

**ÇEKMEKÖY İLÇESİ TOPLU KONUT BÖLGELERİ
İÇİN KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN ANALİZİ**

Nesrin ÖZDEMİR

Doktora Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ömer ÇOMAKLI

Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ

2011

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ÇEKMEKÖY İLÇESİ TOPLU KONUT BÖLGELERİ İÇİN
KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN ANALİZİ**

Nesrin ÖZDEMİR

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2011**

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Ömer Çomaklı'nın danışmanlığında, Nesrin ÖZDEMİR tarafından hazırlanan bu çalışma 04/04/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ

İmza :



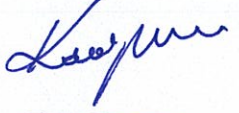
Üye : Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ

İmza :



Üye : Prof. Dr. Kadir BİLEN

İmza :



Üye : Prof. Dr. Mehmet YILMAZ

İmza :



Üye : Prof. Dr. Osman Nuri ŞARA

İmza :



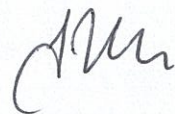
Üye : Doç. Dr. Abdurrahim BÖLÜKBAŞI

İmza :



Üye : Yrd. Doç. Dr. Şendoğan KARAGÖZ

İmza :



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ömer AKBULUT

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

ÇEKMEKÖY İLÇESİ TOPLU KONUT BÖLGELERİ İÇİN KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN ANALİZİ

Nesrin ÖZDEMİR

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer ÇOMAKLI

Ortak Danışman: Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ

Bu çalışmanın esas amacı, Çekmeköy İlçesi'nde bulunan beş sitenin ısı yalıtım projeleri ve gerçek tüketim değerleri incelenerek ısı tasarrufu ile bir kojenerasyon sisteminin uygulanabilirliği için fizibilite çalışması yapmaktır. Üzerinde inceleme yapılan siteler; Aktürk Sitesi, Ağaoğlu Sitesi, Mayavera Sitesi, Fibalife Sitesi ve Arsan Sitesi'dir. Her bir site için kojenerasyon sistemi, Aktürk-Mayavera-Arsan için bir kojenerasyon sistemi ve beş site için bir kojenerasyon sistemi düşünüldü.

Bu amaçla, her siteye ait ısı yalıtım ve ısıtma projeleri incelendi. Gerekli değerler tablolar halinde birleştirildi. Daha sonra hem elektrik hem doğalgaz gerçek tüketim değerleri mevcut sitelerden tedarik edildi. Bütün bu değerlere göre grafikler oluşturuldu. Maliyet analizi çalışmaları yapıldı. Bu analizlerin ışığı altında her üç durum için bir fizibilite çalışması yapıldı. Beş siteyi besleyen bir kojenerasyon sistemi diğer durumlara göre daha ekonomik ve amortisman süresi en az olarak belirlendi.

2011, 141 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Kojenerasyon Sistemi, Maliyet Analizi.

ABSTRACT

Doctora Thesis

ANALYSIS OF CO-GENERATION SYSTEMS FOR HOUSING ZONES IN CEKMEKOY DISTRICT

Nesrin ÖZDEMİR

Ataturk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ömer ÇOMAKLI

Co supervisor: Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ

The main purpose of this work is to maintain a feasibility study for an applied cogeneration system with heat conservation by examining the heat insulation projects and the real consumption of five sites in Cekmekoy. The sites are Akturk, Mayavera, Agaoglu, Arsan Ardenia and Fibalife. A cogen system for each sites, a system for only Akturk - Maya - Arsan and one main system for five of the sites totally have been thought for the study.

For the study, heat insulation and heat projects for each site has been examined. Necessary data has been joined as tables. The real electric and natural gas consumption quantities has been obtained from studied sites (residances). Graphics has been formed according to these datas. Cost analysis study has been made. According to the data has been obtained from the analysis, feaseability study has been done for each three situation. A cogen system feeding the five sites has been found to be the most economic and the quickest depreciation time.

2011, 141 Pages

Keywords: Cogeneration System, Cost Analyses

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım esnasında her zaman desteğini gördüğüm, bilgisi ve tecrübesiyle beni aydınlatan danışmanım Sayın hocam Prof. Dr. Ömer ÇOMAKLI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Teorik çalışmaların yapılmasında bilgilerine başvurduğum ve her zaman desteğini gördüğüm Sayın hocam Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ'ye teşekkürleri bir borç bilirim.

Çalışma süresince desteklerini benden eksik etmeyen arkadaşlarım Sayın Arş. Gör. Tuba BALTA'ya, Sayın Arş. Gör. Şaban PUSAT'a, babama, aileme ve Çekmeköy Belediye Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Nesrin ÖZDEMİR

Mart 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	19
2.1. Kojenerasyon ve Tarihsel Gelişimi.....	19
2.2. Kojenerasyon Sistemlerinin Kullanıldığı Alanlar	20
2.3. Kojenerasyon Tesislerini Oluşturan Sistemler.....	21
2.4. Kojenerasyon Tesislerinin Üstünlükleri	27
2.5. Türkiye’deki Kojenerasyon Tesisleri	28
2.6. Kojenerasyonun Gerekliliği.....	28
2.7. Yüzyılda Kojenerasyonun Yeri.....	29
2.8. Ekonomik Ömür	32
2.9. Sistem Seçimi	32
2.10. Bölge Isıtması ve Kojenerasyonun Ekonomik Olurluluğu.....	35
2.10.1. Bölge Isıtması.....	37
2.10.2. Bölge Isıtma Sistemlerinin Dünyadaki Durumu ve Uygulamaları.....	39
2.10.3. Birleşik Isı-Güç Üretimi İle Bölge Isıtmasının Ekonomik Olurluluğu.....	49
2.14. Sonuç.....	50
3. MATERYAL ve YÖNTEM	52
3.1. Seçilen Siteler.....	52
3.2. Sitelerin Proje Değerleri	58
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	66
4.1. Sitelerle İlgili Bilgiler.....	66
4.2. Maliyet Hesabı	67
4.3. Site Grafikleri	83

4.3.1. Aktürk Sitesi Grafikleri	83
4.3.2. Mayavera Sitesi Grafikleri	88
4.3.3. Ağaoğlu My-Country Sitesi Grafikleri	92
4.3.4. Fibalife Sitesi Grafikleri	97
4.3.5. Ardenia Sitesi Grafikleri	101
4.3.6. Üç Site Grafikleri	106
4.3.7. Beş Site Grafikleri	110
4.4. Sitelerin Enerji Giderleri ve Tasarruf Oranları	115
4.5. Sitelerin Geri Dönüş Süreleri	117
4.6. Duyarlılık Analizleri	133
5. SONUÇLAR.....	138
KAYNAKLAR	140
ÖZGEÇMİŞ	142

SİMGELER ve KISALTMALAR

A_{Top}	: toplam alan
$^{\circ}C$	: sıcaklık birimi
CO_2	: karbondioksit
EIO	: elektrik ısı oranı
EYO	: enerjiden yararlanma oranı
kcal/h	: ısı birimi
kW	: enerji birimi
kWh	: enerji birimi
m^2	: alan birimi
m^3	: hacim birimi
MJ	: iş birimi
Mton	: ağırlık birimi
MW	: enerji birimi
N_e	: elektriksel güç
N_1	: ısı gücü
Q_H	: alınan ısı
Q_L	: atılan ısı
Q_h	: binanın ısı kaybı
Q_{yl}	: yıllık ısıtma enerjisi
T_H	: yüksek sıcaklık
T_L	: düşük sıcaklık
V_b	: brüt hacim
W	: iş
η	: ısı verim

Kısaltmalar

AVM	: alış-veriş merkezi
Bağ. Böl.	: bağımsız bölüm (konut)
CHP	: bileşik ısı-güç sistemi
DBDH	: Danish Board of District Heating

ETKB	: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
MCHP	: mikro bileşik ısı güç sistemi
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
TEAŞ	: Türkiye elektrik anonim şirketi
TEP	: ton eşdeğer petrol

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sektörel Nihai Enerji Tüketimi	2
Şekil 1.2. Bir Isı Makinesi.....	6
Şekil 2.1. Kojenerasyon Sisteminin Şematik Görünüşü	19
Şekil 2.2. Gaz Türbini	22
Şekil 2.3. Gaz Motoru	23
Şekil 2.4. Gaz Türbini Ünitesi	23
Şekil 2.5. Gaz Motoru Ünitesi	24
Şekil 2.6. Dizel Motor	24
Şekil 2.7. Atık Isı Kazanı	25
Şekil 2.8. Buhar Türbini	26
Şekil 2.9. Hastanenin Günlük Elektrik Tüketimi	41
Şekil 2.10. Hastanenin Günlük Isı İhtiyacı	41
Şekil 2.11. Hastanenin Günlük Elektrik Üretimi-Tüketimi	42
Şekil 2.12. Hastanenin Günlük Isı Kullanımı	43
Şekil 2.13. Konvansiyonel gider/Kojenerasyon Tasarruf	44
Şekil 2.14. AVM Elektrik İhtiyacı-Üretimi	46
Şekil 2.15. AVM Soğutma İhtiyacı-Üretimi	47
Şekil 2.16. AVM Isıtma İhtiyacı-Üretimi	47
Şekil 2.17. AVM Enerji İhtiyacı Karşılama Oranları.....	48
Şekil 2.18. AVM Enerji Giderlerini Karşılaştırma	49
Şekil 3.1. Aktürk Sitesi Uydu Görüntüsü	53
Şekil 3.2. Mayavera Sitesi Uydu Görüntüsü.....	54
Şekil 3.3. Ağaoğlu Sitesi Uydu Görüntüsü	55
Şekil 3.4. Fibalife Sitesi Uydu Görüntüsü	56
Şekil 3.5. Ardenia Sitesi Uydu Görüntüsü.....	57
Şekil 3.6. Beş Site Uydu Görüntüsü	58
Şekil 4.1. Aktürk Sitesi Mevsimsel Elektrik Tüketimi	83
Şekil 4.2. Aktürk Sitesi Mevsimsel Isı İhtiyacı.....	84
Şekil 4.3. Aktürk Sitesi Mevsimsel Elektrik Üretimi-Tüketimi	84
Şekil 4.4. Aktürk Sitesi Mevsimsel Isı Üretim-Kullanım	85

Şekil 4.5. Aktürk Sitesi Enerji Maliyeti Karşılaştırması.....	86
Şekil 4.6. Aktürk Sitesi Kojenerasyon Kapasite Kullanım Oranı	86
Şekil 4.7. Aktürk Sitesi Kojenerasyon Elektrik İhtiyacı Karşılama.....	87
Şekil 4.8. Aktürk Sitesi Isıtma İhtiyacı Karşılama.....	87
Şekil 4.9. Mayavera Sitesi Mevsimsel Elektrik Tüketimi.....	88
Şekil 4.10. Mayavera Sitesi Mevsimsel Isı İhtiyacı.....	88
Şekil 4.11. Mayavera Sitesi Mevsimsel Elektrik Üretimi-Tüketimi	89
Şekil 4.12. Mayavera Sitesi Mevsimsel Isı Üretim-Kullanım	89
Şekil 4.13. Mayavera Sitesi Enerji Maliyeti Karşılaştırması	90
Şekil 4.14. Mayavera Sitesi Kojenerasyon Kapasite Kullanım Oranı	91
Şekil 4.15. Mayavera Sitesi Kojenerasyon Elektrik İhtiyacı Karşılama	91
Şekil 4.16. Mayavera Sitesi Isıtma İhtiyacı Karşılama	92
Şekil 4.17. Ağaoğlu Sitesi Mevsimsel Elektrik Tüketimi.....	92
Şekil 4.18. Ağaoğlu Sitesi Mevsimsel Isı İhtiyacı	93
Şekil 4.19. Ağaoğlu Sitesi Mevsimsel Elektrik Üretimi-Tüketimi	93
Şekil 4.20. Ağaoğlu Sitesi Mevsimsel Isı Üretim-Kullanım.....	94
Şekil 4.21. Ağaoğlu Sitesi Enerji Maliyeti Karşılaştırması	95
Şekil 4.22. Ağaoğlu Sitesi Kojenerasyon Kapasite Kullanım Oranı.....	95
Şekil 4.23. Ağaoğlu Sitesi Kojenerasyon Elektrik İhtiyacı Karşılama	96
Şekil 4.24. Ağaoğlu Sitesi Isıtma İhtiyacı Karşılama	96
Şekil 4.25. Fibalife Sitesi Mevsimsel Elektrik Tüketimi	97
Şekil 4.26. Fibalife Sitesi Mevsimsel Isı İhtiyacı.....	97
Şekil 4.27. Fibalife Sitesi Mevsimsel Elektrik Üretimi-Tüketimi	98
Şekil 4.28. Fibalife Sitesi Mevsimsel Isı Üretim-Kullanım.....	99
Şekil 4.29. Fibalife Sitesi Enerji Maliyeti Karşılaştırması.....	99
Şekil 4.30. Fibalife Sitesi Kojenerasyon Kapasite Kullanım Oranı	100
Şekil 4.31. Fibalife Sitesi Kojenerasyon Elektrik İhtiyacı Karşılama.....	100
Şekil 4.32. Fibalife Sitesi Isıtma İhtiyacı Karşılama.....	101
Şekil 4.33. Ardenia Sitesi Mevsimsel Elektrik Tüketimi.....	101
Şekil 4.34. Ardenia Sitesi Mevsimsel Isı İhtiyacı	102
Şekil 4.35. Ardenia Sitesi Mevsimsel Elektrik Üretimi-Tüketimi	102
Şekil 4.36. Ardenia Sitesi Mevsimsel Isı Üretim-Kullanım.....	103

Şekil 4.37. Ardenia Sitesi Enerji Maliyeti Karşılaştırması	104
Şekil 4.38. Ardenia Sitesi Kojenerasyon Kapasite Kullanım Oranı	104
Şekil 4.39. Ardenia Sitesi Kojenerasyon Elektrik İhtiyacı Karşılama	105
Şekil 4.40. Ardenia Sitesi Isıtma İhtiyacı Karşılama	105
Şekil 4.41. Üç Site İçin Mevsimsel Elektrik Tüketimi	106
Şekil 4.42. Üç Site İçin Mevsimsel Isı İhtiyacı.....	106
Şekil 4.43. Üç Site İçin Mevsimsel Elektrik Üretimi-Tüketimi.....	107
Şekil 4.44. Üç Site İçin Mevsimsel Isı Üretim-Kullanım	108
Şekil 4.45. Üç Site İçin Enerji Maliyeti Karşılaştırması	108
Şekil 4.46. Üç Site İçin Kojenerasyon Kapasite Kullanım Oranı	109
Şekil 4.47. Üç Site İçin Kojenerasyon Elektrik İhtiyacı Karşılama.....	109
Şekil 4.48. Üç Site İçin Isıtma İhtiyacı Karşılama.....	110
Şekil 4.49. Beş Site İçin Mevsimsel Elektrik Tüketimi	110
Şekil 4.50. Beş Site İçin Mevsimsel Isı İhtiyacı	111
Şekil 4.51. Beş Site İçin Mevsimsel Elektrik Üretimi-Tüketimi	111
Şekil 4.52. Beş Site İçin Mevsimsel Isı Üretim-Kullanım.....	112
Şekil 4.53. Beş Site İçin Enerji Maliyeti Karşılaştırması.....	113
Şekil 4.54. Beş Site İçin Kojenerasyon Kapasite Kullanım Oranı.....	113
Şekil 4.55. Beş Site İçin Kojenerasyon Elektrik İhtiyacı Karşılama	114
Şekil 4.56. Beş Site İçin Isıtma İhtiyacı Karşılama.....	114
Şekil 4.57. Geri Dönüşüm Süresi-Faiz Oranı Karşılaştırması	134
Şekil 4.58. Kojenerasyon Kapasiteleri-Geri Dönüşüm Süresi Değişimi	134
Şekil 4.59. Kojenerasyon Kapasiteleri-Tasarruf Oranı Değişimi	135
Şekil 4.60. Kojenerasyon Kapasite Kullanım Karşılaştırması	136
Şekil 4.61. Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi	136
Şekil 4.62. Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi.....	137

ÇİZELGELER DİZİNİ

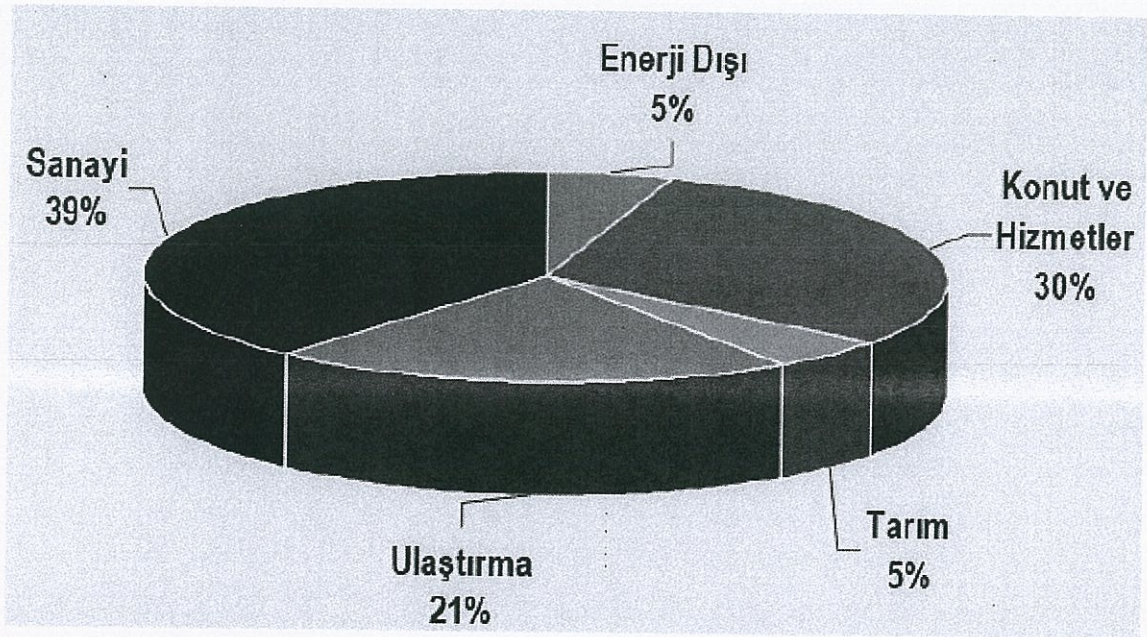
Çizelge 2.1. Kojenerasyon Sistem Seçimi	35
Çizelge 3.1. Aktürk Evleri Proje Değerleri.....	59
Çizelge 3.2. Ağaoğlu Evleri Proje Değerleri	61
Çizelge 3.3. Fibalife Evleri Proje Değerleri.....	62
Çizelge 3.4. Arsan Evleri Proje Değerleri	62
Çizelge 3.5. Mayavera Evleri Proje Değerleri	63
Çizelge 3.6. Beş Siteye Ait Gerçek Tüketim Değerleri	64
Çizelge 3.7. Beş Siteye Ait Isı-Elektrik Güç Oranları	65
Çizelge 4.1. Aktürk Sitesi Maliyet Hesabı.....	72
Çizelge 4.2. Ardenia Sitesi Maliyet Hesabı	73
Çizelge 4.3. Fibalife Sitesi Maliyet Hesabı	75
Çizelge 4.4. Mayavera Sitesi Maliyet Hesabı	77
Çizelge 4.5. Ağaoğlu Sitesi Maliyet Hesabı	78
Çizelge 4.6. Üç Site Maliyet Hesabı.....	80
Çizelge 4.7. Beş Site Maliyet Hesabı.....	81
Çizelge 4.8. Aktürk Sitesi Geri Dönüşüm Hesap Tablosu.....	117
Çizelge 4.9. Mayavera Sitesi Geri Dönüşüm Hesap Tablosu	118
Çizelge 4.10. Fibalife Sitesi Geri Dönüşüm Hesap Tablosu	119
Çizelge 4.11. Ağaoğlu Sitesi Geri Dönüşüm Hesap Tablosu	120
Çizelge 4.12. Ardenia Sitesi Geri Dönüşüm Hesap Tablosu	121
Çizelge 4.13. Üç Site Geri Dönüşüm Hesap Tablosu	122
Çizelge 4.14. Beş Site Geri Dönüşüm Hesap Tablosu.....	123
Çizelge 4.15. 1200 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Hesap Tablosu.....	124
Çizelge 4.16. 1400 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Hesap Tablosu	125
Çizelge 4.17. 2000 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Hesap Tablosu.....	126
Çizelge 4.18. 2600 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Hesap Tablosu	127
Çizelge 4.19. Aktürk 1200 kW Maliyet Hesap Tablosu	128
Çizelge 4.20. Aktürk 1400 kW Maliyet Hesap Tablosu	129
Çizelge 4.21. Aktürk 2000 kW Maliyet Hesap Tablosu	131
Çizelge 4.22. Aktürk 2600 kW Maliyet Hesap Tablosu	132

1. GİRİŞ

Enerji dünyadaki gelişmenin büyük hedeflerine anahtar olmuş ve olmaya devam etmektedir. Doğa ve evrenin ayrılmaz bir ögesi olan enerjinin tarihi, bir bakıma insanlık tarihi kadar eskidir. Günümüzde enerjinin üretimi çok değişik yöntemlerle mümkün olmaktadır. Tüketimi ise çok güçlü sosyal ve çevresel etkilere sahiptir. Artan nüfus ve gelişmişlikle birlikte enerji talebi de artmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu çok daha hızlı oluşmaktadır. Bu sebeple bu ülkelerde enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yap-işlet-devret yöntemi ile de birçok enerji tesisi kurulmuştur ve hala da kurulmaya devam etmektedir. Bundan sonra birçok sanayi kuruluşu, endüstriyel tesis, özel sektör (otel, çiftlik, okul, konut, v.s.) kendi enerjisini kendi üretmeye başlamıştır. Bu şekilde ülke enerjisine de katkıda bulunmaktadır.

Konutların enerji talepleri elektrik enerjisi ile ısıtma ve sıcak kullanım suyu için ısı enerjisinden oluşur. Konutlarda ısı enerjisi talebi tüm enerji tüketimleri içinde önemli bir yer tutmaktadır. Birincil enerji kaynağının sağlanmasından konutlardaki son kullanım noktasına kadar birçok sektör ve yatırımı içine alan oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır. Türkiye’de nihai enerji tüketiminin yaklaşık %30’u konut ve hizmet sektörüne aittir (Şekil 1.1). Son yıllarda enerji verimliliğine olan ilginin artması konut sektöründe de önemli gelişmeler sağlamıştır. Özellikle konutlardaki enerji tüketimini azaltmak üzere bina yalıtımı konusunda önemli aşamalar kaydedilmiştir. Ancak tüketimin azaltılması kadar konutlarda enerji kullanımının her aşamasında alınması gereken önlemler bulunmaktadır. Özellikle ekonomik, konforlu ve güvenli bir ısınma için dünyada uzun yıllardan beri kullanılmakta olan bölge ısıtma sistemlerinin ülkemiz için uygun şartlarının incelenmesi gereklidir. 27539 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” ile toplam inşaat alanı 2000 m²’nin üzerinde olan binalarda zorunlu hale getirilen merkezi ısıtma sistemlerinin, bir yerleşim yerinin büyük bir bölümünü kapsayan şekli olan bölge ısıtma sistemleri ısıtmada kaynak çeşitliliği sağlaması, konforlu ve güvenilir olması, temiz bir çevre sunması ve çoğu zaman ekonomik bir ısıtma sağlaması nedeni ile dünyada tercih edilmektedir. Bireysel ısıtma ile ortaya çıkan kontrol edilemeyen yanma verimleri, kalitesiz yakma istemleri ve

yakıt kullanımı, çoğu zaman ölümcül olan kazalar, kötü yakıt ve yanma kaynaklı çevreye atılan emisyonlar ve büyük miktarlardaki enerji ithalatı bölge ısıtma sistemleri sayesinde azaltılabilecektir. Ancak iletim, dağıtım ve bina altı sistemleri ile önemli bir yatırım ve organizasyon gerektiren bölge ısıtma sistemlerinin, bölgenin iklim, nüfus ve konut özelliklerine bağlı olarak yapılacak analizler ile ekonomik sınırlarının belirlenmesi gereklidir.



Şekil 1.1. Sektörel nihai enerji tüketimi (EİE 2007)

Bu çalışmada İstanbul ili Çekmeköy ilçesinde bulunan 5 siteye (Aktürk, Mayavera, Arsan, Ağaoğlu, Fibalife) ait ısıtma kapasite ve sıcak kullanım suyu ihtiyacı incelenmiştir. Bu sitelerin hem elektrik hem de ısıtma ihtiyaçlarının karşılanması için yeni bir teknoloji olan kojenerasyon sistemi düşünülmüştür.

Elektrik üretimine yönelik olan ve ülkemizde de yaygınlaştırılarak kullanılmak istenilen bu yeni teknoloji, ısı ve elektriği birlikte üretecek bileşik ısı-güç sistemleri (CHP) yani kojenerasyon teknolojisi. Bu teknolojinin, ilk basit örnekleri 20. yüzyılın ilk

yarısında görülmüştür. Ancak ucuz yakıt döneminde ise terk edilmiştir. 1973-1979 petrol krizlerinin ardından geliştirilerek yeniden uygulanmaya konulmuştur.

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 sağlanmasıdır. Bölge ısıtması, 1940'lı yıllarda yakıt fiyatlarının düşmesiyle çekiciliğini yitirmiştir. Ancak 1970'li yıllarda yakıt fiyatlarının hızla yükselmesiyle bölge ısıtmasına ilgi dünya çapında yeniden uyanmıştır. Kojenerasyon ekonomik açıdan kazançlı olmuştur. Bunun sonucu olarak son yıllarda bu tür santrallerin kurulması hızlanmıştır.

Kojenerasyon, merkezi ısıtma uygulamalarının yaygın olarak kullanıldığı ülkelerde daha erken gelişme ve kullanılma olanağı bulmuştur. Çünkü ABD'de binalar çok yüksek olduğundan sıcak su ile ısıtma yapılamamakta, bunun yerine alçak basınçlı buhar kullanılarak ısıtma yapılmaktadır. Bu yüzden merkezle kullanma yeri arasında yüksek basınçlı buhar tercih edilmiştir. Bu sistemin kullanılmasının bir sebebi ise yaz aylarında büyük klima tesisleri için buhara olan ihtiyaçtır. Bu nedenle bileşik ısı-güç üreten merkezlerin yıllık verimi yüksek olmaktadır. Bu yüzyılın sonuna kadar ABD'de elektriğin %15'inin bileşik-kojenerasyon tesislerinden sağlanması beklenmektedir.

İngiltere'de 1945 yılından itibaren gelişen bölge ısıtması özellikle son 25 yıllık dönem içinde kojenerasyon sistemlerinin gelişmesi ile oldukça hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır.

Fransa'da bölge ısıtması ile ilgili ilk büyük tesis Paris'te yapılmıştır ve buharlı olan bu sistem devamlı olarak gelişmekte olup, hem bileşik ısı-güç üreten merkezlerden hem de yalnız buhar üreten çöp yakma merkezleri tarafından beslenmektedir.

Almanya'da ise bölge ısıtma uygulamaları 1930'lardan sonra kaynar suya ve özellikle bileşik ısı-güç üretimine geçilmiştir. Merkezde ayrıca çöp yakan büyük kapasitedeki buhar kazanları da bulunduğu işletme rantabilitesi yüksek olmaktadır.

İskandinav ülkeleri bu tesisler açısından en önde gelmektedirler. Danimarka, İsveç, Finlandiya ve Norveç'te toplam binaların %30-80'i bu sistemle ısıtılmakta olup ısıtma merkezleri birleşik ısı-güç üretimi şeklinde düzenlenmiştir (EUROHEAT).

Hayatımızın temelini oluşturan enerji kavramının, yönlendirilmesinin en zor biçimi olan ısı enerjisi, insanlığın ilk ve önemli keşiflerinden biri olan ateşle birlikte bizi meşgul etmektedir. Fakat enerjiyi biz insanlar gittikçe kendimiz için değil, kendimize karşı kullanmak gibi bir hataya düştük ve bu hatayı yaşama düzeyimizin yükselmesi olarak yorumladık. Şöyle ki; geçen yüzyıldan bu yana dünyamızda üretim 100 kat, çevre kirliliği ise 50 kat artmıştır. Bu artışların ortalama %55'i son 20 yıl içinde olmuştur. Yine geçen yüzyıldan bu yana fosil yakıt kullanımı ve hava kirliliği 30 kat artmıştır; bu artışın %60'ı 1970-90 yılları arasında gerçekleşmiştir. Bu arada, bitki ve hayvan türlerinin %20'si yok olmuştur. Orman yüz ölçümü %25 azalmış, 480 milyon hektar toprak erozyona uğramıştır. Ozon tabakasında %3-6 arası incelmeye olmuştur. Nükleer reaktörler yılda 85 milyon m³ radyoaktif atık üretmekte, yalnızca OECD ülkelerinde, yılda 20 milyon ton oksijen tüketici madde deniz, göl ve nehirlerle evsel ve endüstriyel atık olarak atılmaktadır. 1980-90 yılları arasında ortalama yıllık nüfus artışı %2.5 olan ülkemizdeki durum da hiç farklı değildir. Bu olumsuzluklar enerjinin, özellikle ısının yanlış kullanılmasından ve en önemlisi yanlış yöntemlerle üretilmesinden kaynaklanmaktadır.

Ülkemizde yılda 20 milyon TEP olan tüketiminin %31'inin odundan, %20'sinin kömürden, %20'sinin petrolden, %14'ünün hayvan ve bitki atıklarından, %11'inin elektrikten, %4'ünün doğal gazdan karşılandığı düşünülürse; enerji üretiminde izlenecek yolun çevre kirliliği, ekonomi ve dışa bağımlılık üzerindeki etkileri daha net görülebilir. Söz konusu enerji tüketiminin %41'i konut ısınmasında, %35'i sanayide, %20'si ise ulaşımda kullanılmaktadır. Sanayide harcanan enerjinin sektörel dağılımı %38 metal, %25 toprak, %16 kimya, %9 kağıt, %6 tekstil kolları şeklindedir. Dolayısıyla hem sanayide, hem de konut ısıtmasında gerekli olan elektrik enerjisinin ve ısı enerjisinin aynı kaynaktan karşılanması ile yapılacak olan enerji tasarrufu çevre kirliliğini ve dışa bağımlılığımızı azaltırken, kaynaklarımızın hızla tükenmesini de

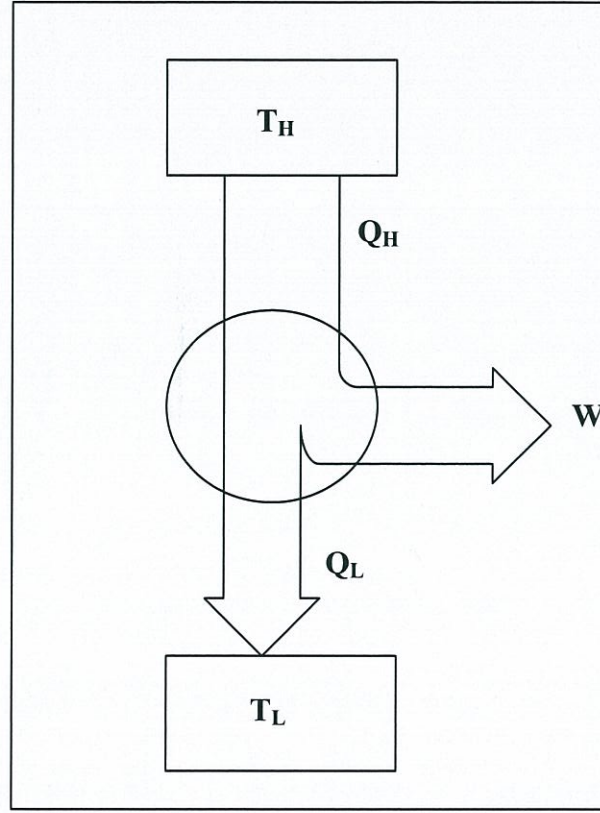
önleyecektir. Bundan dolayıdır ki; elektrik ve ısı enerjisinin aynı kaynaktan karşılanması yöntemi, yani kojenerasyon teknolojisi gereklidir (EİE 2011).

Tek bir sistemden eş zamanlı olarak elektrik ve/veya mekanik güç ile kullanılabilir ısı üretilmesi demek olan kojenerasyon veya diğer adıyla bileşik ısı ve güç üretimi tekniğinde ana kaynak; kullanılan gaz türbini veya gaz motorunun jeneratör gücü ile motor soğutma ısısı, yağlama yağı ve egzost gazının ısısıdır.

Konvansiyonel enerji üretim sistemleri (Termik santrallerde elektrik, kazanlarda ısı üretimi) çevreyi kirletmekte ve birincil enerjinin yaklaşık %55-65'i atık ısı olarak ziyan olduğundan hiç ekonomik olmamaktadır. Buna karşılık bir kojenerasyon sisteminde elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan ısı, eşanjörler yardımıyla çeşitli ısı ihtiyaçları için (sıcak su, buhar, absorpsiyonlu soğutma vb.) değerlendirilebilmektedir. Gaz ile çalışan CHP (Combined Heat and Power-Bileşik Isı ve Güç) sistemlerinde elektrik ve ısının eş zamanlı üretilmesi ile %80-90 oranında verim elde edilebilmektedir. Böylece birincil enerjinin atılan kısmı minimize edilmektedir. Bu yüksek sistem verimi sayesinde kojenerasyon sistemi, ilk yatırım tesis giderini 1.5-3 sene gibi çok kısa bir sürede geri öder .

Kısaca özetlersek kojenerasyon sistemi tüm ısı makinelerinin çevreye vermek zorunda oldukları atık ısıdan yararlanmayı amaçlar. Şekil 1.2'deki ısı makinesinden de görüleceği üzere, bir ısı makinesinde üretilen işin (W), alınan ısı enerjisine (Q_H) oranı, ısı verim, η 'dir.

$$\eta = W / Q_H \quad (1.1)$$



Şekil 1.2. Bir ısı makinesi

Bir ısı verime kojenerasyon uygulamalarında elektrik çevrim verimi adı da verilmektedir.

Çevreye aktarılan ısı enerji, Q_L , kojenerasyon sisteminde kullanılan ısıdır. Böylece enerjiden yararlanma oranı (EYO) maksimum düzeye çıkartılmaktadır (eşitlik 1.2).

$$EYO = W + Q_L / Q_H \quad (1.2)$$

EYO'ya kojenerasyon uygulamalarında toplam verim de denilmektedir. Her ne kadar EYO, termodinamiğin birinci yasasına göre "1" olsa da, uygulamada atık ısının tümünden yararlanılamadığından bu mümkün olmamaktadır. Bu atık ısıdan, doğrudan ısı olarak yararlanılmadıkça, %35-55 aralığında uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Bileşik çevrimde dünyadaki en iyi örneklerinden biri olmasına rağmen, Ambarlı Çevrim Santralında bu verim değeri %50 civarında kalmaktadır. Oysa atık ısıdan, yine ısı olarak faydalanılan kojenerasyon sisteminde toplam sistem verimini yani Enerjiden Yararlanma Oranını (EYO) %80-90'lara dek çıkarmak mümkün olmuştur.

Bileşik ısı güç santrallerinde üretilen işin (elektriğin) faydalanılan ısıya oranı, elektrik ısı oranı, EIO diye tanımlanır. Termodinamiğin birinci yasası uyarınca ısı verimle de gösterilebilir (eşitlik 1.3). EIO, kojenerasyon sisteminin önemli özelliklerinden biridir.

$$EIO = W / Q_L = \eta / 1 - \eta \quad (1.3)$$

Türbinlerde ise genellikle EIO'nın tersi (1 / EIO) olan ısı oranı temel parametrelerden birisi olarak verilir (eşitlik 1.4).

$$\text{Isı Oranı} = Q_L / W = 1 - \eta / \eta \quad (1.4)$$

Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde enerji ihtiyacı oldukça artmıştır. Özellikle sanayinin hızlı gelişimi bu sektörün enerji tüketimini de aynı hızda arttırmıştır. Enerji ihtiyacının artması, kaynakların yetersizliği, enerji maliyetinin yüksek oluşu ve elektrik kalitesinin düşük olması sonucunda yüksek verimli sistemleri kullanma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu amaçla kojenerasyon sistemleri gündeme gelmiştir. Özellikle tekstil, kağıt, kimya, gıda gibi hem kaliteli elektrik hem de ısı gereksinimi olan sektörler için kojenerasyon sistemleri kurmak avantajlı hale gelmiştir. Bu sistemlerin enerjinin tüketildiği yerlere kurulmasından dolayı hat kayıplarının ortadan kalkması ve toplam enerji çevrim verimlerinin şebeke santrallerinin verimlerine göre daha yüksek olması enerji tasarrufunu arttırmaktadır.

Kojenerasyon sistemleri uzun yıllardan beri yabancı ülkelerde kullanılmaktadır. Ucuz enerji üretimi, kullanım rahatlığı, çevreye katkısı vb. sebeplerden dolayı tercihi kolay olmaktadır. Zaten ülkemizde kullanılan belirli miktarlarda doğal gaz ve fuel oil kullanımı mevcuttur. Bunların enerji verimleri ile birlikte kontrol edilip sıkı bir enerji

politikası uygulanması kaçınılmazdır. Bundan sonra yapmamız gereken, enerjiyi daha verimli kullanmak, enerji kayıplarını en aza indirmektir. Yeni enerji kazanımları yaratmak, yer altı ve yer üstü kaynaklarını kullanmak da önemlidir. Bu konuda gerçekçi politikalar oluşturmak sivil toplum örgütlerinin ve üniversitelerin çabaları ile olacaktır. Kojenerasyon konusunda dikkat edilmesi gereken bir nokta da yakıtın dış ülkelere bağımlı olmasıdır. Bir ülkenin enerji üretiminin dış ülkelere bağımlı olması stratejik olarak sakıncalı olabilir. Bu sebepten dolayıdır ki enerji politikası üzerine çalışan kişi ya da kuruluşların, enerji üretimi üzerinde çok hassas olmaları gerekmektedir.

Kojenerasyon sisteminin uygulanması ile;

Elektrik üretilirken aynı zamanda ihtiyaca bağlı sıcak su, buhar, sıcak gaz, kızgın yağ veya soğuk su üretme imkanı sağlanırken geniş ürün yelpazesıyla konutsal, ticari ve endüstriyel alandaki enerji tüketicilerine cevap verilebilmektedir.

Doğalgaz başta olmak üzere propan, mazot, çöp gazı, biyogaz vb. yakıtlarla çalışarak kesintisiz, kaliteli ve yüksek verimde enerji üretilir.

Kompresör yatırımı yapmaksızın düşük basınçlı gaz yakıtlarla çalışabilir.

Elektriği ürettikleri yerde tüketen bu işletmeler iletim kaybına maruz kalmamakta ve atık ısıyı da kazandıkları için birim enerji maliyetleri çok düşük olmaktadır.

Şebekedeki gerilim ve frekans dalgalanmalarının (şebeke kirliliğinin) verdiği zarardan kurtulmaktadırlar. Elektronik kartların yanması gibi masraflar ve iletim kayıpları sıfırlanmaktadır.

Tek bir tesisten; endüstriyel buhar, elektrik ve yakın çevredeki yerleşim birimlerine merkezi ısıtma/soğutma hizmeti verilebilmesine olanak sağlar.

Gerek ileri teknoloji ürünü türbin ve motorlar kullanıldığı için, gerekse de kojenerasyon ile toplam çevrim veriminin artması, diğer bir deyişle atık ısı miktarını elde edecek oranda birincil yakıttan tasarruf edildiği için sınırlı kaynak etkin bir biçimde kullanılmış ve emisyon zararları en aza indirilmiş olmaktadır. Özellikle CO₂ yani sera gazı emisyonlarının önemli miktarda azalması sağlanmaktadır.

Elektrik kesintilerinden etkilenilmemekte ve bakım veya arıza zamanlarında yine şebekeden elektrik alınabilmektedir.

Geleneksel enerji üretimine karşın yerel kullanıcının ihtiyacını karşılamaya daha elverişli santraller ve iletim, dağıtım kayıpları gibi enerji israfının olmadığı sistemler kurulabilmektedir.

Yerel ve genel santral güvenliğinin ve güvenilirliğinin artması, kojenerasyon ile yerel tüketicinin elektrik ve ısı enerjisiz kalması önlenir. İletim hatlarında ya da dağıtımda çıkan problemler sistemin yerel olmasından dolayı daha az olacağından daha güvenilir bir enerji üretim sistemidir.

Üretilen yararlı ısı güç birimi başına çevreye atılan katı, sıvı ve gaz miktarı veya emisyonlar, yalnız elektrik üreten merkezi enerji santrali veya yalnız ısı üreten sisteme göre daha azdır.

Biyolojik atıkların da kullanılabilmesiyle fiyat verimliliğinin artırılması ve atıkların değerlendirilmesine katkıda bulunulabilir.

Büyük ölçekli maliyet azalımı oluşabilir ve bu sayede endüstriyel ve ticari kullanıcılar için rekabet gücü artırılabilir.

Üretim santrallerinin çeşitliliğinin artması sayesinde rekabetçiliği artırması ve enerji piyasalarında özelleştirmenin önünü açması sağlanabilir.

Kojenerasyon tesisinin geleneksel bir enerji üretim tesisine göre verimliliği her zaman yüksektir. Bu şekilde enerji ve maliyet tasarrufu artar.

Sonuç olarak kojenerasyon, işletmelere kazanç sağlarken global olarak kaynakları daha az harcamak, çevreye daha az zarar vermek gibi olumlu etkileri olan bir yöntemdir.

Gaz türbinli kojenerasyon ünitesi dönüşümünün bir üniversite kampüsüne uyarlanması düşünülen bir çalışmada termoeconomik fizibilite çalışması için bir analiz metodu uygulanmıştır. Çalışmalar, gaz türbinli kojenerasyon sisteminin maksimum 10 yıl içinde kendini amorti edeceğini göstermiştir (Luz-Silveira 2002).

Brezilya'da yapılan bir çalışmada, ısı ve elektriksel faydayı amaçlayan gaz türbinli kojenerasyon sisteminin termoeconomik yönden incelenmesi araştırılmıştır. Termoeconomik analizler elektriksel güç için daha fazla maliyet gerektirmesine rağmen, ısı maliyet ve ortalama ürün maliyetinin daha düşük çıktığını göstermiştir (Flavio Guarinello 1999).

Kojenerasyon üniteleri Kore'de enerji verimliliklerinden dolayı evsel ve ticari kullanımda artış göstermiştir. Bununla ilgili bir çalışmada, hem en uygun sistem ekipmanı hem de en uygun araştırma modu, Seul'de bir grup apartman ve bir hastane için kojenerasyon sisteminin yıllık maliyet metodu üzerinden tanımlanmıştır. Buna ilaveten, yakıt tarife sistemine bağlı olan en uygun kojenerasyon sistemi için ekonomik hesaplama yapılmıştır. Hastane ve apartmanların kojenerasyon sistemine adaptasyon sağlaması için kojenerasyon ünitelerinin kendini kısa sürede amorti ettiği ve mali açıdan uygun olduğu bulunmuştur (Oh *et al.* 2005).

Yine Kore'de tek yakıt kaynağından ısı ve elektrik enerjisi üreten bir kojenerasyon sistemi kullanan bir çalışmada, kullanım alanları 57200 m²'den 182760 m²'ye kadar değişen sekiz apartman seçilmiştir. Her bir apartman için en uygun kojenerasyon konfigürasyonu geliştirilmiş bilgisayar programı tanımlanmıştır. Bütün apartmanlarda ekonomik kazanç sağlanacağı görülmüştür. %30 doğalgaz yakıtından tasarruf edileceği

ve yılda m^2 başına ortalama 3.6 dolar ekonomik kazanç sağlanacağı görülmüştür (Seo 2007).

Ekserjetik ve mühendislik analizleri ile bir gaz türbini, ısı güç jeneratörü ve güç türbini içeren kojenerasyon ünitesinin, simülasyon bir gaz türbini kadar iyi olduğunu gösteren bir çalışmada; temeli maliyet metodolojisi ve geri ödeme periyodu olan mühendislik analizleri yapılmıştır. Simule edilmiş sistemler için bir algoritma geliştirilmiştir. Sonuçlar, simülasyon için rapor edilen datalarla uyum gösterilmiştir (Bilgen 2000).

Gaz türbinli motor, buhar türbinli ünite ile karşılaştırıldığında; düşük maliyet, kompakt boyut, hızlı çalışma ve daha iyi çevresel performans vs. gibi pek çok avantajı vardır. Son 10 yıl boyunca gaz türbinli kojenerasyon sistemleri üzerinden yapılan incelemeleri gösteren bir çalışmada; dünya çapında, maliyet-çevre-kolay elde edilebilirlik yönünden bakılınca güç sistemlerinde gaz türbinli motorların adaptasyonunun iyi olduğu ve termal verimin de sistem tam yükte çalışırken bile iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Najjar 1999).

Türkiye’de bir kojenerasyon sisteminin ekserjik ve ekonomik analizlerini gösteren bir çalışmada, sistemi inceleme periyodu boyunca ölçülen datalar not edilmiştir. Termodinamiğin 1. ve 2. Kanunu ölçülen datalara adapte edilmiştir. Yakıt kullanım verimi, güç-ısı oranı ve proses ısı oranı tanımlandırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda 2. kanun verimi olarak %89.5, geri ödeme süresi olarak da 3.5 yıl bulunmuştur (Can 2009).

Kojenerasyon temelli bölgesel enerji sistemi için hem enerji hem de ekserji analizleri yapan bir diğer çalışma Kanada’da yapılmıştır. Enerji veriminin %83’ten %94’e, ekserji veriminin %28’den %29’a çıktığı gözlemlenmiştir. Enerji veriminin davranışı ekserji veriminin davranışından daha anlamlı bulunmuştur (Rosen 2004).

