdepo} \times m_{depo}$$

$\underline{E}_{ddepo}$ (kJ/h) : e_{ddepo} değeri çalışmıyormu? Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program dönüş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{ddepo} = e_{ddepo} \times m_{depo}$$

$\underline{E}_{depoeks.}$ (kJ/h) : Program depo içindeki ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{depoeks.} = T_o(K) \times 10000(L) \times 4.1868(kJ/kgK) \times \ln(T_2/T_1)$$

$\underline{E}_{depo}$ (kJ/h) : $E_{gkoll.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise program E_{gdepo} değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak toplam ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{\text{depo}} = E_{\text{gdepo}} - E_{\text{ddepo}} + E_{\text{depoeks.}}$$

$E_{\text{gkoll.}}$ değeri çalışıyor ise program $E_{\text{gkoll.}}$ değerinin beklemede olup olmadığını sorgular. Öyle ise program E_{gdepo} değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak toplam ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{\text{depo}} = E_{\text{gdepo}} - E_{\text{ddepo}} + E_{\text{depoeks.}}$$

$E_{\text{gkoll.}}$ değeri beklemede değilse program E_{gdepo} değerinin çalışıp çalışmadığını sorgular. Çalışma yoksa program saatlik olarak toplam ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{\text{depo}} = E_{\text{gdepo}} - E_{\text{ddepo}} + E_{\text{depoeks.}}$$

Çalışma varsa program saatlik olarak toplam ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{\text{depo}} = E_{\text{gkoll.}} - E_{\text{dkoll.}} + E_{\text{gdepo}} - E_{\text{ddepo}} + E_{\text{depoeks.}}$$

$\underline{c}_{\text{depo}}$ (€/kJ) : E_{depo} çalışmıyormu? Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak birim ekserji maliyetini hesaplar.

$$(C_{\text{gkoll.}} \times E_{\text{gkoll.}}) - (C_{\text{dkoll.}} \times E_{\text{dkoll.}}) + (C_{\text{gdepo}} \times E_{\text{gdepo}}) - (C_{\text{ddepo}} \times E_{\text{ddepo}}) + (C_w \times E_w) + Z_{\text{depo}} = 0$$

Maliyet denge denklemi yardımıyla bir ekipmanın çıkış maliyetinden diğer bir ekipmanın çıkış maliyeti hesaplanabilir. Bu şekilde sistemde her noktanın birim ürün maliyeti hesaplanabilir. Su çevreden alındığı için maliyeti ihmal edilmiştir.

$$C_{\text{depo}} = C_w + C_{\text{su sirk.}} \text{ (Maliyet denge denkleminde)}$$

$\underline{C}_{\text{depo}}$ (€/h) : E_{depo} değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kayıp ekserji maliyetini hesaplar.

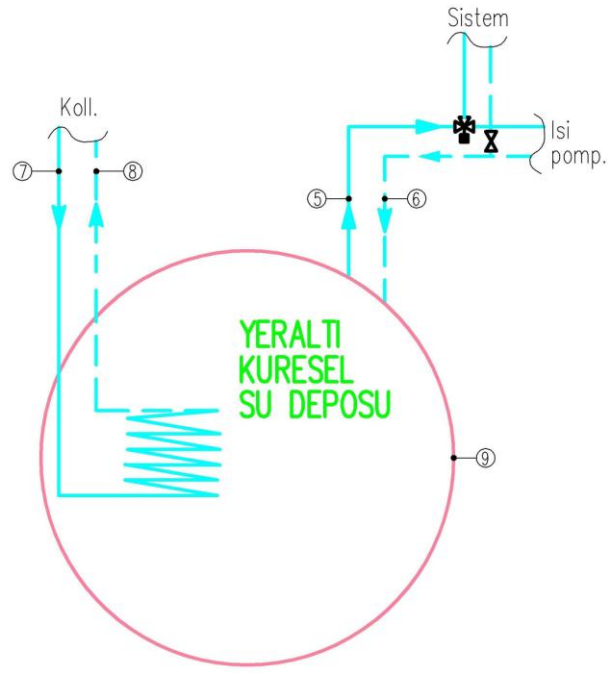
$$C_{\text{depo}} = \underline{c}_{\text{depo}} \times E_{\text{depo}}$$

$\underline{f}_{\text{depo}}$: E_{depo} değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak termoekonomik (ekserjiekonomik) faktörü hesaplar.

$$\underline{f}_{\text{depo}} = Z_{\text{depo}} / (Z_{\text{depo}} + C_{\text{depo}})$$

$\underline{y}_{\text{depo}}$: E_{depo} değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kaybolan ekserji oranını hesaplar.

$$y_{\text{depo}} = E_{\text{depo}} / E_{\text{top.(sistem)}}$$



Şekil 12.1 Depo devresi şematik gösterimi

Şekil 12.1’de depo devresinin şematik gösterimi görülmektedir.

12.3 Depo Su Hesapları

Deponun direk sistem besleme hattı maksimum yükte $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ çalışma rejiminde çalıştırılmaktadır. Deponun ısı pompası vasıtası ile sistem besleme hattı $\Delta T=4^{\circ}\text{C}$ çalışma rejiminde çalıştırılmaktadır.

12.3.1 Sistem Tarafı

$$20\text{kw} = \dot{m} \times c \times \Delta T = \dot{m} (\text{L/h}) \times 1.162 (\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C}) \times 10 (^{\circ}\text{C}) \quad \dot{m} = 1720 \text{ kg/h}$$

12.3.2 Kollektör Tarafı

$$\text{m}^2\text{'ye } 100\text{L/h' den } 100\text{m}^2 \text{ için; } 100\text{m}^2 \times 40\text{L/h} \rightarrow \dot{m} = 4000\text{kg/h}$$

Su ve glikollü su devreleri için h ve s değerleri bulundukları sıcaklık ve basınca göre entalpi ve entropi tablolarından alınmıştır.

Su devreleri için h_o ve s_o değerleri 0°C , 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır. Su için bu değerler; $h_o = -0.04\text{kJ/kg}$, $s_o = 0.00\text{kJ/kgK}$, $T_o = 273.15\text{K}$

Glikollü devreler için h_o ve s_o değerleri 0°C , 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır. Glikol oranı %40’dır. Glikollü su için bu değerler; $h_o = -0.03\text{kJ/kg}$, $s_o = 0.00\text{kJ/kgK}$, $T_o = 273.15\text{K}$

12.4 Depo Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı

Yıllık herhangi bir su sıcaklığı kabulüyle depo sistemi için bir saatlik hesaplama yöntemi şu şekildedir;

Çizelge 12.1 Glikollü su ve suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	T (°C)	T (K)	$\dot{m}$ (kg/h)	h (kJ/kg)	s (kJ/kgK)
5	Su	40	313.15	1720	167.45	0.572
6	Su	30	303.15	1720	125.66	0.435

$$W_4 = 0.18 \text{ kw}$$

Kollektör çalışmadığı için 7 ve 8 noktaları için hesap yapılmamaktadır. Deponun çalışması sırasında kollektör de çalışırsa 7 ve 8 noktaları için de hesapların yapılması gerekir.

Akışkanların özgül ekserjileri

Denklem 5.60'dan;

$$e_5 = (h_5 - h_o) - T_o (s_5 - s_o) \quad (12.1)$$

$$e_5 = 11.220 \text{ kJ/kg}$$

$$e_6 = (h_6 - h_o) - T_o (s_6 - s_o) \quad (12.2)$$

$$e_6 = 6.715 \text{ kJ/kg}$$

Akışkanların özgül ve toplam ekserjileri

Denklem 5.61'den;

$$E(\text{kJ/h}) = e(\text{kJ/kg}) \times m(\text{kg/h}) \quad (12.3)$$

$$W_4 = N_{\text{motor}}(\text{kw}) \times 3600 \quad (12.4)$$

Denklem 5.44'den;

$$E_9 = T_o x m x c_p x \ln(T_2/T_1) \quad (12.5)$$

m: Deponun kütlesi (10ton)

c: Suyun özgül ısısınma ısısı (4.1868 kJ/kg°C)

T₁: Depo başlangıç sıcaklığı (°C)

T₂: Depo son sıcaklığı (°C)

T_o : Çevre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Deponun direk sistemi beslemesi durumunda birim zamandaki saatlik sıcaklık değişimi;

$$1720\text{kg/h} \times 1.162\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C} \times 10^{\circ}\text{C} = 19986.4\text{W}$$

$$19986.4\text{W} = 10000\text{kg} \times 1.162\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C} \times \Delta T$$

$$\Delta T = 1.72^{\circ}\text{C/h}$$

Deponun ısı pompası vasıtası ile sistemi beslemesi durumunda birim zamandaki saatlik sıcaklık değişimi;

$$1720\text{kg/h} \times 1.162\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C} \times 4^{\circ}\text{C} = 7994.56\text{W}$$

$$7994.56\text{W} = 10000\text{kg} \times 1.162\text{Wh/kg}^{\circ}\text{C} \times \Delta T$$

$$\Delta T = 0.688^{\circ}\text{C/h}$$

Bu durumda;

$$T_1: 40^{\circ}\text{C} = 313.15\text{K}$$

$$T_2: 38.28^{\circ}\text{C} = 311.43\text{K}$$

$$T_o: 0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{K}$$

$$E_9 = 273.15\text{K} \times 10000\text{kg} \times 4.1868\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C} \times \ln(311.43/313.15)\text{K}$$

$$E_9 = -62987.575\text{kJ/h}$$

Çizelge 12.2 Depo sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	$\dot{m}$ (kg/h)	e (kJ/kg)	E (kJ/h)
5	Su	1720	11.220	19299.92
6	Su	1720	6.715	11551.27
9	Depo	-	-	62987.57
W4	Elektrik	-	-	648

Deponun toplam ekserji kaybı

Kollektörün de çalışması durumunda;

$$E_{\text{depo}} = E_9 + E_7 - E_8 + E_6 - E_5 \quad (12.6)$$

Kollektörün çalışmaması durumunda;

$$E_{\text{depo}} = E_9 + E_6 - E_5 \quad (12.7)$$

$$E_{\text{depo}} = 55238.93 \text{ kJ/h} = 15.34 \text{ kw}$$

Bu çalışma rejiminde diğer ekipmanların ekserjileri aşağıdaki gibidir;

$$E_{\text{koll.}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{depo}} = 55238.93 \text{ kJ/h}$$

$$E_{\text{akm. tank}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{i.p.}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{kaz.}} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{\text{sistem, toplam}} = 55238.93 \text{ kJ/h}$$

Birim maliyet

$$c_{w4} = (0.18 \text{ kw} \times 0.05 \text{ €/kwh}) / 648 \text{ kJ/h} \quad (12.8)$$

$$c_{w4} = 1.388 \text{ €/kJ}$$

Depo için maliyet denge denklemi

Burada deponun içindeki su çevreden alındığından maliyeti ihmal edilmiştir. Dolayısıyla $c_9=0$ alınmıştır.

Denklem 5.82'den;

$$c_7 \times E_7 - c_8 \times E_8 + c_6 \times E_6 - c_5 \times E_5 + c_{w4} \times E_{w4} + Z_{\text{depo}} = 0 \quad (12.9)$$

$$c_6 = c_5$$

$$c_7 = c_8 = 3.283 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

$$c_6 = c_5 = [c_7 \times (E_7 - E_8) + (c_{w4} \times E_{w4}) + Z_{\text{depo}}] / (E_5 - E_6)$$

$$c_6 = c_5 = 1.98 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

Depo kayıp ekserji maliyet denklemi

Denklem 5.80'den;

$$C_{\text{kdepo}} = (c_{w4} + c_5) \times E_{\text{depo}} \quad (12.10)$$

$$C_{\text{kdepo}} = 1.865 \text{ €/h}$$

Depo için termoekonomik (ekserji ekonomik) faktör

Denklem 5.83'den;

$$f_{\text{depo}} = Z_{\text{depo}} / (Z_{\text{depo}} + C_{\text{kdepo}}) \quad (12.11)$$

$$f_{\text{depo}} = 0.072$$

Depo için kaybolan ekserji oranı

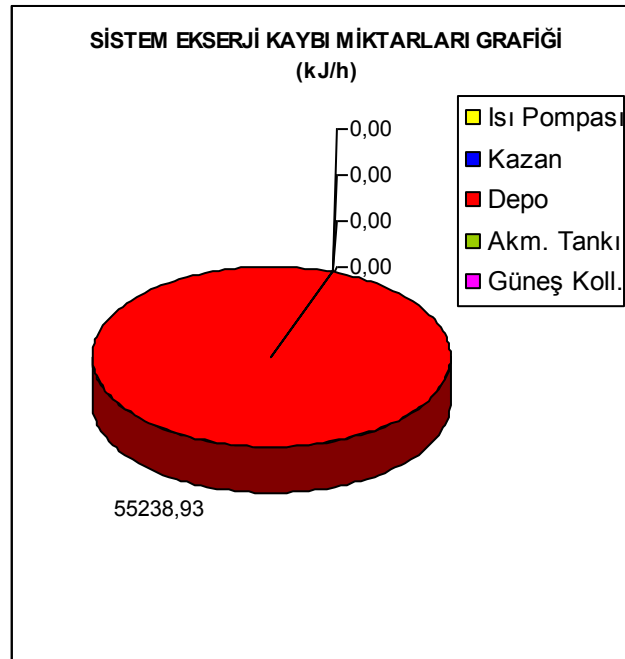
Denklem 5.78'den;

$$y_{\text{kdepo}} = E_{\text{kdepo}} / E_{\text{sistem,toplam}} \quad (12.12)$$

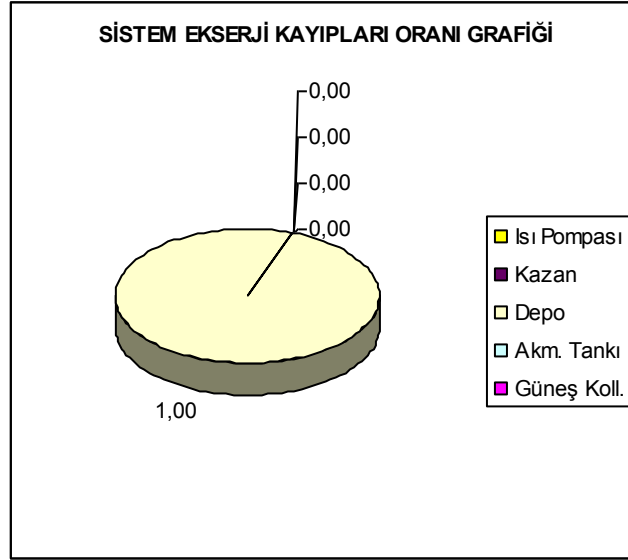
$$y_{\text{kdepo}} = 1.0$$

Çizelge 12.3 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler

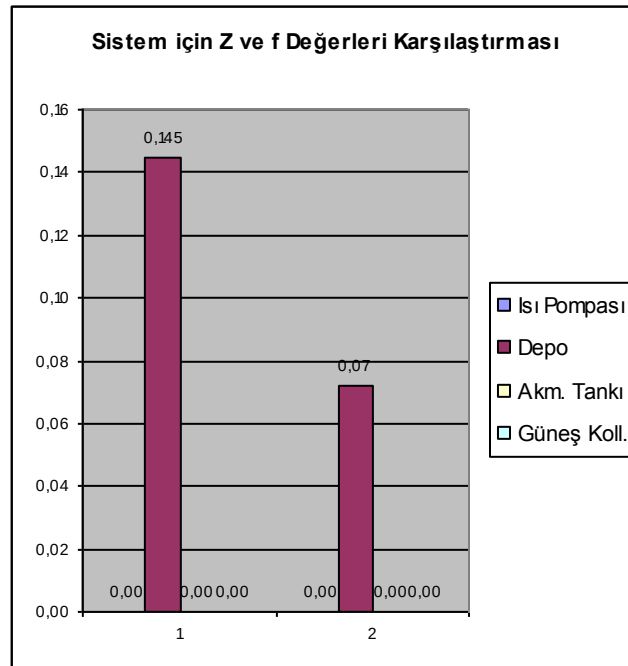
Bileşen	Ekserji Kaybı Miktarı $\dot{E}$ (kJ/h)	Ekserji Kayıp Oranı $y(\%)$	Bir Değere Getirilmiş Maliyet $\dot{Z}$ (€/h)	Ekserji ekonomik faktör $f(\%)$
Isı Pompası	-	-	-	-
Kazan	-	-	-	-
Depo	55238.93	1.00	0.145	0.07
Akm. Tankı	-	-	-	-
Güneş Koll.	-	-	-	-



Şekil 12.2 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği



Şekil 12.3 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği

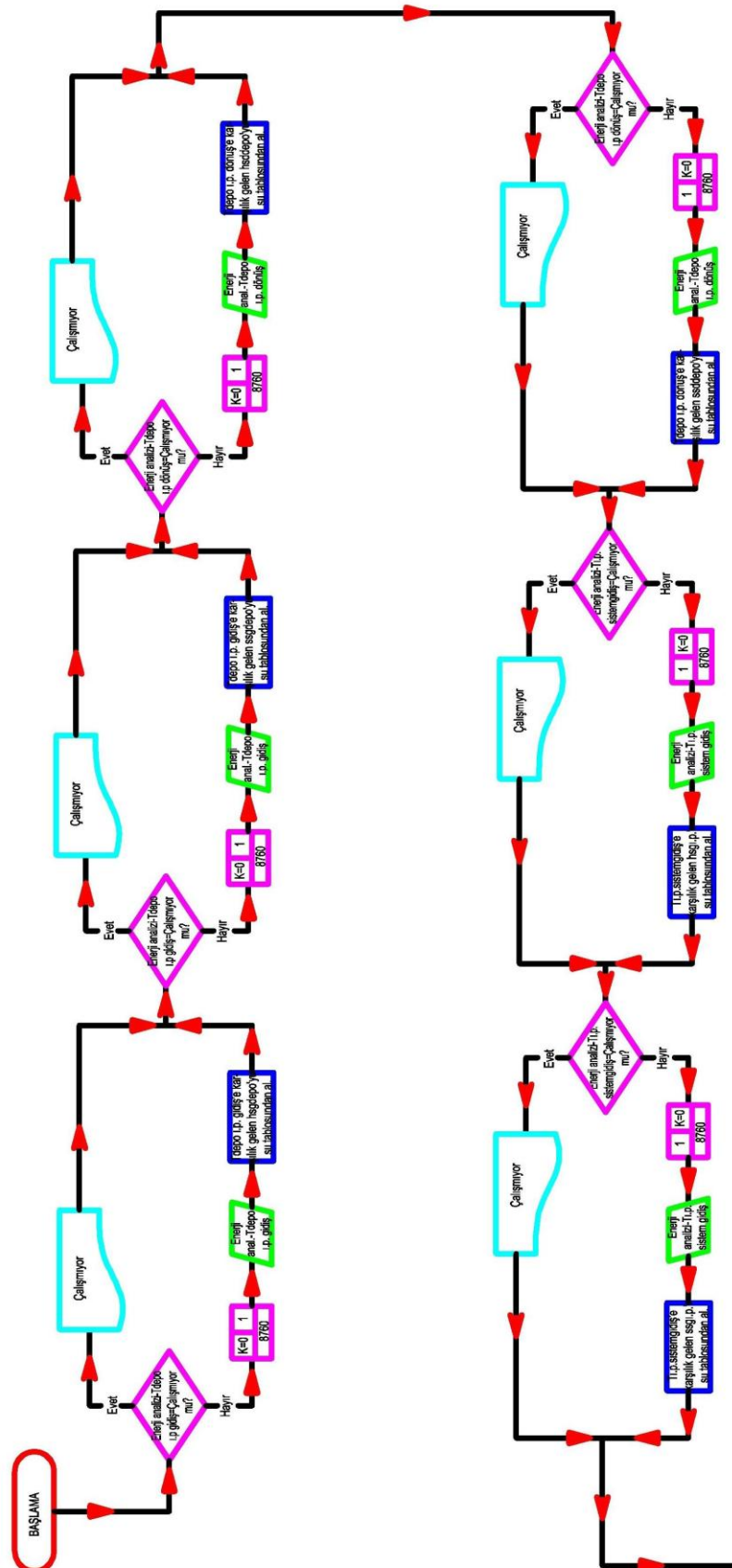


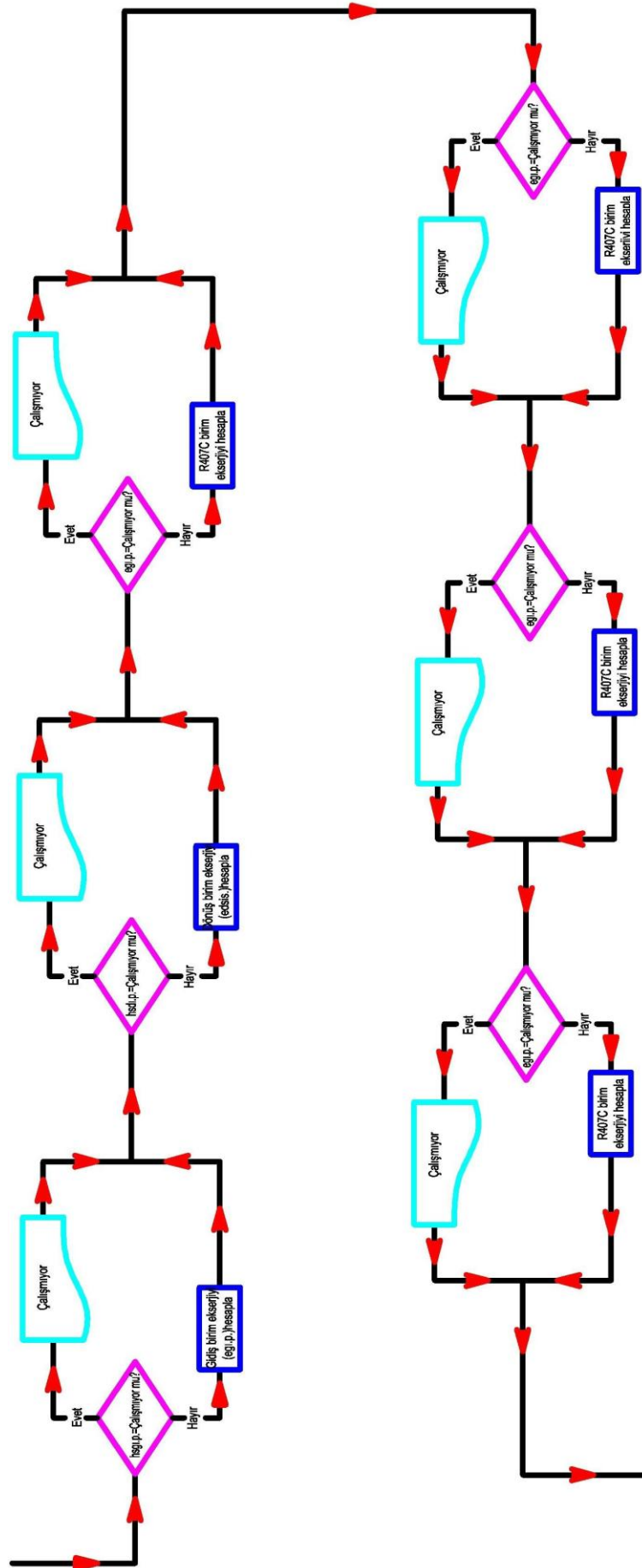
Şekil 12.4 Sistem komponentlerindeki Z(1) ve f (2) değerlerinin karşılaştırılması

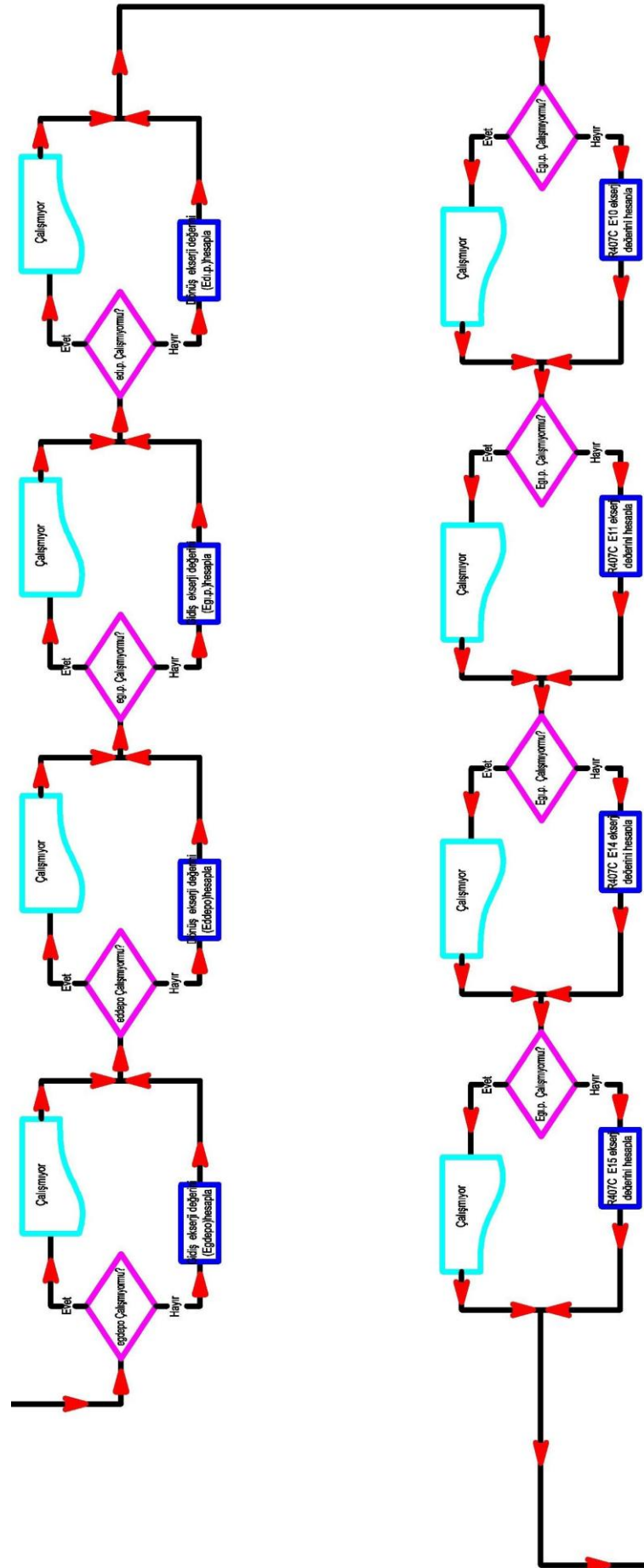
Yukarıdaki hesap yöntemi yılın tüm saatleri için uygulandığında bulunan sonuçlar ortalama aylık değerler olarak Çizelge 12.4’de sunulmuştur.

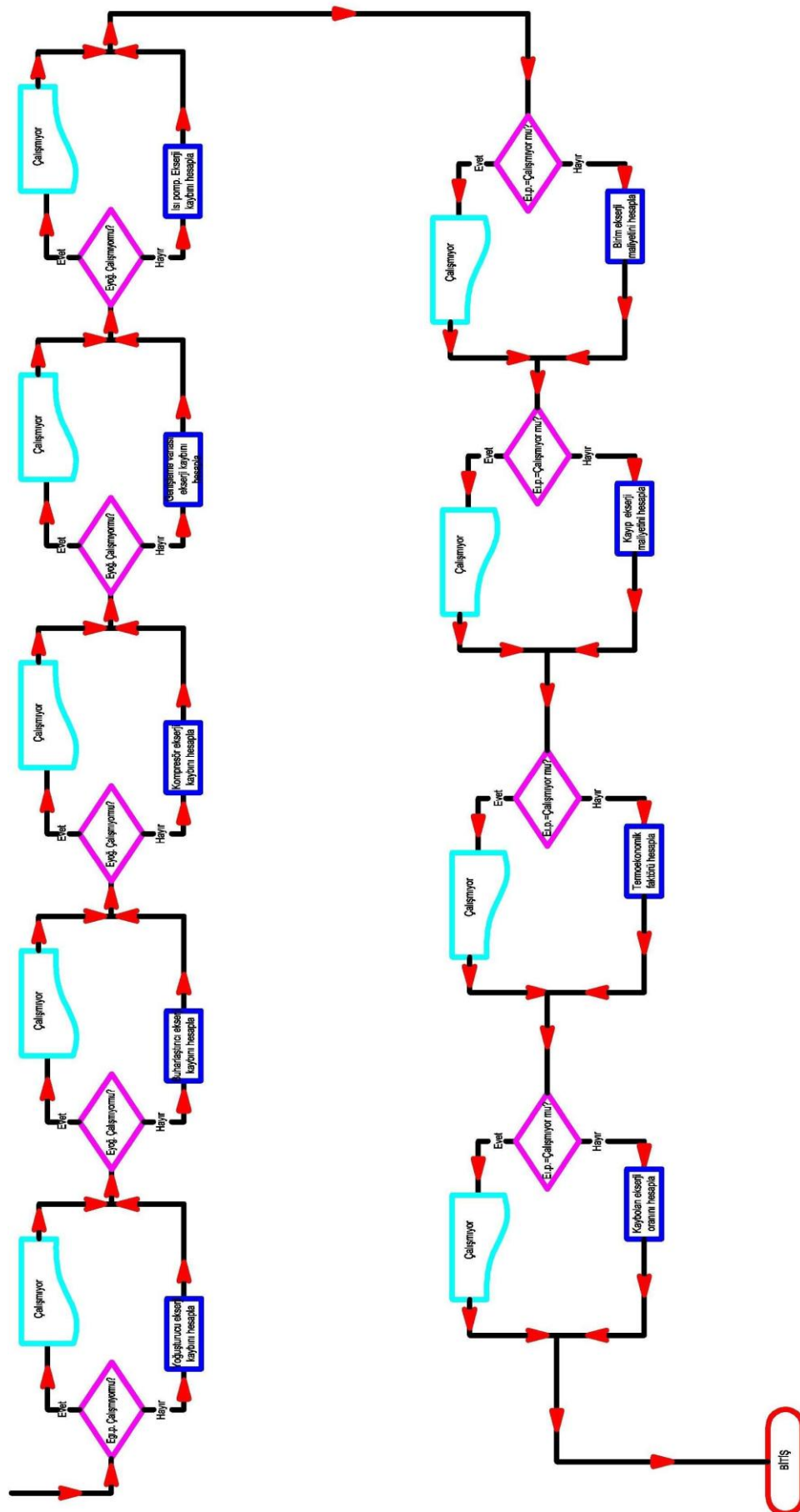
Çizelge 12.4 Depo tüm aylar için hesaplanan sonuçlar

AYLAR	DEPO				
	E	C	f(10 ³)	y(10 ³)	c(10 ⁶)
	kJ/h	€/h			€/kJ
Ocak	30307.814	4.976	367.650	334.054	820.512
Şubat	47549.002	4.973	456.699	431.348	568.235
Mart	78337.521	7.588	579.162	855.873	815.666
Nisan	67894.037	9.551	576.319	1040.908	1253.799
Mayıs	32383.115	15.227	355.254	788.609	1358.401
Haziran	8804.857	1.546	132.220	352.137	213.479
Temmuz	461.464	0.019	14.372	20.443	1.215
Ağustos	61.384	0.012	0.677	5.110	1.510
Eylül	8428.262	1.387	133.073	344.312	210.101
Ekim	49131.705	6.736	437.704	1022.829	671.609
Kasım	54598.288	3.426	484.266	778.238	308.020
Aralık	28148.618	4.481	410.658	363.692	496.689









13.2 Isı Pompası Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar

$\underline{h_{sgdepo}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{depo \text{ 1.p. gidiş}}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{depo \text{ 1.p. gidiş}}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{s_{sgdepo}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{depo \text{ 1.p. gidiş}}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{depo \text{ 1.p. gidiş}}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{h_{sddepo}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{depo \text{ 1.p. dönüş}}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{depo \text{ 1.p. dönüş}}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{s_{sddepo}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{depo \text{ 1.p. dönüş}}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{depo \text{ 1.p. dönüş}}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entropi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{h_{sg1.p.}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{1.p. sistemgidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{1.p. sistemgidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{s_{sg1.p.}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{1.p. sistemgidiş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{1.p. sistemgidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{h_{sd1.p.}}$ (kJ/kg) : Enerji Analizinde o saatte $T_{1.p. sistemdönüş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{1.p. sistemdönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{s_{sd1.p.}}$ (kJ/kgK) : Enerji Analizinde o saatte $T_{1.p. sistemdönüş}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse yıllık tüm saatlerdeki $T_{1.p. sistemdönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entropi değerini program su tablosundan alır.

$\underline{h_{10,11,14,15}}$ (kJ/kg) : R407C soğutucu akışkanının özelliklerine göre Isı pompasının her noktası için bulunan entalpi değeri programa girilir.

$\underline{s_{10,11,14,15}}$ (kJ/kgK) : R407C soğutucu akışkanının özelliklerine göre Isı pompasının her noktası için bulunan entropi değeri programa girilir.

$\underline{e}_{gdepo}$ (kJ/kg) : h_{sgdepo} çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{gdepo} = (h_{gdepo} - h_o) - T_o(s_{gdepo} - s_o)$$

$\underline{e}_{ddepo}$ (kJ/kg) : h_{sddepo} çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{ddepo} = (h_{ddepo} - h_o) - T_o(s_{ddepo} - s_o)$$

$\underline{e}_{gl.p.}$ (kJ/kg) : $h_{sgl.p.}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{gl.p.} = (h_{gl.p.} - h_o) - T_o(s_{gl.p.} - s_o)$$

$\underline{e}_{dl.p.}$ (kJ/kg) : $h_{sdl.p.}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$e_{dl.p.} = (h_{dl.p.} - h_o) - T_o(s_{dl.p.} - s_o)$$

$\underline{e}_{10,11,14,15}$ (kJ/kg) : $e_{gl.p.}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program R407C soğutucu akışkanının birim ekserji değerini ısı pompasının her noktası için hesaplar.

$$e_{10} = (h_{10} - h_o) - T_o(s_{10} - s_o)$$

$$e_{11} = (h_{11} - h_o) - T_o(s_{11} - s_o)$$

$$e_{14} = (h_{14} - h_o) - T_o(s_{14} - s_o)$$

$$e_{15} = (h_{15} - h_o) - T_o(s_{15} - s_o)$$

$\underline{E}_{gdepo}$ (kJ/h) : e_{gdepo} değeri çalışmıyormu? Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{gdepo} = e_{gdepo} \times m_{depo}$$

$\underline{E}_{ddepo}$ (kJ/h) : e_{ddepo} değeri çalışmıyormu? Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program dönüş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{ddepo} = e_{ddepo} \times m_{depo}$$

$\underline{E}_{gl.p.}$ (kJ/h) : $e_{gl.p.}$ değeri çalışmıyormu? Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{gl.p.} = e_{gl.p.} \times m_{l.p.}$$

$\underline{E}_{dl.p.}$ (kJ/h) : $e_{dl.p.}$ değeri çalışmıyormu? Çalışma yoksa program “Çalışmıyor” alır. Çalışma

varsa program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$E_{d1,p.} = e_{d1,p.} \times m_{1,p.}$$

$\underline{E}_{10,11,14,15}$ (kJ/h) : $E_{g1,p.}$ çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program R407C soğutucu akışkanının ekserji değerini ısı pompasının her noktası için hesaplar.

$$E_{10} = e_{10} \times m_{R407C}$$

$$E_{11} = e_{11} \times m_{R407C}$$

$$E_{14} = e_{14} \times m_{R407C}$$

$$E_{15} = e_{15} \times m_{R407C}$$

$\underline{E}_{yoğ.}$ (kJ/h) : $E_{g1,p.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise program “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak yoğunlaştırıcı ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{yoğ.} = E_{g1,p.} - E_{d1,p.} + E_{10} - E_{11}$$

$\underline{E}_{buh.}$ (kJ/h) : $E_{yoğ.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise program “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak buharlaştırıcı ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{buh.} = E_{gdepo} + E_{14} - E_{15}$$

$\underline{E}_{komp.}$ (kJ/h) : $E_{yoğ.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise program “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kompresör ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{komp.} = E_{15} - E_{10} + E_w$$

$\underline{E}_{gen.van.}$ (kJ/h) : $E_{yoğ.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise program “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak genişleme vanası ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{gen.van.} = E_{11} - E_{14}$$

$\underline{E}_{1,p.}$ (kJ/h) : $E_{yoğ.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise program “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak ısı pompasının ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{1,p.} = E_{yoğ.} + E_{buh.} + E_{komp.} + E_{gen.van.}$$

$\underline{c}_{1,p.}$ (€/kJ) : $E_{1,p.}$ çalışmıyormu? Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak birim ekserji maliyetini hesaplar.

$$(C_{gdepo} \times E_{gdepo}) - (C_{ddepo} \times E_{ddepo}) + (C_{g1,p.} \times E_{g1,p.}) - (C_{d1,p.} \times E_{d1,p.}) + (C_w \times E_w) + Z_{1,p.} = 0$$

Maliyet denge denklemi yardımıyla bir ekipmanın çıkış maliyetinden diğer bir ekipmanın çıkış maliyeti hesaplanabilir. Bu şekilde sistemde her noktanın birim ürün maliyeti

hesaplanabilir. Su çevreden alındığı için maliyeti ihmal edilmiştir.

$$c_{i,p.} = c_w + c_{su \text{ sirk.}} \text{ (Maliyet denge denkleminde)}$$

$\underline{C}_{i,p.}$ (€/h) : $E_{i,p.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kayıp ekserji maliyetini hesaplar.

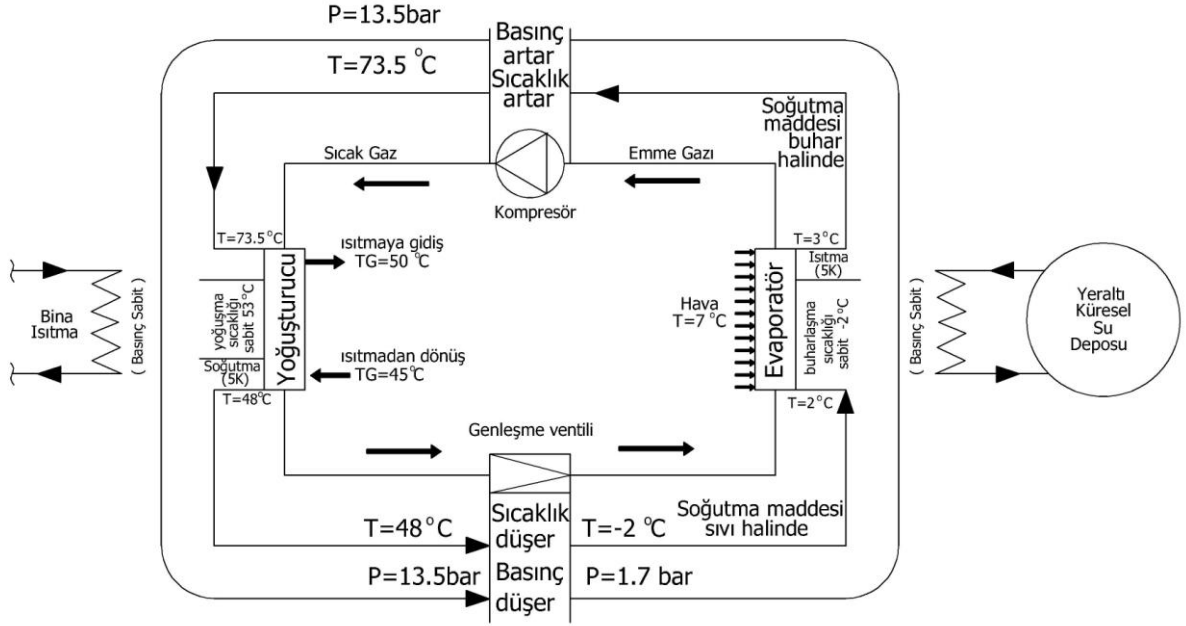
$$C_{i,p.} = c_{i,p.} \times E_{i,p.}$$

$\underline{f}_{i,p.}$: $E_{i,p.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak termoeconomik (ekserjiekonomik) faktörü hesaplar.

$$f_{i,p.} = Z_{i,p.} / (Z_{i,p.} + C_{i,p.})$$

$\underline{y}_{i,p.}$: $E_{i,p.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kaybolan ekserji oranını hesaplar.

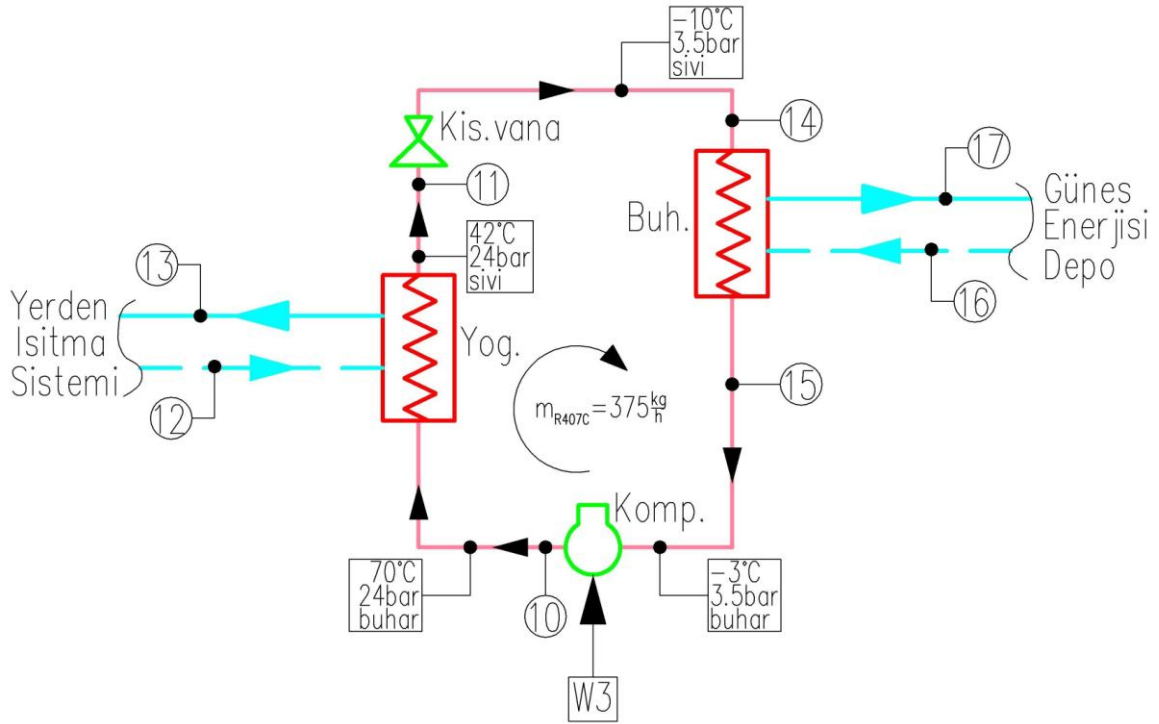
$$y_{i,p.} = E_{i,p.} / E_{top.(sistem)}$$



Şekil 13.1 Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompası

Şekil 13.1’de görüldüğü gibi ısı pompası çevrimi R407C soğutucu akışkanı ile çalışmaktadır. Kompresörün izentropik verimi %80, elektrik motorunun verimi %90’dır. Yoğuşma sıcaklığı $T_c = T_{11} = 42^\circ\text{C}$, buharlaşma sıcaklığı $T_E = T_{15} = -3^\circ\text{C}$ ’dir. Kondenserde aşırı soğutma, evaporatörde aşırı kızdırma yoktur. Isı pompası primer devre besleme hattında maksimum 25°C , minimum 10°C ’de su girişine izin verilir. Isı pompasının sistemi besleyen sekonder devre hattı maksimum 55°C gidiş suyu sıcaklığındadır. Isı pompası primer devresi $\Delta T = 4^\circ\text{C}$ ’de çalıştırılırken, sekonder devre sistem besleme hattı pik yükte $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ çalışma rejiminde çalıştırılmaktadır.

Isı pompası çevrimi analizinde Coolpack isimli bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Entalpi ve entropi değerleri bu yazılımın hesaplarından okunmaktadır.



Şekil 13.2 Isı Pompası devresi şematik gösterimi

Şekil 13.2’de ısı pompası devresinin şematik gösterimi görülmektedir.

13.3 Isı Pompası Su ve Akışkan Hesapları

13.3.1 Su Tarafı

$$Q = \dot{m}_\text{ç} \cdot h_\text{ç} - \dot{m}_\text{g} \cdot h_\text{g}$$

$$\dot{m}_\text{ç} = \dot{m}_\text{g} = \dot{m}_{16} = \dot{m}_{17} = \dot{m}$$

$$h_{17} = h_\text{ç} ; h_{16} = h_\text{g} \text{ kabul edilmiştir.}$$

Isı pompası primer devre için;

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_{17} - h_{16})$$

$$72000 \text{ kJ/h} = \dot{m} (41.99 - 25.21) \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 4200 \text{ kg/h (Evaporatör)}$$

Isı pompası sekonder devre için;

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_{13} - h_{12})$$

$$72000 \text{ kJ/h} = \dot{m} (209.26 - 167.45) \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 1720 \text{ kg/h (Kondenser tarafı)}$$

Evaporatör tarafı su devresi $\rightarrow \Delta T = 4^{\circ}\text{C}$

Kondenser tarafı su devresi $\rightarrow \Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ (Pik yükte)

Evaporatör tarafı su devresi $\rightarrow 20\text{kw} = \dot{m}_w / h_{f,w} \cdot 1.162 \text{Wh/kg}^{\circ}\text{C} \cdot \Delta T$

$$\rightarrow \Delta T \approx 4^{\circ}\text{C}$$

Kondenser tarafı su devresi $\rightarrow 20\text{kw} = \dot{m}_w / h_{f,w} \cdot 1.162 \text{Wh/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 10^{\circ}\text{C}$

$$\rightarrow \dot{m}_w \approx 1720 \text{L/h}$$

Su devreleri için h ve s değerleri bulundukları sıcaklık ve basınca göre entalpi ve entropi tablolarından alınmıştır.

Su devreleri için h_o ve s_o değerleri 0°C , 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır. Su için bu değerler; $h_o = -0.04 \text{kJ/kg}$, $s_o = 0.00 \text{kJ/kgK}$, $T_o = 273.15 \text{K}$

13.3.2 Akışkan Tarafı

Isı pompasının soğutucu akışkanı R407C'dir.

Soğutucu akışkanın debisi $\dot{m}_{\text{R407C}}$ olarak gösterilmiştir.

Soğutucu akışkan devreleri için h ve s değerleri bulundukları sıcaklık ve basınca göre R407C akışkanı diyagramından alınmıştır.

Soğutucu akışkan devreleri için h_o ve s_o değerleri 0°C , 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre R407C tablosundan alınmıştır. Soğutucu akışkan için bu değerler; $h_o = 440 \text{kJ/kg}$, $s_o = 2.02 \text{kJ/kgK}$, $T_o = 273.15 \text{K}$

13.3.2.1 Kondenser

$$Q_K = \dot{m}_{\text{R407C}} (h_{10} - h_{11})$$

$$20\text{kw} = 72000 \text{kJ/h} = \dot{m}_{\text{R407C}} \cdot (452 - 260) \text{kJ/kg}$$

$$\dot{m}_{\text{R407C}} = 375 \text{kg/h}$$

13.3.2.2 Evaporatör

$$Q_E = \dot{m}_{\text{R407C}} \cdot (h_{15} - h_{14})$$

$$Q_E = 375 \text{kg/h} (412 - 260) \text{kJ/h}$$

$$Q_E = 57000 \text{kJ/h} = 15.83 \text{kw}$$

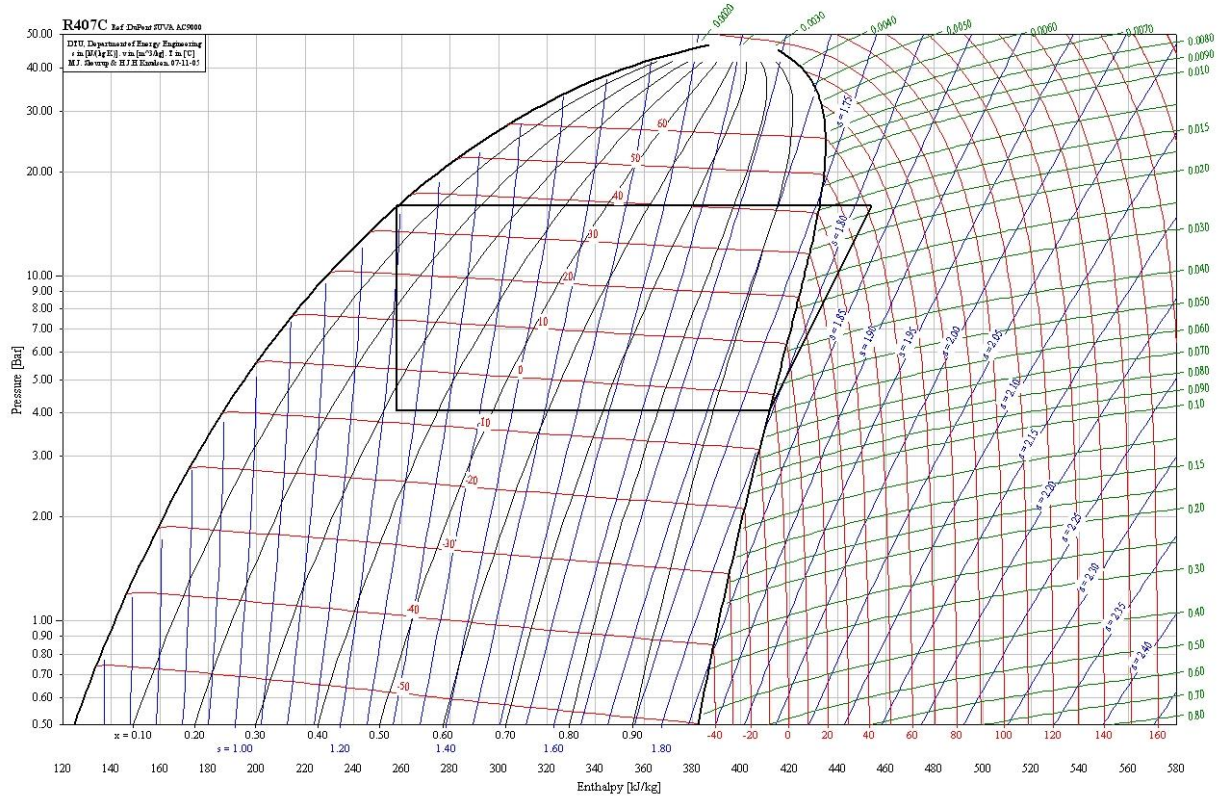
13.3.2.3 Kompresör

$$W_{\text{comp}} = \dot{Q}_K - \dot{Q}_E = 20 - 15.83 = 4.17 \text{kw} \text{ (Gerekli kompresör gücü)}$$

$$N_{\text{motor}} = \frac{W_{\text{comp}}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{4.17}{0.9} = 4.63 \text{ kw (Kompresör elektrik motoru)}$$

13.3.2.4 Çevrimin COP'si

$$COP = \frac{\dot{Q}_K}{W_{\text{comp}}} = \frac{20}{4.17} = 4.8$$



Şekil 13.3 Isı pompası çevriminin diyagramda gösterimi, (Coolpack v1.46 yazılımı)

Çizelge 13.1 Isı pompası çevrimi analizi diyagramındaki değerlerin tablosu, (Coolpack v1.46 yazılımı)

Çevrim: Z

Soğutucu akışkan: R407C

Veri:

Te [°C]	= -3.000
Tc [°C]	= 42.000
DT altsoğutma [K]	= 0.000
DT süperısıtma [K]	= 0.000
Dp yoğuşturucu [Bar]	= 0.000
Dp sıvı hattı [Bar]	= 0.000
Dp buharlaştırıcı [Bar]	= 0.000
Dp emiş hattı [Bar]	= 0.000
Dp çıkış hattı [Bar]	= 0.000
İzotropik verim	= 0.800

Hesaplanan:

Qe [kJ/kg]	= 153.826
Qc [kJ/kg]	= 196.044
W [kJ/kg]	= 42.218
COP [-]	= 3.640
Basınç oranı [-]	= 3.933

Boyutlandırma:

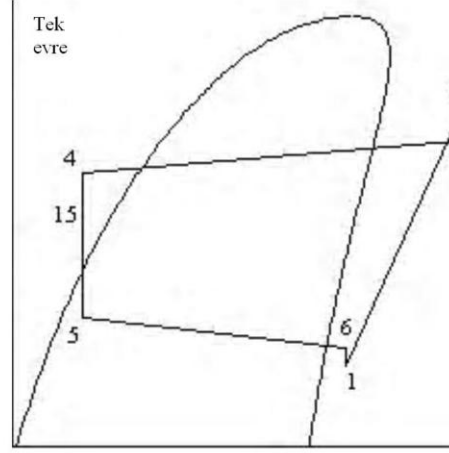
Qe [kW]	= 15.830
Qc [kW]	= 20.175
m [kg/s]	= 0.10290844
V [m ³ /h]	= 21.6909
Hacimsel verim	= 0.000
Yerdeğiştirme [m ³ /h]	= 0.000
W [kW]	= 4.345
Q kayıp [kW]	= 0.000

 ***** Koordinatlar *****

Çevrim: Z

Soğutucu Akışkan: R407C

1-6 ile 15 noktaları arasında seçilmiş tek aşamalı çevrimin değerleri



Nokta	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-3.151	4.065	0.058550	411.695	1.7948
2	62.174	15.988	0.016417	453.913	1.8202
3	62.174	15.988	0.016417	453.913	1.8202
4	36.510	15.988	YOK	257.869	YOK
5	YOK	4.065	YOK	257.869	YOK
6	-3.151	4.065	0.058550	411.695	1.7948
15	YOK	15.988	YOK	257.869	YOK

Copyright © 1999 Dep. of Energy Engineering, DTU
 M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen 07-11-29

Şekil 13.4 Soğutma çevrimi analizi diyagramındaki değerlerin tablosu, (Coolpack v1.46 yazılımı)

13.4 Isı Pompası Ekserji Dengesi ve Ekserji Maliyeti Hesabı

Yıllık herhangi bir su sıcaklığı kabulüyle ısı pompası sistemi için bir saatlik hesaplama yöntemi şu şekildedir;

Çizelge 13.2 R407C ve suyun sıcaklık, kütle, entalpi, basınç, entropi değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	T (°C)	T (K)	$\dot{m}$ (kg/h)	h (kJ/kg)	s (kJ/kgK)
16	Su	30	303.15	4200	125.66	0.435
17	Su	26	299.15	4200	108.95	0.381
13	Su	40	313.15	1720	167.45	0.572
12	Su	30	303.15	1720	125.66	0.435
10	R407C	70	343.15	375	453.913	1.82
11	R407C	42	315.15	375	257.869	1.2
14	R407C	-10	263.15	375	257.869	1.22
15	R407C	-3	270.15	375	411.695	1.8

$$W_2 = 4.63 \text{ kw}$$

Suyun özgül ekserjileri

Denklem 5.60'dan;

$$e_{16} = (h_{16} - h_o) - T_o (s_{16} - s_o) \quad (13.1)$$

$$e_{16} = 6.715 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{17} = (h_{17} - h_o) - T_o (s_{17} - s_o) \quad (13.2)$$

$$e_{17} = 4.919 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{13} = (h_{13} - h_o) - T_o (s_{13} - s_o) \quad (13.3)$$

$$e_{13} = 11.220 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{12} = (h_{12} - h_o) - T_o (s_{12} - s_o) \quad (13.4)$$

$$e_{12} = 6.715 \text{ kJ/kg}$$

R407C' nin özgül ekserjileri

Denklem 5.59'dan;

$$e_{10} = (h_{10} - h_o) - T_o (s_{10} - s_o) \quad (13.5)$$

$$e_{10} = 70.468 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{11} = (h_{11} - h_o) - T_o (s_{11} - s_o) \quad (13.6)$$

$$e_{11} = 43.777 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{14} = (h_{14} - h_o) - T_o (s_{14} - s_o) \quad (13.7)$$

$$e_{14} = 38.314 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{15} = (h_{15} - h_o) - T_o (s_{15} - s_o) \quad (13.8)$$

$$e_{15} = 33.713 \text{ kJ/kg}$$

Akışkanların özgül ve toplam ekserjileri

Denklem 5.61'den;

$$E(\text{kJ/h}) = e(\text{kJ/kg}) \times m(\text{kg/h}) \quad (13.9)$$

$$W_2 = N_{\text{motor}}(\text{kw}) \times 3600$$

Çizelge 13.3 Isı pompası sisteminin özgül ve toplam ekserji değerlerinin şematik sistem üzerinde gösterimi

Nokta	Madde	$\dot{m}$ (kg/h)	e (kJ/kg)	E (kJ/h)
16	Su	4200	6.715	28206.612
17	Su	4200	4.919	20663.37
13	Su	1720	11.220	19299.922
12	Su	1720	6.715	11551.279
10	R407C	375	70.4688	26425.8
11	R407C	375	43.7778	16416.675
14	R407C	375	38.3148	14368.05
15	R407C	375	33.7138	12642.675
W ₂	Elektrik	-	-	16671

Isı pompasının toplam ekserji kaybı**Kondenser**

$$E_{k,c} = E_{12} - E_{13} + E_{10} - E_{11} \quad (13.10)$$

$$E_{k,c} = 2260.482 \text{ kJ/h} = 0.627 \text{ kw}$$

Evaporatör

$$E_{k,e} = E_{16} - E_{17} + E_{14} - E_{15} \quad (13.11)$$

$$E_{k,e} = 9268.617 \text{ kJ/h} = 2.574 \text{ kw}$$

Kompresör

$$E_{k,comp} = E_{15} - E_{10} + E_{w2} \quad (13.12)$$

$$E_{k,comp} = 2888 \text{ kJ/h} = 0.80 \text{ kw}$$

Expansion valve

$$E_{k,ex} = E_{11} - E_{14} \quad (13.13)$$

$$E_{k,ex} = 2049 \text{ kJ/h} = 0.568 \text{ kw}$$

Toplam

$$E_{ısı \text{ pompası}} = E_{k,c} + E_{k,e} + E_{k,ex} - E_{k,comp} \quad (13.14)$$

$$E_{ısı \text{ pompası}} = 16466 \text{ kJ/h} = 4.572 \text{ kw}$$

Bu çalışma rejiminde diğer ekipmanların ekserjileri aşağıdaki gibidir;

$$E_{koll.} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{depo} = 51643.85 \text{ kJ/h}$$

$$E_{ısı \text{ pompası}} = 16465.60 \text{ kJ/h}$$

$$E_{akm.tank} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{kaz.} = \text{Çalışmıyor}$$

$$E_{sistem, toplam} = 68109.45 \text{ kJ/h}$$

Birim maliyet

$$C_{R407C} = (N_{motor} \times \text{Birim elektrik maliyeti}) / W_2 \quad (13.15)$$

$$C_{R407C} = (4.63 \text{ kw} \times 0.05 \text{ €/kwh}) / 16671 \text{ kJ/h}$$

$$C_{R407C} = 1.39 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}$$

Isı pompası için maliyet denge denklemi

Denklem 5.82'den;

$$C_{12} \times E_{12} - C_{13} \times E_{13} + C_{16} \times E_{16} - C_{17} \times E_{17} + C_{w2} \times E_{w2} + Z_{\text{ısı pompası}} = 0 \quad (13.16)$$

$$C_{R407C} = C_{w2}$$

$$C_{16} = C_{17} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ €/kJ}$$

$$C_{12} = C_{13}$$

$$C_{10} = C_{11} = C_{14} = C_{15} \rightarrow (\text{Çevrimde dolaşan R407C'nin birim ekserji maliyeti her yerde aynıdır.})$$

$$C_{12} = C_{13} = [C_{16} \times (E_{16} - E_{17}) + (C_{w2} \times E_{w2}) + Z_{\text{ısı pompası}}] / (E_{13} - E_{12})$$

$$C_{12} = C_{13} = 2.51 \times 10^{-4} \text{ €/kJ}$$

Isı pompası kayıp ekserji maliyet denklemi

Denklem 5.80'den;

$$C_{\text{kısı pompası}} = (C_{R407C} + C_{12}) \times E_{\text{ısı pompası}} \quad (13.17)$$

$$C_{\text{kısı pompası}} = 4.372 \text{ €/h}$$

Isı pompası için termoekonomik (ekserji ekonomik) faktör

Denklem 5.83'den;

$$f_{\text{ısı pompası}} = Z_{\text{ısı pompası}} / (Z_{\text{ısı pompası}} + C_{\text{kısı pompası}}) \quad (13.18)$$

$$f_{\text{ısı pompası}} = 0.103$$

Isı pompası için kaybolan ekserji oranı

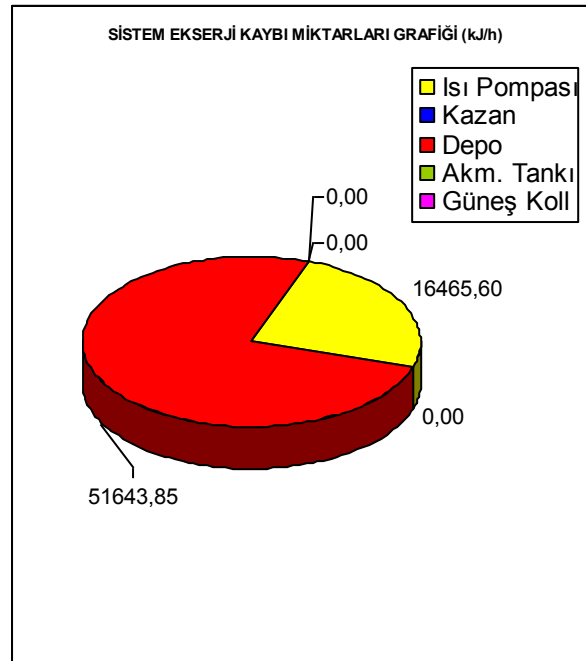
Denklem 5.78'den;

$$Y_{\text{kısı pompası}} = E_{\text{kısı pompası}} / E_{\text{sistem, toplam}} \quad (13.19)$$

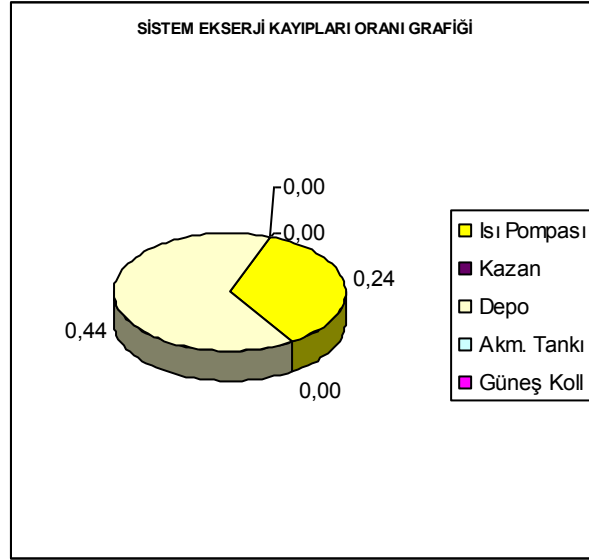
$$Y_{\text{kısı pompası}} = 0.241$$

Çizelge 13.4 Sistem bileşenleri için hesaplanan termoekonomik değerler

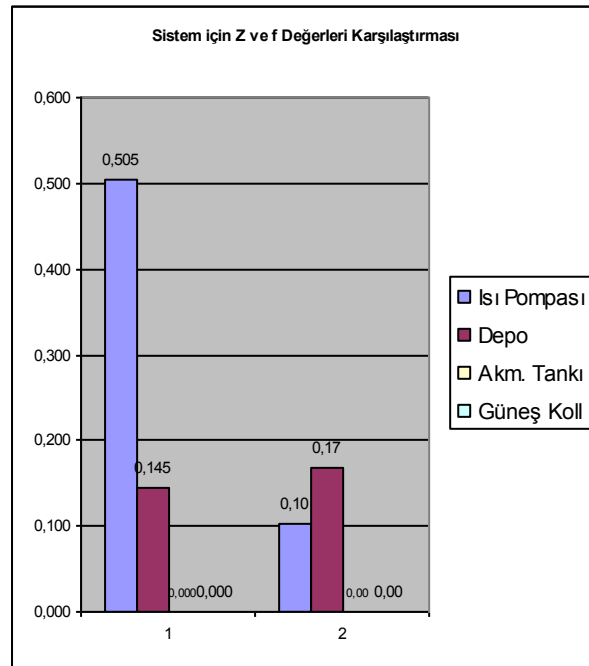
Bileşen	Ekserji Kaybı Miktarı $\dot{E}$ (kJ/h)	Ekserji Kayıp Oranı $\eta(\%)$	Bir Değere Getirilmiş Maliyet $\dot{Z}$ (€/h)	Ekserji ekonomik faktör $f(\%)$
Isı Pompası	16645.60	0.24	0.505	0.10
Kazan	-	-	-	-
Depo	51643.85	0.44	0.145	0.17
Akm.Tank	-	-	-	-
Güneş Koll	-	-	-	-



Şekil 13.5 Sistem komponentlerindeki ekserji miktarları grafiği



Şekil 13.6 Sistem komponentlerindeki ekserji kayıp oranları grafiği

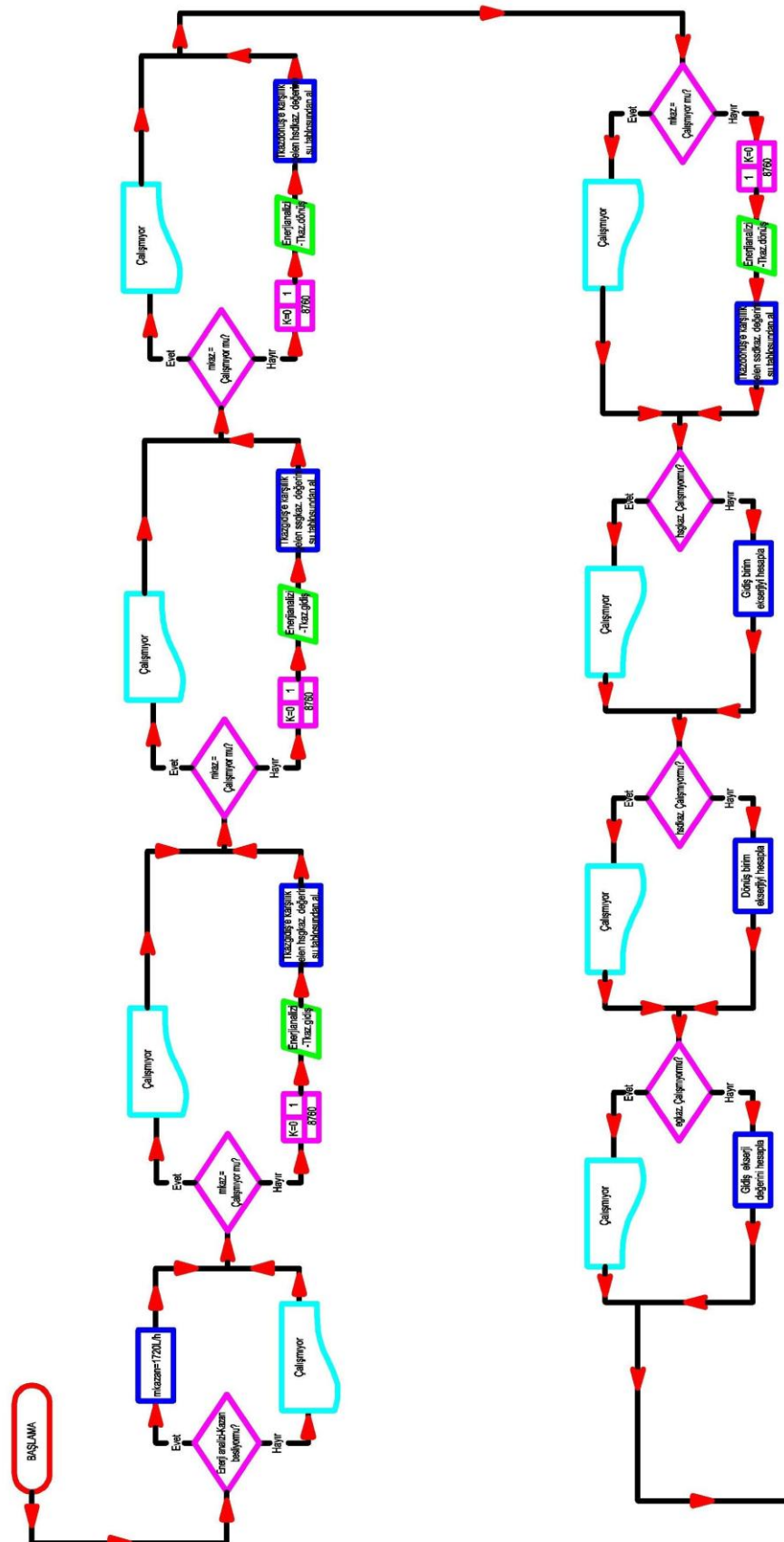


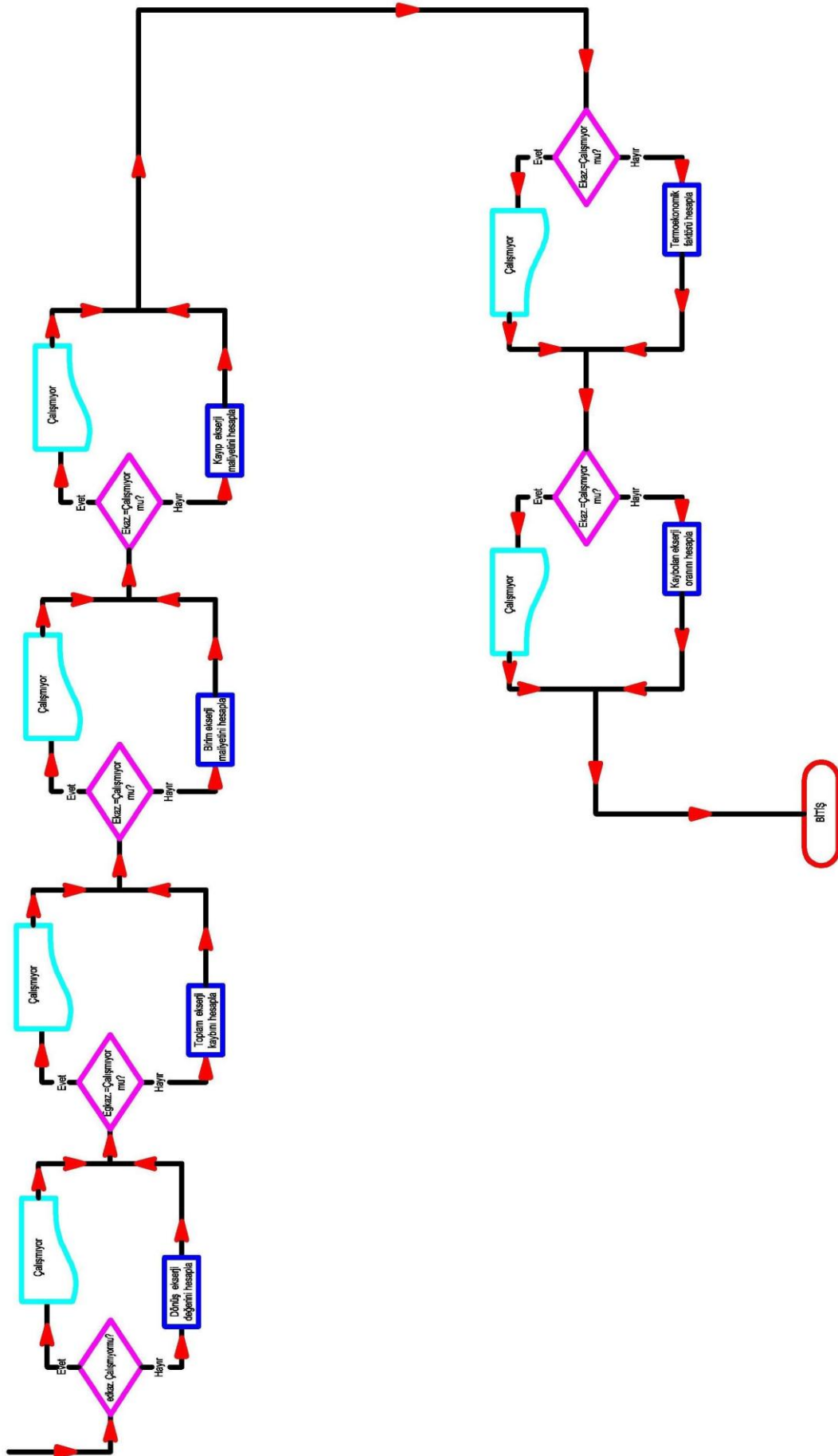
Şekil 13.7 Sistem komponentlerindeki Z(1) ve f(2) değerlerinin karşılaştırılması

Yukarıdaki hesap yöntemi yılın tüm saatleri için uygulandığında bulunan sonuçlar ortalama aylık değerler olarak Çizelge 13.5’de sunulmuştur.

