

**BOYA FABRİKASI KOJENERASYON
TESİSİNDE ENERJİ ANALİZİ**

**2014
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

M. Umur ERDÖNMEZ

BOYA FABRİKASI KOJENERASYON TESİSİNDE ENERJİ ANALİZİ

M. Umur ERDÖNMEZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Mayıs 2014**

M. Umur ERDÖNMEZ tarafından hazırlanan “BOYA FABRİKASI KOJENERASYON TESİSİNDE ENERJİ ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Durmuş KAYA

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/06/2014

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Prof. Dr. Durmuş KAYA (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Yaşar YETİŞKEN (KBÜ)

İmzası

...../...../2014

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

M. Umur ERDÖNMEZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BOYA FABRİKASI KOJENERASYON TESİSİNDE EKJERJİ ANALİZİ

M. Umur ERDÖNMEZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Durmuş KAYA

Mayıs 2014, 36 Sayfa

Büyük endüstriyel enerji sistemlerinde, birincil enerjinin önemli miktarı kojenerasyon tesislerinin daha geniş kullanımı yoluyla tasarruf edilebilir. Hem konvansiyonel elektrik üretim proseslerinde, hem de elektrik ile ısı enerjinin ortak üretimini amaçlayan ve bu bakımdan ayrı olarak sürdürülen üretim proseslerine göre daha büyük bir birincil enerjiyi tasarruf etme potansiyeline sahip olan kojenerasyon proseslerinde, enerji tüketimi ve enerji kayıpları fazla olduğundan, sistem bileşenlerinin ve tüm sistemin termodinamik analizleri yapılarak verimliliğin artırılması, enerji tasarrufu ve buna bağlı olarak enerji maliyetini ve dolayısıyla toplam maliyeti düşürme açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışma enerji etüdü yapılan bir Gebze OSB'de bulunan bir boya fabrikasının Kojenerasyon yatırımının enerji analizini sunmaktadır.İlgili sistem esası bir gaz

motoru ve bir atık ısı kazanımı içermektedir. Yapılacak iyileştirme çalışmaları sonucunda geri ödeme süresi 4,43 yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Kojenerasyon, enerji analizi.

Bilim Kodu : 914.1.038

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ENERGY ANALYSIS OF A COGENERATION PLANT IN A PAINT FACTORY

M. Umur ERDÖNMEZ

KarabukUniversity

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy System Engineering

ThesisAdvisor:

Prof. Dr. Durmuş KAYA

May 2014, 36 Pages

In large industrial energy systems, a considerable amount of primary energy may be saved via a more extensive usage of cogeneration. Since cogeneration involves the production of both electricity and thermal energy generally in the form of steam or hot water, it has a great potential of saving primary energy in comparison to separate generation technologies, conducting thermodynamic analyses for each equipment and for overall plant, and then improving them, is of utmost importance to ensure energy saving and related cost minimization.

In this study, an energy audit done of a paint factory located in Gebze Organized Industrial Zone energy analysis of cogeneration investment was studied. Related system based on a gas engine and includes a waste heat boiler. Improvements to be made as a result of the repayment period have been calculated as 4.43 years.

Keywords : Cogeneration, energy analysis.

Science Code : 914.1.038

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca bilgisi, tecrübesi, emeği ve desteğiyle beni yönlendiren değerli hocam Sayın Durmuş KAYA' ya, sonsuz minnet ve teőekkürlerimi sunarım. Tez çalıőmamda hiç bir yardımını eksik etmeyen değerli hocam Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK' a teőekkürlerimi sunarım.

Zaman ve bilgilerini paylaşan Öğr. Gör. Muharrem EYİDOĞAN'a, Karabük Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümündeki değerli hocalarıma teőekkürlerimi sunarım.

Her zaman manevi desteklerini hissettiğim sevgili eőim Gökçe Çiçek ERDÖNMEZ ve sevgili çocuklarım Ahmet Sarp ve Zehra Duru ERDÖNMEZ'e teşekkür ederim. Hayat boyu sevgi ve desteğiyle daima yanımda olan sevgili aileme, bana verdikleri emek için sonsuz minnet ve teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1.KOJENERASYON	2
1.1.1.Kojenerasyonun Tarihsel Gelişimi	2
1.1.2.Kojenerasyonun Tanımı	3
1.1.3.Kojenerasyonun Yararları.....	7
1.1.4.Kojenerasyon Sistemlerinde Yakıt Kullanımı	8
1.1.5.Kojenerasyon Teknikleri	9
1.1.5.1. Buhar Türbinli Kojenerasyon	9
1.1.5.2.Gaz Türbinli Kojenerasyon.....	10
1.1.5.3.Motorlu Kojenerasyon	11
1.1.5.4.Kıvılcım Ateşlemeli Motor (Otto Motoru)	12
1.1.5.5.Dizel Motoru	13
1.1.6.Kojenerasyon Sistemleri.....	14
1.1.6.1.Merkezi Kullanımlı Tesisler	14
1.1.6.2.Endüstriyel Tesisler	15
1.1.6.3.Entegre Modüler Sistemler	15
1.1.7.Kojenerasyon Tekniği Seçimi	16
1.1.7.1.Toplam Sistem Kapasitesi.....	16

	<u>Sayfa</u>
1.1.7.2. Elektriğin Kalitesi	16
1.1.7.3.Yük Durumu	17
1.1.7.4.Çevre Sıcaklığı.....	18
1.1.7.5.Elektrik Isı Oranı.....	18
1.1.7.6.Çalışma Durumu (Başlatma Sayısı).....	19
1.1.7.7.Yakıt Tipi	19
1.1.8.Türkiye’de Kojenerasyon Uygulamaları	20
BÖLÜM 2	23
BOYA FABRİKASI ENERJİ ETÜDÜ	23
2.1.Enerji Kaynaklarının Alt Isıl Değerleri Ve Petrol Eşdeğerine Çevrim Katsayıları	23
2.2.Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri.....	24
BÖLÜM 3	29
KOJENERASYON TESİSİ FİZİBİLİTE ANALİZİ.....	29
3.1.ÜNİTE VE SİSTEM TARİFİ.....	29
3.1.1.Çalışma Saati Hesabı	31
3.1.2.Hesaplamalar	31
3.1.3.Yıllık Kazanç Hesaplamaları.....	32
3.1.4.Yıllık İşletme Maliyetleri	32
3.1.5.Yatırım Maliyeti Hesabı	33
BÖLÜM 4	34
SONUÇ VE ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Konvansiyonel elektrik üretimi ve kojenerasyon.....	4
Şekil 1.2. Doğalgazlı kojenerasyon ve konvansiyonel elektrik üretimi ile Sankey diyagramı kullanılarak karşılaştırılması.....	5
Şekil 1.3. Tersinir ısı makinesi.....	6
Şekil 1.4. Türkiye’de kojenerasyon kullanılan tesislerin yakıt türüne göre dağılımı.	8
Şekil 1.5. Merkezi tesis kojenerasyon sistemi.....	14
Şekil 1.6. Endüstriyel tesis kojenerasyon sistemi.....	15
Şekil 1.7. Kojenerasyon sistemleri.....	16
Şekil 1.8. Tipik bir yıllık yük eğrisi	17
Şekil 1.9. Gaz türbini ve gaz motorunun çevre sıcaklığına göre verim değişimleri	19
Şekil 1.10. Türkiye’de kojenerasyon uygulamalarında yıllara göre toplam güç artışı	20
Şekil 1.11. Türkiye’de kojenerasyonun sektörel dağılımı.....	21
Şekil 2.1. Son üç yıla ait LNG tüketim bilgileri.....	27
Şekil 2.2. Son üç yıla ait elektrik tüketim bilgileri.....	27
Şekil 2.3. Son üç yıla ait LNG maliyet bilgileri.....	28
Şekil 2.4. Son üç yıla ait elektrik maliyet bilgileri.....	28

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Enerji kaynaklarının alt ısıl değerleri ve petrol eşdeğerine çevrim katsayıları.....	23
Çizelge 2.2. Enerji tüketim bilgileri.....	24
Çizelge 2.3. Enerji maliyet bilgileri.....	25
Çizelge 3.1. Teklifi alınan kojenerasyon santral bilgileri	30
Çizelge 3.2. Kojenerasyon santralindeki hesaplamada yapılan kabuller	30
Çizelge 3.3. Kojenerasyon santrali çalışma parametreleri	31
Çizelge 3.4. Kojenerasyon santrali yıllık kazanç tablosu	32
Çizelge 3.5. Kojenerasyon santrali bakım giderleri	32
Çizelge 3.6. Kojenerasyon santrali bakım giderleri	33

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- CO_2 : Karbondioksit
 E : Enerji (MW)
 H_{alt} : Alt ısı değer (kcal)
 kWh : Kilo watt saat
MW : Mega watt
 Nm^3 : Normal metre küp
 NO_x : Azot oksitler
 SO_2 : Kükürt dioksit
 Q : Isı (W)
 Q_H : Alınan Isı (W)
 Q_L : Verilen Isı (W)
 \dot{W} : İş (W)
 η : Verim

KISALTMALAR

- EIO : Elektrik Isı Oranı
EYO : Enerjiden Yararlanma Oranı
LNG : Sıvı Doğal Gaz (Liquefied Natural Gas)
OSB : Organize Sanayi Bölgesi
TEP : Ton Eşdeğer Petrol
TL : Türk Lirası
USD : Amerikan Doları (United States Dollars)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel unsurlarından biri olması ile beraber, yaşamın sürdürülebilmesi için vazgeçilmezdir. Teknolojinin hızla gelişmesinin etkileri, bunlara bağlı olarak artan ihtiyaçlar ve atmosfere salınan emisyon değerleri ile çevresel faktörler bir arada değerlendirildiğinde, enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Enerji kullanımındaki dengeleri olumsuz yönde etkileyen 1970'li yıllardaki enerji krizi sonrasında, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları konusunda daha gerçekçi ve ciddi araştırmalara başlanmış; bunun yanı sıra, ısı verimliliklerin iyileştirilmesi amacıyla da, daha önce kurulmuş ve enerji tüketimi yüksek olan çeşitli cihaz ve tesislerin yeniden gözden geçirilmesi gibi çeşitli arayışlara girilmiştir. Ayrıca, günümüzde doğalgaz ve petrol kaynaklarının araştırılmasına, kömür ve nükleer enerji üretiminin geliştirilmesine ve bunlara ek olarak, atıkların geri döndürülerek enerji kaynağı olarak kullanılmasına, enerji dönüşüm sistemlerinin değerlendirilmesine ve enerji kaynaklarının maksimum verimde kullanılmasına yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesine devam edilmektedir.

Enerji verimliliği, yaşam kalitemizden ve üretimimizden ödün vermeden enerjiyi tasarruflu kullanmaktır. Tasarruf edilen enerji, en ucuz, en temiz ve öncelikle başvurmamız gereken yerli enerji kaynağıdır. Sürdürülebilir kalkınma hamlelerini yaparken mevcut kaynaklarını en etkin ve en verimli şekilde kullanmak durumunda olan ülkemiz için, enerji tasarrufu ile sağlanacak kaynak son derece önemli bir paya sahiptir.

Enerji verimliliği analizleriyle, bir sistem başlangıçtan sona kadar en verimli şekilde tasarlanabilir, mevcut sistemler analiz edilip sistemin çalışması gereken optimum

şartlar saptanabilir, en az enerji tüketimi ile en fazla ürün elde edilebilir, diğer bir deyişle bir birim ürün elde etmek için daha az enerji tüketecek sistemler hayata geçirilebilir, kayıpların, tersinmezliklerin nedenleri ve yerleri saptanabilir, kısaca, mevcut enerji, kaynak ve enerji dönüşüm sistemleri en etkin şekilde kullanılabilir.

Bu çalışmada, Gebze boya fabrikası işletmesinde gerçekleştirilen enerji etütleri sonucunda enerjinin etkin kullanılması, enerji tasarruf imkânlarının belirlenmesi, mevcut durumda verimlilik artırıcı projelerin belirlenmesi, yapılan etütle birlikte çevrenin korunması ve enerji maliyetlerinin işletme bütçesi üzerindeki yükünün hafifletilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın çıktılarından biri olan Kojenerasyon sisteminin kurulması amaçlı yapılan fizibilite analizi verileri enerji analizleri için kullanılacaktır.

1.1. KOJENERASYON

1.1.1. Kojenerasyonun Tarihsel Gelişimi

“Birleşik Isı Güç Üretimi” ya da “Kojenerasyon” teknolojisi, özellikle elektrik üretiminin amaçlandığı, ancak bileşik ısı – güç sisteminde ısı ve elektriğin birlikte üretildiği yeni bir teknolojidir. Ülkemizdeki uygulamaları gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. İlk basit uygulamaları 20. yüzyılın ilk yarısında görülen bu teknoloji ucuz yakıt döneminde terk edilmiş, 1973-1979 petrol krizlerinin ardından geliştirilerek yeniden gündeme gelmiştir (Chambers ve Potter, 2002).