Evsel uygulamalar için çeşitli kojenerasyon teknolojilerini inceleyen bir çalışmada; kojenerasyonun gelişmesi, performansı, çevresel faydaları ve teknolojik fiyatları

tartışılmıştır. Evsel sektörde mikro-kojenerasyon sistemlerinin kullanımının arttığı, enerji dönüşüm veriminin %80'in üzerinde olduğu ve verimdeki bu artışın daha düşük maliyet ve daha düşük sera gazı etkisi göstereceği belirlenmiştir (Onovwiona 2004).

Sıcak hava motorlarının mikro-kojenerasyon uygulamaları için uygun olması, daha gürültüsüz çalışmaları ve daha az bakım gerektirmeleri nedeniyle Ericsson motorunu kullanan bir çalışmada; klasik enerji, ekserji ve ekserjo-ekonomik analizler yapılmıştır. Enerji performans dengesi ve ısı eşanjör boyutları için Grassman diyagramı çizilmiş, termal ve elektrik enerji üretimi hesaplanmıştır. Sonuçlar, böyle bir sistemde enerji performansının dengeli olduğunu, ısı ve elektriksel verimlerin yüksek olduğunu ve sistemin kendini kısa sürede amorti ettiğini göstermiştir (Bonnet 2005).

İki kısımda inceleme yapılan bir diğer çalışmanın 1. kısmında dizel motorlu kojenerasyon güç ünitesinin enerji, ekserji ve ekserjo-ekonomik analizleri incelenmiş, 2. kısmında ise gerçek kojenerasyon güç ünitesi düşünülerek geliştirilmiş bir formülasyon uygulaması yapılmıştır. Çeşitli verimler; hem enerji ve ekserji metotları hem de performans parametreleri, hem sistem bileşenleri hem de kojenerasyon ünitesi için tanımlanmıştır. Ürünlerin maliyet hesaplamaları ve fiyat formasyonu hem enerji hem de ekserji için geliştirilmiştir. Maksimum faydayı ve minimum fiyatı sağlamak için gerçek kojenerasyon sistemi üzerinden maliyet analizleri formüle edilmiştir. Elde edilen analizler 1. kısımdaki analizler ile uygunluk göstermiştir (Abusoglu 2009).

Bir binada yılın her ayının her gününün saat saat ısı ve elektrik yük ölçümlerinin data haline getirildiği bir çalışmada; termal enerjinin nasıl hesaplanacağı tartışılmıştır. Bu metodoloji ile var olan metodoloji karşılaştırılmıştır. Bu modelden elde edilen sonuçlar; binanın kojenerasyon dönüşümü yapıldığında ısıtma ihtiyacı mevcut sistem ile ısıtıldığından daha küçük kapasite gerektirmiştir (Huamani 2006).

12 kW elektrik gücü, 9 kW soğutma gücü, 28 kW ısıtma gücü olan bir mikro-kojenerasyon sisteminin kullanıldığı bir çalışmada; test şartları dizayn edilmiş ve bina tanımlanmıştır. Bu sistemin deneysel metodolojisi incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

Mikro-kojenerasyon sisteminin enerjetik analizi iyi sonuçlar vermiştir. Ortalama ısı ve elektriksel verimin %70'i aştığı gözlemlenmiştir (Kong 2005).

Gaz motoru ile çalışan bir kojenerasyon sisteminin incelendiği bir çalışmada; birincil enerji oranı ve birincil enerji kurtarımı hesaplanmıştır. Kojenerasyon sistemi ile konvansiyonel sistem karşılaştırılmıştır. Birincil enerji kurtarımı kojenerasyon sisteminde %37'den daha büyük çıkmıştır. Toplam yıllık gelir, toplam yıllık kurtarım ve geri ödeme periyodu kojenerasyon sisteminde daha çok ekonomik fayda göstermiştir (Sun 2007).

Bir diğer çalışmada; düşük maliyeti ile karakterize edilen gaz türbini motoru buhar güç üniteleri ile karşılaştırılmıştır. Çevresel avantajları ve kısa zamanda yapım gibi özellikleri olmasına rağmen konvansiyonel endüstri motorları tam yükte düşük verim göstermişlerdir. Gelişen teknolojilerden biri olan kombine çevrimler için son 10 yılda on iki araştırma yapılmıştır. On iki gaz türbini sistemi enerjinin verimli kullanımı için değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; yüksek termal verim, düşük maliyet, düşük araştırma maliyeti bulunmuş ve bunlar grafikler halinde gösterilmiştir (Najjar 2000).

Birçok sanayi kuruluşu, endüstriyel tesis, özel sektör kendi enerjisini kendi üretmektedir. Bu durum ülke ekonomisine de katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada, bir üniversite kampüsünün yıllık elektrik ve ısı tüketimleri hesaplanarak buna en uygun kojenerasyon sisteminin ekonomik analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda kojenerasyon tesisinin toplam geliri bulunmuş ve sistemin kendisini 1.25 yılda amorti edeceği bulunmuştur (Kıncay 2006).

Endüstri alanında kojenerasyon için organik Rankine çevrimi ve Kalina çevrimi kullanılan bir çalışmada; her kojenerasyon sistemi için ekserji analizleri hesaplanmıştır ve her bir kojenerasyon sistemi için en uygun parametreye bakılmıştır. Maksimum ekserji verimine Genetik Algoritma (GA) ile varılmıştır. Aynı şartlar altında farklı kojenerasyon sistemleri için optimum performanslar karşılaştırılmıştır. Ekserji kayıpları türbinde, kondensörde, buhar jeneratöründe görülmüştür. Bu bileşenlerdeki ekserji

kayıplarının indirgenerek kojenerasyon sisteminin performansının artacağı saptanmıştır. Kalina çevriminin endüstride daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir (Wang 2009).

Kojenerasyon üniteleri aynı anda aynı yakıttan ısı ve elektrik üretir. Böyle ünitelerde elektrik ve faydalı ısı yüklerinin gerekliliğini karşılaştıran bir çalışmada; sistem prototipi için dizayn gereksinimleri, elektrik ve doymuş buhar yükleri düşünülerek doğalgazlı kojenerasyon ürünlerinin dizayn fazları incelenmiştir. Aynı dizayn gereksinimleri için farklı konseptlere ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir (Matelli 2009).

Endüstride ve ticari binalarda karşılaştırmalı data analizlerinin sonuçlarını inceleyen bir diğer çalışmada; 2540 fabrika ve 1651 ticari bina arasından 817 fabrika ve 966 ticari binanın 2020'ye kadar kojenerasyon teknolojilerine dönüştürülebileceği değerlendirilmesi yapılmıştır (Gvozdenac 2009).

Arabistan'da suyun ve elektriğin simültane olarak üretildiği kojenerasyon ünitelerini inceleyen bir çalışmada, aynı anda elektrik ve su üreten bir ünitenin tek olarak elektrik veya su üreten ünitelerden daha ekonomik ve termodinamik olarak daha verimli olduğu görülmüştür. Su/güç kojenerasyon ünitelerinde maliyet uygulaması için farklı metotlar hesaplanmış ve rapor edilmiştir. Yakıt-maliyet varyasyonunun etkisini, yük ve elektrik-su üretim fiyatlarının etkisini araştırmak için detaylı analizler yapılmıştır. Aynı anda su ve elektrik üreten sistemler daha iyi performans göstermiştir (Hamed 2005).

Bir diğer çalışmada, çeşitli bina kojenerasyon sistemlerinin performans değerlendirmesi enerji ve ekserji verimleri üzerinden incelenmiştir. Kojenerasyon üniteleri olarak; buharlı türbin sistemi, gaz türbini sistemi, dizel motorlu sistem ve jeotermal sistem düşünülmüştür. Simültane olarak elektrikli güç jeneratörü ve binalarda ısıtma yapılmıştır. Enerji ve ekserji verimleri üzerinde buhar basıncı, su sıcaklığı gibi inceleme parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Dizel motorlu ve jeotermal sistemlerin buhar türbini ve gaz türbininden termodinamiksel olarak daha cazip olduğu ve daha yüksek ekserji verimlerine sahip olduğu görülmüştür. Sonuçlar ekserji analizlerinin,

kojenerasyon sistemlerinin performans değerlemesi ve farklı kojenerasyon sistemlerinin karşılaştırılabilmesi için faydalı olduğunu göstermiştir. Kojenerasyon sistemlerinin veriminin artırılabilceği gözlemlenmiştir. Kojenerasyon uygulamalarının daha büyük enerji sistemlerinde daha faydalı bir şekilde tasarlanabileceği görölmüştür. Bu da yakıt kullanımında ve çevresel emisyonlarda azalmalara yol açacaktır (Kanoglu 2009).

Elektrik enerjisine dayalı, kurulu gücü 50 kW ve altında olan kojenerasyon tesislerine mikro-kojenerasyon (mchp) tesisleri adı verilir. Konutsal kullanım için üç tip mikro-CHP sisteminin inceleme parametrelerinin tam bir analizini yapan bir çalışmada 2 tip ev 2 katlı bir apartmanla karşılaştırılmıştır. Her bir bina tipi için elektrik ve ısı için enerji talepleri dinamik olarak tanımlanmıştır. Pek çok CHP sistemleri bu yük profillerini kullanarak her bina tipi için dizayn edilmiştir. Dinamik simölasyon kullanılarak bu sistem tipleri ayrı enerji sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Gaz motorlarının en iyi performansı sergilediği görölmüştür. Ekonomik analizler yakıt pillerinin hala çok pahalı olduğunu ve sadece gaz motorlarının iç dönüşüm oranına sahip olduğu görölmüştür (Paepe 2005).

Bir başka çalışmada evsel ve ticari kullanım için uygun olan mikro-CHP sistemleri incelenmiştir. Mikro-CHP üzerinde R&D programı ile yapılan çalışmalara 1995'te başlandı. Yıkama makinesi, sıcak su deposu gibi ekipmanlar içeren bir laboratuvar inşa edilmiştir ve bazı MCHP prototipleri de test edilmiştir. 3 farklı mikro-CHP sistemi üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonuçları rapor edilmiştir. Tipik bir 3-E (Energetic, Economic, Envirement) yaklaşımı önerilen enerji sistemi MCHP ile ayrı ürün temelli konvansiyonel sistemi karşılaştırmak için incelenmiştir. Enerjetik analizler farklı çalışma şartları ve farklı MCHP üniteleri için hesaplanmıştır. Bu yaklaşım MCHP ve konvansiyonel sistemlerin CO₂ emisyonlarının hesaplanması ile sera gazı emisyonlarını indirmek için MCHP potansiyellerinin hesaplanmasına gerek duyulduğunu göstermiştir (Possidente 2006).

Güröltüsüz çalıştıkları için sıcak hava motorları mikro-CHP uygulamaları için uygundur. Termodinamik çevrimle ilgilenilmeyen bir çalışmada gerçek bir motorun

performansına ve dizaynına göre özel bir inceleme yapılmıştır. Denge enerjetik performans ve ısı eşanjör boyutları ekserji Grassmann diyagramı çizilmiştir. Termal ve elektrik enerji üretiminin maliyeti hesaplanmış ve uygulanan yöntemle maliyetin düşürüleceği tespit edilmiştir (Bonnet 2005).

Enerji, ekonomik ve çevresel analizler ile bir binanın elektriksel, ısıtma ve soğutma yüklerini karşılamak için mikro türbin uygulamasının optimizasyonu üzerinde çalışan bir araştırmada 3 durum düşünülmüştür: 1) Binanın elektriksel gücünü karşılamak için basit bir mikro gaz türbini, 2) Isıtma, soğutma ve evsel sıcak su için ihtiyaç duyulan mekanik soğutucu ve ısı pompası tarafından gereken gücün hem de binanın elektriksel gücünü karşılamak için basit bir mikro gaz türbini, 3) Isıtma, soğutma ve evsel sıcak su için ihtiyaç duyulan mekanik soğutucu ve ısı pompası tarafından gereken gücün bir kısmını hem de binanın elektriksel gücünü karşılamak için basit bir mikro gaz türbini. Isı pompası ve mekanik soğutucu için gücün artan kısmı egzost gazları ile sağlanacaktır. Araştırma ilk yatırımın elektrik maliyetinin düşünülebilir bir kısmı olduğunu göstermiştir. Türbin ünitelerinin sayısının ve elektrik maliyetinin tamamen elektrik tüketimine bağlı olduğu saptanmıştır (Ehyaei 2010).

Konutsal ve ticari uygulamalar için CHP içeren en yaygın çözümlerden biri yakıt pilli cihazlar içerenleridir. Bu teknolojinin önemi tamamen enerjetik serbestliğin mümkünlüğüne bağlıdır. Geleneksel enerji üretim sistemleri ile kojenerativ yakıt pilli sistemler arasındaki bir karşılaştırmada yakıt pillerinin konvensiyonel sistemlere alternatif olup olamayacağının hesaplanarak belirlenebileceği ortaya çıkarılmıştır. Yakıt pilli cihazlarda termal depolama problemi ile karşılaşılmasıdır. Yakıt pilli sistemlerin geleneksel sistemlere göre enerjetik olarak daha rasyonel olduğu belirlenmiştir. Sadece tam yükte yakıt tüketiminin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bunun da formüle edilen bir matematik model ile düzenlenebileceği belirlenmiştir (Santangelo 2007).

Kojenerasyon sisteminin uygulanabilirliğini araştıran bir yüksek lisans tezinde Erzurum Aziziye Hastanesi enerji gereksinimi için kojenerasyon fizibilite çalışması yapılmıştır.

Kojenerasyon sisteminin daha verimli ve ekonomik çalışabilmesi için uygun zaman aralıklarında ve uygun yüklerde çalışmasının gerekliliği belirlenmiştir (Çakır 2007).

Bir bölgenin ısıtma amaçlı enerji talebinin belirlenmesi ve bölge ısıtma sistemi için uygunluğunun analizi ile ilgili yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında İstanbul ili Pendik ilçesi için bölge ısıtma sisteminin bireysel ısıtma sisteminden çok daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada bölgenin enerji talebinin belirlenmesi için konut enerji hesap modeli geliştirilmiştir. Daha sonra da bölge ısıtma sistem tasarımı için geliştirilen yöntem kullanılarak ekonomik model geliştirilmiştir. Bu modellere göre bölge ısıtma sisteminin ekonomik olarak çok uygun olduğu görülmüştür (Pusat 2010).

Bu çalışmada; İstanbul ili, Çekmeköy ilçesi sınırları içerisindeki toplu konutlarda yalıtım uygulamaları incelenmiştir. Çekmeköy Belediyesi arşivinden site yalıtım projeleri çıkartılmış olup incelemeler sonucunda gerekli kayıtlar tutulmuştur. Isıtmaya ve elektriksel güce ne kadar ihtiyaç olduğu belirlenerek bütün bu verilerin ışığı altında sitelerin yoğun olduğu alanda kojenerasyon sistemi uygulanması düşünülmüştür. Böylece hem binaların elektrik üretimi sağlanacak hem de binaların ısı ihtiyacı karşılanmış olacaktır. Bu amaçla Çekmeköy’de 5 siteye ait ısı tüketim değerleri Çekmeköy Belediyesi arşivinden projeler incelenerek elde edilmiştir. Ayrıca sitelerin gerçek tüketim değerleri de aylık olarak site yönetimlerinden alınmış ve bu değerlere göre grafikler oluşturulmuştur. Bu değerlerin ışığı altında kojenerasyon sistem seçimi yapılmıştır. Maliyet analizi yapılarak sistem seçimimizin sağladığı faydalar saptanmıştır. Sistemin kendisini ne kadar sürede amorti edeceği belirlenmiştir. Aktürk sitesi için amortisman süresi 1 yıl 6 ay, Mayavera sitesi için sitesi için amortisman süresi 2 yıl 7 ay, Fibalife sitesi için amortisman süresi 2 yıl 8 ay, Ağaoğlu My-Country sitesi için amortisman süresi 2 yıl, Arsan Ardenia sitesi için amortisman süresi 5 yıl 5 ay, üç site için amortisman süresi 1 yıl 5 ay ve beş site için amortisman süresi 1 yıl 3 ay olarak bulundu. Aktürk için yıllık net tasarruf 599.932 TL/yıl, Mayavera için yıllık net tasarruf 224.259 TL/ay, Fibalife için yıllık net tasarruf 216.947 TL/ay, Ağaoğlu için yıllık net tasarruf 391.467 TL/yıl ve Arsan Ardenia için yıllık net tasarruf 18.884 TL/ay, 3 site

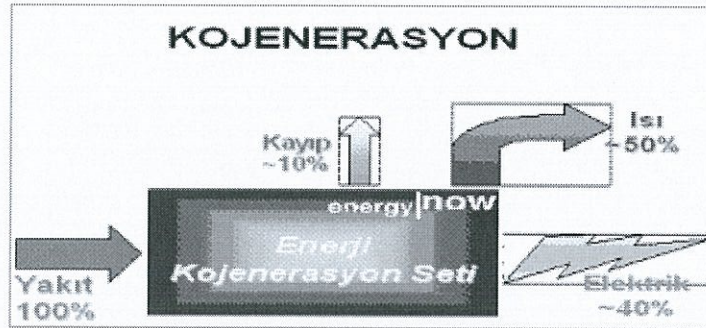
(Aktürk+Mayavera+Ardenia) için yıllık net tasarruf 1.073.695 TL/ay, 5 site
(Aktürk+Mayavera+Ardenia+Fibalife+Ağaoğlu) için yıllık net tasarruf 1.986.520 TL/ay
olarak hesaplandı.

2. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde kojenerasyon sistemlerinin genel tanımı yapılmış, kullanım alanları ve diğer sistemlere göre avantajları ile ilgili bilgi verilmiştir.

2.1. Kojenerasyon ve Tarihsel Gelişimi

Kojenerasyon kelime olarak “Combined Generation” terimlerinin kısaltılmasından oluşmuştur. Isı ve elektriğin birlikte üretildiği “birleşik üretim” anlamına gelmektedir. Aynı yakıt kaynağından daha fazla kullanılabilir enerji açığa çıkarttığı için tek amaçlı üretim sistemlerinden daha verimlidirler. Verimli olmasının yanında egzoz gazlarını da değerlendirdiğinden CO₂ emisyonu azalır. Sistemin şematik görünüşü Şekil 2.1’de verilmektedir.



Şekil 2.1. Kojenerasyon sisteminin şematik görünüşü

Kojenerasyon teknolojisinin ilk basit örnekleri 20. yüzyılın ilk yarısında görülmüştür. 1973-1979 yılları arasında petrol krizlerinin ardından gelişimini devam ettirerek uygulamaya konulmuştur.

Kojenerasyon, 20. yüzyılın başlarından itibaren yerleşim birimlerine kurulmuş ve bölge ısıtılması amaçlanmıştır. Kojenerasyon merkezi ısıtma uygulamalarının yaygın olarak

kullanıldığı bölgelerde daha erken gelişme olanağı bulmuştur. Amerika’da binalar çok yüksek olduğundan ısıtma sıcak su yerine alçak basınçlı buhar kullanılarak yapılmıştır. Bu sistemin kullanılmasının bir sebebi de yaz aylarında büyük klima tesisleri için buhara duyulan ihtiyaç olmuştur. Bu yüzyılın sonunda Amerika’da elektriğin %15’ini kojenerasyon sistemleri karşılamıştır. İngiltere’de 1945 yılından itibaren kojenerasyon sistemleri bölge ısıtması şeklinde başlamış ve hızla gelişmiştir. Almanya’da yine merkezi ısıtma olarak 1930’lu yıllarda başlamıştır. İskandinav ülkelerinde toplam binaların %30-80’i bu sistemle ısıtılmakta olup ısıtma merkezleri birleşik ısı-güç üretimi şeklinde düzenlenmiştir.

Uygulamada, “üçlü üretim” anlamına gelen trijenerasyon sistemleri de bulunmaktadır. Isı ve elektrik enerjisinin yanında kojenerasyonun atık gazından elde edilen sıcak su veya buhar ile soğuk suyun elde edildiği sistemlerdir.

2.2. Kojenerasyon Sistemlerinin Kullanıldığı Alanlar

Kojenerasyon tesislerinin gelişmiş enerji üretim sistemi olarak, kentsel yerleşimler ve sanayi alanında birçok uygulama alanı bulmaktadır. Kullanılacak tesislerin kapasiteleri gereksinim duyulan ısı ve elektrik enerjisi miktarına göre belirlenmektedir. Kojenerasyon tesisleri; petrol rafinerileri, petrokimya kompleksleri, kimya tesisleri, tekstil boyama tesisleri, kağıt ve selüloz işleme tesisleri, ağaç işleme tesisleri, gıda üretim tesisleri, gübre tesisleri, tuğla ve seramik tesislerinde kullanılabilmektedir. Kojenerasyon tesisleri kentsel yerleşimlerin ısıtma ve soğutması amacıyla da kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu yerleşim alanlarında gereksinim duyulan elektrik enerjisi de sağlanmaktadır.

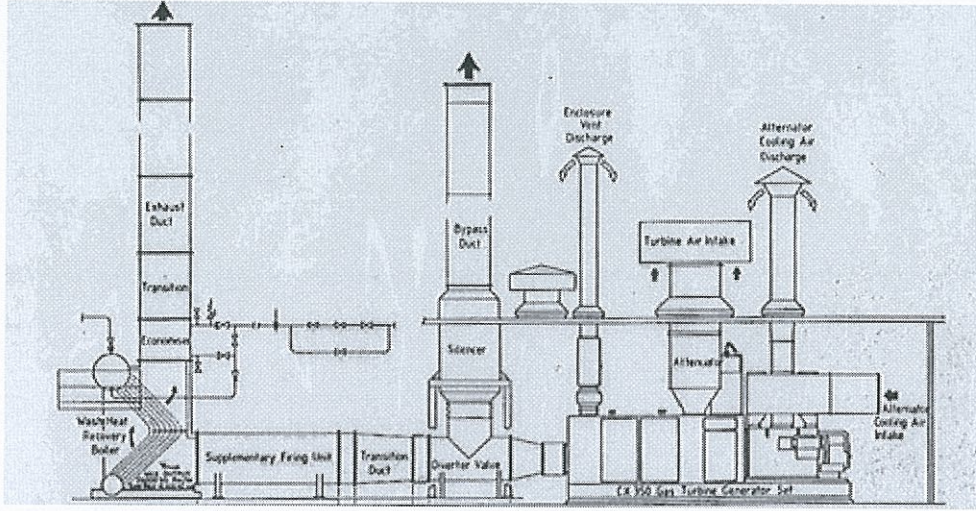
Günümüzde bölgesel ısınmalar için birçok yerde kojenerasyon uygulamaları kullanılmaktadır. Ticari ve küçük endüstriyel uygulamalar için de kojenerasyon sistemleri mümkün olmaktadır. Kojenerasyon sisteminin uygulanmasında en büyük olumsuzluk, kullanım ve yapım mevzuatlarındaki belirsizlik ve kuruluş maliyetlerinin yüksek olmasıdır.

Kojenerasyon uygulamalarında elektrik üretiminin dışında sıcak su veya buhar ile gerçekleştirilmiş çeşitli çalışmalar da görülmektedir. Tayland'da kurulmuş bir tesiste, absorbsiyonlu sistem ile soğutmada, kojenerasyon sisteminden elde edilen sıcak su ya da buhar ile gereksinim duyulan soğutma sağlanabilmektedir. Almanya'da kurulan bir tesiste, kojenerasyon sisteminden elektrik enerjisi üretilirken geri kazanım yoluyla elde edilen ısı enerjisinden yararlanarak sıcak hava üretilmiş ve mevcut tesisin ihtiyacı olan kurutma havası sağlanmıştır. Finlandiya'da, bir ekmek fırınında kurulmuş kojenerasyon tesisinde üretilen elektrik enerjisinin dışında fırının gereksinim duyduğu buhar, düşük ve yüksek basınçlı olarak sağlanmaktadır. Aynı zamanda buhar sisteminin geri kazanımından sağlanan ısı enerjisi, eşanjörler yardımıyla merkezi ısıtma amaçlı sıcak suya dönüşmektedir. Bu uygulamada toplam çevrim verimini arttırmak için ihtiyaç fazlası enerjinin civarda bulunan kişiler tarafından paylaşılması ile sosyal birliktelik de sağlanmaktadır. Danimarka'da kurulmuş olan tesiste, yine elektrik üretilirken aynı zamanda geri kazanılan ısı enerjisi ile sera ısıtması yapılmaktadır. Hollanda'da yapılan bir kojenerasyon tesisi çöp atıkların birikmesi sonucu oluşan metan gazı kullanılması ile çalışmaktadır. Bu tesiste, çöplük gazlarının emisyon yoluyla çevreye zarar vermesini ve metan patlamalarını engellemek için elektrik üretimi sağlanmaktadır.

2.3. Kojenerasyon Tesislerini Oluşturan Sistemler

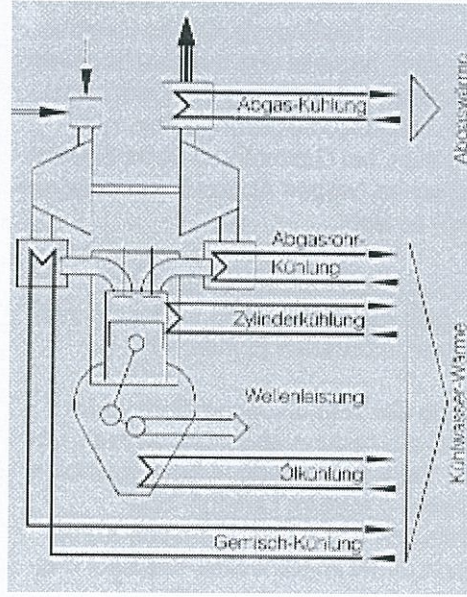
Kojenerasyon tesislerinin basit çevrimdeki sistemlerden daha yüksek verimle çalışmasının başlıca nedeni egzoz gazlarından faydalanarak ikinci bir enerji üretmektir. Basit bir çevrimde, sadece elektrik üreten gaz türbini ya da motor, enerjinin %30-40'ını elektriğe çevirirken; kojenerasyon sisteminde dışarıya atılacak ısıнын büyük kısmı kullanılabilir enerjiye dönüşmektedir. Böylece toplam enerji girişinin %60-90'ı değerlendirilmektedir. Bu tekniğe aynı zamanda Birleşik Isı-Güç Sistemleri (Combined Heat and Power Systems) denilmektedir. Kojenerasyon tesislerinde jeneratörü tahrik eden gaz türbini, gaz motoru ve dizel motoru olmak üzere 3 farklı motor kullanılmaktadır.

Gaz türbini (Şekil 2.2), havayı sıkıştırıp, gaz veya sıvı yakıtı yakarak elektrik jeneratörünü döndüren sistemdir. Gaz türbininden çıkan egzoz gazları, sıcaklığı çok fazla olduğundan, atık ısı kazanında değerlendirilip yüksek verimde ısı enerjisi elde etmede kullanılmaktadır. Gaz türbinleri genel olarak 1 MW ve üstü güçlerde kullanılmakta ve ısı üretimleri türbin çıkış gücünün 2.5-3 katı kadar olmaktadır.

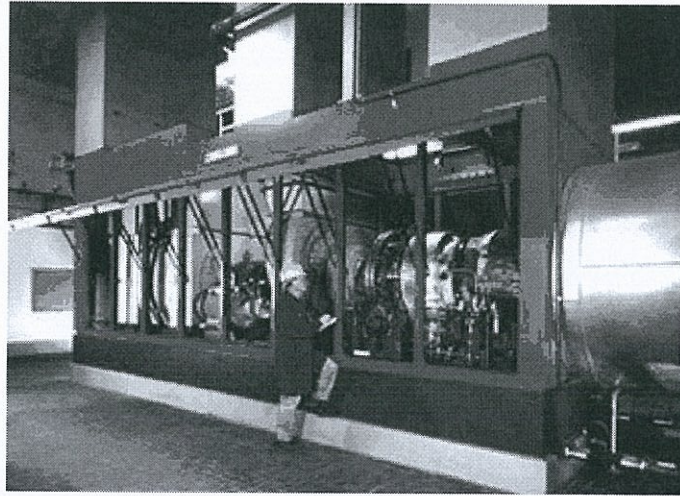


Şekil 2.2. Gaz türbini

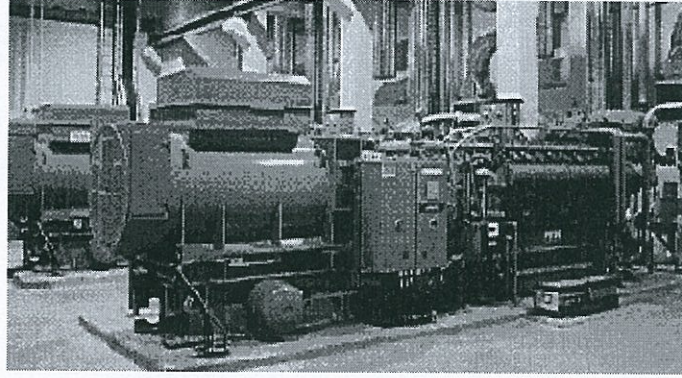
Gaz motorları; düşük devirli, otto çevrimli, çok silindirli ve 50-3500 kW güç aralığında çalışan sistemdir ve ısı üretimleri güç çıkışının 1-1.5 katı kadar olmaktadır. Gaz motorları; doğalgaz, propan veya biogaz ile çalışabilmektedir. Azot oksit emisyonu düşük olduğundan çevre dostudur. Şekil 2.3'te bir gaz motoru, şekil 2.4'te gaz türbini ünitesi ve şekil 2.5'te gaz motoru ünitesi gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Gaz motoru

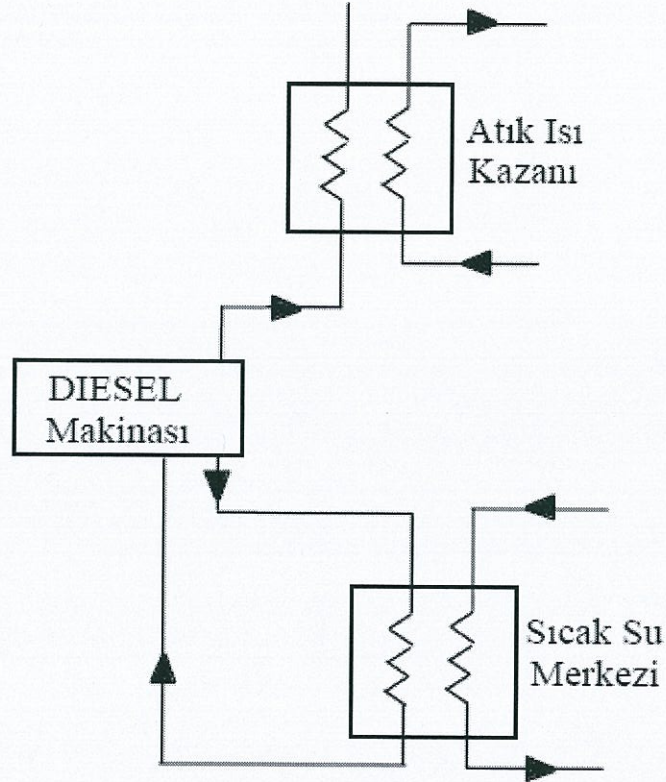


Şekil 2.4. Gaz türbini ünitesi



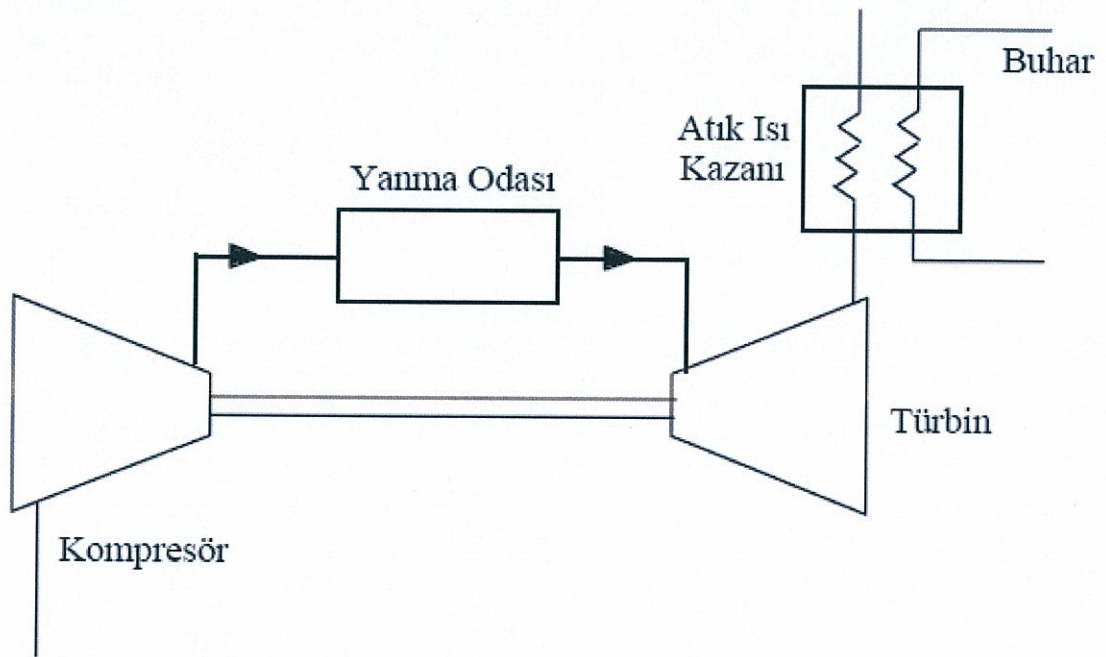
Şekil 2.5. Gaz motoru ünitesi

Dizel motorlar çok silindirli olup 200-22000 kW çıkış güçleri arasında çalışmaktadır. Dizel motorlarda motorin ya da ağır fueloil yakıtlar kullanılmaktadır. Elektrik üretim verimi yüksek, atık ısı üretimi düşüktür. Genellikle güç çıkışına eşit bir ısı üretimine sahiptir (Şekil 2.6).



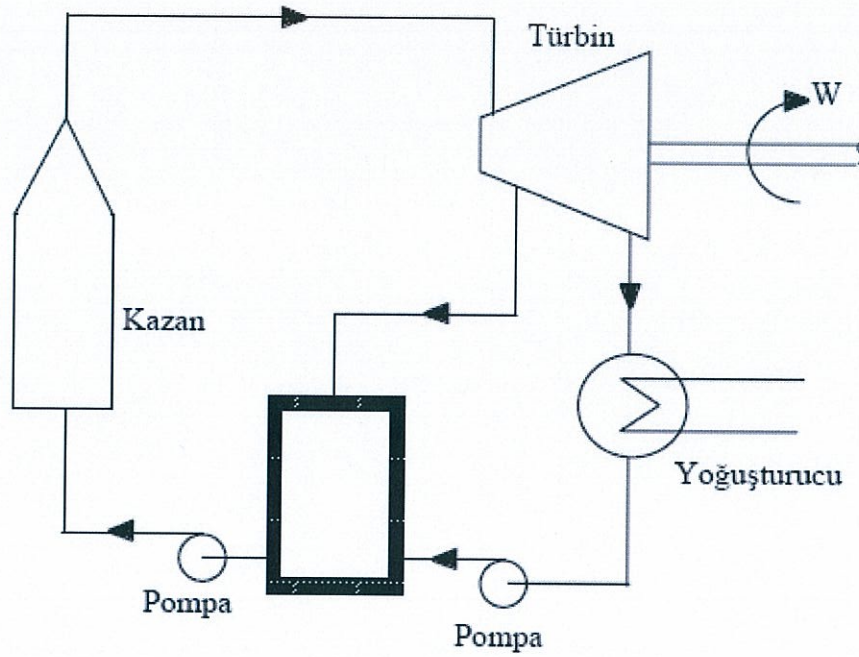
Şekil 2.6. Dizel motor

Kojenerasyon tesislerinin diğ er önemli kısmını, egzoz gazlarının değerlendirildiği atık ısı kazanları oluşturmaktadır. Atık ısı kazanları (şekil 2.7), gaz türbinleri, gaz motorları ya da dizel motorların egzoz çıkışlarına monte edilmektedir. Egzoz gazları, kazana besleme suyu ve kondensör ile giren suyu kızıdırma sıcaklığı değerine getirerek buhara dönüştürmektedir. Oluşan buhar da amaca uygun olarak sıcak su veya buhar olarak sisteme verilmektedir.



şekil 2.7. Atık ısı kazanı

Buhar türbinleri, atık ısı kazanından gelen yüksek basınçlı buhar ile çalışmaktadır. Buhar türbini gelen buhar ile d n  hareketi elde etmekte ve jeneratörü çevirerek ikinci kez elektrik enerjisi üretmektedir. İsteğe bağlı olarak basınçlı buharı direk olarak sisteme, buhar ya da sıcak su olarak verebilmektedir. Buhar türbini şekil 2.8’de gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Buhar türbini

Kojenerasyon tesislerinde kullanılan yakıt tipi genel olarak doğalgazdır. Doğalgazın ekonomik oluşu, depolanma gereksiniminin olmaması, yanma özelliğinin iyi olması ve çevre dostu olması kullanım alanını genişletmektedir. Doğalgazı izleyen diğer yakıtlar; propan, dizel, sıvı yakıt no 4, sıvı yakıt no 6 ve nafta olarak sıralanabilir.

Doğalgaz ve propan ticari olarak kullanılırken biyogaz, kok gazı ve odun gazı çöplükler ya da özel gazlar üreten tesislerde kullanılmaktadır. Dizel yakıtının yanması verimli, emisyon oranı düşüktür. Fiyatı sebebiyle kojenerasyon sistemlerinde ana yakıt olarak kullanılması ekonomik değildir. Ancak gaz kesintilerine karşı ek yakıt olarak ve elektrik kesintilerinde dizel jeneratörü çalıştırması sırasında kullanılması uygun görünmektedir. Sıvı yakıtların emisyonlarında arıtma gerektirdiği için bu tesislerde ekonomik olarak kullanılamamaktadır.

Gaz yakıtların türbin ve motorlarda yakılabilmesi için en önemli kriterler metan sayısı, ısı değeri ve doğrusal alev hızıdır.

2.4. Kojenerasyon Tesislerinin Üstünlükleri

Kojenerasyon tesislerinin en büyük üstünlüğü, gereksinim duyulan enerji türlerini istenildiği zaman ve miktarda üretebilmesidir. Bu tesisler, kendi enerjilerini kendileri ürettiklerinden dışa bağımlı değildir.

Üretilen enerjideki kalite ve devamlılık diğer bir üstünlüğüdür. Böylece elektrik kesilmesi, frekans ve voltajdaki düzensizlikler ortadan kalkmış olmaktadır. Kojenerasyon tesislerine yapılan kredi harcamaları uzun vadede geri ödemeli olduğu için enerji daha ucuz elde edilmektedir.

Kojenerasyon tesislerinde egzoz gazlarından faydalanıldığından CO₂ emisyonları oldukça düşüktür. Böylece sistem çevre kirliliği yönünden de avantajlı durumdadır. Kojenerasyon tesislerinin diğer avantajları maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır:

1. Geleneksel elektrik üretiminde elektrik enerjisinin uzak mesafelere naklinde önemli miktarlarda kayıplar oluşmasına karşın yerel elektrik üretimi sağlayan bu tesislerde nakil kayıpları ortadan kalkmaktadır.
2. Küçük güç ve boyutlarda inşa edilebildiğinden, daha küçük ve yerel şirketlerce kurulup işletilebilmektedir.
3. Enerjinin dönüşümü ve kullanımında verimliliği artırmaktadır.
4. Üretim tesislerinin çeşitliliğini artırıp, endüstriyel ve ticari kuruluşlara üretimde rekabet gücü sağlamaktadır.
5. Bu sistemler gelişip yaygınlaştıkça yeni yatırım ve iş olanakları sağlanmaktadır.
6. Ulusal enerji maliyetinde büyük miktarda azalma sağlanmaktadır.
7. Birincil enerji kullanımındaki yüksek verimlilikten dolayı, yerel ve ithal enerji kaynaklarından tasarruf sağlanmaktadır.

2.5. Türkiye'deki Kojenerasyon Santralleri

Hızla gelişmekte olan ülkemizde enerji gereksinimi, ekonomik büyüme hızının üzerinde artmaktadır. Elektrik sektörü içinde en büyük paya sahip yakıt girdisi doğalgazdır. Ülkemizin elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynayan bu tesislere satılan doğalgaz miktarı 1999 yılında 7743 milyar m³ değerine ulaşmış ve toplam doğalgaz satışlarının %64'ünü oluşturmuştur. Ülkemizde yaşanan ekonomik krize karşın kojenerasyon santralleri 2000 yılında Türkiye elektrik enerjisi üretiminin %12'sini sağlarken, 2003 yılında bu değer %16.5'e çıkmıştır.

2003 yılı verilerine göre ülkemizde mevcut 154 kojenerasyon tesisi bulunmakta, 74 tesis için de lisans çalışmaları devam etmektedir. Kojenerasyon teknolojisi ile elektrik ve ısı enerjisini birlikte üreten oto prodüktör tesislerinin kapasitesi 3500 MW' a ulaşmıştır. 2002 yılındaki ekonomik krize rağmen 20 milyar kWh elektrik enerjisi ve 20000 Terakalori faydalı ısı üretilmiş ve %65'e varan üretim randımanı ile 2 milyon TEP birincil enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu değer, enerjinin %64'ünü ithal eden ülkemiz için oldukça önemlidir. Ayrıca CO₂ gazlarında 10 milyon tonluk azalma gerçekleşmiştir. Bu özelliklerinden dolayı Avrupa ülkelerinde kojenerasyon üretimlerine yeşil enerji sertifikası verilmektedir. Sertifikası olan sistemlerde; örneğin Yunanistan'da kWh başına 2 Eurocent, Almanya'da ise 2-2.5 Eurocent prim ödenmektedir (Ağış 2003).

Ülkemizde kendi kojenerasyon tesislerini kurmuş birçok büyük firma, ürettikleri enerjiyi kendi fabrikalarında kullanmakta; ihtiyaç fazlası enerjinin bir kısmını diğer kuruluşlara bir kısmını da TEAŞ'a satmaktadır.

2.6. Kojenerasyonun Gerekliliği

Hayatımızın temelini oluşturan enerji kavramının, yönlendirilmesinin en zor biçimi olan ısı enerjisi, insanlığın ilk ve önemli keşiflerinden biri olan ateşle birlikte bizi meşgul etmektedir. Şöyle ki; geçen yüzyıldan bu yana dünyamızda üretim 100 kat, çevre

kirliliği ise 50 kat artmıştır. Bu artışların ortalama %55'i son 20 yıl içinde olmuştur. Yine geçen yüzyıldan bu yana fosil yakıt kullanımı ve hava kirliliği 30 kat artmıştır; bu artışın %60'ı 1970-90 yılları arasında gerçekleşmiştir. Bu arada, bitki ve hayvan türlerinin %20'si yok olmuştur. Orman yüz ölçümü %25 azalmış, 480 milyon hektar toprak erozyona uğramıştır. Ozon tabakasında %3-6 arası incelme olmuştur. Nükleer reaktörler yılda 85 milyon m³ radyoaktif atık üretmekte, yalnızca OECD ülkelerinde, yılda 20 milyon ton oksijen tüketici madde deniz, göl ve nehirlerle evsel ve endüstriyel atık olarak atılmaktadır. 1980-90 yılları arasında ortalama yıllık nüfus artışı %2.5 olan ülkemizdeki durum da hiç farklı değildir. Bu olumsuzluklar enerjiyi, özellikle ısıyı yanlış kullanmamızdan ve en önemlisi yanlış yöntemlerle üretmemizden kaynaklanmaktadır.

Ülkemizde yılda 20 milyon TEP olan tüketiminin %31'inin odundan, %20'sinin kömürden, %20'sinin petrolden, %14'ünün hayvan ve bitki atıklarından, %11'inin elektrikten, %4'ünün doğal gazdan karşılandığı düşünülürse; enerji üretiminde izlenecek yolun çevre kirliliği, ekonomi ve dışa bağımlılık üzerindeki etkileri daha net görülebilir. Söz konusu enerji tüketiminin %41'i konut ısınmasında, %35'i sanayide, %20'si ise ulaşımda kullanılmaktadır. Sanayide harcanan enerjinin sektörel dağılımı %38 metal, %25 toprak, %16 kimya, %9 kağıt, %6 tekstil kolları şeklindedir. Dolayısıyla hem sanayide, hem de konut ısıtmasında gerekli olan elektrik enerjisinin ve ısı enerjisinin aynı kaynaktan karşılanması ile yapılacak olan enerji tasarrufu çevre kirliliğini ve dışa bağımlılığımızı azaltırken, kaynaklarımızın hızla tükenmesini de önleyecektir. Bundan dolayıdır ki; elektrik ve ısı enerjisinin aynı kaynaktan karşılanması yöntemi, yani kojenerasyon teknolojisi gereklidir (Ağış 2003).

2.7. Yüzyılda Kojenerasyonun Yeri

Dünya'da 50 yıldan beri, Türkiye'mizde 6 yıldır uygulanmakta olan Kojenerasyon sistemleri, arz ettikleri yüksek çevrim randımanı ile sağladıkları kolay işletme ile dayanılmaz cazibede bir yatırım modeli olma ayrıcalığını korumaktadır ve 21. Yüzyılda da korumaya devam edecektir.

Bugün Avrupa Birliği enerji politikasının iki temel taşı, enerji pazarının tümüyle serbest pazara dönüştürülmesi ve çevre koruma sorumluluğunda uluslararası paylaşımın sağlanması oluşturmaktadır. Enerji pazarının serbest hale getirilmesi, enerji arzında yüksek rekabet, fiyatlarda giderek yükselen şeffaflık, elektrik şebekelerinin çağdaş gelişmişlik düzeyine ulaştırılması ve kojenerasyon uygulamalarına ağırlık verilmesi, gelişmelerini de beraberinde getirmektedir. Gelişmiş enerji pazarının en önemli özelliği endüstriyel ya da domestik tüketicilerin, kaliteli enerjiyi uygun fiyatla almalarına imkan sağlayacak rekabet ortamını yaratmasıdır.

