

JEOTERMAL BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNDE PERFORMANS DEĞERLENDİRME PARAMETRELERİ

Leyla ÖZGENER
Arif HEPBAŞLI
İbrahim DİNÇER

ÖZET

Ekserji analizi; ısı sistemlerinin ve proseslerinin analizi, tasarımı ve optimizasyonun da kullanılan güçlü bir araç olarak, araştırmacı ve mühendisler tarafından, son zamanlarda daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri (JBIS'leri)nin performansının değerlendirilmesinde, değişik parametreler kullanılmaktadır. Bunlar arasında; enerji ve ekserji verimlilikleri, özgül ekserji indeksleri, ekserjetik iyileştirme potansiyelleri ile bağlı tersinmezlik, verimsizlik oranı gibi diğer bazı termodinamik parametreler büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada; öncelikle, JBIS'lerinin enerjetik ve ekserjetik bakış açılarından değerlendirilmesinde kullanılan söz konusu performans parametreleri analiz edilmektedir. Daha sonra, ülkemizde bulunan bazı JBIS'lerinden elde edilen analiz sonuçları verilmektedir. Son olarak, elde edilen sonuçlar kıyaslanarak, önerilerde bulunmaktadır. JBIS'lerinin ve elemanlarının enerji ve ekserji karakteristiklerinin uygun şekilde dengelenmesiyle, daha iyi bir analiz, tasarım ve optimizasyonun yapılmasında, bölge ısıtma sistemleri için pratik açıdan büyük önem taşıyacaktır.

1. GİRİŞ

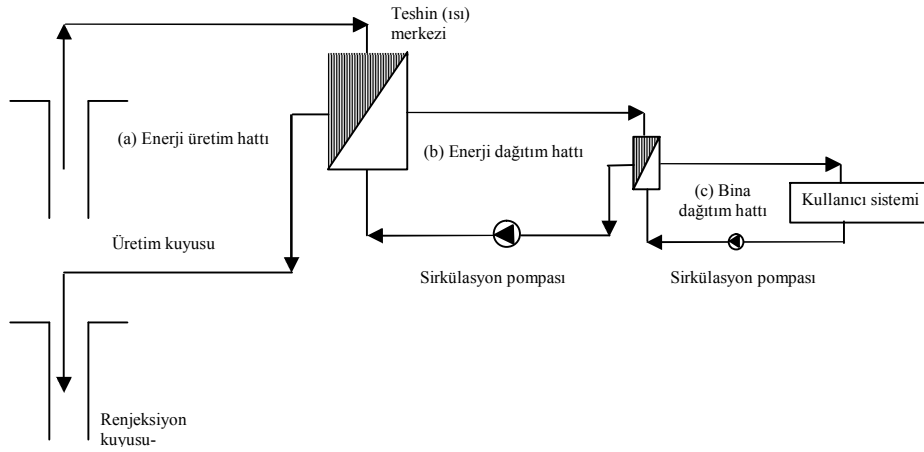
Günümüzde artan dünya nüfusuyla birlikte, bu nüfusun halen önemli bir kısmının modern enerji kaynaklarından ve onun nimetlerinden yararlanamadığı bilinmektedir. Bu sebeple, mevcut enerji kaynaklarının doğru ve etkin kullanımı bugün olduğu gibi gelecekte de büyük önem taşıyacaktır [1]. Jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin teknik yönlerini araştırmak için birçok çalışma yapılmasına rağmen, bazı jeotermal sistemlerin ekserjetik bakımdan analizine ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yazarların bugünkü bilgisine göre, JBIS'leri üzerine performans parametrelerinin ele alınarak yapıldığı, yazarların önceki çalışmalarının dışında herhangi bir çalışmaya açık literatürde rastlanmamıştır [1-7]. Enerji ve ekserji analiz yöntemlerini kullanarak, JBIS'lerinin performans değerlendirmesinin ve sistem optimizasyonunun uygulanabilirliği yazarların önceki çalışmalarında [1-8] detaylı gösterilmiştir. Yazarlar tarafından geliştirilen enerji ve ekserji modelleri, ülkemizde, Balçova-İzmir, Salihli-Manisa ve Gönen-Balıkesir'de bulunan üç farklı jeotermal bölgesel ısıtma sistemi üzerinde uygulanmıştır. Bu çalışmada, JBIS'lerinin performans parametrelerinden; özgül ekserji göstergesi, enerji ekserji verim eşitlikleri ve bazı termodinamik parametrelere yer verilmektedir.

