

BİR TİCARİ İŞLETMEDE KURULACAK KOJENERASYON VEYA TRİJENERASYON SİSTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Ömer GÜL

İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak-İstanbul
enerjikalitesi@gmail.com

Veli BELTİR

Elektrik Mühendisi
velibeltir@gmail.com

ÖZET

Enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında özellikle verimlilik açısından önem arz eden çeşitli enerji üretim yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemlerin başında kojenerasyon ve trijenerasyon sistemleri yer alır. Kojenerasyon, yani birleşik ısı-güç sistemleri (CHP- Combined Heat and Power), ile ısı ve elektrik birlikte üretilirken; trijenerasyon, yani birleşik ısı-güç ve soğutma sistemleri (CHPC- Combined Heat-Power and Cooling), ile ısı ve elektrik üretiminin yanı sıra soğutma ihtiyacı da karşılanır. İlk yatırım maliyetleri yüksek olan bu sistemlerle enerji verimliliği artırılır ve tek bir kaynaktan birden fazla enerji ihtiyacı karşılandığı için enerjiden daha fazla yararlanılmış olunur. Ayrıca enerji üretildiği yerde tüketildiğinden, iletim ve dağıtım hattı problemleri ortadan kalkar. Maliyetleri yüksek olan yatırım projelerinde ekonomik karar verme yöntemleriyle ekonomik değerlendirmelerde bulunmak kaçınılmazdır. Bu şekilde yatırımın gerçekleştirilmesi konusunda karar verilmiş olur.

1. GİRİŞ

Yakıt rezervlerinin sürekli olarak azaldığı ve küresel rekabetin arttığı günümüz ortamında enerji girdilerinde süreklilik, kalite ve asgari maliyetleri sağlamak kaçınılmaz olmuştur. Gelişmekte olan ülkelerde enerji yatırımları için ayrılabilen kaynakların sınırlı olması, bir yandan da enerji talebinin hızla büyümesi, enerji verimliliği stratejilerinin önemini bu ülkelerde bir kat daha artırmaktadır[1]. Türkiye’de gelişmekte olan sanayi sektörünün enerji gereksinimi ekonomik büyüme hızının üzerinde artmaktadır. Sanayi ve diğer hizmet sektörlerinde ihtiyaç duyulan enerjinin temelini elektrik ve ısıl enerjisi oluşturmaktadır. Türkiye’nin 2014 yılı itibarıyla toplam kurulu gücü 68.719 MW değerine ulaşmıştır. Elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı % 33.35’i doğalgaz, % 27.58’i baraj, % 14.66’sı linyit ve taş kömürü, % 9.80’i akarsu, % 6.73’ü ithal kömür, % 4.63’ü rüzgâr, % 2.30’u petrol kökenli yakıtlar, % 0.53’ü jeotermal, % 0.42’si ise biyogazdan karşılanmaktadır[2].

Ülkelerin ekonomi politikalarını ciddi şekilde etkileyen enerjinin üretimi, verimliliğinin artırılmasını daha da önemli hale getirmiştir.

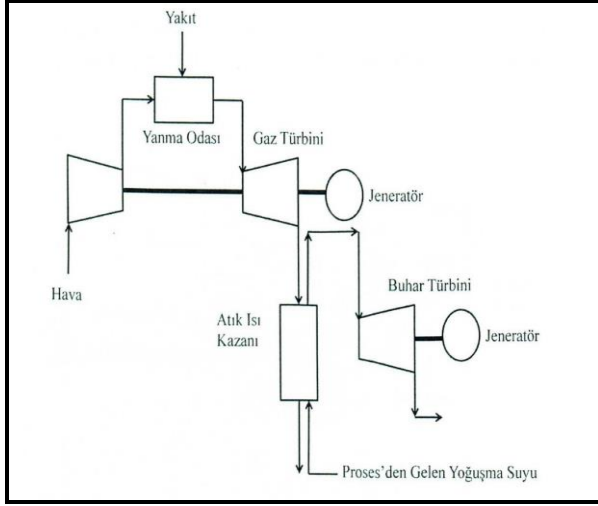
Geleneksel yollarla elektrik üretiminde ortalama verim %35 ve kayıplar ise atık ısı veya başka şekilde olmak üzere toplam %65’lerdedir. Geleneksel yollarla kullanım noktalarından çok uzak mesafelerde elektrik üretilmesi durumunda üretilen elektriğin yaklaşık %10 ila 25’i dağıtım santrallerinde ve buradan kullanım yerlerine iletilmesi esnasında kayıp olarak verilmektedir. Sanayileşmenin hızla artması yatırımcıları, kendi enerjilerini üretmesine, iletim ve dağıtım kayıplarından kurtulmak için enerjinin üretildiği yerde tüketilmesine zorlamaktadır.

