

# Bir Üniversite Kampüsü İçin Uygun Enerji Sisteminin Seçimi

Olca Y KINCA Y\*

Zehra YUMURTACI\*\*

## Özet

Enerji dünyadaki gelişmenin büyük hedeflerine anahtar olmuş ve olmaya devam etmektedir. Doğa ve evrenin ayrılmaz bir ögesi olan enerjinin tarihi, bir bakıma insanlık tarihi kadar eskidir. Günümüzde enerjinin üretimi çok değişik yöntemlerle mümkün olmaktadır. Tüketimi ise çok güçlü sosyal ve çevresel etkilere sahiptir. Artan nüfus ve gelişmişlikle birlikte enerji talebi de artmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu çok daha hızlı oluşmaktadır. Bu sebeple bu ülkelerde enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yap-işlet-devret yöntemi ile de birçok enerji tesisi kurulmuştur ve hala da kurulmaya devam etmektedir. Bundan sonra birçok sanayi kuruluşu, endüstriyel tesis, özel sektör (otel, çiftlik, okul, konut, v.s.) kendi enerjisini kendi üretmeye başlamıştır. Bu şekilde ülke enerjisine de katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada, bir üniversite kampusunun yıllık elektrik ve ısı tüketimleri hesaplanarak, buna en uygun kojenerasyon sisteminin ekonomik analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda üniversiteye yapılacak olan kojenerasyon tesisinin toplam geliri yılda 1.884.171,4 \$ olmaktadır ve sistem kendisini 1.25 yılda amorti etmektedir. Sistemin net işletme geliri de yıllık 573.672,1 \$ olmaktadır. Bu sonuçlara göre kojenerasyon uygulaması karlıdır.

## GİRİŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi 1911 yılında kurulan, bugün 9 Fakülte 2 Enstitü, Meslek Yüksek Okulu, Yabancı Diller Yüksek Okulu ve yaklaşık 20000 öğrencisi ile eğitim ve öğretimini sürdürmektedir. İhtiyaç duyulan yeni bölümlerin açılması ve öğrenci sayısının artmasıyla yer, mekân ihtiyacı oluşmuş olup ve Beşiktaş ve Ayazağa'daki kampüslere ilave olarak Davutpaşa kampüsü üniversitemize kazandırılmıştır. Bu kampüs, 1.312.500 m<sup>2</sup>'lik yeşil arazisinde olup, tarihi ve yeni yapılan binalardan oluşmaktadır. 40 dönümlük alanda da Türkiye'nin en büyük teknoparkının yapımı sürmektedir. Halen kampüste yaklaşık 5000 öğrenci öğretim görmektedir.

Zaman içerisinde başka binaların da yapılmasıyla çeşitli bölümler de taşınacak ve öğrenci sayısı çok artacaktır. Ayrıca bu kampüste açık ve kapalı spor tesisleri, stadyum, kapalı yüzme havuzu da bulunmaktadır. Kurulması planlanan İstanbul Bilim Merkezi'ni yılda bir milyon kişinin ziyaret etmesi beklenmektedir. Temeli atılan 3000 kişilik öğrenci yurtları ile planlanan personel lojmanları ve sosyal tesisler yapılarak, eğitim ile yaşamın iç içe geçtiği yüksek standartlarda bir kampüs oluşturulmaya çalışılmaktadır. Tüm bu veriler bize buranın önemini açıklamaktadır [1].

Davutpaşa kampusunun 2004 yılı elektrik ve ısı tük-

\* Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü.

\*\* Yrd. Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü.

İçin en uygun sistemi olan kojenerasyon sistemi seçilerek, bunun için gerekli hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca bu sisteme daha sonra soğutma sistemi ilavesiyle trijenerasyon sistemi haline dönüştürmek de mümkün olabilecektir.

## KOJENERASYON NEDİR?

Kojenerasyon, her ikisi de kullanılan ısı ve gücün aynı anda üretilmesidir. Kojenerasyonun çalışma prensibi oldukça basittir. Kojenerasyon sistemi, bir elektrik jeneratörü ve ısı kaynağını içermektedir. Isı ve enerjinin ikili üretimi 'toplam enerji' olarak bilinmektedir. Bilinen güç üretim sistemlerinin elektriksel verimi yaklaşık olarak % 35 civarındadır. Enerji tansiyelinin % 65 kadarı atık ısı olarak sistemden dışarıya atılmaktadır. Bu ısının, sanayide, ticaretle, ev ısıtması ve soğutmasında kullanılmasıyla ısı verim % 55'e kadar çıkarılabilir. 1/2 ekil 1'de verilen gaz türbinli kojenerasyon sisteminde ise, ısı kullanımıyla kojenerasyon santralının ısı verimliliği % 90 veya daha yukarıya çıkabilmektedir. Buna ilaveten, kojenerasyon santralında üretilen elektrik enerjisi yerel olarak kullanıldığından, iletim ve dağıtım kayıpları bulunmamakta, dolayısıyla bilinen elektrik santralleriyle karşılaştırıldığında, % 15-40 arasında değişen tasarruflar sağlamaktadır. Bu sebeple (kimyasal tesislerde, rafinerilerde, kağıt sanayinde, gıda sanayinde, eğitim kurumlarında, hastanelerde, büyük yerleşim merkezlerinde, sitelerde, alışveriş merkezle-

