

Güç Üreten Bir Tesisin Kojenerasyon Sistemine Dönüştürülmesi

Rabi KARAALI

Kocaeli Üniversitesi, Gölcük MYO

İlhan Tekin ÖZTÜRK

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ülkemizde yaygın olarak bulunan, büyük ölçekli konvansiyonel yöntemlerle güç üreten tesislerin, bileşik ısı-güç sistemlerine dönüştürülmesi ile enerjiden daha yüksek oranda faydalanma olanağı mevcuttur. Bu çalışmada, mevcut bir konvansiyonel yöntemle güç üreten tesisin, bölgesel ısıtma için bir kojenerasyon sistemine dönüştürülmesi durumu tasarlanmış ve bu alternatif durumun termodinamik ve ekonomik olabilirliği incelenmiş, elde edilen sonuçlar hem enerji tasarrufu ve çevre etkisi yönünden, hem de ekonomik olabilirliği açısından mevcut sistemle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güç tesisi, kojenerasyon, bölgesel ısıtma

ABSTRACT

As can be seen in our country that, conventional methods are commonly used in electrical power generation plants, which transforming to combined heat and power cycle can make them more useful. At this study, a present conventional power generation plant is studied for improvement its efficiency by transforming to combined heat and power system and this alternative case possibility is reviewed thermodynamically and economically, and results of the analyses are compared with the present system.

Keywords: Power plant, cogeneration, district heating

GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı mevcut bir konvansiyonel yöntemle güç üreten tesisin, bölgesel ısıtma için bir kojenerasyon sistemine dönüştürülmesi durumunu tasarlamak ve bu alternatif durumun termodinamik ve ekonomik olabilirliğini incelemek, elde edilen sonuçların hem enerji tasarrufu ve çevre etkisi yönünden, hem de ekonomik olabilirliği açısından mevcut sistemle karşılaştırmasını yapmaktır. Bunun için mevcut sistemin termodinamik analizi yapılarak, ekonomik analizi incelenmiş ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. (Narter, ve Öztürk,1990) Kojenerasyonsuz güç üretim sistemlerinin atık ısıları iklim değişikliklerine neden olmakta, yakıt enerjisi verimsiz kullanılmakta, suda ve havada ekolojik dengeyi bozmaktadır.

Bir bloku Şekil 1’de görüldüğü gibi kurulu güç üretim sisteminde üç blok ve her bir blokta iki kompresör, iki gaz türbini, iki yanma odası, iki HRSG, bir buhar türbini, üç elektrik jeneratörü bir kondanser ve bir soğutma kulesi mevcuttur.

Dünya genelinde talep gören “Doğal Gaz Kombine Çevrim” tipi elektrik santralleri, kısa inşaat süreleri, düşük yatırım maliyeti, verimli çalışma ve asgari miktarda çevresel etki gibi avantajları bulunmaktadır. Bu tip santraller doğal gazda %60, kömürde %40 civarında bir kısmını elektrik enerjisine