2. KOJENERASYON

Kojenerasyon diğer adıyla Bileşik Isı ve Güç üretimi tekniği, tek bir sistemden eş zamanlı olarak elektrik ve/veya mekanik güç ile kullanılabilir ısı üretilmesidir. Bileşik Isı ve Güç Üretimi tekniğinde ana kaynak; kullanılan gaz türbini veya gaz motorunun jeneratör gücü ile motor

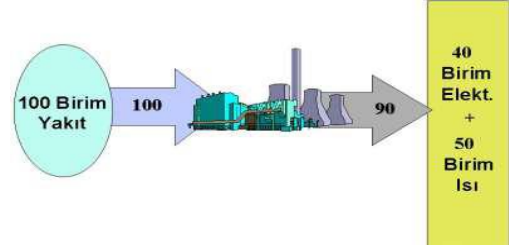
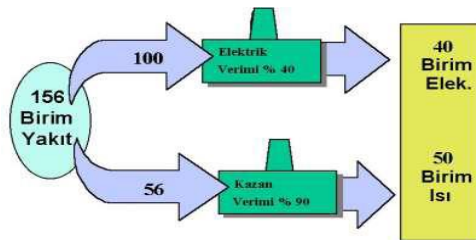
soğutma ısısı, yağlama yağı ve egzoz gazının ısısıdır[3].

Kojenerasyon sistemi olarak da kullanılan kombine çevrim santralinin genel çalışma prensibi Şekil 1’de gösterilmiştir[4].



Şekil 1: Kombine çevrim kojenerasyon santrali

Sadece elektrik üretimi yapan termik santrallerde verim %30-40'ı geçmez iken kojenerasyonda birlikte üretim yapılarak %80-90 seviyelerinde yüksek verimlere ulaşılmaktadır. Şekil 2’de elektrik ve ısı ayrı ayrı üretilmesi halinde toplamda 90 birimlik enerji üretimi için 156 birim yakıt harcanırken, birlikte üretilmesi halinde 100 birim yakıt harcanıldığı gösterilmiştir. Bu durumda aynı enerjinin üretimi için; $100/156 = \%64$ oranında daha az yakıt harcanmakta ve dolayısıyla %36 oranında yakıttan tasarruf sağlanmaktadır[5].

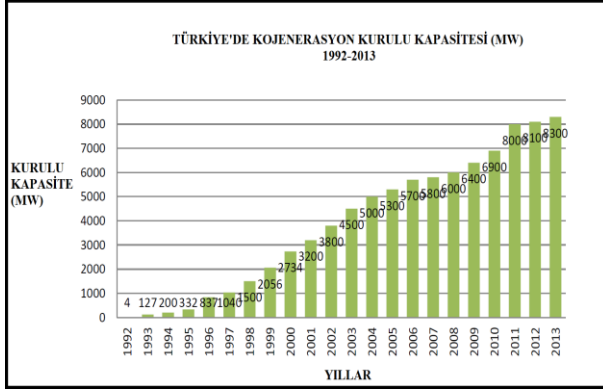


Şekil 2: Elektrik ve ısı ayrı ayrı ve birlikte üretilmesi halindeki yakıt giderleri