2. TİPİK BİR JBIS

Isının bir veya birkaç ısı merkezinden üretildikten yada dönüştürüldükten sonra bir boru ağı (şebeke) ile dağıtılarak, endüstriyel tesislere, toplu konutlara, mahallelere ve şehirlere ulaştırılmasına bölgesel

ısıtma denir. Isının uzak mesafeye taşınması ilk defa 1829'da Amerika'da gerçekleşmiştir. Yıllarca ısının taşınmasında buhar kullanılmış, 1930'lardan sonra kızgın suya geçilmiştir. Isıtma sezonunun uzun sürdüğü ve dış hava sıcaklığının düşük olduğu yerlerde (yani yıllık ısı tüketiminin fazla olduğu yerler Kuzey Avrupa, Rusya gibi) çok çabuk yaygınlaşmıştır. Bölgesel ısıtma, ciddi olarak uygulandığında, bilimsel ve ekonomik açıdan birçok otorite tarafından kentsel ısıtma için en uygun yöntem olarak gösterilir. Günümüzde bu sistem ılıman iklime sahip pek çok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle Doğu bloğu, İsveç, Fransa ve Almanya gibi yerleşim alanlarını büyük kütleler halinde tasarlamaya meyilli ülkelerde binaların merkezi kontrolünün başarılı olması sebebiyle bölgesel ısıtmanın kullanışlı olduğu görülmüştür [1].

Şekil 1 de, tipik bir JBIS şematik olarak verilmektedir. Buna göre, bir JBIS; üç kısımdan oluşur: (a) Enerji üretim hattı, (b) Enerji dağıtım hattı ve (c) Bina dağıtım hattı veya enerji tüketim hattı.



Şekil 1. Tipik bir jeotermal bölgesel ısıtma sisteminin temel akış şeması

3. ANALİZ

Genel olarak, kararlı akış proseslerinde dört denge eşitliği vardır. Bunlar; kütle, enerji, entropi ve ekserji eşitlikleridir. Bu çalışmada, kütle, enerji ve ekserji denge eşitlikleri kullanılarak, ekserji kaybı (tahribi veya yok oluşu), tersinmezlik ve enerji ile ekserji verimleri bulunmuştur [1-7].

Kütlesel denge eşitliği şöyle yazılabilir [1]:

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_ç \quad (1a)$$

Burada, \dot{m} ; kütleli debi olup, alt indis "g"; girişi ve "ç" ise, çıkışı ifade etmektedir. Balçova JBIS, Gönen JBIS (1b) ve Salihli JBIS'leri için (1c) kütleli denge eşitlikleri aşağıda verilmektedir.

$$\sum_{i=1}^n \dot{m}_{s,Top} - \dot{m}_r - \dot{m}_d = 0 \quad (1b)$$

$$\sum_{i=1}^n \dot{m}_{ts, Top} - \dot{m}_d = 0 \quad (1c)$$

Genel enerji denge eşitliği

$$\dot{E}_g = \dot{E}_\varphi \quad (2)$$

şeklindedir.

Enerji denge eşitliği daha açık bir ifade ile (3a) eşitliği ile açıklanabilir.

