

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON SİSTEMLERİNDE
YAKIT OLARAK DOĞALGAZ KULLANIMININ
İNCELENMESİ**

Makina Mühendisi Duygu ÇAKIR

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan A. HEPERKAN (YTÜ)

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Duriye Bilge
Doç. Dr. Nurettin Umurkan

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
RESİM LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
ZUSAMMENFASSUNG	xv
1. GİRİŞ	1
2. KOJENERASYON SİSTEMLERİ	2
2.1 Kojenerasyon Sistemlerinin Tanımı, Sistemin Tarihsel Gelişim Süreci ve Örnek Uygulamalar	2
2.1.1 Kojenerasyon Sistemlerinin Tanımı	2
2.1.2 Kojenerasyon Sisteminin Tarihsel Gelişim Süreci ve Örnek Uygulamalar	2
2.2 Kojenerasyon Sisteminin Çalışma Prensibi, Üretim Teknikleri ve Sistemde Kullanılan Yakıtlar	4
2.2.1 Kojenerasyon Sisteminin Çalışma Prensibi	4
2.2.2 Kojenerasyon Sisteminin Üretim Teknikleri	4
2.2.2.1 Türbin Kojenerasyonu	5
2.2.2.2 Motor Kojenerasyonu	6
2.2.3 Kojenerasyon Sisteminde Kullanılan Yakıtlar	6
2.3 Kojenerasyon Sisteminin Avantajları, Tarz ve Kapasite Seçimi, Ekonomik Uygulanabilirlik	7
2.3.1 Kojenerasyon Sisteminin Avantajları	7
2.3.2 Kojenerasyon Sistemi İçin Tarz ve Kapasite Seçimi	8

2.3.3	Kojenerasyon Sisteminin Ekonomik Uygulanabilirliği.....	8
2.4	Kullanılan Kojenerasyon Sisteminin Planlanmış Teorik Sistem Şeması ve Tesis Resimleri.....	10
3.	MİKROGAZTÜRBİNLERİ.....	14
3.1	Mikrogaztürbininin Tanıtılması.....	14
3.2	Mikrogaztürbininin Yapısı	14
3.3	Mikrogaztürbininin Çalışma Prensibi.....	16
3.3.1	Genel Çalışma Prensibi.....	16
3.3.2	Değişken Reküperatörlü (By-pass Üniteli) Mikrogaztürbininin Çalışma Prensibi.....	18
3.4	Capstone C 30 Model Mikrogaztürbini İçin Teorik Değerler	20
3.5	Mikrogaztürbini ile Motor ile Çalışan Güç Santralinin Karşılaştırılması	20
3.6	Mikrogaztürbini ile Isı Pompasının Karşılaştırılması.....	21
4.	BORULU LAMELLİ ISI DEĞİŞTİRİCİSİ	22
4.1	Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin Tanıtılması.....	22
4.2	Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin İçyapısı ve Çalışma Prensibi	22
4.3	Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	23
4.4	Sistemde Kullanılan Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin Özellikleri ve Konstrüksiyonu.....	23
5.	KOJENERASYON SİSTEMLERİNDE KULLANILAN YAKITLAR	26
5.1	Doğalgaz	26
5.1.1	Doğalgazın Tanımı ve Tarihi.....	26
5.1.1.1	Doğalgazın Tanımı	26
5.1.1.2	Doğalgazın Tarihi	26
5.1.2	Doğalgazın Kullanım Alanları ve Kimyasal İçeriği	26
5.1.2.1	Doğalgazın Kullanım Alanları.....	26
5.1.2.2	Doğalgazın Kimyasal İçeriği	27
5.1.3	Doğalgazın Yakılması	27
5.2	Biyogaz	28
5.2.1	Biyogazın Tanımı, Tarihi ve Dünyadaki Uygulama Alanları	28
5.2.1.1	Biyogazın Tanımı	28
5.2.1.2	Biyogazın Tarihi ve Dünyadaki Uygulama Alanları	28
5.2.2	Biyogazın Kimyasal İçeriği, Kullanılan Organiklere Göre Üretilebilen Biyogaz Miktarları, Biyogaz Verimi ve Metan İçeriği.....	29
5.2.2.1	Biyogazın Kimyasal İçeriği.....	29
5.2.2.2	Kullanılan Organiklere Göre Üretilebilen Biyogaz Miktarları.....	29
5.2.2.3	Kullanılan Hammaddeye Göre Biyogazın Verimi ve Metan İçeriği	30
5.2.3	Biyogazın Üretimi	30
5.2.3.1	Biyogazın Üretim Süreci	30
5.2.3.2	Üretilen Biyogaz İçerisindeki Kirleticilerin Arıtılması	33
5.2.3.3	Biyogaz Üretiminde Kullanılan Sistemler.....	34
5.2.3.4	Biyogaz Üretim Tesisinde Kullanılan Ana Ekipmanlar	34
5.2.3.5	Biyogaz Üretimini Etkileyen Temel Faktörler	36
5.2.4	Biyogazın Doğalgaz ile Karşılaştırılması	38
5.2.5	Biyogazın Kullanım Alanları ve Biyogazın Avantajları	38
5.2.6	Biyogazın Mikrogaztürbini Sisteminde Kullanılması	39

5.2.6.1	Biyogazın Mikrogaztürbininde Kullanılabilmesi İçin Yapılması Gerekenler.....	39
5.2.6.2	Mikrogaztürbininde Biyogaz Kullanım Kriterleri.....	41
5.2.7	Almanya’da Biyogaz Teknolojisi ve Biyogazın Mikrogaztürbininde Uygulama Örneği.....	41
5.2.7.1	Almanya’da Biyogaz Teknolojisi.....	41
5.2.7.2	Biyogazın Mikrogaztürbininde Uygulama Örneği; Kassel Üniversitesi – ISET Araştırması.....	42
6.	MİKROGAZTÜRBİNLİ KOJENERASYON SİSTEMİNDE YAPILAN ARAŞTIRMALAR.....	44
6.1	Sistemde Yapılan Ölçümler, Hesaplamalar.....	44
6.1.1	Sistemde Yapılan Ölçümler.....	44
6.1.1.1	K Tipi Termokopulun Özellikleri.....	44
6.1.1.2	Ölçüm Resimleri.....	45
6.1.2	Ölçümler Sonucunda Yapılan Hesaplamalar.....	46
6.1.3	Bulunan Sonuçlar Üzerine Yapılan Yorumlar.....	53
6.1.4	Su Sıcaklık Değerleri ya da Transfer Edilmek İstlenen Isı Değeri Belirlenmiş Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Hesapları.....	53
6.1.4.1	Su Giriş Sıcaklığı 70 °C, Çıkış Sıcaklığı 90 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Hesaplamalar.....	53
6.1.4.2	Su Giriş Sıcaklığı 60 °C, Çıkış Sıcaklığı 80 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Hesaplamalar.....	54
6.1.4.3	Sistemde $Q = 60$ kW’lik Bir Isı Transferi İstendiğinde Oluşabilecek Durumların İncelenmesi.....	55
6.2	Mikrogaztürbininin Uygulanabilirliği.....	57
6.2.1	Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Uygulanabilirlik.....	58
6.2.1.1	Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Elektrik İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği.....	59
6.2.1.2	Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği.....	59
6.2.1.3	Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Uygulanabilirlik Hesaplarının Yorumlanması.....	59
6.2.1.4	Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Sistemin Kendini Geri Ödemesi.....	66
6.2.2	Teorik Değerler Uyarınca Uygulanabilirlik.....	67
6.2.2.1	Teorik Değerler Uyarınca Elektrik İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği.....	67
6.2.2.2	Teorik Değerler Uyarınca Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği.....	67
6.2.2.3	Teorik Değerler Uyarınca Sistemin Uygulanabilirlik Hesaplarının Yorumlanması.....	67
6.2.2.4	Teorik Değerler Uyarınca Sistemin Kendini Geri Ödemesi.....	73
6.3	Isı Değiştiricisi Üzerinde Yapılan İncelemeler.....	73
6.3.1	Isı Değiştiricisinin Demontajı ve İçerisinde Bulunanlar.....	73
6.3.2	Biriken Maddelerin Analiz Süreçleri.....	76
6.3.2.1	Yakma Deneyi.....	76
6.3.2.2	Laboratuar Testi ve Test Sonuçları.....	77
6.3.3	Isı Değiştiricisine Uygulanan Basınçlı Hava Testi.....	77
6.3.4	Gaz Hareketinin Değiştirilmeye Çalışılması.....	79
7.	SONUÇ.....	82

KAYNAKLAR.....	86
INTERNET KAYNAKLARI.....	87
EKLER	88
Ek 1 Isı Transferi Diyagramı: Q.....	89
Ek 2 Kullanım Faktörü Diyagramı: ω	90
Ek 3 Su Debisi Diyagramı: V.....	91
Ek 4 Isı Transfer Katsayıları Diyagramı: kt, ki.....	92
Ek 5 $\omega = 0,8$ Değeri İçin Gerekli Alan Diyagramı: A	93
Ek 6 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 70 °C, Çıkış Sıcaklığı 90 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A	94
Ek 7 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 60 °C, Çıkış Sıcaklığı 80 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A	95
Ek 8 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 °C İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 70 °C, Çıkış Sıcaklığı 90 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A.....	96
Ek 9 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 °C İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 60 °C, Çıkış Sıcaklığı 80 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A.....	97
Ek 10 Bina Bilgileri ve Difüzyon Hesabı Bilgileri	98
Ek 11 Binanın Özgül Isı Kaybı	99
Ek 12 Bölgelerin Isıtma İhtiyaçları	100
Ek 13 Yoğuşma Periyodu ve Buharlaşma Periyodu	110
Ek 14 Q=47.75 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı İhtiyaçları.....	114
Ek 15 Q=47.75 kW İçin Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbini Çalışma Süreleri	121
Ek 16 Q=60 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı İhtiyaçları.....	131
Ek 17 Q=60 kW İçin Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbini Çalışma Süreleri	138
Ek 18 Almanya'da Hazırlanan Çalışma Özeti (Almanca)	148
ÖZGEÇMİŞ.....	154

SİMGE LİSTESİ

A	Alan
C_p	Özgül Isı
H	Isıl Değer
h	Entalpi
k	Isı Transfer Katsayısı
m	Kütle
Nu	Nusselt Sayısı
P	Basınç
P_{el}	Elektriksel Güç
Pr	Prandtl Sayısı
Q	Isı Miktarı
Re	Reynolds Sayısı
s	Entropi
t	Sıcaklık
t_i	İç Sıcaklık
t_f	İç Sıcaklık
t_u	Çevre Sıcaklığı
$V_{Doğalgaz}$	Doğalgaz Debisi
α	Konveksiyon Isı Transfer Katsayısı
α_i	Suyun Konveksiyon Isı Transfer Katsayısı
α_s	Havanın Konveksiyon Isı Transfer Katsayısı
η	Dinamik Viskozite
λ	Kondüksiyon Isı Transfer Katsayısı
ν	Kinematik Viskozite
ξ	Nusselt Düzeltme Sayısı
ρ	Yoğunluk
v	Hız
ω	Kullanım Faktörü

KISALTMA LİSTESİ

EGO	Ankara Elektrik Gaz ve Otobüs İşletmesi
ISET	Institute für Solar Energieversorgungstechnik
İGDAŞ	İstanbul Gaz Dağıtım Anonim Şirketi
İZMİRGAZ	İzmir Doğalgaz Dağıtım Anonim Şirketi
KDV	Katma Değer Vergisi
MGT	Mikrogaztürbini
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Kojenerasyon Sisteminin Genel Tanım Şeması.....	3
Şekil 2.2 Kojenerasyon ve Diğer Üretim Sistemleri Arasındaki Isıl Bilanço	8
Şekil 2.3 Yük-Süre Eğrisi.....	9
Şekil 2.4 Sistemin Planlanmış Teorik Şeması.....	10
Şekil 3.1 Capstone C 30 Mikrogaztürbininin İç Yapısı	15
Şekil 3.2 Capstone C30 Düzgün Reküparatörlü Mikrogaztürbini Çalışma Şeması.....	17
Şekil 3.3 Değişken Reküparatörlü (By-passlı) Mikrogaztürbini Çalışma Şeması	19
Şekil 4.1 Isı Değiştiricisi Dış Yüzey Konstrüksiyonu.....	23
Şekil 4.2 Isı Değiştiricisi İç Yüzey Konstrüksiyonu	24
Şekil 5.1 Anaerobik Çürüme Kademeleri	31
Şekil 5.2 Organik Maddelerin Dönüşümü.....	31
Şekil 5.3 Metanogenik Bakteri	33
Şekil 6.1 Nozul Hesaplamasında Kullanılan Diyagramlar.....	80
Şekil 7.1 $Q=47.75$ kW ile 1. Bölge, İzmir ve Antalya İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri.....	82
Şekil 7.2 $Q=47.75$ kW ile Berlin ve Essen İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri	83
Şekil 7.3 $Q=60$ kW ile 1. Bölge, İzmir ve Antalya İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri.....	83
Şekil 7.4 $Q=60$ kW ile 2. Bölge, 3. Bölge ve İstanbul İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri.....	84
Şekil 7.5 $Q=60$ kW ile 4. Bölge ve Ankara İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri	84
Şekil 7.6 $Q=60$ kW ile Berlin ve Essen İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri	85

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1 Sistemin Dış Görünüşü.....	11
Resim 2.2 Sistemin Temiz Hava Besleme Kanalı, Elektrik Panosu ve Ölçüm Sistemi.....	11
Resim 2.3 Sistem Havalandırma Kanalı.....	12
Resim 2.4 Su Deposu	12
Resim 2.5 Mikrogaztürbini Kontrol Paneli	13
Resim 2.6 Isı Değeri Sayacı	13
Resim 3.1 Capstone C 30 Mikrogaztürbininin Jeneratörü, Sıkıştırıcısı ve Türbini	16
Resim 3.2 Sistemde Kullanılan Capstone C 30 Mikrogaztürbininin Dış Görünüşü	19
Resim 4.1 Sistemden Kullanılan FACO Marka Borulu Lamelli Isı Değıştiricisi	22
Resim 6.1 Atık Isı Çıkış Sıcaklığı Ölçümü	45
Resim 6.2 Soğuk Su Giriş Sıcaklığı Ölçümü	45
Resim 6.3 Sıcak Su Çıkış Sıcaklığı Ölçümü	45
Resim 6.4 Isı Değıştiricisinin Kapalı Hali.....	74
Resim 6.5 Isı Değıştiricisinin Açık Hali.....	74
Resim 6.6 ve Resim 6.7 Transfer Alanı Dışında Madde Birikimi	75
Resim 6.8 ve Resim 6.9 Boru Yüzeyleri	75
Resim 6.10 ve Resim 6.11 Gaz Giriş Yüzeyi.....	75
Resim 6.12 ve Resim 6.13 Gaz Çıkış Yüzeyi	76
Resim 6.15 Yakma Deneyi.....	76
Resim 6.16 Yakma Deneyinden Beklenen Sonuçlar.....	76
Resim 6.17 ve Resim 6.18 Basınç Testi Sırasında Isı Değıştiricisi.....	78
Resim 6.19 Basınç Testi Sırasında Isı Değıştiricisine Takılan Manometrenin Durumu.....	78
Resim 6.14 Isı Değıştiricisini Gaz Giriş Bölgesindeki Gaz İzi	79

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Yakıt Değer Çizelgesi	7
Çizelge 3.1 Reküparatörlü ve Reküparatörsüz Mikrogaztürbinlerinin Yaklaşık Sıcaklık ve Yaklaşık Elektrik Verim Değerleri	18
Çizelge 3.2 Capstone C 30 Model Mikrogaztürbini İçin Teorik Değerler	20
Çizelge 4.1 İmal Edilen Isı Değiştiricisinin Konstrüksiyon Bilgileri.....	24
Çizelge 4.2 Isı Değiştiricisinin Atık Isı Girişindeki Kullanılan DN 125 / PN10 Flanşın Standart Konstrüksiyon Verileri	24
Çizelge 4.3 Isı Değiştiricisinin Su Giriş ve Çıkışında Kullanılan DN 50 Flanşın Standart Konstrüksiyon Verileri.....	25
Çizelge 4.4 Lamelli Taraftaki Atık Isının Termodinamik Verileri	25
Çizelge 4.5 Boru Tarafındaki Suyun Termodinamik Verileri.....	25
Çizelge 5.1 Biyogazın Kimyasal Bileşimi.....	29
Çizelge 5.2 Organik Maddelerden Oluşan Biyogaz Miktarları.....	29
Çizelge 5.3 Kullanılan Organiklere Göre Biyogazın Verimi ve Metan İçeriği.....	30
Çizelge 5.4 Çeşitli İyonların Biyogaz Oluşumunu Engelleme Seviyeleri.....	37
Çizelge 5.5 Amonyak Konsantrasyonunun Metan Üretimine Etkisi.....	38
Çizelge 5.6 Biyogazın Doğalgaz ile Karşılaştırılması.....	38
Çizelge 6.1 Alınan Değerlere Göre Avrupa Şehirlerinin Yükseklik, Enlem ve Ortalama Yıllık Sıcaklık Değerleri	58
Çizelge 6.2 $Q = 47.75$ kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı Enerjisinin Durumu.....	60
Çizelge 6.3 $Q = 47.75$ kW İçin Isı Yeterliliğine Göre Elektrik Enerjisinin Durumu.....	61
Çizelge 6.4 $Q = 47.75$ kW İçin Mikrogaztürbininin Ocak Ayı Isı Yeterliliği İçin Belirlenen Çalışma Süreleri, Artan Elektrik Enerjisi Miktarları ve Kullanılan Doğalgaz Miktarları	62
Çizelge 6.5 $Q = 47.75$ kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider	63
Çizelge 6.6 $Q = 47.75$ kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider.....	64
Çizelge 6.7 $Q = 47.75$ kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması	64
Çizelge 6.8 $Q = 47.75$ kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider / Almanya	65

Çizelge 6.9 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider / Almanya	65
Çizelge 6.10 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması / Almanya	65
Çizelge 6.11 Q = 60 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı Enerjisinin Durumu.....	68
Çizelge 6.12 Q = 60 kW İçin Isı Yeterliliğine Göre Elektrik Enerjisinin Durumu.....	69
Çizelge 6.13 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbininin Ocak Ayı Isı Yeterliliği İçin Belirlenen Çalışma Süreleri, Artan Elektrik Enerjisi Miktarları ve Kullanılan Doğalgaz Miktarları	70
Çizelge 6.14 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider	71
Çizelge 6.15 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider.....	71
Çizelge 6.16 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması	72
Çizelge 6.17 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider / Almanya	72
Çizelge 6.18 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider / Almanya.....	72
Çizelge 6.19 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması / Almanya	72
Çizelge 6.20 Isı Değiştiricisi Üzerinden Alınan Maddelerin Analiz Sonuçları	77

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezi, mikrogaztürbinli kojenerasyon sistemlerinin ve biyogaz yakıtının araştırılması için Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı Isı Proses Programı için hazırlanmıştır.

Araştırmaların büyük bölümü, Fachhochschule Gelsenkirchen Almanya'da gerçekleştirilmiş, mikrogaztürbinli kojenerasyon sistemi aynı okulun araştırma bölümlerinde incelenmiştir. Bu incelemeler doğrultusunda hazır bulunan sistem üzerinde ölçümler, deneyler ve hesaplamalar yapılmıştır. İnceleme sonrası kullanılacak atık gazın açıklanamamasına rağmen sodyum içerdiği, mikrogaztürbininden yüksek hızda çıktığı fark edilmiş, bunun için gazın ısı değiştiricisi içerisinde daha büyük alanda yol alması için bazı çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca sistemin Türkiye'nin ve Avrupa'nın bazı şehirlerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu konuya ek olarak yeni bir yakıt teknolojisi olarak, biyogaz araştırılmış ve daha önce Kassel Üniversitesi Almanya'da yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Bitirme tezi çalışmalarında bana yardımcı olan Yıldız Teknik Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Hasan Alpay Heperken'a, Fachhochschule Gelsenkirchen Almanya öğretim üyelerinde Prof. Dr. -Ing. Robert Heß'e, Prof. Dr. -Ing. Rainer Braun'a, Prof. Dr. -Ing. Mete Demiriz'e, Dip. -Ing. Martin Sukowski'ye teşekkür ederim.

ÖZET

Enerji üretiminde, atık enerjinin geri kullanılıp, sistem veriminin dolaylı olarak artırılması için kojenerasyon sistemleri tasarlanmış, geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Kojenerasyon sistemleri ile elektrik ve ısı enerjisinin eş zamanlı üretimi sağlanmaktadır. Bu sistemler, yakıt rezervlerinin azaldığı günümüzde, sanayi ve konut kullanımı için büyük bir yakıt maliyeti avantajı sağlamaktadır.

Bu sistemlerde kullanılacak türbinlerin teknolojik evrimi sürmektedir. Bu teknolojilerin sonuncusu mikrogaztürbinleridir. Hem küçük hacimlerde, hem de kompakt halde bulunan bu türbinler yeni türbin teknolojisidir. Elektrik gereksinimi belli değerlerde olan, bunun yanında da ısı enerjisine de ihtiyaç duyulan koşullarda, mikrogaztürbinli kojenerasyon kullanılabilir. Bu sistemlerde kullanılan yakıtların başında doğalgaz gelmektedir. Doğalgaz yanma verimi ve kullanım sonrası atıklar açısından kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Ancak enerji üretiminde hammadde sorununa yeni çözümler getirilebilmek için atıklardan yakıt elde etme çalışmaları sürdürülmekte ve bu çalışmaların başında da biyogaz üretimi gelmektedir. Biyogazın hammaddesi tükenmez bir yakıt olması günümüz koşullarında, biyogazın teknolojik gelişiminin önünü açmaktadır.

Bu sistemlerde kullanılan yakıtların başında doğalgaz gelmektedir. Doğalgaz yanma verimi ve kullanım sonrası atıklar açısından kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Ancak enerji üretiminde hammadde sorununa yeni çözümler getirilebilmek için atıklardan yakıt elde etme çalışmaları sürdürülmekte ve bu çalışmaların başında da biyogaz üretimi gelmektedir. Biyogazın hammaddesi tükenmez bir yakıt olması günümüz koşullarında, biyogazın teknolojik gelişiminin önünü açmaktadır.

Araştırmalar, Fachhochschule Gelsenkirchen, Almanya'da, sistem değerlerinin ölçülmesi ile başlamış ve sistemin düzgün çalışmadığı görülmüştür. Verimi düşük olan sistemin ısı transferi mekanizmaları incelenmiş, yeniden tasarlanmıştır. Ancak yapılan inceleme ve testler sonrası elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, mikrogaztürbininden çıkan gaz sodyum taşımakta, bu sodyumun nereden geldiği açıklanamamaktadır. Türbinden çıkan atık gazın ısı değiştiricisine fazla hızlı geldiği ve değiştirici içerisinde olması gerektiği gibi dağılmadığı görülmüş, daha etkili bir ısı transferi için türbinden çıkan atık gaz yönlendirilmeye çalışılmıştır.

Bu araştırmalara ek olarak ölçüm sonuçları ile Türkiye'de ve Avrupa'da bazı şehirler için sistemin uygulanabilirliği araştırılmıştır, değişik çalışma sürelerinde sistemin ısı ya da elektrik enerjisi ihtiyaçlarını nasıl karşıladığı görülmüştür, geri ödeme süreleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kojenerasyon, mikrogaztürbini, mikrotürbin, doğalgaz, biyogaz

ABSTRACT

In energy generation, cogeneration systems which reuse waste energy, resulting in an indirect system efficiency increase, are designed, developed and made ready to use. By cogeneration systems, heat and electrical energy generation is synchronously obtained. These systems provide a huge cost advantage in industrial and domestic areas as fuel reserves are decreasing.

The technological evolution goes on at turbines used in these systems. Micro-gas turbines are subjected to be the latest technology at this point. These turbines are product of new turbine technology both being compact and small. Cogeneration by micro-gas turbine can be applied to a system of determined energy requirement in addition to heat energy requirement.

Natural gas takes the first place in fuels used in these systems. Natural gas, according to its combustion efficiency and process wastes, provides usage easiness compared. The studies on obtaining fuel from wastes are going on for solving the raw material problem in energy generation and biogas generation has a leading position among these studies. The technological development of biogas is pioneered as a result of having an unlimited raw material for fuel supply.

The researches began in Fachhochschule Gelsenkirchen, Germany, with the measurements on system values, and result in that system does not work properly. Inefficient system is considered by its heat transfer equations and designed again. However, according to investigations and test results, the gas coming out of micro-gas turbine contains sodium but there is proper comment how this sodium come out. The waste gas coming out of turbine has a high velocity and does not diffuse efficiently. So for a better heat transfer, the gas is tried to be guide.

In addition of these researching, in Turkey and some cities in Europe practicability of this application are researched, in different working hours could be seen how the system provides the need of its energy and heat and back pay time was researched.

Keywords: Co-generation, micro-gas turbine, micro turbine, natural gas, biogas

ZUSAMMENFASSUNG

Im Energieerzeugung, die Kraft-Wärme-Kopplungen, die Abfallenergie wieder verwenden, mit dem Ergebnis einer indirekten System Leistungsfähigkeit Zunahme, sind entworfen, sich entwickelt und bereit gebildet zu verwenden. Die Kraft-Wärme-Kopplungen werden Hitze und elektrisches Energieerzeugung gleichzeitig erhalten. Diese Systeme liefern einen sehr großen Kostenvorteil in den Industriellen und inländischen Bereichen, während der Verringerung von Kraftstoffreserven.

Die technologische Entwicklung an den Turbinen weitergeht, die in diesen Systemen benutzt werden. Mikrogasturbinen werden unterworfen, um die neueste Technologie an diesem Punkt zu sein. Diese Turbinen sind das Produkt der neuen Turbinetechnologie, die kompakt und klein ist. Kraft-Wärme-Kopplung mit der Mikrogasturbine kann an einem System des entschlossenen Energiebedarfs zusätzlich zur Wärmeenergieanforderung angewendet werden.

Erdgas findet erste Reihe in den Brennstoffen, die in diesen Systemen benutzt wird. Erdgas, entsprechend seiner Verbrennungs-Leistungsfähigkeit und Prozessvergeudungen, stellt die große Verbrauchlichkeit zur Verfügung. Die Untersuchungen über das Erhalten des Brennstoffs von den Vergeudungen gehen für das Lösen der Rohstoffprobleme in der Energieerzeugung weiter und Biogaserzeugung hat eine führende Position unter diesen Untersuchungen.

Die Untersuchungen fingen in Fachhochschule Gelsenkirchen in Deutschland, mit den Massen auf Systemwerten an und Resultat in diesem System arbeitet nicht richtig. Wirkungsloses System wird durch seine Wärmeübertragungen betrachtet und wieder entworfen. Jedoch, entsprechend Untersuchungen und Testergebnissen, das Abgas, das aus Mikrogasturbine herauskommt, enthält Natrium. Aber es gibt korrekte Anmerkung, wie dieses Natrium herauskommen. Das Abgas, die aus der Turbine herauskommt, hat eine hohe Geschwindigkeit und verteilt nicht leistungsfähig. So für eine bessere Wärmeübertragung, das Abgas wird versucht, um Führer zu sein.

Zusätzlich von erforschenden diesen Untersuchungen wird Durchführbarkeit dieser Anwendung in der Türkei und in einigen Städten in der Europa erforscht. Mit den unterschiedlichen Arbeitsstunden kann man sehen, wie das System die Notwendigkeit seiner Energie und Hitze liefert und rückseitige Bezahlung Zeit wurde erforscht.

Stichwörter: Kraft-Wärme-Kopplung, Mikrogasturbine, Mikroturbine, Erdgas, Biogas

1. GİRİŞ

Mikrogaztürbinli kojenerasyon sistemleri ve bu sistemlerde yakıt olarak biyogazın kullanılması yeni enerji üretimi teknolojilerin en son konularıdır.

Kojenerasyon sistemlerinde, sistemden genel olarak alınmak istenen elektrik enerjisi olmasına karşın, sistemin dışarıya atacağı sıcak gazlardan da ısı enerjisi üretilmekte ve bu enerji başka proseslere gönderilebilmektedir. Böylece herhangi bir yakıtın kullanılması sonucu üretilen elektrik ve ısı enerjisi bir arada üretilmektedir. Sistem, elektrik ya da ısı enerjisi gereksinimine göre değişik tiplerde tasarlanabilmektedir. Kojenerasyon sistemleri enerjilerin kullanılacağı proseslere, şebekeden daha yakın olacağı için, daha verimli, daha temiz ve ulaşım kayıplarının olmadığı bir enerji üretimi gerçekleştirilmektedir.

Sistemde kullanılan mikrogaztürbini yaklaşık 300 kW'ın altında enerji üretebilir. Gazın hazırlanması, yanması, yanma sonrası enerjisinin alınması ve yanmış gazın atılması gibi prosesler, mikrogaztürbini içerisinde gerçekleşmektedir. Firmalar tarafından tasarlanmış olan bu yeni türbin teknolojisinin bütün çalışma sistemleri tam olarak bilinmemektedir. Ancak kullanım ihtiyacına göre by-pass üniteli ya da by-pass ünitesiz olarak iki tip mikrogaztürbini bulunmaktadır. Türbin gaz çıkış sıcaklığı yaklaşık 275 °C olduğundan, sistem bir ısı değiştiricisi ile birleştirilip, kojenerasyon sisteminin temelini oluşturur.

Bu sistemde yakıt olarak tercih edilen doğalgazın yanma veriminin yüksek olması, kömür, is gibi yanma sonrası kirleticiler ortaya çıkarmaması yapılan bu tercihin başlıca sebeplerindendir. Bunu yanında deneme süresi hala bitmemiş olan yakıt olarak biyogaz göze çarpar. Biyogaz atıklardan elde edilir. Yanma verimi doğalgaz kadar yüksek değildir ancak doğalgaza katkı olarak kullanılabilir. Atık enerjisi olduğundan rezerv sorununu ortadan kaldırması, tükenebilir yakıtlardan olmamasını sağlar. Değişik yollarla üretilen biyogazın bileşim yüzdeleri üretim tipine ya da hammaddeye göre değişmektedir.

Enerji ihtiyaçlarının arttığı günümüz dünyasında, enerjinin daha verimli üretilmesi, üretim sonrası atıkların değerlendirilmesi çalışmaları bilim adamlarının en güncel konusudur. Bu çalışmalar doğrultusunda, atık enerjinin geri kazanımı, daha az yakıt ile daha verimli çalışabilen enerji üreteçleri tasarımı ve üretim hammaddesi bitmeyecek yakıtların arayışı sürmektedir.

2. KOJENERASYON SİSTEMLERİ

2.1 Kojenerasyon Sistemlerinin Tanımı, Sistemin Tarihsel Gelişim Süreci ve Örnek Uygulamalar

2.1.1 Kojenerasyon Sistemlerinin Tanımı

Yapılan araştırmalar göre, dünya petrol rezervi 2050, doğalgaz rezervi 2070 ve kömür rezervi de 2150 yılında tükenmiş olacaktır. Bundan dolayı sanayi ve bilim alternatif enerji kaynaklarına yönelmek zorundadır. Yapılan planlamalardan ve yeni teknolojilerden biri de kojenerasyondur.

Kojenerasyon, enerjinin hem elektrik hem de ısı elde etmek için, sistemde birlikte üretilmesidir. Isı ve elektrik enerjisini ayrı ayrı üretmekten daha ekonomiktir. Gaz türbini ya da gaz motoru ile sadece elektrik üretildiğinde, kullanılan enerjinin %30 – 40 kadarı elektriğe çevrilebilir. Sistem, kojenerasyon sistemi ile kullanıldığında ise, sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir bölümü de kullanılır. Böylece toplam enerji girişinin % 70 – 90'ı değerlendirilir. Bu tekniğe "birleşik ısı-güç sistemleri" ya da "kojenerasyon" denir.

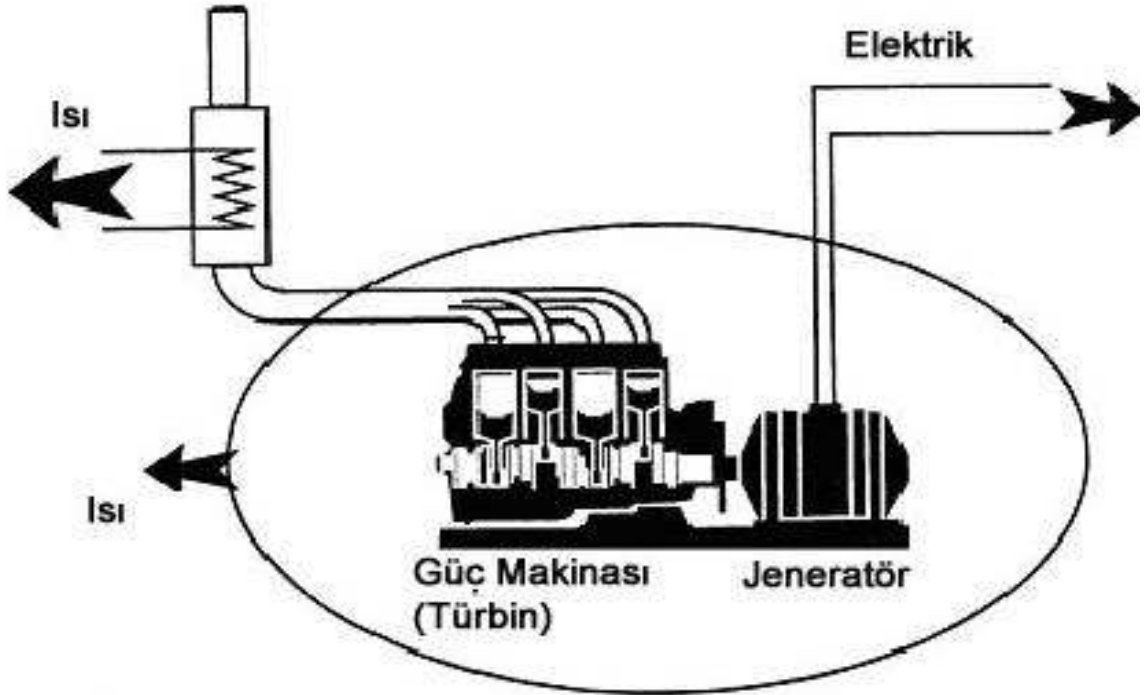
Üretilen enerjinin enerji hatları ile nakli yerine, tüketim merkezlerine yakın bölgelerde üretim yapılması, kullanım dışı enerji sarfiyatını büyük ölçüde azaltır. Kojenerasyon tesislerinin, tüketim merkezlerinin yakınında kurulması, yüksek randımanlı ve temiz enerji üretim teknolojisi ortaya çıkarır.

2.1.2 Kojenerasyon Sisteminin Tarihsel Gelişim Süreci ve Örnek Uygulamalar

Kojenerasyon, 20. yüzyılın başlarından itibaren, güç santrallerinin yerleşim birimlerinde kurulması ve bölge ısıtması yapılmasıyla başlamıştır. Bölge ısıtması konutların ve işyerlerinin ısıtma, sıcak su ve proses ısılarının bir veya birkaç merkezden sağlanması olarak tanımlanır. Bu amaçla kullanılan kojenerasyon, 1940'lı yıllarda yakıt fiyatlarının düşmesiyle çekiciliğini yitirmiş ancak, 1970'li yıllarda yakıt fiyatlarının hızla yükselmesi ile dünya çapında yeniden uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde ise endüstri tesisleri, kendi elektrik enerjilerini üreterek hem temiz hem de ucuz enerji elde etmek, bunun yanında atık ısı ile proseslerinde kullanabilecekleri ısı enerjisini sağlamak amacı ile kojenerasyon sistemlerini kullanmaya devam etmektedirler. Bir proses ile hem ısı hem elektrik enerjisi üretilen kojenerasyon sistemlerinin günümüzde hala geçerli olmasının sebepleri arasında elektrik dağıtım fiyatının artması ve sanayileşme gösterilebilir. Ayrıca yakıt rezervlerinin azalması da bu uygulamayı destekler niteliktedir.

İskandinav ülkeleri kojenerasyon tesislerinin kullanımı açısından en önde gelirler. Danimarka, İsveç, Finlandiya ve Norveç'te toplam binaların % 30 – 80'i bu sistemle ısıtılmakta olup ısıtma merkezleri birleşik ısı – güç üretimi şeklinde düzenlenmiştir. ABD'de çok yüksek katlı bina kullanımı nedeni ile kojenerasyona ihtiyaç duyulmuştur. Yüksek katlı binalarda sıcak su ile ısıtma yapılamaz, bunun yerine alçak basınçlı buhar kullanılarak ısıtma yapılabilir. Bu yüzden merkezle kullanma yeri arasında yüksek basınçlı buhar tercih edilir. Sistemin diğer bir kullanım alanı ise; yaz aylarında, büyük klima tesisleri için gerekli olan buharın üretilmesidir. Bu ihtiyaçlar sonucu; ABD'de elektriğin % 15'inin kojenerasyon tesislerinden sağlanır. Batı Avrupa ülkeleri için yeni olmayan bu sistem öncelikle bölge ısıtmasında kullanılmış, Fransa, Almanya ve İngiltere'de 1940'lı yıllarda yaygınlaşmıştır.

Kojenerasyon sistemleri için, Mercy Hastanesi, Lorin Endüstrileri, Rutgers Üniversitesi'nde bulunan Busch Kojenerasyon Projesi, Yalova Elyaf ve İplik Fabrikası, Altınyıldız Konfeksiyon A.Ş., Trakya Cam Sanayii A.Ş. önde gelen örneklerdir.



Şekil 2.1 Kojenerasyon Sisteminin Genel Tanım Şeması [1]

2.2 Kojenerasyon Sisteminin Çalışma Prensibi, Üretim Teknikleri ve Sistemde Kullanılan Yakıtlar

2.2.1 Kojenerasyon Sisteminin Çalışma Prensibi

Kojenerasyon sistemlerinde amaç; aracı akışkana verilen ısının bir bölümünü işe dönüştürmektir. Isı enerjisinin geri kalan bölümü akarsulara doğaya atık ısı olarak verilir. Bunun nedeni, çevreye verilen ısının başka bir amaçla kullanılamayacak kadar düşük sıcaklıkta olmasıdır. Büyük miktarlarda ısının çevreye verilmesi, iş üretmek için ödenmesi gereken zorunlu bir bedeldir. Çünkü birçok mühendislik sistemi, elektrik enerjisi veya mekanik enerji ile çalışır.

Mühendislik sistemlerinin büyük bir bölümünde enerji gereksinimi ısı biçimindedir. Kimya, kağıt, petrol, çelik, gıda ve tekstil endüstrileri gibi bazı endüstrilerde ısı işlemler önemli bir yer tutar. Isıl işlemler için gerekli ısıya proses ısısı adı da verilir. Bu endüstrilerde proses ısısı genellikle 5 – 7 atm basınçları arasında ve 150 – 200 °C sıcaklıkları arasında su buharıyla sağlanır.

Kojenerasyon sistemleri, bu atık ısıları kullanarak enerji korunumu sağlamaya çalışır. Sistemde, değişik ihtiyaçlara değişik makineler yardımı ile atık ısıdan enerji elde edilir. Böylece çift enerji üretimi sağlanmış olur.

2.2.2 Kojenerasyon Sisteminin Üretim Teknikleri

Kojenerasyon, iki farklı ana tahrik ünitesi ile uygulanır.

1. Gaz ve / veya Buhar Türbini Kojenerasyonu (Topping-cycles)
2. Gaz Motoru ya da Dizel Motor Kojenerasyonu (Bottoming-cycle)

Bu ünitelerin seçimi sistemden elde edilmek istenen sonuca bağlıdır. Eğer sistemde asıl amaç güç üretimi ise “Gaz ve / veya Buhar Türbini Kojenerasyonu (Topping-cycles)” kullanılır. Amaç, bir prodesten geri kazanılan düşük seviyeli enerjiden güç üretmek ise “Gaz Motoru ya da Dizel Motor Kojenerasyonu (Bottoming-cycle)” kullanılır. Türbin kojenerasyonu sisteminde yakıt, elektrik üretmek üzere yakılır. Bu prodesten egzost olan ısı enerjisi proses ısısı olarak ya da ısıtma amacıyla kullanılabilir. Motor kojenerasyonu sisteminde ise endüstriyel bir proses uygulamasından çıkan atık ısı elektrik üretmek üzere kullanılır.

2.2.2.1 Türbin Kojenerasyonu

Buhar türbini ve gaz türbini olmak üzere iki tip türbin kojenerasyonu sistemi bulunmaktadır. Kullanılan pek çok türbin kojenerasyonu sistemi kömür, oil, gaz ya da proses atık yakıtları ile kullanılmaktadırlar. Klasik buhar türbinleri sistemi kömür, oil, doğalgaz ya da artık yakıt kullanırken gaz türbin kojenerasyon sistemleri doğalgaz veya oil kullanılmaktadırlar. Türbin kojenerasyonu tesislerinde katı atık malzemelerin direkt yakılması yakıt masrafı açısından daha verimlidir.

Gaz türbini kojenerasyonunda, sıkıştırılmış hava, bir gaz yakıt (doğalgaz) ya da sıvı bir petrol ürünü (distile oil) ile yakılarak üretim gerçekleştirilir. Yanarak genişleyen sıcak gazlar türbinin içinden geçerek bir rotoru döndürür. Gaz türbin rotoru bir jeneratöre bağlıdır ve jeneratör elektrik üretir. Türbinden çıkan sıcak gazlar bir atık ısı boylerine girerek endüstriyel proses uygulaması ve alan ısıtması için buhar üretirler ya da direkt olarak proses ısısı uygulamasında kullanılırlar. Bu ısıya egzost gazı ısısı denir. Egzost gazı ısısı, buhar, sıcak su, kızgın su ya da kızgın yağ üretmek için veya hava ile karıştırılarak direkt kurutma uygulamalarında kullanılabilir. Bu işlemler sayesinde toplam çevrim verimi % 80 seviyelerini yakalayabilmektedir.

Mikrogaztürbinleri ise gaz türbin sisteminin yeni teknolojisidir. 300 kWtan az olmak koşuluyla elektrik enerjisi üretebilen bu türbinler kojenerasyon sistemlerinde kullanılmaya 90lı yıllarda başlamıştır. Genelde kullanım aralıkları 100 ila 300 kWtır. Sıcaklık değerleri ise 650°C'a kadar çıkabilir. Boyut olarak gaz türbinlerinden çok daha küçük olması kullanımı, taşınması ve montaj mahali açısından kolaylık sağlamaktadır.

Gaz türbini kojenerasyonu sistemi, buhar türbini kojenerasyonu sisteminden daha fazla yakıt ihtiyacı duyar. Ancak gaz türbin sistemi, buhar türbin sisteminden birim proses buharı başına daha fazla elektrik gücü üretir. Kullanılan bazı gaz türbinleri çift yakıtlıdır. Hem doğalgaz hem de petrol türevlerini kullanabilirler.

Buhar türbini sistemleri ise genel olarak bir boyler ve karşı basınçlı buhar türbininden oluşur. Bu sistemde 750 – 950 °F sıcaklıklar arasında boylerde buhar üretmek için fosil yakıtlar veya atık yakıtlar yakılır. Bu yüksek basınçlı buhar, bir rotoru döndürmek üzere buhar türbinine gönderilir. Türbin bir jeneratörü tahrik eder ve elektrik üretir. Türbini terk eden düşük sıcaklık ve düşük basınçtaki buhar bir proses uygulamasında kullanılabilir. Türbinin son kademesinden çıkan buhar bir endüstriyel prosese ya da yeniden kullanılmak için yoğunlaştırılarak boylere gönderilir.

Buhar türbinleri, gaz türbinleri ya da dizel motorlarda üretilen birim güç başına daha az yakıt ihtiyacı duyarlar. Ancak birim proses buharı başına diğer iki sistem kadar elektrik üretemezler. Buhar türbinlerinde kömür, doğalgaz, akaryakıt gibi çok değişik yakıt türlerinin kullanılabilir.

Eğer fazla elektrik gücü gerekli ise gaz türbini ve buhar türbininin bir birleşimi olan “Kombine Çevrim” kullanılabilir. Türbinin shaft çalışmasından üretilen elektrik ile fazla egzost ısıyı ilave elektriğe dönüştüren buhar çevriminin birleştirilmesinden oluşan birleşik çevrim ile sürülen doğalgaz türbini % 60’a varan termal verimliliğe ulaşabilir. Yüksek verimlilik, maliyet ve doğalgazın elde edilebilirliği ile bu sistemler modern elektrik alt yapısında önemli bir güçtür. Kombine çevrim sisteminin elektrik çıkışı 1 milyon BTU, buhar başına 380 kWh’tır ve gaz türbin sistemlerindeki gibi yakıt değişkenliği sınırlıdır. (EKREN, N., YILMAZ Ö., 2004)

2.2.2.2 Motor Kojenerasyonu

Gaz motorlarında atık ısının yaklaşık 1/3 oranı egzost gazından, 2/3 de motorun soğutma sistemlerinden geri kazanılır. Soğutma devreleri; silindir-gömlük soğutması, karterdeki yağın soğutulması ve turbocharger soğutmasından oluşur. Buna egzost eşanjöründen elde edilen ısı eklenir. Motor kojenerasyon sistemlerinin bu soğutma gerekliliği ile geri kazanılan ısı, sıcak su olarak kullanılabilir. Böyle bir sistemde toplam sistem verimi % 90 seviyesini geçebilir. Gaz motorları küçük güçlerde, Türkiye’de özellikle 1 MW seviyelerinde uygulanır. Tek modülde 100 kW seviyelerinden 3 MW seviyelerine kadar motorlar mevcut olup, bunların çoklu modülleri ile yapılan santrallerde 10 MW seviyelerine ulaşılabilir. (EKREN, N., YILMAZ Ö., 2004)

2.2.3 Kojenerasyon Sisteminde Kullanılan Yakıtlar

Kojenerasyon sistemleri, kömür, petrol türevi yakıtlar; dizel, fuel oil 4, fuel oil 6, doğalgaz, biyogaz, propan, kok gazı, pyrolis (odun) gazı gibi çeşitli yakıtlarla çalıştırılabilir. Isıl değerler incelendiğinde ise çöplüklerde oluşan gazlar kojenerasyon sistemlerinde değerlendirilebilir. Böylece hem çöplükler daha güvenli hale gelir hem de yakıt masrafsız karşılanmış olur. Yakıt seçimindeki en önemli kriterler yakıt fiyatı ve bulunabilme güvenliğidir. Dünya rezervlerinin tükenme durumundan dolayı sıvı ve gaz yakıtlar tercih edilirken işletme ömrü göz önüne alınmalıdır.

Doğalgaz; ticari olarak en kolay bulunabilen yakıttır. Yanma özellikleri, depolama gerektirmemesi ve fiyat uygunluğundan dolayı en geçerli yakıttır. Ayrıca çevre dostu olması

da önemli bir ölçüttür. Bu özelliklerinden dolayı kojenerasyon sistemlerinin en fazla tercih edilen yakıtıdır.

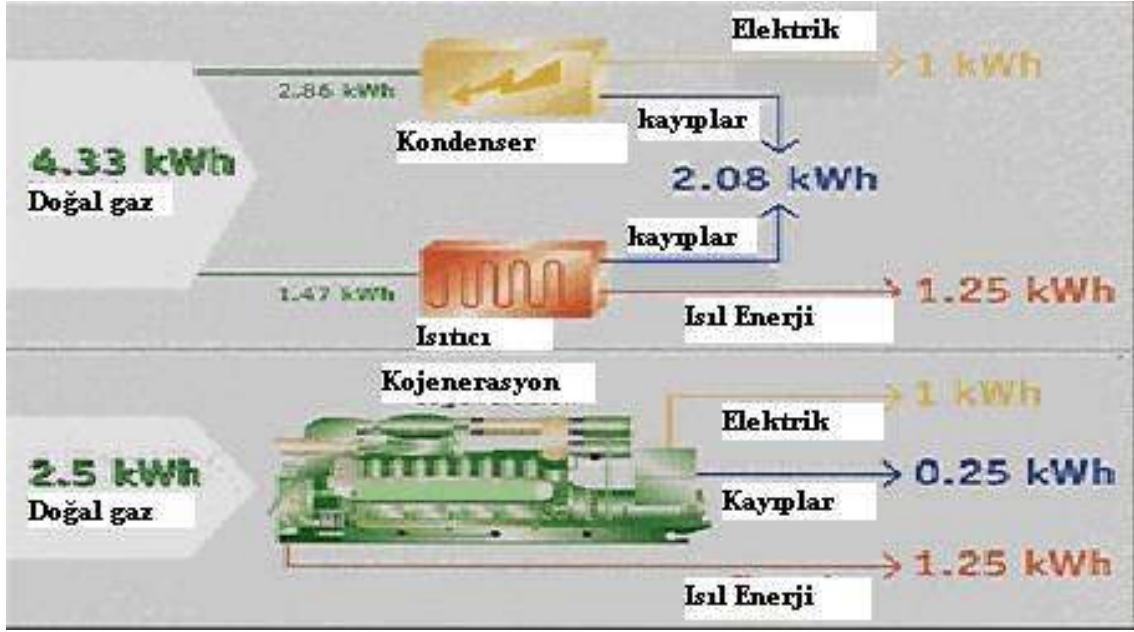
Çizelge 2.1 Yakıt Değer Çizelgesi [2]

Yakıt	Yapısı	Öz kütlesi (kg/Nm ³)	Alt ısı değer (kWh/Nm ³)	Metan sayısı	Lam. alev hızı (cm/sn)
H ₂	Hidrojen	0.0899	2.996	0	302
CH ₄	Metan	0.717	9.971	100	41
C ₃ H ₈	Propan	2.003	26	33	45
CO	karbon monoksit	1.25	3.51	75	24
Doğal gaz	CH ₄ %88,5 C ₂ H ₆ %4,7 C ₃ H ₈ %1,6 C ₄ H ₁₀ %0,2 N ₂ %5	0.798	10.14	80	41
arıtma gazı	CH ₄ = %65 CO ₂ = %35	1.158	6.5	135	27
çöplük gazı	CH ₄ %50 CO ₂ %40 N ₂ %10	1.274	4.98	150	20
odun gazı	H ₂ %7 CO=%17 C _n H _m %5 N ₂ %56 CO ₂ %15	1.25	1.38	13	

2.3 Kojenerasyon Sisteminin Avantajları, Tarz ve Kapasite Seçimi, Ekonomik Uygulanabilirlik

2.3.1 Kojenerasyon Sisteminin Avantajları

1. Sistemin enerji çevrim verimi yüksektir.
2. Sistemde çeşitli yakıtlar kullanılabilir.
3. Enerji üretimi ucuz ve kalitelidir.
4. Elektrik ya da ısı enerjisi elde etmek için sistemde kullanılan enerji kaynaklarından tasarruf edilir.
5. Enerji üretimi bu enerjinin tüketileceği yerde gerçekleştirilir, böylece elektrik enerjisi iletim ve dağıtım kayıpları yok edilir.
6. Isı üretimi sonucu, çevreye atılan katı, sıvı ve gaz madde miktarı, yalnız elektrik üreten enerji santraline veya yalnız buhar üreten bir endüstri kazanına göre daha az olur.
7. Sanayi tarafından tüketilen elektrik enerjisinin, az sayıda merkezi santral yerine, dağılmış endüstriyel tüketim bölgelerinde üretilmesi ile ulusal güvenliğe katkı sağlanır.
8. Enerji giderlerinin azalması, ürün kalitesini düşürmeden, ürün maliyetini azaltır ve şirketin rekabet gücü artırır.
9. Enerji temini güvencededir ve üretim kesintilerinin yol açtığı ziyanlar ortadan kalkar.
10. Sistem yeni teknolojileri uygulamak için uygundur ve makinaların revize edilmesi mümkündür.