ve yolduğu yerlerde tercih edilmektedir. Bugün Amerika'da üniversitelerde bu sistemlerle üretilen elektrik ve ısı gücü yaklaşık olarak 600 MW mertebesinde dir [2].

## Kojenerasyonda Sistem ve Kapasite Seçimi

Bu tür uygulamalarda sistem seçimindeki kriterler aşağıdaki gibidir: [3 ]

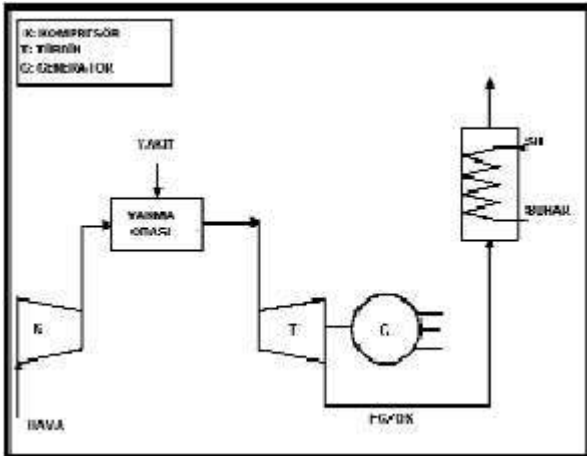
- İşletmenin elektrik-ısı tüketim yapısı ve ısı-elektrik tüketim dengesi,
- İşletmenin yıllık çalışma süresi,
- Birincil enerji kaynaklarının temin edilebilirliği ve ekonomik uygulanabilirlikleri.

Bunların en önemlileri ilk iki kriterdir. Sağlıklı bir santral seçimi için mümkünse 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 biraz altında kalacak bir kapasite seçilir. Birinci amaç elektrik tüketimine yönelik kapasite belirleme olmalıdır. Santralin elektrik kapasitesi belirlendikten sonra ısı tüketim verilerine bakılır. Kojenerasyon sistemlerinin bir başka önemli özelliği de üretilen yararlı ısının kalitesidir. Gaz türbini kullanılması halinde egzoz gazları ısının doğrudan kullanımı şeklinde de değerlendirilebilir. Örneğin çimento endüstrisindeki, seramik fabrikalarındaki kurutma prosesleri gibi [4]. Kojenerasyon tesislerinin toplam veriminin genellikle % 90 ve üzerinde olduğu bilinmektedir. Diesel motorlarında ve bileşik çevrimlerde elektrik verimi yüksek iken, gaz motorları, gaz türbinleri ve buhar türbinleri yüksek ısı verimlerine çıkabilir. Bakım prosedürlerine uyulması halinde, kojenerasyon teknolojilerinin çalışabilirliği yüksektir[5].

Tablo 1'den güç değerlerine baktığımızda gaz türbini seçimi uygun olmaktadır.

## Kojenerasyon Sistemi İle İlgili Bilgiler

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampusu'nun kojenerasyonu yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Örneğin sistemin ısıya ve elek-



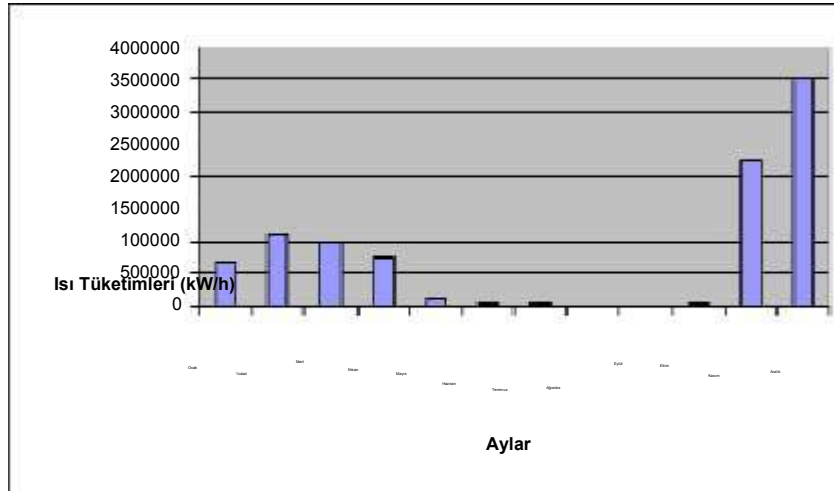
Şekil 1. Gaz Türbinli Kojenerasyon Sistemi