Kojenerasyona, 20. yüzyılın başlarından itibaren güç santrallerinin yerleşim birimlerinde kurulması dolayısıyla elektrik üretiminin yanı sıra bölge ısıtmasının da yapılmasıyla başlamıştır. Bölge ısıtmasında konutların ve işyerlerinin ısıtma, sıcak su ve proses ısıları bir veya birkaç merkezden sağlanır. 1940’lı yıllarda yakıt fiyatlarının düşmesiyle çekiciliğini yitiren bölge ısıtmasına olan ilgi yakıt fiyatlarının hızla yükselmesiyle 1970’li yıllarda yeniden uyanmıştır. Kojenerasyon ekonomik açıdan kazançlı olduğundan son yıllarda bu tür bileşik üretim santrallerinin kurulması hızlanmıştır (İnalı vd., 2002).

Kojenerasyonun tekrar önem kazanmasının nedenleri hızla artan elektrik talebi, devletin ek güç üretim kapasitesini finanse etmesindeki zorluklar ve enerji kullanımına bağlı olarak çevre kirliliğini sınırlandırma konusundaki endişelerdir (Horlock, 1995).

Kojenerasyon, merkezi ısıtma uygulamalarının yaygın olarak kullanıldığı ülkelerde daha erken kullanılmaya ve gelişmeye olanağı bulmuştur. Yüksek binalarda sıcak su ile ısıtma yapılamaz, bunun yerine alçak basınçlı buhar kullanılarak ısıtma yapılır. Bu yüzden merkezle kullanma yeri arasında yüksek basınçlı buhar tercih edilir. Ayrıca, yaz aylarında büyük klima tesisleri için buhara olan ihtiyaç nedeniyle, bileşik ısı – güç üreten merkezlerin yıllık verimi yüksek olur.

1.1.2. Kojenerasyonun Tanımı

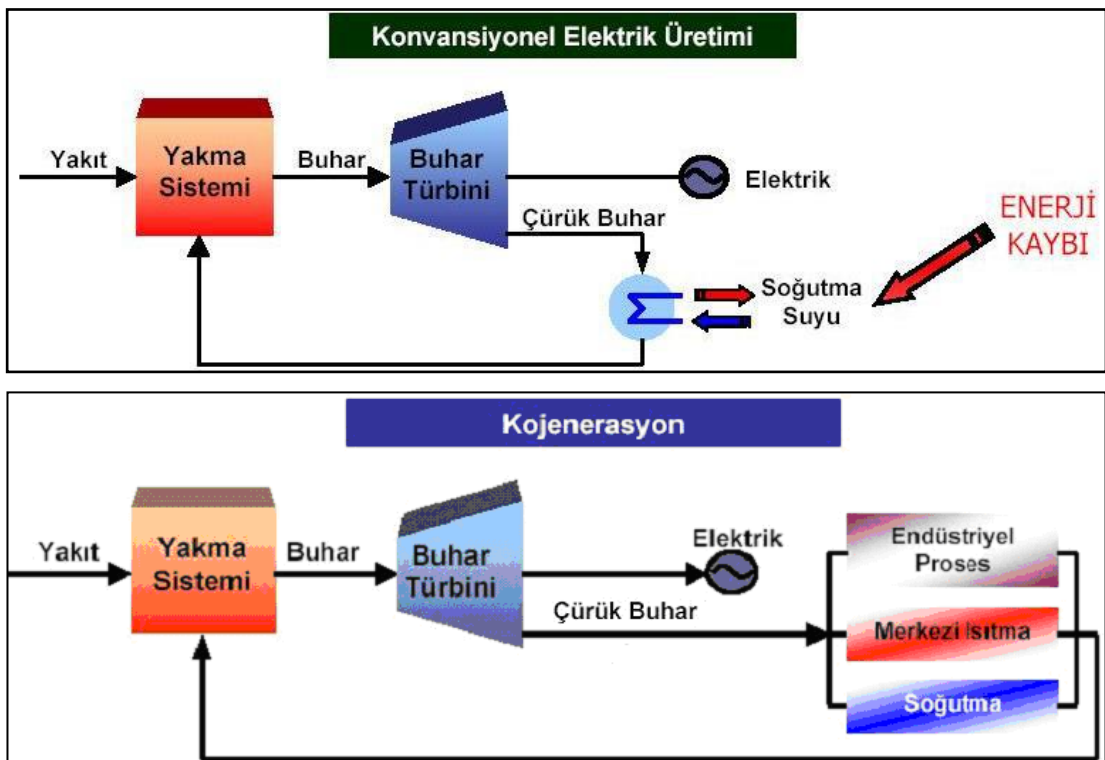
Kojenerasyon kısaca, enerjinin hem elektrik hem de ısı biçimlerinde aynı sistemde beraberce üretilmesi olarak tarif edilir. Elektrik üretimi sırasında açığa çıkan atık ısıdan yararlanıldığından, iki enerjinin ortak üretimi sırasında, tek tek kendi başlarına ayrı yerlerde üretilmesinden daha ekonomik sonuçlar alınır (Khan vd., 2004).

Kojenerasyon tesisleri, kurulduğu işletmelere şebeke satış fiyatının altında bir maliyetle kesintisiz elektrik üretimi olanağı sağlarken, yılda 400 – 500 milyon dolarlık bir ulusal yatırım yükünü azaltır. Kojenerasyon tesisleri enerjinin tüketildiği yerlere kurulduğunda, hat kayıplarında genel olarak %10-%20 arasında değişen azalmalar ile; 500-600 MW'lık enerji tasarrufu yapılabilir. Ayrıca, kojenerasyon tesislerinin verimleri şebeke santrallerinin verimlerine göre daha yüksek olduğundan, yılda 2 milyon TEP (Ton Petrol Eşdeğeri) enerji tasarrufu sağlanır. Bu ise, ülkemizde çıkartılmaya çalışılan doğal gazın miktarının on bir katına eşdeğerdir (Topuz, 1997).

Borusan Güç Sistemleri firmasının yaptığı araştırmaya göre; elektrik kesintileri ve hatların yetersizliğinden kaynaklanan kalitesiz elektrik (büyük voltaj oynamaları) nedeniyle üretim kayıplarına uğrayan, ciddi bakım sorunları ile karşılaşan kuruluşların, tüm bu sorunları yok eden kojenerasyona ilgisi de artmaktadır. Borusan

firmasının, bir firmada yaptığı fizibilite çalışmasında bu kayıpların yıllık 1 milyon Euro'ya ulaşabildiği görülmüştür (Yörü, 2008).

Elektrik üreten bir gaz türbini, kullandığı enerjinin sadece %30-40 kadarını elektriğe çevirebilir. Ancak, bu sistemin “bileşik ısı-güç sistemi” ya da kısaca kojenerasyon şeklinde proses ısıtma ya da soğutmada kullanılması halinde, dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir kısmı kullanılabilir enerjiye dönüştürülerek, toplam enerji girişinin %70-90' ının değerlendirilmesi yapılabilir (Bkz. Şekil 1.1) (Yörü, 2008).

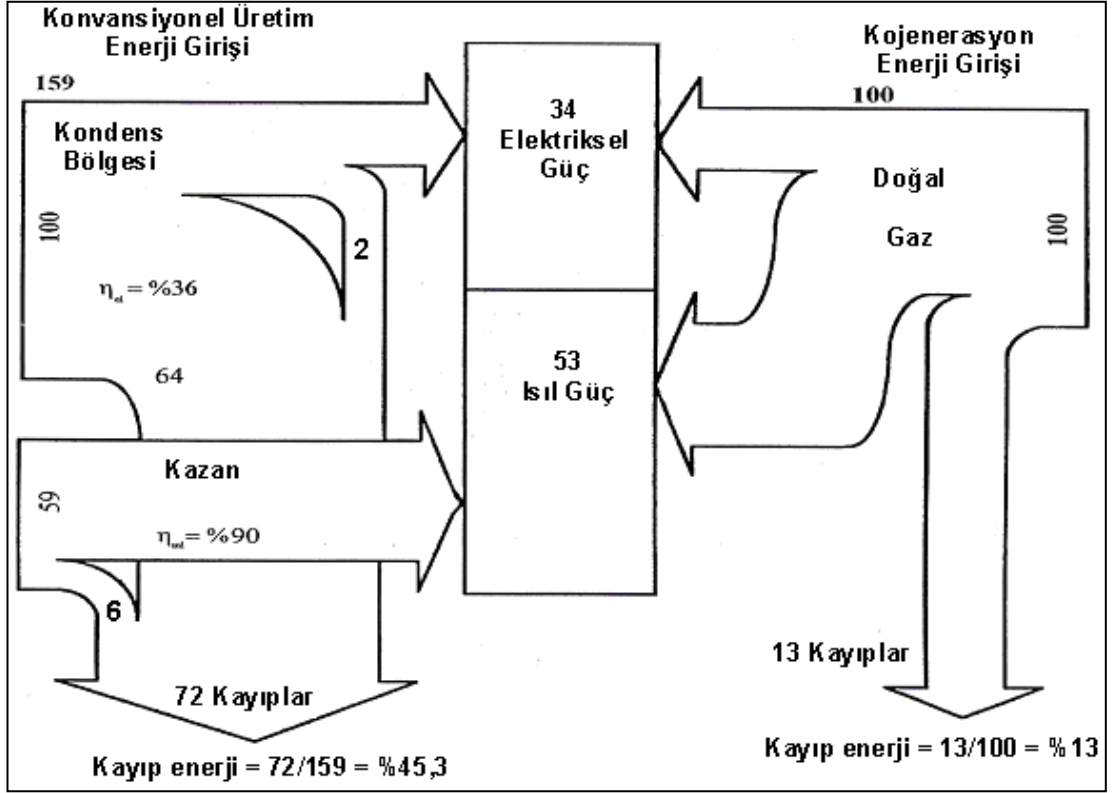


Şekil 1.1. Konvansiyonel elektrik üretimi ve kojenerasyon (Çengel ve Boles, 1998).

Kojenerasyon sisteminde, elektrik üretilirken kaybedilen çürük buharın yoğuşma ısısı değerlendirilerek, enerji verimliliği artırılır. Her iki enerji biçiminin aynı miktarlarda ayrı ayrı üretilmesi için gerekli birincil enerji miktarının, bunların kojenerasyonla üretilmesi durumunda ne oranda azalacağı Şekil 1.2'de gösterilmektedir.

Konvansiyonel sistem ve doğalgazlı kojenerasyon sistemi ile enerji üretimi arasındaki farkların Sankey diyagramı üzerindeki karşılaştırılmasından görüldüğü

gibi (Şekil 1.2); 34 birim elektriksel güce, 53 birim ısı güce sahip olan bir tesisin bu ihtiyaçlarını karşılamak için, konvansiyonel sistemde 159 birim enerji gerekirken, doğalgazlı kojenerasyon sisteminde 100 birim enerji yeterli olmaktadır.



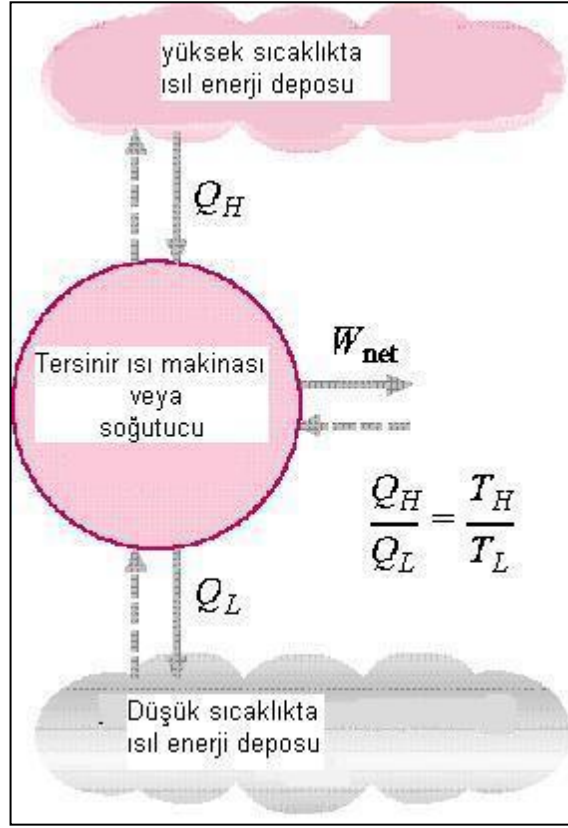
Şekil 1.2. Doğalgazlı kojenerasyon ve konvansiyonel elektrik üretimi ile Sankey diyagramı kullanılarak karşılaştırılması (Koçak ve Gülşen, 1998).

Kojenerasyon, bileşik ısı-güç üretiminin ekonomik öneminin yanı sıra çevreye salınan atıklar yönünden de değerlendirildiğinde, önemi daha da artmaktadır. Elektrik üretimi amacı ile kurulmuş bir santralle kıyaslandığında, hemen hemen aynı miktarda yakıt kullanan bir kojenerasyon santralında, elde edilen her kW enerjiye karşılık çok daha az miktarda CO₂, NO_x ve SO₂ gazları atmosfere bırakılmaktadır (Dilip, 1992).