Çizelge 13.5 Isı pompası tüm aylar için hesaplanan sonuçlar

AYLAR	ISI POMPASI				
	E	C	f(10 ³)	y(10 ³)	c(10 ⁶)
	kJ/h	€/h			€/kJ
Ocak	13158.67	30.79	52.35	334.71	1787.51
Şubat	15718.87	17.18	67.77	324.32	971.19
Mart	10122.48	16.21	43.40	189.59	933.76
Nisan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ekim	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kasım	12248.38	16.00	53.08	241.80	911.05
Aralık	12122.61	36.14	49.25	293.82	2109.67





14.2 Kazan Sistemi Ekserji Analizi Modelinin Açıklaması ve Modele Esas Alınan Bağıntılar

$\dot{m}_{kaz.}$ (kg/h) : Enerji Analizinde o saatte kazan besleme yapıyor mu? Öyle ise program debiyi 1720 L/h alır. Besleme yoksa “Çalışmıyor” alır.

$\dot{h}_{sgkaz.}$ (kJ/kg) : $\dot{m}_{kaz.}$ çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program Enerji Analizinde yıllık tüm saatlerdeki $T_{kaz. gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entalpi değerini su tablosundan alır.

$\dot{s}_{sgkaz.}$ (kJ/kgK) : $\dot{m}_{kaz.}$ çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program Enerji Analizinde yıllık tüm saatlerdeki $T_{kaz. gidiş}$ sıcaklığına karşılık gelen gidiş entropi değerini su tablosundan alır.

$\dot{h}_{sdkaz.}$ (kJ/kg) : $\dot{m}_{kaz.}$ çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program Enerji Analizinde yıllık tüm saatlerdeki $T_{kaz. dönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entalpi değerini su tablosundan alır.

$\dot{s}_{sdkaz.}$ (kJ/kgK) : $\dot{m}_{kaz.}$ çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program Enerji Analizinde yıllık tüm saatlerdeki $T_{kaz. dönüş}$ sıcaklığına karşılık gelen dönüş entropi değerini su tablosundan alır.

$\dot{e}_{gkaz.}$ (kJ/kg) : $\dot{h}_{sgkaz.}$ değeri o saatte çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program gidiş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$\dot{e}_{gkaz.} = (\dot{h}_{gkaz.} - \dot{h}_o) - T_o(\dot{s}_{gkaz.} - \dot{s}_o)$$

$\dot{e}_{dkaz.}$ (kJ/kg) : $\dot{h}_{sdkaz.}$ değeri o saatte çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program dönüş birim ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$\dot{e}_{dkaz.} = (\dot{h}_{dkaz.} - \dot{h}_o) - T_o(\dot{s}_{dkaz.} - \dot{s}_o)$$

$\dot{E}_{gkaz.}$ (kJ/h) : $\dot{e}_{gkaz.}$ değeri o saatte çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program gidiş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$\dot{E}_{gkaz.} = \dot{e}_{gkaz.} \times \dot{m}_{kaz.}$$

$\dot{E}_{dkaz.}$ (kJ/h) : $\dot{e}_{dkaz.}$ değeri o saatte çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program dönüş ekserji değerini saatlik olarak hesaplar.

$$\dot{E}_{dkaz.} = \dot{e}_{dkaz.} \times \dot{m}_{kaz.}$$

$\dot{E}_{kaz.}$ (kJ/h) : $\dot{E}_{gkaz.}$ değeri çalışmıyor mu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak toplam ekserji kaybını hesaplar.

$$E_{kaz.} = E_{yakıt} - E_{bg} + E_{gkaz.} - E_{dkaz.}$$

$\underline{c}_{kaz.}$ (€/kJ) : $E_{kaz.}$ çalışmıyormu? Çalışma yoksa “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak birim ekserji maliyetini hesaplar.

$$(c_{gkaz.} \times E_{gkaz.}) - (c_{dkaz.} \times E_{dkaz.}) + (c_{yakıt} \times E_{yakıt}) - (c_{bg} \times E_{bg}) + (c_w \times E_w) + Z_{kaz.} = 0$$

Maliyet denge denklemi yardımıyla bir ekipmanın çıkış maliyetinden diğer bir ekipmanın çıkış maliyeti hesaplanabilir. Bu şekilde sistemde her noktanın birim ürün maliyeti hesaplanabilir. Su çevreden alındığı için maliyeti ihmal edilmiştir.

$$c_{kaz.} = c_w + c_{su\ sirk.} \text{ (Maliyet denge denkleminde)}$$

$\underline{C}_{kaz.}$ (€/h) : $E_{kaz.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kayıp ekserji maliyetini hesaplar.

$$C_{kaz.} = c_{kaz.} \times E_{kaz.}$$

$\underline{f}_{kaz.}$: $E_{kaz.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak termoeconomik (ekserjiekonomik) faktörü hesaplar.

$$f_{kaz.} = Z_{kaz.} / (Z_{kaz.} + C_{kaz.})$$

$\underline{y}_{kaz.}$: $E_{kaz.}$ değeri çalışmıyormu? Öyle ise “Çalışmıyor” alır. Değilse program saatlik olarak kaybolan ekserji oranını hesaplar.

$$y_{kaz.} = E_{kaz.} / E_{top.(sistem)}$$

14.3 Kazan Sistemi Enerji Dengesi

Kazanın ısıtma gücü ihtiyacı 20kw'dır ve bu ihtiyacı sisteme iletmek için kazan devresi dış sıcaklık ve ısı kaybına bağlı olarak değişken çalışma rejiminde çalıştırılmaktadır. Kazan sisteminde yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır.

Birinci kanun açık sistem enerji dengesini kurarsak serpantinde transfer olan enerji eşitliği,

$$\dot{Q} = \dot{m}_\phi h_\phi - \dot{m}_g h_g \quad \text{şeklinde olur.} \quad (14.1)$$

Burada kütle eşitliği,

$$\dot{m}_\phi = \dot{m}_g = \dot{m}_{22} = \dot{m}_{23} = \dot{m} \quad (14.2)$$

olarak yazılır.

Ayrıca $h_{22}=h_\phi$ ve $h_{23}=h_g$ olarak belirlenmiştir. Buradan;

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_{22} - h_{23})$$

$$Q = \dot{m}_{kaz} \cdot x_{C_{su}} \cdot \Delta T$$

$$20000W = \dot{m} \times 1.16279 Wh / kg^\circ C \times 10^\circ C$$

Kazan devresinde dolaşan su debisi;

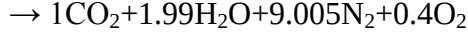
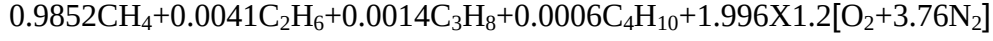
$$\dot{m} = \dot{m}_{22} = \dot{m}_{23} = 1720 kg / h$$

Kazanda yanma reaksiyonu doğalgaz yakıtının çevre havasıyla yakılması ile gerçekleşir. Yanma reaksiyonu kimyasal bir reaksiyondur. Kazanda kullanılan yakıtın kompozisyonu Çizelge 14.1'deki gibi kabul edilmiştir.

Çizelge 14.1 Kazanda yakılan doğalgaz yakıtının bileşimi ve bileşimi oluşturan gazların oranları

Gazlar	Kimyasal formülü	1 mol yakıttaki mol oranları
Metan	CH ₄	0.9852
Etan	C ₂ H ₆	0.0041
Propan	C ₃ H ₈	0.0014
Bütan	C ₄ H ₁₀	0.0006
Diğer yakıt bileşenleri ihmal edilmiştir.		

Kimyasal reaksiyon denklemi eşitlendikten sonra doğalgaz yakıt için ($\lambda=1.2$) yanma denklemi aşağıdaki gibi olur.



Çevre (yakma) havasının kompozisyonu Çizelge 14.2'deki gibi kabul edilmiştir.

Çizelge14.2 Kazan içerisine verilen yakma havasının gaz bileşimi ve oranları

Gazlar	1 mol havadaki mol oranları	%
N ₂	0.79	79
O ₂	0.21	21
Atmosferdeki diğer gazlar ihmal edilmiştir.		

Mol ağırlıkları aşağıdaki şekilde hesaplanır;

Doğalgaz yakıtın mol ağırlığı;

$$\overline{M}_{DG} = \frac{0.9852 \times 16 + 0.0041 \times 30 + 0.0014 \times 44 + 0.0006 \times 58}{0.9913} = \frac{15.98 \text{ kg}}{0.9913 \text{ kmol}}$$

$$\overline{M}_{DG} = 16.122 \text{ kg / kmol}$$

Yakma havasının mol ağırlığı;

$$\overline{M}_{Hava} = \frac{1.996 \times 1.2(16 \times 2 + 3.76 \times 2 \times 14)}{11.4} = \frac{328.81 \text{ kg}}{11.4 \text{ kmol}}$$

$$\overline{M}_{Hava} = 28.84 \text{ kg / kmol}$$

Hava yakıt karışımının mol ağırlığı;

$$\overline{M}_{DG+Hava} = \frac{0.9852 \times 16 + 0.0041 \times 30 + 0.0014 \times 44 + 0.0006 \times 58 + 2.395 \times (32 + 3.76 \times 28)}{12.39}$$

$$\overline{M}_{DG+Hava} = 27.82 \text{ kg / kmol}$$

Baca gazının mol ağırlığı;

$$\overline{M}_{BG} = \frac{1 \times 44 + 1.99 \times 18 + 9.005 \times 28 + 0.4 \times 32}{12.39} = \frac{344.76 \text{ kg}}{12.39 \text{ kmol}}$$

$$\overline{M}_{BG} = 27.82 \text{ kg / kmol}$$

şeklinde hesaplanır.

Denkleme göre 16.122 kg/kmol yakıt 28.84 kg/kmol havayla yakılmaktadır ve bunun sonucunda 27.82 kg/kmol atık gaz meydana gelir. Yanma işlemine giren hava yakıt karışımı

27.82kg/kmol'dür.

Kazan sistemi için enerji dengesi aşağıdaki şekilde gerçekleşir;

Kinetik ve potansiyel enerji değişimleri yok sayılırsa, sistemin enerji değişimi fiziksel ve kimyasal ekserjilerinin toplamına eşittir.

$$\Delta E_{sistem} = \Delta E_{PH} + \Delta E_{CH} \quad \text{olur.} \quad (14.3)$$

Yanma ürünleri kazanı 500K sıcaklığında terk eder. Sistemde iki çeşit enerjiden bahsedilir. Birincisi yanma ürünlerinin hal değişiminden kaynaklanan enerji, diğeri ise yakıtın yanmasıyla açığa çıkan enerjidir.

Havanın, yakıtın ve yanma ürünlerinin mükemmel gaz oldukları kabul edilirse, $h=h(T)$ olur. Buradan yanma reaksiyonuna giren ve çıkan maddelerin standart oluşum entalpi değerleri, çevre şartı entalpi değerleri ve 500K yanma sıcaklığı entalpi değerleri konuyla ilgili tablolardan alınarak Çizelge 14.3 hazırlanır. (Çengel ve Boles,M,1996)

Çizelge 14.3 Kazandaki yanma reaksiyonuna giren ve çıkan maddelerin entalpileri

Madde	$\bar{h}_f^\circ (kJ / kmol)$	$\bar{h}_{273K} (kJ / kmol)$	$\bar{h}_{500K} (kJ / kmol)$
CH ₄ (g)	-74872	-	-
C ₂ H ₆ (g)	-84680	-	-
C ₃ H ₈ (g)	-103860	-	-
C ₄ H ₁₀ (g)	-126150	-	-
O ₂	0	7946	14770
N ₂	0	7936	14581
H ₂ O	-241820	9062	16828
CO ₂	-393520	8444	17678

Yanma işlemi sırasında çevreye olan ısı geçişini hesaplamak için sistemin sürekli akışlı açık sistem ve $W=0$ olduğu kabulü ile denklem 5.72'den;

$$Q = \sum n_c (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_c - \sum n_g (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_g \quad (kJ / kmol) \quad (14.4)$$

Bulunan tablo değerleri yukarıdaki birinci yasa bağıntısında yerine konulursa,

$$\begin{aligned}
 Q &= (1kmolCO_2) [-393520 + 17678 - 8444] kJ / kmolCO_2 \\
 &+ (0.99kmolH_2O) [-241820 + 16828 - 9062] kJ / kmol H_2O \\
 &+ (0.4kmol O_2) [+14770 - 7946] kJ / kmol O_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 0.005 \text{ kmol } N_2 \left[0 + 14581 - 7936 \right] \text{ kJ / kmol } N_2 \\
& - 0.9852 \text{ kmol } CH_4 \left[74872 + \bar{h}_{273} - \bar{h}_{273} \right] \text{ kJ / kmol } CH_4 \\
& - 0.0041 \text{ kmol } C_2H_6 \left[84680 + \bar{h}_{273} - \bar{h}_{273} \right] \text{ kJ / kmol } C_2H_6 \\
& - 0.0014 \text{ kmol } C_3H_8 \left[103850 + \bar{h}_{273} - \bar{h}_{273} \right] \text{ kJ / kmol } C_3H_8 \\
& - 0.0006 \text{ kmol } C_4H_{10} \left[126150 + \bar{h}_{273} - \bar{h}_{273} \right] \text{ kJ / kmol } C_4H_{10} \\
Q & = -713160 \text{ kJ yakit}
\end{aligned}$$

bulunur. Böylece 0.9913 kmol (15.98kg) doğalgaz için yanma odasından çevreye 713160kJ ısı geçişi olmaktadır. Doğalgazın birim kütlesi için bu değer;

$$713160 / 15.98 = 44630 \text{ kJ/kg DG olur.}$$

Doğalgaz için kısaltma olarak DG kullanılmıştır. Kazanda 20kw ısı üretilmesi için gerekli olan doğalgaz debisi birinci kanun enerji eşitliğinden bulunur. Kazanda yakılması gereken doğalgaz debisi;

$$\dot{m}_{DG} = \dot{m}_{25} = \frac{72013 \text{ kJ / h}}{44630 \text{ kJ / kg}} = 1.61 \text{ kg / h}$$

Yanma işlemi hava yakıt oranı (HY)'nı bulabilmek için daha önce hesapladığımız hava ve yakıtın mol ağırlığı hesaplarından faydalanılır. Buradan HY 5.68 nolu denklemden aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$HY = \frac{m_{hava}}{m_{yakit}} \quad (14.5)$$

$$HY = \frac{328.81 \text{ kg hava}}{15.98 \text{ kg yakit}} = 20.57 \text{ kg hava / kg yakit}$$

Havanın kütleli debisi;

$$\dot{m}_{hava} = \dot{m}_{25'} = HY \times \dot{m}_{DG} = 20.57 \text{ kg hava / kg DG} \times 1.61 \text{ kg / h DG} = 33 \text{ kg / h hava bulunur.}$$

Kazana giren toplam kütle debisi, baca gazı kütle debisine ve buda hava yakıt karışımının toplam kütle debisine eşittir.

$$\dot{m}_{BG} = \dot{m}_{24} = \dot{m}_{25} + \dot{m}_{25'} = 1.61 \text{ kg / h} + 33 \text{ kg / h} = 34.61 \text{ kg / h} \quad (14.6)$$

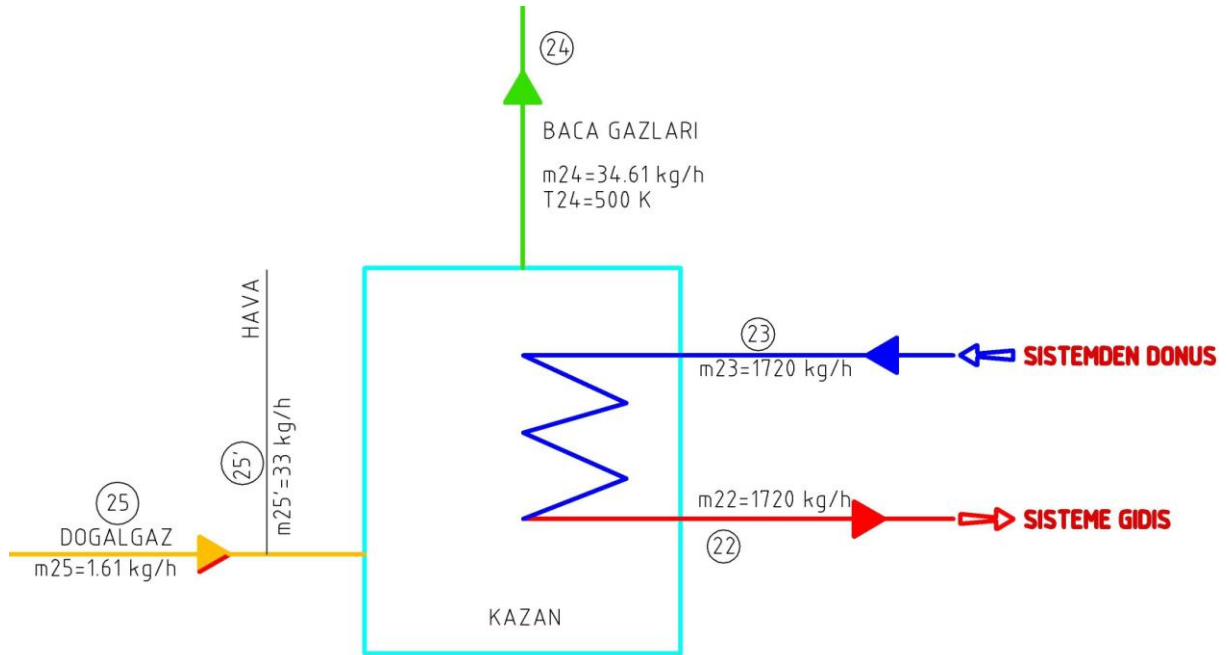
Çizelge 14.4 Kazan sistemi noktalarının kütle debisi, basınç ve entalpi değerleri

Nokta	Madde	T (K)	$\dot{m}$ (kg/h)	h (kJ/kg)	s (kJ/kgK)
25'	Hava	273.15	33	-	-
25	Yakıt	273.15	1.61	-	-
24	Baca gazları	500	34.61	-	-
22	Su	313.15	1720	167.45	0.572
23	Su	303.15	1720	125.66	0.435

Not: Su devreleri için h ve s değerleri bulundukları sıcaklık ve basınca göre ilgili tablodan alınmıştır.

Not: Su devreleri için h_0 ve s_0 değerleri 0°C, 1bar basınçlı çevre şartında akışkanın özelliklerine göre tablodan alınmıştır.

Su için bu değerler; $h_0 = -0.04 \text{ kJ/kg}$, $s_0 = 0.00 \text{ kJ/kgK}$



Şekil 14.1 Kazan sistemi şematik gösterimi

14.4 Kazan Sistemi Ekserji Dengesi

Şekil 14.1'de kazan sistemi şematik gösterimi görülmektedir. Hesaplarda yakıt ve havanın girişindeki fiziksel ekserjiler ihmal edilmiştir. Yani 25 noktasında yakıtın sadece kimyasal ekserjisi vardır.

Yakıtın ekserjisini bulmak için;

$$\bar{g}_F = \sum v_{r,i} \bar{g}_{r,i} \quad (14.7)$$

$$\bar{g}_{DG} = 0.9852x(-50.81) + 0.0041x(-32.91) + 0.0014x(-23.52) + 0.0006x(-17.04)$$

$$\bar{g}_{DG} = -50.23 \text{ kJ/mol}$$

Burada $v_{r,i}$ reaksiyona girenlerin stokiometrik katsayılarıdır. Hesaplama doğalgaz için reaksiyona giren maddelerin toplam kmol değerleri ile bu gazların gibbs fonksiyonları ile çarpım değerleri alınır. Gibbs fonksiyonları ilgili tablolardan okunur. (Çengel ve Boles, M, 1996)

Daha sonra uygun değerler ekserji tablolarından ve hesaplardan alınıp denklem 5.67 yardımıyla aşağıdaki denklemde yerine konulursa; (Çengel ve Boles, M, 1996) (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

$$\begin{aligned} \bar{e}_{DG}^{CH} = & \left[0.9852\bar{g}_{CH_4} + 0.0041\bar{g}_{C_2H_6} + 0.0014\bar{g}_{C_3H_8} + 0.0006\bar{g}_{C_4H_{10}} \right] + \left[1.996 \times 1.2 \bar{g}_{O_2} + 3.76 \bar{g}_{N_2} \right] \\ & - \left[\bar{g}_{CO_2} + 1.99\bar{g}_{H_2O} + 9.005\bar{g}_{N_2} + 0.4\bar{g}_{O_2} \right] (T_o, P_o) \\ & + \left[\bar{e}_{CO_2}^{CH} + 1.99\bar{e}_{H_2O}^{CH} + 9.005\bar{e}_{N_2}^{CH} + 0.4\bar{e}_{O_2}^{CH} \right] - \left[1.996 \times 1.2 \bar{e}_{O_2}^{CH} + 3.76\bar{e}_{N_2}^{CH} \right] \end{aligned} \quad (14.8)$$

$\bar{e}_{DG}^{CH} = \left[50.23 - 394.39 \right] - 1.99 \times \left[228.59 \right] + 30.86 \cong 830 \text{ kJ/mol}$ olarak yakıtın ekserjisi elde edilir.

Yakıtın birim kütle için ekserjisi ise,

$$\bar{e}_{DG}^{CH} = e_{25} = \frac{830000 \text{ kJ/kmol}}{16.122 \text{ kg/kmol}}$$

$e_{25} = 51482 \text{ kJ/kg}$ olarak bulunur.

Ekserji eşitliğinin kurulabilmesi için dışarı atılan duman gazlarının ekserjisinin de hesaplanması gerekir. Doğalgazın hava ile yanması sonucu yanma ürünleri açığa çıkar. (yanma denkleminin sağ tarafında). Bu ürünlerin kimyasal ekserjileri ise aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanır. Bulunan değer karışımın birim molünün kimyasal ekserjisidir.

$$x_{CO_2} = \frac{1}{12.395} = 0.0806$$

$$x_{H_2O} = \frac{1.99}{12.395} = 0.160$$

$$x_{N_2} = \frac{9.005}{12.395} = 0.726$$

$$x_{O_2} = \frac{0.4}{12.395} = 0.032$$

Buradan baca gazının kimyasal ekserjisi denklem 5.64 yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\bar{e}_P^{-CH} = \sum x_k \bar{e}_k^{-CH} + \bar{R}T_o \sum x_k \ln x_k \quad (14.9)$$

Burada x değerleri, yanma ürünü içerisindeki bir gazın mol sayısının yanma ürünlerinin toplam mol sayısına oranıdır.

Baca gazının kimyasal ekserjisi ise bu x değerlerinin hesaplanan gaza karşılık gelen molar kimyasal ekserji değerleri ile çarpımlarının toplamına eşittir. Bahsi geçen gazların molar kimyasal ekserji değerleri ilgili tablolardan okunur. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995)

$$\begin{aligned} \bar{e}_{BG}^{-CH} = & 0.0806 \times 19.87 + 0.16 \times 9.5 + 0.726 \times 0.72 + 0.032 \times 3.97 + 8.314 \times 273.15 \times 0.0806 \times \ln(0.0806) \\ & + 8.314 \times 273.15 \times 0.16 \times \ln(0.16) + 8.314 \times 273.15 \times 0.726 \times \ln(0.726) + 8.314 \times 273.15 \times 0.032 \times \ln(0.032) \end{aligned}$$

$$\bar{e}_{BG}^{-CH} = 2243.29 \text{ kJ / kmol} = 2.243 \text{ kJ / mol}$$

$$\bar{e}_{BG}^{-CH} = e_{24}^{-CH} = 2.243 \text{ kJ / mol} \quad \text{baca gazının kimyasal ekserjisidir.}$$

Baca gazının fiziksel ekserjisi yani $\bar{e}_{24}^{-PH}$ aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Öncelikle baca gazının sabit basınçtaki özgül ısısı hesaplanır;

$$C_{PBG} = \sum x_k c_{P_k} \quad (14.10)$$

Baca gazı sıcaklığı $T_{BG} = 500K$, Baca gazı basıncı $P_{BG} = 1 \text{ bar}$ 'dır. Baca gazının özgül ısısı x değerlerinin hesaplanan gaza karşılık gelen özgül ısı değerleri ile çarpımlarının toplamına eşittir. Bahsi geçen gazların özgül ısı değerleri ilgili tablolardan $c_p = a + bT + cT^2 + dT^3$ eşitliğine taşınarak sıcaklığın fonksiyonu olarak hesaplanır. Formüldeki tüm katsayılar tablodan alınır. (Çengel ve Boles, M, 1996)

$$C_{PBG} = 0.0806 \times 44.346 + 0.16 \times 35.11 + 0.726 \times 29.77 + 0.032 \times 31.45$$

$$C_{PBG} = 31.81 \text{ kJ / kmol.K}$$

$$\frac{C_{PBG}}{C_{V_{BG}}} = k = 1.359 \quad \text{olduğu kabul edildi.} \quad (14.11)$$

Burada 500K’de çeşitli gazlar için k büyüklükleri ilgili tablolardan okunmuş ve hepsinin ortalaması alınarak kabul yapılmıştır. (Çengel ve Boles,M,1996)

Buradan sabit hacimdeki özgül ısı,

$$C_{V_{BG}} = \frac{31.81 \text{ kJ} / \text{kmol.K}}{1.359} \cong 23.40 \text{ kJ} / \text{kmol.K}$$

Baca gazı için fiziksel ekserji eşitliği aşağıdaki gibidir;

$$\frac{e^{PH}}{C_p T_o} = \left[\frac{T}{T_o} - 1 - \ln \frac{T}{T_o} \right] + \ln \left(\frac{P}{P_o} \right)^{k-1} \quad (14.12)$$

Bu denklemde değerleri yerleştirirsek baca gazı fiziksel ekserjisi;

$$e_{BG}^{PH} = 1.81 \text{ kJ} / \text{kmol.K} \times 273.15 \text{ K} \left[\frac{500 \text{ K}}{273.15 \text{ K}} - 1 - \ln \frac{500 \text{ K}}{273.15 \text{ K}} \right] + 0$$

$$e_{BG}^{PH} = 1962.90 \text{ kJ} / \text{kmol}$$

Buradan baca gazının sahip olduğu toplam ekserji $\bar{e}_{BG}^{CH+PH} = \bar{e}_{24}$ hesaplanabilir. Bunun için aşağıdaki ekserji eşitliğinden yararlanılır.

$$\bar{e}_{BG} = \bar{e}_{BG}^{PH} + \bar{e}_{BG}^{CH} = \bar{e}_{24} \quad (14.13)$$

Denkleme değerleri yerleştirirsek baca gazı toplam ekserjisi aşağıdaki gibi bulunur.

$$\bar{e}_{24} = 1962.90 \text{ kJ} / \text{kmol} + 2243.29 \text{ kJ} / \text{kmol} \cong 4206 \text{ kJ} / \text{kmol}$$

Baca gazının birim kütle için ekserjisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunabilir.

$$e_{24} = \frac{4206 \text{ kJ} / \text{kmol}}{27.82 \text{ kg} / \text{kmol}}$$

$e_{24} = 151 \text{ kJ} / \text{kg}$ baca gazının toplam ekserjisidir.

22 ve 23 noktalarının ekserjileri saf maddeler için olan ekserji eşitliğinden bulunabilir.

$$e_{23} = (h_{23} - h_o) - T_o (s_{23} - s_o) \quad (14.14)$$

Değerleri denklemde yerine koyarsak;

$$e_{23} = (25.66 - -0.04) \text{ kJ} / \text{kg} - 273.15 \text{ K} (0.435 - 0) \text{ kJ} / \text{kg.K}$$

$e_{23} = 6.879 \text{ kJ} / \text{kg}$ olarak bulunur.

22 noktasının ekserjisi aynı yöntemle aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$e_{22} = \left(h_{22} - h_o \right) - T_o \left(s_{22} - s_o \right) \quad \text{[kJ/kg]} \quad (14.15)$$

yazılır. Değerleri denklemde yerine koyarsak;

$$e_{22} = \left(67.45 - -0.04 \right) \text{kJ/kg} - 273.15 \text{K} \left(0.572 - 0 \right) \text{kJ/kg.K}$$

$e_{22} = 11.248 \text{kJ/kg}$ olarak bulunur.

Buradan $E(\text{kJ/h}) = e(\text{kJ/kg}) \times m(\text{kg/h})$ formülü yardımı ile Çizelge 14.5 oluşturulur.

Çizelge 14.5 Özgül ekserji ve toplam ekserji kayıpları

Nokta	Madde	$\dot{m}$ (kg/h)	e (kJ/kg)	E (kJ/h)
25'	Hava	33	0	0
25	Yakıt	1.61	51482	82886
24	Baca gazları	34.61	151	5226.11
22	Su	1720	11.248	19346.9
23	Su	1720	6.879	11833.17

14.5 Kazan Sistemi Ekserji Maliyeti Hesabı ve Ekserjiekonomik Tahlili

Çizelge 14.6 Kazan sisteminin maliyet dağılımı

Maliyetler	Kazan
İlk yatırım maliyeti (Ekipman+Aksesuar+Otm) (€)	2750
Yıllık yakıt masrafı (€/yıl)	692
Yıllık elektrik gideri (€/yıl)	4
Yıllık işletim gideri (€/yıl)	13
Sistemin saatlik masrafı (€/h)	0.134
Bir değere getirilmiş saatlik masraf (€/h)	0.185

Kazan sistemi maliyet dağılımı Çizelge 14.6'da görülmektedir. Maliyet değerleri daha önce maliyet analizi kısmında hesaplanmıştır.

Kazan sistemi yılda 1146 saat çalışmaktadır.

Yakıt Fiyatı=0.288 €

Elektrik Fiyatı = 0.05 € kabul edilmiştir.

Birim zamanda toplam kullanılamayan ekserji miktarı eşitliği, kazan için $E_{k,kazan}$ olarak yazılırsa,

$$E_{k,kazan} = E_{D+L} = E_{25} + E_{23} - E_{22} - E_{24} \quad (14.16)$$

$$E_{k,kazan} = 82886 \text{ kJ} / h + 11833.17 - 19346.9 \text{ kJ} / h - 5226 \text{ kJ} / h$$

$$E_{k,kazan} = 46479.93 \text{ kJ} / h = 12.9 \text{ kW} \quad \text{bulunur.}$$

Egzost sistemi, standart çevre ile aynı özelliklerde olan iç havayı dışarı attığı için herhangi bir ekserji kaybına yol açmaz.

$$E_{k,egzost,ısıt} = E_{D+L} = 0 \quad (14.17)$$

Kazanın çalışmasını gerçekleştirmek için gerekli olan birim ekserji maliyeti c_1 ile baca gazı birim ekserji maliyeti eşittir.

$$c_{25} = \frac{0.603 \text{ €} / h \text{ (yakıt masrafı)}}{82886 \text{ kJ} / h} = 7.28 \times 10^{-6} \text{ €} / \text{kJ}$$

c_{25} ayrıca kazan sistemi kayıp ekserjisinin birim maliyetidir.

Kazanda ısıtılan suyun birim ekserji maliyetini $\text{€}_{22} = c_{23}$ bulmak için kazan ekserji maliyet denklemini yazmak gereklidir. Buradan tek bilinmeyen olan ısıtılan suyun birim ekserji maliyeti $\text{€}_{22} = c_{23}$ bulunur.

Kazan için maliyet denge denklemi yazılırsa,

$$c_{25} E_{25} - c_{24} E_{24} - c_{22} E_{22} + c_{23} E_{23} + Z_{kazan} = 0 \quad \text{elde edilir.} \quad (14.18)$$

Burada $c_{24} = c_{25} = c_{yakıt}$ ve $c_{22} = c_{23}$ olmaktadır. Değerler yerleştirilirse eşitlik aşağıdaki şekli hali alır.

$$7.28 \times 10^{-6} \text{ €} / \text{kJ} \times (82886 \text{ kJ} / h - 5226 \text{ kJ} / h) - c_{22} (1833.17 - 19346.9 \text{ kJ} / h + 0.185 \text{ €} / h) = 0$$

Buradan;

$$c_{22} = c_{23} = 9.98 \times 10^{-5} \text{ €/kJ} \text{ bulunur.}$$

Kazan için kayıp ekserji maliyeti aşağıdaki gibi yazılır;

$$C_{k,kazan} = (c_{yakit} + c_{22}) \times E_{k,kazan} = (7.28 \times 10^{-6} + 9.98 \times 10^{-5} \text{ €/kJ}) \times 46479.93 \text{ kJ/h} = 4.97 \text{ €/h} \quad (14.19)$$

Kazan için kaybolan ekserji oranı;

$$y_{k,kazan} = \frac{E_{k,kazan}}{E_{sistem, toplam}} = \frac{12.9 \text{ kW}}{12.9 \text{ kW}} = 1 \quad (14.20)$$

Kazan için termoekonomik (ekserjiekonomik) faktör;

$$f_{kazan} = \frac{Z_{kazan}}{Z_{kazan} + C_{k,kazan}} = \frac{0.185 \text{ €/h}}{0.185 + 4.97 \text{ €/h}} = 0.036 \quad (14.21)$$

Yukarıdaki hesap yöntemi yılın tüm saatleri için uygulandığında bulunan sonuçlar ortalama aylık değerler olarak Çizelge 14.7’de sunulmuştur.

Çizelge 14.7 Kazan tüm aylar için hesaplanan sonuçlar

AYLAR	KAZAN				
	E	C	f(10 ³)	y(10 ³)	c(10 ⁶)
	kJ/h	€/h			€/kJ
Ocak	50013.37	8.19	11.16	688.94	107.48
Şubat	40169.56	6.37	9.706	556.26	83.73
Mart	13800.51	2.54	2.71	188.64	33.27
Nisan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ekim	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kasım	20795.69	3.82	4.00	283.93	50.08
Aralık	50523.22	8.58	11.06	695.09	112.50

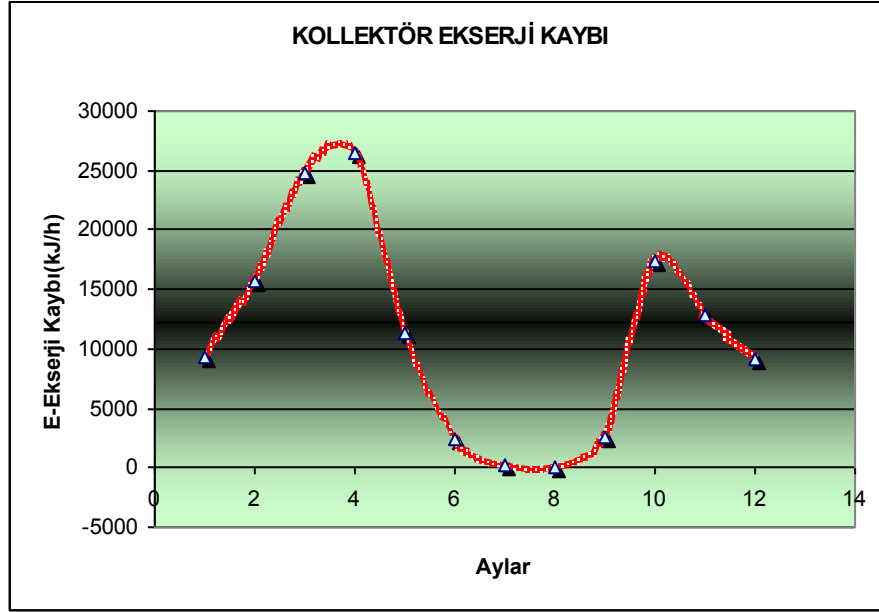
15. SİSTEMİN TERMOEKONOMİK ANALİZ SONUÇLARI

Ekserji ve termoeconomik hesaplar bir yıl içersinde toplam 8760 saat için ayrı ayrı yapılmıştır. Yıl boyu toplamda 5750 saat ısıtma yapılmaktadır. Programda her ekipman için çalışma olmayan saatlerde “Çalışmıyor” alınmıştır. Program yıl boyu ekipmanların izlediği eğri ve grafikleri oluştururken çalışma olmayan saatleri ve bu saatlerin toplamından elde ettiği çalışma olmayan ayları 0 kabul etmektedir. Dolayısıyla çalışma olmayan ayların değerlerinin diğer aylara aktarılması gerekmektedir.

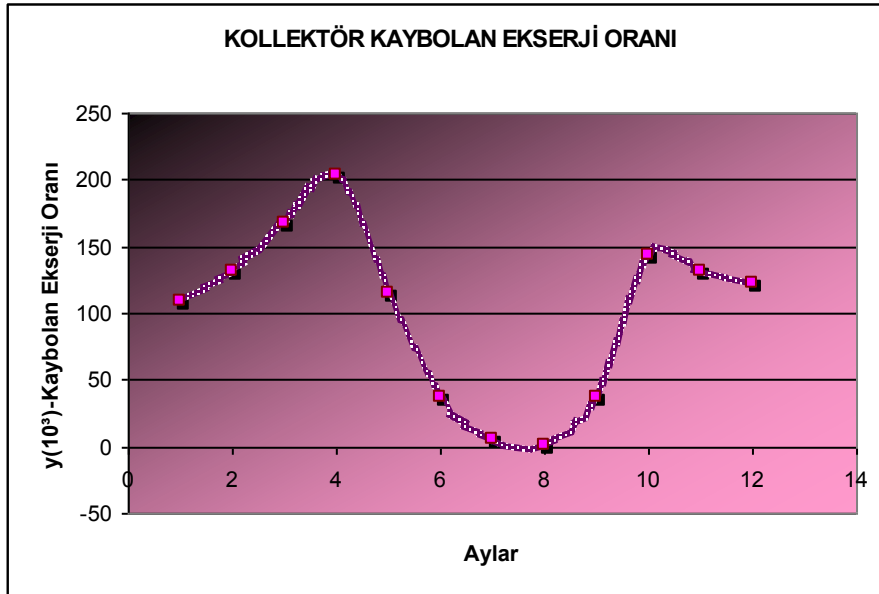
$$\text{Katsayı} = 8760 \text{ saat} / 5750 \text{ ssat} = 1.52 \quad (15.1)$$

Çalışma olan ayların değerleri yukarıda belirlenen katsayı ile çarpılarak çalışma olmayan aylardan çalışma olan aylara aktarma işlemi gerçekleştirilmiştir.

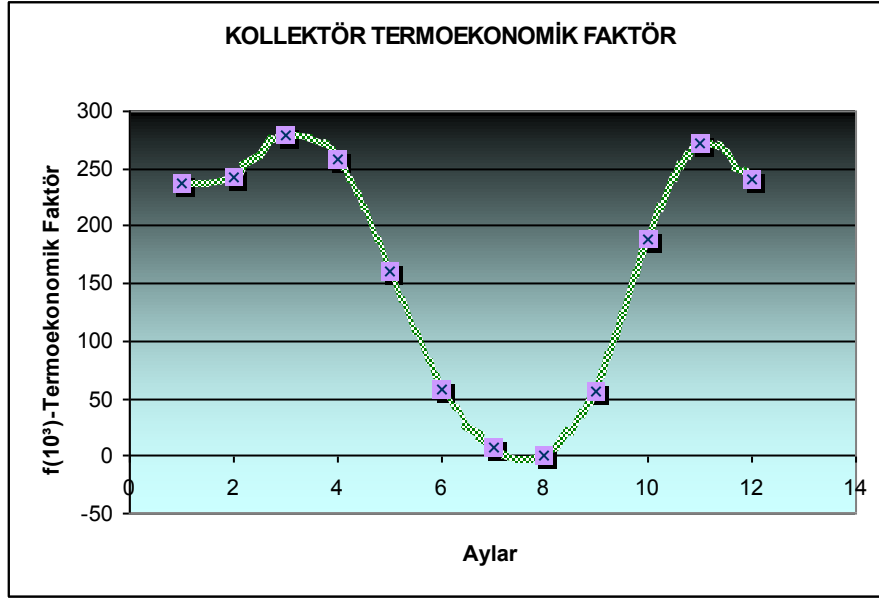
Bu doğrultuda program tarafından ekserji ve termoeconomik analiz için oluşturulan tüm eğri ve grafikler şu şekilde oluşmaktadır;



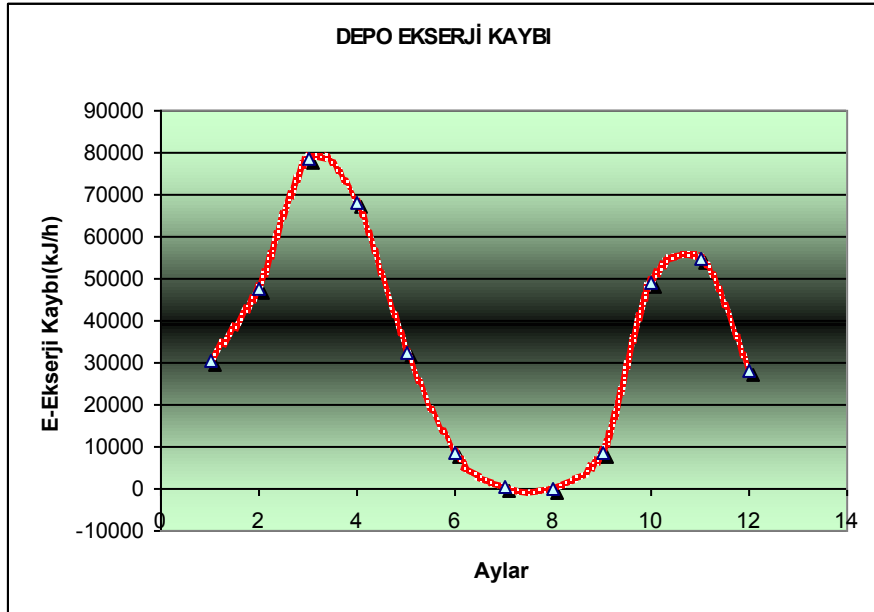
Şekil 15.1 Kollektör ekserji kaybı değişim eğrisi



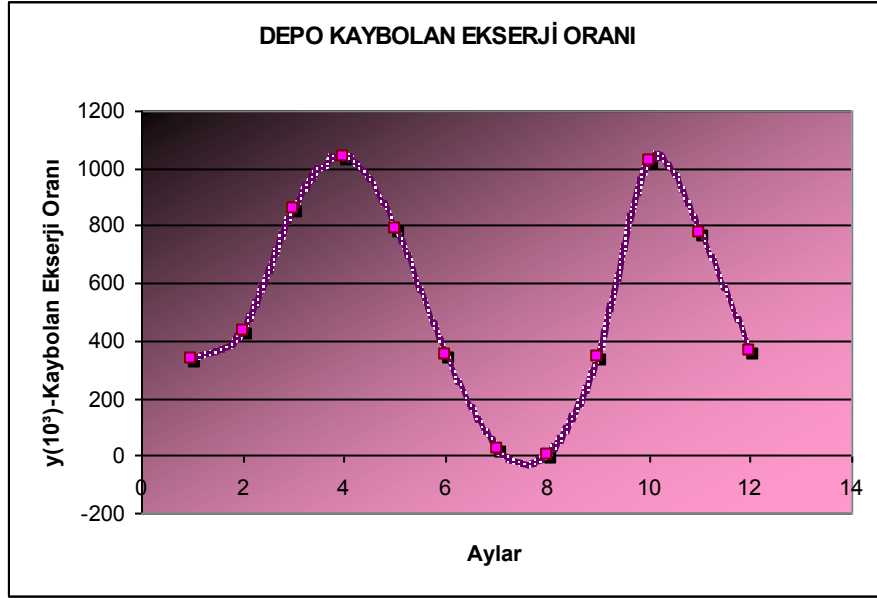
Şekil 15.2 Kollektör kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi



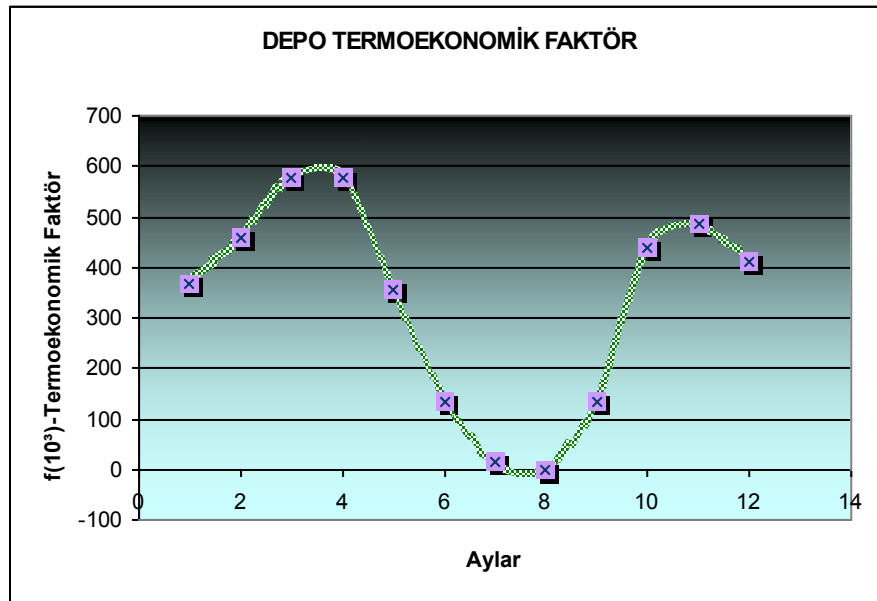
Şekil 15.3 Kollektör termoeconomik faktör değişimi eğrisi



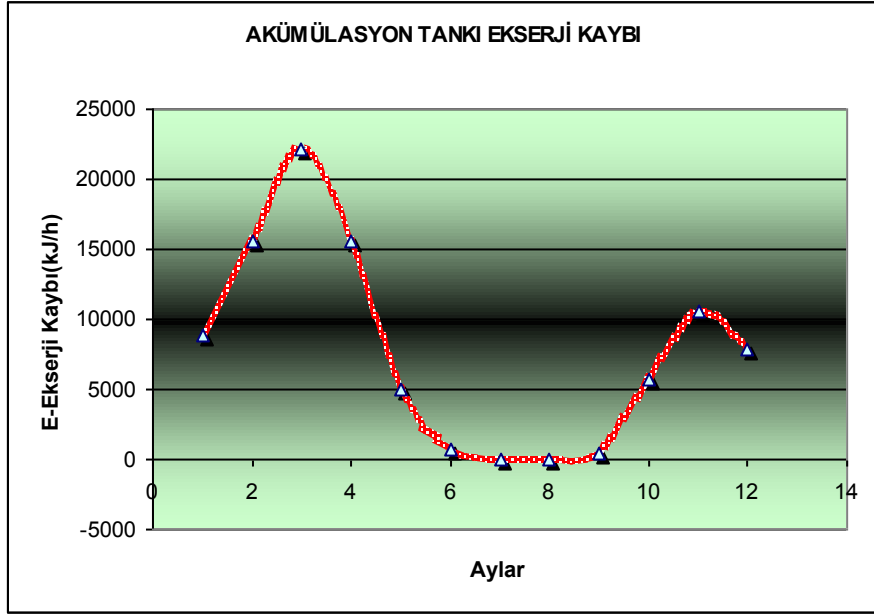
Şekil 15.4 Depo ekserji kaybı değişimi eğrisi



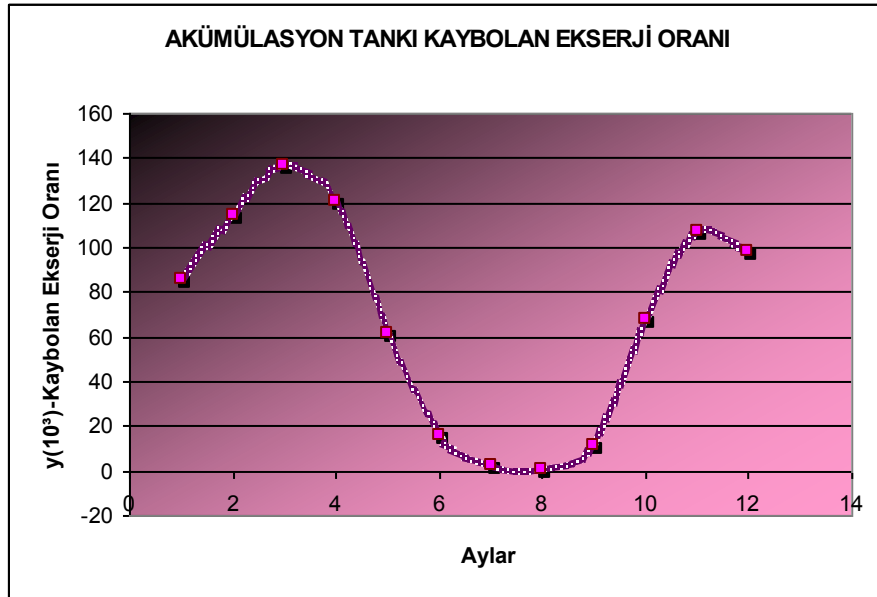
Şekil 15.5 Depo kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi



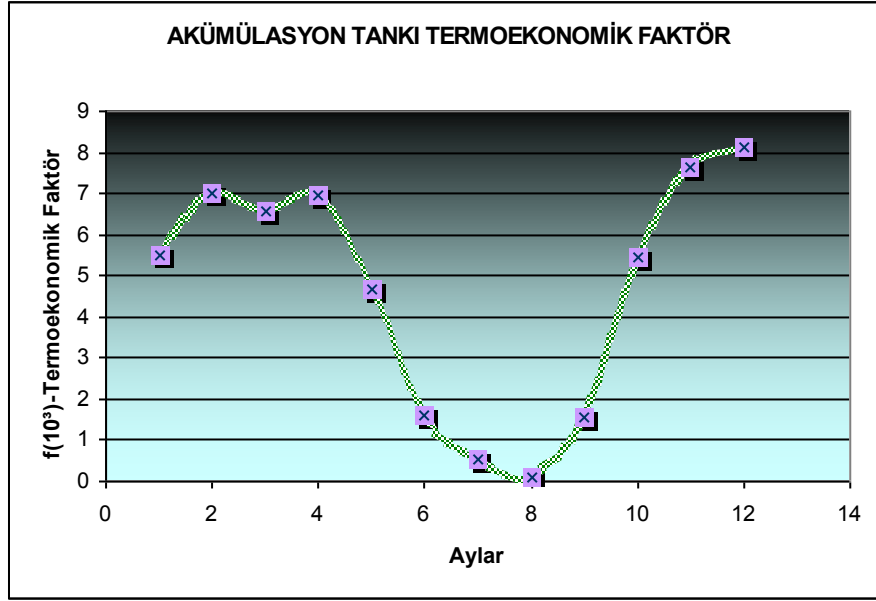
Şekil 15.6 Depo termoekonomik faktör değişimi eğrisi



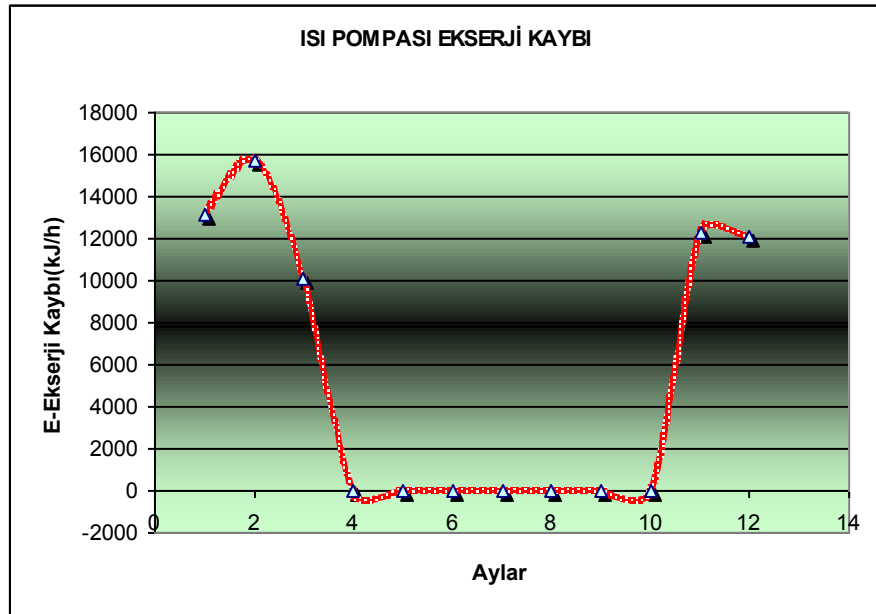
Şekil 15.7 Akümülayon tankı ekserji kaybı değışimi eğrisi



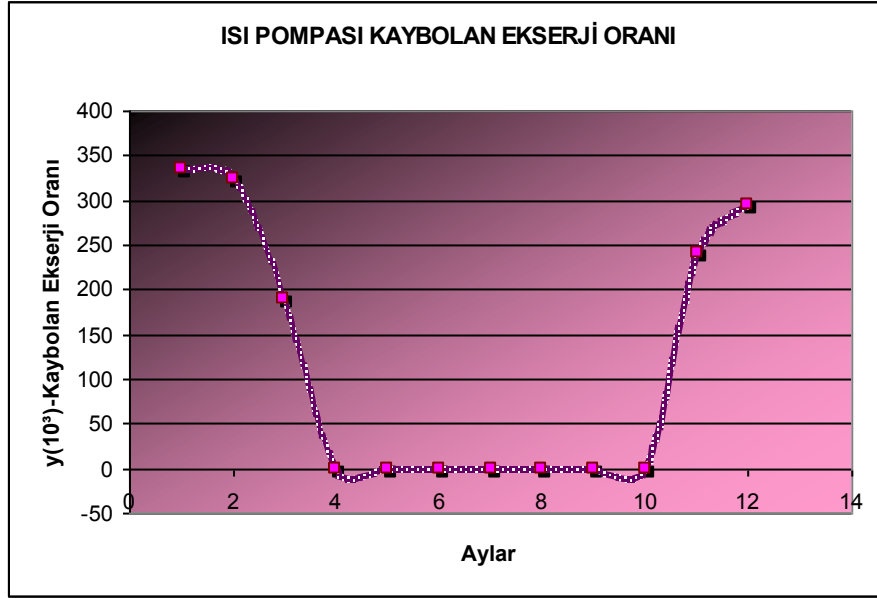
Şekil 15.8 Akümülayon tankı kaybolan ekserji oranı değışimi eğrisi



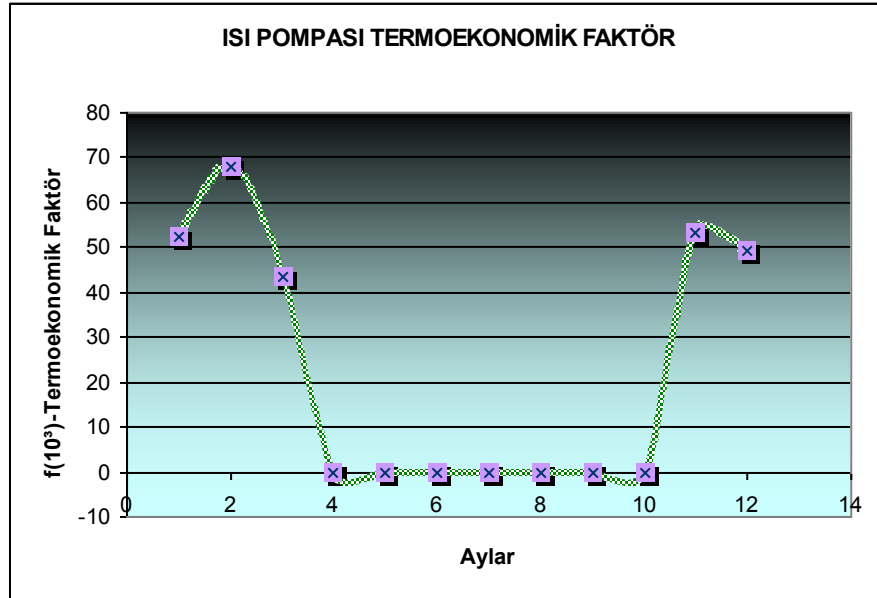
Şekil 15.9 Akümülayson tankı termoeekonomik faktör değışimi eğrisi



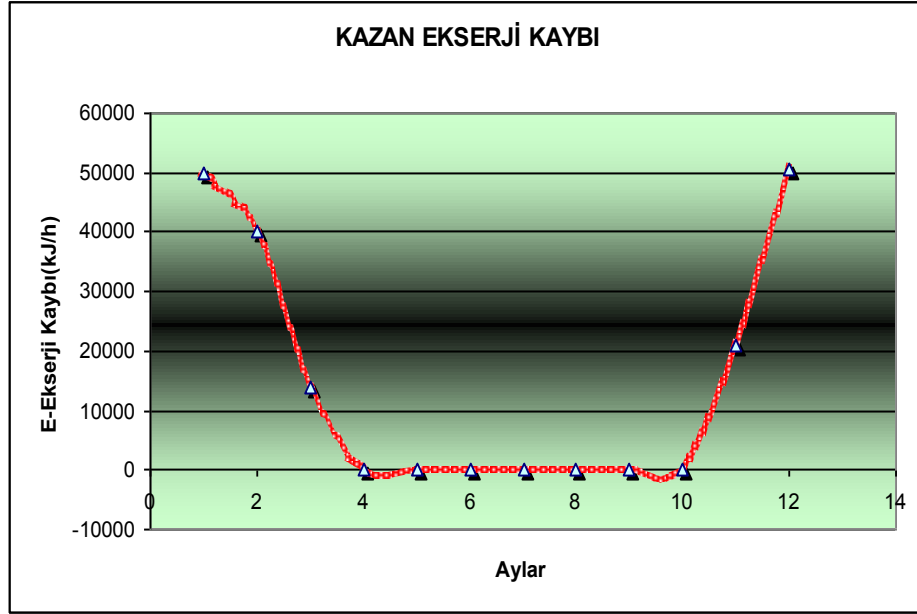
Şekil 15.10 Isı pompası ekserji kaybı değışimi eğrisi



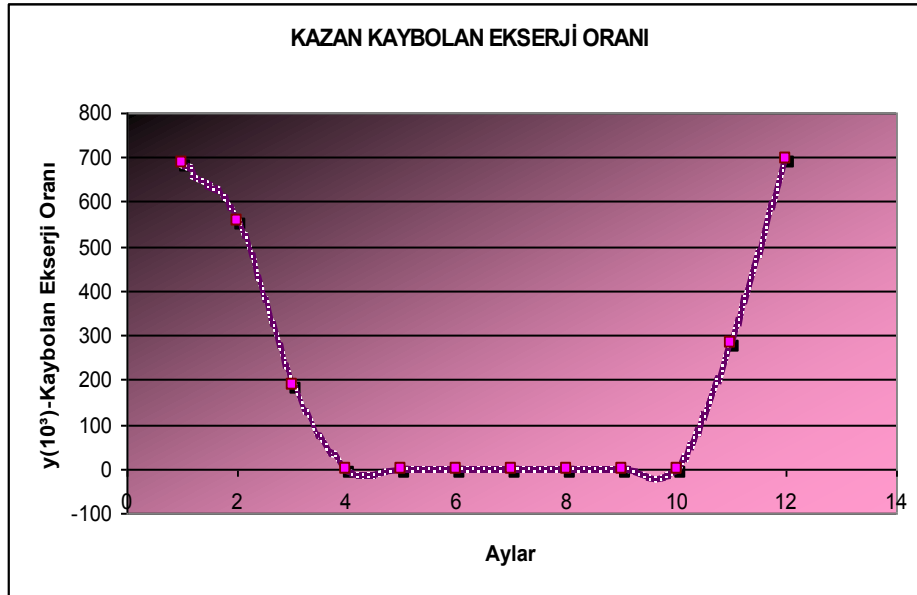
Şekil 15.11 Isı pompası kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi



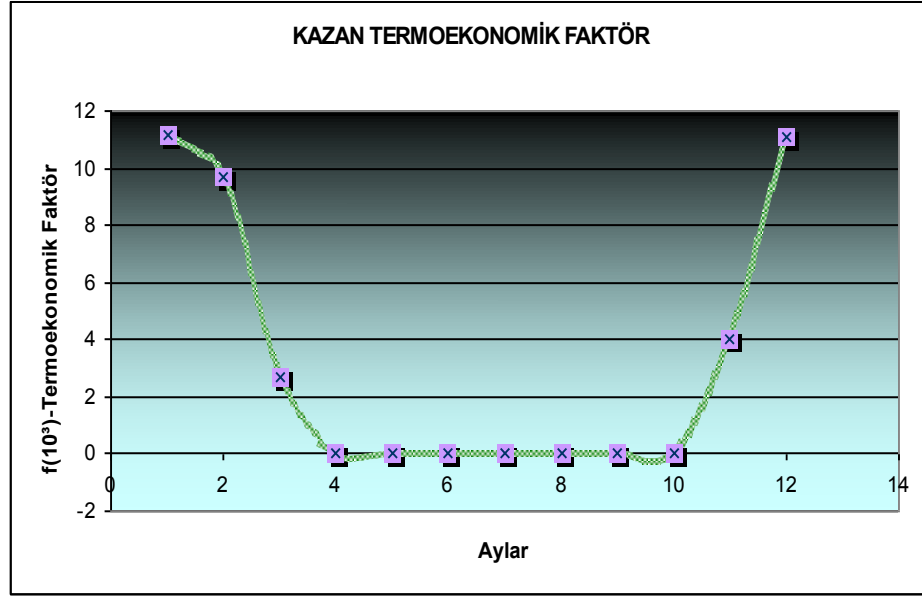
Şekil 15.12 Isı pompası termoekonomik faktör değişimi eğrisi



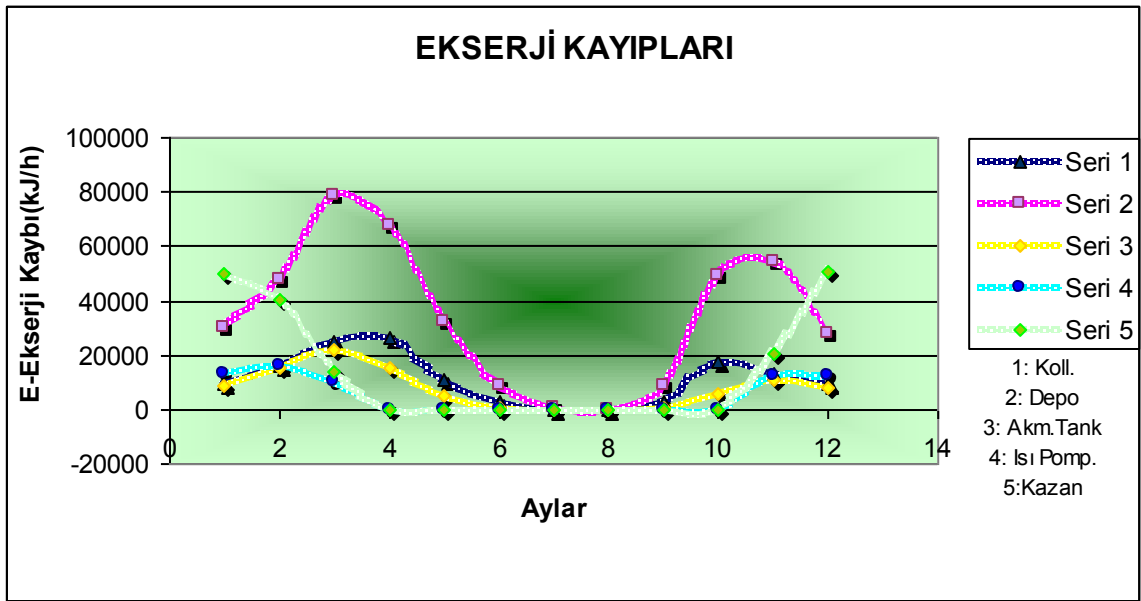
Şekil 15.13 Kazan ekserji kaybı değişim eğrisi



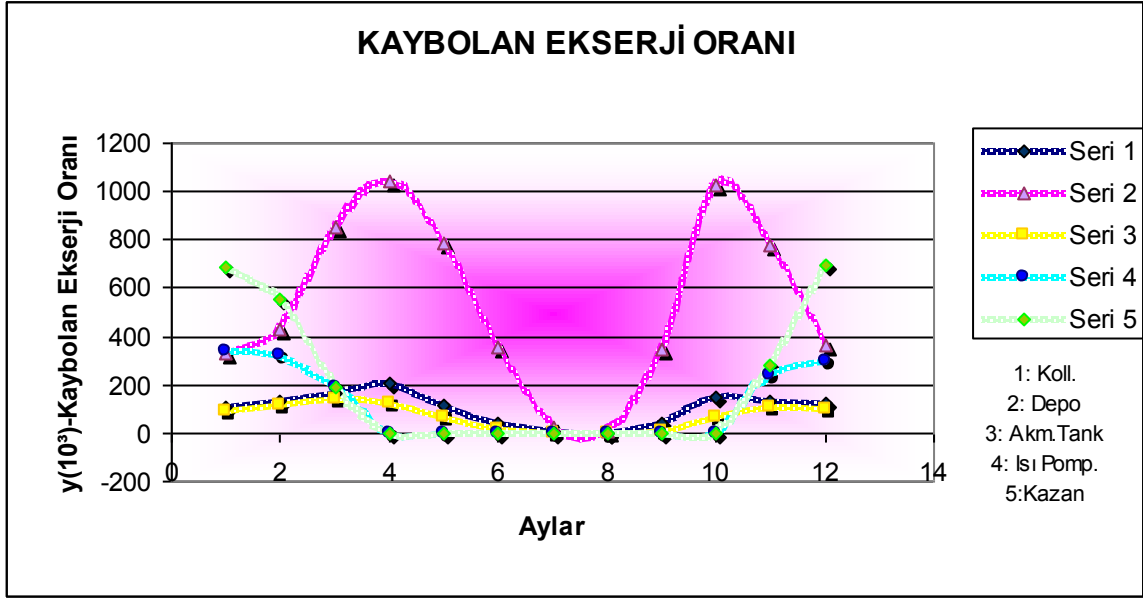
Şekil 15.14 Kazan kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi



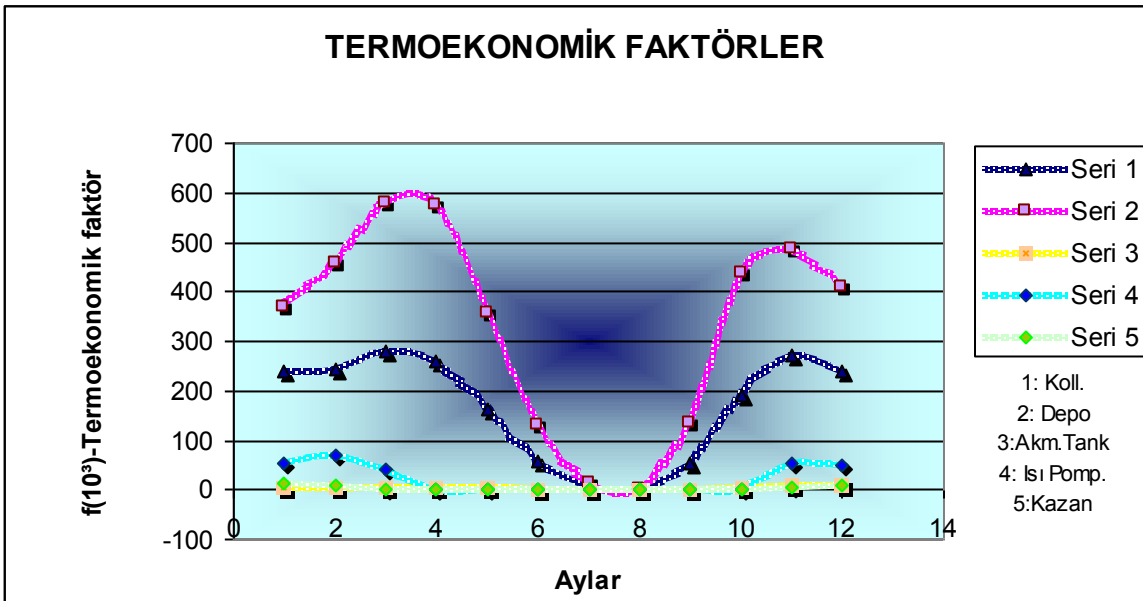
Şekil 15.15 Kazan termoekonomik faktör değişimi eğrisi