Bu ortam, büyük tüketicilerin yakınında, gelişmiş ve güvenli elektrik sistemlerinin birbirleriyle yarışır biçimde enerji arzına hazır olmaları mümkündür. Yani çağımızda tüketim merkezlerine enerji hatlarıyla enerjinin nakli yerine, tüketim merkezlerine yakın üreticilerin bir rekabet ortamı içinde (iki ya da üç üreticinin yarattığı enerji arzı ile) üretimlerini arz edecekleri bir piyasanın oluşturulması yönüne gidilmelidir. Desantralizasyon dediğimiz bu sistemin özeti tüketim merkezlerine yakın üretim birimlerinin oluşturulmasıdır. İşte kojenerasyon, tüketim merkezlerinin yakınında kurulmasıyla yüksek randımanıyla ve temiz enerji üretim teknolojisi ile bu çağdaş gelişmenin en güzel örneğini oluşturmaktadır.

Avrupa'da Kojenerasyon sistemleri daha çok, kışları uzun ve soğuk geçen Kuzey Avrupa (Finlandiya, Danimarka ve Hollanda gibi) ülkelerde, şehirlerin bir merkezden ısıtılmasıyla başlamıştır. Kojenerasyon teknolojisi, bu suretle bir yandan, konutların ihtiyacı olan ısıyı üretirken diğer yandan da, yine konutların ve sanayi tesislerinin elektrik ihtiyacını da sağlamıştır. Yani Avrupa'da ısı üretim amaçlı Kojenerasyon projeleri daha önce başlamış ve daha çok yaygınlaşmıştır. Finlandiya, Hollanda ve Danimarka gibi Kuzey Avrupa ülkelerinde konutların %60'ı merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılmakta ve bu sistemlerinde en az yarısında kojenerasyon sisteminin uygulanmakta olduğunu bilinmektedir. Bu gibi ülkelerde kojenerasyonla üretilen elektrik enerjisinin toplam elektrik tüketimindeki payı %40'lara ulaşmaktadır. Ülkemizde bu rakam, 1997 yılında %8, 2000 yılında %12, 2005 yılında %17 olmuştur ve 2020 yılında %30'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu hesapta 2020 yılında Türkiye'nin kurulu elektrik

Üretim gücünün 118 500 MW olacağını ve bunun 35 500 MW'ının kojenerasyona dayalı tesislerden oluşacağı varsayılmıştır (EİE 2007).

Ülkemizde 04/09/1985 yılında çıkartılmış olan Otoprodktrlk Kararnamesi, ondan önce devlet kuruluşlarının uyguladığı benzeri projeleri soyutlarsak, kojenerasyon yatırımları için teşvik unsuru olmuştur. Devletimizin getirdiği vergi iadesi ve gümrük muafiyeti gibi teşviklerin rüzgarını arkalarına alan Otoprodktrler, 1998 Eylül sonuna kadar 45 adet kojenerasyon tesisini kurarak işletmeye almışlardır. şu anda toplam kapasitesi 1000 MW olan 42 tesis kurulmaktadır; ayrıca toplam kapasitesi 1760 MW olan 52 tesis için ETKB' nin onayı beklenmektedir. Özel enerji yatırımlarının en randımanlısı (Kojenerasyonda evrim randımanı %90'a kadar yükselmektedir.) olduğu kadar yasal alt yapısı en sağlam olan kojenerasyon, yani Otoprodktrlk uygulamaları, hiçbir yasal engele takılmadan, ortalama elektrik tüketim artışının %10 olduğu ülkemizde yıllık %40 artışla büyümekte ve gelecek yılların elektrik ve ısı tüketim artışını karşılayacak en güvenilir üretim kaynağı olacağı anlaşılmaktadır.

Gaz türbinlerinde:

Yalnız elektrik üretimi	: $\approx$ %30
Kombine çevrimle elektrik üretimi	: $\approx$ %45–50
Bileşik g ve ısı santrali	: $\approx$ %85

Gaz motorlarında:

Elektrik evrim verimi	: $\approx$ %40
Toplam sistem verimi	: $\approx$ %85-91

2.8 Ekonomik Ömür

Kojenerasyon sistemlerinin ekonomik ömürleri 100.000 ila 150.000 saat mertebelerindedir. Bu da yaklaşık 12-20 yıla tekabül etmektedir.

2.9. Sistem Seçimi

Kojenerasyon sistemleri, sistemin ekonomikliği, teknik açıdan toplam sistem verimliliği ne kullanıcının gereksinimleri dikkate alınarak, uygun bir şekilde seçilmelidir. Kojenerasyon oldukça büyük bir yatırım olduğu için, sistemin fizibilitesinin çok ayrıntılı olarak yapılması zorunluluğu vardır. Bu fizibilite sonuçları ucuzluk ve kaliteden bile daha önce gelebilmektedir. Hatta ve hatta bu sistemlerin kurulması kararı verilmeden önce danışman veya müşavir kişi ya da kuruluşlarla çalışılması yatırımcıların yararına olacaktır. Aksi halde kojenerasyon firmaları, yatırımcıları kendi ellerinde mevcut bulunan sistem ve kapasiteler doğrultusunda yönlendirirler. Örnek vermek gerekirse; firmanın elinde türbin mevcut, gaz motoru bulunmamaktaysa, yatırımcıyı türbin alma konusunda ikna etmeye çalışır. Bazı verileri dikkate almayarak ta, fizibilite çalışmasını sanki türbin daha ekonomik ve ilk yatırım tesis giderini daha kısa zamanda geri ödeyecekmiş gibi düzenleyebilir. Ya da elinde gerekli kapasitede motor yoktur; yatırımcıya daha küçük ya da daha büyük motorlar önererek gene fizibilite çalışmasını buna göre düzenleyebilir. Bütün bu sakıncalı durumlardan dolayı yatırımcıların, yatırım kararını vermeden önce (daha sonra da devam edebilir) danışman müşavir veya kontrolör kişi veya kuruluşlarla birlikte çalışması daha sağlıklı olacaktır. Yatırımcıya bir ön fikir vermek açısından, uygun sistem seçimi aşağıdaki ön görüş ve parametreler dikkate alınarak yapılır:

Yakıt

Çeşitli sebeplerden dolayı, kojenerasyon sisteminde kullanılması düşünülen yakıt türü veya türlerine göre sistem seçilir. Bazı uygulamalarda birden fazla, örneğin iki yakıtlı veya üç yakıtlı sistemler kullanılmaktadır. Bazı tesislerde ise kojenerasyon sistemi

doğrudan yakıttan yola çıkılarak seçilir. Çöplük gazı ve arıtma gazı ile çalışan sistemler buna örnek olarak verilebilir. Bu tesislerde primer enerjinin işletme maliyeti “ sıfır “ olacağından, özellikle arıtma tesisi bulunan kuruluşlar için kojenerasyon sistemi çok cazip hale gelmektedir.

Türkiye için özellikle doğal gaz kullanılan yerlerde sistem çok ekonomik olmakta, ilk yatırım tesis giderini geri ödeme süresi 2 yıl, hatta daha da altına düşebilmektedir.

Kullanılmak istenen yakıt türü sayısı arttıkça seçilen sistem gaz türbinine doğru yönelmektedir. Gaz türbinlerinde ise, ağır sanayi tipleri, jet tipi türbinleri oranla daha fazla tür yakıt yakabilme özelliğine sahiptir.

Elektrik-Isı Oranı

Kojenerasyon uygulanacak sistemin termik ve mekanik güç ihtiyaçları seçim parametrelerinin önemlilerindendir. Özellikle yeni kurulacak tesislerde (henüz başka bir şekilde elektrik ve ısı yatırımı yapılmamış) bu ihtiyaçlar ve birbirleriyle oranları sistem seçimi için zorunlu ve temel faktördür.

Gaz türbini ile yapılan kojenerasyon sistemlerinde, elektrik ısı oranları, 0.40-0.50 civarlarındadır. Yani toplam enerji çıkışının 1/3'ü elektrik enerjisi, 2/3'ü ısı enerjidir. Gaz motorları ile yapılan uygulamalarda ise elektrik ısı oranları, 0.75-0.80 civarındadır. Yani toplam enerji çıkışının %40'ı elektrik gücü olarak elde edilirken, %50'si de termik güç olarak geri kazanılabilir. Kojenerasyon sistemlerinin temel ayrımından dolayı, tüketim bölgesinin özelliğine göre (hangi oranda ısı ve elektrik ihtiyacı bulunduğu) seçim yapılır.

Yük Eğrisi

Tüketim bölgesinin ısı ve elektriksel yük eğrilerine göre seçim yapılır. Eğer yük eğrisi; günün, haftanın, yılın çeşitli zamanlarında çok dengesiz oluyorsa; bu yük eğrisine, birden fazla aralığa bölerek, tüketimi birden fazla modül ile karşılarız. Örnek olarak, gün içinde 400 kW, gece ise 200 kW elektrik enerjisi ihtiyacı olan bir hastanenin elektrik tüketimini karşılamak üzere, 200 kW'lık iki gaz motoru kullanmak çalışma rejimini daha verimli olmasını sağlayacaktır.

Start Sayısı

Gaz motorlarının daha kolay devreye alınabilmesinden dolayı senelik start sayıları fazla olan işletmeciler için gaz motoru kullanımı kaçınılmaz hale gelir.

Ortam Sıcaklığı

Gaz türbinlerinin çıkış güçleri ve ısı oranları, ortam sıcaklığına fazla duyarlılık gösterdiği için; gaz motorları, ortam sıcaklığına çok fazla duyarlı olmadığından, bazı uygulamalarda gaz motoru kullanımı zorunlu hale gelir.

Toplam Sistem Kapasitesi

Kojenerasyon sisteminde ihtiyaç duyulan güçler büyüdükçe, seçilen sistem, gaz türbinine doğru yönelmektedir. Genellikle uygulamada, 15-20 MW seviyesinin altında gaz motorları, üzerinde ise gaz türbinleri kullanılmaktadır. Aslında bu seçim elektrik-ısı kullanım oranına göre yapılır. Bir sistemde çok az ısı kullanıyorsanız, kombine çevrimli gaz türbini kurmak daha avantajlıdır. Elektrik fiyatı, bizim ülkemiz koşullarında daha pahalı olduğundan, gaz motorlarında elektrik verimi daha yüksek olduğundan dolayı, gaz motoru seçmek daha ekonomik olmaktadır.

ve doğal gaz büyük ölçüde dışarıdan alınmaktadır. Enerji açığını kapatmak için yapılacak birincil enerji ithalatının bedeli 2010 yılında 20 milyar doları bulacaktır.

İkincil enerji türleri, elektrik enerjisi ve ısı enerjidir. Isıl enerji konutlarda ısıtma, sanayide proses ısısı olarak kullanılmaktadır. 1996 yılı itibariyle, Türkiye'nin enerji üretimi için kurulu gücü yaklaşık 23000 MW'tır. Kurulu gücün yaklaşık yarısı termik, yarısı hidroelektrik santrallerdir. Termik santrallerin yüzde 55'i linyit, yüzde 25'i doğal gaz yakan santrallerden oluşmaktadır. 1996 yılında yaklaşık 90 milyar kWh olan elektrik tüketiminin hemen tümü yerli üretimle karşılanmış, ancak daha sonraki yıllarda tüketim, üretimi az da olsa aşmıştır. Aksayan enerji yatırımları nedeniyle, önümüzdeki yıllarda elektrik açığının oluşması beklenebilir. Elektrik üretmek için 2010 yılına kadar sisteme her yıl 3 ila 6 MW kurulu güç eklemek başka bir deyişle 3 ila 6 milyar dolar yatırım yapmak gerekecektir. Buna ek olarak doğal gazın taşınması için boru hatlarının yapımı, elektrik dağıtımı içinde yüksek ve alçak gerilim hatlarının geliştirilmesi zorunlu olacaktır.

Yukarıdaki verilen bilgiler Türkiye'nin enerji sorununun boyutlarını ortaya koymaktadır. Açıkça görüleceği gibi birincil ve ikincil enerji tüketiminin, etkin kullanımla, olabilecek en alt düzeyde tutulması, enerji politikasının önemli bir amacı olmalıdır. Bileşik ısı-güç üretiminin yaygınlaşması birincil enerji kaynaklarından yararlanma oranını artırmanın yanı sıra kurulu güce yapacağı katkı bakımından bu amaca hizmet edecektir. Konutların ısıtması için gerekli enerjinin bileşik ısı-güç santrallerinden sağlanması durumunda her 1 MW santral gücü için, ülke olarak yıllık tüketimimizden yaklaşık 700 ton yakıt veya 175 bin dolarlık bir artırım yapmak mümkündür. Özellikle yeni kurulan yerleşim bölgelerinde bileşik ısı-güç üretiminin uygulanması kolay olup, özendirilmelidir. Yeni yerleşim bölgelerinde bu konuda bir ön çalışmanın yapılması yasa ile zorunlu kılınmalıdır (Pusat 2010).

2.10.1. Bölge Isıtması

Bölge ısıtma sistemleri, merkezi bir santralde üretilen buhar veya sıcak suyun yer altından geçen borular ile bir bölgeye ulaştırılarak, o bölgedeki binaların ısıtma ve sıcak su ihtiyaçlarının karşılandığı sistemlerdir. Bölge ısıtma sistemleri ısı enerjisi kaynağı olarak kojenerasyon sistemlerini ve jeotermal enerjiyi kullanabileceği gibi sadece ısı amaçlı kurulan kazanları da kullanabilmektedir. Bölge ısıtma sistemleri genel olarak hem ısı enerjisi kaynağı hem de ısı enerjisi talebinin karşılandığı bölge açısından daha verimli ve ekonomik bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin sadece elektrik üreten klasik kömür yakıtlı termik santralin ısı verimi %30-40 civarında iken, bu santralin elektrik ısı üretimini beraber yapması durumunda yararlanma oranı %90'lara kadar ulaşabilmektedir (Pusat 2010).

Bölge ısıtması, bir yerleşim biriminin bir veya birkaç merkezde kurulan santrallerle ısıtılmasıdır. Yerleşim birimi, bir site olabileceği gibi, bir mahalle veya bir kent de olabilir. Bazı uygulamalarda ısı santralleri sıcak su veya buhar üreten kazanlardan oluşur. Başka bir deyişle santralde sadece ısı üretilir. Bazı santrallerde ise ısı ve elektrik birlikte üretilir. Bu tür santrallerde buhar türbini, gaz türbini veya dizel (gaz) motoru kuruludur. İkinci uygulama bileşik ısı-güç üretimi veya kojenerasyon olarak bilinir.

Bölge ısıtmasının, her apartmanın veya konutun ayrı ayrı ısıtılmasına oranla bazı avantajları vardır. Bunların arasında atıkların denetlenerek çevre kirliliğinin önlenmesi, yakıtın ekonomik yakılması, yakıt seçeneklerinin fazlalığı öncelikle belirtilmelidir. Bölge ısıtmasının en büyük dezavantajı ise ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır. Ancak planlı ve düzenli yerleşim bölgeleri ile maliyeti azaltmak olanaklıdır.

Bir bölge ısıtma sistemi, ısı üretim merkezi, dağıtım şebekesi ve kullanıcı bağlantılarından oluşur.

Isı üretim merkezi, kazanlardan oluşan bir ısı santrali olabileceği gibi, bir bileşik ısı-güç santrali de olabilir. Santralde, ısının dağıtımı için aracı akışkan işlevini gören sıcak su

veya buhar üretilir. Günümüzde aracı akışkan olarak sıcak su kullanımı çok daha yaygındır. Santralde ayrıca aracı akışkanı şebekede dolaşımını sağlayan pompalar bulunur.

Santralde üretilen sıcak su veya buhar bir boru şebekesinde dolaşarak, ısı enerjisinin dağıtımını sağlar. Suyun santralden çıkış sıcaklığı 90 ile 120° C arasında olabilir. Şebekedeki sıcaklık düşümü ise 10 ile 30° C arasındadır. Boru şebekesi kanalların içine yerleştirilebileceği gibi, yer üstünde veya toprağa gömülü de olabilir. Günümüzde çelik bir koruyucu kılıf içinde yalıtılmış plastik veya çelik borular yaygın olarak kullanılmaktadır. Dağıtım sisteminde ayrıca genleşme elemanları, vanalar, yardımcı pompalar yer alır.

Kullanıcı bağlantıları, şebeke ile konut arasında ısı enerjisi aktarımını sağlayan eşanjör ve konut içindeki ısıtma tesisatından oluşur.

Bölge ısıtma sistemleri çok farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Ama temel olarak iki şekilde sınıflandırılabilirler (Cokoksen 2010):

1. Isı enerjisi kaynağına göre:

- Jeotermal kaynaklar,
- Merkezi kazan dairesi ısıtma santralleri,
- Kojenerasyon sistemleri (Bileşik ısı güç santralleri),
- Endüstriyel tesislerin atık ısıları (cam, döküm, petro-kimya tesisleri vb.),
- Atık yakma tesisleri,
- Güneş panelleri.

2. Sistemde kullanılan akışkana göre:

- Sıcak sulu (100 °C'ye kadar),
- Kızgın sulu (100 °C'nin üzerinde, basınç altında),
- Buharlı.

2.10.2. Bölge Isıtma Sistemlerinin Dünyadaki Durumu ve Uygulamaları

Bölge ısıtma sistemleri konutların ısıtılması amacıyla uzun yıllardır kullanılmaktadır. Avrupa ülkeleri başta olmak üzere birçok ülkede bölge ısıtma sistemi konutların ısıtılması alanında önemli bir paya sahiptir. Avrupa'da 5000'den fazla bölge ısıtma sistemi mevcuttur. Avrupa genelinde ısı enerjisi talebinin karşılanması açısından yaklaşık %10'luk bir paya sahip olan bölge ısıtma sistemleri bazı ülkelere %50'yi aşabilmektedir. En yüksek paya sahi olan ülkeler Polonya ve Almanya'dır. Kopenhag, Helsinki ve Varşova gibi şehirlerde konut ısı enerjisi talebinin %90'ı bölge ısıtma sistemi tarafından karşılanmaktadır.

Bölge ısıtma çevre açısından da önemli bir konumdur. Yıllık 113 Mton CO₂ salınımı sadece bölge ısıtma sistemi tarafından engellenmektedir. Bu değer de Avrupa'nın toplam CO₂ salınımının % 2.6'lık kısmına eşit olmaktadır (EUROHEAT).

Dünyadaki ilk bölge ısıtma sistemi uygulaması Danimarka'nın Kopenhag şehrinde 1903 yılında gerçekleştirilmiştir. Şehirdeki çöpler toplanıp bir çöp yakma tesisinde yakılarak ısı enerjisi üretilmiştir. Üretilen ısı ile de buhar üretilmiş ve bu buharla bölgenin ısıtılması sağlanmıştır (DBDH). Bu tesisin ardından günümüzde daha modern tesisler kurularak bölge ısıtma sistemi kullanımı devam etmektedir (Pusat 2010).

Dünyadaki bu kullanım oranlarına karşın ülkemizde bölge ısıtma sistemi ile ısıtılan konut sayısı yaklaşık 42000 adettir. Bu değer diğer ülkelerdeki değerler ile karşılaştırıldığında ülkemizdeki kullanımının oldukça az olduğu görülmektedir (Güngör 2010).

Ülkemizde kurulan ve hala hizmet veren iki bölge ısıtma sistemi ile ilgili genel bilgiler şu şekildedir:

Esenkent Bölge Isıtma Sistemi

Bölge ısıtma sistemi yurdumuzda ilk olarak İstanbul'da Esenyurt Belediyesi'nin Esenkent konut projesinde 1993 yılında uygulanmıştır. Sistem 180 MW'lık ısı kapasitesinde doğalgaz yakıtlı termik santrale sahiptir. Ayrıca santralde üretilen elektrik enerjisi şebekeye aktarılmaktadır.

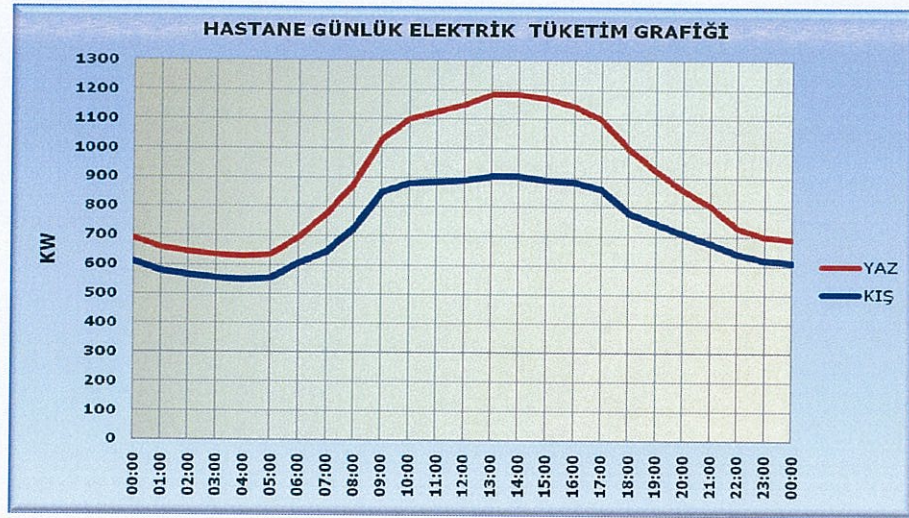
Sistem atık ısıdan faydalanarak ve buhar türbininden buhar çekerek toplamda 180 MW ısı enerjisi üretebilmektedir. Yaklaşık olarak 10000 konuta kesintisiz olarak ısınma ve sıcak su için enerji sağlamaktadır (ÇATES 2009).

Balçova Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi

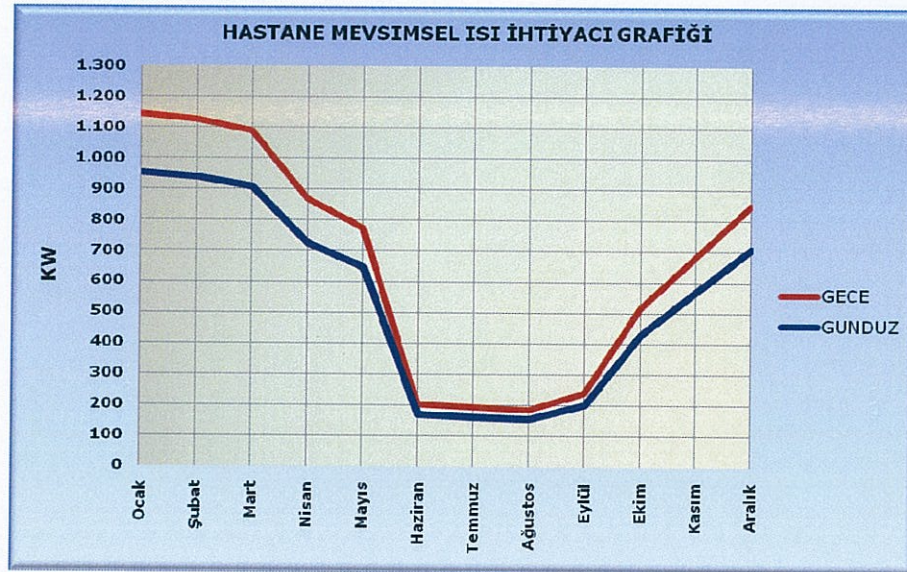
Bölgedeki 8 farklı jeotermal kuyudan, üretim sıcaklığı 83°C - 135°C aralığında değişen jeotermal akışkan elde edilebilmektedir. Bölge ısıtma sisteminde dolaşan suyun gidiş sıcaklığı jeotermal akışkan yardımıyla 80°C - 90°C aralığına ısıtılırken, dönüş sıcaklığı ise 42°C - 60°C aralığına düşürülmektedir. Böylece 6631 konut ile 2 otel ve 2 üniversitenin bulunduğu bölge ısıtılabilir (ÇATES 2009).

Ankara'da Bulunan Bir Hastane İçin Kojenerasyon Sistemi

7 gün 24 saat hizmet veren hastane binalarının elektrik tüketimleri, gün içindeki yoğunluğa bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Mevsimsel değişiklikler ise binanın soğutma yüküne bağlı olarak değişmektedir. Aşağıdaki grafikler Ankara'da bulunan 22.000 m^2 büyüklüğünde A sınıfı bir hastanenin yaz ve kış dönemine ait günlük elektrik tüketim trendini ve ısı ihtiyacını yansıtmaktadır (Ar-Ke 2010).



Şekil 2.9. Hastanenin günlük elektrik tüketimi (Ar-Ke 2010)

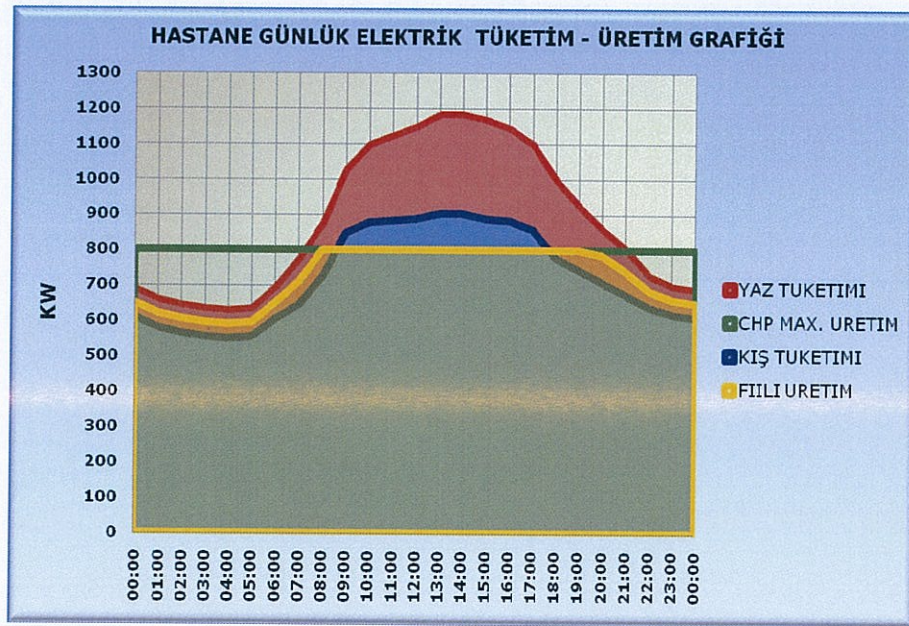


Şekil 2.10. Hastanenin günlük ısı ihtiyacı (Ar-Ke 2010)

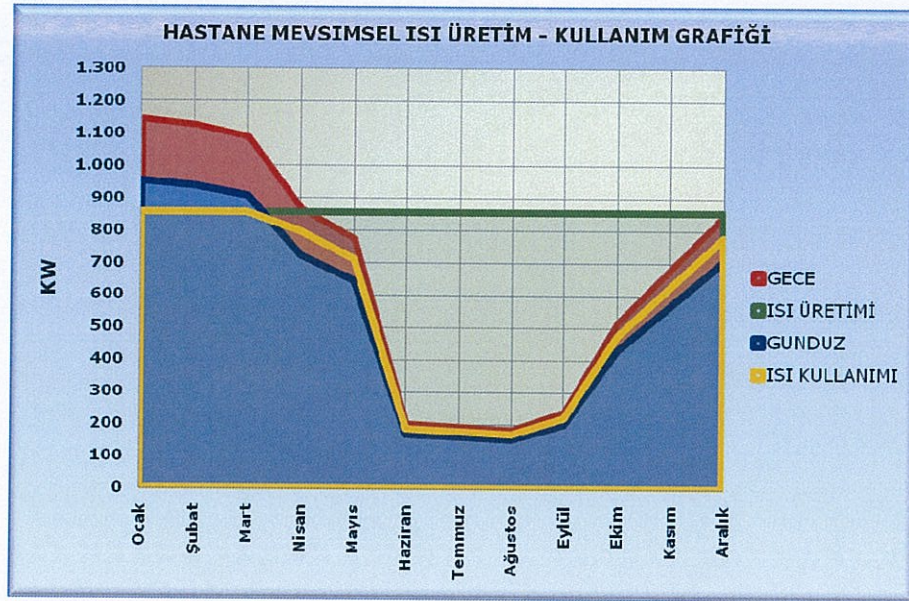
Hastane için kojenerasyon sistemi seçiminde 3 temel kriterin maksimize edilmesi hedefdir. Bunlar; kojenerasyon sisteminin maksimum kapasiteyle çalışması, elektrik tüketiminin ve ısı ihtiyacının maksimum oranda karşılanmasıdır. Ancak elektrik ve ısı tüketiminin günlük ve mevsimsel etkilerle değişkenlik göstermesi ve kojenerasyon ünitelerinin nominal güçlerinin belirli aralıklarla üretilmesi nedeniyle; temel amacı tasarruf olan sistem seçiminde optimizasyon yapmak zorunludur. Optimizasyon için 3 temel

kriterin maksimize edilmesinin yanı sıra yatırım geri ödeme süresinin minimum yapılması ana hedeftir.

Aşağıdaki grafikler aynı hastane için yapılan optimizasyon çalışması sonucunda seçilen kojenerasyon ünitesinin elektrik ve ısı üretimi kapasiteleri ile hastanenin elektrik ve ısı ihtiyacını karşılama oranlarını göstermektedir.



Şekil 2.11. Hastanenin günlük elektrik tüketimi-üretimi (Ar-Ke 2010)



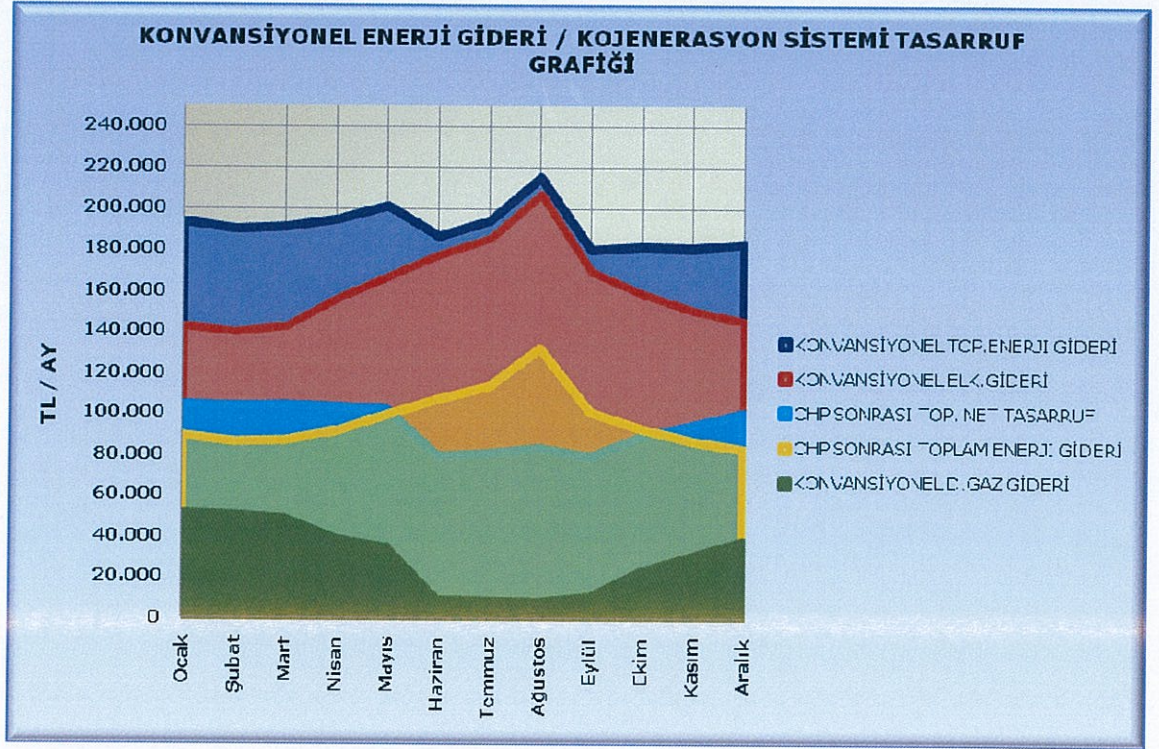
Şekil 2.12. Hastanenin günlük ısı kullanımı (Ar-Ke 2010)

Hastanenin kendi elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamak üzere seçilen kojenerasyon ünitesi ile; yıllık elektrik ihtiyacının %87'si, ısı ihtiyacının %90'ı karşılanmaktadır. Kojenerasyon ünitesinin elektrik üretimi kapasite kullanım oranı %90, ısı üretimi kapasite kullanım oranı ise %65'tir.

Yukarıdaki grafiklerde gösterilen elektrik tüketimi ve ısı ihtiyacının karşılanması için güncel enerji fiyatları (Tüm fon ve paylar dahil, KDV hariç olmak üzere; elektrik: 0,277 TL/kwh, Doğalgaz: 0,615 TL/m³) ile hastanenin kojenerasyon sistemi öncesi yıllık elektrik gideri 7.013.000 kWh karşılığı 1.942.000 TL, doğalgaz gideri 571.000 m³ karşılığı 351.000 TL olmak üzere toplam 2.293.000 TL/yıl'dır.

Kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra bakım giderleri dahil olmak üzere toplam enerji gideri 1.169.000 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 1.124.000 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %49 olarak gerçekleşmiştir. Toplam yatırım tutarının finansman maliyetleri dahil yaklaşık 650.000 Euro olduğu dikkate alındığında, yapılan yatırımın geri ödeme süresi 14-15 ay civarındadır.

Aşağıdaki grafikte aylık olarak düzenlenmiş enerji maliyetleri ve tasarruf tutarları görülmektedir.



Şekil 2.13. Konvansiyonel gider/Kojenerasyon Tasarruf (Ar-Ke 2010)

Erzurum’da yapılan AVM’de trijenerasyon uygulaması

05 Aralık 2008 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”nin amacı “Dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama

esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemek” şeklinde belirlenmiştir (Ar-Ke 2009).

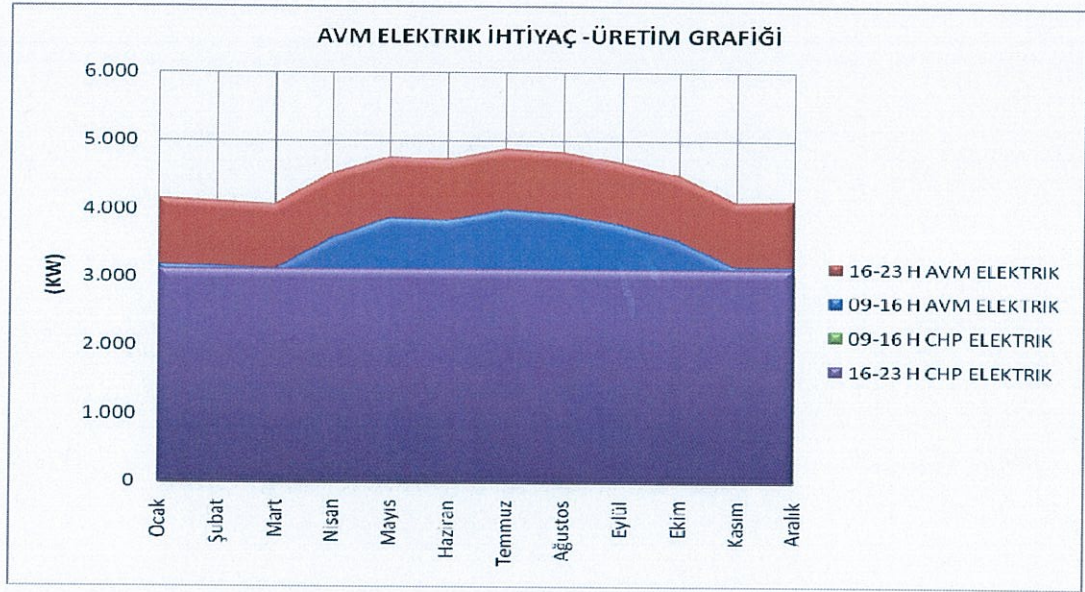
Yönetmelikte ısıtma-soğutma sistemleri ile havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin performans kriterlerine dayalı olarak tasarım ve uygulama esasları detaylandırılmıştır. Kojenerasyon sistemleri ile ilgili olarak, toplam inşaat alanı 20.000 m²'den büyük binaların tasarımında kojenerasyon sistemlerinin uygulama imkanları analiz edilerek, inşaat maliyetinin %10'unu geçmeyen uygulamaların gerçekleştirilmesi mevzuatta yerini almıştır.

Sosyal yaşamımızın vazgeçilmez parçası haline gelen alışveriş merkezlerinin verdiği hizmet seviyesi ile paralel olarak sağladığı iç hava kalitesinin elde edilmesi enerji harcamalarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Alışveriş merkezlerinin ısıtma-soğutma ile elektrik tüketimi ihtiyaçları, gaz motorlu kojenerasyon ünitelerinin sağladığı kullanılabilir elektrik ve ısı enerjisi oranlarına uygun paralellik göstermektedir. Alışveriş merkezleri bu açıdan trijenerasyon uygulamaları için en uygun tesislerin başında gelmektedir.

Erzurum'da yeni inşa edilen bir alışveriş merkezinde yapılan trijenerasyon uygulamasında çarpıcı sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre; tesisin elektrik, ısıtma ve soğutma ihtiyacına bağlı, matematiksel modelleme yapılmış ve optimum ünite seçimi gerçekleştirilmiştir. Seçimi yapılan sisteme ait elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

Elektrik Sistemi

Alışveriş merkezinin elektrik tüketim ve bu tüketime bağlı trijenerasyon sistemi tarafından sağlanacak kısmı aşağıdaki grafikte olduğu gibidir:



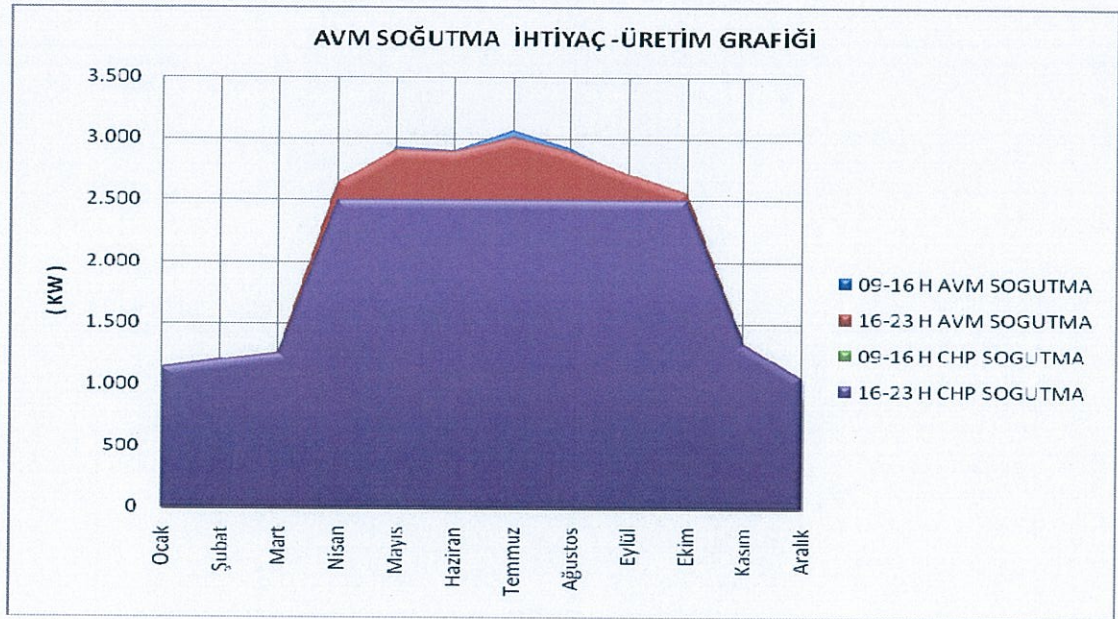
Şekil 2.14. AVM elektrik ihtiyacı-üretimi (Ar-Ke 2009)

Trijenerasyon sisteminin elektrik üretim kapasitesi tesisin baz elektrik tüketimi esas alınarak seçilmiştir. Sistem sürekli %100 yükte çalışarak yıllık elektrik tüketiminin %78'ini karşılayacaktır.

Soğutma Sistemi

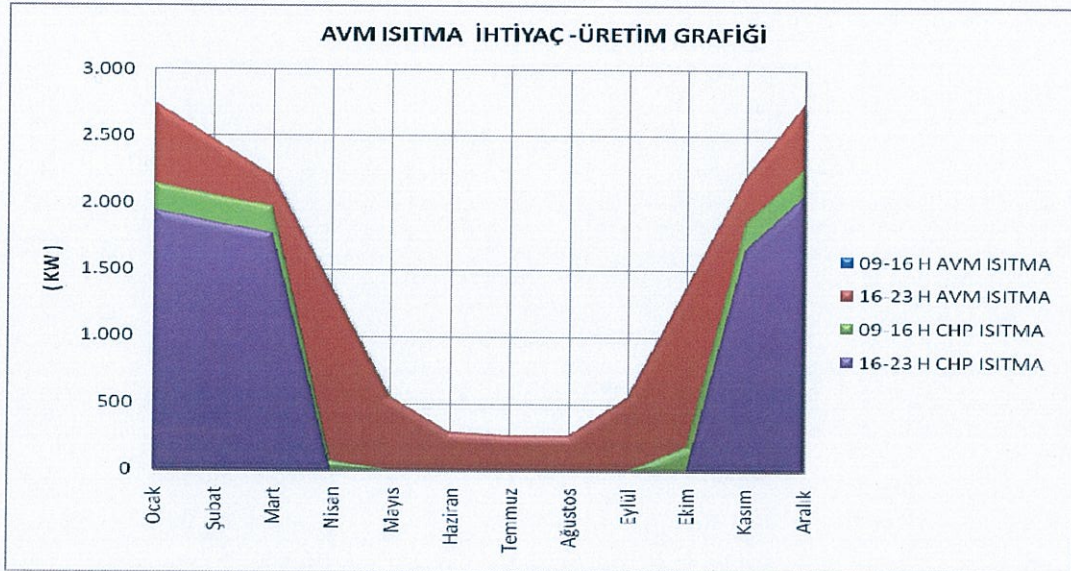
Alışveriş merkezinin soğutma ihtiyacı ve bu ihtiyaca bağlı trijenerasyon sistemi tarafından sağlanacak kısmı aşağıdaki grafikte olduğu gibidir:

Kojenerasyon ünitesine bağlı çalışan sıcak sulu tip absorbsiyonlu soğutma üniteleri tesisin yıllık soğutma ihtiyacının %92'sini karşılayacaktır.



Şekil 2.15. AVM soğutma ihtiyacı-üretimi (Ar-Ke 2009)

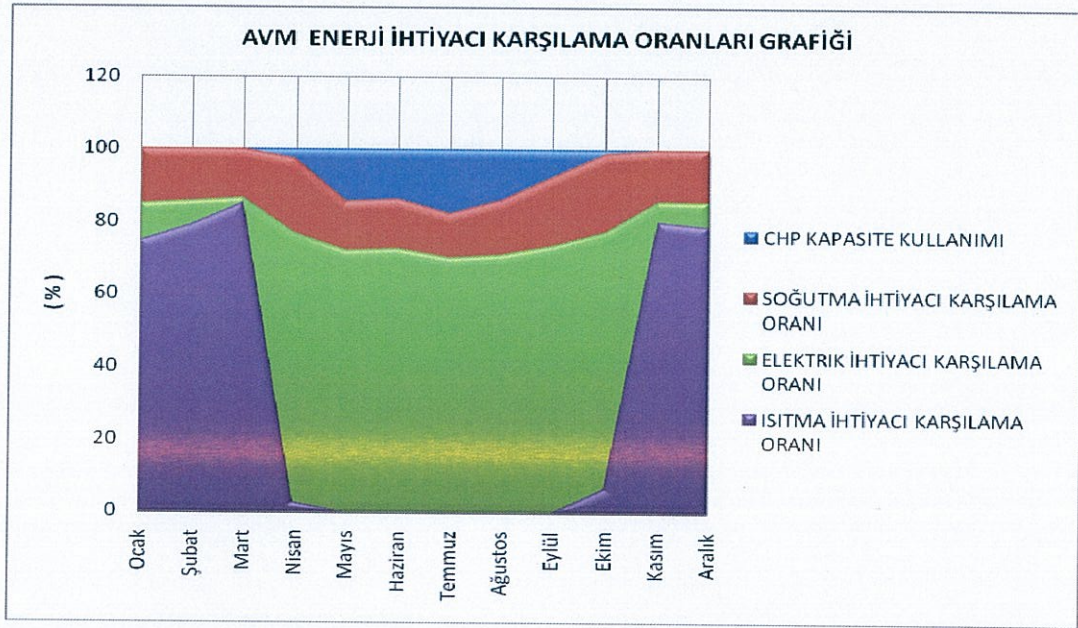
Isıtma Sistemi



Şekil 2.16. AVM ısıtma ihtiyacı-üretimi (Ar-Ke 2009)

Kojenerasyon ünitesinin ceket soğutma ve egzost devrelerinden elde edilen 95-75°C rejimindeki sıcak su ile tesisin yıllık ısıtma ihtiyacının %58'si karşılanacaktır.