Bir ısı makinesinde (Şekil 1.3) üretilen işin (W) alınan ısıya (Q_H) oranı ısı verim (ϵ) ya da kojenerasyon uygulamalarında “elektrik çevrim verimi” olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi ifade edilir (İnalı vd., 2002):

$$\eta = W/Q_H$$

(1.1)



Şekil 1.3. Tersinir ısı makinesi (Çengel ve Boles, 1998).

Konvansiyonel sistemde çevreye atılan ısı (Q_L), kojenerasyon sisteminde kullanılarak, enerjiden yararlanma oranı (EYO) maksimum düzeye çıkartılabilmektedir.

$$EYO = (W + Q_L) / Q_H$$

(1.2)

EYO' ya kojenerasyon uygulamalarında toplam verim de denilmektedir. Termodinamiğin birinci yasasına göre EYO 1'e eşit olsa da, atık ısının tamamından yararlanılamadığından, uygulamada bu mümkün değildir. Bu atık ısıdan, doğrudan ısı olarak yararlanılmadığında, ancak %35-55 aralığında verimler sağlanmıştır. Dünyadaki en iyi örneklerden birisi olmasına rağmen, Ambarlı Birleşik Çevrim Santrali'nde verim değeri %50 civarında kalmıştır (Külçe ve Topuz 1996).

Oysa atık ısıdan yine ısı olarak faydalanılan kojenerasyon sistemlerinde, enerjiden yararlanma oranı (EYO) %80-90'lara çıkartılabilir.

Bileşik ısı-güç santrallerinde üretilen işin (elektrik) faydalanılan atık ısıya oranı, elektrik ısı oranı (EIO) diye tanımlanır ve ısı verimle de gösterilebilir:

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

EIO, kojenerasyon sisteminin önemli özelliklerinden biri sayılmaktadır. Türbinlerde ise genellikle EIO'nun tersi olan ısı oranı (IO) temel parametrelerden biri olarak verilir (Lucas,2000).

$$IO = Q_L/W = (1 - \eta) / \eta \quad (1.4)$$

1.1.3. Kojenerasyonun Yararları

Makro düzeydeki yararlar şöyle sıralanabilir:

- Yüksek birincil enerji kullanım verimliliği sağlanarak, yerel veya ithal edilen enerji kaynaklarında tasarruf,
- Enerji çevrimi tüketim yerinde gerçekleştirilerek, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım kayıplarında azalma,
- Merkezi santrallere göre daha kısa inşaat ve devreye alma süreleri sağlanarak, elektrik enerjisi arzında hızlanma,
- Merkezi elektrik santrali ve buhar kazanına göre, üretilen yararlı ısı güç birimi başına çevreye atılan katı, sıvı ve gaz madde miktarında azalma,
- Elektrik enerjisi az sayıda merkezi santral yerine dağılmış bir şekilde endüstriyel tüketim yerlerinde üretilerek, ulusal güvenliğe katkı.

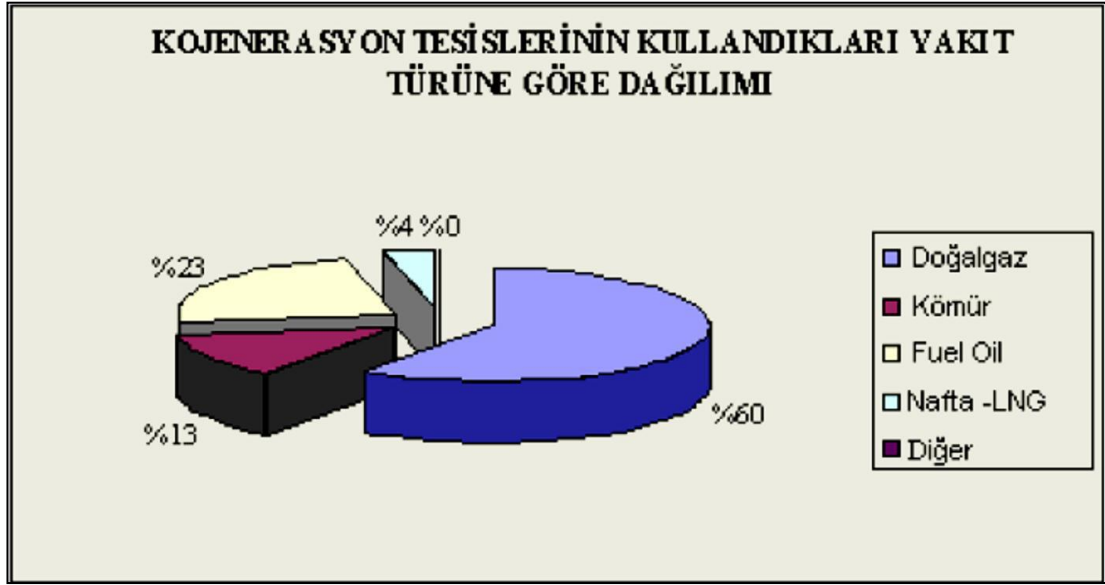
İşletme bazındaki yararlar ise şöyle özetlenebilir:

- Toplam enerji giderleri azaltılarak ve dolayısıyla, kalitesini düşürmeden nihai ürünün maliyeti düşürülerek, şirketin rekabet gücünde artma,
- Enerji temin güvencesi sağlanarak, üretim kesintilerinin yol açtığı ziyanlarda azalma,

1.1.4. Kojenerasyon Sistemlerinde Yakıt Kullanımı

Kojenerasyon, kömür, petrol türevi yakıtlar, doğalgaz ve biokütle gibi çeşitli yakıtlarla yapılabilmektedir. Bu kaynakların en yaygın olanı doğalgaz ve kalyaktır. Ayrıca doğalgaz çevre dostu bir yakıt olarak hava kirliliğini de azaltan bir yakıttır (Yörü, 2008). Günümüzde kojenerasyon tesislerinde kullanılan yakıtların % 60'ını doğalgaz oluşturmaktadır (Şekil 1.4)(Güngör, 2007).

Yakıt seçimindeki en önemli kriterler yakıt fiyatı ve arz güvenilirliğidir. Bu nedenle, fosil yakıt rezervlerinin miktarı ve dağılımı göz önüne alındığında, arz güvenilirliğine fiyat konusunda sorunlar yaşanan dışa bağımlı sıvı ve gaz yakıtların tercih edilmesi enerji güvenliğini sarsmaktadır.



Şekil 1.4. Türkiye’de kojenerasyon kullanılan tesislerin yakıt türüne göre dağılımı (Güngör, 2007).

Günümüze kadar kısa vadede çözüm getirdiği için, doğalgaz kombine çevrim santrallerine ve diğer akaryakıtlar için kojenerasyon uygulamalarına öncelik verilmiştir. Gelişen yeni teknolojiler ile uzun vadede kömürlü ve dolayısıyla ülkemizin öz kaynaklarına dayalı kojenerasyon yatırımlarına da önem verilmesi gerekmektedir (Yörü, 2008).

1.1.5. Kojenerasyon Teknikleri

Kojenerasyon teknikleri en genel halde üç başlık altında incelenebilir:

- Buhar türbinli kojenerasyon,
- Gaz türbinli kojenerasyon,
- Motorlu kojenerasyon.

1.1.5.1. Buhar Türbinli Kojenerasyon

Buhar türbinli kojenerasyon sistemi, genel olarak bir kazan ve bir karşı basınçlı buhar türbininden oluşur. Bu sistemde, 45-110 bar basıncında 400-500°C sıcaklıkta buhar üretmek için fosil yakıtlar veya çeşitli atıklar yakılır. Bu yüksek basınçlı buhar, bir rotoru döndürmek üzere buhar türbinine gönderilir. Türbin jeneratörü tahrik eder ve elektrik üretilir. Türbini terk eden daha düşük sıcaklık ve basınçtaki buhar bir proseste kullanılabilir. Karşı basınçlı türbine alternatif olarak, aynı tarzda çalışan ancak endüstriyel bir proseste kullanılmak için orta kademelerde farklı basınç ve sıcaklıklarda buhar çekilebilen, ara buhar almalı türbinler de kullanılabilir.

Karşı basınçlı türbin, çıkışındaki basıncın yüksek tutulması prensibine dayanır. Türbin çıkışında akışkan, yoğuşturucu yerine ısı değiştiriciye girer. Bu sistemler, proses buharı üreten klasik buhar türbinlerinden ve sadece elektrik üreten güç tesislerinden %10-30 daha verimlidir. Buhar türbinleri, gaz türbinleri ya da dizel motorlarına göre, üretilen birim güç başına daha az yakıtı ihtiyaç duyarlar. Ancak, birim proses buharı başına diğer iki sistem kadar elektrik üretmezler. Proses buhar ihtiyacının sabit olmaması veya türbin için gerekli miktardan daha az olması durumunda, karşı basınçlı sistemler yerine ara buhar almalı türbinler kullanılır (Yörü, 2008).

Ara buhar almalı santrallerde, türbine giren buhar belirli bir basınca kadar genişledikten sonra bir kısmı proses ısı değiştiricisine gönderilir ve burada proses ısı ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında kullanılır. Ara buhar almalı türbinden çekilen buhar miktarı değiştirilerek, sistem değişik ısı elektrik oranı değerlerinde çalıştırılabilir. Dolayısıyla, ısı gereksiniminin değişken olduğu sistemlerde kullanılır.

Buhar türbini, çok yüksek toplam verim, yüksek emniyet, tüm yakıt türlerini kullanabilme, uzun işletme ömrü, geniş aralıklarda güç üretimi gibi avantajları yanı sıra, düşük elektrik /ısı oranı, yüksek elektrik üretimi, yüksek maliyet ve yavaş kalkış gibi de dezavantajlara sahiptir.

1.1.5.2. Gaz Türbinli Kojenerasyon

Son yıllarda, geniş ölçekli ısı ve elektriğin birlikte üretildiği sistemlerde gaz türbinleri kullanılır. Gaz türbini, bir veya daha fazla yanma odasında yakılan yakıttan üretilen basınçlı yanma gazları ile rotorun ve buna bağlı şaftın dönmesi ile mekanik güç üretir. Aynı veya başka bir güç türbini de yakma havasını sıkıştırmak için kullanılır (Schoredter, 1993).

Gaz türbinli basit kojenerasyon sisteminde, yakıt ve hava karışımının (12-35 bar) yanma odasında yakılması ile oluşan gazlar, türbin ve şanzıman aracılığı ile jeneratörü tahrik eder. Böylece, jeneratörde elektrik enerjisi elde edilir. Gaz türbini çıkışında 450-550 °C’de elde edilen yanma gazı bir ısı değıştiriciden geçirilerek (atık ısı kazanı) istenen şartlarda doygun buhar ve / veya sıcak su elde edilir. Elde edilen buhar ve/veya sıcak suyun doğrudan proseste kullanılması, verimin maksimum olduğu en ekonomik çözümdür (Koçak ve Gülşen, 1998).

Basit çevrimde yüksek sıcaklıkta elde edilen ısı, buhar üretmek için de kullanılabilir. Üretilen buhar, elektrik üretimini artırmak için bir buhar türbinine kısmen veya tamamen gönderilebilir ki bu tip sisteme kombine sistem denir. Bu yaklaşım gaz türbinli sistemlerde sıkça uygulanır. Gaz türbinleri buhar türbininin gücünü maksimize edecek kadar yüksek basınçta buhar üretirler ve sistemde hala düşük basınçlı buhar ya da onun eşdeğeri sıcak su sağlanabilir.

Kombine çevrimlerde yakıt enerjisinin %40’ı ya da daha fazlası elektriğe çevrilebilir. Eğer ilave yanma kullanılıyorsa, ısı ve elektriğin birlikte çok esnek üretimi sağlanır. Gaz türbinleri yüksek güvenilirlikte ve minimum bakım ihtiyacıyla çalışır. Dünyada gaz türbinleri 500 kW’ den 20 MW’a kadar geniş bir güç aralığında üretilirler.

Ancak, 1 MW'dan küçük türbinler, daha düşük verimlilikte çalışırlar ve birim kW başına yüksek yatırım maliyeti gerektirirler.

Gaz türbinlerinin başlıca avantajları şunlardır:

- Isı/güç oranında işletim esnekliği potansiyeli,
- Uzun süreli kesintisiz çalışma güvenilirliği,
- Yüksek kalitede ısı sağlaması elektrik çıkışı frekans kontrolünü yüksek hızlarda dasabit kılma,
- Yüksek güç ağırlık oranı,
- Soğutma suyuna ihtiyaç duymama;

Gaz türbinlerinin başlıca dezavantajları ise şunlardır:

- Çıkış aralığı içindeki sınırlı ünite hacimleri,
- Motorlara göre daha düşük mekanik birim,
- Gaz yanmalı ise yüksek basınçlara ihtiyaç duyma,
- Yüksek gürültü seviyeleri,
- Düşük yüklerde verim düşüklüğü

Gaz türbinli sistem buhar türbinli sistemden daha fazla yakıtı ihtiyaç duyar; ancak, birim proses buharı başına daha fazla elektrik üretir. Kullanılan bazı gaz türbinleri çift yakıtlıdır. Hem doğalgaz hem de petrol türevlerini kullanabilirler.