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_g h_g = \dot{W} + \sum \dot{m}_\varphi h_\varphi \quad (3a)$$

Burada $\dot{Q} = \dot{Q}_{net,g} = \dot{Q}_g - \dot{Q}_\varphi$ ısı giriş akımı, $\dot{W} = \dot{W}_{net,\varphi} = \dot{W}_\varphi - \dot{W}_g$ net iş akımı (güç), ve h birim

kütlenin entalpisidir. Kinetik, potansiyel ve küçük ısı ve iş transfer değişiklikleri ihmal edildiği kabul edilirse, (3a) eşitliğinde verilen enerji denge eşitliği, (3b) eşitliği ile basitleştirilebilir:

$$\sum \dot{m}_g h_g = \sum \dot{m}_\varphi h_\varphi \quad (3b)$$

Jeotermal bir kuyu veya kuyulardan elde edilen enerji ise,

$$\dot{E}_{ts} = \dot{m}_{ts} (h_{ts} - h_0) \quad (3c)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Ekserji, enerjiden farklı olarak, (ideal, tersinir proseslerin dışında) dönüşüm yasasına uymaz. Daha doğru bir ifade ile, ekserji; her hangi gerçek bir proseste tüketilir veya tahrip olur. Ekserji tüketimi proses boyunca prostesteki tersinmezlikler nedeniyle yaratılan entropi ile orantılıdır.

Genel olarak JBIS'de, proseslerinin ağırlığını fiziksel ekserji oluşturmaktadır. Bu sebeple, kimyasal ekserji, potansiyel ekserji, nükleer ekserji, manyetik ekserji ve kinetik ekserji bu çalışmada ihmal edilmiştir.

Birim zaman başına genel ekserji denge eşitliği (ekserji akımları olarak),

$$\underbrace{\dot{E}X_g - \dot{E}X_\varphi}_{\substack{\text{Isı, iş ve kütle ile} \\ \text{net ekserji transferi}}} = \underbrace{\dot{E}X_{kaybi}}_{\substack{\text{Ekserji tahribi}}} \quad (4a)$$

şeklinde yazılabilir. Burada, akışın özgül ekserjisi aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\psi = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (4b)$$

Özgül ekserji eşitliğinin kütleli debi ile çarpılmasıyla, aşağıda verilen ekserji akımı elde edilir:

$$\dot{E}X = \dot{m}[(h - h_0) - T_0(s - s_0)] \quad (5)$$

JBIS'lerinin veya herhangi bir ısı sistemini performans değerlendirilmesi, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenebilir. Isıl sistemler için genel enerji verimliliğini hesaplamak için (6) ve (7) eşitliklerinden yararlanılabilir:

$$\eta = \frac{\dot{E}_\varphi}{\dot{E}_g} \quad (6)$$

$$\eta_{system} = \frac{\dot{E}_{\text{faydalı, ID}}}{\dot{E}_{ts}} \quad (7)$$

Isıl sistemler için genel ekserji verimliliğini hesaplamak için (8a) eşitliğinden, Balçova JBIS ile Gönen JBIS için (8b) ve Salihli JBIS'nin ekserji verimliliğinin hesaplanmasında ise (8c) eşitliğinden yararlanılabilir:

Her hangi bir ısı sistem için genel ekserji verimliliği:

$$\varepsilon_{sis} = \frac{\dot{E}X_\varphi}{\dot{E}X_g} = 1 - \frac{\dot{E}X_{kaybı}}{\dot{E}X_g}$$

(8a)

şeklinde yazılabilir.

Balçova JBIS ve Gönen JBIS için ekserji verimliliği:

$$\varepsilon_{sis} = \frac{\dot{E}X_{\text{faydalı, ID}}}{\dot{E}X_{ts}} = 1 - \frac{\dot{E}X_{kaybı, sis} + \dot{E}X_r + \dot{E}X_{kaybı, ts \text{ ve } su}}{\dot{E}X_{ts}}$$

(8b)

ve Salihli JBIS için ekserji verimliliği:

$$\varepsilon_{sis} = \frac{\dot{E}X_{\text{faydalı, ID}}}{\dot{E}X_{ts}} = 1 - \frac{\dot{E}X_{kaybı, sis} + \dot{E}X_{kaybı, ts \text{ ve } su}}{\dot{E}X_{ts}}$$

(8c)

olarak tanımlanmaktadır.