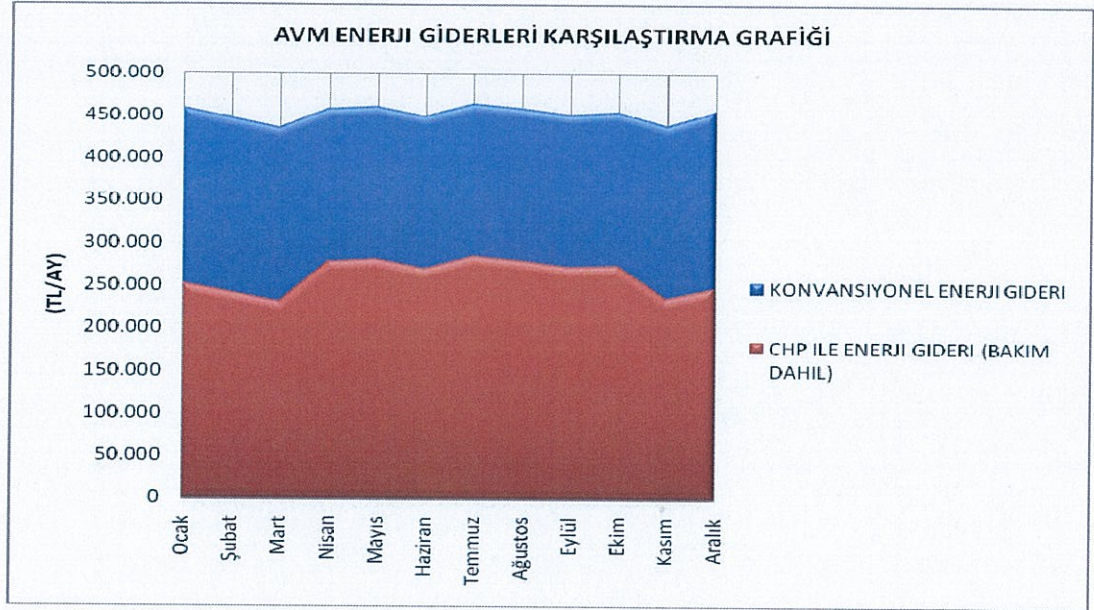
Alışveriş merkezinin elektrik, soğutma ve ısıtma ihtiyacının yıllık bazda trijenerasyon sistemi tarafından karşılanma oranları aşağıdaki grafikte olduğu gibidir.



Şekil 2.17. AVM enerji ihtiyacı karşılama oranları (Ar-Ke 2009)

Nisan 2009 ayına ait güncel elektrik ve doğalgaz fiyatları ile; trijenerasyon sisteminin olmadığı konvansiyonel durum ve trijenerasyon sistemi ile oluşacak yıllık enerji giderleri aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.

Buna göre; 4.931.000 TL elektrik, 384.000 TL doğalgaz olmak üzere toplam 5.316.000 TL olan yıllık enerji gideri trijenerasyon sistemi ile bakım giderleri dahil olmak üzere 2.532.000 TL olarak gerçekleşecektir. Böylece toplam enerji giderlerinde %52 oranında tasarruf sağlanacaktır.



Şekil 2.18. AVM enerji giderlerini karşılaştırma (Ar-Ke 2009)

70 milyonu aşan nüfusu ile Türkiye’de trijenerasyon sistemlerinin alışveriş merkezleri başta olmak üzere hastane, otel gibi hizmet tesislerinde geniş yelpazede uygulama potansiyeli mevcuttur. Yaşam kalitesi ve standardının her geçen yıl arttığı ülkemizde trijenerasyon sistemlerinin potansiyeli önemli ekonomik tasarruflar vaat etmektedir.

2.10.3. Bileşik Isı-Güç Üretimi ile Bölge Isıtmasının Ekonomik Olurluluğu

Bileşik ısı-güç üretimi kullanarak yapılan bölge ısıtmasının olurluluğuna termodinamik, ekonomik ve iklimsel parametreler birlikte göz önüne alınarak karar verilir.

Ekonomik olurluluğun birlikte belirlenebilmesi için sistemin yıllık net işletme geliri ile yatırım giderinin hesaplanmaları gerekir. Yıllık net işletme geliri, bölgenin ısı ve elektrik gereksinimlerinin ayrı ayrı karşılanması durumunda yıllık olarak ödenecek ısıtma, elektrik, personel, bakım onarım giderlerinin toplamından, bileşik ısı-güç santralinin yıllık yakıt, personel, bakım onarım giderlerinin toplamını çıkartarak bulunur. Yatırım gideri ise bileşik ısı-güç santralinin 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.

Uygulamanın yapılacağı bölgenin ısı ve elektrik gereksiniminin, bileşik ısı-güç santralının elektrik-ısı oranı ile uyumlu olması göz önünde bulundurulması gereken bir husustur. Bu uyumu tam olarak sağlamak mümkün değildir. Üretilen elektrik fazla olduğu zaman şebekeye satılabilmesi, elektrik açığı olduğu zaman şebekeden alınabilmesi anlaşmalar çerçevesinde mümkün olabilir. Isı enerjisi açığı yardımcı kazanlarla, ısı enerjisi fazlası ise ısı depolayan akümülatörlerle belirli ölçüler içinde dengelenebilir.

Bileşik ısı-güç santralının kullanılma oranı (yük faktörü) göz önüne alınması gereken bir başka parametredir. Yük faktörü iklim koşullarına bağlıdır. Bileşik ısı-güç santralının kapasitesi belirlenirken yük-süre eğrisinden yararlanılır.

2.14. Sonuç

Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde enerji ihtiyacı oldukça artmıştır. Özellikle sanayinin hızlı gelişimi bu sektörün enerji tüketimini de aynı hızda arttırmıştır. Enerji ihtiyacının artması, kaynakların yetersizliği, enerji maliyetinin yüksek oluşu ve elektrik kalitesinin düşük olması sonucunda yüksek verimli sistemleri kullanma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu amaçla kojenerasyon sistemleri gündeme gelmiştir. Özellikle tekstil, kağıt, kimya, gıda gibi hem kaliteli elektrik hem de ısı gereksinimi olan sektörler için kojenerasyon sistemleri kurmak avantajlı hale gelmiştir. Bu sistemlerin enerjinin tüketildiği yerlere kurulmasından dolayı hat kayıplarının ortadan kalkması ve toplam enerji çevrim verimlerinin şebeke santrallerinin verimlerine göre daha yüksek olması enerji tasarrufunu arttırmaktadır.

Kojenerasyon sistemleri uzun yıllardan beri yabancı ülkelerde kullanılmaktadır. Ucuz enerji üretimi, kullanım rahatlığı, çevreye katkısı vb. sebeplerden dolayı tercihi kolay olmaktadır. Zaten ülkemizde kullanılan belirli miktarlarda doğal gaz ve fuile oil kullanımı mevcuttur. Bunların enerji verimleri ile birlikte kontrol edilip sıkı bir enerji

politikası uygulanması kaçınılmazdır. Bundan sonra yapılması gereken, enerjiyi daha verimli kullanmak, enerji kayıplarını en aza indirmektir. Yeni enerji kazanımları yaratmak, yer altı ve yer üstü kaynaklarını kullanmak da önemlidir. Bu konuda gerçekçi politikalar oluşturmak sivil toplum örgütlerinin ve üniversitelerin çabaları ile olacaktır. Kojenerasyon konusunda dikkat etmemiz gereken tek nokta, yakıtın dış ülkelere bağımlı olmasıdır. Bir ülkenin enerji üretiminin dış ülkelere bağımlı olması stratejik olarak sakıncalı olabilir. Bu sebepten dolayıdır ki enerji politikası üzerine çalışan kişi ya da kuruluşların, enerji üretimi üzerinde çok hassas olmaları gerekmektedir.

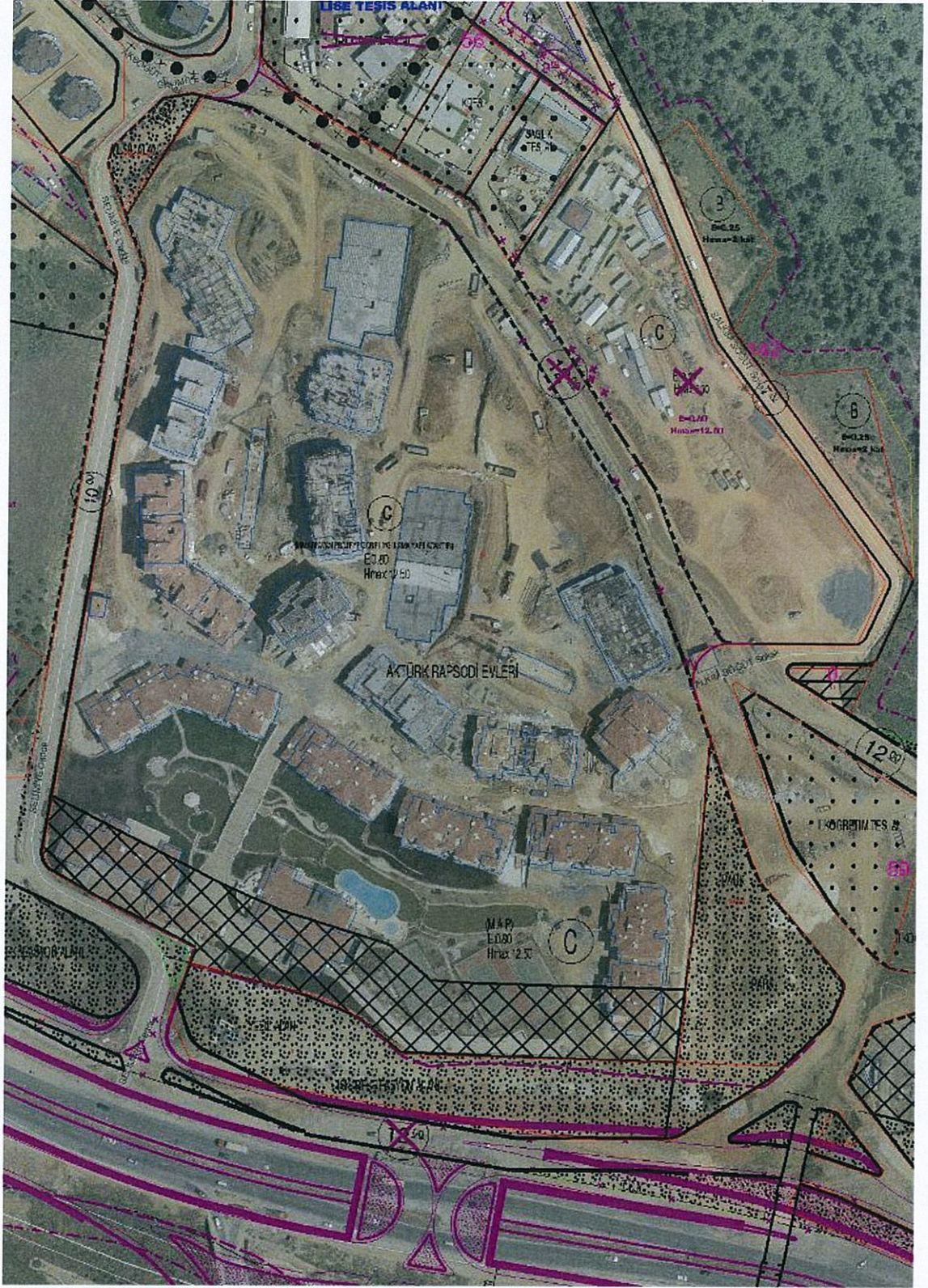
3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde İstanbul İli, Çekmeköy İlçesi sınırlarında bulunan 5 siteye ait ısı ve elektriksel ihtiyaçlar gerçek tüketim değerleri üzerinden incelenmiştir.

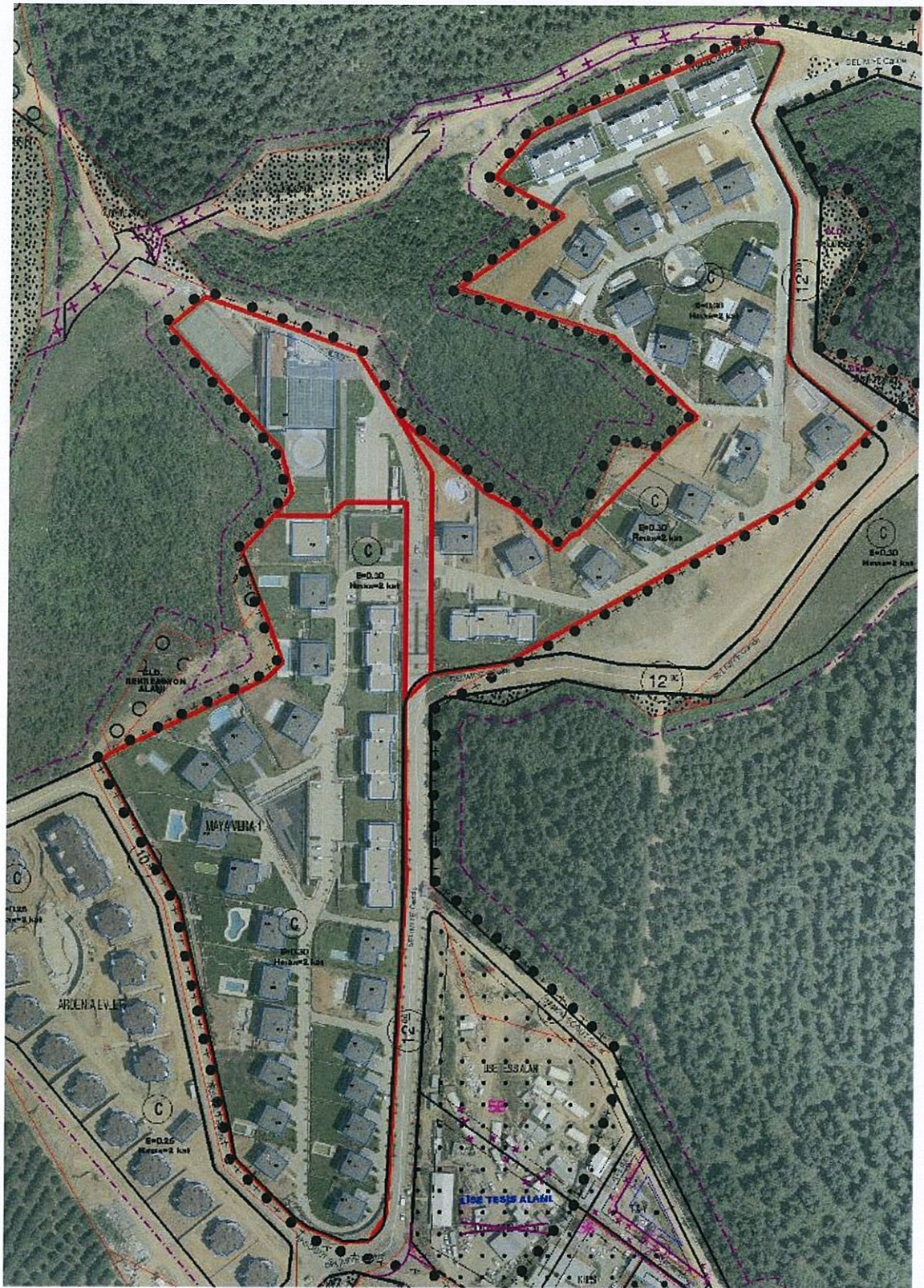
3.1. Seçilen Siteler:

Çekmeköy Belediyesi arşivinden site yalıtım projeleri çıkartılmış olup incelemeler sonucunda gerekli kayıtlar tutulmuştur. Isıtmaya ve elektriksel güce ne kadar ihtiyaç olduğu belirlenerek bütün bu verilerin ışığı altında sitelerin yoğun olduğu alanda kojenerasyon sistemi uygulanması düşünülmüştür. Böylece hem binaların elektrik üretimi sağlanacak hem de binaların ısı ihtiyacı karşılanmış olacaktır. Bu amaçla Çekmeköy’de 5 siteye ait ısı tüketim değerleri belediye arşivinden projeler incelenerek elde edilmiştir. Aktürk Sitesi 563 bağımsız bölümden (daireden) oluşan, merkezi sitemle ısıtılan, 4 adet kazan dairesi içinde 8 adet 800.000 kcal/h’lik kazanlardan beslenen bir sitedir. Ağaoğlu Sitesi 281 bağımsız bölümden oluşan, her bağımsız bölümü kombi ile ısıtılan bir sitedir. Mayavera Sitesi 144 bağımsız bölümden oluşan, her bağımsız bölümü kombi ile ısıtılan bir sitedir. Fibalife Sitesi 156 bağımsız bölümden oluşan, her bağımsız bölümü kombi ile ısıtılan bir sitedir. Arsan Ardenia Sitesi 23 bağımsız bölümden oluşan, her bağımsız bölümü kombi ile ısıtılan bir sitedir.

Çekmeköy’de seçilen sitelerin uydu resimleri belediye netcad programından elde edilmiştir. Her siteye ait uydu çekimleri aşağıdadır:



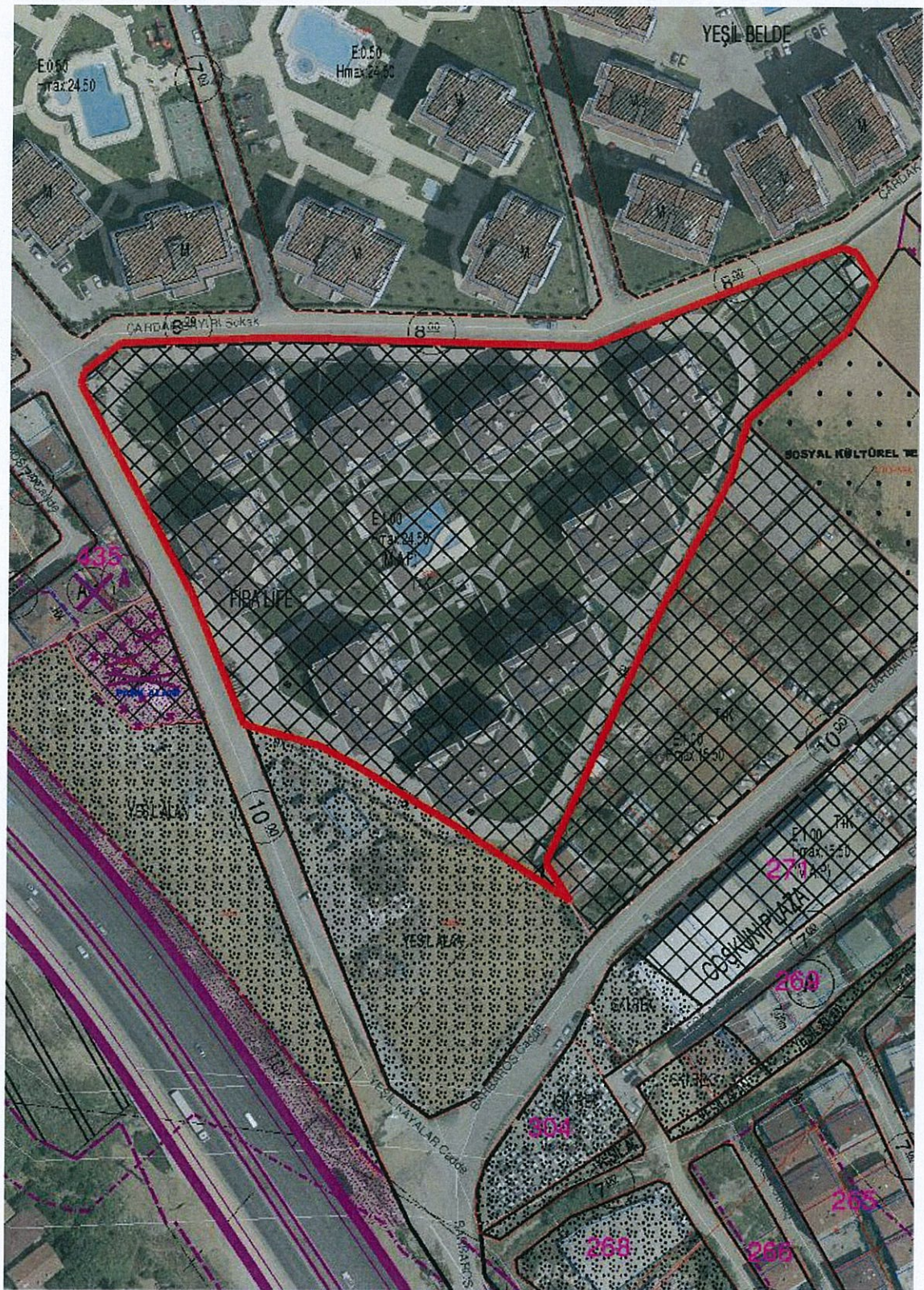
Şekil 3.1. Aktürk Sitesi Uydu Görüntüsü



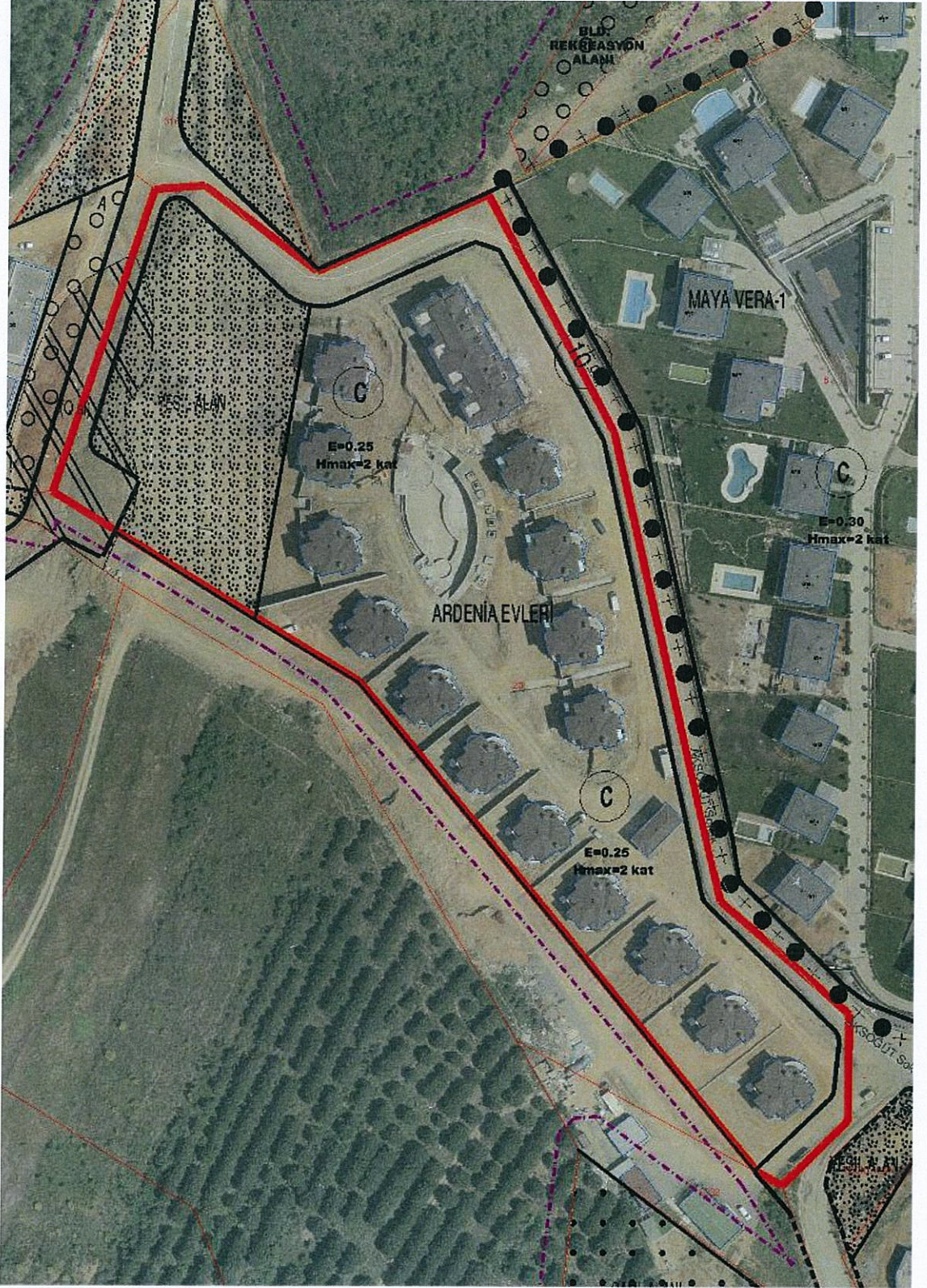
Şekil 3.2. Mayavera Sitesi Uydu Görüntüsü



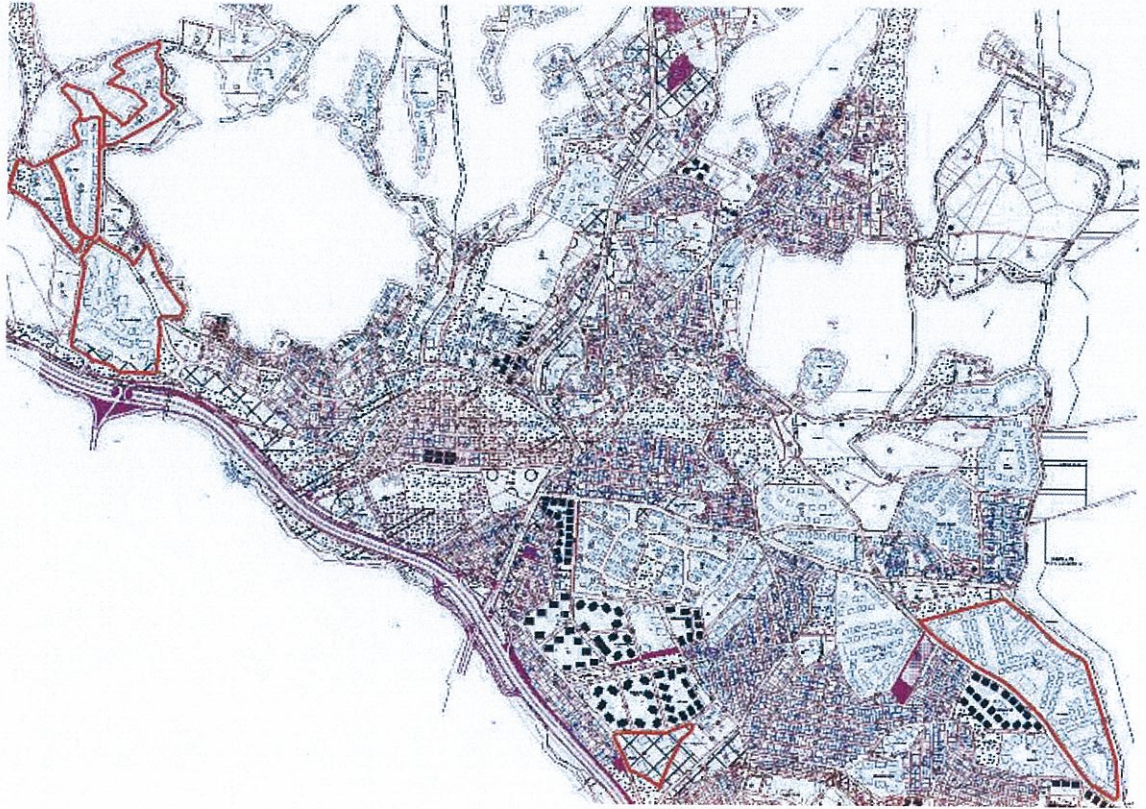
Şekil 3.3. Ağaoğlu Sitesi Uydu Görüntüsü



Şekil 3.4. Fibalife Sitesi Uydu Görüntüsü



Şekil 3.5. Ardenia Sitesi Uydu Görüntüsü



Şekil 3.6. Beş Site Uydu Görüntüsü

Şekil 3.6’da sitelerin birbirlerine göre konumları görülmektedir. Kırmızı çizgi ile çerçevelenen 5 sitenin birbirlerine olan uzaklıkları netcad programından ölçülmüştür. En sağdaki Ağaoğlu Sitesi ile en alttaki Fibalife Sitesi arası mesafe 0.9 km, en soldaki 3 sitenin (Aktürk-Ardenia-Mayavera) Fibalife’ya uzaklığı 2.1 km ve 3 sitenin Ağaoğlu’na uzaklığı 3 km’dir.

3.2. Sitelerin Proje Değerleri:

Sitelerin projeleri Çekmeköy Belediyesi arşivinden tedarik edildi. Seçilen beş sitenin isimleri, bağımsız bölüm sayıları, ısı kayıpları, inşaat alanları, brüt hacimleri, yıllık ısıtma ihtiyaçları ile ilgili bilgiler projeler üzerinden okunup aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Aktürk Evleri Proje Değerleri

AKTÜRK RAPSODİ EVLERİ 56 Ada 18 Parsel										
	Bağ.Böl.	Qh(kcal/h)	An(m ²)	Vb(m ³)	Qyıl(kwh)	Qyıl/m ²	Qyıl/m ³	Q'yıl/m ²	Q'yıl/m ³	Atop(m ²)
Blok 1-A	16	140.877,00	2.177,00	6.699,30	109.155,00	50,14	16,29	51,50	16,66	1.925,75
Blok 1-B	18	151.161,00	3.200,00	6.930,00	132.489,00	41,40	19,11	59,73	19,21	2.800,00
Blok 2	19	212.901,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 3	19	213.076,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 4	19	212.901,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 5-A	20	130.356,00	2.938,00	9.180,00	155.826,00	39,42	16,44	52,19	16,82	2.712,00
Blok 5-B	20	136.147,00	2.938,00	9.180,00	155.826,00	39,42	16,44	52,19	16,82	2.712,00
Blok 6-A	16	130.366,00	3.200,00	9.180,00	146.206,00	45,68	15,92	49,44	16,02	2.376,00
Blok 6-B	15	133.805,00	3.226,00	10.080,00	167.861,00	52,03	16,65	52,19	16,85	2.988,00
Blok 7	16	157.799,00	3.623,00	11.322,00	185.946,00	51,32	16,42	51,50	16,55	3.202,00
Blok 8-A	16	139.309,00	2.581,00	8.064,00	138.000,00	53,46	17,11	53,56	17,22	2.526,00
Blok 8-B	8	73.868,00	2.788,00	8.712,00	136.882,00	49,09	15,71	49,55	15,86	2.192,00
Blok 9-A	18	155.596,00	3.226,00	10.080,00	167.861,00	52,03	16,65	52,19	16,85	2.988,00
Blok 9-B	8	73.992,00	2.788,00	8.712,00	136.882,00	49,09	15,71	49,55	15,86	2.192,00
Blok 10	18	187.877,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 11	20	133.665,00	4.309,00	13.464,00	224.741,00	50,15	16,17	50,81	16,36	3.692,00
Blok 12	17	176.427,00	3.623,00	11.322,00	197.479,00	50,50	16,40	51,50	16,55	3.202,00
Blok 13	20	138.536,00	4.309,00	13.464,00	224.741,00	50,15	16,17	50,81	16,36	3.692,00
Blok 14	17	164.028,00	3.623,00	11.322,00	197.479,00	50,50	16,40	51,50	16,55	3.202,00

Çizelge 3.1. (devam)

Blok 16-A	9	86.691,00	2.938,00	9.180,00	155.826,00	53,03	16,44	53,19	16,82	2.712,00
Blok 16-B	12	137.094,00	2.938,00	9.180,00	155.826,00	53,03	16,44	53,19	16,82	2.712,00
Blok 17-A	9	86.691,00	2.765,00	8.640,00	148.622,00	51,89	16,60	52,19	16,74	2.520,00
Blok 17-B	12	137.094,00	2.765,00	8.640,00	143.477,00	51,89	16,60	52,19	16,74	2.520,00
Blok 18-A	19	138.432,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 18-B	12	78.773,00	4.309,00	13.464,00	224.741,00	50,15	16,17	50,81	16,36	3.692,00
Blok 19	19	148.992,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 20	19	189.404,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 21	20	138.241,00	4.309,00	13.464,00	224.741,00	50,15	16,17	50,81	16,36	3.692,00
Blok 22-A	18	157.176,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 22-B	18	157.176,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 23-A	14	112.061,00	2.458,00	7.680,00	130.209,00	52,99	16,95	53,56	17,20	2.400,00
Blok 23-B	14	112.061,00	2.458,00	7.680,00	130.209,00	52,99	16,95	53,56	17,20	2.400,00
Blok 24-A	14	112.061,00	2.458,00	7.680,00	130.209,00	52,99	16,95	53,56	17,20	2.400,00
Blok 24-B	14	112.061,00	2.458,00	7.680,00	130.209,00	52,99	16,95	53,56	17,20	2.400,00
Blok 25-A	18	157.176,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00
Blok 25-B	18	157.176,00	4.113,00	12.852,00	213.783,00	51,97	16,11	52,01	16,41	3.552,00

Aktürk Sitesi 25 Bloktan oluşmaktadır. 563 bağımsız bölümdür. 4 kazan dairesi site içerisinde mevcuttur. Site 4 faza bölünmüştür. FAZ 1; FAZ 1; 1-A, 1-B, 2, 3, 4, 5-A, 5-B, 6-A, 6-B bloklarından oluşmaktadır. FAZ 2; 7, 8-A, 8-B, 9-A, 9-B, 10, 11, 12, 13 bloklarından oluşmaktadır. FAZ 3; 14, 15, 16-A, 16-B, 17-A, 17-B, 18-A, 18-B, 19, 20, 21 bloklarından oluşmaktadır. FAZ 4; 22-A, 22-B, 23-A, 23-B, 24-A, 24-B, 25-A, 25-B bloklarından oluşmaktadır. FAZ 1 in Qhtop: 1461590 kcal/h, FAZ 2 nin Qhtop: 1412947 kcal/h, FAZ 3 ün Qhtop: 1469468 kcal/h, FAZ 4 ün Qhtop: 1076948 kcal/h.

Çizelge 3.2. Ağaoğlu Evleri Proje Değerleri

AĞAOĞLU MYCOUNTRY (3316 Parsel)												Oyıl top
	Tip Sayısı	Top. İnş. Ala	Bağ. B öl.	Blok Qh(kcal/h)	An(m ²)	Vb(m ³)	Qyıl(kwh)	Q ₂ yıl/m	Q ₃ yıl/m	Q ₂ 'yıl/m	Q ₃ 'yıl/m	299.016,00
A Tipi	12	8.191,44	24	278.103,00	458,90	1.434,00	24.918,00	54,30	17,38	55,20	18,42	446.952,00
B Tipi	33	12.764,73	33	382.392,00	260,70	813,00	13.544,00	52,05	16,66	53,15	17,26	116.896,00
C Tipi	4	3.094,48	8	92.701,00	520,00	1.625,00	29.224,00	56,20	17,98	58,40	18,35	915.662,00
D Tipi	22	22.313,94	66	764.783,00	679,04	2.122,00	41.621,00	61,29	19,61	63,85	20,50	503.713,00
G Tipi	7	11.819,08	56	648.907,00	1.135,00	3.547,00	71.959,00	63,40	20,29	64,25	21,23	956.326,00
K Tipi	7	21.172,06	84	974.360,00	2.033,00	6.353,00	136.618,00	67,20	21,50	68,10	22,87	311.035,00
S Tipi	1	6.674,27	10	115.876,00	4.485,00	14.105,00	311.035,00	69,35	22,19	70,40	23,24	3.549.600,00

Her bağımsız bölüm için 25,000 kcal/h kapasiteli hermetik kombi kullanılmıştır. 281 bağımsız bölüm mevcuttur. Toplam Isı kaybı=1,371,906 kcal/h'tir.

Çizelge 3.3. Fibalife Evleri Proje Değerleri

FIBALIFE (3329 Parsel)											
	Top.Inş.A la	Bağ .Böl	Blok Qh(kcal/h)	An(m ²)	Vb(m ³)	Qyıl(kwh)	Qyıl/m ²	Qyıl/m ³	Q'yıl/m ²	Q'yıl/m ³	Atop(m ²)
A1 Tipi	3.749,00	18	164.582,00	2.870,00	8.511,00	133.820,00	46,63	15,72	52,20	16,01	2.469,00
A2 Tipi	3.749,00	18	164.582,00	2.870,00	8.511,00	133.820,00	46,63	15,72	52,20	16,01	2.469,00
A3 Tipi	3.749,00	18	164.582,00	2.870,00	8.511,00	133.820,00	46,63	15,72	52,20	16,01	2.469,00
A4 Tipi	3.749,00	18	164.582,00	2.870,00	8.511,00	133.820,00	46,63	15,72	52,20	16,01	2.469,00
A5 Tipi	3.749,00	18	164.582,00	2.870,00	8.511,00	133.820,00	46,63	15,72	52,20	16,01	2.469,00
A6 Tipi	3.749,00	18	164.582,00	2.870,00	8.511,00	133.820,00	46,63	15,72	52,20	16,01	2.469,00
B1 Tipi	3.010,80	16	130.721,00	2.230,00	6.460,00	110.260,00	49,44	17,07	52,88	19,08	1.908,00
B2 Tipi	3.010,80	16	130.721,00	2.230,00	6.460,00	110.260,00	49,44	17,07	52,88	19,08	1.908,00
B3 Tipi	3.010,80	16	130.721,00	2.230,00	6.460,00	110.260,00	49,44	17,07	52,88	19,08	1.908,00

Her bağımsız bölüm için 24,000 kcal/h kapasiteli hermetik kombi kullanılmıştır. 156 bağımsız bölüm mevcuttur. Toplam Isı kaybı=1,379,655 kcal/h'tir.

Çizelge 3.4. Arsan Ardenia Evleri Proje Değerleri

Arsan Ardenia Evleri 1 Pafta 20 Parsel											
	Villa	Apt.Daire	Bağ.Böl.	Qh(kcal/h)	An(m ²)	Vb(m ³)	Qyıl(kwh)	Qyıl/m ²	Qyıl/m ³	Q'yıl/m ²	Q'yıl/m ³
B tipi	15		15	195.000,00	246,00	768,00	14.688,00	59,71	19,13	60,20	20,38
A tipi		8	8	72.000,00	680,00	2.124,00	31.126,00	45,77	14,65	48,82	15,81

Her bağımsız bölüm için 20,000 kcal/h kapasiteli hermetik kombi kullanılmıştır. 23 bağımsız bölüm mevcuttur. Toplam Isı kaybı=267,000 kcal/h'tir.

Çizelge 3.5. Mayavera Evleri Proje Değerleri

MAYAVERA EVLERİ 148 Ada 6-7-8 Parsel											
	Villa	Apt.Daire	Bağ.Böl.	Qh(kcal/h)	An(m ²)	Vb(m ³)	Qyıl(kwh)	Q ₂ yıl/m	Q ₃ yıl/m	Q ₂ 'yıl/m	Q ₃ 'yıl/m
1. Etap	36		36	468.000,00	276,00	863,00	14.652,00	53,09	16,98	54,20	17,65
1. Etap		28	28	218.000,00	568,00	1.775,00	26.310,00	46,32	14,82	47,19	15,92
1. Etap		16	16	178.000,00	655,00	2.047,00	29.036,00	44,33	14,20	46,18	14,98
2. Etap	16		16	208.000,00	329,00	1.028,00	16.720,00	50,82	16,26	51,15	16,98
3. Etap	25		25	325.000,00	294,00	918,00	15.830,00	53,84	17,24	54,92	17,85
4. Etap	7		7	91.000,00	389,00	1.215,00	18.932,00	48,67	15,58	50,13	16,72
4. Etap		16	16	144.000,00	524,00	1.637,50	24.120,00	46,03	14,73	48,22	15,26

Her bağımsız bölüm için 20,000 kcal/h kapasiteli hermetik kombi kullanılmıştır. 144 bağımsız bölüm mevcuttur. Toplam Isı kaybı=1,632,000 kcal/h'tir.

Gerçek tüketim değerleri için site yönetimlerinden alınan faturalara göre doğalgaz ve elektrik tüketimleri ortalama olarak hesaplandı. Sadece Aktürk Sitesi yönetiminden günlük doğalgaz ve elektrik tüketim değerleri alındı. Ortalama olarak yapılan hesap ile günlük değerlere göre hesaplanan tüketimler yakın değerler olarak bulundu.

Ortalama değerler için aşağıdaki hesap yöntemi uygulandı. Isıtma için bağımsız bölüm sayısı, fatura değeri (kış ve yaz dönemi için ayrı ayrı) ve süre çarpılarak doğalgaz fiyatı bulundu. Faturadaki doğalgaz tüketimine göre gelen fiyatla orantı kurularak kWh olarak

doğalgaz tüketimi bulundu. Aynı işlem elektrik tüketimini bulmak için yapıldı. Aktürk Sitesi'ne ait günlük değerler ektedir.

Aktürk Sitesi doğalgaz ve elektrik tüketimi için örnek hesaplama

$$(563*300*6)+(563*80*6)=1.283.640 \text{ TL}$$

2422 kWh 180 TL ise 1.283.640 TL 17.272.090 kWh olarak doğalgaz tüketimi bulundu.

$$563*150*12=1.013.400 \text{ TL}$$

125 TL 520 kWh ise 1.013.400 TL 5.215.744 kWh elektrik tüketimi olarak bulundu.

Diğer bütün siteler için de aynı işlemler tekrar edildi ve beş sitenin ayrı ayrı ve birlikte gerçek tüketim değerleri ile ilgili tablo aşağıda verildi:

Çizelge 3.6. Beş Siteye Ait Gerçek Tüketim Değerleri

	B.B.Sayısı	Doğalgaz Tüketimi (kWh)	Elektrik Tüketimi (kWh)	Isı Kaybı (kcal/h)
Aktürk Rapsodi Evleri	563	17.272.090,00	5.215.744,00	6.600.535,00
Ağaoğlu Mycountry	281	9.340.040,00	3.177.408,00	3.549.600,00
Mayavera Evleri	144	6.248.760,00	1.739.712,00	1.534.818,00
Fibalife Evleri	156	4.785.872,00	1.968.128,00	1.133.700,00
Ardenia Evleri	23	1.206.964,00	382.208,00	222.444,00

Beş sitenin ayrı ayrı, 3 site beraber iken (Aktürk, Mayavera, Arsan) ve 5 site beraberken ısı ve elektrik güçleri kW olarak aşağıda tablo halinde verilmiştir. Tablonun son sütununda elektrik/ısı oranı gösterilmiştir. Bu oranlara göre Çizelge 2.1'den gaz motorlu kojenerasyon sistem seçimi yapılmıştır.

Çizelge 3.7. Beş Siteye Ait Isı-Elektrik Güç Oranları

	N ısı (kW)	N elektrik (kW)	N e / N ı
Aktürk	3.918,00	1.208,00	0,31
Ağaoğlu	2.119,00	736,00	0,35
Mayavera	1.418,00	403,00	0,28
Fibalife	1.086,00	456,00	0,42
Ardenia	274,00	89,00	0,32
3 site	5.610,00	1.699,00	0,30
5 site	8.814,00	2.890,00	0,33

Çizelge 3.7'ye göre seçilen kojenerasyon ünitesinin maliyet hesapları yapılmış ve her site için tablo oluşturularak kojenerasyon ünitesinin yıllık tasarrufu ve amortisman süresi belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde seçilen sitelerin elde edilen bilgilerine göre oluşturulan tablolar ve grafikler için yapılan hesaplamalar ve bu hesaplar sonucunda elde edilen bulgular saptanmıştır.

Siteler için düşünülen kojenerasyon maliyet hesaplarına geçmeden önce dikkat edilmesi gereken bazı hususlar ve kabuller vardır. Bu çalışmada hesaplar 11.00-23.00 ve 23.00-11.00 saat dilimleri arasında yapılmıştır. Sistemin ayda 700 saat çalıştığı düşünülmüştür. Doğalgaz serbest tüketici fiyatı 0.515 TL/m³, doğalgaz ticari fiyatı 0.615 TL/m³, elektrik fiyatı 0.214TL/kWh, kullanılan yakıt doğalgazdır.

4.1. Siteler İle İlgili Bilgiler

Aktürk Sitesi: Ne/N₁ oranına ve ısı ve elektrik güçlerine göre bu site için 800 kW'lık bir kojenerasyon sistemi seçilmiştir. Sistemin elektrik kapasitesi 800 kW, termal enerji kapasitesi 855 kW, ısı sarfıyatı 2268 kcal/kWh, yakıt tüketimi 1891 kW'tır.

Mayavera Sitesi: Ne/N₁ oranına ve ısı ve elektrik güçlerine göre bu site için 400 kW'lık bir kojenerasyon sistemi seçilmiştir. Sistemin elektrik kapasitesi 400 kW, termal enerji kapasitesi 427 kW, ısı sarfıyatı 2268 kcal/kWh, yakıt tüketimi 948 kW'dır.

Fibalife Sitesi: Ne/N₁ oranına ve ısı ve elektrik güçlerine göre bu site için 400 kW'lık bir kojenerasyon sistemi seçilmiştir. Sistemin elektrik kapasitesi 400 kW, termal enerji kapasitesi 427 kW, ısı sarfıyatı 2268 kcal/kWh, yakıt tüketimi 948 kW'dır.

Ağaoğlu My-Country: Ne/N₁ oranına ve ısı ve elektrik güçlerine göre bu site için 600 kW'lık bir kojenerasyon sistemi seçilmiştir. Sistemin elektrik kapasitesi 600 kW, termal enerji kapasitesi 654 kW, ısı sarfıyatı 2268 kcal/kWh, yakıt tüketimi 1430 kW'dır.

Arsan Ardenia: Ne/N₁ oranına ve ısı ve elektrik güçlerine göre bu site için 77 kW'lık bir kojenerasyon sistemi seçilmiştir. Sistemin elektrik kapasitesi 77 kW, termal enerji kapasitesi 114 kW, ısı sarfiyatı 2268 kcal/kWh, yakıt tüketimi 229 kW'dır.

3 site (Aktürk+Mayavera+Ardenia): Ne/N₁ oranına ve ısı ve elektrik güçlerine göre bu site için 1200 kW'lık+200 kW'lık iki kojenerasyon ünitesi seçilmiştir. Bunun nedeni gündüz yüklerinin 1400 kW civarında gece yüklerinin 200 kW civarında olmasındandır. Gündüz her iki ünite gece sadece 200 kW'lık ünite çalıştırılacaktır. Sistemin elektrik kapasitesi 1400 kW, termal enerji kapasitesi 1452 kW, ısı sarfiyatı 2268 kcal/kWh, yakıt tüketimi 3285 kW'dır.