1.1.5.3. Motorlu Kojenerasyon

Motorlu kojenerasyon sistemlerinde ısı geri kazanımı için iki ısı kaynağı vardır: yüksek sıcaklıktaki yanma gazı ve düşük sıcaklıktaki motor ceket soğutma suyu. Pistonlu motorlar, çeşitli termodinamik ve işletim çevrimlerinde çalışabilirler. Ancak, motora karakteristik özelliğini veren basit üç işlem vardır: yakıt bir silindir içerisinde tutuşturulur, yanar ve yanma sırasında oluşan gazlar genleşir; genleşen gaz bir pistonu sıkıştırır ve gaz içerisindeki enerji mil gücüne dönüşmüş olur; son olarak, piston ile mil arasındaki bağlantı nedeniyle, pistonun doğrusal hareketi mil kolunun çevirme hareketine dönüşür.

Pistonlu bir gaz motorunda, yakıtın enerjisinin (birincil enerjinin),
%35-40'ı mekanik güce,
%30-35'i motor ceket ısısına,
%25-30'u yanma gazı ısısına,
%7-10'u ise radyasyonla kayıp enerjiye dönüşmektedir.

Daha düşük sıcaklıkta ve miktarda, atık ısı sağladıklarından dolayı, özellikle elektrik ihtiyacı ısı ihtiyacından daha fazla olan (yani elektrik ısı oranı yüksek) endüstriyel uygulamalarda, toplu konut, tatil köyleri, büyük oteller gibi sıcak su ve soğutma gereksinimi olan uygulamalarda, motorlu kojenerasyon sistemleri optimum çözümler sunmaktadır.

Gaz motorunda ortaya çıkan ve kojenerasyon amaçlı sisteme verilen ısı enerjisi üç unsurdan elde edilir: Gaz motorunun yağlama yağı devresi, yanma gazları ve şarj havası, silindir bloğu soğutma devresidir. Yağlama yağları, bu amaçla kullanılabilir veya kullanılmasın, 120 °C' ye kadar sıcak su formunda bir ısı kaynağı oluşturur. Öte yandan, egzoz gazlarının sıcaklığı yaklaşık olarak 400 °C' ye kadar çıkabilir. Ateşleme sistemlerine göre kıvılcım ateşlemeli (Otto) ve basınçlı (Dizel) olmak üzere iki tip motor vardır.

1.1.5.4. Kıvılcım Ateşlemeli Motor (Otto Motoru)

Otto motorunun karakteristik özelliği, ateşleyicinin besleme biriminde oluşan hava ve yakıt karışımını kıvılcım ile tutuşturmasıdır. Yanan yakıt genişler ve pistonu güç uygulayarak onu harekete geçirir; böylece, iş icra edilmiş olur (Lindberg, 1999). Bu tip motorun ana avantajı soğutma suyunun 120 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklara çıkmasıdır. Enerji üretim tesislerinde, Otto motoru, ateşlemeli sisteme çevrilmiş bir benzin motoru veya bir dizel motorudur.

Gaz motorları için güç değerleri, 20 kW ile 1,5 MW arasında değişmektedir. Dizel motorlarından çevrilmiş olan ateşlemeli motorların doğalgazla çalıştıklarında, 5 kW ile 4 MW arasındaki kapasiteleri vardır. Otto motorlarının çalışma hızları, 750-3000 devir/dak. arasındadır; elektrik verimleri ise %25-35'tir. (Lindberg, 1999). Soğutma

ve egzoz ısıları seri olarak bir atık ısı kazanında geri kazanılır ve düşük basınçlı buhar ya da orta/düşük sıcaklıkta sıcak su elde edilir. Bu tip motorlar benzin ve doğalgaz gibi yakıtlarla çalışırlar, küçük ve basit tesislerde kullanılırlar. Biyogazlar ve benzer olarak geri kazanılmış gazlar da kullanılabilir; ancak, düşük kalorifik değerlerinden dolayı, motor çıkış değerlerinde düşüş olur.

1.1.5.5. Dizel Motoru

Otto motorundan farklı olarak, dizel motorunda yakıtı ateşlemek için dışarıdan sağlanan kıvılcım kullanılmaz. Bunun yerine, yakıt, havayla karışacağı silindirlere enjekte edilir ve pistonlar yakıt/hava karışımını basınç altına aldığı anda oluşan ısı ile ateşlenir. Dizel motorları genel olarak iki tiptedir: 2-stroklı ve 4-stroklı. 2-stroklı motor, her devirde gelen tek ateşleme özelliği ile belirgindir; 200 devir/dak'nın altında çalışan ve %45-53'lük yüksek elektrik kapasitesi ile 1-50 MW'lık çıkış sağlar. 4-stroklı motorda ateşleme birer devir aralıklarla meydana gelir; 400-2000 devir/dak arası hızda çalışır ve %35-45 arası elektrik verimiyle birkaç kW ile 20 MW arası çıkış değerlerinde görev yaparlar (Unescap, 1998).

Dizel motorları, dizel, mazot, LPG ve doğalgaz gibi birçok farklı yakıtla çalışabilirler.

Motorların avantajları;

- Geniş yük aralığında bile yüksek güç verimliliği,
- Yüksek elektrik /ısı oranı,
- Düşük maliyet,
- Uzun işletme ömrü,
- Talepteki dalgalanmalara göre esneklik;

dezavantajları ise,

- Geri kazanılan ısı değerlendirilmezse bile soğutulma zorunluluğu,
- Düşük güç / ağırlık oranı ve dengeleme kuvvetlerinin dayanıklı tesislere ihtiyaç göstermesi,
- Yüksek bakım maliyeti

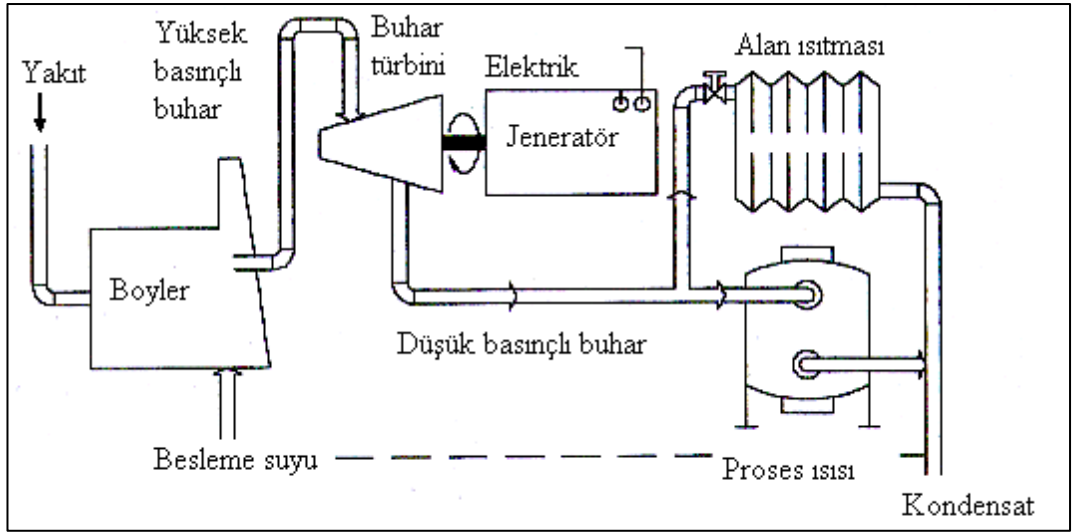
şeklinde sıralanabilir.

1.1.6. Kojenerasyon Sistemleri

Kojenerasyon, genellikle elektrik ve yararlı ısı (sıcak su veya buhar şeklinde) üretmek için kullanılır. Kojenerasyon sistemleri için üç yaklaşım vardır (Wilkinson ve Barnes, 1993):

- Merkezi kullanımlı tesis sistemleri,
- Endüstriyel tesis sistemleri,
- Entegre modüler sistemler.

Merkezi kullanımlı ısıtma buharı/elektrik kojenerasyonu ve endüstriyel tesislerdeki kojenerasyon, 50 yıldan fazladır kullanılmaktadır. Ancak, entegre modüler tesisler gibi bazı kavramlar yeni ele alınmaktadır. Bu üç şekildeki kojenerasyon sistemlerinin temel nitelikleri Şekil 1.5'te görülmektedir. Hiçbirinin nitelikleri tam değildir ve çoğu uygulamalarda birbirleri ile kesişebilirler.



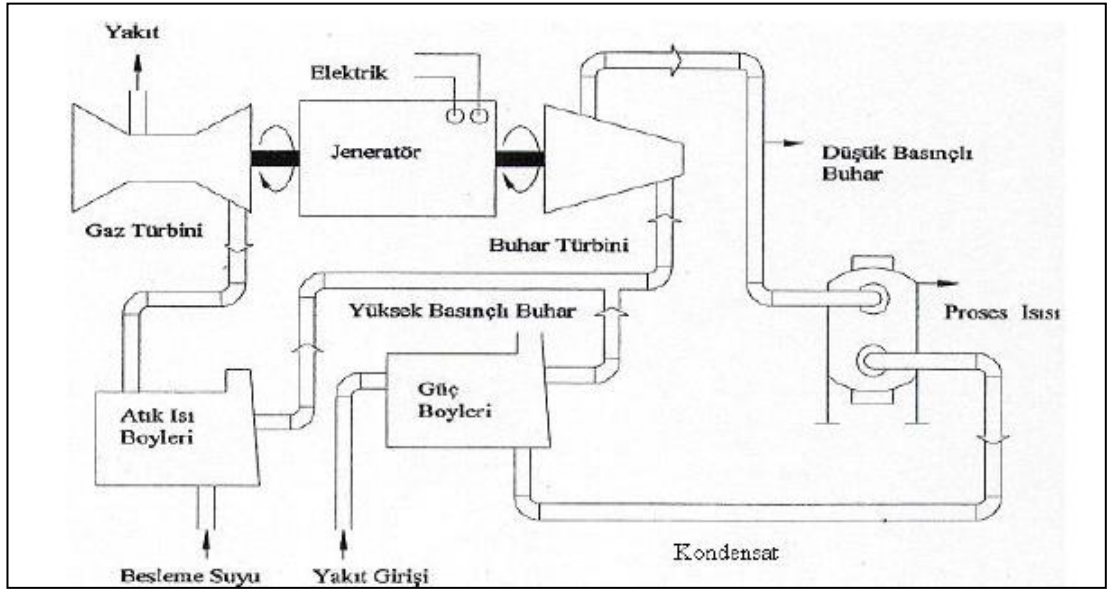
Şekil 1.5. Merkezi tesis kojenerasyon sistemi (Wilkinson ve Barnes 1993).

1.1.6.1. Merkezi Kullanımlı Tesisler

Büyük merkezi güç tesislerindeki kojenerasyon ile Şekil 1.5'te ticari binalarda ve konutlarda alan ısıtması ve sıcak su, ve endüstriyel tesislerde ise alan ısıtması ve düşük sıcaklıkta proses ısısı sağlanır.

1.1.6.2. Endüstriyel Tesisler

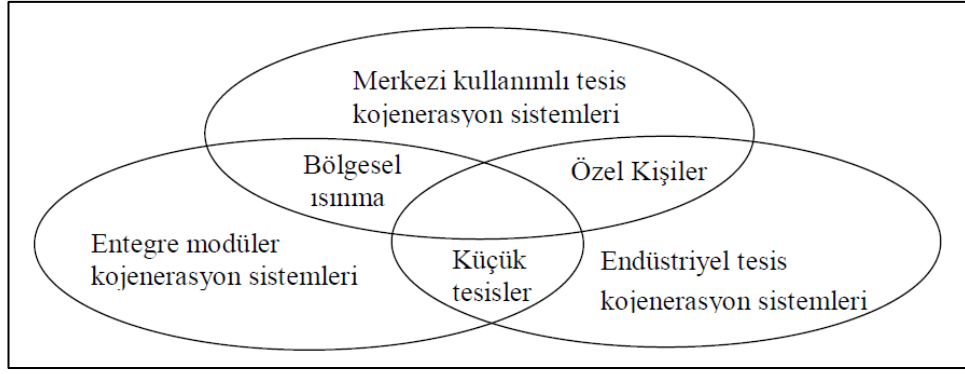
Kojenerasyon başlıca, iki endüstriyel alanda uygulanabilir: yüksek derecede ısı enerji gerektiren (gübre, çelik, çimento, seramik ve cam tesisleri) ve düşük derecede ısı enerji gerektiren (kağıt, tekstil, yiyecek ve içecek tesisleri, vb.). Örnek olarak, kombine çevrim kojenerasyon sistemi kullanan bir kimya tesisinde (Şekil 1.6) aynı amaçla kullanılan konvansiyonel tesisten %30 yakıt tasarrufu sağlanmıştır.



Şekil 1.6. Endüstriyel tesis kojenerasyon sistemi (Wilkinson ve Barnes, 1993).