3.1. Özgül Ekserji Göstergesi

Jeotermal kaynakların sınıflandırılması, bu kaynakların daha doğru ve etkili kullanılması açısından önemlidir. Jeotermal kaynaklar, genellikle rezervuar sıcaklıklarına göre sınıflandırılırlar: 90 °C'den az sıcaklıktaki kaynaklar "düşük", 90-150 °C "orta" ve 150 °C'den büyük sıcaklığa sahip jeotermal kaynaklara "yüksek" kalitedeki kaynaklar olarak isimlendirilir [9]. Jeotermal kaynaklar ısı formundadır. Oysaki iş, termodinamik açıdan ısıdan daha kullanışlıdır. Çünkü, tüm ısı kaynakları işe dönüştürülemez, bu nedenden ötürü jeotermal kaynaklar termodinamik iş yapabilme yeteneklerine göre sınıflandırılmalıdır. Bu yaklaşımla, jeotermal kaynakların daha doğru şekilde sınıflandırılabilmesi ve değerlendirilebilmesi için, Lee [10] tarafından aşağıdaki özgül ekserji indeksi (SEXI) bağıntısı geliştirilmiştir:

$$SEXI = \frac{h_{ts} - 273,16 s_{ts}}{1192} \quad (9)$$

SExl'in; 0,05 değerinden küçük olması durumunda; "düşük", 0,05' e eşit veya 0,5'ten küçük olmasında; "orta" ve 0,5'ten büyük olması durumunda ise; "yüksek" kaliteli jeotermal kaynak olarak sınıflandırılmaktadır. (5) eşitliğinde sahanın ortalama entalpi ve entropisine ihtiyaç vardır. Bu değerler (10) ve (11) eşitliklerinin yardımı ile hesaplanır.

Ortalama entalpi:

$$h_{ts} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{m}_{ts,i} h_{ts,i}}{\sum_{i=1}^n \dot{m}_{ts,i}} \quad (10)$$

ve

Ortalama entropi:

$$s_{ts} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{m}_{ts,i} s_{ts,i}}{\sum_{i=1}^n \dot{m}_{ts,i}} \quad (11)$$

3.2. Ekserjetik İyileştirme Potansiyeli ve Diğer Termodinamik Parametreler

Ekserji denge eşitlikleri, ekserji azalış akımı, tersinmezlik akımının ve ekserji verimlerinin bulunmasında önemli rol oynar. Van Gool [11], bir proses ya da sistemin maksimum ekserji veriminin iyileştirilmesi için ekserji kaybının veya tersinmezliğin ($\dot{E}x_g - \dot{E}x_c$) minimize edilmesinin kesinlikle başarılması gerektiğini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, yeni bir kavram tanımlamasıyla; iyileştirme potansiyeli (IP)'nin farklı proseslerin analizinde kullanılması önerilmektedir. Bu iyileştirme potansiyeli, Hammond ve Stapleton [12] tarafından (12) eşitliğiyle verilerek, bir sistemin potansiyelinin ne kadar iyileştirilebileceğinin analizinde kullanılmaktadır.

$$IP = (1 - \varepsilon)(\dot{E}x_g - \dot{E}x_c) \quad (12)$$

Jeotermal sistemlerin performansının değerlendirilmesinde, Xiang ve Diğ. [13] tarafından önerilen ve aşağıda belirtilen bazı termodinamik parametreler, ülkemizdeki değişik JBIS'lerine uygulanmıştır [1-7].

Yakıt tüketim oranı:

$$\delta_i = \frac{\dot{I}_i}{\dot{I}_{Top}} \quad (13)$$

Bağıl tersinmezlik:

$$\chi_i = \frac{\dot{I}_i}{\dot{I}_{Top}} \quad (14)$$

Verimsizlik oranı:

$$\xi_i = \frac{\dot{I}_i}{\dot{P}_{Top}} \quad (15)$$

Tablo 1. JBIS'lerin enerji ve ekserji dağılımları

	Birimi	Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemleri		
		Balçova [1,3]	Salihli [1,5]	Gönen [6]
<i>A. Enerji Analizi</i>				
Termal enerji girişi	kW	95699.01	18426.52	28027.8
Re-enjeksiyon	kW	25733.78	-	15117.3
Isı değiştiricisi	kW	40102.28	10226.83	12868.9
Su kayıpları	kW	29682.95	8199.69	41.60
<i>B. Ekserji Analizi</i>				
Termal ekserji girişi	kW	14808.15	2564	2657.5
Pompa ve ısı değiştiricisi kayıpları	kW	1512.16	516	582.5
Re-enjeksiyon	kW	2197.46	-	344.4
Su kayıpları	kW	4288.81	524	28.2
Ekserji üretimi	kW	6809.72	1524	1702.4