a. Türkiye ve Dünya’da Kojenerasyon

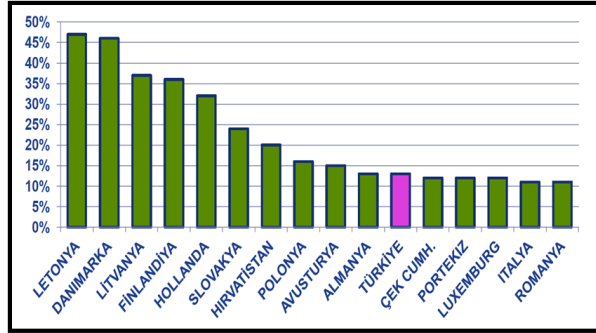
Kojenerasyon sistemleri, 19. yüzyılın son çeyreği ile 20. yüzyılın ilk çeyreğinde Almanya, Danimarka, İsveç, Fransa, Hollanda, Avusturya, Norveç, İsviçre, Belçika, İngiltere, SSCB ve Polonya gibi birçok Avrupa ülkesinde bölgesel ısıtma sistemlerinin kurulmasıyla başlamıştır. 1970’li yıllarda yakıt fiyatlarını hızla artmasıyla bölgesel ısıtmanın yaygınlaştırılması dünya çapında artmış ve buna bağlı olarak kojenerasyon santrallerinin kurulması hızlanmıştır. İskandinav ülkeleri bölgesel ısıtmada dünya lideri durumundadır ve bu konuda sürekli olarak gelişme göstermektedirler. Danimarka, İsveç, Finlandiya ve Norveç’te toplam binaların % 30-80’i bu sistemle ısıtılmakta olup ısıtma merkezleri bileşik ısı – güç üretimi şeklinde tasarlanmıştır[6].

Türkiye’de kojenerasyon, 1992 yılında Yalova Elyaf fabrikasında 4 MW’lık Typhoon Gaz türbini uygulamasıyla başlamıştır. 2013 yılına kadar geçen 21 yıl içinde kojenerasyon uygulamaları 2075 kat büyüyerek 8300 MW’lık toplam kapasiteye ulaşmıştır[7]. Ülkemizde yaşanan ekonomik krize karşın kojenerasyon santralleri 2000 yılında Türkiye elektrik enerjisi üretiminin % 12’sini sağlarken, 2003 yılında bu değer % 16.5’e çıkmıştır. 2013 yılında ise bu değer % 12.9’dur[8].



Şekil 3: Türkiye’de yıllara göre kojenerasyon santrallerinin kurulu gücü

Şekil 4, Avrupa ülkelerinde kojenerasyon kurulu gücünün toplam kurulu güce oranını yüzdesel olarak göstermektedir[9].



Şekil 4: Avrupa ülkelerinin kojenerasyon kurulu gücünün toplam kurulu güçteki yüzdesi

b. Türkiye’de Kojenerasyon Sistemine Verilen Teşvikler

30 Mart 2013 tarihli ve 28603 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nun 14. maddesinde lisanssız yürütülebilecek faaliyetler düzenlenmiştir. Bu kanuna göre kurulu gücü 100 kW’tan küçük olan mikrokojenerasyon tesisleri ve toplam tesis verimliliği %80’den yüksek olan kojenerasyon tesisleri lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf sayılmaktadır. Ayrıca 2 Ekim 2013 tarihli ve 28783 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik ve Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin

Uygulanmasına Dair Tebliğ’le teşvikler verilmektedir.