1.1.6.3. Entegre Modüler Sistemler

Elektrik ve ısı üretimi sağlayan çift amaçlı entegre modüler sistemler apartmanlarda, alışveriş merkezlerinde, üniversitelerde ve endüstriyel parklarda kullanılabilir. Ancak, bu küçük sistemler yüksek maliyetlere sahiptir. Küçük boyler ve jeneratörler için birim buhar ya da elektrik çıkışı başına yatırım maliyeti, büyük endüstriyel ya da merkezi sistemlere göre %50-%100 daha fazladır. Entegre Modüler sistemlerin kullanım noktaları Şekil 1.7'de gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Kojenerasyon sistemleri (Wilkinson ve Barnes, 1993).

1.1.7. Kojenerasyon Tekniği Seçimi

Kojenerasyon amacıyla uygulanacak teknik ve sistem tipi, maliyet, toplam verimlilik ve özellikle kullanıcının gereksinimleri dikkate alınarak, uygun bir şekilde seçilmelidir. Kojenerasyon oldukça büyük bir yatırım gerektirdiği için sistemin teknik yönden fizibilitesinin ayrıntılı olarak yapılması çok önemlidir. Bu fizibilite sonuçları, maliyet ve kaliteden dahi önce gelebilmektedir. Uygun sistem seçimi aşağıdaki parametrelere göre yapılır (Koçak ve Gülşen, 1998).

1.1.7.1. Toplam Sistem Kapasitesi

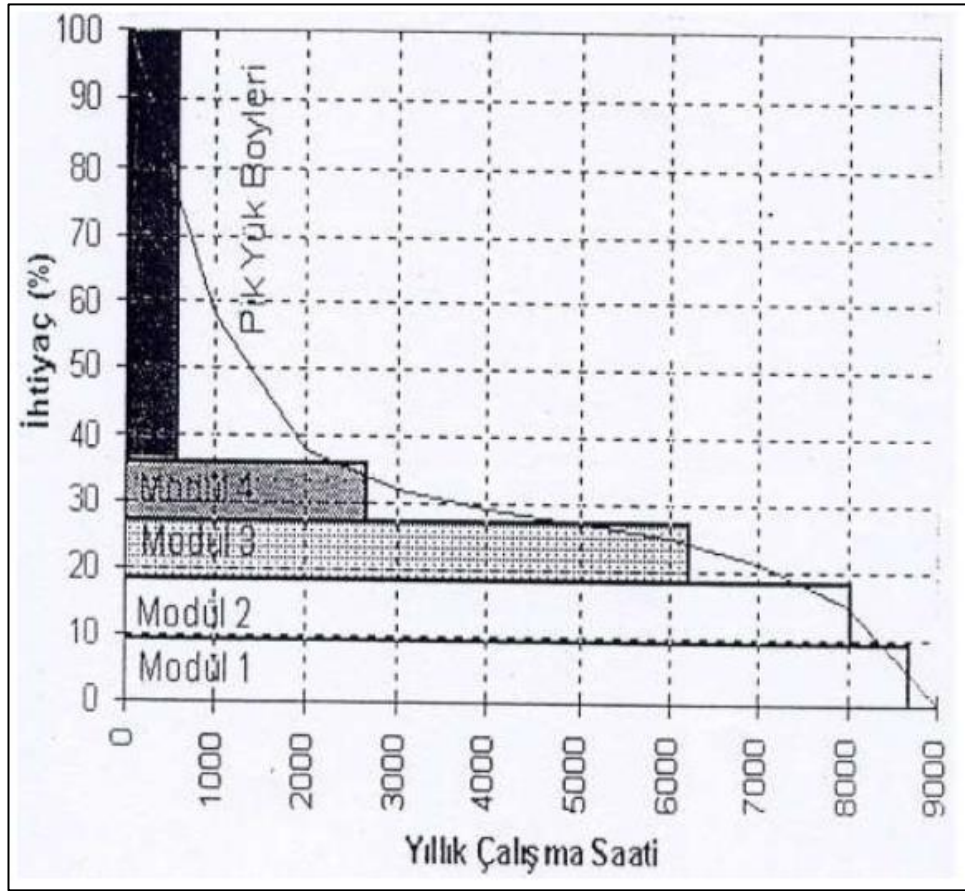
Kojenerasyon sisteminde ihtiyaç duyulan güçler büyüdükçe, seçim, gaz türbininden yanadır. Uygulamalarda, genellikle 2,5-3 MW seviyesinin altındaki kapasiteler için gaz motorları, üzerindeki kapasiteler için ise gaz türbinleri kullanılır.

1.1.7.2. Elektriğin Kalitesi

Elektrikteki frekans ve gerilim hassasiyetinin yüksek olduğu işletmelerde, teknolojinin karlılığına ya da şebeke elektriğinin sürekliliğine bakmaksızın, kojenerasyon yatırımı zorunlu hale gelebilir. Özellikle hassas elektronik cihazların bulunduğu tesislerde, frekans ve gerilim değerlerinin toleransı çok azdır. Tesiste bu türden sorunlar varsa kojenerasyon kaçınılmaz olur ve tolerans miktarı azaldıkça, sistem seçimi gaz motorundan gaz türbinine doğru kayar.

1.1.7.3. Yük Durumu

Tüketim bölgesinin ısı ve elektrik yük eğrilerine göre seçim yapılabilir. Eğer yük eğrisi çok dengesiz oluyorsa; yani yük değerleri günün, haftanın, yılın çeşitli zamanlarında çok farklılık gösteriyorsa, tüketim birden fazla modül ile karşılanır. Böyle bir yük eğrisi Şekil 1.8’de görülmektedir.



Şekil 1.8. Tipik bir yıllık yük eğrisi (Koçak vd., 1998).

Gaz türbinleri ve gaz motorları sabit miktarda yükte çalışmak üzere tasarlanmıştır. Ancak, yükteki bir azalma gaz türbinini daha çok etkiler. Yük azaldığı zaman toplam verim, özellikle elektrik verimi hızla düşer. Örnek olarak, gün içinde 400 kW, gece ise 200 kW elektrik enerjisi ihtiyacı olan bir hastanedeki elektrik tüketimini karşılamak üzere, 200 kW'lık iki gaz motorunun kullanılması çalışma rejiminin daha verimli olmasını sağlar.

1.1.7.4. Çevre Sıcaklığı

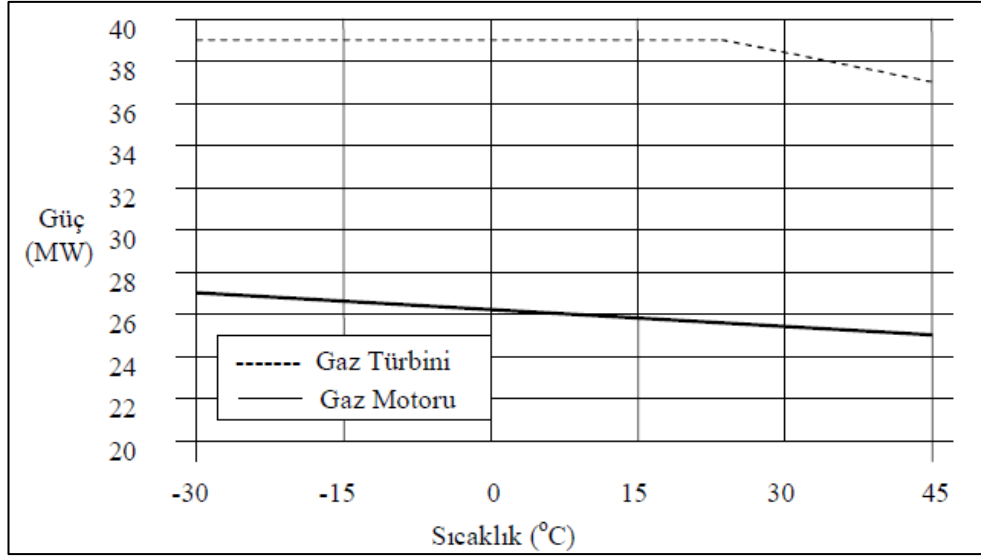
Gaz motorları yüksek sıcaklıklarda bile elektrik verimini korurken, 40°C ve üzerindeki sıcaklıklarda, gaz türbinlerinin verimi %15-20 kadar düşer. Şekil 1.9'a göre, gaz türbininin elektrik verimindeki azalma -30°C'den +15°C'ye kadar sabittir. Ancak daha yüksek sıcaklıklarda eğrinin eğimi artar.

1.1.7.5. Elektrik Isı Oranı

Termik ve mekanik güç ihtiyaçları seçim parametrelerinin en önemlilerindedir. Sağlıklı bir seçim için yıllık, yoksa aylık ya da haftalık bazda tüketim değerleri tespiti yapılmalı, bunlar grafiklere dökülmelidir. İlk olarak, yıllık ortalama elektrik tüketimine bakılır ve atıl kapasite yaratmayacak şekilde bu tüketimin az altında kalacak bir kapasite seçilir. Birinci amaç, elektrik tüketimine yönelik kapasite belirleme olmalıdır. Santralin elektrik kapasitesi belirlendikten sonra, ısı tüketim verilerine bakılır. Bu veriler hangi sisteme uygun ise o sistem seçilebilir.

Gaz türbini ile yapılan kojenerasyon sistemlerinde, elektrik ısı oranları 0,40-0,50 civarındadır. Yani toplam enerji çıkışının %34'ü elektrik enerjisi, %53'ü ısı enerjisidir. Gaz motorları ile yapılan uygulamalarda ise elektrik ısı oranları 0,75-0,80 civarındadır.

Yani toplam enerji çıkışının yaklaşık %40'ı elektrik gücü olarak elde edilirken, %50'si termik güç olarak geri kazanılabilir. Kojenerasyon sistemlerinin bu temel ayrımından dolayı, tüketim bölgesinin çevresel özelliğine(Şekil 1.9 Çevre sıcaklığının güç eğrisi görülmektedir.) yani hangi oranda ısı ve elektrik ihtiyacı bulunduğu tespit edilerek seçim yapılır (İnalı, 2002).



Şekil 1.9. Gaz türbini ve gaz motorunun çevre sıcaklığına göre verim değişimleri (Koçak ve Gülşen, 1998).

1.1.7.6. Çalışma Durumu (Başlatma Sayısı)

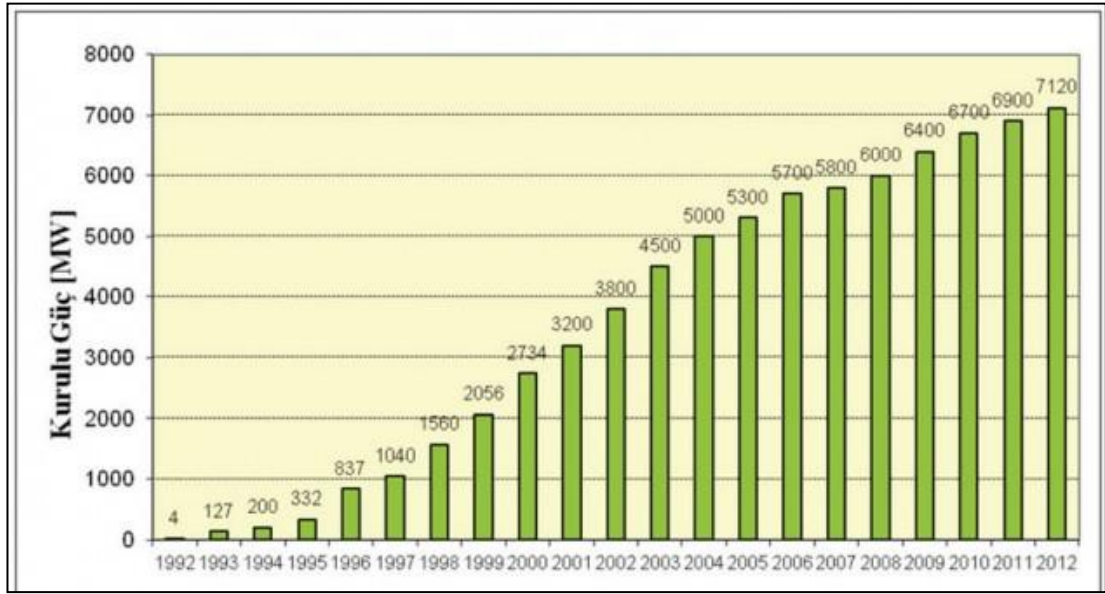
Başlatma ve durdurma sayısındaki sıklık gaz türbini daha fazla etkiler. Başlatma ile çalışma modunda yükü kabul edecek aşamaya kadar geçen zaman süresi gaz türbininde daha fazladır. Bu değer gaz türbininde 15 - 17 dakika iken, gaz motorunda 2-3 dakikadır. Gaz motorlarının çalışma ömrü daha fazladır ve bakımı daha kolaydır. Gaz motoru için minimum 4 barlık gaz basıncı gerekirken, gaz türbininde 16-20 bar basınç gerekir. Sonuç olarak, gaz motorlarının daha kolay devreye alınabilmesinden dolayı, senelik başlatma sayıları fazla olan işletmeler için gaz motoru kullanımı kaçınılmaz hale gelir.