Tablo 1. Kojenerasyon Sistemleri [6]

Tipi	Kullanılan Yakıt	(MWe)	Isı/Güç Oranı	Elektriksel Verim	Sistem Verimi	Isı Kalitesi
Buhar Türbini	Bütün Yakıtlar	1 to 100+	3/1 to 8/1+	10-20 %	up to 80%	Buhar basıncı 2 Bar ve üzeri
Karşı Basıncılı	Bütün Yakıtlar	0.5 to 500	3/1to 10/1+	7-20 %	up to 80%	Buhar basıncı

Buhar Türbini						2 Bar ve üzeri
Kombine Çevrimli Gaz Türbini	Gaz, Biogaz, 3 to Nafta, Doğalgaz	300+	1/1 to 3/1 *	35-55 %	73-90 %	Yüksek sıcaklıkta sıcak su, orta derecede buhar
Gaz Türbini	Gaz, Biogaz, 0.25 to Nafta, Doğalgaz	50+	1.5/1 to 5/1*	25-42%	65-87%	Yüksek sıcaklıkta sıcak su orta derecede buhar
Gaz Motoru	Gaz, Biogaz, 0.2 to Nafta, Doğalgaz	20	1.5/1 to 3/1* Alfa value 0.9-2	35-45%	65-90%	Düşük basınçta buhar, orta sıcaklıkta sıcak su
Diesel Motoru	Gaz, Biogaz, 0.003 to Nafta, Doğalgaz	6	1/1 to 3/1 alfa value 0.9-2	25-43%	70-92%	Düşük basınç ve sıcaklıkta sıcak su

triğe en çok ne zaman ihtiyaç duyduğu, ısı ve elektrik talebinin aynı anda mı yoksa ayrı ayrı zamanlarda mı maksimum veya minimum seviyelerde olduğu gibi. Bu fizibilite hesabında 15 saat (sabah 7'den gece saat 22'ye kadar) elektrik ve ısı ihtiyacı olacağı düşünülmüştür. Bu değerler yaz aylarında düşüş gösterecektir çünkü ısı ihtiyacı neredeyse sıfıra inmektedir, ancak kampüste yaz okulu olması nedeniyle elektrik ihtiyacındaki düşüş ısı kadar olmayacaktır.



Şekil 2. YTU Davutpaşa kampüsünün aylara göre doğal gaz faturaları kalorifer tesisatında ihtiyaç vardır.

### Tesis ile İlgili Bilgiler

Tesisin tipi: Üniversite kampüsü

Rakım: 70 m

Ortalama sıcaklık: 20 °C

Yıllık çalışma saati: 8000 h / yıl

(Bir yılın 24\*365=8760 saat olduğu düşünülürse)

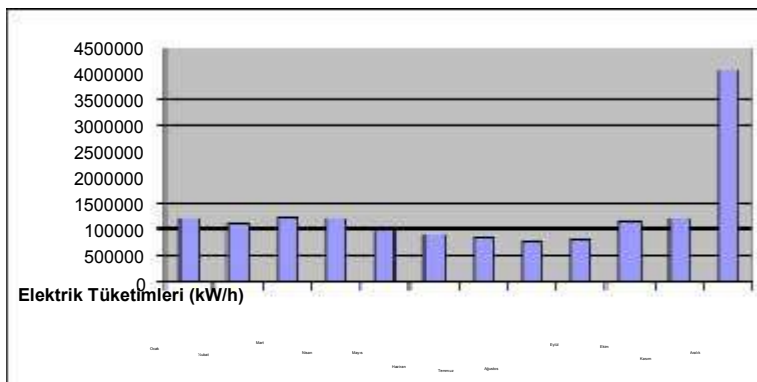
Yük faktörü: 8000 / 8760 = 0,91

Kullanılan yakıt: Doğalgaz

Tesiste buhar ihtiyacı yoktur, 70–90 °C sıcak suya

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nün yıllık doğal gaz tüketimine üniversitemizin ödediği faturalara göre, aylık dağılımının enerji değerleri Şekil 2.'de verilmiştir [7].