c. Kojenerasyon Sisteminin Faydaları

- Enerjinin hem ısı hem de elektrik enerjisi formunda üretilmesi, iki enerji formunun da kendi başlarına ayrı yerlerde üretilmesinden daha ekonomik neticeler oluşturmaktadır.
- Elektrik üretirken aynı zamanda ihtiyaca bağlı sıcak su, buhar, sıcak gaz, kızgın yağ veya soğuk su üretmeye imkân sağlanır. Doğalgaz başta olmak üzere propan, mazot, çöp gazı, biyogaz vb. yakıtlarla çalışarak kesintisiz, kaliteli ve yüksek verimde enerji üretilir.
- Elektriği ürettikleri yerde tüketen işletmeler iletim kaybına maruz kalmamakta ve atık ısıyı da kazandıkları için birim enerji maliyetleri çok düşük olmaktadır.
- Elektriği ürettikleri yerde tüketen işletmeler iletim kaybına maruz kalmamakta ve atık ısıyı da kazandıkları için birim enerji maliyetleri çok düşük olmaktadır.
- 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 sera gazı emisyonu zararları en aza indirilmiştir olunur.
- Elektrik kesintilerinden etkilenilmeye ve bakım veya arıza zamanlarında yine şebekeden elektrik alınabilmektedir.

3. TRİJENERASYON

Trijenerasyon enerjinin güç, ısıtma ve soğutma olarak 3 farklı biçiminin eşzamanlı olarak birlikte üretimidir. İşletmeler böyle bir santral sayesinde kendi elektrik enerjisi ihtiyacının tamamını karşılayabildiği gibi,

sıcak su, su buharı ve soğutma işlemlerini de çok daha ucuza mal edebilmektedir.

Trijenerasyon sistemleri, tipik merkezi sistemlere göre %300 daha verimlidir. Böyle bir sistemin toplam verimi %86-%93 aralığında iken, klasik merkezi bir sistemin verimi %33 civarlarındadır[5].

4. EKONOMİK ANALİZ

Şirketler veya işletmeler ne kadar güçlü mali kaynaklara sahip olsalar da listelerindeki tüm yatırım projelerini finanse edemezler. İşletmenin yeni bir donanımı alırken, yeni bir yatırıma veya projeye başlarken ekonomik değerlendirme yapmamaları düşünülemez. Bu amaçla çeşitli ekonomik karar verme yöntemleri kullanılır. Bu çalışmada geri ödeme süresi ve net şimdiki değer yöntemleriyle analizler yapılmıştır.

Yatırıma ayrılan paranın kaç yıl sonra geri kazanılabileceğini, yatırımın kendini kaç yılda amorti edeceği "Geri Ödeme Süresi (GÖS)" ile bulunabilir.

$$GÖS = (t^* - 1) + \frac{\text{İlk yatırım tutarı} - \sum_{t=1}^{t^*-1} (\text{Net kar})_t}{(\text{Net kar})_{t^*}}$$

bağıntısıyla bulunur. t^* , kümülatif para girişinin (1. yıldan başlayarak ardışık para toplamının) ilk yatırım tutarını geçtiği yılı göstermektedir. Yıllık para akışları (karlar) üniform ise,

$$GÖS = \frac{\text{İlk yatırım tutarı}}{\text{Yıllık üniform(net)kar}}$$

şeklinde hesaplanır[10].

Net şimdiki değer yöntemi, öngörülen analiz süresi (ekseri ekonomik ömür-N) içindeki tüm para akışlarını (para girişlerini yani gelirleri, para çıkışlarını yani maliyetleri ve diğer ödemeleri, özetle hem para girişlerini hem de para çıkışlarını birlikte) şimdiki değere ($t=0$ 'a) indirger. Yatırım tutarı zaten belli olduğundan, söz

konusu para akışlarının (beklenen yıllık gelirin) şimdiki değerlerinin toplamından yatırım tutarı çıkarıldığında "Net Şimdiki Değer (NŞD)" elde edilir[11].

$$NŞD = \sum_{t=1}^N A_t(1+i)^{-t} - [\text{Yatırım tutarı}]$$

A_t : Yıllık üniform değer

i : Faiz oranı

T : Zaman

a. Genel Enerji-Maliyet Analizi

İşletmenin yıllık elektrik ve doğalgaz tüketimlerinin aylara göre dağılımları Şekil 5'te verilmiştir. İşletme en fazla elektrik tüketimi 3.748.625,10 kWh ile Temmuz ayında, doğalgaz tüketimi ise 535.434,39 Nm³ ile Şubat ayında gerçekleşmiştir.