1.1.7.7. Yakıt Tipi

Çeşitli nedenlerden dolayı, kojenerasyon sisteminde kullanılması düşünülen yakıt türlerine göre de sistem seçimi yapılabilir. Bazı uygulamalarda birden fazla, örneğin iki veya üç yakıt tipi kullanılabilirken, bazı tesislerde doğrudan yakıt tipinden yola çıkılarak sistem seçimi yapılabilir. Çöplük gazı veya arıtma gazı ile çalışan sistemler buna örnek olarak verilebilir. Türkiye'de, özellikle doğalgaz kullanılan yerlerde, sistem çok ekonomik olabilir ve yatırımın geri ödeme süresi iki yıl ya da daha kısa olabilir.

1.1.8. Türkiye’de Kojenerasyon Uygulamaları

Kojenerasyon uygulamaları Türkiye’de ilk olarak 1992 yılında Yalova Fiber Fabrikası’nın kurmuş olduğu 3.7MW’lık Typhoon Gaz Türbini’ne sahip kojenerasyon tesisi ile başlamıştır. Geçen 14 yılda kojenerasyon uygulamaları hızla gelişerek kurulu güç, 2006 yılında toplam 5700 MW’ a yükselmiştir (Şekil 1.10) (Güngör, 2007).

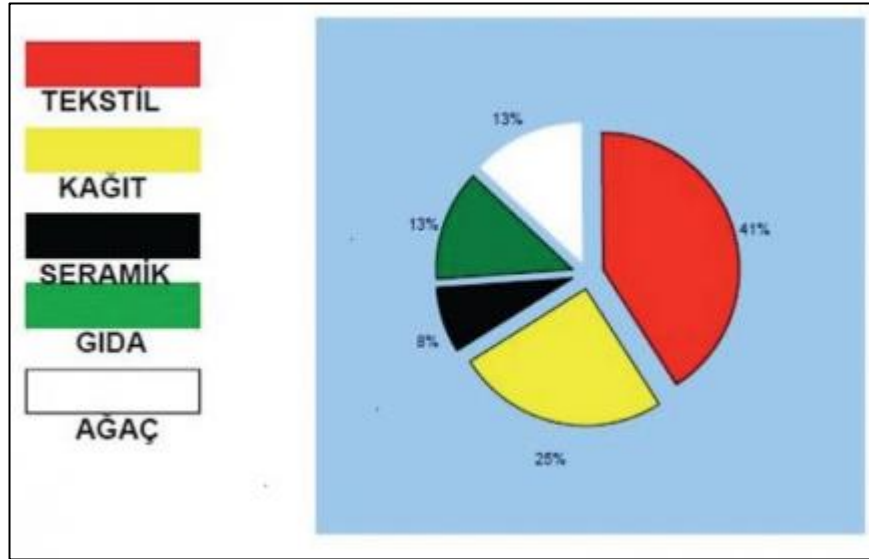


Şekil 1.10. Türkiye’de kojenerasyon uygulamalarında yıllara göre toplam güç artışı (Ağış, 2013).

Kojenerasyon sistemleri Türkiye’de özellikle sanayi tesislerinde geniş uygulama alanları bulmuştur. Elektrik ve ısıtmanın gerekli olduğu büyük fabrikalarda kullanılan kojenerasyon sistemleri, yatırım maliyetlerine karşın bu maliyetleri 4-5 yıl içerisinde geri ödeyecek kadar büyük gelir getirebilmektedir. Kojenerasyon uygulamaları ilk olarak Türkiye’de Aksa, Yalova Elyaf, Sifaş, Çolakoğlu Metalurji, Şahinler Holding, Çerkezköy ve Bursa sanayi bölgelerinde uygulanmaya başlanmıştır. Bunları Koç Holding ve Sabancı Holding gibi daha büyük firmalar da takip etmiş ve kojenerasyon sistemleri hızla yayılmıştır (Ağış, 1995).

Bu alanlardan bazıları seramik fabrikaları, kağıt ve orman ürünleri fabrikaları, kimya fabrikaları, elektrik üretim santralleri, tekstil fabrikaları, plastik fabrikaları,

alüminyum tesisleri, şeker fabrikaları, demir-çelik fabrikaları, biyogaz ve çöp gazı üretim tesisleri, beyaz eşya üretim fabrikaları şeklinde sıralanabilir. Tekstil bunun %56'lık bölümünü oluşturur (Şekil 1.11). Bunların yanında son yıllarda özellikle mikro kojenerasyon sistemlerinin de yaygınlaşmasıyla oteller, hastaneler, alışveriş merkezleri, villalar, iş merkezleri ve hatta apartman ve sitelerde de kullanılabilir (Ağış, 1995). Türkiye'de enerji tüketimi, endüstriyel ihtiyaçlar ve şehirleşmenin birleşimi sonucunda son 20 yılda büyük ölçüde artmıştır. (Hepbaşlı, 2005) bu durumu aynı döneme ait toplam enerji üretimi ve tüketimi arasındaki farkın azaldığını gösteren grafikler ile ortaya koymuştur. Bu nedenle büyük ölçekli işletmelerin birçoğu bu süreçte kendi kojenerasyon sistemlerini kurmuşlardır (Hepbaşlı, 2002).



Şekil 1.11. Türkiye'de kojenerasyonun sektörel dağılımı (Şekeroğlu, 2013).

Türkiye'de 1994 yılına kadar sadece 4 kojenerasyon tesisi çalışıyordu ve 30 MW toplam kapasiteye sahipti. Mart 2000'de 80 otoprodüktör tesisi (Türk Ticaret Kanunu'nda yer alan ve kendi endüstriyel imkanları ile Türkiye'de firmaların elektrik üretmesi) 2079 MW elektrik üretme kapasitesine sahipti (Hepbaşlı ve Özalp, 2002b). 1998 yılında Türkiye'nin toplam enerji tüketiminin %38'i endüstriyel sektöre aitken, bunu %34 ile yerleşim yerleri, %19 ile ulaşım, %5 ile tarım takip etmiştir. Bu verilere göre endüstriyel sektörün 2010 yılında %49 ve 2020 yılında %59 artması beklenmektedir (Hepbaşlı ve Özalp, 2002a). Bu artışa paralel olarak

kojenerasyon sistemlerin gelişmesinde de önemli bir artış olacağı öngörülmektedir (Hepbaşlı ve Özalp, 2002c). Kojenerasyonun bilinçli ve planlı bir şekilde Türkiye’de uygulama alanına konulması, 1984 yılında çıkartılan 3096 sayılı yasanın özel sektöre verdiği elektrik tesislerini kurma ve işletme yetkisi ile başlamıştır. Bu yasadan yaklaşık bir yıl sonra çıkartılan 85/9799 sayılı kararname ile Türkiye’de "Otoprodüktörlük" yasal alt yapısı oluşturulmuş ve o günden itibaren bilinen gelişmesiyle Otoprodüktörlük, 2000 yılı sonu itibariyle, Türkiye elektrik üretiminin %14’ünü üreten en büyük özel enerji sektörü olma başarısını göstermiştir (Yörü, 2008). Özellikle otoprodüktörlerinkojenerasyon tesisleri ile ilgili durumu ve gelişimi Aras (2003) tarafından değerlendirilmiştir. 2011 yılında otoprodüktör firmaların ürettiği toplam elektrik kapasitesi 13254. MW’ı bulmuştur. (TEİAŞ APK 2013-2017 Üretim Kapasite Projeksiyonu). Türkiye’de yer alan kojenerasyon sistemlerinin kullanıldığı bazı fabrikalar ise göre şöyle sıralanmıştır: Trakya (Hamitabat) kombine çevrim santrali, Ambarlı kojenerasyon santrali, Bursa doğalgaz kombine çevrim santrali, Bursa Entekkojenerasyon santrali, İzmit Kentsakojenerasyon santrali, Zonguldak Alaplı kojenerasyon santrali, Ereğli Demir ve Çelik Fab. A.Ş. Kojenerasyon Santrali, Çerkezköy kojenerasyon santrali, Bozüyük kojenerasyon santrali, Kemerburgaz kojenerasyon santrali, Esenyurtkojenerasyon santrali, Eskişehir Arçelik kojenerasyon santrali, İzmir Ege Seramik Birleşik Isı A.Ş. Arşan Dokuma Kojenerasyon Santrali, Hasırcı Tekstil Kojenerasyon Santralleridir (2013).

BÖLÜM 2

BOYA FABRİKASI ENERJİ ETÜDÜ

2.1. ENERJİ KAYNAKLARININ ALT ISIL DEĞERLERİ VE PETROL EŞDEĞERİNE ÇEVİRİM KATSAYILARI

Çizelge 2.1. Enerji kaynaklarının alt ısı değerleri ve petrol eşdeğerine çevrim katsayıları.

Miktar	Enerji Kaynağı	Yoğunluk	Alt Isıl Değer	Birim	TEP Çevrim Katsayısı
1 ton	Taşkömürü		6.100.000	kCal	0.610
1 ton	Kok Kömürü		7.200.000	kCal	0.720
1 ton	Briket		5.000.000	kCal	0.500
1 ton	Linyit teshin ve sanayi		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Linyit santral		2.000.000	kCal	0.200
1 ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kCal	0.110
1 ton	Petrokok		7.600.000	kCal	0.760
1 ton	Prina		4.300.000	kCal	0.430
1 ton	Talaş		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Kabuk		2.250.000	kCal	0.225
1 ton	Grafit		8.000.000	kCal	0.800
1 ton	Kok tozu		6.000.000	kCal	0.600
1 ton	Maden		5.500.000	kCal	0.550
1 ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kCal	0.110
1 ton	Asfaltit		4.300.000	kCal	0.430
1 ton	Odun		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Hayvan ve Bitki Artığı		2.300.000	kCal	0.230
1 ton	Ham Petrol		10.500.000	kCal	1.050
1 ton	Fuel Oil No: 4		9.600.000	kCal	0.960
1 ton	Fuel Oil No: 5	0.920 Kg/lt	10.025.000	kCal	1.003
1 ton	Fuel Oil No: 6	0.940 Kg/lt	9.860.000	kCal	0.986
1 ton	Motorin	0.830 Kg/lt	10.200.000	kCal	1.020
1 ton	Benzin	0.735 Kg/lt	10.400.000	kCal	1.040
1 ton	Gazyağı	0.780 Kg/lt	8.290.000	kCal	0.829
1 ton	Siyah Likör		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Nafta		10.400.000	kCal	1.040
bin m³	Doğal Gaz	0.670 Kg/m³	8.250.000	kCal	0.825
1 ton	Kok Gazı		8.220.000	kCal	0.820
bin m ³	Kok Gazı	0.490 Kg/m ³	4.028.000	kCal	0.403
1 ton	Yüksek Fırın Gazı		535.000	kCal	0.054
bin m ³	Yüksek Fırın Gazı	1.290 Kg/m ³	690.000	kCal	0.069
bin m ³	Çelikhane Gazı		1.500.000	kCal	0.150
bin m ³	Rafineri Gazı		8.783.000	kCal	0.878
bin m ³	Asetilen		14.230.000	kCal	1.423
bin m ³	Propan		10.200.000	kCal	1.020
1 ton	LPG		10.900.000	kCal	1.090
bin m ³	LPG	2.477 Kg/m ³	27.000.000	kCal	2.700
bin kWh	Elektrik		860.000	kCal	0.086
bin kWh	Hidrolik		860.000	kCal	0.086
bin kWh	Jeotermal		860.000	kCal	0.860

2.1. ENERJİ TÜKETİMLERİ VE MALİYETLERİ

BOYA Fabrikasına ait son üç yılın enerji tüketim bilgileri Çizelge 2.2’de ve enerji maliyetleri ise Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.2. Enerji tüketim bilgileri.

YIL 2012				
AYLAR	ELEKTRİK	ELEKTRİK	DOĞALGAZ	DOĞALGAZ
	Miktar	TEP	Miktar	TEP
	kWh		kWh	
OCAK	1.054.454	90,68	1.110.549	160,81
ŞUBAT	1.186.496	102,04	1.073.070	155,38
MART	1.243.418	106,93	1.566.386	226,82
NİSAN	1.296.076	111,46	1.306.686	189,21
MAYIS	1.387.386	119,32	1.082.059	156,68
HAZİRAN	1.371.493	117,95	838.098	121,36
TEMMUZ	1.427.284	122,75	618.201	89,52
AĞUSTOS	1.109.791	95,44	498.986	72,25
EYLÜL	1.295.920	111,45	635.903	92,08
EKİM	1.197.130	102,95	654.712	94,80
KASIM	1.293.012	111,20	1.125.762	163,01
ARALIK	1.171.148	100,72	1.168.635	169,22
TOPLAM	15.033.608,00	1.292,89	11.679.047,76	1.691,15
YIL 2011				
AYLAR	ELEKTRİK	ELEKTRİK	DOĞALGAZ	DOĞALGAZ
	Miktar	TEP	Miktar	TEP
	kW		kWh	
OCAK	889.726	76,52	1.382.447	200,18
ŞUBAT	981.219	84,38	1.329.063	192,45
MART	1.194.856	102,76	1.629.451	235,95
NİSAN	1.226.676	105,49	1.637.749	237,15
MAYIS	1.403.471	120,70	1.305.732	189,07
HAZİRAN	1.463.058	125,82	1.269.041	183,76
TEMMUZ	1.411.854	121,42	1.100.868	159,41
AĞUSTOS	1.263.461	108,66	835.609	121,00
EYLÜL	1.296.195	111,47	1.049.420	151,96
EKİM	1.352.177	116,29	1.602.344	232,02
KASIM	1.028.004	88,41	1.163.656	168,50
ARALIK	1.279.787	110,06	1.338.467	193,81
TOPLAM	14.790.484,00	1.271,98	15.643.845,99	2.265,25

Çizelge 2.2. (devam ediyor).