5 site (Aktürk+Mayavera+Ardenia+Ağaoğlu+Fibalife): Ne/N₁ oranına ve ısı ve elektrik güçlerine göre bu site için 2000 kW'lık+600 kW'lık iki kojenerasyon ünitesi seçilmiştir. Bunun nedeni gündüz yüklerinin 2600 kW civarında gece yüklerinin 400 kW civarında olmasındandır. Gündüz her iki ünite gece sadece 600 kW'lık ünite çalıştırılacaktır. Sistemin elektrik kapasitesi 2600 kW, termal enerji kapasitesi 2644 kW, ısı sarfiyatı 2268 kcal/kWh, yakıt tüketimi 6013 kW'dır.

4.2. Maliyet Hesabı

Aktürk Sitesi için ocak ayına ait maliyet hesap örneği aşağıda gösterilmiştir. Diğer bütün sitelere ait aylık hesaplar Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

İlk olarak 11.00-23.00 ve 23.00-11.00 saatlerinde çekilen ortalama güçler ve ortalama ısıtma ihtiyaçları elektrik ve ısı yüklerine göre ortalama değerler düşünülerek tablolarda hesaplanmıştır. Daha sonra yine aynı saat dilimleri için kojenerasyon ünitesinden alınacak maksimum güç ve maksimum ısıtma gücü hesaplanmıştır. 11.00-23.00 saatleri arasında çekilen elektrik gücü ve 23.00-11.00 saatleri arasında çekilen elektrik gücü toplanarak aylık elektrik ihtiyacı kWh/ay olarak bulundu. Yine aynı şekilde 11.00-23.00 saatleri arasındaki ısıtma ihtiyacı ve 23.00-11.00 saatleri arasındaki ısıtma ihtiyacı toplanarak aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı kWh/ay olarak bulundu. Yine bu ısıtma enerjisi

ihtiyacı gerekli birim dönüşümleri yapılarak aylık doğalgaz tüketimi m^3/ay olarak bulundu.

Bu değerlerin ışığı altında, elektrik maliyeti aylık elektrik ihtiyacı ile elektrik fiyatı çarpılarak bulundu. Doğalgaz maliyeti aylık doğalgaz tüketimi ile doğalgaz fiyatı çarpılarak bulundu. Bu elektrik ve doğalgaz maliyetlerinin toplamı toplam enerji maliyetini verdi.

Daha sonra 11.00-23.00 ve 23.00-11.00 saatleri arasında kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum ısıtma ihtiyaçları toplanarak ısıtma ile elde edilecek doğalgaz tasarrufu aylık olarak hesaplandı. Tedaş'tan alınan elektrik miktarı, elektrik ihtiyacından üretilen elektrik miktarı çıkarılarak bulundu. Kojenerasyon ünitesinin tüketim maliyeti, Tedaş elektrik maliyeti ve ek doğalgaz maliyeti toplanarak toplam enerji maliyeti aylık olarak hesaplandı. Bu maliyet toplamlarından toplam aylık brüt tasarruf bulundu. Bu brüt tasarruftan; bakım giderleri, yağlama yağı maliyeti ve toplam işletme gideri çıkarılarak toplam net tasarruf hesaplandı. Aylık yapılan hesaplar yıllığa çevrildi ve her site için yıllık net tasarruf miktarı belirlendi.

Aktürk Sitesi Ocak ayı için örnek maliyet hesabı

Kojenerasyon sistem seçimi tablosundan (Çizelge 3.7) siteye ait gerçek ısı ve elektrik tüketimleri $N_{ısı}$: 3918 kW ve N_{el} : 1208 kW olarak bulunmuştu. 11.00-23.00 saatleri arasında ısı tüketimi 3739 kW, 23.00-11.00 saatleri arasında ısı tüketim gündüz tüketiminin %25'i kadar artırıldı. Yine 11.00-23.00 saatleri arasında elektrik tüketimi 1100 kW, 23.00-11.00 saatleri arasında elektrik tüketimi gündüz tüketiminin 8'de 1'i kadar düşünülürdü. Aktürk Sitesi gerçek tüketim değerlerinden yola çıkarak $N_{ısı}/N_{el}$ oranına göre 800 kW'lık kojenerasyon ünitesi seçilmişti. Gündüz saatlerinde kojenerasyon ünitesinden 800 kW'lık elektrik gücü elde edilebildi ve gece saatlerinde harcanan kadar elektrik gücü elde edildi. Yani gündüz 800 kW, gece 138 kW elektrik gücü kojenerasyon ünitesinden sağlandı. Ocak ayı için sitenin gündüz saatlerinde ısıtma ihtiyacı 3739 kW olarak gece saatlerinde $(3739 \times 1.25) = 4674 \text{ kW}$ olarak hesaplandı. 800

kW'lık kojenerasyon ünitemizin termal kapasitesi 855 kW'tır. Isıtma ihtiyacının gece ve gündüz saatlerinde bu değerden büyük olduğu aylarda (Ocak ayında bu değerden büyük) kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum ısıtma ihtiyacı olarak 855 kW kullanılırken ısıtma ihtiyacı bu değerden küçük olduğunda değer kadar ısıtma ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden kullanıldı.

Sitenin Ocak ayı için elektrik ihtiyacı

Gündüz ve gece için 12'şer saatten ayda 360 saat bulunur. Buna göre hem gece hem gündüz saatlerinde çekilen ortalama güç;

$$\text{Güç} = 1100 \cdot 360 + 138 \cdot 360 = 445.500 \text{ kWh/ay}$$

Gündüz ve gece saatlerinde ortalama ısıtma ihtiyaçları 360 ile çarpılarak toplanır ve gerekli birim dönüşümleri yapılarak doğalgaz tüketimi bulunur.

$$\text{Doğalgaz Tüketimi} = ((3739 \cdot 360 + 4674 \cdot 360) \cdot 860 / 9150) / 0.9 = 316.301 \text{ m}^3/\text{ay}$$

Isıtma enerjisi ihtiyacı gece gündüz saatleri toplanarak bulunur.

$$\text{Is.Enr.İht.} = 3739 \cdot 360 + 4674 \cdot 360 = 3.028.762 \text{ kWh/ay}$$

$$\text{Elektrik maliyeti} = 445.500 \cdot 0.214 = 95.337 \text{ TL/ay}$$

$$\text{Doğalgaz maliyeti} = 316.301 \cdot 0.615 = 194.525 \text{ TL/ay}$$

$$\text{Toplam Enerji maliyeti} = 95.337 + 194.525 = 289.862 \text{ TL/ay}$$

Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum elektrik hesabı için kojenerasyon ünitesinin bakım, arıza gibi nedenlerden ayda 700 saat çalıştığı farz edildi. Buna göre kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum güç gece ve gündüz saatleri için toplandı.

$$\text{Kojenerasyon maksimum elektrik} = 800 \cdot 350 + 138 \cdot 350 = 328.125 \text{ kWh/ay}$$

Üretilen elektrik miktarı= $800*350+800*350=560000$ kWh/ay

Üretilen termal enerji miktarı= $(855*350+855*350)*(328.125/560.000)=350.684$ kWh/ay

Isıtma ile elde edilecek doğalgaz tasarrufu= $855*350+855*350=598.500$ kWh/ay

Isıtma ile elde edilecek doğalgaz tasarrufu= $598.500*0.615*1000/9150=40.227$ TL/ay

TEDAŞ'dan alınan elektrik miktarı, sitenin elektrik ihtiyacından kojenerasyondan elde edilecek elektrik gücü çıkarılarak hesaplanır.

TEDAŞ'tan alınan elektrik miktarı= $445.500-328.125=117.375$ kWh/ay

Kojenerasyon ünitesi tüketim maliyetini hesaplarken 800 kW'lık ünitenin yakıt tüketiminin 1891 kW olduğu firmadan öğrenildi.

Kojenerasyon tüketim maliyeti=
 $1891*860/9150*350*0.615*(328.125/560.000)+1891*860/9150*350*0.615*(328.125/560.000)=44.833$ TL/ay

TEDAŞ elektrik maliyeti= $117.375*0.214=25.118$ TL/ay

Isıtma ihtiyacı gündüz saatlerinde kojenerasyon ünitesinin termal kapasitesinden fazla olduğu için ek doğalgaz maliyeti hesaplanmalıdır:

Ek doğalgaz maliyeti= $0.615*(((3739-855)*350+(4674-855)*350)*860/9150)+194.525*((720-700)/700)=141.017$ TL/ay

Toplam enerji maliyeti= $44.833+25.118+141.017=210.968$ TL/ay

Toplam brüt tasarruf= $289.862-210.968=78.894$ TL/ay

Toplam net tasarrufu bulabilmek için toplam işletme gideri çıkarıldı.

Bakım giderleri için bakım birim fiyatı değeri 14.5 TL/çalışma saati'dir.

$$\text{Bakım giderleri}=700*14.5=10.150 \text{ TL/ay}$$

Yağlama yağı maliyeti için seçilen kojenerasyon ünitesinin yağ tüketiminin ayda 265 lt olduğu firmadan öğrenildi.

Yağlama yağı litre fiyatı 8.75 TL olduğundan;

$$\text{Yağlama yağı maliyeti}=265*8.75=2.322 \text{ TL/ay}$$

$$\text{Toplam işletme gideri}=10.150+2.322=12.472 \text{ TL/ay}$$

$$\text{Ocak ayı için toplam net tasarruf}=78.894-12.472=66.422 \text{ TL/ay}$$

Bu hesapların dışında her site için her ayda kojenerasyon çalışma yük verimi, elektrik ihtiyacı karşılama yüzdesi ve ısıtma ihtiyacı karşılama yüzdesi değerleri de hesaplanarak tabloya eklendi. Ocak ayı için yapılan verim hesapları aşağıdadır:

$$\text{Kojenerasyon çalışma yük verimi}=(\text{Kojenerasyon ünitesinin üretebileceği maksimum elektrik/üretilen elektrik})*100=\%59$$

$$\text{Elektrik ihtiyacı karşılama yüzdesi}=(\text{Kojenerasyon ünitesinin üretebileceği maksimum elektrik/elektrik ihtiyacı})*100=\%74$$

$$\text{Isıtma ihtiyacı karşılama yüzdesi}=(\text{ısıtma ile elde edilecek doğalgaz tasarrufu/ısıtma ihtiyacı})*100=\%20$$

Yukarıda gösterilen ocak ayı maliyet hesabı bütün aylar ve bütün siteler için yapılarak tablolar halinde gösterildi.

**AKTÜRK SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU
(800Kw) - D.GAZ YAKITLI**

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici 0.515		Elektrik Kapasitesi (kW)	800
Elektrik Fiyatı (TL/kWh)	0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	855
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari 0.615		Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz			
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³)	9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati)	14.5	Yakıt tüketimi (kW)	1891
		Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.1. Aktürk sitesi maliyet hesabı

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	445,500	445,500	445,500	437,400	433,350	425,250	421,200	421,200	425,250	433,350	437,400	445,500	5,216,400
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	316,301	295,473	281,093	142,862	102,117	28,772	27,691	26,553	31,040	78,059	190,691	283,266	1,803,920
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	3,028,762	2,829,328	2,691,628	1,367,986	977,833	275,512	265,161	254,265	297,226	747,462	1,825,982	2,712,437	17,273,582
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	95,337	95,337	95,337	93,604	92,737	91,004	90,137	90,137	91,004	92,737	93,604	95,337	1,116,310
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	194,525	181,716	172,872	87,860	62,802	17,695	17,030	16,330	19,090	48,006	117,275	174,209	1,109,411
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	289,862	277,053	268,209	181,464	155,539	108,698	107,167	106,467	110,093	140,743	210,879	269,546	2,225,720
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	1,100	1,100	1,100	1,080	1,070	1,050	1,040	1,040	1,050	1,070	1,080	1,100	4,636,800
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579,600
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	3,456,000
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579,600
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	4,674	4,366	4,154	2,111	1,509	153	147	141	165	890	2,818	4,186	9,113,194
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	855	855	855	855	855	153	147	141	165	855	855	855	2,680,833
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	328,125	328,125	328,125	327,250	326,813	325,938	325,500	325,500	325,938	326,813	327,250	328,125	3,923,500
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	560,000	6,720,000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	350,684	350,684	350,684	349,748	349,281	348,346	347,878	347,878	348,346	349,281	349,748	350,684	4,193,241
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	598,500	598,500	598,500	598,500	598,500	267,859	257,795	247,202	288,970	598,500	598,500	598,500	5,849,825
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	40,227	40,227	40,227	40,227	40,227	18,004	17,327	16,615	19,423	40,227	40,227	40,227	393,185
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	59	59	59	58	58	58	58	58	58	58	58	59	58
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	74	74	74	75	75	77	77	77	77	75	75	74	75
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	20	21	22	44	61	97	97	97	97	80	33	22	34
TEDAS'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	117,375	117,375	117,375	110,150	106,537	99,312	95,700	95,700	99,312	106,537	110,150	117,375	1,292,900

Çizelge 4.1. (devam)

Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	44,833	44,833	44,833	44,713	44,653	44,534	44,474	44,474	44,534	44,653	44,713	44,833	536,078
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	25,118	25,118	25,118	23,572	22,799	21,253	20,480	20,480	21,253	22,799	23,572	25,118	276,681
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	141,017	129,454	121,470	44,723	22,101	492	473	454	530	8,744	71,278	122,676	663,412
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	210,968	199,405	191,421	113,008	89,553	66,278	65,427	65,407	66,317	76,196	139,563	192,627	1,476,171
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	78,894	77,648	76,788	68,456	65,986	42,420	41,740	41,060	43,776	64,547	71,316	76,918	749,550
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	121,800
ÇALIŞIRKEN YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	115	115	115	115	114	114	114	114	114	114	115	115	1,373
2500 SAAT YAĞ DEĞİŞİM MİKTARI (LT/AY)	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	1,806
TOPLAM YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	265	265	265	265	265	265	264	264	265	265	265	265	3,179
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	2,322	2,322	2,322	2,319	2,318	2,315	2,314	2,314	2,315	2,318	2,319	2,322	27,818
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	12,472	12,472	12,472	12,469	12,468	12,465	12,464	12,464	12,465	12,468	12,469	12,472	149,618
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	66,422	65,177	64,317	55,987	53,518	29,955	29,277	28,596	31,311	52,079	58,846	64,447	599,932

ARDENIA SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU (77Kw) - D.GAZ YAKITLI

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici 0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	77
Elektrik Fiyatı (TL/kWh) 0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	114
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari 0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz		
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³) 9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati) 4.5	Yakıt tüketimi (kW)	229
	Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.2. Ardenia sitesi maliyet hesabı

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	32,346	32,346	32,346	32,005	31,761	31,371	31,177	31,177	31,420	31,810	32,102	32,346	382,206
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	22,283	20,816	19,803	10,065	7,194	2,027	1,951	1,871	2,187	5,499	13,434	19,956	127,087
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	213,377	199,327	189,626	96,375	68,889	19,410	18,681	17,913	20,940	52,659	128,641	191,092	1,216,929
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	6,922	6,922	6,922	6,849	6,797	6,713	6,672	6,672	6,724	6,807	6,870	6,922	81,792
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	13,704	12,802	12,179	6,190	4,424	1,247	1,200	1,150	1,345	3,382	8,262	12,273	78,158

Çizelge 4.2. (devam)

Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	20,626	19,724	19,101	13,039	11,221	7,960	7,872	7,822	8,069	10,189	15,132	19,195	159,950
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	80	80	80	79	78	77	77	77	78	79	79	80	339,739
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	42,467
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	332,625
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	42,467
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	263	246	234	119	85	43	42	40	47	84	159	236	574,902
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	329	308	293	149	106	11	10	10	12	63	199	295	642,027
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	114	114	114	114	85	43	42	40	47	84	114	114	368,503
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	114	114	114	114	106	11	10	10	12	63	114	114	322,468
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	30,444	30,444	30,444	30,407	30,381	30,339	30,311	30,311	30,344	30,386	30,418	30,444	364,673
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	53,900	646,800
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	45,073	45,073	45,073	45,019	44,980	44,917	44,875	44,875	44,925	44,987	45,034	45,073	539,906
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	79,800	79,800	79,800	79,800	66,975	18,871	18,162	17,415	20,358	51,196	79,800	79,800	671,777
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	5,364	5,364	5,364	5,364	4,502	1,268	1,221	1,171	1,368	3,441	5,364	5,364	45,152
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	94	94	94	95	96	97	97	97	97	96	95	94	95
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	37	40	42	83	97	97	97	97	97	97	62	42	55
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	1,902	1,902	1,902	1,597	1,380	1,033	866	866	1,076	1,424	1,684	1,902	17,533
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	5,234	5,234	5,234	5,227	5,223	5,216	5,211	5,211	5,216	5,224	5,229	5,234	62,690
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	407	407	407	342	295	221	185	185	230	305	360	407	3,752
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	7,759	6,945	6,382	975	123	35	33	32	37	94	2,846	6,467	31,729
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	13,400	12,585	12,023	6,544	5,641	5,471	5,429	5,428	5,484	5,622	8,436	12,108	98,171
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	7,227	7,139	7,078	6,494	5,580	2,489	2,442	2,394	2,585	4,567	6,696	7,087	61,779
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	37,800
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	425	425	425	425	425	424	424	424	424	425	425	425	5,095
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	3,575	3,575	3,575	3,575	3,575	3,574	3,574	3,574	3,574	3,575	3,575	3,575	42,895
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	3,652	3,564	3,503	2,920	2,006	-1,085	-1,132	-1,180	-990	993	3,122	3,513	18,884

**FİBALİFE SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU
(400Kw) - D.GAZ YAKITLI**

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici	0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	400
Elektrik Fiyatı (TL/kWh)	0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	427
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari	0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz			
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³)	9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati)	10.5	Yakıt tüketimi (kW)	948
		Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.3. Fibalife sitesi maliyet hesabı

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	166,560	166,560	166,560	164,804	163,550	161,543	160,540	160,540	161,794	163,801	165,306	166,560	1,968,118
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	85,181	79,573	75,700	38,474	27,501	7,749	7,457	7,151	8,359	21,022	51,354	76,285	485,806
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	815,662	761,953	724,870	368,406	263,336	74,197	71,409	68,475	80,045	201,296	491,747	730,474	4,651,870
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	35,644	35,644	35,644	35,268	35,000	34,570	34,356	34,356	34,624	35,053	35,375	35,644	421,177
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	52,387	48,937	46,555	23,661	16,913	4,765	4,586	4,398	5,141	12,928	31,583	46,915	298,770
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	88,030	84,581	82,199	58,929	51,913	39,336	38,942	38,753	39,765	47,982	66,958	82,559	719,948
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	411	411	411	407	404	399	396	396	399	404	408	411	1,749,438
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	51	51	51	51	50	50	50	50	50	51	51	51	218,680
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	400	400	400	400	400	399	396	396	399	400	400	400	1,724,815
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	51	51	51	51	50	50	50	50	50	51	51	51	218,680
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	1,007	941	895	455	325	165	159	152	178	320	607	902	2,197,637
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	1,259	1,176	1,119	569	406	41	40	38	44	240	759	1,127	2,454,233
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	427	427	427	427	325	165	159	152	178	320	427	427	1,389,685

Çizelge 4.3. (devam)

23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	427	427	427	427	406	41	40	38	44	240	427	427	1,213,712
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	157,993	157,993	157,993	157,803	157,667	157,056	156,080	156,080	157,300	157,695	157,857	157,993	1,889,509
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	280,000	3,360,000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	168,657	168,657	168,657	168,455	168,310	167,657	166,616	166,616	167,917	168,339	168,512	168,657	2,017,051
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	298,900	298,900	298,900	298,900	256,021	72,136	69,426	66,573	77,821	195,704	298,900	298,900	2,531,080
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	20,090	20,090	20,090	20,090	17,208	4,848	4,666	4,475	5,231	13,154	20,090	20,090	170,122
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	95	95	95	96	96	97	97	97	97	96	95	95	96
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	37	39	41	81	97	97	97	97	97	97	61	41	54
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	8,567	8,567	8,567	7,001	5,883	4,487	4,459	4,459	4,494	6,106	7,449	8,567	78,609
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	21,644	21,644	21,644	21,618	21,599	21,516	21,382	21,382	21,549	21,603	21,625	21,644	258,851
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	1,833	1,833	1,833	1,498	1,259	960	954	954	962	1,307	1,594	1,833	16,822
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	30,016	26,902	24,752	4,083	470	132	127	122	143	359	11,235	25,077	123,419
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	53,494	50,379	48,229	27,200	23,328	22,608	22,464	22,459	22,654	23,269	34,454	48,554	399,092
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	34,537	34,202	33,970	31,730	28,585	16,727	16,478	16,295	17,111	24,713	32,504	34,005	320,856
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	88,200
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	1,311	1,311	1,311	1,310	1,310	1,308	1,305	1,305	1,309	1,310	1,310	1,311	15,709
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	8,661	8,661	8,661	8,660	8,660	8,658	8,655	8,655	8,659	8,660	8,660	8,661	103,909
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	25,876	25,541	25,309	23,069	19,925	8,069	7,823	7,640	8,453	16,053	23,844	25,344	216,947

**MAYAVERA SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU
(400 Kw) - D.GAZ YAKITLI**

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici	0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	400
Elektrik Fiyatı (TL/kWh)	0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	427
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari	0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz			
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³)	9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati)	10.5	Yakıt tüketimi (kW)	948
		Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.4. Mayavera sitesi maliyet hesabı

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	147,230	147,230	147,230	145,678	144,569	142,796	141,909	141,909	143,017	144,791	146,122	147,230	1,739,711
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	114,422	106,888	101,686	51,681	36,941	10,408	10,017	9,606	11,229	28,238	68,983	102,472	652,571
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	1,095,659	1,023,513	973,700	494,871	353,733	99,667	95,922	91,981	107,522	270,395	660,552	981,228	6,248,743
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	31,507	31,507	31,507	31,175	30,938	30,558	30,368	30,368	30,606	30,985	31,270	31,507	372,298
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	70,370	65,736	62,537	31,784	22,719	6,401	6,161	5,908	6,906	17,366	42,424	63,020	401,331
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	101,877	97,243	94,044	62,959	53,657	36,959	36,529	36,276	37,511	48,352	73,695	94,527	773,629
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	364	364	364	360	357	353	350	350	353	358	361	364	1,546,410
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	45	45	45	45	45	44	44	44	44	45	45	45	193,301
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	364	364	364	360	357	353	350	350	353	358	361	364	1,546,410
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	45	45	45	45	45	44	44	44	44	45	45	45	193,301
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	1,353	1,264	1,202	611	437	221	213	204	239	429	815	1,211	2,952,032
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	1,691	1,579	1,503	764	546	55	53	51	60	322	1,019	1,514	3,296,711
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	427	427	427	427	427	221	213	204	239	427	427	427	1,545,833
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	427	427	427	427	427	55	53	51	60	322	427	427	1,270,942
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	143,140	143,140	143,140	141,631	140,554	138,829	137,967	137,967	139,045	140,769	142,063	143,140	1,691,386
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	152,802	152,802	152,802	151,192	150,041	148,200	147,279	147,279	148,430	150,271	151,652	152,802	1,805,554
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	298,900	298,900	298,900	298,900	298,900	96,898	93,258	89,426	104,535	262,115	298,900	298,900	2,738,532
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	20,090	20,090	20,090	20,090	20,090	6,513	6,268	6,011	7,026	17,618	20,090	20,090	184,065
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	51	51	51	51	50	50	49	49	50	50	51	51	50

Çizelge 4.4. (devam)

Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	27	29	31	60	84	97	97	97	97	97	45	30	44
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	4,090	4,090	4,090	4,047	4,016	3,967	3,942	3,942	3,973	4,022	4,059	4,090	48,325
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	19,609	19,609	19,609	19,403	19,255	19,019	18,901	18,901	19,048	19,284	19,462	19,609	231,709
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	875	875	875	866	859	849	844	844	850	861	869	875	10,342
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	46,251	42,068	39,179	11,416	3,233	178	171	164	192	527	21,022	39,616	204,017
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	66,735	62,552	59,664	31,685	23,347	20,045	19,915	19,908	20,090	20,672	41,353	60,100	446,067
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	35,142	34,691	34,380	31,274	30,310	16,914	16,614	16,368	17,421	27,680	32,342	34,427	327,562
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	88,200
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	1,265	1,265	1,265	1,261	1,257	1,252	1,249	1,249	1,253	1,258	1,262	1,265	15,102
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	26,526	26,076	25,765	22,663	21,702	8,312	8,014	7,768	8,818	19,072	23,730	25,812	224,259

AĞAOĞLU MY COUNTRY SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU (600 Kw) - D.GAZ YAKITLI

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici 0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	600
Elektrik Fiyatı (TL/kWh) 0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	654
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari 0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz		
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³) 9150	Isı Sarfiyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati) 12.5	Yakıt tüketimi (kW)	1430
	Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.5. Ağaoğlu sitesi maliyet hesabı

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	268,920	268,920	268,920	266,085	264,060	260,820	259,200	259,200	261,225	264,465	266,895	268,920	3,177,630
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	170,802	159,556	151,790	77,145	55,143	15,537	14,953	14,339	16,762	42,152	102,973	152,964	974,117
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	1,635,532	1,527,837	1,453,479	738,713	528,030	148,776	143,187	137,303	160,502	403,629	986,030	1,464,716	9,327,734
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	57,549	57,549	57,549	56,942	56,509	55,815	55,469	55,469	55,902	56,596	57,116	57,549	680,013
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	105,043	98,127	93,351	47,444	33,913	9,555	9,196	8,818	10,308	25,923	63,329	94,073	599,082
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	162,592	155,676	150,900	104,387	90,422	65,371	64,665	64,287	66,211	82,519	120,444	151,622	1,279,095
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	83	83	83	82	82	81	80	80	81	82	82	83	353,070

Çizelge 4.5. (devam)

11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	2,592,000
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	83	83	83	82	82	81	80	80	81	82	82	83	353,070
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	2,019	1,886	1,794	912	652	331	318	305	357	641	1,217	1,808	4,406,610
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	2,524	2,358	2,243	1,140	815	83	80	76	89	481	1,522	2,260	4,921,125
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	654	654	654	654	652	331	318	305	357	641	654	654	2,349,780
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	654	654	654	654	654	83	80	76	89	481	654	654	1,939,018
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	239,050	239,050	239,050	238,744	238,525	238,175	238,000	238,000	238,219	238,569	238,831	239,050	2,863,263
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	420,000	5,040,000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	260,565	260,565	260,565	260,231	259,992	259,611	259,420	259,420	259,658	260,040	260,326	260,565	3,120,956
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	457,800	457,800	457,800	457,800	457,061	144,644	139,209	133,489	156,044	392,418	457,800	457,800	4,169,664
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	30,770	30,770	30,770	30,770	30,721	9,722	9,357	8,972	10,488	26,376	30,770	30,770	280,256
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	89	89	89	90	90	91	92	92	91	90	89	89	90
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	28	30	31	62	87	97	97	97	97	97	46	31	45
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	29,870	29,870	29,870	27,341	25,535	22,645	21,200	21,200	23,006	25,896	28,064	29,870	314,367
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	32,933	32,933	32,933	32,890	32,860	32,812	32,788	32,788	32,818	32,866	32,902	32,933	394,456
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	6,392	6,392	6,392	5,851	5,464	4,846	4,537	4,537	4,923	5,542	6,006	6,392	67,275
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	68,369	62,124	57,813	16,369	4,196	265	255	245	286	720	30,709	58,464	299,817
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	107,693	101,449	97,138	55,111	42,521	37,924	37,580	37,570	38,028	39,128	69,617	97,789	761,548
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	54,899	54,227	53,762	49,276	47,901	27,447	27,085	26,717	28,183	43,391	50,827	53,832	517,547
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	8,750	105,000
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	1,758	1,758	1,758	1,757	1,756	1,755	1,755	1,755	1,755	1,757	1,757	1,758	21,080
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	10,508	10,508	10,508	10,507	10,506	10,505	10,505	10,505	10,505	10,507	10,507	10,508	126,080
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	44,391	43,719	43,254	38,769	37,394	16,942	16,580	16,213	17,677	32,884	40,319	43,324	391,467

AKTURK+MAYAVERA+ARDENİA SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU (1.200 + 200 Kw) - D.GAZ YAKITLI

Doğalgaz Fiyatı (TL/m3) - Serbest Tüketici	0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	1400
Elektrik Fiyatı (TL/kWh)	0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	1452
Doğalgaz Fiyatı (TL/m3) – Ticari	0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz			
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³)	9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati)	14.5	Yakıt tüketimi (kW)	3285
		Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.6. Üç Site maliyet hesabı

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	625,320	625,320	625,320	615,195	609,525	599,400	594,135	594,135	599,805	610,335	615,600	625,320	7,339,410
Doğalgaz tüketimi (m3/ay)	452,980	423,205	402,565	204,624	146,256	41,167	39,663	38,019	44,504	111,781	273,057	405,694	2,583,515
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	4,337,550	4,052,430	3,854,790	1,959,390	1,400,490	394,200	379,800	364,050	426,150	1,070,370	2,614,680	3,884,760	24,738,660
Soğutma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	133,818	133,818	133,818	131,652	130,438	128,272	127,145	127,145	128,358	130,612	131,738	133,818	1,570,634
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	278,583	260,271	247,577	125,844	89,948	25,318	24,393	23,381	27,370	68,745	167,930	249,502	1,588,862
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	412,401	394,089	381,396	257,495	220,386	153,589	151,538	150,526	155,728	199,357	299,668	383,321	3,159,496
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	1,544	1,544	1,544	1,519	1,505	1,480	1,467	1,467	1,481	1,507	1,520	1,544	6,523,920
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	193	193	193	190	188	185	183	183	185	188	190	193	815,490
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	6,048,000
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	193	193	193	190	188	185	183	183	185	188	190	193	815,490
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	5,355	5,003	4,759	2,419	1,729	876	844	809	947	1,699	3,228	4,796	11,687,040
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	6,694	6,254	5,949	3,024	2,161	219	211	202	237	1,274	4,035	5,995	13,051,620
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	1,452	1,452	1,452	1,452	1,452	876	844	809	947	1,452	1,452	1,452	5,433,120
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	1,452	1,452	1,452	1,452	1,452	219	211	202	237	1,274	1,452	1,452	4,430,610
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	557,550	557,550	557,550	556,456	555,844	554,750	554,181	554,181	554,794	555,931	556,500	557,550	6,672,838
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	980,000	11,760,000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	578,259	578,259	578,259	577,125	576,489	575,355	574,765	574,765	575,400	576,580	577,170	578,259	6,920,686
Isıtma İle Elde Edilebilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	454,346	454,346	454,346	329,786	247,067	82,194	0	0	0	247,106	329,811	454,346	3,053,349
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	1,016,400	1,016,400	1,016,400	1,016,400	1,016,400	383,250	369,250	353,938	414,313	954,188	1,016,400	1,016,400	9,589,738
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	68,315	68,315	68,315	68,315	68,315	25,759	24,818	23,789	27,847	64,134	68,315	68,315	644,556
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	89	89	89	90	91	93	93	93	92	91	90	89	91
Soğutma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	23	25	26	52	73	97	97	97	97	89	39	26	39
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	67,770	67,770	67,770	58,739	53,681	44,650	39,954	39,954	45,011	54,404	59,100	67,770	666,572
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	75,621	75,621	75,621	75,473	75,390	75,241	75,164	75,164	75,247	75,402	75,479	75,621	905,045

Çizelge 4.6. (devam)

TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	14,503	14,503	14,503	12,570	11,488	9,555	8,550	8,550	9,632	11,642	12,647	14,503	142,647
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	192,747	176,215	164,756	54,857	22,452	703	678	649	760	6,907	92,852	166,494	880,071
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	282,871	266,339	254,880	142,900	109,329	85,500	84,392	84,364	85,640	93,951	180,978	256,618	1,927,763
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	129,530	127,750	126,516	114,595	111,057	68,090	67,146	66,162	70,088	105,406	118,690	126,703	1,231,733
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	121,800
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	3,024	3,024	3,024	3,021	3,019	3,016	3,014	3,014	3,016	3,019	3,021	3,024	36,238
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	13,174	13,174	13,174	13,171	13,169	13,166	13,164	13,164	13,166	13,169	13,171	13,174	158,038
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	116,356	114,575	113,341	101,424	97,888	54,924	53,982	52,998	56,922	92,237	105,519	113,529	1,073,695

AKTURK+MAYAVERA+ARDENİA+AĞAOĞLU+FİBALİFE SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU (2.000 + 600 Kw) - D.GAZ YAKITLI

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici 0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	2600
Elektrik Fiyatı (TL/kWh) 0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	2644
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari 0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz		
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³) 9150	Isı Sarfiyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati) 18.5	Yakıt tüketimi (kW)	6013
	Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.7. Beş Site maliyet hesabı

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	1,060,695	1,060,695	1,060,695	1,046,115	1,037,205	1,021,815	1,013,715	1,013,715	1,022,625	1,038,420	1,047,735	1,060,695	12,484,125
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	708,950	662,341	630,028	320,258	228,901	64,477	62,080	59,495	69,646	175,008	427,350	634,934	4,043,466
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	6,788,610	6,342,300	6,032,880	3,066,660	2,191,860	617,400	594,450	569,700	666,900	1,675,800	4,092,120	6,079,860	38,718,540
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	226,989	226,989	226,989	223,869	221,962	218,668	216,935	216,935	218,842	222,222	224,215	226,989	2,671,603
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	436,004	407,340	387,467	196,959	140,774	39,653	38,179	36,589	42,832	107,630	262,820	390,484	2,486,732
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	662,993	634,328	614,456	420,828	362,736	258,321	255,114	253,524	261,674	329,852	487,035	617,473	5,158,334
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	2,619	2,619	2,619	2,583	2,561	2,523	2,503	2,503	2,525	2,564	2,587	2,619	11,097,000
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	327	327	327	323	320	315	313	313	316	321	323	327	1,387,125
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	2,600	2,600	2,600	2,583	2,561	2,523	2,503	2,503	2,525	2,564	2,587	2,600	11,069,640

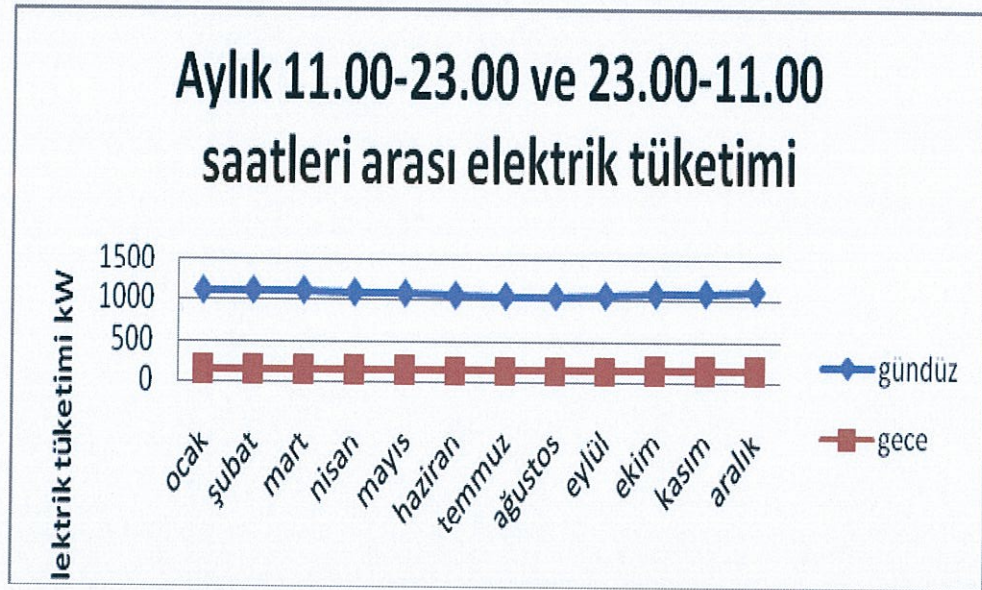
Çizelge 4.7. (devam)

23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	327	327	327	323	320	315	313	313	316	321	323	327	1,387,125
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	8,381	7,830	7,448	3,786	2,706	1,372	1,321	1,266	1,482	2,660	5,052	7,506	18,291,600
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	10,476	9,788	9,310	4,733	3,383	343	330	317	371	1,995	6,315	9,383	20,426,940
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	2,644	2,644	2,644	2,644	2,644	1,372	1,321	1,266	1,482	2,644	2,644	2,644	9,573,480
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	2,644	2,644	2,644	2,644	2,644	343	330	317	371	1,995	2,644	2,644	7,870,770
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	1,024,581	1,024,581	1,024,581	1,017,056	1,008,394	993,431	985,556	985,556	994,219	1,009,575	1,018,631	1,024,581	12,110,744
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	1,820,000	21,840,000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	1,041,920	1,041,920	1,041,920	1,034,268	1,025,459	1,010,243	1,002,235	1,002,235	1,011,044	1,026,660	1,035,870	1,041,920	12,315,695
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	818,652	818,652	818,652	591,010	439,482	144,320	0	0	0	439,997	591,926	818,652	5,481,343
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	1,850,800	1,850,800	1,850,800	1,850,800	1,850,800	600,250	577,938	553,875	648,375	1,623,650	1,850,800	1,850,800	16,959,688
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	124,398	124,398	124,398	124,398	124,398	40,345	38,845	37,228	43,579	109,131	124,398	124,398	1,139,913
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	56	56	56	56	55	55	54	54	55	55	56	56	55
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	27	29	31	60	84	97	97	97	97	97	45	30	44
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	36,114	36,114	36,114	29,059	28,811	28,384	28,159	28,159	28,406	28,845	29,104	36,114	373,381
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	136,967	136,967	136,967	135,961	134,803	132,803	131,750	131,750	132,908	134,961	136,172	136,967	1,618,979
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	7,728	7,728	7,728	6,219	6,166	6,074	6,026	6,026	6,079	6,173	6,228	7,728	79,904
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	286,633	260,755	242,814	70,828	20,105	1,101	1,061	1,016	1,190	3,313	130,286	245,538	1,264,641
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	431,328	405,451	387,510	213,008	161,074	139,979	138,837	138,793	140,177	144,447	272,686	390,234	2,963,523
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	231,665	228,878	226,946	207,820	201,662	118,343	116,277	114,732	121,497	185,404	214,349	227,239	2,194,812
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	12,950	155,400
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	4,455	4,455	4,455	4,432	4,405	4,359	4,335	4,335	4,362	4,409	4,436	4,455	52,892
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	17,405	17,405	17,405	17,382	17,355	17,309	17,285	17,285	17,312	17,359	17,386	17,405	208,292
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	214,260	211,473	209,541	190,438	184,307	101,034	98,992	97,447	104,185	168,045	196,963	209,835	1,986,520

4.3. Site Grafikleri

Aşağıda bütün sitelere ait yukarıda gösterilen tablolara göre oluşturulan; mevsimsel elektrik tüketimi, mevsimsel ısı ihtiyacı, mevsimsel elektrik üretimi-tüketimi, mevsimsel ısı üretimi-kullanımı, konvansiyonel sistem ile kojenerasyon enerji maliyeti karşılaştırması, kojenerasyon kapasite kullanım oranı, kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama oranı ve kojenerasyon ısı ihtiyacı karşılama oranı ile ilgili grafikler gösterilmiştir:

4.3.1. Aktürk Sitesi grafikleri



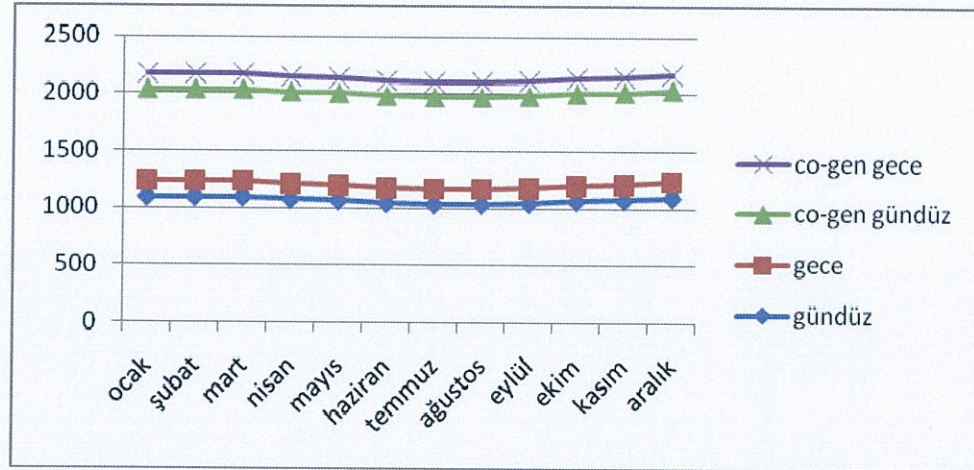
Şekil 4.1. Mevsimsel elektrik tüketimi

Şekil 4.1’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre elektrik tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 1100 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 130 kW’tır.



Şekil 4.2. Mevsimsel ısı ihtiyacı

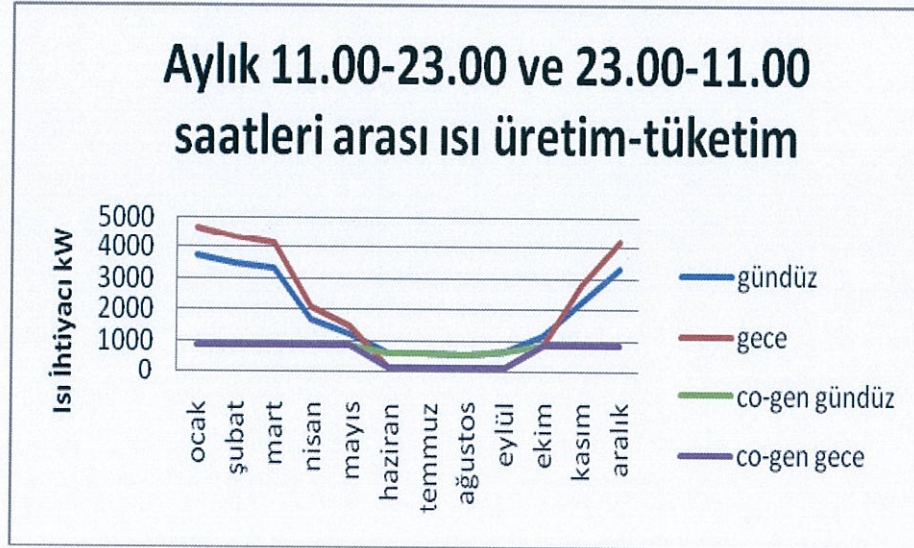
Şekil 4.2’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre ısı ihtiyacı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 3500 kW, yaz aylarında 600 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında 4300 kW’tır, yaz aylarında 150 kW’tır.



Şekil 4.3. Mevsimsel elektrik üretim-tüketim

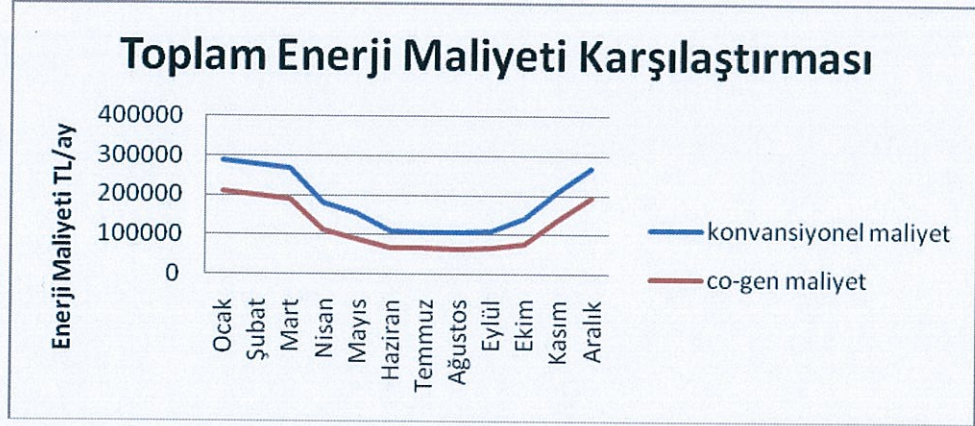
Şekil 4.3’te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistem hem de kojenerasyon ünitesi elektrik üretimi ve tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 1100 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 130 kW’tır. Gündüz saatlerinde

kojenerasyon ünitesinden alınabilecek güç bütün aylarda 800 kW iken gece saatlerinde kojenerasyon ünitesi sitenin ihtiyaç duyduğu kadar elektrik üretimi yapmaktadır.



Şekil 4.4. Mevsimsel ısı üretim-kullanım

Şekil 4.4'te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistemin hem de kojenerasyon ünitesinin ısı üretimi ve kullanımı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 3500 kW, yaz aylarında 600 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında 4300 kW'tır, yaz aylarında 150 kW'tır. Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum termal güç 855 kW'tır. Kış aylarında ısı kullanımının 855 kW'lık kısmı kojenerasyon ünitesinden sağlanmakta iken yaz aylarında ısı kullanımının tamamı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



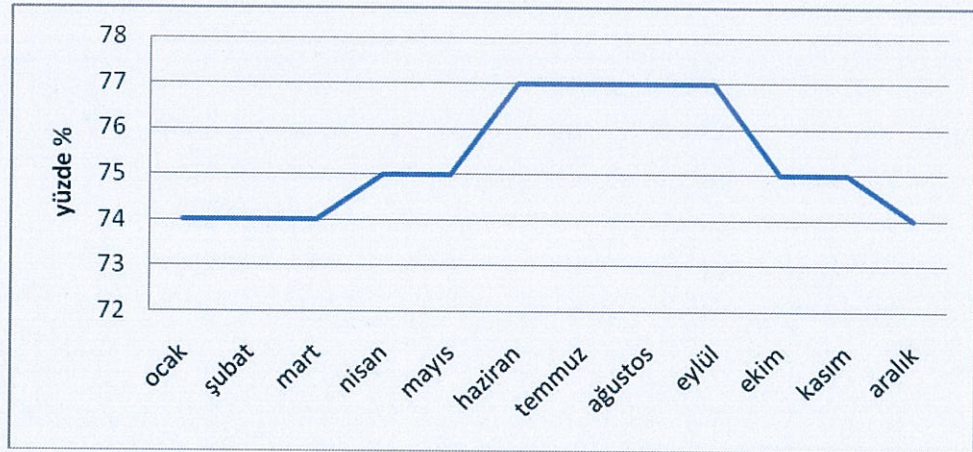
Şekil 4.5. Konvansiyonel sistem ile kojenerasyon enerji maliyeti karşılaştırması

Şekil 4.5'te konvansiyonel sistemin enerji maliyeti ile düşünülen kojenerasyon ünitesinin sağladığı enerji maliyeti karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon ünitesi sayesinde kış aylarında ve yaz aylarında enerji maliyetlerinin düştüğü görülmektedir.