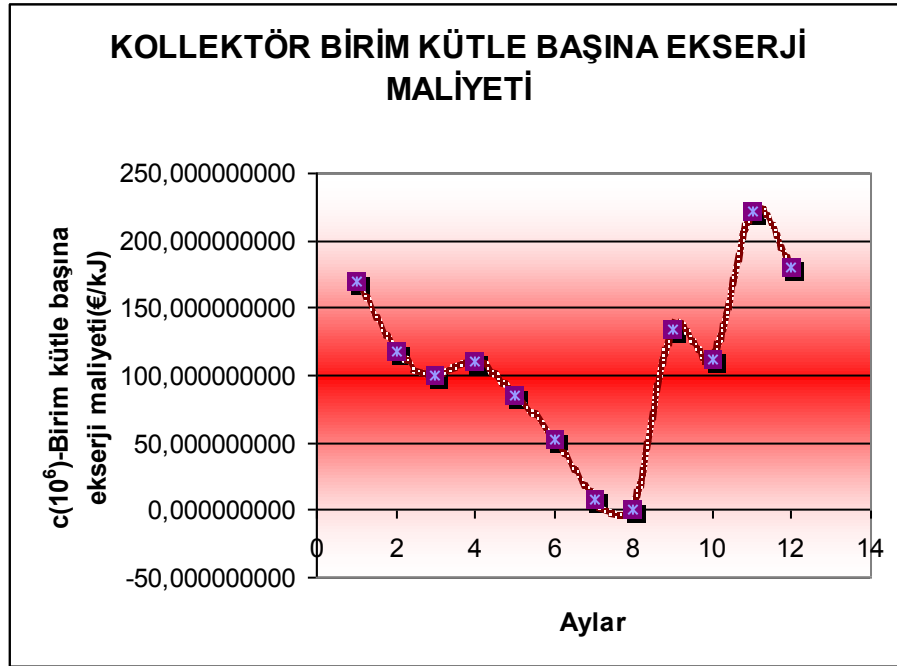
Şekil 15.16 Tüm ekipmanlar ekserji kaybı değişimi eğrisi



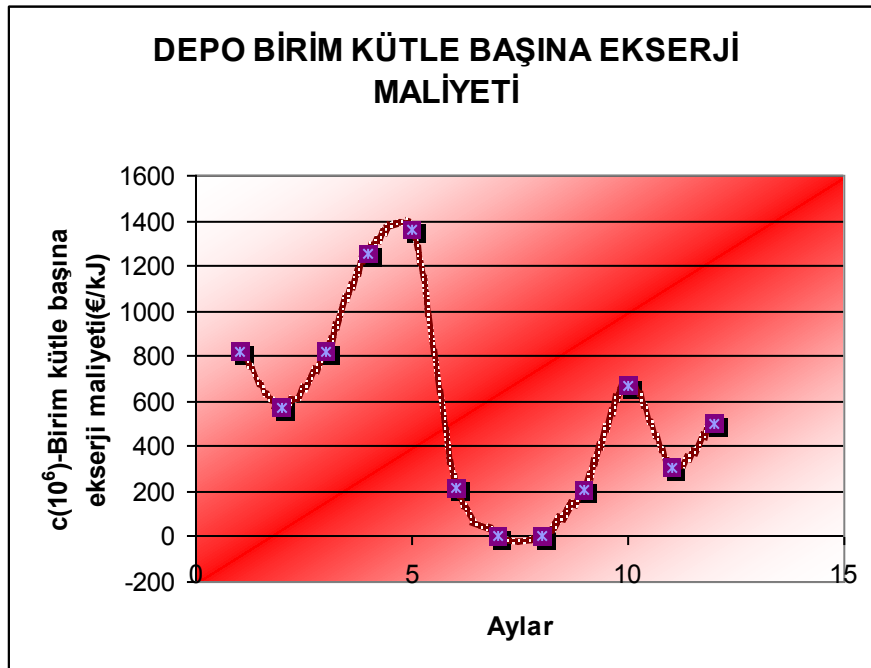
Şekil 15.17 Tüm ekipmanlar kaybolan ekserji oranı değişimi eğrisi



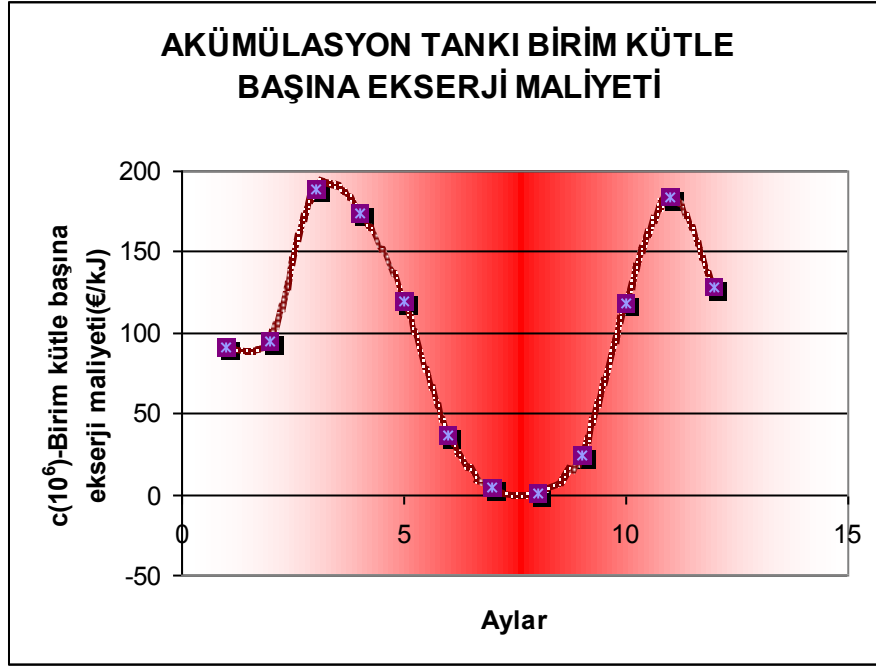
Şekil 15.18 Tüm ekipmanlar termoekonomik faktör değişimi eğrisi



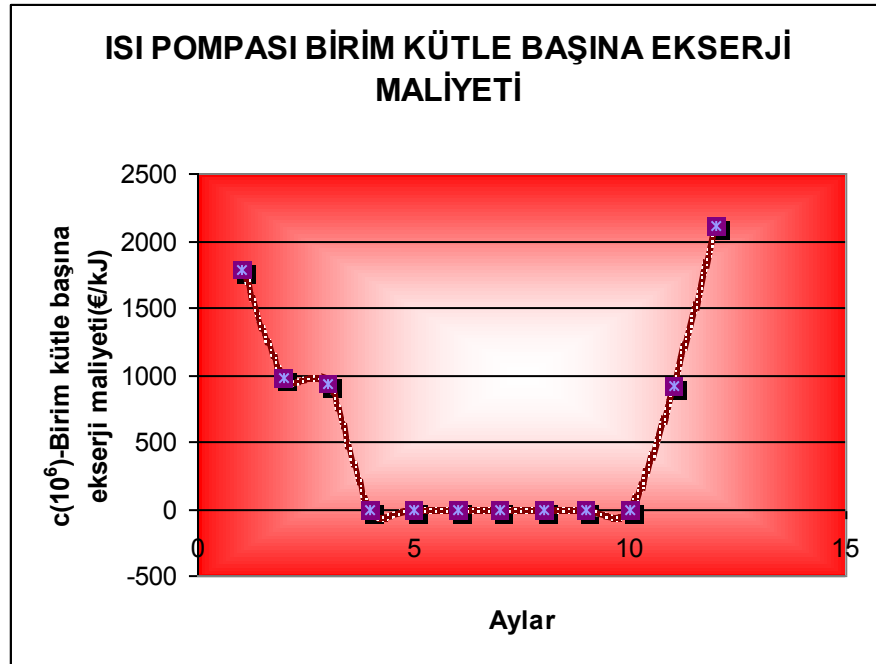
Şekil 15.19 Kollektör birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği



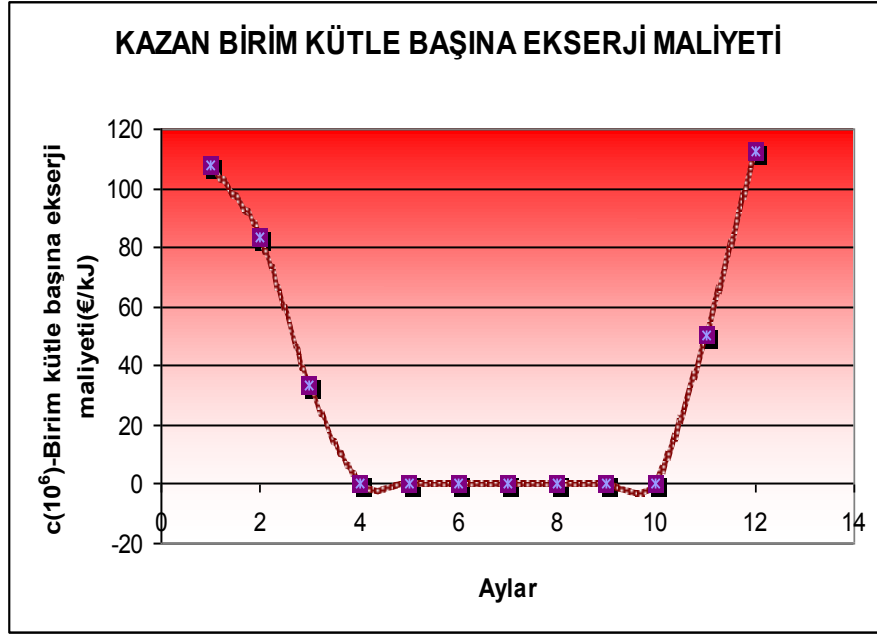
Şekil 15.20 Depo birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği



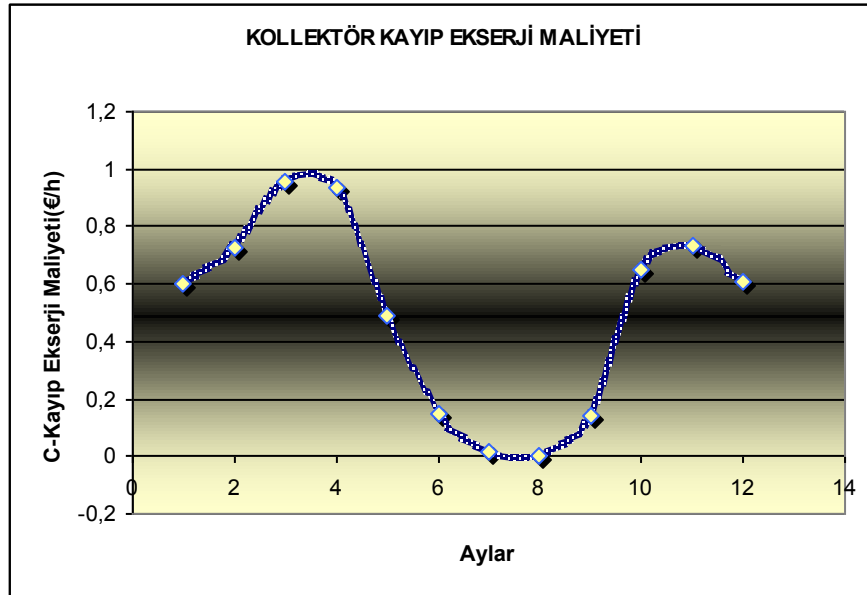
Şekil 15.21 Akümülayon tankı birim kütle başına enerji maliyet değeri grafiğı



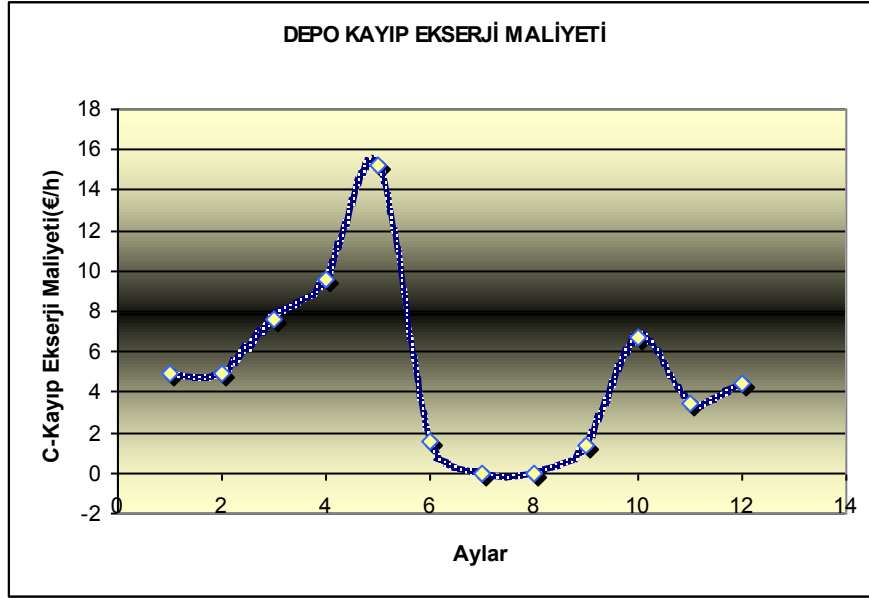
Şekil 15.22 Isı pompası birim kütle başına enerji maliyet değeri grafiğı



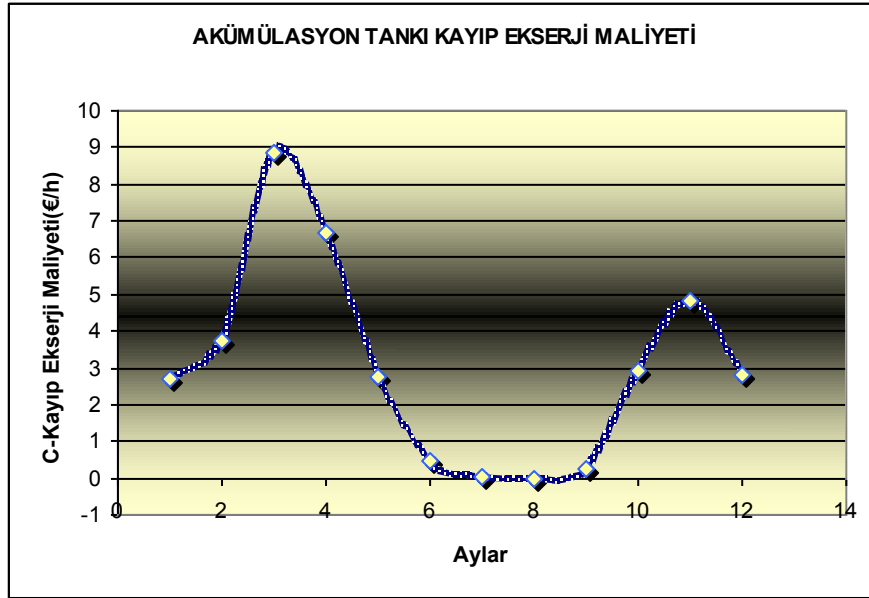
Şekil 15.23 Kazan birim kütle başına enerji maliyet değerleri grafiği



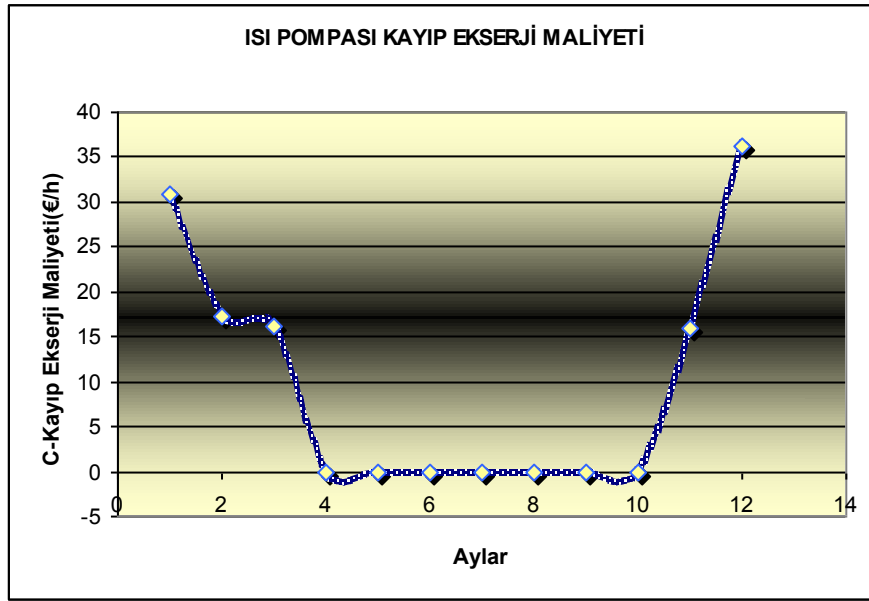
Şekil 15.24 Kollektör kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği



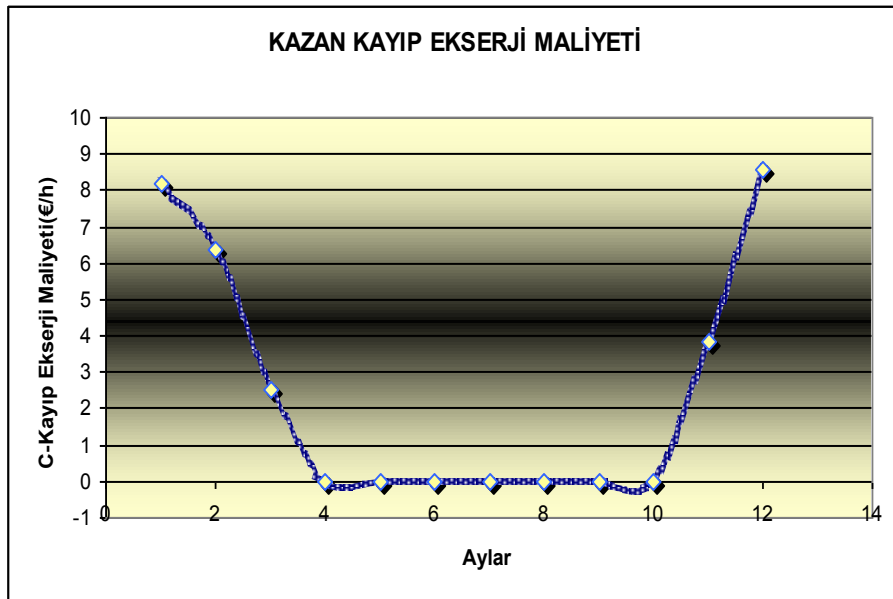
Şekil 15.25 Depo kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği



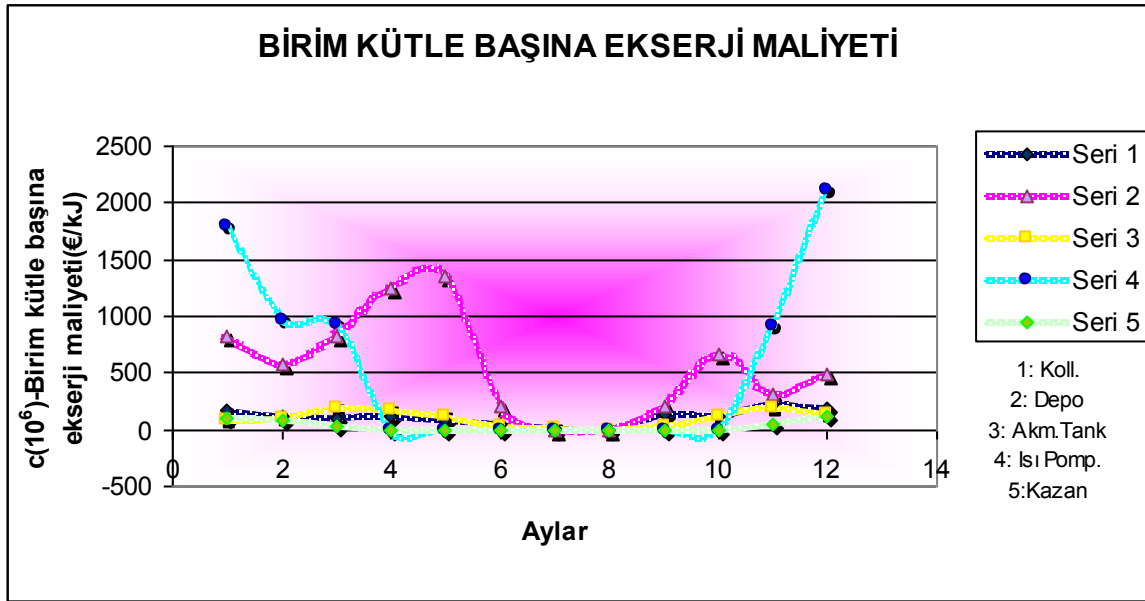
Şekil 15.26 Akümülayon tankı kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği



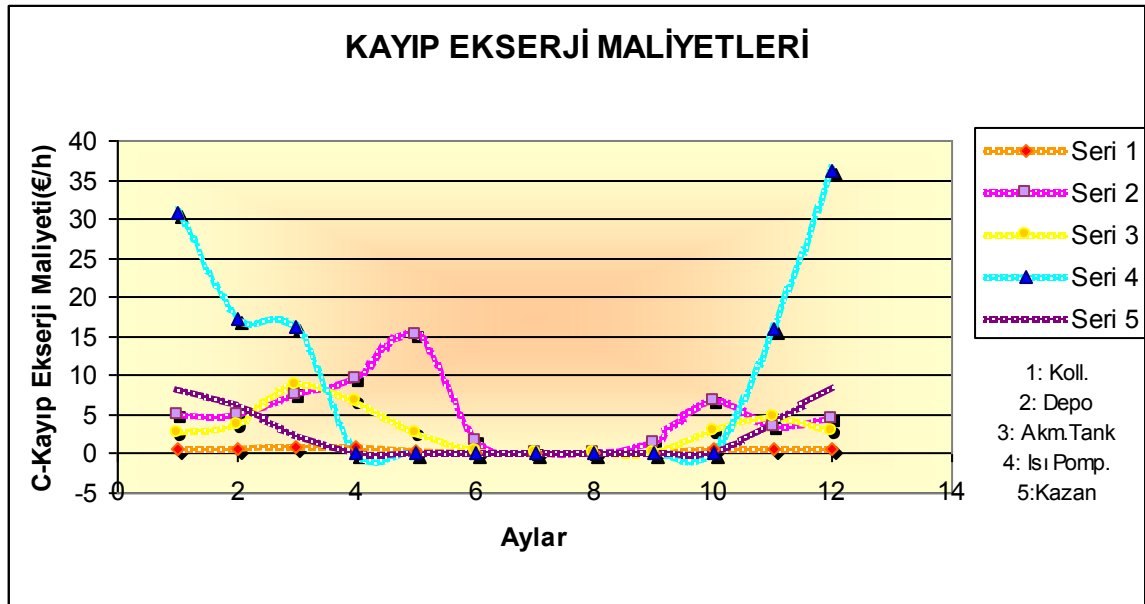
Şekil 15.27 Isı pompası kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği



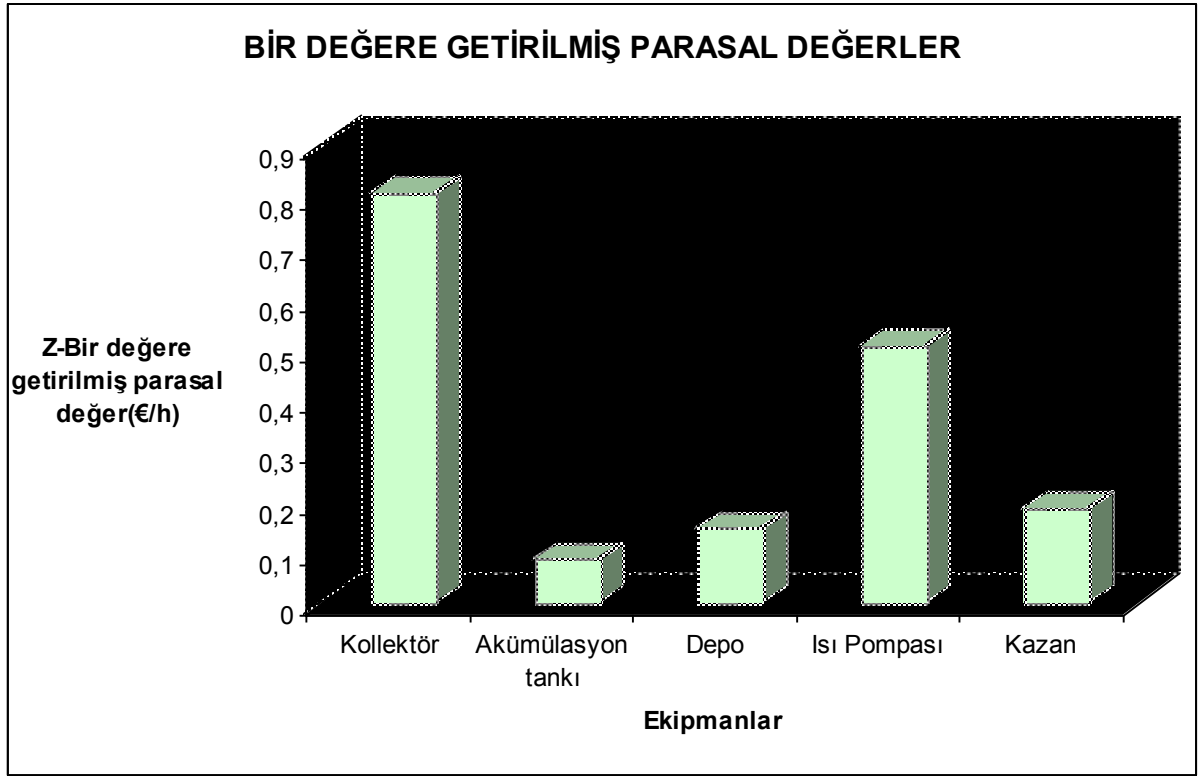
Şekil 15.28 Kazan kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği



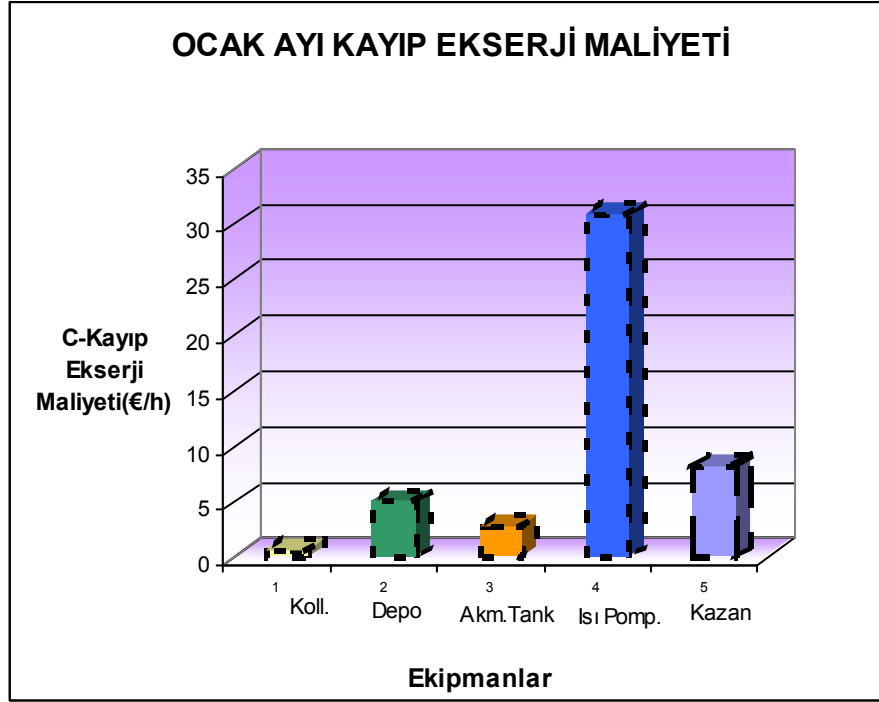
Şekil 15.29 Tüm ekipmanlar birim maliyet değerleri grafiği



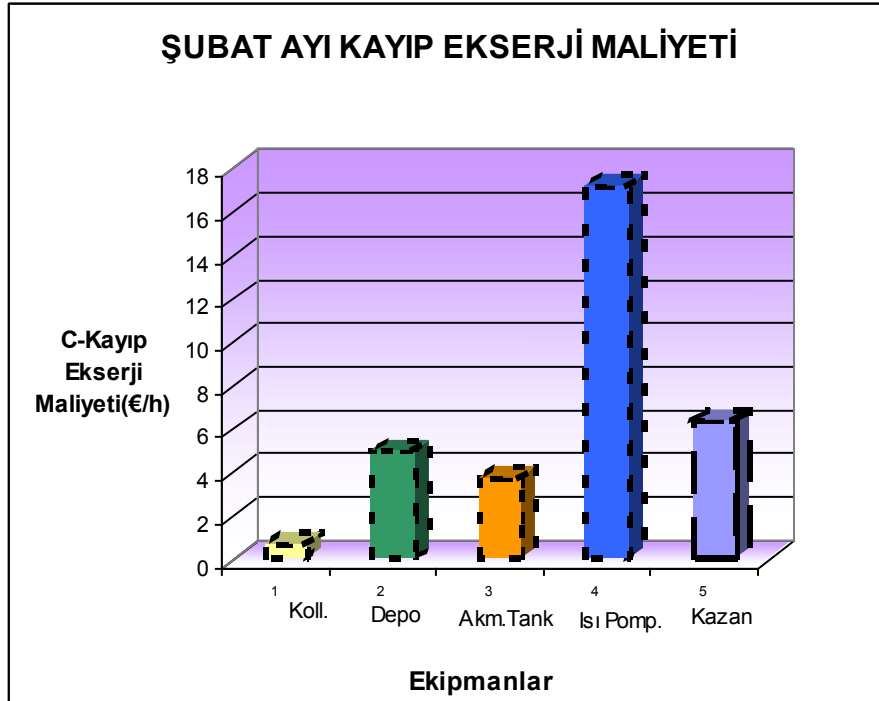
Şekil 15.30 Tüm ekipmanlar kayıp ekserji maliyet değerleri grafiği



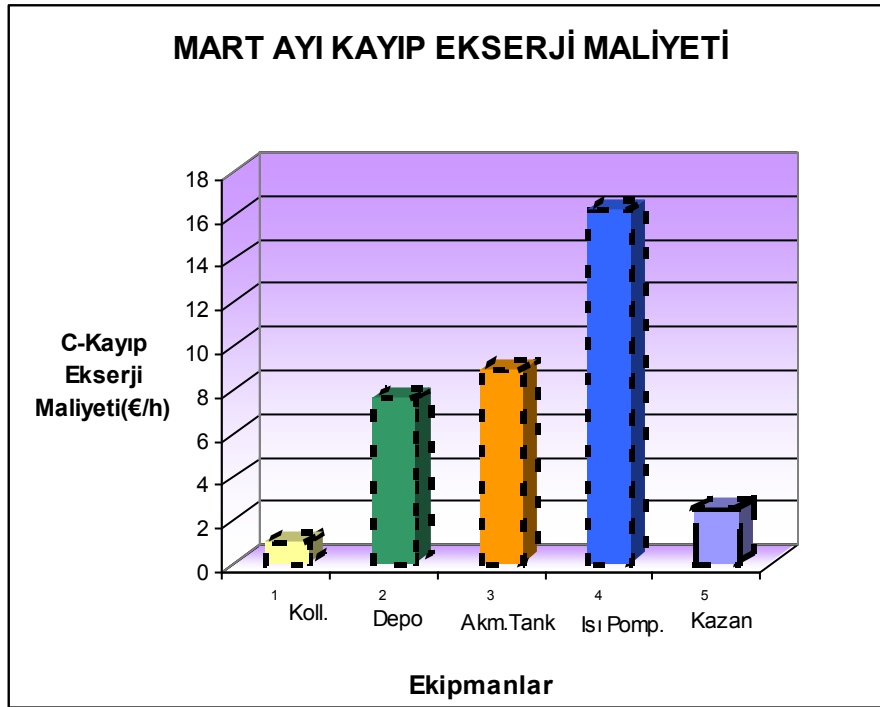
Şekil 15.31 Sistemde kullanılan ekipmanların parasal giderleri



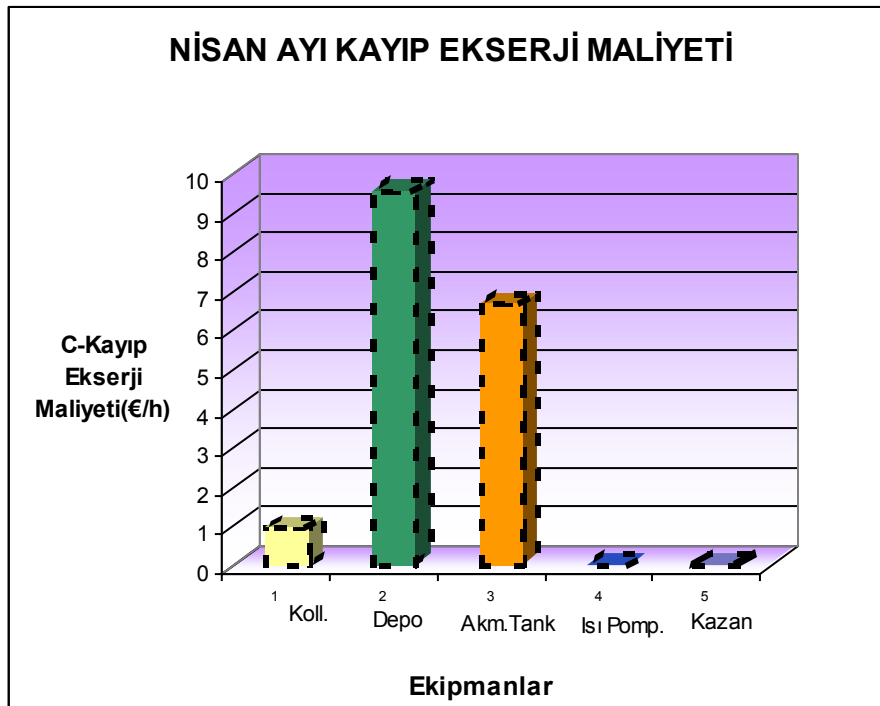
Şekil 15.32 Sistemde kullanılan ekipmanların ocak ayı için kayıp ekserji maliyetleri



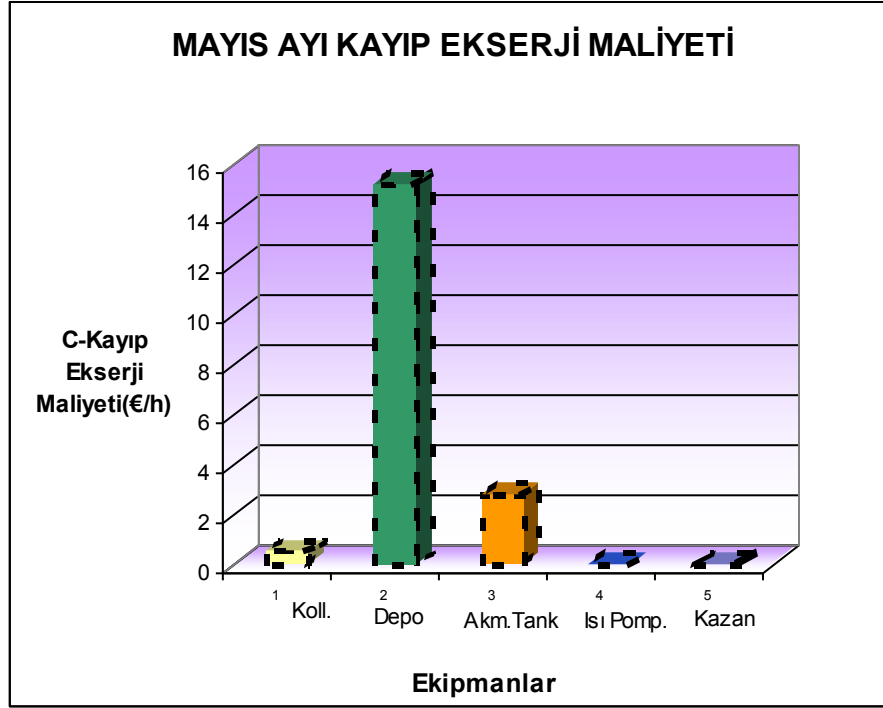
Şekil 15.33 Sistemde kullanılan ekipmanların şubat ayı için kayıp ekserji maliyetleri



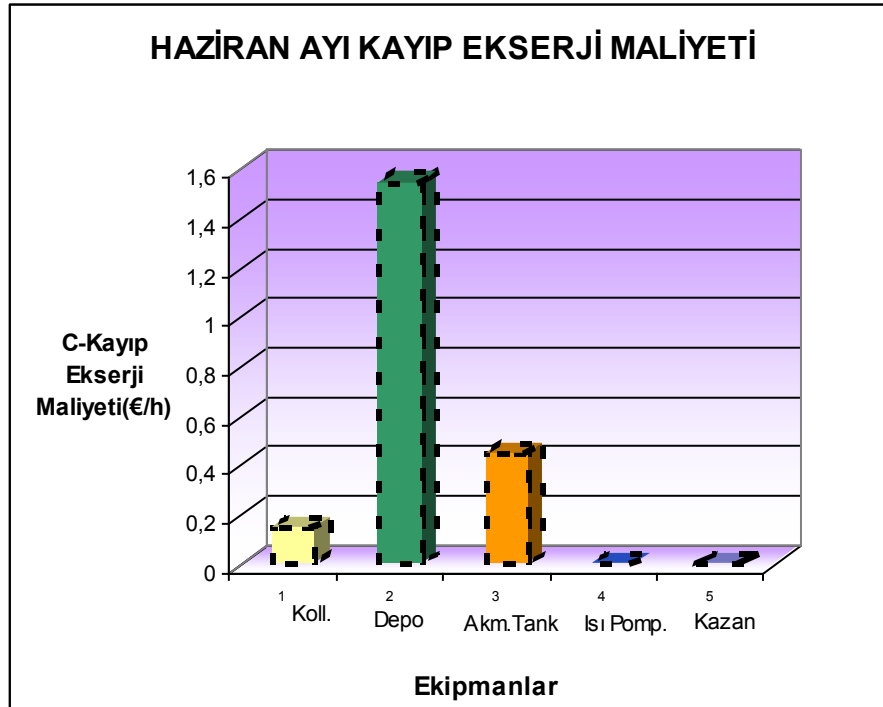
Şekil 15.34 Sistemde kullanılan ekipmanların mart ayı için kayıp ekserji maliyetleri



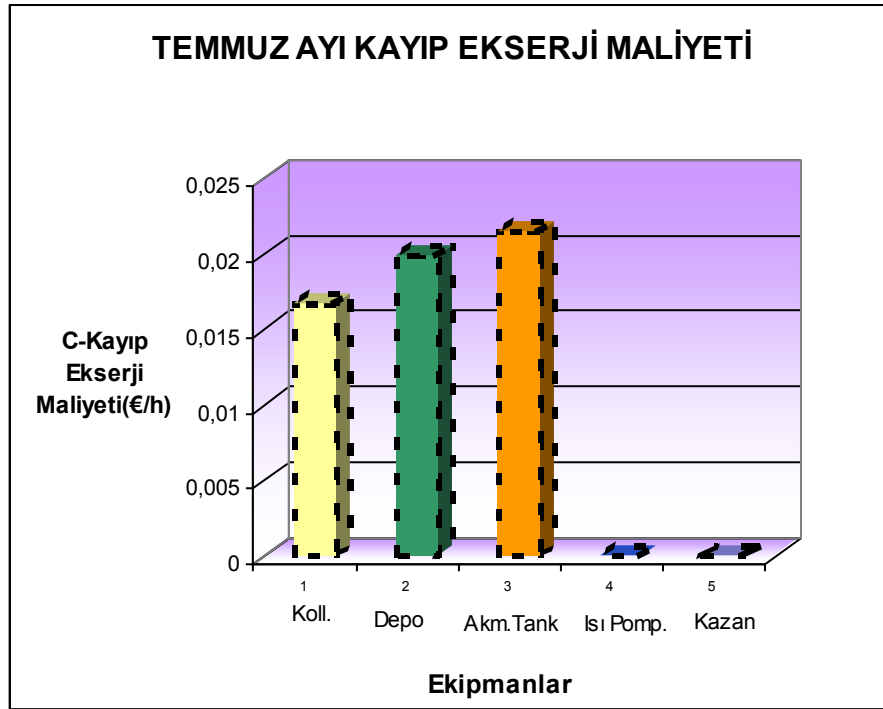
Şekil 15.35 Sistemde kullanılan ekipmanların nisan ayı için kayıp ekserji maliyetleri



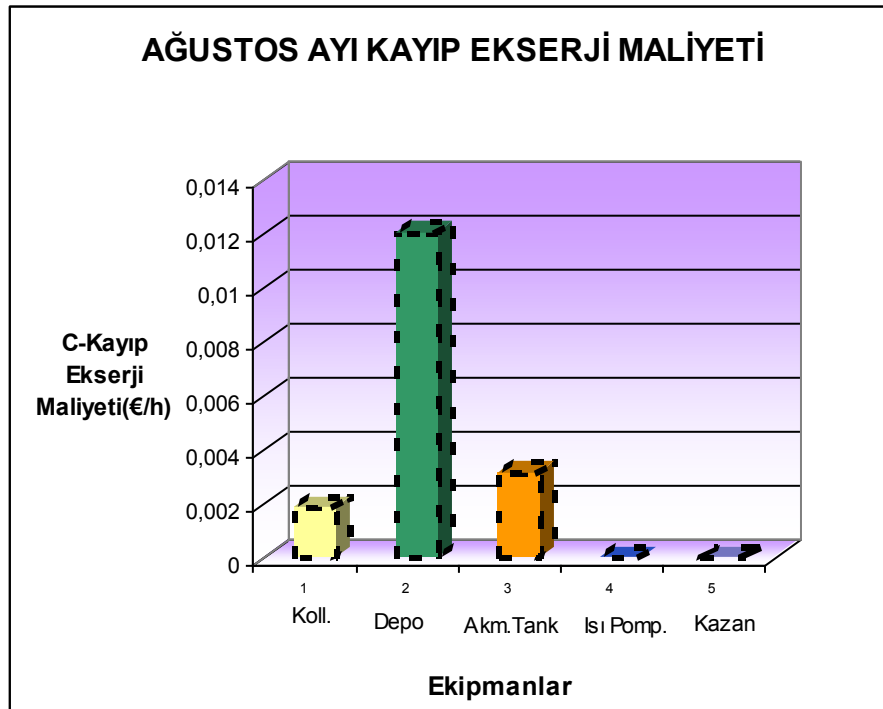
Şekil 15.36 Sistemde kullanılan ekipmanların mayıs ayı için kayıp ekserji maliyetleri



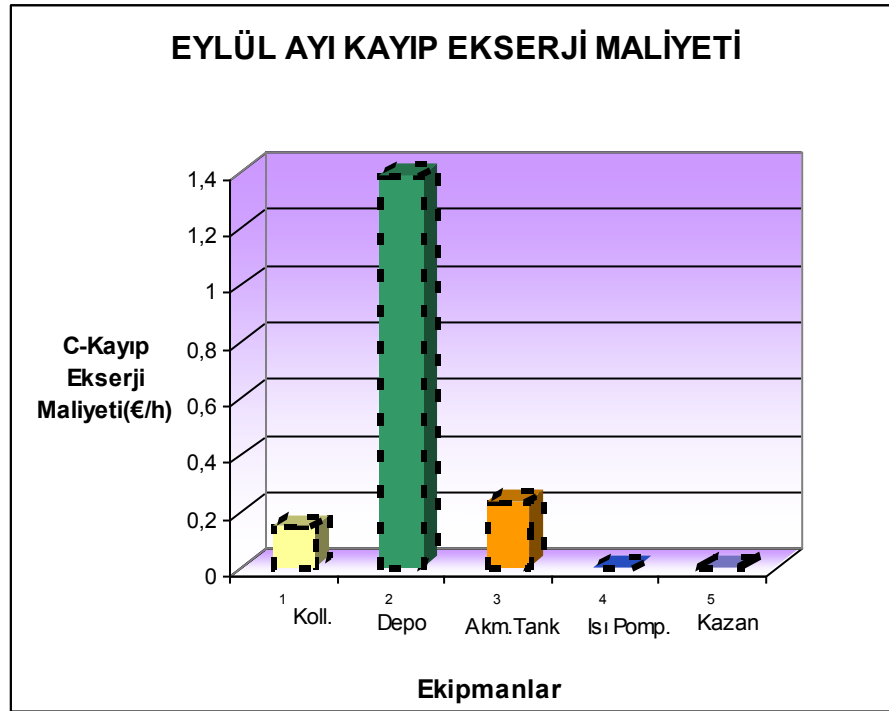
Şekil 15.37 Sistemde kullanılan ekipmanların haziran ayı için kayıp ekserji maliyetleri



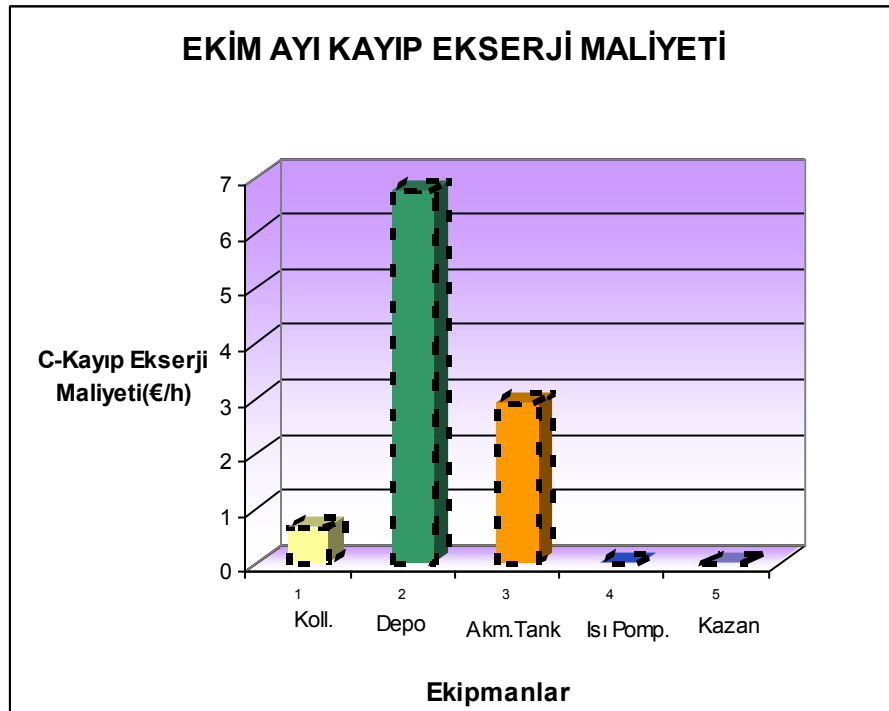
Şekil 15.38 Sistemde kullanılan ekipmanların temmuz ayı için kayıp ekserji maliyetleri



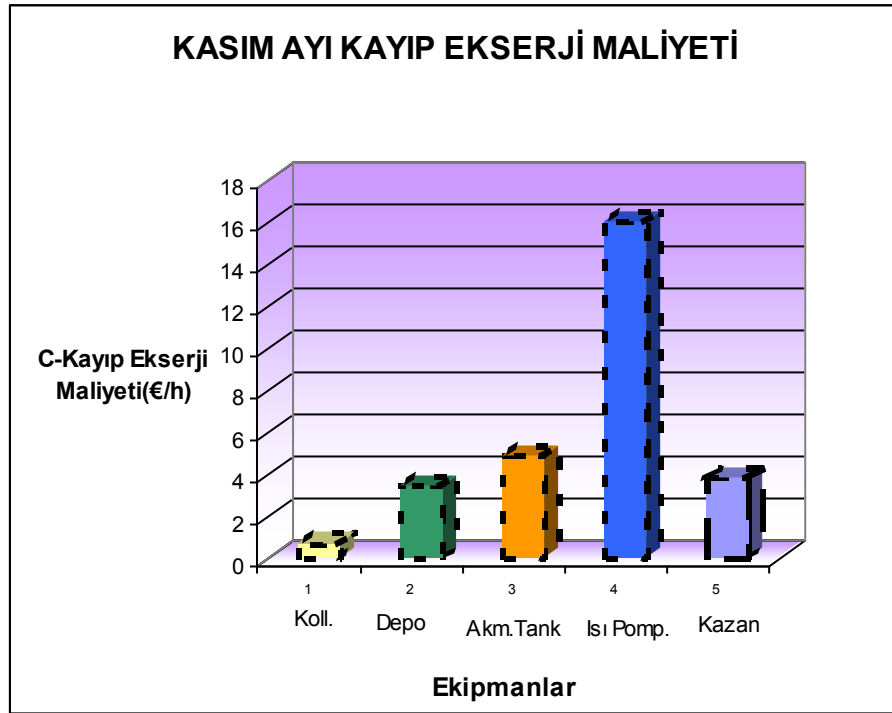
Şekil 15.39 Sistemde kullanılan ekipmanların ağustos ayı için kayıp ekserji maliyetleri



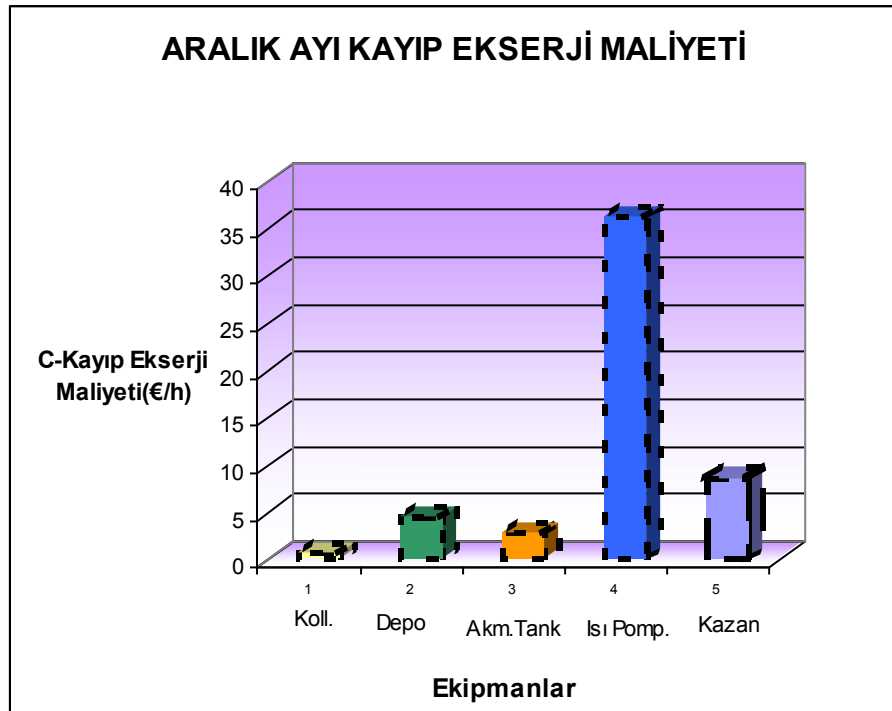
Şekil 15.40 Sistemde kullanılan ekipmanların eylül ayı için kayıp ekserji maliyetleri



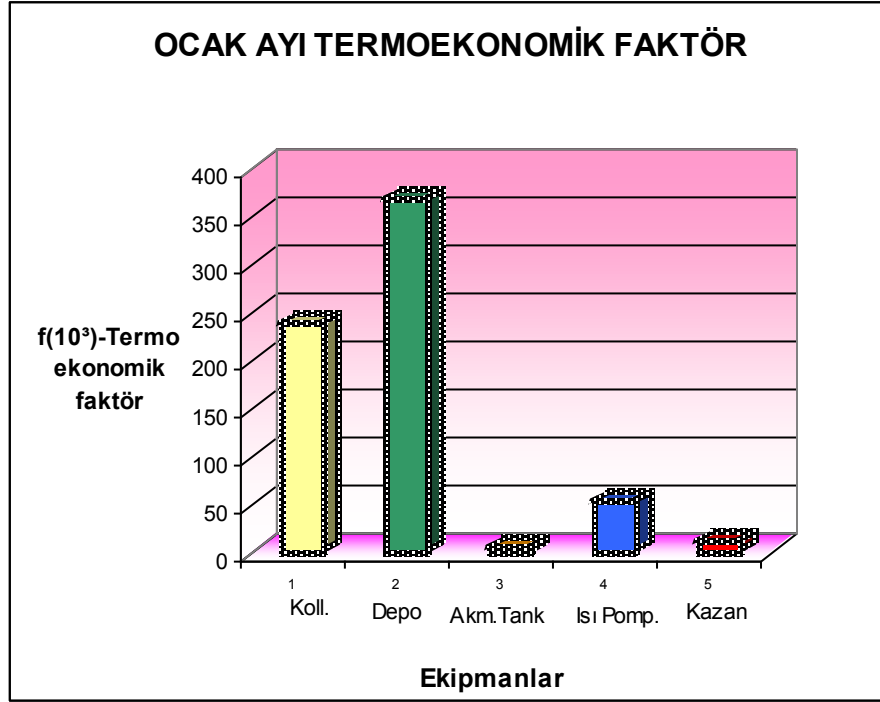
Şekil 15.41 Sistemde kullanılan ekipmanların ekim ayı için kayıp ekserji maliyetleri



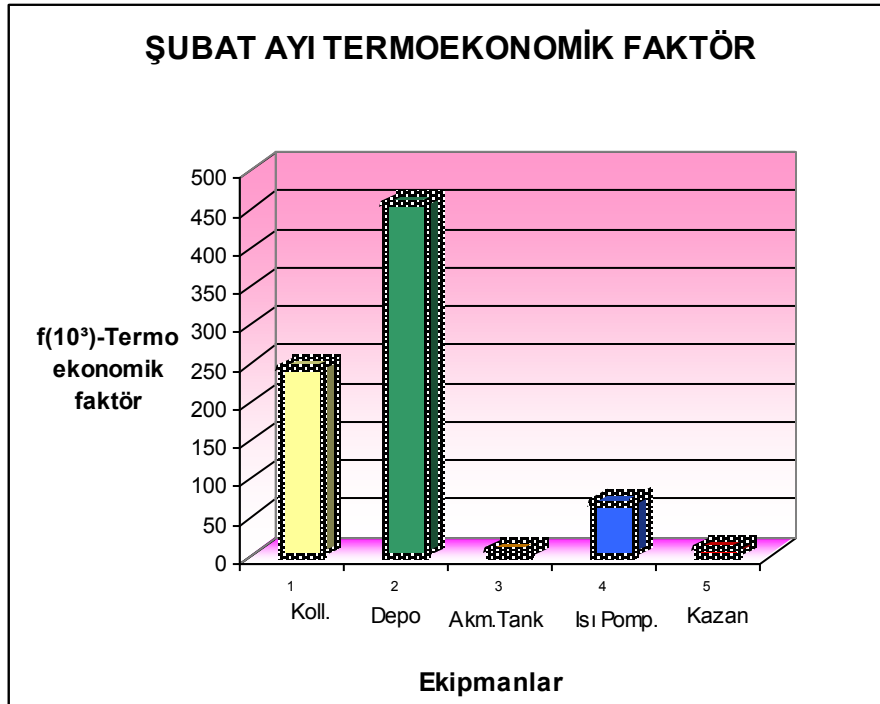
Şekil 15.42 Sistemde kullanılan ekipmanların kasım ayı için kayıp ekserji maliyetleri



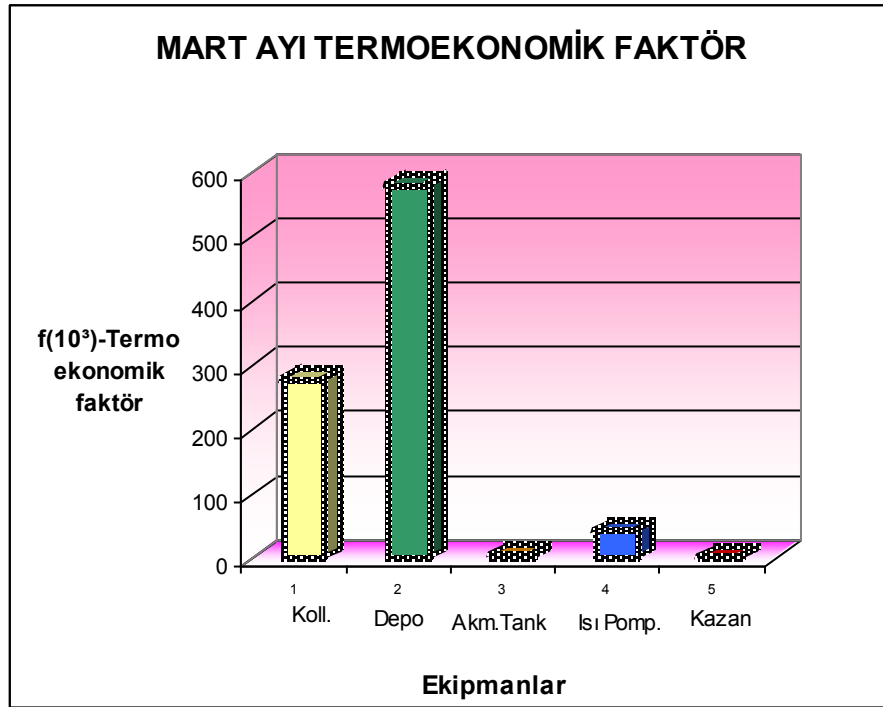
Şekil 15.43 Sistemde kullanılan ekipmanların aralık ayı için kayıp ekserji maliyetleri



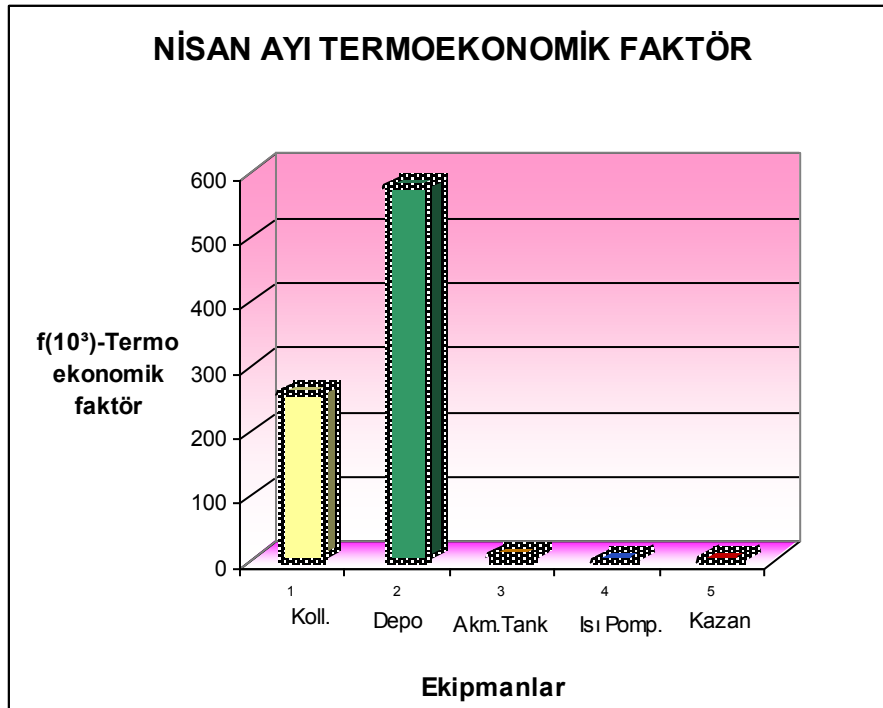
Şekil 15.44 Sistemde kullanılan ekipmanların ocak ayı için termoekonomik faktörleri



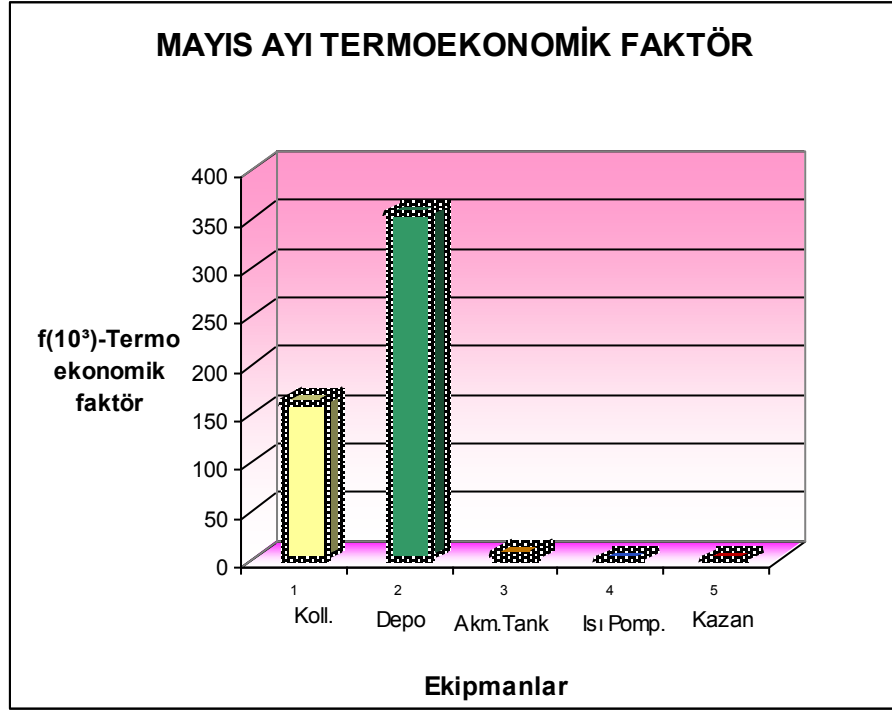
Şekil 15.45 Sistemde kullanılan ekipmanların şubat ayı için termoekonomik faktörleri



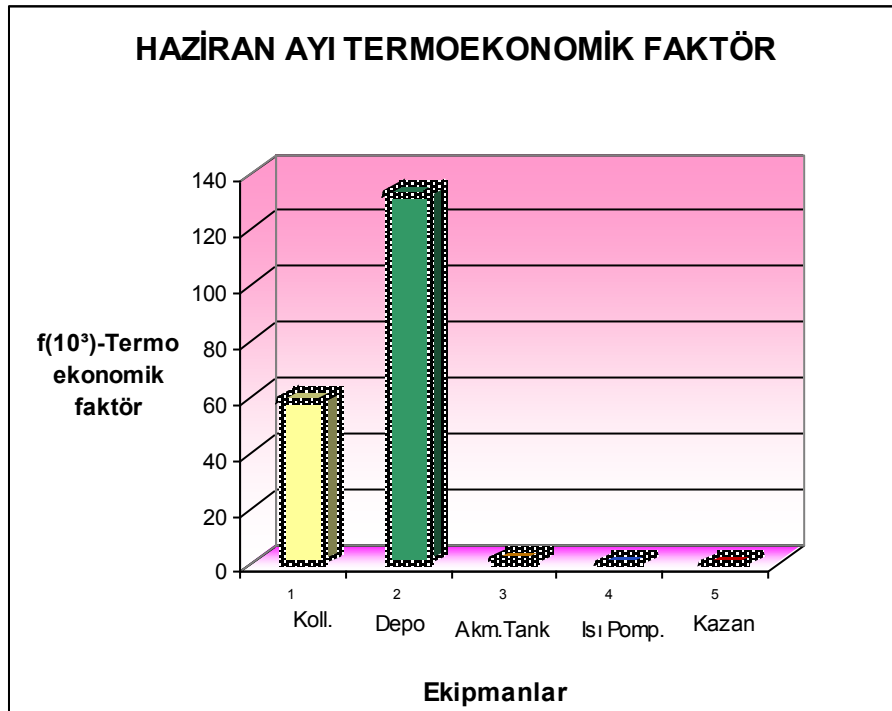
Şekil 15.46 Sistemde kullanılan ekipmanların mart ayı için termoekonomik faktörleri



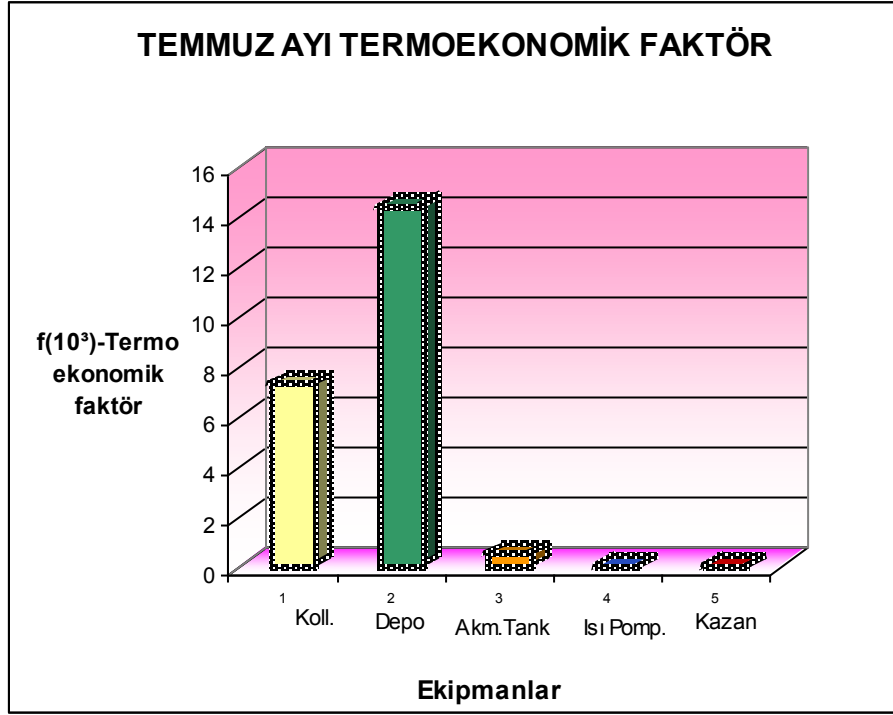
Şekil 15.47 Sistemde kullanılan ekipmanların nisan ayı için termoekonomik faktörleri



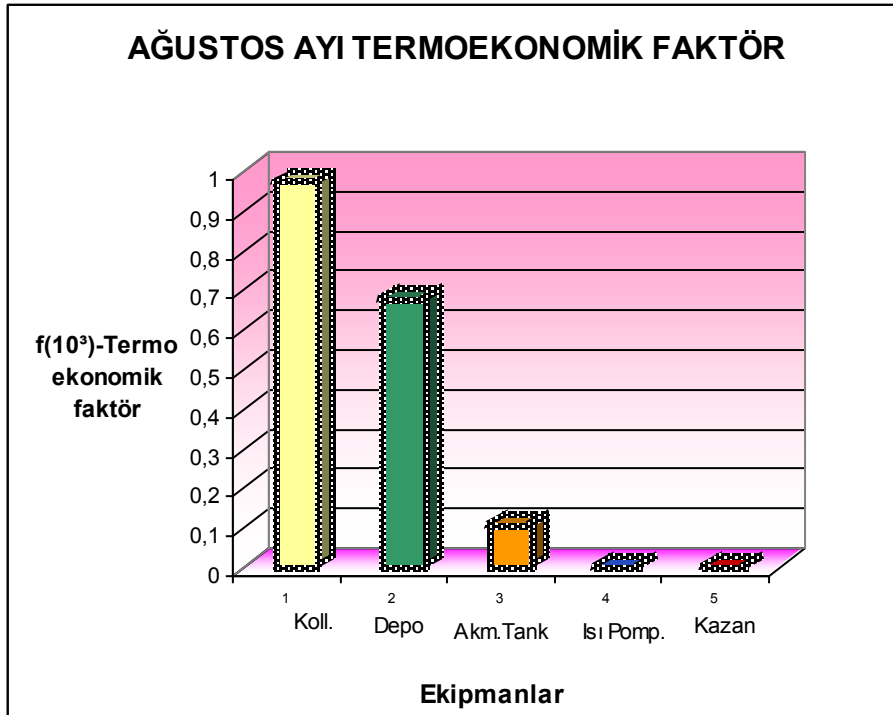
Şekil 15.48 Sistemde kullanılan ekipmanların mayıs ayı için termoekonomik faktörleri



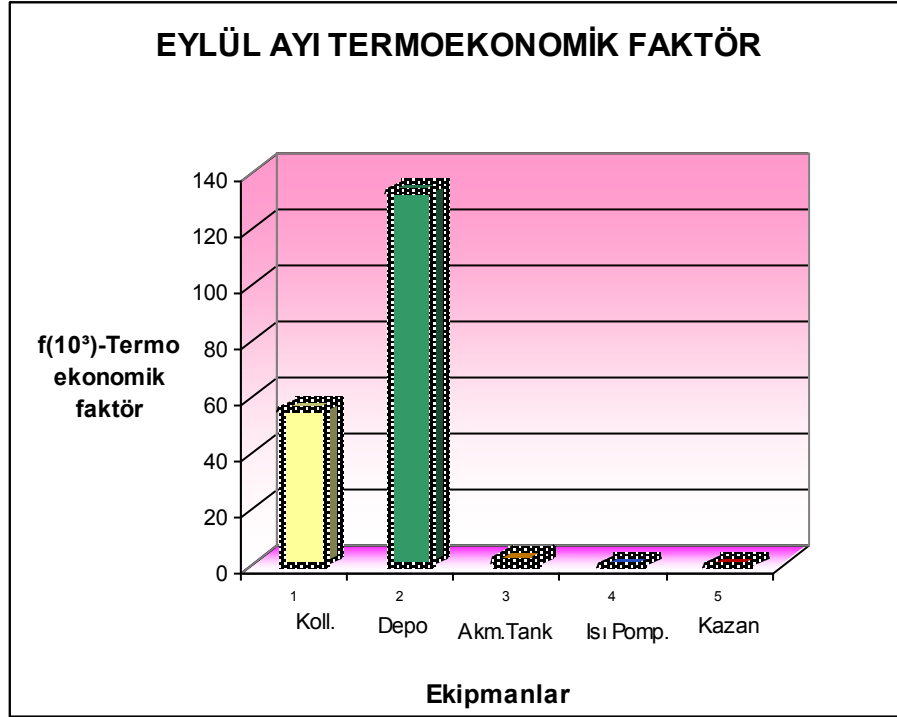
Şekil 15.49 Sistemde kullanılan ekipmanların haziran ayı için termoekonomik faktörleri



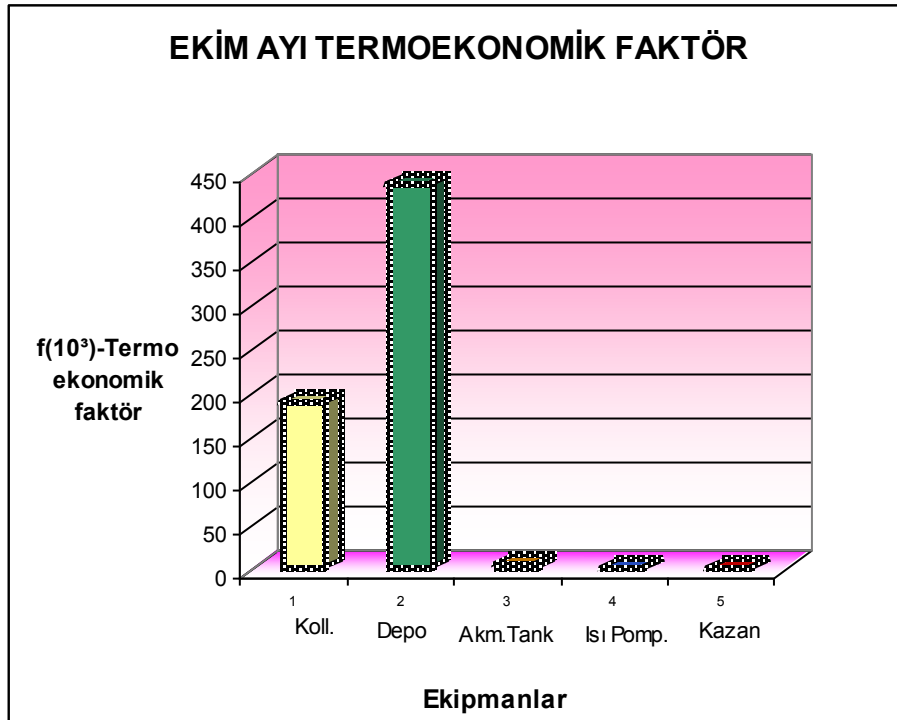
Şekil 15.50 Sistemde kullanılan ekipmanların temmuz ayı için termoekonomik faktörleri



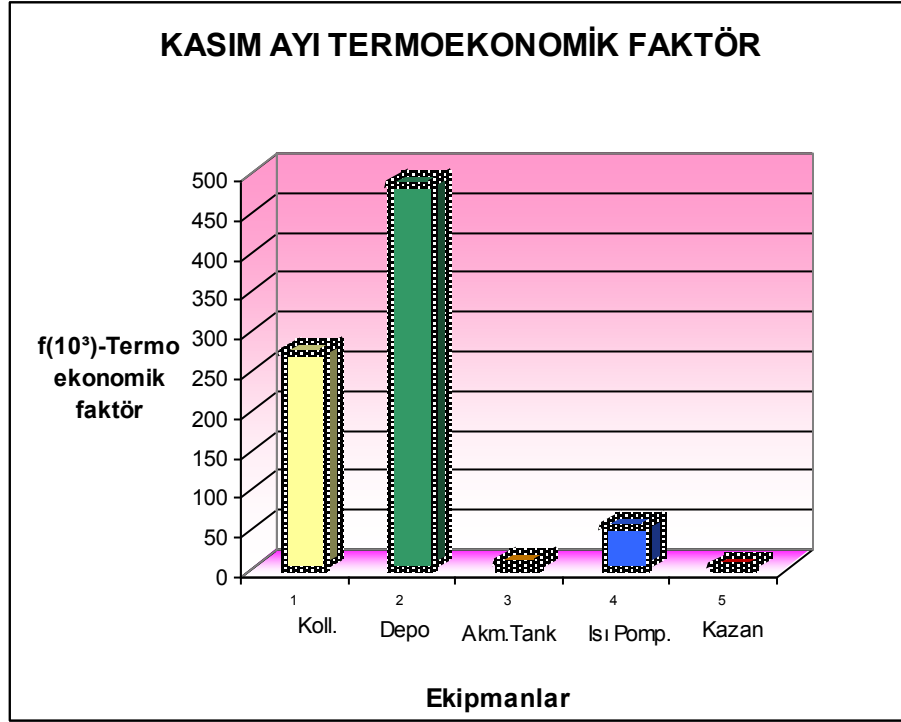
Şekil 15.51 Sistemde kullanılan ekipmanların ağustos ayı için termoekonomik faktörleri



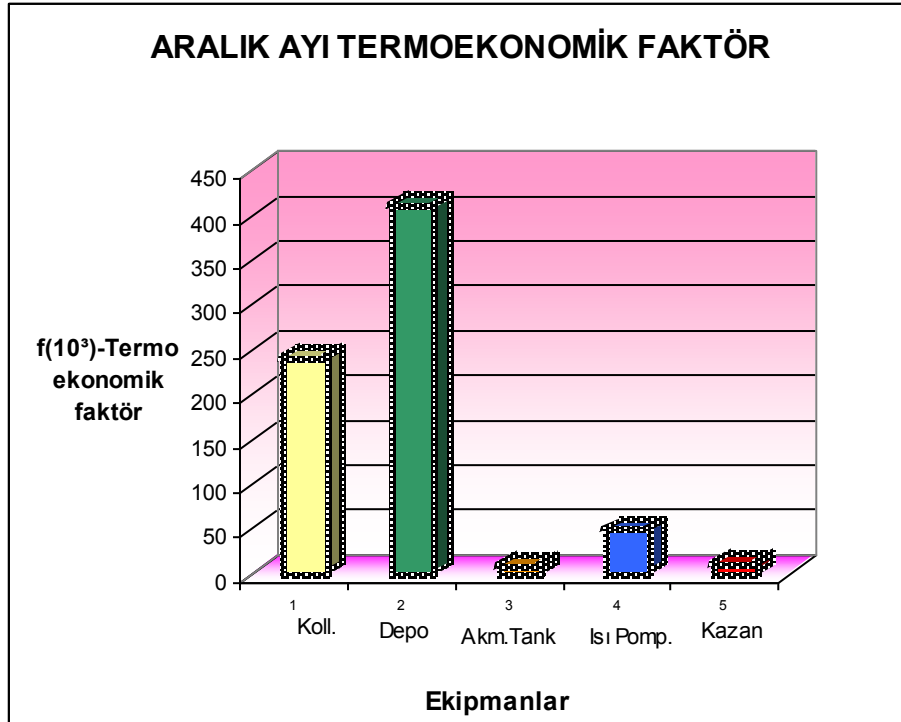
Şekil 15.52 Sistemde kullanılan ekipmanların eylül ayı için termoekonomik faktörleri



Şekil 15.53 Sistemde kullanılan ekipmanların ekim ayı için termoekonomik faktörleri



Şekil 15.54 Sistemde kullanılan ekipmanların kasım ayı için termoekonomik faktörleri



Şekil 15.55 Sistemde kullanılan ekipmanların aralık ayı için termoekonomik faktörleri

16. SONUÇ

Bu çalışmada güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası destekli ısıtma sisteminin performans incelemesi yapılmıştır. Yıl boyunca güneş enerjisinin kullanılabilirliği incelenmiştir. Güneş enerjisinin sistem tarafından ne kadar etkili kullanıldığını araştırmak için enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Analizler nümerik yöntemle çözülmüş olup, çözüm için bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Enerji ve ekserji analizleri birbirini tamamlar. Enerji kayıplarının önüne geçilmeye çalışılırken, sistem aynı zamanda ekserjiekonomik yönden de incelenip yorumlanmalıdır.