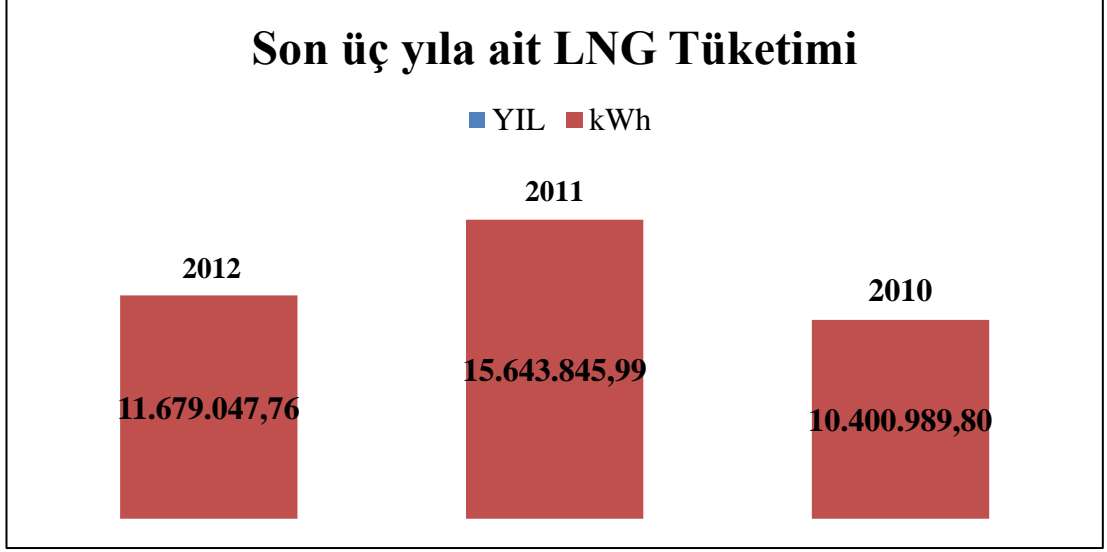
YIL 2010				
AYLAR	ELEKTRİK	ELEKTRİK	DOĞALGAZ	DOĞALGAZ
	Miktar	TEP	Miktar	TEP
	kW		kWh	
OCAK	899.271	77,34	815.970	118,15
ŞUBAT	938.680	80,73	926.610	134,17
MART	1.229.443	105,73	959.249	138,90
NİSAN	1.256.275	108,04	888.716	128,69
MAYIS	1.402.919	120,65	702.564	101,73
HAZİRAN	1.355.613	116,58	717.500	103,90
TEMMUZ	1.328.819	114,28	830.630	120,28
AĞUSTOS	1.185.432	101,95	812.374	117,63
EYLÜL	1.013.755	87,18	832.013	120,48
EKİM	1.158.389	99,62	1.067.123	154,52
KASIM	988.486	85,01	854.417	123,72
ARALIK	1.028.293	88,43	993.824	143,91
TOPLAM	13.785.375,00	1.185,54	10.400.989,80	1.506,08

Çizelge 2.3. Enerji maliyet bilgileri.

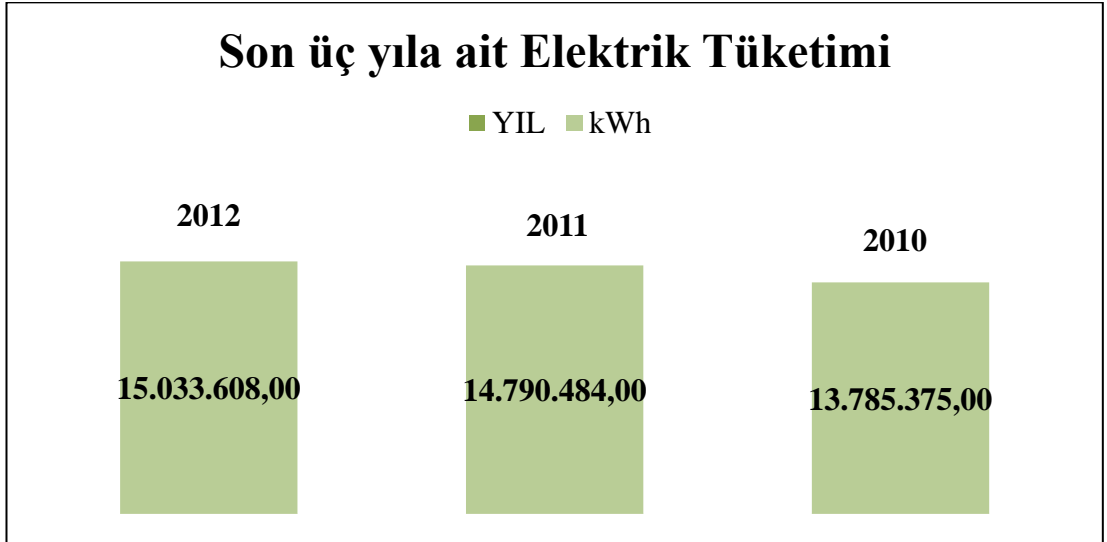
YIL 2010				
AYLAR	ELEKTRİK	ELEKTRİK	LNG	LNG
	Miktar	TL	Miktar	TL
	kWh		KG	
OCAK	899.271,00	181.977,56	59.000,00	N.A
ŞUBAT	938.680,00	189.952,41	67.000,00	N.A
MART	1.229.443,00	248.791,56	69.360,00	N.A
NİSAN	1.256.275,00	254.221,31	64.260,00	N.A
MAYIS	1.402.919,00	283.896,37	50.800,00	N.A
HAZİRAN	1.355.613,00	274.323,47	51.880,00	N.A
TEMMUZ	1.328.819,00	268.901,40	60.060,00	N.A
AĞUSTOS	1.185.432,00	239.885,44	58.740,00	N.A
EYLÜL	1.013.755,00	205.144,68	60.160,00	N.A
EKİM	1.158.389,00	234.412,99	77.160,00	N.A
KASIM	988.486,00	200.031,21	61.780,00	N.A
ARALIK	1.028.293,00	208.086,60	71.860,00	N.A
TOPLAM	13.785.375,00	2.789.625,00	752.060,00	N.A

Çizelge 2.3. (devam ediyor).

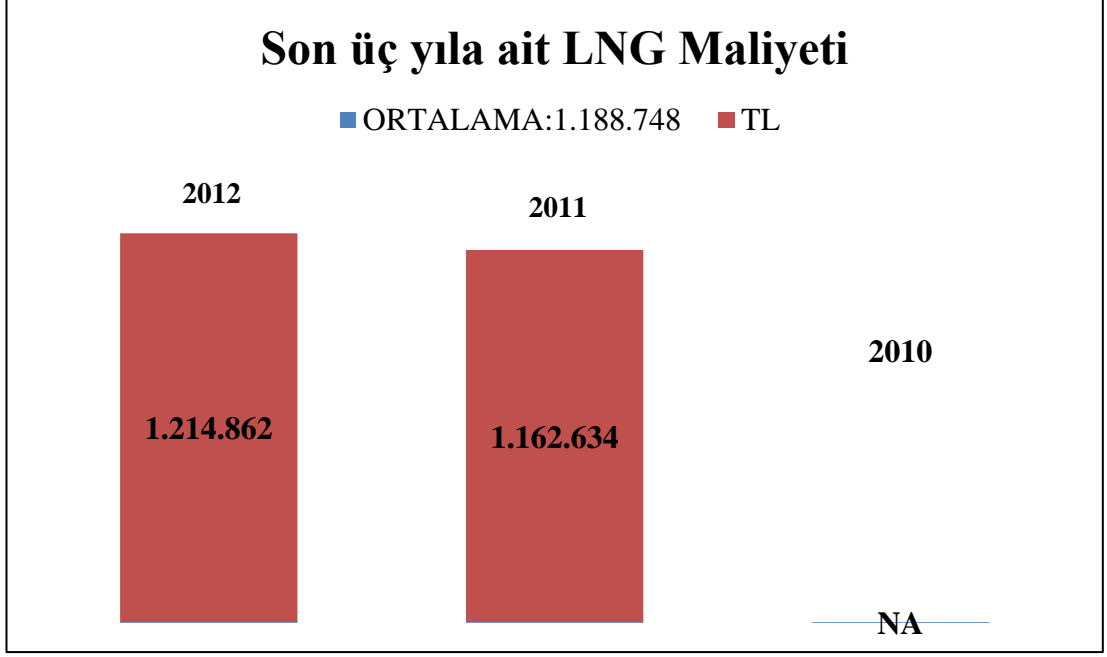
YIL 2011				
AYLAR	ELEKTRİK	ELEKTRİK	LNG	LNG
	Miktar	TL	Miktar	TL
	kWh		KG	
OCAK	889.726,00	189.733,18	99.960,00	102.742,01
ŞUBAT	981.219,00	209.243,98	96.100,00	98.774,58
MART	1.194.856,00	254.801,85	117.820,00	121.099,07
NİSAN	1.226.676,00	261.587,44	118.420,00	121.715,77
MAYIS	1.403.471,00	299.288,79	94.413,00	97.040,63
HAZİRAN	1.463.058,00	311.995,66	91.760,00	94.313,79
TEMMUZ	1.411.854,00	301.076,46	79.600,00	81.815,36
AĞUSTOS	1.263.461,00	269.431,80	60.420,00	62.101,56
EYLÜL	1.296.195,00	276.412,29	75.880,00	77.991,83
EKİM	1.352.177,00	288.350,40	115.860,00	119.084,52
KASIM	1.028.004,00	219.220,83	84.140,00	86.481,72
ARALIK	1.279.787,00	272.913,30	96.780,00	99.473,50
TOPLAM	14.790.484,00	3.154.056,00	1.131.153,00	1.162.634,36
YIL 2012				
AYLAR	ELEKTRİK	ELEKTRİK	LNG	LNG
	Miktar	TL	Miktar	TL
	kWh		KG	
OCAK	1.054.454	257.679,39	80.300	115.520,00
ŞUBAT	1.186.496	289.946,81	77.590	111.621,38
MART	1.243.418	303.856,97	113.260	162.936,43
NİSAN	1.296.076	316.725,13	94.482	135.922,30
MAYIS	1.387.386	339.038,77	78.240	112.556,47
HAZİRAN	1.371.493	335.154,96	60.600	87.179,48
TEMMUZ	1.427.284	348.788,73	44.700	64.305,65
AĞUSTOS	1.109.791	271.202,23	36.080	51.904,88
EYLÜL	1.295.920	316.687,01	45.980	66.147,07
EKİM	1.197.130	292.545,46	47.340	68.103,57
KASIM	1.293.012	315.976,37	81.400	117.102,46
ARALIK	1.171.148	286.196,18	84.500	121.562,14
TOPLAM	15.033.608,00	3.673.798,00	844.472,00	1.214.861,82



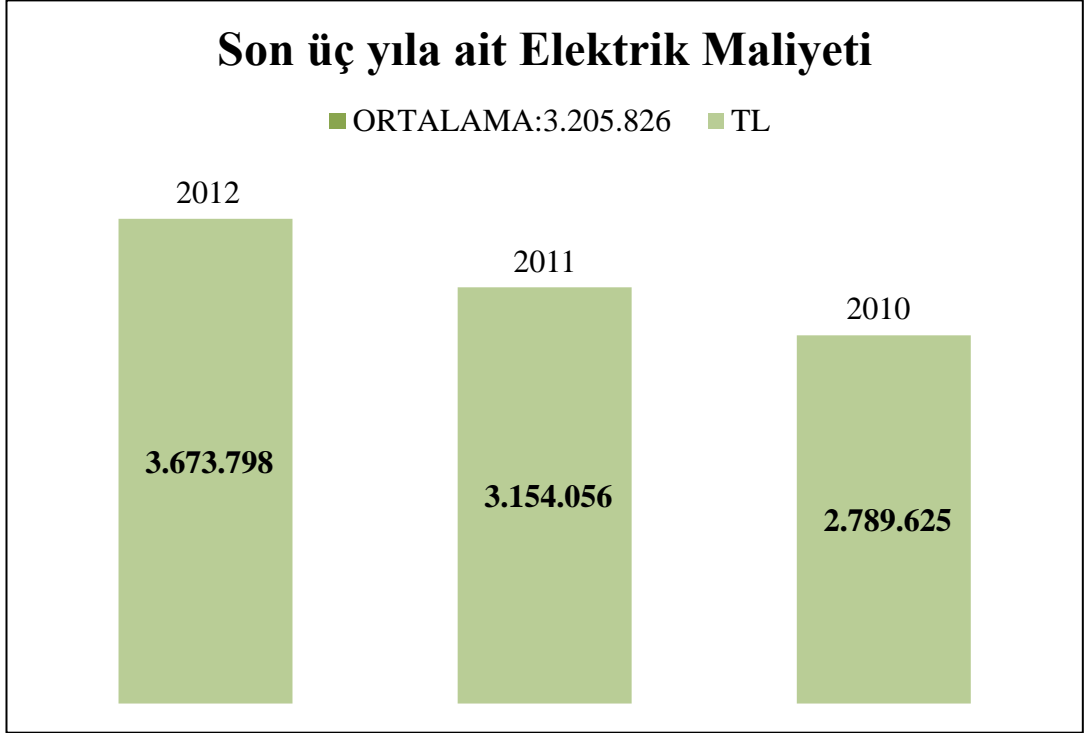
Şekil 2.1. Son üç yıla ait LNG tüketim bilgileri.