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nün yıllık elektrik tüketimine üniversitemizin ödediği faturalara göre, aylık dağılımının enerji değerleri Şekil 3.'de verilmiştir [7].



nürsek sistemimizin elektrik gücünü (EG) 1155 kW olarak seçeriz. Alternatör kaybını da göz önüne alırsak, gaz türbini kataloğundan standart bir türbini seçmek istersek; sistemin mekanik gücü 1204 kW olan türbini seçebiliriz. Bu gücün yaklaşık % 4-5'i alternatör kaybıdır. Jeneratör verimi ise %95'dir.

Sistemin ürettiği yıllık (8000 saatlik) elektrik enerjisinin (YEÜ) hesaplan

**½ekil 3. YTU Davutpaşa kampüsünün aylara göre elektrik faturaları**

Tablo 2.'de yukarıda ½ekil 2. ve ½ekil 3.'de verilen fatura değerlerinin elektrik ve ısı karşılıkları kWh olarak hesaplanmıştır. Bu tablodan görüldüğü gibi, tesisin elektrik talebine baktığımızda en çok elektriğe ihtiyaç olunan ay Aralık ayıdır ve bu aydaki elektrik ihtiyacı 403920 kWh'tir. Tesisin günde 15 saat ve ayda da 26 gün çalışacağı göz önüne alınırsa, sistemimizin gücü yaklaşık olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$403920 / 15 * 26 = 1035,7 \text{ kW}$$

Sistemimizin daha fazla güçte çalışacağını düşü-

Tablo 2. Aylara göre ısı ve elektrik tüketimleri		
Aylık	Isı (kWh)	Elektrik (kWh)
Ocak	633822,68	120960
½ubat	1103664,11	111283
Mart	991696,78	126317
Nisan	733391,72	120960
Mayıs	101828,09	99360
Haziran	21795,77	89543
Temmuz	16844,94	81489
Ağustos	4913,66	73440
Eylül	11231,07	79920
Ekim	17648,48	114480
Kasım	2233038,50	120960
Aralık	3521305,31	403920
Toplam:	9391181,11	1542632

Sistem yılda 9.632.000 kWh elektrik enerjisi üretir. İhtiyaçlar incelendiğinde, elektrik ihtiyacının çok, ısı ihtiyacının da çok az olduğu görülmektedir. Bu tip tesisler için karşı basınçlı buhar türbini seçilmesi tavsiye edilir. Ancak buhar türbinlerinin maliyetinin çok yüksek olması, işletme ve bakımının diğer tiplere nazaran zor olmasından dolayı tercih edilmemiştir. Davutpaşa kampüsünün çevresinde buhara ihtiyaç duyan endüstriyel tesisleri fazladır. Dolayısıyla kampüste üretilen ek buhar çevreye gönderilebilir ve bir kazanç haline dönüştürülebilir. Bu sebeplerden dolayı, üniversite için işletimi daha kolay olan, her türlü sıvı-gaz yakıtı yakabilen, kuruluş süresi kısa, yatırım maliyetleri düşük, devreye kolay girip çıkabilen sistem seçilmesi gereklidir. Bu amaç doğrultusunda Tablo 2.'den güçler göz önüne alınarak kampüs için gaz türbinli sistem seçilmiştir.

**Tablo 3. Seçilen Gaz Türbininin Özellikleri [9]**

Elektrik Gücü:	kW	1204
Yakıt tüketimi:	kW	4949
Türbin Verimi:	%	24.58
Egzost gazı debisi:	kg/s	6.45
Egzost gazı sıcaklığı:	°C	500
Yakıt:	*	A/B/C/D
Başlama sistemi:		AC
Jen. Voltajı:	V	400
*A:Doğalgaz, B:Fuel-oil, C:Petrol, D:Orta/Düşük Alt ısı değerli Doğalgaz		

**Seçilen Gaz Türbini ile İlgili Bilgiler**

Yukarıda yapılan hesaplamalar ve açıklamalardan sonra sistemimizin maksimum elektrik ihtiyacı dikkate alınarak Tablo 3.'de teknik özellikleri verilmiş modele ait gaz türbini seçilmiştir. Bu sistemin ortalama elektrik verimi ( $h_p$ ) %40 olarak kabul edilmiştir. Sistemin ortalama ısı verimi ( $h_1$ )'de %45 ve mevcut kullanılan kazanın verimi ise %90 alınmıştır. Sistemde kullanılan yakıt doğalgazdır [8]. Bu verilere göre ve belirtilen kabullere göre maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

**Kullanılan Yakıtın İncelenmesi**

Sistemde doğal gaz kullanılmaktadır ve değerleri aşağıda belirtildiği gibidir.