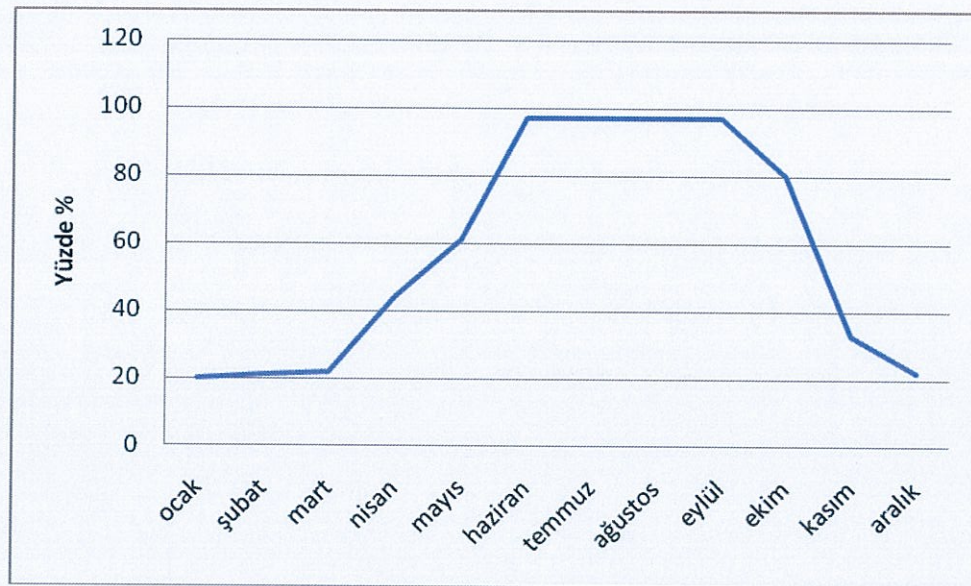
Şekil 4.6. Kojenerasyon kapasite kullanım oranı

Şekil 4.6'da kojenerasyon çalışma yük verimi gösterilmektedir. Kış aylarında ünitenin verimi % 59 iken yaz aylarında %58'dir.



Şekil 4.7. Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama

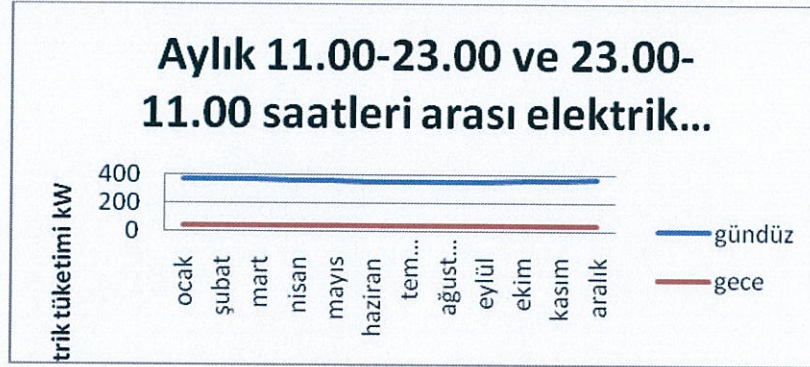
Şekil 4.7’de kojenerasyon ünitesinin elektrik ihtiyacını yaz aylarında %77, kış aylarında %74 karşıladığı gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama

Şekil 4.8’de kış aylarında yaklaşık %30 civarında, yaz aylarında yaklaşık % 99 civarında ısı ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.

4.3.2. Mayavera Sitesi grafikleri



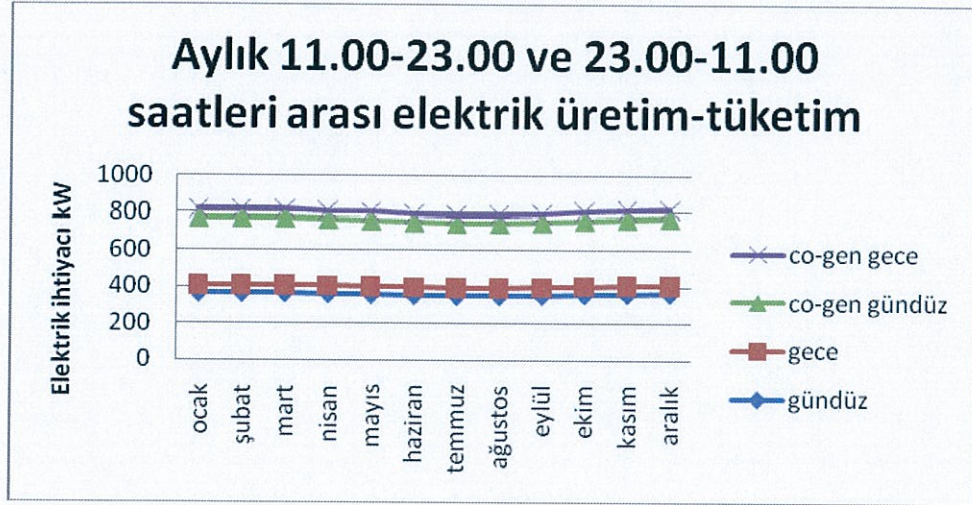
Şekil 4.9. Mevsimsel elektrik tüketimi

Şekil 4.9'da gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre elektrik tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 360 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 45 kW'tır.



Şekil 4.10. Mevsimsel ısı ihtiyacı

Şekil 4.10'da gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre ısı ihtiyacı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 1250 kW, yaz aylarında 200 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında 1550 kW'tır, yaz aylarında 50 kW'tır.



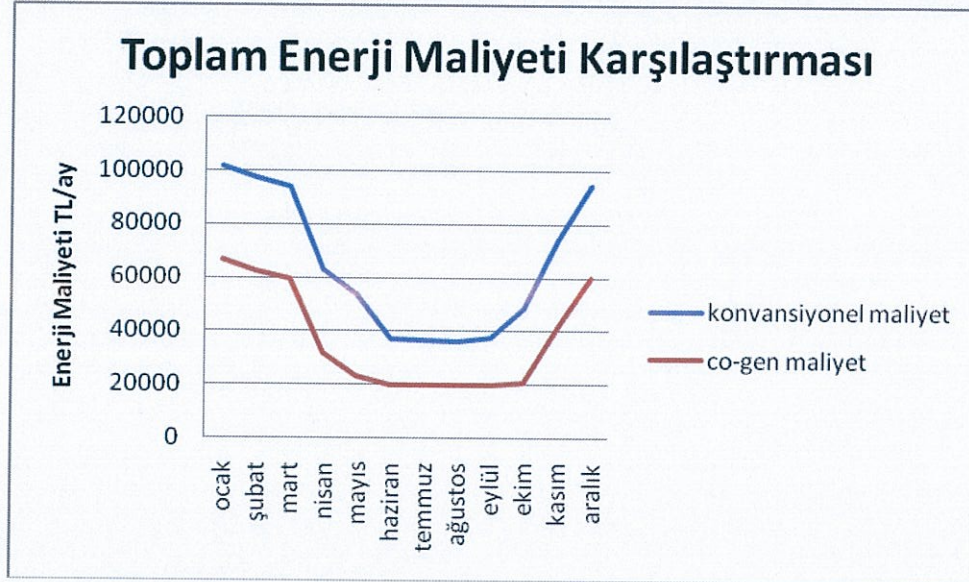
Şekil 4.11. Mevsimsel elektrik üretimi-tüketimi

Şekil 4.11’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistem hem de kojenerasyon ünitesi elektrik üretimi ve tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 360 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 45 kW’tır. Gündüz ve gece saatlerinde elektrik tüketimi bütün aylarda kojenerasyon ünitesinden alınabilecek güç olan 400 kW’ın altında olduğu için yaz-kış elektrik tüketimi kojenerasyon ünitesinin ürettiği elektrikten karşılanmaktadır.



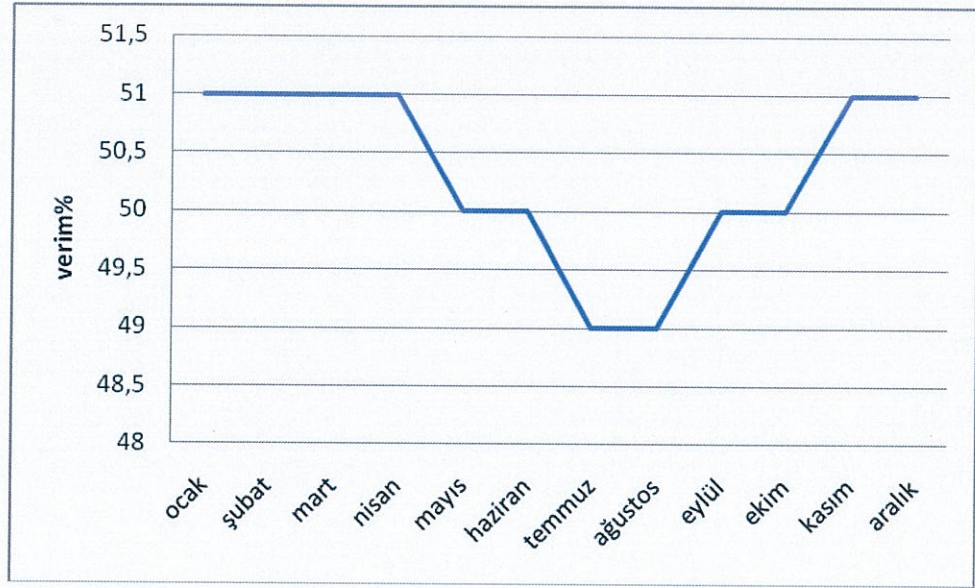
Şekil 4.12. Mevsimsel ısı üretimi kullanımı

Şekil 4.12’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistemin hem de kojenerasyon ünitesinin ısı üretimi ve kullanımı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 1250 kW, yaz aylarında 200 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında 1550 kW’tır, yaz aylarında 50 kW’tır. Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum termal güç 427 kW’tır. Kış aylarında ısı kullanımının 427 kW’lık kısmı kojenerasyon ünitesinden sağlanmakta iken yaz aylarında ısı kullanımının tamamı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



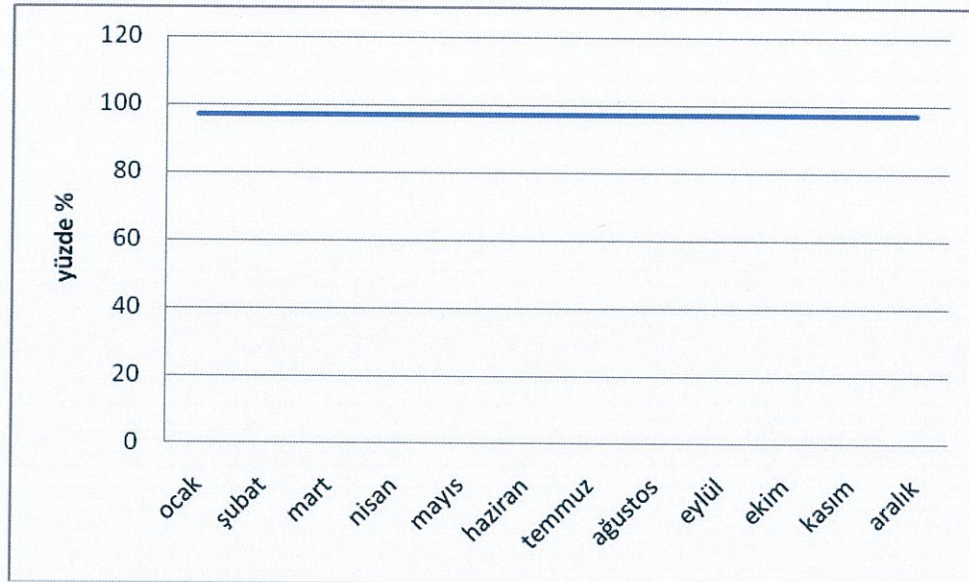
Şekil 4.13. Enerji maliyeti karşılaştırması

Şekil 4.13’te konvansiyonel sistemin enerji maliyeti ile düşünülen kojenerasyon ünitesinin sağladığı enerji maliyeti karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon ünitesi sayesinde kış aylarında ve yaz aylarında enerji maliyetlerinin düştüğü görülmektedir.



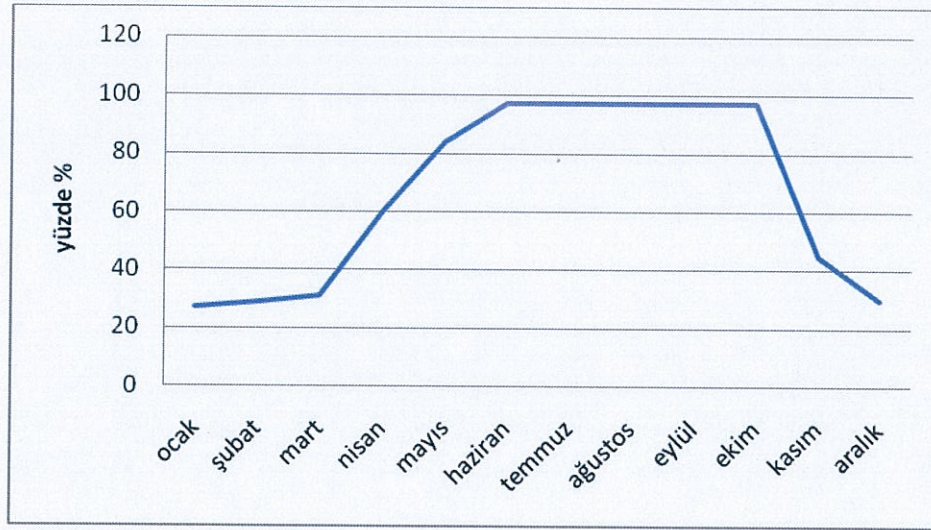
Şekil 4.14. Kojenerasyon kapasite kullanım oranı

Şekil 4.14'te kojenerasyon çalışma yük verimi gösterilmektedir. Kış aylarında ünitenin verimi % 51 iken yaz aylarında %49'dur.



Şekil 4.15. Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama

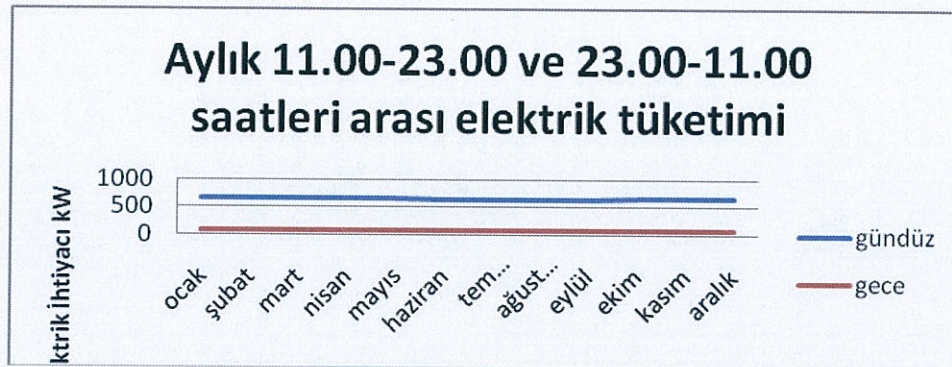
Şekil 4.15'te kojenerasyon ünitesi elektrik ihtiyacını yaz aylarında ve kış aylarında %99 gibi yüksek bir yüzde ile karşılamaktadır.



Şekil 4.16. Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama

Şekil 4.16’da kış aylarında yaklaşık %30 civarında, yaz aylarında yaklaşık % 99 civarında ısı ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.

4.3.3. Ağaoğlu My-Country Sitesi Grafikleri



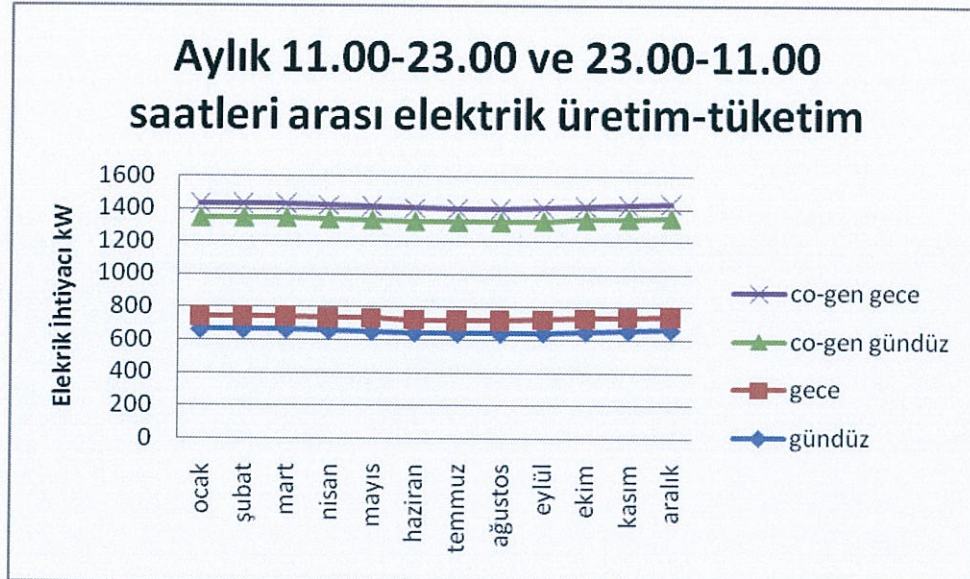
Şekil 4.17. Mevsimsel elektrik tüketimi

Şekil 4.17’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre elektrik tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 660 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 82 kW’tır.



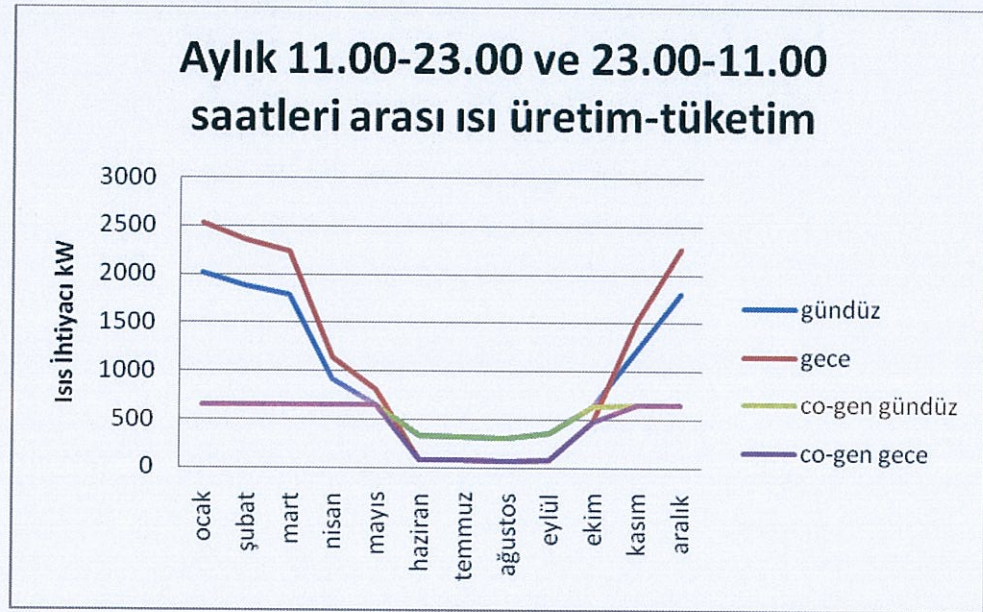
Şekil 4.18. Mevsimsel ısı ihtiyacı

Şekil 4.18’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre ısı ihtiyacı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 1850 kW, yaz aylarında 320 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 2350 kW’tır, yaz aylarında 80 kW’tır.



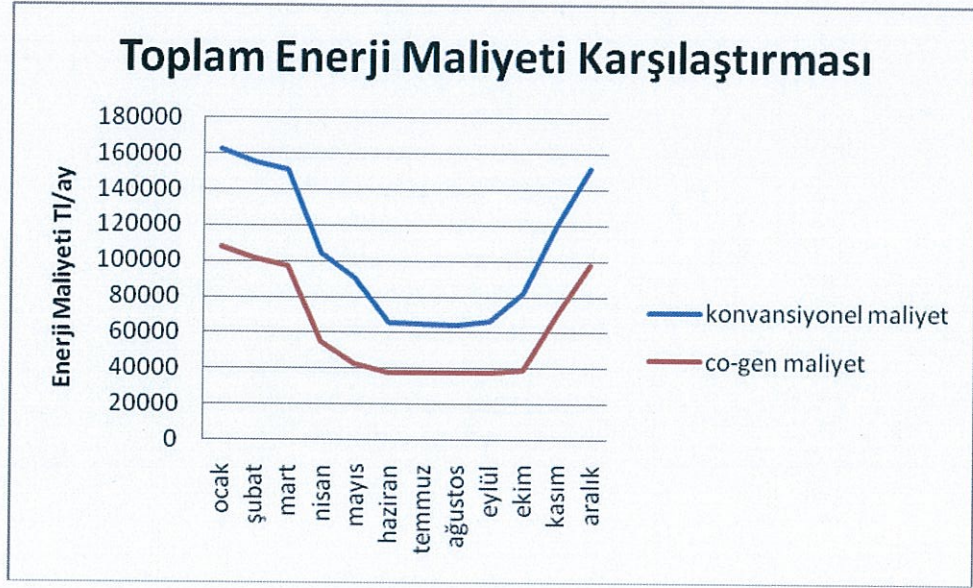
Şekil 4.19. Mevsimsel elektrik üretim-tüketim

Şekil 4.19'da gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistem hem de kojenerasyon ünitesi elektrik üretimi ve tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 660 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 82 kW'tır. Gündüz saatlerinde kojenerasyon ünitesinden alınabilecek güç bütün aylarda 600 kW iken gece saatlerinde kojenerasyon ünitesi sitenin ihtiyaç duyduğu kadar elektrik üretimi yapmaktadır.



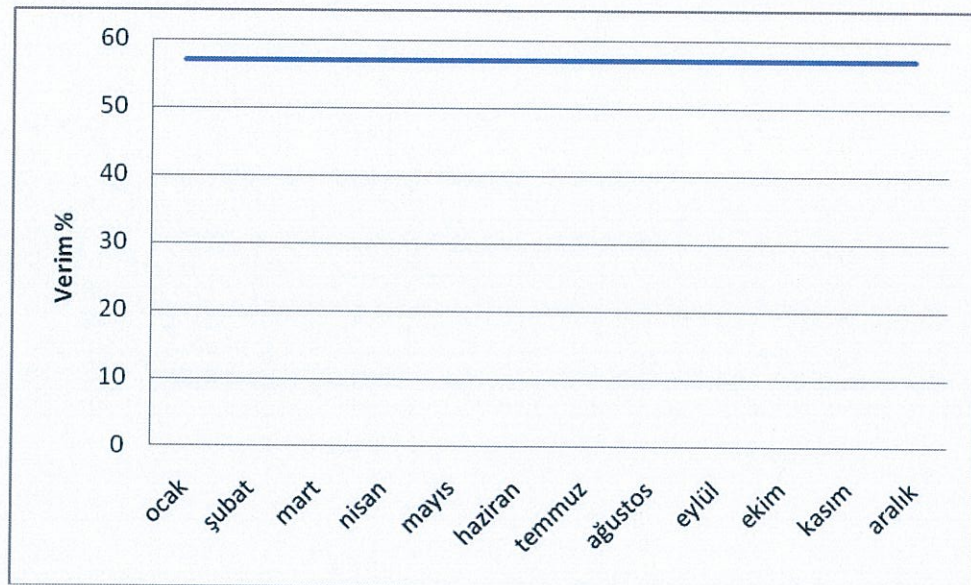
Şekil 4.20. Mevsimsel ısı üretimi-kullanımı

Şekil 4.20'de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistemin hem de kojenerasyon ünitesinin ısı üretimi ve kullanımı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 1850 kW, yaz aylarında 320 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 2350 kW'tır, yaz aylarında 80 kW'tır. Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum termal güç 654 kW'tır. Kış aylarında ısı kullanımının 654 kW'lık kısmı kojenerasyon ünitesinden sağlanmakta iken yaz aylarında ısı kullanımının tamamı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



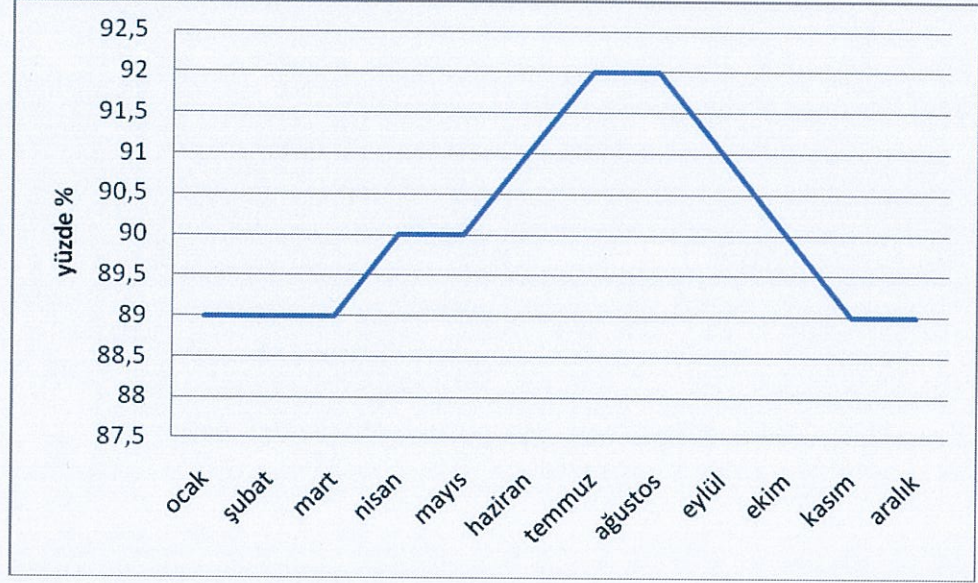
Şekil 4.21. Enerji maliyeti karşılaştırması

Şekil 4.21’de konvansiyonel sistemin enerji maliyeti ile düşünülen kojenerasyon ünitesinin sağladığı enerji maliyeti karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon ünitesi sayesinde kış aylarında ve yaz aylarında enerji maliyetlerinin düştüğü görülmektedir.



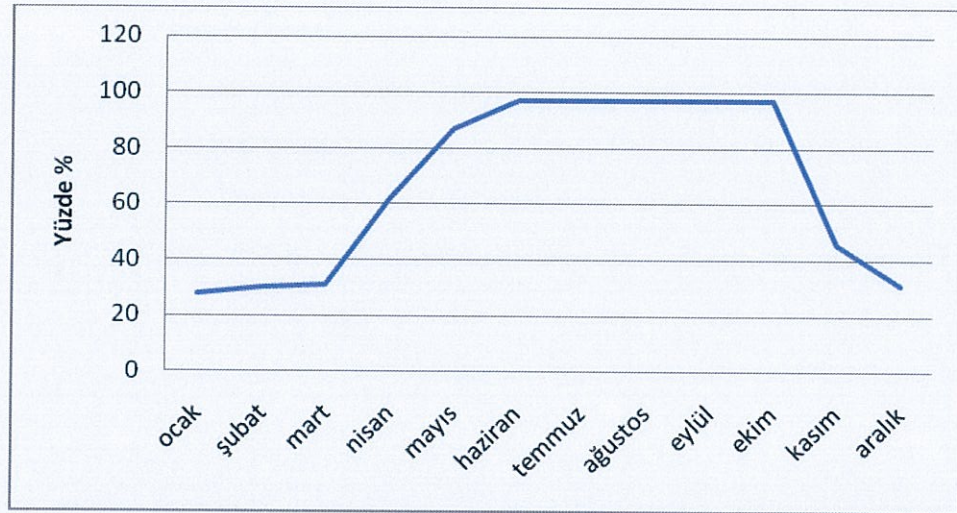
Şekil 4.22. Kojenerasyon kapasite kullanım oranı

Şekil 4.22’de kojenerasyon çalışma yük verimi gösterilmektedir. Kış aylarında ünitenin verimi % 51 iken yaz aylarında %49’dur.



Şekil 4.23. Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama

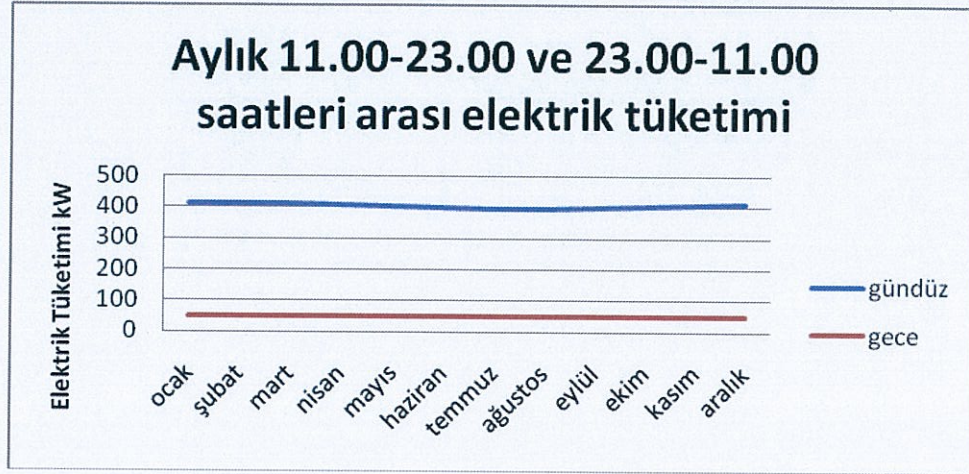
Şekil 4.23’te kojenerasyon ünitesi elektrik ihtiyacını kış aylarında %89, yaz aylarında % 92 karşılamaktadır.



Şekil 4.24. Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama

Şekil 4.24'te kış aylarında yaklaşık %30 civarında, yaz aylarında yaklaşık % 99 civarında ısı ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.

4.3.4. Fibalife Sitesi Grafikleri



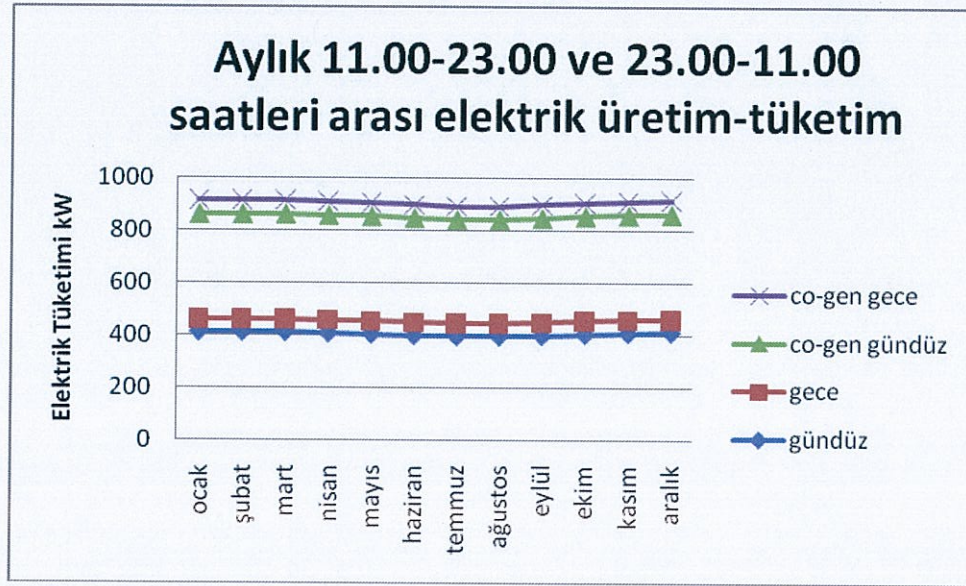
Şekil 4.25. Mevsimsel elektrik tüketimi

Şekil 4.25'te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre elektrik tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 410 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 50 kW'tır.



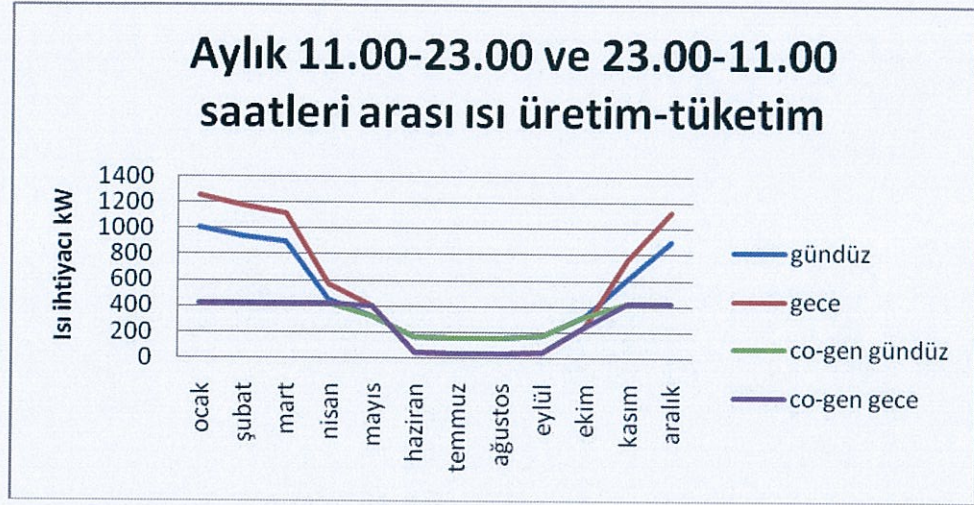
Şekil 4.26. Mevsimsel ısı ihtiyacı

Şekil 4.26'da gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre ısı ihtiyacı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 950 kW, yaz aylarında 160 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 1180 kW'tır, yaz aylarında 40 kW'tır.



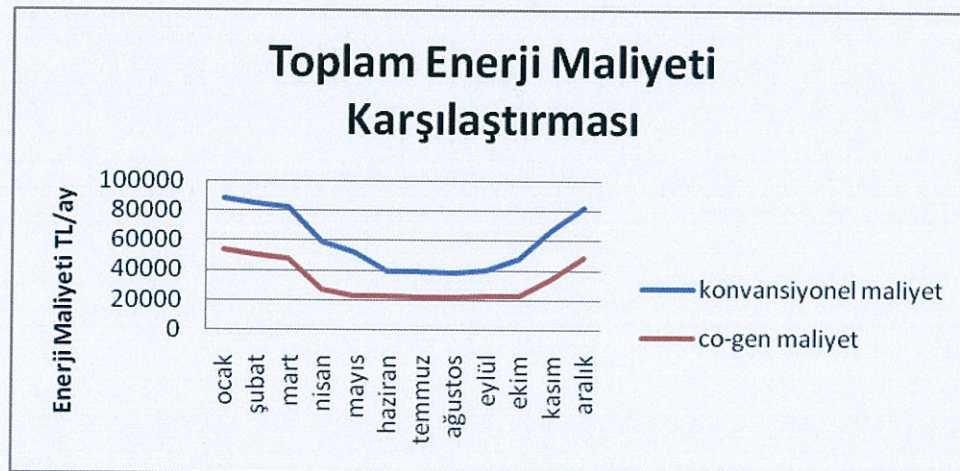
Şekil 4.27. Mevsimsel elektrik üretimi-tüketimi

Şekil 4.27'de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistem hem de kojenerasyon ünitesi elektrik üretimi ve tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 410 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 50 kW'tır. Kış aylarında ve gündüz saatlerinde kojenerasyon ünitesinin elektrik kapasitesi olan 400 kW'lık elektrik üretilmekte ve site tarafından tüketilmektedir. Yaz aylarında ve gece saatlerinde sitenin elektrik ihtiyacı 400 kW'dan düşük olduğu için bütün ihtiyaç kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



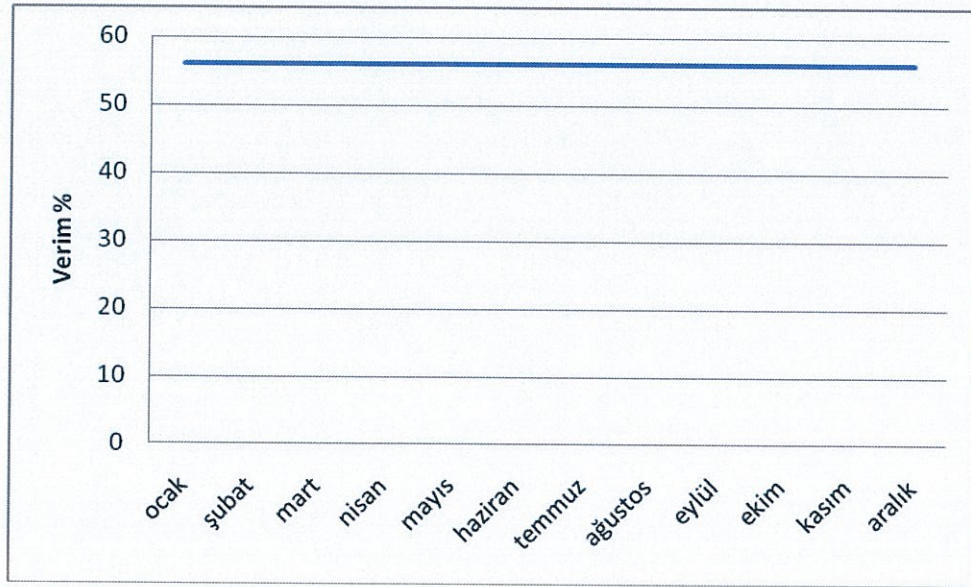
Şekil 4.28. Mevsimsel ısı üretimi-kullanımı

Şekil 4.28’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistemin hem de kojenerasyon ünitesinin ısı üretimi ve kullanımı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 950 kW, yaz aylarında 160 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 1180 kW’tır, yaz aylarında 40 kW’tır. Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum termal güç 427 kW’tır. Kış aylarında ısı kullanımının 427 kW’lık kısmı kojenerasyon ünitesinden sağlanmakta iken yaz aylarında ısı kullanımının tamamı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



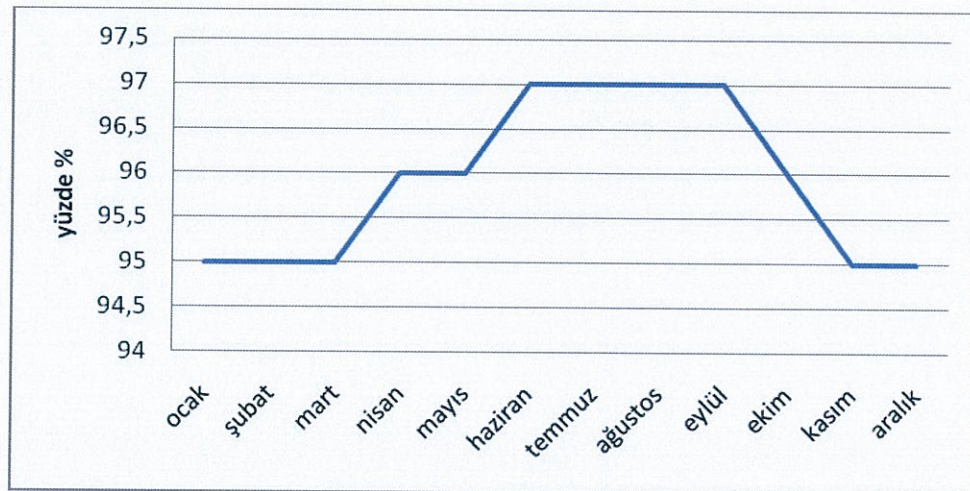
Şekil 4.29. Enerji maliyeti karşılaştırma

Şekil 4.29'da konvansiyonel sistemin enerji maliyeti ile düşünülen kojenerasyon ünitesinin sağladığı enerji maliyeti karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon ünitesi sayesinde kış aylarında ve yaz aylarında enerji maliyetlerinin düştüğü görülmektedir.



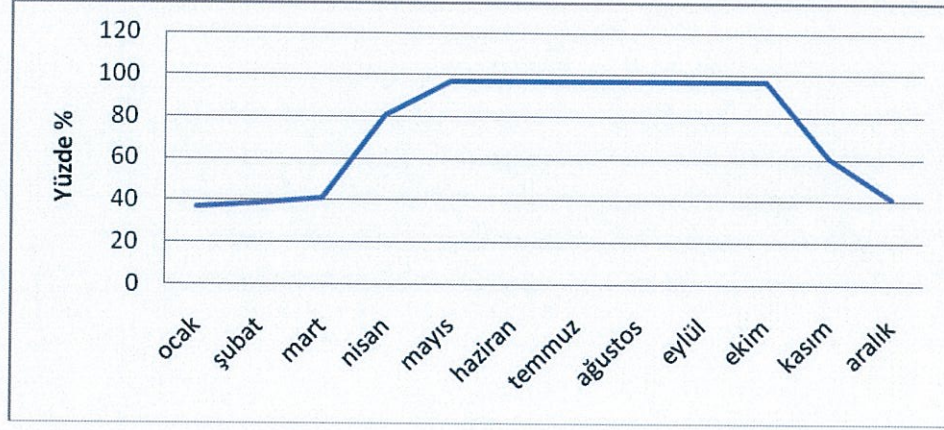
Şekil 4.30. Kojenerasyon kapasite kullanım oranı

Şekil 4.30'da kojenerasyon çalışma yük verimi gösterilmektedir. Kış aylarında ve yaz aylarında ünitenin verimi %56'dır.



Şekil 4.31. Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama

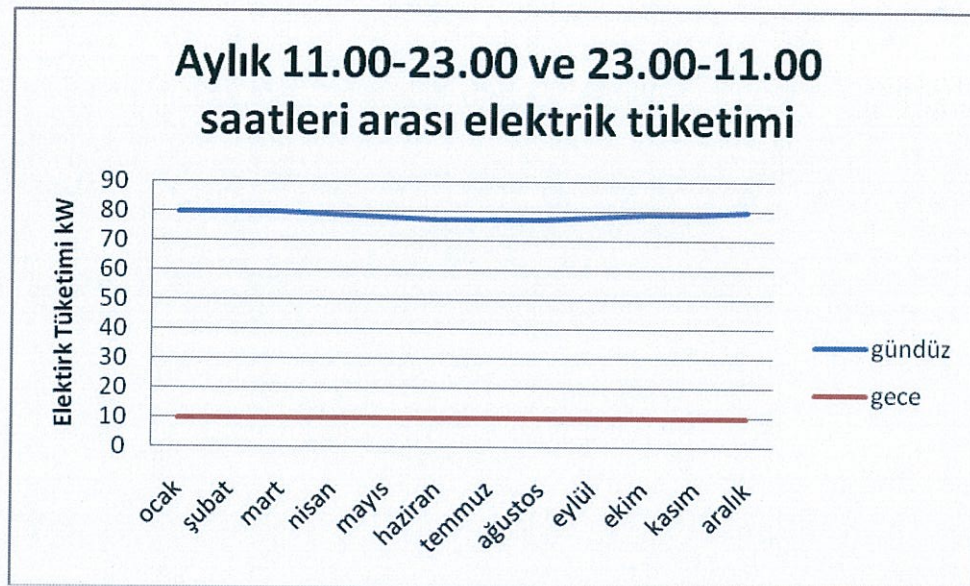
Şekil 4.31’de kojenerasyon ünitesi elektrik ihtiyacını kış aylarında %95, yaz aylarında % 97 karşılamaktadır.



Şekil 4.32. Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama

Şekil 4.32’de kış aylarında yaklaşık %40 civarında, yaz aylarında yaklaşık % 99 civarında ısı ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.

4.3.5. Ardenia Arsan Sitesi Grafikleri



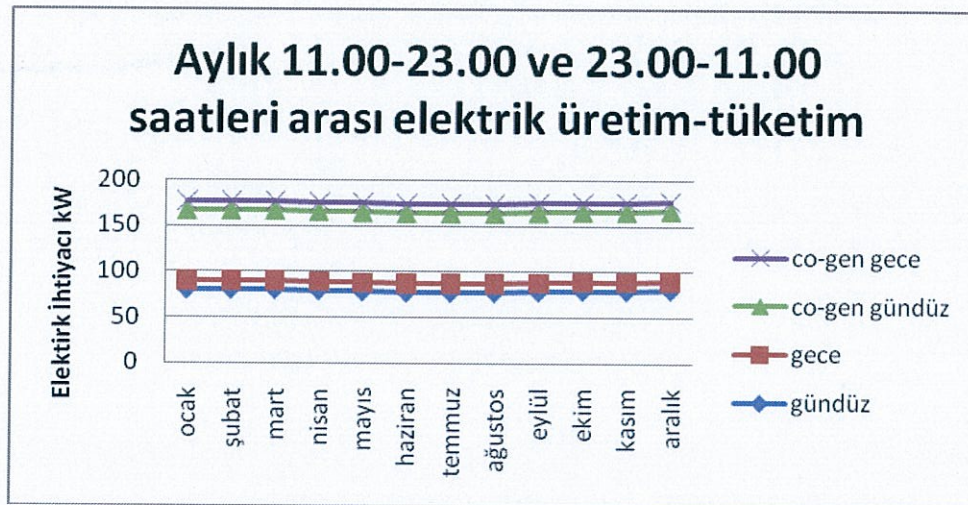
Şekil 4.33. Mevsimsel elektrik üretimi

Şekil 4.33'te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre elektrik tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 78 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 10 kW'tır.