Şekil 2.2 Kojenerasyon ve Diğer Üretim Sistemleri Arasındaki Isıl Bilanço [2]

2.3.2 Kojenerasyon Sistemi İçin Tarz ve Kapasite Seçimi

Kojenerasyon sistemlerinin seçimi başlıca şu kriterlere göre yapılır

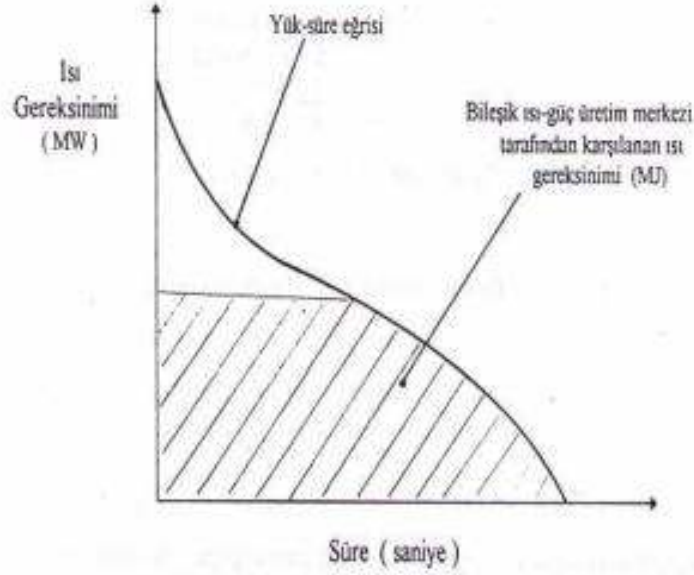
1. İşletmenin elektrik-ısı tüketim yapısı ve ısı-elektrik tüketim dengesi
2. İşletmenin yıllık çalışma süresi
3. İşletmenin enerji ihtiyacı seviyesi
4. Birincil enerji kaynaklarının (doğalgaz, lpg, fuel oil) temin edilebilirliği ve ekonomik uygulanabilirliği

2.3.3 Kojenerasyon Sisteminin Ekonomik Uygulanabilirliği

Kojenerasyon sistemi ile yapılacak enerji üretiminde verim; termodinamik, ekonomik ve iklimsel değerlere bağlıdır. Ekonomik uygunluk için sistemin yıllık net işletme geliri ile yatırım gideri hesaplanır. Öncelikle kojenerasyon sisteminin bulunmadığı varsayılarak, bölgenin yıllık ısı ve elektrik giderleri hesaplanır. Daha sonra sistem varmış gibi bu değerler bulunur. Kojenerasyon sisteminin olmadığı durumdaki değerden olduğu durumdaki değer çıkartılarak “Yıllık net işletme geliri” bulunur. Yatırım gideri ise kojenerasyon sisteminin satın alınması ve kurulması ile ilgili olarak başlangıçta ödenen paradır. Bu değerler belirlendikten sonra geri ödeme süresi, şimdiki değer, yıllık net kazanç gibi ekonomik analiz yöntemlerinden biri ile yatırımın karlılığına karar verilebilir.

Kojenerasyon tesisinin kullanılma oranı (yük faktörü) göz önüne alınması gereken bir başka

parametredir. Yük faktörü iklim koşullarına bağlıdır. İklim koşullarının uygun olmadığı bir ortamda sistemin çalıştırılması işletmeci açısından karlı olmayacaktır. Kojenerasyon tesisinin kapasitesi belirlenirken yük-süre eğrisinden yararlanılır. (EKREN, N., YILMAZ Ö. , 2004)



Şekil 2.3 Yük-Süre Eğrisi (EKREN, N., YILMAZ Ö. , 2004)

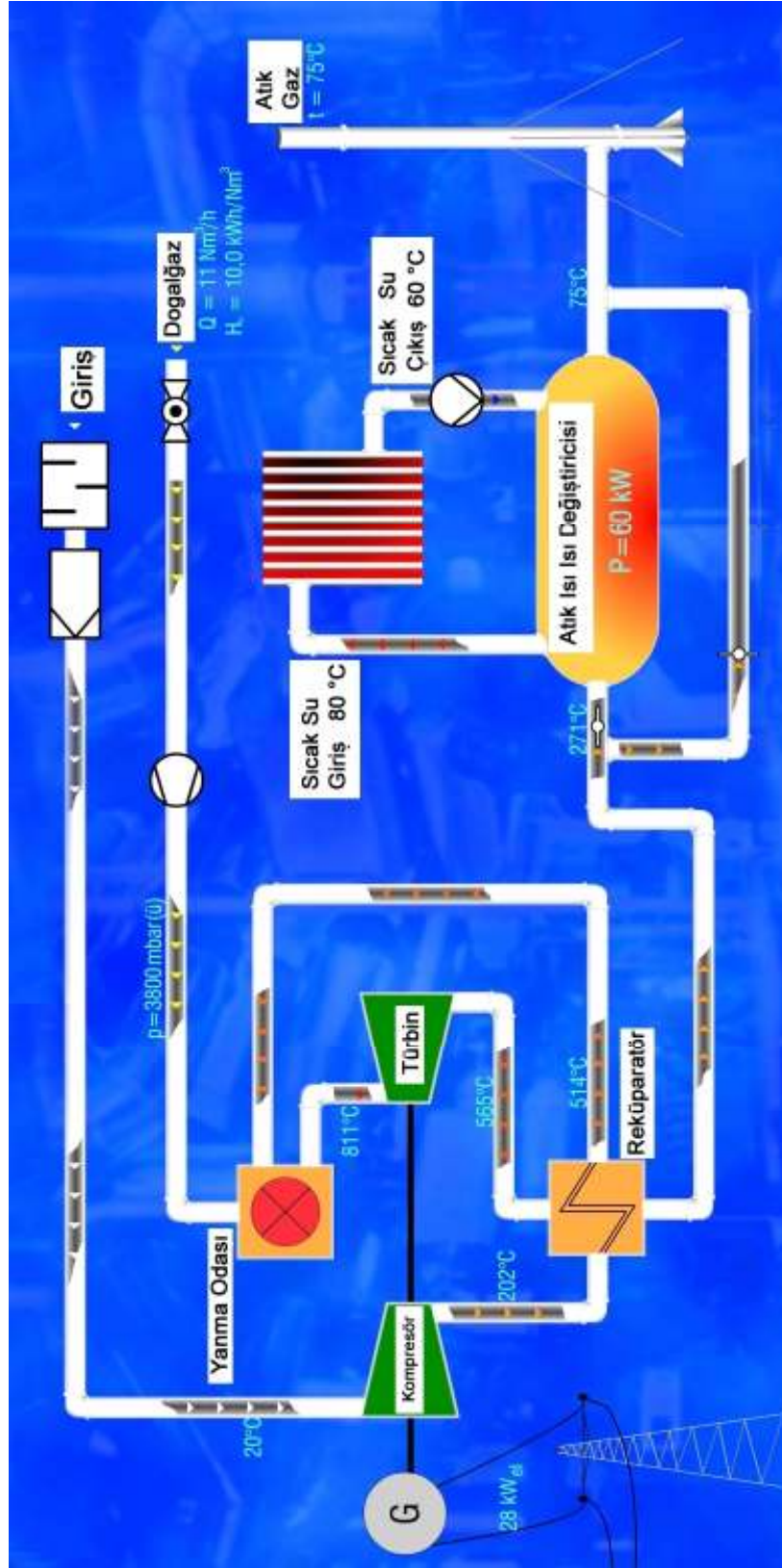
Bu araştırmada ekonomik uygunluk olarak kullanım faktörünün;

$$\omega = \frac{P_{el} + \dot{Q}}{V_{Doğalgaz} \cdot H_{Doğalgaz}} \quad (2.1)$$

formülü ile hesaplanması ve $\omega = 0,8$ e yaklaşması istenmiştir.

Elde edilen ısı ve elektrik enerjilerinin toplamının, harcanan doğalgazın yakılmasından elde edilen enerjiye oranla, ne kadar kullanılabildiğine bakılmış olacaktır. Bir sistemin sadece kendi ihtiyacı kadar enerji üretimi yapabilmesi ya da sistemden elde edilen enerjinin belli bir değerin altında olması sistemin kurulumu, bakımı ve işletimi gibi değerleri tamamlayıp verim yaratabilmelidir. Bu verimin değerlendirilmesinde kullanım faktörü devreye girer.

2.4 Kullanılan Kojenerasyon Sisteminin Planlanmış Teorik Sistem Şeması ve Tesis Resimleri



Şekil 2.4 Sistemin Planlanmış Teorik Şeması



Resim 2.1 Sistemin Dış Görünüşü



Resim 2.2 Sistemin Temiz Hava Besleme Kanalı, Elektrik Panosu ve Ölçüm Sistemi



Resim 2.3 Sistem Havalandırma Kanalı



Resim 2.4 Su Deposu



Resim 2.5 Mikrogaztürbini Kontrol Paneli



Resim 2.6 Isı Değeri Sayacı

3. MİKROGAZTÜRBİNLERİ

3.1 Mikrogaztürbininin Tanıtılması

Mikrogaztürbini küçük hacimli yeni bir gaz türbini teknolojisidir. 300 kW'ın altında enerji üretebilir. Enerji üretimi değerinin küçük olmasından dolayı büyük endüstriyel tesislerde kullanım için uygun değildir. Ancak düşük enerji gereksinimli tesislerde ve işyerlerinde, konutlarda kullanım için uygundur. Ayrıca yüksek sıcaklık ihtiyacı için kullanımda buhar üretimi, termoyağ ısıtması ve atık gaz ile kurutma proseslerinde kullanılabilir.

Bütün bunların yanında, mikrogaztürbinleri genel olarak kojenerasyon sistemlerinde kullanılmakta ve elektrik enerjisinin yanında atık gazları ile ısı enerjisi üretimine de katkı sağlamaktadırlar. Çünkü bir mikrogaztürbininin atık gaz çıkış sıcaklığı en az 260 °C civarındadır. Bu atık gazın ısısı alındığında türbinin ve sistem kompresörünün elektrik enerjisi üretiminin yanında ısıtma amaçlı da kullanılması söz konusu olmaktadır.

Mikrogaztürbinleri ilk olarak, 90'lı yıllarda, Amerika Birleşik Devletleri'nde uçakçılık endüstrisi için yardımcı türbin olarak tasarlanmışlardır. Mikrotürbinler, oldukça küçük ancak çok yüksek devrde dönebilen bir gaz türbini ve türbin mili içerirler.

Bugüne kadar yapılmış uygulamalara göre, mikrogaztürbini sadece yeni bir teknoloji olmaktan çok proses ısısı üretiminde kullanılan kojenerasyon sistemlerinde kullanım için uygundur. Birincil enerji tasarrufu ve ekonomik verimlilik sağlar. Ayrıca ısı ve elektrik üretimi sırasında düşük CO₂ emülsiyonu sağlayarak çevre kirlenmesini de daha az etkiler.

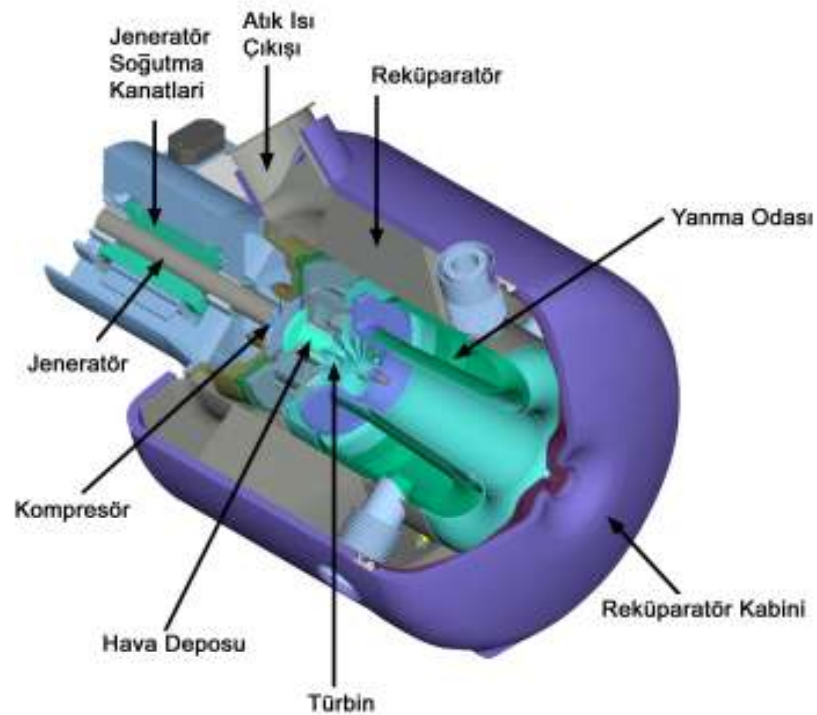
Mikrogaztürbin teknolojisi dünyada üç büyük firma tarafından yürütülmektedir, Capstone Turbine Corporation, Turbec AB ve Bowman Power System. Araştırmanın yapıldığı sistemde Capstone Turbine Corporation tarafından üretilmiş, Capstone C30 model mikrogaztürbini kullanılmaktadır.

3.2 Mikrogaztürbininin Yapısı

Temel çalışma fonksiyonları bir gaz türbinine benzeyen mikrogaztürbini kompakt olarak hazırlanmıştır. Mikrogaztürbininin içerisine yerleştirilmiş bir reküperatör, opsiyonlu çalışabilen bir gaz kompresörü, yanma odası ve jeneratör bulunmaktadır. Mikrogaztürbininde ilgi çeken ilk durum türbin milinin pnömatik olarak sabitlenmesidir. Mil sabitleyici rulmanlarda bilya yerine hava kullanılmaktadır. Ayrıca bir mikrogaztürbin sisteminde kompresör ve türbin aynı mil üzerinde çalışırlar.

Kompakt halde olan mikrogaztürbinlerinin sistem elemanlarının çalışma prensiplerinden bazıları, sistemin firmalar tarafından geliştirilmesi ve yeni bir teknoloji olmasından dolayı tamamiyle bilinmemektedir. Bu bilinmezliklerden ilki, sıkıştırılmış ve daha yakılmamış gaz ile türbin çıkışında alınan gazın karıştırıldığı reküperatörde ne olduğudur. Firmalardan alınan tek bilgi yanmamış gazın reküperatör içerisinde, atık gazın taşıdığı ısı ile bir miktar ısıtılarak, yanma odasına gönderildiğidir. Bu ısıtma yanmanın verimini arttırmakta ancak reküperatör içerisinde tam olarak nasıl bir ısı transferi ya da karıştırma olduğu bilinmemektedir.

İkinci bilinmezlik ise türbin milinden alınan dönme enerjisinin jeneratörde nasıl elektrik enerjisine çevrildiğidir. Türbin milinin devri yanma sonucu 100.000 1/dak'dır ve bu enerji ile jeneratör elektrik üretir. Ancak milden enerjiyi tork olarak alan jeneratör, bu enerjiyi elektriğe çevirirken, çevrim sırasında kaç tane kutup ile bu çevirme işlemini gerçekleştirdiği bilinmemektedir. Normal bir jeneratörün çalışma prensibi düşünüldüğünde jeneratör içerisinde kutupların 2, 4 ya da 6 tane kutup bulunur. Ancak yüksek frekansta enerji üretebilen mikrogaztürbin jeneratörünün içerisinde kaç kutup olduğu firma tarafından açıklanmamakta ve mikrogaztürbininin gizemi olarak kalmaktadır.



Şekil 3.1 Capstone C 30 Mikrogaztürbininin İç Yapısı [3]



Resim 3.1 Capstone C 30 Mikrogaztürbininin Jeneratörü, Sıkıştırıcısı ve Türbini [3]

3.3 Mikrogaztürbininin Çalışma Prensibi

3.3.1 Genel Çalışma Prensibi

Mikrogaztürbininin genel çalışma prensibi normal bir gaz türbinin çalışma prensibine benzemektedir. Mikrogaztürbin sistemi yanma havasını çevreden alır. Alınan bu hava kompresörde sıkıştırarak basınçlandırır. Mikrogaztürbin kompresörlerinin sıkıştırma oranı $\Pi = 4$ 'tür.

Kompresör, sıkıştırılmış yanma havasının tamamını reküparatöre gönderir ve bu hava reküparatörde daha önce yakılmış atık gaz ile ısıtılır. Böylece verimliliği artırılmış ve kullanılan yakıt miktarını düşürülmüş olur.

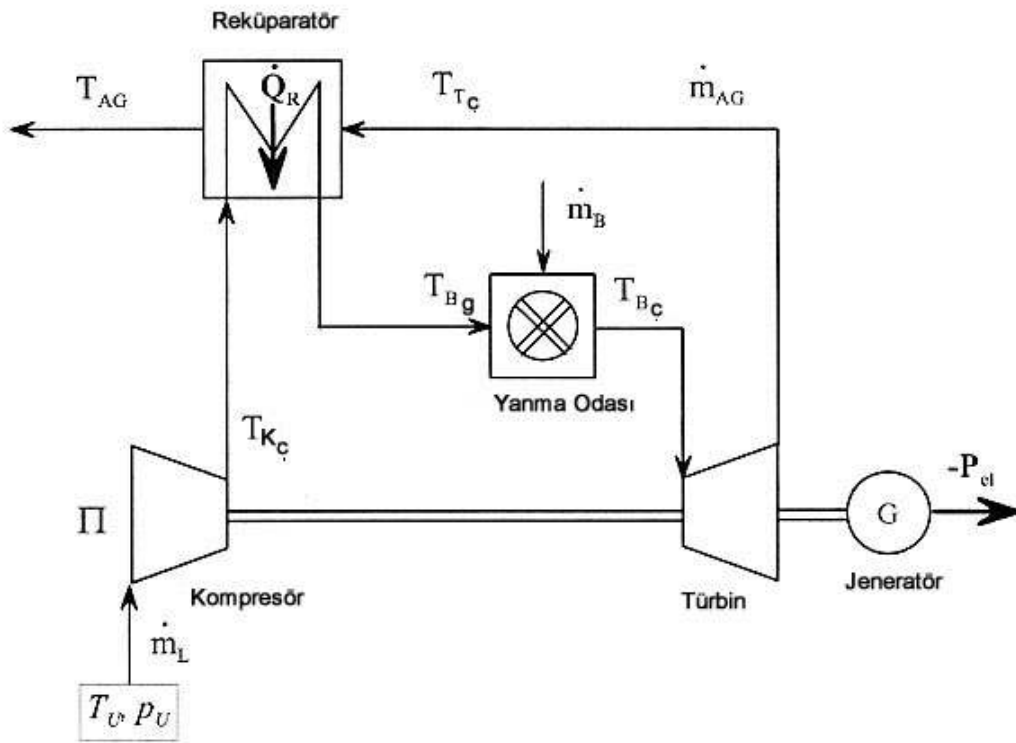
Basınçlandırılmış, reküparatörden geçirilmiş ve ısıtılmış yanma havası, yanma odasında yakıt ile yakılır. Yanma sırasında, kullanılacak yakıtın şebekeye geri kaçmasının engellenmesi için yakıtın yoğunluğunun yükseltilmesi gerekir. Yanmış gazın sıcaklığı yanma odasının çıkışında yaklaşık 900 °C kadardır.

Yanmış sıcak gaz buradan türbine gönderilir ve türbinde genişletilir. Genişlemenin sonucunda gaz, türbin milini döndürür. Bu dönme sonrası oluşan torktan dolayı jeneratör çalışır ve tork burada elektrik enerjisine çevrilir. Türbin – kompresör milinin devri 100.000 1/dak olduğu için jeneratörden alınan elektrik enerjisi direkt şebekeye verilemez. Bu dönme devrinde elde edilecek frekans çok yüksektir. Frekansı şebeke frekansına ayarlamak için alternatif akım – doğru akım – alternatif akım dönüştürücüsü (AC – DC – AC dönüştürücüsü) kullanılır ve elde edilen elektrik enerjisi, şebekeye verilebilecek frekansa ayarlanır.

Mikrogaztürbin sistemlerinde türbin, tam randımanlı çalıştırılmaz ve türbin milinin dönme sayısı ayarlanır. Türbinin tam randıman ile çalıştırılması sonucunda yüksek verim elde etmek

yerine, düşük randımanda çalıştırılarak düzgün verimlilik elde edilir. Bu durum oransal olarak ayarlanır.

Mikrogaztürbininin genel çalışma prensibi düzgün reküperatörlü çalışma prensibi olarak adlandırılabilir. Mikrogaztürbin sistemine bir by-pass ünitesi eklendiğinde ise değişken reküperatörlü yani by-pass üniteli mikrogaztürbini oluşturulmuş olur. Bu sistemlerin çalışma prensipleri, genel prensibi takip ederek by-pass ünitesi ile geliştirilmiştir. Araştırmanın yapıldığı sistemde, düzgün reküperatörlü yani by-pass ünitesi olmayan bir mikrogaztürbini kullanılmaktadır.



Şekil 3.2 Capstone C30 Düzgün Reküperatörlü Mikrogaztürbini Çalışma Şeması

Yakılacak havanın reküperatörde, yanma öncesinde, ısıtılması sistemin toplam verimliliğini arttırmakta ancak dışarı alınacak gazın sıcaklığını düşürmektedir. Genişletilmiş atık gazlar reküperatörde termik enerjilerini verirler. Bu sistem, ısı değiştiricisine ya da kullanım proseslerine yüksek sıcaklıkta ısı verilmek istendiğinde kullanılmaz. Bunlara örnek olarak, kojenerasyon sistemleri ya da absorpsiyonlu soğutma sistemleri gösterilebilir. Kullanılacak sistemin ne kadar elektrik ne kadar ısı enerjisine ihtiyacı olduğu bu durumda dikkat edilmesi gereken en önemli konudur. Asıl amaç elektrik enerjisi üretmek olduğunda reküperatör kullanımı gerekmektedir. (BOUVY, C., KUPERJANS, I., 2004)

Eğer türbinden çıkan atık gazın ısı değeri yükseltirse, bu proses ısısı çok daha geniş alanlarda kullanılabilir. Atık gazın sıcaklığı arttırılırsa, sistemden alınacak elektrik verimi, η_{el} düşer. Eğer sistemde bir reküparasyon yapılmazsa, yanmış gaz sıcaklığı 600 °C'a kadar yükseltilebilir. Ancak bu durumda elektrik verimliliği % 15 değerine kadar düşer. (BOUVY, C., KUPERJANS, I., 2004)

Çizelge 3.1 Reküparatörlü ve Reküparatörsüz Mikrogaztürbinlerinin Yaklaşık Sıcaklık ve Yaklaşık Elektrik Verim Değerleri

	Reküparatörsüz Sistem	Tam Reküparasyon Durumu
Yanmış Gazın Çıkış Sıcaklığı	625 °C	275 °C
η_{el}	% 13	% 23

3.3.2 Değişken Reküparatörlü (By-pass Üniteli) Mikrogaztürbininin Çalışma Prensibi

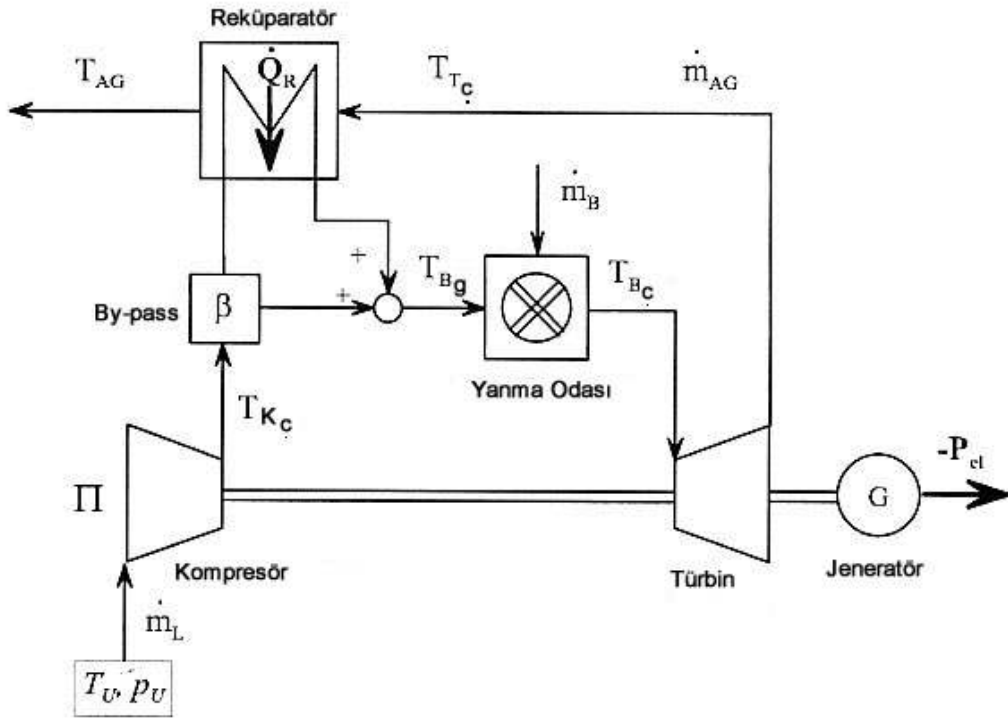
Eğer sisteme bir by-pass ünitesi eklenirse çalışma prensibi değişken reküparatörlü hale gelir. Kullanılan mikrogaztürbin sistemi değişken reküparatörlü ise, reküparatör çıkışındaki sıcaklık değeri değişir. Böylece sistemin elektrik akım sayısı istenilen değerlere göre ayarlanabilir. Elektrik akım sayısı, elektrik gücünün kullanılan ısıya oranıdır ve

$$\sigma = \frac{P_{el}}{\dot{Q}_{istenilen}} \quad (3.1)$$

formülü ile tanımlanır.

By-pass üniteli mikrogaztürbinlerinde yanma havası, sistem içerisine alınırken jeneratörün üstünden geçirilerek jeneratör üzerinde soğutma yapılır. Alınan bu hava radikal sıkıştırıcı içerisinde sıkıştırılır. Ve sistem düzgün reküparatörlü sistem ile aynı şekilde çalışmaya devam eder. Ancak yanma odası girişinde reküparatörden geçirilmemiş hava ile reküparatörden geçirilmiş ve ısıtılmış hava istenilen değerde karıştırılır.

Sistem içi ısı geri kazanımı göz ardı edildiğinde sistemin elektrik verimliliği düşer. Çünkü yakılacak hava daha önceden ısıtılmadığından, yanma odasından, önceden ısıtılmış hava ile yanmaya göre daha düşük sıcaklıkta yanmış gaz alınabilir. En yüksek birincil enerji birikimi kojenerasyon sisteminde, gerekli elektrik akım sayısı belirlenerek elde edilir. En yüksek elektrik verimliliği ancak değişken reküparatörlü sistem ile sağlanabilmektedir.



Şekil 3.3 Değişken Reküpüratörlü (By-passlı) Mikrogaztürbinin Çalışma Şeması



Resim 3.2 Sistemde Kullanılan Capstone C 30 Mikrogaztürbininin Dış Görünüşü

3.4 Capstone C 30 Model Mikrogaztürbini İçin Teorik Değerler

Sistemde tercih edilmiş Capstone marka C 30 model mikrogaztürbini için bazı değerler tanımlanmıştır. Bu türbin tam randımanda çalıştırılırsa, $P_{el} = 30$ kW elektrik enerjisi ve buna bağlı olarak verim $\eta_{el} = 0,36$ olabilir. Ancak mikrogaztürbininin bir kojenerasyon sisteminde kullanılması istendiğinde, alınmak istenilen sıcaklık değeri değişebilir olduğundan, bu verimlilik değeri belirlenmez. Çünkü bu değer yanmış gazdan istenilen sıcaklığa göre değişecektir. Teorik olarak reküperatör çıkış sıcaklığı kullanımda ortalama 375 °C'tır ve atık gazın kütlesi de $m_{g} = 0,31$ kg/s olabilmektedir. [3]

Çizelge 3.2 Capstone C 30 Model Mikrogaztürbini İçin Teorik Değerler

Güç	30 kW net (+2), 38.2 kVA (max:480 VAC)
Toplam Gaz Girişi	420,000 BTUs/Hr
Gaz Giriş Sıcaklığı	0.2 - 55 psi
Verim (LHV)	26% (+- 2%)
Isı Oranı (LHV, BTUs/kWh)	13,100
Toplam Egzost Enerjisi	310,000 BTUs/hr
Egzost Gazı Sıcaklığı	530F
Kütle Akışı	0.49 lbs/s
NO _x Emülsyonu	<9ppm @ 15% O ₂ (<0.49 lb/MWhr)

3.5 Mikrogaztürbini ile Motor ile Çalışan Güç Santralinin Karşılaştırılması

Mikrogaztürbini, düşük ısı ihtiyacı için tasarlanmış kojenerasyon sistemlerinde daha verimli ve daha ekonomiktir. Ancak motor ile çalışan güç santrali ile karşılaştırıldığında iki sistemin de düşük sıcaklıklarda kullanımının arasında sadece ekonomik fark olduğu görülmektedir. Bu durumda iki sistemin arasında seçim yapılacak ise, ekonomik olarak hangisinin daha uygun olduğuna bakılması gerekir. Sistem kurulum ve çalıştırma maliyeti incelenip, iki sistem arasında seçim yapılabilir.

Eğer sistemden yüksek sıcaklık isteniyorsa, mikrogaztürbinleri, motor ile çalışan güç santralinin aksine sadece ısıtma amaçlı değil, elektrik ve proses ısısının birlikte üretilmesinde de kullanıldığından elde edilen toplam enerji kazanımı daha yüksektir. Motor ile çalışan güç santrali, elektrik ve proses ısısı üretiminde kullanılamaz. Mikrogaztürbinleri bu sistemlerde daha çok tercih edilir.

Ayrıca mikrogaztürbinleri yağsız çalışır. Böylece yağ ısınması ve bundan dolayı oluşabilecek herhangi bir bozulma durumu yaşanmaz, yağ değişimi ve yağ temizliği gibi sorunlar ile

karşılaşmaz. Bu açıdan bakıldığında mikrogaztürbinleri, motor ile çalışan güç santraline göre daha avantajlıdır. (BOUVY, C., KUPERJANS, I., 2004)

3.6 Mikrogaztürbini ile Isı Pompasının Karşılaştırılması

Isı pompası ve mikrogaztürbini sistemlerinin birbiri ile karşılaştırılmak için ısı pompasının verim sayısı, referans güç ünitesi, kojenerasyon sisteminin yakıt kullanım derecesi ve mikrogaztürbininin elektrik üretim verimi karşılaştırılır. Yani bu karşılaştırmada önemli olan, hangi sistemin aldığı yakıtı karşılık üretebildiği enerjinin daha fazla olduğudur.

Bu durumda teorik olarak,

$$\varepsilon_{IP} = \frac{|\dot{Q}_H|}{P_{el}} = 1 + \frac{\dot{Q}_u}{P_{el}} \quad (3.2)$$

formülü incelenir.

Eğer % 100 ısı verildiği gibi bir ön kabul yapılırsa, hangi sistemden daha fazla elektrik üretilip, hangi sistemde daha az yakıt harcandığına bakılır. Bu karşılaştırma sırasında unutulmaması gereken en önemli durum mikrogaztürbininden elde edilen elektrik enerjisinin yanı sıra bir proses ısısı da elde edilmektedir. Birincil enerji kullanımına bakıldığında, aynı anda ısı ve elektrik üretildiğinden, mikrogaztürbinlerinin %1 daha az enerjiyi tükettiği görülmektedir.

Eğer karbondioksit emülsiyonu açısından değerlendirilme yapılırsa, ısı pompası sisteminde emülsiyon oranı yaklaşık olarak %30 kg/kWh iken mikrogaztürbin sisteminde bu oran yaklaşık olarak %38 kg/kWh'e çıkmaktadır.

Yakıt açısından da mikrogaztürbini daha verimlidir. Değiştirilmemiş ancak yüksek sıcaklıkta kullanılan bir mikrogaztürbininin sistem verilerinde ortalama %30 civarı daha az yakıt kullanılır. (RIEDEL, B., 2004)

4. BORULU LAMELLİ ISI DEĞİŞTİRİCİSİ

4.1 Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin Tanıtılması

Sistemlerde kullanılan ısı değiştiriciler ihtiyaca göre birçok değişik türde tasarlanabilirler. Sistemin gerek duyduğu ısı alış verişi tasarımı en önemli etken olmakla beraber, uzun süreli kullanıma da uygunluk, üretim kolaylığı da seçim açısından önemli etkenlerdir.

Sistemde borulu lamelli ısı değiştiricisi kullanılmakta ve bu ısı değiştiricisi FACO firması tarafından üretilmiştir.



Resim 4.1 Sistemden Kullanılan FACO Marka Borulu Lamelli Isı Değiştiricisi [4]

Tasarlanan bu ısı değiştiricisi ile sistemde ısı transferinin en yüksek değerde olması beklenmiş ve lamellerin ısı transfer yüzeyini arttıracığı öngörülmüştür.

4.2 Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin İçyapısı ve Çalışma Prensibi

Borulu lamelli ısı değiştiriciler gövde borulu ısı değiştiricisi mantığı ile tasarlanmış olup, ısı transfer yüzeyinin artırılması amacı ile kanatlandırılmıştır. Ancak kanatlar bir boru yüzeyinde kullanılan normal kanatlardan çok daha uzun ve geniştir. Bundan dolayı ısı değiştiricisinin içerisinde dolaşan gaz hem geniş hem uzun kanatlara çarptığından ısı transferi lamelli ısı değiştiricisine çok daha yakın gerçekleşmektedir.

Borular gövde borulu ısı değiştiricisinde olduğu gibi döşenmiş, lameller ise boruların üzerine plaka şeklinde kaynaklanmıştır. Kullanılan lameller gazın dolaşabildiği ısı değiştiricisi iç yüzeyinin neredeyse tamamını kaplamakta, yanmış gazın sadece kendi aralarından geçmesine

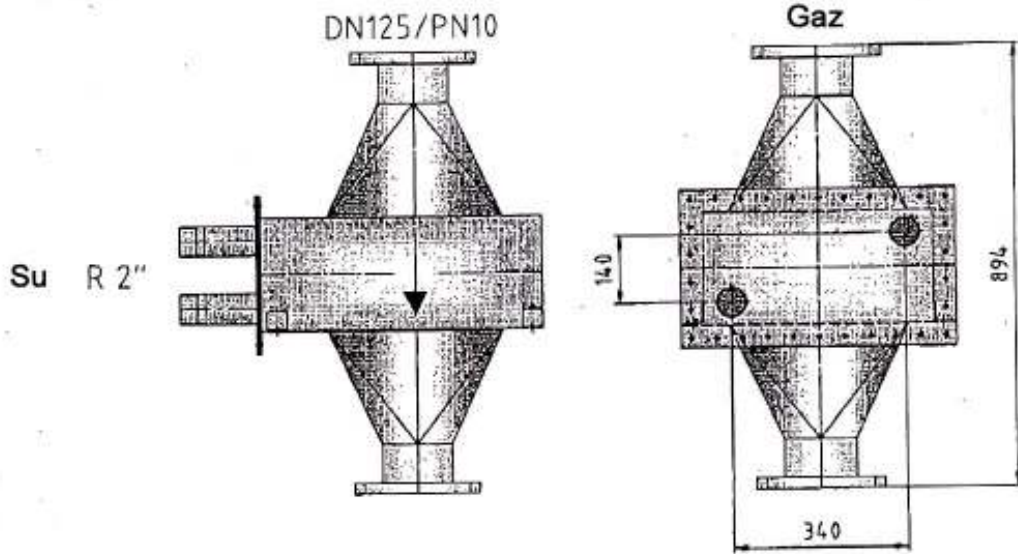
izin vermektedir. Böylece yanmış gaz borularında dolaşan ısıtılacak suyu hem boruların yüzeyinden hem de kanat görevi gören lamellerin üzerinden ısıtmaktadır. Böylece ısı transfer yüzeyi bu doğrultuda oluşturulabilecek en büyük alana getirilmiştir.

4.3 Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin Avantajları ve Dezavantajları

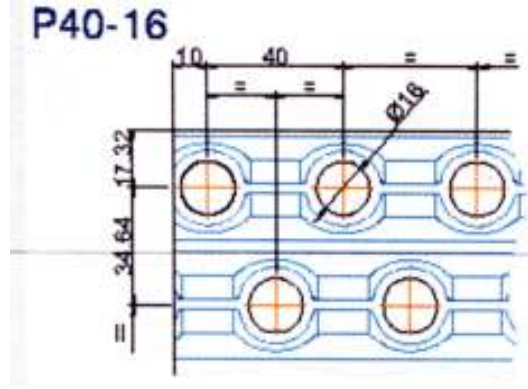
1. Isı transfer yüzeyi diğer kanatlı ısı değiştiricilere göre daha geniştir.
2. Türbinden çıkan yüksek sıcaklıktaki gaz borulara gelmeden önce lamellere çarptığından ısı transferi daha erken başlar ve daha uzun sürer.
3. Lameller yanmış gazın türbülanslı akışına olanak verir.
4. Lamel boru bağlantıları iyi yapılmadığı takdirde yanmış gaz lamel ve boru arasına girerek film tabakası oluşturur ve ısı transferini engeller.
5. Lamellerin ya da boru dış yüzeylerini temizlenmesi zordur.
6. Lameller gazın akışı sırasında gaz ile gelebilecek maddelere filtre görevi yapabilir, bu maddelerin ısı değiştiricisinin yüzeyine yapışmasına sebep olabilir. Bu durum ısı transferini engelleyerek verim düşüklüğüne sebep olur. Önlem olarak yanacak gazın ve yakacak havanın temiz olması, türbin içerisinde istenmeyen madde olmaması gerekmektedir.

4.4 Sistemde Kullanılan Borulu Lamelli Isı Değiştiricisinin Özellikleri ve Konstrüksiyonu

Üretici firma tarafından hem ısı değiştiricisinin konstrüksiyon bilgileri, hem de kullanılabilir atık ısının ve suyun teorik termodinamik değerleri verilmiştir. Hesaplamalarda bu konstrüksiyon bilgileri kullanılmasına karşın termodinamik değerler ölçümler ve hesaplamalar sonucu bulunmuştur.



Şekil 4.1 Isı Değiştiricisi Dış Yüzey Konstrüksiyonu [4]



Şekil 4.2 Isı Değiştiricisi İç Yüzey Konstrüksiyonu [4]

Çizelge 4.1 İmal Edilen Isı Değiştiricisinin Konstrüksiyon Bilgileri [4]

	Birim	İstenen	Hesaplanan
Lamel Eni	mm	345	345
Lamel Yüksekliği	mm	400	400
Sıra Sayısı		5	5,00
Isı Değiştiricinin Ağırlığı	kg		38
Islak Çevre	dm ³		6,1
Boru Çapı	mm		16,5
Boru Et Kalınlığı	mm		0,40
Lamel Kalınlığı	mm		0,20
Lameller Arası Mesafe	mm		2
Lamel Sayısı			172
Isı Transfer Yüzey Alanı	m ²		20,8

Kullanılan ısı değiştiricisinin tipi, P40-16 AR 5R-10T-345A-2,0Pa, bakır/bakır

Çizelge 4.2 Isı Değiştiricisinin Atık Isı Girişindeki Kullanılan DN 125 / PN10 Flanşın Standart Konstrüksiyon Verileri

	Birim	Değer
Flanş Dış Çapı	mm	139,7
Flanş Et Kalınlığı	mm	4
Flanş İç Çapı	mm	131,7

Çizelge 4.3 Isı Değiştiricisinin Su Giriş ve Çıkışında Kullanılan DN 50 Flanşın Standart Konstrüksiyon Verileri

	Birim	Değer
Flanş Dış Çapı	mm	60,3
Flanş Et Kalınlığı	mm	2,6
Flanş İç Çapı	mm	54,5

Çizelge 4.4 Lamelli Taraftaki Atık Isının Termodinamik Verileri [4]

	Birim	İstenen	Hesaplanan
Akış Miktarı	m ³ /h		1753
Kuru Hava	kg/s	0,31	0,31
Yoğunluk	kg/m ³	0,6368	0,6368
Giriş Sıcaklığı	°C	281	281
Çıkış Sıcaklığı	°C		75,7
Akış Hızı	m/s		3,5
Basınç Kaybı	Pa		107
Güç	kW		63,93

Çizelge 4.5 Boru Tarafındaki Suyun Termodinamik Verileri [4]

	Birim	İstenen	Hesaplanan
Akış Miktarı	l/s		0,76
Giriş Sıcaklığı	°C	60	60,0
Çıkış Sıcaklığı	°C	80	80,0
Akış Hızı	m/s		0,33
Basınç Kaybı	kPa		1,1
Güç	kW	60	62,74

5. KOJENERASYON SİSTEMLERİNDE KULLANILAN YAKITLAR

5.1 Doğalgaz

5.1.1 Doğalgazın Tanımı ve Tarihi

5.1.1.1 Doğalgazın Tanımı

Doğalgaz, küçük canlıların milyonlarca yıl süren çürümelere sonucu oluşan, genelde petrol bölgelerinde bulunan fosil bir yakıttır. Bu yakıt, petrol gibi, doğalgaz yataklarından yeryüzüne çıkarılarak kullanılabilir.

5.1.1.2 Doğalgazın Tarihi

M.Ö.50'de Roma'da Uesta Tapınağı'ndaki aşk tanrıçası heykelinin doğalgazdan elde edilen sürekli alev ile aydınlatıldığı bilinmektedir. M.S.150'de Çin Sichuan'da tuzun çökertilmesi işleminde, yakıt olarak kullanılmak için yeraltı rezervuarlarından sızan doğalgazın bambu borularla taşındığı kayıtlara geçmiştir. Marco Polo gezileri sırasında Bakü'deki Zoroastrian ateş tapınağında yüzyıllardan beri yanmakta olan doğalgaz alevlerini tesbit etmiştir. Avrupa'da 1659'da İngiltere'de bulunan doğalgaz 1790'da yaygın kullanıma girmiştir. Sokakların ve evlerin aydınlatılmasında, içten yanmalı motorların çalıştırılmasında büyük ölçüde doğalgazdan yararlanılmıştır. 1920'lerde boru hattı taşımacılığı yöntemlerinin uygulamaya konulmasıyla hızla artan doğalgaz kullanımı, özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra sürekli olarak gelişmiştir.

5.1.2 Doğalgazın Kullanım Alanları ve Kimyasal İçeriği

5.1.2.1 Doğalgazın Kullanım Alanları

Doğalgaz mahal ısıtması başta olmak üzere birçok sanayi kuruluşunun değişik proseslerinde kullanılabilir. Tekstil sektöründe buhar kazanlarında ve kızgın yağ kazanlarında, seramik sektöründe kurutma ve fırınlama proseslerinde, otomotiv sektöründe, araçlarda direkt yakıt olarak kullanılabilir. Ayrıca ve başlıca kullanım alanı ise mahal ısıtmasıdır. Mahal ısıtmasında doğalgaz kazanları ile kalorifer tesisatlarında kullanılmakta ve radyant ısıtıcılarda tercihe edilmektedir.

Bu genel kullanımlarının yanı sıra doğalgaz, kojenerasyon sistemlerinin vazgeçilmez yakıtıdır. Çift yakıtlı dizel jeneratörler ve kojenerasyon sonrası kurulan absorpsiyonlu soğutma sistemleri de doğalgazın kullanım alanlarının başlıcalarındandır.

5.1.2.2 Doğalgazın Kimyasal İçeriği

Doğalgaz, içerisinde büyük oranda metanın yanı sıra etan, propan, bütan, karbondioksit, azot içeren renksiz, kokusuz, yüksek kalorili bir gaz yakıttır. Havadan hafiftir. Doğalgazda kükürt yoktur. Yanma sonunda kül, is, kurum, katran gibi artıklar bulunmaz. Hem hava kirliliği yaratmaz, hem de cihazlarda sık sık temizleme gerektirmez. Bu açıdan mikrotürbinlerde kullanımı uygundur. Diğer yakıtlarda oluşan atık maddeleri boşaltma maliyeti yoktur. Cihazların yanma yüzeylerinde artık madde oluşmadığı için cihazın ömrü artar, verimi çok yüksek çalışır. Doğalgazın kalorifik değeri çok yüksek, kalori başına düşen maliyeti ise düşüktür. Yanması için gerekli hava miktarı azdır, yanma verimi yüksektir. Bu nedenle diğer yakıtlara göre daha ucuzdur. Bütün bunlara ek olarak doğalgazın taşınması ve nakledilmesi de kolaydır.

Almanya'da Kullanılan Doğalgazın Kimyasal Değerleri

1. CO ₂	% Mol	1,53
2. N ₂	% Mol	5,57
3. O ₂	% Mol	0,00
4. H ₂	% Mol	-----
5. CO	% Mol	-----
6. CH ₄	% Mol	85,01
7. C ₂ H ₆	% Mol	5,98
8. C ₂ H ₄	% Mol	-----
9. C ₃ H ₈	% Mol	1,40
10. C ₄ H ₁₀	% Mol	0,39
11. C ₅ H ₁₂	% Mol	0,08
12. C ₆ H ₁₄	% Mol	0,02
13. C ₇ H ₁₆	% Mol	0,01
14. C ₈ H ₁₈	% Mol	<0,01
15. C ₆ H ₆	% Mol	0,01

Yanma Değeri: 11,145 kWh/m³

Isıl Değeri: H=10,077 kWh/m³

Yoğunluk: 0,644 (Hava 1 kabul edildiği takdirde)

Metan sayısı: 78,42

5.1.3 Doğalgazın Yakılması

Bileşenleri belirtilmiş olan doğalgazın yanma prosesinde, bileşen yüzdelerine dikkat edildiğinde metanın aşırı yoğunluğu göze çarpmaktadır. Bundan dolayı yanma prosesi metanın yanma prosesi olarak ele alınabilir. Bu durumda yanma sonucu karbondioksit ve su

buharı elde edildiği kabul edilebilir.



Yanma prosesi incelendiğinde görülen odur ki bir mol metan ancak iki mol oksijenle yakılabilmektedir. Bu yüzden yanma işleminin gerçekleştiği ortamlarda gerekli havanın bulunması gerekmektedir. Yanma işleminden sonra elde edilecek çıkış sıcaklığı 100 °C'ın çok üzerinde olacağından karbondioksit ve su buharı, birlikte hava olarak kabul edilir. Bu kabuller dâhilinde elde edilen sıcak gaz (hava) değerleri hava çizelgelerinden okunmalıdır.

5.2 Biyogaz

5.2.1 Biyogazın Tanımı, Tarihi ve Dünyadaki Uygulama Alanları

5.2.1.1 Biyogazın Tanımı

Biyogaz, atık organik maddelerin oksijensiz bir ortamda fermantasyon sonucunda elde edilebilen yanıcı bir gazdır. Biyogaz, aynı doğalgaz gibi renksiz ve kokusuzdur. Havadan hafiftir ve yoğunluğu havaya oranla 0,83'tür.

5.2.1.2 Biyogazın Tarihi ve Dünyadaki Uygulama Alanları

Biyogazın ilk orak Asurlular, daha sonra ise İranlılar tarafından banyo ısıtmasında kullanıldığı bilinmektedir. 17. yüzyılda Jan Baptita Van Helmont, organik maddelerin bozunumu ile gaz oluştuğunu, 18. yüzyılda ise Alessandra Volta ise organik maddelerin bozunma hızı ile yanıcı gazın artış miktarı arasında bir paralellik olduğunu ortaya koymuş, oksijensiz ortamda metan üretimini tanımlamıştır. Üretime, ilk kez 1859'da İngiltere'de başlanmıştır. İkinci Dünya Savaşı sırasında ise Almanya ve Fransa'da kullanılmaya başlanmıştır. 1923'te Kalifornia Eyaleti Amerika'daki üretimin öncüsü olmuştur. Üçüncü Dünya Ülkeleri'nde ilk üretim 1939 yılında Hindistan tarafından yapılmıştır. Hindistan'da üretim halen, 80.000'in üzerinde tesiste devam etmektedir. Dünya istatistiklerinde en çok biyogaz üreticisine sahip ülke ise Çin'dir. Ayrıca Kore, Pakistan, Tayland, Brezilya, Kenya, Mısır, Nijerya, Jamaika ve Endonezya bu teknolojiyi kullanmaktadır. [5]

Biyogaz, Türkiye'de ise 1957 yılında Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü'nde başlayan çalışmalar, 1982 yılında büyük bir proje ile ilerletilmiştir. 2005 yılından itibaren ise biyogaz üretimi kalkınma planlarını içine alınmıştır. Türkiye'nin biyogaz potansiyeli ise 2,5 – 4,0 milyar m³ olarak tahmin edilmektedir. Bu değer yaklaşık 25 milyon kWh'e denk gelmektedir.