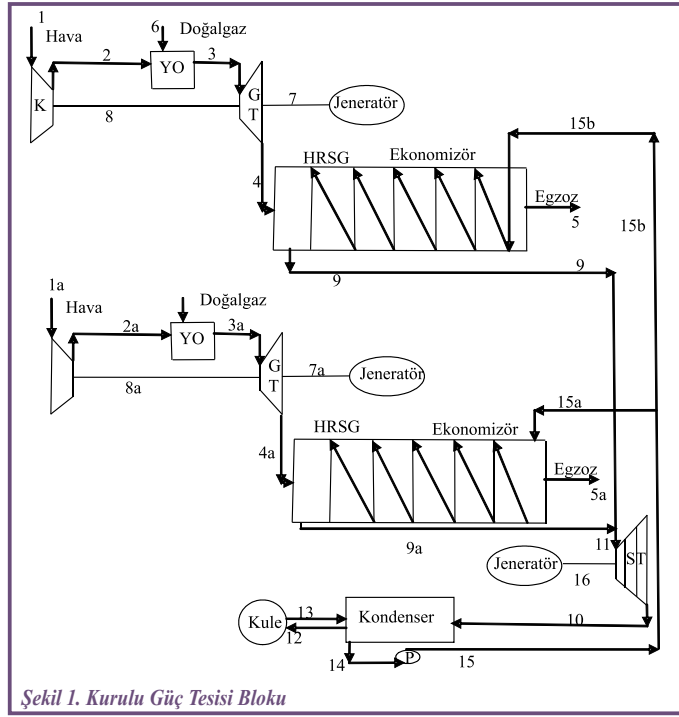
çevirebilmektedir. Doğal gazla çalışan santrallerin, yaktığı doğal gazın temiz bir yakıt olması, yani kükürt, partikül veya istenmeyen diğer yabancı maddelerin hemen hiç bulunmamasından dolayı çevreye etkileri de minimum düzeydedir. Kombine Çevrim santrallerinin önemli emisyonları, karbondioksit ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen yanma sonucunda azot ve oksijen moleküllerinin birleşmesi ile oluşan, (NO_x) azot-oksittir ki, bunun da minimum düzeyde tutulması için, DLN (Dry Low NO_x) teknolojisi kullanılmıştır. (Enko, 2007)

Bu sistemle, doğal gaz ve hava önceden karıştırılıp, karışım oranları kontrol altında tutulmuş, böylece düşük azot-oksit üretim oranı sağlanmış ve 80 metre yüksekliğinde bacalarla atmosfere yüksek bir seviyede atılmaktadır. Gaz türbinlerinin her biri 222 MW ve buhar türbinlerinin de her biri 238 MW elektrik enerjisi üretmektedir.

Gürültüye karşı türbinler etrafına ve buhar blöf hatlarına susturucular ve özel ses geçirmez panolar yerleştirilmiştir. Satın alınan doğal gaz 14 °C ve 33 bar basınçta olduğundan önce ısıtılarak sıcaklığı 175 °C yükseltilmekte ve basıncı 27,9 bara düşürülmektedir. Bu şekilde yanma odasına gönderilen doğal gaz burada kompresörden gelen basınçlı hava ile reaksiyona girerek yanmaktadır. Yanma sonucunda ortaya çıkan yüksek sıcaklıktaki egzoz gazları, gaz türbininde enerjisinin bir kısmını bırakmakta ve gaz türbinine bağlı jeneratörde bu enerji elektrik enerjisine

dönüşmektedir. Gaz türbininden çıkan egzoz gazları atık ısı kazanında buhar üretimi için kullanıldıktan sonra atmosfere atılmaktadır.

Gerekli basınç ve sıcaklığa ulaşan buhar ise buhar türbinine gönderilerek, enerjisinin bir kısmını bırakıp jeneratör vasıtasıyla bu enerji elektrik enerjisine dönüşür. Bu şekilde iki farklı çevrim gerçekleştiği için, bu tip santrallere kombine çevrim denir.



Şekil 1. Kurulu Güç Tesisi Bloku

Kondenserde, soğutma kulesinden gelen soğuk su kullanılmış buharın üzerine püskürtülür ve böylece buharın suya dönüşmesi sağlanır. Böylece yoğuşarak kondanserin alt bölümünde biriken sıcak su, büyük pompalarla soğutma kulelerine gönderilerek soğutulur. Tamamen kuru tipte çalışan soğutma kuleleri, 135 metre yüksekliğe sahip olup, yüksek miktarda hava sirkülasyonu sağlamaktadır. Kuleleri çevreleyen "Delta Soğutucuları"nın içinden geçen su, bu hava sirkülasyonu ile soğutulmuş olur. Verimliliği maksimum seviyede tutabilmek için, kazanlarda buhar alçak, orta ve yüksek basınç kademelerinde üretilir. (Enko, 2007)

Buhar türbinlerinde 19 kV ve gaz türbinlerinde 15.75 kV olarak üretilen elektrik, trafolar vasıtasıyla 380 kV seviyesine yükseltilerek ulusal şebekeye verilir.