Enerji ve ekserji analizi için model bir program geliştirilmiş olup, programa analiz yapılmak istenen ilin meteorolojik bilgileri “ilgili ilin saatlik dış sıcaklık değerleri ve saatlik güneşten gelen radyasyon miktarları” girildiği takdirde program saatlik ve buradan da yıllık tüm sonuç değerleri otomatik olarak hesaplamaktadır. Bu şekilde programa dünyanın herhangi bir yerinin meteorolojik bilgileri girilerek bahsi geçen bölgedeki sistemin uygunluğu araştırılabilir. Yalnız uygulama yapılan binanın mimarisinin değiştirilmesi durumunda saatlik dış sıcaklık değerine göre ısı kaybı hesabı formülünün yeni bina için tekrar oluşturularak programa girilmesi gerekmektedir.

Programda ekserji analizinde kullanılan bir takım veriler enerji analizinden otomatik olarak alınmaktadır. Bu yüzden programın enerji analizi kısmında herhangi bir değişiklik yapılması durumunda ekserji analizi de bu doğrultuda otomatik olarak değişmektedir. Bu şekilde sistemin termodinamik ve termoeekonomik hesapları otomatik olarak yapılabilmekte diğer ekipmanlarla ilişkileri, sonuçları ve grafikleri otomatik olarak program tarafından oluşturulabilmektedir. Bu şekilde sistemin ve sistemde bulunan her ekipmanın kullanılabilirliği hakkında yorum yapılabilir.

Çalışmada Antalya ili için sistemin uygunluğu araştırılmıştır. Bunun için de sistemin termodinamik ve termoeekonomik analizleri yapılmıştır.

Uygulamada yapılmış olan enerji analizi sonucunda görünen odur ki bu sistemin kullanılması ile ciddi miktarda yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Ancak sistemde tüketilen elektrik enerjisi miktarında artış olmaktadır. Sistemin ilk yatırım maliyetlerinin de fazla olduğu göz önüne alındığında, sistem bugünkü koşullarda elverişli olmamaktadır. Çeşitli analiz yöntemleri ile enerji analizi yapılmış fakat sonuç olarak bugünün şartlarında uygun olmadığı ortaya çıkmıştır.

Çizelge 7.8 ve Çizelge 7.9’da enerji analizi ile ilgili program tarafından oluşturulan sonuç

tabloları görülmektedir.

Ancak dünyada yakıt rezervlerinin her gün çok hızlı bir şekilde azaldığı, buna karşın yakıt fiyatlarının gün geçtikçe hızlı bir şekilde arttığı, bu yakıtların birleşimdeki gazların çevreye verdiği zararlar göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesi ve bu doğrultuda çalışmaların devam etmesi daha doğru olacaktır. Bu sistemlerin kullanımlarının yaygınlaşması ilk yatırım maliyetlerinin düşmesine de vesile olacaktır. İlk yatırım maliyetlerinin düşmesi buna karşın yakıt fiyatlarının yükselmesi bu sistemlerin uygunluğunun artmasını sağlayacaktır.

Son yıllarda enerji kaynaklarındaki değişimler incelendiğinde görünen odur ki yakıt rezervleri her geçen gün azalmaktadır. Buna karşın yakıt ve elektrik fiyatları ise gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle yakıt fiyatları, yakıt rezervlerin kısıtlı olmasından dolayı ileriki yıllarda katlanarak artmaya devam edecektir. Yakıt fiyatlarında belli bir değerin üzerine çıkıldığı zaman sistem artıya geçmeye başlayacaktır. Bunun için ileriye yönelik bir analiz çalışması yapılmış ve buradan her geçen sene sistemin uygunluğunun artacağı yönünde bir sonuç ortaya çıkmıştır.

Ekserji analizi her ekipman için ayrı ayrı değişken çalışma rejimlerinde saatlik olarak yapılmıştır.

Ekserji analizi sonucunda da görünen tüm ekipmanlar için sistem düşük sıcaklık çalışma rejimlerinde ekserji kaybı düşük, yüksek sıcaklık çalışma rejimlerinde ekserji kaybı yüksek olmaktadır. Yani çalışma rejim sıcaklığı arttıkça ekserji kaybı artış göstermektedir. Bu yüzden ekserji kaybını düşürmek için sistemi düşük sıcaklık rejimlerinde çalıştırmak daha uygun olacaktır.

Şekil 15.1, 15.4, 15.7, 15.10, 15.13, 15.16'da ekserji kaybı ile ilgili program tarafından oluşturulan sonuç grafikleri görülmektedir.

Sistemde soğuk olan aylarda ekserji kayıpları daha yüksek çıkmaktadır. Isı kaybı arttıkça ekserji kaybı da artış göstermektedir. Nisbeten daha sıcak aylarda ekserji kayıpları düşmekte yaz aylarında ise oldukça azalmaktadır. Sistemde yıllık ortalama olarak en çok ekserji kaybının olduğu yer küresel su deposudur. Depo içinde suyu depoladığımız için deponun kendi ekserjisi yüksek çıkmaktadır. Bunu kazan ve güneş kollektörü takip etmektedir. Güneş kollektörü yıl boyu hem akümülayon tankını hemde depoyu beslemekte ve yıllık ekserji kaybı yüksek olmaktadır. Kazan ısı kaybının en fazla olduğu zamanlarda devreye girmektedir bu yüzden kazanda da ekserji kaybı yüksek çıkmaktadır. Yıllık ortalama olarak kazan

sisteminde de kollektörde olduğu kadar yüksek ekserji kaybı çıkmaktadır. Kazandan atılan baca gazlarının sıcaklığının olabildiğince düşük seviyede tutulması ve düşük kimyasal ekserjili baca gazı için yanmanın iyi gerçekleştirilebilmesi hem kazan sisteminin ekserji kaybı miktarını hemde çevreyi olumlu yönde etkiler. Sistemde yıllık ortalama olarak en düşük ekserji kaybını ise ısı pompası ve akümülayon tankı sağlamaktadır. Genel olarak tüm ekipmanlarda yaz aylarında ekserji kaybı çok düşük çıkmaktadır. Kış aylarında ise ekserji kayıpları artmaktadır.

Isıtma sezonu boyunca ortalama olarak ekserji kaybı yüzünden kollektörde 1050€, depoda 9344€, akümülayon tankında 4633€, ısı pompasında 11529€ ve kazanda 2820€ boşa harcanmaktadır. Tesisin toplam ortalama ekserji kaybı 20 kw olmaktadır. Bu kaybın senelik maliyeti ise 293755€ olmaktadır. Çıkan sonuçlardan da görüldüğü gibi sistemin ekserji kayıplarının maliyetleri hiçde küçümsenecek ölçüde değildir. Enerji maliyetlerinin gün geçtikçe arttığı günümüz koşullarında ekserji maliyetlerinin de göz önüne alınması gerekmektedir.

Sistem ekipmanlarından herhangi biri için hesaplanan ekserjiekonomik faktörün küçük bir değerde olması ilgili elemanın veriminin artırılması ile elemanın ilk yatırım maliyeti yükselse bile bütün sistemde para tasarrufu yapılabileceğinin (ekserji yokolumunu azaltarak) mümkün olacağına ifade eder. Öbür taraftan ekserjiekonomik faktörün büyük değerde olması elemanın ilk yatırım maliyetinin ekserjik verimliliğine göre fazla olduğunu ifade eder. Ekserjiekonomik faktörün tipik değerleri eleman tipine göre farklılık gösterir. Örneğin, ısı değıştirgeçleri için %55, kompresörler ve türbinler için %35 ile %75 arası ve pompalar için %70 gibi. (Bejan, Tsatsaronis ve Moran, 1995) Bu tanımlamaya göre bakacak olursak, sistemde güneş kollektörü için hesaplanan termoeekonomik faktörler %30'un altında, depo için %60'ın altında, ısı pompası, akümülayon tankı ve kazan için %7'nin altındadır. Görünen odur ki sistemde yüksek termoeekonomik faktör değeri çıkmamaktadır. Sistemde en yüksek termoeekonomik faktör olarak hesaplanan ekipman küresel su deposudur. Ancak bu durum bu ekipmanın yatırım maliyetini düşürmeyi gerektirecek ölçüde değildir. Buna karşın güneş kollektörü, akümülayon tankı, ısı pompası ve kazanın termoeekonomik faktörleri çok düşük çıkmaktadır. Termoeekonomik faktörün yükseltilebilmesi için ekserji kaybını veya birim maliyeti düşürmek gerekir.

Sistemde soğuk olan aylarda termoeekonomik faktörler daha yüksek çıkmaktadır. Isı kaybı arttıkça termoeekonomik faktör artış göstermektedir.

Şekil 15.3, 15.6, 15.9, 15.12, 15.15, 15.18'de termoeekonomik faktör ile ilgili program

tarafından oluşturulan sonuç grafikleri görülmektedir. Şekil 15.44, 15.45, 15.46, 15.47, 15.48, 15.49, 15.50, 15.51, 15.52, 15.53, 15.54, 15.55’de sistemde kullanılan ekipmanların aylara göre düzenlenmiş termoekonomik faktörlerinin grafikleri görülmektedir.

Sistemde iyileştirmelerin yapılması için ekserji kayıp oranları ve termoekonomik faktörler incelenmelidir. Sistemde en çok kaybolan ekserji oranı depoda gözükmemektedir. Bunu kazan, güneş kollektörü ve ısı pompası takip etmektedir. Dolayısı ile optimizasyon çalışmalarında iyileştirmeye öncelikle depodan başlanmalıdır. Ancak ekipmanın gerçekten iyileştirilip iyileştirilemeyeceği veya ne kadar iyileştirilebileceği araştırılmalıdır. İyileştirilme düşünüldüğü gibi olmuyorsa o zaman diğer sistem elemanlarında iyileştirilmeye gidilmelidir.

Program tarafından oluşturulan ekserji kayıp oranlarını gösteren grafikler şekil 15.2, 15.5, 15.8, 15.11, 15.14, 15.17’de sunulmuştur.

Soğuk olan aylarda birim kütle başına ekserji maliyetleri ve kayıp ekserji maliyetleri daha yüksek, sıcak olan aylarda ise daha düşük çıkmaktadır. Isı kaybı arttıkça kayıp ekserji maliyetlerinin arttığı görülmektedir. Birim kütle başına ekserji maliyetleri en fazla depo ve ısı pompasında, ekserjilik maliyetler ise en fazla depo ve ısı pompasında çıkmaktadır. Depoda ve ısı pompasında üretilen ekserjinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle bu ekipmanların ekserji kayıplarının sistem içinde düşük tutulacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Şekil 15.19, 15.20, 15.21, 15.22, 15.23, 15.29’da program tarafından oluşturulan birim kütle başına ekserji değerlerini gösteren grafikler görülmektedir. Şekil 15.24, 15.25, 15.26, 15.27, 15.28, 15.30’da kayıp ekserji maliyetleri ile ilgili program tarafından oluşturulan sonuç grafikleri görülmektedir.

Program tarafından oluşturulan Çizelge 10.4, 11.4, 12.4, 13.5, 14.7’de her ekipmanın tüm aylar için oluşturulan ekserji kaybı, birim ekserji maliyeti, kayıp ekserji maliyeti, termoekonomik faktör ve kaybolan ekserji oranlarının aylık ortalama değerlerinin bulunduğu tablolar görülmektedir.

Bir değere getirilmiş parasal değerler içinde en yüksek olanı güneş kollektörüdür. Bunu ısı pompası takip etmektedir. Kazan, depo ve akümülayon tankının Z değerleri ise diğer ekipmanlara göre nisbeten düşük çıkmaktadır.

Şekil 15.31’de sistemde kullanılan ekipmanların bir değere getirilmiş parasal değerlerinin program tarafından oluşturulan grafikleri görülmektedir.

Ekserji hesapları saatlik olarak yapılmış olup buradan aylık bazda değerlendirmeye gidilmiştir. Bu yaklaşımın değişmesi analiz değerlerini de büyük ölçüde değiştirecektir. Referans alınan standart çevre şartları da hesapları doğrudan etkilemektedir. Standart çevrenin termodinamik özellikleri ile sistemde kullanılan akışkanların termodinamik özellikleri arasındaki fark azaldıkça ekserji değerleri de azalır. Bu fark arttıkça ekserji değerleri de artar. Ekserji kayıplarının azaltılabilmesi için referans çevre şartına yakın özellikte akışkanlar kullanılarak sistemin tasarlanması gerekir. Bu yaklaşım aynı zamanda enerji tasarrufu sağlar ve bunun yanı sıra çevreye de olumlu etkileri olur.

KAYNAKLAR

Adrian BEJAN, George TSATSARONIS, Michael MORAN; (1996); “Thermal Design and Optimization”

Adrian BEJAN; (1996); “Advanced Engineering Thermodynamics”

Aksel ÖZTÜRK, Abdurrahman KILIÇ, (1987) “Termodinamik Problemleri”

Aksel ÖZTÜRK, Abdurrahman KILIÇ, (1993) “Termodinamik Tablolar ve Diyagramlar”

Arif İLERİ; (1995); “A Discussion on Performance Parameters for Solar Aided Absorption Cooling Systems”

B.J.HUANG/C.P.LEE; (2002); “Long Term Performance of Solar-assisted Heat Pump Water Heater”

B.J.HUANG/J.P.CHYNG; (2001); “Performance Characteristics of Integral Type Solar Assisted Heat Pump”

Chih WU, Lingen CHEN, Fenrui SUN; Shui CHAO; (1996); “Optimal Collector Temperature for Solar Driven Heat Pumps”

Deha ER/Selahattin GÖKTUN; (2000); “Optimum Performance of an Irreversible Solar Driven Cogeneration Heat Pump System”

D.LINDENBERGER; (2000); “Optimization of Solar District Heating Systems; Seasonal Storage, Heat pumps, and Cogeneration”

E.TORRES-REYES/J.CERVANTES DE GORTARI; (2001); Optimal Performance of an Irreversible Solar-Assisted Heat Pump

Galip TEMİR, Duriye BİLGE; (2004) “Thermoeconomic Analysis of a Trigeneration System”

Garanti Yatırım; (2008); “Türkiye Elektrik Enerjisi Piyasası”

H.Z. ABOUZIYAN, M.F. AHMED, M.N. METWALLY, H.M. ABDELHAMEED; (1996); “Solar Assisted R22 and R134a Heat Pump Systems for Low Temperature Applications”

Isısan Çalışmaları; (2003); “Güneş Enerjisi Tesisatı”

J.G.CERVANTES/E.TORRES-REYES; (2002); “Experiments on a Solar Assisted Heat Pump and an Exergy Analysis of the System”

John A. Daffy, William A. Beckman; (...); Solar Energy Thermal Processes

Kamil KAYGUSUZ; (1999); “Experimental Teoratical Investigation of a Solar Heating System with Heat Pump”

Kamil KAYGUSUZ; (1999); “Investigation of a Combined Solar Heat Pump System for Residential Heating”

K.KAYGUSUZ/T.AYHAN; (1998); “Experimental and Teoratical Investigation of Combined Solar Heat Pump System for Residential Heating”

Karl W.BÖER/Gunnar TAMM; (2003); “Solar Conversion under Consideration of Energy and Entrophy”

L.GARCIA RODRIGUEZ/C.GOMEZ CAMACHO; (2000); “Exergy Analysis of the SOL-14 Plant”

Mehmet ESEN; (1999); “Thermal Performance of a Solar Aided Latent Heat Store used for Space Heating by Heat Pump”

M. NAKAIWA; (1997); “Energy Savings in Heat Integrated Distillation Columns”

M. İNANLI, M. ÜNSAL, V. YANYILDIZI; (1996); “A Computational Model of a Domestic Solar Heating System with Underground Spherical Thermal Storage”

M.N.A. HAWLADER, S.K. CHOU, M.Z. ULLAH; (2000); “The Performance of a Solar Assisted Heat Pump Water Heating System”

M.J. MORAN, H.N.SHAPIRO; (2000); “Fundamentals of Engineering Thermodynamics”

N.ROBINS, C. SINGH, R.PADAMADAN, R.CLOVER; (2008); “Alternative Energy HSBC Report”

P.C.HENDERSON; (2000); “An Economic and Technical Case for a Compressor/Expander Unit for Heat Pumps”

Petrol-Petrol Sanayi Derneği; (2005); “2005 Yılı Akaryakıt Raporu”

Prof. Dr. Ahmet Rasim BÜYÜKTÜR; (1992); “Termodinamik / Termodinamiğin Temel Yasaları”

Prof. Dr. Müh. Ernst-Rudolf Schramek; (1998); Recknagel

R.YUMRUTAŞ/M.ÜNSAL; (1999); “Analysis of Solar Aided Heat Pump Systems with Seasonal Thermal Energy Storage in Surface Tanks”

S.K.CHATURVEDI/D.T.CHEN/A.KHEIREDDINE; (1996); “Thermal Performance of a

Variable Capacity Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump”

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü; (2006); “Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2006-2015)”

Viessmann Çalışmaları; (2005); “Güneş enerjisi Sistemleri” “Isı pompası”

Viorel BADESCU; (2001); “First and Second Law Analysis of a Solar Assisted Heat Pump Based Heating Systems”

Viorel BADESCU(Research Trends); (2001); “First and Second Law Analysis of a Solar Assisted Heat Pump Based Heating Systems”

Viorel BADESCU; (2001); “Model of a Solar Assisted Heat Pump System for Space Heating Integrating a Thermal Energy Storage Unit”

W.AZİZ; (1999); “Thermodynamic Analysis of Two Component, Two Phase Flow in Solar Collectors with Application to a Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump”

Worldbank Report; (2003); “Turkey Energy&Environment Review Synthesis Report”

Yuehong BI/Tingwei GUO/Liang ZHANG/L.CHEN; (2003); “Solar and Ground Source Heat Pump System”

Y.H.KUANG; (2003); “Experimental Study on Solar Assisted Heat Pump System for Heat Supply/Study on a Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump Water Heating”

Y.H.KUANG/R.Z.WANG/L.Q.YU; (2002); “Experimental Study on Solar Assisted Heat Pump System for Heat Supply”

Yunus A. ÇENGEL, Michael A. BODES; (1996); Çeviri: Prof. Dr. Taner DERBENTLİ; “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik”

İnternet Kaynakları

[1]www.fbe.yildiz.edu.tr

[2]www.sciencedirect.com

[3]www.engineeringvillage.com

[4]www. interscience.com

[5]www.elsevier.com

[6]www.webofscience.com

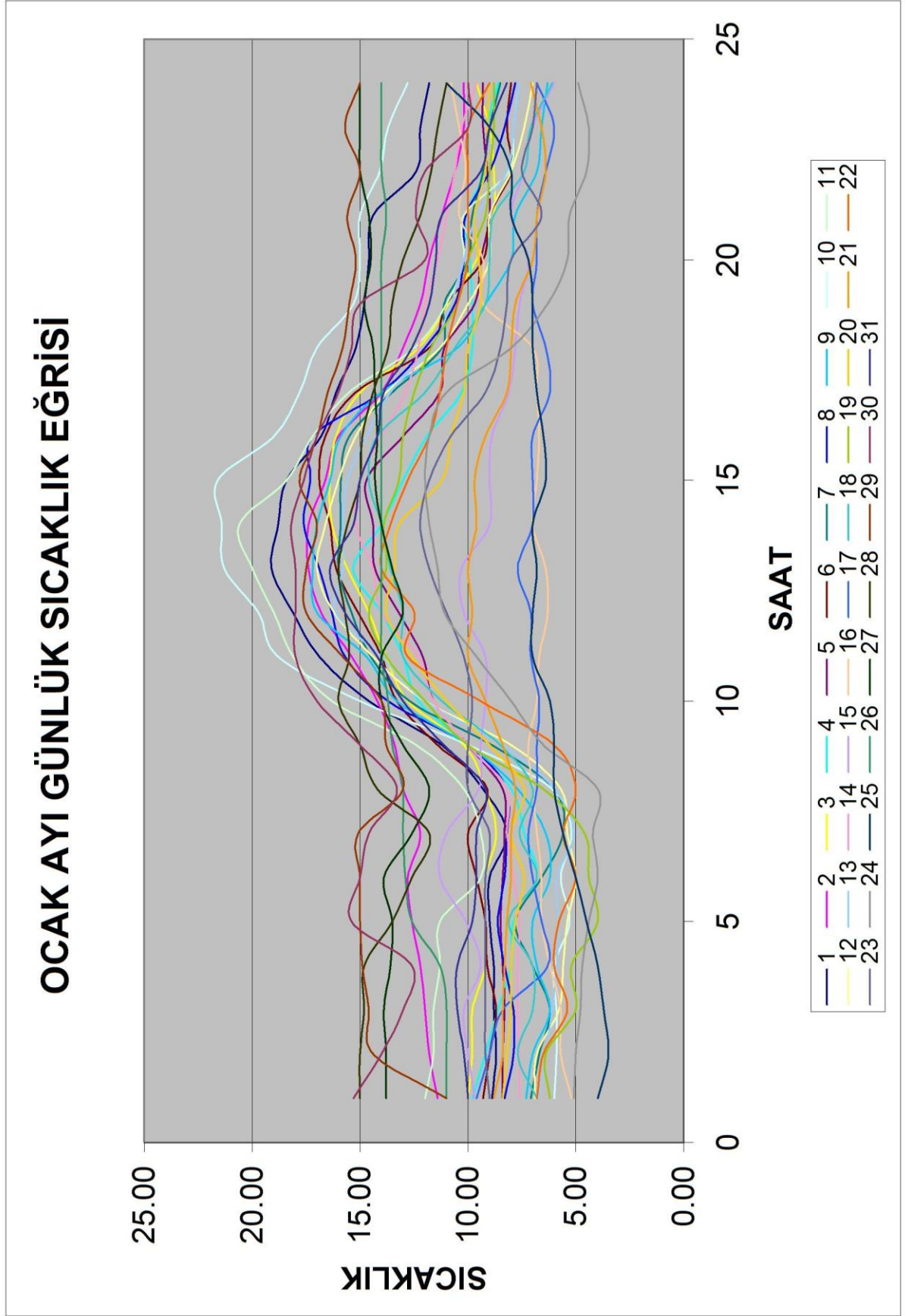
Ek 1 Antalya İli Yıl Boyu Saatlik Sıcaklıkları ve Sıcaklık Eğrileri

İSTASYONADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : OCAK

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	8,90	8,70	8,80	8,80	9,00	9,00	8,20	9,30	11,20	14,60	16,90	18,10	19,10	18,80	18,40	16,80	16,10	15,20	14,80	14,60	14,40	12,40	12,20	11,80
2	11,40	11,80	12,00	12,20	12,60	12,80	12,20	13,00	13,40	14,20	15,40	16,60	17,40	17,40	16,60	16,00	14,00	13,00	12,20	11,80	11,20	10,60	10,20	10,20
3	10,00	9,80	9,80	9,20	9,20	9,20	8,70	9,20	10,20	12,80	13,80	14,60	15,60	16,30	16,40	16,10	15,00	12,30	10,90	9,60	8,80	8,80	9,00	9,60
4	9,80	9,20	8,60	8,00	7,90	6,80	7,40	8,00	10,00	12,30	13,00	14,00	15,30	14,00	13,00	11,90	10,30	9,80	9,80	9,90	10,10	9,20	9,10	8,60
5	8,40	8,40	8,30	8,40	8,50	8,40	8,30	8,40	10,00	11,60	12,10	13,20	14,30	14,40	14,70	13,00	11,30	11,10	9,70	9,40	9,00	9,10	9,30	9,30
6	9,30	9,00	8,70	9,10	9,20	9,60	10,00	9,10	11,40	13,30	14,00	15,10	16,10	16,40	16,90	16,60	15,20	11,80	11,00	9,30	9,00	8,00	8,20	8,00
7	7,10	6,70	6,20	7,00	7,80	6,60	5,60	6,00	8,90	12,70	14,50	15,40	16,00	15,90	15,90	15,50	13,50	11,20	11,10	10,00	9,80	9,30	9,00	8,50
8	8,30	7,90	7,90	8,30	8,60	8,30	8,20	8,20	10,00	13,70	15,70	16,30	16,90	17,60	17,30	17,20	14,00	12,00	10,60	10,20	10,10	9,00	8,30	7,80
9	7,30	7,00	6,20	6,80	7,00	6,20	6,40	7,70	10,00	13,30	14,70	17,00	17,20	17,00	16,40	15,90	14,00	10,50	9,20	8,00	7,80	6,80	6,60	6,30
10	6,00	5,90	5,90	6,00	5,30	5,70	5,20	6,10	10,00	15,00	18,80	19,70	21,30	21,40	21,60	19,00	17,80	17,00	15,30	15,00	15,00	14,10	13,70	12,80
11	12,00	11,60	11,60	11,30	11,30	9,40	9,40	10,20	12,40	16,30	18,10	19,00	20,00	20,60	18,40	17,20	15,50	12,50	11,00	10,20	10,20	8,10	7,90	7,60
12	6,90	6,80	5,80	5,60	5,40	5,00	5,40	5,70	8,00	12,00	14,40	16,20	17,00	16,60	16,00	15,20	13,80	11,30	10,00	9,00	8,00	7,40	7,00	7,00
13	6,70	6,40	6,10	5,90	5,80	5,90	5,10	6,00	8,40	12,00	14,00	16,10	15,80	15,80	15,60	14,70	13,60	11,70	10,80	10,20	9,60	8,20	7,90	7,60
14	7,60	7,60	7,70	7,70	7,60	7,90	8,20	8,20	10,00	11,60	12,30	14,00	14,40	15,20	15,00	14,00	12,90	12,30	12,00	11,40	11,00	10,60	10,30	9,60
15	9,70	10,00	10,20	9,40	10,10	11,30	11,00	9,50	9,40	9,20	9,20	10,20	10,30	9,00	9,00	8,90	8,10	7,80	7,60	7,20	8,00	7,40	7,00	6,00
16	5,20	5,70	5,70	6,20	6,60	6,60	6,80	7,00	7,20	6,80	6,70	6,30	6,40	7,00	6,80	6,70	6,80	7,00	9,30	9,30	10,40	10,10	10,40	10,80
17	9,60	9,00	8,40	6,30	6,60	7,00	7,20	6,80	6,80	6,70	7,10	7,10	7,70	7,00	7,00	7,00	6,20	6,40	7,00	6,80	6,80	6,40	6,00	6,80
18	6,80	7,70	7,00	7,00	8,10	6,80	7,60	7,00	8,50	11,20	13,00	13,00	13,60	14,00	14,60	14,20	12,00	10,60	9,20	9,00	8,80	7,40	7,10	6,10
19	6,20	6,40	5,00	5,20	4,00	4,40	4,60	6,50	10,00	12,00	13,80	14,60	13,80	13,90	13,20	13,00	12,50	10,70	10,50	10,00	9,20	9,00	8,80	8,80
20	8,40	8,20	8,00	8,00	7,80	7,40	8,00	7,40	9,00	11,00	12,60	13,60	13,40	13,20	11,20	10,80	10,20	10,00	9,40	9,50	9,70	9,20	9,10	9,00
21	8,80	8,40	8,40	8,30	8,20	8,00	8,00	7,80	8,40	9,20	10,00	9,80	10,00	9,60	9,70	9,20	8,20	8,00	7,80	7,00	6,80	6,40	6,60	7,10
22	6,80	6,50	5,40	6,00	5,80	5,00	5,60	5,00	6,00	9,40	12,80	12,50	14,00	13,60	12,80	11,80	11,30	11,00	10,50	10,00	10,00	10,00	10,00	9,00
23	9,00	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,00	10,00	10,00	9,80	10,20	11,00	11,80	12,20	11,80	10,80	9,20	8,50	8,20	8,00	6,60	7,50	7,00	6,80
24	5,10	5,00	4,80	4,70	4,40	4,00	4,20	4,00	6,50	8,00	9,60	11,10	11,40	11,80	12,00	11,80	11,00	8,00	6,30	5,40	5,30	4,50	4,40	4,90
25	4,00	3,50	3,70	4,00	4,50	5,00	5,60	6,00	6,00	6,20	7,00	7,00	6,80	7,00	6,40	6,50	6,80	7,00	7,00	7,20	8,00	8,00	9,00	11,00
26	11,00	11,00	11,00	11,30	12,60	12,90	13,00	13,00	13,50	13,70	14,00	14,00	14,00	14,00	14,30	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	13,80	14,00	14,00	14,00
27	13,80	13,80	13,90	13,60	13,50	13,90	12,60	11,80	13,00	14,00	14,00	13,00	13,50	14,00	14,30	14,20	14,30	14,40	14,80	14,50	14,60	15,00	15,00	15,00
28	15,00	15,00	14,80	14,80	13,50	12,60	11,80	14,20	15,00	16,00	15,50	15,70	16,00	15,60	15,00	14,90	14,40	13,70	13,50	13,00	12,20	11,70	11,40	11,00
29	11,00	14,40	14,60	14,90	15,00	15,00	15,10	13,00	13,80	14,00	15,80	17,50	17,50	17,00	17,80	17,00	16,50	15,80	15,50	15,20	15,60	15,00	15,70	15,00
30	15,30	14,00	13,00	12,60	15,40	15,00	14,60	13,30	15,00	17,00	18,00	18,00	18,00	18,20	17,60	17,00	16,00	15,40	15,00	12,00	12,40	12,00	10,00	10,00
31	10,00	10,20	10,50	10,50	9,80	9,60	9,60	9,20	11,10	13,00	14,20	15,70	16,40	15,30	15,00	14,20	13,90	12,60	11,80	11,50	11,20	9,40	9,00	8,20

Ek 1.1 - Ocak ayı saatlik sıcaklık tablosu



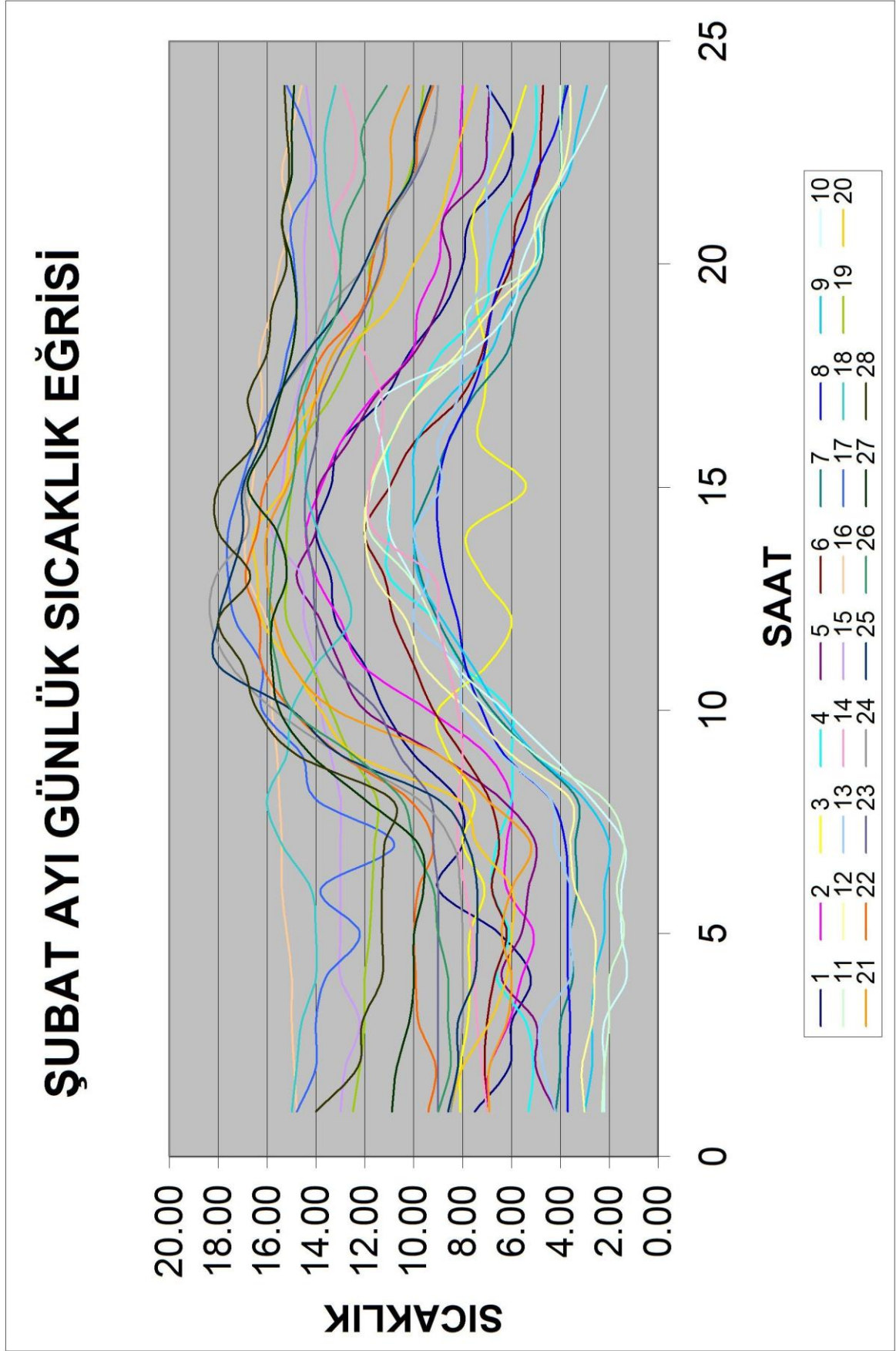
Ek 1.2 - Ocak ayı günlük sıcaklık eğrileri

İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : ŞUBAT

SAATLİK SICAKLIK

SAAT	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
GÜN	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1	7.50	6.10	6.00	5.20	6.50	9.00	8.00	8.20	10.00	11.20	12.00	13.20	13.40	14.00	13.40	13.00	11.20	10.20	8.80	8.00	7.70	6.20	6.00	7.00
2	7.00	6.90	6.10	5.60	5.10	6.20	6.20	6.00	7.00	9.40	12.10	13.00	14.00	14.40	13.80	13.00	11.70	10.10	9.80	9.00	8.80	8.10	8.10	8.00
3	8.10	8.10	7.80	7.70	7.70	7.10	8.00	7.50	8.60	9.00	7.00	6.00	7.20	7.80	5.40	7.30	7.10	7.00	7.40	7.40	7.60	6.80	6.00	5.40
4	5.30	5.10	5.40	6.60	6.10	6.80	6.60	6.00	6.00	6.10	8.00	9.10	11.00	11.00	11.00	11.00	10.00	8.90	7.10	6.90	6.40	5.50	5.00	5.00
5	4.20	5.00	5.00	6.40	5.60	5.30	5.00	6.40	9.00	12.00	13.00	13.80	14.80	14.00	13.90	12.70	11.60	10.00	9.00	8.50	8.80	7.20	7.00	6.90
6	7.00	7.10	7.00	6.70	6.20	6.80	6.50	6.90	8.00	9.20	10.00	10.80	11.20	12.00	11.00	10.00	8.10	7.20	6.80	6.00	5.80	4.90	4.80	4.70
7	4.20	4.00	4.00	3.50	3.60	3.30	3.40	3.30	5.10	6.80	8.00	9.00	9.70	10.00	9.30	8.60	7.60	6.20	5.70	4.80	4.60	4.00	4.00	3.80
8	3.70	3.70	3.60	3.70	3.70	3.70	3.80	4.40	6.30	7.20	7.90	8.20	8.70	9.00	9.00	8.60	7.70	7.10	6.80	6.20	5.40	5.00	4.20	3.70
9	3.00	2.70	2.70	2.60	2.20	2.20	2.00	3.00	5.00	6.50	7.60	8.80	9.80	10.00	10.00	9.90	8.60	6.90	6.20	5.00	4.80	3.70	3.30	2.90
10	2.20	2.20	2.20	1.30	1.50	1.50	1.40	2.70	4.40	6.30	8.30	9.20	10.10	11.00	11.00	11.30	11.30	7.80	6.00	5.60	4.80	3.90	2.90	2.10
11	2.30	2.20	2.00	2.00	1.40	1.70	1.40	2.20	5.00	7.00	8.40	9.20	10.20	11.80	11.70	11.00	10.00	8.00	7.70	5.00	4.80	4.00	4.00	4.00
12	3.00	3.10	2.70	2.60	2.60	3.40	3.60	3.60	6.00	7.80	9.60	10.30	11.60	12.00	11.80	11.00	10.00	8.20	6.80	5.10	5.00	4.00	3.60	3.60
13	4.20	4.70	4.80	3.60	3.60	3.60	4.20	4.40	6.40	8.00	8.20	10.00	9.40	10.00	8.90	9.00	8.20	8.00	7.60	7.00	7.00	7.00	6.80	6.90
14	7.00	7.20	7.40	7.50	7.60	7.90	8.20	8.20	8.00	8.20	8.60	9.00	9.20	11.60	11.80	11.40	11.30	12.00	13.00	13.20	13.40	12.50	12.40	12.90
15	13.00	12.80	12.20	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.40	13.80	14.00	14.50	14.60	15.80	15.40	15.20	14.80	14.40	14.40	14.50	14.40	14.20	14.20	14.40
16	14.80	14.90	15.00	15.00	15.20	15.40	15.40	15.50	15.60	15.80	15.80	16.00	16.80	16.90	16.60	16.40	16.20	16.30	15.80	15.50	15.00	15.40	15.00	14.60
17	14.80	14.00	14.00	13.60	12.20	13.80	10.80	14.00	14.60	16.20	16.20	17.30	17.60	17.60	17.10	16.50	15.60	15.20	14.80	14.90	15.00	14.00	14.40	15.20
18	15.00	14.80	14.60	14.00	14.00	14.20	15.40	16.00	15.20	15.00	14.00	12.60	13.00	13.90	14.40	14.40	14.50	14.00	13.50	13.00	13.40	13.60	13.60	13.20
19	12.50	12.20	12.00	12.00	11.80	11.70	11.60	11.50	12.60	13.40	14.20	15.20	15.20	15.20	15.00	14.60	13.40	12.50	11.70	11.80	11.00	10.20	9.80	9.60
20	8.50	8.00	6.90	6.20	6.00	6.00	7.40	8.20	12.40	13.80	15.00	16.20	16.40	16.50	15.30	15.00	14.00	12.90	11.00	10.00	9.00	8.50	8.00	7.40
21	6.90	6.90	6.20	6.00	6.40	6.00	5.20	7.00	9.00	13.20	15.00	15.70	16.00	16.00	15.20	14.50	14.00	13.30	12.00	11.20	11.10	10.90	10.90	10.20
22	9.40	9.10	9.80	9.90	10.00	9.80	9.20	10.20	13.00	15.00	16.20	16.30	16.90	16.40	16.10	15.20	14.50	13.70	12.10	11.70	11.20	10.00	9.80	9.20
23	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.20	9.30	10.60	11.50	13.30	14.00	14.10	14.40	14.40	14.00	13.80	13.00	12.00	11.30	11.00	9.90	9.20	9.00
24	8.50	8.20	8.00	8.00	8.00	8.10	8.40	9.80	13.00	15.70	17.50	18.30	18.10	16.80	16.90	16.00	15.60	14.30	13.50	11.90	11.00	10.00	9.20	9.00
25	8.60	8.20	8.20	7.50	7.40	7.40	7.80	9.00	13.00	15.00	18.00	18.00	17.50	17.00	17.00	16.20	15.60	14.40	13.00	12.00	11.20	10.10	9.90	9.30
26	9.00	8.50	8.60	8.60	9.00	9.20	10.00	10.50	12.50	15.00	15.60	15.90	15.80	15.60	15.00	14.80	14.70	14.00	13.10	13.00	12.80	12.00	12.10	11.10
27	10.90	10.70	10.20	10.00	10.00	9.60	9.80	12.00	14.20	15.50	15.80	15.80	15.20	15.60	16.80	16.00	15.50	15.00	14.80	15.00	15.40	15.00	15.00	14.90
28	14.00	12.30	12.10	11.30	11.30	11.30	11.20	10.90	14.80	16.40	17.00	18.00	16.70	18.00	18.00	16.50	16.80	16.00	15.80	15.20	15.40	15.10	15.20	15.30

Ek 1.3 - Şubat ayı saatlik sıcaklık tablosu



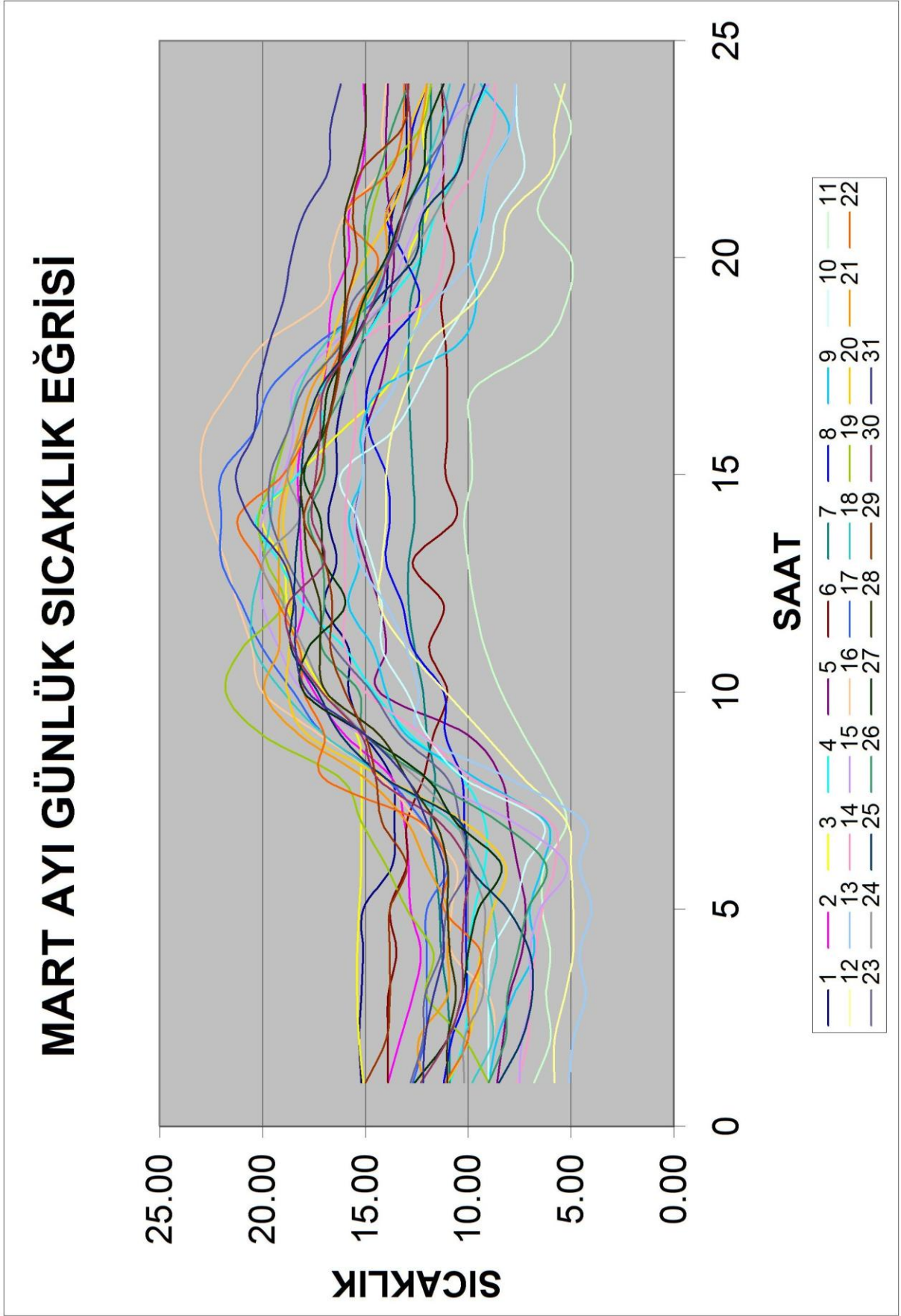
Ek 1.4 – Şubat ayı günlük sıcaklık eğrileri

İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : MART

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	15.20	15.30	15.20	15.10	15.10	13.70	13.60	13.70	15.00	15.80	15.80	17.00	16.40	16.80	16.40	16.40	16.00	15.20	14.10	13.90	13.70	13.10	13.00	13.10
2	13.90	13.30	12.70	12.30	12.80	12.90	13.10	13.70	16.00	17.50	18.40	18.00	18.10	18.20	18.30	18.00	17.10	16.80	16.60	15.80	15.80	15.20	15.00	15.10
3	15.10	15.30	15.40	15.40	15.30	15.20	15.20	15.20	15.40	17.00	18.20	18.80	19.00	20.00	18.30	16.20	14.00	12.90	12.30	12.90	12.00	12.00	12.20	11.80
4	10.90	10.20	10.00	10.00	9.70	9.20	9.20	10.30	12.80	14.60	16.00	18.00	19.20	20.30	18.30	17.10	17.10	15.30	13.90	12.30	11.60	10.60	10.00	9.00
5	8.60	8.30	8.00	7.40	7.20	7.60	8.00	8.40	10.00	14.30	14.00	14.30	15.00	15.50	15.10	15.00	14.30	13.90	13.80	13.60	13.80	14.00	14.00	13.90
6	13.90	13.90	13.90	13.50	13.80	13.00	13.00	12.20	11.70	11.00	11.90	11.20	12.70	10.60	11.10	11.00	11.00	11.10	11.30	10.70	11.20	11.20	11.20	11.30
7	10.90	10.90	11.00	11.30	11.40	11.60	11.80	11.60	12.00	12.20	12.60	12.90	12.90	12.60	12.70	12.80	12.90	12.90	12.80	12.30	12.20	11.90	11.80	11.80
8	11.20	10.80	10.10	10.10	10.10	10.10	10.20	10.30	11.10	11.20	12.70	13.20	14.00	13.80	14.00	14.80	14.90	14.00	12.40	13.10	14.00	13.00	12.70	12.00
9	9.00	8.60	7.80	6.80	7.00	6.40	6.20	9.60	13.00	14.00	14.60	15.80	15.30	15.80	15.10	15.20	14.20	10.50	9.60	9.90	9.30	9.00	8.00	9.40
10	9.00	9.00	9.00	8.90	7.80	7.20	6.40	10.20	12.00	13.00	14.20	14.20	14.70	15.40	16.20	13.70	12.40	11.30	10.00	9.00	8.60	7.30	7.60	7.70
11	6.80	6.00	6.20	6.00	6.40	6.30	5.20	6.10	7.30	8.40	9.20	9.70	10.00	10.20	9.80	9.90	9.70	6.40	5.20	5.00	6.60	5.80	5.00	5.80
12	5.80	5.80	5.30	4.90	4.90	5.00	5.20	7.30	9.20	11.10	13.00	14.30	14.20	14.00	14.00	13.70	13.00	12.00	9.70	8.40	8.00	6.00	5.60	5.30
13	5.10	4.90	4.30	4.60	4.00	4.60	4.40	8.00	12.30	12.40	13.00	14.00	15.30	15.50	15.10	15.00	13.60	13.00	11.60	9.80	9.40	9.00	7.90	7.70
14	7.60	7.10	7.00	6.70	6.40	5.80	6.00	9.80	12.20	15.00	16.00	16.00	16.00	16.00	15.80	15.50	15.50	15.40	12.00	11.20	11.00	9.70	8.80	8.70
15	7.50	7.40	6.90	7.00	6.50	5.20	7.80	12.00	15.20	18.00	19.20	20.00	20.10	20.00	19.00	18.50	18.50	16.60	14.00	13.20	12.30	11.20	11.00	9.00
16	9.80	8.80	9.00	10.80	10.80	10.60	12.40	14.20	17.20	20.00	20.50	21.20	21.80	22.60	23.00	22.80	21.50	20.00	17.00	16.70	16.00	14.30	14.20	14.00
17	12.70	12.10	12.00	12.00	12.00	11.00	12.20	14.00	17.00	18.50	20.00	21.00	22.00	22.00	22.00	20.40	19.60	17.40	14.60	13.90	13.20	11.90	11.00	10.20
18	9.80	8.80	9.00	8.60	8.80	9.40	10.80	14.00	17.00	19.00	20.40	20.50	20.00	19.60	19.40	18.80	18.20	17.00	14.80	14.00	13.20	12.20	11.40	10.90
19	9.00	10.20	12.00	11.70	13.00	14.00	15.20	16.20	20.00	21.80	21.00	19.00	19.80	20.20	19.40	18.80	18.00	16.20	15.00	15.00	14.70	14.00	12.30	11.80
20	11.00	10.00	9.60	9.40	8.80	8.20	10.20	14.00	17.80	18.80	18.70	18.60	18.80	19.00	18.60	18.00	17.20	16.70	16.00	15.00	13.80	13.00	12.80	12.00
21	12.20	12.40	11.00	11.00	11.00	12.00	13.00	15.00	18.20	19.90	19.20	19.20	19.20	19.20	18.80	18.20	17.60	16.30	15.00	14.00	14.00	13.00	12.30	12.00
22	11.10	10.00	10.00	9.40	11.20	11.00	12.30	17.00	17.00	18.00	18.20	19.20	20.20	21.20	19.00	17.80	17.00	16.10	15.20	14.40	16.00	13.80	13.20	13.10
23	12.80	12.20	12.10	11.30	11.00	10.00	10.40	11.00	13.30	14.70	16.50	17.70	18.80	19.60	19.60	18.80	18.00	16.20	15.60	13.80	13.00	12.20	11.00	11.30
24	10.20	10.20	9.30	9.30	9.20	9.90	10.60	12.50	15.00	16.90	18.00	19.00	20.00	18.20	18.80	18.00	17.00	15.80	14.00	12.80	11.60	10.50	10.20	9.70
25	8.50	7.40	6.90	7.00	8.10	10.00	10.40	14.00	16.20	17.30	18.60	18.50	18.40	18.20	18.10	17.90	17.20	15.70	14.50	12.60	12.20	10.50	10.20	9.20
26	9.00	8.20	8.10	7.60	7.10	6.20	8.50	12.00	15.00	15.30	17.10	17.00	17.10	17.80	17.00	17.00	16.00	15.20	15.00	15.00	15.00	14.30	13.70	12.90
27	12.60	11.00	10.30	10.00	9.50	8.40	10.60	12.00	15.00	18.00	17.80	16.00	17.00	17.20	18.00	17.10	16.80	15.70	15.10	14.00	13.20	12.20	12.00	11.20
28	11.00	11.00	10.60	10.90	11.00	11.00	11.60	13.00	14.30	16.90	17.20	17.20	17.80	18.00	18.10	17.00	16.50	16.20	16.00	16.00	16.00	15.40	15.00	15.00
29	15.00	14.00	13.80	13.80	13.80	13.00	14.20	14.50	15.00	16.00	16.70	16.60	17.00	18.00	17.20	16.90	16.40	16.10	15.90	15.40	15.60	15.20	13.20	12.90
30	12.30	11.00	10.30	10.30	10.20	10.00	11.40	14.40	15.20	17.10	18.50	18.80	17.00	17.60	17.40	17.20	17.00	15.60	14.60	13.80	13.20	12.80	12.80	13.00
31	12.20	12.10	11.70	11.20	11.30	11.20	12.00	13.00	15.00	17.80	18.40	18.40	19.00	20.60	21.30	20.40	20.20	19.70	19.00	18.60	18.00	16.80	16.70	16.20

Ek 1.5 – Mart ayı saatlik sıcaklık tablosu



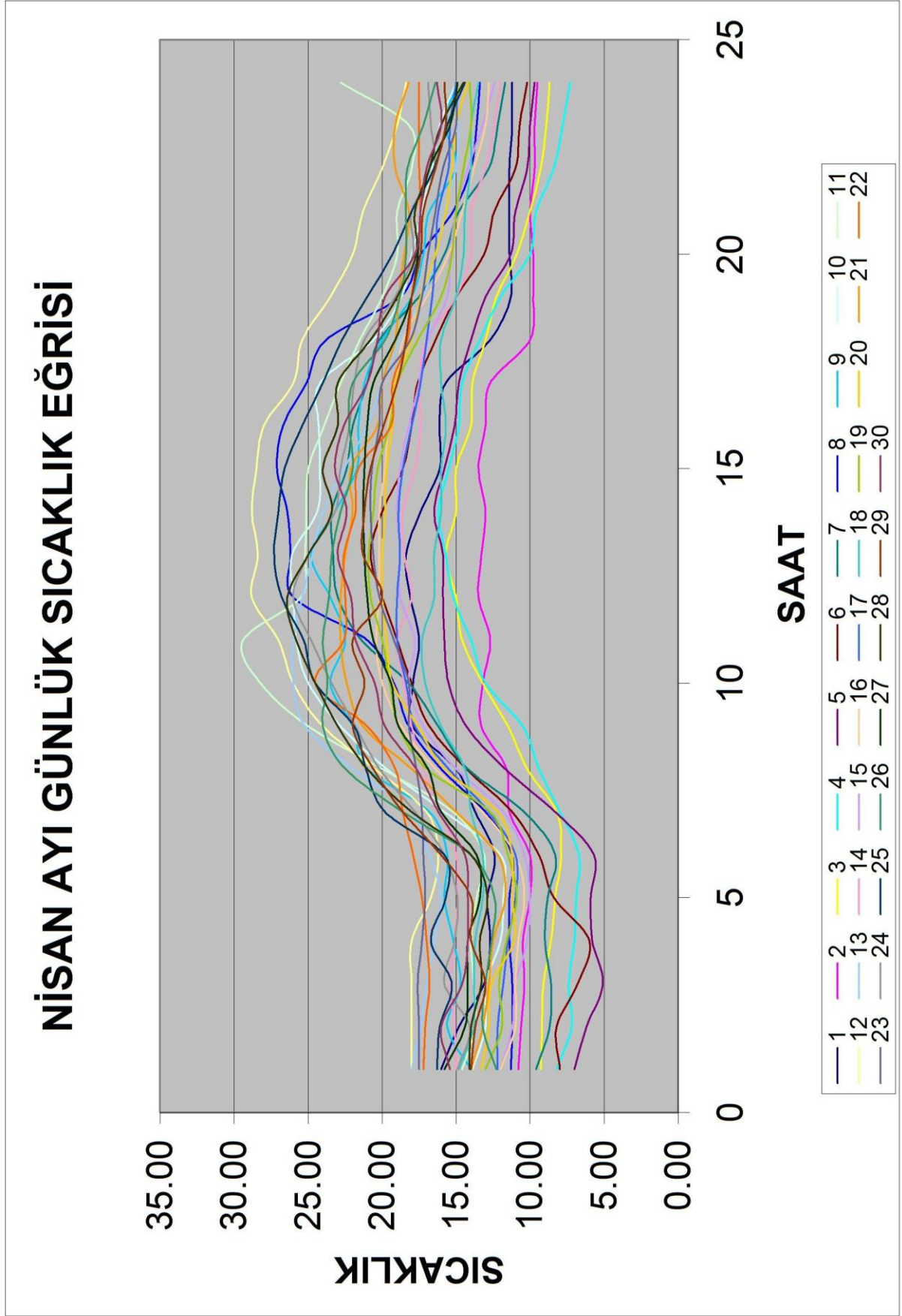
Ek 1.6 – Mart ayı günlük sıcaklık eğrileri

İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : NİSAN

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	16.00	14.80	13.10	12.70	12.90	12.40	13.70	15.00	17.90	17.90	17.50	18.10	18.40	17.40	16.10	16.10	15.70	12.70	11.30	11.40	11.40	11.40	11.20	11.20
2	10.80	10.80	10.40	10.50	10.00	10.00	11.40	11.60	13.30	13.20	12.70	13.50	13.30	13.00	13.50	13.00	12.70	10.00	9.80	10.00	10.00	9.70	9.70	9.50
3	9.30	9.20	9.10	8.60	8.30	7.90	8.20	10.20	11.50	13.00	14.60	15.00	15.70	15.00	15.00	14.00	13.90	13.00	12.30	10.90	10.00	9.30	8.90	8.70
4	8.20	7.20	7.40	7.00	6.90	6.70	8.00	9.40	10.50	13.00	14.00	15.20	15.70	16.20	15.50	14.80	14.60	13.40	12.00	10.00	9.60	8.40	7.80	7.30
5	7.00	6.20	5.10	5.80	5.90	5.70	8.30	11.70	14.30	15.50	15.80	15.90	15.90	16.50	15.80	15.10	14.80	14.00	13.00	11.30	11.00	10.20	10.00	9.70
6	8.00	8.20	6.80	6.00	8.40	9.40	11.20	14.30	16.80	18.00	19.00	20.00	20.80	20.00	18.60	18.00	17.60	16.40	15.00	13.10	12.40	11.00	10.70	10.20
7	9.60	8.70	8.60	9.00	8.80	8.30	10.40	14.20	16.20	18.20	21.40	23.00	23.30	23.40	22.40	22.00	21.00	20.20	17.50	15.80	14.80	12.80	12.20	11.70
8	11.30	11.20	11.20	11.40	11.40	11.20	13.00	16.00	18.20	19.20	21.00	26.00	26.20	26.40	27.10	26.70	25.10	23.80	18.80	17.40	15.20	14.00	13.60	13.40
9	14.00	15.60	14.70	15.20	15.80	15.60	16.80	21.00	22.00	23.50	22.50	23.50	24.80	23.20	21.70	21.60	21.20	20.00	18.00	17.20	16.80	15.00	15.70	15.00
10	13.90	13.00	13.00	12.00	11.80	12.00	15.80	19.70	22.80	25.00	25.80	26.00	26.10	24.40	24.20	24.30	24.20	20.60	18.70	18.00	17.30	16.60	16.10	15.00
11	14.60	13.70	13.80	14.00	13.60	13.10	15.20	20.00	25.00	28.20	29.40	25.50	25.20	25.10	25.00	23.90	22.80	21.50	20.00	19.00	19.00	18.00	18.20	22.80
12	18.00	18.00	18.00	18.00	16.70	16.20	17.00	20.50	24.00	26.00	27.00	28.80	28.40	28.80	28.50	28.00	26.00	25.40	23.50	22.00	21.30	20.00	19.00	18.40
13	18.00	17.40	17.00	16.50	16.00	16.80	18.00	22.00	25.20	26.00	26.00	25.40	24.70	24.00	22.60	21.00	20.00	18.80	17.20	16.40	15.80	15.00	14.80	15.00
14	15.00	15.10	15.40	15.10	14.90	15.00	16.00	17.20	18.00	18.50	19.00	18.00	18.50	18.60	17.80	17.40	17.50	17.00	15.00	14.00	14.00	13.00	12.40	12.00
15	12.00	11.20	11.00	10.20	10.00	10.40	11.80	15.00	17.20	18.20	17.80	18.80	18.80	19.00	18.80	18.20	17.50	16.90	15.60	15.40	15.00	14.20	13.20	12.40
16	12.00	11.00	11.00	10.80	10.40	11.00	13.20	16.40	18.70	20.00	20.40	20.20	20.20	20.20	19.80	19.60	19.00	18.60	17.00	15.50	14.60	13.80	13.00	12.80
17	12.20	12.20	11.80	11.50	11.00	11.00	12.80	15.50	17.80	18.40	19.00	19.00	18.80	18.90	18.60	18.00	17.40	17.00	16.60	16.40	16.20	15.50	15.40	15.00
18	14.80	13.80	13.80	13.70	13.20	13.20	14.00	14.40	16.00	17.10	17.30	16.50	16.50	16.00	16.00	15.70	16.00	16.00	15.00	14.50	14.40	14.00	14.00	13.50
19	13.00	11.90	12.10	11.60	10.90	11.50	12.70	17.00	18.90	19.50	20.00	20.80	20.90	20.60	20.30	19.50	19.00	17.60	16.00	15.30	15.00	14.50	14.00	14.10
20	13.30	12.80	12.60	11.10	11.20	11.20	12.20	15.80	17.60	19.30	19.70	20.00	20.00	19.80	19.70	19.30	19.10	18.00	17.40	16.40	15.70	15.30	15.00	14.20
21	14.00	13.20	12.80	12.50	11.70	12.20	15.00	18.00	21.30	22.40	22.80	22.80	22.50	22.00	22.10	20.30	20.00	19.10	18.90	18.50	18.20	19.10	19.10	18.20
22	17.20	17.10	16.80	17.00	17.30	17.90	18.60	19.10	21.00	24.50	22.60	22.50	22.60	21.80	21.60	19.40	19.30	18.30	18.00	17.60	17.40	17.50	17.50	17.50
23	17.50	17.50	17.60	17.30	17.10	17.20	17.30	17.70	18.20	18.20	19.20	20.20	20.60	20.80	20.70	20.20	20.00	18.10	17.30	16.90	16.40	15.90	15.00	15.00
24	14.90	14.10	15.80	15.10	14.90	15.80	17.80	20.20	21.80	23.40	24.80	26.00	25.00	23.20	22.80	22.20	21.90	21.20	19.10	17.90	18.00	16.50	16.70	16.90
25	16.30	16.10	15.30	16.70	15.70	15.80	19.80	21.10	21.90	24.50	25.30	26.80	27.30	27.00	26.60	25.40	24.00	22.70	21.00	19.30	18.00	16.50	15.60	14.40
26	12.30	13.20	13.00	12.60	12.40	14.00	18.60	22.50	24.00	23.70	24.00	23.60	23.40	22.80	22.00	22.20	22.00	19.80	18.80	18.40	18.40	18.30	17.20	16.40
27	15.80	14.40	14.20	14.20	13.40	13.60	16.00	16.90	18.90	19.40	20.60	21.00	21.20	21.30	21.20	21.00	20.60	19.10	18.00	17.60	17.40	16.80	15.40	14.90
28	14.10	14.00	13.30	13.40	12.90	14.00	18.00	21.00	23.00	24.50	25.80	26.40	25.00	23.40	24.00	23.00	23.00	20.80	19.00	17.70	17.80	16.80	16.00	14.50
29	14.00	13.70	13.00	14.00	14.00	16.00	18.60	20.60	22.00	21.20	22.00	20.00	21.30	21.20	20.80	19.90	19.00	18.40	18.00	17.40	17.20	16.40	15.70	15.80
30	15.40	16.00	14.60	14.20	14.20	14.40	16.20	17.70	19.80	20.50	21.80	22.10	23.00	22.40	23.20	22.60	21.00	20.30	19.80	17.80	17.40	17.00	16.00	16.30

Ek 1.7 – Nisan ayı saatlik sıcaklık tablosu



Ek 1.8 – Nisan ayı günlük sıcaklık eğrileri

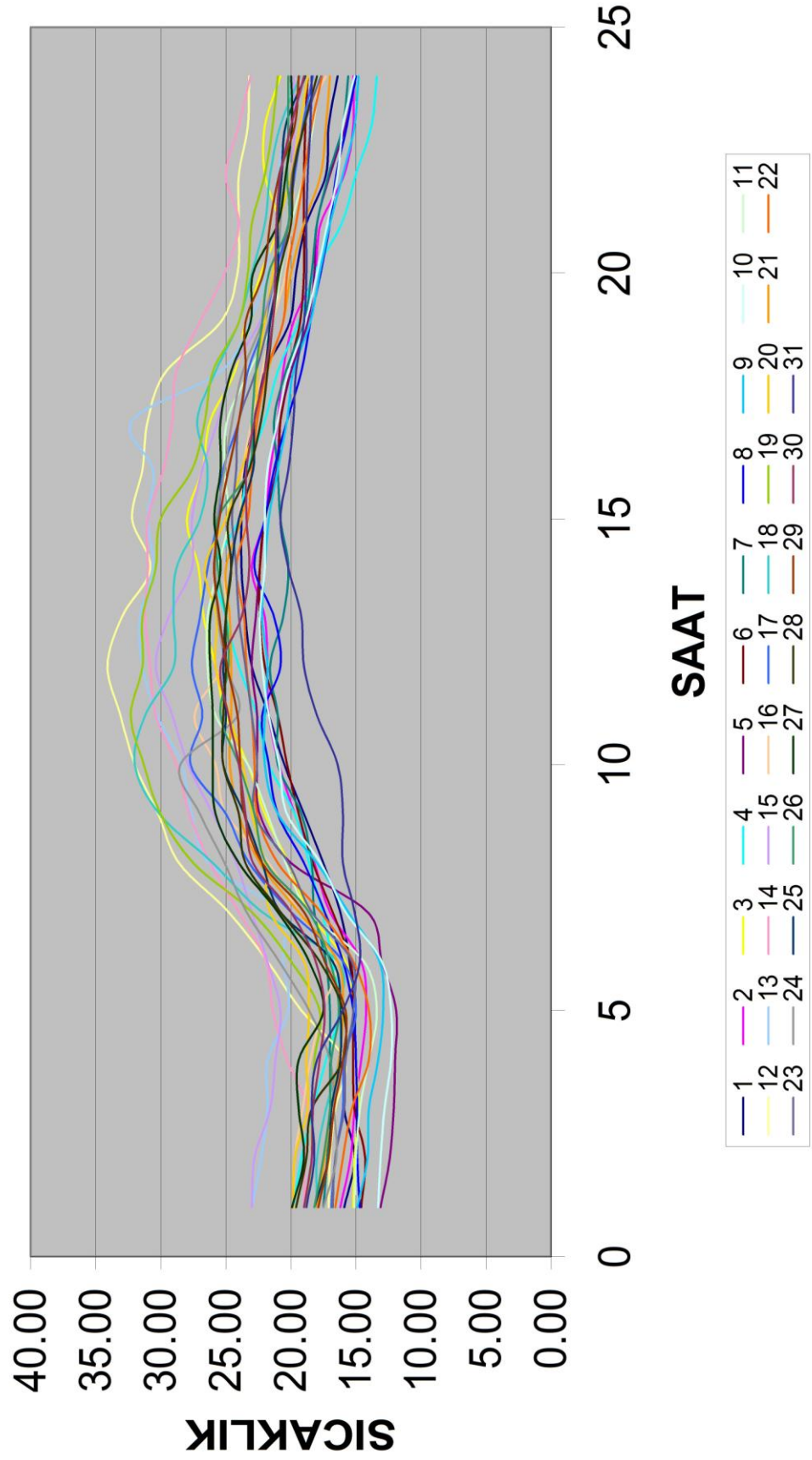
İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : MAYIS