5.2.2 Biyogazın Kimyasal İçeriği, Kullanılan Organiklere Göre Üretilen Biyogaz Miktarları, Biyogaz Verimi ve Metan İçeriği

5.2.2.1 Biyogazın Kimyasal İçeriği

Biyogazın kimyasal içeriği ağırlıklı olarak, hacimce % 40 ila 70 arası metan, %30 ila 60 arası karbondioksittir. Biyogaz daha ayrıntılı incelendiğinde ise kimyasal bileşimin çizelge 5.1.'de görüldüğü gibi olmaktadır.

Çizelge 5.1 Biyogazın Kimyasal Bileşimi

Bileşenler	% Hacim
Metan (CH ₄)	40 – 80
Karbondioksit (CO ₂)	20 – 50
Hidrojen sülfür (H ₂ S)	0,0005 – 0,0002
Amonyak (NH ₃)	0,0005 – 0,0001
Azot (N ₂)	0 – 3
Hidrojen (H ₂)	0 – 5

Biyogaz üretimi için hayvansal atıklar, zirai atıklar, bitkisel atıklar, deri, tekstil, kağıt ve gıda endüstrisi atıkları, gübre, mutfak atığı ve evsel atıklar, malt atığı, bahçe atığı, posa, mezbaha atığı, atık su arıtma tesislerinin atıkları, deniz yosunları olan algler ve diyatomitler, kara yosunları olan likenler ve bütün organik atıklardır. Bu organiklerin hepsine biyogaz üretiminden dolayı biyomas (biyokütle) denilmektedir. Bu organiklerin % 40 ila 60'ı biyogaza dönüşebilmektedir. Atık olarak alınan artık ise kokusuz gübre olarak kullanılabilir katı ya da sıvı bir atıktır.

5.2.2.2 Kullanılan Organiklere Göre Üretilen Biyogaz Miktarları

Biyogazın ısı değeri 17 ila 25 MJ/m³ tür. Organik maddelerden elde edilen gazın enerjisine ise biyokütle enerjisi denmektedir. Biyokütle enerjisi her organik madde için farklıdır. Bu açıdan bakıldığında organiklerin verebilecekleri biyogaz oranları da değişmektedir.

Çizelge 5.2 Organik Maddelerden Oluşan Biyogaz Miktarları

Organik Maddeler	Spesifik Gaz Üretimi (lt/kg)	Gaz Oranı
Karbon hidratlar	790	%50 CH ₄ , %50 CO ₂
Yağlar	1250	%68 CH ₄ , %32 CO ₂
Proteinler	700	%71 CH ₄ , %29 CO ₂

5.2.2.3 Kullanılan Hammaddeye Göre Biyogazın Verimi ve Metan İçeriği

Biyogazın verimini en çok etkileyen parametre içerisindeki metan gazıdır. Organiklerden üretilebilecek biyogaz oranı farklı olduğu gibi kullanılan hammaddeye göre de biyogazdan alınabilecek verim değişmektedir. Bu yüzden biyogazın üretilmesi istenilen değerler belirlendikten sonra, bu değerler uyarınca hangi organik maddenin kullanılacağı seçilmeli, böylece üretilecek gazın istenilene uygun olması sağlanmalıdır. [6]

Çizelge 5.3 Kullanılan Organiklere Göre Biyogazın Verimi ve Metan İçeriği

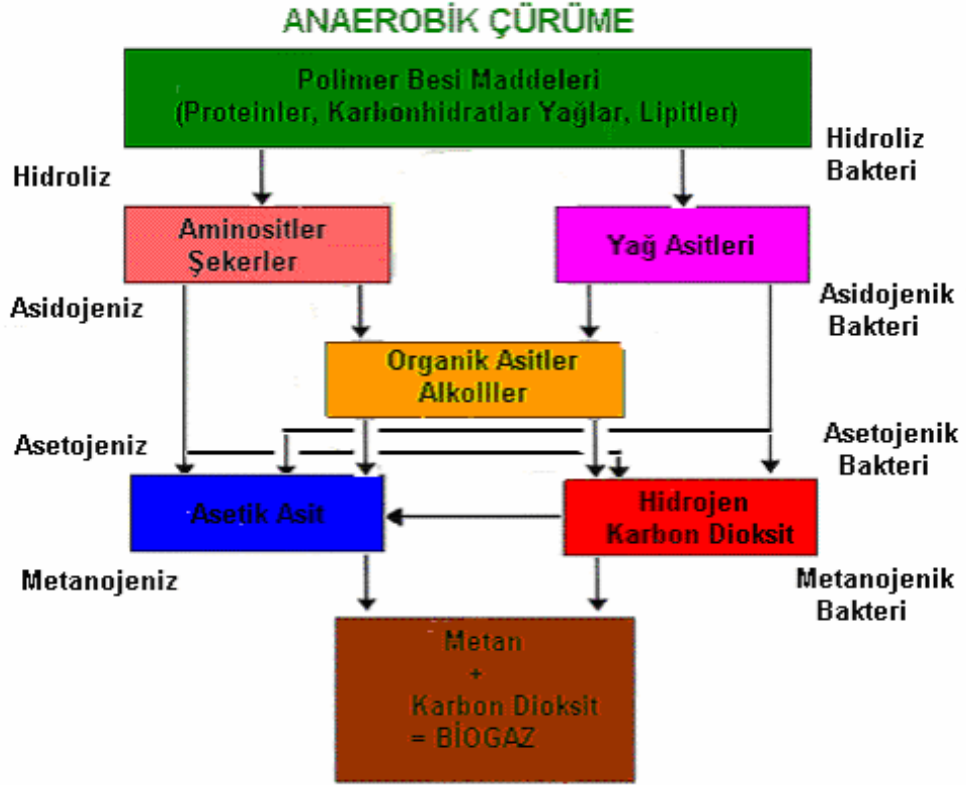
Organikler	Biyogaz Verimleri (l/kg)	Gazın İçerdiği Metan Oranı (Hacim %'si)
Sığır Gübresi	90 – 310	65
Kanatlı Gübresi	310 – 620	60
Domuz Gübresi	340 – 550	65 – 70
Buğday Samanı	200 – 300	50 – 60
Çavdar Samanı	200 – 300	59
Arpa Samanı	290 – 310	59
Mısır Sapları ve Artıkları	380 – 460	59
Keten	360	59
Kenevir	360	59
Çimen	280 – 550	70
Sebze Atıkları	330 – 360	Değişken
Ziraat Atıkları	310 – 430	60 – 70
Yerfıstığı Kabuğu	365	-
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210 – 290	58
Alg	420 – 500	63
Atık Su Çamuru	310 – 800	65 – 80

5.2.3 Biyogazın Üretimi

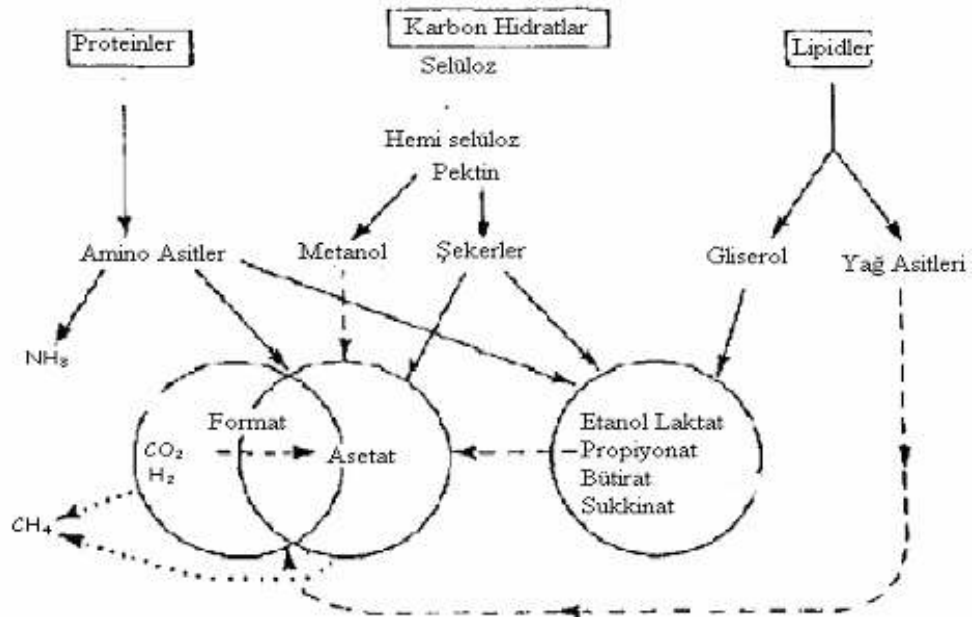
5.2.3.1 Biyogazın Üretim Süreci

Biyogazın üretilmesi için oluşacak fermantasyon üç aşamada gerçekleşir ve metan oluşumunu sağlar. Bu süreçler sırası ile

1. Hidroliz
2. Asetik asidin oluşumu
3. Metanın oluşumu



Şekil 5.1 Anaerobik Çürüme Kademeleri (ÖZTÜRK, M., 2005)



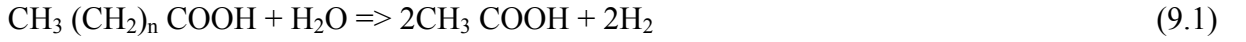
Şekil 5.2 Organik Maddelerin Dönüşümü (ÖZTÜRK, M., 2005)

Hidroliz

İlk aşamada fermantatif ve hidrolitik bakteriler selular enzimler salgılayarak çözünür olmayan organik maddeleri çözünür hale getirirler. Böylece uzun zincirli karbonhidratlar ($C_6H_{10}O_5$)_n, proteinler ($6C_2$ $2NH_3$ $3H_2O$) ve yağlar ($C_{50}H_{90}O_6$) parçalanarak kısa zincirli yapıya dönüşürler. Böylece karbondioksit (CO_2) ve uçucu organik maddeler oluşur. Bu organik maddelerin çoğunluğu uçucu yağ asitleridir [$CH_3 (CH_2)_n COOH$].

Asetik Asidin Oluşumu

İkinci aşamada uçucu yağ asitleri asetogenik bakteriler ve su ile ayrı ayrı reaksiyona girer, asetik aside ($2CH_3 COOH$) ve hidrojene ($2H_2$) dönüşürler. Asetogenik bakteriler anaerobiktirler. Asidik şartlarda büyüyebilirler ve büyüme ve çoğalma için oksijene ve karbona ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaçlarını çözültideki bağlı haldeki oksijeni kullanarak giderirler. Böylece metan oluşumu için de gerekli olan ortamı sağlamış olurlar.

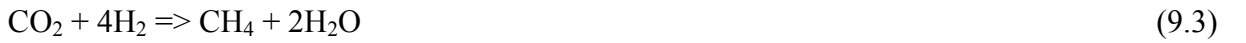


Açığa çıkan karbondioksit ve hidrojen ise başka bir asetogenik bakteri grubu ile reaksiyona girip asetik asit ve suya dönüşürler. Karbondioksitin girdiği reaksiyondan, uçucu yağ asitlerinin girdiği reaksiyona göre daha az asetik asit çıkmaktadır.



Metanın Oluşumu

Üçüncü ve son aşamada ise metanogenik bakterilerin bir kısmı karbondioksit ve hidrojeni kullanarak metan ve su oluştururlar.



Diğer metanogenik bakteriler ise ikinci aşamada açığa çıkmış asetik asit ile reaksiyona girip metan ve karbondioksit ortaya çıkarırlar.



Böylece fermantasyon bitmiş olur ve biyogaz elde edilir. (ALİBAŞ, K, 2004)



Şekil 5.3 Metanogenik Bakteri

5.2.3.2 Üretilen Biyogaz İçerisindeki Kirleticilerin Artırılması

Biyogaz üretiminin sonunda üretilen gazın içerisinde istenmeyen, sisteme zarar verebilecek ve gazın kalitesini düşürecek maddeler bulunmaktadır. Bu istenmeyen maddelerden dolayı ekipmanların göreceği zararının yanında, kullanımda biyogazın istenildiği değerlere ulaşamamasına sebep olurlar. Bu yüzden biyogaz üretiminden sonra içerisindeki kirleticilerden artırılmalıdır. Bu kirleticiler ağırlıklı olarak nem ve hidrojen sülfürdür.

Fermantasyon sırasında biyogazda su buharı oluşur ve bu su buharı biyogazın içerisinde nem olarak çalıştırılacak makinalara ulaşır. Nem, hidrojen sülfür gazı veya amonyak ile birlikte malzemeler üzerinde korozif etki yapar. Bu nedenle nem biyogaz kullanılmadan önce gazdan alınmalıdır. (ÖZTÜRK, M., 2005)

Hidrojen sülfür ise toksik ve korozif olduğu ve yandığı zaman kükürtdioksit oluşturduğu için artırılması gerekir. Kükürtdioksit, yanma sonrası baca gazından çıkıp, asit yağmuruna neden olur.

Ayrıca üretilen biyogazın içeriğinde karbondioksit de kalmaktadır. Gaz kalitesinin artırılması için karbondioksitin artırılması gereklidir.

Karbondioksit gazının yanı sıra biyogaz tarımsal yollarla üretilmek yerine çöp bekletilmesi sonucu üretilmiş ve depogazı olarak elde edilmiş ise, içerisinde yüksek oranda silokzan bulunacaktır. Silokzanın çöpten üretilen biyogazda bulunmasının temel sebebi, bekletilen çöpün içerisinde temizlik ve kozmetik ürünlerinin bulunmasıdır. Silokzan, basit bir silisyum bileşimidir ve temizlik ya da kozmetik ürünlerinde bulunmaktadır. Çöp bileşimindeki silokzan üretim sırasında biyogaza geçmektedir. Biyogaz içerisindeki silokzan yandıktan sonra silisyumdioksite, yani kuma, dönüşür. Oluşan bu kum biyogazın kullanılacağı ekipmanlara zarar verir ve gaz veriminin yanında makina parçalarının ve sistemin

bozulmasına sebep olur. Bu bozulmaların ve tahribatın engellenmesi için silokzanın filtrelmesi gerekmektedir. Silokzanın filtreleme işleminde en çok kullanılan filtre tipi aktif karbon filtreleridir.

5.2.3.3 Biyogaz Üretiminde Kullanılan Sistemler

Biyogaz üretiminde kullanılan sistemler genel olarak üçe ayrılır.

1. Kesikli Fermantasyon
2. Beslemeli - Kesikli Fermantasyon
3. Sürekli Fermantasyon

Kesikli Fermantasyon

Kesikli fermantasyonda reaktörü hammadde ile doldurulur, hidrolik bekleme süresi kadar bekletilir ve biyogazın üretimi sağlanmış olur. Üretimin sonunda reaktör tamamen boşaltılır ve yeniden doldurulur.

Beslemeli – Kademeli Fermantasyon

Başlangıçta belli bir orandan organik madde ile doldurulan reaktörün geri kalan kısmı fermantasyon süresine bölünerek günlük miktarlar ile doldurularak fermantasyon tamamlanır. Belirli fermantasyon süresi sonunda reaktör tamamen boşaltılır ve belli bir oranda doldurularak süreç yeniden başlatılır.

Sürekli Fermantasyon

Sürekli fermantasyonda reaktörden gaz çıkışı başladığı anda besleme günlük olarak yapılır.. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış atık madde sistemden dışarıya alınır. Organik madde reaktöre her gün, belirli miktarlarda verilir, hidrolik bekleme süresi kadar bekletilir ve aynı oranlarda fermente olmuş madde günlük olarak reaktörden alınır. Böylece günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanır. (ALİBAŞ, K, 2004)

5.2.3.4 Biyogaz Üretim Tesisinde Kullanılan Ana Ekipmanlar

Bir biyogaz üretim tesisinde reaktör, gaz deposu, organik madde deposu, hammadde depolama tankı, gaz boruları-valfleri ve bağlantı ekipmanları, ısıtma sistemleri, pompalar, karıştırıcılar, ısı transfer elemanları, ayırma ve filtrasyon elemanları bulunur.

Reaktör

Reaktör, içerisine hava almayacak şekilde tasarlanmış bir tanktır. Bu tankın içerisinde bir karıştırıcı ve bir ısıtıcı mevcuttur. Biyogazın üretilmesi için reaktörün iç sıcaklığının belli

bir değerde olması gerekir. Reaktörün iç sıcaklığı düştükçe gaz üretimi de düşer. Reaktörün organik madde beslemesi içeriye hava almayacak şekilde tasarlanmış bir giriş ağzından sağlanır.

Biyogaz üretiminde kullanılan reaktörler iki grupta toplanır,

1. Küçük Hacimli Reaktörler
2. Büyük Hacimli Reaktörler

Küçük hacimli reaktörler, yığın tipi, sabit çanlı Çin tipi, yüzer kapalı Hindistan tipi ve torbalı tip olarak dörde ayrılırlar. Küçük hacimli reaktörler, kullanılacak organik maddenin kolay taşınabileceği, seyreltme suyuna yakın, içme suyu kaynağından 15-20 metre uzaktaki bölgelerde tercih edilmelidir.

Büyük hacimli reaktörler ise tam karışimli reaktörler, piston akımlı reaktörler ve lagun tipi reaktörlerdir.

Gaz Deposu

Kullanılacak biyogaz üretim tesisi büyük bir kapasiteye sahipse, üretilen biyogaz bir yerde toplanmalı ve bu depolanan gazın basıncı sabit tutulmalıdır. Bunun için gaz deposu kullanılır. Reaktör üzerinden alınan biyogaz bir boru ile bu depoya taşınarak kullanım alanına buradan gönderilir. Kullanım fazlası gaz depoda saklanmaya devam edilir.

Organik Madde Deposu

Biyogaz üretiminde reaktöre alınacak organik maddenin kuru maddesinin %8'i geçmemesi gerekir. Bu madde fermantasyon süresi sonunda reaktörden aynı şekilde çıkar. Akışkan durumuna gelmiş olan organiklerin depolanması için de organik madde deposu kullanılır.

Karıştırıcılar

Karıştırıcılar biyogaz üretiminde, metanogenik bakterilerin ürettiği metabolitlerin dağıtılmasını, taze hammaddenin bakteri popülasyonuna homojen olarak karışmasını, homojen sıcaklık dağılımının sağlanmasını, çökelmenin ve heterojenitenin oluşmamasını, bakteri popülasyonunun reaktör içinde iyice dağılmasını, reaktör içerisinde ölü bölgelerin oluşmamasını sağlarlar. Bunlardan dolayı karıştırıcının istenen niteliklerde olması gerekir.

Biyogaz üretim tesislerinde, daldırılmalı motorlara bağlı mekanik marine tip karıştırıcılar, hidrolik karıştırma sağlayan pompalama sistemleri veya gaz enjeksiyonuyla oluşan pnömatik karıştırma sistemleri kullanılır. [7]

5.2.3.5 Biyogaz Üretimini Etkileyen Temel Faktörler

Reaktör Sıcaklığı

Biyogazın üretimi sırasında kullanılacak metanogenik bakteriler ancak belli sıcaklık değerleri arasında aktif halde bulunabilirler. Kullanılacak metanogenik bakteriye göre reaktör sıcaklığı değişecektir. Metanogenik bakteriler fermantasyon sıcaklığına göre üç grupta incelenirler.

1. Psikofilik bakteriler; > 12 – 20 °C aralığında
2. Mezofilik bakteriler; > 20 – 40 °C aralığında
3. Termofilik bakteriler ise 40 – 65 °C aralığında optimum verim ile çalışabilirler.

Üretim sırasında metan üretimi sıcaklık artışı ile artar ve sıcaklık artışı oranında kullanılacak reaktörün hacmi azalır. Ortalama olarak, reaktör sıcaklığı 22 °C'nin üzerinde tutulduğunda üretim performansı artar. Ancak bu sıcaklık değeri 22 °C'nin altına düştüğünde üretim düşer ve işletme ekonomik olmaktan çıkar. Eğer reaktör sıcaklığı 10 °C'nin altına düşerse biyogaz üretimi tamamen durur. Sıcaklığın ani olarak değişmesi durumunda bakterileri hareketleri değişir, kimyasal reaksiyon azalır.

Hidrolik Bekleme Süresi

Hidrolik bekleme süresi biyogazın fermantasyon sonucu üretimi için gerekli olan zaman olarak adlandırılabilir. Bu değer reaktör hacminin günlük kullanılacak hammadde debisine oranıdır. Tesislerde hidrolik besleme süresi işletme sıcaklığına göre bağlı olarak 20 ila 120 gün arasında değişir. Soğuk bölgelerde bu değer, 100 günü civarı, tropikal bölgelerde ise 40 ila 50 gün arasındadır.

Eğer hidrolik bekleme süresi yetersiz kalırsa uçucu yağ asidi konsantrasyonu artar, bakteriler kaçar ve fermantasyon tam olarak gerçekleşmez. Bu sorun ile tarımsal atıklardan biyogaz üretilen tesislerde pek karşılaşılmaz.

Reaktöre Organik Madde Yükleme Hızı

Organik madde yükleme hızı reaktöre günlük olarak atılacak organik maddenin miktarıdır. Anaerobik bakteriler bu hıza karşı oldukça duyarlıdır. Organik yükleme hızı yüksek olduğunda reaktörde asit birikmesi olur ve sistemin pH'ı düşer. Düşük pH değeri metanogenik bakterilerin faaliyetlerini etkileyerek gaz üretim hızını düşürür. Ancak düşük yükleme hızı da aynı şekilde gaz üretim hızını düşürür.

Sistemin pH Değeri

Sistemde kullanılacak metanogenik bakteriler ancak nötr ya da alkali ortamlarda

yaşayabilirler. Normal bir fermantasyon sırasında sistemin pH'ı 7 ila 7,5 civarındadır. Eğer bu değer 6,7'nin altına düşerse bakteriler üzerinde toksit etki yapar. Anaerobik bakteriler için en ideal pH değer aralığı 6,8 ila 7,8'dir. pH 6,5'in altına düştüğü zaman gaz üretimin hızı tamamen düşer, asit oluşturucu bakteri konsantrasyonu artar ve değerlerin artması sonucunda metan üretimi durur. Bu durum aşırı yüklemeye ve sıcaklık ani düşüş gösterdiğinde yaşanır.

Sistemin Karbon – Azot Oranı

Organik maddelerdeki karbon bakterilerin enerji gereksinimini sağlarken, azot ve fosforda bakteriler için önemli bir besin kaynağıdır. Azot sayesinde bakteriler büyür ve çoğalırlar. Azot sayesinde öncelikle amino asitlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin sentezini sağlar ve amonyağa dönüşerek uçucu yap asitlerini tamponlar, böylece pH'ın düşmesini önler. Metanı oluşturacak bakterilerin büyümesi için uygun pH değeri sağlanmış olur. Metabolik işlemler için gerekli olan karbon/azot (C/N) oranı bakteriler için de uygun olmalıdır. Bu oranın 23/1'den büyük olması fermantasyonun bozulmasına, 10/1'den küçük olması da bakteriler için gerekli pH değerinin oluşturulamamasına sebep olur. C/N'in hesaplanmasında değerler kuru değer olarak alınmalıdır. Çünkü enerji üretiminde gübre içindeki su katkısı sıfırdır. Optimum C/N değeri farklı organiklerin karıştırılması ile sağlanır.

Toksosite

Mineral iyonlarının az olması bakterilerin büyümelerini geliştirir ancak fazlası toksik etki yapar. Aynı durum ağır metal konsantrasyonu içinde geçerlidir. Ağır metallerin düşük konsantrasyonu ise bakteri gelişimini olumlu yönde etkilerken, konsantrasyonun artması mineral iyonlarındaki gibi toksik etki yapar. Deterjan, antibiyotik, dezenfektan ve organik solventler ise metan üretim kapasitesini düşürürler. (ÖZTÜRK, M., 2005)

Çizelge 5.4 Çeşitli İyonların Biyogaz Oluşumunu Engelleme Seviyeleri

Engelleyici	Engelleme Seviyesi (mg/l)
Sülfat (SO_4^{-2})	5.000
Sodyum klorür ve genel tuzlar (NaCl)	40.000
Bakır (Cu^{+2})	100
Krom (Cr^{+3})	200
Nikel (Ni^{+2})	200-500
Sodyum (Na^{+1})	3.500-5.500
Potasyum (K^{+1})	2.500-4.500
Kalsiyum (Ca^{+2})	2.500-4.500
Magnezyum (Mg^{+2})	1.000-1.500
Mangan (Mn^{+2})	1.500 üzeri

Çizelge 5.5 Amonyak Konsantrasyonunun Metan Üretimine Etkisi

Konsantrasyon (mg NH ₃ /lt)	Etki
5 – 200	Faydalı
200 – 1000	Ters etki yok
1500 – 3000	Yüksek pH değerlerinde muhtemel engelleyici
> 3000	Toksik

5.2.4 Biyogazın Doğalgaz ile Karşılaştırılması

Biyogaz, yeni bir yakıt olmasının yanında, doğalgaza hem alternatif, hem de katkı olarak değerlendirilmektedir. Biyogazın yoğunluğu doğalgaza göre fazla ancak ısıl değeri daha düşüktür. Bundan dolayı biyogaz kullanımı sistem verimlerini olumsuz etkiler. Ancak biyogazın doğalgazdan en önemli üstünlüğü, yenilenebilir olması, rezerv sıkıntısı çekmemesi ve tükenebilir yakıtlardan olmamasıdır.

Çizelge 5.6 Biyogazın Doğalgaz ile Karşılaştırılması

Özellikler	Birimler	Doğalgaz	Biyogaz
Bileşimin Hacimsel Yüzdesi	%	95 – 98	55 – 65
Mol Ağırlığı	kg/molkg	16,04	26,18
Yoğunluk	kg/m ³	0,82	1,21
Isıl Değer	MJ/m ³	36,14	21,48
Maksimum Tutuşma Hızı	m/s	0,39	0,25

5.2.5 Biyogazın Kullanım Alanları ve Biyogazın Avantajları

Biyogaz üretimi, atıkların değerlendirilmesi açısından hammadde sıkıntısı çekmeyen bir yakıt üretim şeklidir. Üretimden sonra ortaya çıkan atıkların, yüksek kalitede gübre olarak kullanılabilmesi de atıktan kaynaklı kayıpları azaltır. Bunların yanında üretilen biyogaz ısıtmada, aydınlatmada, türbin yakıtı olarak kullanılarak elektrik üretiminde, motor yakıtı olarak kullanımda, doğalgaza katılarak yakıt verimi arttırmada ve kimyasal üretiminde kullanılır.

5.2.6 Biyogazın Mikrogaztürbini Sisteminde Kullanılması

5.2.6.1 Biyogazın Mikrogaztürbininde Kullanılabilmesi İçin Yapılması Gerekenler

Biyogaz, yeni bir yakıt teknolojisi olarak yeni bir enerji üretim teknolojisi olan mikrogaztürbininde de kullanılmaya çalışılmakta, sisteme entegrasyon çalışmaları hala devam etmektedir. Üretilmiş biyogazın içerisindeki bazı kirleticilerin varlığı, gazın çevre basıncında üretilmesi, mikrogaztürbin yakıtının çalışma sırasında sürekliliğinin sağlanması gibi sorunlar bu iki yeni teknolojinin bir araya gelmesini güçleştirmektedir.

Üretilmiş biyogazın, mikrogaztürbininde direkt kullanılması mümkün değildir. Çünkü kullanım öncesinde mikrogaztürbin yakıtının bazı standartları sağlanması gerekmektedir. Bu standartların en başında kullanılacak yakıt olan biyogazın mikrogaztürbini çalışma basıncına getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca üretimden çıkmış biyogazın içerisindeki kirleticiler ve nem türbin çalışmasını olumsuz yönde etkileyeceğinden, biyogazın hem temizlenmesi hem de neminin alınması gerekmektedir.

Biyogaz, mikrogaztürbininde kullanılmadan önce ilk olarak gazın yabancı maddelerden arıtılması gerekir. Mikrogaztürbinleri yağsız çalışan makinalardır ve hidrojen sülfür ile tepkimeye girmezler. Üretilen biyogazın içindeki hidrojen sülfür oranı 70.000 ppm sınırına kadar çıkabilir. Gazın bu kirleticilerden arıtılması, 70.000 ppm değerine kadar yeterlidir ve daha fazla arıtım gerekmez. Ancak üretimden sonra biyogaz içinde bulunabilecek olan silokzana karşı mikrogaztürbini hassaslık gösterir. yandıktan sonra silisyum dioksit dönüşen silokzan yanma odası ile türbin kanatlarında tahribata yola açar. Bu tahribat yüksek sıcaklıktaki gazın yanma odasında ve türbin kanatlarında korozyon olarak ortaya çıkar. Bu tahribatın engellenmesi için silokzanın filtrelenmesi gerekmektedir.

Biyogazın mikrogaztürbininde kullanılmasındaki ikinci sorun mikrogaztürbininde kullanılacak gazın kuru olması mecburiyettir. Ancak üretim sonrasında, biyogaz sistemden dışarı % 100 su ile doyurulmuş halde alınmaktadır. Türbine gönderilecek biyogazın olabildiğince kurutulması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı biyogaz, değişik yöntemler ile kurutulur. Bu yöntemler, gazı soğutma, aşırı basınçlandırma ya da absorpsiyonlu kurutmadır. Gazın soğutulmasından elde edilecek etki, soğuk gazın az su depolayabilmesidir. Gaz soğutulduktan sonra atmosfer ortamına bırakıldığında, kendiliğinden bir damıtma işlemi gerçekleşir ve gaz sudan ayrılmış olur. Aynı etki gazın sıkıştırılmasında yani aşırı basınçlandırılmasında da görülür. Biyogaz öncelikle izotermik olarak sıkıştırılır ve bu

sıkıştırma sonrasında ısınır. Daha sonra izobarik olarak soğutulur. Böylece gaz içerisindeki su buharı kendiliğinden damıtılır. Absorbsiyon kurutmasında kullanılan yöntem ise suyun biyogazdan filtre aracılığı ile alınmasıdır. Burada dikkat edilmesi gereken asıl konu filtrenin sıklıkla değiştirilmesi ve kurutulmasıdır. Biyogaz içerisindeki su, su buharı olarak alınabileceğinden, nemli filtre ile istenildiği kadar su çekilmesi mümkün olmaz. Türbin üreticilerinin kuru gaz istemesindeki temel sebep, gazın yanma odasına gönderilmeden önceki halinin yapılacak sıkıştırma ayarlarını engellemesidir. Gazın kurutma işlemi, kompresörden önce gerçekleştirilebilir. Ancak kompresörden sonra kurulacak bir kurutma ünitesi maliyeti düşürür ve kompresör ile mikrogaztürbini arasındaki iletişimi zorlaştırır, türbin çalıştırılması sırasında basınç düşümleri yaşanabilir.

Üçüncü ve en önemli sorun ise hazırlanmış biyogazın türbine verilmeden önce basınçlandırılmasıdır. Mikrogaztürbininin yanma odasında gerekli olan basınç türbin tipine göre 2,5 bar ila 4 bar arasında değişir. Ancak biyogazın üretimi sırasında alabileceği basınç sadece çevre basıncıdır. Basınçlandırılmamış gaz sıkıştırılmadan yanma odasına gönderilemez. Biyogazın mikrogaztürbinine gönderilmeden önceki basınçlandırma yöntemlerinde bugüne kadar değişik sıkıştırma tipleri kullanılmıştır. Bu sıkıştırma tipleri oransal sıkıştırma ya da dönel tip (helezonik) sıkıştırma türleridir. Özellikle bu tiplerinin kullanılmasının sebebi, bu tip sıkıştırmaların yağsız yapılabilmesi ve mikrogaztürbinin de yağsız çalışma gereksinimidir. Ayrıca kesin sonuçların daha elde edilemediği pistonlu sıkıştırma tipleri de denemektedir. Gaz üretimi sırasında direk ortaya çıkan enerjinin yaklaşık % 15'i gazın sıkıştırılmasına harcanır. Yani biyogazın veriminden elde edilecek % 15'lik bir kısım ile biyogaz mikrogaztürbininde kullanıma hazır hale gelir.

Depogazı kullanımında meydana gelen farklı bir sorunsal, üretilen biyogazın metan oranının düşük olmasıdır. Çünkü çöpten elde edilecek biyogazın üretim sürecinde, çöp bir depoda bekletilerek biyogaz oluşumu sağlanmakta ve dışarıdan herhangi bir hammadde girişi yapılmamaktadır. Bundan dolayı üretilen biyogazın kalitesi zamanla düşer. Buna karşılık olarak depogazından üretilecek biyogazın üretim şeklinde, çok depolu sistemler kullanılarak üretilen gazlar karıştırılır ve gazın metan oranı dengelenir. Mikrogaztürbininde kullanılmak üzere üretilecek biyogazın metan oranı en düşük % 35 seviyelerinde olabilir. (MÜLLER, J., 2004)

5.2.6.2 Mikrogaztürbininde Biyogaz Kullanım Kriterleri

Biyogaz bir sistemde uygulanacak ise öncelikli olarak, sistemde kullanılacak gaz miktarı belirlenmeli ve yeterli biyogaz temin edilmelidir. Bunun yanında kullanılacak yakıtın özellikleri mikrogaztürbin üreticisi tarafında verileceğinden, üretilen gazın bu özelliklerde olmasına dikkat edilmelidir. Bu değerler sıra ile düşünülürse,

1. Sistemde kullanılacak minimum gaz miktarı,
 2. Kullanılacak gazın kalitesi,
 3. Gazın mikrogaztürbinine bağlantı şekli, kullanılacak boru et kalınlıkları ve boru çapı
 4. Gazın minimum basıncı,
 5. Gazın yanma değeri,
 6. Gazın erimesi için gerekli değer,
- olarak sıralanabilir.

5.2.7 Almanya'da Biyogaz Teknolojisi ve Biyogazın Mikrogaztürbininde Uygulama Örneği

5.2.7.1 Almanya'da Biyogaz Teknolojisi

Almanya, yenilenebilir yakıt teknolojiye önem vermekte ve bu yöndeki araştırmaları desteklemektedir. Tesislerin artırılması ve çalışma durumundaki tesislerin sorunlarının çözülmesi için çalışmalar sürmektedir. Almanya'da biyogaz tesislerinin kurulumu İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra başlamıştır. Bu başlangıcın temel sebebi diğer yakıtların bulunamaması iken, 50'li yıllarda bu sıkıntı ortadan kalkınca tesisler gereksiz hale geldi. 80'lerden sonra ise hem yeni çıkarılan yasalar hem de enerji ihtiyacının artması biyogaz üretimine hız verdi. Bu yasalardan ilki 1992 yılında çıkarılan Elektrik Girdi Yasası (Stromeinspeisegesetz) olmuştur. Bu yasa 2000 yılında değiştirilip genişletilerek Yenilenebilir Enerji Yasası (Erneuerbare Energien Gesetz) haline getirilmiş ve üreticiyi desteklemiştir. Bu yasalardan sonra kurulan tesislerden en çok göze çarpanı ise 1996 yılında kurulan Dippel Tesisi'dir. Tesis Hessen Eyaleti'nde kurulmuştur ve iki adet 100 m³'lük fermantasyon deposu ile biyogaz ile üretim yapmaktadır.

Günümüzde Almanya'da üretilen biyogazın kalitesi doğalgazın kalitesine getirilmeye çalışılmaktadır. Biyogazın yenilenebilir bir yakıt olmasının yanında ayrıca depolanabilir bir gaz olması, doğayı kirletmemesi de üretimine verilen önemi arttırmaktadır. Biyogaz doğayı kirletmemesinin yanında, yanmasından sonra, oluşumunda kullanılan CO₂ kadar CO₂ dışarı attığı için termik ısınmaya da yol açmaz. Üretiminin daha da ucuzlaması hammaddesinin olabildiğince fazla olmasına bağlıdır. Ayrıca biyogazı üreten tesisler bu gazı şebekeye

satabilirler. Ancak tesislerin temel sorunu, sistemlerde kullanılan motorların çabuk bozulmasıdır. Geliştirmeler ve araştırmalar sonucu 2030 yılında, Almanya'da 100 milyar kWh kullanımlık biyogaz üretilmesi beklenmektedir. Bu değer bugün kullanılan doğalgaz miktarının % 10'unu oluşturacaktır. (SCHIMD, J., KRAUTKREMET, B., MÜLLER, J., 2005)

5.2.7.2 Biyogazın Mikrogaztürbininde Uygulama Örneği; Kassel Üniversitesi – ISET Araştırması

ISET ve Almanya'nın Kassel Üniversitesi'nin araştırmaları kapsamında uygulanan bu projenin hazırlanma amacı üretilmiş bir biyogaz ile mikrogaztürbininin çalışmasının sürekli olabileceğinin gösterilmesidir. Proje Eichhof'daki bir çiftlikte, Nisan 2005'te çalıştırılmaya başlanmış ve projenin çalıştırma süresinin 2 sene sürmesi planlanmış.

Projede ilk düşünülen konular sistemde kullanılacak gazın yeterliliği, üretilmiş gazın mikrogaztürbinine taşınması ve gazın istenilen değerlere getirilebilmesi olmuş. Sistemde Capstone C 30 mikrogaztürbini kullanılmış.

Proje için ön koşullar şu değerlerde hazırlanmış. Gaz özellikle silokzandan ve nemden arındırılmış, 8 bar basınçta sıkıştırılmış. Gazın türbine giriş sıcaklığının da belli bir değerde tutulma gereksiniminden dolayı gaz $\Delta t = 10^\circ$ aralığında hazırlanmıştır. Ayrıca firma üretilen gazın gerektiğinde 50°C 'in altına soğutulabilmesini de istemiştir. Bunların yanında kullanılacak gazın çalışma verimleri ve mikrogaztürbinine uygunlu için gaz değerleri belirlenmiş. Bu belirlemeye göre, gazın minimum metan oranı % 35, minimum karbondioksit oranı % 50, maksimum su oranı % 7, buhar/su oranı ise yoğunlaşma noktasından itibaren 10 K olarak tasarlanmış. Ayrıca üretilmiş gaz basıncı da minimum 379 kPa, maksimum 483 kPa istenmiş.

Bu projede gazın hazırlanmasındaki en önemli sorun, gazın sıkıştırılmasında çıkmış. Çünkü gaz sisteme sürekli bir biçimde verileceğinden, sıkıştırılacak gazın miktarı ve basıncı aynı kalmamış. Kompresörün hazırlanmasında öncelikle bazı sınır koşulları belirlenmiş. Bunlardan ilki üretilen gazın tamamını sıkıştırabilecek bir kompresör olması, ikincisi ise mikrogaztürbinine gönderilecek gaz miktarından dolayı minimum boyut gerekliliği olmuş. Ancak bulunan kompresörler biyogaza uygun olmadığı için hava için tasarlanmış bir kompresör, bir firma tarafından biyogaz ile çalıştırılabilir uygunluğa getirilip, kompresör yağı da biyogaz içerisinde bulunan partiküllere dayanıklı seçilmiş. Proje için vidalı tip, maksimum

10 bar basınçta çalışan, hacimsel debisi 39 m³, toplam giriş gücü ise 5,4 kW olan bir kompresör seçilmiştir.

Sistemde kullanılacak 6000 lt'lik hacme sahip tank ise Intertol Poxitar®F kaplı çelik tank seçilmiştir.

Gaz, mikrogaztürbinine hazırlanırken öncelikle gaz aşırı sıkıştırmaya yani aşırı basınçlandırmaya tabi tutulmuş, düşük nem oranına getirilmiştir. Daha sonra gaz, basıncı hala mikrogaztürbininde kullanım için gerekli değerden daha yüksek halde 6 m³'lük depolarda depolanmış ve depo çıkışındaki basınç ayarlayıcılar ile istenilen basınçta türbine gönderilmiştir. Bu yöntem ile mikrogaztürbininin sürekli çalışması için yeterli gaz hazır bulundurulmuş. Basıncı düşürülen gazın içerisindeki su kendiliğinden damıtılmış ve türbinde çalışmaya elverişli hale gelmiştir.

İlk çalışmada gazın istenilen basınçta türbine gönderilebilmesi kompresörün bu ilk atımda çalışma gereksinimini ortadan kaldırarak, şebekeden elektrik alımını önlemiştir. Böylece sistem verimi arttırılmak istenmiştir. İstenmeyen partiküller ise filtreleme yöntemi ile temizlemiştir.

Proje sonucunda, hem mikrogaztürbinlerine yeni bir yakıt alternatifi hem de biyogaz tesislerinde kullanılan motorlardan kaynaklı sorunların, mikrogaztürbinini kullanımı ile ortadan kaldırılması bekleniyormuş. (SCHIMD, J., KRAUTKREMET, B., MÜLLER, J., 2005)

6. MİKROGAZTÜRBİNLİ KOJENERASYON SİSTEMİNDE YAPILAN ARAŞTIRMALAR

6.1 Sistemde Yapılan Ölçümler, Hesaplamalar

6.1.1 Sistemde Yapılan Ölçümler

Mikrogaztürbinli kojenerasyon sisteminde sıcaklık ve debi ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık ölçümleri sıcak ve soğuk su borularının dış yüzeyinden, mikrogaztürbinin çıkışından ve ısı değiştiricisinin çıkışından alınmıştır. Değerler termokopullar ile analog olarak ölçülüp, bilgisayara aktarılmıştır. Ölçümde kullanılan termokopullar K tipi olup bilgisayar programına analog verileri vermektedirler. Ölçümler bilgisayar üzerine Agilent Technich 1.4.020611 sürümlü HP Agilent Benchlink Data Logger programı ile aktarılmaktadır. Ölçüm adımları 2 saniyelik aralıklarla yapılmış olup toplamda 1033 tane ölçüm değeri elde edilmiştir. Ancak sistemin kendi iç düzenini sağlaması açısından 69. ölçümden itibaren hesaplamalar başlatılmıştır. Bunun yanında şebekeden gelen doğalgaz debisinin ölçümü ve türbin gücü, doğalgaz saatinden ve türbin üstündeki ekrandan direkt okunarak bulunmuş ve bu değerlerin ölçümü manuel olarak, hesaplamaların başlatılacağı 69. ölçüm değerinden sonra yapılmıştır. Böylece sistemin düzenli ve sürekli çalışma aralığındaki değerleri belirlenmiştir.

Doğalgazın debi ölçümü, üç kere okunmuş olup, ilk okuma aralığı 9 dakika 36 saniye, ikinci okuma aralığı 10 dakika 24 saniye, üçüncü okuma aralığı ise 10 dakika sürmüştür. Bu ölçümün sonucu olarak ortalama doğalgaz debisi, $V = 12,74 \text{ m}^3/\text{h}$, bu sırada türbinden okunan güç de $P_{el} = 24,6 \text{ kW}$ olarak okunmuştur.

6.1.1.1 K Tipi Termokopulun Özellikleri

Sistemin ölçümlerinde kullanılan termokopul tipi K olarak belirlenmiştir. K tipi termokopulun özellikleri incelendiğinde, $982 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kararlı olduğu görülmektedir. Ayrıca meydana getirdiği elektromotor kuvveti; ortam sıcaklıklarına göre; $-260 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de; $-6,458 \text{ mV}$, $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de; 0 mV , $490 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de; 20 mV , $1372 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de; $54,886 \text{ mV}$ 'dir. K tipi termokopulun ölçüm yapabileceği en yüksek sıcaklık derecesi $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ 'tır. Ancak ölçüm değerlerinin sağlıklı sonuç vermesi istendiğinde K tipi termokopul ile yapılacak ölçümlerin $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sonlandırılması gerekir. K tipi termokopulların kılıf malzemeleri ise (-) uç için kırmızı, (+) uç için ise sarıdır.

6.1.1.2 Ölçüm Resimleri



Resim 6.1 Atık Isı Çıkış Sıcaklığı Ölçümü



Resim 6.2 Soğuk Su Giriş Sıcaklığı Ölçümü



Resim 6.3 Sıcak Su Çıkış Sıcaklığı Ölçümü

6.1.2 Ölçümler Sonucunda Yapılan Hesaplamalar

Ölçümler sonucu elde edilen değerler ile hesaplamalar yapılmış, ısı transfer miktarı, ısı transfer katsayısı, kullanım faktörü, soğuk suyun fiziksel özellikleri, sıcak suyun fiziksel özellikleri, yanmış gazın fiziksel özellikleri, akış tipini belirleyen Reynolds Sayısı, akışkanın ısı transfer katsayısını belirleyen Nusselt Sayısı, akışkanların ısı transfer katsayıları, gerekli olan ısı transfer alanı belirlenmiştir. Ölçüm değerleri Fachhochschule Gelsenkirchen'de yapılan çalışmadan alınmıştır. (Çakır, 2006)

Ölçüm yapılan ortamın sıcaklığı ölçülmüş ve

$t_u = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ bulunmuştur.

Yapılacak bütün işlemler için öncelikle kullanılan boru malzemesinin sabit değerleri araştırılıp, çelik DN 50 bir flanş için geçerli değerler çizelgelerinden okunmuştur. Buna göre;

$$\alpha_i = 350 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha_a = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\lambda_{st} = 47 \sim 58 \text{ W/mK} \Rightarrow \lambda_{st} = 50 \text{ W/mK} \text{ kabul ile,}$$

$$d_i = 0,0545 \text{ m}$$

$$d_a = 0,0603 \text{ m}$$

$s = 0,0026 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

Ayrıca, gazın türbinden ısı değiştiricisine geçtiği bölgede kullanılan DN 125 flanşın değerleri de çizelgeden;

$$D_i = 0,1397 \text{ m}$$

$$D_i = 0,1317 \text{ m}$$

$s = 0,004 \text{ m}$ olarak okunmuştur.

Öncelikle 101, 102, 103, 104 ve 105 numaralı analog çıktılar ile işlemler başlatılmıştır. 102 numaralı termokopul ısı değiştiricisinden çıkan sıcak akışkan (sıcak su) tarafına (t_{oc}), 103 numaralı termokopul ısı değiştiricisine giren soğuk akışkan (soğuk su) tarafına (t_{og}), 104 numaralı termokopul türbinden çıkan yanmış gazın tarafına (t_{sg}), 101 numaralı termokopul ise ısı değiştiricisinden çıkan atık gazın tarafına (t_{sc}) konulmuş ve ölçüme tabi tutulmuştur. 105

numaralı ölçüm ise ısı değiştiricisine girecek olan suyun debisinin ölçülmesi için yapılmıştır. Isıtılacak akışkan için yapılan ölçümler boru dış yüzeyinden yapıldığından öncelikle akışkanların iç sıcaklıkları bulunmak istenmiştir. Formüllerde, $t_a = t$ ölçülen sıcaklık değeri olarak alınmıştır.

Bundan dolayı öncelikle,

$$\dot{Q} = \frac{\pi(t_a - t_u)}{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{\ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right)}{2\lambda_R} + \frac{1}{\alpha_a d_a}} \quad (6.1)$$

ve

$$\dot{Q} = \frac{t_a - t_u}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{s}{\lambda_{DS}}} \quad (6.2)$$

formüllerinden borudan dışarıya transfer olan ısı miktarı, bulunan bu Q ile

$$t_i = t_a + \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s}{\lambda_{st}} \right) \cdot \dot{Q} \quad (6.3)$$

formüllü kullanılarak t_i iç sıcaklık değerleri giriş ve çıkış suyu için bulunmuştur (WAGNER, W., 2004)

Bulunan bu t iç sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması açısından ayrıca,

$$t_f = \frac{t_a - \left[t_u \cdot \left(\frac{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{1}{2\lambda_R} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i}}{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{1}{2\lambda_R} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a d_a}} \right) \right]}{1 - \left(\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{1}{2\lambda_R} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a d_a} \right)} \quad (6.4)$$

formülü ile yeni bir t iç sıcaklık değeri hesaplanmıştır (WAGNER, W., 2004)

Ölçmüş olan su debisi V, ölçümlerin sonunda ölçüm cihazının daha önceden programlanmış olan

$$V = \left(\frac{1}{20} \cdot U \cdot 1000 \right) - 1 \quad (6.5)$$

denklemine göre bulunmuştur.

Hesaplanan V değeri ile gerçekte transfer olabilecek olan ısı transferi

$$\dot{Q} = m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (6.6)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Buradan kullanım faktörü (ω);

$$\omega = \frac{P_{el} + \dot{Q}}{V_{Doğolgaz} \cdot H_{Doğolgaz}} \quad (6.7)$$

formülünden çekilmiştir.

965 ölçüm sonunda bulunan ortalama ω değeri $\omega = 0,59$ çıkmıştır. Bu değer sistemdeki ısı transferini yetersiz olduğunu göstermekte ve transfer olan ısının olması gerekenden daha az olduğunu belli etmektedir.

Isı değiştiricisinin ısı transfer katsayısı, bulunan ω ve Q değerleri uyarınca,

$$k = \frac{Q}{A \cdot \Delta t_m} \quad (6.8)$$

formülünden,

A, ısı transfer alanı, üretici firma FACO'nun verdiği değer uyarınca

A = 20,8 m² olarak alınarak, Δt_m , logaritmik sıcaklık farkı ise,

$$\Delta t_m = \frac{(t_{sg} - t_{og}) - (t_{sç} - t_{oç})}{\ln \left(\frac{t_{sg} - t_{og}}{t_{sç} - t_{oç}} \right)} \quad (6.9)$$

ile hesaplanarak, t_i hem t_f için ayrı ayrı iki tane k, ısı transfer katsayısı bulunmuştur. (INCROPERA, F. P., DEWITT, D. P., 2001) Bu durumda ortalama $k_i = 20,59$ W/m²C, ortalama $k_f = 20,74$ W/m²C olarak bulunmuştur.