	ELEKTRİK [kWh]	DOĞALGAZ [Nm ³]
OCAK	2.556.339,60	434.083,06
ŞUBAT	2.476.879,20	535.434,39
MART	2.702.730,00	346.870,84
NİSAN	2.631.315,00	195.909,31
MAYIS	3.118.882,80	40.948,20
HAZİRAN	3.485.969,70	759,53
TEMMUZ	3.748.625,10	682,02
AĞUSTOS	3.403.832,10	474,63
EYLÜL	3.440.374,50	580,75
EKİM	2.682.181,80	29.219,44
KASIM	2.602.313,60	158.768,31
ARALIK	2.512.456,70	362.222,11
TOPLAM	35.361.900,10	2.105.952,57

Şekil 5: İşletmenin yıllık elektrik ve doğalgaz tüketimlerinin aylara göre dağılımı

İşletmenin ayda 26 gün ve günde 12 saat çalışmasına göre bu tüketim değerlerine karşılık gelen elektrik ve ısıl güçler Şekil 6'da verilmiştir. Ayrıca işletmenin 18.000 kW'lık soğutma kurulu gücü ve soğutma için 3.206 kW'lık elektrik tüketimi vardır. Bu nedenle en fazla elektrik tüketimi soğutmanın etkisiyle 10.076,95 kW ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

	ELEKTRİK [kW]	ISI [kW]
OCAK	6.871,88	13.346,70
ŞUBAT	7.371,66	16.462,93
MART	7.265,40	10.665,19
NİSAN	7.309,21	6.023,60
MAYIS	8.384,09	1.259,03
HAZİRAN	9.683,25	23,35
TEMMUZ	10.076,95	20,97
AĞUSTOS	9.150,09	14,59
EYLÜL	9.556,60	17,86
EKİM	7.210,17	898,41
KASIM	7.228,65	4.881,63
ARALIK	6.979,05	11.137,20
TOPLAM	97.086,99	64.751,45

Şekil 6: İşletmenin yıllık elektrik ve ısı ihtiyaçlarının aylara göre dağılımı

Elektrik ve ısıtma ihtiyacının karşılanması

İşletmenin elektrik ve ısıtma ihtiyacını karşılamak amacıyla kojenerasyon yatırımı düşünülmüştür. Kojenerasyon sistemiyle kış ve bahar dönemlerinde (Ekim-Mayıs) elektrik ve ısıtma ihtiyacı karşılanırken, yaz döneminde (Haziran-Eylül) sadece elektrik ihtiyacı karşılanacaktır. Yaz döneminde ısıtma ve soğutma ihtiyacı olmadığından ısı geri kazanımı da olmayacaktır.

Yıl boyunca maksimum elektrik tüketimi Temmuz ayında gerçekleşmiş ve 10.076 kW değerine ulaşmıştır. Yaz aylarında elektrik tüketimlerinin yüksek olmasının nedeni soğutma ihtiyacını karşılamak için klimaların kullanılmasıdır. Kojenerasyon sistemini maksimum yüke (10.076 kW) göre aldığımızda ihtiyaçtan fazla elektrik ve ısı üretimi gerçekleştiği görülmüştür. İşletmenin ihtiyaç fazlasını satma gibi bir planı olmadığından sistemi bu güç değerine göre tasarlamak pek mantıklı olmayacaktır. Soğutma sisteminin tükettiği elektrik miktarı (3.206 kW) göz önüne alınırsa, kojenerasyon sistemini, 8000 kW güce sahip olacak şekilde tasarlamak mantıklı

olacaktır. Bu durumda oluşacak elektrik ihtiyacı noksanlığı şebekeden karşılanacak, ısıtma ihtiyacı da ek doğalgaz kazanından sağlanacaktır. Bu nedenle adedi 2000 kW'lık dört adet gaz motoruyla 8000 kW'lık kojenerasyon sisteminin kurulmasına karar verilmiştir.