$$(10.827.519,63 \text{ kWh} > 9.391.181,11 \text{ kWh})$$

**Sistemin İşletme Gelirleri**

Sistemin gelirleri elektrikten ve ısıdan oluşmaktadır. Seçilen gaz türbini ile üretilen elektrik ve ısı miktarları belirlidir. Kampüste gereken elektrik ve ısı kullanılacak, geri kalan elektrik enerjisinin Tedaş'a dolayısıyla şebekeye satışı, yine artan ısı miktarının da çevredeki endüstriyel tesislere buhar olarak satılması ile sisteme önemli bir gelir yansıtacaktır. Bu hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

— Elektrikten yapılan tasarruf:

Tedaş'tan satın alınmayacak miktar: 9.632.000

Doğalgazın üst Isıl Değer= 9155 kcal/Nm<sup>3</sup> = 38267,9 kJ/Nm<sup>3</sup> [10]

Doğalgazın alt ısıl değeri(Hu)= Üst ısıl değeri\* 0,90 olarak hesaplanır.

Hu= 8239,5 kcal/Nm<sup>3</sup> = 34441,11 kJ/Nm<sup>3</sup>

Fiyatı: 0,438609 YTL/Nm<sup>3</sup> = 0,04122 YTL/kWh = 0,02748 \$/kWh = 0,2924 \$/Nm<sup>3</sup> [11]

(1 \$=1,5 YTL alınmıştır.) (Haziran,2006)

### Sistemin İncelenmesi

—Sistemin özgül yakıt tüketimi:  
3600 / (38267,9 \* 0,40) = 0,235 kg/kWh

—Sistemin saatlik yakıt tüketimi:  
0,235 \* 1204 = 282,94 kg/h

—Sistemin yıllık yakıt tüketimi:  
282,94 \* 8000 = 2.263.520 kg/yıl

—Sistemin ürettiği yıllık ısı miktarı:  
(2263520\*38267,9\*0,45)/3600=10.827.519,63 kWh

İfadeleriyle yapılan hesaplamalarda kojenerasyonla üretilen ısı miktarı, tesisin tükettiği ısı miktarından büyük olduğu için ilave bir kazana ihtiyaç yoktur.

9

135121,56 Nm<sup>3</sup> \* 0,2924 \$/Nm<sup>3</sup> = 39509,5 \$/yıl

—Isıdan yapılan toplam yıllık tasarruf:  
330926 \$/yıl + 39509,5 \$/yıl = 370435,5 \$/yıl  
—Sistemin yıllık toplam işletme geliri: (Elektrik+Isı)  
1.513.728,47 \$/yıl + 370.435,5 \$/yıl  
= 1.884.163,97 \$/yıl

### Sistemin İşletme Giderleri

Sistemin giderleri yakıt, işletme ve bakım ve iç tüketim giderleri olmak üzere dört ana gruptan oluşur. Sistemin ilk yatırım bedeli 1 kW'lık güç için yaklaşık olarak 600 \$ alınmıştır. Gaz türbinli kojenerasyon sistemlerinde birim tesis bedeli 400–600 \$ arasında değişmektedir. Güç ile bu değer ters orantılı olduğundan seçilen kojenerasyon tesisine göre en yüksek olan değerden 600 \$ alınmıştır. Bu hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

—Yıllık Yakıt Gideri:

kWh/yıl

Ortalama elektrik satış fiyatı : 0,094 \$/kWh [12]

—Elektrik üretiminden dolayı tasarruf:

9.632.000 kWh/yıl x 0,094 \$/kWh= 905408 \$/yıl

—Tedaş'a satış yapılacak miktar:

9.632.000 kWh – 1.542.632 kWh = 8.089.368

kWh/yıl

— Tedaş'a satış fiyatı:

0,094 x 0,8 = 0,0752 \$/kWh (Tedaş yaklaşık olarak %20 daha ucuza almaktadır)[11]

— Tedaş'a satıştan yıllık net kazanç:

8.089.368 kWh/yıl x 0,0752 \$/kWh = 608.320,47

\$/yıl

— Elektrikten yapılan yıllık toplam tasarruf:

905408 \$/yıl + 608320,47 \$/yıl = 1.513.728,47 \$/yıl

—Isıdan Yapılan Tasarruf:

Kazanda üretilen ısı 10.827.519,63 kWh/yıl olarak bulunmuştur.