Gerekli olan ω değerinin $\omega = 0,8$ olduğu kabul edilerek kaba hesaplama ile ortalama ısı transfer yüzeyi hem k_i hem de k_f için A = 32,24 m² olarak bulunmuştur. Ayrıca $\omega = 0,8$ değer için ısıtılacak akışkanın akış debisi de V = 39,0 m³/s hesaplanmıştır. Ancak bu durum bir pompa yardımı ile olabileceğinden elektrik enerjisi harcanmasına ve verimin de bu bağlamda

düşmesine sebep olur. Sistemi daha verimli hale getirebilmek için, ısı transfer yüzeyinin arttırılması en kolay çözümdür. Ancak sadece yüzeyi arttırmak kayıplardan dolayı istenilen sonucu vermeyebilir.

Bu sebeplerden dolayı sistem ince hesaplar ile tekrar incelenmiş, değerler tekrar bulunmuştur. İnce hesaplamalar için, k_i 'nin k_f 'ten daha küçük olması nedeni ile kullanılacak sıcaklık değeri t_i olarak alınmış ve hesapların sonuçları daha güvenli hale getirilmiştir.

Bu hesaplamalar ve kabuller uyarınca, öncelikle akışkanların fiziksel özellikleri incelenmiştir. Hesaplamalar için su ve yanmış doğalgaz olarak hava çizelgeleri kullanılmıştır. Hesaplamalar sıcaklıklar üzerinden olduğundan enterpolasyon yöntemi seçilmiştir. Bu kabul ve yöntem ile öncelikle suyun yoğunluğu hesaplanmış, yoğunluktan yola çıkılarak,

$$m = \rho \cdot V \quad (6.10)$$

ile su kütlesi bulunmuştur.

$$m = 2230,93 \text{ kg/h} = 0,6197 \text{ kg/sn}$$

Su için fiziksel değerler, giriş çıkış sıcaklıkları ortalaması uyarınca C_p , λ , η , ν , Prandlt Sayısı (Pr), ρ , V olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler akışın incelenmesini, buna bağlı olarak da kullanılacak akış stilini belirlemiştir. Bu değerlerin bulunmasında suyun ısı değiştiricisi içerisindeki ortalama sıcaklık değeri alınarak yapılmış ve değerler bu ortalamaya göre bulunmuştur. Buna göre;

$$t_{\text{ort}} = 45,971 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_{p \text{ ort}} = 4,178 \text{ kJ/kgK}$$

$$\eta_{\text{ort}} = 586,758 * 10^{-6} \text{ kg/ms}$$

$$\nu_{\text{ort}} = 0,593 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr_{\text{ort}} = 3,84$$

$$\rho_{\text{ort}} = 989,8 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{ort}} = 2,2539 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Suyun aktığı boru yüzey alanı, boru çapı $d_i = 16,5 \text{ mm}$ olmak koşulu ile,

$$A = 2,138 * 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmış,}$$

v , akış hızı,

$$v = V / A \quad (6.11)$$

formülünden çekilmiştir.

$$v_{\text{ort}} = 2,9280 \text{ m/s}$$

Akışın hızı akışın Reynolds Sayısı'nı, buna bağlı olarak da akışın tipini belirlemektedir.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d_i \cdot \rho}{\eta} \quad (6.12)$$

formülünden hesaplanarak,

ortalama Reynolds Sayısı, $\text{Re} = 81466$ bulunmuştur. $\text{Re} > 2500$ ise türbülanslı akış kuralı uyarınca akışın türbülanslı olduğuna karar verilmiştir.

Nusselt Sayısı'nın ve dolayısıyla α , ısı transfer katsayılarının bulunabilmesi için,

$$\text{Nu} = \left[\frac{(\xi/8) \cdot (\text{Re} - 1000) \cdot \text{Pr}}{1 + (12.7 \cdot \sqrt{\xi/8}) \cdot (\text{Pr}^{2/3} - 1)} \right] \cdot \left[1 + (d_i/l)^{2/3} \right] \quad (6.13)$$

formülü kullanılmıştır. (VDI – WÄRMEATLAS, 2006) Sonuç için gerekli ξ değeri ise,

$$\xi = [(0.79 \cdot \ln \text{Re}) - 1.64]^{-2} \quad (6.14)$$

formülünden hesaplanmıştır. (VDI – WÄRMEATLAS, 2006)

$$\xi = 0,0188$$

Hesaplamalar sonucunda ortalama Nusselt Sayısı, $\text{Nu} = 429,156$ olarak bulunmuştur.

Suyun ısı transfer katsayısı, α_i , ise,

$$\alpha_i = \frac{\lambda \cdot \text{Nu}}{d_i} \quad (6.15)$$

formülünden çekilmiştir.

Bu formüller uyarınca, suyun ortalama ısı transfer katsayısı, $\alpha_i = 16606,453 \text{ W/m}^2\text{C}$ olarak bulunmuştur.

Transfer edilecek ısı miktarları iki akışkan arasında eşit olmak zorundadır ve hava kütlelerinin

hesaplanması için Q_{su} değeri hesaplanmıştır. Bu değerler suyun sıvı olması haline göre,

$$\dot{Q}_{su} = m_{su} \cdot C_p \cdot \Delta t_{su} \quad (6.16)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Sonuçta ortalama olarak, su için $Q = 47,75$ kW bulunmuştur.

Hava için de aynı formüller uyarınca sabit sayılar, Reynolds, ξ ve Nusselt Sayıları bulunmuş, α_s , havanın ısı transfer katsayısı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda farklı olarak havanın ısı değiştiricisinin içerisinde boruların dış yüzeyinden aktığı gözden kaçırılmamıştır ve hesaplarda kullanılan çap, $d_i = 131,7$ mm olarak alınıp, ısı transfer yüzeyinin alanı da $A = 5,449 \cdot 10^{-2}$ m² bulunmuştur. Kütlesi içinse, suyun aldığı ısı kadarlık ısının hava tarafından verildiği kabul edilip,

$$\dot{Q}_{hava} = m_{hava} \cdot \Delta h_{hava} \quad (6.17)$$

formülünden havanın debisi çekilmiştir.

$$m_{ort} = 870,05 \text{ kg/h} = 0,2417 \text{ kg/s}$$

Buna göre, hava için ortalama değerler;

$$t_{ort} = 191,67 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_{p \text{ ort}} = 1,024 \text{ kJ/kgK}$$

$$\lambda_{ort} = 37,713 \cdot 10^{-3} \text{ W/mK}$$

$$\eta_{ort} = 25,715 \cdot 10^{-6} \text{ Pas}$$

$$v_{ort} = 34,336 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr_{ort} = 0,698$$

$$\rho_{ort} = 0,7494 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{ort} = 2,2539 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 23,672 \text{ m/s}$$

$$Re = 90799$$

$$\xi = 0,0184$$

$$Nu = 244,152$$

$\alpha_s = 69,914 \text{ W/m}^2\text{C}$ olarak hesaplanmıştır.

Gereken kullanım faktörünün 0,8'e yaklaşması istendiğinden, gerekli olan ısı transfer miktarı,

$$Q = (\omega \cdot V_{\text{doğologaz}} \cdot H_{\text{doğologaz}}) - P_{el} \quad (6.18)$$

formülünden, ortalama $Q_{\text{gerekli}} = 76,3 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

Sistemin bulunan α_i ve α_s değerlerine göre gerçek ısı transfer katsayısı, k ,

$$k = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s} \quad (6.19)$$

formülünden hesaplanmıştır.

Burada d , soğuk akışkanın geçtiği boruların kalınlığı, λ ise suyun ve havanın temas ettiği boru ve lamel malzemesinin ısı transfer katsayısıdır.

Buna göre, bakır malzeme için $\lambda_{Cu} = 401 \text{ W/mC}$, boru kalınlığı da firma tarafından verilen değerler uyarınca $d_1 = 0,4 \text{ mm}$, $d_2 = 0,5 \text{ mm}$, $d_3 = 0,7 \text{ mm}$, $d_4 = 1,0 \text{ mm}$ olarak ayrı ayrı alınmış ve her kalınlık değerinde de eşit sonuç olarak ortalama,

$$k = 69,6 \text{ W/m}^2\text{C} \text{ bulunmuştur.}$$

Buradan gerekli alan,

$$A = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_m} \quad (6.20)$$

formülünden hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, ortalama ısı transfer yüzeyinin değerleri,

$$A = 21,46 \text{ m}^2 \text{ bulunarak, firma tarafında verilen değerden çok farklı çıkmadığı görülmüştür.}$$

Ancak gerekli alanın hesaplanabilmesi için,

$$A_{\text{gerekli}} = \frac{Q_{\text{gerekli}}}{k \cdot \Delta t_m} \quad (6.21)$$

formülü uyarınca yapılan hesaplamalarda, $A_{\text{gerekli max}} = 35,54 \text{ m}^2$ ve ortalama olarak da $A_{\text{gerekli ort}} = 34,31 \text{ m}^2$ olarak bulunmuştur.

6.1.3 Bulunan Sonuçlar Üzerine Yapılan Yorumlar

Hesaplamaların sonucunda elde edilen gerekli ısı transfer alanı firmanın tasarladığından fazla çıkmıştır. Bu bağlamda sistemdeki ısı değiştiricisinin büyüklüğünün sisteme yetersiz kaldığı söylenebilir. Daha büyük bir ısı değiştiricisi ile daha verimli bir sistem kurulabileceği gibi istenirse ısı değiştiricisinin tipinin de değiştirilebileceği görölmektedir. Bir proseste alanı genişletmek için öncelikle ısı değiştiricisini büyütmek yerine, iç alanı artırma ya da malzeme değiştirme yöntemleri tercih edilmelidir. Bu yaklaşımla düşünöldüğü zaman ısı değiştiricisinin iç tasarımının tamamen lamelli olması, malzeme olarak bakır kullanılmış olması bu iki yöntemi kullanılamaz hale getirmiştir.

Isı değiştiricisinin imalatının ve kullanılmaya başlamasının üzerinden 2 sene geçmiş olması ve çalışma süresinin 8000 saati bulması nedeni ile herhangi bir kirlenme ya da kireçlenme ihtimaline karşı içinin açılmasına, lamel ve boru yüzeylerinin incelenmesine karar verilmiştir.

6.1.4 Su Sıcaklık Değerleri ya da Transfer Edilmek İstenen Isı Değeri Belirlenmiş Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Hesapları

Sistemde, ölçümün yapıldığı koşullarda kullanılabilir, farklı bir ısı değiştiricisi için alan hesapları yapıldığında değişik alan büyüklükleri ile karşılaşılmıştır. Bu işlemler yapılırken, mikrogaztürbininin kompakt halde olması ve prosesin üretici firma tarafından tasarlanıp sunulması sonucu, mikrogaztürbininden çıkan gazın fiziksel ya da kimyasal değerleri değiştirilememiştir. Bundan dolayı, ısı değiştiricisine giren gaz sıcaklık değeri, ölçüm değerlerinden alınıp, işlemler yapılabilmıştır. Sonuç olarak;

$t_{104} = 288,03 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $h_{104} = 268,46 \text{ kJ/kg}$ değerleri kullanılmıştır.

6.1.4.1 Su Giriş Sıcaklığı 70 °C, Çıkış Sıcaklığı 90 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Hesaplamalar

$$t_{\text{ort}} = (90 + 70) / 2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_{p \text{ ort}} = 4,197 \text{ kJ/kgK}$$

$$\Delta t = 90 - 70 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 °C İstendiğinde Gerekli Alan

$$t_{101} = 100 \text{ °C}$$

$$h_{101} = 75,65 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{\text{hava}} = 46,60 \text{ kW}$$

$$m_{\text{su gerekli}} = 1998,43 \text{ kg/h}$$

$$\Delta t_m = 67,50 \text{ °C}$$

$$A = 35,70 \text{ m}^2$$

Atık Gaz Çıkış Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde Gerekli Alan

$$t_{101} = 95,30 \text{ °C}$$

$$h_{101} = 70,90 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{\text{hava}} = 47,75 \text{ kW}$$

$$m_{\text{su gerekli}} = 2047,75 \text{ kg/h}$$

$$\Delta t_m = 57,18 \text{ °C}$$

$$A = 43,22 \text{ m}^2$$

6.1.4.2 Su Giriş Sıcaklığı 60 °C, Çıkış Sıcaklığı 80 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Hesaplamalar

$$t_{\text{ort}} = (80 + 60) / 2 = 70 \text{ °C}$$

$$C_{p \text{ ort}} = 4,190 \text{ kJ/kgK}$$

$$\Delta t = 80 - 60 = 20 \text{ °C}$$

Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 °C İstendiğinde Gerekli Alan

$$m_{\text{su gerekli}} = 2001,77 \text{ kg/h}$$

$$\Delta t_m = 85,48 \text{ °C}$$

$$A = 28,19 \text{ m}^2$$

Atık Gaz Çıkış Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde Gerekli Alan

$$m_{su \text{ gerekli}} = 2051,18 \text{ kg/h}$$

$$\Delta t_m = 78,73 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = 31,37 \text{ m}^2$$

6.1.4.3 Sistemde Q = 60 kW'lık Bir Isı Transferi İstendiğinde Oluşabilecek Durumların İncelenmesi

Sistemde Q = 60 kW'lık bir ısı transferinin olması ve ısı değiştiricisinde su giriş sıcaklığı 70 °C, su çıkış sıcaklığının ise 90 °C olması istenmiştir. Böyle bir durumda, ısı değiştiricisinden çıkacak olan atık gazın sıcaklığı bulunmalıdır. Bunun için gerekli olan su miktarı;

$$m = 2573,27 \text{ kg/h olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu durumda,

$$\dot{Q} = m \cdot \Delta h \quad (6.22)$$

formülünden, ısı değiştiricisinden çıkacak olan atık gazın sıcaklığı bulunmaya çalışılmıştır.

Burada kullanılan havanın kütlesi, daha önceden hesaplanan kütledir.

$$m = 870,05 \text{ kg/h} = 0,2417 \text{ kg/s}$$

Formülden Δh çekilerek $\Delta h = 248,38 \text{ kJ/kg}$ olarak bulunmuştur. Buradan da atık gazın ısı değiştiricisinden çıkış entalpisi $h_{101} = 20,08 \text{ kJ/kg}$ bulunmuştur. bu entalpi değeri $t_{101} = 45,07 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a denk gelmektedir. Ancak bir ısı değiştiricisinde ısıtıcı akışkanın çıkış sıcaklığı, soğutucu akışkanın ortalama sıcaklığından az olamayacağı için, böyle bir ısı transferi bu ısı değiştiricisinde mümkün değildir. Sonuç olarak, alınmak istenen Q = 60 kW değeri, hesaplanmış atık gaz kütlesi ile mümkün olmamaktadır.

Bu yapılan işlemlerin kontrolü, atık gaz çıkış sıcaklığı ile,

$$\dot{Q} = m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (6.23)$$

formülü kullanılarak deneme yanılma yöntemi ile hesaplanmak istenmiştir. İşlemler, $t_{101} = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ ile başlatılmış, değişik sıcaklık değerleri ile yapılmıştır. Buna göre;

$t_{101} = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ için;

$$t_{\text{ort}} = 186,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_p = [(t_{\text{ort}} - 180) \cdot (1,7 \cdot 10^{-4})] + C_{p180^\circ\text{C}} \quad (6.24)$$

$$C_{p \text{ ort}} = 1,022905 \text{ kJ/kgK}$$

$$60 = 0,2417 * 1,022905 * (288 - 85)$$

$$60 \neq 50,2$$

Gaz, 60 kW için 85 °C çıkış sıcaklığı verememektedir.

$t_{101} = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$ için;

$$t_{\text{ort}} = 184 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(6.24) formülü ile,

$$C_{p \text{ ort}} = 1,02248 \text{ kJ/kgK}$$

$$60 = 0,2417 * 1,02248 * (288 - 80)$$

$$60 \neq 51,4$$

Gaz, 60 kW için 80 °C çıkış sıcaklığı verememektedir.

$t_{101} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$ için;

$$t_{\text{ort}} = 179 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_p = [(t_{\text{ort}} - 160) \cdot (1,5 \cdot 10^{-4})] + C_{p160^\circ\text{C}} \quad (6.25)$$

$$C_{p \text{ ort}} = 1,02165 \text{ kJ/kgK}$$

$$60 = 0,2417 * 1,02165 * (288 - 70)$$

$$60 \neq 53,83$$

Gaz, 60 kW için 70 °C çıkış sıcaklığı verememektedir.

$t_{101} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$ için,

$$t_{\text{ort}} = 169 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(6.25) formülü ile,

$$C_{p \text{ ort}} = 1,02015 \text{ kJ/kgK}$$

$$60 = 0,2417 * 1,02015 * (288 - 50)$$

$$60 \neq 58,68$$

Gaz, 60 kW için 50 °C çıkış sıcaklığı verememektedir.

$$t_{101} = 45 \text{ °C}$$

$$t_{\text{ort}} = 166,5 \text{ °C}$$

$$C_p = [(t_{\text{ort}} - 160) \cdot (1,7 \cdot 10^{-4})] + C_{p160^\circ\text{C}}$$

$$C_{p \text{ ort}} = 1,02855 \text{ kJ/kgK}$$

$$60 = 0,2417 * 1,02855 * (288 - 45)$$

$$60 \approx 60,41$$

Sonuçlar göstermiştir ki; yapılan işlemler doğrudur ve bu miktarda bir atık gaz debisi ile istenilen $Q = 60 \text{ kW}$ değerine ulaşmamaktadır.

6.2 Mikrogaztürbininin Uygulanabilirliği

Yapılan ölçümlerden elde edilen elektrik ve ısı değerleri uyarınca ve firmalar tarafından verilen teorik değerler uyarınca Capstone C 30 mikrogaztürbininin ayrı ayrı uygulanabilirliği araştırılmıştır. Buna göre mikrogaztürbini uygulanabilirliği ölçülen ısı transfer miktarı $Q = 47.75 \text{ kW}$ ve ısı değiştiricisi için teorik verilen ısı transfer miktarı $Q = 60 \text{ kW}$ için yapılmıştır.

Uygulanabilirlik hesapları, her katında iki daire bulunan 5 katlı bir apartman için yapılmıştır. Bina eninin 10 m^2 , bina boyunun 20 m^2 , bina yüksekliğinin 15 m^2 , kat yüksekliğinin 3 m^2 , aylık ortalama iç sıcaklığın 19 °C , birim iç ısı kazancının 5 W/m^2 , hava değişim sayısının 1 l/h olduğu, her cephede $15'$ er m^2 'lik pencerelerin bulunduğu kabul edilmiştir. Bunların yanında bir ay 30 gün alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Uygulanabilirlik hesaplamaları için öncelikle binanın ısı kaybı hesapları TMMOB Makina Mühendisleri Odası'nın <http://www.mmo.org.tr/mmo/isiyal.htm> internet adresinden alınan program ile otomatik olarak yapılmıştır. Bu program ile her ısıtma bölgesi için, Türkiye'nin bazı illeri; İzmir,

Antalya, İstanbul, Ankara ve Erzurum için, Avrupa'nın bazı başkentleri; Atina, Roma, Barselona, Viyana, Paris, Berlin, Londra, Oslo ve Helsinki için ve araştırmanın yapıldığı Almanya'nın Gelsenkirchen şehrine en yakın şehir olan Essen şehri için gerekli ısı ihtiyacı belirlenmiştir. [8]

Avrupa başkentleri ve Essen şehri için bölge belirlemesi, kentlerin enlem, yükseklik ve sıcaklık değerleri göz önünde bulundurularak, ortalama değerler uyarınca seçilmiştir. Bu hesapların yapılmasında başkentlerin ve Türkiye illerinin yıllık sıcaklık değerleri, enlem ve yükseklik bilgileri <http://www.klimadiagramme.de/index.html> internet adresinden alınmıştır. Hesaplanan ısı ihtiyacı uyarınca mikrogaztürbininin yeterliliği araştırılmıştır. [9]

Çizelge 6.1 Alınan Değerlere Göre Avrupa Şehirlerinin Yükseklik, Enlem ve Ortalama Yıllık Sıcaklık Değerleri

Yer	Yükseklik (m)	Enlem Kuzey Paralelleri	Ortalama Sıcaklık (°C)
Atina	107	37° 58'	17.7
Roma	3	41° 48'	15.4
Barselona	6	41° 17'	16.0
Viyana	209	48° 15'	9.9
Paris	65	48° 58'	10.6
Berlin	51	52° 28'	9.2
Essen	153	51° 24'	9.9
Londra	62	51° 09'	9.7
Oslo	96	59° 56'	5.7
Helsinki	56	60° 19'	4.5

6.2.1 Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Uygulanabilirlik

Ölçümler sonucu Capstone C 30 mikrogaztürbininden saatte $P_{el} = 24,6$ kW'lık bir elektrik enerjisi ile $Q_{hava} = 47,75$ kW'lık bir ısı enerjisi alınabilmektedir. Bu değerler uyarınca iki tür yeterlilik hesabı yapılabilir. Bunlardan ilki elektrik ihtiyacını karşılamaya yönelik, ikincisi ise ısı ihtiyacını karşılamaya yönelik olabilir.

6.2.1.1 Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Elektrik İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği

100 m² bir dairenin günlük elektrik ihtiyacı ortalama 10 kW kabul edilmiştir. 10 dairenin toplam elektrik enerjisi ihtiyacı olan günlük 100 kW, mikrogaztürbininin günde 4 saat 6 dakika çalışması ile elde edilir. Ancak olağan dışı durumlar, iletim kayıpları ve daire dışı muhtelif kullanımlar düşünüldüğünde bu çalışma standardı 4 saat 15 dakika olarak belirlenmiştir. Böylece bir mikrogaztürbinini günde 104.55 kW'lık bir elektrik enerjisi üretebilir. Mikrogaztürbininin 4 saat 15 dakika çalışması sonucunda, elde edilebilecek ısı enerjisi ise günlük 202.9375 kWh'tir. Buna göre mikrogaztürbinini bu sürede çalıştırıldığında ayda 6088.125 kWh ısı enerjisi üretebilir. Hesaplamalar yapıldığında, belirlenmiş bölgeler için sürekli elektrik üretimi olacağı kabul edilmiş, elektrik üretimi ile eş zamanlı olarak ısı üretimi de devam edeceğinden, açığa çıkan ısı enerjisi ısıtma sistemine ek olarak kullanılır. Isı ihtiyacının üretimden az olduğu ya da ısı ihtiyacının olmadığı zamanlar için ise üretilen ısı sıcak su ihtiyacında kullanılabilir.

6.2.1.2 Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği

Mikrogaztürbininin belirlenmiş bölgelerde ısı ihtiyacını karşılaması düşünüldüğünde, çalışma saati her bölge ve her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sistem, ısı ihtiyacının azaldığı ya da olmadığı durumlarda çalıştırılmayabilir. Böylece sene boyunca farklı çalışma saatleri ile fazla elektrik üretimi engellenmiş olur. Isı ihtiyacının durumuna göre bazı aylarda elektrik üretimi ihtiyaçtan daha fazla olmaktadır. Bu durumda üretilen fazla elektrik enerjisi şebekeye satılabilir. Isı ihtiyacının olmadığı durumlarda da ise elektrik ihtiyacı şebekeden karşılanmak durumundadır.

6.2.1.3 Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Uygulanabilirlik Hesaplarının Yorumlanması

Uygulanabilirlik hesaplarına göre sistemin elektrik ve ısı ihtiyaçlarını belirli çalışma süreleri ile karşılayabilmektedir. Ancak elektrik ihtiyacının tamamlandığı durumlarda ısı ihtiyacı eksik kalmakta ya da bazı aylarda artmakta, ısı ihtiyacının tamamlandığı durumlarda ise elektrik enerji fazlalığı ortaya çıkmakta ya da bazı aylarda elektrik ihtiyacı giderilememektedir. Elektrik ihtiyacının tamamlandığı ancak bazı aylarda ısı ihtiyacının tamamlanamadığı ya da bazı aylarda ısı ihtiyacının fazla geldiği durumlardaki maksimum

değerler aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir. Tabloda ayrıca elektrik ihtiyacı karşılandığında eksik kalan ısı ihtiyacının giderilebilmesi için gerekli olan kazan kapasitesi de belirtilmiştir.

Çizelge 6.2 Q = 47.75 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı Enerjisinin Durumu

Yer	Elektrik Yeterliliğine Göre Karşılanamayan En Yüksek Isı Enerjisi Miktarı (kWh)	Elektrik Yeterliliğine Göre Gerekli En Düşük Kazan Kapasitesi (kWh/m ²)	Elektrik Yeterliliğine Göre En Fazla Artabilen Isı Enerjisi Miktarı (kWh)
1. Bölge	2369.56	2.47	6088.13
2. Bölge	7522.63	7.84	6088.13
3. Bölge	9755.70	10.16	6088.13
4. Bölge	17065.55	17.78	5729.22
İzmir	1729.69	1.80	6088.13
Antalya	470.97	0.49	6088.13
İstanbul	5197.39	5.41	6088.13
Ankara	11213.11	11.68	6088.13
Erzurum	20900.63	21.77	6088.13
Atina	991.62	1.03	6088.13
Roma	2476.77	2.58	6088.13
Barselona	470.97	0.49	6088.13
Viyana	11999.20	12.50	6088.13
Paris	7411.36	7.72	6044.69
Berlin	10652.15	11.10	6044.69
Essen	8525.83	8.88	5947.30
Londra	6855.75	7.14	5328.83
Oslo	16051.08	16.72	5379.27
Helsinki	18982.68	19.77	5475.88

Isı ihtiyacının giderildiği durumlarda eksik kalan ya da fazla gelen elektrik enerjisi miktarları ise maksimum değerler ile çizelge 6.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 6.3 Q = 47.75 kW İçin Isı Yeterliliğine Göre Elektrik Enerjisinin Durumu

Yer	Isı Yeterliliğine Göre En Fazla Artabilen Elektrik Enerjisi Miktarı (kWh)	Isı Yeterliliğine Göre Karşılanamayan En Yüksek Elektrik Enerjisi Miktarı (kWh)
1. Bölge	45.24	100.00
2. Bölge	133.73	100.00
3. Bölge	172.08	100.00
4. Bölge	297.61	93.84
İzmir	34.25	100.00
Antalya	12.64	100.00
İstanbul	93.80	100.00
Ankara	197.11	100.00
Erzurum	363.47	100.00
Atina	21.58	100.00
Roma	47.08	100.00
Barselona	12.64	100.00
Viyana	210.61	100.00
Paris	131.82	99.25
Berlin	187.48	99.25
Essen	150.96	97.58
Londra	122.28	86.96
Oslo	280.19	87.83
Helsinki	330.54	89.49

Sistem ısı ihtiyacının en fazla olduğu dönemler için sürekli kullanıldığında belli bir ısı ve elektrik fazlalığı ile karşılaşılır. Sistemin bu en fazla ısı ihtiyacının olduğu dönem olan ocak ayına göre çalıştırılması bir analiz yapılabilmesini sağlar. Mikrogaztürbininin çalıştırılma süreleri daha önceden hesaplanmış süreleri, kayıplar ve tam süre çalıştırmasına göre düzenlenmiş ve ısıtılacak bölgelerde çalışma süreleri çizelge 6.4'teki gibi kabul edilmiştir.

Çizelge 6.4 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbininin Ocak Ayı Isı Yeterliliği İçin Belirlenen Çalışma Süreleri, Artan Elektrik Enerjisi Miktarları ve Kullanılan Doğalgaz Miktarları

Yer	MGT'nin Isı İhtiyacı İçin Aylık Çalışma Süreleri			Kabul Edilen Aylık Çalışma Süreleri		Üretilen Aylık Elektrik Enerjisi Miktarı	Üretilen Yıllık Elektrik Enerjisi	Artan Yıllık Elektrik Enerjisi	Kullanılan Aylık Doğalgaz Miktarı	Kullanılan Yıllık Doğalgaz Miktarı
	h	min	s	h	min	kWh	kWh	kWh	m ³	m ³
1. Bölge	177	7	12	177	15	4360.35	52324.2	51124.2	2258.17	27098.0
2. Bölge	285	2	24	285	15	7017.15	84205.8	83005.8	3634.09	43609.0
3. Bölge	331	48	36	332		8167.20	98006.4	96806.4	4229.68	50756.2
4. Bölge	484	53	24	484		11906.40	142876.8	141676.8	6166.16	73993.9
İzmir	163	43	12	163	45	4028.25	48339.0	47139.0	2086.18	25034.1
Antalya	137	21	4	137	30	3382.50	40590.0	39390.0	1751.75	21021.0
İstanbul	236	21	0	236	30	5817.90	69814.8	68614.8	3013.01	36156.1
Ankara	362	19	48	362	30	8917.50	107010.0	105810.0	4618.25	55419.0
Erzurum	565	12	36	565	15	13905.15	166861.8	165661.8	7201.29	86415.4
Atina	148	16	12	148	30	3653.10	43837.2	42637.2	1891.89	22702.7
Roma	179	22	12	179	30	4415.70	52988.4	51788.4	2286.83	27442.0
Barselona	137	21	36	137	30	3382.50	40590.0	39390.0	1751.75	21021.0
Viyana	378	47	24	379		9323.40	111880.8	110680.8	4828.46	57941.5
Paris	282	42	36	283		6961.80	83541.6	82341.6	3605.42	43265.0
Berlin	350	34	48	350	45	8628.45	103541.4	102341.4	4468.56	53622.7
Essen	306	3	0	306	15	7533.75	90405.0	89205.0	3901.63	46819.5
Londra	271	4	48	271	15	6672.75	80073.0	78873.0	3455.73	41468.7
Oslo	463	39	0	463	45	11408.25	136899.0	135699.0	5908.18	70898.1
Helsinki	525	2	24	525	15	12921.15	155053.8	153853.8	6691.69	80300.2

Artan elektrik enerjisinin şebekeye geri satıldığında belli bir gelir elde edilir. Bunun için gerekli hesaplamalar yıllık değerler üzerinde yapılmış ve TETAŞ'ın Aralık 2006'dan itibaren belirlediği fiyatlar göz önüne alınmıştır. TETAŞ'ın Aralık 2006 tarifesine göre, Türkiye Ortalama Elektrik Toptan Satış Fiyatı 9,13 YKr/kWh'tir. [10]

Mikrogaztürbininin kullanacağı doğalgaz miktarına göre giderin hesaplanması için bölgelerin gaz dağıtım şirketlerinin fiyatları temel alınmıştır. Bölgede doğalgaz bulunmaması ya da fiyat belirliliği olmayan durumlar için ise bazı kabuller yapılmıştır. Alınan bilgilere ve kabullere göre İstanbul için İGDAŞ'ın Ocak 2007'den itibaren belirlediği fiyatlar göz önüne alınmıştır. Buna göre ödenecek olan doğalgaz gideri, konutlarda doğalgaz birim fiyatı 0,523804 YTL/m³, 0,04923 YTL/kWh'tir. Bu fiyata KDV ve diğer vergiler dâhil değildir. KDV olarak %18, bu değere eklenip işlem yapılmıştır. [11] İzmir ve Antalya için yapılan hesaplarda ise

fiyatlar İZMİRGAZ'ın belirlediği Ekim 2006 tarifesine göre, konutlarda doğalgaz birim fiyatı 0,507383 YTL/m³, 0,04768637 YTL/kWh'tir. Bu fiyata KDV dâhildir. [12]

Ankara ve Erzurum için ise EGO'nun belirlediği Ocak 2007 tarifesine göre, konutlarda doğalgaz birim fiyatı 0,521652 YTL/m³ 0,04902744 YTL/kWh'tir. Bu fiyata KDV dâhil değildir. KDV olarak %18, bu değere eklenip işlem yapılmıştır. Ayrıca, ısı bölgeleri için ise bölgede bulunan ilin değerleri temel alınmıştır. Yani birinci bölge için İZMİRGAZ'ın, ikinci bölge için İGDAŞ'ın, üçüncü ve dördüncü bölgeler için ise EGO'nun belirlediği fiyatlar alınmıştır. [13]

Hesaplanan enerji ve yakıt değerleri uyarınca yıllık gelir – gider çizelgesi çizelge 6.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.5 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider

Yer	Artan Yıllık Elektrik Enerjisi (kWh)	Elektrik Enerjisinin Satışından Elde Edilebilecek Yıllık Gelir (YTL)	Kullanılan Yıllık Doğalgaz Miktarı (m ³)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (YTL)	Yıllık Toplam Gider (YTL)
1. Bölge	51124.2	4667,64	27098.0	13749,05	9081,41
2. Bölge	83005.8	7578,43	43609.0	26954,24	19375,81
3. Bölge	96806.4	8838,42	50756.2	31242,92	22404,50
4. Bölge	141676.8	12935,09	73993.9	45546,91	32611,82
İzmir	47139.0	4303,79	25034.1	12701,88	8398,09
Antalya	39390.0	3596,31	21021.0	10665,70	7069,39
İstanbul	68614.8	6264,53	36156.1	22347,69	16083,16
Ankara	105810.0	9660,45	55419.0	34113,13	24452,68
Erzurum	165661.8	15124,92	86415.4	53192,96	38068,03

Mikrogaztürbinli kojenerasyon sisteminin yerine elektrik enerjisinin TEDAŞ'tan, doğalgazın ise daha önce kabul edilmiş olan şirketlerden alınması durumunda olacak giderler çizelge 6.6'da belirtilmiştir. Elektrik enerjisi kullanımında gündüz kullanımı temel alınmıştır. TEDAŞ'ın Eylül 2006 tarifesine göre, konutlarda gündüz tarifesi uyarınca elektrik enerjisi birim fiyatı 12,780 YKr/kWh'tir. Bu fiyata KDV dâhil değildir. KDV olarak %18, bu değere eklenip işlem yapılmıştır. [14]

Isı ihtiyacında artırım değeri 1.95 alınmıştır.

Çizelge 6.6 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider

Yer	Yıllık Isı İhtiyacı (kWh)	Yıllık Isı İhtiyacı (Kayıplar Dahil) (kWh)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (YTL)	Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Elektrik Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (YTL)	Yıllık Toplam Gider (YTL)
1. Bölge	31442.08	61312.05	2923,75	36500	13760,87	16684,61
2. Bölge	59970.77	116943.00	6793,38	36500	13760,87	20554,25
3. Bölge	80700.62	157366.21	9104,01	36500	13760,87	22864,87
4. Bölge	132514.72	258403.71	14949,27	36500	13760,87	28710,13
İzmir	28841.46	56240.86	2681,92	36500	13760,87	16442,79
Antalya	23775.89	46362.99	2210,88	36500	13760,87	15971,75
İstanbul	49770.80	97053.05	5637,95	36500	13760,87	19398,81
Ankara	75930.00	148063.49	8565,83	36500	13760,87	22326,69
Erzurum	138192.64	269475.64	15589,81	36500	13760,87	29350,67

Mikrogaztürbinli kojenerasyon sistemlerinin kullanılmadığı durumlar ile kullanıldığı durumların incelenmesi sonucu çizelge 6.7'deki sonuçlara varılmıştır.

Çizelge 6.7 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması

Yer	MGT Kullanılmadığı Durumda Yıllık Toplam Gider (YTL)	MGT Kullanıldığı Durumda Yıllık Toplam Gider (YTL)	Kazanç (YTL)
1. Bölge	16684,61	9081,41	7603,20
2. Bölge	20554,25	19375,81	1178,43
3. Bölge	22864,87	22404,50	460,38
4. Bölge	28710,13	32611,82	-3901,68
İzmir	16442,79	8398,09	8044,70
Antalya	15971,75	7069,39	8902,36
İstanbul	19398,81	16083,16	3315,65
Ankara	22326,69	24452,68	-2125,99
Erzurum	29350,67	38068,03	-8717,36

Aynı araştırmalar Almanya'nın Berlin ve Essen şehirleri için yapıldığında ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlara ulaşmada, Almanya için bölgelerdeki bazı elektrik ve doğalgaz satışı yapan şirketlerden fiyat bilgisi alınmıştır. Elektrik birim fiyatları <http://www.verivox.de/> internet sitesinden, Berlin için, Eprimo GmBh firmasının Ocak

2007'den itibaren geçerli olan standart tarifesine göre, 15,09 Avrocent/kWh , Essen için, Stadtwerke Düsseldorf AG firmasının Haziran 2006'dan itibaren geçerli olan standart tarifesine göre, 14,96 Avrocent/kWh olarak alınmıştır. Vergiler ise aynı sitede belirtilen aylık veya yıllık değerlerden belirlenmiştir. Elektrik satışı için ise birim fiyatları alınmış ancak vergiler alınmamıştır [15]. Doğalgaz birim alış fiyatları ise, <http://www.gastarife-online.de/> sitesindeki bilgiler ile Berlin için Gasag Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft firmasının Ocak 2007'den itibaren geçerli olan standart tarifesine göre yıllık 15001 kWh – 96000 kWh arası kullanım aralığı için 5,71 Avrocent/kWh, vergisi 24,99 Avro/ay [16], Essen için ise Stadtwerke Essen AG firmasının Ocak 2007'den itibaren geçerli olan standart tarifesine göre yıllık 4237 kWh – 500000 kWh arası kullanım aralığı için 6,64 Avrocent/kWh, vergisi 118,29 Avro/yıl olarak alınmıştır. Isı ihtiyacında artırım değeri 1.95 alınmıştır [17]. [18]

Çizelge 6.8 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider / Almanya

Yer	Artan Yıllık Elektrik Enerjisi (kWh)	Elektrik Enerjisinin Satışından Elde Edilebilecek Yıllık Gelir (€)	Kullanılan Yıllık Doğalgaz Miktarı (m ³)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (€)	Yıllık Toplam Gider (€)
Berlin	102341.4	15443,32	53622.7	28468,94	13025,62
Essen	89205.0	13345,07	46819.5	24713,51	11368,44

Çizelge 6.9 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider / Almanya

Yer	Yıllık Isı İhtiyacı (kWh)	Yıllık Isı İhtiyacı (Kayıplar Dâhil) (kWh)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (€)	Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Elektrik Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (€)	Yıllık Toplam Gider (€)
Berlin	92345.20	180073.13	10582,06	36500	5507,85	16089,91
Essen	82833.46	161525.25	10843,57	36500	5460,40	16303,97

Çizelge 6.10 Q = 47.75 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması / Almanya

Yer	MGT Kullanılmadığı Durumda Yıllık Toplam Gider (€)	MGT Kullanıldığı Durumda Yıllık Toplam Gider (€)	Kazanç (€)
Berlin	16089.91	13025,62	3064,29
Essen	16303.97	11368,44	4935,53

6.2.1.4 Sistemden Ölçülen Değerler Uyarınca Sistemin Kendini Geri Ödemesi

Yapılan hesaplamalar göstermiştir ki, ısı ihtiyacının arttığı bölgelerde sistem kendini ölçülen değerler ile amorte edememektedir. Bunun nedeni doğalgaz kullanım giderinin, elektrik satış gelirine karşılık gelememesidir. Ayrıca bazı bölgelerde geri ödeme süresi çok geçtir. Araştırılan bölgelerden 3. bölgede geri ödeme süresi yaklaşık 130 yıl, 2. bölgede ise yaklaşık 50 yıldır. Bu da sistemin uygun olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar göstermektedir ki, sistemin çalışma süresi arttıkça şebekeye elektrik satışının ve doğalgaz kullanımının artacağından, elektrik satış fiyatının sistemi karşılamadığı söylenebilir. Bu açıdan bakıldığında uygun görünmeyen sistem ısı değiştiricisinden gerekli ısı transferini istenilen ölçüde yapamamaktadır. Isı transferinin düzgün gerçekleşmemesi uygulanabilirliği büyük oranda etkilemektedir. Bu bulgular araştırmaların devamında daha açık görülecektir. Buna rağmen ısı ihtiyacının daha az olduğu yani sistemin daha kısa süre çalıştırılacağı bölgelerde verimlilik göstermektedir. Uygulanabilirlik hesapları verimliliğin yeterli olduğu bölgeler için yapılmıştır.

Sistemde kullanılacak mikrogaztürbini ve ısı değiştirici için yaklaşık fiyatlar alınmıştır. Alınan bu fiyatlara göre türbin fiyatı 39315 \$ ve ısı değiştirici 6000 \$'dır. Bu fiyatlara göre sistemin kurulumu 45315 \$ olarak tasarlanmıştır. Ayrıca bölgelerde gerekli kazan ihtiyacı en soğuk ay olan ocak ayları için yapılmış, buna göre gerekli kazan fiyatı alınmıştır. Hesaplamalarda dolar kuru 1,5 YTL, avro kuru ise 1,85 YTL olarak alınmıştır. Yurtdışı merkezleri için ise fiyatlar çapraz kurdan belirlenerek Dolar – Avro çapraz kuru 1 Avro = 1,3 ABD Doları olarak alınmıştır. [19]

Bu kabullere göre kojenerasyon sisteminin maliyeti 68000 YTL, 35000 € bulunmuştur. Kazan sisteminin fiyatları ISISAN firmasından, Buderus Logano Esnek Döküm Mavi Alev Brülörlü Villa Kalorifer Kazanı için, ısı ihtiyacına göre G 115 ve G 215 tipli kazan fiyatları, Man – Gaz GE 1.40 ve GE 1.65 tipli brülör fiyatları alınmıştır. Kazan sisteminin yaklaşık maliyeti ise ısı ihtiyacına göre 1. bölge ve İzmir için 7900 YTL, 2. ve 3. bölge için 9100 YTL, Antalya için 7700 YTL, İstanbul için 8100 YTL olarak, Berlin ve Essen için ise 4900 € alınmıştır.

Sistem geri ödemesi hesaplandığında, 1. bölge için yaklaşık 8 yıl, İzmir için 7,5 yıl, Antalya için 7 yıl, İstanbul için ise 18 yıl, Berlin için 10 yıl, Essen için ise 6 yıldır. Yurtdışı merkezlerde geri ödemenin kısa süreli olmasının nedeni elektrik birim fiyatının Türkiye'ye göre yüksek olmasıdır.

6.2.2 Teorik Değerler Uyarınca Uygulanabilirlik

Sistemin uygulanabilirliği teorik değerler üzerinden yapıldığında daha farklı sonuçlar elde edilmektedir. Eğer sistemden ısı transferi teorik olarak belirlenmiş düzeyde olursa, mikrogaztürbini daha kısa süre çalışarak istenilen ısıtmayı yapabilmektedir. Buna göre teorik uygulanabilirlik sistemden elde edilen ısı enerjisinin $Q = 60$ kW olduğu kabul edilerek yapılmıştır.

6.2.2.1 Teorik Değerler Uyarınca Elektrik İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği

Daha önce yapılan hesaplamalarda mikrogaztürbininin 4 saat 15 dakika çalışması sonucu elektrik ihtiyacını karşılayabildiği görülmüştür. Bu çalışma süresi sonucu, saatte 60 kW ısı enerjisi üretebilen sistemden günlük 264 kWh ısı enerjisi alınabilir. Buna göre mikrogaztürbini bu sürede çalıştırıldığında ayda 7920 kWh ısı enerjisi üretebilir.

6.2.2.2 Teorik Değerler Uyarınca Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbininin Yeterliliği

Isı ihtiyacına göre yeterlilik teorik değerler ile hesaplandığında, mikrogaztürbini ölçüm değerleri ile bulunan çalışma sürelerinden daha kısa sürede ısı ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bununla birlikte elektrik üretimi de düşmekte ve bazı durumlarda daha da yetersiz kalmaktadır. Sistemin en uzun çalıştığı ay olan ocak ayında Antalya'da günlük 10.36 kW, Atina'da 3.24 kW, Barselona'da 10.36 kW elektrik enerjisi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu hesaplamalar sonucu sistem $Q = 60$ kW ısı enerjisi ürettiğinde, şebekeden satın alınması gereken elektrik enerjisi daha fazla olmaktadır.

6.2.2.3 Teorik Değerler Uyarınca Sistemin Uygulanabilirlik Hesaplarının Yorumlanması

$Q = 60$ kW ısı enerjisi üretimi ile mikrogaztürbini ısı ihtiyacını ve elektrik ihtiyacı belli koşullar ile karşılayabilmekte ancak bazı dönemlerde yine yetersiz kalmaktadır. Çizelge 6.11'de elektrik yeterliliğine göre eksik kalan ısı ihtiyaçları, bu ihtiyacı karşılamak için gerekli olan kazan kapasitesi ve en fazla artabilen elektrik enerjisi miktarları belirtilmiştir. Burada görülen en iyi ısı yeterlilik durumu İzmir, Antalya, Atina ve Barselona'dır. Mikrogaztürbini sadece elektrik üreterek ısı ihtiyacını tamamen karşılayabilmektedir.

Çizelge 6.11 Q = 60 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı Enerjisinin Durumu

Yer	Elektrik Yeterliliğine Göre Karşılanamayan En Yüksek Isı Enerjisi Miktarı (kWh)	Elektrik Yeterliliğine Göre Gerekli En Düşük Kazan Kapasitesi (kWh/m ²)	Elektrik Yeterliliğine Göre En Fazla Artabilen Isı Enerjisi Miktarı (kWh)
1. Bölge	537.68	0.56	7920.00
2. Bölge	5690.75	5.93	7920.00
3. Bölge	7923.82	8.25	7920.00
4. Bölge	15233.67	15.87	7561.09
İzmir	0.00	0.00	7920.00
Antalya	0.00	0.00	7920.00
İstanbul	3365.52	3.51	7920.00
Ankara	9381.24	9.77	7920.00
Erzurum	19068.75	19.86	7920.00
Atina	0.00	0.00	7920.00
Roma	644.90	0.67	7920.00
Barselona	0.00	0.00	7920.00
Viyana	10167.33	10.59	7920.00
Paris	5579.49	5.81	7876.56
Berlin	8820.27	9.19	7876.56
Essen	6693.96	6.97	7779.18
Londra	5023.87	5.23	7160.70
Oslo	14219.21	14.81	7211.14
Helsinki	17150.81	17.87	7307.76

Isı ihtiyacının Q = 60 kW ile giderildiği durumlarda eksik kalan ya da fazla gelen elektrik enerjisi miktarları ise maksimum değerler ile çizelge 6.12’te belirtilmiştir. Burada mikrogaztürbini ile ısıtma yapıldığında Antalya, Atina ve Barselona’da elektrik üretim artışı olmamaktadır.

Çizelge 6.12 Q = 60 kW İçin Isı Yeterliliğine Göre Elektrik Enerjisinin Durumu

Yer	Isı Yeterliliğine Göre En Fazla Artabilen Elektrik Enerjisi Miktarı (kWh)	Isı Yeterliliğine Göre Karşılanamayan En Yüksek Elektrik Enerjisi Miktarı (kWh)
1. Bölge	15.59	100.00
2. Bölge	86.01	100.00
3. Bölge	116.53	100.00
4. Bölge	216.43	95.09
İzmir	6.84	100.00
Antalya	0.00	100.00
İstanbul	54.24	100.00
Ankara	136.45	100.00
Erzurum	268.85	100.00
Atina	0.00	100.00
Roma	17.05	100.00
Barselona	0.00	100.00
Viyana	147.19	100.00
Paris	84.49	99.41
Berlin	128.78	99.41
Essen	99.72	98.08
Londra	76.90	89.62
Oslo	202.57	90.31
Helsinki	242.63	91.63

Mikrogaztürbininin çalıştırılma süreleri daha önceden hesaplanmış süreleri, kayıplar ve tam süre çalıştırmasına göre tekrar düzenlenmiş ve ısıtılacak bölgelerde çalışma süreleri çizelge 3.13'deki gibi kabul edilmiştir. Antalya'da ocak ayında giderilemeyen 10.36 kW elektrik gereksinimi bu kabuller ile giderilebilmekte ve dışarıdan elektrik alımı gerekmemektedir.

Çizelge 6.13 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbininin Ocak Ayı Isı Yeterliliği İçin Belirlenen Çalışma Süreleri, Artan Elektrik Enerjisi Miktarları ve Kullanılan Doğalgaz Miktarları

Yer	MGT'nin Isı İhtiyacı İçin Aylık Çalışma Süreleri			Kabul Edilen Aylık Çalışma Süreleri		Üretilen Aylık Elektrik Enerjisi Miktarı	Üretilen Yıllık Elektrik Enerjisi	Artan Yıllık Elektrik Enerjisi	Kullanılan Aylık Doğalgaz Miktarı	Kullanılan Yıllık Doğalgaz Miktarı
	h	min	s	h	min	kWh	kWh	kWh	m ³	m ³
1. Bölge	140	57	36	141		3468.60	41623.2	40423.2	1796.34	21556.1
2. Bölge	226	51	0	227		5584.20	67010.4	65810.4	2891.98	34703.8
3. Bölge	264	3	36	264	15	6500.55	78006.6	76806.6	3366.55	40398.5
4. Bölge	385	53	24	386		9495.60	113947.2	112747.2	4917.64	59011.7
İzmir	130	18	0	130	30	3210.30	38523.6	37323.6	1662.57	19950.8
Antalya	109	19	12	110		2706.00	32472.0	31272.0	1401.4	16816.8
İstanbul	188	5	24	188	15	4630.95	55571.4	54371.4	2398.31	28779.7
Ankara	288	21	0	288	30	7097.10	85165.2	83965.2	3675.49	44105.9
Erzurum	449	48	36	450	15	11076.15	132913.8	131713.8	5736.19	68834.2
Atina	118	0	0	118		2902.80	34833.6	33633.6	1503.32	18039.8
Roma	142	45	0	142	45	3511.65	42139.8	40939.8	1818.64	21823.6
Barselona	109	19	12	109	30	2693.70	32324.4	31124.4	1395.03	16740.4
Viyana	301	27	36	301	30	7416.90	89002.8	87802.8	3841.11	46093.3
Paris	224	59	24	225		5535.00	66420.0	65220.0	2866.5	34398.0
Berlin	279	0	0	279		6863.40	82360.8	81160.8	3554.46	42653.5
Essen	243	34	12	243	45	5996.25	71955.0	70755.0	3105.38	37264.5
Londra	215	43	48	215	45	5307.45	63689.4	62489.4	2748.66	32983.9
Oslo	368	59	24	367		9028.20	108338.4	107138.4	4675.58	56107.0
Helsinki	417	51	0	418		10282.80	123393.6	122193.6	5325.32	63903.8

Türkiye ve Almanya için fiyatlandırmalar ve artırımlar mikrogaztürbininin ölçülen değerleri ile yeterlilik hesaplarının yapıldığı şekilde yapılmış, aynı birim fiyatlar kullanılmıştır. Bu fiyatlar uyarınca sistemin yeni getiri ve götürü değerleri bulunmuştur.