Kojenerasyon sistemi analizinde kullanılan formüller ve aylık bazda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Hesaplarda İGDAŞ'ın 01.10.2014 tarihli doğalgaz birim fiyatı 0,836134 TL/m³ ve TEDAŞ'ın 01.07.2014 tarihli elektrik birim fiyatı 0,28709 TL/kWh kullanılmıştır.

$$\text{Üretilen elektrik miktarı [kWh]} = \text{Sistemin toplam elektrik gücü} \times \text{Çalışma süresi} \\ = 8000 \times 12 \times 26 = 2.496.000,00 \text{ kWh}$$

$$\text{Üretilen elektrikten elde edilecek kazanç [TL]} = \text{Üretilen elektrik miktarı} \times \text{Elektrik birim fiyatı} \\ = 2.496.000,00 \times 0,28709 = 716.576,64 \text{ TL}$$

Geri kazanılacak enerjiye karşılık gelen doğalgaz miktarı [m³]

$$= \left(\frac{\text{Geri kazanılabilecek ısı miktarı} \times \text{Çalışma süresi} \times \text{Motor sayısı}}{\text{Kazan verimi}} \right) \times \frac{860}{8250} \\ = \left(\frac{1902 \times 12 \times 26 \times 4}{0,90} \right) \times \frac{860}{8250} = 274.933,14 \text{ m}^3$$

$$\text{Tasarruf edilen doğalgaz ücreti [TL]} = \text{Tasarruf edilen doğalgaz miktarı} \times \text{Doğalgaz birim fiyatı} \\ = 274.933,14 \times 0,836134 = 229.880,95 \text{ TL}$$

Ortaya çıkan işletme giderleri seçilen gaz motoru gücüne bağlıdır. Gaz motorunun yakıt tüketimi 8,16 MJ/ekWh'tir. Bu değere karşı gelen doğalgaz miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Tüketilen doğalgaz miktarı [m}^3] = \left(\frac{8,16 \times 1000}{4,18 \times 8250} \right) \times 8000 \times 12 \times 26 = 590.615,05 \text{ m}^3$$

$$\text{Tüketilen doğalgazın maliyeti [TL]} = \text{Tüketilen doğalgaz miktarı} \times \text{Doğalgaz birim fiyatı} \\ = 590.615,05 \times 0,836134 = 493.833,32 \text{ TL}$$

İç elektrik tüketimi ısıtma ve soğutmaya göre değişmektedir. Isıtma esnasında 50 kW, soğutma esnasında 100 kW elektrik tüketimi olmaktadır. O halde:

İç tüketim maliyeti [TL] = İç tüketim miktarı × Elektrik birim fiyatı

Isıtma esnasında:

İç tüketim maliyeti [TL] = 50 × 4 × 12 × 26 × 0,28709 = 17.914,42 TL

Soğutma esnasında:

İç tüketim maliyeti [TL] = 100 × 4 × 12 × 26 × 0,28709 = 35.828,83 TL

Yedek parça, servis ve bakım maliyetleri = 4 × 12 × 2,8 × 12 × 26 = 41.932,80 TL

Yatırım maliyeti = 4 × 700000 × 2,8 = 7.840.000,00 TL

Hurda değeri = 7.840.000,00 × 0.20 = 1.568.000,00 TL

Sonuç olarak:

Yıllık gelir = 9.874.993,96 TL

Yıllık gider = 6.644.166,48 TL

Yıllık net kazanç = 3.230.827,47 TL

Gerçek Ödeme Süresi = $\frac{\text{Yatırım maliyeti}}{\text{Yıllık net kazanç}} = \frac{7.840.000,00}{3.230.827,47} = 2,42$ yıl