Gebze santralinde, iki blok, Adapazarı santralinde ise bir "Blok" bulunmakta olup bloklar birbirlerinden tamamen bağımsız olarak çalışmakta, ancak bazı ortak tesislerden faydalanmaktadırlar. (Enko, 2007)

ENERJİ ANALİZİ

Güç tesisi değişik cihazlardan oluşmakta ve bu cihazlarda sıcaklık, basınç, kimyasal kompozisyon değişimi olmaktadır. Ayrıca yanma odasında bir kimyasal reaksiyon gerçekleşmektedir. Açık sistem ve kararlı rejim durumu için termodinamiğin 1. Kanunu bu sistem için aşağıdaki gibi yazılabilir (Bejan vd., 1996).

$$E_g = E_c \quad (1)$$

$$h_2 - h_1 = \int_T c_p dT \quad (2)$$

$$\sum_C \dot{Q} - \sum_C \dot{W} = \Delta H \quad (3)$$

$$\Delta H = \sum_{çık.} \dot{n} h - \sum_{gir.} \dot{n} h \quad (4)$$

kütlenin korunumu kanunu (sürekli rejimde),

$$\sum m_g = \sum m_c \quad (5)$$

Entalpiler, oluşum entalpileri de dahil edilerek özgül ısıların sıcaklıkla değişimi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$C_p = a_1 + a_2 T + a_3 T^2 + a_4 T^3 + a_5 T^4 \quad (6)$$

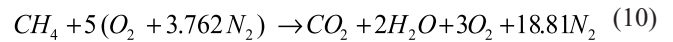
$$h = \Delta h_{oluş.} + \int_{T_0}^T C_p \cdot dT \quad (7)$$

Güç tesisinin verimi ve elektrik ısı oranları ise şu şekilde elde edilmiştir. (Wilkinson ve Barnes, 1993)

$$\eta = \frac{\dot{W}_{net} + \dot{Q}_{net}}{B_y H_u} \quad (8)$$

$$\sigma = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_{net}} \quad (9)$$

Yanma reaksiyonunun tam olarak ve ideal gerçekleştiği kabulü ile aşağıdaki kimyasal reaksiyon temel alınmış, ayrıca yanma odasında kullanılan yakıt olarak, doğal gaz kabul edilmiş olup, hesapları basitleştirmek için metan gazı olduğu varsayılmıştır. (Bilgen, 2000) (Horlock, 1997)



Güç tesisinin bazı akış hatlarının sıcaklık, basınç ve kimyasal durumu verilmiş ve hesaplamalar bu değerler üzerinden yapılmıştır. Tüm akış hatlarının entalpi ve enerjileri hesaplanarak sonuç değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Sistem analiz kolaylığı yönünden bazı kabuller yapılarak Şekil 1'deki gibi basitleştirilmiş, ancak asıl inceleme konusu olan atık ısının değerlendirilmesi ve bir miktar elektrik üretiminden vazgeçilecek kısım olan buhar türbinlerinin her üç kademesi ayrıntılı incelenmiştir. (Limaye, 1985)

Gaz türbininden çıkan atık egzoz gazları, yüksek sıcaklıkta olduğundan atık ısı kazanında (HRSG) sıcak su buharını ısıtmakta, ve bu kızgın buhar yüksek basınç buhar türbinine (YBT) gönderilerek enerjisini bırakmaktadır. Bir kısım enerjisini yüksek basınç buhar türbinine gidecek su buharına bırakan egzoz gazları, kondenserden pompalanan sıcak suya ekonomizörde ön ısıtmadan sonra enerjisini bırakarak atmosfere atılmaktadır. Yüksek basınç buhar türbininden çıkan kızgın su buharı buradan orta basınç buhar türbinine gelerek bir kısım enerjisini bırakıp, alçak basınç buhar türbinine kızgın buharı bir miktar daha kızgın buhar eklenerek girmektedir. Buradan çıkan buhar kondansere yoğunlaşmaktadır.