Çizelge 6.14 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider

Yer	Artan Yıllık Elektrik Enerjisi (kWh)	Elektrik Enerjisinin Satışından Elde Edilebilecek Yıllık Gelir (YTL)	Kullanılan Yıllık Doğalgaz Miktarı (m ³)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (YTL)	Yıllık Toplam Gider (YTL)
1. Bölge	40423.2	3690,64	21556.1	10937,19	7246,55
2. Bölge	65810.4	6008,49	34703.8	21450,00	15441,51
3. Bölge	76806.6	7012,44	40398.5	24867,30	17854,85
4. Bölge	112747.2	10293,82	59011.7	36324,60	26030,78
İzmir	37323.6	3407,64	19950.8	10122,72	6715,07
Antalya	31272.0	2855,13	16816.8	8532,56	5677,42
İstanbul	54371.4	4964,11	28779.7	17788,38	12824,27
Ankara	83965.2	7666,02	44105.9	27149,35	19483,32
Erzurum	131713.8	12025,47	68834.2	42370,86	30345,39

Çizelge 6.15 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider

Yer	Yıllık Isı İhtiyacı (kWh)	Yıllık Isı İhtiyacı (Kayıplar Dahil) (kWh)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (YTL)	Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Elektrik Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (YTL)	Yıllık Toplam Gider (YTL)
1. Bölge	31442.08	61312.05	2923,75	36500	13760,87	16684,61
2. Bölge	59970.77	116943.00	6793,38	36500	13760,87	20554,25
3. Bölge	80700.62	157366.21	9104,01	36500	13760,87	22864,87
4. Bölge	132514.72	258403.71	14949,27	36500	13760,87	28710,13
İzmir	28841.46	56240.86	2681,92	36500	13760,87	16442,79
Antalya	23775.89	46362.99	2210,88	36500	13760,87	15971,75
İstanbul	49770.80	97053.05	5637,95	36500	13760,87	19398,81
Ankara	75930.00	148063.49	8565,83	36500	13760,87	22326,69
Erzurum	138192.64	269475.64	15589,81	36500	13760,87	29350,67

Çizelge 6.16 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması

Yer	MGT Kullanılmadığı Durumda Yıllık Toplam Gider (YTL)	MGT Kullanıldığı Durumda Yıllık Toplam Gider (YTL)	Kazanç (YTL)
1. Bölge	16684,61	7246,55	9438,06
2. Bölge	20554,25	15441,51	5112,73
3. Bölge	22864,87	17854,85	5010,02
4. Bölge	28710,13	26030,78	2679,35
İzmir	16442,79	6715,07	9727,71
Antalya	15971,75	5677,42	10294,32
İstanbul	19398,81	12824,27	6574,54
Ankara	22326,69	19483,32	2843,37
Erzurum	29350,67	30345,39	-994,72

Çizelge 6.17 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanıldığında Yıllık Toplam Gider / Almanya

Yer	Artan Yıllık Elektrik Enerjisi (kWh)	Elektrik Enerjisinin Satışından Elde Edilebilecek Yıllık Gelir (€)	Kullanılan Yıllık Doğalgaz Miktarı (m ³)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (€)	Yıllık Toplam Gider (€)
Berlin	81160.8	12247,16	42653.5	22706,63	10459,46
Essen	70755.0	10584,95	37264.5	19694,08	9109,13

Çizelge 6.18 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sistemi Kullanılmadığında Yıllık Toplam Gider / Almanya

Yer	Yıllık Isı İhtiyacı (kWh)	Yıllık Isı İhtiyacı (Kayıplar Dâhil) (kWh)	Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (€)	Yıllık Elektrik Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Elektrik Kullanımından Kaynaklanan Yıllık Gider (€)	Yıllık Toplam Gider (€)
Berlin	92345.20	180073.13	10582,06	36500	5507,85	16089,91
Essen	82833.46	161525.25	10843,57	36500	5460,40	16303,97

Çizelge 6.19 Q = 60 kW İçin Mikrogaztürbinli Kojenerasyon Sisteminin Kullanılıp Kullanılmamasının Ekonomik Karşılaştırması / Almanya

Yer	MGT Kullanılmadığı Durumda Yıllık Toplam Gider (€)	MGT Kullanıldığı Durumda Yıllık Toplam Gider (€)	Kazanç (€)
Berlin	16089,91	10459,46	5630,44
Essen	16303,97	9109,13	7194,84

6.2.2.4 Teorik Değerler Uyarınca Sistemin Kendini Geri Ödemesi

Teorik değerler ile yapılan hesaplamalar göstermiştir ki, mikrogaztürbini kendisini teorik değerler ile daha çabuk amorte edebilmektedir. Böylece sistemin teorik değerlere getirilmesi, ısı transferinin daha iyi yapılabilmesi gerekmektedir. Ancak Erzurum’da bu uygulanabilirlik geçerli değildir. Capstone C 30 mikrogaztürbini Erzurum gibi çok soğuk bölgelerde yeterli gelmemekte, daha büyük bir türbin ihtiyacı görülmektedir. Bundan dolayı Capstone C 30 mikrogaztürbininin uygulanabilirlik hesapları Erzurum için araştırılmamıştır.

Fiyatlar ölçülen değerler uyarınca alınan fiyatlar ile aynı alınmış, uygulanabilirliğin bulunduğu yeni merkezler için aynı yollar ile bulunmuştur.

Teorik değerlere göre, sistem geri ödemesi hesaplandığında, 1. bölge için yaklaşık 6.5 yıl, 2. bölge için yaklaşık 12 yıl, 3. bölge için yaklaşık 12 yıl, 4. bölge için yaklaşık 22 yıl, İzmir için 6 yıl, Antalya için 6 yıl, İstanbul için ise 9 yıl, Ankara için yaklaşık 21 yıl, Berlin için 5.5 yıl, Essen için ise 4 yıldır. Yurtdışı merkezlerde geri ödemenin kısa süreli olmasının nedeni elektrik birim fiyatının Türkiye’ye göre yüksek olmasıdır.

6.3 Isı Değiştiricisi Üzerinde Yapılan İncelemeler

Isı değiştiricisinin ölçümler sonucu yapılan işlemlerinden çıkarılan sonuçlarda, firmanın montaj öncesi yapmış olduğu tasarımın, belirtilen değerler içerisinde olduğu görülmüş, sadece ısı transfer alanını büyütmenin uzun vadede bir çözüm olmama riskine karşın ısı değiştiricisinin sökülmesine ve incelenmesine karar verilmiştir.

6.3.1 Isı Değiştiricisinin Demontajı ve İçerisinde Bulunanlar

Borulu lamelli ısı değiştiricisi, sistemden sökülerek içi açılmış ve incelenmiştir. Isı değiştiricisi açıldığında lamel yüzeylerinin hem giriş hem de çıkış taraflarında büyük oranda malzeme birikimi olduğu fark edilmiştir. Ayrıca ısıtılacak suyun aktığı boruların bağlantılarında da malzeme birikimi fark edilmiştir. Bu durum ısı transferinin neden gerektiği kadar olamadığının göstergesidir. Birikimlerin devam etme ihtimali olduğundan ısı değiştiricisinin alanının büyütülmesi ya da farklı konstrüksiyonda bir ısı değiştiricisi tasarımına gidilmesi uzun vadede bir çözüm değildir. Birikimler zamanla artacağından, bu ısı değiştiricisi ile çalışmak da bir çözüm getirmeyeceği gibi zamanla ısı transferi daha da azalacaktır.



Resim 6.4 Isı Değiştiricisinin Kapalı Hali



Resim 6.5 Isı Değiştiricisinin Açık Hali



Resim 6.6 ve Resim 6.7 Transfer Alanı Dışında Madde Birikimi



Resim 6.8 ve Resim 6.9 Boru Yüzeyleri



Resim 6.10 ve Resim 6.11 Gaz Giriş Yüzeyi



Resim 6.12 ve Resim 6.13 Gaz Çıkış Yüzeyi

6.3.2 Biriken Maddelerin Analiz Süreçleri

Isı değiştiricisi yüzeyine birikmiş bu maddeler yeşil ve siyah renkte olduğundan ilk olarak bu maddelerin, ısı değiştiricisi malzemesi olan bakırın oksitlenmesinden ortaya çıkan bakır oksit olabileceği düşünölmüştür. Bu kararı kesinleştirmek için maddelere yakma deneyi uygulanmıştır.

6.3.2.1 Yakma Deneyi

Isı değiştiricisi yüzeyinden alınan malzemenin bir kısmı cam tüp içine konulmuş, 10 dakika süre ile cam tüp ısıtılmıştır. Daha sonra ısı alışverişi hiç kesilmeden 30 dakika daha bekletilmif ve iğerideki malzemenin yanması beklenmiştir. Malzeme yandıktan sonra görölen durum tam olarak malzemenin bakır olduğuna karar verilememiştir. Isı değiştiricisinden alınan malzemenin bakır oksit olması durumunda, resimdeki gibi bir durum gözlenmesi gerekmektedir. Ancak deney sonucunda bu durum tam olarak elde edilememiş ve alınan malzemelerin laboratuara gönderilmesine karar verilmiştir.



Resim 6.15 Yakma Deneyi



Resim 6.16 Yakma Deneyinden Beklenen Sonuçlar [20]

6.3.2.2 Laboratuvar Testi ve Test Sonuçları

Isı değiştiricisinden alınan malzeme örnekleri LUB GmBh Laboratuvarı'nda, Dr. R. Diekman tarafından test edilmiş ve aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Çizelge 6.20 Isı Değiştiricisi Üzerinden Alınan Maddelerin Analiz Sonuçları

Bulgular	Isı Değiştiricisinin Giriş Yüzeyinden Alınan Örnekler (Kütle Olarak %)	Isı Değiştiricisinin Çıkış Yüzeyinden Alınan Örnekler (Kütle Olarak %)
Alüminyum (Al)	0,12	0,016
Krom (Cr)	6,26	1,73
Demir (Fe)	0,59	0,30
Bakır (Cu)	38,87	22,42
Sodyum (Na)	5,26	6,14
Kükürt (S)	10,25	11,12

Bu değerler incelendiğinde yüzeyde biriken malzemenin bakır oksit olduğu açıkça görölmektedir. Bulunan alüminyum, krom ve demir elementlerin varlığı, gazın geçtiği yoldaki metal aşınmasından, bakırın varlığı, ısı değiştiricisi yüzeyinin korozyonundan ve kükürtün varlığı ise, doğalgazın yanması sonucu atık gaz içerisinde kükürt oluşmasından kaynaklıdır. Ancak elde edilen bu verilerde sodyum elementinin varlığının bir açıklaması yoktur. Gaz, ısı değiştiricisine gelene kadar, bilinebilen kadarı ile sodyum ile temas etmemektedir. Bundan dolayı öncelikle ısı değiştiricisinde bir sızıntı olduğu düşünölmüş ve sodyumun sızan sudan geldiği düşünölmüşür. Bu sızıntının bulunabilmesi için ısı değiştiricisine basınçlı hava testi yapılmasına karar verilmiştir. Bu testin sonucunda ısı değiştiricisinin boru dış yüzeyine, boru içlerinden bir su sızıntısı olup olmadığı görölecek ve varsa bu delik kapatılacaktır.

6.3.3 Isı Değiştiricisine Uygulanan Basınçlı Hava Testi

Isı değiştiricisinin su sızıntısı olup olmadığına bakmak için tasarlanan bu deneyde, ısı değiştiricisi büyük bir su tankının içine yerleştirilmiştir. Isı değiştiricisinin giriş suyu borusu kör tıpa ile kapatılıp, çıkış borusu ise kompresöre bağlanmıştır. Tankın içine yerleştirilen ısı değiştiricisine sıra ile 6 bar, 7 bar ve yaklaşık 8 bar basınçlı hava verilmiştir. Ancak ısı değiştiricisinden bir hava çıkışı gözlenmemiştir. Çıkış borusuna bağlanan kompresörün verdiği hava basıncı sürekli olarak bir manometre tarafından kontrol edilmiştir.

Deney sonucunda, ısı değiştiricisinde herhangi bir delik olmadığı görölmüş, biriken

sodyumun ısı değiştiricisindeki bir su kaçağından kaynaklanmadığı fark edilmiştir. Bu durum değiştiriciye gelen yanmış gazın sodyum taşıdığına göstermekte ancak sodyumun nereden geldiği açıklanamamaktadır.



Resim 6.17 ve Resim 6.18 Basınç Testi Sırasında Isı Değiştiricisi

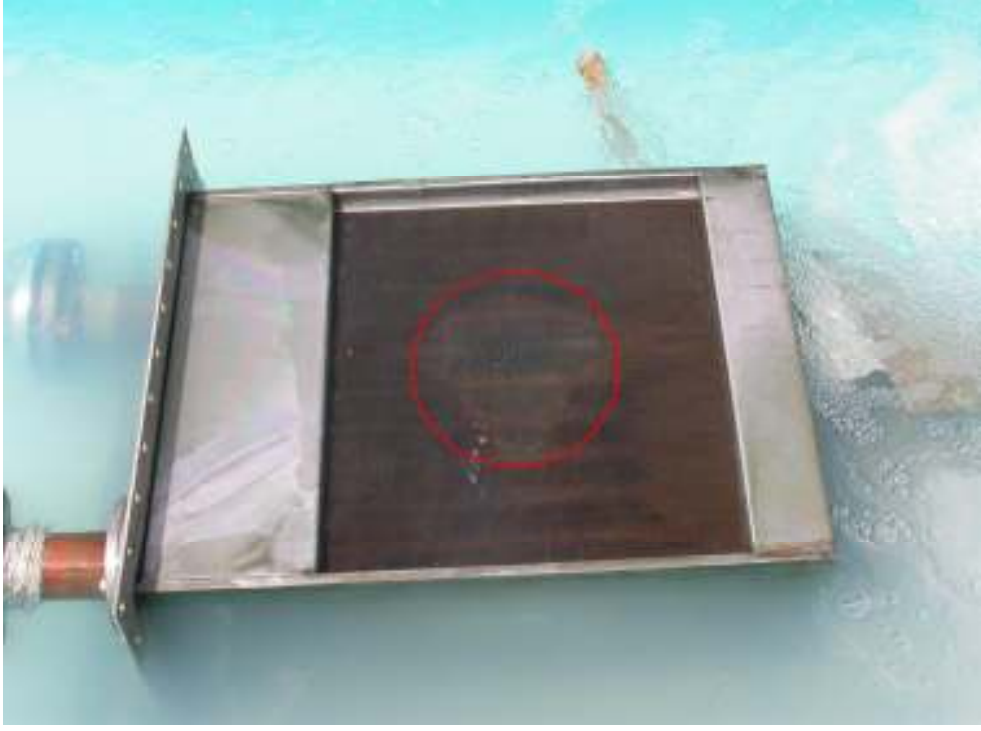


Resim 6.19 Basınç Testi Sırasında Isı Değiştiricisine Takılan Manometrenin Durumu

Basıncılı Hava Testi Sonrası Isı Değiştiricisinin Dış Yüzeyinde Yapılan İncelemeler

Isı değiştiricisi su tankından çıkarıldıktan sonra yapılan incelemede, gazın giriş ve çıkış yaptığı lamellerin üzerindeki malzeme birikimi tamamen temizlenmiştir. Bu arındırma işleminden sonra lamel yüzeylerinde gaz izleri olduğu görülmüştür. Bu izler göstermektedir ki; gaz, lamellerin sadece belli bir yüzeyinden yoğun bir şekilde geçebilmektedir. İstenildiği gibi lamellerin aralarında süzölüp, bütün bir ısı değiştiricisine dağılmamakta ve istenildiği gibi düzgün bir ısı transferi yapamamaktadır. İzlerin görüldüğü lamel bölgesi yanmış gazın değiştiriciye geliş bölgesine denk gelmektedir. Ayrıca gazın çıkış yüzeyinde de aynı bölgede iz olması, gazın ısı değiştiricisinin iç bölgelerinde yayılma yapmadığının bir göstergesidir.

Bütün bu bulgular değerlendirildiğinde, türbinden çıkıp değiştiriciye gelen yanmış gazın olması gerekenden çok daha hızlı olduğu fark edilmektedir ve ısı değiştiricisinin yüzey alanının büyütülme girişimlerinden önce, ısı değiştiricisine gelen gazın, değiştirici içerisinde daha düzgün yayılmansın sağlanması gerektiğine karar verilmiştir.



Resim 6.14 Isı Değiştiricisini Gaz Giriş Bölgesindeki Gaz İzi

6.3.4 Gaz Hareketinin Değiştirilmeye Çalışılması

Ölçüm ve testler sonucu elde edilen bulguların incelenmesi ile varılan karar, ısı değiştiricisine gelen yanmış gazın çok hızlı olduğu ve bu hızdan dolayı ısı değiştiricisinin içerisinde yeterince dolaşmadığıdır. Bundan dolayı da istenilen ve olabilecek kadar ısı transferinin gerçekleştirilemediğidir. Gaz hızı ya da gaz miktarı gibi değerler, mikrogaztürbini üreticisinin belirlediği doğrultudadır ve bu değerler, hem sistemin kompaktlığından hem de sisteme müdahale yapılamayacağından değiştirilemezler. Ayrıca sistemin kurulduğu yerde, gaz hızının yavaşlatılması için, mikrogaztürbini ve ısı değiştiricisi arasındaki bacanın şekli ve uzunluğu da değiştirilememektedir. Bütün bu durumlardan dolayı, yanmış gazın ısı değiştiricisine girmeden önce izlediği yolun üzerine gazın yönünü değiştirecek bir nozul konulmasına karar verilmiştir. Bu nozulun, daire şeklinde ve paslanmaz çelikten yapılmasına karar verilmiş, boyutlarının belirlenmesi için ise ısı değiştiricisinin üzerindeki gazın yakma izleri ölçülmüştür. Ölçüm sonucuna göre gazın değiştirici üzerinde yaktığı alanın çapı

yaklaşık,

$D = 131 \text{ mm}$ 'dir.

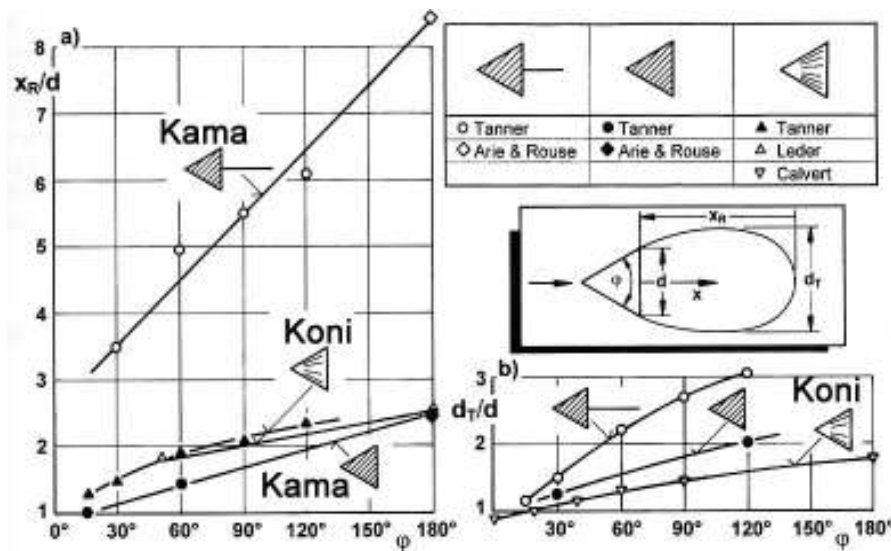
Bu değer göstermektedir ki, gaz mikrogaztürbininden çıktığı andaki boyutlardan genişleyememiştir. Sonuç olarak bu durum, gaz hızı ile ilgili yapılan yorumu güçlendirmektedir.

Hazırlanacak nozulun, ortalama değerlerde olması istendiğinden ve gazın nozulun hem sağ hem de sol tarafından hareket etmesi istendiğinden, nozul çapı bu değerlerin 1/3'ü seçilmiştir. Buna göre hazırlanacak nozul çapı,

$d = 43,66 \text{ mm}$ bulunmuş ancak bu değer yaklaşık olarak, $d \approx 40 \text{ mm}$ alınmıştır.

Nozulun yerleştirilmesi ile ortaya çıkacak en önemli sorun, nozulun hemen altındaki bölgeye, gazın hareket prensibi doğrultusunda bir gaz akışı olmayacağı ve bu bölgenin ölü bölge olarak kalacak olmasıdır. Ölü bölgenin ısı değiştiricisi içerisinde olması, ısı transferini engelleyeceğinden, nozulun akışkan yolunun belli bir bölgesine yerleştirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde nozul üzerinden oluşacak her tür gaz akışı, ısı transferini arttıracak tarzda olmakla birlikte, ölü bölge hazırlayarak da aynı ısı transferini olumsuz yönde etkileyecektir.

Ölü bölgenin ısı değiştiricisini işgal etmemesi için bazı diyagramlar kullanılmıştır ve bu diyagramlara bağlı formüller ile nozulun ısı değiştiriciden olan uzaklığı ile ölü bölgenin yaklaşık ölçüleri bulunmuştur. (HUCHO, W – H., 2002)



Şekil 6.1 Nozul Hesaplamasında Kullanılan Diyagramlar

Burada, değerler koni için, $\varphi = 180^\circ$ için okunmuştur. Böylece gaz yoluna konulacak daire şeklindeki nozulun şekli elde edilmektedir. Buradan okunan değerlere göre konulacak nozulun ısı değiştiricisinden yüksekliği;

$$\frac{X_R}{d} = 2,5 \quad (6.26)$$

olmalıdır.

Bu durumda minimum X_R yüksekliği;

$X_R = 100$ mm olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değerin ısı değiştiricisi sınırı olduğu düşünülürse, X_R değeri daha yüksek alınmalıdır.

Ayrıca nozul konulması nedeni ile oluşacak l bölgenin genişliği de hesaplanmıştır. Buna göre;

$$\frac{d_T}{d} = 1,8 \quad (6.27)$$

formülü ile $\varphi = 180^\circ$ bir koni için;

$d_T = 72$ mm olarak bulunmuştur.

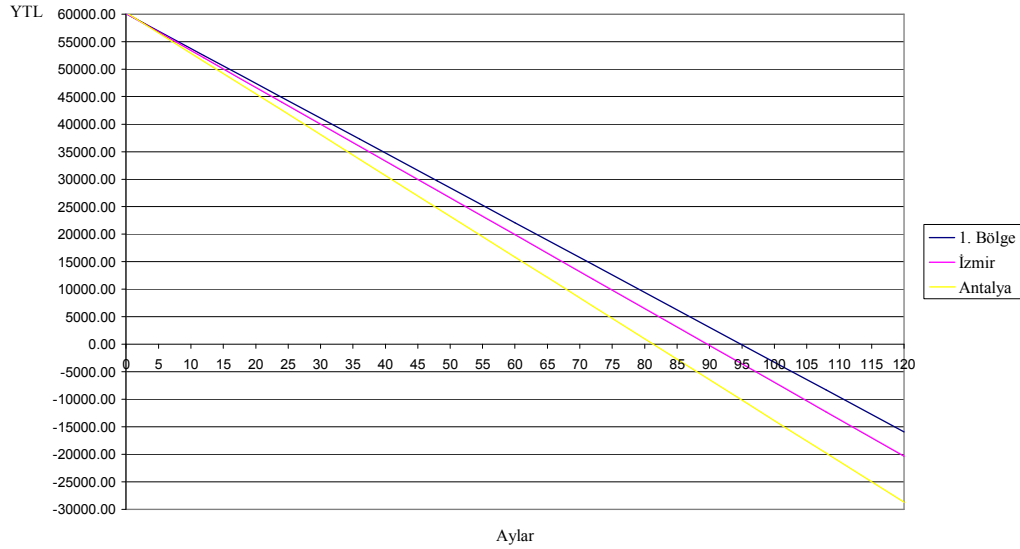
Hesaplamalar göstermiştir ki; çapı 40 mm'lik daire biçiminde, paslanmaz çelikten bir nozul, mikrogaztürbininden çıkan atık gazın ısı değiştiricisine girmesine en az 100 mm kala konulmalı, bacaya göre ortalanmalı ve gaz akışını yaymalıdır.

7. SONUÇ

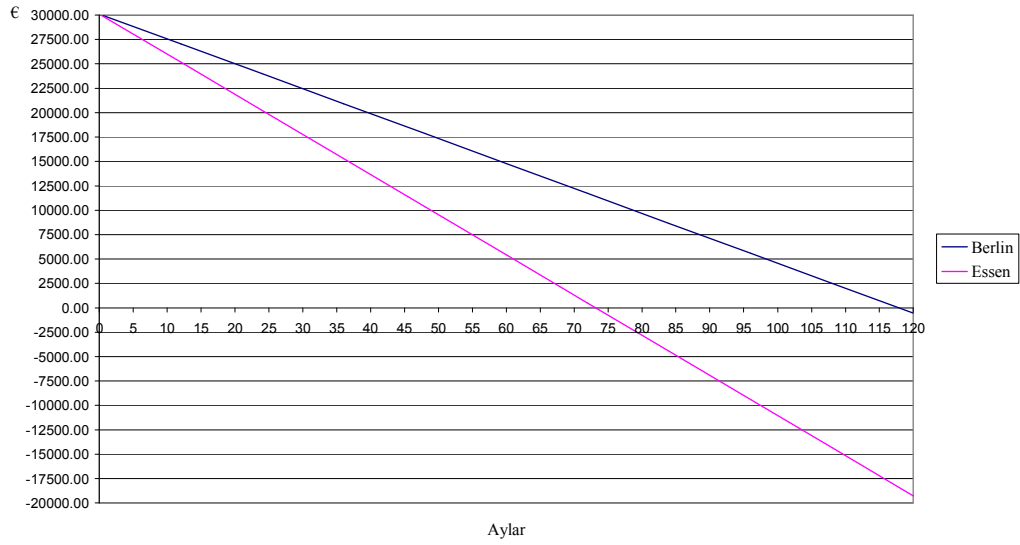
Mikrogaztürbinli kojenerasyon sistemleri, hem elektrik hem de ısı enerjisi üretiminde, gelişimi sürdürülmesi gereken bir teknolojidir.

Ölçümler sonucu yapılan hesaplamalarda görülmüştür ki $P_{el} = 24.6$ kW ve $Q = 60$ kW enerji üretimi ile sistem günde 4 saat 15 dakika çalıştırılarak yaklaşık 3000 m³ hacimli bir konutun elektrik enerjisi gereksinimini karşılayabilir. Bunun yanında ısı kaybının yüksek olmadığı, Akdeniz ikliminin bulunduğu bölgelerde ortalama günde 4 saat çalıştırılarak yıllık ısı ihtiyacı karşılanabilir. Daha soğuk bölgelerde bu süre arttırılarak ısıtma yapılabilir. Ancak ısı ihtiyacının çok fazla olduğu bölgelerde elektrik geri satımından elde edilecek gelir, doğalgaz giderini karşılayamadığı için sistem kar getirmemektedir. Bunun yanında bazı bölgelerde sistemin geri ödemesi çok uzun vadede olduğu için sistemin uygulanabilirliğinden bahsedilemez. Isıtma ihtiyacının az olduğu bölgelerde sistemin uygulanabilirliği vardır ve sistem kendini ortalama 10 sene geri ödeyebilir. Almanya’da ise geri ödeme süreleri bölgenin soğuk olmasına rağmen daha kısadır. Bunun nedeni elektrik birim fiyatlarının doğalgaza oranla daha yüksek olmasıdır.

Şekil 7.1 Q = 47.75 kW ile 1. Bölge, İzmir ve Antalya İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri

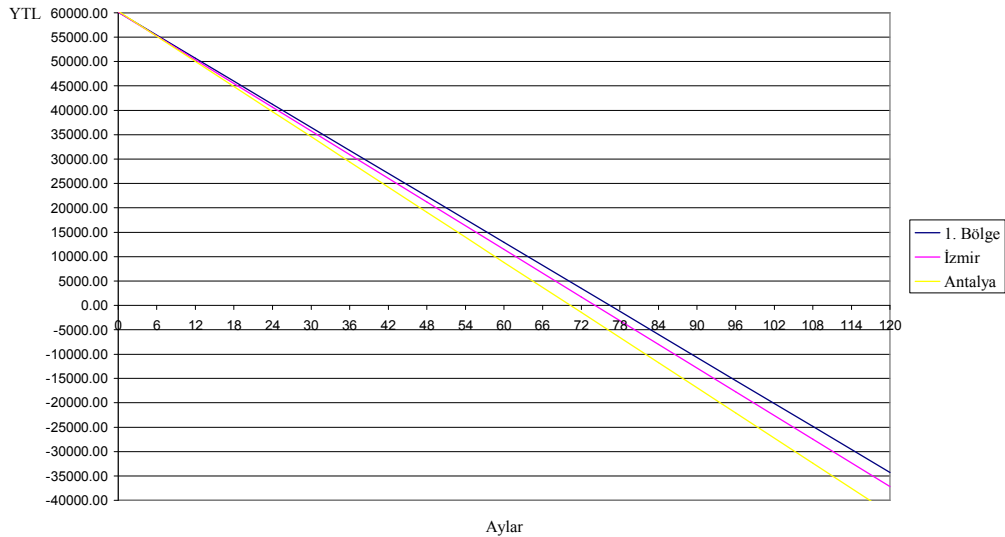


Şekil 7.2 Q=47.75 kW ile Berlin ve Essen İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri

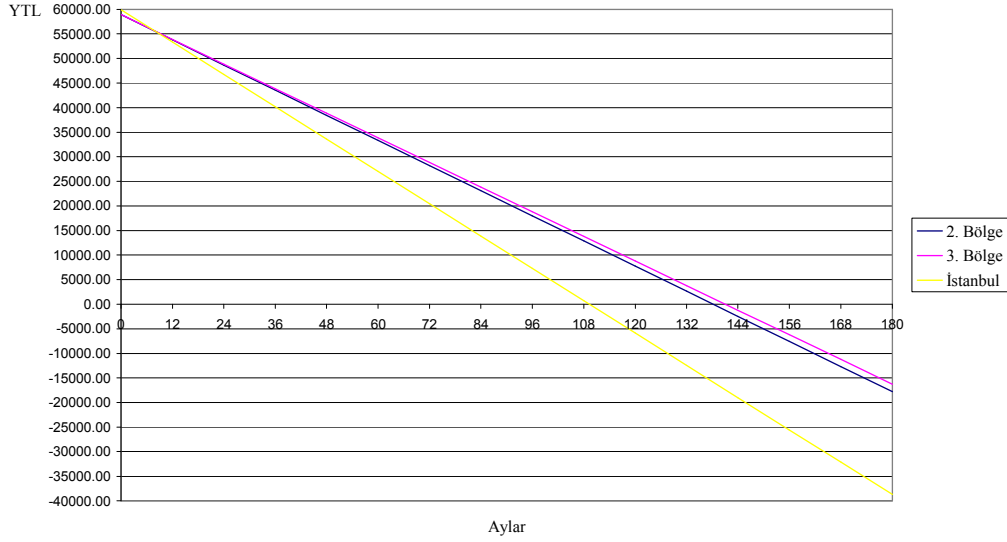


İncelenen bu kojenerasyon sisteminin araştırmalarında ısı değiştiricisinin d¼zg¼n çalışmadığı g¼r¼lm¼řt¼r. Sistemin d¼zg¼n çalıştığı d¼ř¼n¼ld¼ę¼nde uygulanabilirlik durumu değişmektedir. Bu duruma g¼re mikrogazt¼rbinli kojenerasyon sistemi aşırı soğuk b¼lgelerin dışında birçok b¼lgede uygunluk g¼stermektedir. Isıtma ihtiyacının az olduğu b¼lgelerde sistem kendini kısa s¼rede amorte edebilmektedir. Elektrik ¼retimi $P_{el} = 24.6$ kW ve $Q = 60$ kW için sistem ısı ihtiyacını karşılanmakta ve kısa s¼rede kendini geri ¼deyebilmektedir. Sıcak b¼lgelerde sistem kendini yaklaşık 6 senede geri ¼deyebilirken, daha soğuk olan b¼lgelerde ise bu s¼re 10 seneye çıkmaktadır. Çok soğuk b¼lgelerde ise t¼rbinin harcadığı doğalgaz gideri elektrik giderini karşılayamamakta ve Capstone C 30 mikrogazt¼rbini yeterli gelmemektedir.

Şekil 7.3 Q=60 kW ile 1. B¼lge, İzmir ve Antalya İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri

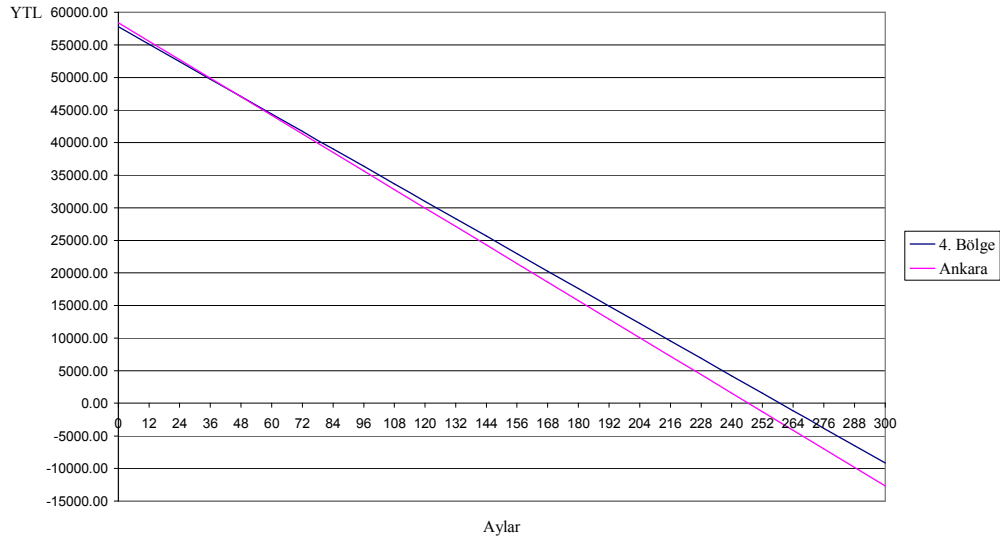


Şekil 7.4 Q=60 kW ile 2. Bölge, 3. Bölge ve İstanbul İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri



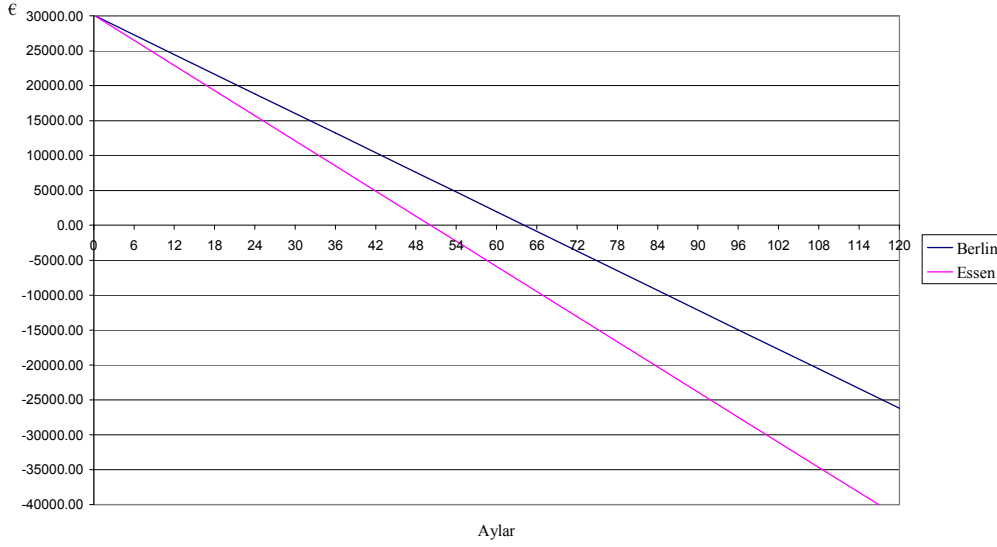
Soğuk bölgelerdeki bu geri ödeme süresi gecikmesinin nedeni ise sistemin kullandığı doğalgazın çalıtma süresi uyarınca artarak elektrik satışında çok daha fazla olmasıdır.

Şekil 7.5 Q=60 kW ile 4. Bölge ve Ankara İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri



Avrupa'da geri ödeme süresi daha da kısa olabilmektedir. Bunun nedeni diğer uygulanabilirlik hesabında olduğu gibi elektrik birim fiyatlarının doğalgaz birim fiyatlarına göre çok yüksek olmasıdır.

Şekil 7.6 Q=60 kW ile Berlin ve Essen İçin Sistemin Geri Ödeme Süreleri



Araştırmanın yapıldığı sistemde, mikrogaztürbininden çıkan yanmış gazın taşıdığı sodyumun nereden geldiği açıklanamamış ve mikrogaztürbininin bir sırrı olarak kalmıştır. Sistem 2 sene süresince yaklaşık 8000 saat çalıştırılmıştır. Bu kirletici madde birikiminin açıklanamamasında dolayı sistem için 8000 saatlik çalışma için temizleme gerekir. Bütün bunların yanında gazın çok hızlı olması ve kurulu halde olan sistemde bir yer değişikliği söz konusu olmamasından dolayı ısı değiştiricisinin yeri değiştirilemediğinden, gaz hareketine müdahale edilmeye çalışılmıştır. Ancak sistemin diğer kurulumlarında bu durumun göz önünde bulundurulmalı ve türbin çıkışından sonra ısı değiştiricisi ile mikrogaztürbini arasındaki yolun tasarımına dikkat edilmelidir.

Biyogaz yakıtı, atığı kullanma açısından hammadde maliyeti düşük ancak üretim maliyeti düşük olmayan bir yakıttır. Ancak üretim sonrası oluşan enerjinin, kendi üretim enerjisini sağlaması ve elde kalan enerjinin de maliyetin üzerinde getiri sağlaması bu yakıtın, düşük verimde olmasına karşın kullanılabilirliğini göstermektedir. Ayrıca biyogaz, tükenmez enerji kaynaklarında biridir ve atıkların değerlendirilmesi konusunda da faydalıdır. Bu yeni yakıt teknolojisi, mikrogaztürbinlerinde kullanılabilirliğini göstermektedir. Ama son sonuçlar elde edilmemiş ve kesin değerler bilinmemektedir.

KAYNAKLAR

- ALİBAŞ, K. : “Biyogaz Üretimi ve Sistemleri” Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi. Bildiri Kitabı (2004)
- BOUVY, C., KUPERJANS, I.: “Mikro-Gasturbinen: Eine neue Technologie zur Kraft-Wärme-Kopplung in kleinen und mittleren Unternehmen ?” Expertenforum Entwicklungslinien der Energietechnik, Themengebiet Rationelle Energieverwendung (2004)
- ÇAKIR, D.: “Untersuchung eines Wärmeaustauschers an einer Kraft-Wärme-Kooplung mit einer Mikrogasturbine” Untersuchung der Masterarbeit, Fachhochschule Gelsenkirchen (2006)
- EKREN, N., YILMAZ Ö.: “Kojenerasyon Teknolojisi”, 3 E Dergisi (2004)
- HUCHO, W – H.: “Aerodynamik der stumpfen Körper” Vieweg Verlag (2002)
- INCROPERA, F. P., DEWITT, D. P.: “Fundamentals of Heat and Mass Transfer” Amazon-Preis (2001)
- İNALLI, M., YÜCEL H. L., IŞIK E.: “Kojenerasyon Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Uygulanabilirliği” II. GAP ve Sanayi Kongresi Bildiriler Kitabı (2002)
- MÜLLER, J.: “Mikrogasturbine – Alternative zum herkömmlichen BHKW ? Technik und zukünftige Chancen” Institute für Solar Energieversorgungstechnik Universität Kassel (2004)
- ÖZTÜRK, M.: “Havyan Gübresinden Biyogaz Üretimi” Çevre ve Orman Bakanlığı (2005)
- RIEDEL, B.: “Aufbau, Integration und Beurteilung einer Mikrogasturbinenanlage” Diplomarbeit Fachhochschule Gelsenkirchen (2004)
- SCHIMD, J., KRAUTKREMET, B., MÜLLER, J.: “Biogas-powered Micro-Gas-Turbine Firsr Results” Institut für Solar Energieversorgungstechnik Universität Kassel (2005)
- VDI – WÄRMEATLAS: Springer – Verlag 10. Auflage (2006)
- WAGNER, W.: “Wärmeübertragung” Vogel Verlag (2004)

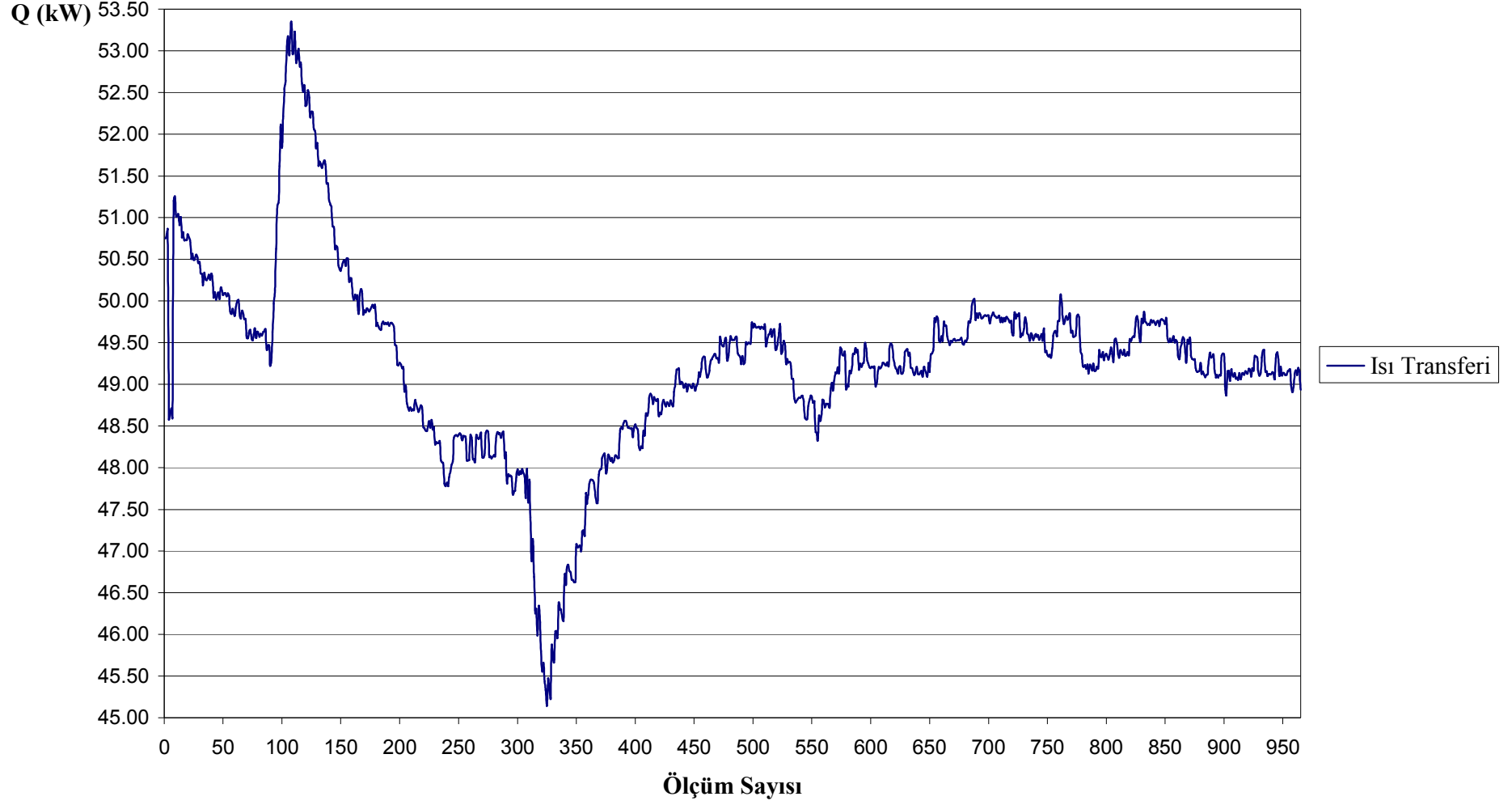
INTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.energynet.de>
- [2] TÜRKİYE KOJENERASYON DERNEĞİ: <http://www.kojenerasyon.com>
- [3] CAPSTONE: <http://www.microturbine.com>
- [4] FACO: <http://www.faco.it>
- [5] GAZİ ÜNİVERSİTESİ: http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji/biogaz.htm:
Biyogaz Enerjisi
- [6] KARAOSMANOĞLU, F.: <http://www.biyogaz.com>
- [7] ELEKTRİK İŞLERİ ETÜD İDARESİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ: Biyogaz Enerjisi
Çalışmaları, <http://www.eie.gov.tr>
- [8] TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI: <http://www.mmo.org.tr/mmo/isiyal.htm>
- [9] <http://www.klimadiagramme.de/index.html>
- [10] TÜRKİYE ELEKTRİK TİCARET ve TAAHHÜT A. Ş.: <http://tetas.gov.tr>
- [11] İSTANBUL GAZ DAĞITIM A. Ş.: <http://www.igdas.com.tr>
- [12] İZMİR DOĞALGAZ DAĞITIM A.Ş.: <http://www.izmirgaz.com.tr>
- [13] ANKARA ELEKTRİK, GAZ ve OTOBÜS İŞLETMESİ: <http://www.ego.gov.tr>
- [14] TÜRKİYE ELEKTRİK DAĞITIM A. Ş.: <http://www.tedas.gov.tr>
- [15] <http://www.verivox.de/>
- [16] GASAG: <http://www.gasag.de>
- [17] STADTWERKE ESSEN AG: <http://www.stadtwerke-essen.de>
- [18] <http://www.gastarife-online.de>
- [19] T. C. MERKEZ BANKASI: <http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/today.html>
- [20] <http://www.experimente.net>

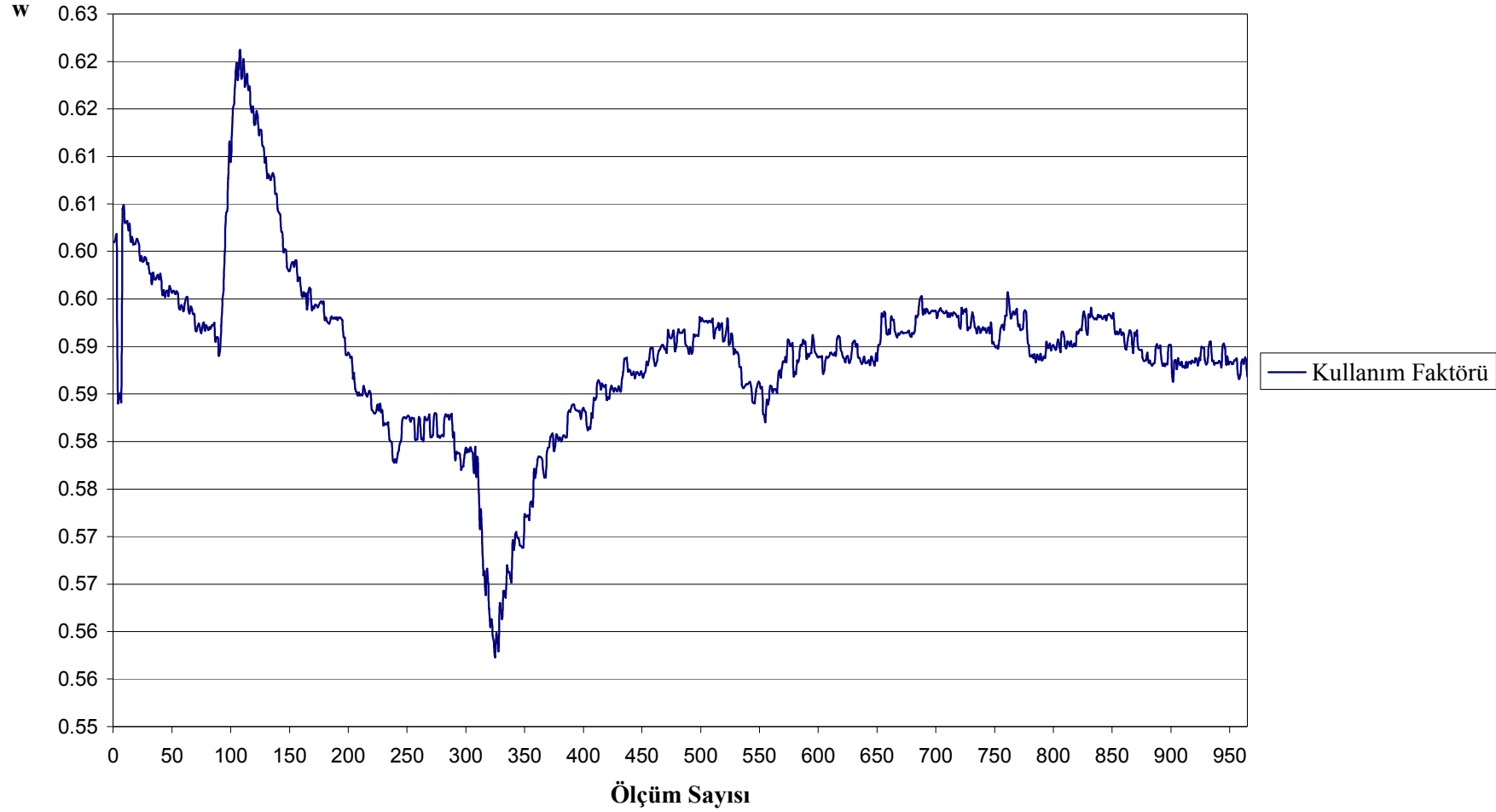
EKLER

- Ek 1 Isı Transferi Diyagramı: Q
- Ek 2 Kullanım Faktörü Diyagramı: ω
- Ek 3 Su Debisi Diyagramı: V
- Ek 4 Isı Transfer Katsayıları Diyagramı: kt, ki
- Ek 5 $\omega = 0,8$ Değeri İçin Gerekli Alan Diyagramı: A
- Ek 6 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 70 °C, Çıkış Sıcaklığı 90 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A
- Ek 7 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 60 °C, Çıkış Sıcaklığı 80 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A
- Ek 8 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 °C İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 70 °C, Çıkış Sıcaklığı 90 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A
- Ek 9 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 °C İstendiğinde, Su Giriş Sıcaklığı 60 °C, Çıkış Sıcaklığı 80 °C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A
- Ek 10 Bina Bilgileri ve Difüzyon Hesabı Bilgileri
- Ek 11 Binanın Özgül Isı Kaybı
- Ek 12 Bölgelerin Isıtma İhtiyaçları
- Ek 13 Yoğuşma Periyodu ve Buharlaşma Periyodu
- Ek 14 Q=47.75 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı İhtiyaçları
- Ek 15 Q=47.75 kW İçin Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbini Çalışma Süreleri
- Ek 16 Q=60 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı İhtiyaçları
- Ek 17 Q=60 kW İçin Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbini Çalışma Süreleri
- Ek 18 Almanya'da Hazırlanan Çalışma Özeti (Almanca)