Kojenerasyon sistemi için net şimdiki değer yöntemi ile yapılan hesaplama Şekil 7’de verilmiştir. Net şimdiki değeri ise 11.494.308,22 TL’dir. Net şimdiki değeri sıfırdan büyük olduğu için yatırım hayata geçirilebilir. Bu hesaplama yönteminde bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller:

- Aylık gelir ve giderler ekonomik ömür süresince her yıl sabit kalmaktadır.
- Aylık faiz oranı sabit kalmaktadır.
- Elektrik ve doğalgaz birim fiyatları sabit kalmaktadır.
- Euro’nun TL karşılığı değişmemektedir.

- İşletmenin kendi ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde üretim yaptığı varsayılmış, yetersiz üretim durumunda elektrik şebekeden, ısı da doğalgaz kazanlarından sağlanacaktır.

Elektrik, ısıtma ve soğutma ihtiyacının karşılanması

Trijenerasyon sistemi yatırımında, kojenerasyon sisteminde olduğu gibi 4 adet 2000 kW gaz motoru kullanılmıştır. Ek olarak absorpsiyonlu soğutucu ünitesiyle atık ısıdan soğutma ihtiyacı karşılanacaktır. Bu nedenle trijenerasyon sisteminin yatırım maliyeti kojenerasyon sistemine göre daha fazladır. Ancak elektrik ve ısıtma ihtiyacının yanı sıra soğutma ihtiyacı da karşılandığı için daha verimli ve ekonomiktir. O halde trijenerasyon sistemi için yapılan ekstra hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

Soğutma için ısı geri kazanımından elde edilen enerjinin elektrik enerjisi karşılığı [kWh]

$$= \frac{\text{Gerçek kazanılan enerji} \times \text{Motor sayısı} \times \text{Verim}}{\text{COP}} \times \text{Çalışma süresi}$$
$$= \frac{1902 \times 4 \times 0,75}{5,61} \times 12 \times 26 = 317.339,04 \text{ kWh}$$

Soğutmadan sağlanacak tasarruf [TL] = Soğutma için kullanılacak elektrik enerjisi × Elektrik birim fiyatı

$$= 317.339,04 \times 0,28709 = 91.104,86 \text{ TL}$$

Şekil 7: Kojenerasyon sisteminin net şimdiki değer yöntemiyle ekonomik değerlendirilmesi

NET ŞİMDİKİ DEĞER YÖNTEMİ														
Aylık Faiz Oranı	0,01													
Hurda Değeri	Yat. Maliyeti × 0,20 1.568.000,00													
AYLAR (Ekonomik Ömür 10 yıl = 120 Ay)												Toplam		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
-7.840.000,00	388.888,16	379.656,56	381.225,53	313.954,71	187.566,50	154.053,76	152.468,03	150.798,30	149.386,38	169.585,11	264.996,03	352.762,49	3.045.341,56	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	345.118,50	336.925,92	338.318,30	278.618,86	166.455,75	136.714,89	135.307,63	133.825,84	132.572,83	150.498,17	235.170,52	313.058,80	2.702.586,01	
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
	306.275,15	299.004,65	300.240,31	247.260,10	147.721,03	121.327,52	120.078,65	118.763,64	117.651,65	133.559,49	208.701,90	277.823,79	2.398.407,86	
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48		
	271.803,64	265.351,44	266.448,03	219.430,78	131.094,91	107.672,01	106.563,71	105.396,70	104.409,87	118.527,26	185.212,34	246.554,50	2.128.465,20	
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
	241.211,93	235.485,93	236.459,10	194.733,68	116.340,08	95.553,45	94.569,88	93.534,22	92.658,46	105.186,93	164.366,54	218.804,60	1.888.904,79	
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72		
	214.063,34	208.981,81	209.845,45	172.816,25	103.245,91	84.798,83	83.925,97	83.006,87	82.229,68	93.348,06	145.866,96	194.177,98	1.676.307,09	
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84		
	189.970,35	185.460,74	186.227,18	153.365,65	91.625,50	75.254,66	74.480,03	73.664,38	72.974,66	82.841,66	129.449,52	172.323,09	1.487.637,43	
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96		
	168.589,04	164.586,99	165.267,17	136.104,22	81.312,98	66.784,69	66.097,25	65.373,40	64.761,31	73.517,77	114.879,88	152.928,00	1.320.202,69	
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108		
	149.614,21	146.662,60	146.666,22	120.785,59	72.161,14	59.268,02	58.657,95	58.015,57	57.472,37	65.243,29	101.950,06	135.715,83	1.171.612,85	
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120		
	132.775,01	129.623,14	130.158,82	107.191,08	64.039,35	52.597,36	52.055,95	51.485,87	51.003,81	57.900,10	90.475,50	120.440,91	1.039.746,92	
													Hurda	475.095,81
Net Şimdiki Değer	= 11.494.308,22 > 0													