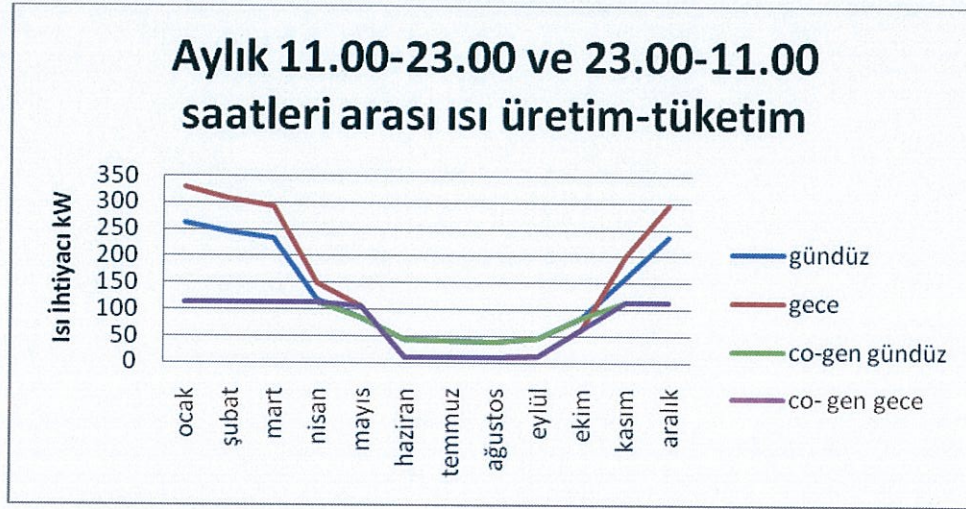
Şekil 4.34. Mevsimsel ısı ihtiyacı

Şekil 4.34'te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre ısı ihtiyacı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 250 kW, yaz aylarında 40 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 300 kW'tır, yaz aylarında 10 kW'tır.



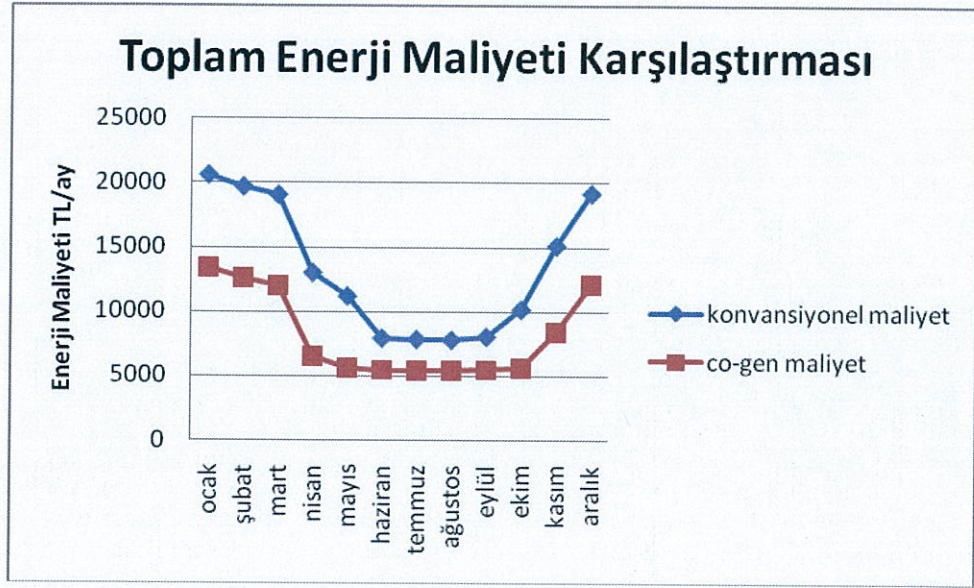
Şekil 4.35. Mevsimsel elektrik üretim-tüketim

Şekil 4.35'te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistem hem de kojenerasyon ünitesi elektrik üretimi ve tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 78 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 10 kW'tır. Kış aylarında ve yaz aylarında, gündüz ve gece saatlerinde sitenin elektrik ihtiyacı 80 kW'dan düşük olduğu için bütün ihtiyaç kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



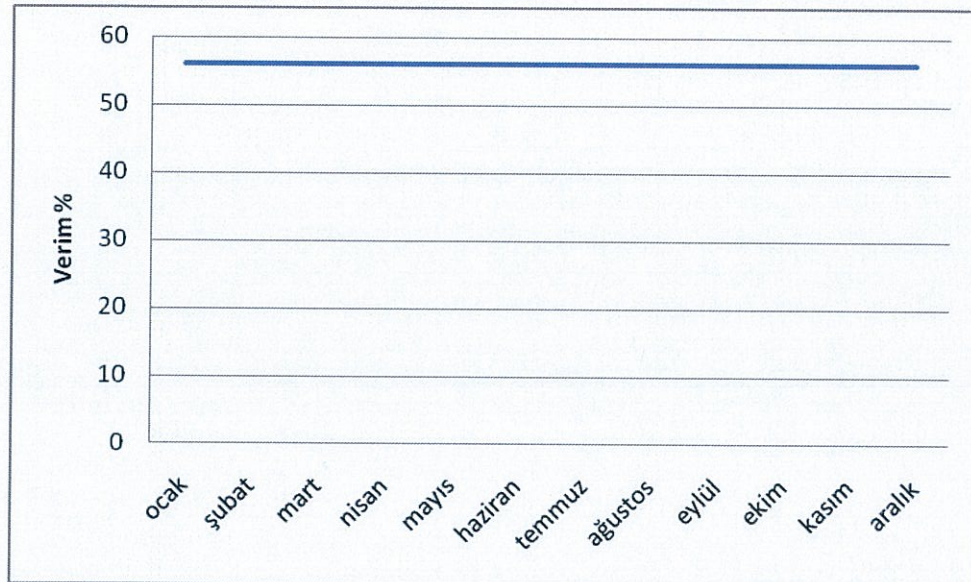
Şekil 4.36. Mevsimsel ısı üretim-kullanım

Şekil 4.36'da gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistemin hem de kojenerasyon ünitesinin ısı üretimi ve kullanımı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 250 kW, yaz aylarında 40 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 300 kW'tır, yaz aylarında 10 kW'tır. Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum termal güç 114 kW'tır. Kış aylarında ısı kullanımının 114 kW'lık kısmı kojenerasyon ünitesinden sağlanmakta iken yaz aylarında ısı kullanımının tamamı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



Şekil 4.37. Enerji maliyeti karşılaştırma

Şekil 4.37’de konvansiyonel sistemin enerji maliyeti ile düşünülen kojenerasyon ünitesinin sağladığı enerji maliyeti karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon ünitesi sayesinde kış aylarında ve yaz aylarında enerji maliyetlerinin düştüğü görülmektedir.



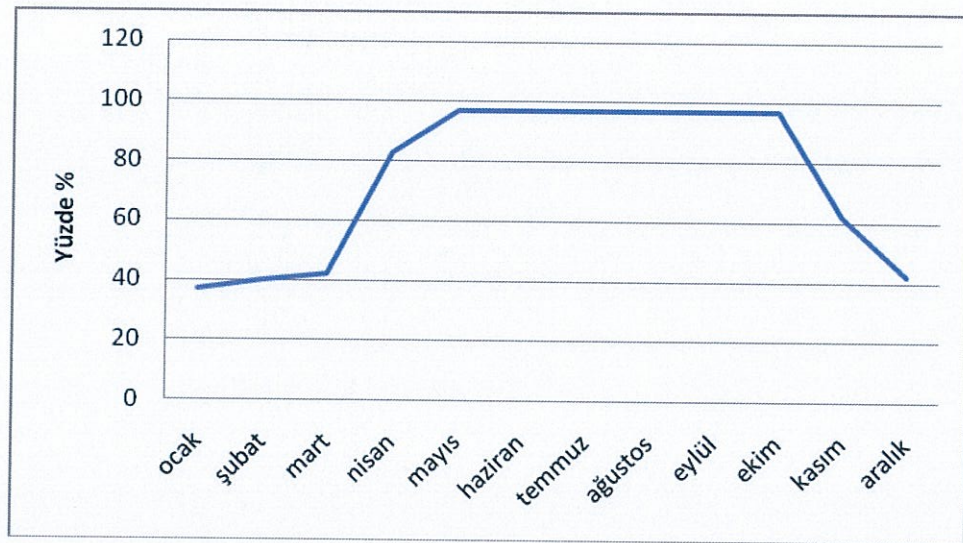
Şekil 4.38. Kojenerasyon kapasite kullanım oranı

Şekil 4.38’de kojenerasyon çalışma yük verimi gösterilmektedir. Kış aylarında ve yaz aylarında ünitenin verimi %56’dır.



Şekil 4.39. Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama

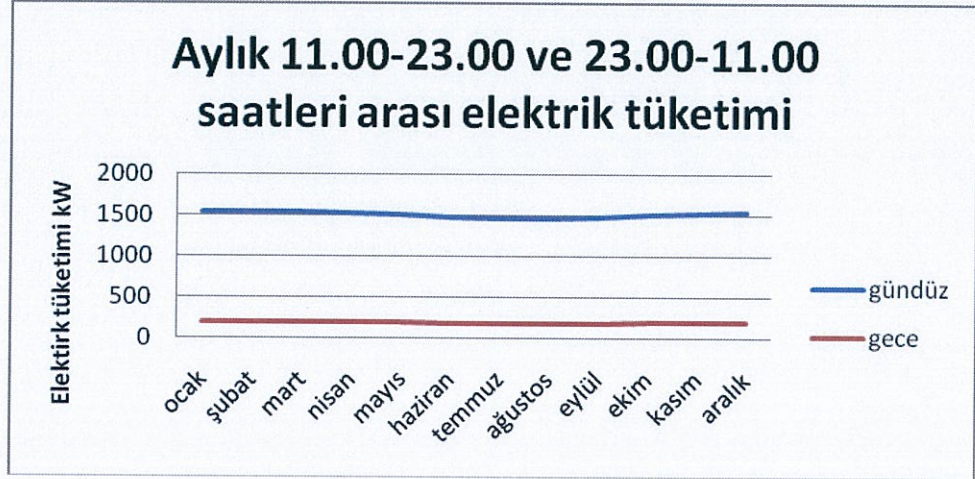
Şekil 4.39’da kojenerasyon ünitesi elektrik ihtiyacını kış aylarında %94, yaz aylarında % 97 karşılamaktadır.



Şekil 4.40. Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama

Şekil 4.40'ta kış aylarında yaklaşık %40 civarında, yaz aylarında yaklaşık % 99 civarında ısı ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.

4.3.6. Üç site (Aktürk+Mayavera+Ardenia) Grafikleri



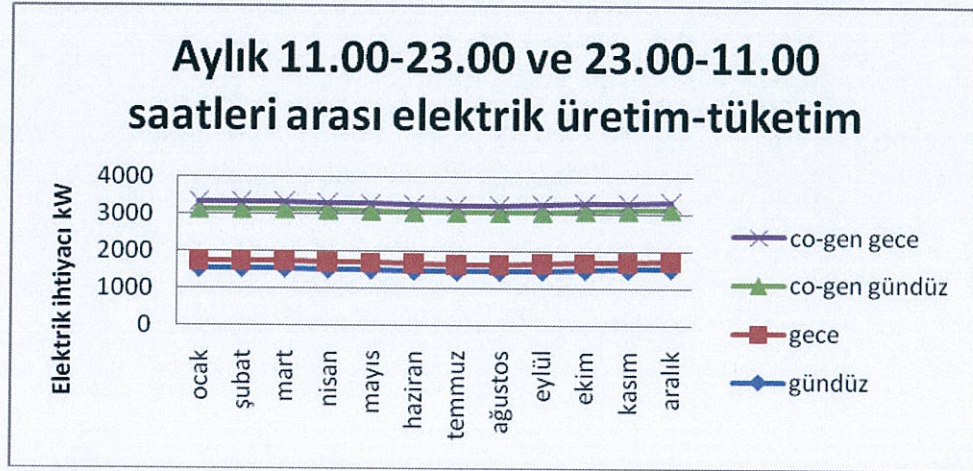
Şekil 4.41. Mevsimsel elektrik tüketimi

Şekil 4.41'de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre elektrik tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 1510 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 190 kW'tır.



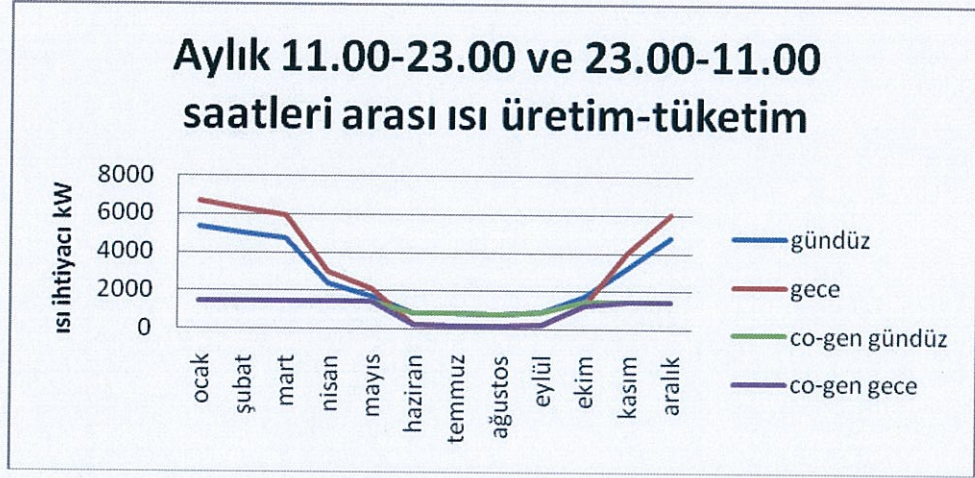
Şekil 4.42. Mevsimsel ısı ihtiyacı

Şekil 4.42’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre ısı ihtiyacı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 5000 kW, yaz aylarında 850 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 6300 kW’tır, yaz aylarında 210 kW’tır.



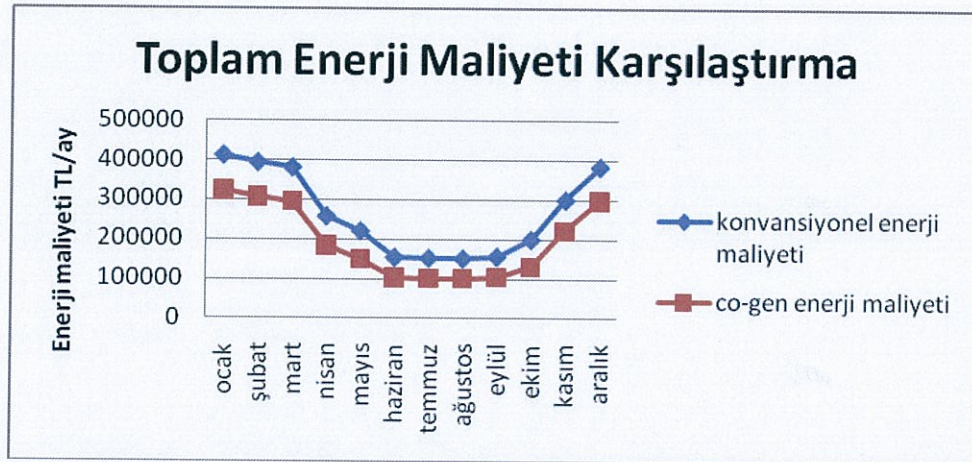
Şekil 4.43. Mevsimsel elektrik üretim-tüketim

Şekil 4.43’te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistem hem de kojenerasyon ünitesi elektrik üretimi ve tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 1510 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 190 kW’tır. Gündüz saatlerinde bütün aylarda elektrik tüketimi kojenerasyon elektrik kapasitesi olan 1400 kW’tan büyük olduğu için kojenerasyon ünitesi 1400 kW’lı kısmı karşılamaktadır. Geri kalan kısım şebekeden satın alınacaktır. Gece saatlerinde 3 sitenin ihtiyacı kadar elektrik kojenerasyon ünitesinden karşılanmaktadır.



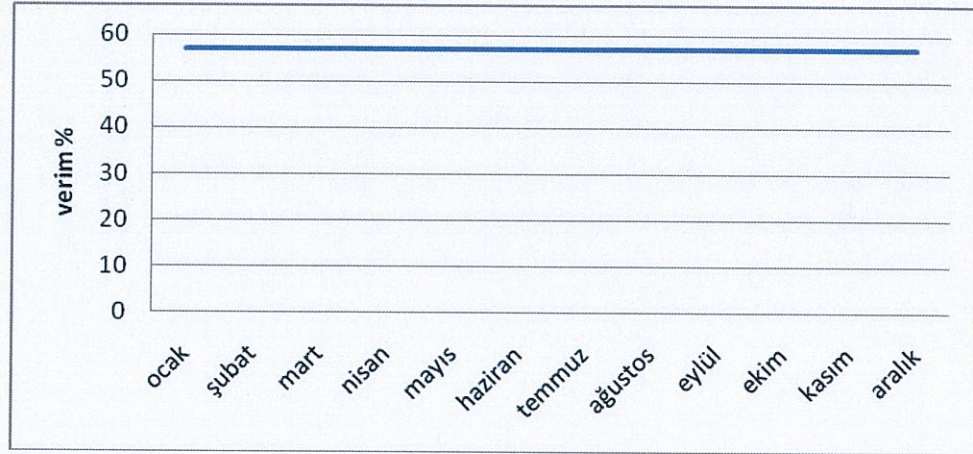
Şekil 4.44. Mevsimsel ısı üretim-kullanım

Şekil 4.44'te gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistemin hem de kojenerasyon ünitesinin ısı üretimi ve kullanımı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 5000 kW, yaz aylarında 850 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 6300 kW'tır, yaz aylarında 210 kW'tır. Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum termal güç 1452 kW'tır. Kış aylarında ısı kullanımının 1452 kW'lık kısmı kojenerasyon ünitesinden sağlanmakta iken yaz aylarında ısı kullanımının tamamı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



Şekil 4.45. Toplam enerji maliyeti karşılaştırma

Şekil 4.45'te konvansiyonel sistemin enerji maliyeti ile düşünülen kojenerasyon ünitesinin sağladığı enerji maliyeti karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon ünitesi sayesinde kış aylarında ve yaz aylarında enerji maliyetlerinin düştüğü görülmektedir.



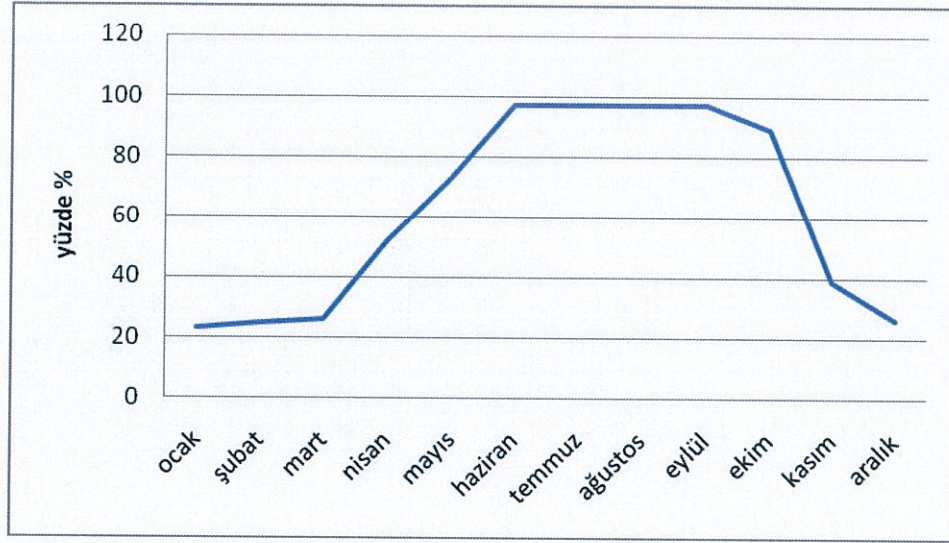
Şekil 4.46. Kojenerasyon kapasite kullanım oranı

Şekil 4.46'da kojenerasyon çalışma yük verimi gösterilmektedir. Kış aylarında ve yaz aylarında ünitenin verimi %57'dir.



Şekil 4.47. Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama

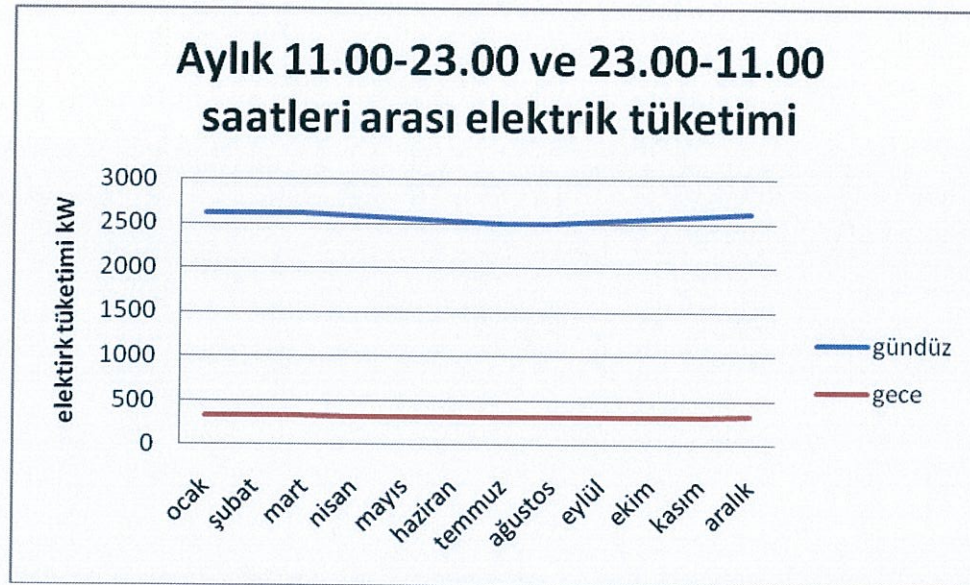
Şekil 4.47'de kojenerasyon ünitesi elektrik ihtiyacını kış aylarında %89, yaz aylarında % 93 karşılamaktadır.



Şekil 4.48. Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama

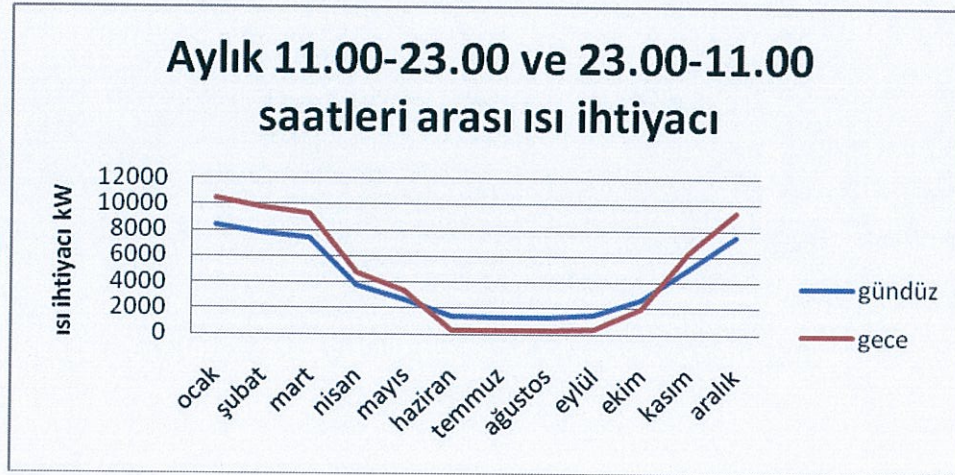
Şekil 4.48’de kış aylarında yaklaşık %25 civarında, yaz aylarında yaklaşık % 97 civarında ısı ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.

4.3.7. Beş site (Aktürk+Mayavera+Ardenia+Fibalife+Ağaoğlu) Grafikleri



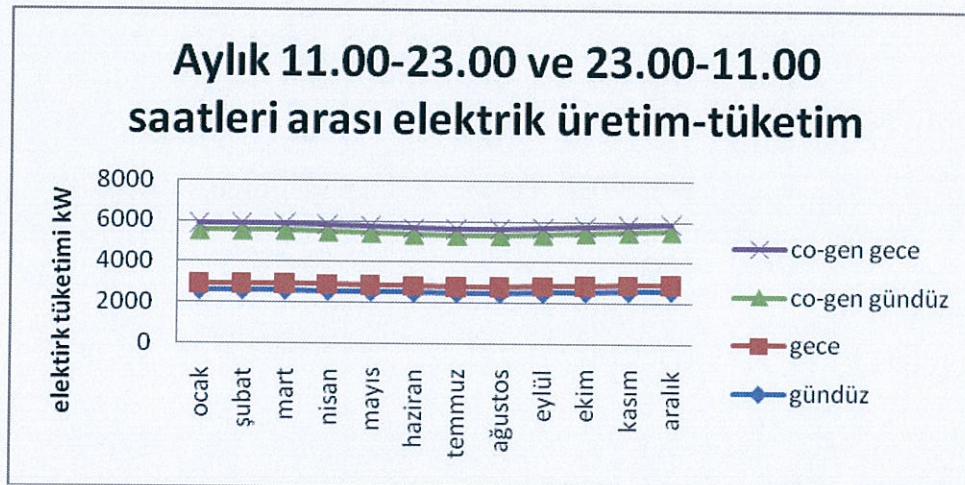
Şekil 4.49. Mevsimsel elektrik tüketimi

Şekil 4.49'da gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre elektrik tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 2550 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 320 kW'tır.



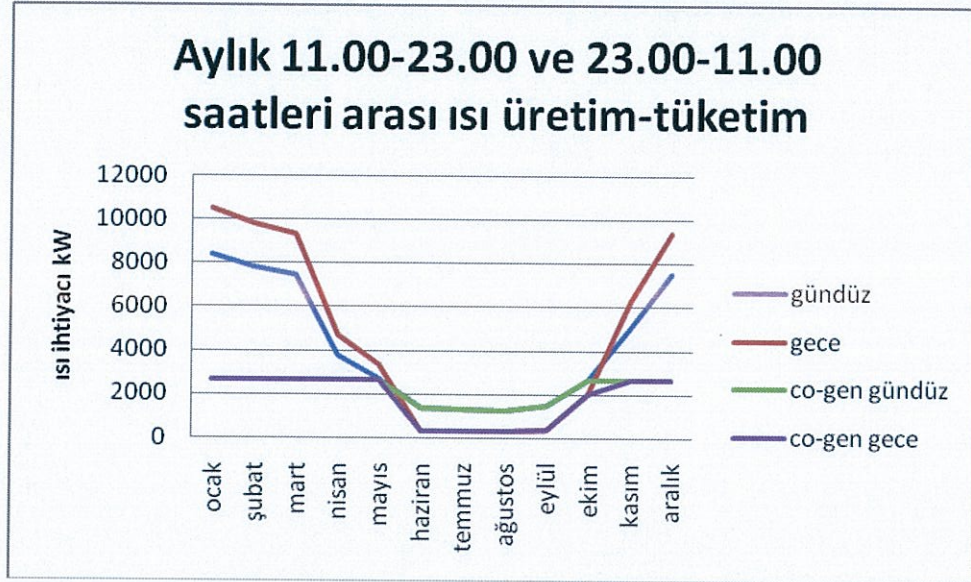
Şekil 4.50. Mevsimsel ısı ihtiyacı

Şekil 4.50'de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre ısı ihtiyacı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 7800 kW, yaz aylarında 1300 kW'tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 9600 kW'tır, yaz aylarında 340 kW'tır.



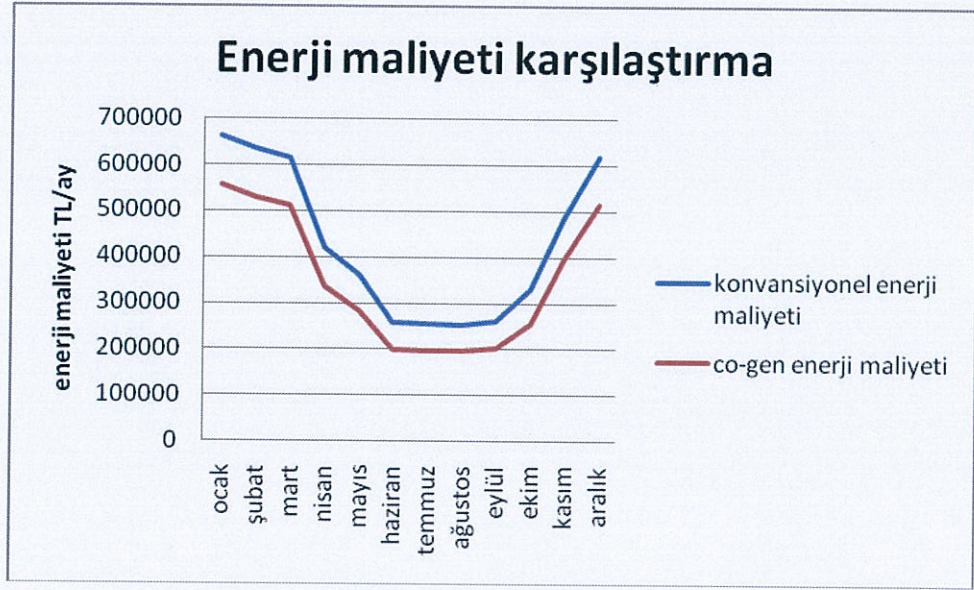
Şekil 4.51. Mevsimsel elektrik üretim-tüketim

Şekil 4.51’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistem hem de kojenerasyon ünitesi elektrik üretimi ve tüketimi gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 2550 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ortalama elektrik tüketimi 320 kW’tır. Ocak-Şubat-Mart-Aralık aylarında gündüz saatlerinde elektrik tüketimi 2600kW’tan fazla olduğu için fazla olan kısım şebekeden alınmaktadır, 2600 kW’lık kısmı ise kojenerasyon ünitesi karşılamaktadır. Diğer bütün aylarda gece ve gündüz saatlerinde elektrik tüketimi kojenerasyon üretiminden sağlanmaktadır.



Şekil 4.52. Mevsimsel ısı üretim-tüketim

Şekil 4.52’de gündüz (11.00-23.00) ve gece (23.00-11.00) saatleri için aylara göre hem konvansiyonel sistemin hem de kojenerasyon ünitesinin ısı üretimi ve kullanımı gösterilmektedir. Gündüz saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 7800 kW, yaz aylarında 1300 kW’tır. Gece saatlerinde sitenin ısı ihtiyacı kış aylarında ortalama 9600 kW’tır, yaz aylarında 340 kW’tır. Kojenerasyon ünitesinden alınabilecek maksimum termal güç 2644 kW’tır. Kış aylarında ısı kullanımının 2644 kW’lık kısmı kojenerasyon ünitesinden sağlanmakta iken yaz aylarında ısı kullanımının tamamı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.



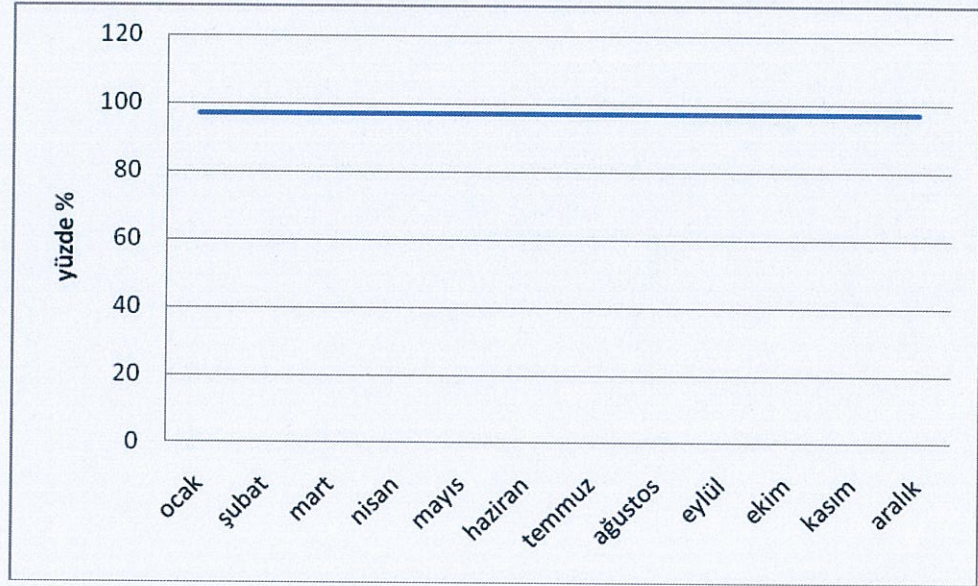
Şekil 4.53. Toplam enerji maliyeti karşılaştırma

Şekil 4.53'te konvansiyonel sistemin enerji maliyeti ile düşünülen kojenerasyon ünitesinin sağladığı enerji maliyeti karşılaştırılmıştır. Kojenerasyon ünitesi sayesinde kış aylarında ve yaz aylarında enerji maliyetlerinin düştüğü görülmektedir.



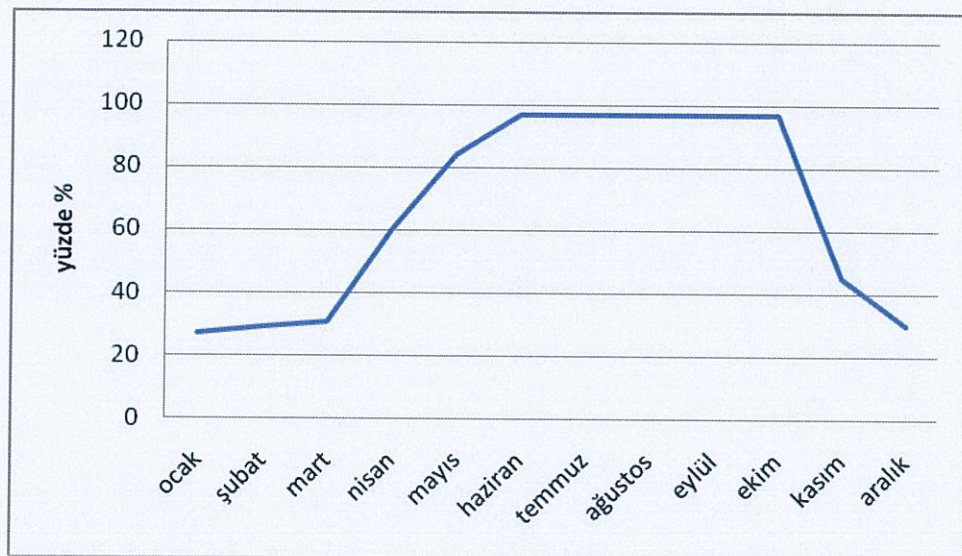
Şekil 4.54. Kojenerasyon kapasite kullanım oranı

Şekil 4.54'te kojenerasyon çalışma yük verimi gösterilmektedir. Kış aylarında ünitenin verimi %56 ve yaz aylarında ünitenin verimi %54'tür.



Şekil 4.55. Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama

Şekil 4.55'te kojenerasyon ünitesi elektrik ihtiyacını kış aylarında ve yaz aylarında % 97 karşılamaktadır.



Şekil 4.56. Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama

Şekil 4.56'da kış aylarında yaklaşık %30 civarında, yaz aylarında yaklaşık %97 civarında ısı ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır.

4.4. Sitelerin Enerji Giderleri ve Tasarruf Oranları

Aktürk Sitesi için kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra toplam enerji gideri 2.225.720 TL'den 1.476.171 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 749.750 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %34 olarak gerçekleşmiştir.

Mayavera Sitesi için kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra toplam enerji gideri 773.629 TL'den 399.092 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 320.856 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %43 olarak gerçekleşmiştir.

Fibalife Sitesi için kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra toplam enerji gideri 719.948 TL'den 446.067 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 327.562 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %38 olarak gerçekleşmiştir.

Ağaoğlu My-Country Sitesi için kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra toplam enerji gideri 1.279.095 TL'den 761.548 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 515.547 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %41 olarak gerçekleşmiştir.

Arsan Ardenia Sitesi için kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra toplam enerji gideri 159.950 TL'den 98.171 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 61.779 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %39 olarak gerçekleşmiştir.

Üç site toplamı için kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra toplam enerji gideri 3.159.496 TL'den 1.927.763 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 1.231.733

TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %39 olarak gerçekleşmiştir.

Beş site toplamı için kojenerasyon sisteminin kurulumundan sonra toplam enerji gideri 5.158.334 TL'den 2.963.523 TL'ye gerilemiş, konvansiyonel sisteme göre 2.194.812 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Buna göre toplam tasarruf oranı %43 olarak gerçekleşmiştir.

Ar-Ke Enerji firması tarafından gönderdiğimiz sitelere ait ısı ve elektrik güçlerine göre seçilen kojenerasyon ünitelerine ait yatırım maliyetleri aşağıda olduğu gibidir:

800 kW'lık ünite: 490.000 EUR

600 kW'lık ünite: 425.000 EUR

400 kW'lık ünite: 360.000 EUR

80 kW'lık ünite: 120.000 EUR

1200 kW + 200 kW'lık iki ünite: 810.000 EUR

2000 kW + 600 kW'lık iki ünite: 1.250.000 EUR

Ünitelerin sahip olduğu ortak standart donanım aşağıdadır:

1. Doğal Gaz Motoru
2. Alternatör
3. Kontrol Panosu
4. Güç Panosu
5. Isı Geri Kazanım Sistemi
6. Ceket Suyu Soğutma Radyatörü
7. After-cooler Soğutma Radyatörü
8. Otomatik Beslemeli Yağlama Yağı Tankı
9. Oksidasyon katalist
10. 1.Kademe Egzost Gazı Susturucusu (80 dB(A))
11. İnternet üzerinden Uzaktan Kontrol Sistemi (WinEdit)

12. İç ortam tipi ses izolasyon kabini (kabinden 1 m ötede 80 dB(A) gürültü seviyesi

Yatırım maliyet fiyatları, ekipman + entegrasyon (mekanik+elektrik %6/7) + yasal harcamalar (lisans, harçlar) + finansman maliyeti (yıllık %6-7) kalemlerinin toplamıdır.

4.5. Sitelerin geri ödeme süreleri

Geri dönüşüm süresi için mühendislik ekonomisi yöntemi olarak net karın şimdiki değeri esas alınarak 20 yıl sonraki net kar değeri faiz oranı düşünülerek bugüne taşındı ve hesaplar tablolar halinde gösterildi. Kümülatif toplamı elde etmek için ilk yatırım maliyetinin şimdiki değerinden net karın şimdiki değeri TL olarak çıkarıldı. Net karın şimdiki değerine % 10 faiz uygulanarak kümülatif değer eksiden artıya geçtiği yıl geri dönüşüm süresi olarak belirlendi.

Çizelge 4.8. Aktürk Sitesi Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro	Net Karın şimdiki değeri	Kümülatif toplam
0	490000	600000	-1078000
1	0	660000	-418000
2	0	798600	380600
3	0	1062937	1443536,6
4	0	1556245	2999782,076
5	0	2506349	5506130,978
6	0	4440150	9946280,944
7	0	8652596	18598877,11
8	0	18547608	37146485,43
9	0	43734290	80880775,64
10	0	113435485	194316261,1
11	0	323644679	517960939,8
12	0	1015735644	1533696583
13	0	3506594924	5040291507
14	0	13316288388	18356579895
15	0	55625441291	73982021186
16	0	255597400085	3,29579E+11
17	0	1291909463651	1,62149E+12
18	0	7182909794417	8,8044E+12
19	0	43930022979955	5,27344E+13
20	0	295539227371522	3,48274E+14

Aktürk Sitesi için seçilen 800 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 1 yıl 6 ay olarak belirlendi (1 Euro = 2.2 TL, Faiz oranı: %10 olarak düşünüldü).

Çizelge 4.9. Mayavera Sitesi Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro	Net Karın şimdiki değeri	Kümülatif toplam
0	360000	225000	-792000
1	0	247500	-544500
2	0	299475	-245025
3	0	398601	153576
4	0	583592	737168
5	0	939881	1677049
6	0	1665056	3342105
7	0	3244724	6586829
8	0	6955353	13542182
9	0	16400359	29942541
10	0	42538307	72480848
11	0	121366755	193847602
12	0	380900866	574748469
13	0	1314973096	1889721565
14	0	4993608145	6883329711
15	0	20859540484	27742870195
16	0	95849025032	123591895226
17	0	484466048869	608057944096
18	0	2693591172906	3301649117002
19	0	16473758617483	19775407734485
20	0	110827210264321	130602617998806

Mayavera Sitesi için seçilen 400 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 2 yıl 7 ay olarak belirlendi.

Çizelge 4.10. Fibalife Sitesi Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	<u>İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer,</u> <u>euro</u>	<u>Net Karın şimdiki değeri</u>	<u>Kümülatif toplam</u>
0	360000	217000	-792000
1	0	238700	-553300
2	0	288827	-264473
3	0	384429	119956
4	0	562842	682798
5	0	906463	1589261
6	0	1605854	3195115
7	0	3129356	6324471
8	0	6708052	13032522
9	0	15817235	28849757
10	0	41025834	69875591
11	0	117051492	186927083
12	0	367357724	554284808
13	0	1268218497	1822503305
14	0	4816057634	6638560939
15	0	20117867933	26756428872
16	0	92441059697	119197488570
17	0	467240589354	586438077923
18	0	2597819042314	3184257120237
19	0	15888024977751	19072282097988
20	0	106886687232700	125958969330688

Fibalife Sitesi için seçilen 400 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 2 yıl 8 ay olarak belirlendi.

Çizelge 4.11. Ağaoğlu Sitesi Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro	Net Karın şimdiki değeri	Kümülatif toplam
0	425000	392000	-935000
1	0	431200	-503800
2	0	521752	17952
3	0	694452	712403,912
4	0	1016747	1729150,956
5	0	1637481	3366632,239
6	0	2900898	6267530,217
7	0	5653029	11920559,71
8	0	12117771	24038330,48
9	0	28573070	52611400,09
10	0	74111184	126722583,9
11	0	211447857	338170440,7
12	0	663613954	1001784394
13	0	2290975350	3292759745
14	0	8699975080	11992734825
15	0	36341954977	48334689801
16	0	166990301389	2,15325E+11
17	0	844047516252	1,05937E+12
18	0	4692834399019	5,75221E+12
19	0	28700948346904	3,44532E+13
20	0	193085628549394	2,27539E+14

Ağaoğlu Sitesi için seçilen 400 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 2 yıl olarak belirlendi.

Çizelge 4.12. Ardenia Sitesi Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro	Net Karın şimdiki değeri	Kümülatif toplam
0	120000	19000	-264000
1	0	20900	-243100
2	0	25289	-217811
3	0	33660	-184151,341
4	0	49281	-134870,2343
5	0	79368	-55502,51904
6	0	140605	85102,2299
7	0	273999	359101,1085
8	0	587341	946442,0386
9	0	1384919	2331361,229
10	0	3592124	5923484,936
11	0	10248748	16172233,09
12	0	32164962	48337195,14
13	0	111042173	159379367,7
14	0	421682466	581061833,3
15	0	1761472308	2342534141
16	0	8093917669	10436451810
17	0	40910466349	51346918159
18	0	227458810157	2,78806E+11
19	0	1391117394365	1,66992E+12
20	0	9358742200098	1,10287E+13

Arsan Ardenia Sitesi için seçilen 80 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 5 yıl 5 ay olarak belirlendi.

Çizelge 4.13. Üç Site Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro	Net Karın şimdiki değeri	Kümülatif toplam
0	810000	1080000	-1782000
1	0	1188000	-594000
2	0	1437480	843480
3	0	1913286	2756765,88
4	0	2801242	5558007,737
5	0	4511428	10069435,76
6	0	7992270	18061705,7
7	0	15574673	33636378,8
8	0	33385695	67022073,77
9	0	78721722	145743796,2
10	0	204183874	349927670
11	0	582560422	932488091,7
12	0	1828324158	2760812250
13	0	6311870863	9072683113
14	0	23969319098	33042002211
15	0	100125794323	1,33168E+11
16	0	460075320153	5,93243E+11
17	0	2325437034572	2,91868E+12
18	0	12929237629951	1,58479E+13
19	0	79074041363919	9,4922E+13
20	0	531970609268739	6,26893E+14

Üç site için seçilen 1400 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.13'te gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 1 yıl 5 ay olarak belirlendi.

Çizelge 4.14. Beş Site Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro	Net Karın şimdiki değeri	Kümülatif toplam
0	1250000	1990000	-2750000
1	0	2189000	-561000
2	0	2648690	2087690
3	0	3525406	5613096,39
4	0	5161547	10774643,89
5	0	8312724	19087367,74
6	0	14726497	33813865,13
7	0	28697777	62511642,42
8	0	61516234	124027876,7
9	0	145052063	269079939,2
10	0	376227694	645307632,7
11	0	1073421518	1718729150
12	0	3368856551	5087585702
13	0	11630206497	16717792199
14	0	44165689819	60883482018
15	0	184491046947	2,45375E+11
16	0	847731376948	1,09311E+12
17	0	4284833054442	5,37794E+12
18	0	23823317484816	2,92013E+13
19	0	145701242883518	1,74902E+14
20	0	980205104115547	1,15511E+15

Beş site için seçilen 2600 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.14'te gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 1 yıl 3 ay olarak belirlendi.