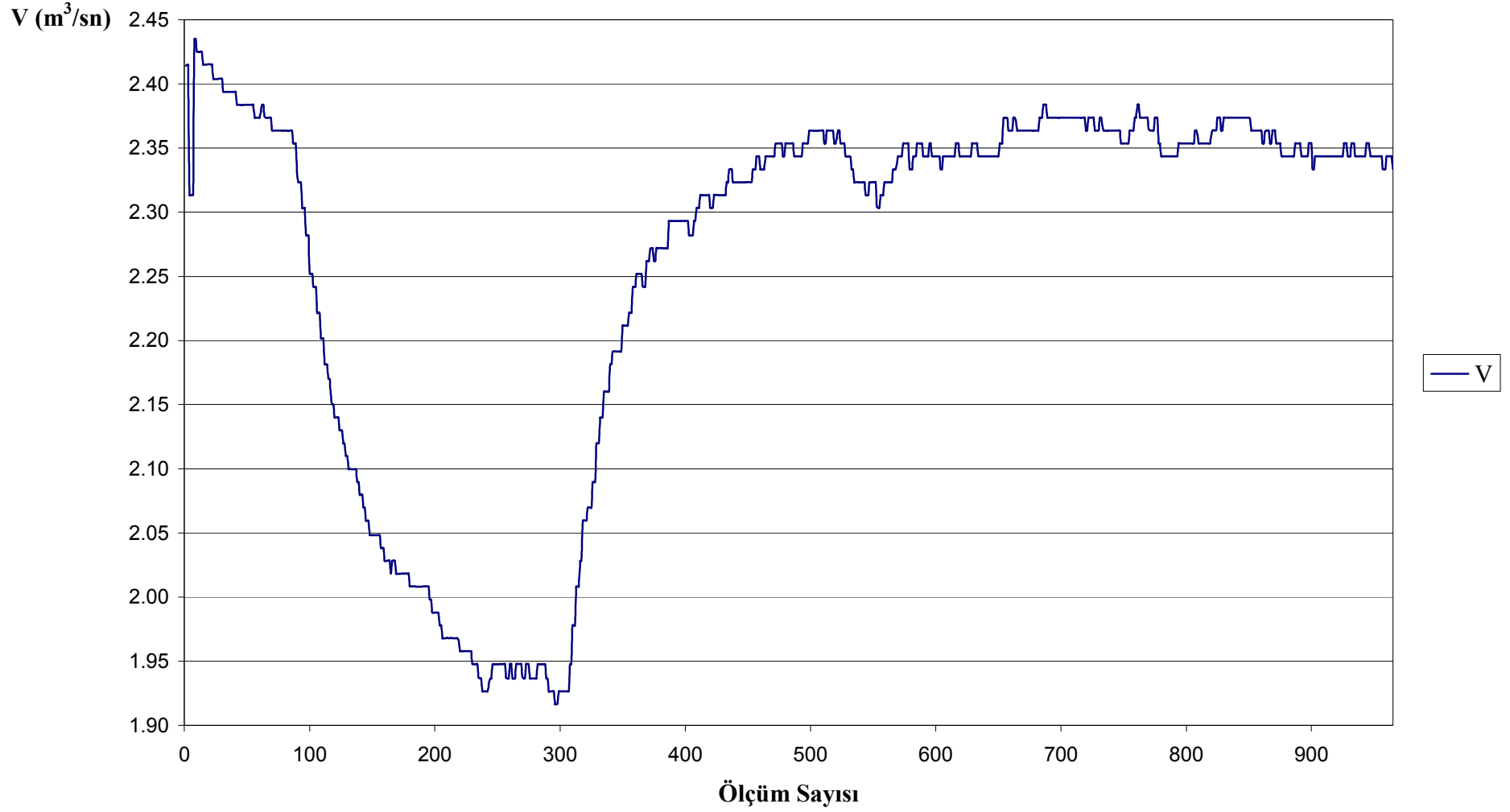
Ek 1 Isı Transferi Diyagramı: Q



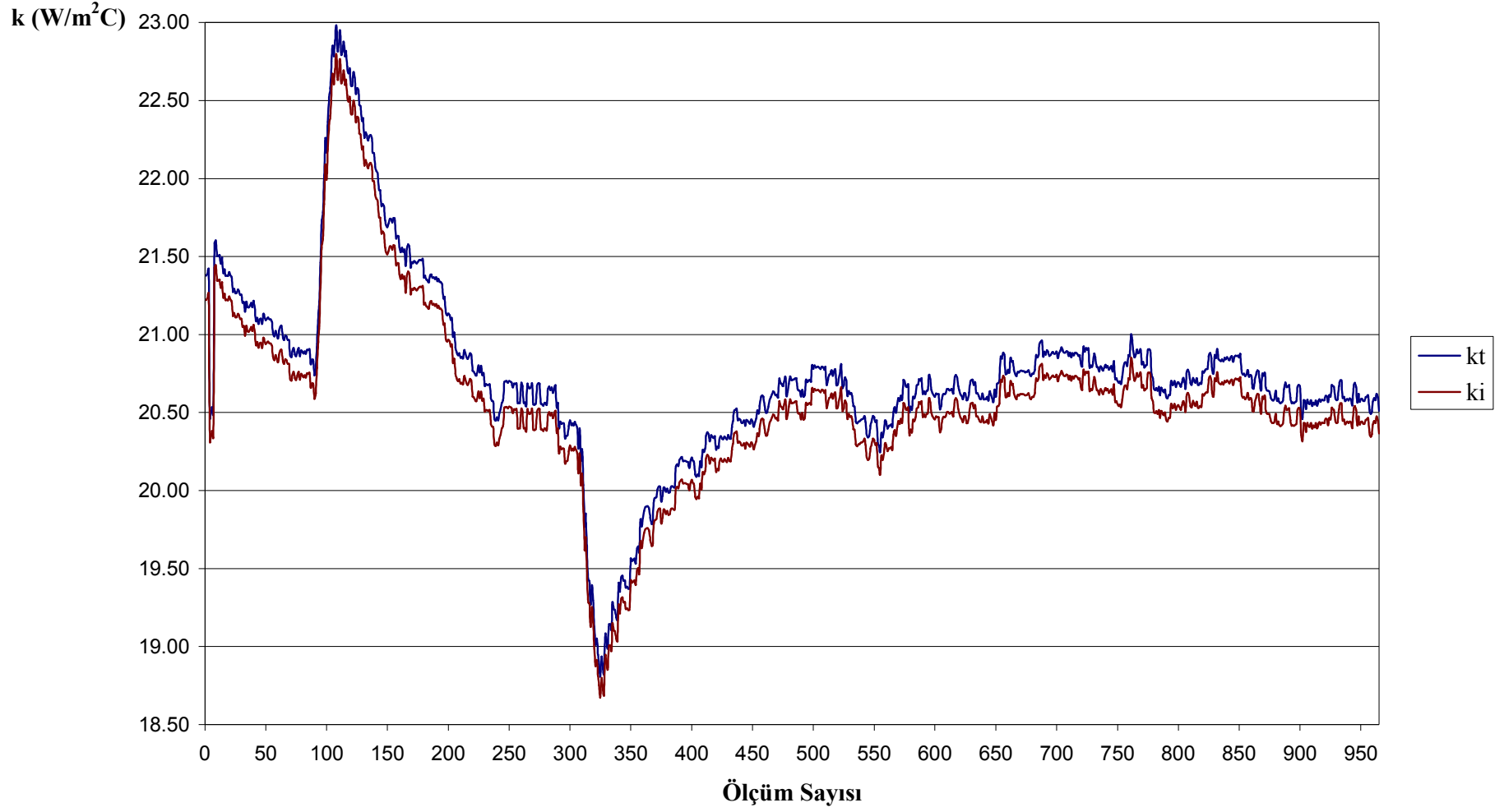
Ek 2 Kullanım Faktörü Diyagramı: w



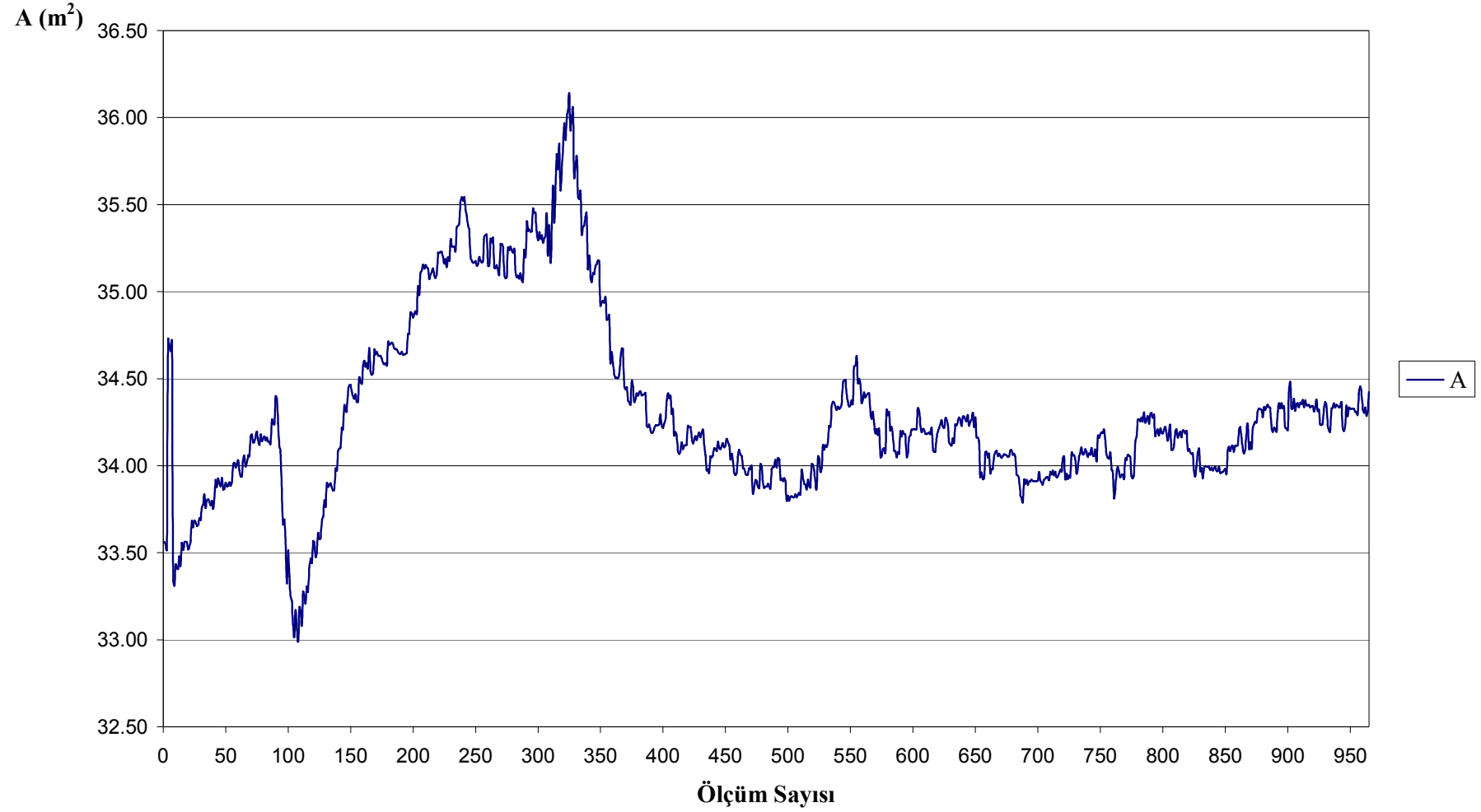
Ek 3 Su Debisi Diyagramı: V



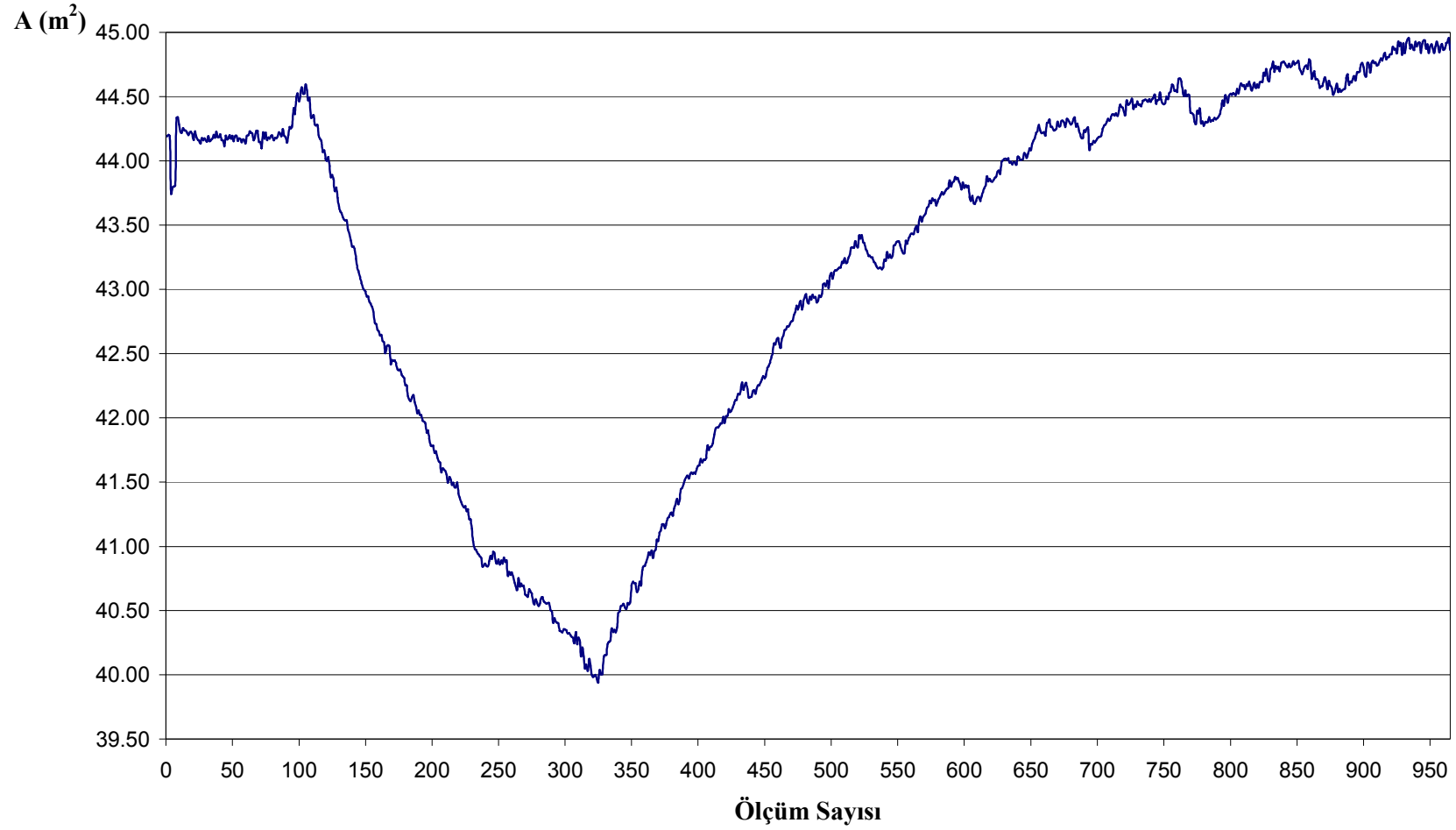
Ek 4 Isı Transfer Katsayıları Diyagramı: kt, ki



Ek 5 w = 0,8 Değeri için Gerekli Alan Diyagramı: A

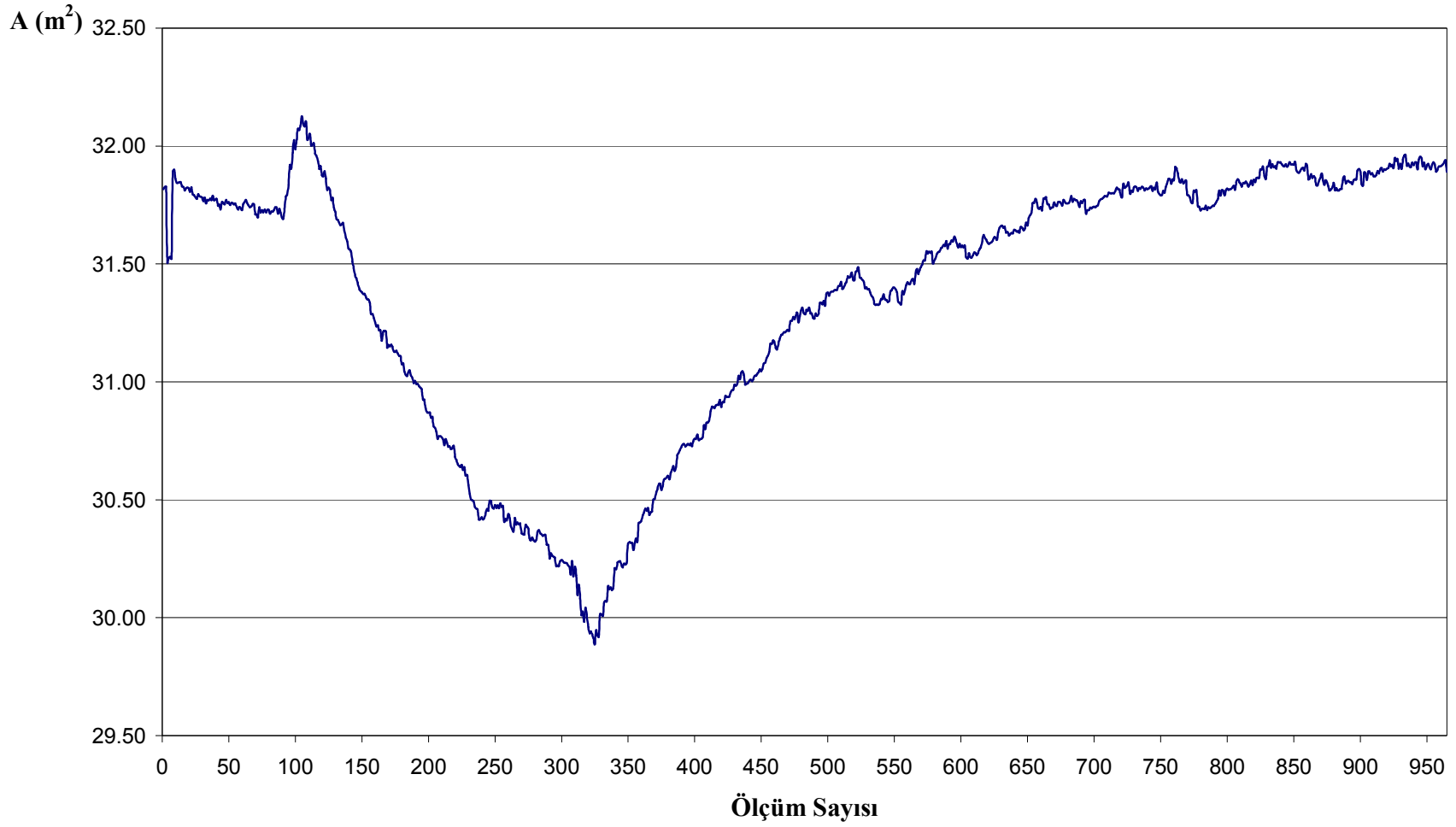


**Ek 6 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde,
Su Giriş Sıcaklığı 70 C, Çıkış Sıcaklığı 90 C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A**

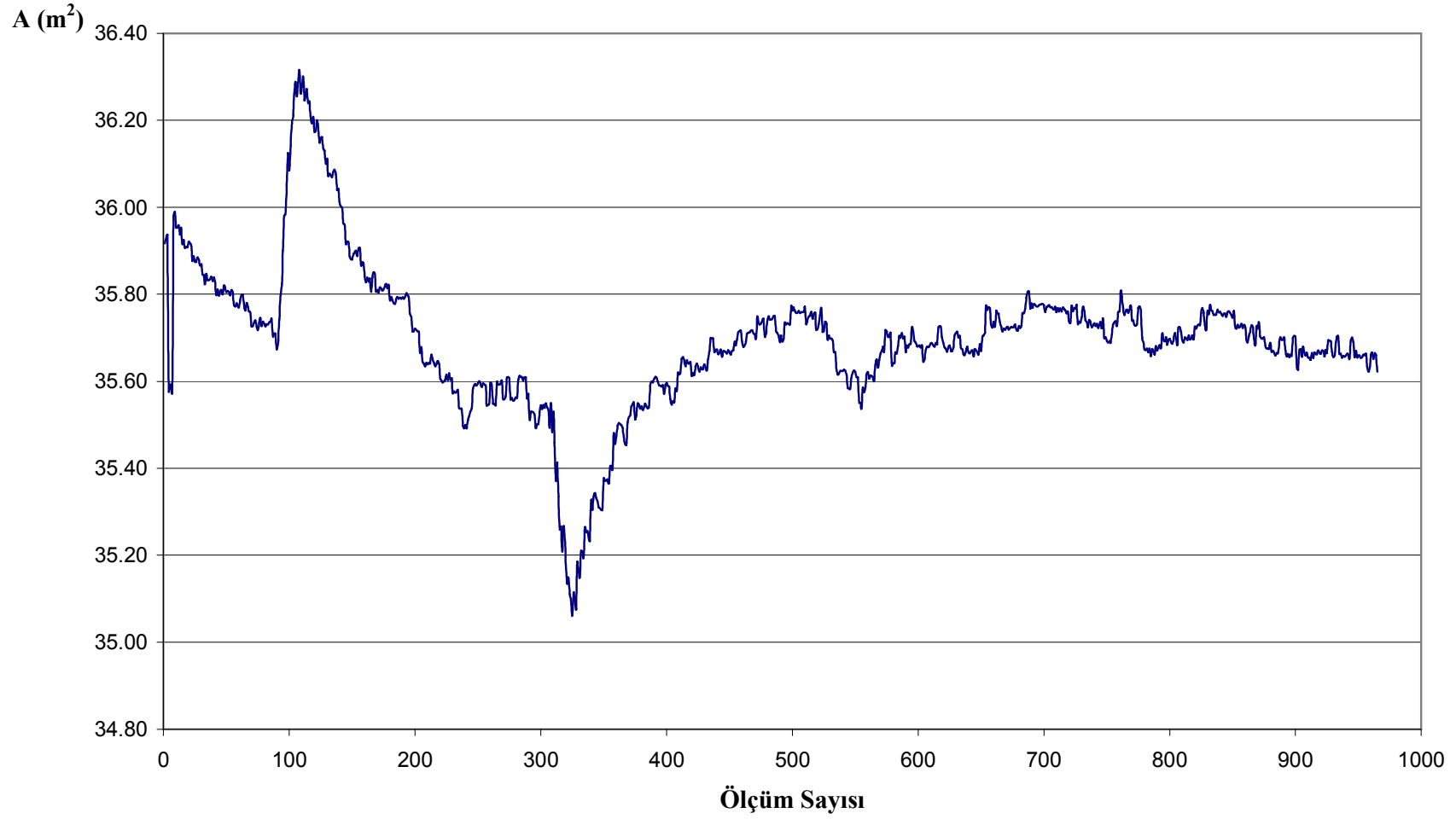


A

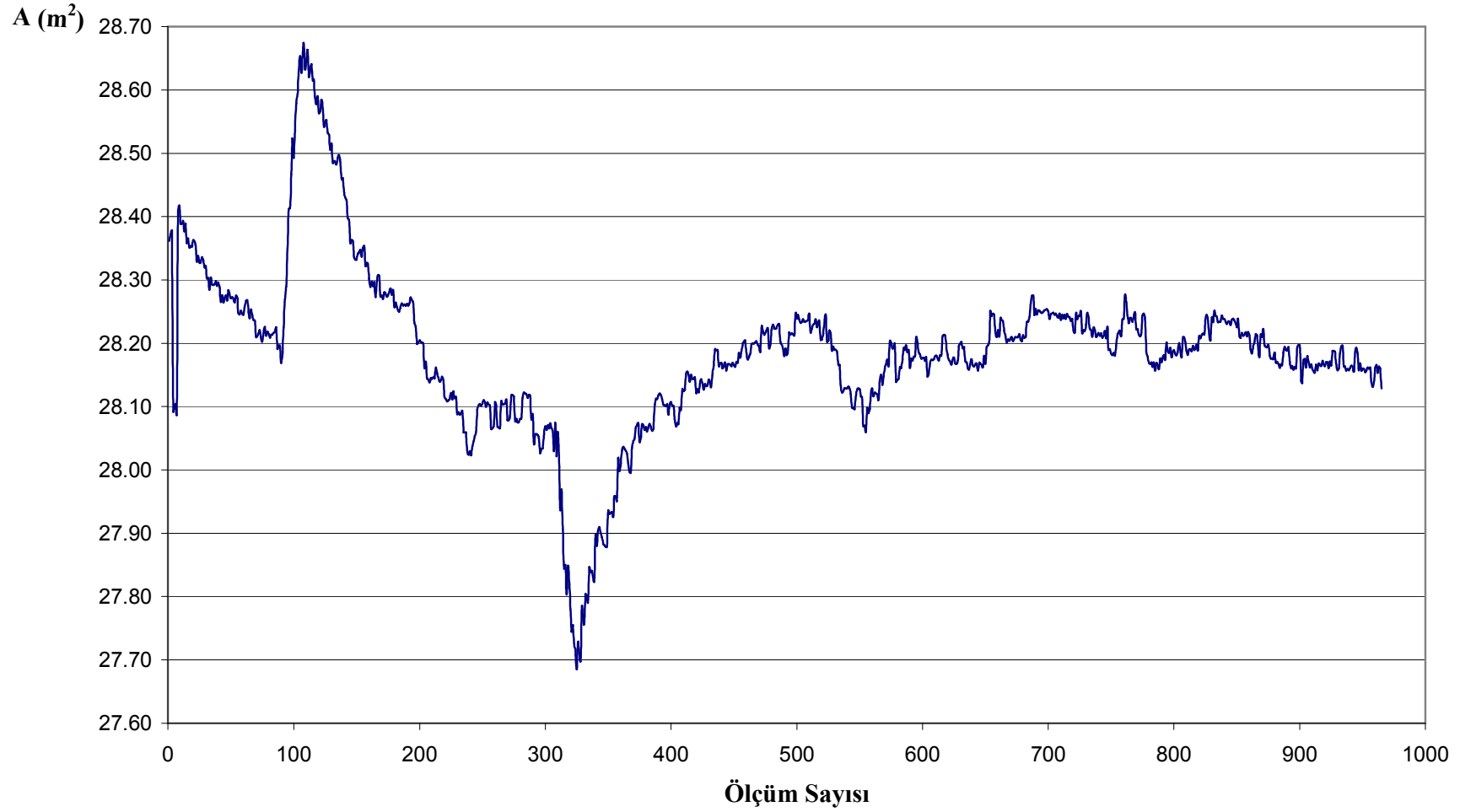
**Ek 7 Atık Gaz Sıcaklığının Ölçülen Değerlerde Kalması İstendiğinde,
Su Giriş Sıcaklığı 60 C, Su Çıkış Sıcaklığı 80 C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A**



**Ek 8 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 C İstendiğinde,
Su Giriş Sıcaklığı 70 C, Çıkış Sıcaklığı 90 C Olan Bir Isı Değişiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A**



**Ek 9 Atık Gaz Çıkış Sıcaklığı 100 C İstendiğinde,
Su Giriş Sıcaklığı 60 C, Çıkış Sıcaklığı 80 C Olan Bir Isı Değiştiricisi İçin Gerekli Alan Diyagramı: A**



Ek 10 Bina Bilgileri ve Difüzyon Hesabı Bilgileri

Bina Bilgileri

Binanın eni = 10.00 (m)
 Binanın boyu = 20.00 (m)
 Binanın Yüksekliği = 15.00 (m)

Aylık ortalama iç sıcaklık: T_i = 19.00 (°C)

Birim iç ısı kazancı: = 5.00 (W/m²)

Hava Değişim Sayısı : n_h = 1.00 (1/h) [min=1; max=2 alınabilir]

Kat yüksekliği = 3.00 (m)

Her Yön İçin Toplam Pencere Alanları		
K	15	(m ²)
G	15	(m ²)
D	15	(m ²)
B	15	(m ²)

Gölgeleme Faktörleri		
(ri) ay	0.60	0,8 ile çarpılarak
(gi) ay	0.60	

Difüzyon Hesabı Bilgileri

Sınır Şartları:		İç İklim Şartları	Dış İklim Şartları	Süre (saat)
Yoğuşma Periyodu	Hava Sıcaklığı (°C)	20	-10	1440
	Bağıl Nem (%)	50	80	
Buharlaşma Periyodu	Hava Sıcaklığı (°C)	12	12	2160
	Bağıl Nem (%)	70	70	
	Çatı Yüzey Sıcaklığı (°C)		20	

Bina Ölçüleri		
Binanın Hacmi Vbrüt =	3000.00	(m ³)
Binanın kullanım alanı A_n =	960.00	(m ²)
Binanın Döşeme Alanı A_t =	200.00	(m ²)
Binanın Tavan Alanı A_T =	200.00	(m ²)
alanı A_p =	60.00	(m ²)
A_D =	840.00	(m ²)

Ek 11 Binanın Özgül Isı Kaybı

Bina Ölçüleri	
Binanın Hacmi Vbrüt =	3000.00 (m ³)
Binanın kullanım alanı An =	960.00 (m ²)
Binanın Döşeme Alanı At =	200.00 (m ²)
Binanın Tavan Alanı AT =	200.00 (m ²)
Binadaki Toplam kapı ve pencere alanı Ap =	60.00 (m ²)
Binadaki Toplam Dış Duvar Alanı AD =	840.00 (m ²)

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Yapı Elemanının Yoğunluğu	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	d / λ	Isı Geçiş Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey alanı	Yüzey Çarpım Katsayısı	Isı Kaybı
	d m		-	W / mK	m ² / K W	W / m ² K	m ²	-	W / K
Duvar Bileşenleri	İç Isı Taşınım Katsayısı								
	İç siva	0.020	1800.000	15.0	0.870	0.023			
	Yatay Delikli Tuğla	0.190	1000.000	5.0	0.450	0.422			
	Poliüretan Sert Köpük	0.040	30.000	30.0	0.035	1.143			
	Dış Sıva	0.030	2000.000	15.0	1.400	0.021			
						0.000			
						0.000			
						0.000			
						0.000			
	Dış Isı Taşınım Katsayısı					0.040			
Toplam					1.779	0.5620	840.00	1.00	472.04
Taham - Döşeme Bileşenleri	İç Isı Taşınım Katsayısı								
	Karo mozaik	0.030			1.300	0.023			
	Tesviye betonu (çimento harçlı)	0.050			1.400	0.036			
	Grobeton	0.150			1.740	0.086			
	Isı yalıtım malzemesi (curuf)	0.250			0.230	1.087			
	Blokaj	0.100			0.700	0.143			
						0.000			
						0.000			
						0.000			
	Dış Isı Taşınım Katsayısı					0.130			
Toplam					1.635	0.61	200.00	0.50	61.17
Tavan Bileşenleri	İç Isı Taşınım Katsayısı								
	İç siva	0.020	1800.000	15.0	0.870	0.023			
	Demirli beton	0.120	2400.000	70.0	2.100	0.057			
	Cam yünü	0.100	100.000	10000.0	0.052	1.923			
						0.000			
						0.000			
						0.000			
						0.000			
	Dış Isı Taşınım Katsayısı					0.040			
	Toplam					2.173	0.46	200.00	0.80
Pencere						2.80	60.00	1.00	168.00
Yapı Elemanlarından Gerçekleşen Isı Kaybı Toplamı =									774.84

Binadaki Isı Kaybeden Yüzeyler Toplamı: Atoptam = 1300.00 (m²)

Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı: (Hh)	
Hh = [Yoğunluk x Özgül Isı x Hava değişim sayısı x Havalandırılan hacim] formülü ile hesaplanır	
Binanın havalandırma hesabında kullanılacak hacmi : Vh =	2400.00 (m ³) [0.8 x Vbrüt]
Hava Değişim Sayısı : nh =	1.00 (1/h)
Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı: Hh =	792.00 (W/K)

Binanın Toplam Özgül Isı Kaybı: H = 1566.84 (W/K)

Ek 12 Bölgelerin Isıtma İhtiyaçları

1. Bölge Yıllık Isıtma İhtiyaçları

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
Ocak	72.00	26.00	43.00	43.00	8.00	11.00	17235.20		388.80	140.40	232.20	232.20	993.60	5793.60	0.34	0.95	30423315.19	
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	9.30	9.70	15198.32		453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.40	0.92	24948971.29	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	11.50	7.50	11751.27		513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.55	0.84	16479295.60	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	15.70	3.30	5170.56		448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	1.27	0.54	4121443.13	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	20.60	-1.60	0.00		496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.00	0.00	0.00	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	25.40	-6.40	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	28.00	-9.00	0.00		502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	27.20	-8.20	0.00		502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	23.30	-4.30	0.00		480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	18.10	0.90	1410.15		442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	4.32	0.21	391961.75	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	13.30	5.70	8930.97		361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.64	0.79	11397794.08	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	9.40	9.60	15041.63		345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.38	0.93	25338208.85	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları = 113100989.89 kJoule
31442.08 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyaçları = 10.48 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 12.03 kWh/m³

2. Bölge Yıllık Isıtma İhtiyaçları

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
Ocak	72.00	26.00	43.00	43.00	3.30		24599.34		388.80	140.40	232.20	232.20	993.60	5793.60	0.24	0.99	48959541.32	
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	4.50	14.50	22719.13		453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.27	0.98	43529517.42	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	7.20	11.80	18488.67		513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.35	0.94	32205306.97	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	12.60	6.40	10027.75		448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.66	0.78	12655960.44	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	17.80	1.20	1880.20		496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	3.70	0.24	603220.39	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	21.90	-2.90	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	24.40	-5.40	0.00		502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	23.80	-4.80	0.00		502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	19.60	-0.60	0.00		480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	14.10	4.90	7677.50		442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.79	0.72	8583761.40	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	9.10	9.90	15511.68		361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.37	0.93	26305456.64	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	4.90	14.10	22092.40		345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.26	0.98	42879430.71	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçları = 215722195.29 kJoule
59970.77 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyaçları = 19.99 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 19.85 kWh/m³

3. Bölge Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	1.30	17.70	27733.01					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	2.00	17.00	26636.22	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.23	0.99	53505530.84	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	5.00	14.00	21935.71	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.29	0.97	40750875.10	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	9.80	9.20	14414.90	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.46	0.89	22221140.92	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	14.10	4.90	7677.50	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.91	0.67	7850569.11	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	18.10	0.90	1410.15	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	5.02	0.18	341046.79	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	21.10	-2.10	0.00	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	20.60	-1.60	0.00	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	16.50	2.50	3917.09	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	1.65	0.45	2538962.89	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	11.30	7.70	12064.64	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.51	0.86	17654276.20	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	6.50	12.50	19585.46	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.29	0.97	36354959.35	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	2.60	16.40	25696.12	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.22	0.99	52080465.63	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 290289997.77 kJoule
80700.62 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 26.90 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 25.47 kWh/m³

4. Bölge Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	-5.20	24.20	37917.45					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	-4.10	23.10	36193.93	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.17	1.00	78124242.09	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	-1.30	20.30	31806.78	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.20	0.99	65906499.15	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	5.10	13.90	21779.03	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.30	0.96	40026180.03	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	10.10	8.90	13944.85	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.50	0.87	20545843.21	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	13.50	5.50	8617.60	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.82	0.70	9419732.20	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	17.20	1.80	2820.31	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	2.49	0.33	1291032.14	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	17.20	1.80	2820.31	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	2.43	0.34	1319463.01	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	13.20	5.80	9087.65	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.71	0.75	10908762.25	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	6.90	12.10	18958.72	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.32	0.96	34044892.29	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	1.30	17.70	27733.01	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.21	0.99	57098821.40	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	-3.00	22.00	34470.41	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.16	1.00	74699600.76	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 476671669.17 kJoule
132514.72 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 44.17 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 39.54 kWh/m³

İzmir Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	8.60	10.40	16295.10					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	9.30	9.70	15198.32	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.40	0.92	24948971.29	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	11.60	7.40	11594.59	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.55	0.84	16139194.18	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	15.80	3.20	5013.88	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	1.31	0.53	3902558.61	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	20.60	-1.60	0.00	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.00	0.00	0.00	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	25.20	-6.20	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	27.50	-8.50	0.00	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	26.90	-7.90	0.00	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	23.40	-4.40	0.00	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	18.40	0.60	940.10	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	6.48	0.14	178595.22	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	14.00	5.00	7834.18	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.73	0.74	9217641.47	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	10.50	8.50	13318.11	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.43	0.90	21237675.01	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 103746274.63 kJoule
28841.46 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 9.61 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 12.03 kWh/m³

Antalya Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	9.80	9.20	14414.90					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	10.30	8.70	13631.48	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.45	0.89	21266471.10	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	12.70	6.30	9871.07	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.65	0.78	12515004.55	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	16.10	2.90	4543.83	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	1.45	0.50	3273429.68	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	20.30	-1.30	0.00	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.00	0.00	0.00	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	25.00	-6.00	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	28.10	-9.10	0.00	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	27.70	-8.70	0.00	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	24.50	-5.50	0.00	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	19.60	-0.60	0.00	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.00	0.00	0.00	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	14.80	4.20	6580.71	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.87	0.68	6898195.76	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	11.40	7.60	11907.96	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.48	0.88	17977835.57	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 85524800.77 kJoule
23775.89 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 7.93 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 12.03 kWh/m³

İstanbul Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	5.40	13.60	21308.98					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	5.90	13.10	20525.56	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.30	0.97	38005910.97	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	7.50	11.50	18018.62	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.36	0.94	31058073.84	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	12.00	7.00	10967.86	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.60	0.81	14598458.76	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	16.50	2.50	3917.09	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	1.78	0.43	2390295.33	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	21.10	-2.10	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	23.20	-4.20	0.00	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	23.00	-4.00	0.00	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	19.70	-0.70	0.00	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	15.30	3.70	5797.30	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	1.05	0.61	5330480.72	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	11.60	7.40	11594.59	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.50	0.87	17132686.79	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	8.20	10.80	16921.84	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.33	0.95	29920349.43	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **179031640.77** kJoule
49770.80 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **16.59** kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = **0.43**

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = **19.85** kWh/m³

Ankara Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	0.00	19.00	29769.90					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	2.20	16.80	26322.86	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.23	0.99	52703631.17	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	6.00	13.00	20368.88	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.32	0.96	36841006.34	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	11.10	7.90	12378.01	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.53	0.85	17632855.91	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	15.60	3.40	5327.24	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	1.31	0.54	4161745.24	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	19.60	-0.60	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	22.90	-3.90	0.00	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	22.60	-3.60	0.00	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	18.30	0.70	1096.79	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	5.89	0.16	228128.49	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	12.60	6.40	10027.75	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.61	0.81	13240949.56	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	7.10	11.90	18645.36	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.31	0.96	34006039.82	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	2.60	16.40	25696.12	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.22	0.99	52080465.63	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **273129486.81** kJoule
75930.00 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **25.31** kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = **0.43**

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = **25.47** kWh/m³

Erzurum Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	-8.60	27.60	43244.69					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	-7.10	26.10	40894.44	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.15	1.00	90286167.67	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	-2.10	21.10	33060.25	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.19	0.99	69134586.76	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	5.40	13.60	21308.98	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.31	0.96	38853853.19	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	10.50	8.50	13318.11	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.52	0.85	19150233.16	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	14.90	4.10	6424.03	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	1.10	0.60	5706918.72	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	19.50	-0.50	0.00	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	19.20	-0.20	0.00	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	14.80	4.20	6580.71	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.98	0.64	6356496.37	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	8.00	11.00	17235.20	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.35	0.94	29807790.27	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	1.30	17.70	27733.01	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.21	0.99	57098821.40	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	-5.20	24.20	37917.45	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.15	1.00	83619105.38	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 497095809.87 kJoule
138192.64 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 46.06 kWh/m²

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 39.54 kWh/m²

Afina Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	9.30	9.70	15198.32					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	9.80	9.20	14414.90	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.42	0.91	23095515.69	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	11.70	7.30	11437.91	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.56	0.83	15800722.51	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	15.40	3.60	5640.61	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	1.17	0.58	4804132.93	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	20.10	-1.10	0.00	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.00	0.00	0.00	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	24.60	-5.60	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	27.00	-8.00	0.00	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	26.70	-7.70	0.00	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	23.30	-4.30	0.00	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	18.30	0.70	1096.79	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	5.56	0.16	241071.01	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	14.50	4.50	7050.76	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.82	0.71	7744049.76	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	11.20	7.80	12221.33	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.46	0.88	18693551.49	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 95845751.98 kJoule
26645.12 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 8.88 kWh/m²

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 19.85 kWh/m²

Roma Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	7.90		11.10					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	8.70		10.30	16138.42		453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.38	0.93	27201203.92
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	10.50		8.50	13318.11		513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.48	0.87	19961759.55
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	13.30		5.70	8930.97		448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.74	0.74	10486499.21
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	17.30		1.70	2663.62		496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	2.61	0.32	1168346.92
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	21.00		-2.00	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	23.70	1566.84	-4.70	0.00		502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	23.80		-4.80	0.00		502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	21.00		-2.00	0.00		480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	16.70		2.30	3603.72		442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	1.69	0.45	2288680.73
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	12.50		6.50	10184.44		361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.56	0.83	14029097.26
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	9.20		9.80	15355.00		345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.37	0.93	26094944.09

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 132039514.49 kJoule
36706.99 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 12.24 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 19.85 kWh/m³

Barcelona Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	9.80		9.20					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	10.50		8.50	13318.11		453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.46	0.89	20542426.85
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	11.80		7.20	11281.22		513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.57	0.83	15463920.83
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	13.80		5.20	8147.55		448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.81	0.71	9010484.40
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	17.30		1.70	2663.62		496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	2.61	0.32	1168346.92
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	20.70		-1.70	0.00	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.00	0.00	0.00
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	24.00	1566.84	-5.00	0.00		502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	23.00		-4.00	0.00		502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	21.00		-2.00	0.00		480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.00	0.00	0.00
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	17.90		1.10	1723.52		442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	3.54	0.25	575990.79
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	12.50		6.50	10184.44		361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.56	0.83	14029097.26
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	9.70		9.30	14571.58		345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.39	0.92	24209082.73

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 108593213.89 kJoule
30188.91 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 10.06 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 19.85 kWh/m³

Viyana Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	-0.70		19.70					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	1.30		17.70	27733.01		453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.22	0.99	56316112.02
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	5.30		13.70	21465.66		513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.30	0.96	39574105.64
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	10.20		8.80	13788.16		448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.48	0.88	20787045.96
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	14.80		4.20	6580.71		496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	1.06	0.61	6028675.01
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	18.00		1.00	1566.84	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	4.52	0.20	418056.89
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	19.90	1566.84	-0.90	0.00		502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	0.00	0.00	0.00
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	19.20		-0.20	0.00		502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	0.00	0.00	0.00
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	15.40		3.60	5640.61		480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	1.15	0.58	4867268.97
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	10.10		8.90	13944.85		442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.44	0.90	21948243.96
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	4.80		14.20	22249.08		361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.26	0.98	43075742.84
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	1.00		18.00	28203.06		345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.20	0.99	5852226.33

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 316599815.22 kJoule
88014.75 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 29.34 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmastı Gereken En Büyük Isı Kaybı = 25.47 kWh/m³

Paris Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	3.40		15.60					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	4.20		14.80	23189.18		453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.26	0.98	44720137.16
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	6.60		12.40	19428.77		513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.33	0.95	34514474.38
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	9.50		9.50	14884.95		448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.44	0.90	23308158.46
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	13.20		5.80	9087.65		496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.77	0.73	10408759.12
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	16.40		2.60	4073.78	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	1.74	0.44	2530572.32
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	18.40	1566.84	0.60	940.10		502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	7.46	0.13	156243.32
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	18.00		1.00	1566.84		502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	4.37	0.20	431510.14
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	15.40		3.60	5640.61		480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	1.15	0.58	4867268.97
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	11.50		7.50	11751.27		442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.52	0.85	16957209.77
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	6.80		12.20	19115.41		361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.30	0.96	35178705.83
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	4.30		14.70	23032.50		345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.25	0.98	45270749.14

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 266903101.80 kJoule
74199.06 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 24.73 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmastı Gereken En Büyük Isı Kaybı = 25.47 kWh/m³

Essen Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	2.40	16.60	26009.49					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	2.80	16.20	25382.75	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.24	0.98	50301340.12	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	5.80	13.20	20682.24	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.31	0.96	37619957.56	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	8.70	10.30	16138.42	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.41	0.91	26249490.69	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	13.30	5.70	8930.97	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.78	0.72	10113824.30	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	15.70	3.30	5170.56	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	1.37	0.52	3892238.11	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	17.90	1.10	1723.52	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	4.07	0.22	506547.24	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	17.80	1.20	1880.20	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	3.64	0.24	612344.84	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	14.30	4.70	7364.13	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.88	0.68	7696268.11	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	10.30	8.70	13631.48	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.45	0.89	21220608.03	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	5.80	13.20	20682.24	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.28	0.97	39111961.71	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	3.60	15.40	24129.28	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.23	0.99	48069324.05	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 297962097.51 kJoule
82833.46 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 27.61 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 25.47 kWh/m³

Berlin Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	0.50	18.50	28986.48					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	1.20	17.80	27889.69	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.22	0.99	56718081.71	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	4.60	14.40	22562.45	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.28	0.97	42324430.08	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	8.70	10.30	16138.42	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.41	0.91	26249490.69	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	13.90	5.10	7990.87	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.87	0.68	8399485.27	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	16.60	2.40	3760.41	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	1.88	0.41	2185418.98	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	18.40	0.60	940.10	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	7.46	0.13	156243.32	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	17.80	1.20	1880.20	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	3.64	0.24	612344.84	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	13.60	5.40	8460.92	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.76	0.73	9702386.15	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	9.10	9.90	15511.68	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.39	0.92	25645925.75	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	4.40	14.60	22875.81	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.25	0.98	44668108.21	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	1.80	17.20	26949.59	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.21	0.99	55298247.94	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 332176964.03 kJoule
92345.20 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 30.78 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olmaması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 25.47 kWh/m³

Londra Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	3.90	15.10	23659.23					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	4.10	14.90	23345.87	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.26	0.98	45117477.89	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	5.90	13.10	20525.56	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.31	0.96	37230278.98	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	8.00	11.00	17235.20	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.38	0.93	28867285.61	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	11.30	7.70	12064.64	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.58	0.82	16425802.81	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	14.40	4.60	7207.45	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	0.98	0.64	6961836.85	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	16.30	2.70	4230.46	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	1.66	0.45	2731285.18	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	16.20	2.80	4387.14	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	1.56	0.47	2977253.41	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	13.80	5.20	8147.55	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.79	0.72	9114902.97	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	10.90	8.10	12691.38	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.48	0.88	19065433.95	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	6.70	12.30	19272.09	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.30	0.96	35570406.11	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	4.70	14.30	22405.76	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.25	0.98	43675691.82	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **294298342.95** kJoule
81814.94 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **27.27** kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = **0.43**

Olması Gereken En Büyük Isı Kaybı = **25.47** kWh/m³

Oslo Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazancı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	-4.30	23.30	36507.29					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	-4.00	23.00	36037.24	4800.00	453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.17	1.00	77719175.48	
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	-0.20	19.20	30083.26	4800.00	513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.21	0.99	61475423.12	
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	4.60	14.40	22562.45	4800.00	448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.29	0.97	41987007.39	
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	10.80	8.20	12848.06	4800.00	496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.54	0.84	18117582.44	
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	15.20	3.80	5953.98	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	1.19	0.57	4996887.95	
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	16.40	2.60	4073.78	4800.00	502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	1.72	0.44	2549847.11	
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	15.20	3.80	5953.98	4800.00	502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	1.15	0.58	5127017.88	
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	10.80	8.20	12848.06	4800.00	480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.50	0.86	18844426.01	
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	6.40	12.60	19742.14	4800.00	442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.31	0.96	35990525.34	
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	0.70	18.30	28673.11	4800.00	361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.20	0.99	59517482.37	
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	-2.80	21.80	34157.04	4800.00	345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.17	1.00	73889252.39	