—Yıllık tasarruf edilecek doğalgaz miktarı:

(10.827.519,63 x 3600)/( 38267,9 x 0,90) =

1.131.760 Nm<sup>3</sup>/yıl

—Kojenerasyon ısısından dolayı yıllık tasarruf edilecek miktar:

1.131.760 Nm<sup>3</sup>/yıl x 0,2924 \$/Nm<sup>3</sup> = 330926 \$/yıl

—Satış yapılacak ısı miktarı:

10827519,63 - 9391181,11 = 1.436.338,52 kWh/yıl

—Bu ısıyı elde edebilmek için yakılması gereken doğalgaz miktarı:

(1436338,52 kWh/yıl \* 3600 kJ/kWh) / 38267,9

kJ/Nm<sup>3</sup> = 135121,56 Nm<sup>3</sup>

—Bu doğalgazın maliyeti:

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 9 5, 2006

—Sistemin yıllık toplam işletme gideri:

1.206.559,36 \$/yıl + 72240 \$/yıl + 16700 \$/yıl + 15000 \$/yıl = 1.310.499 \$/yıl

Buradan görüldüğü gibi giderlerin yaklaşık olarak % 95'ini yakıt maliyeti oluşturmaktadır. Bu yüzden doğalgazın birim fiyatı çok önem kazanmaktadır. Özellikle yakıt olarak dışa bağımlı ülkelerde yakıtın birim fiyatının değişikliği bu durumu çok etkileyecektir.

### Sistemin Amortisman Hesabı

Sistemin toplam yatırım maliyeti: 722400 \$ [11]

Sistemin net işletme geliri:

1884171,4 \$/yıl - 1310499,3 \$/yıl = 573672,1 \$/yıl

Sistemin kendini ödeme süresi: 1,25 yıl (15 ay)

Bütün bu hesaplamalarda kullanılan kabuller ve elde edilen sonuç değerleri, Tablo 4. 'de verilmektedir.

Türkiye'de döviz fiyatlarının ve doğalgaz fiyatlarının

Doğalgazın alt ısıl değeri  $H_u = 38267,9 \text{ kJ/Nm}^3$

Özgül yakıt tüketimi:  $14798 \text{ kJ/kWh}$ , yakıt tüketimi:  $4949 \text{ kJ/h}$  [9]

$m = 515,8 \text{ (Nm}^3/\text{h}) \times 8000 \text{ (h)} = 4.126.400 \text{ Nm}^3/\text{yıl}$

Doğalgazın birim fiyatı:  $0,2924 \text{ \$/Nm}^3$  [11]

Sistemin yıllık yakıt gideri:  $4126400 \text{ Nm}^3/\text{yıl} \times 0,2924 \text{ \$/Nm}^3 = \mathbf{1.206.559,36 \text{ \$/yıl}}$

—Sistemin Yıllık Servis, Yedek Parça ve Yağ Gideri:

Sistemin yıllık servis, yedek parça ve yağ gideri ilk yatırım bedelinin %10'u olarak alınmıştır.

Sistemin yıllık servis, yedek parça ve yağ gideri: **72240 \\$/yıl**

—Personel Gideri:

Personel brüt maaşı:  $2 \text{ \$/h}$

Personelin sistemi denetleme süresi:  $8350 \text{ h/yıl}$

Yıllık personel gideri:  $2 \text{ \$/h} \times 8350 \text{ h/yıl} = \mathbf{16700 \text{ \$/yıl}}$

—İç Tüketim Gideri:

İç elektrik tüketim miktarı:  $45 \text{ kW}$

Yıllık iç elektrik tüketim gideri: **15000 \\$/yıl**

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ , Sayı 95, 2006

10

Ayrıca bu fiyatlara özel tüketim vergisi dahil değildir. Bu vergi dahil edildiğinde daha yüksek değerler elde edilecektir.