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	15.90	15.10	15.90	15.80	15.20	15.50	16.20	17.50	19.00	20.50	21.70	23.00	23.50	23.80	23.80	23.60	23.00	22.00	20.10	19.60	18.80	17.30	17.10	16.40
2	16.20	15.40	15.10	14.60	14.20	14.60	17.00	18.20	19.70	20.90	21.70	21.80	22.00	23.00	22.00	21.60	21.00	20.60	19.80	18.20	17.70	15.90	15.20	15.20
3	15.20	15.10	14.80	15.00	15.20	15.80	18.60	20.20	22.00	23.30	25.00	25.80	26.70	27.10	28.00	26.80	26.20	24.30	23.50	22.30	21.00	22.00	22.00	20.80
4	19.80	19.20	18.30	17.30	16.30	16.80	17.60	18.60	19.70	21.70	22.60	24.00	25.00	25.80	24.00	23.30	22.00	21.00	19.40	18.20	16.10	15.00	13.80	13.40
5	13.10	12.40	12.10	12.00	11.90	13.00	14.10	20.00	22.40	22.60	22.60	23.00	22.70	22.40	22.00	21.10	20.80	20.00	18.70	18.20	18.00	17.00	15.80	15.00
6	14.60	14.30	15.10	15.20	15.20	15.40	16.80	18.30	19.40	20.30	21.00	22.00	22.40	22.40	22.00	21.00	20.80	20.20	19.30	19.00	19.00	19.00	18.90	18.70
7	17.50	17.20	17.00	17.00	17.00	17.30	18.20	18.40	19.20	21.00	21.00	21.60	20.60	20.20	20.80	21.00	21.30	20.40	19.00	18.40	18.00	17.10	16.00	15.60
8	14.70	14.90	14.90	15.00	15.20	16.00	17.40	19.00	21.00	21.70	22.20	20.80	21.30	22.80	22.00	21.30	20.30	19.20	18.50	17.70	17.00	16.50	15.70	15.00
9	14.90	14.10	14.00	13.30	12.90	13.20	15.60	18.00	21.00	22.00	22.00	21.80	22.20	22.00	21.70	21.00	20.30	19.80	18.50	17.80	17.00	16.00	15.10	14.80
10	13.30	13.10	12.80	12.30	12.30	13.00	15.80	17.70	20.30	20.90	21.70	22.20	22.40	22.00	22.00	21.80	21.00	20.20	18.90	18.00	17.20	16.40	16.00	15.10
11	15.10	15.00	14.70	14.00	13.40	14.40	18.60	20.40	21.80	23.30	25.80	26.40	26.40	25.60	24.80	25.10	24.90	23.20	21.40	20.80	20.00	19.00	18.30	17.80
12	17.10	17.00	16.60	15.90	19.20	21.80	24.80	28.60	30.20	32.00	33.10	34.10	33.00	30.80	32.20	31.40	31.00	29.60	25.40	24.10	24.00	24.00	23.30	23.20
13	23.00	22.30	21.80	21.80	20.20	20.60	20.90	26.30	27.60	28.40	30.30	31.40	31.60	30.60	31.00	30.60	32.20	25.40	23.20	21.90	21.60	21.00	20.40	19.90
14	19.00	18.90	18.70	20.30	21.40	21.90	24.00	26.20	27.80	28.80	30.40	30.80	31.20	31.00	31.00	29.80	29.10	28.80	27.00	25.10	24.00	25.00	24.00	23.10
15	23.00	22.80	21.60	21.20	20.80	21.80	23.00	24.20	26.00	27.90	29.10	30.40	29.40	27.60	27.60	26.80	25.60	24.60	22.40	21.20	20.20	20.00	19.70	19.80
16	19.80	19.70	19.10	18.50	17.60	16.60	19.40	21.70	25.00	25.80	27.40	25.30	25.00	25.00	24.00	23.70	23.00	22.20	21.40	20.40	20.00	19.70	19.20	17.30
17	16.90	16.60	16.00	15.90	15.00	16.00	20.00	23.20	25.00	27.70	26.80	27.60	27.00	26.40	25.60	25.20	24.00	23.30	22.00	21.20	20.20	19.70	19.10	18.30
18	18.00	18.00	17.30	16.30	16.20	16.40	22.20	26.00	30.10	32.00	31.20	29.00	29.00	28.80	27.00	26.40	27.20	25.80	24.00	23.00	22.00	21.60	20.80	19.30
19	18.80	18.40	18.40	18.20	17.80	20.00	23.00	27.50	30.00	31.30	32.30	31.40	31.40	30.40	30.00	27.60	26.60	26.00	24.00	23.30	23.00	22.00	21.40	21.00
20	19.80	19.70	18.70	18.80	18.60	19.00	21.60	22.00	23.00	23.70	24.70	25.80	25.70	26.60	25.00	23.80	22.70	22.60	22.00	21.40	20.90	20.00	19.30	18.70
21	18.00	17.40	16.90	16.30	16.00	16.40	19.40	22.40	24.00	24.70	24.60	24.60	24.70	25.00	23.80	23.00	22.60	21.80	20.60	20.00	19.00	17.70	17.30	17.00
22	16.60	16.00	15.30	14.00	14.00	15.20	17.70	21.00	22.60	22.80	23.00	23.40	23.60	24.20	23.30	23.00	22.60	21.90	20.60	20.30	19.60	19.00	18.40	17.60
23	16.80	16.60	15.90	15.80	15.20	15.30	18.40	20.20	22.80	22.80	23.00	23.50	24.00	24.20	24.50	24.20	24.00	22.70	21.70	20.90	20.20	19.90	19.00	17.70
24	17.50	16.50	16.70	17.00	18.60	20.90	23.40	25.10	27.00	28.50	24.10	25.00	25.60	25.80	25.70	25.10	24.50	23.70	22.20	21.20	20.80	20.70	20.00	18.90
25	18.20	17.10	16.90	16.20	16.20	16.80	20.80	22.20	23.60	25.20	25.00	25.20	25.00	24.60	24.00	22.90	22.80	22.00	21.60	21.00	21.00	20.70	20.40	18.90
26	18.20	17.50	17.00	16.90	16.30	17.00	18.60	21.90	22.80	24.00	25.40	24.80	25.00	25.60	25.60	23.20	23.00	22.70	22.20	21.70	20.20	20.30	20.20	20.20
27	19.90	19.00	19.40	19.40	17.50	18.60	21.00	24.00	25.80	26.00	26.00	26.20	26.20	25.40	25.90	25.40	25.40	24.60	23.10	22.90	21.00	20.40	19.90	20.00
28	19.60	18.80	18.40	16.00	16.00	17.80	20.80	23.50	24.00	25.20	25.00	25.00	25.00	24.60	24.80	23.20	22.30	21.80	21.40	20.90	19.80	19.00	19.00	18.00
29	17.90	17.10	16.70	16.00	15.80	17.40	19.00	22.20	23.60	23.90	24.10	24.90	25.50	25.90	25.50	24.80	22.40	23.50	23.50	22.10	21.60	20.90	19.70	19.40
30	19.00	18.40	18.30	17.80	17.40	18.10	20.00	22.90	23.50	24.00	24.80	25.40	23.80	23.20	23.40	23.40	22.80	22.00	21.40	21.20	21.10	20.80	20.00	19.00
31	18.80	18.20	18.40	18.00	16.00	14.70	15.10	16.00	16.00	16.40	18.00	19.00	19.20	20.20	20.80	20.20	19.80	19.60	18.80	18.80	18.70	18.50	18.40	18.40

Ek 1.9 – Mayıs ayı saatlik sıcaklık tablosu

MAYIS AYI GÜNLÜK SICAKLIK EĞRİSİ



Ek 1.10 – Mayıs ayı günlük sıcaklık eğrileri

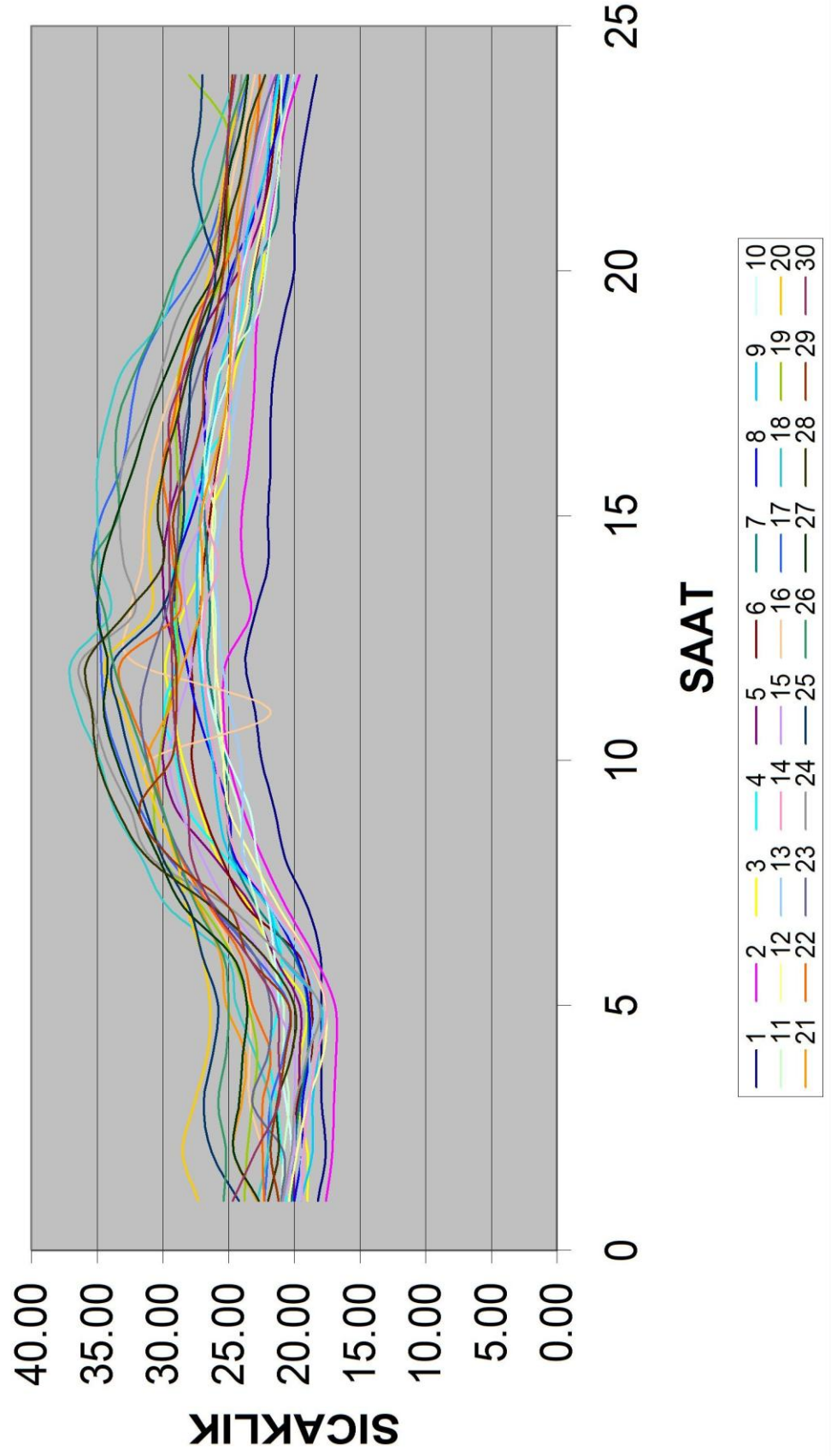
İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : HAZİRAN

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	18.20	17.60	17.90	17.90	17.90	18.00	19.00	20.70	21.50	22.50	23.00	23.70	23.00	22.00	22.00	21.80	21.80	21.50	20.80	20.00	20.00	19.60	19.00	18.30
2	17.60	17.10	17.00	18.80	16.90	18.50	20.60	22.40	23.90	25.00	25.40	25.20	23.30	23.90	24.00	23.50	23.20	23.00	22.80	22.20	21.80	21.20	20.70	19.60
3	19.00	19.00	19.70	19.50	19.10	21.50	23.40	25.80	27.20	28.50	29.20	29.80	28.50	27.00	26.50	25.00	25.00	24.50	23.40	22.40	22.30	22.00	21.50	21.00
4	20.60	21.00	21.30	21.90	21.20	21.00	22.00	25.20	28.10	29.00	29.90	29.00	29.20	29.20	28.10	27.00	25.00	24.80	24.10	23.70	23.00	22.80	21.80	21.00
5	20.00	20.00	19.70	19.60	19.60	21.50	23.20	26.00	29.00	30.00	29.60	29.00	29.80	30.00	29.50	28.60	28.80	28.30	26.50	24.20	22.60	22.00	21.80	21.30
6	20.90	20.00	19.80	18.70	18.70	19.60	23.60	25.50	27.00	27.80	27.60	27.80	27.20	26.90	26.40	25.90	25.20	25.00	23.80	23.10	22.40	21.80	21.40	21.00
7	20.20	20.00	19.60	19.00	19.00	20.00	22.80	24.60	25.20	25.20	26.00	26.60	26.40	26.60	26.80	27.00	26.00	24.80	23.40	23.00	21.40	21.20	21.00	20.40
8	20.00	19.40	19.40	18.80	18.90	19.80	21.80	24.50	25.00	26.20	27.40	28.20	29.00	29.00	27.80	26.80	26.80	26.60	25.50	24.80	23.20	22.20	21.20	20.50
9	19.50	18.60	18.60	18.20	18.00	21.00	22.00	24.80	25.80	26.20	26.80	27.20	27.40	27.40	27.20	26.80	26.10	25.60	24.60	24.00	23.40	22.20	21.80	21.20
10	20.80	20.20	20.60	21.20	21.20	21.50	22.00	22.80	23.40	25.00	26.20	27.00	27.00	27.20	27.00	26.60	26.00	24.80	24.40	24.00	23.00	22.80	22.00	21.50
11	21.00	20.80	20.40	20.80	20.80	21.80	22.80	23.80	24.20	25.40	26.00	26.00	26.00	26.40	26.00	26.80	26.40	25.60	23.00	22.20	21.70	21.20	21.00	21.00
12	20.40	19.80	19.00	17.80	17.60	19.00	21.20	23.20	25.00	25.40	25.60	26.00	26.20	26.20	26.20	25.80	25.20	25.00	23.80	23.20	22.40	21.60	20.80	20.00
13	19.60	19.40	18.80	18.80	18.40	19.40	21.80	23.80	23.90	24.10	24.80	25.50	25.80	26.00	25.60	25.00	24.60	24.00	23.10	22.70	22.00	21.60	21.00	19.90
14	19.40	19.30	18.90	18.30	17.50	19.00	21.60	24.30	25.30	26.00	26.60	26.80	26.90	25.80	26.70	25.60	25.00	24.70	24.20	23.80	23.00	22.80	21.90	21.60
15	20.80	20.00	20.00	20.00	21.30	22.40	25.00	27.00	28.70	29.50	28.80	27.80	28.20	28.40	27.00	27.80	26.60	26.80	25.00	24.10	23.70	23.20	22.40	21.70
16	22.40	22.40	23.40	23.40	23.40	24.60	26.40	28.80	30.00	31.00	21.80	32.20	32.50	31.60	31.40	31.00	30.00	28.70	27.00	25.60	25.20	24.60	23.70	23.00
17	22.30	22.00	21.80	20.80	20.40	23.00	26.20	29.50	31.70	33.30	34.40	34.70	34.80	35.40	34.70	33.10	32.50	31.80	30.00	27.50	26.00	25.20	24.40	23.50
18	22.80	22.00	21.80	23.00	24.40	25.20	29.60	31.60	33.70	34.80	36.40	37.00	34.00	34.80	35.00	35.00	34.20	33.00	30.00	28.80	27.20	27.00	25.70	24.40
19	23.80	23.60	23.20	22.80	23.50	24.70	27.00	30.00	30.70	30.30	29.70	28.80	29.00	28.80	28.60	28.90	29.00	28.70	27.00	25.30	25.00	25.10	25.20	28.00
20	27.30	28.50	27.60	26.60	26.40	27.00	29.20	29.00	30.50	31.80	33.00	34.40	31.00	31.00	31.00	29.90	29.00	28.60	27.40	26.40	25.60	25.30	24.60	23.60
21	22.80	24.60	24.00	23.70	25.20	25.60	27.20	28.90	30.00	31.20	29.60	28.40	27.20	27.00	27.10	26.20	25.30	24.90	24.70	24.20	24.40	23.90	23.20	22.20
22	22.30	22.40	22.40	21.80	23.20	24.00	26.40	28.60	30.00	30.80	32.40	33.20	28.80	29.20	29.60	30.00	29.20	28.60	27.60	25.40	24.20	23.40	22.80	22.60
23	21.00	20.80	23.20	22.00	21.80	23.00	26.00	28.50	30.10	31.20	31.70	31.00	29.80	29.00	28.80	28.60	28.20	27.20	25.70	24.60	24.00	23.40	22.60	21.40
24	20.90	20.20	19.90	19.00	18.10	21.00	25.00	30.80	32.50	34.30	35.30	36.30	32.20	33.00	33.30	33.10	31.40	30.10	29.00	27.20	25.60	25.00	24.40	24.00
25	24.20	26.30	26.90	26.20	25.80	27.00	28.00	30.00	31.30	32.40	33.30	33.80	30.30	29.00	28.40	28.40	28.00	27.80	26.60	26.00	27.00	27.70	27.20	27.00
26	25.40	25.20	25.80	25.20	25.00	25.40	27.40	28.80	30.00	31.30	32.60	33.80	34.40	35.40	33.40	33.60	33.40	32.00	30.30	28.90	26.80	25.60	24.80	23.60
27	22.70	24.60	24.20	23.90	23.60	24.70	28.40	30.30	32.00	33.50	34.50	34.20	35.00	34.60	33.50	32.20	31.10	29.60	28.00	26.00	25.40	25.00	24.00	23.50
28	22.00	21.20	21.30	20.20	20.00	22.30	26.20	31.10	33.50	35.00	35.40	35.80	32.80	30.00	30.40	29.90	28.90	28.00	27.00	25.50	25.00	24.00	23.50	22.20
29	21.20	21.80	21.30	20.70	20.40	23.50	25.00	29.40	31.80	29.40	29.00	29.00	29.30	29.00	29.20	28.00	27.00	26.80	26.00	25.40	25.20	25.10	25.00	24.70
30	24.70	23.00	21.20	21.20	21.40	23.50	26.20	27.80	28.10	28.80	29.20	29.30	29.40	29.50	29.50	29.40	29.50	28.20	27.20	26.10	25.60	25.20	25.00	24.50

Ek 1.11 – Haziran ayı saatlik sıcaklık tablosu

HAZİRAN AYI GÜNLÜK SICAKLIK EĞRİSİ



Ek 1.12 – Haziran ayı günlük sıcaklık eğrileri

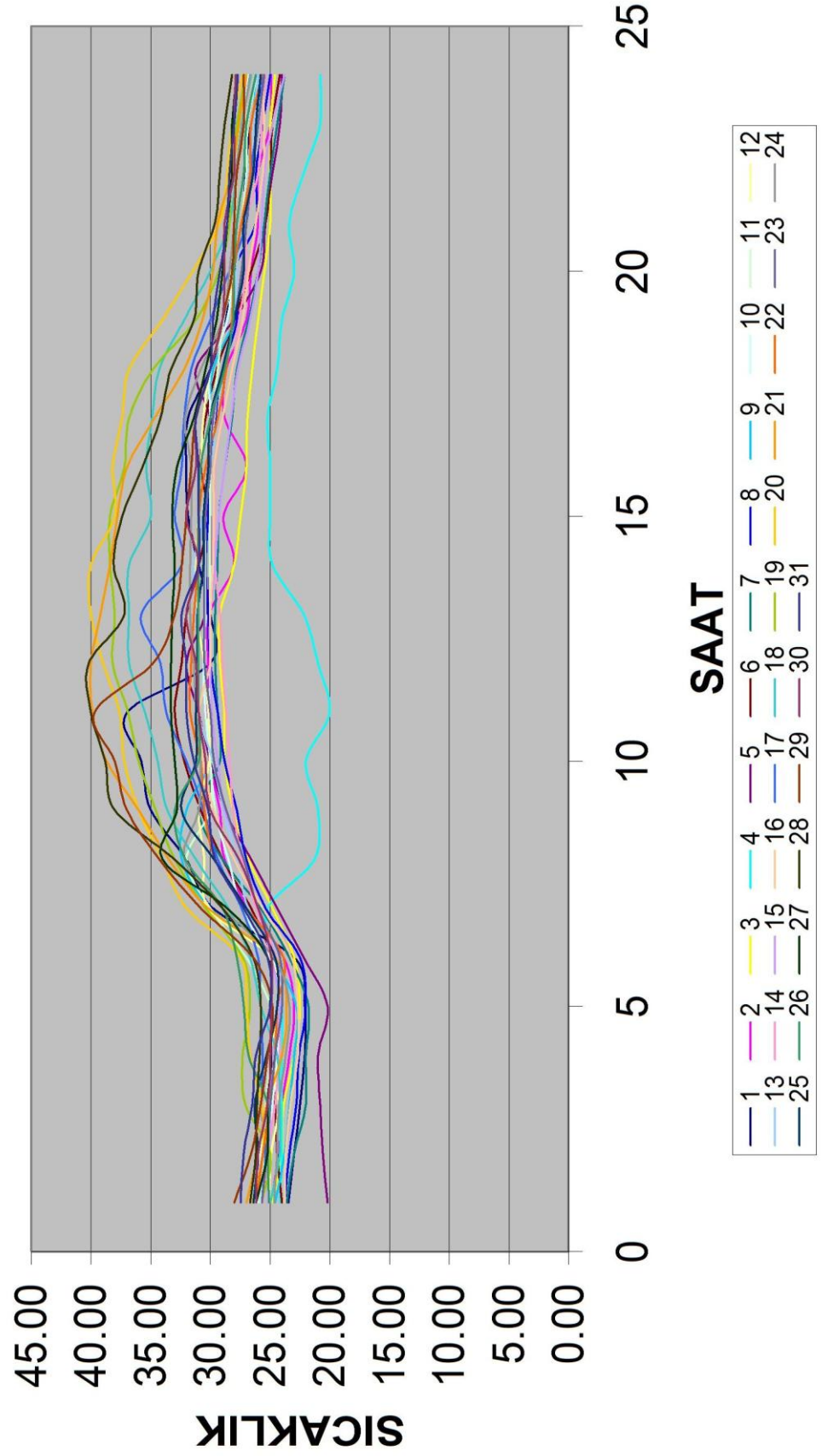
İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : TEMMUZ

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	23.50	23.00	22.50	22.10	22.10	23.00	29.80	32.00	35.00	35.80	37.00	30.00	30.00	31.00	31.90	32.00	31.90	30.00	28.80	28.10	27.20	27.10	26.60	25.40
2	24.90	24.30	24.00	23.40	23.00	23.90	26.80	28.80	29.20	30.10	30.30	30.20	30.10	28.00	28.90	27.00	28.80	26.70	27.00	26.60	26.00	26.00	25.00	24.90
3	24.80	24.00	23.90	23.00	22.50	23.00	24.80	26.80	28.10	28.80	28.80	29.20	29.20	28.00	27.50	27.00	26.90	26.50	26.00	25.50	25.00	25.00	25.00	24.60
4	24.20	24.00	24.00	24.00	24.00	24.80	25.20	21.30	21.00	22.00	20.00	21.00	22.20	24.80	25.00	25.00	25.20	24.40	24.00	23.00	23.40	22.20	20.80	20.80
5	20.20	20.60	20.80	21.00	20.20	22.20	24.40	26.60	28.80	30.00	31.00	32.00	30.40	30.00	30.00	30.20	30.00	31.20	28.00	25.80	25.40	24.80	24.20	24.00
6	24.00	24.40	24.60	24.80	24.00	24.80	26.60	29.00	30.80	32.20	33.00	32.40	32.00	31.00	30.20	30.80	30.40	29.50	28.00	26.60	25.40	25.00	24.80	24.20
7	23.60	23.00	22.00	22.00	21.80	23.40	25.80	29.00	31.00	29.20	29.40	29.60	29.60	29.40	29.30	28.80	28.20	27.80	26.80	26.00	25.50	25.00	24.40	23.80
8	23.80	23.40	22.80	22.60	22.00	22.50	25.40	27.00	27.80	28.80	29.40	30.00	30.20	30.40	30.20	30.00	29.50	29.00	27.80	28.00	26.20	26.20	25.60	25.00
9	24.60	23.80	23.40	23.00	22.80	25.00	30.00	32.40	32.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.80	28.00	27.40	27.00	26.80	26.40	26.20
10	25.80	25.40	24.80	24.40	24.20	25.00	27.40	28.50	29.60	30.00	30.40	30.60	30.40	30.40	30.40	30.20	30.00	30.00	28.60	28.20	28.00	27.80	27.20	26.80
11	26.00	25.80	25.40	25.00	25.00	27.00	30.00	32.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.80	29.40	28.90	28.00	27.40	27.00	26.90	26.10
12	25.10	24.90	24.30	25.00	24.20	25.00	30.20	30.50	31.00	30.10	30.20	30.50	31.20	31.20	31.00	30.80	30.60	30.00	29.00	28.30	28.00	27.80	27.60	27.00
13	26.70	25.60	25.00	24.60	24.20	24.20	26.80	27.80	29.90	29.80	31.00	31.00	31.20	31.40	30.60	30.00	29.40	29.00	28.00	27.80	27.30	26.80	26.40	26.00
14	25.60	25.20	24.60	24.20	24.20	24.50	26.20	27.40	28.10	28.40	28.70	29.00	29.20	29.60	29.60	29.60	29.00	28.20	27.60	27.00	27.00	26.00	25.70	25.40
15	25.20	25.10	25.00	24.80	24.20	24.90	26.00	27.20	28.80	29.40	29.90	30.00	30.00	29.80	29.30	28.80	28.30	27.70	26.70	26.00	25.70	24.80	23.80	23.80
16	23.80	23.70	23.30	22.70	22.70	23.20	25.60	28.00	29.70	30.60	31.00	30.00	30.00	29.80	29.70	29.70	29.00	28.20	27.30	26.80	26.20	25.60	25.50	25.70
17	25.70	25.40	25.70	25.60	25.80	26.00	27.40	29.40	30.60	32.00	33.70	34.20	35.80	32.40	33.00	32.40	32.20	31.60	30.00	28.40	27.00	26.00	25.60	25.60
18	25.00	24.20	24.20	24.40	25.80	26.70	28.50	31.20	33.60	34.40	35.50	36.80	36.80	36.60	35.00	35.40	34.90	34.30	32.20	30.00	28.40	27.90	27.40	26.60
19	25.70	25.00	27.10	27.30	26.70	27.30	30.40	33.00	34.60	36.00	36.90	38.20	38.00	38.40	38.40	37.20	36.80	34.80	31.20	29.30	28.40	28.30	27.80	27.10
20	26.50	25.60	25.70	26.70	27.00	27.50	32.00	34.00	36.00	37.20	37.60	39.00	40.00	40.00	38.00	38.20	37.40	36.80	34.00	31.50	29.20	28.60	28.20	27.30
21	27.00	26.00	25.30	24.00	23.60	24.60	30.20	33.50	36.00	38.70	39.90	40.00	39.20	38.40	37.80	37.00	34.70	32.20	30.70	29.80	29.40	28.20	27.60	27.00
22	26.20	25.60	25.00	24.60	24.40	23.90	27.00	29.60	30.50	30.80	31.70	31.60	31.40	31.10	31.00	30.40	29.40	28.70	28.20	28.00	27.40	26.70	26.60	25.70
23	25.70	25.30	25.00	24.60	24.00	24.20	26.00	27.20	28.70	29.70	30.00	30.50	30.50	30.50	30.40	30.00	29.80	29.00	28.00	27.40	27.00	26.50	26.00	25.50
24	24.70	24.40	24.30	23.70	23.40	24.70	29.00	32.20	31.00	30.80	31.20	31.40	31.70	31.70	31.60	31.60	32.10	30.80	29.00	28.40	28.00	27.90	27.30	26.70
25	26.40	26.00	26.30	25.30	24.40	24.60	27.00	29.70	32.40	31.20	31.20	31.10	31.10	30.60	30.60	30.20	30.00	29.00	28.00	27.20	26.40	26.20	25.80	25.80
26	25.10	25.20	25.20	26.80	27.20	27.80	29.00	32.10	33.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	30.80	30.00	28.80	28.10	28.00	27.80	27.20	27.00	26.20
27	26.20	25.20	25.20	24.90	25.00	25.20	28.60	34.00	32.80	33.00	33.30	33.30	33.20	33.00	33.20	32.80	31.40	30.40	29.50	29.00	28.60	28.20	27.80	27.80
28	26.70	26.20	26.10	25.90	25.80	26.40	29.00	33.00	36.00	38.80	40.00	40.20	37.20	38.10	37.40	35.70	34.20	33.30	31.40	31.00	29.60	29.20	28.80	28.20
29	28.00	26.60	25.80	25.20	24.80	26.40	30.80	34.30	37.00	38.00	39.70	34.80	33.00	32.40	32.00	31.60	31.20	30.00	29.00	28.20	28.00	27.80	27.20	27.20
30	26.20	26.00	25.20	25.00	24.90	24.90	26.00	27.60	30.00	30.40	31.00	31.20	32.00	31.00	32.00	31.20	31.20	30.00	29.00	28.80	28.80	28.00	27.90	27.90
31	27.50	27.20	26.50	26.20	25.00	25.20	27.20	29.60	30.20	31.40	32.00	32.00	32.40	31.00	31.00	31.00	31.20	30.00	29.80	29.20	28.60	28.40	28.00	27.70

Ek 1.13 – Temmuz ayı saatlik sıcaklık tablosu

TEMMUZ AYI SICAKLIK EĞRİSİ



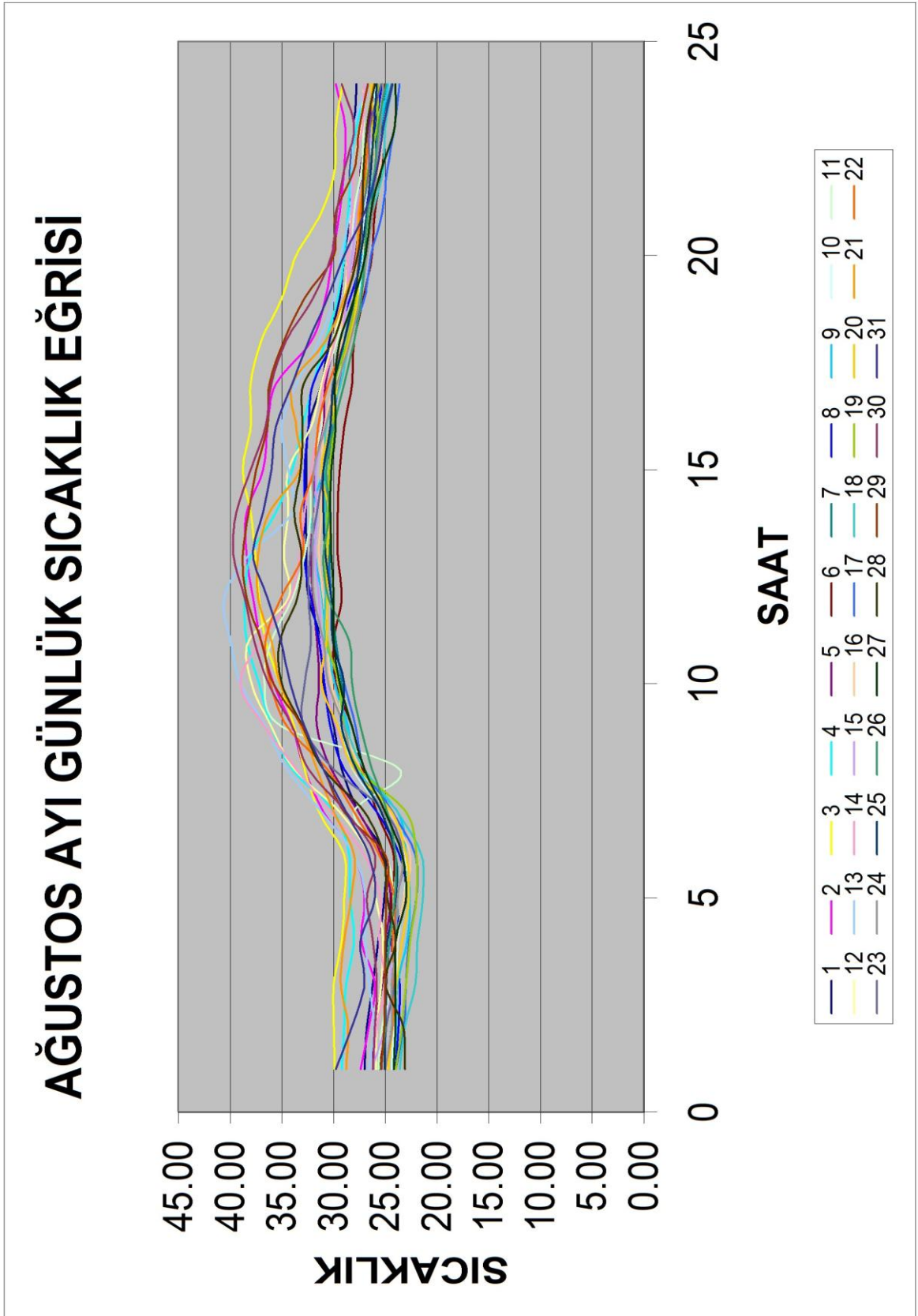
Ek 1.14 – Temmuz ayı günlük sıcaklık eğrileri

İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : AĞUSTOS

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	27.00	26.80	26.20	25.70	25.10	25.10	27.60	29.20	30.00	31.00	31.20	32.40	32.60	32.70	32.60	32.40	31.20	30.40	29.40	29.00	28.40	28.40	28.00	27.80
2	27.40	26.60	26.00	27.30	27.00	28.00	31.00	32.80	34.00	35.80	37.00	37.80	38.40	38.40	36.80	36.40	35.60	32.20	30.80	30.10	29.40	29.00	28.90	29.80
3	29.90	30.00	30.00	29.20	29.00	29.00	31.40	32.80	33.80	35.20	36.60	37.20	37.60	38.00	38.80	38.00	38.00	37.00	35.00	33.60	31.20	29.90	29.80	29.10
4	29.20	29.00	28.80	28.00	28.40	28.50	30.00	34.00	36.00	37.20	38.40	38.60	38.00	35.60	34.00	33.00	32.00	30.80	29.60	29.00	28.60	28.30	27.80	26.70
5	26.20	26.00	25.30	25.00	24.50	25.40	27.60	30.20	31.60	31.40	31.60	32.00	32.20	32.00	31.80	31.00	30.80	29.80	28.80	27.90	27.40	27.40	26.60	26.00
6	25.60	25.00	24.90	24.60	24.40	24.20	25.80	27.20	28.20	29.80	30.00	29.20	29.60	29.60	29.40	29.00	28.20	28.00	27.10	26.30	26.00	25.30	25.00	25.00
7	24.80	24.40	24.00	23.90	23.80	24.00	25.40	27.40	29.00	29.20	29.80	30.20	30.40	30.40	30.40	30.20	29.60	29.00	28.00	26.80	26.40	26.00	25.40	24.40
8	24.00	23.70	23.60	24.40	23.00	23.60	25.80	29.00	30.30	30.90	31.40	32.20	32.90	32.80	32.80	32.40	32.00	30.00	28.40	27.20	27.00	25.90	25.90	25.30
9	24.20	23.90	23.80	22.90	22.60	23.00	23.80	27.80	28.60	29.90	30.70	31.10	31.80	32.10	31.00	30.30	29.90	29.00	28.00	27.30	26.80	26.00	25.50	24.70
10	24.40	24.20	23.90	23.80	23.20	23.10	25.20	28.10	29.10	29.40	30.00	30.20	30.70	30.30	30.30	30.10	29.70	28.70	27.70	27.10	27.00	26.60	26.10	26.00
11	25.70	25.30	24.40	24.30	24.20	25.00	28.00	23.60	35.00	36.70	36.00	34.00	32.80	32.20	32.20	31.20	31.00	29.70	28.70	28.20	28.00	27.30	27.10	27.00
12	25.90	25.80	25.40	25.20	25.90	26.60	29.40	33.80	36.00	37.90	38.20	34.40	34.80	34.40	34.40	32.20	31.20	30.10	29.00	28.60	28.30	28.00	27.40	27.00
13	26.60	26.10	26.60	26.90	26.90	28.00	31.20	34.50	36.60	39.00	40.00	40.60	38.20	34.00	34.40	35.00	33.60	31.40	30.00	29.30	28.40	28.20	28.00	26.80
14	26.20	25.80	25.00	25.60	25.50	27.00	30.20	33.60	36.70	39.00	37.00	34.20	33.30	32.80	32.20	31.40	31.00	29.90	28.80	28.60	28.20	28.00	27.20	27.00
15	26.30	25.00	24.40	24.60	24.00	23.30	25.10	28.00	29.80	30.60	31.20	31.40	31.80	31.60	31.70	30.90	30.00	29.30	28.70	28.20	27.80	27.00	26.20	25.80
16	24.90	24.30	24.00	23.90	23.20	22.80	24.60	27.40	29.00	30.20	30.60	31.00	31.40	31.20	31.20	30.90	30.00	29.20	29.00	27.40	26.30	25.60	25.20	24.30
17	24.00	23.20	23.00	22.70	22.00	22.10	24.30	27.00	27.90	29.00	30.00	30.20	30.60	30.80	30.40	30.10	29.50	28.60	27.00	26.40	25.30	24.80	24.10	23.60
18	23.60	23.10	22.10	21.90	21.40	21.50	23.80	27.00	28.80	29.40	30.80	30.80	30.60	30.80	30.80	30.70	29.30	28.50	27.50	26.90	26.20	25.20	25.00	24.30
19	24.00	23.40	23.00	22.60	22.00	22.00	23.00	27.50	29.00	29.50	30.60	30.60	30.80	30.60	30.40	30.00	29.90	28.70	27.90	27.50	27.40	26.70	25.80	25.70
20	24.70	24.30	23.90	23.40	22.70	23.00	24.40	28.00	29.60	31.20	30.70	30.60	30.60	30.40	31.20	30.30	29.60	28.50	27.70	27.60	27.40	26.40	26.20	26.40
21	28.80	28.60	29.30	29.00	28.30	28.00	30.00	31.60	33.20	35.20	36.00	37.30	37.30	36.20	33.30	33.60	34.00	30.80	29.00	27.80	27.60	27.00	26.80	26.10
22	25.00	24.30	24.20	24.30	24.10	25.60	28.00	30.60	34.50	36.10	36.60	35.10	33.00	33.20	31.90	31.50	30.50	29.00	28.00	27.60	27.40	26.90	26.50	25.40
23	25.10	24.90	24.10	24.00	23.80	23.30	25.00	30.00	32.90	32.80	32.20	32.40	32.30	31.60	31.00	30.30	30.10	29.00	28.00	27.50	27.20	26.60	26.50	25.40
24	25.00	24.40	24.40	24.00	23.80	23.40	25.20	27.90	29.00	30.50	31.00	31.90	32.00	32.00	31.90	30.80	29.70	28.40	27.40	26.80	26.20	25.80	25.50	25.20
25	25.00	25.00	24.90	24.80	24.00	24.00	25.40	27.80	29.20	29.00	30.10	30.20	30.80	31.00	31.00	30.30	30.00	29.00	28.00	27.40	26.80	26.40	26.10	25.80
26	25.50	25.00	25.00	24.60	24.10	24.00	24.80	26.30	27.40	28.20	28.50	30.50	31.00	30.40	30.70	30.00	29.00	28.00	27.30	27.00	26.00	25.70	24.90	24.00
27	24.20	24.00	24.00	24.00	23.00	23.40	25.00	27.00	28.20	29.40	30.00	30.30	30.20	33.80	33.20	29.80	29.90	29.40	28.00	26.90	26.40	25.40	24.10	24.00
28	23.10	23.30	25.00	24.00	24.80	25.20	27.00	31.00	33.00	35.00	35.20	33.50	33.10	33.80	33.20	33.00	32.90	30.10	28.80	27.70	27.10	26.80	26.00	26.00
29	25.40	25.10	25.00	25.00	24.90	25.00	29.00	31.00	33.00	35.80	37.00	38.40	38.80	38.20	37.50	36.40	36.20	34.60	32.80	30.00	29.80	28.00	27.50	26.70
30	26.20	26.00	25.80	26.20	26.80	26.00	28.80	32.40	34.00	36.30	37.70	38.60	39.70	39.40	38.00	36.60	36.00	34.80	32.00	30.20	29.70	29.00	28.00	29.20
31	29.80	28.20	27.00	27.40	26.00	26.60	28.80	31.00	32.80	34.20	35.10	36.40	37.80	36.80	36.00	35.60	34.00	32.40	30.60	29.00	27.00	25.80	25.20	24.30

Ek 1.15 – Ağustos ayı saatlik sıcaklık tablosu



Ek 1.16 – Ağustos ayı günlük sıcaklık eğrileri

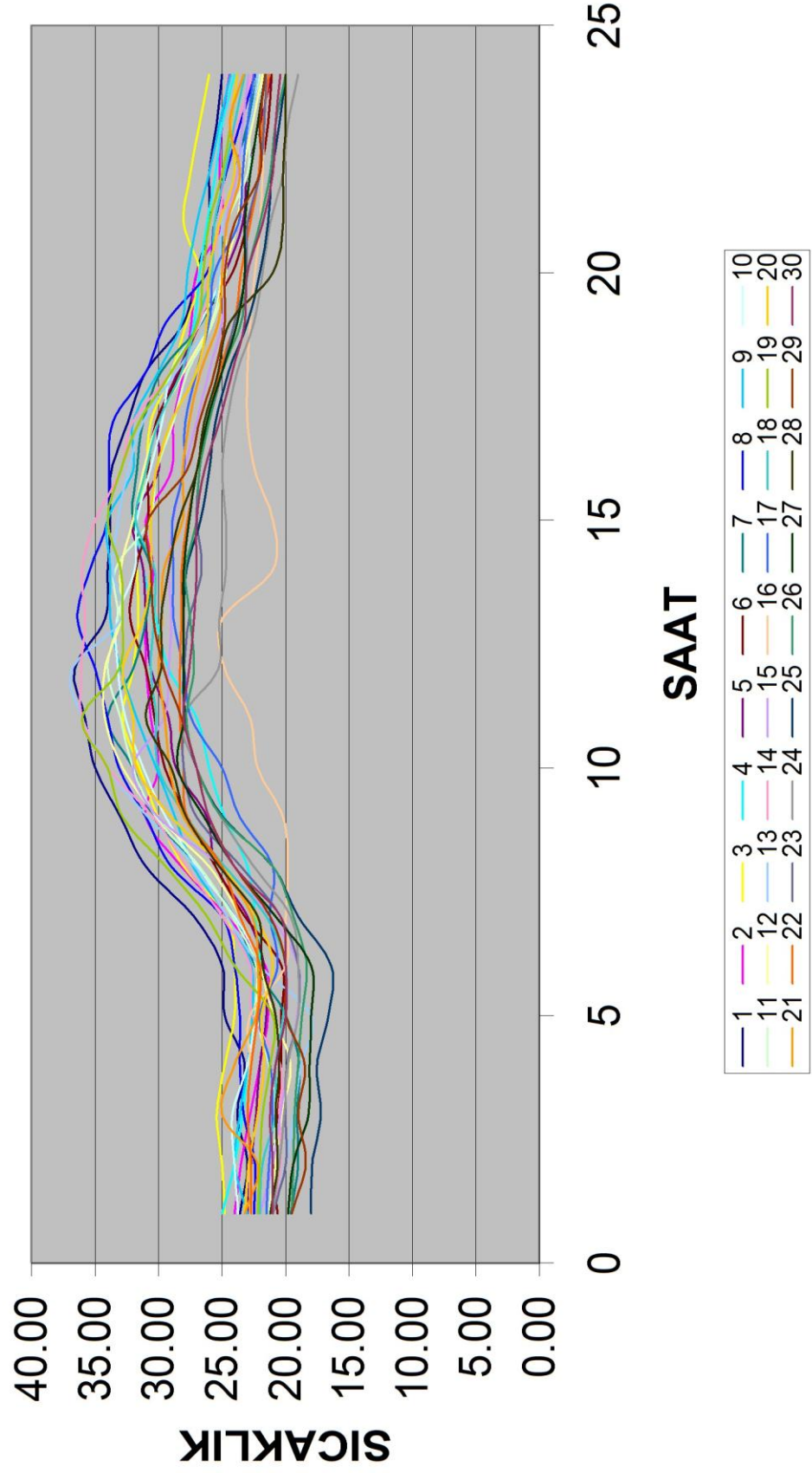
İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : EYLÜL

SAATLİK SICAKLIK

SAAT	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
GÜN	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1	23.60	23.00	23.80	23.20	24.80	25.00	27.20	31.00	33.00	35.00	35.80	36.60	34.20	34.00	33.80	33.70	32.40	31.00	28.00	27.00	26.00	26.00	25.40	25.00
2	24.00	23.50	22.80	22.00	21.40	21.60	24.60	28.20	31.00	30.00	30.60	31.00	31.00	30.40	31.00	29.00	28.80	28.00	27.40	27.00	25.00	25.20	25.00	24.40
3	24.80	25.00	25.40	24.80	24.00	24.00	24.60	28.00	30.00	31.50	32.80	32.00	31.60	31.70	31.80	31.00	30.60	29.00	27.80	26.80	28.00	27.50	26.80	26.00
4	25.00	24.00	23.40	23.00	22.50	22.00	22.40	23.00	24.80	26.00	27.00	29.20	30.20	31.20	31.80	31.00	30.00	28.40	27.20	26.80	26.20	25.50	25.00	24.00
5	23.00	22.70	22.30	22.00	21.50	21.70	23.00	25.50	26.20	28.60	29.20	30.60	31.00	31.20	32.00	30.00	30.00	28.50	26.70	24.80	23.40	23.00	22.00	21.10
6	20.60	21.00	20.60	20.30	20.30	20.30	23.20	25.50	27.70	29.50	30.30	31.00	32.20	31.80	30.80	30.80	30.20	28.30	26.70	24.20	23.00	22.00	21.40	21.10
7	19.60	19.00	19.10	18.90	20.00	22.40	24.00	27.00	30.40	32.00	34.00	32.00	31.00	30.60	32.00	31.70	31.20	29.80	26.60	25.00	25.00	24.00	23.00	22.20
8	22.50	22.40	23.30	23.60	23.60	24.00	25.00	29.00	31.00	33.10	34.00	35.00	36.40	35.40	34.00	33.90	33.60	31.00	29.40	26.20	25.60	24.70	23.60	22.40
9	23.00	24.00	23.60	23.00	22.60	22.70	24.60	27.30	28.70	30.20	31.70	33.00	33.80	33.80	34.00	32.00	32.00	30.00	28.20	27.70	27.00	26.00	25.20	24.30
10	23.70	24.00	24.20	23.00	22.40	22.00	24.00	27.00	29.40	31.20	32.60	33.20	33.30	31.90	31.70	30.70	29.70	29.00	26.70	25.00	24.60	23.00	22.10	21.80
11	21.30	21.00	20.80	21.30	22.30	22.30	24.20	26.80	30.20	32.00	33.00	34.00	33.20	33.40	30.70	30.20	28.80	27.70	25.70	24.70	24.60	23.00	22.80	22.00
12	21.20	20.80	20.30	19.60	21.00	22.00	23.60	26.00	30.00	32.80	34.20	34.20	33.00	33.00	32.00	31.20	30.00	28.00	25.90	24.90	23.80	23.40	22.60	21.80
13	21.00	20.00	19.40	18.80	18.00	22.00	24.60	27.10	30.80	34.00	36.00	36.80	33.00	33.60	33.20	32.40	31.20	28.60	26.00	25.20	25.00	24.00	22.80	22.20
14	21.00	20.40	20.50	20.40	22.60	22.80	25.00	27.80	30.40	34.00	36.00	36.10	35.80	36.00	35.00	33.00	32.00	29.00	26.80	26.00	25.20	24.80	23.80	22.60
15	22.00	21.00	20.40	19.80	19.10	19.00	21.20	25.00	30.00	32.00	29.60	29.20	29.00	29.20	28.80	28.00	27.00	26.00	25.00	24.80	24.70	23.80	23.40	22.90
16	22.80	22.80	23.00	22.80	22.80	20.00	20.00	19.80	20.20	22.20	22.80	24.80	25.00	21.00	21.00	22.40	23.00	23.00	22.80	22.40	22.00	21.80	21.70	21.60
17	21.50	21.30	21.00	21.20	22.00	20.60	21.20	21.00	23.60	25.00	27.40	28.00	28.80	28.80	28.90	28.00	27.90	27.00	26.00	25.60	23.70	23.40	23.00	22.50
18	22.00	21.80	20.80	20.80	20.20	20.00	21.50	24.80	27.80	30.00	30.20	30.60	30.40	30.30	31.80	31.00	30.00	28.20	27.00	25.80	25.60	24.80	24.00	23.20
19	22.20	22.00	21.80	21.20	21.00	24.00	26.20	29.40	32.80	34.00	36.00	33.10	32.80	33.00	34.00	33.00	31.50	29.00	26.90	26.50	26.00	25.00	24.30	23.80
20	23.20	22.90	22.20	21.70	21.90	21.00	22.30	25.00	29.00	31.70	32.00	32.80	31.20	30.60	30.60	30.20	29.00	27.00	26.20	26.00	25.20	24.00	24.30	23.80
21	23.20	22.20	25.00	24.00	22.30	22.20	22.80	25.10	28.00	29.10	29.50	30.00	29.70	29.60	28.10	28.10	27.60	26.70	25.30	25.00	24.60	23.60	24.40	23.30
22	22.70	22.70	23.00	22.70	22.20	22.00	23.60	25.00	27.70	28.00	28.30	28.30	28.20	28.20	27.70	27.00	26.00	25.20	24.00	23.50	22.80	22.10	21.80	21.30
23	21.00	20.00	20.00	19.90	19.00	19.00	20.40	23.50	27.00	28.00	28.00	28.00	27.60	26.60	27.00	26.80	26.00	25.00	24.00	23.10	23.00	22.00	21.70	21.50
24	21.00	20.50	20.10	19.80	19.00	19.00	19.60	22.50	25.10	27.00	28.10	25.30	25.20	24.70	24.70	25.00	24.60	23.80	22.50	21.80	21.20	20.20	19.80	19.00
25	18.00	17.90	17.20	17.50	16.60	16.40	19.00	19.00	24.90	27.00	27.90	28.00	28.00	27.80	26.70	26.00	25.50	24.50	23.00	22.00	21.40	21.10	20.50	20.00
26	19.50	19.40	19.30	19.00	18.70	18.30	19.40	21.00	25.00	27.00	27.80	27.20	27.50	27.90	27.00	26.80	26.00	25.00	23.50	23.00	22.00	21.20	20.80	20.00
27	19.80	19.40	18.20	18.10	18.00	18.00	20.80	24.00	26.40	28.50	28.00	28.00	28.00	28.00	27.60	27.00	26.20	25.00	23.80	23.20	22.80	22.20	21.60	21.60
28	21.20	20.60	20.80	20.50	20.80	21.80	22.20	25.20	27.80	29.00	31.00	29.80	29.80	29.20	28.40	27.00	26.40	25.30	24.40	21.00	20.20	22.00	20.00	20.00
29	19.50	18.40	19.00	18.50	20.00	20.00	21.20	24.00	26.00	27.00	28.20	29.60	30.40	30.60	30.80	27.80	26.80	25.60	24.80	24.80	24.00	22.00	22.00	21.60
30	21.00	21.00	21.20	20.80	20.00	20.00	20.40	24.00	26.00	27.00	28.00	27.60	27.20	27.00	27.00	26.40	25.20	24.20	23.20	23.00	21.80	21.00	20.80	20.40

Ek 1.17 – Eylül ayı saatlik sıcaklık tablosu

EYLÜL AYI GÜNLÜK SICAKLIK EĞRİSİ



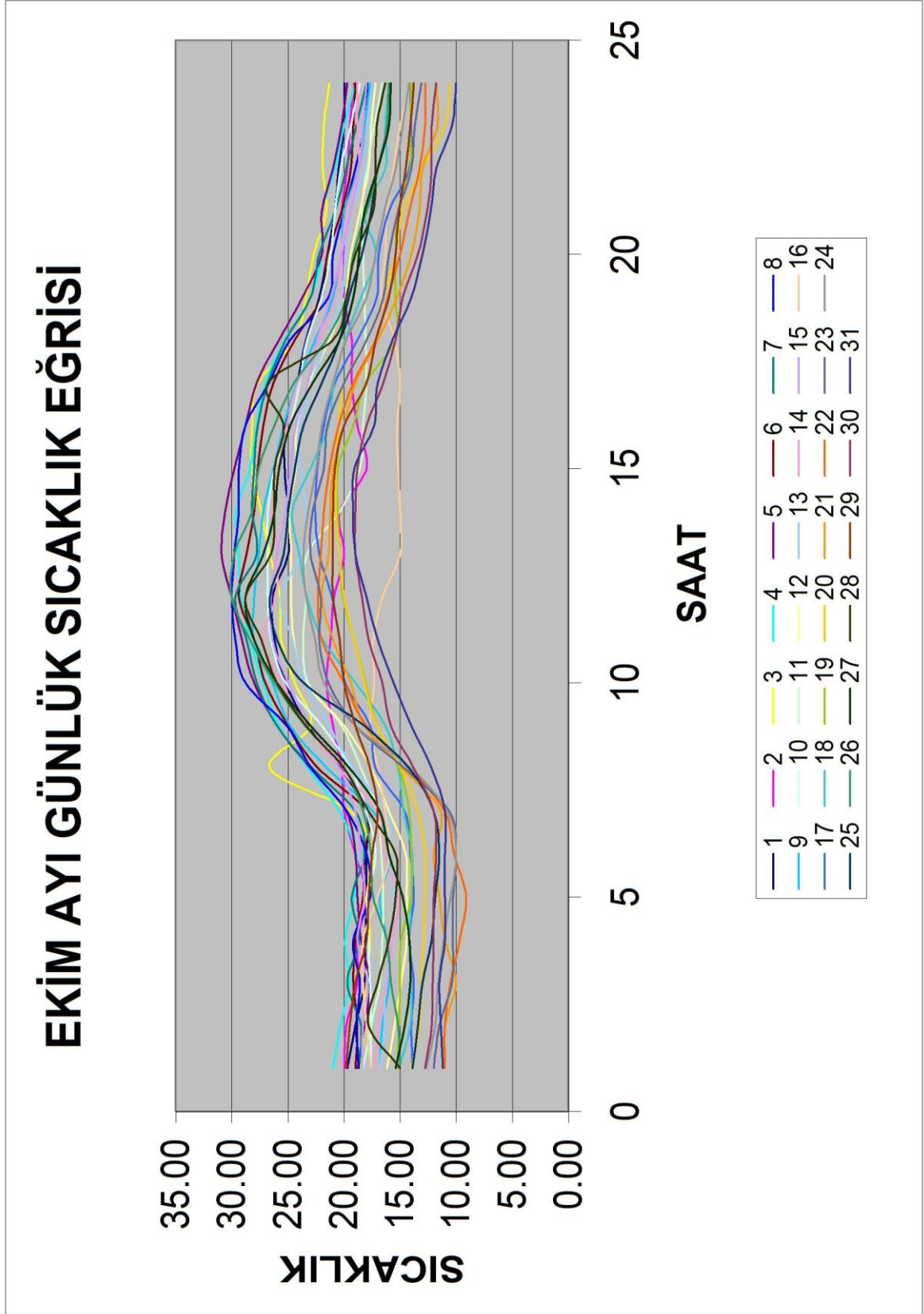
Ek 1.18 – Eylül ayı günlük sıcaklık eğrileri

İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : EKİM

SAATLİK SICAKLIK

SAAT	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
GÜN	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	19.70	19.00	18.20	18.10	18.00	18.00	18.00	20.30	23.20	25.20	26.20	26.40	25.00	25.00	25.30	25.20	24.20	23.40	22.20	21.50	20.80	20.50	20.00	20.00
2	20.00	19.80	18.80	18.80	18.00	19.00	20.00	20.20	21.00	21.60	21.20	20.90	20.00	20.40	18.00	18.80	19.30	19.30	20.00	20.20	20.20	19.70	19.50	19.10
3	18.60	18.20	18.00	17.70	18.00	17.50	19.40	26.60	23.00	24.40	25.60	25.70	26.60	27.40	28.20	28.20	27.70	24.40	23.40	22.70	21.60	21.90	21.80	21.30
4	21.00	20.30	19.50	19.90	19.10	18.90	20.40	23.20	25.80	27.20	28.40	29.20	29.40	29.60	28.40	27.80	27.00	25.30	23.70	22.00	22.00	20.80	20.00	19.00
5	18.80	18.20	17.70	18.50	18.80	19.00	19.80	23.00	26.00	28.00	29.10	30.00	30.90	30.60	29.80	28.80	27.80	25.80	23.00	22.00	22.00	21.00	20.20	19.70
6	19.00	18.80	19.20	19.00	18.30	18.20	18.00	22.30	25.00	27.00	28.00	29.40	28.70	28.00	27.70	27.20	26.30	24.40	22.00	21.50	20.20	19.40	19.20	19.00
7	18.70	18.50	19.70	18.70	19.30	18.20	19.00	22.80	26.00	27.80	28.70	29.70	27.80	28.20	28.00	27.70	26.80	25.20	23.00	22.20	20.80	19.80	18.90	18.00
8	18.70	18.90	18.60	19.20	17.70	18.00	19.70	22.90	25.10	28.80	29.70	30.00	29.80	29.40	29.40	28.80	26.70	24.80	21.40	21.00	20.00	19.00	18.20	17.90
9	16.80	16.60	16.00	16.20	16.80	15.80	17.40	21.50	24.80	26.40	28.00	28.00	27.60	27.20	26.30	25.40	24.20	22.60	21.00	20.20	20.00	18.70	18.20	17.70
10	17.60	17.60	17.70	17.80	17.90	17.20	18.00	19.40	22.00	25.20	26.50	26.80	26.80	26.80	26.20	24.80	24.00	23.30	22.00	21.20	20.80	20.30	19.40	18.60
11	18.30	17.60	16.80	16.60	16.50	16.70	17.00	18.50	20.20	23.20	23.60	23.40	23.30	20.40	18.60	18.30	18.00	18.10	18.20	18.30	18.40	18.00	17.30	16.60
12	16.20	15.50	14.90	14.40	14.40	14.50	16.00	17.60	20.00	23.40	24.50	24.70	24.70	24.90	24.30	24.20	23.10	21.30	19.90	19.40	18.60	17.80	17.60	17.20
13	16.80	16.40	16.30	15.60	15.60	15.80	16.20	19.20	21.30	23.50	24.60	25.60	23.90	23.40	23.90	24.00	22.90	21.60	20.20	19.90	19.40	18.10	17.80	17.50
14	17.20	16.90	16.20	15.70	15.20	16.40	17.10	20.40	23.30	25.60	27.20	26.10	25.90	26.40	25.90	25.10	24.10	22.20	20.80	20.20	19.80	18.70	18.80	18.80
15	18.40	18.30	17.90	18.80	18.20	18.50	19.00	20.40	23.00	25.00	26.40	26.50	26.00	25.20	24.80	24.30	23.20	22.40	21.20	20.20	19.40	18.70	18.30	18.00
16	17.60	18.00	18.30	18.30	17.00	15.90	16.30	17.00	17.70	17.30	17.40	16.60	15.00	15.00	15.20	15.30	15.00	15.50	16.70	16.30	16.20	15.60	15.00	14.00
17	13.90	14.00	13.80	14.20	13.80	14.10	14.60	17.20	17.70	19.90	20.40	21.10	22.20	22.60	22.40	21.80	20.80	18.80	17.10	16.90	16.00	14.20	14.00	14.10
18	15.10	14.10	14.00	14.20	14.00	13.90	14.70	15.20	16.30	19.00	21.90	23.30	24.00	24.60	23.00	21.40	20.90	19.90	18.50	17.20	18.20	16.30	16.30	16.00
19	15.30	15.10	15.00	14.90	14.00	14.00	14.20	15.10	17.10	18.10	19.10	20.10	20.40	20.60	20.60	19.20	18.10	15.40	15.40	15.40	15.20	14.10	14.10	14.00
20	14.00	13.30	13.10	12.90	12.80	12.80	13.40	14.90	17.10	18.20	19.10	20.00	20.40	20.70	20.70	20.50	20.00	18.00	16.50	15.40	14.80	13.00	11.00	10.50
21	11.10	11.00	10.00	11.00	11.50	12.00	11.40	14.80	18.20	19.40	21.00	22.00	21.40	21.20	21.00	20.00	19.00	17.00	15.30	14.00	13.30	13.00	11.70	11.80
22	11.00	11.00	10.50	9.70	9.10	10.20	11.00	14.10	18.00	20.00	22.00	22.30	22.10	21.80	21.30	20.50	19.20	17.20	16.10	15.00	14.20	13.30	12.80	12.80
23	12.00	11.50	10.40	10.30	10.30	10.00	10.80	14.60	19.00	21.40	22.20	22.10	23.00	22.80	21.80	21.50	20.00	18.00	16.50	16.00	15.20	14.00	13.70	13.10
24	12.70	11.90	11.60	11.10	10.50	10.00	10.80	14.00	19.00	21.80	22.60	23.40	23.60	23.20	22.50	22.00	21.00	19.80	18.00	17.20	16.40	15.40	14.80	14.20
25	13.90	13.40	13.00	12.20	11.90	11.50	12.00	14.20	18.20	23.60	26.00	26.60	25.40	25.00	24.40	23.60	22.00	20.40	19.60	18.40	17.60	17.00	16.00	16.00
26	15.00	15.20	15.80	16.20	17.40	17.60	18.30	20.00	23.50	26.20	28.40	30.00	29.80	28.20	27.60	26.20	24.50	21.60	19.80	19.20	18.00	17.00	16.20	16.00
27	15.40	14.60	14.10	14.20	14.80	16.00	16.80	19.50	23.00	26.00	28.00	28.80	27.20	26.20	25.80	24.80	22.80	20.40	19.20	18.70	18.20	17.00	16.00	15.80
28	15.00	17.80	17.00	16.00	15.40	15.40	17.80	20.00	23.40	26.00	27.40	28.80	26.50	26.20	26.20	25.40	26.80	21.00	19.80	19.00	17.40	17.20	17.10	16.30
29	19.80	19.50	19.00	18.00	17.80	17.50	17.00	17.70	19.00	20.00	20.40	21.00	21.00	21.00	20.80	20.00	18.00	17.20	16.00	15.40	15.10	14.50	14.10	13.80
30	12.80	12.20	12.10	12.00	12.00	11.80	12.00	13.80	15.80	16.60	17.80	18.40	19.00	19.00	18.80	18.00	16.50	15.40	14.80	13.40	12.60	12.20	12.20	11.80
31	11.20	11.40	11.50	11.00	11.00	11.00	11.00	12.20	14.00	15.60	17.00	18.00	19.00	19.20	19.10	17.30	17.00	15.70	14.00	13.00	12.30	11.80	10.40	10.00

Ek 1.19 – Ekim ayı saatlik sıcaklık tablosu



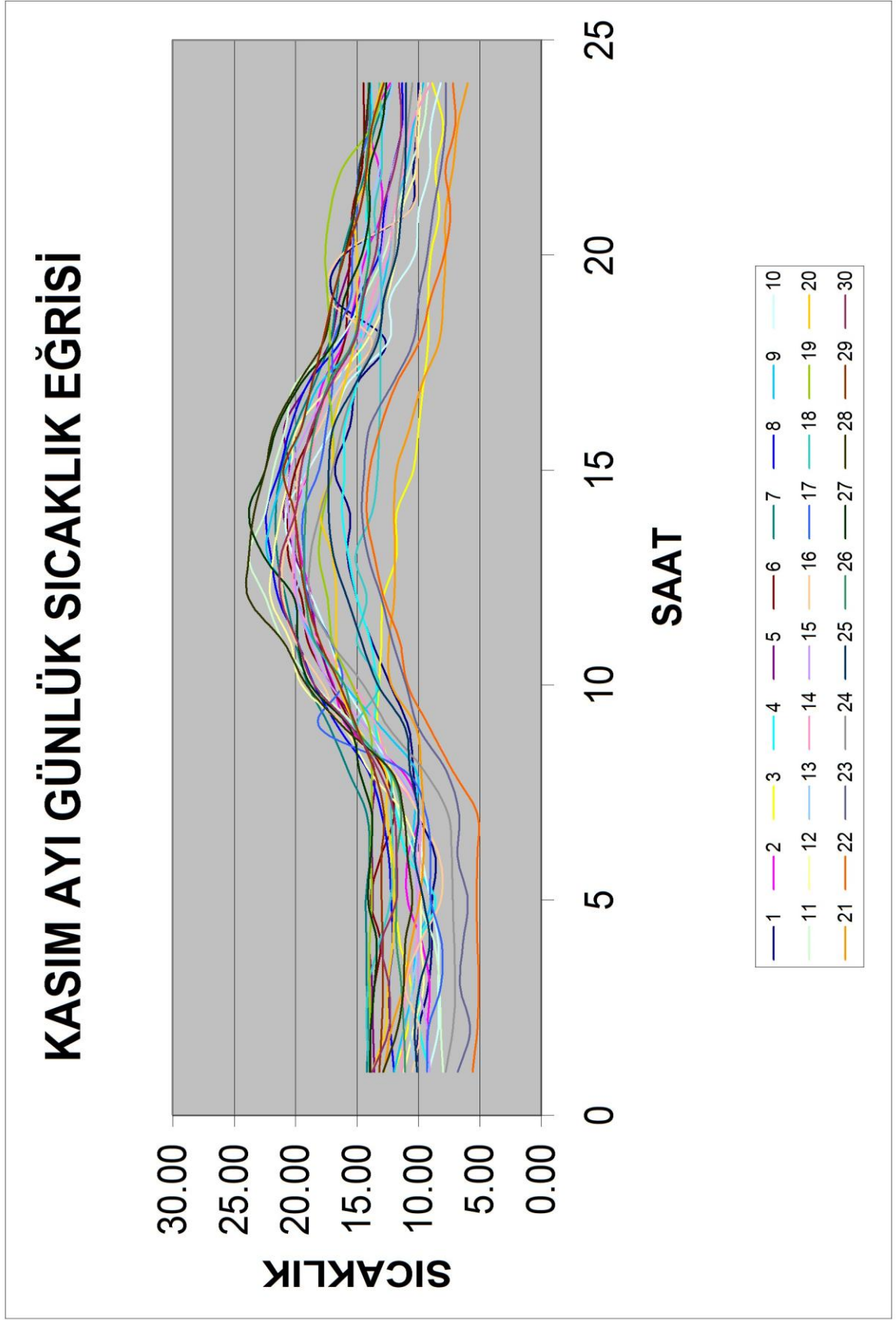
Ek 1.20 – Ekim ayı günlük sıcaklık eğrileri

İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : KASIM

SAATLİK SICAKLIK

SAAT GÜN	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	ort
1	10.20	10.00	9.20	8.90	8.90	8.60	10.00	10.40	10.80	12.30	13.80	15.00	15.80	15.60	16.80	15.60	15.00	12.70	16.90	16.10	10.80	10.40	10.10	10.00	12.20
2	9.20	9.30	9.10	9.70	10.90	10.90	10.00	11.30	15.70	16.90	18.20	18.70	19.60	20.00	19.00	18.50	17.80	16.00	15.10	14.30	13.00	13.20	14.00	12.30	14.30
3	12.00	10.90	10.60	11.50	11.90	12.30	12.10	12.20	13.30	13.20	13.00	12.90	11.80	11.80	10.40	10.00	9.60	9.20	9.20	9.00	8.30	8.60	8.00	8.90	10.90
4	9.10	9.90	10.00	10.00	8.60	10.90	11.80	12.60	13.50	13.40	13.90	15.00	15.70	16.20	16.00	16.00	15.00	14.70	14.40	14.10	14.20	14.00	13.80	13.90	13.20
5	13.60	13.70	13.80	14.00	13.70	13.80	13.80	13.60	15.00	17.00	18.10	18.90	20.00	21.00	20.50	20.90	19.00	17.20	16.40	15.40	15.20	14.80	14.20	14.00	16.20
6	13.90	13.90	13.60	13.10	13.90	13.10	12.00	12.80	15.20	17.20	19.00	19.50	20.60	20.60	20.00	18.50	17.30	16.00	15.80	15.60	15.40	14.60	14.40	14.50	15.90
7	14.20	14.10	14.20	14.20	14.30	14.00	14.20	15.70	17.20	19.00	20.00	20.80	21.50	21.60	21.20	20.00	18.50	17.20	16.70	16.20	15.20	14.30	13.50	12.10	16.70
8	12.00	12.30	12.40	12.10	12.20	12.40	13.00	14.10	16.50	18.50	19.80	21.40	22.00	22.40	21.30	20.40	19.00	16.30	14.90	13.20	12.80	12.10	11.30	11.30	15.60
9	12.00	11.20	10.40	10.20	9.00	10.40	10.30	10.20	13.00	16.00	18.50	20.00	22.30	21.90	20.80	19.50	18.00	14.70	13.20	12.40	12.00	11.00	10.40	9.60	14.00
10	9.20	8.40	8.40	8.40	9.00	9.70	10.00	12.20	14.00	16.00	17.20	18.60	20.20	20.80	19.00	17.00	15.80	12.40	12.30	10.30	10.00	9.10	9.00	8.20	12.70
11	8.00	8.20	8.30	8.70	10.00	10.30	11.60	12.60	15.00	18.50	21.00	22.40	23.80	22.50	21.80	20.80	20.00	16.50	14.50	12.80	11.80	10.70	9.60	9.20	14.50
12	11.20	10.40	9.60	9.80	9.80	10.00	11.20	14.00	16.00	19.50	20.40	22.00	21.80	21.20	20.40	19.80	17.00	14.20	12.60	11.80	11.40	10.20	10.00	9.80	14.30
13	10.20	10.70	10.50	10.00	10.00	10.20	10.00	11.80	15.20	18.50	19.70	20.00	19.20	19.30	19.30	18.00	16.50	15.40	14.70	14.00	14.00	13.20	12.80	12.10	14.40
14	11.40	11.20	11.00	10.20	10.00	9.90	10.00	12.30	13.30	15.30	18.10	20.00	20.20	20.20	19.00	18.20	17.00	14.70	13.80	12.50	12.00	11.20	10.60	9.00	13.80
15	9.10	9.30	10.00	10.00	10.10	10.20	9.90	11.80	14.20	17.20	18.80	19.90	20.10	20.60	20.40	19.00	17.10	15.20	13.20	13.00	12.60	12.10	11.20	11.10	14.00
16	10.50	9.90	11.10	9.90	8.20	8.30	10.00	12.10	16.00	17.80	20.00	21.00	21.00	19.90	19.80	18.00	16.20	13.80	17.30	16.30	10.80	10.10	10.20	9.80	14.10
17	9.30	9.20	8.20	8.10	9.00	9.00	9.40	11.10	18.00	16.20	17.10	19.00	19.30	19.40	18.10	17.50	17.00	16.90	15.50	15.40	15.00	14.90	14.00	14.20	14.20
18	14.00	14.20	14.10	13.20	12.30	12.10	12.20	12.40	15.00	13.20	15.00	14.20	15.10	13.80	13.30	13.20	13.10	13.10	13.00	13.20	13.60	13.00	13.00	13.20	13.40
19	14.00	13.90	14.00	14.00	13.80	13.90	13.80	13.80	14.00	15.40	17.00	17.40	18.10	17.80	17.00	17.00	17.30	17.20	17.40	17.60	17.20	16.20	13.80	12.80	15.60
20	13.80	12.70	12.50	12.10	12.00	12.10	12.60	12.70	15.00	16.50	16.70	16.70	17.00	18.00	17.00	17.00	16.00	15.20	15.00	15.00	15.20	14.00	13.80	13.00	14.60
21	12.80	12.20	11.20	10.60	9.90	9.60	9.60	9.80	10.20	12.20	12.40	12.00	11.90	12.00	11.80	10.70	9.70	8.30	8.00	7.80	7.80	7.20	6.80	6.00	10.00
22	5.60	5.20	5.10	5.20	5.30	5.20	5.20	7.20	9.10	10.90	11.50	12.80	13.60	14.20	14.00	13.10	11.80	9.90	9.00	7.90	7.40	7.80	7.00	7.20	8.80
23	6.80	5.80	6.60	6.40	6.00	6.80	6.70	7.70	10.00	11.00	12.10	13.00	14.10	14.60	14.40	14.00	12.10	10.40	10.00	9.30	8.80	8.20	7.80	7.80	9.60
24	7.80	7.20	7.00	7.10	7.20	7.30	7.60	9.50	12.40	14.50	17.10	18.80	18.80	18.00	17.00	16.20	15.10	13.50	12.70	12.00	11.80	11.40	10.90	10.50	12.10
25	10.10	10.30	9.90	9.10	9.60	10.30	10.00	10.70	11.10	13.30	14.60	15.80	16.90	17.30	17.30	16.90	15.10	13.30	12.80	11.80	11.40	11.10	11.00	11.00	12.50
26	11.10	11.20	11.40	11.80	11.80	11.80	11.40	12.30	15.10	16.00	18.40	19.20	19.30	19.20	19.00	18.40	17.30	15.30	14.60	14.00	14.10	14.30	14.00	14.10	14.80
27	14.00	13.90	13.60	13.40	14.10	13.90	13.80	14.80	15.60	18.80	19.80	20.10	22.60	23.80	22.50	21.50	19.60	16.80	16.00	14.60	14.00	14.00	13.00	12.60	16.50
28	12.90	11.70	11.20	11.10	10.50	10.90	11.20	12.20	16.00	19.10	21.00	23.80	23.80	23.40	22.50	21.70	19.80	17.70	17.00	16.00	15.20	14.80	14.30	14.00	16.30
29	13.20	13.00	12.90	12.90	13.00	13.00	12.80	13.60	15.00	16.40	18.00	19.10	19.70	20.10	21.00	19.50	18.70	17.80	17.00	16.00	14.80	14.20	13.80	12.80	15.80
30	13.80	12.40	12.40	13.00	11.80	11.80	12.00	13.20	15.40	18.50	19.80	21.20	21.20	20.00	19.60	18.70	17.10	15.20	14.50	13.50	13.00	12.00	11.40	11.60	15.10

Ek 1.21 – Kasım ayı saatlik sıcaklık tablosu



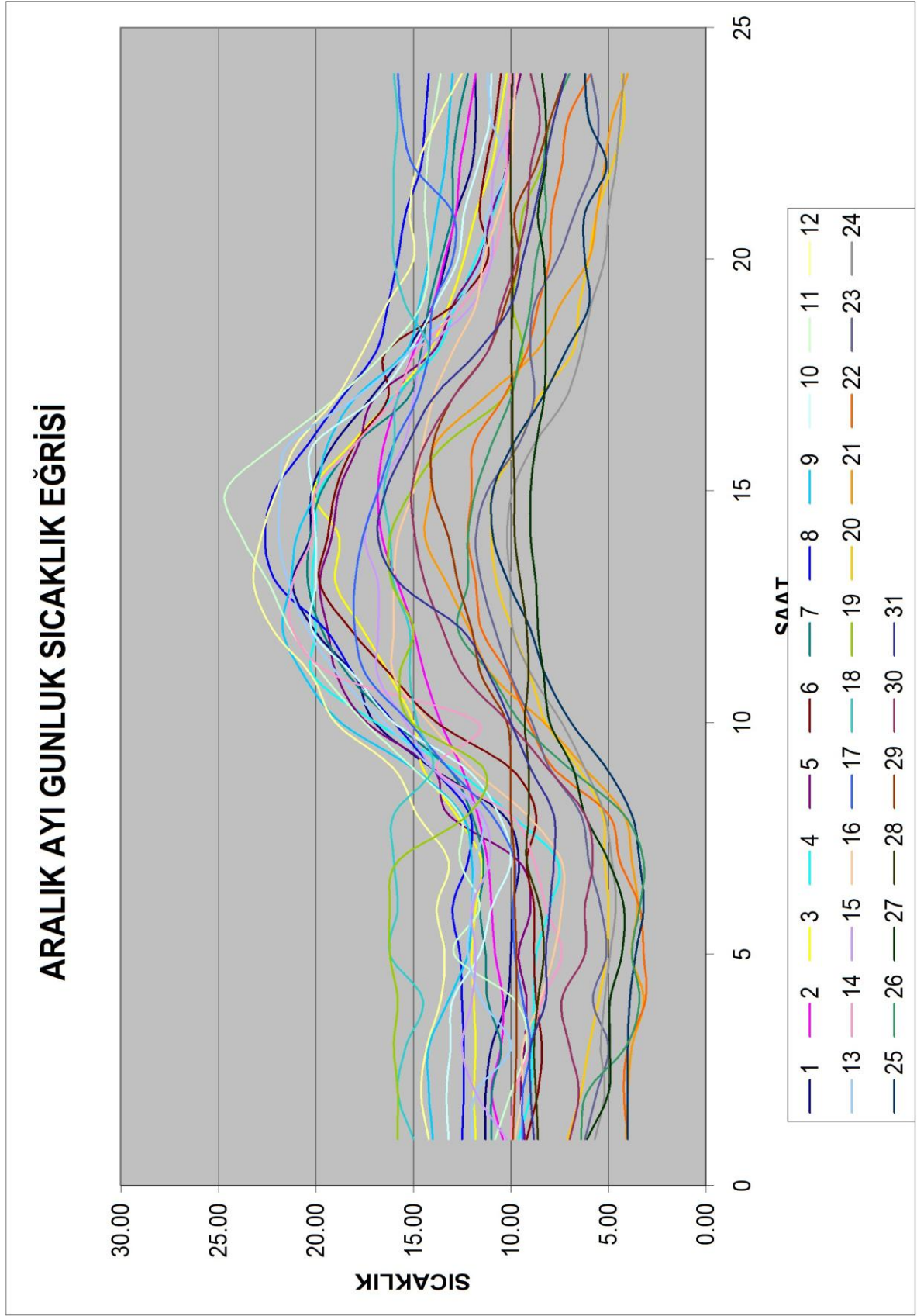
Ek 1.22 – Kasım ayı günlük sıcaklık eğrileri

İSTASYON ADI : ANTALYA
 İSTASYON NO : 17300
 YIL : 2005
 AY : ARALIK

SAATLİK SICAKLIK

SAAT	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	ort
GÜN	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1	11.30	11.30	11.00	10.20	10.00	9.90	9.60	10.40	14.00	17.00	18.00	20.10	21.20	20.30	20.20	19.10	17.20	15.40	14.00	13.30	12.80	12.00	11.80	11.80	14.20
2	10.40	11.00	10.50	10.40	10.80	11.00	11.20	11.70	12.50	13.60	14.40	15.00	15.80	16.60	16.80	16.50	15.80	15.00	14.00	13.40	12.80	12.60	12.20	11.80	13.20
3	11.80	11.90	11.80	11.90	12.00	11.80	11.50	12.80	14.50	15.00	16.20	17.60	19.00	18.80	20.10	18.20	16.10	14.20	13.20	12.40	11.80	11.00	10.60	10.20	13.90
4	9.60	9.00	8.90	8.80	8.70	8.00	7.60	10.00	13.00	16.90	20.10	20.00	20.20	20.00	19.80	18.00	16.10	13.80	12.80	11.80	10.90	10.20	10.00	9.70	13.10
5	9.30	9.50	9.30	9.20	9.60	9.00	9.60	13.20	14.00	17.40	18.90	19.40	19.80	19.20	18.80	17.80	17.00	14.00	13.00	11.60	11.00	10.20	10.00	9.50	13.40
6	9.20	8.60	8.40	8.70	8.80	8.80	9.20	8.70	10.00	13.80	16.10	18.20	19.80	19.40	19.00	18.00	16.30	16.40	13.00	11.20	11.60	11.30	10.80	10.50	12.70
7	11.00	11.00	10.50	11.20	11.30	11.60	11.40	12.00	13.20	16.00	18.30	19.70	20.40	20.30	19.70	18.00	15.30	14.60	14.20	13.60	13.00	13.00	12.70	12.20	14.30
8	12.50	12.40	12.40	12.50	12.60	13.00	12.20	12.10	14.00	16.00	18.00	19.50	22.00	22.60	22.10	20.40	18.70	16.90	16.30	15.80	15.40	14.60	14.40	14.20	15.90
9	14.00	14.20	14.20	13.20	12.20	12.00	12.00	12.50	15.00	18.70	20.60	21.70	21.30	21.00	20.00	19.40	18.00	15.40	14.70	14.20	13.80	13.40	13.20	13.00	15.70
10	13.20	13.30	13.10	13.00	11.60	11.00	10.00	10.60	12.30	16.00	18.00	20.20	20.00	20.00	20.20	20.10	17.00	15.20	13.90	12.70	12.40	11.70	11.10	11.00	14.50
11	10.80	10.00	9.20	9.80	12.90	11.60	12.60	12.60	15.00	17.50	19.60	21.30	22.40	23.80	24.60	22.00	19.00	16.40	14.60	14.20	14.40	14.30	14.00	13.60	15.70
12	14.20	14.60	14.30	13.60	13.40	13.80	13.20	14.80	16.00	19.00	20.20	22.20	23.20	22.80	22.00	21.00	19.00	17.60	16.40	15.00	15.20	14.80	13.80	12.50	16.80
13	12.00	11.80	10.00	11.50	12.20	12.00	11.80	11.50	14.00	16.50	18.80	20.40	21.40	21.90	21.80	21.40	18.00	15.20	12.80	11.50	11.20	10.20	11.00	11.20	14.60
14	10.00	9.80	9.00	8.40	7.40	8.20	8.80	10.00	13.80	11.70	19.00	21.20	21.20	20.20	20.00	18.00	16.00	14.80	12.50	11.00	10.40	10.20	10.20	10.00	13.00
15	10.20	11.80	12.50	12.00	11.80	12.00	11.10	11.50	14.00	15.40	16.80	16.80	16.80	17.50	16.80	15.50	15.00	14.40	12.00	11.00	11.00	10.80	10.00	9.80	13.20
16	9.80	9.40	9.00	8.50	7.80	7.40	7.40	9.20	12.00	14.20	16.00	16.00	16.00	15.80	15.00	14.50	14.00	13.00	11.80	11.40	10.60	10.00	9.90	9.70	11.60
17	9.40	9.40	9.00	9.40	9.80	9.90	9.80	11.00	13.20	15.20	17.40	18.00	18.00	17.60	16.00	16.00	14.80	14.20	14.00	13.00	13.00	15.00	15.60	15.80	13.60
18	15.00	15.80	15.40	14.50	16.20	15.80	16.00	16.00	14.00	14.80	15.20	15.20	16.00	16.20	16.50	16.00	15.80	14.20	15.40	16.00	16.00	16.00	15.80	16.00	15.60
19	15.80	15.80	16.00	15.80	16.20	16.20	15.80	12.20	11.40	15.10	15.70	15.00	16.10	16.20	15.10	13.40	10.40	9.40	9.90	9.60	9.40	8.40	7.80	7.20	13.10
20	7.10	6.40	6.00	5.50	5.10	5.00	5.20	5.30	6.50	8.20	9.00	9.90	10.70	11.00	10.90	9.60	8.60	6.80	6.50	6.00	5.60	4.80	4.20	4.30	7.00
21	4.10	4.00	3.80	3.20	3.80	3.50	3.80	4.20	6.20	8.30	10.90	12.10	13.30	14.40	14.10	13.90	11.40	8.70	7.50	6.00	5.60	5.20	4.80	4.00	7.40
22	4.00	4.20	4.00	3.10	3.20	3.40	4.40	5.00	7.80	9.10	10.10	11.50	11.80	12.20	12.00	11.90	10.40	9.20	8.60	8.00	7.90	7.40	7.10	5.90	7.60
23	6.20	5.60	5.00	5.80	5.10	5.40	6.00	6.40	8.00	8.90	10.00	10.80	11.50	11.80	11.20	9.60	8.80	9.00	8.80	7.60	6.70	5.80	5.50	5.90	7.70
24	5.70	5.20	5.40	5.20	4.90	4.60	4.80	5.20	6.20	7.40	8.90	9.90	10.00	10.20	9.90	8.80	7.20	6.40	5.90	5.20	5.00	4.60	4.40	4.20	6.50
25	4.00	4.00	4.00	3.90	3.60	3.20	3.40	3.80	5.10	6.90	8.20	9.00	10.10	10.90	10.90	9.90	8.40	7.20	6.00	6.20	6.20	5.10	6.00	6.20	6.30
26	6.40	6.10	4.10	3.40	3.80	3.40	3.20	4.20	7.00	9.50	11.00	12.70	12.20	11.80	11.00	11.00	10.00	9.50	9.00	8.70	8.20	8.30	8.00	7.00	8.00
27	6.10	5.00	4.90	4.90	4.30	4.20	5.00	6.20	6.80	8.00	8.30	8.60	8.70	9.00	9.00	8.70	8.30	8.20	8.30	8.60	8.60	8.20	8.20	8.40	7.30
28	8.60	8.70	8.80	8.60	8.30	8.50	9.20	9.10	9.10	9.30	9.10	9.20	9.50	9.80	9.80	9.90	9.90	10.00	9.90	9.90	10.00	10.00	10.00	9.90	9.40
29	9.90	9.80	9.70	9.70	9.70	9.80	9.80	10.00	10.00	10.20	11.50	12.00	12.70	13.20	14.00	14.00	13.00	11.20	10.30	9.60	9.80	8.70	8.00	7.20	10.60
30	7.00	6.50	7.00	7.40	6.20	6.20	5.80	6.20	8.10	10.10	12.40	13.50	14.40	14.90	15.10	14.40	13.00	11.20	10.50	9.70	9.20	9.00	8.50	9.00	9.80
31	8.80	9.00	9.00	8.20	8.20	8.00	7.80	7.80	9.00	10.00	11.10	12.50	15.70	16.80	16.40	15.30	14.00	11.70	10.00	9.40	8.80	8.30	7.80	7.20	10.40

Ek 1.23 – Aralık ayı saatlik sıcaklık tablosu



Ek 1.24 – Aralık ayı günlük sıcaklık eğrisi

Ek 2 Entalpi & Entropi Tabloları**Sıcaklığa Göre Düzenlenmiş Doymuş Su ve Su Buharı Tablosu**

Sıcaklık T (°C)	Entalpi			Entropi		
	h_s (kJ/kg)	h_{sb} (kJ/kg)	h_b (kJ/kg)	s_s (kJ/kgK)	s_{sb} (kJ/kgK)	s_b (kJ/kgK)
0	-0,040	2501,600	2501,600	0,000	9,158	9,158
0,1	0,382	2501,360	2501,780	0,002	9,154	9,155
0,2	0,803	2501,120	2501,960	0,003	9,150	9,152
0,3	1,225	2500,880	2502,140	0,005	9,145	9,150
0,4	1,646	2500,640	2502,320	0,006	9,141	9,147
0,5	2,068	2500,400	2502,500	0,008	9,137	9,144
0,6	2,489	2500,160	2502,680	0,009	9,133	9,142
0,7	2,911	2499,920	2502,860	0,011	9,129	9,139
0,8	3,332	2499,680	2503,040	0,012	9,124	9,137
0,9	3,754	2499,440	2503,220	0,014	9,120	9,134
1	4,175	2499,200	2503,400	0,015	9,116	9,131
1,1	4,597	2498,960	2503,580	0,017	9,112	9,129
1,2	5,018	2498,720	2503,760	0,018	9,108	9,126
1,3	5,440	2498,480	2503,940	0,020	9,103	9,123
1,4	5,861	2498,240	2504,120	0,021	9,099	9,121
1,5	6,283	2498,000	2504,300	0,023	9,095	9,118
1,6	6,704	2497,760	2504,480	0,024	9,091	9,115
1,7	7,126	2497,520	2504,660	0,026	9,087	9,113
1,8	7,547	2497,280	2504,840	0,028	9,082	9,110
1,9	7,969	2497,040	2505,020	0,029	9,078	9,107
2	8,390	2496,800	2505,200	0,031	9,074	9,105
2,1	8,812	2496,560	2505,380	0,032	9,070	9,102
2,2	9,233	2496,320	2505,560	0,034	9,066	9,099
2,3	9,655	2496,080	2505,740	0,035	9,062	9,097
2,4	10,076	2495,840	2505,920	0,037	9,057	9,094
2,5	10,493	2495,625	2506,125	0,038	9,053	9,092
2,6	10,914	2495,385	2506,305	0,040	9,049	9,089
2,7	11,336	2495,145	2506,485	0,041	9,045	9,086
2,8	11,757	2494,905	2506,665	0,043	9,041	9,084
2,9	12,179	2494,665	2506,845	0,044	9,037	9,081
3	12,595	2494,450	2507,050	0,046	9,033	9,079
3,1	13,017	2494,210	2507,230	0,047	9,029	9,076
3,2	13,438	2493,970	2507,410	0,049	9,024	9,073
3,3	13,860	2493,730	2507,590	0,050	9,020	9,071
3,4	14,281	2493,490	2507,770	0,052	9,016	9,068
3,5	14,698	2493,275	2507,975	0,053	9,012	9,066
3,6	15,119	2493,035	2508,155	0,055	9,008	9,063
3,7	15,541	2492,795	2508,335	0,057	9,004	9,060
3,8	15,962	2492,555	2508,515	0,058	9,000	9,058
3,9	16,384	2492,315	2508,695	0,060	8,995	9,055
4	16,800	2492,100	2508,900	0,061	8,992	9,053
4,1	17,222	2491,860	2509,080	0,063	8,987	9,050
4,2	17,643	2491,620	2509,260	0,064	8,983	9,047
4,3	18,065	2491,380	2509,440	0,066	8,979	9,045
4,4	18,486	2491,140	2509,620	0,067	8,975	9,042

4,5	18,903	2490,925	2509,825	0,069	8,971	9,040
5	21,005	2489,750	2510,750	0,076	8,951	9,027
5,1	21,427	2489,510	2510,930	0,078	8,947	9,024
5,2	21,848	2489,270	2511,110	0,079	8,942	9,022
5,3	22,270	2489,030	2511,290	0,081	8,938	9,019
5,4	22,691	2488,790	2511,470	0,082	8,934	9,016
5,5	23,108	2488,575	2511,675	0,084	8,931	9,014
5,6	23,529	2488,335	2511,855	0,085	8,926	9,012
5,7	23,951	2488,095	2512,035	0,087	8,922	9,009
5,8	24,372	2487,855	2512,215	0,088	8,918	9,006
5,9	24,794	2487,615	2512,395	0,090	8,914	9,004
6	25,210	2487,400	2512,600	0,091	8,910	9,002
6,1	25,632	2487,160	2512,780	0,093	8,906	8,999
6,2	26,053	2486,920	2512,960	0,094	8,902	8,996
6,3	26,475	2486,680	2513,140	0,096	8,898	8,994
6,4	26,896	2486,440	2513,320	0,097	8,893	8,991
6,5	27,308	2486,200	2513,500	0,099	8,890	8,989
6,6	27,729	2485,960	2513,680	0,100	8,886	8,986
6,7	28,151	2485,720	2513,860	0,102	8,882	8,984
6,8	28,572	2485,480	2514,040	0,103	8,878	8,981
6,9	28,994	2485,240	2514,220	0,105	8,873	8,978
7	29,405	2485,000	2514,400	0,106	8,870	8,976
7,1	29,827	2484,760	2514,580	0,108	8,866	8,974
7,2	30,248	2484,520	2514,760	0,109	8,862	8,971
7,3	30,670	2484,280	2514,940	0,111	8,858	8,968
7,4	31,091	2484,040	2515,120	0,112	8,853	8,966
7,5	31,503	2483,800	2515,300	0,114	8,850	8,964
7,6	31,924	2483,560	2515,480	0,115	8,846	8,961
7,7	32,346	2483,320	2515,660	0,117	8,842	8,959
7,8	32,767	2483,080	2515,840	0,118	8,837	8,956
7,9	33,189	2482,840	2516,020	0,120	8,833	8,953
8	33,600	2482,600	2516,200	0,121	8,830	8,951
8,1	34,022	2482,360	2516,380	0,123	8,826	8,949
8,2	34,443	2482,120	2516,560	0,124	8,822	8,946
8,3	34,865	2481,880	2516,740	0,126	8,817	8,943
8,4	35,286	2481,640	2516,920	0,127	8,813	8,941
8,5	35,698	2481,425	2517,125	0,129	8,810	8,939
8,6	36,119	2481,185	2517,305	0,130	8,806	8,936
8,7	36,541	2480,945	2517,485	0,132	8,802	8,934
8,8	36,962	2480,705	2517,665	0,133	8,798	8,931
8,9	37,384	2480,465	2517,845	0,135	8,793	8,928
9	37,795	2480,250	2518,050	0,136	8,791	8,927
9,1	38,217	2480,010	2518,230	0,138	8,786	8,924
9,2	38,638	2479,770	2518,410	0,139	8,782	8,921
9,3	39,060	2479,530	2518,590	0,141	8,778	8,919
9,4	39,481	2479,290	2518,770	0,142	8,774	8,916
9,5	39,893	2479,075	2518,975	0,144	8,771	8,914
9,6	40,314	2478,835	2519,155	0,145	8,767	8,912
9,7	40,736	2478,595	2519,335	0,147	8,762	8,909
9,8	41,157	2478,355	2519,515	0,148	8,758	8,906
9,9	41,579	2478,115	2519,695	0,150	8,754	8,904

10	41,990	2477,900	2519,900	0,151	8,751	8,902
10,1	42,412	2477,660	2520,080	0,153	8,747	8,899
10,2	42,833	2477,420	2520,260	0,154	8,743	8,897
10,3	43,255	2477,180	2520,440	0,156	8,738	8,894
10,4	43,676	2476,940	2520,620	0,157	8,734	8,891
10,5	44,088	2476,725	2520,825	0,158	8,732	8,890
10,52	44,172	2476,677	2520,861	0,159	8,731	8,889
10,58	44,425	2476,533	2520,969	0,160	8,728	8,888
10,6	44,509	2476,485	2521,005	0,160	8,727	8,887
10,7	44,931	2476,245	2521,185	0,161	8,723	8,885
10,8	45,352	2476,005	2521,365	0,163	8,719	8,882
10,9	45,774	2475,765	2521,545	0,164	8,715	8,879
11	46,185	2475,550	2521,750	0,166	8,712	8,878
11,1	46,607	2475,310	2521,930	0,167	8,708	8,875
11,2	47,028	2475,070	2522,110	0,169	8,704	8,873
11,3	47,450	2474,830	2522,290	0,170	8,699	8,870
11,4	47,871	2474,590	2522,470	0,172	8,695	8,867
11,5	48,283	2474,375	2522,675	0,173	8,693	8,866
11,6	48,704	2474,135	2522,855	0,175	8,688	8,863
11,7	49,126	2473,895	2523,035	0,176	8,684	8,860
11,8	49,547	2473,655	2523,215	0,178	8,680	8,858
11,9	49,969	2473,415	2523,395	0,179	8,676	8,855
12	50,380	2473,200	2523,600	0,181	8,673	8,854
12,1	50,802	2472,960	2523,780	0,182	8,669	8,851
12,2	51,223	2472,720	2523,960	0,184	8,665	8,848
12,3	51,645	2472,480	2524,140	0,185	8,661	8,846
12,4	52,066	2472,240	2524,320	0,187	8,656	8,843
12,5	52,473	2472,025	2524,500	0,188	8,654	8,842
12,6	52,894	2471,785	2524,680	0,189	8,650	8,839
12,7	53,316	2471,545	2524,860	0,191	8,645	8,836
12,8	53,737	2471,305	2525,040	0,192	8,641	8,834
12,9	54,159	2471,065	2525,220	0,194	8,637	8,831
13	54,565	2470,850	2525,400	0,195	8,635	8,830
13,1	54,987	2470,610	2525,580	0,197	8,630	8,827
13,2	55,408	2470,370	2525,760	0,198	8,626	8,825
13,3	55,830	2470,130	2525,940	0,200	8,622	8,822
13,4	56,251	2469,890	2526,120	0,201	8,618	8,819
13,5	56,658	2469,675	2526,300	0,202	8,615	8,818
13,6	57,079	2469,435	2526,480	0,204	8,611	8,815
13,7	57,501	2469,195	2526,660	0,206	8,607	8,813
13,8	57,922	2468,955	2526,840	0,207	8,603	8,810
13,9	58,344	2468,715	2527,020	0,209	8,599	8,807
14	58,750	2468,500	2527,200	0,210	8,596	8,806
14,1	59,172	2468,260	2527,380	0,211	8,592	8,803
14,2	59,593	2468,020	2527,560	0,213	8,588	8,801
14,3	60,015	2467,780	2527,740	0,214	8,584	8,798
14,4	60,436	2467,540	2527,920	0,216	8,579	8,795
14,5	60,845	2467,325	2528,125	0,217	8,577	8,794
14,6	61,267	2467,085	2528,305	0,219	8,573	8,792
14,7	61,688	2466,845	2528,485	0,220	8,569	8,789
14,8	62,110	2466,605	2528,665	0,222	8,565	8,786

14,9	62,531	2466,365	2528,845	0,223	8,561	8,784
15	62,940	2466,150	2529,050	0,224	8,558	8,783
15,1	63,362	2465,910	2529,230	0,226	8,554	8,780
15,2	63,783	2465,670	2529,410	0,227	8,550	8,777
15,3	64,205	2465,430	2529,590	0,229	8,546	8,775
15,4	64,626	2465,190	2529,770	0,230	8,542	8,772
15,5	65,035	2464,975	2529,975	0,232	8,539	8,771
15,6	65,457	2464,735	2530,155	0,233	8,535	8,768
15,7	65,878	2464,495	2530,335	0,235	8,531	8,766
15,8	66,300	2464,255	2530,515	0,236	8,527	8,763
15,9	66,721	2464,015	2530,695	0,238	8,523	8,760
16	67,130	2463,800	2530,900	0,239	8,521	8,759
16,1	67,552	2463,560	2531,080	0,240	8,516	8,757
16,2	67,973	2463,320	2531,260	0,242	8,512	8,754
16,3	68,395	2463,080	2531,440	0,243	8,508	8,751
16,4	68,816	2462,840	2531,620	0,245	8,504	8,749
16,5	69,223	2462,600	2531,800	0,246	8,502	8,748
16,6	69,644	2462,360	2531,980	0,248	8,498	8,745
16,7	70,066	2462,120	2532,160	0,249	8,493	8,743
16,8	70,487	2461,880	2532,340	0,251	8,489	8,740
16,9	70,909	2461,640	2532,520	0,252	8,485	8,737
17	71,315	2461,400	2532,700	0,253	8,483	8,736
17,1	71,737	2461,160	2532,880	0,255	8,479	8,734
17,2	72,158	2460,920	2533,060	0,256	8,475	8,731
17,3	72,580	2460,680	2533,240	0,258	8,471	8,728
17,4	73,001	2460,440	2533,420	0,259	8,466	8,726
17,5	73,408	2460,200	2533,600	0,260	8,464	8,725
17,6	73,829	2459,960	2533,780	0,262	8,460	8,722
17,7	74,251	2459,720	2533,960	0,264	8,456	8,720
17,8	74,672	2459,480	2534,140	0,265	8,452	8,717
17,9	75,094	2459,240	2534,320	0,267	8,448	8,714
18	75,500	2459,000	2534,500	0,268	8,446	8,714
18,1	75,922	2458,760	2534,680	0,269	8,442	8,711
18,2	76,343	2458,520	2534,860	0,271	8,437	8,708
18,3	76,765	2458,280	2535,040	0,272	8,433	8,706
18,4	77,186	2458,040	2535,220	0,274	8,429	8,703
18,5	77,590	2457,825	2535,425	0,275	8,427	8,702
18,6	78,012	2457,585	2535,605	0,276	8,423	8,700
18,7	78,433	2457,345	2535,785	0,278	8,419	8,697
18,8	78,855	2457,105	2535,965	0,279	8,415	8,694
18,9	79,276	2456,865	2536,145	0,281	8,411	8,692
19	79,680	2456,650	2536,350	0,282	8,409	8,691
19,1	80,102	2456,410	2536,530	0,284	8,405	8,688
19,2	80,523	2456,170	2536,710	0,285	8,401	8,686
19,3	80,945	2455,930	2536,890	0,287	8,396	8,683
19,4	81,366	2455,690	2537,070	0,288	8,392	8,680
19,5	81,770	2455,475	2537,275	0,289	8,391	8,680
19,6	82,192	2455,235	2537,455	0,291	8,386	8,677
19,7	82,613	2454,995	2537,635	0,292	8,382	8,674
19,8	83,035	2454,755	2537,815	0,294	8,378	8,672
19,9	83,456	2454,515	2537,995	0,295	8,374	8,669

20	83,860	2454,300	2538,200	0,296	8,372	8,668
20,1	84,282	2454,060	2538,380	0,298	8,368	8,666
20,2	84,703	2453,820	2538,560	0,299	8,364	8,663
20,3	85,125	2453,580	2538,740	0,301	8,360	8,660
20,4	85,546	2453,340	2538,920	0,302	8,355	8,658
20,5	85,953	2453,125	2539,100	0,303	8,354	8,657
20,6	86,374	2452,885	2539,280	0,305	8,350	8,655
20,7	86,796	2452,645	2539,460	0,306	8,346	8,652
20,8	87,217	2452,405	2539,640	0,308	8,341	8,649
20,9	87,639	2452,165	2539,820	0,310	8,337	8,647
21	88,045	2451,950	2540,000	0,311	8,336	8,646
21,1	88,467	2451,710	2540,180	0,312	8,332	8,644
21,2	88,888	2451,470	2540,360	0,314	8,327	8,641
21,3	89,310	2451,230	2540,540	0,315	8,323	8,638
21,4	89,731	2450,990	2540,720	0,317	8,319	8,636
21,5	90,138	2450,775	2540,900	0,318	8,318	8,635
21,6	90,559	2450,535	2541,080	0,319	8,313	8,633
21,7	90,981	2450,295	2541,260	0,321	8,309	8,630
21,8	91,402	2450,055	2541,440	0,322	8,305	8,627
21,9	91,824	2449,815	2541,620	0,324	8,301	8,625
22	92,230	2449,600	2541,800	0,325	8,299	8,624
22,1	92,652	2449,360	2541,980	0,326	8,295	8,621
22,2	93,073	2449,120	2542,160	0,328	8,291	8,619
22,3	93,495	2448,880	2542,340	0,329	8,287	8,616
22,4	93,916	2448,640	2542,520	0,331	8,283	8,614
22,5	94,320	2448,425	2542,725	0,332	8,281	8,613
22,6	94,742	2448,185	2542,905	0,333	8,277	8,611
22,7	95,163	2447,945	2543,085	0,335	8,273	8,608
22,8	95,585	2447,705	2543,265	0,336	8,269	8,605
22,9	96,006	2447,465	2543,445	0,338	8,265	8,603
23	96,410	2447,250	2543,650	0,339	8,264	8,602
23,1	96,832	2447,010	2543,830	0,340	8,259	8,600
23,2	97,253	2446,770	2544,010	0,342	8,255	8,597
23,3	97,675	2446,530	2544,190	0,343	8,251	8,594
23,4	98,096	2446,290	2544,370	0,345	8,247	8,592
23,5	98,500	2446,075	2544,575	0,346	8,246	8,591
23,6	98,922	2445,835	2544,755	0,347	8,241	8,589
23,7	99,343	2445,595	2544,935	0,349	8,237	8,586
23,8	99,765	2445,355	2545,115	0,351	8,233	8,584
23,9	100,186	2445,115	2545,295	0,352	8,229	8,581
24	100,590	2444,900	2545,500	0,353	8,228	8,581
24,1	101,012	2444,660	2545,680	0,355	8,223	8,578
24,2	101,433	2444,420	2545,860	0,356	8,219	8,575
24,3	101,855	2444,180	2546,040	0,358	8,215	8,573
24,4	102,276	2443,940	2546,220	0,359	8,211	8,570
24,5	102,680	2443,725	2546,400	0,360	8,210	8,570
24,6	103,102	2443,485	2546,580	0,362	8,206	8,567
24,7	103,523	2443,245	2546,760	0,363	8,202	8,565
24,8	103,945	2443,005	2546,940	0,365	8,197	8,562
24,9	104,366	2442,765	2547,120	0,366	8,193	8,559
25	104,770	2442,550	2547,300	0,367	8,192	8,559

25,1	105,192	2442,310	2547,480	0,369	8,188	8,557
25,2	105,613	2442,070	2547,660	0,370	8,184	8,554
25,3	106,035	2441,830	2547,840	0,372	8,180	8,551
25,4	106,456	2441,590	2548,020	0,373	8,175	8,549
25,5	106,860	2441,375	2548,200	0,374	8,175	8,549
25,6	107,282	2441,135	2548,380	0,376	8,170	8,546
25,7	107,703	2440,895	2548,560	0,377	8,166	8,543
25,8	108,125	2440,655	2548,740	0,379	8,162	8,541
25,9	108,546	2440,415	2548,920	0,380	8,158	8,538
26	108,950	2440,200	2549,100	0,381	8,157	8,538
26,1	109,372	2439,960	2549,280	0,383	8,153	8,535
26,2	109,793	2439,720	2549,460	0,384	8,149	8,533
26,3	110,215	2439,480	2549,640	0,386	8,144	8,530
26,4	110,636	2439,240	2549,820	0,387	8,140	8,527
26,5	111,040	2439,000	2550,000	0,388	8,139	8,527
26,6	111,462	2438,760	2550,180	0,389	8,135	8,525
26,7	111,883	2438,520	2550,360	0,391	8,131	8,522
26,8	112,305	2438,280	2550,540	0,393	8,127	8,519
26,9	112,726	2438,040	2550,720	0,394	8,123	8,517
27	113,130	2437,800	2550,900	0,395	8,122	8,517
27,1	113,552	2437,560	2551,080	0,396	8,118	8,514
27,2	113,973	2437,320	2551,260	0,398	8,114	8,512
27,3	114,395	2437,080	2551,440	0,399	8,109	8,509
27,4	114,816	2436,840	2551,620	0,401	8,105	8,506
27,5	115,220	2436,600	2551,800	0,402	8,105	8,506
27,6	115,642	2436,360	2551,980	0,403	8,100	8,504
27,7	116,063	2436,120	2552,160	0,405	8,096	8,501
27,8	116,485	2435,880	2552,340	0,406	8,092	8,498
27,9	116,906	2435,640	2552,520	0,408	8,088	8,496
28	117,310	2435,400	2552,700	0,409	8,087	8,496
28,1	117,732	2435,160	2552,880	0,410	8,083	8,493
28,2	118,153	2434,920	2553,060	0,412	8,079	8,491
28,3	118,575	2434,680	2553,240	0,413	8,075	8,488
28,4	118,996	2434,440	2553,420	0,415	8,070	8,485
28,5	119,398	2434,225	2553,625	0,416	8,070	8,486
28,6	119,819	2433,985	2553,805	0,417	8,066	8,483
28,7	120,241	2433,745	2553,985	0,419	8,061	8,480
28,8	120,662	2433,505	2554,165	0,420	8,057	8,478
28,9	121,084	2433,265	2554,345	0,422	8,053	8,475
29	121,485	2433,050	2554,550	0,422	8,053	8,475
29,1	121,907	2432,810	2554,730	0,424	8,048	8,473
29,2	122,328	2432,570	2554,910	0,425	8,044	8,470
29,3	122,750	2432,330	2555,090	0,427	8,040	8,467
29,4	123,171	2432,090	2555,270	0,428	8,036	8,465
29,5	123,573	2431,875	2555,475	0,429	8,035	8,465
29,6	123,994	2431,635	2555,655	0,430	8,031	8,462
29,7	124,416	2431,395	2555,835	0,432	8,027	8,460
29,8	124,837	2431,155	2556,015	0,433	8,023	8,457
29,9	125,259	2430,915	2556,195	0,435	8,019	8,454
30	125,660	2430,700	2556,400	0,436	8,018	8,455
30,1	126,082	2430,460	2556,580	0,437	8,014	8,452

30,2	126,503	2430,220	2556,760	0,439	8,010	8,449
30,3	126,925	2429,980	2556,940	0,440	8,006	8,447
30,4	127,346	2429,740	2557,120	0,442	8,001	8,444
30,5	127,750	2429,500	2557,300	0,443	8,001	8,444
30,6	128,172	2429,260	2557,480	0,444	7,997	8,442
30,7	128,593	2429,020	2557,660	0,446	7,993	8,439
30,8	129,015	2428,780	2557,840	0,447	7,989	8,437
30,9	129,436	2428,540	2558,020	0,449	7,984	8,434
31	129,840	2428,300	2558,200	0,450	7,984	8,434
31,1	130,262	2428,060	2558,380	0,451	7,980	8,432
31,2	130,683	2427,820	2558,560	0,453	7,976	8,429
31,3	131,105	2427,580	2558,740	0,454	7,971	8,426
31,4	131,526	2427,340	2558,920	0,456	7,967	8,424
31,5	131,930	2427,100	2559,100	0,457	7,967	8,424
31,6	132,352	2426,860	2559,280	0,458	7,963	8,422
31,7	132,773	2426,620	2559,460	0,460	7,959	8,419
31,8	133,195	2426,380	2559,640	0,461	7,954	8,416
31,9	133,616	2426,140	2559,820	0,463	7,950	8,414
32	134,020	2425,900	2560,000	0,464	7,950	8,414
32,02	134,104	2425,852	2560,036	0,464	7,949	8,413
32,04	134,189	2425,804	2560,072	0,465	7,948	8,413
32,1	134,442	2425,660	2560,180	0,466	7,946	8,411
32,2	134,863	2425,420	2560,360	0,467	7,942	8,409
32,3	135,285	2425,180	2560,540	0,469	7,937	8,406
32,4	135,706	2424,940	2560,720	0,470	7,933	8,403
32,5	136,110	2425,475	2560,900	0,471	7,933	8,404
32,6	136,532	2425,235	2561,080	0,472	7,929	8,401
32,7	136,953	2424,995	2561,260	0,474	7,925	8,399
32,8	137,375	2424,755	2561,440	0,475	7,921	8,396
32,9	137,796	2424,515	2561,620	0,477	7,916	8,393
33	138,200	2425,050	2561,800	0,478	7,916	8,394
33,1	138,622	2424,810	2561,980	0,479	7,912	8,391
33,2	139,043	2424,570	2562,160	0,481	7,908	8,389
33,3	139,465	2424,330	2562,340	0,482	7,904	8,386
33,4	139,886	2424,090	2562,520	0,484	7,900	8,383
33,5	140,290	2424,625	2562,700	0,484	7,900	8,384
33,6	140,712	2424,385	2562,880	0,486	7,895	8,381
33,7	141,133	2424,145	2563,060	0,488	7,891	8,379
33,8	141,555	2423,905	2563,240	0,489	7,887	8,376
33,9	141,976	2423,665	2563,420	0,491	7,883	8,373
34	142,380	2424,200	2563,600	0,491	7,883	8,374
34,1	142,802	2423,960	2563,780	0,493	7,879	8,371
34,2	143,223	2423,720	2563,960	0,494	7,874	8,369
34,3	143,645	2423,480	2564,140	0,496	7,870	8,366
34,4	144,066	2423,240	2564,320	0,497	7,866	8,363
34,5	144,470	2422,250	2564,500	0,498	7,866	8,364
34,6	144,892	2422,010	2564,680	0,500	7,862	8,362
34,7	145,313	2421,770	2564,860	0,501	7,858	8,359
34,8	145,735	2421,530	2565,040	0,503	7,854	8,356
34,9	146,156	2421,290	2565,220	0,504	7,849	8,354
35	146,560	2420,300	2565,400	0,505	7,850	8,354

35,1	146,982	2420,060	2565,580	0,506	7,845	8,352
35,2	147,403	2419,820	2565,760	0,508	7,841	8,349
35,3	147,825	2419,580	2565,940	0,509	7,837	8,346
35,4	148,246	2419,340	2566,120	0,511	7,833	8,344
35,5	148,650	2418,350	2566,300	0,512	7,833	8,345
35,6	149,072	2418,110	2566,480	0,513	7,829	8,342
35,7	149,493	2417,870	2566,660	0,515	7,825	8,339
35,8	149,915	2417,630	2566,840	0,516	7,820	8,337
35,9	150,336	2417,390	2567,020	0,518	7,816	8,334
36	150,740	2416,400	2567,200	0,518	7,816	8,335
36,1	151,162	2416,160	2567,380	0,520	7,812	8,332
36,2	151,583	2415,920	2567,560	0,521	7,808	8,330
36,3	152,005	2415,680	2567,740	0,523	7,804	8,327
36,4	152,426	2415,440	2567,920	0,525	7,800	8,324
36,5	152,828	2415,225	2568,100	0,525	7,800	8,325
36,6	153,249	2414,985	2568,280	0,527	7,796	8,323
36,7	153,671	2414,745	2568,460	0,528	7,792	8,320
36,8	154,092	2414,505	2568,640	0,530	7,787	8,317
36,9	154,514	2414,265	2568,820	0,531	7,783	8,315
37	154,915	2414,050	2569,000	0,532	7,784	8,316
37,1	155,337	2413,810	2569,180	0,533	7,779	8,313
37,2	155,758	2413,570	2569,360	0,535	7,775	8,310
37,3	156,180	2413,330	2569,540	0,536	7,771	8,308
37,4	156,601	2413,090	2569,720	0,538	7,767	8,305
37,5	157,003	2412,875	2569,900	0,539	7,767	8,306
37,6	157,424	2412,635	2570,080	0,540	7,763	8,303
37,7	157,846	2412,395	2570,260	0,542	7,759	8,301
37,8	158,267	2412,155	2570,440	0,543	7,755	8,298
37,9	158,689	2411,915	2570,620	0,545	7,751	8,295
38	159,090	2411,700	2570,800	0,545	7,751	8,296
38,1	159,512	2411,460	2570,980	0,547	7,747	8,294
38,2	159,933	2411,220	2571,160	0,548	7,743	8,291
38,3	160,355	2410,980	2571,340	0,550	7,738	8,288
38,4	160,776	2410,740	2571,520	0,551	7,734	8,286
38,5	161,180	2410,500	2571,700	0,552	7,735	8,287
38,6	161,602	2410,260	2571,880	0,554	7,731	8,284
38,7	162,023	2410,020	2572,060	0,555	7,726	8,281
38,8	162,445	2409,780	2572,240	0,557	7,722	8,279
38,9	162,866	2409,540	2572,420	0,558	7,718	8,276
39	163,270	2409,300	2572,600	0,559	7,719	8,277
39,1	163,692	2409,060	2572,780	0,560	7,714	8,275
39,2	164,113	2408,820	2572,960	0,562	7,710	8,272
39,3	164,535	2408,580	2573,140	0,563	7,706	8,269
39,4	164,956	2408,340	2573,320	0,565	7,702	8,267
39,5	165,360	2408,100	2573,500	0,565	7,702	8,268
39,6	165,782	2407,860	2573,680	0,567	7,698	8,265
39,7	166,203	2407,620	2573,860	0,568	7,694	8,262
39,8	166,625	2407,380	2574,040	0,570	7,690	8,260
39,9	167,046	2407,140	2574,220	0,572	7,686	8,257
40	167,450	2406,900	2574,400	0,572	7,686	8,258
40,1	167,872	2406,660	2574,580	0,574	7,682	8,256

40,2	168,293	2406,420	2574,760	0,575	7,678	8,253
40,3	168,715	2406,180	2574,940	0,577	7,674	8,250
40,4	169,136	2405,940	2575,120	0,578	7,669	8,248
40,5	169,540	2405,700	2575,275	0,579	7,670	8,249
40,6	169,962	2405,460	2575,455	0,580	7,666	8,246
40,7	170,383	2405,220	2575,635	0,582	7,662	8,244
40,8	170,805	2404,980	2575,815	0,583	7,658	8,241
40,9	171,226	2404,740	2575,995	0,585	7,653	8,238
41	171,630	2404,500	2576,150	0,585	7,654	8,240
41,1	172,052	2404,260	2576,330	0,587	7,650	8,237
41,2	172,473	2404,020	2576,510	0,588	7,646	8,234
41,3	172,895	2403,780	2576,690	0,590	7,642	8,232
41,4	173,316	2403,540	2576,870	0,592	7,637	8,229
41,5	173,720	2403,300	2577,025	0,592	7,638	8,230
41,6	174,142	2403,060	2577,205	0,594	7,634	8,228
41,7	174,563	2402,820	2577,385	0,595	7,630	8,225
41,8	174,985	2402,580	2577,565	0,597	7,626	8,222
41,9	175,406	2402,340	2577,745	0,598	7,621	8,220
42	175,810	2402,100	2577,900	0,599	7,622	8,221
42,1	176,232	2401,860	2578,080	0,600	7,618	8,218
42,2	176,653	2401,620	2578,260	0,602	7,614	8,216
42,3	177,075	2401,380	2578,440	0,603	7,610	8,213
42,4	177,496	2401,140	2578,620	0,605	7,605	8,210
42,5	177,900	2400,900	2578,800	0,605	7,606	8,212
42,6	178,322	2400,660	2578,980	0,607	7,602	8,209
42,7	178,743	2400,420	2579,160	0,608	7,598	8,206
42,8	179,165	2400,180	2579,340	0,610	7,594	8,204
42,9	179,586	2399,940	2579,520	0,611	7,590	8,201
43	179,990	2399,700	2579,700	0,612	7,591	8,203
43,1	180,412	2399,460	2579,880	0,613	7,586	8,200
43,2	180,833	2399,220	2580,060	0,615	7,582	8,197
43,3	181,255	2398,980	2580,240	0,617	7,578	8,195
43,4	181,676	2398,740	2580,420	0,618	7,574	8,192
43,5	182,080	2398,500	2580,600	0,619	7,575	8,193
43,6	182,502	2398,260	2580,780	0,620	7,571	8,191
43,7	182,923	2398,020	2580,960	0,622	7,566	8,188
43,8	183,345	2397,780	2581,140	0,623	7,562	8,185
43,9	183,766	2397,540	2581,320	0,625	7,558	8,183
44	184,170	2397,300	2581,500	0,625	7,559	8,184
44,1	184,592	2397,060	2581,680	0,627	7,555	8,182
44,2	185,013	2396,820	2581,860	0,628	7,551	8,179
44,3	185,435	2396,580	2582,040	0,630	7,546	8,176
44,4	185,856	2396,340	2582,220	0,631	7,542	8,174
44,5	186,260	2396,100	2582,500	0,632	7,543	8,175
44,6	186,682	2395,860	2582,680	0,633	7,539	8,173
44,7	187,103	2395,620	2582,860	0,635	7,535	8,170
44,8	187,525	2395,380	2583,040	0,636	7,531	8,167
44,9	187,946	2395,140	2583,220	0,638	7,526	8,165
45	188,350	2394,900	2583,500	0,638	7,527	8,166
45,1	188,772	2394,660	2583,680	0,640	7,523	8,164
45,2	189,193	2394,420	2583,860	0,641	7,519	8,161

45,3	189,615	2394,180	2584,040	0,643	7,515	8,158
45,4	190,036	2393,940	2584,220	0,644	7,511	8,156
45,5	190,440	2393,700	2584,500	0,645	7,512	8,157
45,6	190,862	2393,460	2584,680	0,646	7,507	8,154
45,7	191,283	2393,220	2584,860	0,648	7,503	8,152
45,8	191,705	2392,980	2585,040	0,649	7,499	8,149
45,9	192,126	2392,740	2585,220	0,651	7,495	8,147
46	192,530	2392,500	2585,500	0,651	7,496	8,148
46,1	192,952	2392,260	2585,680	0,653	7,492	8,145
46,2	193,373	2392,020	2585,860	0,654	7,487	8,143
46,3	193,795	2391,780	2586,040	0,656	7,483	8,140
46,4	194,216	2391,540	2586,220	0,658	7,479	8,138
46,5	194,620	2391,300	2586,275	0,658	7,481	8,139
46,6	195,042	2391,060	2586,455	0,659	7,476	8,137
46,7	195,463	2390,820	2586,635	0,661	7,472	8,134
46,8	195,885	2390,580	2586,815	0,663	7,468	8,131
46,9	196,306	2390,340	2586,995	0,664	7,464	8,129
47	196,710	2390,100	2587,050	0,665	7,465	8,130
47,1	197,132	2389,860	2587,230	0,666	7,461	8,128
47,2	197,553	2389,620	2587,410	0,668	7,457	8,125
47,3	197,975	2389,380	2587,590	0,669	7,453	8,122
47,4	198,396	2389,140	2587,770	0,671	7,449	8,120
47,5	198,800	2388,900	2587,825	0,671	7,450	8,121
47,6	199,222	2388,660	2588,005	0,673	7,446	8,119
47,7	199,643	2388,420	2588,185	0,674	7,442	8,116
47,8	200,065	2388,180	2588,365	0,676	7,438	8,113
47,9	200,486	2387,940	2588,545	0,677	7,433	8,111
48	200,890	2387,700	2588,600	0,678	7,435	8,113
48,1	201,312	2387,460	2588,780	0,679	7,431	8,110
48,2	201,733	2387,220	2588,960	0,681	7,427	8,107
48,3	202,155	2386,980	2589,140	0,682	7,422	8,105
48,4	202,576	2386,740	2589,320	0,684	7,418	8,102
48,5	202,983	2386,500	2589,500	0,684	7,420	8,104
48,6	203,404	2386,260	2589,680	0,686	7,416	8,101
48,7	203,826	2386,020	2589,860	0,687	7,411	8,098
48,8	204,247	2385,780	2590,040	0,689	7,407	8,096
48,9	204,669	2385,540	2590,220	0,690	7,403	8,093
49	205,075	2385,300	2590,400	0,691	7,405	8,095
49,1	205,497	2385,060	2590,580	0,692	7,400	8,092
49,2	205,918	2384,820	2590,760	0,694	7,396	8,090
49,3	206,340	2384,580	2590,940	0,695	7,392	8,087
49,4	206,761	2384,340	2591,120	0,697	7,388	8,084
49,5	207,168	2384,100	2591,300	0,697	7,389	8,086
49,6	207,589	2383,860	2591,480	0,699	7,385	8,084
49,7	208,011	2383,620	2591,660	0,700	7,381	8,081
49,8	208,432	2383,380	2591,840	0,702	7,377	8,078
49,9	208,854	2383,140	2592,020	0,703	7,373	8,076
50	209,260	2382,900	2592,200	0,704	7,374	8,078
50,1	209,682	2382,660	2592,380	0,705	7,370	8,075
50,2	210,103	2382,420	2592,560	0,707	7,366	8,072
50,3	210,525	2382,180	2592,740	0,708	7,362	8,070

50,4	210,946	2381,940	2592,920	0,710	7,357	8,067
50,5	211,350	2381,700	2593,075	0,710	7,359	8,069
50,6	211,772	2381,460	2593,255	0,711	7,355	8,066
50,7	212,193	2381,220	2593,435	0,713	7,351	8,064
50,8	212,615	2380,980	2593,615	0,715	7,346	8,061
50,9	213,036	2380,740	2593,795	0,716	7,342	8,058
51	213,440	2380,500	2593,950	0,716	7,344	8,060
51,1	213,862	2380,260	2594,130	0,718	7,340	8,058
51,2	214,283	2380,020	2594,310	0,719	7,336	8,055
51,3	214,705	2379,780	2594,490	0,721	7,331	8,052
51,4	215,126	2379,540	2594,670	0,723	7,327	8,050
51,5	215,530	2379,300	2594,825	0,723	7,329	8,052
51,6	215,952	2379,060	2595,005	0,724	7,325	8,049
51,7	216,373	2378,820	2595,185	0,726	7,321	8,047
51,8	216,795	2378,580	2595,365	0,727	7,316	8,044
51,9	217,216	2378,340	2595,545	0,729	7,312	8,041
52	217,620	2378,100	2595,700	0,729	7,314	8,043
52,1	218,042	2377,860	2595,880	0,731	7,310	8,041
52,2	218,463	2377,620	2596,060	0,732	7,306	8,038
52,3	218,885	2377,380	2596,240	0,734	7,301	8,035
52,4	219,306	2377,140	2596,420	0,735	7,297	8,033
52,5	219,710	2376,875	2596,575	0,736	7,299	8,035
52,6	220,132	2376,635	2596,755	0,737	7,295	8,032
52,7	220,553	2376,395	2596,935	0,739	7,291	8,029
52,8	220,975	2376,155	2597,115	0,740	7,287	8,027
52,9	221,396	2375,915	2597,295	0,742	7,282	8,024
53	221,800	2375,650	2597,450	0,742	7,284	8,026
53,1	222,222	2375,410	2597,630	0,744	7,280	8,024
53,2	222,643	2375,170	2597,810	0,745	7,276	8,021
53,3	223,065	2374,930	2597,990	0,747	7,272	8,018
53,4	223,486	2374,690	2598,170	0,748	7,268	8,016
53,5	223,890	2374,425	2598,325	0,749	7,270	8,018
53,6	224,312	2374,185	2598,505	0,750	7,265	8,015
53,7	224,733	2373,945	2598,685	0,752	7,261	8,012
53,8	225,155	2373,705	2598,865	0,753	7,257	8,010
53,9	225,576	2373,465	2599,045	0,755	7,253	8,007
54	225,980	2373,200	2599,200	0,755	7,255	8,009
54,1	226,402	2372,960	2599,380	0,757	7,251	8,007
54,2	226,823	2372,720	2599,560	0,758	7,246	8,004
54,3	227,245	2372,480	2599,740	0,760	7,242	8,001
54,4	227,666	2372,240	2599,920	0,761	7,238	7,999
54,5	228,073	2372,000	2600,075	0,761	7,240	8,001
54,6	228,494	2371,760	2600,255	0,763	7,236	7,998
54,7	228,916	2371,520	2600,435	0,764	7,232	7,996
54,8	229,337	2371,280	2600,615	0,766	7,227	7,993
54,9	229,759	2371,040	2600,795	0,767	7,223	7,990
55	230,165	2370,800	2600,950	0,768	7,225	7,993
55,1	230,587	2370,560	2601,130	0,769	7,221	7,990
55,2	231,008	2370,320	2601,310	0,771	7,217	7,987
55,3	231,430	2370,080	2601,490	0,772	7,213	7,985
55,4	231,851	2369,840	2601,670	0,774	7,208	7,982

55,5	232,258	2369,600	2601,825	0,774	7,210	7,984
55,6	232,679	2369,360	2602,005	0,776	7,206	7,982
55,7	233,101	2369,120	2602,185	0,777	7,202	7,979
55,8	233,522	2368,880	2602,365	0,779	7,198	7,976
55,9	233,944	2368,640	2602,545	0,780	7,194	7,974
56	234,350	2368,400	2602,700	0,780	7,196	7,976
56,1	234,772	2368,160	2602,880	0,782	7,191	7,973
56,2	235,193	2367,920	2603,060	0,783	7,187	7,971
56,3	235,615	2367,680	2603,240	0,785	7,183	7,968
56,4	236,036	2367,440	2603,420	0,787	7,179	7,965
56,5	236,443	2367,175	2603,575	0,787	7,181	7,968
56,6	236,864	2366,935	2603,755	0,788	7,177	7,965
56,7	237,286	2366,695	2603,935	0,790	7,173	7,962
56,8	237,707	2366,455	2604,115	0,791	7,168	7,960
56,9	238,129	2366,215	2604,295	0,793	7,164	7,957
57	238,535	2365,950	2604,450	0,793	7,166	7,960
57,1	238,957	2365,710	2604,630	0,795	7,162	7,957
57,2	239,378	2365,470	2604,810	0,796	7,158	7,954
57,3	239,800	2365,230	2604,990	0,798	7,154	7,952
57,4	240,221	2364,990	2605,170	0,799	7,150	7,949
57,5	240,628	2364,725	2605,325	0,799	7,152	7,951
57,6	241,049	2364,485	2605,505	0,801	7,148	7,949
57,7	241,471	2364,245	2605,685	0,803	7,143	7,946
57,8	241,892	2364,005	2605,865	0,804	7,139	7,943
57,9	242,314	2363,765	2606,045	0,806	7,135	7,941
58	242,720	2363,500	2606,200	0,806	7,137	7,943
58,1	243,142	2363,260	2606,380	0,807	7,133	7,940
58,2	243,563	2363,020	2606,560	0,809	7,129	7,938
58,3	243,985	2362,780	2606,740	0,810	7,125	7,935
58,4	244,406	2362,540	2606,920	0,812	7,121	7,933
58,5	244,813	2362,275	2607,075	0,812	7,123	7,935
58,6	245,234	2362,035	2607,255	0,814	7,119	7,932
58,7	245,656	2361,795	2607,435	0,815	7,115	7,930
58,8	246,077	2361,555	2607,615	0,817	7,110	7,927
58,9	246,499	2361,315	2607,795	0,818	7,106	7,924
59	246,905	2361,050	2607,950	0,818	7,109	7,927
59,1	247,327	2360,810	2608,130	0,820	7,104	7,924
59,2	247,748	2360,570	2608,310	0,821	7,100	7,922
59,3	248,170	2360,330	2608,490	0,823	7,096	7,919
59,4	248,591	2360,090	2608,670	0,825	7,092	7,916
59,5	248,998	2359,825	2608,825	0,825	7,094	7,919
59,6	249,419	2359,585	2609,005	0,826	7,090	7,916
59,7	249,841	2359,345	2609,185	0,828	7,086	7,914
59,8	250,262	2359,105	2609,365	0,829	7,082	7,911
59,9	250,684	2358,865	2609,545	0,831	7,077	7,908
60	251,090	2358,600	2609,700	0,831	7,080	7,911
60,1	251,512	2358,360	2609,880	0,833	7,076	7,908
60,2	251,933	2358,120	2610,060	0,834	7,071	7,906
60,3	252,355	2357,880	2610,240	0,836	7,067	7,903
60,4	252,776	2357,640	2610,420	0,837	7,063	7,900
60,5	253,183	2357,375	2610,575	0,837	7,066	7,903

60,6	253,604	2357,135	2610,755	0,839	7,061	7,900
60,7	254,026	2356,895	2610,935	0,840	7,057	7,898
60,8	254,447	2356,655	2611,115	0,842	7,053	7,895
60,9	254,869	2356,415	2611,295	0,843	7,049	7,892
61	255,275	2356,150	2611,450	0,844	7,051	7,895
61,1	255,697	2355,910	2611,630	0,845	7,047	7,892
61,2	256,118	2355,670	2611,810	0,847	7,043	7,890
61,3	256,540	2355,430	2611,990	0,848	7,039	7,887
61,4	256,961	2355,190	2612,170	0,850	7,035	7,884
61,5	257,368	2354,925	2612,325	0,850	7,037	7,887
61,6	257,789	2354,685	2612,505	0,851	7,033	7,884
61,7	258,211	2354,445	2612,685	0,853	7,029	7,882
61,8	258,632	2354,205	2612,865	0,854	7,025	7,879
61,9	259,054	2353,965	2613,045	0,856	7,020	7,876
62	259,460	2353,700	2613,200	0,856	7,023	7,879
62,1	259,882	2353,460	2613,380	0,858	7,019	7,876
62,2	260,303	2353,220	2613,560	0,859	7,015	7,874
62,3	260,725	2352,980	2613,740	0,861	7,010	7,871
62,4	261,146	2352,740	2613,920	0,862	7,006	7,868
62,5	261,555	2352,475	2614,050	0,862	7,009	7,871
62,6	261,977	2352,235	2614,230	0,864	7,005	7,869
62,7	262,398	2351,995	2614,410	0,865	7,001	7,866
62,8	262,820	2351,755	2614,590	0,867	6,996	7,863
62,9	263,241	2351,515	2614,770	0,868	6,992	7,861
63	263,650	2351,250	2614,900	0,868	6,995	7,863
63,1	264,072	2351,010	2615,080	0,870	6,991	7,861
63,2	264,493	2350,770	2615,260	0,872	6,987	7,858
63,3	264,915	2350,530	2615,440	0,873	6,982	7,855
63,4	265,336	2350,290	2615,620	0,875	6,978	7,853
63,5	265,745	2350,025	2615,750	0,875	6,981	7,856
63,6	266,167	2349,785	2615,930	0,876	6,977	7,853
63,7	266,588	2349,545	2616,110	0,878	6,972	7,850
63,8	267,010	2349,305	2616,290	0,879	6,968	7,848
63,9	267,431	2349,065	2616,470	0,881	6,964	7,845
64	267,840	2348,800	2616,600	0,881	6,967	7,848
64,1	268,262	2348,560	2616,780	0,882	6,963	7,845
64,2	268,683	2348,320	2616,960	0,884	6,958	7,842
64,3	269,105	2348,080	2617,140	0,885	6,954	7,840
64,4	269,526	2347,840	2617,320	0,887	6,950	7,837
64,5	269,933	2347,575	2617,475	0,887	6,953	7,840
64,6	270,354	2347,335	2617,655	0,889	6,949	7,837
64,7	270,776	2347,095	2617,835	0,890	6,944	7,835
64,8	271,197	2346,855	2618,015	0,892	6,940	7,832
64,9	271,619	2346,615	2618,195	0,893	6,936	7,829
65	272,025	2346,350	2618,350	0,893	6,939	7,832
65,1	272,447	2346,110	2618,530	0,895	6,935	7,830
65,2	272,868	2345,870	2618,710	0,896	6,931	7,827
65,3	273,290	2345,630	2618,890	0,898	6,926	7,824
65,4	273,711	2345,390	2619,070	0,899	6,922	7,822
65,5	274,118	2345,125	2619,225	0,900	6,925	7,825
65,6	274,539	2344,885	2619,405	0,901	6,921	7,822

65,7	274,961	2344,645	2619,585	0,903	6,917	7,819
65,8	275,382	2344,405	2619,765	0,904	6,912	7,817
65,9	275,804	2344,165	2619,945	0,906	6,908	7,814
66	276,210	2343,900	2620,100	0,906	6,911	7,817
66,1	276,632	2343,660	2620,280	0,907	6,907	7,814
66,2	277,053	2343,420	2620,460	0,909	6,903	7,812
66,3	277,475	2343,180	2620,640	0,910	6,899	7,809
66,4	277,896	2342,940	2620,820	0,912	6,894	7,806
66,5	278,305	2342,650	2620,950	0,912	6,897	7,809
66,6	278,727	2342,410	2621,130	0,913	6,893	7,807
66,7	279,148	2342,170	2621,310	0,915	6,889	7,804
66,8	279,570	2341,930	2621,490	0,916	6,885	7,801
66,9	279,991	2341,690	2621,670	0,918	6,881	7,799
67	280,400	2341,400	2621,800	0,918	6,884	7,802
67,1	280,822	2341,160	2621,980	0,920	6,879	7,799
67,2	281,243	2340,920	2622,160	0,921	6,875	7,796
67,3	281,665	2340,680	2622,340	0,923	6,871	7,794
67,4	282,086	2340,440	2622,520	0,924	6,867	7,791
67,5	282,495	2340,150	2622,650	0,924	6,870	7,794
67,6	282,917	2339,910	2622,830	0,926	6,866	7,791
67,7	283,338	2339,670	2623,010	0,927	6,861	7,789
67,8	283,760	2339,430	2623,190	0,929	6,857	7,786
67,9	284,181	2339,190	2623,370	0,930	6,853	7,783
68	284,590	2338,900	2623,500	0,930	6,856	7,786
68,1	285,012	2338,660	2623,680	0,932	6,852	7,784
68,2	285,433	2338,420	2623,860	0,933	6,848	7,781
68,3	285,855	2338,180	2624,040	0,935	6,844	7,778
68,4	286,276	2337,940	2624,220	0,936	6,839	7,776
68,5	286,685	2337,675	2624,350	0,936	6,843	7,779
68,6	287,107	2337,435	2624,530	0,938	6,838	7,776
68,7	287,528	2337,195	2624,710	0,939	6,834	7,774
68,8	287,950	2336,955	2624,890	0,941	6,830	7,771
68,9	288,371	2336,715	2625,070	0,943	6,826	7,768
69	288,780	2336,450	2625,200	0,943	6,829	7,771
69,1	289,202	2336,210	2625,380	0,944	6,825	7,769
69,2	289,623	2335,970	2625,560	0,946	6,821	7,766
69,3	290,045	2335,730	2625,740	0,947	6,816	7,764
69,4	290,466	2335,490	2625,920	0,949	6,812	7,761
69,5	290,875	2335,225	2626,050	0,949	6,815	7,764
69,6	291,297	2334,985	2626,230	0,950	6,811	7,761
69,7	291,718	2334,745	2626,410	0,952	6,807	7,759
69,8	292,140	2334,505	2626,590	0,953	6,803	7,756
69,9	292,561	2334,265	2626,770	0,955	6,799	7,753
70	292,970	2334,000	2626,900	0,955	6,802	7,757
70,1	293,392	2333,760	2627,080	0,956	6,798	7,754
70,2	293,813	2333,520	2627,260	0,958	6,793	7,751
70,3	294,235	2333,280	2627,440	0,959	6,789	7,749
70,4	294,656	2333,040	2627,620	0,961	6,785	7,746
70,5	295,065	2332,750	2627,750	0,961	6,788	7,749
70,6	295,487	2332,510	2627,930	0,962	6,784	7,746
70,7	295,908	2332,270	2628,110	0,964	6,780	7,744

70,8	296,330	2332,030	2628,290	0,965	6,776	7,741
70,9	296,751	2331,790	2628,470	0,967	6,771	7,739
71	297,160	2331,500	2628,600	0,967	6,775	7,742
71,1	297,582	2331,260	2628,780	0,969	6,771	7,739
71,2	298,003	2331,020	2628,960	0,970	6,766	7,736
71,3	298,425	2330,780	2629,140	0,972	6,762	7,734
71,4	298,846	2330,540	2629,320	0,973	6,758	7,731
71,5	299,255	2330,250	2629,450	0,973	6,761	7,734
71,6	299,677	2330,010	2629,630	0,975	6,757	7,732
71,7	300,098	2329,770	2629,810	0,976	6,753	7,729
71,8	300,520	2329,530	2629,990	0,978	6,749	7,726
71,9	300,941	2329,290	2630,170	0,979	6,745	7,724
72	301,350	2329,000	2630,300	0,979	6,748	7,727
72,1	301,772	2328,760	2630,480	0,981	6,744	7,724
72,2	302,193	2328,520	2630,660	0,982	6,739	7,722
72,3	302,615	2328,280	2630,840	0,984	6,735	7,719
72,4	303,036	2328,040	2631,020	0,985	6,731	7,716
72,5	303,448	2327,750	2631,150	0,985	6,734	7,720
72,6	303,869	2327,510	2631,330	0,987	6,730	7,717
72,7	304,291	2327,270	2631,510	0,988	6,726	7,714
72,8	304,712	2327,030	2631,690	0,990	6,722	7,712
72,9	305,134	2326,790	2631,870	0,991	6,718	7,709
73	305,545	2326,500	2632,000	0,991	6,721	7,712
73,1	305,967	2326,260	2632,180	0,993	6,717	7,710
73,2	306,388	2326,020	2632,360	0,994	6,713	7,707
73,3	306,810	2325,780	2632,540	0,996	6,709	7,705
73,4	307,231	2325,540	2632,720	0,997	6,704	7,702
73,5	307,643	2325,250	2632,850	0,997	6,708	7,705
73,6	308,064	2325,010	2633,030	0,999	6,704	7,703
73,7	308,486	2324,770	2633,210	1,000	6,699	7,700
73,8	308,907	2324,530	2633,390	1,002	6,695	7,697
73,9	309,329	2324,290	2633,570	1,003	6,691	7,695
74	309,740	2324,000	2633,700	1,003	6,695	7,698
74,1	310,162	2323,760	2633,880	1,005	6,690	7,695
74,2	310,583	2323,520	2634,060	1,006	6,686	7,693
74,3	311,005	2323,280	2634,240	1,008	6,682	7,690
74,4	311,426	2323,040	2634,420	1,010	6,678	7,687
74,5	311,838	2322,725	2634,550	1,009	6,681	7,691
74,6	312,259	2322,485	2634,730	1,011	6,677	7,688
74,7	312,681	2322,245	2634,910	1,012	6,673	7,685
74,8	313,102	2322,005	2635,090	1,014	6,669	7,683
74,9	313,524	2321,765	2635,270	1,016	6,665	7,680
75	313,935	2321,450	2635,400	1,015	6,668	7,684
75,1	314,357	2321,210	2635,580	1,017	6,664	7,681
75,2	314,778	2320,970	2635,760	1,019	6,660	7,678
75,3	315,200	2320,730	2635,940	1,020	6,656	7,676
75,4	315,621	2320,490	2636,120	1,022	6,651	7,673
75,5	316,033	2320,175	2636,250	1,021	6,655	7,676
75,6	316,454	2319,935	2636,430	1,023	6,651	7,674
75,7	316,876	2319,695	2636,610	1,025	6,647	7,671
75,8	317,297	2319,455	2636,790	1,026	6,642	7,669