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **479852061.29** kJoule
133398.87 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = **44.47** kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = **0.43**

Olması Gereken En Büyük Isı Kaybı = **39.54** kWh/m³

Helsinki Yıllık Isıtma İhtiyacı

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı																		
Aylar	Birim Güneş Enerji Kazançları				Dış Sıcaklıklar Td	H Özgül Isı Kaybı H	Sıcaklık Farkı Ti - Td	Isı Kayıpları H x (Ti - Td)	İç Isı Kazançları	Birim Güneş Enerji Kazançları (gi x ri x Qg x Ai)				Güneş Enerjisi Isı Kazançları	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Güney	Kuzey	Batı	Doğu						güney	kuzey	batı	doğu					
	Ocak	72.00	26.00	43.00						43.00	-6.90		25.90					
Şubat	84.00	37.00	57.00	57.00	-6.80		25.80	40424.39		453.60	199.80	307.80	307.80	1269.00	6069.00	0.15	1.00	89069296.30
Mart	95.00	52.00	77.00	77.00	-2.90		21.90	34313.72		513.00	280.80	415.80	415.80	1625.40	6425.40	0.19	1.00	72366379.37
Nisan	83.00	66.00	90.00	90.00	2.90		16.10	25226.07		448.20	356.40	486.00	486.00	1776.60	6576.60	0.26	0.98	48707385.15
Mayıs	92.00	79.00	114.00	114.00	9.90		9.10	14258.21		496.80	426.60	615.60	615.60	2154.60	6954.60	0.49	0.87	21251154.80
Haziran	95.00	83.00	122.00	122.00	14.90		4.10	6424.03	4800.00	513.00	448.20	658.80	658.80	2278.80	7078.80	1.10	0.60	5706918.72
Temmuz	93.00	81.00	118.00	118.00	16.60	1566.84	2.40	3760.41		502.20	437.40	637.20	637.20	2214.00	7014.00	1.87	0.41	2202312.66
Ağustos	93.00	73.00	106.00	106.00	15.00		4.00	6267.35		502.20	394.20	572.40	572.40	2041.20	6841.20	1.09	0.60	5606753.24
Eylül	89.00	57.00	81.00	81.00	10.00		9.00	14101.53		480.60	307.80	437.40	437.40	1663.20	6463.20	0.46	0.89	2168851.19
Ekim	82.00	40.00	59.00	59.00	5.40		13.60	21308.98		442.80	216.00	318.60	318.60	1296.00	6096.00	0.29	0.97	39911303.34
Kasım	67.00	27.00	41.00	41.00	0.10		18.90	29613.21		361.80	145.80	221.40	221.40	950.40	5750.40	0.19	0.99	61938870.69
Aralık	64.00	22.00	37.00	37.00	-4.10		23.10	36193.93		345.60	118.80	199.80	199.80	864.00	5664.00	0.16	1.00	79158203.73

Toplam Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 537790181.65 kJoule
149505.67 kWh

Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı = 49.84 kWh/m³

Atoplam / Vbrüt = 0.43

Olması Gereken En Büyük Isı Kaybı = 39.54 kWh/m³

Ek 13 Yoğuşma Periyodu ve Buharlaştırma Periyodu

Yoğuşma Periyodu

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Yapı Elemanı Yoğunluğu	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isı İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	ΔT	Yüzeysel Sıcaklığı	Doymuş Buhar Basıncı	Nemli Havanın Kısmi Basıncı	Toplam Sd	Toplam Sd	Difüzyon akış Yoğunluğu	Difüzyon akış Yoğunluğu	Yoğuşma Suyu Kütlesi	Değerlendirme	
	d m		-	Sd m	λ W / mK	d / λ m²K / W	°C	T °C	Pws Pa	Pw Pa	(Sd)i m	(Sd)d m	İi kg / m²h	İd kg / m²	Wt kg / m²h		
Duvar Bileşenleri	İç hava																
	İç Isı Taşınım Katsayısı					0.130	2.19	20.00	2338	1169							
	İç sıva	0.020	1800.000	15.0	0.30	0.870	0.023	0.39	17.81	2040							
	Yatay Delikli Tuğla	0.190	1000.000	5.0	0.95	0.450	0.422	7.12	17.42	1991		0.30	2.60	-1.825E-03	4.571E-04	-3.2869	Wt < 1 Olumlu
	Poliüretan Sert Köpük	0.040	30.000	30.0	1.20	0.035	1.143	19.27	10.30	1254		1.25	1.65	-4.549E-05	4.228E-04	-0.6744	Wt < 1 Olumlu
	Dış Sıva	0.030	2000.000	15.0	0.45	1.400	0.021	0.36	-8.96	285		2.45	0.45	2.406E-04	0.00011392	0.1825	Wt < 1 Olumlu
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	-9.33	276		2.90	0.00	2.053E-04			
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	-9.33	276		2.90	0.00	2.053E-04			
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	-9.33	276		2.90	0.00	2.053E-04			
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	-9.33	276		2.90	0.00	2.053E-04			
	Dış Isı Taşınım Katsayısı						0.040	0.67	-9.33	276							
	Dış Hava								-10.00	260	208						
	Toplam Sd =				2.90	1/U =	1.779	m²K / W	Yapı Bileşeninin Özgül Isı Kaybı : Q = 16.86 W / m²								
						U =	0.562	W / m²K									

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Yapı Elemanı Yoğunluğu	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isı İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	ΔT	Yüzeyin Sıcaklığı	Doymuş Buhar Basıncı	Nemli Havanın Kısmi Basıncı	Toplam Sd	Toplam Sd	Difüzyon akış Yoğunluğu	Difüzyon akış Yoğunluğu	Yoğuşma Suyu Kütlesi	Değerlendirme	
		d			Sd	λ	d / λ		T	Pws	Pw	(Sd)i	(Sd)d	İi	İd	Wt		
		m		-	m	W / mK	m ² K / W	°C	°C	Pa	Pa	m	m	kg / m ² h	kg / m ²	kg / m ² h		-
Çatı Bileşenleri	İç hava																	
	İç Isı Taşınım Katsayısı						0.130	1.79	20.00	2338	1169							
	İç sıva	0.020	1800.000	15.0	0.30	0.870	0.023	0.32	18.21	2091								
	Demirli beton	0.120	2400.000	70.0	8.40	2.100	0.057	0.79	17.89	2050		0.30	1008.40	-1.957E-03	1.218E-06	-2.8205	Wt < 1 Olumlu	
	Cam yünü	0.100	100.000	10000.0	1000.00	0.052	1.923	26.55	17.10	1951		8.70	1000.00	-5.988E-05	1.162E-06	-0.0879	Wt < 1 Olumlu	
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	-9.45	273		1008.70	0.00	5.923E-07				
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	-9.45	273		1008.70	0.00	5.923E-07				
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	-9.45	273		1008.70	0.00	5.923E-07				
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	-9.45	273		1008.70	0.00	5.923E-07				
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	-9.45	273		1008.70	0.00	5.923E-07				
	Dış Isı Taşınım Katsayısı						0.040	0.55	-9.45	273								
	Dış Hava								-10.00	260	208							
	Toplam Sd =				1008.70		1/U =	2.173	m²K / W	Yapı Bileşenin Özgül Isı Kaybı : Q = 13.80 W / m²								
							U =	0.460	W / m²K									

Buharlaştırma Periyodu

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Yapı Elemanı Yoğunluğu	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isı İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	ΔT	Yüzeyin Sıcaklığı	Doymuş Buhar Basıncı	Nemli Havanın Kısmi Basıncı	Toplam Sd	Toplam Sd	Difüzyon akış Yoğunluğu	Difüzyon akış Yoğunluğu	Yoğuşma Suyu Kütleli	Değerlendirme	
		d			Sd	λ	d / λ		T	Pws	Pw	(Sd)i	(Sd)d	İi	İd	Wt		
		m		-	m	W / mK	m²K / W	°C	°C	Pa	Pa	m	m	kg / m²h	kg / m²	kg / m²h	-	
Duvar Bileşenleri	İç hava																	
	İç Isı Taşınım Katsayısı						0.130	0.00	12.00	1404	983							
	İç sıva	0.020	1800.000	15.0	0.30	0.870	0.023	0.00	12.00	1404								
	Yatay Delikli Tuğla	0.190	1000.000	5.0	0.95	0.450	0.422	0.00	12.00	1404		0.30	2.60	9.359E-04	1.080E-04	2.2547	Wv > Wt Olumlu	
	Poliüretan Sert Köpük	0.040	30.000	30.0	1.20	0.035	1.143	0.00	12.00	1404		1.25	1.65	2.246E-04	1.702E-04	0.8527	Wv > Wt Olumlu	
	Dış Sıva	0.030	2000.000	15.0	0.45	1.400	0.021	0.00	12.00	1404		2.45	0.45	1.146E-04	0.00062392	1.5952	Wv > Wt Olumlu	
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	12.00	1404		2.90	0.00	9.681E-05				
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	12.00	1404		2.90	0.00	9.681E-05				
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	12.00	1404		2.90	0.00	9.681E-05				
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	12.00	1404		2.90	0.00	9.681E-05				
	Dış Isı Taşınım Katsayısı							0.040	0.00	12.00	1404							
	Dış Hava									12.00	1404	983						
	Toplam Sd =				2.90	1/U =	1.779	m²K / W	Yapı Bileşeninin Özgül Isı Kaybı : Q = 0.00 W / m²									
					U =	0.562	W / m²K											

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Yapı Elemanı Yoğunluğu	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isı İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	ΔT	Yüzeyin Sıcaklığı	Doymuş Buhar Basıncı	Nemli Havanın Kısmi Basıncı	Toplam Sd	Toplam Sd	Difüzyon akış Yoğunluğu	Difüzyon akış Yoğunluğu	Yoğuşma Suyu Kütlesi	Değerlendirme
		d			Sd	λ	d / λ		T	Pws	Pw	(Sd)i	(Sd)d	İi	İd	Wt	
		m		-	m	W / mK	m ² K / W	°C	°C	Pa	Pa	m	m	kg / m ² h	kg / m ²	kg / m ² h	
Çatı Bileşenleri	İç hava																
	İç Isı Taşınım Katsayısı						0.130	-0.49	12.00	1404	983						
	İç sıva	0.020	1800.000	15.0	0.30	0.870	0.023	-0.09	12.49	1450							
	Demirli beton	0.120	2400.000	70.0	8.40	2.100	0.057	-0.21	12.57	1458		0.30	1008.40	1.055E-03	-3.141E-07	2.2780	Wv > Wt Olumlu
	Cam yünü	0.100	100.000	10000.0	1000.00	0.052	1.923	-7.21	12.79	1478		8.70	1000.00	3.796E-05	-3.304E-07	0.0813	Wv > Wt Olumlu
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	20.00	2338		1008.70	0.00	8.957E-07			
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	20.00	2338		1008.70	0.00	8.957E-07			
	0.00	0.000	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	0.00	20.00	2338		1008.70	0.00	8.957E-07			
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	20.00	2338		1008.70	0.00	8.957E-07			
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	20.00	2338		1008.70	0.00	8.957E-07			
	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000	0.00	20.00	2338		1008.70	0.00	8.957E-07			
	Dış Isı Taşınım Katsayısı						0.000	0.00	20.00	2338							
	Dış Hava								20.00	2338	983						
	Toplam Sd =				1008.70	1/U =	2.133	m²K / W	Yapı Bileşeninin Özgül Isı Kaybı : Q = -3.75 W / m²								
					U =	0.469	W / m²K										

Ek 14 Q = 47.75 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı İhtiyaçları

1. Bölge	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	30423315.19	8457.68	6088.13	2369.56	0.00
Şubat	24948971.29	6935.81	6088.13	847.69	0.00
Mart	16479295.60	4581.24	4581.24	0.00	1506.88
Nisan	4121443.13	1145.76	1145.76	0.00	4942.36
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	391961.75	108.97	108.97	0.00	5979.16
Kasım	11397794.08	3168.59	3168.59	0.00	2919.54
Aralık	25338208.85	7044.02	6088.13	955.90	0.00
Toplam	113100989.89	31442.08	27268.93	4173.14	45788.57

2. Bölge	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	48959541.32	13610.75	6088.13	7522.63	0.00
Şubat	43529517.42	12101.21	6088.13	6013.08	0.00
Mart	32205306.97	8953.08	6088.13	2864.95	0.00
Nisan	12655960.44	3518.36	3518.36	0.00	2569.77
Mayıs	603220.39	167.70	167.70	0.00	5920.43
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	8583761.40	2386.29	2386.29	0.00	3701.84
Kasım	26305456.64	7312.92	6088.13	1224.79	0.00
Aralık	42879430.71	11920.48	6088.13	5832.36	0.00
Toplam	215722195.29	59970.77	36512.96	23457.81	36544.54

3. Bölge	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	56992170.94	15843.82	6088.13	9755.70	0.00
Şubat	53505530.84	14874.54	6088.13	8786.41	0.00
Mart	40750875.10	11328.74	6088.13	5240.62	0.00
Nisan	22221140.92	6177.48	6088.13	89.35	0.00
Mayıs	7850569.11	2182.46	2182.46	0.00	3905.67
Haziran	341046.79	94.81	94.81	0.00	5993.31
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	2538962.89	705.83	705.83	0.00	5382.29
Ekim	17654276.20	4907.89	4907.89	0.00	1180.24
Kasım	36354959.35	10106.68	6088.13	4018.55	0.00
Aralık	52080465.63	14478.37	6088.13	8390.24	0.00
Toplam	290289997.77	80700.62	44419.74	36280.88	28637.76

4. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	Karşılanan Isı Miktarı kWh	Karşılanamayan Isı Miktarı kWh	Artan Isı Miktarı kWh
Aylar					
Ocak	83286600.66	23153.67	6088.13	17065.55	0.00
Şubat	78124242.09	21718.54	6088.13	15630.41	0.00
Mart	65906499.15	18322.01	6088.13	12233.88	0.00
Nisan	40026180.03	11127.28	6088.13	5039.15	0.00
Mayıs	20545843.21	5711.74	5711.74	0.00	376.38
Haziran	9419732.20	2618.69	2618.69	0.00	3469.44
Temmuz	1291032.14	358.91	358.91	0.00	5729.22
Ağustos	1319463.01	366.81	366.81	0.00	5721.31
Eylül	10908762.25	3032.64	3032.64	0.00	3055.49
Ekim	34044892.29	9464.48	6088.13	3376.36	0.00
Kasım	57098821.40	15873.47	6088.13	9785.35	0.00
Aralık	74699600.76	20766.49	6088.13	14678.36	0.00
Toplam	476671669.17	132514.72	54705.66	77809.07	18351.84

İzmir	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	Karşılanan Isı Miktarı kWh	Karşılanamayan Isı Miktarı kWh	Artan Isı Miktarı kWh
Aylar					
Ocak	28121638.85	7817.82	6088.13	1729.69	0.00
Şubat	24948971.29	6935.81	6088.13	847.69	0.00
Mart	16139194.18	4486.70	4486.70	0.00	1601.43
Nisan	3902558.61	1084.91	1084.91	0.00	5003.21
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	178595.22	49.65	49.65	0.00	6038.48
Kasım	9217641.47	2562.50	2562.50	0.00	3525.62
Aralık	21237675.01	5904.07	5904.07	0.00	184.05
Toplam	103746274.63	28841.46	26264.08	2577.38	46793.42

Antalya	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	Karşılanan Isı Miktarı kWh	Karşılanamayan Isı Miktarı kWh	Artan Isı Miktarı kWh
Aylar					
Ocak	23593864.11	6559.09	6088.13	470.97	0.00
Şubat	21266471.10	5912.08	5912.08	0.00	176.05
Mart	12515004.55	3479.17	3479.17	0.00	2608.95
Nisan	3273429.68	910.01	910.01	0.00	5178.11
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Kasım	6898195.76	1917.70	1917.70	0.00	4170.43
Aralık	17977835.57	4997.84	4997.84	0.00	1090.29
Toplam	85524800.77	23775.89	23304.93	470.97	49752.57

İstanbul	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	40595384.94	11285.52	6088.13	5197.39	0.00
Şubat	38005910.97	10565.64	6088.13	4477.52	0.00
Mart	31058073.84	8634.14	6088.13	2546.02	0.00
Nisan	14598458.76	4058.37	4058.37	0.00	2029.75
Mayıs	2390295.33	664.50	664.50	0.00	5423.62
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	5330480.72	1481.87	1481.87	0.00	4606.25
Kasım	17132686.79	4762.89	4762.89	0.00	1325.24
Aralık	29920349.43	8317.86	6088.13	2229.73	0.00
Toplam	179031640.77	49770.80	35320.13	14450.66	37737.37

Ankara	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	62234664.65	17301.24	6088.13	11213.11	0.00
Şubat	52703631.17	14651.61	6088.13	8563.48	0.00
Mart	36841006.34	10241.80	6088.13	4153.67	0.00
Nisan	17632855.91	4901.93	4901.93	0.00	1186.19
Mayıs	4161745.24	1156.97	1156.97	0.00	4931.16
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	228128.49	63.42	63.42	0.00	6024.71
Ekim	13240949.56	3680.98	3680.98	0.00	2407.14
Kasım	34006039.82	9453.68	6088.13	3365.55	0.00
Aralık	52080465.63	14478.37	6088.13	8390.24	0.00
Toplam	273129486.81	75930.00	40243.93	35686.07	32813.57

Erzurum	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	97081836.95	26988.75	6088.13	20900.63	0.00
Şubat	90286167.67	25099.55	6088.13	19011.43	0.00
Mart	69134586.76	19219.42	6088.13	13131.29	0.00
Nisan	38853853.19	10801.37	6088.13	4713.25	0.00
Mayıs	19150233.16	5323.76	5323.76	0.00	764.36
Haziran	5706918.72	1586.52	1586.52	0.00	4501.60
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	6356496.37	1767.11	1767.11	0.00	4321.02
Ekim	29807790.27	8286.57	6088.13	2198.44	0.00
Kasım	57098821.40	15873.47	6088.13	9785.35	0.00
Aralık	83619105.38	23246.11	6088.13	17157.99	0.00
Toplam	497095809.87	138192.64	51294.27	86898.37	21763.23

Atina	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	Karşılanan Isı Miktarı kWh	Karşılanamayan Isı Miktarı kWh	Artan Isı Miktarı kWh
Aylar					
Ocak	25466708.58	7079.74	6088.13	991.62	0.00
Şubat	23095515.69	6420.55	6088.13	332.43	0.00
Mart	15800722.51	4392.60	4392.60	0.00	1695.52
Nisan	4804132.93	1335.55	1335.55	0.00	4752.58
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	241071.01	67.02	67.02	0.00	6021.11
Kasım	7744049.76	2152.85	2152.85	0.00	3935.28
Aralık	18693551.49	5196.81	5196.81	0.00	891.32
Toplam	95845751.98	26645.12	25321.07	1324.05	47736.43

Roma	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	Karşılanan Isı Miktarı kWh	Karşılanamayan Isı Miktarı kWh	Artan Isı Miktarı kWh
Aylar					
Ocak	30808982.81	8564.90	6088.13	2476.77	0.00
Şubat	27201203.92	7561.93	6088.13	1473.81	0.00
Mart	19961759.55	5549.37	5549.37	0.00	538.76
Nisan	10486499.21	2915.25	2915.25	0.00	3172.88
Mayıs	1168346.92	324.80	324.80	0.00	5763.32
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	2288680.73	636.25	636.25	0.00	5451.87
Kasım	14029097.26	3900.09	3900.09	0.00	2188.04
Aralık	26094944.09	7254.39	6088.13	1166.27	0.00
Toplam	132039514.49	36706.99	31590.13	5116.85	41467.37

Barselona	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	Karşılanan Isı Miktarı kWh	Karşılanamayan Isı Miktarı kWh	Artan Isı Miktarı kWh
Aylar					
Ocak	23593864.11	6559.09	6088.13	470.97	0.00
Şubat	20542426.85	5710.79	5710.79	0.00	377.33
Mart	15463920.83	4298.97	4298.97	0.00	1789.16
Nisan	9010484.40	2504.91	2504.91	0.00	3583.21
Mayıs	1168346.92	324.80	324.80	0.00	5763.32
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ekim	575990.79	160.13	160.13	0.00	5928.00
Kasım	14029097.26	3900.09	3900.09	0.00	2188.04
Aralık	24209082.73	6730.12	6088.13	642.00	0.00
Toplam	108593213.89	30188.91	29075.94	1112.97	43981.56

Viyana	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	65062337.61	18087.33	6088.13	11999.20	0.00
Şubat	56316112.02	15655.88	6088.13	9567.75	0.00
Mart	39574105.64	11001.60	6088.13	4913.48	0.00
Nisan	20787045.96	5778.80	5778.80	0.00	309.33
Mayıs	6028675.01	1675.97	1675.97	0.00	4412.15
Haziran	418056.89	116.22	116.22	0.00	5971.91
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	6088.13
Eylül	4867268.97	1353.10	1353.10	0.00	4735.02
Ekim	21948243.96	6101.61	6088.13	13.49	0.00
Kasım	43075742.84	11975.06	6088.13	5886.93	0.00
Aralık	58522226.33	16269.18	6088.13	10181.05	0.00
Toplam	316599815.22	88014.75	45452.84	42561.91	27604.66

Paris	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	48559313.19	13499.49	6088.13	7411.36	0.00
Şubat	44720137.16	12432.20	6088.13	6344.07	0.00
Mart	34514474.38	9595.02	6088.13	3506.90	0.00
Nisan	23308158.46	6479.67	6088.13	391.54	0.00
Mayıs	10408759.12	2893.64	2893.64	0.00	3194.49
Haziran	2530572.32	703.50	703.50	0.00	5384.63
Temmuz	156243.32	43.44	43.44	0.00	6044.69
Ağustos	431510.14	119.96	119.96	0.00	5968.17
Eylül	4867268.97	1353.10	1353.10	0.00	4735.02
Ekim	16957209.77	4714.10	4714.10	0.00	1374.02
Kasım	35178705.83	9779.68	6088.13	3691.56	0.00
Aralık	45270749.14	12585.27	6088.13	6497.14	0.00
Toplam	266903101.80	74199.06	46356.48	27842.58	26701.02

Berlin	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	60216801.09	16740.27	6088.13	10652.15	0.00
Şubat	56718081.71	15767.63	6088.13	9679.50	0.00
Mart	42324430.08	11766.19	6088.13	5678.07	0.00
Nisan	26249490.69	7297.36	6088.13	1209.23	0.00
Mayıs	8399485.27	2335.06	2335.06	0.00	3753.07
Haziran	2185418.98	607.55	607.55	0.00	5480.58
Temmuz	156243.32	43.44	43.44	0.00	6044.69
Ağustos	612344.84	170.23	170.23	0.00	5917.89
Eylül	9702386.15	2697.26	2697.26	0.00	3390.86
Ekim	25645925.75	7129.57	6088.13	1041.44	0.00
Kasım	44668108.21	12417.73	6088.13	6329.61	0.00
Aralık	55298247.94	15372.91	6088.13	9284.79	0.00
Toplam	332176964.03	92345.20	48470.41	43874.79	24587.09

Essen	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	52568192.75	14613.96	6088.13	8525.83	0.00
Şubat	50301340.12	13983.77	6088.13	7895.65	0.00
Mart	37619957.56	10458.35	6088.13	4370.22	0.00
Nisan	26249490.69	7297.36	6088.13	1209.23	0.00
Mayıs	10113824.30	2811.64	2811.64	0.00	3276.48
Haziran	3892238.11	1082.04	1082.04	0.00	5006.08
Temmuz	506547.24	140.82	140.82	0.00	5947.30
Ağustos	612344.84	170.23	170.23	0.00	5917.89
Eylül	7696268.11	2139.56	2139.56	0.00	3948.56
Ekim	21220608.03	5899.33	5899.33	0.00	188.80
Kasım	39111961.71	10873.13	6088.13	4785.00	0.00
Aralık	48069324.05	13363.27	6088.13	7275.15	0.00
Toplam	297962097.51	82833.46	48772.38	34061.08	24285.12

Londra	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	46560687.38	12943.87	6088.13	6855.75	0.00
Şubat	45117477.89	12542.66	6088.13	6454.53	0.00
Mart	37230278.98	10350.02	6088.13	4261.89	0.00
Nisan	28867285.61	8025.11	6088.13	1936.98	0.00
Mayıs	16425802.81	4566.37	4566.37	0.00	1521.75
Haziran	6961836.85	1935.39	1935.39	0.00	4152.73
Temmuz	2731285.18	759.30	759.30	0.00	5328.83
Ağustos	2977253.41	827.68	827.68	0.00	5260.45
Eylül	9114902.97	2533.94	2533.94	0.00	3554.18
Ekim	19065433.95	5300.19	5300.19	0.00	787.93
Kasım	35570406.11	9888.57	6088.13	3800.45	0.00
Aralık	43675691.82	12141.84	6088.13	6053.72	0.00
Toplam	294298342.95	81814.94	52451.62	29363.32	20605.88

Oslo	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	79637433.82	22139.21	6088.13	16051.08	0.00
Şubat	77719175.48	21605.93	6088.13	15517.81	0.00
Mart	61475423.12	17090.17	6088.13	11002.04	0.00
Nisan	41987007.39	11672.39	6088.13	5584.26	0.00
Mayıs	18117582.44	5036.69	5036.69	0.00	1051.44
Haziran	4996887.95	1389.13	1389.13	0.00	4698.99
Temmuz	2549847.11	708.86	708.86	0.00	5379.27
Ağustos	5127017.88	1425.31	1425.31	0.00	4662.81
Eylül	18844426.01	5238.75	5238.75	0.00	849.37
Ekim	35990525.34	10005.37	6088.13	3917.24	0.00
Kasım	59517482.37	16545.86	6088.13	10457.74	0.00
Aralık	73889252.39	20541.21	6088.13	14453.09	0.00
Toplam	479852061.29	133398.87	56415.62	76983.26	16641.88

Helsinki	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	90182752.46	25070.81	6088.13	18982.68	0.00
Şubat	89069296.30	24761.26	6088.13	18673.14	0.00
Mart	72366379.37	20117.85	6088.13	14029.73	0.00
Nisan	48707385.15	13540.65	6088.13	7452.53	0.00
Mayıs	21251154.80	5907.82	5907.82	0.00	180.30
Haziran	5706918.72	1586.52	1586.52	0.00	4501.60
Temmuz	2202312.66	612.24	612.24	0.00	5475.88
Ağustos	5606753.24	1558.68	1558.68	0.00	4529.45
Eylül	21688851.19	6029.50	6029.50	0.00	58.62
Ekim	39911303.34	11095.34	6088.13	5007.22	0.00
Kasım	61938870.69	17219.01	6088.13	11130.88	0.00
Aralık	79158203.73	22005.98	6088.13	15917.86	0.00
Toplam	537790181.65	149505.67	58311.64	91194.03	14745.86

Ek 15 Q = 60 kW İçin Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbini Çalışma Süreleri

1. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	30423315.19	8457.68	177.12	177	7	12	5.90	5	54	0	145.24	0.00	45.24
Şubat	24948971.29	6935.81	145.25	145	15	0	4.84	4	50	24	119.11	0.00	19.11
Mart	16479295.60	4581.24	95.94	95	56	24	3.20	3	12	0	78.67	21.33	0.00
Nisan	4121443.13	1145.76	23.99	23	59	24	0.80	0	48	0	19.68	80.32	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	391961.75	108.97	2.28	2	16	48	0.08	0	4	48	1.87	98.13	0.00
Kasım	11397794.08	3168.59	66.36	66	21	4	2.21	2	12	36	54.41	45.59	0.00
Aralık	25338208.85	7044.02	147.52	147	31	12	4.92	4	55	12	120.97	0.00	20.97
Toplam	113100989.89	31442.08	658.47	658	28	12							

2. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	48959541.32	13610.75	285.04	285	2	24	9.50	9	30	0	233.73	0.00	133.73
Şubat	43529517.42	12101.21	253.43	253	25	48	8.45	8	27	0	207.81	0.00	107.81
Mart	32205306.97	8953.08	187.50	187	30	0	6.25	6	15	0	153.75	0.00	53.75
Nisan	12655960.44	3518.36	73.68	73	40	48	2.46	2	27	36	60.42	39.58	0.00
Mayıs	603220.39	167.70	3.51	3	30	6	0.12	0	7	12	2.88	97.12	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	8583761.40	2386.29	49.97	49	58	12	1.67	1	40	12	40.98	59.02	0.00
Kasım	26305456.64	7312.92	153.15	153	9	0	5.11	5	6	36	125.58	0.00	25.58
Aralık	42879430.71	11920.48	249.64	249	38	24	8.32	8	19	12	204.71	0.00	104.71
Toplam	215722195.29	59970.77	1255.93	1255	55	48							

3. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	56992170.94	15843.82	331.81	331	48	36	11.06	11	3	36	272.08	0.00	172.08
Şubat	53505530.84	14874.54	311.51	311	30	36	10.38	10	22	48	255.44	0.00	155.44
Mart	40750875.10	11328.74	237.25	237	15	0	7.91	7	54	36	194.55	0.00	94.55
Nisan	22221140.92	6177.48	129.37	129	22	12	4.31	4	18	36	106.08	0.00	6.08
Mayıs	7850569.11	2182.46	45.71	45	42	36	1.52	1	31	12	37.48	62.52	0.00
Haziran	341046.79	94.81	1.99	1	59	24	0.07	0	4	12	1.63	98.37	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	2538962.89	705.83	14.78	14	46	48	0.49	0	29	24	12.12	87.88	0.00
Ekim	17654276.20	4907.89	102.78	102	46	48	3.43	3	25	48	84.28	15.72	0.00
Kasım	36354959.35	10106.68	211.66	211	39	36	7.06	7	3	36	173.56	0.00	73.56
Aralık	52080465.63	14478.37	303.21	303	12	36	10.11	10	6	36	248.63	0.00	148.63
Toplam	290289997.77	80700.62	1690.07	1690	4	12							

4. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	83286600.66	23153.67	484.89	484	53	24	16.16	16	9	36	397.61	0.00	297.61
Şubat	78124242.09	21718.54	454.84	454	50	24	15.16	15	9	36	372.97	0.00	272.97
Mart	65906499.15	18322.01	383.71	383	42	36	12.79	12	47	24	314.64	0.00	214.64
Nisan	40026180.03	11127.28	233.03	233	1	48	7.77	7	46	12	191.09	0.00	91.09
Mayıs	20545843.21	5711.74	119.62	119	37	12	3.99	3	59	24	98.09	1.91	0.00
Haziran	9419732.20	2618.69	54.84	54	50	24	1.83	1	49	48	44.97	55.03	0.00
Temmuz	1291032.14	358.91	7.52	7	31	24	0.25	0	15	0	6.16	93.84	0.00
Ağustos	1319463.01	366.81	7.68	7	40	48	0.26	0	15	36	6.30	93.70	0.00
Eylül	10908762.25	3032.64	63.51	63	30	36	2.12	2	7	12	52.08	47.92	0.00
Ekim	34044892.29	9464.48	198.21	198	12	36	6.61	6	36	36	162.53	0.00	62.53
Kasım	57098821.40	15873.47	332.43	332	25	48	11.08	11	4	48	272.59	0.00	172.59
Aralık	74699600.76	20766.49	434.90	434	54	0	14.50	14	30	0	356.62	0.00	256.62
Toplam	476671669.17	132514.72	2775.18	2775	10	48							

İzmir	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	28121638.85	7817.82	163.72	163	43	12	5.46	5	27	36	134.25	0.00	34.25
Şubat	24948971.29	6935.81	145.25	145	15	0	4.84	4	50	24	119.11	0.00	19.11
Mart	16139194.18	4486.70	93.96	93	57	36	3.13	3	7	48	77.05	22.95	0.00
Nisan	3902558.61	1084.91	22.72	22	43	12	0.76	0	45	36	18.63	81.37	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	178595.22	49.65	1.04	1	2	24	0.03	0	1	48	0.85	99.15	0.00
Kasım	9217641.47	2562.50	53.67	53	40	42	1.79	1	47	24	44.01	55.99	0.00
Aralık	21237675.01	5904.07	123.65	123	39	0	4.12	4	7	12	101.39	0.00	1.39
Toplam	103746274.63	28841.46	604.01	604	0	36							

Antalya	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	23593864.11	6559.09	137.36	137	21	4	4.58	4	34	48	112.64	0.00	12.64
Şubat	21266471.10	5912.08	123.81	123	48	36	4.13	4	7	48	101.53	0.00	1.53
Mart	12515004.55	3479.17	72.86	72	51	36	2.43	2	25	48	59.75	40.25	0.00
Nisan	3273429.68	910.01	19.06	19	3	36	0.64	0	38	24	15.63	84.37	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Kasım	6898195.76	1917.70	40.16	40	9	36	1.34	1	20	24	32.93	67.07	0.00
Aralık	17977835.57	4997.84	104.67	104	40	42	3.49	3	29	24	85.83	14.17	0.00
Toplam	85524800.77	23775.89	497.92	497	55	12							

İstanbul	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	40595384.94	11285.52	236.35	236	21	0	7.88	7	52	48	193.80	0.00	93.80
Şubat	38005910.97	10565.64	221.27	221	16	12	7.38	7	22	48	181.44	0.00	81.44
Mart	31058073.84	8634.14	180.82	180	49	12	6.03	6	1	48	148.27	0.00	48.27
Nisan	14598458.76	4058.37	84.99	84	59	24	2.83	2	49	48	69.69	30.31	0.00
Mayıs	2390295.33	664.50	13.92	13	55	12	0.46	0	27	36	11.41	88.59	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	5330480.72	1481.87	31.03	31	1	48	1.03	1	1	48	25.45	74.55	0.00
Kasım	17132686.79	4762.89	99.75	99	45	0	3.32	3	19	12	81.79	18.21	0.00
Aralık	29920349.43	8317.86	174.20	174	12	0	5.81	5	48	36	142.84	0.00	42.84
Toplam	179031640.77	49770.80	1042.32	1042	19	12							

Ankara	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	62234664.65	17301.24	362.33	362	19	48	12.08	12	4	48	297.11	0.00	197.11
Şubat	52703631.17	14651.61	306.84	306	50	24	10.23	10	13	48	251.61	0.00	151.61
Mart	36841006.34	10241.80	214.49	214	29	24	7.15	7	9	0	175.88	0.00	75.88
Nisan	17632855.91	4901.93	102.66	102	39	36	3.42	3	25	12	84.18	15.82	0.00
Mayıs	4161745.24	1156.97	24.23	24	13	48	0.81	0	48	36	19.87	80.13	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	228128.49	63.42	1.33	1	19	48	0.04	0	2	24	1.09	98.91	0.00
Ekim	13240949.56	3680.98	77.09	77	5	24	2.57	2	34	12	63.21	36.79	0.00
Kasım	34006039.82	9453.68	197.98	197	58	48	6.60	6	36	0	162.35	0.00	62.35
Aralık	52080465.63	14478.37	303.21	303	12	36	10.11	10	6	36	248.63	0.00	148.63
Toplam	273129486.81	75930.00	1590.16	1590	9	36							

Erzurum	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	97081836.95	26988.75	565.21	565	12	36	18.84	18	50	24	463.47	0.00	363.47
Şubat	90286167.67	25099.55	525.65	525	39	0	17.52	17	31	12	431.03	0.00	331.03
Mart	69134586.76	19219.42	402.50	402	30	0	13.42	13	25	12	330.05	0.00	230.05
Nisan	38853853.19	10801.37	226.21	226	12	36	7.54	7	32	24	185.49	0.00	85.49
Mayıs	19150233.16	5323.76	111.49	111	29	24	3.72	3	43	12	91.42	8.58	0.00
Haziran	5706918.72	1586.52	33.23	33	13	48	1.11	1	6	36	27.25	72.75	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	6356496.37	1767.11	37.01	37	0	36	1.23	1	13	48	30.35	69.65	0.00
Ekim	29807790.27	8286.57	173.54	173	32	24	5.78	5	46	48	142.30	0.00	42.30
Kasım	57098821.40	15873.47	332.43	332	25	48	11.08	11	4	48	272.59	0.00	172.59
Aralık	83619105.38	23246.11	486.83	486	49	48	16.23	16	13	48	399.20	0.00	299.20
Toplam	497095809.87	138192.64	2894.09	2894	5	24							

Atina	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	25466708.58	7079.74	148.27	148	16	12	4.94	4	56	24	121.58	0.00	21.58
Şubat	23095515.69	6420.55	134.46	134	27	36	4.48	4	28	48	110.26	0.00	10.26
Mart	15800722.51	4392.60	91.99	91	59	24	3.07	3	4	12	75.43	24.57	0.00
Nisan	4804132.93	1335.55	27.97	27	58	12	0.93	0	55	48	22.94	77.06	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	241071.01	67.02	1.40	1	24	0	0.05	0	3	0	1.15	98.85	0.00
Kasım	7744049.76	2152.85	45.09	45	5	24	1.50	1	30	0	36.97	63.03	0.00
Aralık	18693551.49	5196.81	108.83	108	49	48	3.63	3	37	48	89.24	10.76	0.00
Toplam	95845751.98	26645.12	558.01	558	0	36							

Roma	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h	min	s	MGT Günlük Çalışma Süresi h	h	min	s	Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
Aylar													
Ocak	30808982.81	8564.90	179.37	179	22	12	5.98	5	58	48	147.08	0.00	47.08
Şubat	27201203.92	7561.93	158.37	158	22	12	5.28	5	16	48	129.86	0.00	29.86
Mart	19961759.55	5549.37	116.22	116	13	12	3.87	3	52	12	95.30	4.70	0.00
Nisan	10486499.21	2915.25	61.05	61	3	0	2.04	2	2	24	50.06	49.94	0.00
Mayıs	1168346.92	324.80	6.80	6	48	0	0.23	0	13	48	5.58	94.42	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	2288680.73	636.25	13.32	13	19	12	0.44	0	26	24	10.93	89.07	0.00
Kasım	14029097.26	3900.09	81.68	81	40	48	2.72	2	43	12	66.98	33.02	0.00
Aralık	26094944.09	7254.39	151.92	151	55	2	5.06	5	3	36	124.58	0.00	24.58
Toplam	132039514.49	36706.99	768.73	768	43	48							

Barcelona	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h	min	s	MGT Günlük Çalışma Süresi h	h	min	s	Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
Aylar													
Ocak	23593864.11	6559.09	137.36	137	21	36	4.58	4	34	48	112.64	0.00	12.64
Şubat	20542426.85	5710.79	119.60	119	36	0	3.99	3	59	24	98.07	1.93	0.00
Mart	15463920.83	4298.97	90.03	90	1	48	3.00	3	0	0	73.83	26.17	0.00
Nisan	9010484.40	2504.91	52.46	52	27	36	1.75	1	45	0	43.02	56.98	0.00
Mayıs	1168346.92	324.80	6.80	6	48	0	0.23	0	13	48	5.58	94.42	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	575990.79	160.13	3.35	3	21	0	0.11	0	6	36	2.75	97.25	0.00
Kasım	14029097.26	3900.09	81.68	81	40	48	2.72	2	43	12	66.98	33.02	0.00
Aralık	24209082.73	6730.12	140.95	140	57	0	4.70	4	42	0	115.57	0.00	15.57
Toplam	108593213.89	30188.91	632.23	632	13	48							

Viyana	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	65062337.61	18087.33	378.79	378	47	24	12.63	12	12	36	310.61	0.00	210.61
Şubat	56316112.02	15655.88	327.87	327	52	12	10.93	10	28	48	268.85	0.00	168.85
Mart	39574105.64	11001.60	230.40	230	24	0	7.68	7	40	48	188.93	0.00	88.93
Nisan	20787045.96	5778.80	121.02	121	1	12	4.03	4	1	48	99.24	0.76	0.00
Mayıs	6028675.01	1675.97	35.10	35	6	0	1.17	1	54	36	28.78	71.22	0.00
Haziran	418056.89	116.22	2.43	2	25	48	0.08	0	4	48	2.00	98.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	4867268.97	1353.10	28.34	28	20	24	0.94	0	56	24	23.24	76.76	0.00
Ekim	21948243.96	6101.61	127.78	127	46	48	4.26	4	15	36	104.78	0.00	4.78
Kasım	43075742.84	11975.06	250.79	250	47	24	8.36	8	21	36	205.64	0.00	105.64
Aralık	58522226.33	16269.18	340.72	340	43	12	11.36	11	21	36	279.39	0.00	179.39
Toplam	316599815.22	88014.75	1843.24	1843	14	24							

Paris	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	48559313.19	13499.49	282.71	282	42	36	9.42	9	25	12	231.82	0.00	131.82
Şubat	44720137.16	12432.20	260.36	260	21	36	8.68	8	40	48	213.50	0.00	113.50
Mart	34514474.38	9595.02	200.94	200	56	24	6.70	6	42	0	164.77	0.00	64.77
Nisan	23308158.46	6479.67	135.70	135	42	0	4.52	4	31	12	111.27	0.00	11.27
Mayıs	10408759.12	2893.64	60.60	60	36	0	2.02	2	1	12	49.69	50.31	0.00
Haziran	2530572.32	703.50	14.73	14	43	48	0.49	0	29	24	12.08	87.92	0.00
Temmuz	156243.32	43.44	0.91	0	54	36	0.03	0	1	48	0.75	99.25	0.00
Ağustos	431510.14	119.96	2.51	2	30	36	0.08	0	4	48	2.06	97.94	0.00
Eylül	4867268.97	1353.10	28.34	28	20	24	0.94	0	56	24	23.24	76.76	0.00
Ekim	16957209.77	4714.10	98.72	98	43	12	3.29	3	17	24	80.95	19.05	0.00
Kasım	35178705.83	9779.68	204.81	204	48	36	6.83	6	49	48	167.94	0.00	67.94
Aralık	45270749.14	12585.27	263.57	263	34	12	8.79	8	47	24	216.12	0.00	116.12
Toplam	266903101.80	74199.06	1553.91	1553	54	36							

Berlin	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	h	min		s	h	min			
Ocak	60216801.09	16740.27	350.58	350	34	48	11.69	11	41	24	287.48	0.00	187.48
Şubat	56718081.71	15767.63	330.21	330	12	36	11.01	11	0	36	270.77	0.00	170.77
Mart	42324430.08	11766.19	246.41	246	24	36	8.21	8	12	36	202.06	0.00	102.06
Nisan	26249490.69	7297.36	152.82	152	49	12	5.09	5	5	24	125.32	0.00	25.32
Mayıs	8399485.27	2335.06	48.90	48	54	0	1.63	1	12	36	40.10	59.90	0.00
Haziran	2185418.98	607.55	12.72	12	43	12	0.42	0	25	12	10.43	89.57	0.00
Temmuz	156243.32	43.44	0.91	0	54	36	0.03	0	1	48	0.75	99.25	0.00
Ağustos	612344.84	170.23	3.57	3	34	12	0.12	0	7	12	2.92	97.08	0.00
Eylül	9702386.15	2697.26	56.49	56	29	24	1.88	1	52	48	46.32	53.68	0.00
Ekim	25645925.75	7129.57	149.31	149	18	36	4.98	4	58	48	122.43	0.00	22.43
Kasım	44668108.21	12417.73	260.06	260	3	36	8.67	8	40	12	213.25	0.00	113.25
Aralık	55298247.94	15372.91	321.95	321	57	0	10.73	10	43	48	264.00	0.00	164.00
Toplam	332176964.03	92345.20	1933.93	1933	55	48							

Essen	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	h	min		s	h	min			
Ocak	52568192.75	14613.96	306.05	306	3	0	10.20	10	12	0	250.96	0.00	150.96
Şubat	50301340.12	13983.77	292.85	292	51	0	9.76	9	45	36	240.14	0.00	140.14
Mart	37619957.56	10458.35	219.02	219	1	12	7.30	7	18	0	179.60	0.00	79.60
Nisan	26249490.69	7297.36	152.82	152	49	12	5.09	5	5	24	125.32	0.00	25.32
Mayıs	10113824.30	2811.64	58.88	58	52	48	1.96	1	57	36	48.28	51.72	0.00
Haziran	3892238.11	1082.04	22.66	22	39	36	0.76	0	45	36	18.58	81.42	0.00
Temmuz	506547.24	140.82	2.95	2	57	0	0.10	0	6	0	2.42	97.58	0.00
Ağustos	612344.84	170.23	3.57	3	34	12	0.12	0	7	12	2.92	97.08	0.00
Eylül	7696268.11	2139.56	44.81	44	48	36	1.49	1	29	24	36.74	63.26	0.00
Ekim	21220608.03	5899.33	123.55	123	33	0	4.12	4	7	12	101.31	0.00	1.31
Kasım	39111961.71	10873.13	227.71	227	42	36	7.59	7	35	24	186.72	0.00	86.72
Aralık	48069324.05	13363.27	279.86	279	51	36	9.33	9	19	48	229.48	0.00	129.48
Toplam	297962097.51	82833.46	1734.73	1734	43	48							

Londra	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	h	min		s	h	min			
Ocak	46560687.38	12943.87	271.08	271	4	48	9.04	9	2	24	222.28	0.00	122.28
Şubat	45117477.89	12542.66	262.67	262	40	12	8.76	8	45	36	215.39	0.00	115.39
Mart	37230278.98	10350.02	216.75	216	45	0	7.23	7	13	48	177.74	0.00	77.74
Nisan	28867285.61	8025.11	168.07	168	4	12	5.60	5	36	0	137.81	0.00	37.81
Mayıs	16425802.81	4566.37	95.63	95	37	48	3.19	3	11	24	78.42	21.58	0.00
Haziran	6961836.85	1935.39	40.53	40	31	48	1.35	1	21	0	33.24	66.76	0.00
Temmuz	2731285.18	759.30	15.90	15	54	0	0.53	0	31	48	13.04	86.96	0.00
Ağustos	2977253.41	827.68	17.33	17	19	48	0.58	0	34	48	14.21	85.79	0.00
Eylül	9114902.97	2533.94	53.07	53	4	12	1.77	1	46	12	43.51	56.49	0.00
Ekim	19065433.95	5300.19	111.00	111	0	0	3.70	3	42	0	91.02	8.98	0.00
Kasım	35570406.11	9888.57	207.09	207	5	24	6.90	6	54	0	169.81	0.00	69.81
Aralık	43675691.82	12141.84	254.28	254	16	48	8.48	8	28	48	208.51	0.00	108.51
Toplam	294298342.95	81814.94	1713.40	1713	24	0							

Oslo	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	h	min		s	h	min			
Ocak	79637433.82	22139.21	463.65	463	39	0	15.45	15	27	0	380.19	0.00	280.19
Şubat	77719175.48	21605.93	452.48	452	28	48	15.08	15	4	48	371.03	0.00	271.03
Mart	61475423.12	17090.17	357.91	357	54	36	11.93	11	55	48	293.49	0.00	193.49
Nisan	41987007.39	11672.39	244.45	244	27	0	8.15	8	9	0	200.45	0.00	100.45
Mayıs	18117582.44	5036.69	105.48	105	28	48	3.52	3	31	12	86.49	13.51	0.00
Haziran	4996887.95	1389.13	29.09	29	5	24	0.97	0	58	12	23.86	76.14	0.00
Temmuz	2549847.11	708.86	14.85	14	51	0	0.49	0	29	24	12.17	87.83	0.00
Ağustos	5127017.88	1425.31	29.85	229	51	0	0.99	0	59	24	24.48	75.52	0.00
Eylül	18844426.01	5238.75	109.71	109	42	36	3.66	3	39	36	89.96	10.04	0.00
Ekim	35990525.34	10005.37	209.54	209	32	24	6.98	6	58	48	171.82	0.00	71.82
Kasım	59517482.37	16545.86	346.51	346	30	36	11.55	11	33	0	284.14	0.00	184.14
Aralık	73889252.39	20541.21	430.18	430	10	48	14.34	14	20	24	352.75	0.00	252.75
Toplam	479852061.29	133398.87	2793.69	2793	41	24							

Helsinki	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	h	min		s	h	min			
Ocak	90182752.46	25070.81	525.04	525	2	24	17.50	17	30	0	430.54	0.00	330.54
Şubat	89069296.30	24761.26	518.56	518	33	36	17.29	17	17	24	425.22	0.00	325.22
Mart	72366379.37	20117.85	421.32	421	19	12	14.04	14	2	24	345.48	0.00	245.48
Nisan	48707385.15	13540.65	283.57	283	34	12	9.45	9	27	0	232.53	0.00	132.53
Mayıs	21251154.80	5907.82	123.72	123	43	12	4.12	4	7	12	101.45	0.00	1.45
Haziran	5706918.72	1586.52	33.23	33	13	48	1.11	1	6	36	27.25	72.75	0.00
Temmuz	2202312.66	612.24	12.82	12	49	12	0.43	0	25	48	10.51	89.49	0.00
Ağustos	5606753.24	1558.68	32.64	32	38	24	1.09	1	5	24	26.77	73.23	0.00
Eylül	21688851.19	6029.50	126.27	126	16	12	4.21	4	12	36	103.54	0.00	3.54
Ekim	39911303.34	11095.34	232.36	232	21	36	7.75	7	45	0	190.54	0.00	90.54
Kasım	61938870.69	17219.01	360.61	360	36	36	12.02	12	1	12	295.70	0.00	195.70
Aralık	79158203.73	22005.98	460.86	460	51	36	15.36	15	21	36	377.90	0.00	277.90
Toplam	537790181.65	149505.67	3131.01	3131	0	36							

Ek 16 Q = 60 kW İçin Elektrik Yeterliliğine Göre Isı İhtiyaçları

1. Bölge	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	30423315.19	8457.68	7920.00	537.68	0.00
Şubat	24948971.29	6935.81	6935.81	0.00	984.19
Mart	16479295.60	4581.24	4581.24	0.00	3338.76
Nisan	4121443.13	1145.76	1145.76	0.00	6774.24
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	391961.75	108.97	108.97	0.00	7811.03
Kasım	11397794.08	3168.59	3168.59	0.00	4751.41
Aralık	25338208.85	7044.02	7044.02	0.00	875.98
Toplam	113100989.89	31442.08	30904.39	537.68	64135.61