Tablo 1. Mevcut Güç Tesisinin Akış Hatlarının Termodinamik Özellikleri ve Enerji Değerleri

Akış no	Madde	Kütle (Kg/s)	Sıcaklık (K)	Basınç (kPa)	Entalpi (kJ/kmol)	Enerji akışı (kW)
1	Hava	583.33334	287.15	101.2	-5028	0
1a	Hava	583.33334	287.15	101.2	-5028	0
2	Hava	583.33334	648.8	1480	6026.8	218711
2a	Hava	583.33334	648.8	1480	6026.8	218711
3	Egzoz	597.44694	1481.5	1720.4	-666.1585	919306
3a	Egzoz	597.44694	1481.5	1720.4	-666.1585	919306
4	Egzoz	597.44694	873.15	104.4	-22194.66	462819
4a	Egzoz	597.44694	873.15	104.4	-22194.66	462819
5	Egzoz	597.44694	392.15	101.2	-36113.5	157883
5a	Egzoz	597.44694	392.15	101.2	-36113.5	157883
6	D.gaz	14.1136	448.15	2790	$h_{fiz}+h_{kim}$	730791
6a	D.gaz	14.1136	448.15	2790	$h_{fiz}+h_{kim}$	730791
7	-	-	-	-	-	222000
7a	-	-	-	-	-	222000
8	-	-	-	-	-	225089
8a	-	-	-	-	-	225089
9	Buhar	100	706.15	11800	57436	308348
9a	Buhar	100	706.15	11800	57436	308348
10	Buhar	200	335.55	7	35998	378696
11	Buhar	200	706.15	11800	57436	616696
12	Su	8555.5555	316.15	7	3242.3	643548
13	Su	8555.5555	304.15	7	2943.3	501441
14	Su	200	316.15	7	3242.3	15044
15	Su	200	318.15	11800	4268.15	26430
15a	Su	100	316.15	11800	4268.15	13215
15b	Su	100	316.15	11800	4268.15	13215
16	-	-	-	-	-	238000

TASARLANAN KOJENERASYON SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK VE EKONOMİK ANALİZİ

Güç Tesisinin Kojenerasyon Tesisine Dönüştürülmesi ve Üretilen Isının Bölgesel Isıtımda Kullanılması

Bölgesel ısıtma sistemleri ısı enerjisini bir merkezden bölgesel konutlara, ticari merkezlere ya da fabrikalara dağıtan sistemlerdir. Bu enerji kızgın buhar, kaynar su ya da sıcak su ile

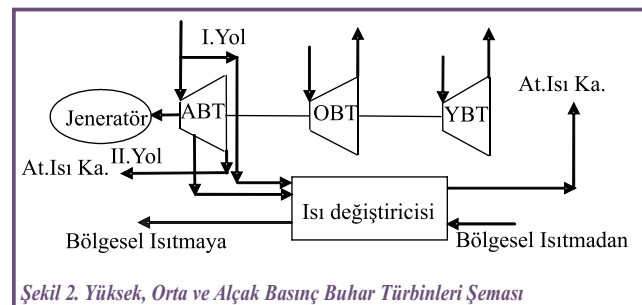
dağıtılır (Narter ve Öztürk, 1996). Bölgesel ısıtma sistemleri ısı üretme merkezi tesis, dağıtım şebekesi ve tüketim sistemleri olmak üzere üç temel kısımdan oluşur. Üretim merkezi jeotermal, büyük kazanlar ya da güç santrallerinde ortaya çıkan ısının değerlendirildiği kojenerasyon şeklinde olabilir. Dağıtım şebekesi yalıtılmış borular, boruların içine yerleştirildiği kanallar ve taşıyıcı sistemlerden oluşur ve yatırım maliyetinin büyük kısmı buraya harcanır. Tüketim sistemleri ise ısıyı konutlara dağıtan ekipmanlardır (Narter ve Öztürk, 1996).

Bölgesel ısıtma sistemlerinin en büyük yararı, konutların ısıtılmasından dolayı çevreye verdiği zararın az ve denetlenebilir olmasıdır. Ayrıca tüketicinin ekonomik faydası çok yüksek olup maliyetler diğer ısıtma sistemlerine göre oldukça düşüktür. Bu sistemlerin ısı verimliliği de yüksektir.