Aktürk sitesi için düşünülen 1200, 1400, 2000 ve 2600 kW kapasiteli beş ünite için geri dönüşüm süreleri ve tasarruf oranlarına göre duyarlılık analizi yapıldı (800 kW kapasitesi için hesap tablosu Çizelge 4.1'de verildi). Dört farklı kapasite için geri dönüşüm tabloları ve duyarlılık analizi aşağıda gösterilmiştir:

Çizelge 4.15. 1200 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

<u>YILLAR</u>	<u>İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro</u>	<u>Net Karın şimdiki değeri</u>	<u>Kümülatif toplam</u>
0	650000	840000	-1430000
1	0	924000	-506000
2	0	1118040	612040
3	0	1488111	2100151,24
4	0	2178744	4278894,906
5	0	3508888	7787783,369
6	0	6216210	14003993,32
7	0	12113635	26117627,95
8	0	25966652	52084279,6
9	0	61228006	113312285,9
10	0	158809680	272121965,6
11	0	453102550	725224515,7
12	0	1422029901	2147254417
13	0	4909232893	7056487310
14	0	18642803743	25699291053
15	0	77875617807	1,03575E+11
16	0	357836360119	4,61411E+11
17	0	1808673249111	2,27008E+12
18	0	10056073712184	1,23262E+13
19	0	61502032171937	7,38282E+13
20	0	413754918320130	4,87583E+14

1200 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 1 yıl 5 ay olarak belirlendi.

Çizelge 4.16. 1400 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

<u>YILLAR</u>	<u>İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro</u>	<u>Net Karın şimdiki değeri</u>	<u>Kümülatif toplam</u>
0	810000	862000	-1782000
1	0	948200	-833800
2	0	1147322	313522
3	0	1527086	1840607,582
4	0	2235806	4076413,583
5	0	3600788	7677201,505
6	0	6379015	14056216,96
7	0	12430896	26487113,45
8	0	26646731	53133844,07
9	0	62831597	115965441
10	0	162968981	278934421,8
11	0	464969522	743903943,5
12	0	1459273541	2203177485
13	0	5037808041	7240985525
14	0	19131067650	26372053176
15	0	79915217321	1,06287E+11
16	0	367208264789	4,73496E+11
17	0	1856043262778	2,32954E+12
18	0	10319447071312	1,2649E+13
19	0	63112799681202	7,57618E+13
20	0	424591356657086	5,00353E+14

1400 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 1 yıl 9 ay olarak belirlendi.

Çizelge 4.17. 2000 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

<u>YILLAR</u>	<u>İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro</u>	<u>Net Karın şimdiki değeri</u>	<u>Kümülatif toplam</u>
0	850000	1045000	-1870000
1	0	1149500	-720500
2	0	1390895	670395
3	0	1851281	2521676,245
4	0	2710461	5232137,116
5	0	4365224	9597361,453
6	0	7733261	17330622,64
7	0	15069938	32400560,97
8	0	32303751	64704312,12
9	0	76170555	140874867,6
10	0	197566804	338441671,5
11	0	563681149	902122820,2
12	0	1769072913	2671195733
13	0	6107319492	8778515225
14	0	23192535608	31971050834
15	0	96880976915	1,28852E+11
16	0	445165471815	5,74017E+11
17	0	2250075649192	2,82409E+12
18	0	12510234558610	1,53343E+13
19	0	76511456690089	9,18458E+13
20	0	514730821005400	6,06577E+14

2000 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yöntemle göre oluşturulan tablo Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 1 yıl 6 ay olarak belirlendi.

Çizelge 4.18. 2600 kW Kapasiteli Ünitenin Geri Dönüşüm Süresi Hesap Tablosu

YILLAR	İlk Yatırım maliyeti şimdiki değer, euro	Net Karın şimdiki değeri	Kümülatif toplam
0	1250000	1125000	-2750000
1	0	1237500	-1512500
2	0	1497375	-15125
3	0	1993006	1977881,125
4	0	2917960	4895841,393
5	0	4699404	9595245,583
6	0	8325281	17920526,77
7	0	16223618	34144144,58
8	0	34776766	68920910,18
9	0	82001794	150922704,3
10	0	212691535	363614239,6
11	0	606833773	970448012,2
12	0	1904504332	2874952344
13	0	6574865482	9449817826
14	0	24968040727	34417858553
15	0	104297702420	1,38716E+11
16	0	479245125159	6,17961E+11
17	0	2422330244345	3,04029E+12
18	0	13467955864532	1,65082E+13
19	0	82368793087416	9,8877E+13
20	0	554136051321603	6,53013E+14

2600 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için uygulanan ekonomik yönteme göre oluşturulan tablo Çizelge 4.18’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre geri dönüşüm süresi 2 yıl olarak belirlendi.

Aktürk 800 kW kapasiteli ünite için yapılan tasarruf analiz hesapları diğer dört kapasite için de yapıldı. Buna göre oluşturulan tablolar aşağıdadır:

**AKTÜRK SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU
(1200Kw) – D.GAZ YAKITLI**

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici	0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	1200
Elektrik Fiyatı (TL/kWh)	0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	1303
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari	0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz			
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³)	9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati)	14.5	Yakıt tüketimi (kW)	2750
		Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.19. Aktürk 1200 kW Maliyet Hesap Tablosu

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	445,500	445,500	445,500	437,400	433,350	425,250	421,200	421,200	425,250	433,350	437,400	445,500	5,216,400
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	316,301	295,473	281,093	142,862	102,117	28,772	27,691	26,553	31,040	78,059	190,691	283,266	1,803,920
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	3,028,762	2,829,328	2,691,628	1,367,986	977,833	275,512	265,161	254,265	297,226	747,462	1,825,982	2,712,437	17,273,582
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	95,337	95,337	95,337	93,604	92,737	91,004	90,137	90,137	91,004	92,737	93,604	95,337	1,116,310
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	194,525	181,716	172,872	87,860	62,802	17,695	17,030	16,330	19,090	48,006	117,275	174,209	1,109,411
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	289,862	277,053	268,209	181,464	155,539	108,698	107,167	106,467	110,093	140,743	210,879	269,546	2,225,720
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	1,100	1,100	1,100	1,080	1,070	1,050	1,040	1,040	1,050	1,070	1,080	1,100	4,636,800
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579,600
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	1,100	1,100	1,100	1,080	1,070	1,050	1,040	1,040	1,050	1,070	1,080	1,100	4,636,800
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579,600
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	3,739	3,493	3,323	1,689	1,207	612	589	565	661	1,186	2,254	3,349	8,160,388
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	4,674	4,366	4,154	2,111	1,509	153	147	141	165	890	2,818	4,186	9,113,194
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	1,303	1,303	1,303	1,303	1,207	612	589	565	661	1,186	1,303	1,303	4,549,924
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	1,303	1,303	1,303	1,303	1,303	153	147	141	165	890	1,303	1,303	3,822,333
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	433,125	433,125	433,125	425,250	421,313	413,438	409,500	409,500	413,438	421,313	425,250	433,125	5,071,500
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000	10,080,000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	470,302	470,302	470,302	461,751	457,475	448,924	444,649	444,649	448,924	457,475	461,751	470,302	5,506,804
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	912,100	912,100	912,100	912,100	878,571	267,859	257,795	247,202	288,970	726,699	912,100	912,100	8,139,695
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	61,305	61,305	61,305	61,305	59,051	18,004	17,327	16,615	19,423	48,844	61,305	61,305	547,094
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	52	52	52	51	50	49	49	49	49	50	51	52	50
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	30	32	34	67	90	97	97	97	97	97	50	34	47

Çizelge 4.19. (devam)

TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	12,375	12,375	12,375	12,150	12,037	11,812	11,700	11,700	11,812	12,037	12,150	12,375	144,900
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	57,374	57,374	57,374	56,331	55,810	54,766	54,245	54,245	54,766	55,810	56,331	57,374	671,801
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	2,648	2,648	2,648	2,600	2,576	2,528	2,504	2,504	2,528	2,576	2,600	2,648	31,009
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	122,890	111,327	103,343	26,596	5,912	492	473	454	530	1,334	53,151	104,549	531,050
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	182,913	171,349	163,365	85,527	64,298	57,786	57,222	57,202	57,824	59,719	112,082	164,572	1,233,859
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	106,949	105,704	104,844	95,937	91,241	50,913	49,945	49,265	52,269	81,024	98,797	104,974	991,861
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	10,150	121,800
ÇALIŞIRKEN YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	152	152	152	149	147	145	143	143	145	147	149	152	1,775
2500 SAAT YAĞ DEĞİŞİM MİKTARI (LT/AY)	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	1,806
TOPLAM YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	302	302	302	299	298	295	294	294	295	298	299	302	3,581
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	2,643	2,643	2,643	2,619	2,607	2,583	2,571	2,571	2,583	2,607	2,619	2,643	31,334
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	12,793	12,793	12,793	12,769	12,757	12,733	12,721	12,721	12,733	12,757	12,769	12,793	153,134
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	94,156	92,910	92,051	83,168	78,484	38,180	37,224	36,544	39,536	68,267	86,027	92,180	838,727

AKTURK SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU (1400Kw) - D.GAZ YAKITLI

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici 0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	1400
Elektrik Fiyatı (TL/kWh) 0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	1452
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari 0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz		
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³) 9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati) 14.5	Yakıt tüketimi (kW)	3285
	Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.20. Aktürk 1400 kW Maliyet Hesap Tablosu

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	445.500	445.500	445.500	437.400	433.350	425.250	421.200	421.200	425.250	433.350	437.400	445.500	5.216.400
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	316.301	295.473	281.093	142.862	102.117	28.772	27.691	26.553	31.040	78.059	190.691	283.266	1.803.920
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	3.028.762	2.829.328	2.691.628	1.367.986	977.833	275.512	265.161	254.265	297.226	747.462	1.825.982	2.712.437	17.273.582
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	95.337	95.337	95.337	93.604	92.737	91.004	90.137	90.137	91.004	92.737	93.604	95.337	1.116.310
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	194.525	181.716	172.872	87.860	62.802	17.695	17.030	16.330	19.090	48.006	117.275	174.209	1.109.411
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	289.862	277.053	268.209	181.464	155.539	108.698	107.167	106.467	110.093	140.743	210.879	269.546	2.225.720
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	1.100	1.100	1.100	1.080	1.070	1.050	1.040	1.040	1.050	1.070	1.080	1.100	4.636.800
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579.600
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	1.100	1.100	1.100	1.080	1.070	1.050	1.040	1.040	1.050	1.070	1.080	1.100	4.636.800

Çizelge 4.20. (devam)

23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579.600
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	3.739	3.493	3.323	1.689	1.207	612	589	565	661	1.186	2.254	3.349	8.160.388
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	4.674	4.366	4.154	2.111	1.509	153	147	141	165	890	2.818	4.186	9.113.194
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	1.452	1.452	1.452	1.452	1.207	612	589	565	661	1.186	1.452	1.452	4.871.764
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	1.452	1.452	1.452	1.452	1.452	153	147	141	165	890	1.452	1.452	4.197.813
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	433.125	433.125	433.125	425.250	421.313	413.438	409.500	409.500	413.438	421.313	425.250	433.125	5.071.500
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	980.000	11.760.000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	449.213	449.213	449.213	441.045	436.961	428.794	424.710	424.710	428.794	436.961	441.045	449.213	5.259.870
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	1.016.400	1.016.400	1.016.400	1.016.400	930.721	267.859	257.795	247.202	288.970	726.699	1.016.400	1.016.400	8.817.645
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	68.315	68.315	68.315	68.315	62.557	18.004	17.327	16.615	19.423	48.844	68.315	68.315	592.661
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	44	44	44	43	43	42	42	42	42	43	43	44	43
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	34	36	38	74	95	97	97	97	97	97	56	37	51
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	12.375	12.375	12.375	12.150	12.037	11.812	11.700	11.700	11.812	12.037	12.150	12.375	144.900
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	58.745	58.745	58.745	57.677	57.143	56.075	55.541	55.541	56.075	57.143	57.677	58.745	687.854
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	2.648	2.648	2.648	2.600	2.576	2.528	2.504	2.504	2.528	2.576	2.600	2.648	31.009
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	116.861	105.298	97.314	20.567	2.898	492	473	454	530	1.334	47.122	98.520	491.863
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	178.255	166.691	158.707	80.844	62.617	59.094	58.518	58.498	59.133	61.053	107.400	159.914	1.210.725
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	111.607	110.362	109.502	100.620	92.922	49.604	48.649	47.969	50.960	79.691	103.479	109.632	1.014.995
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	121.800
ÇALIŞIRKEN YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	152	152	152	149	147	145	143	143	145	147	149	152	1.775
2500 SAAT YAĞ DEĞİŞİM MİKTARI (LT/AY)	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	1.806
TOPLAM YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	302	302	302	299	298	295	294	294	295	298	299	302	3.581
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	2.643	2.643	2.643	2.619	2.607	2.583	2.571	2.571	2.583	2.607	2.619	2.643	31.334
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	12.793	12.793	12.793	12.769	12.757	12.733	12.721	12.721	12.733	12.757	12.769	12.793	153.134
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	98.814	97.568	96.708	87.850	80.165	36.871	35.928	35.248	38.227	66.933	90.710	96.838	861.861

AKTURK SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU
(2000kw) - D.GAZ YAKITLI

Doğalgaz Fiyatı (TL/m3) - Serbest Tüketici	0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	2000
Elektrik Fiyatı (TL/kWh)	0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	2168
Doğalgaz Fiyatı (TL/m3) – Ticari	0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz			
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³)	9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati)	14.5	Yakıt tüketimi (kW)	4583
		Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.21. Aktürk 2000 kW Maliyet Hesap Tablosu

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	445.500	445.500	445.500	437.400	433.350	425.250	421.200	421.200	425.250	433.350	437.400	445.500	5.216.400
Doğalgaz tüketimi (m3/ay)	316.301	295.473	281.093	142.862	102.117	28.772	27.691	26.553	31.040	78.059	190.691	283.266	1.803.920
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	3.028.762	2.829.328	2.691.628	1.367.986	977.833	275.512	265.161	254.265	297.226	747.462	1.825.982	2.712.437	17.273.582
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	95.337	95.337	95.337	93.604	92.737	91.004	90.137	90.137	91.004	92.737	93.604	95.337	1.116.310
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	194.525	181.716	172.872	87.860	62.802	17.695	17.030	16.330	19.090	48.006	117.275	174.209	1.109.411
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	289.862	277.053	268.209	181.464	155.539	108.698	107.167	106.467	110.093	140.743	210.879	269.546	2.225.720
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	1.100	1.100	1.100	1.080	1.070	1.050	1.040	1.040	1.050	1.070	1.080	1.100	4.636.800
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579.600
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	1.100	1.100	1.100	1.080	1.070	1.050	1.040	1.040	1.050	1.070	1.080	1.100	4.636.800
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579.600
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	3.739	3.493	3.323	1.689	1.207	612	589	565	661	1.186	2.254	3.349	8.160.388
23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	4.674	4.366	4.154	2.111	1.509	153	147	141	165	890	2.818	4.186	9.113.194
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	2.168	2.168	2.168	1.689	1.207	612	589	565	661	1.186	2.168	2.168	6.245.838
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	2.168	2.168	2.168	2.111	1.509	153	147	141	165	890	2.168	2.168	5.744.407
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	433.125	433.125	433.125	425.250	421.313	413.438	409.500	409.500	413.438	421.313	425.250	433.125	5.071.500
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	1.400.000	16.800.000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	469.508	469.508	469.508	460.971	456.703	448.166	443.898	443.898	448.166	456.703	460.971	469.508	5.497.506
Isıtma ile Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	1.517.600	1.517.600	1.517.600	1.329.987	950.671	267.859	257.795	247.202	288.970	726.699	1.517.600	1.517.600	11.657.182
Isıtma ile Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	102.003	102.003	102.003	89.393	63.898	18.004	17.327	16.615	19.423	48.844	102.003	102.003	783.516
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	31	31	31	30	30	30	29	29	30	30	30	31	30
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	50	54	56	97	97	97	97	97	97	97	83	56	67
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	12.375	12.375	12.375	12.150	12.037	11.812	11.700	11.700	11.812	12.037	12.150	12.375	144.900

Çizelge 4.21. (devam)

Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	57.370	57.370	57.370	56.327	55.805	54.762	54.241	54.241	54.762	55.805	56.327	57.370	671.752
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	2.648	2.648	2.648	2.600	2.576	2.528	2.504	2.504	2.528	2.576	2.600	2.648	31.009
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	87.890	76.327	68.343	2.441	1.745	492	473	454	530	1.334	18.151	69.549	327.728
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	147.909	136.345	128.361	61.368	60.126	57.782	57.218	57.198	57.821	59.715	77.078	129.568	1.030.488
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	141.953	140.708	139.848	120.096	95.413	50.917	49.949	49.269	52.273	81.028	133.801	139.978	1.195.232
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	121.800
ÇALIŞIRKEN YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	152	152	152	149	147	145	143	143	145	147	149	152	1.775
2500 SAAT YAĞ DEĞİŞİM MİKTARI (LT/AY)	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	1.806
TOPLAM YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	302	302	302	299	298	295	294	294	295	298	299	302	3.581
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	2.643	2.643	2.643	2.619	2.607	2.583	2.571	2.571	2.583	2.607	2.619	2.643	31.334
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	12.793	12.793	12.793	12.769	12.757	12.733	12.721	12.721	12.733	12.757	12.769	12.793	153.134

AKTURK SİTESİ KOJENERASYON SİSTEMİ YILLIK TASARRUF ANALİZ TABLOSU
(2600Kw) - D.GAZ YAKITLI

Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) - Serbest Tüketici 0.515	Elektrik Kapasitesi (kW)	2600
Elektrik Fiyatı (TL/kWh) 0.214	Termal Enerji Kapasitesi (kW)	2644
Doğalgaz Fiyatı (TL/m ³) – Ticari 0.615	Kullanılan Yakıt	
Doğalgaz		
Doğalgaz Isıl Değeri (kcal/m ³) 9150	Isı Sarfıyatı (kcal/kWh)	2268
Bakım Birim Fiyatı (TL/çal.saati) 14.5	Yakıt tüketimi (kW)	6013
	Çalışılan Saat Sayısı (saat/ay)	700

Çizelge 4.22. Aktürk 2600 kW Maliyet Hesap Tablosu

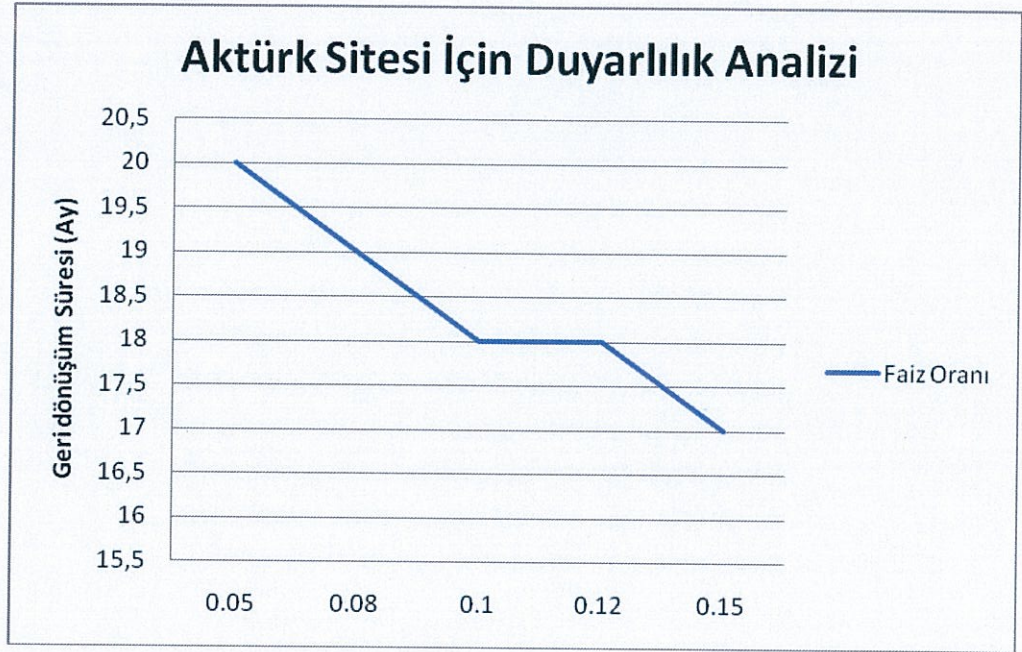
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Elektrik İhtiyacı (kWh/ay)	445.500	445.500	445.500	437.400	433.350	425.250	421.200	421.200	425.250	433.350	437.400	445.500	5.216.400
Doğalgaz tüketimi (m ³ /ay)	316.301	295.473	281.093	142.862	102.117	28.772	27.691	26.553	31.040	78.059	190.691	283.266	1.803.920
Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/ay)	3.028.762	2.829.328	2.691.628	1.367.986	977.833	275.512	265.161	254.265	297.226	747.462	1.825.982	2.712.437	17.273.582
Elektrik Maliyeti (TL/ay)	95.337	95.337	95.337	93.604	92.737	91.004	90.137	90.137	91.004	92.737	93.604	95.337	1.116.310
Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	194.525	181.716	172.872	87.860	62.802	17.695	17.030	16.330	19.090	48.006	117.275	174.209	1.109.411
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	289.862	277.053	268.209	181.464	155.539	108.698	107.167	106.467	110.093	140.743	210.879	269.546	2.225.720
11-23 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	1.100	1.100	1.100	1.080	1.070	1.050	1.040	1.040	1.050	1.070	1.080	1.100	4.636.800
23-11 Saatlerinde Ortalama Çekilen Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579.600
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	1.100	1.100	1.100	1.080	1.070	1.050	1.040	1.040	1.050	1.070	1.080	1.100	4.636.800
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Güç (kW)	138	138	138	135	134	131	130	130	131	134	135	138	579.600
11-23 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	3.739	3.493	3.323	1.689	1.207	612	589	565	661	1.186	2.254	3.349	8.160.388

Çizelge 4.22. (devam)

23-11 Saatlerinde Ortalama Isıtma İhtiyacı (kW)	4.674	4.366	4.154	2.111	1.509	153	147	141	165	890	2.818	4.186	9.113.194
11-23 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	2.644	2.644	2.644	1.689	1.207	612	589	565	661	1.186	2.254	2.644	6.962.346
23-11 Ara. Co-Gen'den Alınabilecek Max. Isıtma Gücü (kW)	2.644	2.644	2.644	2.111	1.509	153	147	141	165	890	2.644	2.644	6.601.207
Co-Gen Ünitesinin Üretebileceği Max. Elektrik (kWh/ay)	433.125	433.125	433.125	425.250	421.313	413.438	409.500	409.500	413.438	421.313	425.250	433.125	5.071.500
Üretilen Elektrik Miktarı (kWh/ay)	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	1.820.000	21.840.000
Üretilen Termal Enerji Miktarı (kWh/ay)	440.455	440.455	440.455	432.447	428.442	420.434	416.430	416.430	420.434	428.442	432.447	440.455	5.157.325
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (kWh/ay)	1.850.800	1.850.800	1.850.800	1.329.987	950.671	267.859	257.795	247.202	288.970	726.699	1.714.405	1.850.800	13.186.787
Isıtma İle Elde Edilecek Doğalgaz Tasarrufu (TL/ay)	124.398	124.398	124.398	89.393	63.898	18.004	17.327	16.615	19.423	48.844	115.230	124.398	886.325
Co-Gen Çalışma Yük Verimi (%)	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	24	23
Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	61	65	69	97	97	97	97	97	97	97	94	68	76
TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı (kWh/ay)	12.375	12.375	12.375	12.150	12.037	11.812	11.700	11.700	11.812	12.037	12.150	12.375	144.900
Co-Gen Ünitesi Tüketim Maliyeti (TL/ay)	57.901	57.901	57.901	56.848	56.322	55.269	54.742	54.742	55.269	56.322	56.848	57.901	677.964
TEDAŞ Elektrik Maliyeti (TL/ay)	2.648	2.648	2.648	2.600	2.576	2.528	2.504	2.504	2.528	2.576	2.600	2.648	31.009
Ek Doğalgaz Maliyeti (TL/ay)	68.630	57.067	49.083	2.441	1.745	492	473	454	530	1.334	6.775	50.289	239.312
Toplam Enerji Maliyeti (TL/ay)	129.179	117.616	109.632	61.889	60.642	58.288	57.719	57.700	58.327	60.231	66.223	110.838	948.285
TOPLAM BRÜT TASARRUF (TL/AY)	160.683	159.437	158.577	119.575	94.897	50.410	49.448	48.767	51.766	80.512	144.656	158.707	1.277.436
BAKIM GİDERLERİ (MALZEME+İŞÇİLİK) (TL/AY)	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	121.800
ÇALIŞIRKEN YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	152	152	152	149	147	145	143	143	145	147	149	152	1.775
2500 SAAT YAĞ DEĞİŞİM MİKTARI (LT/AY)	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	1.806
TOPLAM YAĞ TÜKETİMİ (LT/AY)	302	302	302	299	298	295	294	294	295	298	299	302	3.581
YAĞLAMA YAĞI MALİYETİ (TL/AY)	2.643	2.643	2.643	2.619	2.607	2.583	2.571	2.571	2.583	2.607	2.619	2.643	31.334
TOPLAM İŞLETME GİDERİ (TL/AY)	12.793	12.793	12.793	12.769	12.757	12.733	12.721	12.721	12.733	12.757	12.769	12.793	153.134
TOPLAM NET TASARRUF (TL/AY)	147.889	146.644	145.784	106.806	82.140	37.677	36.727	36.046	39.033	67.755	131.886	145.914	1.124.302

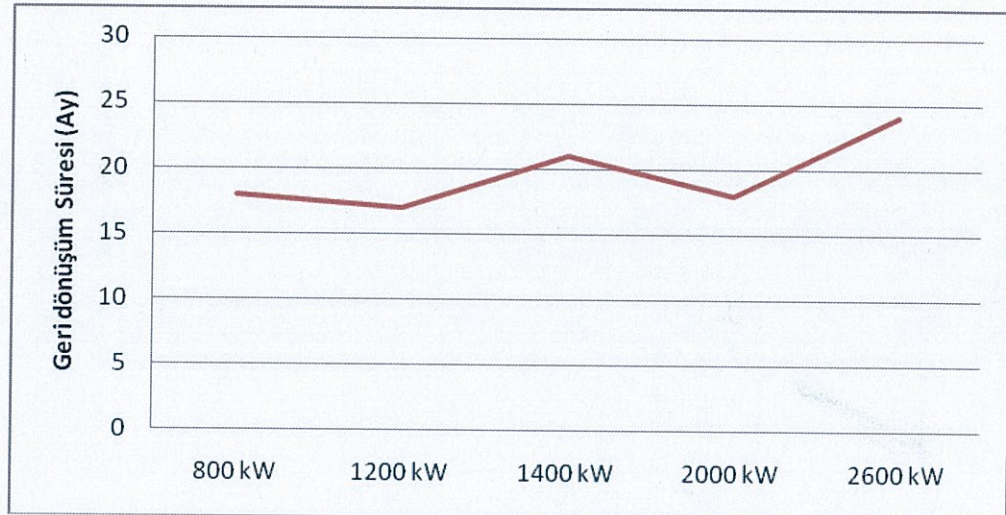
4.6. Duyarlılık Analizleri

Bu çalışmada faiz oranı olarak 0.10 değeri seçildi. Bu değere belirli bir tolerans vererek geri dönüşüm süresinin nasıl değiştiğini gözlemlemek için duyarlılık analizi yapıldı. Aktürk Sitesi 800 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi için yukarıdaki tablo kullanılarak aşağıdaki grafik oluşturuldu.



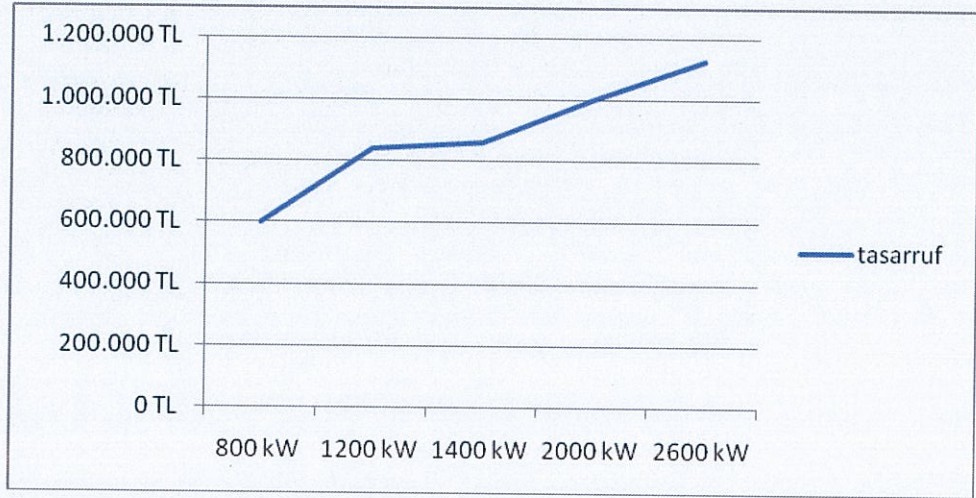
Şekil 4.57. Geri Dönüşüm Süresi-Faiz Oranı Değişimi

Grafik incelendiğinde faiz oranının 0.10 değerinden biraz düşük veya yüksek seçilmesinin geri dönüşüm süresini 1 ay kadar ertelediği veya öne aldığı görülmüştür.



Şekil 4.58. Kojenerasyon Kapasiteleri-Geri Dönüşüm Süresi Değişimi

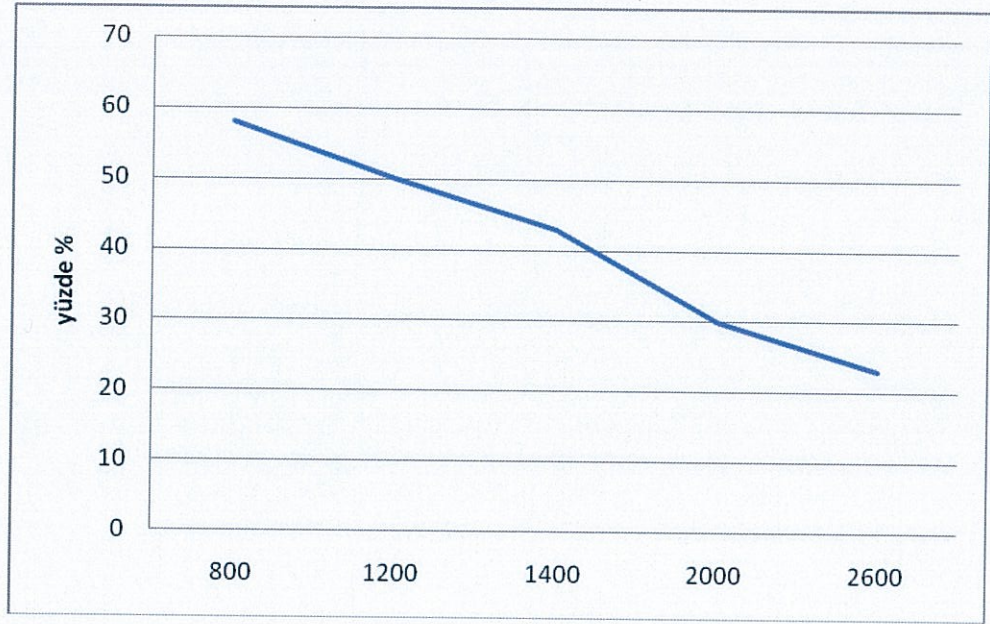
Şekil 4.58’de Aktürk Sitesi’nin farklı beş kapasitesine göre geri dönüşüm sürelerinin nasıl değiştiğini gözlemlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Aktürk Sitesi için 1200 kW kapasiteli ünitenin geri dönüşüm süresinin 800 kW’ya göre 1 ay daha düşük olduğu görülmüştür. Kapasite değeri en fazla olan üniteye ise (2600kW) geri dönüşüm süresinin 2 yıla çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.59. Kojenerasyon Kapasiteleri-Tasarruf Oranı Değişimi

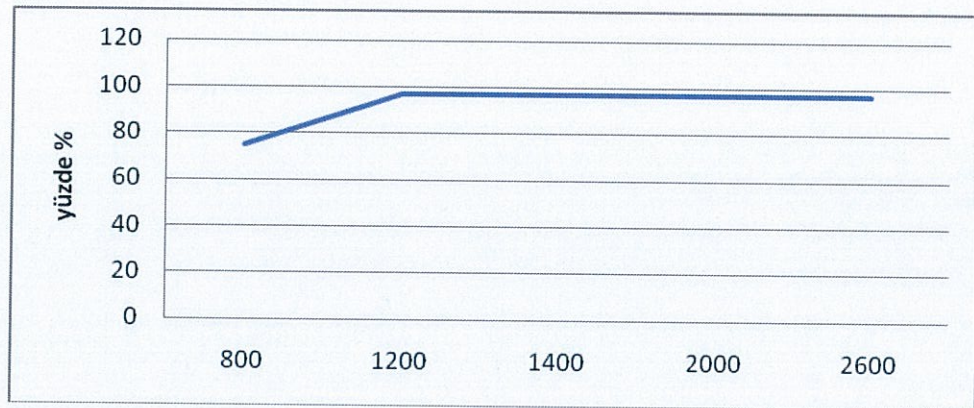
Şekil 4.59’da Aktürk Sitesi’nin farklı beş kapasitesine göre tasarruf miktarının nasıl değiştiğini gözlemlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu analize göre kapasite arttırıldıkça tasarruf miktarının da arttığı gözlemlenmiştir.

Aktürk Sitesi için maliyet analizi için oluşturulan tabloda farklı kapasiteler denendi. Elektrik kapasitesi 800 kW, 1200 kW, 1400 kW, 2000kW ve 2600 kW olan kojenerasyon üniteleri kullanıldığında kojenerasyon çalışma yük veriminin, kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama yüzdesinin ve kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama yüzdesinin nasıl değiştiği gözlemlendi. Bu değişiklikler aşağıdaki grafiklerde görülmektedir:



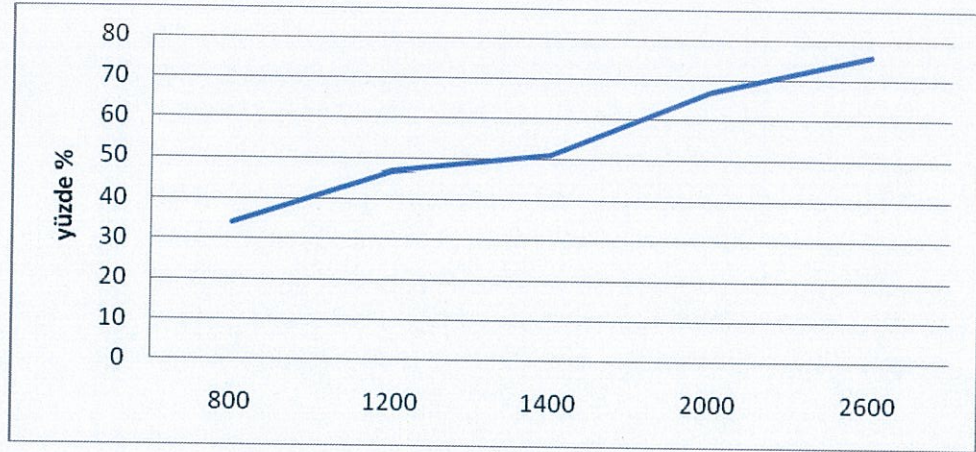
Şekil 4.60. Kojenerasyon kapasite kullanım karşılaştırması

Şekil 4.60’da kojenerasyon kapasitesi arttıkça çalışma yük veriminin azaldığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışma için optimum kapasite 800 kW’lık kojenerasyon ünitesidir.



Şekil 4.61. Elektrik ihtiyacı karşılama yüzdesi

Şekil 4.61’de kojenerasyon kapasitesi arttıkça elektrik ihtiyacı karşılama yüzdesi %80’den %97 artmaktadır.



Şekil 4.62. Isıtma ihtiyacı karşılama yüzdesi

Şekil 4.62’de kojenerasyon kapasitesi arttıkça ısıtma ihtiyacı karşılama yüzdesi %35’lerden %75’lere ulaşmaktadır.

Tüm bu analizlerin ışığı altında Aktürk için kapasite kullanım oranı %60’a (Şekil 4.60) yakın bir değer olan ve geri dönüşüm süresine de bakıldığında 18 ay gibi kısa sürede kendisini amorte eden 800 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesi seçilmesi uygun görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada enerjiyi optimum kullanan yöntemlerden biri olan kojenerasyon sistemleri araştırılmış ve Çekmeköy’de 5 site üzerinde kojenerasyon sisteminin ekonomikliği incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda 5 site ile ilgili aşağıda verilen bulgular elde edilmiştir:

Kojenerasyon çalışma yük veriminin en yüksek olduğu site Aktürk Sitesi’dir. En düşük olduğu site Mayavera Sitesi’dir. Aktürk Sitesi çalışma yük verimi %58’dir.

Kojenerasyon elektrik ihtiyacı karşılama yüzdesinin en yüksek olduğu site Mayavera Sitesi ve 5 site toplamındadır. En düşük olduğu site %75’lik oranla Aktürk Sitesi’dir. Mayavera Sitesi elektrik ihtiyacı karşılama yüzdesi % 97’dir.

Kojenerasyon ısıtma ihtiyacı karşılama yüzdesinin en yüksek olduğu site Ardenia Sitesi’dir. Isıtma ihtiyacı karşılama yüzdesi %55’dir. En düşük olduğu site %34’lük oranla Aktürk Sitesi’dir.

Toplam yıllık net tasarrufun en fazla olduğu çalışma 5 site toplamında yapılan çalışmadır. Toplam net tasarruf 1.986.520 TL/yıl’dır. Tasarruf oranı %43’tür. Yıllık net tasarrufun en az olduğu site Ardenia’dir.

Kendisini en kısa sürede amorti edecek çalışma 5 site toplamında yapılan çalışmadır. Sistemin geri ödeme süresi 1 yıl 3 ay olarak bulunmuştur. Kendisini en uzun sürede amorti edecek site yaklaşık 5 yıl 5 ay ile Ardenia Sitesi’dir.

Kojenerasyon sistemi seçiminde 3 temel kriterin maksimize edilmesi gerektiğine 3. Bölümde değinilmişti. Bunlardan en önemlisi kojenerasyon sisteminin maksimum kapasiteyle çalışmasıdır. Daha sonra elektrik tüketiminin maksimum oranda karşılanmasıdır daha sonra da ısı ihtiyacının maksimum oranda karşılanmasıdır. Bu

çalışmada temel amaç site elektrik ve ısı tüketim değerlerine göre seçilen kojenerasyon ünitelerinin kapasitesinin maksimum oranda olması, elektrik tüketimini maksimum oranda karşılanması ve ısı tüketiminin maksimum oranda karşılanmasıdır. Sadece ısı tüketimini maksimum oranda karşılayan sistem kojenerasyon kapasitesini minimum oranda karşılıyorsa bu makul bir seçim değildir.

Aktürk Sitesi için 5 farklı kapasitede kojenerasyon ünitesi seçildi. En büyük kapasitede ısı ve elektrik ihtiyacı maksimum oranda karşılanırken kojenerasyon çalışma yük verimi en düşük oranda kalmaktadır. 2600 kW kapasiteli kojenerasyon ünitesinde kojenerasyon verimi %23'lere kadar düşmüştür. Kojenerasyon sistem veriminin düşük olması kojenerasyon ünitesinden alınabilecek elektriğin düşük olması demektir. Kojenerasyon ünitelerinin dizaynının elektrik kapasitelerine göre yapıldığı düşünülürse sistemin çalışma yük veriminin yüksek olması gerektiği anlaşılmaktadır. Aktürk sitesi ve diğer siteler için bu bilginin ışığı altında verimi en yüksek olan kojenerasyon üniteleri seçilmiştir. Bu seçim yapılırken elektrik tüketimini karşılama yüzdesi minimum %75, maksimum %97 olmuştur. Isı ihtiyacı karşılama yüzdesi minimum %34, maksimum %55 olmuştur.

Aktürk Sitesi için 800 kW, 1200 kW, 1400 kW, 2000 kW ve 2600 kW kapasiteli kojenerasyon sistemi düşünülmüştür. En büyük kapasiteli sistem (2600 kW) seçildiğinde hem kojenerasyon ünitesinin kapasite kullanım oranı (çalışma yük verimi) düşmüştür hem de sistem kapasitesi arttıkça geri dönüşüm süresi uzamıştır.

Yapılan çalışmada bütün siteler gece saatlerinde (23.00-11.00) elektriği kojenerasyon ünitesinden karşılamaktadır. Gündüz saatlerinde (11.00-23.00) kojenerasyon elektrik kapasitesi değeri kadar elektrik kojenerasyon sisteminden, artan kısım TEDAŞ'tan satın alınmaktadır. Yaz aylarında sıcak su tüketimi ve bahar aylarında bunun yanı sıra ısıtma ihtiyacı kojenerasyon ünitesinden sağlanmaktadır. Kış aylarında ısıtma ihtiyacının belirli bir kısmı kojenerasyondan artan kısım yardımcı kazanlar ile sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abusoglu, A., ve Kanoglu, M., 2009. Exergetic and thermoeconomic analyses of diesel engine powered cogeneration. *Applied Thermal Engineering*, 29, 234-241.
- Bilgen, E., 2000. Exergetic and engineering analyses of gas turbine based cogeneration systems. *Energy*, 25, 1215-1229.
- Bonnet, S. and *et al.*, 2005. Energy, exergy and cost analyses of a micro-cogeneration system based on an Ericsson engine. *International Journal of Thermal Sciences*, 44, 1161-1168.
- Cakır, U., 2007. Aziziye Araştırma Hastanesi enerji gereksinimi için kojenerasyon sisteminin uygulanabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Can, O. F. vd., 2009. Energetic-exergetic-economic analyses of a cogeneration thermic power plant in Turkey. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36, 1044-1049.
- CATES, 2009. ÇATES Atık ısısı ile bölgesel ısıtma imkanları, MMO Zonguldak Şube enerji komisyonu raporu.
- Cokoksen B., 2010. Bölge ısıtma sistemlerinin ekonomiklik alanının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- De Paepe, M. and *et al.*, 2006. Micro-CHP systems for residential applications. *Energy Conversion and Management*, 47, 3435-3446.
- Ehyaei, M.A., and Mozafari, A., 2010. Energy economic and enviremental (3E) analysis of a micro-gas turbine employed for on site-combined heat and power. *Energy and Buildings*, 42, 259-264.
- EİE, www.eie.gov.tr
- EUROHEAT, www.euroheat.org
- Guarinello Jr, F. and *et al.*, 2000. Thermoeconomic evaluation of a gas turbine cogeneration system. *Energy Conversion & Management*, 41, 1191-1200.
- Gungor C., 2010. TSAD projesi kapsamında termik santral çevrelerinde bölge ısıtma potansiyelleri. ICCI 2010, 54-57.
- Guozdenac D. and *et al.*, 2009. Assesment of potential for natural gas-based cogeneration in Thailand. *Energy*, 34, 465-475.
- Hamed, O.A. and *et al.*, 2006. Thermoeconomic analysis of a power/water cogeneration plant. *Energy*, 31, 2699-2709.
- Huamoni, M.M., and Orlando, A.F., 2007. Methodology for generating thermal and electric load profiles for designing a cogeneration system. *Energy and Buildings*, 39, 1003-1010.
- Kanoglu, M., ve Dincer, I., 2009. Performance assesment of cogeneration plants. *Energy Conversion and Management*, 50, 76-81.
- Kas Ö., 2010. Ar-ke Enerji Firması, İSTANBUL, Kasım 2010.
- Kıncay, O., ve Yumurtacı, Z., 2006. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 95, 5-12.
- Kong, X.Q. and *et al.*, 2005. Experimental investigation of a micro-combined cooling, heating, and power system driven by a gas engine. *International Journal of Refrigeration*, 28, 977-987.

- Luz-Silveira, J. and *et al.*, 2002. Thermoeconomic analysis of a cogeneration system of a university campus. *Applied Thermal Engineering*, 22, 1471-1483.
- Matelli, J.A. and *et al.*, 2009. An expert system prototype for designing natural gas cogeneration plants. *Expert Systems with Applications*, 36, 8375-8384.
- Najjar, Y. S.H., 2000. Gas turbine cogeneration systems: a review of some novel cycles. *Applied Thermal Engineering*, 20, 179-197.
- Najjar, Y.S.H., 2001. Efficient use of energy by utilizing gas turbine combined systems. *Applied Thermal Engineering*, 21, 407-438.
- Oh, S. and *et al.*, 2007. Optimal planning and economic evaluation of cogeneration system. *Energy*, 32, 760-771.
- Onovwiona, H.I. and Ugursal, V.I., 2006. Residential cogeneration systems: review of the current technology. *Renewable & Sustainable energy reviews*, 10, 389-431.
- Possidente, R. and *et al.*, 2006. Experimental analysis of micro-cogeneration units based on reciprocating internal combustion engine. *Energy and Buildings*, 38, 1417-1422.
- Pusat, Ş., 2010. Bir bölgenin ısıtma amaçlı enerji talebinin belirlenmesi ve bölge ısıtma sistemi için uygunluğunun analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Rosen M. A. and *et al.*, 2004. Efficiency analysis of a cogeneration and district energy system. *Applied Thermal Engineering*, 25, 147-159.
- Santangelo, P.E., and Tartarini, P., 2007. Fuel cell systems and traditional technologies Part I: Experimental CHP approach. *Applied Thermal Engineering*, 27, 1278-1284.
- Seo H., and *et al.*, 2007. Economic optimization of a cogeneration system for apartment houses in Korea. *Energy and Buildings*, 40, 961-967.
- Sun, Z. G., 2008. Energy efficiency and economic feasibility analysis of cogeneration system driven by gas engine. *Energy and Buildings*, 40, 126-130.
- Wang, J. and *et al.*, 2009. Exergy analyses and parametric optimizations for different cogeneration power plants in cement industry. *Applied Energy*, 86, 941-948.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Erzurum’da doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 1997 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü’nden 2001 yılında mezun oldu. 2001 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladığı Yüksek Lisans eğitimini 2004’te tamamladı. 2004 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora başladı.