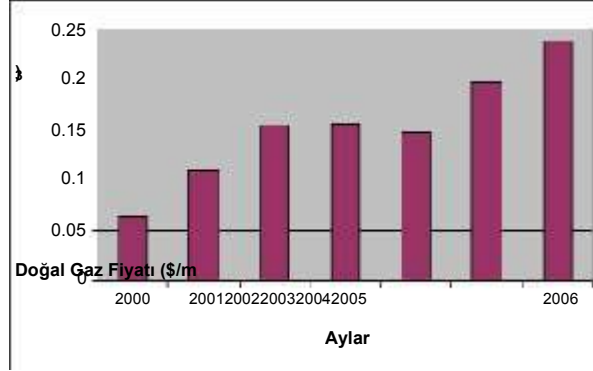
### Gaz Türbin Emisyonları

Tüm enerji kaynakları açısından çevre önemli bir parametredir. Her enerji üretim santrali emisyon değerlerinin çevre ile uyumlu olmasını ister. Bu sebeple ülkemizde de ÇED (Çevre Etki Değerlendirme) kuruluşu çalışmaktadır. Ancak Davutpaşa Kampüsü için seçilen gaz türbininin emisyon değerlerine bakıldığında da bu değerlerin Enerji Bakanlığı'nın belirttiği sınırlar içinde kaldığı sistemin çevre ile de barışık olduğu görülmektedir. Bu sistem yerleşim merkezinin içerisinde olacağından emisyon şartlarının iyi olması önemlidir. Yaklaşık olarak  $1000 \text{ kW}$ 'lık bir gaz türbinli enerji santralının emisyon değerleri aşağıda Tablo 5.'de verilmiştir. Kampüs için seçilen gaz türbininin gücü de bu değere çok yakındır. Bu emisyon değerleri fosil yakıtlı santraller ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Günümüzde de bu değerler daha da azaltılmaya çalışılmaktadır.

**Tablo 5. Gaz Türbini emisyon karakteristikleri**

değişimi ile kuruluş maliyetleri ve tüm maliyet değerleri değişmektedir. Bu nedenle amorti süresi de değişmektedir. Ocak-2006'da  $1\text{\$} = 1.35 \text{ YTL}$  alınarak yapılan bir çalışmada aynı santral için amorti süresi  $1.1 \text{ yıl}$  bulunmuştur [13]. Haziran-2006'da  $1\text{\$} = 1.5 \text{ YTL}$  olmuştur ve amorti süresi yukarıda görüldüğü gibi  $1.25 \text{ yıla}$  çıkmıştır. Ülkemizde kojenerasyon sistemlerinde kullanılan yakıt doğalgazdır. Doğalgaz fiyatlarındaki değişim de yıllara göre aşağıdaki  $\frac{1}{2}$  e - kil 4.'de gösterilmektedir.

Aşağıdaki birim fiyatlar botaş.gov.tr sayfasından alınarak  $1\text{\$} = 1,5 \text{ YTL}$  dönüşümü ile elde edilmiştir.



**Şekil 4. Doğal gaz fiyatlarının yıllara göre değişimi**

Kullanılan Yakıt	Doğalgaz
Yakıtın Alt Isı Değeri	34441.11 kJ/Nm³

### FİYATLAR

Yakıtın Birim Fiyatı	0,2924	\\$/Nm³
Tedaş'ın Elektrik Satış Bedeli	0,094	\\$/kWh

### ELEKTRİK-ISI ÜRETİM VE TÜKETİMLERİ

Yıllık Elektrik Üretimi	9632000	kWh/yıl
Yıllık Elektrik İhtiyacı	1542632	kWh/yıl
Yıllık Isı Üretimi	10827519,63	kWh/yıl
Yıllık Isı İhtiyacı	9391181,11	kWh/yıl

### İŞLETME GELİRLERİ

Satın Alınmayacak Elektrik	905408	\\$/yıl
Tedaş'a Satılacak Elektrik	608320,47	\\$/yıl
Isıdan Yapılacak Tasarruf Geliri	330933,5	\\$/yıl
Satılacak Isı Geliri	39509,5	\\$/yıl
Toplam Gelir (Isıdan)	1884171,4	\\$/yıl

### İŞLETME GİDERLERİ

Toplam Yakıt Tüketimi	4126400	Nm³/yıl
Yıllık Yakıt Bedeli	1206559,31	\\$/yıl
Yıllık Yağ+Servis+Yedek Parça Gideri	72240	\\$/yıl

[14]

Kapasite (kW)	1000
NOx(ppm)	42
NOx(lb/MWh)	2,43
CO (ppm)	20
CO (lb/MWh)	0,71
CO <sub>2</sub> (lb/MWh)	1,887
Karbon (lb/MWh)	515

**Tablo 4. Hesaplamalarda kullanılan kabuller ve yapılan hesaplamalar**

TEKNİK BİLGİLER		
Ünite Sayısı	1	Adet
Elektrik Gücü	1204	kW <sub>e</sub>
Mekanik Güç	1155	kW <sub>m</sub>
Elektrik Verimi	40	%
Isı Verimi	45	%
Jeneratör Verimi	95	%
Çalışma Saati	8000	h/yıl
Yük Faktörü	0,91	
Ortalama Sıcaklık	26	°C