Üretilen ısı bölgesel ısıtımda kullanılacak olup, bunun için bölgesel ısıtımda ikincil merkezlerden konutlara ısıyı taşıyacak akışkanın gidiş ve dönüş sıcaklıkları sırasıyla 90 ve 70 °C kabul edilmiştir. Tesis kısmı kojenerasyon tesisi yazın ise güç tesisi olarak çalışacaktır. Atık ısının sıcaklığı düşük olduğundan ve buhar türbininden çıkan buharın sıcaklığı daha yüksek olması gerektiğinden bir kısım elektrik üretiminden vazgeçilmesi söz konusu olacaktır.

Şekil 2'de üç kademedeki buhar türbinlerinden ilk iki kademeyi oluşturan yüksek ve orta basınç buhar türbinleri aynen çalıştırılarak, sadece alçak basınç buhar türbinini (ABT) iptal etme ya da buharı daha yüksek sıcaklıkta çıkarma şeklinde veya türbinden önce ısı ihtiyacına göre buhar çekilmesi şeklinde iki yoldan biri ile bölgesel ısıtımda kullanılacak suyun ısıtılması düşünülmüştür. Buharı yüksek sıcaklık ve basınçta çıkararak bir miktar daha elektrik üretilip elektrik kayıpları azaltılabilmektedir.

Kışın soğuk geçtiği günlerde alçak basınç buhar türbinini (ABT) iptal etme, kışın ılık ya



Şekil 2. Yüksek, Orta ve Alçak Basınç Buhar Türbinleri Şeması

da güneşli geçtiği günlerde, çekilecek ısı güce bağlı olmak üzere alçak basınç türbinini çalıştırmak şeklinde seçenekler düşünülebilir. Isıtma sezonu dışında alçak basınç buhar türbininin tam kapasite ile çalıştırılmasının mümkün olduğu görülmektedir.

Yüksek basınç buhar türbinine (565.5 °C, 118 bar ve 520 t/h) giren kızgın buhar 67.197 MW elektrik ürettikten sonra tekrar atık ısı kazanına dönmekte ve burada tekrar kızdırılıp orta basınç buhar türbinine gönderilmektedir. Orta basınç buhar türbinine (562.5 °C, 25.6 bar, 607,5 t/h) giren kızgın buhar, burada 91.603 MW elektrik ürettikten sonra kızgın buhara bir miktar daha kızgın buhar eklenerek (293 °C, 4.5 bar, 643.2 t/h) düşük basınç türbinine girmekte ve burada 79.205 MW ürettikten sonra kondansere gelerek çevrimi tamamlamaktadır.

Bu tesisin bölgesel ısıtmada kullanılan bir kojenerasyon tesisi olarak kullanılması durumu için iki alternatif durum sunulabilir.

1- Alçak basınç buhar türbininden kızgın buharı (250 °C, 4.0 barda) çekerek 17.9 MW civarında elektrik üretmek mümkün olup geri kalan 462 MW'lık enerji ısı değiştiricisi vasıtasıyla bölgesel ısıtmada kullanılacak suya aktarılarak bölgesel ısıtma sistemi çalıştırılabilir. Kondenserde 143.6 °C de yoğuşan ve 90 °C de kondenseri su olarak terk eden akışkan kazan basıncına (118 bara) çıkartılarak ekonomizöre gönderilmektedir. Bu bölgesel ısıtma sisteminde 130 C gidiş ve 80 C dönüş suyu sıcaklıklarında olan şebeke akışkanı kullanılabilir. Bu çevrimle sıcak su 56 °C yerine 90 °C' de ekonomizöre gireceği için blok verimi de % 1.4 civarında artacak ve bloktan soğutma kulesi vasıtasıyla atılan atık geri kazanılmış olacaktır. Halen sadece elektrik ürettiği için % 50.5 verim ile çalışan güç tesisinin enerji verimi bu seçenikle ısı da üreteceğinden % 75 civarına çıkacaktır.