Şekil 2.2. Son üç yıla ait elektrik tüketim bilgileri.



Şekil 2.3. Son üç yıla ait LNG maliyet bilgileri.



Şekil 2.4. Son üç yıla ait elektrik maliyet bilgileri.

BÖLÜM 3

KOJENERASYON TESİSİ FİZİBİLİTE ANALİZİ

3.1. ÜNİTE VE SİSTEM TARİFİ

BOYA Fabrikası elektrik ihtiyacını Gebze OSB'den temin etmektedir. Tesisin buhar ihtiyacını karşılamak için 12 ton/saat kapasiteli buhar kazanı bulunmaktadır. Ayrıca, fabrikaların ve idari binaların sıcak su ihtiyacını karşılamak için farklı lokasyonlarda sıcak su kazanları bulunmaktadır. Buhar kazanı ve sıcak su kazanları Doğalgaz ile çalıştırılmaktadır. Tesisin elektrik, buhar ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kojenerasyon sistemi alternatif bir öneri olarak çalışılmıştır.

BOYA Fabrikasında önerilen kojenerasyon santrali için bir ön fizibilite çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada kapasite hesabı yapılarak bir doğalgazlı kojenerasyon teklifi alınmıştır. İlgili teklif uyarınca gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan trafo ölçümleri neticesinde yaklaşık 3 MW'lık kurulu güçteki bir kojenerasyon santralinin fabrika ihtiyacını karşılayacağı belirlenmiştir. Alınan kojenerasyon teklifi ise 3 MW'ın biraz üzerinde bir kapasite olan 3,358 MW'a göre alınmıştır. Bu çalışma için seçilen gaz motoruna ve sisteme ait özellikler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1. Teklifi alınan kojenerasyon santral bilgileri.

Özellik	Birim	Değer
Doğalgazın Alt Isıl Değeri	kWh/Nm ³	9,6
Giren Enerji (%100 doğalgaz tüketiminde)	kW	7.462
Doğalgaz Miktarı	Nm ³ /h	777
Çıkan Mekanik Güç	kW	3.431
<i>Elektrik Enerjisi</i>	<i>kWh el.</i>	<i>3.358</i>
Isıl Enerjiler		
Intercooler	kW	847
Motor Yağı	kW	312
Ceket Soğutma Suyu	kW	478
Egzoz gazı (120 °C) (Buhar üretimi amaçlı kullanılacak)	kW	1.473
<i>Toplam Isıl Enerji</i>	<i>kW</i>	<i>3.110</i>
Toplam Çıkan Enerji	kW	6.467
Elektrik Verimi	%	45,00
Termal Verim	%	41,70
Toplam Verim	%	86,70
Kullanılabilir sıcak su	kWh/t-su	1.637
Kullanılabilir buhar (6 bar)	ton/saat	1,91

Çizelge 3.2. Kojenerasyon santralindeki hesaplamada yapılan kabuller.

Kabuller	Değer	Birim
Doğalgaz Birim Fiyatı	0,688600	TL/m ³
Elektrik Birim Fiyatı	0,196581	TL/kWh
Euro döviz kuru	2,78	TL
Doğalgaz Birim Fiyatı	0,248	€/m ³
Elektrik Birim Fiyatı	0,071	€/kWh
Doğalgaz alt ısı değeri	9,600	kW/m ³
Isı maliyeti	0,030	€/kWh
Verim	85	%
Buhar için gerekli enerji miktarı (6 bar)	634	kW/ton-buhar

$$\text{Buhar maliyeti (6 bar)} = \frac{634 \times 0,248}{0,85 \times 9,6} = 19,25 \text{ €/ton-buhar}$$

3.1.1. Çalışma Saati Hesabı

Fabrika haftada 5 gün yılda yaklaşık 50 hafta çalışmaktadır. Bilindiği gibi 22:00-07:00 saatleri arasında şebekeden elektrik alım maliyeti 0,07-0,08 TL/kWh civarında olacaktır. Bu saat aralığında elektrik üretmek yerine şebekeden elektrik almak daha ekonomik olmaktadır. Buna istinaden 22:00-07:00 saatleri arası şebekeden elektrik alımı olacağı için kojenerasyon çalıştırılmayacaktır. Buna göre;

Kojenerasyon yıllık çalışma saati: 5 gün x 50 hafta x 15 saat = 3.750 saat/yıl'dır.

Çizelge 3.3. Kojenerasyon santrali çalışma parametreleri.

Parametre	Miktar	Birim
Yıllık kullanılabilir elektrik üretimi	12.592.500	kWh/yıl
Yıllık üretilebilir sıcak su miktarı	6.138.750	kWh/yıl
Yıllık üretilebilir buhar miktarı	7.196	ton/yıl
Yıllık doğal gaz tüketimi	2.913.750	Nm ³ /yıl

3.1.2. Hesaplamalar

Kojenerasyon ünitesi maliyeti 1.340.000 Euro'dur. Teklif kapsamında değerlendirilmeyen ilave işler için 200.000 Euro daha yatırım maliyeti olarak ilave edilmiştir. Ayrıca yıllık gelir ve gider kalemleri kapsamında; elektrik, sıcak su ve buhardan elde edilecek yıllık kazançlar ile doğalgaz, bakım giderleri karşılaştırılmıştır.

Hesaplamalar kullanılan enerji birim maliyetleri;

- Elektrik (OSB için): 0,196581 TL/kWh (Önerilen tasarruf hesapları için kullanılan değer)
- Doğalgaz için 0,071779 TL/kWh olarak alınmıştır.

Tüm tasarruf hesaplarında doğalgaz kullanımını göz önünde bulundurularak doğalgaz birim fiyatı kullanılmıştır. Doğalgaz fiyatı Gebze OSB’de bulunan bir firmanın doğalgaz faturası referans alınarak hesaplanmıştır.

3.1.3. Yıllık Kazanç Hesaplamaları

Çizelge 3.4. Kojenerasyon santrali yıllık kazanç tablosu.

Üretilecek elektriğe göre;		
Yıllık elektrik geliri	890.448	€/yıl
Yıllık toplam elektrik geliri	890.448	€/yıl
Yıllık sıcak su geliri	186.343	€/yıl
Yıllık buhar geliri	138.484	€/yıl
Yıllık toplam atık ısı geliri (C)	324.826	€/yıl
Yıllık doğal gaz gideri (A)	721.730	€/yıl
Yıllık brüt santral geliri	493.545	€/yıl

3.1.4. Yıllık İşletme Maliyetleri

Çizelge 3.5. Kojenerasyon santrali bakım giderleri.

Yıllık bakım-onarım-işletme giderleri		
Gaz motor jeneratör bakım gideri (rutin bakım)	52.500	€/yıl
Yıllık yağ gideri	12.315	€/yıl
Yıllık görülmeyen ek giderler	10.000	€/yıl
Toplam bakım-onarım-işletme giderleri(B)	74.815	€/yıl

Buna göre:

Yıllık net santral geliri=Yıllık brüt santral geliri - yıllık santral bakım, onarım ve işletme gelirleri

$$= 493.545-74.815 = 418.729€/yıl$$

3.1.5. Yatırım Maliyeti Hesabı

Çizelge 3.6. Kojenerasyon santrali bakım giderleri.

Santral yatırım tutarı (teklif bedeli)	1.340.000	€
Diğer İşler(İnşa işleri, doğalgazın taşınması ve elektriğin sisteme bağlantısı)	200.000	€
Buhar, sıcak su eşanjörü ve borulama maliyeti	156.690	€
Toplam	1.696.690	€

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

BOYA Fabrikasında kojenerasyon kullanılacak olursa elektrik birim satış fiyatı 0,196581 TL/kWh, doğalgaz birim satış fiyatı 0,688600 TL/Nm³ ve çalışma saati 3.750 saat olarak alındığında kojenerasyon santrali kurulmasıyla 418.813 €/yıl kazanç sağlanacaktır. Bu kazanç için 1.853.381 Euro yatırım maliyeti gerekli olup bu koşullar altında kojenerasyon santralinin geri ödeme süresi yaklaşık 4,43 yıl olarak hesaplanmıştır. Yeni elektrik üretim maliyeti ise 0,104111 TL/kWh olacaktır. Bu durumda elektrik tüketim maliyeti % 47 oranında azaltılabilecektir.

KAYNAKLAR

İnternet: EnerjiDergisi, “Türkiye’de Yasal Alt Yapı Kojenerasyon Gelişmesine Uygun mu?”, <http://www.enerjidergisi.com.tr/haber/2013/01/turkiyede-yasal-alt-yapi-kojenerasyon-gelismesine-uygun-mu>(2013).

Hepbaşlı, A., “Performance Evaluation Criteria for Cogeneration Systems and Industrial Energy Efficiency Regulation in Turkey”, Bildiriler Kitabı, *ICCI 2001*, 141-151, İstanbul (2001).

Hepbaşlı, A., “Performance evaluation of a vertical ground-source heat pump system in İzmir, Turkey”, *International Journal of Energy Research*, 26: 1121-1139 (2002).

Hepbaşlı, A. ve Özalp, N., “Present status of cogeneration applications in Turkey”, *Energy Sources*, 24:169-177 (2002).

Hepbaşlı, A. ve Özalp N., “Development of cogeneration in Turkey, *Energy Sources*, 24: 195-204 (2002).

Hepbaşlı, A. ve Özalp, N., “Cogeneration studies in Turkey: An application of a ceramic factory in İzmir, Turkey, *Applied Thermal Engineering*, 22: 679-691 (2002).

Hepbaşlı, A., “Development and restructuring of Turkey’s electricity Sector: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9: 311-343 (2005).

Koçak, T. ve Gülşen, O., “Bölgesel ısıtma ve kojenerasyon”, *Bölgesel Isıtma ve Kojenerasyon Konferansı*, 28-29 Nisan, İstanbul (1998).

Külçe, N. ve Topuz, G., “Kojenerasyon sistem seçimi ve Türkiye örneği”, *2. Uluslararası Bileşik Isı ve Güç Üretimi Konferansı*, 20-21 Haziran 1996, İstanbul (1996).

ÖZGEÇMİŞ

M. Umur ERDÖNMEZ, 1973 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı Amasra/BARTIN' da tamamladı. 1996 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi.1996 Yılında Ural İnşaat Firmasında Mekanik Tesisat Proje Mühendisi olarak çalıştı. 1999 yılında askerlik görevini yedek subay olarak yerine getirdi. 1999-2009 Yılları arasında ERDEMİR A.Ş. Enerji Üretim ve Dağıtım Müdürlüğünde çalışmaya başladı. 2009-2010 yılları arasında Gama Güç Sistemleri bünyesinde Whitegate/İrlanda 450 MW kombine çevrim santralı Devreye Alma Mekanik Grup Lideri olarak çalıştı, 2010-2011 Yılları arasında UMD Enerji LTD. ŞTİ'de Enerji tasarufu projeleri üzerine çalıştı. 2012 Yılında Çalık Enerji Navoi/Özbekistan 477 MW Kombine çevrim santralında Devreye Alma Mekanik Gruplar Şefi olarak çalıştı. 2012-2013 Yılları arası KARDEMİR A.Ş. 50 MW Gaz yakan santralın devreye alma çalışmaları, KARDEMİR doğal gaz hatları fizibilite etüdü ve mevcut santralin 2 adet hibeye hak kazanan verimlilik arttırıcı projelerinde ekip üyesi olarak çalıştı. 2013-2014 Yılları arası EFOR Makina/ANKARA' da Adularya Enerji'ye ait Yunus Emre Santralinde 2 adet anahtar teslim projenin Mühendislik çalışmalarını yapmış ve akışkan yataklı santralın mekanik montajını üstlenen firmasının mekanik testlerinde çalışmalar yapmaktadır. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen EFOR Makina bünyesinde Mühendislik Müdürü olarak görevine devam etmektedir. M. Umur ERDÖNMEZ, evli ve iki çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Başkent Organize Sanayi Bölgesi Cumhuriyet Bulvarı No: 6 Malıköy -
Sincan / ANKARA
Tel : 0 532 3465545
E-posta : muerdonmez@yahoo.com