olmadığı düşünülürse, bu verim aynı zamanda sistemin toplam verimidir.

Trijenerasyon sistemi yatırımında hem ısıtma hem de elektrik ihtiyacının karşılandığı dönem (Ekim-Mayıs) için ısı verim % 41.8, elektrik verimi % 44.7 ve toplam verim ise % 86.5'tur. Isıtma ihtiyacının olmadığı yaz aylarında sistemden elektrik ve soğutma ihtiyacı karşılanmaktadır. Yaz döneminde elektrik verimi % 44.7, soğutma verimi % 31.3 ve toplam verim ise % 76'dır. Soğutma verimi, ısı geri kazanımından soğutma ihtiyacı karşılandığı esnada COP değerlerine bağlı oluşan kayıplarından dolayı % 41.8'den % 31.3'e düşmüştür.

Kojenerasyon ve trijenerasyon sistemleri, enerji kaynaklarının gün geçtikçe tükendiği günümüz dünyasında, hem enerjiyi verimli kullanma hem de karlılık açısından oldukça önemli sistemlerdir. Bu sistemlerin ülkemizde yaygınlaştırılması önemli bir enerji politikası olarak görülmeli, yatırımcılar bu konuda cesaretlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Kavak, K.**, 2005, "Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi", Uzmanlık Tezi, *İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü*, DPT-Yayın No:2689 Ankara, Türkiye
- [2] <www.teias.gov.tr/yukdagitim/kurulugu.c.xls> alınan tarih 11.10.2014
- [3] **Arda, M.**, 2009, Kojenerasyon Sistemlerinde Kullanılan Gaz Motorlarının İncelenmesi, Lisans Bitirme Tezi, YTÜ Makine Fakültesi.
- [4] **Derbentli, T., Kuehn, T.H.**, 1987, Thermodynamics and Economic Analysis of Cogeneration Steam Cycles,

ASHRAE Transactions v. 93 Part 2, p. 309-319.

- [5] **Pravadaloğlu, S.**, 2011, "Yerinde Enerji Üretimi-Kojenerasyon Sistemleri", *II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*, İzmir.
- [6] **Wu D.W., Wang R.Z.**, 2006, Combined cooling, heating and power: A review, *Progress in Energy and Combustion Science* v. 32, p. 459-495.
- [7] **Özdemir, Ö.**, 2010, "Kojenerasyonun Enerji Verimliliğindeki Yeri", *Türkiye Kojenerasyon ve Temiz Enerji Teknolojileri Derneği*
- [8] <www.turkoted.org> alındığı tarih 11.11.2014
- [9] **Aydın, Y.**, 2014, "Enerji Tasarrufunda Kombine Çevrim ve Kojenerasyonun Yeri ve Önemi", *5. Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı*
- [10] **Bolak, M.**, 1990, "Finansman", *İTÜ*
- [11] **Ay, S.**, 2008, Mühendisler, Ekonomistler ve İşletmeler için Elektrik Enerjisi Ekonomisi, Birsan Yayınevi