2- İkinci seçenek ise ısıtma ihtiyacı olduğu zaman yeterli debinin alçak basınç buhar türbinine girmeden önce alınarak bölgesel ısıtma için kullanılan kondansere (293 °C, 4.5 bar, 643.2 t/h şartlarında) göndermek böylece maksimum kapasitede (480 MW) ısıyı bölgesel ısıtmada kullanmaktır. Bölgesel ısıtmada kullanılan suyun gidiş ve dönüş sıcaklığı birinci durumla aynı alınacaktır. Böylece bu seçenikle güç tesisinin enerji verimi % 76 civarına çıkacaktır.

İki seçenek içinde ısı ihtiyacı yükünün azalması durumunda, ısı ihtiyacı dışında kalan buharın alçak basınç türbininden geçirilerek güç üretimi yapılabilmek ve talebe duyarlı bir

elektrik ısı üretimi tarzı yapılabilecektir. Böylece hem tesisin kuruluş amacı olan elektrik üretimi sağlanacak hem de bölgesel ısıtma sağlanmış olacaktır. Enerji verimi de talebe duyarlı olacaktır.

Güç Tesisinin Ekonomik Analizi

Bu ekonomik değerlendirme yukarıda bahsedilen seçenekler içinden daha az avantajlı görülen ikinci seçenek için yapılmıştır. 60.000 adet konuttan oluşan bir yerleşim yeri düşünüldüğünde her konutun ısı ihtiyacı ortalama 8 kW olarak alınıp hesaplandığında 480.000 kW'lık bir ısı gücünün gerektiği ortaya çıkmaktadır. Her 100 konut için bir ısı değiştiricisi düşünülürse 600 ısı değiştiricisine ihtiyaç vardır. Santralle bölgesel ısıtma arasında yaklaşık 10 km' lik bir mesafe olduğu göz önünde bulundurularak, boru uzunluğu da her 10 konut için 50 metre düşünülürse 300.000 metre boru gereklidir (Taşkın, 2004), (Narter ve Öztürk, 1996).

Güç tesisindeki ısı değiştiricisi bir adet olduğu düşünülüp kayıplarda katılırsa gücünün 500,000 kW'lık olacağı anlaşılır ve merkezi ısı değiştiricisi maliyeti 600,000 YTL olur. Her bir ısı değiştiricinin yatırım maliyeti 9000 YTL (Bejan, 1996) ve ortalama şebeke maliyeti 50 YTL (Taşkın, 2004). Elektriğin birim fiyatı 0.07 YTL/ kWh satın alındığı ve sistemin 6 ay çalıştığı kabulü ile sistemin maliyeti;

$$\text{Şebeke Toplam Maliyeti} = 600,000 + 600 \times 9000 + 300,000 \times 50 = 21,000,000 \text{ YTL}$$

olur. Alçak basınç buhar türbininin tamamen iptal edildiği seçenekte elektrik üretim kaybının altı aylık maliyeti

$$(79207.5 \text{ kW} \times 180 \times 24) \times 0.07 = 23,952,348 \text{ YTL}$$

olur. Konutlardan elde edilecek ısıtma geliri ise

$$60,000 \times 6 \text{ ay} \times 100 = 36,000,000 \text{ YTL}$$

net gelir

$$36,000,000 - 23,952,348 = 12,047,652 \text{ YTL}$$

Geri dönüş süresi ise

$$21,000,000 / 12,047,652 = 1.8 \text{ yıldır.}$$

Konutlar için alınan ortalama doğal gaz maliyeti yıl boyunca ortalama ısıtma kapasitesinin % 60 çalışması durumu içindir. Dolayısıyla maksimum ısıtma kapasitesi için yapılan enerji hesaplamalarında gerçekte % 40'lık ısıtma ihtiyacı yerine alçak basınç türbininde elektrik enerjisi üretilmektedir. Dolayısıyla alçak basınç türbininin aslında yıl boyunca ortalama % 40 kapasite ile elektrik enerjisi üretimine devam edebilecektir. Bu yüzden alçak basınç türbinindeki elektrik

enerjisi üretme kaybının maliyeti ($23,952,348 \times 0.6 = 14,371,408$ YTL) olduğu ve buna göre geri ödeme süresi yaklaşık 1 yıl olmaktadır.