11

kullanılarak maliyet değeri düşecektir. Sayısal sonuçlara bakıldığında seçilen sistem çok karlıdır. Bu tip sistemlerin maliyetini belirleyen en önemli faktör doğalgazın birim fiyatıdır. Doğalgazın birim fiyatının artması tesisin maliyet değerlerini ve amorti süresini uzatmaktadır. Özellikle gelişmekte ve doğal gaz açısından da dışarıya bağımlı olan ülkelerde, dövizdeki değişimler de maliyet değerlerini ve dolayısıyla amorti sürelerini arttırmaktadır. Bu sistemin en önemli avantajlarından biri bağımsız bir enerji kaynağı olmasıdır. Enerji kaynaklarının hızla azaldığı ve çevre kirliliğinin ise hızla arttığı günümüz dünyasında temiz enerji kullanmak, var olan enerji kaynaklarından en verimli şekilde yararlanmak önemli hale gelmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde dışarıya bağımlı olmayarak üretilen enerji, önem verilmesi gereken konuların başında yer alır. Kojenerasyon sistemleri hem enerjinin verimli kullanılmasında hem de çevreye karşı duyarlılıkta başı çeken sistemlerdendir. Davutpaşa Kampüsü için seçilen kojenerasyon sistemi fizibilite çalışmasında da görüldüğü gibi yatırım maliyetleri yüksek görünse de enerji ihtiyacının karşılanması ve fazla enerjinin satılabilmesi gibi imkanlar ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması kojenerasyon sistemini üniversite için cazip hale getirmektedir. Bir kojenerasyon sisteminin tasarımı yapılırken ön çalışmalar ve ihtiyaçlar iyi belirlenmelidir. Varolan koşulları yakalayabilmiş bir kojenerasyon sistemi ile enerjiden büyük tasarruflar sağlamak

Personel Gideri	16700	\$/yıl
İç Elektrik Tüketim Bedeli	15000	\$/yıl
Toplam Giderler	1310499.3	\$/yıl

#### YATIRIM DİĞERLERİ

Sistemin Yatırım Bedeli	722400	\$
-------------------------	--------	----

#### AMORTİ SÜRESİ

Net İşletme Geliri	573672.1	\$
Amorti Süresi	1,25(15 ay)	yıl

#### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa kampüsüne yapılacak olan kojenerasyon tesisinin toplam geliri 1.884.171,4 \$ toplam giderleri de 1.310.499,3 \$ olarak bulunmuştur. Sistem de kendisini 1,25 yılda yani 15 ayda amorti etmektedir. Sistemin net işletme geliri de 573.672,1 \$ olmaktadır. Kampüs büyüdükçe ısı ihtiyacı artacak, kojenerasyon sisteminde üretilen ısı daha verimli

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 9 5, 2006

#### KAYNAKLAR

1. [www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)
2. Yumurtacı, Z., Bekiroğlu, N., Akaryıldız, E., 'Kojenerasyon Sistemleri ve Bir Uygulama Örneği', TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi, 39-52, Eylül-Ekim 2002.
3. Aras, H. et al., 2004, Condition and development of the cogeneration facilities based on autoproduct on investment model in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 45, Issue 2, pp 553-559.
4. Arif Hepbaslı and Nesrin Ozalp, 2002, Co-generation studies in Turkey: an application of a ceramic factory in Izmir, Turkey Applied Thermal Engineering, Volume 22, Issue 6, Pages 679-691.
5. U. Atıkoğlu and H. Güven, 2003, Impact of Cogeneration on Integrated Resource Planning of Turkey, Energy, Volume 28, Issue 12, October 2003, Pages 1259-1277.
6. [www.cogen.org](http://www.cogen.org) ( Guide To Cogeneration)
7. Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü 2004 yılına ait elektrik ve doğalgaz faturaları.
8. Z. Yumurtacı, H. Obdan, 'Technologic and Economic analysis of Cogeneration and Trigeneration Systems' The Second International Exergy, Energy and Environment Symposium, 3-7 July 2005, Kos Island, Greece.
9. [www.turbomach.com](http://www.turbomach.com)
10. [www.igdas.com.tr](http://www.igdas.com.tr)

mümkün olabilmektedir. Bu çalışma da kojeneras -  
yon sistemi Davutpaşa Kampüsünün 2004 yılı elek-  
trik ve doğalgaz değerleri ile hesaplanmıştır. Halen  
gelişmesini tamamlamamış kampüse yeni fakülte -  
lerin taşınması, inşaatların, tüm spor ve kültürel bi -  
nelerin ve teknoparkın tamamlanmasından sonra  
enerji durumları tekrar gözden geçirilerek uygun sis-  
temin seçilmesi gerekir.

11. [www.botas.gov.tr](http://www.botas.gov.tr)
12. [www.tedas.gov.tr](http://www.tedas.gov.tr)
13. O. Kincay, Z. Yumurtacı, 'Suitable Energy System Determination For A University Campus', Inter - national Green Energy Conference, 25-29 June 2006, Oshawa, Ontario, Canada
14. Environmental Protection Agency Climate Protection Partnership Division, 2002, Technology Characterization: Gas Turbines, Energy Nexus Group, Washington.