75,9	317,719	2319,215	2636,970	1,028	6,638	7,666
76	318,130	2318,900	2637,100	1,028	6,642	7,669
76,1	318,552	2318,660	2637,280	1,029	6,638	7,667
76,2	318,973	2318,420	2637,460	1,031	6,633	7,664
76,3	319,395	2318,180	2637,640	1,032	6,629	7,661
76,4	319,816	2317,940	2637,820	1,034	6,625	7,659
76,5	320,228	2317,650	2637,925	1,033	6,629	7,662
76,6	320,649	2317,410	2638,105	1,035	6,625	7,660
76,7	321,071	2317,170	2638,285	1,037	6,620	7,657
76,8	321,492	2316,930	2638,465	1,038	6,616	7,654
76,9	321,914	2316,690	2638,645	1,040	6,612	7,652
77	322,325	2316,400	2638,750	1,039	6,616	7,655
77,1	322,747	2316,160	2638,930	1,041	6,612	7,653
77,2	323,168	2315,920	2639,110	1,043	6,607	7,650
77,3	323,590	2315,680	2639,290	1,044	6,603	7,647
77,4	324,011	2315,440	2639,470	1,046	6,599	7,645
77,5	324,423	2315,150	2639,575	1,045	6,603	7,648
77,6	324,844	2314,910	2639,755	1,047	6,598	7,645
77,7	325,266	2314,670	2639,935	1,048	6,594	7,643
77,8	325,687	2314,430	2640,115	1,050	6,590	7,640
77,9	326,109	2314,190	2640,295	1,052	6,586	7,637
78	326,520	2313,900	2640,400	1,051	6,590	7,641
78,1	326,942	2313,660	2640,580	1,053	6,585	7,638
78,2	327,363	2313,420	2640,760	1,054	6,581	7,636
78,3	327,785	2313,180	2640,940	1,056	6,577	7,633
78,4	328,206	2312,940	2641,120	1,058	6,573	7,630
78,5	328,620	2312,625	2641,250	1,057	6,575	7,634
78,6	329,042	2312,385	2641,430	1,059	6,571	7,631
78,7	329,463	2312,145	2641,610	1,060	6,567	7,629
78,8	329,885	2311,905	2641,790	1,062	6,563	7,626
78,9	330,306	2311,665	2641,970	1,063	6,559	7,623
79	330,720	2311,350	2642,100	1,063	6,561	7,627
79,1	331,142	2311,110	2642,280	1,065	6,557	7,624
79,2	331,563	2310,870	2642,460	1,066	6,553	7,622
79,3	331,985	2310,630	2642,640	1,068	6,549	7,619
79,4	332,406	2310,390	2642,820	1,069	6,544	7,617
79,5	332,820	2310,075	2642,950	1,069	6,547	7,620
79,6	333,242	2309,835	2643,130	1,071	6,543	7,618
79,7	333,663	2309,595	2643,310	1,072	6,539	7,615
79,8	334,085	2309,355	2643,490	1,074	6,535	7,612
79,9	334,506	2309,115	2643,670	1,075	6,530	7,610
80	334,920	2308,800	2643,800	1,075	6,533	7,613
80,1	335,342	2308,560	2643,980	1,077	6,529	7,611
80,2	335,763	2308,320	2644,160	1,078	6,525	7,608
80,3	336,185	2308,080	2644,340	1,080	6,520	7,605
80,4	336,606	2307,840	2644,520	1,081	6,516	7,603
80,5	337,018	2307,550	2644,625	1,081	6,521	7,606
80,6	337,439	2307,310	2644,805	1,083	6,517	7,604
80,7	337,861	2307,070	2644,985	1,084	6,513	7,601
80,8	338,282	2306,830	2645,165	1,086	6,509	7,598
80,9	338,704	2306,590	2645,345	1,087	6,505	7,596

81	339,115	2306,300	2645,450	1,087	6,510	7,600
81,1	339,537	2306,060	2645,630	1,089	6,506	7,597
81,2	339,958	2305,820	2645,810	1,090	6,501	7,594
81,3	340,380	2305,580	2645,990	1,092	6,497	7,592
81,4	340,801	2305,340	2646,170	1,093	6,493	7,589
81,5	341,213	2305,050	2646,275	1,093	6,498	7,593
81,52	341,297	2305,002	2646,311	1,093	6,497	7,592
81,53	341,339	2304,978	2646,329	1,094	6,497	7,592
81,54	341,381	2304,954	2646,347	1,094	6,497	7,592
81,56	341,465	2304,906	2646,383	1,094	6,496	7,591
81,58	341,550	2304,858	2646,419	1,094	6,495	7,591
81,59	341,592	2304,834	2646,437	1,094	6,495	7,590
81,6	341,634	2304,810	2646,455	1,095	6,494	7,590
81,7	342,056	2304,570	2646,635	1,096	6,490	7,587
81,8	342,477	2304,330	2646,815	1,098	6,486	7,585
81,9	342,899	2304,090	2646,995	1,099	6,482	7,582
82	343,310	2303,800	2647,100	1,099	6,487	7,586
82,1	343,732	2303,560	2647,280	1,101	6,483	7,583
82,2	344,153	2303,320	2647,460	1,102	6,478	7,581
82,3	344,575	2303,080	2647,640	1,104	6,474	7,578
82,4	344,996	2302,840	2647,820	1,105	6,470	7,575
82,5	345,410	2302,575	2647,925	1,105	6,469	7,579
82,6	345,832	2302,335	2648,105	1,106	6,465	7,576
82,7	346,253	2302,095	2648,285	1,108	6,461	7,574
82,8	346,675	2301,855	2648,465	1,109	6,457	7,571
82,9	347,096	2301,615	2648,645	1,111	6,452	7,568
83	347,510	2301,350	2648,750	1,111	6,451	7,572
83,1	347,932	2301,110	2648,930	1,112	6,447	7,570
83,2	348,353	2300,870	2649,110	1,114	6,443	7,567
83,3	348,775	2300,630	2649,290	1,115	6,439	7,564
83,4	349,196	2300,390	2649,470	1,117	6,435	7,562
83,5	349,610	2300,125	2649,575	1,117	6,434	7,566
83,6	350,032	2299,885	2649,755	1,118	6,430	7,563
83,7	350,453	2299,645	2649,935	1,120	6,425	7,560
83,8	350,875	2299,405	2650,115	1,121	6,421	7,558
83,9	351,296	2299,165	2650,295	1,123	6,417	7,555
84	351,710	2298,900	2650,400	1,123	6,416	7,559
84,1	352,132	2298,660	2650,580	1,124	6,412	7,556
84,2	352,553	2298,420	2650,760	1,126	6,408	7,554
84,3	352,975	2298,180	2650,940	1,127	6,404	7,551
84,4	353,396	2297,940	2651,120	1,129	6,399	7,548
84,42	353,479	2298,127	2651,136	1,129	6,401	7,549
84,44	353,563	2298,314	2651,152	1,129	6,403	7,550
84,46	353,646	2298,501	2651,168	1,128	6,405	7,551
84,47	353,688	2298,595	2651,176	1,128	6,406	7,551
84,48	353,729	2298,688	2651,184	1,128	6,407	7,551
84,5	353,813	2298,875	2651,200	1,128	6,409	7,552
84,6	354,234	2298,635	2651,380	1,130	6,404	7,549
84,7	354,656	2298,395	2651,560	1,131	6,400	7,547
84,72	354,740	2298,347	2651,596	1,132	6,399	7,546
84,74	354,824	2298,299	2651,632	1,132	6,399	7,546

84,75	354,866	2298,275	2651,650	1,132	6,398	7,546
84,76	354,908	2298,251	2651,668	1,132	6,398	7,545
84,78	354,993	2298,203	2651,704	1,133	6,397	7,545
84,8	355,077	2298,155	2651,740	1,133	6,396	7,544
84,9	355,499	2297,915	2651,920	1,134	6,392	7,542
85	355,915	2298,850	2652,000	1,134	6,401	7,545
85,1	356,337	2298,610	2652,180	1,136	6,397	7,543
85,2	356,758	2298,370	2652,360	1,137	6,393	7,540
85,3	357,180	2298,130	2652,540	1,139	6,389	7,538
85,4	357,601	2297,890	2652,720	1,140	6,384	7,535
85,5	358,018	2298,825	2652,800	1,140	6,394	7,539
85,6	358,439	2298,585	2652,980	1,142	6,389	7,536
85,7	358,861	2298,345	2653,160	1,143	6,385	7,533
85,8	359,282	2298,105	2653,340	1,145	6,381	7,531
85,9	359,704	2297,865	2653,520	1,146	6,377	7,528
86	360,120	2298,800	2653,600	1,146	6,386	7,532
86,1	360,542	2298,560	2653,780	1,148	6,382	7,529
86,2	360,963	2298,320	2653,960	1,149	6,378	7,527
86,3	361,385	2298,080	2654,140	1,151	6,374	7,524
86,4	361,806	2297,840	2654,320	1,152	6,369	7,522
86,5	362,223	2298,700	2654,425	1,152	6,374	7,526
86,6	362,644	2298,460	2654,605	1,153	6,370	7,523
86,7	363,066	2298,220	2654,785	1,155	6,365	7,520
86,8	363,487	2297,980	2654,965	1,156	6,361	7,518
86,9	363,909	2297,740	2655,145	1,158	6,357	7,515
87	364,325	2298,600	2655,250	1,158	6,361	7,519
87,1	364,747	2298,360	2655,430	1,159	6,357	7,516
87,2	365,168	2298,120	2655,610	1,161	6,353	7,514
87,3	365,590	2297,880	2655,790	1,162	6,349	7,511
87,4	366,011	2297,640	2655,970	1,164	6,345	7,508
87,5	366,428	2298,500	2656,075	1,163	6,349	7,512
87,6	366,849	2298,260	2656,255	1,165	6,345	7,510
87,7	367,271	2298,020	2656,435	1,167	6,341	7,507
87,8	367,692	2297,780	2656,615	1,168	6,336	7,504
87,9	368,114	2297,540	2656,795	1,170	6,332	7,502
88	368,530	2298,400	2656,900	1,169	6,337	7,506
88,1	368,952	2298,160	2657,080	1,171	6,332	7,503
88,2	369,373	2297,920	2657,260	1,172	6,328	7,501
88,3	369,795	2297,680	2657,440	1,174	6,324	7,498
88,4	370,216	2297,440	2657,620	1,175	6,320	7,495
88,5	370,633	2294,775	2657,700	1,175	6,323	7,499
88,6	371,054	2294,535	2657,880	1,177	6,319	7,496
88,7	371,476	2294,295	2658,060	1,178	6,315	7,494
88,8	371,897	2294,055	2658,240	1,180	6,310	7,491
88,9	372,319	2293,815	2658,420	1,181	6,306	7,489
89	372,735	2291,150	2658,500	1,181	6,309	7,492
89,1	373,157	2290,910	2658,680	1,182	6,305	7,490
89,2	373,578	2290,670	2658,860	1,184	6,301	7,487
89,3	374,000	2290,430	2659,040	1,185	6,297	7,484
89,4	374,421	2290,190	2659,220	1,187	6,293	7,482
89,5	374,838	2287,525	2659,300	1,187	6,296	7,486

89,6	375,259	2287,285	2659,480	1,188	6,292	7,483
89,7	375,681	2287,045	2659,660	1,190	6,288	7,480
89,8	376,102	2286,805	2659,840	1,191	6,283	7,478
89,9	376,524	2286,565	2660,020	1,193	6,279	7,475
90	376,940	2283,900	2660,100	1,193	6,282	7,479
90,01	376,982	2283,876	2660,118	1,193	6,282	7,479
90,02	377,024	2283,852	2660,136	1,193	6,282	7,478
90,03	377,066	2283,828	2660,154	1,193	6,281	7,478
90,04	377,109	2283,804	2660,172	1,193	6,281	7,478
90,1	377,362	2283,660	2660,280	1,194	6,278	7,476
90,2	377,783	2283,420	2660,460	1,196	6,274	7,474
90,3	378,205	2283,180	2660,640	1,197	6,270	7,471
90,4	378,626	2282,940	2660,820	1,199	6,266	7,468
90,5	379,045	2282,425	2660,925	1,198	6,271	7,473
90,6	379,467	2282,185	2661,105	1,200	6,267	7,470
90,7	379,888	2281,945	2661,285	1,201	6,263	7,468
90,8	380,310	2281,705	2661,465	1,203	6,259	7,465
90,9	380,731	2281,465	2661,645	1,204	6,255	7,462
91	381,150	2280,950	2661,750	1,204	6,261	7,467
91,1	381,572	2280,710	2661,930	1,206	6,256	7,464
91,2	381,993	2280,470	2662,110	1,207	6,252	7,461
91,3	382,415	2280,230	2662,290	1,209	6,248	7,459
91,4	382,836	2279,990	2662,470	1,210	6,244	7,456
91,5	383,255	2279,475	2662,575	1,210	6,250	7,460
91,6	383,677	2279,235	2662,755	1,211	6,245	7,458
91,7	384,098	2278,995	2662,935	1,213	6,241	7,455
91,8	384,520	2278,755	2663,115	1,214	6,237	7,453
91,9	384,941	2278,515	2663,295	1,216	6,233	7,450
92	385,360	2278,000	2663,400	1,216	6,239	7,454
92,1	385,782	2277,760	2663,580	1,217	6,235	7,452
92,2	386,203	2277,520	2663,760	1,219	6,230	7,449
92,3	386,625	2277,280	2663,940	1,220	6,226	7,446
92,4	387,046	2277,040	2664,120	1,222	6,222	7,444
92,5	387,465	2276,700	2664,200	1,221	6,227	7,448
92,6	387,887	2276,460	2664,380	1,223	6,222	7,445
92,7	388,308	2276,220	2664,560	1,224	6,218	7,443
92,8	388,730	2275,980	2664,740	1,226	6,214	7,440
92,9	389,151	2275,740	2664,920	1,227	6,210	7,437
93	389,570	2275,400	2665,000	1,227	6,215	7,442
93,1	389,992	2275,160	2665,180	1,229	6,210	7,439
93,2	390,413	2274,920	2665,360	1,230	6,206	7,436
93,3	390,835	2274,680	2665,540	1,232	6,202	7,434
93,4	391,256	2274,440	2665,720	1,233	6,198	7,431
93,5	391,675	2274,100	2665,800	1,233	6,203	7,435
93,6	392,097	2273,860	2665,980	1,234	6,198	7,433
93,7	392,518	2273,620	2666,160	1,236	6,194	7,430
93,8	392,940	2273,380	2666,340	1,237	6,190	7,427
93,9	393,361	2273,140	2666,520	1,239	6,186	7,425
94	393,780	2272,800	2666,600	1,239	6,191	7,429
94,1	394,202	2272,560	2666,780	1,240	6,186	7,426
94,2	394,623	2272,320	2666,960	1,242	6,182	7,424

94,3	395,045	2272,080	2667,140	1,243	6,178	7,421
94,4	395,466	2271,840	2667,320	1,245	6,174	7,419
94,5	395,885	2271,475	2667,375	1,244	6,179	7,423
94,6	396,307	2271,235	2667,555	1,246	6,174	7,420
94,7	396,728	2270,995	2667,735	1,247	6,170	7,418
94,8	397,150	2270,755	2667,915	1,249	6,166	7,415
94,9	397,571	2270,515	2668,095	1,250	6,162	7,412
95	397,990	2270,150	2668,150	1,250	6,167	7,417
95,1	398,412	2269,910	2668,330	1,252	6,162	7,414
95,2	398,833	2269,670	2668,510	1,253	6,158	7,411
95,3	399,255	2269,430	2668,690	1,255	6,154	7,409
95,4	399,676	2269,190	2668,870	1,256	6,150	7,406
95,5	400,095	2268,825	2668,925	1,256	6,155	7,410
95,6	400,517	2268,585	2669,105	1,257	6,150	7,408
95,7	400,938	2268,345	2669,285	1,259	6,146	7,405
95,8	401,360	2268,105	2669,465	1,260	6,142	7,402
95,9	401,781	2267,865	2669,645	1,262	6,138	7,400
96	402,200	2267,500	2669,700	1,262	6,143	7,404
96,1	402,622	2267,260	2669,880	1,263	6,139	7,402
96,2	403,043	2267,020	2670,060	1,265	6,134	7,399
96,3	403,465	2266,780	2670,240	1,266	6,130	7,396
96,4	403,886	2266,540	2670,420	1,268	6,126	7,394
96,5	404,308	2266,175	2670,500	1,267	6,131	7,398
96,6	404,729	2265,935	2670,680	1,269	6,127	7,395
96,7	405,151	2265,695	2670,860	1,270	6,122	7,393
96,8	405,572	2265,455	2671,040	1,272	6,118	7,390
96,9	405,994	2265,215	2671,220	1,273	6,114	7,387
97	406,415	2264,850	2671,300	1,273	6,119	7,392
97,1	406,837	2264,610	2671,480	1,274	6,115	7,389
97,2	407,258	2264,370	2671,660	1,276	6,111	7,387
97,3	407,680	2264,130	2671,840	1,277	6,106	7,384
97,4	408,101	2263,890	2672,020	1,279	6,102	7,381
97,5	408,523	2263,525	2672,100	1,279	6,107	7,386
97,6	408,944	2263,285	2672,280	1,280	6,103	7,383
97,7	409,366	2263,045	2672,460	1,282	6,099	7,380
97,8	409,787	2262,805	2672,640	1,283	6,095	7,378
97,9	410,209	2262,565	2672,820	1,285	6,090	7,375
98	410,630	2262,200	2672,900	1,284	6,095	7,380
98,1	411,052	2261,960	2673,080	1,286	6,091	7,377
98,2	411,473	2261,720	2673,260	1,287	6,087	7,374
98,3	411,895	2261,480	2673,440	1,289	6,083	7,372
98,4	412,316	2261,240	2673,620	1,290	6,079	7,369
98,5	412,738	2260,875	2673,675	1,290	6,084	7,374
98,6	413,159	2260,635	2673,855	1,291	6,079	7,371
98,7	413,581	2260,395	2674,035	1,293	6,075	7,368
98,8	414,002	2260,155	2674,215	1,294	6,071	7,366
98,9	414,424	2259,915	2674,395	1,296	6,067	7,363
99	414,845	2259,550	2674,450	1,296	6,072	7,368
99,1	415,267	2259,310	2674,630	1,297	6,068	7,365
99,2	415,688	2259,070	2674,810	1,299	6,064	7,362
99,3	416,110	2258,830	2674,990	1,300	6,059	7,360

99,4	416,531	2258,590	2675,170	1,302	6,055	7,357
99,5	416,953	2258,225	2675,225	1,301	6,060	7,361
99,6	417,374	2257,985	2675,405	1,303	6,056	7,359
99,7	417,796	2257,745	2675,585	1,304	6,052	7,356
99,8	418,217	2257,505	2675,765	1,306	6,048	7,354
99,9	418,639	2257,265	2675,945	1,307	6,043	7,351
100	419,060	2256,900	2676,000	1,307	6,049	7,355
100,1	419,482	2256,660	2676,180	1,308	6,044	7,353
100,2	419,903	2256,420	2676,360	1,310	6,040	7,350
100,3	420,325	2256,180	2676,540	1,311	6,036	7,347
100,4	420,746	2255,940	2676,720	1,313	6,032	7,345
100,5	421,170	2255,575	2676,775	1,313	6,037	7,349
100,6	421,592	2255,335	2676,955	1,314	6,033	7,347
100,7	422,013	2255,095	2677,135	1,316	6,029	7,344
100,8	422,435	2254,855	2677,315	1,317	6,024	7,341
100,9	422,856	2254,615	2677,495	1,319	6,020	7,339
101	423,280	2254,250	2677,550	1,318	6,025	7,343
101,1	423,702	2254,010	2677,730	1,320	6,021	7,341
101,2	424,123	2253,770	2677,910	1,321	6,017	7,338
101,3	424,545	2253,530	2678,090	1,323	6,013	7,336
101,4	424,966	2253,290	2678,270	1,324	6,009	7,333
101,5	425,390	2252,925	2678,325	1,324	6,014	7,337
101,6	425,812	2252,685	2678,505	1,325	6,010	7,335
101,7	426,233	2252,445	2678,685	1,327	6,005	7,332
101,8	426,655	2252,205	2678,865	1,328	6,001	7,330
101,9	427,076	2251,965	2679,045	1,330	5,997	7,327
102	427,500	2251,600	2679,100	1,329	6,002	7,332
102,1	427,922	2251,360	2679,280	1,331	5,998	7,329
102,2	428,343	2251,120	2679,460	1,332	5,994	7,326
102,3	428,765	2250,880	2679,640	1,334	5,990	7,324
102,4	429,186	2250,640	2679,820	1,336	5,985	7,321
102,5	429,613	2250,275	2679,875	1,335	5,991	7,326
102,6	430,034	2250,035	2680,055	1,337	5,986	7,323
102,7	430,456	2249,795	2680,235	1,338	5,982	7,320
102,8	430,877	2249,555	2680,415	1,340	5,978	7,318
102,9	431,299	2249,315	2680,595	1,341	5,974	7,315
103	431,725	2248,950	2680,650	1,341	5,979	7,320
103,1	432,147	2248,710	2680,830	1,342	5,975	7,317
103,2	432,568	2248,470	2681,010	1,344	5,971	7,314
103,3	432,990	2248,230	2681,190	1,345	5,966	7,312
103,4	433,411	2247,990	2681,370	1,347	5,962	7,309
103,5	433,838	2247,625	2681,425	1,346	5,968	7,314
103,6	434,259	2247,385	2681,605	1,348	5,963	7,311
103,7	434,681	2247,145	2681,785	1,349	5,959	7,308
103,8	435,102	2246,905	2681,965	1,351	5,955	7,306
103,9	435,524	2246,665	2682,145	1,352	5,951	7,303
104	435,950	2246,300	2682,200	1,352	5,956	7,308
104,1	436,372	2246,060	2682,380	1,353	5,952	7,305
104,2	436,793	2245,820	2682,560	1,355	5,948	7,303
104,3	437,215	2245,580	2682,740	1,356	5,943	7,300
104,4	437,636	2245,340	2682,920	1,358	5,939	7,297

104,5	438,063	2244,950	2682,975	1,357	5,945	7,302
104,6	438,484	2244,710	2683,155	1,359	5,940	7,299
104,7	438,906	2244,470	2683,335	1,360	5,936	7,297
104,8	439,327	2244,230	2683,515	1,362	5,932	7,294
104,9	439,749	2243,990	2683,695	1,364	5,928	7,291
105	440,175	2243,600	2683,750	1,363	5,933	7,296
105,1	440,597	2243,360	2683,930	1,365	5,929	7,294
105,2	441,018	2243,120	2684,110	1,366	5,925	7,291
105,3	441,440	2242,880	2684,290	1,368	5,921	7,288
105,4	441,861	2242,640	2684,470	1,369	5,916	7,286
105,5	442,288	2242,250	2684,525	1,369	5,922	7,290
105,6	442,709	2242,010	2684,705	1,370	5,918	7,288
105,7	443,131	2241,770	2684,885	1,372	5,913	7,285
105,8	443,552	2241,530	2685,065	1,373	5,909	7,282
105,9	443,974	2241,290	2685,245	1,375	5,905	7,280
106	444,400	2240,900	2685,300	1,374	5,910	7,285
106,1	444,822	2240,660	2685,480	1,376	5,906	7,282
106,2	445,243	2240,420	2685,660	1,377	5,902	7,279
106,3	445,665	2240,180	2685,840	1,379	5,898	7,277
106,4	446,086	2239,940	2686,020	1,380	5,894	7,274
106,5	446,513	2239,525	2686,050	1,380	5,899	7,279
106,6	446,934	2239,285	2686,230	1,381	5,895	7,276
106,7	447,356	2239,045	2686,410	1,383	5,891	7,273
106,8	447,777	2238,805	2686,590	1,384	5,886	7,271
106,9	448,199	2238,565	2686,770	1,386	5,882	7,268
107	448,625	2238,150	2686,800	1,385	5,888	7,273
107,1	449,047	2237,910	2686,980	1,387	5,884	7,270
107,2	449,468	2237,670	2687,160	1,388	5,879	7,268
107,3	449,890	2237,430	2687,340	1,390	5,875	7,265
107,4	450,311	2237,190	2687,520	1,391	5,871	7,262
107,5	450,738	2236,775	2687,550	1,391	5,876	7,267
107,6	451,159	2236,535	2687,730	1,392	5,872	7,265
107,7	451,581	2236,295	2687,910	1,394	5,868	7,262
107,8	452,002	2236,055	2688,090	1,395	5,864	7,259
107,9	452,424	2235,815	2688,270	1,397	5,860	7,257
108	452,850	2235,400	2688,300	1,396	5,865	7,262
108,1	453,272	2235,160	2688,480	1,398	5,861	7,259
108,2	453,693	2234,920	2688,660	1,399	5,857	7,256
108,3	454,115	2234,680	2688,840	1,401	5,853	7,254
108,4	454,536	2234,440	2689,020	1,403	5,848	7,251
108,5	454,968	2234,050	2689,050	1,402	5,854	7,256
108,6	455,389	2233,810	2689,230	1,403	5,850	7,253
108,7	455,811	2233,570	2689,410	1,405	5,846	7,251
108,8	456,232	2233,330	2689,590	1,407	5,841	7,248
108,9	456,654	2233,090	2689,770	1,408	5,837	7,245
109	457,085	2232,700	2689,800	1,407	5,843	7,250
109,1	457,507	2232,460	2689,980	1,409	5,839	7,248
109,2	457,928	2232,220	2690,160	1,411	5,834	7,245
109,3	458,350	2231,980	2690,340	1,412	5,830	7,242
109,4	458,771	2231,740	2690,520	1,414	5,826	7,240
109,5	459,203	2231,350	2690,550	1,413	5,832	7,244

109,6	459,624	2231,110	2690,730	1,415	5,827	7,242
109,7	460,046	2230,870	2690,910	1,416	5,823	7,239
109,8	460,467	2230,630	2691,090	1,418	5,819	7,237
109,9	460,889	2230,390	2691,270	1,419	5,815	7,234
110	461,320	2230,000	2691,300	1,419	5,820	7,239
110,1	461,742	2229,760	2691,480	1,420	5,816	7,236
110,2	462,163	2229,520	2691,660	1,422	5,812	7,234
110,3	462,585	2229,280	2691,840	1,423	5,808	7,231
110,4	463,006	2229,040	2692,020	1,425	5,804	7,228
110,5	463,435	2228,625	2692,050	1,424	5,813	7,233
110,6	463,857	2228,385	2692,230	1,426	5,808	7,231
110,7	464,278	2228,145	2692,410	1,427	5,804	7,228
110,8	464,700	2227,905	2692,590	1,429	5,800	7,225
110,9	465,121	2227,665	2692,770	1,430	5,796	7,223
111	465,550	2227,250	2692,800	1,430	5,805	7,228
111,1	465,972	2227,010	2692,980	1,431	5,800	7,225
111,2	466,393	2226,770	2693,160	1,433	5,796	7,222
111,3	466,815	2226,530	2693,340	1,434	5,792	7,220
111,4	467,236	2226,290	2693,520	1,436	5,788	7,217
111,5	467,665	2225,875	2693,550	1,435	5,797	7,222
111,6	468,087	2225,635	2693,730	1,437	5,793	7,219
111,7	468,508	2225,395	2693,910	1,438	5,788	7,217
111,8	468,930	2225,155	2694,090	1,440	5,784	7,214
111,9	469,351	2224,915	2694,270	1,441	5,780	7,211
112	469,780	2224,500	2694,300	1,441	5,789	7,216
112,1	470,202	2224,260	2694,480	1,442	5,785	7,214
112,2	470,623	2224,020	2694,660	1,444	5,781	7,211
112,3	471,045	2223,780	2694,840	1,445	5,776	7,208
112,4	471,466	2223,540	2695,020	1,447	5,772	7,206
112,5	471,900	2223,125	2695,025	1,446	5,787	7,211
112,6	472,322	2222,885	2695,205	1,448	5,783	7,208
112,7	472,743	2222,645	2695,385	1,449	5,779	7,206
112,8	473,165	2222,405	2695,565	1,451	5,775	7,203
112,9	473,586	2222,165	2695,745	1,452	5,770	7,200
113	474,020	2221,750	2695,750	1,451	5,785	7,205
113,1	474,442	2221,510	2695,930	1,453	5,781	7,203
113,2	474,863	2221,270	2696,110	1,455	5,777	7,200
113,3	475,285	2221,030	2696,290	1,456	5,773	7,197
113,4	475,706	2220,790	2696,470	1,458	5,769	7,195
113,5	476,140	2220,375	2696,475	1,457	5,784	7,200
113,6	476,562	2220,135	2696,655	1,458	5,779	7,197
113,7	476,983	2219,895	2696,835	1,460	5,775	7,194
113,8	477,405	2219,655	2697,015	1,462	5,771	7,192
113,9	477,826	2219,415	2697,195	1,463	5,767	7,189
114	478,260	2219,000	2697,200	1,462	5,782	7,194
114,1	478,682	2218,760	2697,380	1,464	5,778	7,192
114,2	479,103	2218,520	2697,560	1,465	5,773	7,189
114,3	479,525	2218,280	2697,740	1,467	5,769	7,186
114,4	479,946	2218,040	2697,920	1,469	5,765	7,184
114,5	480,380	2217,600	2697,950	1,468	5,758	7,189
114,6	480,802	2217,360	2698,130	1,469	5,754	7,186

114,7	481,223	2217,120	2698,310	1,471	5,750	7,183
114,8	481,645	2216,880	2698,490	1,472	5,746	7,181
114,9	482,066	2216,640	2698,670	1,474	5,742	7,178
115	482,500	2216,200	2698,700	1,473	5,735	7,183
115,1	482,922	2215,960	2698,880	1,475	5,731	7,181
115,2	483,343	2215,720	2699,060	1,476	5,727	7,178
115,3	483,765	2215,480	2699,240	1,478	5,722	7,175
115,4	484,186	2215,240	2699,420	1,479	5,718	7,173
115,5	484,620	2214,800	2699,450	1,479	5,712	7,178
115,6	485,042	2214,560	2699,630	1,480	5,707	7,175
115,7	485,463	2214,320	2699,810	1,482	5,703	7,172
115,8	485,885	2214,080	2699,990	1,483	5,699	7,170
115,9	486,306	2213,840	2700,170	1,485	5,695	7,167
116	486,740	2213,400	2700,200	1,484	5,688	7,172
116,1	487,162	2213,160	2700,380	1,486	5,684	7,170
116,2	487,583	2212,920	2700,560	1,487	5,680	7,167
116,3	488,005	2212,680	2700,740	1,489	5,676	7,164
116,4	488,426	2212,440	2700,920	1,490	5,671	7,162
116,5	488,863	2212,025	2700,925	1,490	5,677	7,167
116,6	489,284	2211,785	2701,105	1,491	5,673	7,164
116,7	489,706	2211,545	2701,285	1,493	5,669	7,162
116,8	490,127	2211,305	2701,465	1,494	5,665	7,159
116,9	490,549	2211,065	2701,645	1,496	5,660	7,156
117	490,985	2210,650	2701,650	1,495	5,666	7,162
117,1	491,407	2210,410	2701,830	1,497	5,662	7,159
117,2	491,828	2210,170	2702,010	1,498	5,658	7,156
117,3	492,250	2209,930	2702,190	1,500	5,654	7,154
117,4	492,671	2209,690	2702,370	1,501	5,650	7,151
117,5	493,108	2209,275	2702,375	1,501	5,656	7,156
117,6	493,529	2209,035	2702,555	1,502	5,651	7,153
117,7	493,951	2208,795	2702,735	1,504	5,647	7,151
117,8	494,372	2208,555	2702,915	1,505	5,643	7,148
117,9	494,794	2208,315	2703,095	1,507	5,639	7,146
118	495,230	2207,900	2703,100	1,506	5,645	7,151
118,1	495,652	2207,660	2703,280	1,508	5,641	7,148
118,2	496,073	2207,420	2703,460	1,509	5,636	7,145
118,3	496,495	2207,180	2703,640	1,511	5,632	7,143
118,4	496,916	2206,940	2703,820	1,512	5,628	7,140
118,5	497,353	2206,475	2703,825	1,511	5,634	7,145
118,6	497,774	2206,235	2704,005	1,513	5,630	7,143
118,7	498,196	2205,995	2704,185	1,514	5,626	7,140
118,8	498,617	2205,755	2704,365	1,516	5,621	7,137
118,9	499,039	2205,515	2704,545	1,518	5,617	7,135
119	499,475	2205,050	2704,550	1,517	5,623	7,140
119,1	499,897	2204,810	2704,730	1,518	5,619	7,137
119,2	500,318	2204,570	2704,910	1,520	5,615	7,135
119,3	500,740	2204,330	2705,090	1,521	5,611	7,132
119,4	501,161	2204,090	2705,270	1,523	5,606	7,129
119,5	501,598	2203,625	2705,275	1,522	5,612	7,135
119,6	502,019	2203,385	2705,455	1,524	5,608	7,132
119,7	502,441	2203,145	2705,635	1,525	5,604	7,129

119,8	502,862	2202,905	2705,815	1,527	5,600	7,127
119,9	503,284	2202,665	2705,995	1,528	5,596	7,124
120	503,720	2202,200	2706,000	1,528	5,602	7,129
120,1	504,142	2201,960	2706,180	1,529	5,598	7,127
120,2	504,563	2201,720	2706,360	1,531	5,593	7,124
120,3	504,985	2201,480	2706,540	1,532	5,589	7,121
120,4	505,406	2201,240	2706,720	1,534	5,585	7,119
120,5	505,845	2200,775	2706,700	1,533	5,591	7,124
120,6	506,267	2200,535	2706,880	1,535	5,587	7,121
120,7	506,688	2200,295	2707,060	1,536	5,583	7,119
120,8	507,110	2200,055	2707,240	1,538	5,578	7,116
120,9	507,531	2199,815	2707,420	1,539	5,574	7,113
121	507,970	2199,350	2707,400	1,538	5,580	7,119
121,1	508,392	2199,110	2707,580	1,540	5,576	7,116
121,2	508,813	2198,870	2707,760	1,541	5,572	7,113
121,3	509,235	2198,630	2707,940	1,543	5,568	7,111
121,4	509,656	2198,390	2708,120	1,544	5,564	7,108
121,5	510,095	2197,925	2708,100	1,544	5,570	7,113
121,6	510,517	2197,685	2708,280	1,545	5,566	7,111
121,7	510,938	2197,445	2708,460	1,547	5,561	7,108
121,8	511,360	2197,205	2708,640	1,548	5,557	7,106
121,9	511,781	2196,965	2708,820	1,550	5,553	7,103
122	512,220	2196,500	2708,800	1,549	5,559	7,108
122,1	512,642	2196,260	2708,980	1,551	5,555	7,106
122,2	513,063	2196,020	2709,160	1,552	5,551	7,103
122,3	513,485	2195,780	2709,340	1,554	5,547	7,100
122,4	513,906	2195,540	2709,520	1,555	5,542	7,098
122,5	514,348	2195,000	2709,500	1,554	5,549	7,103
122,6	514,769	2194,760	2709,680	1,556	5,544	7,100
122,7	515,191	2194,520	2709,860	1,558	5,540	7,098
122,8	515,612	2194,280	2710,040	1,559	5,536	7,095
122,9	516,034	2194,040	2710,220	1,561	5,532	7,092
123	516,475	2193,500	2710,200	1,560	5,538	7,098
123,1	516,897	2193,260	2710,380	1,561	5,534	7,095
123,2	517,318	2193,020	2710,560	1,563	5,530	7,092
123,3	517,740	2192,780	2710,740	1,564	5,525	7,090
123,4	518,161	2192,540	2710,920	1,566	5,521	7,087
123,5	518,603	2192,000	2710,900	1,565	5,527	7,093
123,6	519,024	2191,760	2711,080	1,567	5,523	7,090
123,7	519,446	2191,520	2711,260	1,568	5,519	7,087
123,8	519,867	2191,280	2711,440	1,570	5,515	7,085
123,9	520,289	2191,040	2711,620	1,571	5,511	7,082
124	520,730	2190,500	2711,600	1,571	5,517	7,087
124,1	521,152	2190,260	2711,780	1,572	5,513	7,085
124,2	521,573	2190,020	2711,960	1,574	5,508	7,082
124,3	521,995	2189,780	2712,140	1,575	5,504	7,079
124,4	522,416	2189,540	2712,320	1,577	5,500	7,077
124,5	522,860	2189,175	2712,300	1,576	5,506	7,082
124,6	523,282	2188,935	2712,480	1,577	5,502	7,079
124,7	523,703	2188,695	2712,660	1,579	5,498	7,077
124,8	524,125	2188,455	2712,840	1,581	5,494	7,074

124,9	524,546	2188,215	2713,020	1,582	5,489	7,072
125	524,990	2187,850	2713,000	1,581	5,496	7,077
125,1	525,412	2187,610	2713,180	1,583	5,492	7,074
125,2	525,833	2187,370	2713,360	1,584	5,487	7,072
125,3	526,255	2187,130	2713,540	1,586	5,483	7,069
125,4	526,676	2186,890	2713,720	1,587	5,479	7,066
125,5	527,120	2186,525	2713,700	1,587	5,485	7,072
125,6	527,542	2186,285	2713,880	1,588	5,481	7,069
125,7	527,963	2186,045	2714,060	1,590	5,477	7,066
125,8	528,385	2185,805	2714,240	1,591	5,473	7,064
125,9	528,806	2185,565	2714,420	1,593	5,468	7,061
126	529,250	2185,200	2714,400	1,592	5,475	7,067
126,1	529,672	2184,960	2714,580	1,593	5,471	7,064
126,2	530,093	2184,720	2714,760	1,595	5,466	7,061
126,3	530,515	2184,480	2714,940	1,596	5,462	7,059
126,4	530,936	2184,240	2715,120	1,598	5,458	7,056
126,5	531,370	2183,750	2715,100	1,597	5,464	7,062
126,6	531,792	2183,510	2715,280	1,599	5,460	7,059
126,7	532,213	2183,270	2715,460	1,600	5,456	7,056
126,8	532,635	2183,030	2715,640	1,602	5,452	7,054
126,9	533,056	2182,790	2715,820	1,603	5,448	7,051
127	533,490	2182,300	2715,800	1,603	5,454	7,056
127,1	533,912	2182,060	2715,980	1,604	5,450	7,054
127,2	534,333	2181,820	2716,160	1,606	5,445	7,051
127,3	534,755	2181,580	2716,340	1,607	5,441	7,048
127,4	535,176	2181,340	2716,520	1,609	5,437	7,046
127,5	535,610	2180,850	2716,500	1,608	5,443	7,051
127,6	536,032	2180,610	2716,680	1,609	5,439	7,049
127,7	536,453	2180,370	2716,860	1,611	5,435	7,046
127,8	536,875	2180,130	2717,040	1,612	5,431	7,043
127,9	537,296	2179,890	2717,220	1,614	5,427	7,041
128	537,730	2179,400	2717,200	1,613	5,433	7,046
128,1	538,152	2179,160	2717,380	1,615	5,429	7,044
128,2	538,573	2178,920	2717,560	1,616	5,425	7,041
128,3	538,995	2178,680	2717,740	1,618	5,420	7,038
128,4	539,416	2178,440	2717,920	1,619	5,416	7,036
128,5	539,875	2177,950	2717,875	1,619	5,423	7,041
128,6	540,297	2177,710	2718,055	1,620	5,418	7,039
128,7	540,718	2177,470	2718,235	1,622	5,414	7,036
128,8	541,140	2177,230	2718,415	1,623	5,410	7,033
128,9	541,561	2176,990	2718,595	1,625	5,406	7,031
129	542,020	2176,500	2718,550	1,624	5,412	7,036
129,1	542,442	2176,260	2718,730	1,625	5,408	7,034
129,2	542,863	2176,020	2718,910	1,627	5,404	7,031
129,3	543,285	2175,780	2719,090	1,628	5,400	7,028
129,4	543,706	2175,540	2719,270	1,630	5,396	7,026
129,5	544,165	2175,050	2719,225	1,629	5,402	7,031
129,6	544,587	2174,810	2719,405	1,631	5,398	7,028
129,7	545,008	2174,570	2719,585	1,632	5,394	7,026
129,8	545,430	2174,330	2719,765	1,634	5,389	7,023
129,9	545,851	2174,090	2719,945	1,635	5,385	7,021

130	546,310	2173,600	2719,900	1,634	5,392	7,026
-----	---------	----------	----------	-------	-------	-------

Sıcaklığa Göre Düzenlenmiş %40 Glikollü Su ve Su Buharı Tablosu

Sıcaklık T (°C)	Entalpi			Entropi		
	h_s (kJ/kg)	h_{sb} (kJ/kg)	h_b (kJ/kg)	s_s (kJ/kgK)	s_{sb} (kJ/kgK)	s_b (kJ/kgK)
0	-0,032	2032,087	2032,087	0,000	7,439	7,439
0,1	0,654	2032,114	2032,798	0,002	7,434	7,436
0,2	1,340	2032,142	2033,510	0,005	7,429	7,433
0,3	2,026	2032,170	2034,221	0,007	7,423	7,431
0,4	2,712	2032,197	2034,932	0,010	7,418	7,428
0,5	1,683	2032,156	2033,865	0,006	7,426	7,432
0,6	2,026	2032,170	2034,221	0,007	7,423	7,431
0,7	2,369	2032,183	2034,576	0,009	7,421	7,429
0,8	2,712	2032,197	2034,932	0,010	7,418	7,428
0,9	3,055	2032,211	2035,288	0,011	7,415	7,426
1	3,398	2032,225	2035,643	0,012	7,413	7,425
1,1	3,742	2032,238	2035,999	0,014	7,410	7,424
1,2	4,085	2032,252	2036,355	0,015	7,407	7,422
1,3	4,428	2032,266	2036,710	0,016	7,405	7,421
1,4	4,771	2032,280	2037,066	0,017	7,402	7,419
1,5	5,114	2032,293	2037,422	0,019	7,399	7,418
1,6	5,457	2032,307	2037,777	0,020	7,397	7,417
1,7	5,800	2032,321	2038,133	0,021	7,394	7,415
1,8	6,143	2032,335	2038,488	0,022	7,391	7,414
1,9	6,486	2032,349	2038,844	0,024	7,389	7,412
2	6,829	2032,362	2039,200	0,025	7,386	7,411
2,1	7,173	2032,379	2039,560	0,026	7,384	7,410
2,2	7,517	2032,396	2039,920	0,027	7,381	7,408
2,3	7,860	2032,413	2040,281	0,029	7,378	7,407
2,4	8,204	2032,430	2040,641	0,030	7,376	7,406
2,5	8,548	2032,447	2041,001	0,031	7,373	7,404
2,6	8,891	2032,465	2041,362	0,032	7,371	7,403
2,7	9,235	2032,482	2041,722	0,034	7,368	7,402
2,8	9,579	2032,499	2042,082	0,035	7,365	7,400
2,9	9,923	2032,516	2042,443	0,036	7,363	7,399
3	10,266	2032,533	2042,803	0,037	7,360	7,397
3,1	10,610	2032,550	2043,163	0,039	7,357	7,396
3,2	10,954	2032,567	2043,524	0,040	7,355	7,395
3,3	11,297	2032,584	2043,884	0,041	7,352	7,393
3,4	11,641	2032,601	2044,244	0,042	7,350	7,392
3,5	11,985	2032,618	2044,605	0,044	7,347	7,391
3,6	12,328	2032,635	2044,965	0,045	7,344	7,389
3,7	12,672	2032,652	2045,325	0,046	7,342	7,388
3,8	13,016	2032,669	2045,686	0,047	7,339	7,387
3,9	13,359	2032,686	2046,046	0,049	7,337	7,385
4	13,703	2032,703	2046,406	0,050	7,334	7,384
4,1	14,048	2032,690	2046,737	0,051	7,331	7,382
4,2	14,393	2032,676	2047,068	0,052	7,329	7,381
4,3	14,737	2032,663	2047,399	0,054	7,326	7,380
4,4	15,082	2032,649	2047,730	0,055	7,323	7,378
4,5	15,427	2032,636	2048,061	0,056	7,321	7,377
4,6	15,772	2032,622	2048,392	0,057	7,318	7,375
4,7	16,117	2032,609	2048,723	0,059	7,315	7,374
4,8	16,461	2032,596	2049,054	0,060	7,313	7,372
4,9	16,806	2032,582	2049,385	0,061	7,310	7,371
5	17,151	2032,569	2049,716	0,062	7,307	7,369

5,1	17,496	2032,555	2050,046	0,063	7,305	7,368
5,2	17,841	2032,542	2050,377	0,065	7,302	7,367
5,3	18,185	2032,528	2050,708	0,066	7,299	7,365
5,4	18,530	2032,515	2051,039	0,067	7,297	7,364
5,5	18,875	2032,501	2051,370	0,068	7,294	7,362
5,6	19,220	2032,488	2051,701	0,070	7,291	7,361
5,7	19,565	2032,475	2052,032	0,071	7,288	7,359
5,8	19,909	2032,461	2052,363	0,072	7,286	7,358
5,9	20,254	2032,448	2052,694	0,073	7,283	7,356
6	20,599	2032,434	2053,025	0,075	7,280	7,355
6,1	20,944	2032,446	2053,382	0,076	7,278	7,354
6,2	21,290	2032,457	2053,740	0,077	7,275	7,352
6,3	21,636	2032,468	2054,097	0,078	7,273	7,351
6,4	21,981	2032,480	2054,455	0,080	7,270	7,350
6,5	22,327	2032,491	2054,812	0,081	7,268	7,349
6,6	22,672	2032,503	2055,169	0,082	7,265	7,347
6,7	23,018	2032,514	2055,527	0,083	7,263	7,346
6,8	23,364	2032,526	2055,884	0,084	7,260	7,345
6,9	23,709	2032,537	2056,242	0,086	7,258	7,343
7	24,055	2032,549	2056,599	0,087	7,255	7,342
7,1	24,400	2032,560	2056,957	0,088	7,253	7,341
7,2	24,746	2032,571	2057,314	0,089	7,250	7,339
7,3	25,091	2032,583	2057,671	0,091	7,247	7,338
7,4	25,437	2032,594	2058,029	0,092	7,245	7,337
7,5	25,783	2032,606	2058,386	0,093	7,242	7,336
7,6	26,128	2032,617	2058,744	0,094	7,240	7,334
7,7	26,474	2032,629	2059,101	0,096	7,237	7,333
7,8	26,819	2032,640	2059,458	0,097	7,235	7,332
7,9	27,165	2032,651	2059,816	0,098	7,232	7,330
8	27,510	2032,663	2060,173	0,099	7,230	7,329
8,1	27,857	2032,678	2060,535	0,101	7,227	7,328
8,2	28,204	2032,692	2060,898	0,102	7,225	7,326
8,3	28,551	2032,707	2061,260	0,103	7,222	7,325
8,4	28,898	2032,722	2061,622	0,104	7,220	7,324
8,5	29,245	2032,737	2061,984	0,105	7,217	7,323
8,6	29,592	2032,751	2062,346	0,107	7,215	7,321
8,7	29,939	2032,766	2062,708	0,108	7,212	7,320
8,8	30,286	2032,781	2063,070	0,109	7,210	7,319
8,9	30,633	2032,795	2063,432	0,110	7,207	7,318
9	30,980	2032,810	2063,795	0,112	7,205	7,316
9,1	31,327	2032,825	2064,157	0,113	7,202	7,315
9,2	31,674	2032,840	2064,519	0,114	7,200	7,314
9,3	32,021	2032,854	2064,881	0,115	7,197	7,312
9,4	32,368	2032,869	2065,243	0,117	7,195	7,311
9,5	32,715	2032,884	2065,605	0,118	7,192	7,310
9,6	33,062	2032,899	2065,967	0,119	7,190	7,309
9,7	33,409	2032,913	2066,329	0,120	7,187	7,307
9,8	33,756	2032,928	2066,692	0,121	7,185	7,306
9,9	34,103	2032,943	2067,054	0,123	7,182	7,305
10	34,450	2032,958	2067,416	0,124	7,180	7,304
10,1	34,798	2032,971	2067,779	0,125	7,177	7,302
10,2	35,147	2032,985	2068,141	0,126	7,175	7,301
10,3	35,495	2032,999	2068,504	0,128	7,172	7,300
10,4	35,844	2033,013	2068,867	0,129	7,170	7,299
10,5	36,192	2033,027	2069,230	0,130	7,167	7,297
10,6	36,540	2033,041	2069,592	0,131	7,165	7,296
10,7	36,889	2033,055	2069,955	0,132	7,162	7,295

10,8	37,237	2033,069	2070,318	0,134	7,160	7,294
10,9	37,586	2033,083	2070,680	0,135	7,157	7,292
11	37,934	2033,097	2071,043	0,136	7,155	7,291
11,1	38,282	2033,111	2071,406	0,137	7,152	7,290
11,2	38,631	2033,125	2071,769	0,139	7,150	7,289
11,3	38,979	2033,139	2072,131	0,140	7,148	7,287
11,4	39,327	2033,153	2072,494	0,141	7,145	7,286
11,5	39,676	2033,167	2072,857	0,142	7,143	7,285
11,6	40,024	2033,181	2073,220	0,143	7,140	7,284
11,7	40,373	2033,195	2073,582	0,145	7,138	7,282
11,8	40,721	2033,209	2073,945	0,146	7,135	7,281
11,9	41,069	2033,223	2074,308	0,147	7,133	7,280
12	41,418	2033,236	2074,671	0,148	7,130	7,279
12,06	41,627	2033,227	2074,868	0,149	7,129	7,278
12,07	41,662	2033,225	2074,901	0,149	7,128	7,278
12,08	41,696	2033,223	2074,934	0,149	7,128	7,278
12,1	41,766	2033,220	2075,000	0,150	7,128	7,277
12,2	42,114	2033,204	2075,329	0,151	7,125	7,276
12,3	42,463	2033,188	2075,658	0,152	7,123	7,275
12,4	42,811	2033,171	2075,987	0,153	7,120	7,273
12,5	43,159	2033,155	2076,316	0,154	7,117	7,272
12,6	43,507	2033,139	2076,645	0,156	7,115	7,271
12,7	43,856	2033,122	2076,974	0,157	7,112	7,269
12,8	44,204	2033,106	2077,303	0,158	7,110	7,268
12,9	44,552	2033,090	2077,632	0,159	7,107	7,267
13	44,900	2033,073	2077,961	0,161	7,105	7,265
13,1	45,249	2033,057	2078,290	0,162	7,102	7,264
13,2	45,597	2033,041	2078,619	0,163	7,100	7,263
13,3	45,945	2033,024	2078,948	0,164	7,097	7,261
13,4	46,293	2033,008	2079,278	0,165	7,095	7,260
13,5	46,642	2032,992	2079,607	0,167	7,092	7,259
13,6	46,990	2032,975	2079,936	0,168	7,090	7,257
13,7	47,338	2032,959	2080,265	0,169	7,087	7,256
13,8	47,686	2032,943	2080,594	0,170	7,084	7,255
13,9	48,035	2032,926	2080,923	0,172	7,082	7,253
14	48,383	2032,910	2081,252	0,173	7,079	7,252
14,1	48,733	2032,893	2081,586	0,174	7,077	7,251
14,2	49,083	2032,876	2081,919	0,175	7,074	7,250
14,3	49,433	2032,859	2082,253	0,176	7,072	7,248
14,4	49,783	2032,842	2082,587	0,178	7,069	7,247
14,5	50,132	2032,825	2082,920	0,179	7,067	7,246
14,6	50,482	2032,808	2083,254	0,180	7,064	7,244
14,7	50,832	2032,791	2083,588	0,181	7,062	7,243
14,8	51,182	2032,774	2083,922	0,182	7,059	7,242
14,9	51,532	2032,757	2084,255	0,184	7,057	7,240
15	51,882	2032,740	2084,589	0,185	7,054	7,239
15,1	52,232	2032,723	2084,923	0,186	7,052	7,238
15,2	52,581	2032,706	2085,256	0,187	7,049	7,237
15,3	52,931	2032,689	2085,590	0,189	7,047	7,235
15,4	53,281	2032,672	2085,924	0,190	7,044	7,234
15,5	53,631	2032,655	2086,257	0,191	7,042	7,233
15,6	53,981	2032,638	2086,591	0,192	7,039	7,231
15,7	54,331	2032,621	2086,925	0,193	7,037	7,230
15,8	54,681	2032,604	2087,259	0,195	7,034	7,229
15,9	55,031	2032,587	2087,592	0,196	7,032	7,227
16	55,380	2032,570	2087,926	0,197	7,029	7,226
16,1	55,732	2032,558	2088,286	0,198	7,027	7,225

16,2	56,084	2032,585	2088,647	0,199	7,024	7,224
16,3	56,435	2032,593	2089,007	0,201	7,022	7,223
16,4	56,787	2032,601	2089,367	0,202	7,020	7,222
16,5	57,138	2032,608	2089,728	0,203	7,017	7,220
16,6	57,490	2032,616	2090,088	0,204	7,015	7,219
16,7	57,841	2032,623	2090,449	0,206	7,013	7,218
16,8	58,193	2032,631	2090,809	0,207	7,010	7,217
16,9	58,545	2032,638	2091,169	0,208	7,008	7,216
17	58,896	2032,646	2091,530	0,209	7,005	7,215
17,1	59,248	2032,654	2091,890	0,210	7,003	7,213
17,2	59,599	2032,661	2092,250	0,212	7,001	7,212
17,3	59,951	2032,669	2092,611	0,213	6,998	7,211
17,4	60,302	2032,676	2092,971	0,214	6,996	7,210
17,5	60,654	2032,684	2093,332	0,215	6,994	7,209
17,6	61,005	2032,691	2093,692	0,216	6,991	7,208
17,7	61,357	2032,699	2094,052	0,218	6,989	7,206
17,8	61,709	2032,707	2094,413	0,219	6,986	7,205
17,9	62,060	2032,714	2094,773	0,220	6,984	7,204
18	62,412	2032,722	2095,133	0,221	6,982	7,203
18,1	62,764	2032,733	2095,499	0,222	6,979	7,202
18,2	63,117	2032,743	2095,864	0,224	6,977	7,201
18,3	63,469	2032,754	2096,229	0,225	6,975	7,200
18,4	63,822	2032,765	2096,594	0,226	6,972	7,198
18,5	64,174	2032,776	2096,959	0,227	6,970	7,197
18,6	64,527	2032,787	2097,324	0,229	6,968	7,196
18,7	64,880	2032,798	2097,689	0,230	6,965	7,195
18,8	65,232	2032,809	2098,054	0,231	6,963	7,194
18,9	65,585	2032,820	2098,419	0,232	6,961	7,193
19	65,937	2032,831	2098,785	0,233	6,958	7,192
19,1	66,290	2032,842	2099,150	0,235	6,956	7,190
19,2	66,642	2032,853	2099,515	0,236	6,954	7,189
19,3	66,995	2032,863	2099,880	0,237	6,951	7,188
19,4	67,347	2032,874	2100,245	0,238	6,949	7,187
19,5	67,700	2032,885	2100,610	0,239	6,946	7,186
19,6	68,053	2032,896	2100,975	0,241	6,944	7,185
19,7	68,405	2032,907	2101,340	0,242	6,942	7,184
19,8	68,758	2032,918	2101,705	0,243	6,939	7,182
19,9	69,110	2032,929	2102,071	0,244	6,937	7,181
20	69,463	2032,940	2102,436	0,245	6,935	7,180
20,1	69,817	2032,950	2102,797	0,247	6,932	7,179
20,2	70,171	2032,960	2103,159	0,248	6,930	7,178
20,3	70,526	2032,970	2103,520	0,249	6,928	7,177
20,4	70,880	2032,980	2103,882	0,250	6,925	7,176
20,5	71,235	2032,990	2104,244	0,251	6,923	7,175
20,6	71,589	2033,001	2104,605	0,253	6,921	7,174
20,7	71,943	2033,011	2104,967	0,254	6,919	7,172
20,8	72,298	2033,021	2105,328	0,255	6,916	7,171
20,9	72,652	2033,031	2105,690	0,256	6,914	7,170
21	73,006	2033,041	2106,051	0,257	6,912	7,169
21,1	73,361	2033,051	2106,413	0,259	6,909	7,168
21,2	73,715	2033,061	2106,775	0,260	6,907	7,167
21,3	74,069	2033,071	2107,136	0,261	6,905	7,166
21,4	74,424	2033,082	2107,498	0,262	6,902	7,165
21,5	74,778	2033,092	2107,859	0,263	6,900	7,163
21,6	75,132	2033,102	2108,221	0,265	6,898	7,162
21,7	75,487	2033,112	2108,583	0,266	6,895	7,161
21,8	75,841	2033,122	2108,944	0,267	6,893	7,160

21,9	76,196	2033,132	2109,306	0,268	6,891	7,159
22	76,550	2033,142	2109,667	0,269	6,888	7,158
22,1	76,905	2033,152	2110,034	0,271	6,886	7,157
22,2	77,261	2033,161	2110,400	0,272	6,884	7,156
22,3	77,616	2033,170	2110,766	0,273	6,882	7,155
22,4	77,971	2033,180	2111,133	0,274	6,879	7,154
22,5	78,327	2033,189	2111,499	0,276	6,877	7,152
22,6	78,682	2033,198	2111,865	0,277	6,875	7,151
22,7	79,037	2033,208	2112,232	0,278	6,872	7,150
22,8	79,393	2033,217	2112,598	0,279	6,870	7,149
22,9	79,748	2033,226	2112,964	0,280	6,868	7,148
23	80,103	2033,236	2113,331	0,282	6,865	7,147
23,1	80,459	2033,245	2113,697	0,283	6,863	7,146
23,2	80,814	2033,254	2114,063	0,284	6,861	7,145
23,3	81,169	2033,264	2114,430	0,285	6,859	7,144
23,4	81,525	2033,273	2114,796	0,286	6,856	7,143
23,5	81,880	2033,282	2115,162	0,288	6,854	7,142
23,6	82,235	2033,292	2115,529	0,289	6,852	7,141
23,7	82,591	2033,301	2115,895	0,290	6,849	7,139
23,8	82,946	2033,310	2116,261	0,291	6,847	7,138
23,9	83,301	2033,320	2116,628	0,292	6,845	7,137
24	83,657	2033,329	2116,994	0,294	6,843	7,136
24,1	84,012	2033,308	2117,326	0,295	6,840	7,135
24,2	84,368	2033,288	2117,659	0,296	6,838	7,134
24,3	84,723	2033,267	2117,991	0,297	6,836	7,133
24,4	85,079	2033,247	2118,324	0,298	6,833	7,131
24,5	85,434	2033,226	2118,656	0,300	6,831	7,130
24,6	85,789	2033,205	2118,988	0,301	6,828	7,129
24,7	86,145	2033,185	2119,321	0,302	6,826	7,128
24,8	86,500	2033,164	2119,653	0,303	6,824	7,127
24,9	86,856	2033,144	2119,985	0,304	6,821	7,126
25	87,211	2033,123	2120,318	0,305	6,819	7,125
25,1	87,567	2033,102	2120,650	0,307	6,817	7,123
25,2	87,922	2033,082	2120,982	0,308	6,814	7,122
25,3	88,278	2033,061	2121,315	0,309	6,812	7,121
25,4	88,633	2033,041	2121,647	0,310	6,810	7,120
25,5	88,988	2033,020	2121,979	0,311	6,807	7,119
25,6	89,344	2033,000	2122,312	0,313	6,805	7,118
25,7	89,699	2032,979	2122,644	0,314	6,803	7,116
25,8	90,055	2032,958	2122,976	0,315	6,800	7,115
25,9	90,410	2032,938	2123,309	0,316	6,798	7,114
26	90,766	2032,917	2123,641	0,317	6,795	7,113
26,1	91,124	2032,921	2124,005	0,319	6,793	7,112
26,2	91,482	2032,924	2124,368	0,320	6,791	7,111
26,3	91,840	2032,928	2124,731	0,321	6,789	7,110
26,4	92,198	2032,932	2125,095	0,322	6,787	7,109
26,5	92,556	2032,935	2125,458	0,323	6,784	7,108
26,6	92,914	2032,939	2125,821	0,325	6,782	7,107
26,7	93,272	2032,943	2126,185	0,326	6,780	7,106
26,8	93,630	2032,946	2126,548	0,327	6,778	7,105
26,9	93,988	2032,950	2126,911	0,328	6,775	7,104
27	94,346	2032,954	2127,275	0,329	6,773	7,102
27,1	94,704	2032,957	2127,638	0,331	6,771	7,101
27,2	95,062	2032,961	2128,001	0,332	6,769	7,100
27,3	95,420	2032,965	2128,365	0,333	6,766	7,099
27,4	95,778	2032,968	2128,728	0,334	6,764	7,098
27,5	96,136	2032,972	2129,091	0,335	6,762	7,097

27,6	96,494	2032,976	2129,455	0,336	6,760	7,096
27,7	96,852	2032,979	2129,818	0,338	6,758	7,095
27,8	97,210	2032,983	2130,182	0,339	6,755	7,094
27,9	97,568	2032,986	2130,545	0,340	6,753	7,093
28	97,926	2032,990	2130,908	0,341	6,751	7,092
28,1	98,285	2032,997	2131,276	0,342	6,749	7,091
28,2	98,644	2033,004	2131,644	0,344	6,746	7,090
28,3	99,004	2033,011	2132,013	0,345	6,744	7,089
28,4	99,363	2033,018	2132,381	0,346	6,742	7,088
28,5	99,722	2033,025	2132,749	0,347	6,740	7,087
28,6	100,081	2033,032	2133,117	0,348	6,738	7,086
28,7	100,440	2033,039	2133,485	0,349	6,735	7,085
28,8	100,799	2033,046	2133,853	0,350	6,733	7,084
28,9	101,158	2033,053	2134,221	0,352	6,731	7,083
29	101,517	2033,060	2134,590	0,353	6,729	7,082
29,1	101,876	2033,067	2134,958	0,354	6,727	7,081
29,2	102,235	2033,074	2135,326	0,355	6,724	7,080
29,3	102,594	2033,081	2135,694	0,356	6,722	7,079
29,4	102,953	2033,088	2136,062	0,357	6,720	7,078
29,5	103,312	2033,096	2136,430	0,359	6,718	7,077
29,6	103,671	2033,103	2136,798	0,360	6,715	7,076
29,7	104,030	2033,110	2137,167	0,361	6,713	7,075
29,8	104,389	2033,117	2137,535	0,362	6,711	7,074
29,9	104,748	2033,124	2137,903	0,363	6,709	7,073
30	105,107	2033,131	2138,271	0,364	6,707	7,072
30,1	105,468	2033,133	2138,636	0,366	6,704	7,071
30,2	105,829	2033,135	2139,000	0,367	6,702	7,070
30,3	106,189	2033,137	2139,365	0,368	6,700	7,069
30,4	106,550	2033,139	2139,729	0,369	6,698	7,068
30,5	106,911	2033,141	2140,094	0,370	6,696	7,067
30,6	107,272	2033,143	2140,458	0,372	6,694	7,066
30,7	107,633	2033,145	2140,823	0,373	6,691	7,065
30,8	107,994	2033,147	2141,187	0,374	6,689	7,064
30,9	108,354	2033,149	2141,552	0,375	6,687	7,063
31	108,715	2033,151	2141,917	0,377	6,685	7,062
31,1	109,076	2033,153	2142,281	0,378	6,683	7,061
31,2	109,437	2033,155	2142,646	0,379	6,680	7,060
31,3	109,798	2033,157	2143,010	0,380	6,678	7,059
31,4	110,159	2033,159	2143,375	0,382	6,676	7,058
31,5	110,519	2033,161	2143,739	0,383	6,674	7,057
31,6	110,880	2033,163	2144,104	0,384	6,672	7,056
31,7	111,241	2033,166	2144,469	0,385	6,670	7,055
31,8	111,602	2033,168	2144,833	0,386	6,667	7,054
31,9	111,963	2033,170	2145,198	0,388	6,665	7,053
32	112,324	2033,172	2145,562	0,389	6,663	7,052
32,1	112,686	2033,303	2145,927	0,390	6,661	7,051
32,2	113,048	2033,434	2146,293	0,391	6,659	7,050
32,3	113,410	2033,566	2146,658	0,392	6,656	7,049
32,4	113,772	2033,697	2147,023	0,394	6,654	7,048
32,5	114,135	2033,829	2147,388	0,395	6,652	7,047
32,6	114,497	2033,960	2147,753	0,396	6,650	7,046
32,7	114,859	2034,092	2148,118	0,397	6,648	7,045
32,8	115,221	2034,223	2148,484	0,398	6,646	7,044
32,9	115,584	2034,354	2148,849	0,400	6,644	7,043
33	115,946	2034,486	2149,214	0,401	6,641	7,042
33,1	116,308	2034,617	2149,579	0,402	6,639	7,041
33,2	116,670	2034,749	2149,944	0,403	6,637	7,040

33,3	117,033	2034,880	2150,309	0,404	6,635	7,039
33,4	117,395	2035,011	2150,675	0,405	6,633	7,038
33,5	117,757	2035,143	2151,040	0,407	6,631	7,037
33,6	118,119	2035,274	2151,405	0,408	6,628	7,036
33,7	118,481	2035,406	2151,770	0,409	6,626	7,035
33,8	118,844	2035,537	2152,135	0,410	6,624	7,034
33,9	119,206	2035,669	2152,500	0,411	6,622	7,033
34	119,568	2035,800	2152,866	0,413	6,620	7,032
34,1	119,928	2035,617	2153,170	0,414	6,617	7,031
34,2	120,288	2035,433	2153,474	0,415	6,615	7,030
34,3	120,648	2035,250	2153,779	0,416	6,613	7,029
34,4	121,008	2035,067	2154,083	0,417	6,610	7,028
34,5	121,368	2034,884	2154,388	0,418	6,608	7,027
34,6	121,728	2034,701	2154,692	0,420	6,606	7,025
34,7	122,088	2034,517	2154,997	0,421	6,604	7,024
34,8	122,448	2034,334	2155,301	0,422	6,601	7,023
34,9	122,808	2034,151	2155,606	0,423	6,599	7,022
35	123,168	2033,968	2155,910	0,424	6,597	7,021
35,1	123,529	2033,784	2156,215	0,425	6,594	7,020
35,2	123,889	2033,601	2156,519	0,427	6,592	7,019
35,3	124,249	2033,418	2156,823	0,428	6,590	7,017
35,4	124,609	2033,235	2157,128	0,429	6,587	7,016
35,5	124,969	2033,052	2157,432	0,430	6,585	7,015
35,6	125,329	2032,868	2157,737	0,431	6,583	7,014
35,7	125,689	2032,685	2158,041	0,432	6,580	7,013
35,8	126,049	2032,502	2158,346	0,434	6,578	7,012
35,9	126,409	2032,319	2158,650	0,435	6,576	7,011
36	126,769	2032,135	2158,955	0,436	6,573	7,009
36,1	127,133	2032,139	2159,321	0,437	6,571	7,008
36,2	127,498	2032,143	2159,687	0,438	6,569	7,008
36,3	127,862	2032,147	2160,053	0,439	6,567	7,007
36,4	128,226	2032,151	2160,420	0,441	6,565	7,006
36,5	128,591	2032,155	2160,786	0,442	6,563	7,005
36,6	128,955	2032,159	2161,152	0,443	6,561	7,004
36,7	129,320	2032,163	2161,519	0,444	6,559	7,003
36,8	129,684	2032,167	2161,885	0,445	6,557	7,002
36,9	130,048	2032,171	2162,251	0,447	6,554	7,001
37	130,413	2032,175	2162,617	0,448	6,552	7,000
37,1	130,777	2032,179	2162,984	0,449	6,550	6,999
37,2	131,142	2032,183	2163,350	0,450	6,548	6,998
37,3	131,506	2032,187	2163,716	0,451	6,546	6,997
37,4	131,870	2032,191	2164,083	0,452	6,544	6,996
37,5	132,235	2032,195	2164,449	0,454	6,542	6,995
37,6	132,599	2032,199	2164,815	0,455	6,540	6,994
37,7	132,964	2032,203	2165,181	0,456	6,538	6,994
37,8	133,328	2032,207	2165,548	0,457	6,535	6,993
37,9	133,693	2032,211	2165,914	0,458	6,533	6,992
38	134,057	2032,215	2166,280	0,459	6,531	6,991
38,1	134,423	2032,214	2166,647	0,461	6,529	6,990
38,2	134,789	2032,213	2167,014	0,462	6,527	6,989
38,3	135,156	2032,212	2167,381	0,463	6,525	6,988
38,4	135,522	2032,211	2167,748	0,464	6,523	6,987
38,5	135,888	2032,210	2168,115	0,465	6,521	6,986
38,6	136,254	2032,209	2168,482	0,467	6,519	6,985
38,7	136,620	2032,208	2168,849	0,468	6,517	6,984
38,8	136,987	2032,207	2169,215	0,469	6,515	6,984
38,9	137,353	2032,206	2169,582	0,470	6,513	6,983

39	137,719	2032,205	2169,949	0,471	6,510	6,982
39,1	138,085	2032,204	2170,316	0,472	6,508	6,981
39,2	138,452	2032,203	2170,683	0,474	6,506	6,980
39,3	138,818	2032,202	2171,050	0,475	6,504	6,979
39,4	139,184	2032,201	2171,417	0,476	6,502	6,978
39,5	139,550	2032,200	2171,784	0,477	6,500	6,977
39,6	139,917	2032,199	2172,150	0,478	6,498	6,976
39,7	140,283	2032,197	2172,517	0,480	6,496	6,975
39,8	140,649	2032,196	2172,884	0,481	6,494	6,974
39,9	141,015	2032,195	2173,251	0,482	6,492	6,974
40	141,381	2032,194	2173,618	0,483	6,490	6,973
40,1	141,749	2032,193	2173,981	0,484	6,488	6,972
40,2	142,117	2032,191	2174,345	0,485	6,485	6,971
40,3	142,484	2032,189	2174,708	0,487	6,483	6,970
40,4	142,852	2032,187	2175,071	0,488	6,481	6,969
40,5	143,220	2032,185	2175,434	0,489	6,479	6,968
40,6	143,587	2032,183	2175,798	0,490	6,477	6,967
40,7	143,955	2032,182	2176,161	0,491	6,475	6,966
40,8	144,322	2032,180	2176,524	0,492	6,473	6,966
40,9	144,690	2032,178	2176,887	0,494	6,471	6,965
41	145,058	2032,176	2177,251	0,495	6,469	6,964
41,1	145,425	2032,174	2177,614	0,496	6,467	6,963
41,2	145,793	2032,172	2177,977	0,497	6,465	6,962
41,3	146,161	2032,171	2178,340	0,498	6,463	6,961
41,4	146,528	2032,169	2178,704	0,499	6,461	6,960
41,5	146,896	2032,167	2179,067	0,501	6,459	6,959
41,6	147,263	2032,165	2179,430	0,502	6,457	6,958
41,7	147,631	2032,163	2179,793	0,503	6,455	6,957
41,8	147,999	2032,161	2180,157	0,504	6,452	6,957
41,9	148,366	2032,160	2180,520	0,505	6,450	6,956
42	148,734	2032,158	2180,883	0,506	6,448	6,955
42,1	149,103	2032,155	2181,251	0,508	6,446	6,954
42,2	149,472	2032,153	2181,619	0,509	6,444	6,953
42,3	149,841	2032,150	2181,987	0,510	6,442	6,952
42,4	150,210	2032,147	2182,356	0,511	6,440	6,951
42,5	150,579	2032,145	2182,724	0,512	6,438	6,950
42,6	150,948	2032,142	2183,092	0,514	6,436	6,950
42,7	151,317	2032,139	2183,460	0,515	6,434	6,949
42,8	151,686	2032,137	2183,828	0,516	6,432	6,948
42,9	152,055	2032,134	2184,196	0,517	6,430	6,947
43	152,424	2032,131	2184,564	0,518	6,428	6,946
43,1	152,793	2032,129	2184,932	0,519	6,426	6,945
43,2	153,162	2032,126	2185,300	0,521	6,424	6,944
43,3	153,531	2032,124	2185,668	0,522	6,422	6,944
43,4	153,900	2032,121	2186,036	0,523	6,420	6,943
43,5	154,269	2032,118	2186,404	0,524	6,418	6,942
43,6	154,638	2032,116	2186,773	0,525	6,416	6,941
43,7	155,007	2032,113	2187,141	0,526	6,414	6,940
43,8	155,376	2032,110	2187,509	0,528	6,412	6,939
43,9	155,745	2032,108	2187,877	0,529	6,410	6,938
44	156,114	2032,105	2188,245	0,530	6,407	6,937
44,1	156,482	2032,073	2188,600	0,531	6,405	6,937
44,2	156,851	2032,041	2188,954	0,532	6,403	6,936
44,3	157,219	2032,009	2189,309	0,533	6,401	6,935
44,4	157,587	2031,977	2189,664	0,535	6,399	6,934
44,5	157,955	2031,945	2190,019	0,536	6,397	6,933
44,6	158,323	2031,913	2190,374	0,537	6,395	6,932