Doğal gazın birim fiyatının 0.6 YTL/m³ olduğu kabul edilirse her konutun ısıtma mevsimi boyunca ($6 \times 100 / 0.6 = 1000$ m³) doğal gaz tükettiği ve $60,000$ konutunda $60,000,000$ m³/6 ay doğal gaz sarf edebileceği göz önünde bulundurulursa, bu kadar doğal gaz tasarruf edilebileceği gibi, bu miktar gazın oluşturacağı çevresel etkiler de (emisyon, iklim değişikliği) önlenir.

Tablo 2. Seçeneklerin Karşılaştırılması

Seçenekler	I.Seçenek (ABT.'den buhar çekme)	II.Seçenek (ABT. Devre dışı)
Kayıp Elek.(MW)	61.305	79.205
Güç tesisinin enerji verimi	0.75	0.76
Yatırım maliyeti(YTL)	21,000,000	21,000,000
Geri dönüş süresi (yıl)	1.8	1

Mevcut sistemde toplam üç blok bulunduğundan ısıtılacak toplam konut sayısı $3 \times 60.000 = 180.000$ konut olup, yaklaşık 540.000 nüfuslu bir yerleşim yerinin ısıtılması söz konusudur. Dolayısıyla gerekli yatırımlar yapıldığında yukarıda elde edilen kazançlar da üç kat artacaktır.

SONUÇ

Bu çalışmada kurulu bir güç tesisinin kojenerasyon tesisine dönüştürülmesi ile bölgesel ısıtmada faydalanmanın enerji ve ekonomik analizi yapılarak karşılaştırması yapılmıştır. Bu dönüştürmeyi yapmanın enerji ve ekonomik faydaları ortaya konmuş ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Bu dönüştürme ile temiz çevre ve doğal gaza daha az bağımlılık ile ülke kaynaklarının tasarruf edilebileceği görülmüştür. Elektrik üretmek üzere kurulmuş olan tesisin verimini artırarak, ancak çok az bir elektrik üretim miktarından vazgeçilerek bölgesel ısıtmasının yapılabilmesi görülmüştür. Bunun için gereken yatırım maliyetleri bir yıl içerisinde geri dönmekte ve yatırımın kârlı olduğu görülmektedir.

SEMBOLLER

α : Katsayı
 B_y : Yakıt miktarı (kg/s)
 C_p : Özgül ısı (kJ/kmol K)
 h : Molar entalpi (kJ/kmol)

H_u : Alt ısı değeri (kJ/kg)
 ID : Isı değiştiricisi
 Q : Isıl güç (kW)
 $\Delta h_{oluş}$: Oluşum entalpisi (kJ/kmol)
 ΔH : Sisteme giriş çıkış arasındaki toplam entalpi farkı (kJ)
 K : Kompresör
 n : Mol sayısı
 R : Rekuperatör
 T : Türbin
 YO : Yanma odası
 w : Güç (kW)
 σ : Net elektrik ısı oranı
 η : Verim
 ST : Buhar Türbini

KAYNAKÇA

1. **Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M.** Thermal Design And Optimization. Wiley Pub.1996.
2. **Bilgen, E.** Exergetic And Engineering Analyses Of Gas Turbine Based Cogeneration Systems. Energy 25 (2000). Elsevier Science Ltd. 2000.
3. Enko 2007
4. **Horlock, J.H.** Cogeneration-Combined Heat And Power (CHP). CRIEGER Pub.1997.
5. **Limaye, D.,R.;** Planning Cogeneration Systems. The Fairmont Press.1985
6. **Narter, F., Öztürk, İ., T.;** Merkezi Isıtma Tesisat Müh. Der. Teknik Yayınlar-1. 1996
7. **Taşkın, G.;** Bölge Isıtmasında Kullanılan Bileşik Isı-Güç Üretim Sistemlerinin Enerji Hesaplama ve Ekonomik Değerlendirme Yöntemleri, (2004) İTÜ FBE Yüksek Lisans Tezi.
8. **Wilkinson, B.W., Barnes, R.W.** Cogeneration Of Electricity And Useful Heat. CRC Pres.1993.