2. Bölge	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	48959541.32	13610.75	7920.00	5690.75	0.00
Şubat	43529517.42	12101.21	7920.00	4181.21	0.00
Mart	32205306.97	8953.08	7920.00	1033.08	0.00
Nisan	12655960.44	3518.36	3518.36	0.00	4401.64
Mayıs	603220.39	167.70	167.70	0.00	7752.30
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	8583761.40	2386.29	2386.29	0.00	5533.71
Kasım	26305456.64	7312.92	7312.92	0.00	607.08
Aralık	42879430.71	11920.48	7920.00	4000.48	0.00
Toplam	215722195.29	59970.77	45065.25	14905.52	49974.75

3. Bölge	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	56992170.94	15843.82	7920.00	7923.82	0.00
Şubat	53505530.84	14874.54	7920.00	6954.54	0.00
Mart	40750875.10	11328.74	7920.00	3408.74	0.00
Nisan	22221140.92	6177.48	6177.48	0.00	1742.52
Mayıs	7850569.11	2182.46	2182.46	0.00	5737.54
Haziran	341046.79	94.81	94.81	0.00	7825.19
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	2538962.89	705.83	705.83	0.00	7214.17
Ekim	17654276.20	4907.89	4907.89	0.00	3012.11
Kasım	36354959.35	10106.68	7920.00	2186.68	0.00
Aralık	52080465.63	14478.37	7920.00	6558.37	0.00
Toplam	290289997.77	80700.62	53668.47	27032.15	41371.53

4. Bölge	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	83286600.66	23153.67	7920.00	15233.67	0.00
Şubat	78124242.09	21718.54	7920.00	13798.54	0.00
Mart	65906499.15	18322.01	7920.00	10402.01	0.00
Nisan	40026180.03	11127.28	7920.00	3207.28	0.00
Mayıs	20545843.21	5711.74	5711.74	0.00	2208.26
Haziran	9419732.20	2618.69	2618.69	0.00	5301.31
Temmuz	1291032.14	358.91	358.91	0.00	7561.09
Ağustos	1319463.01	366.81	366.81	0.00	7553.19
Eylül	10908762.25	3032.64	3032.64	0.00	4887.36
Ekim	34044892.29	9464.48	7920.00	1544.48	0.00
Kasım	57098821.40	15873.47	7920.00	7953.47	0.00
Aralık	74699600.76	20766.49	7920.00	12846.49	0.00
Toplam	476671669.17	132514.72	67528.78	64985.94	27511.22

İzmir	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	28121638.85	7817.82	7817.82	0.00	102.18
Şubat	24948971.29	6935.81	6935.81	0.00	984.19
Mart	16139194.18	4486.70	4486.70	0.00	3433.30
Nisan	3902558.61	1084.91	1084.91	0.00	6835.09
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	178595.22	49.65	49.65	0.00	7870.35
Kasım	9217641.47	2562.50	2562.50	0.00	5357.50
Aralık	21237675.01	5904.07	5904.07	0.00	2015.93
Toplam	103746274.63	28841.46	28841.46	0.00	66198.54

Antalya	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	23593864.11	6559.09	6559.09	0.00	1360.91
Şubat	21266471.10	5912.08	5912.08	0.00	2007.92
Mart	12515004.55	3479.17	3479.17	0.00	4440.83
Nisan	3273429.68	910.01	910.01	0.00	7009.99
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Kasım	6898195.76	1917.70	1917.70	0.00	6002.30
Aralık	17977835.57	4997.84	4997.84	0.00	2922.16
Toplam	85524800.77	23775.89	23775.89	0.00	71264.11

İstanbul	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	40595384.94	11285.52	7920.00	3365.52	0.00
Şubat	38005910.97	10565.64	7920.00	2645.64	0.00
Mart	31058073.84	8634.14	7920.00	714.14	0.00
Nisan	14598458.76	4058.37	4058.37	0.00	3861.63
Mayıs	2390295.33	664.50	664.50	0.00	7255.50
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	5330480.72	1481.87	1481.87	0.00	6438.13
Kasım	17132686.79	4762.89	4762.89	0.00	3157.11
Aralık	29920349.43	8317.86	7920.00	397.86	0.00
Toplam	179031640.77	49770.80	42647.63	7123.16	52392.37

Ankara	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	62234664.65	17301.24	7920.00	9381.24	0.00
Şubat	52703631.17	14651.61	7920.00	6731.61	0.00
Mart	36841006.34	10241.80	7920.00	2321.80	0.00
Nisan	17632855.91	4901.93	4901.93	0.00	3018.07
Mayıs	4161745.24	1156.97	1156.97	0.00	6763.03
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	228128.49	63.42	63.42	0.00	7856.58
Ekim	13240949.56	3680.98	3680.98	0.00	4239.02
Kasım	34006039.82	9453.68	7920.00	1533.68	0.00
Aralık	52080465.63	14478.37	7920.00	6558.37	0.00
Toplam	273129486.81	75930.00	49403.30	26526.69	45636.70

Erzurum	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	97081836.95	26988.75	7920.00	19068.75	0.00
Şubat	90286167.67	25099.55	7920.00	17179.55	0.00
Mart	69134586.76	19219.42	7920.00	11299.42	0.00
Nisan	38853853.19	10801.37	7920.00	2881.37	0.00
Mayıs	19150233.16	5323.76	5323.76	0.00	2596.24
Haziran	5706918.72	1586.52	1586.52	0.00	6333.48
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	6356496.37	1767.11	1767.11	0.00	6152.89
Ekim	29807790.27	8286.57	7920.00	366.57	0.00
Kasım	57098821.40	15873.47	7920.00	7953.47	0.00
Aralık	83619105.38	23246.11	7920.00	15326.11	0.00
Toplam	497095809.87	138192.64	64117.39	74075.24	30922.61

Atina	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	25466708.58	7079.74	7079.74	0.00	840.26
Şubat	23095515.69	6420.55	6420.55	0.00	1499.45
Mart	15800722.51	4392.60	4392.60	0.00	3527.40
Nisan	4804132.93	1335.55	1335.55	0.00	6584.45
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	241071.01	67.02	67.02	0.00	7852.98
Kasım	7744049.76	2152.85	2152.85	0.00	5767.15
Aralık	18693551.49	5196.81	5196.81	0.00	2723.19
Toplam	95845751.98	26645.12	26645.12	0.00	68394.88

Roma	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	30808982.81	8564.90	7920.00	644.90	0.00
Şubat	27201203.92	7561.93	7561.93	0.00	358.07
Mart	19961759.55	5549.37	5549.37	0.00	2370.63
Nisan	10486499.21	2915.25	2915.25	0.00	5004.75
Mayıs	1168346.92	324.80	324.80	0.00	7595.20
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	2288680.73	636.25	636.25	0.00	7283.75
Kasım	14029097.26	3900.09	3900.09	0.00	4019.91
Aralık	26094944.09	7254.39	7254.39	0.00	665.61
Toplam	132039514.49	36706.99	36062.09	644.90	58977.91

Barselona	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	23593864.11	6559.09	6559.09	0.00	1360.91
Şubat	20542426.85	5710.79	5710.79	0.00	2209.21
Mart	15463920.83	4298.97	4298.97	0.00	3621.03
Nisan	9010484.40	2504.91	2504.91	0.00	5415.09
Mayıs	1168346.92	324.80	324.80	0.00	7595.20
Haziran	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ekim	575990.79	160.13	160.13	0.00	7759.87
Kasım	14029097.26	3900.09	3900.09	0.00	4019.91
Aralık	24209082.73	6730.12	6730.12	0.00	1189.88
Toplam	108593213.89	30188.91	30188.91	0.00	64851.09

Viyana	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	65062337.61	18087.33	7920.00	10167.33	0.00
Şubat	56316112.02	15655.88	7920.00	7735.88	0.00
Mart	39574105.64	11001.60	7920.00	3081.60	0.00
Nisan	20787045.96	5778.80	5778.80	0.00	2141.20
Mayıs	6028675.01	1675.97	1675.97	0.00	6244.03
Haziran	418056.89	116.22	116.22	0.00	7803.78
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0.00	7920.00
Eylül	4867268.97	1353.10	1353.10	0.00	6566.90
Ekim	21948243.96	6101.61	6101.61	0.00	1818.39
Kasım	43075742.84	11975.06	7920.00	4055.06	0.00
Aralık	58522226.33	16269.18	7920.00	8349.18	0.00
Toplam	316599815.22	88014.75	54625.70	33389.05	40414.30

Paris	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	48559313.19	13499.49	7920.00	5579.49	0.00
Şubat	44720137.16	12432.20	7920.00	4512.20	0.00
Mart	34514474.38	9595.02	7920.00	1675.02	0.00
Nisan	23308158.46	6479.67	6479.67	0.00	1440.33
Mayıs	10408759.12	2893.64	2893.64	0.00	5026.36
Haziran	2530572.32	703.50	703.50	0.00	7216.50
Temmuz	156243.32	43.44	43.44	0.00	7876.56
Ağustos	431510.14	119.96	119.96	0.00	7800.04
Eylül	4867268.97	1353.10	1353.10	0.00	6566.90
Ekim	16957209.77	4714.10	4714.10	0.00	3205.90
Kasım	35178705.83	9779.68	7920.00	1859.68	0.00
Aralık	45270749.14	12585.27	7920.00	4665.27	0.00
Toplam	266903101.80	74199.06	55907.40	18291.66	39132.60

Berlin	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	60216801.09	16740.27	7920.00	8820.27	0.00
Şubat	56718081.71	15767.63	7920.00	7847.63	0.00
Mart	42324430.08	11766.19	7920.00	3846.19	0.00
Nisan	26249490.69	7297.36	7297.36	0.00	622.64
Mayıs	8399485.27	2335.06	2335.06	0.00	5584.94
Haziran	2185418.98	607.55	607.55	0.00	7312.45
Temmuz	156243.32	43.44	43.44	0.00	7876.56
Ağustos	612344.84	170.23	170.23	0.00	7749.77
Eylül	9702386.15	2697.26	2697.26	0.00	5222.74
Ekim	25645925.75	7129.57	7129.57	0.00	790.43
Kasım	44668108.21	12417.73	7920.00	4497.73	0.00
Aralık	55298247.94	15372.91	7920.00	7452.91	0.00
Toplam	332176964.03	92345.20	59880.46	32464.74	35159.54

Essen	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	52568192.75	14613.96	7920.00	6693.96	0.00
Şubat	50301340.12	13983.77	7920.00	6063.77	0.00
Mart	37619957.56	10458.35	7920.00	2538.35	0.00
Nisan	26249490.69	7297.36	7297.36	0.00	622.64
Mayıs	10113824.30	2811.64	2811.64	0.00	5108.36
Haziran	3892238.11	1082.04	1082.04	0.00	6837.96
Temmuz	506547.24	140.82	140.82	0.00	7779.18
Ağustos	612344.84	170.23	170.23	0.00	7749.77
Eylül	7696268.11	2139.56	2139.56	0.00	5780.44
Ekim	21220608.03	5899.33	5899.33	0.00	2020.67
Kasım	39111961.71	10873.13	7920.00	2953.13	0.00
Aralık	48069324.05	13363.27	7920.00	5443.27	0.00
Toplam	297962097.51	82833.46	59140.99	23692.48	35899.01

Londra	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	46560687.38	12943.87	7920.00	5023.87	0.00
Şubat	45117477.89	12542.66	7920.00	4622.66	0.00
Mart	37230278.98	10350.02	7920.00	2430.02	0.00
Nisan	28867285.61	8025.11	7920.00	105.11	0.00
Mayıs	16425802.81	4566.37	4566.37	0.00	3353.63
Haziran	6961836.85	1935.39	1935.39	0.00	5984.61
Temmuz	2731285.18	759.30	759.30	0.00	7160.70
Ağustos	2977253.41	827.68	827.68	0.00	7092.32
Eylül	9114902.97	2533.94	2533.94	0.00	5386.06
Ekim	19065433.95	5300.19	5300.19	0.00	2619.81
Kasım	35570406.11	9888.57	7920.00	1968.57	0.00
Aralık	43675691.82	12141.84	7920.00	4221.84	0.00
Toplam	294298342.95	81814.94	63442.87	18372.07	31597.13

Oslo	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	79637433.82	22139.21	7920.00	14219.21	0.00
Şubat	77719175.48	21605.93	7920.00	13685.93	0.00
Mart	61475423.12	17090.17	7920.00	9170.17	0.00
Nisan	41987007.39	11672.39	7920.00	3752.39	0.00
Mayıs	18117582.44	5036.69	5036.69	0.00	2883.31
Haziran	4996887.95	1389.13	1389.13	0.00	6530.87
Temmuz	2549847.11	708.86	708.86	0.00	7211.14
Ağustos	5127017.88	1425.31	1425.31	0.00	6494.69
Eylül	18844426.01	5238.75	5238.75	0.00	2681.25
Ekim	35990525.34	10005.37	7920.00	2085.37	0.00
Kasım	59517482.37	16545.86	7920.00	8625.86	0.00
Aralık	73889252.39	20541.21	7920.00	12621.21	0.00
Toplam	479852061.29	133398.87	69238.74	64160.13	25801.26

Helsinki	Isı İhtiyacı	Isı İhtiyacı	Karşılanan Isı	Karşılanamayan Isı	Artan Isı Miktarı
Aylar	kJ	kWh	Miktarı kWh	Miktarı kWh	kWh
Ocak	90182752.46	25070.81	7920.00	17150.81	0.00
Şubat	89069296.30	24761.26	7920.00	16841.26	0.00
Mart	72366379.37	20117.85	7920.00	12197.85	0.00
Nisan	48707385.15	13540.65	7920.00	5620.65	0.00
Mayıs	21251154.80	5907.82	5907.82	0.00	2012.18
Haziran	5706918.72	1586.52	1586.52	0.00	6333.48
Temmuz	2202312.66	612.24	612.24	0.00	7307.76
Ağustos	5606753.24	1558.68	1558.68	0.00	6361.32
Eylül	21688851.19	6029.50	6029.50	0.00	1890.50
Ekim	39911303.34	11095.34	7920.00	3175.34	0.00
Kasım	61938870.69	17219.01	7920.00	9299.01	0.00
Aralık	79158203.73	22005.98	7920.00	14085.98	0.00
Toplam	537790181.65	149505.67	71134.77	78370.91	23905.23

Ek 17 Q = 60 kW İçin Isı İhtiyacına Göre Mikrogaztürbini Çalışma Süreleri

1. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	30423315.19	8457.68	140.96	140	57	36	4.70	4	42	0	115.59	0.00	15.59
Şubat	24948971.29	6935.81	115.60	115	36	0	3.85	3	51	0	94.79	5.21	0.00
Mart	16479295.60	4581.24	76.35	76	21	0	2.55	2	33	0	62.61	37.39	0.00
Nisan	4121443.13	1145.76	19.10	19	6	0	0.64	0	38	24	15.66	84.34	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	391961.75	108.97	1.82	1	49	12	0.06	0	3	36	1.49	98.51	0.00
Kasım	11397794.08	3168.59	52.81	52	48	36	1.76	1	45	36	43.30	56.70	0.00
Aralık	25338208.85	7044.02	117.40	117	24	0	3.91	3	54	36	96.27	3.73	0.00
Toplam	113100989.89	31442.08	524.03	524	1	48							

2. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	48959541.32	13610.75	226.85	226	51	0	7.56	7	33	36	186.01	0.00	86.01
Şubat	43529517.42	12101.21	201.69	201	41	36	6.72	6	43	12	165.38	0.00	65.38
Mart	32205306.97	8953.08	149.22	149	13	12	4.97	4	58	12	122.36	0.00	22.36
Nisan	12655960.44	3518.36	58.64	58	38	24	1.95	1	57	0	48.08	51.92	0.00
Mayıs	603220.39	167.70	2.79	2	47	24	0.09	0	5	25	2.29	97.71	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	8583761.40	2386.29	39.77	39	46	12	1.33	1	19	48	32.61	67.39	0.00
Kasım	26305456.64	7312.92	121.88	121	52	48	4.06	4	3	36	99.94	0.06	0.00
Aralık	42879430.71	11920.48	198.67	198	40	12	6.62	6	37	12	162.91	0.00	62.91
Toplam	215722195.29	59970.77	999.51	999	30	36							

3. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	56992170.94	15843.82	264.06	264	3	36	8.80	8	48	0	216.53	0.00	116.53
Şubat	53505530.84	14874.54	247.91	247	54	36	8.26	8	15	36	203.29	0.00	103.29
Mart	40750875.10	11328.74	188.81	188	48	36	6.29	6	17	24	154.83	0.00	54.83
Nisan	22221140.92	6177.48	102.96	102	57	36	3.43	3	25	48	84.43	15.57	0.00
Mayıs	7850569.11	2182.46	36.37	36	22	12	1.21	1	12	36	29.83	70.17	0.00
Haziran	341046.79	94.81	1.58	1	34	48	0.05	0	5	0	1.30	98.70	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	2538962.89	705.83	11.76	11	45	36	0.39	0	23	24	9.65	90.35	0.00
Ekim	17654276.20	4907.89	81.80	81	48	0	2.73	2	43	48	67.07	32.93	0.00
Kasım	36354959.35	10106.68	168.44	168	26	24	5.61	5	36	36	138.12	0.00	38.12
Aralık	52080465.63	14478.37	241.31	241	18	36	8.04	8	2	24	197.87	0.00	97.87
Toplam	290289997.77	80700.62	1345.01	1345	0	36							

4. Bölge	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	83286600.66	23153.67	385.89	385	53	24	12.86	12	51	36	316.43	0.00	216.43
Şubat	78124242.09	21718.54	361.98	361	58	48	12.07	12	4	12	296.82	0.00	196.82
Mart	65906499.15	18322.01	305.37	305	22	12	10.18	10	10	48	250.40	0.00	150.40
Nisan	40026180.03	11127.28	185.45	185	27	0	6.18	6	10	48	152.07	0.00	52.07
Mayıs	20545843.21	5711.74	95.20	95	12	0	3.17	3	10	12	78.06	21.94	0.00
Haziran	9419732.20	2618.69	43.64	43	38	24	1.45	1	27	0	35.79	64.21	0.00
Temmuz	1291032.14	358.91	5.98	5	58	48	0.20	0	12	0	4.91	95.09	0.00
Ağustos	1319463.01	366.81	6.11	6	6	36	0.20	0	12	0	5.01	94.99	0.00
Eylül	10908762.25	3032.64	50.54	50	32	24	1.68	1	40	48	41.45	58.55	0.00
Ekim	34044892.29	9464.48	157.74	157	44	24	5.26	5	15	36	129.35	0.00	29.35
Kasım	57098821.40	15873.47	264.56	264	33	36	8.82	8	49	12	216.94	0.00	116.94
Aralık	74699600.76	20766.49	346.11	346	6	36	11.54	11	32	24	283.81	0.00	183.81
Toplam	476671669.17	132514.72	2208.58	2208	34	48							

İzmir	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	28121638.85	7817.82	130.30	130	18	0	4.34	4	20	24	106.84	0.00	6.84
Şubat	24948971.29	6935.81	115.60	115	36	0	3.85	3	51	0	94.79	5.21	0.00
Mart	16139194.18	4486.70	74.78	74	46	48	2.49	2	29	24	61.32	38.68	0.00
Nisan	3902558.61	1084.91	18.08	18	4	48	0.60	0	36	0	14.83	85.17	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	178595.22	49.65	0.83	0	49	48	0.03	0	1	48	0.68	99.32	0.00
Kasım	9217641.47	2562.50	42.71	42	42	36	1.42	1	25	12	35.02	64.98	0.00
Aralık	21237675.01	5904.07	98.40	98	24	0	3.28	3	16	48	80.69	19.31	0.00
Toplam	103746274.63	28841.46	480.69	480	41	24							

Antalya	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	23593864.11	6559.09	109.32	109	19	12	3.64	3	38	24	89.64	10.36	0.00
Şubat	21266471.10	5912.08	98.53	98	31	48	3.28	3	16	48	80.80	19.20	0.00
Mart	12515004.55	3479.17	57.99	57	59	24	1.93	1	55	48	47.55	52.45	0.00
Nisan	3273429.68	910.01	15.17	15	10	12	0.51	0	30	36	12.44	87.56	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Kasım	6898195.76	1917.70	31.96	31	57	36	1.07	1	4	12	26.21	73.79	0.00
Aralık	17977835.57	4997.84	83.30	83	18	0	2.78	2	46	48	68.30	31.70	0.00
Toplam	85524800.77	23775.89	396.26	396	15	36							

İstanbul	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	40595384.94	11285.52	188.09	188	5	24	6.27	6	16	12	154.24	0.00	54.24
Şubat	38005910.97	10565.64	176.09	176	5	24	5.87	5	52	12	144.40	0.00	44.40
Mart	31058073.84	8634.14	143.90	143	54	0	4.80	4	48	0	118.00	0.00	18.00
Nisan	14598458.76	4058.37	67.64	67	38	24	2.25	2	15	0	55.46	44.54	0.00
Mayıs	2390295.33	664.50	11.08	11	4	48	0.37	0	22	12	9.08	90.92	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	5330480.72	1481.87	24.70	24	42	0	0.82	0	49	12	20.25	79.75	0.00
Kasım	17132686.79	4762.89	79.38	79	22	48	2.65	2	39	0	65.09	34.91	0.00
Aralık	29920349.43	8317.86	138.63	138	37	48	4.62	4	37	12	113.68	0.00	13.68
Toplam	179031640.77	49770.80	829.51	829	30	36							

Ankara	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	62234664.65	17301.24	288.35	288	21	0	9.61	9	36	36	236.45	0.00	136.45
Şubat	52703631.17	14651.61	244.19	244	11	24	8.14	8	8	24	200.24	0.00	100.24
Mart	36841006.34	10241.80	170.70	170	42	0	5.69	5	41	24	139.97	0.00	39.97
Nisan	17632855.91	4901.93	81.70	81	42	0	2.72	2	43	12	66.99	33.01	0.00
Mayıs	4161745.24	1156.97	19.28	19	16	48	0.64	0	38	24	15.81	84.19	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	228128.49	63.42	1.06	1	3	36	0.04	0	2	24	0.87	99.13	0.00
Ekim	13240949.56	3680.98	61.35	61	21	0	2.04	2	2	24	50.31	49.69	0.00
Kasım	34006039.82	9453.68	157.56	157	33	36	5.25	5	15	0	129.20	0.00	29.20
Aralık	52080465.63	14478.37	241.31	241	18	36	8.04	8	2	24	197.87	0.00	97.87
Toplam	273129486.81	75930.00	1265.50	1265	30	0							

Erzurum	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	97081836.95	26988.75	449.81	449	48	36	14.99	14	59	24	368.85	0.00	268.85
Şubat	90286167.67	25099.55	418.33	418	19	48	13.94	13	56	24	343.03	0.00	243.03
Mart	69134586.76	19219.42	320.32	320	19	12	10.68	10	40	48	262.67	0.00	162.67
Nisan	38853853.19	10801.37	180.02	180	1	12	6.00	6	0	0	147.62	0.00	47.62
Mayıs	19150233.16	5323.76	88.73	88	43	48	2.96	2	57	36	72.76	27.24	0.00
Haziran	5706918.72	1586.52	26.44	26	26	24	0.88	0	52	48	21.68	78.32	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	6356496.37	1767.11	29.45	29	27		0.98	0	58	48	24.15	75.85	0.00
Ekim	29807790.27	8286.57	138.11	138	6	36	4.60	4	36	0	113.25	0.00	13.25
Kasım	57098821.40	15873.47	264.56	264	33	36	8.82	8	49	12	216.94	0.00	116.94
Aralık	83619105.38	23246.11	387.44	387	26	24	12.91	12	54	36	317.70	0.00	217.70
Toplam	497095809.87	138192.64	2303.21	2303	12	36							

Atina	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	25466708.58	7079.74	118.00	118	0	0	3.93	3	55	48	96.76	3.24	0.00
Şubat	23095515.69	6420.55	107.01	107	0	36	3.57	3	34	12	87.75	12.25	0.00
Mart	15800722.51	4392.60	73.21	73	12	36	2.44	2	26	24	60.03	39.97	0.00
Nisan	4804132.93	1335.55	22.26	22	15	36	0.74	0	44	24	18.25	81.75	0.00
Mayıs	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	241071.01	67.02	1.12	1	7	12	0.04	0	2	24	0.92	99.08	0.00
Kasım	7744049.76	2152.85	35.88	35	52	48	1.20	1	12	0	29.42	70.58	0.00
Aralık	18693551.49	5196.81	86.61	86	36	36	2.89	2	53	24	71.02	28.98	0.00
Toplam	95845751.98	26645.12	444.09	444	5	24							

Roma	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	30808982.81	8564.90	142.75	142	45	0	4.76	4	45	36	117.05	0.00	17.05
Şubat	27201203.92	7561.93	126.03	126	1	48	4.20	4	12	0	103.35	0.00	3.35
Mart	19961759.55	5549.37	92.49	92	29	24	3.08	3	4	48	75.84	24.16	0.00
Nisan	10486499.21	2915.25	48.59	48	35	24	1.62	1	37	12	39.84	60.16	0.00
Mayıs	1168346.92	324.80	5.41	5	24	36	0.18	0	10	48	4.44	95.56	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	2288680.73	636.25	10.60	10	36	0	0.35	0	21	0	8.70	91.30	0.00
Kasım	14029097.26	3900.09	65.00	65	0	0	2.17	2	10	12	53.30	46.70	0.00
Aralık	26094944.09	7254.39	120.91	120	54	36	4.03	4	1	48	99.14	0.86	0.00
Toplam	132039514.49	36706.99	611.78	611	46	48							

Barcelona	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Ocak	23593864.11	6559.09	109.32	109	19	12	3.64	3	38	24	89.64	10.36	0.00
Şubat	20542426.85	5710.79	95.18	95	10	48	3.17	3	10	12	78.05	21.95	0.00
Mart	15463920.83	4298.97	71.65	71	39	0	2.39	2	23	24	58.75	41.25	0.00
Nisan	9010484.40	2504.91	41.75	41	45	0	1.39	1	23	24	34.23	65.77	0.00
Mayıs	1168346.92	324.80	5.41	5	24	36	0.18	0	10	48	4.44	95.56	0.00
Haziran	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ekim	575990.79	160.13	2.67	2	40	12	0.09	0	5	24	2.19	97.81	0.00
Kasım	14029097.26	3900.09	65.00	65	0	0	2.17	2	10	12	53.30	46.70	0.00
Aralık	24209082.73	6730.12	112.17	112	10	12	3.74	3	44	24	91.98	8.02	0.00
Toplam	108593213.89	30188.91	503.15	503	9	0							

Viyana	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Aylar													
Ocak	65062337.61	18087.33	301.46	301	27	36	10.05	10	5	0	247.19	0.00	147.19
Şubat	56316112.02	15655.88	260.93	260	55	48	8.70	8	42	0	213.96	0.00	113.96
Mart	39574105.64	11001.60	183.36	183	21	36	6.11	6	6	36	150.36	0.00	50.36
Nisan	20787045.96	5778.80	96.31	96	18	36	3.21	3	12	36	78.98	21.02	0.00
Mayıs	6028675.01	1675.97	27.93	27	55	48	0.93	0	55	48	22.90	77.10	0.00
Haziran	418056.89	116.22	1.94	1	56	24	0.06	0	3	36	1.59	98.41	0.00
Temmuz	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Ağustos	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Eylül	4867268.97	1353.10	22.55	22	33	0	0.75	0	45	0	18.49	81.51	0.00
Ekim	21948243.96	6101.61	101.69	101	41	24	3.39	3	23	24	83.39	16.61	0.00
Kasım	43075742.84	11975.06	199.58	199	34	48	6.65	6	39	0	163.66	0.00	63.66
Aralık	58522226.33	16269.18	271.15	271	9	0	9.04	9	2	24	222.35	0.00	122.35
Toplam	316599815.22	88014.75	1466.91	1466	54	24							

Paris	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Aylar													
Ocak	48559313.19	13499.49	224.99	224	59	24	7.50	7	30	0	184.49	0.00	84.49
Şubat	44720137.16	12432.20	207.20	207	12	0	6.91	6	54	36	169.91	0.00	69.91
Mart	34514474.38	9595.02	159.92	159	55	12	5.33	5	19	48	131.13	0.00	31.13
Nisan	23308158.46	6479.67	107.99	107	59	24	3.60	3	36	0	88.56	11.44	0.00
Mayıs	10408759.12	2893.64	48.23	48	13	48	1.61	1	36	36	39.55	60.45	0.00
Haziran	2530572.32	703.50	11.72	11	43	12	0.39	0	23	24	9.61	90.39	0.00
Temmuz	156243.32	43.44	0.72	0	43	12	0.02	0	1	12	0.59	99.41	0.00
Ağustos	431510.14	119.96	2.00	2	0	0	0.07	0	4	12	1.64	98.36	0.00
Eylül	4867268.97	1353.10	22.55	22	33	0	0.75	0	45	0	18.49	81.51	0.00
Ekim	16957209.77	4714.10	78.57	78	34	12	2.62	2	37	12	64.43	35.57	0.00
Kasım	35178705.83	9779.68	162.99	162	59	24	5.43	5	25	48	133.66	0.00	33.66
Aralık	45270749.14	12585.27	209.75	209	45	0	6.99	6	59	24	172.00	0.00	72.00
Toplam	266903101.80	74199.06	1236.65	1236	39	0							

Berlin	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	60216801.09	16740.27	279.00	279	0	0	9.30	9	18		228.78	0.00	128.78
Şubat	56718081.71	15767.63	262.79	262	47	24	8.76	8	45	36	215.49	0.00	115.49
Mart	42324430.08	11766.19	196.10	196	6	0	6.54	6	32	24	160.80	0.00	60.80
Nisan	26249490.69	7297.36	121.62	121	37	12	4.05	4	3	0	99.73	0.27	0.00
Mayıs	8399485.27	2335.06	38.92	38	55	12	1.30	1	18	0	31.91	68.09	0.00
Haziran	2185418.98	607.55	10.13	10	7	48	0.34	0	20	24	8.30	91.70	0.00
Temmuz	156243.32	43.44	0.72	0	43	12	0.02	0	1	12	0.59	99.41	0.00
Ağustos	612344.84	170.23	2.84	2	50	24	0.09	0	5	24	2.33	97.67	0.00
Eylül	9702386.15	2697.26	44.95	44	57	0	1.50	1	30	0	36.86	63.14	0.00
Ekim	25645925.75	7129.57	118.83	118	49	48	3.96	3	57	36	97.44	2.56	0.00
Kasım	44668108.21	12417.73	206.96	206	57	24	6.90	6	54	0	169.71	0.00	69.71
Aralık	55298247.94	15372.91	256.22	256	13	12	8.54	8	32	24	210.10	0.00	110.10
Toplam	332176964.03	92345.20	1539.09	1539	5	24							

Essen	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	Aylar	Aylar		Aylar	Aylar	Aylar			
Ocak	52568192.75	14613.96	243.57	243	34	12	8.12	8	7	12	199.72	0.00	99.72
Şubat	50301340.12	13983.77	233.06	233	3	36	7.77	7	46	12	191.11	0.00	91.11
Mart	37619957.56	10458.35	174.31	174	18	36	5.81	5	48	36	142.93	0.00	42.93
Nisan	26249490.69	7297.36	121.62	121	37	12	4.05	4	3	0	99.73	0.27	0.00
Mayıs	10113824.30	2811.64	46.86	46	51	36	1.56	1	33	36	38.43	61.57	0.00
Haziran	3892238.11	1082.04	18.03	18	1	48	0.60	0	36	0	14.79	85.21	0.00
Temmuz	506547.24	140.82	2.35	2	21	0	0.08	0	4	48	1.92	98.08	0.00
Ağustos	612344.84	170.23	2.84	2	50	24	0.09	0	5	24	2.33	97.67	0.00
Eylül	7696268.11	2139.56	35.66	35	39	36	1.19	1	11	24	29.24	70.76	0.00
Ekim	21220608.03	5899.33	98.32	98	19	12	3.28	3	16	48	80.62	19.38	0.00
Kasım	39111961.71	10873.13	181.22	181	13	12	6.04	6	2	24	148.60	0.00	48.60
Aralık	48069324.05	13363.27	222.72	222	43	12	7.42	7	25	12	182.63	0.00	82.63
Toplam	297962097.51	82833.46	1380.56	1380	33	36							

Londra	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Aylar													
Ocak	46560687.38	12943.87	215.73	215	43	48	7.19	7	11	24	176.90	0.00	76.90
Şubat	45117477.89	12542.66	209.04	209	2	24	6.97	6	58	12	171.42	0.00	71.42
Mart	37230278.98	10350.02	172.50	172	30	0	5.75	5	45	0	141.45	0.00	41.45
Nisan	28867285.61	8025.11	133.75	133	45	0	4.46	4	27	36	109.68	0.00	9.68
Mayıs	16425802.81	4566.37	76.11	76	6	36	2.54	2	32	24	62.41	37.59	0.00
Haziran	6961836.85	1935.39	32.26	32	15	36	1.08	1	4	48	26.45	73.55	0.00
Temmuz	2731285.18	759.30	12.65	12	39	0	0.42	0	25	12	10.38	89.62	0.00
Ağustos	2977253.41	827.68	13.79	13	47	24	0.46	0	27	36	11.31	88.69	0.00
Eylül	9114902.97	2533.94	42.23	42	13	48	1.41	1	24	36	34.63	65.37	0.00
Ekim	19065433.95	5300.19	88.34	88	20	24	2.94	2	56	24	72.44	27.56	0.00
Kasım	35570406.11	9888.57	164.81	164	48	36	5.49	5	29	24	135.14	0.00	35.14
Aralık	43675691.82	12141.84	202.36	202	21	36	6.75	6	45	0	165.94	0.00	65.94
Toplam	294298342.95	81814.94	1363.58	1363	34	48							

Oslo	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h				MGT Günlük Çalışma Süresi h				Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				h	min	s		h	min	s			
Aylar													
Ocak	79637433.82	22139.21	368.99	368	59	24	12.30	12	18	0	302.57	0.00	202.57
Şubat	77719175.48	21605.93	360.10	360	6	0	12.00	12	0	0	295.28	0.00	195.28
Mart	61475423.12	17090.17	284.84	284	50	24	9.49	9	29	24	233.57	0.00	133.57
Nisan	41987007.39	11672.39	194.54	194	32	24	6.48	6	28	48	159.52	0.00	59.52
Mayıs	18117582.44	5036.69	83.94	83	56	24	2.80	2	48	0	68.83	31.17	0.00
Haziran	4996887.95	1389.13	23.15	23	9	0	0.77	0	46	12	18.98	81.02	0.00
Temmuz	2549847.11	708.86	11.81	11	48	36	0.39	0	23	24	9.69	90.31	0.00
Ağustos	5127017.88	1425.31	23.76	23	45	36	0.79	0	47	24	19.48	80.52	0.00
Eylül	18844426.01	5238.75	87.31	87	18	36	2.91	2	54	36	71.60	28.40	0.00
Ekim	35990525.34	10005.37	166.76	166	45	36	5.56	5	33	36	136.74	0.00	36.74
Kasım	59517482.37	16545.86	275.76	275	45	36	9.19	9	11	24	226.13	0.00	126.13
Aralık	73889252.39	20541.21	342.35	342	21	0	11.41	11	24	36	280.73	0.00	180.73
Toplam	479852061.29	133398.87	2223.31	2223	18	36							

Helsinki	Isı İhtiyacı kJ	Isı İhtiyacı kWh	MGT Toplam Çalışma Süresi h	h min s			MGT Günlük Çalışma Süresi h	h min s			Üretilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı kW	Karşılanamayan Günlük Elektrik Enerjisi kW	Artan Günlük Elektrik Enerjisi kW
				Aylar	h	min		s	h	min			
Ocak	90182752.46	25070.81	417.85	417	51	0	13.93	13	55	48	342.63	0.00	242.63
Şubat	89069296.30	24761.26	412.69	412	41	24	13.76	13	45	36	338.40	0.00	238.40
Mart	72366379.37	20117.85	335.30	335	18	0	11.18	11	10	48	274.94	0.00	174.94
Nisan	48707385.15	13540.65	225.68	225	40	48	7.52	7	31	12	185.06	0.00	85.06
Mayıs	21251154.80	5907.82	98.46	98	27	36	3.28	3	16	48	80.74	19.26	0.00
Haziran	5706918.72	1586.52	26.44	26	26	24	0.88	0	52	48	21.68	78.32	0.00
Temmuz	2202312.66	612.24	10.20	10	12	0	0.34	0	20	24	8.37	91.63	0.00
Ağustos	5606753.24	1558.68	25.98	25	58	48	0.87	0	52	12	21.30	78.70	0.00
Eylül	21688851.19	6029.50	100.49	100	29	24	3.35	3	21	0	82.40	17.60	0.00
Ekim	39911303.34	11095.34	184.92	184	55	12	6.16	6	9	36	151.64	0.00	51.64
Kasım	61938870.69	17219.01	286.98	286	58	48	9.57	9	34	12	235.33	0.00	135.33
Aralık	79158203.73	22005.98	366.77	366	46	12	12.23	12	13	48	300.75	0.00	200.75
Toplam	537790181.65	149505.67	2491.76	2491	45	36							

Ek 18 Almanya'da Hazırlanan Çalışma Özeti

Anhang 18 Die Zusammenfassung der Arbeit die in Deutschland gegeben werden

Die Energieverbrauchshöhe und die geringen Brennstoffreserven erfordern eine Optimierung des Energiegewinnes bei der Energieproduktion. Deshalb sind die Wissenschaftler an der Restenergie interessiert. Brauchbare Ergebnisse sind mit der Kraft-Wärme-Kopplungen zu erzielen, bei der man elektrische Leistung und Wärmeenergie gleichzeitig gewinnen kann. Die Erforschung solcher Anlagen dauert an. Eine der letzten Innovationen ist die Mikrogasturbine.

Die Kraft-Wärme-Kopplung ist ein Prozess, in der man Leistung und Wärme Energie gleichzeitig produzieren kann. Die elektrische Leistung wird bei der Kraft-Wärme-Kopplung durch einen Generator mit einem Motor oder mit einer Turbine erzeugt. Die Abgase, die aus der Turbine oder aus dem Motor kommen, sind sehr heiß und mit diesem Abgas kann man heizen und / oder kühlen. Dieser zweite Energieerzeugungsprozess erhöht die Leistung. Die Brennstoffe sind Erdgas, Benzin, Biogas, usw. Der Brennstoffverbrauch ist noch geringer, als bei der getrennten Wärme- und elektrischen Energieerzeugung.

Die Mikrogasturbinen sind kleine Gasturbinen, mit denen man bis zu 300 kW Energie produzieren kann. In dieser Arbeit wurde die Capstone C 30 Mikrogasturbine verwendet. Mikrogasturbinen sind kompakt gebaut. Eine Mikrogasturbine besteht aus mit einem Rekuparator, einer Brennkammer, einem Verdichter, einer Turbine und einer Welle. Die Welle und die Turbine können sehr schnell rotieren. Der Prozess der Mikrogasturbine ist der einer normalen Gasturbine. Die Luft wird im Verdichter verdichtet. Das Verdichtung Verhältnis ist $\Pi = 4$. Die verdichtete Luft gelangt in dem Rekuparator und diese Luft wird mit den Abgasen erwärmt. Nach dieser Erwärmung gelangt die verdichtete Luft in die Brennkammer und Brenngas wird eingespritzt. Die Temperatur der Brennkammer beträgt 900 °C. Das Gasgemisch wird in der Turbine entspannt. Somit fängt die Welle an zu rotieren. Mit dieser Rotationsenergie dreht sich der Generator. Die Umdrehung der Welle, der Turbine, des Generators und des Verdichters beträgt 100.000 1/min. Zur Stromerzeugung wird hinter dem Generator ein Frequenzumrichter AC-DC-AC benötigt. Das Abgas, das aus der Mikrogasturbine kommt, ist annähernd 260 °C warm.

Die Mikrogasturbine hat verschiedene Geheimnisse Das erste Geheimnis ist, was in dem Rekuparator passiert. Das zweite Geheimnis ist, wie der Generator die Wellenenergie mit wievielen Polen umwandelt.

Die Wärmeaustauscher, der Firma FACO verwendet. Dieser Wärmeaustauscher wurde in dem Jahr 2004 produziert, und war 8000 Stunden in Betrieb. Für die Berechnung wurden angegebene Daten der Firma FACO verwendet, die teilweise übermittelt wurden und teilweise aus den Internet-Seiten der Firma bezogen wurden.

Folgende Messwerte wurden am 30.06.2006 aufgenommen.

1. Messpunkt 101: Abgas Temperatur
2. Messpunkt 102: Die Temperatur des Rücklaufwassers
3. Messpunkt 103: Die Temperatur des Vorlaufwassers
4. Messpunkt 104: Die Temperatur nach der Turbine
5. Messpunkt 105: Der Volumenstrom des Wassers

Die Messungen sind mit Agilent Technik 1.4.020611 HP Agilent Benchlink Data Logger gemacht worden.

Für die Berechnungen sind die Messwerte 69 bis 1033 genommen worden und manche Ergebnissen gefunden.

Außentemperatur war $t_u = 12 \text{ °C}$.

Die Ergebnisse;

$$t_{104} = 288,03 \text{ °C}$$

$$t_{101} = 95,03 \text{ °C}$$

$$t_{i102} = 55,23 \text{ °C}$$

$$t_{i103} = 36,71 \text{ °C}$$

Die Leistung des Wärmeaustausches; $Q = 49,26 \text{ kW}$

Der Nutzungsfaktor des Systems (ω); $\omega = 0,59$

Die logarithmische Temperaturdifferenz; $\Delta t_m = 115,05 \text{ °C}$

Die Wärmedurchgangskoeffizient; $k_i = 20,59 \text{ W/m}^2\text{C}$

Die Dichte für Wasser, $t = t_{102}$; $\rho = 985,5079 \text{ kg/m}^3$

Die Masse des Wassers; $m_{\text{Wasser}} = 0,6197 \text{ m/s}$

Die Geschwindigkeit des Wassers; $v = 2,9280 \text{ m/s}$

Die Reynolds Zahl des Wassers; $Re = 81466$

Dieser Strom ist ein turbulenter Strom.

Die Nusselt Zahl des Wassers; $Nu = 429,156$

Die Wärmeübergangszahl des Wassers; $\alpha_i = 16606,453 \text{ W/m}^2\text{C}$

$Q_{\text{Wasser}} = 47,75 \text{ kJ/s}$

Die Dichte der Luft (ρ), $t = t_{104}$; $\rho = 0,6229 \text{ kg/m}^3$

Die Masse der Luft; $m_{\text{Luft}} = 870,05 \text{ kg/h}$

Die Geschwindigkeit der Luft; $v = 23,67205 \text{ m/s}$

Die Reynolds Zahl der Luft; $Re = 90799$

Dieser Strom ist ein turbulenter Strom.

Die Nusselt Zahl der Luft; $Nu = 244,152$

Die Wärmeübergangszahl der Luft; $\alpha_s = 69,914 \text{ W/m}^2\text{C}$

Der benötigte Wärmeaustausch für $\omega = 0,8$; $Q = 76,3 \text{ kJ/s}$

Der Wärmedurchgangskoeffizient des Systems; $k = 69,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die benötigte Fläche; $A = 34,31 \text{ m}^2$

Benötige Fläche und die Daten für die Temperatur des Wassers bei $70 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $90 \text{ }^\circ\text{C}$ bei veränderter Abgastemperatur, $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$,

$m_{\text{Wasser}} = 1998,43 \text{ kg/h}$

$\Delta t_m = 67,50 \text{ }^\circ\text{C}$

$A = 35,70 \text{ m}^2$

Benötige Fläche und die Daten für die Temperatur des Wassers bei $70 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $90 \text{ }^\circ\text{C}$ bei nicht veränderter Abgastemperatur;

$$m_{\text{Wasser}} = 2047,75 \text{ kg/h}$$

$$\Delta t_m = 57,18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = 43,22 \text{ m}^2$$

Benötige Fläche und die Daten für die Temperatur des Wassers bei 60 °C bis 80 °C bei veränderter Abgastemperatur, $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$Q_{\text{Luft}} = 46,60 \text{ kW}$$

$$m_{\text{Wasser}} = 2001,77 \text{ kg/h}$$

$$\Delta t_m = 85,48 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = 28,19 \text{ m}^2$$

Benötige Fläche und die Daten für die Temperatur des Wassers bei 60 °C bis 80 °C bei nicht veränderter Abgastemperatur;

$$Q_{\text{Luft}} = 47,75 \text{ kW}$$

$$m_{\text{Wasser}} = 2051,18 \text{ kg/h}$$

$$\Delta t_m = 78,73 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = 31,37 \text{ m}^2$$

Die Daten für den Wärmeaustausch $Q = 60 \text{ kW}$ und die Temperatur des Wassers bei 70 °C bis 90 °C;

$$Q_{\text{Luft}} = 60,00 \text{ kW}$$

$$m_{\text{Wasser}} = 2573,27 \text{ kg/h}$$

$$\Delta h_{\text{Luft}} = 248,38 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{101} = 20,08 \text{ kJ/kg}$$

$$t_{101} = 45,07 \text{ }^\circ\text{C}$$

t_{101} ist kleiner t_{102} , man kann nicht aus dieser System $Q = 60 \text{ kW}$ bekommen.

Die Wärmeaustauscher wurde demontiert, um innere Seite anzuschauen. Danach es wurde festgestellt, dass die ganzen Eingangs- und Ausgangsflächen verschmutzt waren. Es wurden

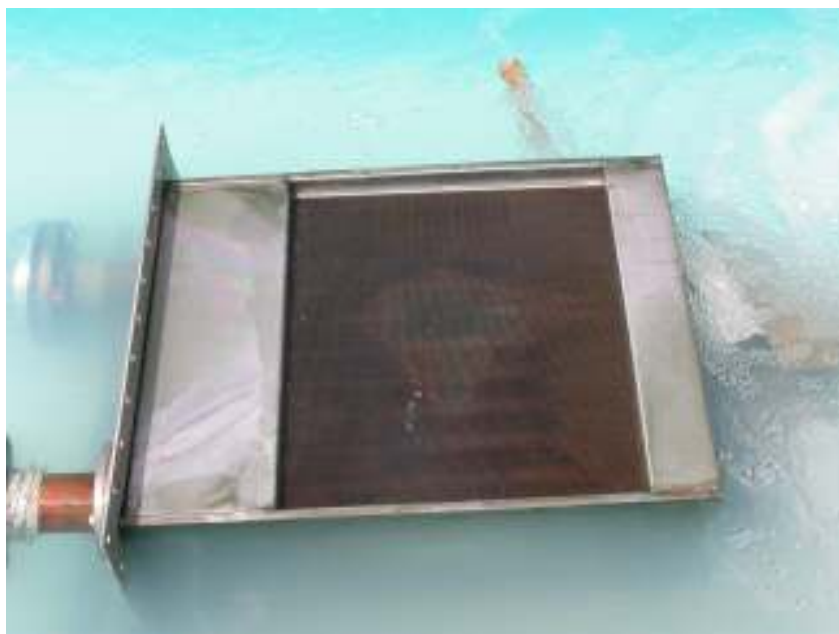
Materialproben entnommen.



Schmutzige Fläche

Um herauszufinden, um was für einen Stoff es sich handelt, wurde ein Versuch durchgeführt. Es handelte sich also nicht um Kupferacetat. Daraufhin wurde die Materialprobe zur weiteren Analyse zum Labor für Umweltanalytik und Biotechnik GmbH geschickt. Die Laboranalysen ergaben, dass sich einen hoher Prozentanteil an Natrium in dem Material befand. Da Natrium im Wasser enthalten ist, lag die Vermutung nahe, dass eine Undichtigkeit an der Wärmeübertragungsfläche bestand. Eine Druckprobe in einem Wasserbecken mit 6 – 8 bar Luftdruck in dem Wärmeaustauscher zeigte keine Undichtigkeit.

Am Ende der Druckprobe blieben über der Eingangs- und Ausgangsfläche die Spuren des Strömungsprofils sichtbar.

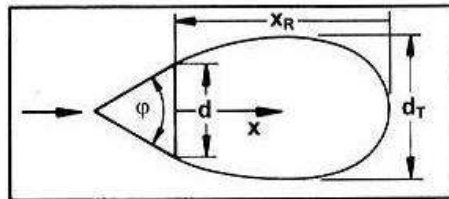


Spuren an der Eingangsfläche

Durch dieses Strömungsabbild war abzulesen, dass die Geschwindigkeit des Abgases zu schnell war. Da die Mikrogasturbine unabdingbar war, wurde die Änderung der Abgasströmung ein Bedürfnis und führte dazu eine Prallplatte einzubauen. Mit dieser Prallplatte wird das Abgas in dem Wärmeaustauscher auf eine größere Fläche strömen.

Der Abgaseintrittsdurchmesser = 131,7 mm

Die Annahme für die Länge der Prallplatte; $d \approx 40$ mm



Totwasserkeil

Minimum $X_R = 100$ mm

$d_T = 72$ mm

Nach den Messungen, den Berechnungen und den Versuchen wurde bemerkt, dass es zu einer Leistungsminderung gekommen ist, da das Abgas sehr schnell strömt und Verkrustungen mit Natriumanteil vorhanden ist.

Dazu wurde vorgeschlagen vor dem Wärmeaustauscher eine Prallplatte einzubauen. Dadurch wird eine bessere Verteilung und eine langsamer Strömungsgeschwindigkeit im Wärmeaustauscher erreicht. Für die Kumulation des Natriums muss man den Wärmeaustauscher nach 8000 Betriebsstunden ausbauen und reinigen.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	04.04.1981	
Doğum yeri	Kadıköy	
Lise	1992 – 1999	Üsküdar Anadolu Lisesi
Lisans	1999 – 2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Isı Proses Dalı
Yüksek Lisans	2005 – 2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü Isı Proses Programı