44,7	158,691	2031,881	2190,728	0,538	6,392	6,931
44,8	159,059	2031,849	2191,083	0,539	6,390	6,930
44,9	159,427	2031,817	2191,438	0,540	6,388	6,929
45	159,795	2031,785	2191,793	0,542	6,386	6,928
45,1	160,164	2031,753	2192,148	0,543	6,384	6,927
45,2	160,532	2031,721	2192,502	0,544	6,382	6,926
45,3	160,900	2031,689	2192,857	0,545	6,380	6,925
45,4	161,268	2031,657	2193,212	0,546	6,377	6,924
45,5	161,636	2031,625	2193,567	0,547	6,375	6,923
45,6	162,004	2031,593	2193,922	0,548	6,373	6,922
45,7	162,372	2031,561	2194,276	0,550	6,371	6,921
45,8	162,740	2031,529	2194,631	0,551	6,369	6,920
45,9	163,109	2031,497	2194,986	0,552	6,367	6,919
46	163,477	2031,465	2195,341	0,553	6,365	6,919
46,1	163,848	2031,461	2195,689	0,554	6,363	6,918
46,2	164,220	2031,457	2196,037	0,555	6,361	6,917
46,3	164,592	2031,452	2196,385	0,557	6,359	6,916
46,4	164,964	2031,448	2196,733	0,558	6,357	6,915
46,5	165,335	2031,444	2197,081	0,559	6,355	6,914
46,6	165,707	2031,440	2197,429	0,560	6,353	6,914
46,7	166,079	2031,436	2197,777	0,561	6,351	6,913
46,8	166,450	2031,432	2198,125	0,562	6,349	6,912
46,9	166,822	2031,427	2198,473	0,564	6,347	6,911
47	167,194	2031,423	2198,821	0,565	6,345	6,910
47,1	167,566	2031,419	2199,169	0,566	6,343	6,909
47,2	167,937	2031,415	2199,517	0,567	6,341	6,909
47,3	168,309	2031,411	2199,865	0,568	6,339	6,908
47,4	168,681	2031,406	2200,213	0,569	6,337	6,907
47,5	169,052	2031,402	2200,561	0,571	6,335	6,906
47,6	169,424	2031,398	2200,909	0,572	6,333	6,905
47,7	169,796	2031,394	2201,257	0,573	6,331	6,904
47,8	170,168	2031,390	2201,605	0,574	6,329	6,904
47,9	170,539	2031,386	2201,953	0,575	6,327	6,903
48	170,911	2031,381	2202,301	0,576	6,325	6,902
48,1	171,285	2031,376	2202,671	0,578	6,323	6,901
48,2	171,658	2031,371	2203,041	0,579	6,321	6,900
48,3	172,032	2031,366	2203,410	0,580	6,319	6,899
48,4	172,405	2031,361	2203,780	0,581	6,318	6,899
48,5	172,779	2031,356	2204,150	0,582	6,316	6,898
48,6	173,152	2031,351	2204,520	0,583	6,314	6,897
48,7	173,526	2031,346	2204,890	0,585	6,312	6,896
48,8	173,899	2031,341	2205,260	0,586	6,310	6,895
48,9	174,273	2031,336	2205,629	0,587	6,308	6,895
49	174,646	2031,332	2205,999	0,588	6,306	6,894
49,1	175,020	2031,327	2206,369	0,589	6,304	6,893
49,2	175,393	2031,322	2206,739	0,590	6,302	6,892
49,3	175,767	2031,317	2207,109	0,592	6,300	6,891
49,4	176,141	2031,312	2207,479	0,593	6,298	6,891
49,5	176,514	2031,307	2207,848	0,594	6,296	6,890
49,6	176,888	2031,302	2208,218	0,595	6,294	6,889
49,7	177,261	2031,297	2208,588	0,596	6,292	6,888
49,8	177,635	2031,292	2208,958	0,597	6,290	6,887
49,9	178,008	2031,287	2209,328	0,599	6,288	6,886
50	178,382	2031,282	2209,698	0,600	6,286	6,886
50,1	178,756	2031,276	2210,064	0,601	6,284	6,885
50,2	179,131	2031,270	2210,430	0,602	6,282	6,884
50,3	179,505	2031,264	2210,796	0,603	6,280	6,883

50,4	179,880	2031,259	2211,162	0,604	6,278	6,883
50,5	180,254	2031,253	2211,528	0,605	6,276	6,882
50,6	180,629	2031,247	2211,895	0,607	6,274	6,881
50,7	181,003	2031,241	2212,261	0,608	6,272	6,880
50,8	181,378	2031,235	2212,627	0,609	6,270	6,879
50,9	181,752	2031,230	2212,993	0,610	6,268	6,879
51	182,127	2031,224	2213,359	0,611	6,266	6,878
51,1	182,501	2031,218	2213,725	0,612	6,264	6,877
51,2	182,876	2031,212	2214,092	0,614	6,263	6,876
51,3	183,250	2031,206	2214,458	0,615	6,261	6,875
51,4	183,625	2031,201	2214,824	0,616	6,259	6,875
51,5	183,999	2031,195	2215,190	0,617	6,257	6,874
51,6	184,374	2031,189	2215,556	0,618	6,255	6,873
51,7	184,749	2031,183	2215,922	0,619	6,253	6,872
51,8	185,123	2031,178	2216,289	0,621	6,251	6,871
51,9	185,498	2031,172	2216,655	0,622	6,249	6,871
52	185,872	2031,166	2217,021	0,623	6,247	6,870
52,1	186,248	2031,155	2217,388	0,624	6,245	6,869
52,2	186,624	2031,144	2217,754	0,625	6,243	6,868
52,3	187,000	2031,133	2218,121	0,626	6,241	6,867
52,4	187,376	2031,122	2218,488	0,628	6,239	6,867
52,5	187,752	2031,112	2218,855	0,629	6,237	6,866
52,6	188,128	2031,101	2219,221	0,630	6,235	6,865
52,7	188,503	2031,090	2219,588	0,631	6,233	6,864
52,8	188,879	2031,079	2219,955	0,632	6,232	6,864
52,9	189,255	2031,068	2220,322	0,633	6,230	6,863
53	189,631	2031,057	2220,688	0,635	6,228	6,862
53,1	190,007	2031,046	2221,055	0,636	6,226	6,861
53,2	190,383	2031,036	2221,422	0,637	6,224	6,860
53,3	190,759	2031,025	2221,789	0,638	6,222	6,860
53,4	191,135	2031,014	2222,155	0,639	6,220	6,859
53,5	191,511	2031,003	2222,522	0,640	6,218	6,858
53,6	191,887	2030,992	2222,889	0,641	6,216	6,857
53,7	192,263	2030,981	2223,256	0,643	6,214	6,857
53,8	192,638	2030,970	2223,622	0,644	6,212	6,856
53,9	193,014	2030,959	2223,989	0,645	6,210	6,855
54	193,390	2030,949	2224,356	0,646	6,209	6,854
54,1	193,762	2030,885	2224,661	0,647	6,206	6,853
54,2	194,135	2030,821	2224,966	0,648	6,204	6,852
54,3	194,507	2030,757	2225,271	0,650	6,202	6,851
54,4	194,879	2030,693	2225,577	0,651	6,200	6,850
54,5	195,251	2030,629	2225,882	0,652	6,198	6,849
54,6	195,623	2030,565	2226,187	0,653	6,196	6,849
54,7	195,995	2030,501	2226,492	0,654	6,194	6,848
54,8	196,367	2030,437	2226,797	0,655	6,192	6,847
54,9	196,740	2030,373	2227,103	0,656	6,190	6,846
55	197,112	2030,309	2227,408	0,657	6,187	6,845
55,1	197,484	2030,245	2227,713	0,659	6,185	6,844
55,2	197,856	2030,181	2228,018	0,660	6,183	6,843
55,3	198,228	2030,117	2228,323	0,661	6,181	6,842
55,4	198,600	2030,053	2228,628	0,662	6,179	6,841
55,5	198,972	2029,989	2228,934	0,663	6,177	6,840
55,6	199,344	2029,925	2229,239	0,664	6,175	6,839
55,7	199,717	2029,861	2229,544	0,665	6,173	6,838
55,8	200,089	2029,797	2229,849	0,667	6,171	6,837
55,9	200,461	2029,733	2230,154	0,668	6,169	6,836
56	200,833	2029,669	2230,459	0,669	6,166	6,835

56,1	201,212	2029,657	2230,827	0,670	6,164	6,834
56,2	201,591	2029,644	2231,195	0,671	6,163	6,834
56,3	201,970	2029,632	2231,563	0,672	6,161	6,833
56,4	202,349	2029,620	2231,931	0,673	6,159	6,832
56,5	202,728	2029,607	2232,299	0,675	6,157	6,831
56,6	203,107	2029,595	2232,666	0,676	6,155	6,831
56,7	203,486	2029,583	2233,034	0,677	6,153	6,830
56,8	203,865	2029,570	2233,402	0,678	6,151	6,829
56,9	204,243	2029,558	2233,770	0,679	6,149	6,829
57	204,622	2029,545	2234,138	0,680	6,147	6,828
57,1	205,001	2029,533	2234,506	0,681	6,146	6,827
57,2	205,380	2029,521	2234,874	0,683	6,144	6,826
57,3	205,759	2029,508	2235,241	0,684	6,142	6,826
57,4	206,138	2029,496	2235,609	0,685	6,140	6,825
57,5	206,517	2029,484	2235,977	0,686	6,138	6,824
57,6	206,896	2029,471	2236,345	0,687	6,136	6,823
57,7	207,275	2029,459	2236,713	0,688	6,134	6,823
57,8	207,654	2029,446	2237,081	0,690	6,132	6,822
57,9	208,033	2029,434	2237,448	0,691	6,130	6,821
58	208,412	2029,422	2237,816	0,692	6,128	6,820
58,1	208,792	2029,408	2238,185	0,693	6,127	6,820
58,2	209,172	2029,395	2238,553	0,694	6,125	6,819
58,3	209,553	2029,382	2238,922	0,695	6,123	6,818
58,4	209,933	2029,369	2239,290	0,697	6,121	6,817
58,5	210,313	2029,356	2239,658	0,698	6,119	6,817
58,6	210,694	2029,342	2240,027	0,699	6,117	6,816
58,7	211,074	2029,329	2240,395	0,700	6,115	6,815
58,8	211,454	2029,316	2240,764	0,701	6,113	6,815
58,9	211,835	2029,303	2241,132	0,702	6,112	6,814
59	212,215	2029,290	2241,500	0,703	6,110	6,813
59,1	212,595	2029,276	2241,869	0,705	6,108	6,812
59,2	212,976	2029,263	2242,237	0,706	6,106	6,812
59,3	213,356	2029,250	2242,606	0,707	6,104	6,811
59,4	213,736	2029,237	2242,974	0,708	6,102	6,810
59,5	214,117	2029,224	2243,343	0,709	6,100	6,809
59,6	214,497	2029,210	2243,711	0,710	6,098	6,809
59,7	214,877	2029,197	2244,079	0,711	6,097	6,808
59,8	215,258	2029,184	2244,448	0,713	6,095	6,807
59,9	215,638	2029,171	2244,816	0,714	6,093	6,807
60	216,018	2029,158	2245,185	0,715	6,091	6,806
60,1	216,400	2029,144	2245,554	0,716	6,089	6,805
60,2	216,782	2029,130	2245,923	0,717	6,087	6,804
60,3	217,164	2029,116	2246,292	0,718	6,085	6,804
60,4	217,545	2029,102	2246,661	0,720	6,083	6,803
60,5	217,927	2029,088	2247,030	0,721	6,082	6,802
60,6	218,309	2029,074	2247,399	0,722	6,080	6,802
60,7	218,691	2029,060	2247,768	0,723	6,078	6,801
60,8	219,072	2029,045	2248,137	0,724	6,076	6,800
60,9	219,454	2029,031	2248,506	0,725	6,074	6,799
61	219,836	2029,017	2248,875	0,726	6,072	6,799
61,1	220,218	2029,003	2249,244	0,728	6,070	6,798
61,2	220,599	2028,989	2249,613	0,729	6,069	6,797
61,3	220,981	2028,975	2249,982	0,730	6,067	6,797
61,4	221,363	2028,961	2250,351	0,731	6,065	6,796
61,5	221,745	2028,947	2250,720	0,732	6,063	6,795
61,6	222,126	2028,933	2251,089	0,733	6,061	6,794
61,7	222,508	2028,919	2251,458	0,734	6,059	6,794

61,8	222,890	2028,905	2251,827	0,736	6,058	6,793
61,9	223,271	2028,891	2252,196	0,737	6,056	6,792
62	223,653	2028,877	2252,565	0,738	6,054	6,792
62,1	224,037	2028,862	2252,930	0,739	6,052	6,791
62,2	224,420	2028,848	2253,295	0,740	6,050	6,790
62,3	224,804	2028,833	2253,661	0,741	6,048	6,790
62,4	225,187	2028,818	2254,026	0,742	6,046	6,789
62,5	225,571	2028,803	2254,391	0,744	6,045	6,788
62,6	225,955	2028,788	2254,757	0,745	6,043	6,787
62,7	226,338	2028,773	2255,122	0,746	6,041	6,787
62,8	226,722	2028,759	2255,487	0,747	6,039	6,786
62,9	227,105	2028,744	2255,852	0,748	6,037	6,785
63	227,489	2028,729	2256,218	0,749	6,035	6,785
63,1	227,872	2028,714	2256,583	0,750	6,034	6,784
63,2	228,256	2028,699	2256,948	0,752	6,032	6,783
63,3	228,640	2028,684	2257,314	0,753	6,030	6,783
63,4	229,023	2028,670	2257,679	0,754	6,028	6,782
63,5	229,407	2028,655	2258,044	0,755	6,026	6,781
63,6	229,790	2028,640	2258,409	0,756	6,024	6,781
63,7	230,174	2028,625	2258,775	0,757	6,023	6,780
63,8	230,557	2028,610	2259,140	0,759	6,021	6,779
63,9	230,941	2028,595	2259,505	0,760	6,019	6,778
64	231,325	2028,580	2259,870	0,761	6,017	6,778
64,1	231,706	2028,537	2260,209	0,762	6,015	6,777
64,2	232,087	2028,493	2260,548	0,763	6,013	6,776
64,3	232,468	2028,450	2260,887	0,764	6,011	6,775
64,4	232,849	2028,406	2261,226	0,765	6,009	6,775
64,5	233,231	2028,362	2261,565	0,766	6,007	6,774
64,6	233,612	2028,319	2261,904	0,768	6,006	6,773
64,7	233,993	2028,275	2262,243	0,769	6,004	6,772
64,8	234,374	2028,231	2262,582	0,770	6,002	6,772
64,9	234,756	2028,188	2262,920	0,771	6,000	6,771
65	235,137	2028,144	2263,259	0,772	5,998	6,770
65,1	235,518	2028,100	2263,598	0,773	5,996	6,769
65,2	235,899	2028,057	2263,937	0,774	5,994	6,769
65,3	236,281	2028,013	2264,276	0,776	5,992	6,768
65,4	236,662	2027,969	2264,615	0,777	5,990	6,767
65,5	237,043	2027,926	2264,954	0,778	5,988	6,766
65,6	237,424	2027,882	2265,293	0,779	5,986	6,765
65,7	237,806	2027,838	2265,631	0,780	5,985	6,765
65,8	238,187	2027,795	2265,970	0,781	5,983	6,764
65,9	238,568	2027,751	2266,309	0,782	5,981	6,763
66	238,949	2027,708	2266,648	0,784	5,979	6,762
66,1	239,335	2027,687	2267,014	0,785	5,977	6,762
66,2	239,722	2027,666	2267,381	0,786	5,975	6,761
66,3	240,108	2027,645	2267,747	0,787	5,973	6,760
66,4	240,494	2027,625	2268,114	0,788	5,972	6,760
66,5	240,881	2027,604	2268,480	0,789	5,970	6,759
66,6	241,267	2027,583	2268,846	0,790	5,968	6,758
66,7	241,653	2027,562	2269,213	0,792	5,966	6,758
66,8	242,039	2027,541	2269,579	0,793	5,964	6,757
66,9	242,426	2027,521	2269,946	0,794	5,963	6,756
67	242,812	2027,500	2270,312	0,795	5,961	6,756
67,1	243,198	2027,479	2270,678	0,796	5,959	6,755
67,2	243,584	2027,458	2271,045	0,797	5,957	6,754
67,3	243,971	2027,438	2271,411	0,798	5,955	6,754
67,4	244,357	2027,417	2271,777	0,800	5,954	6,753

67,5	244,743	2027,396	2272,144	0,801	5,952	6,752
67,6	245,130	2027,375	2272,510	0,802	5,950	6,752
67,7	245,516	2027,355	2272,877	0,803	5,948	6,751
67,8	245,902	2027,334	2273,243	0,804	5,946	6,750
67,9	246,288	2027,313	2273,609	0,805	5,944	6,750
68	246,675	2027,292	2273,976	0,806	5,943	6,749
68,1	247,062	2027,275	2274,343	0,807	5,941	6,748
68,2	247,450	2027,258	2274,710	0,809	5,939	6,748
68,3	247,838	2027,241	2275,077	0,810	5,937	6,747
68,4	248,225	2027,223	2275,444	0,811	5,936	6,746
68,5	248,613	2027,206	2275,810	0,812	5,934	6,746
68,6	249,001	2027,189	2276,177	0,813	5,932	6,745
68,7	249,388	2027,172	2276,544	0,814	5,930	6,744
68,8	249,776	2027,154	2276,911	0,815	5,928	6,744
68,9	250,164	2027,137	2277,278	0,817	5,927	6,743
69	250,551	2027,120	2277,645	0,818	5,925	6,743
69,1	250,939	2027,103	2278,012	0,819	5,923	6,742
69,2	251,327	2027,086	2278,379	0,820	5,921	6,741
69,3	251,714	2027,068	2278,746	0,821	5,919	6,741
69,4	252,102	2027,051	2279,113	0,822	5,918	6,740
69,5	252,490	2027,034	2279,480	0,823	5,916	6,739
69,6	252,877	2027,017	2279,847	0,825	5,914	6,739
69,7	253,265	2026,999	2280,214	0,826	5,912	6,738
69,8	253,653	2026,982	2280,581	0,827	5,910	6,737
69,9	254,040	2026,965	2280,948	0,828	5,909	6,737
70	254,428	2026,948	2281,315	0,829	5,907	6,736
70,1	254,817	2026,925	2281,682	0,830	5,905	6,735
70,2	255,206	2026,903	2282,050	0,831	5,903	6,735
70,3	255,595	2026,880	2282,417	0,833	5,902	6,734
70,4	255,984	2026,858	2282,785	0,834	5,900	6,734
70,5	256,373	2026,835	2283,152	0,835	5,898	6,733
70,6	256,762	2026,813	2283,520	0,836	5,896	6,732
70,7	257,151	2026,791	2283,887	0,837	5,894	6,732
70,8	257,541	2026,768	2284,255	0,838	5,893	6,731
70,9	257,930	2026,746	2284,622	0,839	5,891	6,730
71	258,319	2026,723	2284,990	0,841	5,889	6,730
71,1	258,708	2026,701	2285,357	0,842	5,887	6,729
71,2	259,097	2026,679	2285,725	0,843	5,886	6,728
71,3	259,486	2026,656	2286,092	0,844	5,884	6,728
71,4	259,875	2026,634	2286,460	0,845	5,882	6,727
71,5	260,264	2026,611	2286,827	0,846	5,880	6,727
71,6	260,653	2026,589	2287,195	0,847	5,878	6,726
71,7	261,042	2026,566	2287,563	0,849	5,877	6,725
71,8	261,431	2026,544	2287,930	0,850	5,875	6,725
71,9	261,820	2026,522	2288,298	0,851	5,873	6,724
72	262,209	2026,499	2288,665	0,852	5,871	6,723
72,1	262,600	2026,476	2289,033	0,853	5,870	6,723
72,2	262,991	2026,453	2289,401	0,854	5,868	6,722
72,3	263,382	2026,429	2289,769	0,855	5,866	6,722
72,4	263,773	2026,406	2290,137	0,857	5,864	6,721
72,5	264,164	2026,383	2290,505	0,858	5,863	6,720
72,6	264,555	2026,360	2290,874	0,859	5,861	6,720
72,7	264,946	2026,336	2291,242	0,860	5,859	6,719
72,8	265,337	2026,313	2291,610	0,861	5,857	6,718
72,9	265,727	2026,290	2291,978	0,862	5,856	6,718
73	266,118	2026,267	2292,346	0,863	5,854	6,717
73,1	266,509	2026,243	2292,714	0,865	5,852	6,717

73,2	266,900	2026,220	2293,082	0,866	5,850	6,716
73,3	267,291	2026,197	2293,450	0,867	5,848	6,715
73,4	267,682	2026,174	2293,818	0,868	5,847	6,715
73,5	268,073	2026,150	2294,186	0,869	5,845	6,714
73,6	268,464	2026,127	2294,554	0,870	5,843	6,713
73,7	268,855	2026,104	2294,923	0,871	5,841	6,713
73,8	269,246	2026,081	2295,291	0,872	5,840	6,712
73,9	269,637	2026,057	2295,659	0,874	5,838	6,712
74	270,027	2026,034	2296,027	0,875	5,836	6,711
74,1	270,416	2025,978	2296,364	0,876	5,834	6,710
74,2	270,804	2025,922	2296,701	0,877	5,833	6,710
74,3	271,193	2025,866	2297,038	0,878	5,831	6,709
74,4	271,582	2025,810	2297,375	0,879	5,829	6,708
74,5	271,970	2025,753	2297,713	0,880	5,827	6,707
74,6	272,359	2025,697	2298,050	0,881	5,825	6,707
74,7	272,747	2025,641	2298,387	0,883	5,823	6,706
74,8	273,136	2025,585	2298,724	0,884	5,822	6,705
74,9	273,524	2025,529	2299,061	0,885	5,820	6,705
75	273,913	2025,473	2299,398	0,886	5,818	6,704
75,1	274,301	2025,417	2299,736	0,887	5,816	6,703
75,2	274,690	2025,360	2300,073	0,888	5,814	6,703
75,3	275,078	2025,304	2300,410	0,889	5,813	6,702
75,4	275,467	2025,248	2300,747	0,890	5,811	6,701
75,5	275,855	2025,192	2301,084	0,892	5,809	6,700
75,6	276,244	2025,136	2301,421	0,893	5,807	6,700
75,7	276,632	2025,080	2301,759	0,894	5,805	6,699
75,8	277,021	2025,024	2302,096	0,895	5,803	6,698
75,9	277,409	2024,967	2302,433	0,896	5,802	6,698
76	277,798	2024,911	2302,770	0,897	5,800	6,697
76,1	278,187	2024,859	2303,103	0,898	5,798	6,696
76,2	278,577	2024,806	2303,437	0,899	5,796	6,696
76,3	278,967	2024,754	2303,770	0,901	5,794	6,695
76,4	279,357	2024,701	2304,103	0,902	5,793	6,694
76,5	279,746	2024,649	2304,436	0,903	5,791	6,694
76,6	280,136	2024,596	2304,770	0,904	5,789	6,693
76,7	280,526	2024,544	2305,103	0,905	5,787	6,692
76,8	280,915	2024,491	2305,436	0,906	5,785	6,691
76,9	281,305	2024,439	2305,770	0,907	5,783	6,691
77	281,695	2024,386	2306,103	0,908	5,782	6,690
77,1	282,085	2024,334	2306,436	0,910	5,780	6,689
77,2	282,474	2024,281	2306,769	0,911	5,778	6,689
77,3	282,864	2024,229	2307,103	0,912	5,776	6,688
77,4	283,254	2024,176	2307,436	0,913	5,774	6,687
77,5	283,643	2024,124	2307,769	0,914	5,773	6,687
77,6	284,033	2024,071	2308,102	0,915	5,771	6,686
77,7	284,423	2024,019	2308,436	0,916	5,769	6,685
77,8	284,812	2023,966	2308,769	0,917	5,767	6,685
77,9	285,202	2023,914	2309,102	0,918	5,765	6,684
78	285,592	2023,861	2309,436	0,920	5,764	6,683
78,1	285,987	2023,831	2309,805	0,921	5,762	6,683
78,2	286,383	2023,801	2310,175	0,922	5,760	6,682
78,3	286,778	2023,771	2310,545	0,923	5,758	6,681
78,4	287,173	2023,741	2310,914	0,924	5,756	6,681
78,5	287,569	2023,711	2311,284	0,925	5,754	6,680
78,6	287,964	2023,681	2311,654	0,926	5,752	6,680
78,7	288,359	2023,651	2312,023	0,928	5,750	6,679
78,8	288,755	2023,621	2312,393	0,929	5,748	6,679

78,9	289,150	2023,591	2312,763	0,930	5,746	6,678
79	289,545	2023,561	2313,133	0,931	5,744	6,677
79,1	289,941	2023,531	2313,502	0,932	5,742	6,677
79,2	290,336	2023,501	2313,872	0,933	5,740	6,676
79,3	290,732	2023,471	2314,242	0,934	5,738	6,676
79,4	291,127	2023,441	2314,611	0,936	5,737	6,675
79,5	291,522	2023,411	2314,981	0,937	5,735	6,675
79,6	291,918	2023,381	2315,351	0,938	5,733	6,674
79,7	292,313	2023,351	2315,721	0,939	5,731	6,673
79,8	292,708	2023,321	2316,090	0,940	5,729	6,673
79,9	293,104	2023,291	2316,460	0,941	5,727	6,672
80	293,499	2023,261	2316,830	0,942	5,725	6,672
80,1	293,895	2023,234	2317,195	0,943	5,723	6,671
80,2	294,292	2023,208	2317,561	0,945	5,722	6,671
80,3	294,688	2023,181	2317,927	0,946	5,721	6,670
80,4	295,084	2023,155	2318,293	0,947	5,719	6,669
80,5	295,481	2023,128	2318,659	0,948	5,718	6,669
80,6	295,877	2023,102	2319,025	0,949	5,716	6,668
80,7	296,273	2023,075	2319,391	0,950	5,715	6,668
80,8	296,670	2023,049	2319,757	0,951	5,713	6,667
80,9	297,066	2023,022	2320,123	0,952	5,712	6,667
81	297,462	2022,996	2320,488	0,954	5,710	6,666
81,1	297,858	2022,969	2320,854	0,955	5,709	6,665
81,2	298,255	2022,943	2321,220	0,956	5,707	6,665
81,3	298,651	2022,916	2321,586	0,957	5,706	6,664
81,4	299,047	2022,890	2321,952	0,958	5,704	6,664
81,5	299,444	2022,863	2322,318	0,959	5,703	6,663
81,6	299,840	2022,837	2322,684	0,960	5,701	6,663
81,7	300,236	2022,810	2323,050	0,962	5,700	6,662
81,8	300,633	2022,784	2323,415	0,963	5,698	6,661
81,9	301,029	2022,757	2323,781	0,964	5,697	6,661
82	301,425	2022,731	2324,147	0,965	5,695	6,660
82,1	301,823	2022,708	2324,514	0,966	5,693	6,660
82,2	302,222	2022,685	2324,880	0,967	5,690	6,659
82,3	302,620	2022,662	2325,247	0,968	5,688	6,659
82,4	303,018	2022,639	2325,613	0,969	5,685	6,658
82,5	303,416	2022,616	2325,979	0,971	5,683	6,658
82,6	303,814	2022,593	2326,346	0,972	5,680	6,657
82,7	304,212	2022,570	2326,712	0,973	5,677	6,656
82,8	304,611	2022,547	2327,079	0,974	5,675	6,656
82,9	305,009	2022,524	2327,445	0,975	5,672	6,655
83	305,407	2022,501	2327,812	0,976	5,670	6,655
83,1	305,805	2022,478	2328,178	0,977	5,667	6,654
83,2	306,203	2022,456	2328,544	0,978	5,665	6,654
83,3	306,601	2022,433	2328,911	0,980	5,662	6,653
83,4	307,000	2022,410	2329,277	0,981	5,659	6,653
83,5	307,398	2022,387	2329,644	0,982	5,657	6,652
83,6	307,796	2022,364	2330,010	0,983	5,654	6,651
83,7	308,194	2022,341	2330,377	0,984	5,652	6,651
83,8	308,592	2022,318	2330,743	0,985	5,649	6,650
83,9	308,990	2022,295	2331,109	0,986	5,647	6,650
84	309,389	2022,272	2331,476	0,987	5,644	6,649
84,1	309,784	2022,432	2331,807	0,989	5,643	6,649
84,2	310,180	2022,593	2332,138	0,990	5,642	6,648
84,3	310,576	2022,753	2332,469	0,991	5,641	6,647
84,4	310,971	2022,913	2332,799	0,992	5,641	6,647
84,5	311,367	2023,074	2333,130	0,993	5,640	6,646

84,6	311,763	2023,234	2333,461	0,994	5,639	6,645
84,7	312,158	2023,394	2333,792	0,995	5,638	6,645
84,8	312,554	2023,555	2334,123	0,996	5,637	6,644
84,9	312,950	2023,715	2334,454	0,997	5,636	6,644
85	313,346	2023,875	2334,785	0,999	5,635	6,643
85,1	313,741	2024,036	2335,116	1,000	5,635	6,642
85,2	314,137	2024,196	2335,447	1,001	5,634	6,642
85,3	314,533	2024,356	2335,777	1,002	5,633	6,641
85,4	314,928	2024,517	2336,108	1,003	5,632	6,640
85,5	315,324	2024,677	2336,439	1,004	5,631	6,640
85,6	315,720	2024,837	2336,770	1,005	5,630	6,639
85,7	316,116	2024,997	2337,101	1,006	5,629	6,638
85,8	316,511	2025,158	2337,432	1,008	5,629	6,638
85,9	316,907	2025,318	2337,763	1,009	5,628	6,637
86	317,303	2025,478	2338,094	1,010	5,627	6,637
86,1	317,704	2025,653	2338,461	1,011	5,625	6,636
86,2	318,105	2025,827	2338,829	1,012	5,623	6,635
86,3	318,507	2026,002	2339,196	1,013	5,622	6,635
86,4	318,908	2026,177	2339,564	1,014	5,620	6,634
86,5	319,309	2026,351	2339,931	1,015	5,619	6,634
86,6	319,711	2026,526	2340,299	1,016	5,617	6,633
86,7	320,112	2026,700	2340,666	1,018	5,615	6,633
86,8	320,513	2026,875	2341,034	1,019	5,614	6,632
86,9	320,914	2027,049	2341,401	1,020	5,612	6,632
87	321,316	2027,224	2341,769	1,021	5,610	6,631
87,1	321,717	2027,398	2342,136	1,022	5,609	6,631
87,2	322,118	2027,573	2342,503	1,023	5,607	6,630
87,3	322,520	2027,747	2342,871	1,024	5,605	6,630
87,4	322,921	2027,922	2343,238	1,025	5,604	6,629
87,5	323,322	2028,096	2343,606	1,027	5,602	6,629
87,6	323,724	2028,271	2343,973	1,028	5,600	6,628
87,7	324,125	2028,445	2344,341	1,029	5,599	6,628
87,8	324,526	2028,620	2344,708	1,030	5,597	6,627
87,9	324,928	2028,794	2345,076	1,031	5,595	6,626
88	325,329	2028,969	2345,443	1,032	5,594	6,626
88,1	325,732	2028,520	2345,807	1,033	5,592	6,625
88,2	326,134	2028,071	2346,171	1,034	5,590	6,625
88,3	326,537	2027,621	2346,534	1,036	5,588	6,624
88,4	326,940	2027,172	2346,898	1,037	5,586	6,624
88,5	327,342	2026,723	2347,261	1,038	5,584	6,623
88,6	327,745	2026,274	2347,625	1,039	5,583	6,623
88,7	328,148	2025,825	2347,989	1,040	5,581	6,622
88,8	328,551	2025,376	2348,352	1,041	5,579	6,621
88,9	328,953	2024,927	2348,716	1,042	5,577	6,621
89	329,356	2024,478	2349,080	1,043	5,575	6,620
89,1	329,759	2024,029	2349,443	1,045	5,573	6,620
89,2	330,161	2023,580	2349,807	1,046	5,571	6,619
89,3	330,564	2023,131	2350,170	1,047	5,569	6,619
89,4	330,967	2022,682	2350,534	1,048	5,568	6,618
89,5	331,370	2022,232	2350,898	1,049	5,566	6,618
89,6	331,772	2021,783	2351,261	1,050	5,564	6,617
89,7	332,175	2021,334	2351,625	1,051	5,562	6,616
89,8	332,578	2020,885	2351,989	1,052	5,560	6,616
89,9	332,980	2020,436	2352,352	1,054	5,558	6,615
90	333,383	2019,987	2352,716	1,055	5,556	6,615
90,1	333,788	2019,917	2353,084	1,056	5,555	6,614
90,2	334,192	2019,846	2353,453	1,057	5,554	6,614

90,3	334,597	2019,776	2353,821	1,058	5,552	6,613
90,4	335,001	2019,705	2354,190	1,059	5,551	6,613
90,5	335,406	2019,635	2354,559	1,060	5,549	6,612
90,6	335,811	2019,564	2354,927	1,061	5,548	6,612
90,7	336,215	2019,494	2355,296	1,063	5,547	6,611
90,8	336,620	2019,423	2355,664	1,064	5,545	6,611
90,9	337,024	2019,353	2356,033	1,065	5,544	6,611
91	337,429	2019,282	2356,402	1,066	5,542	6,610
91,1	337,833	2019,212	2356,770	1,067	5,541	6,610
91,2	338,238	2019,141	2357,139	1,068	5,540	6,609
91,3	338,643	2019,071	2357,507	1,069	5,538	6,609
91,4	339,047	2019,000	2357,876	1,070	5,537	6,608
91,5	339,452	2018,930	2358,245	1,072	5,535	6,608
91,6	339,856	2018,859	2358,613	1,073	5,534	6,607
91,7	340,261	2018,789	2358,982	1,074	5,532	6,607
91,8	340,665	2018,718	2359,350	1,075	5,531	6,606
91,9	341,070	2018,648	2359,719	1,076	5,530	6,606
92	341,475	2018,577	2360,087	1,077	5,528	6,605
92,1	341,881	2018,537	2360,452	1,078	5,527	6,605
92,2	342,286	2018,497	2360,817	1,079	5,525	6,604
92,3	342,692	2018,456	2361,182	1,081	5,523	6,604
92,4	343,098	2018,416	2361,546	1,082	5,522	6,603
92,5	343,504	2018,375	2361,911	1,083	5,520	6,603
92,6	343,910	2018,335	2362,276	1,084	5,519	6,602
92,7	344,316	2018,295	2362,640	1,085	5,517	6,602
92,8	344,722	2018,254	2363,005	1,086	5,515	6,601
92,9	345,128	2018,214	2363,370	1,087	5,514	6,601
93	345,534	2018,173	2363,734	1,088	5,512	6,600
93,1	345,940	2018,133	2364,099	1,090	5,510	6,600
93,2	346,346	2018,093	2364,464	1,091	5,509	6,599
93,3	346,752	2018,052	2364,828	1,092	5,507	6,599
93,4	347,158	2018,012	2365,193	1,093	5,506	6,598
93,5	347,564	2017,972	2365,558	1,094	5,504	6,598
93,6	347,970	2017,931	2365,923	1,095	5,502	6,597
93,7	348,376	2017,891	2366,287	1,096	5,501	6,597
93,8	348,782	2017,850	2366,652	1,097	5,499	6,596
93,9	349,188	2017,810	2367,017	1,098	5,497	6,596
94	349,594	2017,770	2367,381	1,100	5,496	6,595
94,1	349,997	2017,697	2367,710	1,101	5,494	6,595
94,2	350,399	2017,624	2368,039	1,102	5,493	6,594
94,3	350,802	2017,551	2368,368	1,103	5,491	6,594
94,4	351,204	2017,478	2368,697	1,104	5,489	6,593
94,5	351,607	2017,406	2369,026	1,105	5,487	6,593
94,6	352,009	2017,333	2369,355	1,106	5,486	6,592
94,7	352,412	2017,260	2369,684	1,107	5,484	6,591
94,8	352,815	2017,187	2370,013	1,108	5,482	6,591
94,9	353,217	2017,114	2370,341	1,110	5,481	6,590
95	353,620	2017,042	2370,670	1,111	5,479	6,590
95,1	354,022	2016,969	2370,999	1,112	5,477	6,589
95,2	354,425	2016,896	2371,328	1,113	5,476	6,589
95,3	354,828	2016,823	2371,657	1,114	5,474	6,588
95,4	355,230	2016,751	2371,986	1,115	5,472	6,587
95,5	355,633	2016,678	2372,315	1,116	5,471	6,587
95,6	356,035	2016,605	2372,644	1,117	5,469	6,586
95,7	356,438	2016,532	2372,973	1,118	5,467	6,586
95,8	356,840	2016,459	2373,302	1,120	5,466	6,585
95,9	357,243	2016,387	2373,630	1,121	5,464	6,585

96	357,646	2016,314	2373,959	1,122	5,462	6,584
96,1	358,050	2016,240	2374,293	1,123	5,461	6,583
96,2	358,454	2016,167	2374,627	1,124	5,459	6,583
96,3	358,858	2016,093	2374,961	1,125	5,457	6,582
96,4	359,263	2016,020	2375,295	1,126	5,456	6,582
96,5	359,667	2015,946	2375,628	1,127	5,454	6,581
96,6	360,071	2015,872	2375,962	1,128	5,452	6,581
96,7	360,475	2015,799	2376,296	1,129	5,451	6,580
96,8	360,879	2015,725	2376,630	1,131	5,449	6,579
96,9	361,284	2015,652	2376,964	1,132	5,447	6,579
97	361,688	2015,578	2377,297	1,133	5,446	6,578
97,1	362,092	2015,505	2377,631	1,134	5,444	6,578
97,2	362,496	2015,431	2377,965	1,135	5,442	6,577
97,3	362,901	2015,358	2378,299	1,136	5,441	6,577
97,4	363,305	2015,284	2378,633	1,137	5,439	6,576
97,5	363,709	2015,211	2378,966	1,138	5,437	6,576
97,6	364,113	2015,137	2379,300	1,139	5,436	6,575
97,7	364,518	2015,063	2379,634	1,140	5,434	6,574
97,8	364,922	2014,990	2379,968	1,142	5,432	6,574
97,9	365,326	2014,916	2380,302	1,143	5,431	6,573
98	365,730	2014,843	2380,635	1,144	5,429	6,573
98,1	366,141	2014,795	2380,997	1,145	5,427	6,572
98,2	366,551	2014,748	2381,359	1,146	5,426	6,572
98,3	366,962	2014,701	2381,721	1,147	5,424	6,571
98,4	367,372	2014,653	2382,082	1,148	5,423	6,571
98,5	367,782	2014,606	2382,444	1,149	5,421	6,570
98,6	368,193	2014,559	2382,806	1,151	5,419	6,570
98,7	368,603	2014,511	2383,168	1,152	5,418	6,569
98,8	369,014	2014,464	2383,529	1,153	5,416	6,569
98,9	369,424	2014,417	2383,891	1,154	5,415	6,569
99	369,835	2014,369	2384,253	1,155	5,413	6,568
99,1	370,245	2014,322	2384,615	1,156	5,411	6,568
99,2	370,656	2014,275	2384,976	1,157	5,410	6,567
99,3	371,066	2014,227	2385,338	1,158	5,408	6,567
99,4	371,476	2014,180	2385,700	1,159	5,407	6,566
99,5	371,887	2014,132	2386,062	1,161	5,405	6,566
99,6	372,297	2014,085	2386,423	1,162	5,404	6,565
99,7	372,708	2014,038	2386,785	1,163	5,402	6,565
99,8	373,118	2013,990	2387,147	1,164	5,400	6,564
99,9	373,529	2013,943	2387,509	1,165	5,399	6,564
100	373,939	2013,896	2387,870	1,166	5,397	6,563
100,1	374,351	2013,847	2388,233	1,167	5,396	6,563
100,2	374,764	2013,799	2388,595	1,168	5,394	6,563
100,3	375,176	2013,751	2388,957	1,170	5,393	6,562
100,4	375,588	2013,703	2389,320	1,171	5,391	6,562
100,5	376,001	2013,654	2389,682	1,172	5,389	6,561
100,6	376,413	2013,606	2390,044	1,173	5,388	6,561
100,7	376,825	2013,558	2390,406	1,174	5,386	6,560
100,8	377,237	2013,510	2390,769	1,175	5,385	6,560
100,9	377,650	2013,461	2391,131	1,176	5,383	6,559
101	378,062	2013,413	2391,493	1,177	5,382	6,559
101,1	378,474	2013,365	2391,855	1,178	5,380	6,558
101,2	378,887	2013,317	2392,218	1,180	5,378	6,558
101,3	379,299	2013,269	2392,580	1,181	5,377	6,558
101,4	379,711	2013,220	2392,942	1,182	5,375	6,557
101,5	380,124	2013,172	2393,305	1,183	5,374	6,557
101,6	380,536	2013,124	2393,667	1,184	5,372	6,556

101,7	380,948	2013,076	2394,029	1,185	5,371	6,556
101,8	381,360	2013,027	2394,391	1,186	5,369	6,555
101,9	381,773	2012,979	2394,754	1,187	5,367	6,555
102	382,185	2012,931	2395,116	1,188	5,366	6,554
102,1	382,599	2012,882	2395,479	1,190	5,364	6,554
102,2	383,013	2012,833	2395,841	1,191	5,363	6,553
102,3	383,428	2012,783	2396,204	1,192	5,361	6,553
102,4	383,842	2012,734	2396,567	1,193	5,360	6,553
102,5	384,256	2012,685	2396,930	1,194	5,358	6,552
102,6	384,670	2012,636	2397,293	1,195	5,357	6,552
102,7	385,084	2012,587	2397,655	1,196	5,355	6,551
102,8	385,498	2012,538	2398,018	1,197	5,353	6,551
102,9	385,913	2012,489	2398,381	1,199	5,352	6,550
103	386,327	2012,440	2398,744	1,200	5,350	6,550
103,1	386,741	2012,390	2399,107	1,201	5,349	6,549
103,2	387,155	2012,341	2399,469	1,202	5,347	6,549
103,3	387,569	2012,292	2399,832	1,203	5,346	6,549
103,4	387,983	2012,243	2400,195	1,204	5,344	6,548
103,5	388,397	2012,194	2400,558	1,205	5,342	6,548
103,6	388,812	2012,145	2400,921	1,206	5,341	6,547
103,7	389,226	2012,096	2401,283	1,207	5,339	6,547
103,8	389,640	2012,047	2401,646	1,209	5,338	6,546
103,9	390,054	2011,997	2402,009	1,210	5,336	6,546
104	390,468	2011,948	2402,372	1,211	5,335	6,545
104,1	390,879	2011,867	2402,703	1,212	5,333	6,545
104,2	391,289	2011,786	2403,034	1,213	5,331	6,544
104,3	391,699	2011,704	2403,365	1,214	5,330	6,544
104,4	392,109	2011,623	2403,697	1,215	5,328	6,543
104,5	392,520	2011,542	2404,028	1,216	5,327	6,543
104,6	392,930	2011,461	2404,359	1,217	5,325	6,542
104,7	393,340	2011,379	2404,690	1,218	5,323	6,542
104,8	393,750	2011,298	2405,022	1,220	5,322	6,541
104,9	394,161	2011,217	2405,353	1,221	5,320	6,541
105	394,571	2011,136	2405,684	1,222	5,318	6,540
105,1	394,981	2011,054	2406,015	1,223	5,317	6,540
105,2	395,391	2010,973	2406,347	1,224	5,315	6,539
105,3	395,802	2010,892	2406,678	1,225	5,314	6,539
105,4	396,212	2010,811	2407,009	1,226	5,312	6,538
105,5	396,622	2010,729	2407,340	1,227	5,310	6,538
105,6	397,032	2010,648	2407,672	1,228	5,309	6,537
105,7	397,443	2010,567	2408,003	1,229	5,307	6,537
105,8	397,853	2010,486	2408,334	1,231	5,305	6,536
105,9	398,263	2010,404	2408,665	1,232	5,304	6,535
106	398,674	2010,323	2408,997	1,233	5,302	6,535
106,1	399,090	2010,263	2409,356	1,234	5,301	6,535
106,2	399,507	2010,203	2409,715	1,235	5,299	6,534
106,3	399,924	2010,144	2410,074	1,236	5,298	6,534
106,4	400,341	2010,084	2410,434	1,237	5,296	6,533
106,5	400,758	2010,024	2410,793	1,238	5,294	6,533
106,6	401,175	2009,964	2411,152	1,239	5,293	6,532
106,7	401,592	2009,904	2411,512	1,241	5,291	6,532
106,8	402,009	2009,844	2411,871	1,242	5,290	6,532
106,9	402,425	2009,785	2412,230	1,243	5,288	6,531
107	402,842	2009,725	2412,590	1,244	5,287	6,531
107,1	403,259	2009,665	2412,949	1,245	5,285	6,530
107,2	403,676	2009,605	2413,308	1,246	5,284	6,530
107,3	404,093	2009,545	2413,667	1,247	5,282	6,529

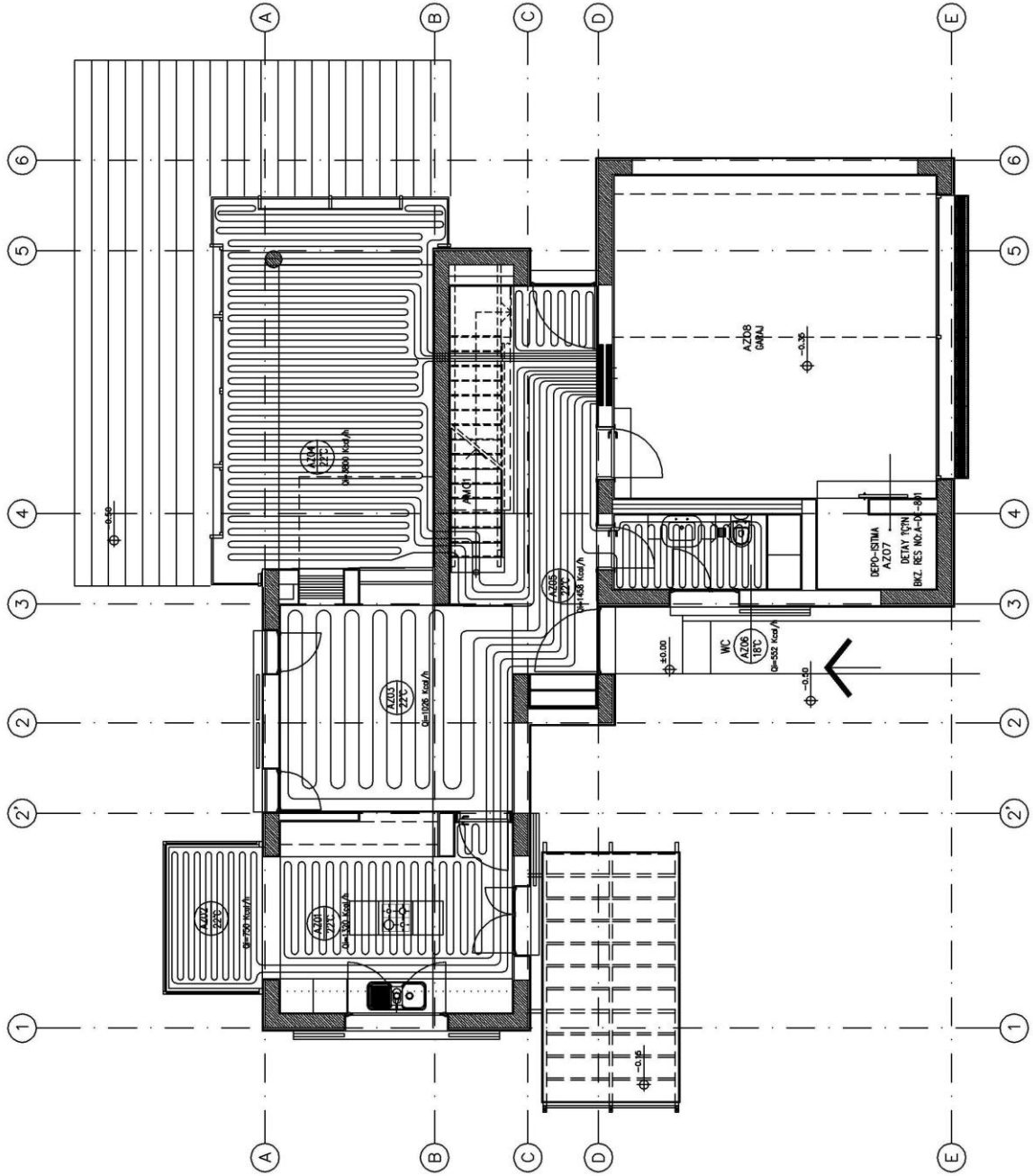
107,4	404,510	2009,485	2414,027	1,248	5,281	6,529
107,5	404,927	2009,426	2414,386	1,249	5,279	6,529
107,6	405,344	2009,366	2414,745	1,251	5,278	6,528
107,7	405,761	2009,306	2415,105	1,252	5,276	6,528
107,8	406,177	2009,246	2415,464	1,253	5,274	6,527
107,9	406,594	2009,186	2415,823	1,254	5,273	6,527
108	407,011	2009,126	2416,183	1,255	5,271	6,526
108,1	407,430	2009,070	2416,542	1,256	5,270	6,526
108,2	407,850	2009,014	2416,902	1,257	5,268	6,526
108,3	408,269	2008,958	2417,262	1,258	5,267	6,525
108,4	408,688	2008,901	2417,622	1,259	5,265	6,525
108,5	409,107	2008,845	2417,981	1,261	5,264	6,524
108,6	409,526	2008,789	2418,341	1,262	5,262	6,524
108,7	409,946	2008,733	2418,701	1,263	5,261	6,524
108,8	410,365	2008,676	2419,061	1,264	5,259	6,523
108,9	410,784	2008,620	2419,421	1,265	5,258	6,523
109	411,203	2008,564	2419,780	1,266	5,256	6,522
109,1	411,622	2008,508	2420,140	1,267	5,255	6,522
109,2	412,042	2008,451	2420,500	1,268	5,253	6,521
109,3	412,461	2008,395	2420,860	1,270	5,252	6,521
109,4	412,880	2008,339	2421,220	1,271	5,250	6,521
109,5	413,299	2008,283	2421,579	1,272	5,249	6,520
109,6	413,718	2008,226	2421,939	1,273	5,247	6,520
109,7	414,138	2008,170	2422,299	1,274	5,246	6,519
109,8	414,557	2008,114	2422,659	1,275	5,244	6,519
109,9	414,976	2008,058	2423,019	1,276	5,242	6,519
110	415,395	2008,001	2423,378	1,277	5,241	6,518
110,1	415,815	2007,940	2423,739	1,278	5,240	6,518
110,2	416,235	2007,878	2424,099	1,280	5,239	6,517
110,3	416,656	2007,816	2424,459	1,281	5,238	6,517
110,4	417,076	2007,755	2424,820	1,282	5,237	6,517
110,5	417,496	2007,693	2425,180	1,283	5,236	6,516
110,6	417,916	2007,631	2425,540	1,284	5,235	6,516
110,7	418,336	2007,570	2425,901	1,285	5,234	6,515
110,8	418,756	2007,508	2426,261	1,286	5,233	6,515
110,9	419,177	2007,446	2426,621	1,287	5,233	6,515
111	419,597	2007,385	2426,981	1,288	5,232	6,514
111,1	420,017	2007,323	2427,342	1,290	5,231	6,514
111,2	420,437	2007,261	2427,702	1,291	5,230	6,513
111,3	420,857	2007,200	2428,062	1,292	5,229	6,513
111,4	421,277	2007,138	2428,423	1,293	5,228	6,512
111,5	421,698	2007,076	2428,783	1,294	5,227	6,512
111,6	422,118	2007,015	2429,143	1,295	5,226	6,512
111,7	422,538	2006,953	2429,504	1,296	5,225	6,511
111,8	422,958	2006,891	2429,864	1,297	5,224	6,511
111,9	423,378	2006,830	2430,224	1,298	5,223	6,510
112	423,798	2006,768	2430,584	1,300	5,222	6,510
112,1	424,221	2006,705	2430,941	1,301	5,222	6,510
112,2	424,643	2006,643	2431,297	1,302	5,223	6,509
112,3	425,066	2006,580	2431,653	1,303	5,223	6,509
112,4	425,488	2006,518	2432,010	1,304	5,223	6,508
112,5	425,911	2006,455	2432,366	1,305	5,223	6,508
112,6	426,333	2006,393	2432,722	1,306	5,223	6,508
112,7	426,756	2006,330	2433,078	1,307	5,223	6,507
112,8	427,178	2006,267	2433,435	1,308	5,224	6,507
112,9	427,601	2006,205	2433,791	1,309	5,224	6,506
113	428,023	2006,142	2434,147	1,311	5,224	6,506

113,1	428,446	2006,080	2434,504	1,312	5,224	6,506
113,2	428,868	2006,017	2434,860	1,313	5,224	6,505
113,3	429,291	2005,954	2435,216	1,314	5,224	6,505
113,4	429,713	2005,892	2435,572	1,315	5,225	6,504
113,5	430,136	2005,829	2435,929	1,316	5,225	6,504
113,6	430,558	2005,767	2436,285	1,317	5,225	6,504
113,7	430,981	2005,704	2436,641	1,318	5,225	6,503
113,8	431,403	2005,642	2436,998	1,319	5,225	6,503
113,9	431,825	2005,579	2437,354	1,321	5,225	6,502
114	432,248	2005,516	2437,710	1,322	5,226	6,502
114,1	432,672	2005,448	2438,071	1,323	5,222	6,502
114,2	433,096	2005,380	2438,433	1,324	5,218	6,501
114,3	433,520	2005,312	2438,794	1,325	5,214	6,501
114,4	433,944	2005,244	2439,155	1,326	5,211	6,501
114,5	434,367	2005,176	2439,517	1,327	5,207	6,500
114,6	434,791	2005,108	2439,878	1,328	5,203	6,500
114,7	435,215	2005,040	2440,239	1,329	5,199	6,499
114,8	435,639	2004,972	2440,600	1,331	5,195	6,499
114,9	436,063	2004,904	2440,962	1,332	5,192	6,499
115	436,487	2004,836	2441,323	1,333	5,188	6,498
115,1	436,911	2004,768	2441,684	1,334	5,184	6,498
115,2	437,335	2004,700	2442,046	1,335	5,180	6,497
115,3	437,759	2004,632	2442,407	1,336	5,177	6,497
115,4	438,183	2004,564	2442,768	1,337	5,173	6,497
115,5	438,606	2004,496	2443,130	1,338	5,169	6,496
115,6	439,030	2004,428	2443,491	1,339	5,165	6,496
115,7	439,454	2004,360	2443,852	1,341	5,162	6,495
115,8	439,878	2004,292	2444,213	1,342	5,158	6,495
115,9	440,302	2004,224	2444,575	1,343	5,154	6,495
116	440,726	2004,156	2444,936	1,344	5,150	6,494
116,1	441,152	2004,091	2445,293	1,345	5,149	6,494
116,2	441,577	2004,027	2445,651	1,346	5,147	6,494
116,3	442,003	2003,962	2446,008	1,347	5,146	6,493
116,4	442,429	2003,898	2446,365	1,348	5,144	6,493
116,5	442,855	2003,834	2446,722	1,349	5,143	6,492
116,6	443,281	2003,769	2447,080	1,351	5,141	6,492
116,7	443,706	2003,705	2447,437	1,352	5,140	6,492
116,8	444,132	2003,640	2447,794	1,353	5,138	6,491
116,9	444,558	2003,576	2448,151	1,354	5,137	6,491
117	444,984	2003,511	2448,509	1,355	5,135	6,490
117,1	445,409	2003,447	2448,866	1,356	5,134	6,490
117,2	445,835	2003,383	2449,223	1,357	5,132	6,490
117,3	446,261	2003,318	2449,580	1,358	5,131	6,489
117,4	446,687	2003,254	2449,938	1,359	5,129	6,489
117,5	447,112	2003,189	2450,295	1,361	5,128	6,489
117,6	447,538	2003,125	2450,652	1,362	5,126	6,488
117,7	447,964	2003,060	2451,009	1,363	5,125	6,488
117,8	448,390	2002,996	2451,367	1,364	5,124	6,487
117,9	448,816	2002,932	2451,724	1,365	5,122	6,487
118	449,241	2002,867	2452,081	1,366	5,121	6,487
118,1	449,662	2002,766	2452,407	1,367	5,119	6,486
118,2	450,084	2002,666	2452,732	1,368	5,117	6,486
118,3	450,505	2002,565	2453,058	1,369	5,116	6,485
118,4	450,926	2002,464	2453,383	1,371	5,114	6,485
118,5	451,347	2002,363	2453,708	1,372	5,113	6,484
118,6	451,768	2002,263	2454,034	1,373	5,111	6,484
118,7	452,190	2002,162	2454,359	1,374	5,110	6,483

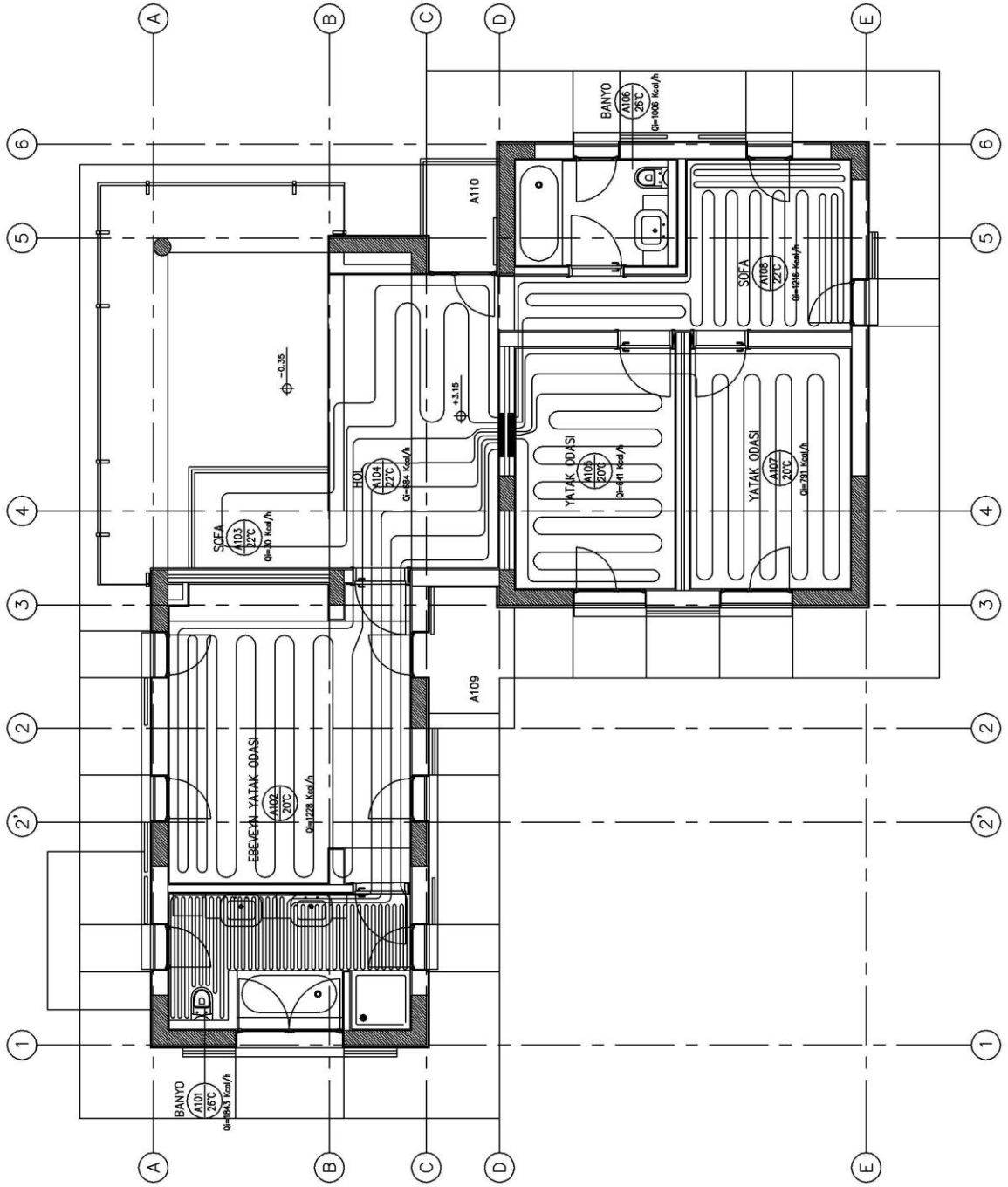
118,8	452,611	2002,061	2454,685	1,375	5,108	6,483
118,9	453,032	2001,961	2455,010	1,376	5,107	6,483
119	453,453	2001,860	2455,336	1,377	5,105	6,482
119,1	453,874	2001,759	2455,661	1,378	5,103	6,482
119,2	454,295	2001,658	2455,986	1,379	5,102	6,481
119,3	454,717	2001,558	2456,312	1,380	5,100	6,481
119,4	455,138	2001,457	2456,637	1,381	5,099	6,480
119,5	455,559	2001,356	2456,963	1,382	5,097	6,480
119,6	455,980	2001,255	2457,288	1,384	5,096	6,479
119,7	456,401	2001,155	2457,614	1,385	5,094	6,479
119,8	456,822	2001,054	2457,939	1,386	5,093	6,478
119,9	457,244	2000,953	2458,264	1,387	5,091	6,478
120	457,665	2000,852	2458,590	1,388	5,090	6,477
120,1	458,094	2000,777	2458,943	1,389	5,088	6,477
120,2	458,523	2000,702	2459,297	1,390	5,087	6,477
120,3	458,952	2000,626	2459,651	1,391	5,085	6,476
120,4	459,381	2000,551	2460,004	1,392	5,084	6,476
120,5	459,810	2000,476	2460,358	1,393	5,082	6,476
120,6	460,239	2000,400	2460,712	1,395	5,081	6,475
120,7	460,668	2000,325	2461,065	1,396	5,079	6,475
120,8	461,096	2000,250	2461,419	1,397	5,078	6,475
120,9	461,525	2000,174	2461,773	1,398	5,076	6,474
121	461,954	2000,099	2462,126	1,399	5,075	6,474
121,1	462,383	2000,024	2462,480	1,400	5,073	6,473
121,2	462,812	1999,949	2462,834	1,401	5,072	6,473
121,3	463,241	1999,873	2463,187	1,402	5,070	6,473
121,4	463,670	1999,798	2463,541	1,403	5,069	6,472
121,5	464,099	1999,723	2463,895	1,405	5,067	6,472
121,6	464,528	1999,647	2464,248	1,406	5,066	6,472
121,7	464,957	1999,572	2464,602	1,407	5,065	6,471
121,8	465,386	1999,497	2464,955	1,408	5,063	6,471
121,9	465,815	1999,421	2465,309	1,409	5,062	6,471
122	466,244	1999,346	2465,663	1,410	5,060	6,470
122,1	466,675	1999,256	2466,017	1,411	5,059	6,470
122,2	467,106	1999,166	2466,371	1,412	5,057	6,469
122,3	467,537	1999,076	2466,725	1,413	5,056	6,469
122,4	467,967	1998,986	2467,079	1,414	5,054	6,469
122,5	468,398	1998,896	2467,433	1,416	5,053	6,468
122,6	468,829	1998,806	2467,787	1,417	5,051	6,468
122,7	469,260	1998,716	2468,142	1,418	5,050	6,468
122,8	469,691	1998,626	2468,496	1,419	5,048	6,467
122,9	470,122	1998,536	2468,850	1,420	5,047	6,467
123	470,552	1998,446	2469,204	1,421	5,045	6,467
123,1	470,983	1998,356	2469,558	1,422	5,044	6,466
123,2	471,414	1998,266	2469,912	1,423	5,043	6,466
123,3	471,845	1998,177	2470,266	1,424	5,041	6,466
123,4	472,276	1998,087	2470,620	1,426	5,040	6,465
123,5	472,707	1997,997	2470,974	1,427	5,038	6,465
123,6	473,137	1997,907	2471,329	1,428	5,037	6,464
123,7	473,568	1997,817	2471,683	1,429	5,035	6,464
123,8	473,999	1997,727	2472,037	1,430	5,034	6,464
123,9	474,430	1997,637	2472,391	1,431	5,032	6,463
124	474,861	1997,547	2472,745	1,432	5,031	6,463
124,1	475,275	1997,410	2473,002	1,433	5,029	6,462
124,2	475,688	1997,272	2473,260	1,434	5,027	6,462
124,3	476,102	1997,135	2473,517	1,435	5,026	6,461
124,4	476,516	1996,998	2473,774	1,436	5,024	6,461

124,5	476,930	1996,860	2474,032	1,437	5,022	6,460
124,6	477,343	1996,723	2474,289	1,439	5,021	6,459
124,7	477,757	1996,586	2474,546	1,440	5,019	6,459
124,8	478,171	1996,449	2474,804	1,441	5,018	6,458
124,9	478,585	1996,311	2475,061	1,442	5,016	6,458
125	478,998	1996,174	2475,318	1,443	5,014	6,457
125,1	479,412	1996,037	2475,576	1,444	5,013	6,456
125,2	479,826	1995,900	2475,833	1,445	5,011	6,456
125,3	480,240	1995,762	2476,090	1,446	5,009	6,455
125,4	480,653	1995,625	2476,348	1,447	5,008	6,455
125,5	481,067	1995,488	2476,605	1,448	5,006	6,454
125,6	481,481	1995,350	2476,862	1,449	5,004	6,453
125,7	481,895	1995,213	2477,120	1,450	5,003	6,453
125,8	482,308	1995,076	2477,377	1,451	5,001	6,452
125,9	482,722	1994,939	2477,634	1,452	4,999	6,451
126	483,136	1994,801	2477,892	1,453	4,998	6,451
126,1	483,549	1994,641	2478,149	1,454	4,996	6,450
126,2	483,961	1994,480	2478,407	1,455	4,994	6,450
126,3	484,374	1994,320	2478,664	1,456	4,993	6,449
126,4	484,787	1994,159	2478,922	1,457	4,991	6,449
126,5	485,200	1993,998	2479,180	1,458	4,989	6,448
126,6	485,612	1993,838	2479,437	1,459	4,988	6,447
126,7	486,025	1993,677	2479,695	1,461	4,986	6,447
126,8	486,438	1993,516	2479,952	1,462	4,985	6,446
126,9	486,851	1993,356	2480,210	1,463	4,983	6,446
127	487,263	1993,195	2480,468	1,464	4,981	6,445
127,1	487,676	1993,035	2480,725	1,465	4,980	6,444
127,2	488,089	1992,874	2480,983	1,466	4,978	6,444
127,3	488,502	1992,713	2481,240	1,467	4,976	6,443
127,4	488,914	1992,553	2481,498	1,468	4,975	6,443
127,5	489,327	1992,392	2481,756	1,469	4,973	6,442
127,6	489,740	1992,231	2482,013	1,470	4,971	6,441
127,7	490,153	1992,071	2482,271	1,471	4,970	6,441
127,8	490,565	1991,910	2482,528	1,472	4,968	6,440
127,9	490,978	1991,750	2482,786	1,473	4,966	6,440
128	491,391	1991,589	2483,044	1,474	4,965	6,439
128,1	491,809	1991,428	2483,297	1,475	4,963	6,438
128,2	492,227	1991,267	2483,550	1,476	4,962	6,438
128,3	492,645	1991,105	2483,804	1,477	4,960	6,437
128,4	493,063	1990,944	2484,057	1,478	4,958	6,437
128,5	493,481	1990,783	2484,310	1,479	4,957	6,436
128,6	493,900	1990,622	2484,563	1,480	4,955	6,435
128,7	494,318	1990,461	2484,817	1,482	4,953	6,435
128,8	494,736	1990,299	2485,070	1,483	4,952	6,434
128,9	495,154	1990,138	2485,323	1,484	4,950	6,434
129	495,572	1989,977	2485,577	1,485	4,949	6,433
129,1	495,990	1989,816	2485,830	1,486	4,947	6,433
129,2	496,408	1989,655	2486,083	1,487	4,945	6,432
129,3	496,826	1989,494	2486,336	1,488	4,944	6,431
129,4	497,245	1989,332	2486,590	1,489	4,942	6,431
129,5	497,663	1989,171	2486,843	1,490	4,940	6,430
129,6	498,081	1989,010	2487,096	1,491	4,939	6,430
129,7	498,499	1988,849	2487,350	1,492	4,937	6,429
129,8	498,917	1988,688	2487,603	1,493	4,935	6,428
129,9	499,335	1988,527	2487,856	1,494	4,934	6,428
130	499,753	1988,365	2488,110	1,495	4,932	6,427

Ek 3 Yerden Isıtma Projeleri



Ek 2.1 Zemin kat yerden ısıtma projesi



Ek 2.2 1. kat yerden ısıtma projesi

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 29.04.1974

Doğum yeri Şanlıurfa

Lise 1990-1991 Özel Eyüboğlu Anadolu Lisesi
1991-1993 Erenköy Kız Lisesi

Lisans 1993-1997 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1997-1999 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Doktora 2001-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1998-2005 Tokar A.Ş. , Proje Mühendisi

2005-2006 Birikim Mühendislik , Proje Mühendisi

2006-..... Pim Mühendislik , Teknik Ofis Müdürü