Ekserjetik faktör:

$$f_i = \frac{\dot{F}_i}{\dot{F}_{Tot}} \quad (16)$$

4. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Balçova, Salihli ve Gönen JBIS'lerinde bulunan çeşitli ölçüm cihazlarıyla, veriler sistemlerde çalışan teknik kadrolar tarafından düzenli olarak toplanıp kayıt edilmektedir. Çalışmada bu verilerden faydalanılmıştır. Yapılan analizlerde, belirsizlik analizleri de ele alınmıştır. Hataların dereceleri ve miktarları, her üç jeotermal bölgesel ısıtma sistemi için yazarların daha önceki çalışmalarında [1-7] geniş kapsamlı olarak ele alınmıştır.. Buna göre, Tablo 1'de sunulan JBIS'lerinin değişik dış hava sıcaklıklarında ve atmosferik basınçta elde edilen enerji ve ekserji dağılımları verilmektedir. Buradan, en fazla enerji ve ekserji kayıpların, boru hatlarındaki su kayıpları, pompalar ve ısı değiştiricilerinden kaynaklandığı gözlenmektedir.

Balçova jeotermal sahasının özgül ekserji göstergesi, ortalama 0,07 olarak hesaplanmış olup, orta kaliteli bir kaynak olarak sınıflandırılmıştır. Salihli jeotermal sahasının özgül ekserji göstergesi ise, ortalama 0,049 olarak hesaplanmış olup, orta kalitede bir kaynağa çok yakın olmasına karşın, düşük kaynak olarak sınıflandırılmıştır, benzer şekilde Gönen jeotermal sahası da, 0,025 özgül ekserji göstergesiyle düşük kalitede bir jeotermal kaynak olarak sınıflandırılmaktadır [1-7]. Sistem verimliliklerinin etkili olarak iyileştirilmesi için su kayıplarının, Balçova, Salihli ve Gönen JBIS'lerinde azaltılması ya da tamamen önlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, özellikle her üç sistemde de teshin merkezlerinde bulunan ısı değiştiricilerinde de iyileştirmeler yapılabilir. Balçova ve Gönen JBIS'nde re-enjeksiyon uygulanırken, Salihli JBIS'nde re-enjeksiyon çalışmaları sürmektedir. Ancak, re-enjeksiyon çalışmalarının kısa sürede tamamlanmaması durumunda, Salihli jeotermal sahası ve çevresi zarar görecektir [1-7].

5. SONUÇ

Bu çalışmada, JBIS'lerinin performansının değerlendirilmesinde kullanılacak, bazı parametreler verildi. Bu bağlamda, ülkemizde bulunan bazı JBIS'lerinden elde edilen sonuçlar sunuldu.

Mevcut çalışmadan elde edilen ana sonuçlar, şu şekilde özetlenebilir:

- JBIS'lerinin performansının değerlendirilmesinde, enerji verimliliği tek başına yeterli değildir. Ekserji analizine dayalı ve bu çalışmada verilen parametreler de göz önüne alınmalıdır.
- Jeotermal kaynakların, sıcaklıklarına (entalpilerine) göre değil, ekserjilerine, başka bir deyişle, özgül ekserji indeksi kullanılarak sınıflandırılması daha uygundur.
- JBIS'lerinin analizinde, son zamanlarda ısı sistemlerde yaygın olarak kullanılan, ekserji ile ekonominin kombinasyonu olan, eksergoekonomik yöntemler kullanılmalıdır.
- Burada sunulan çalışmanın, jeotermal enerji konusunda çalışan, araştırmacı, mühendis, ve uygulamacılara ışık tutacağı yazarlar tarafından umulmaktadır.

SİMGELER

\dot{E}	Enerji akımı (kW)
\dot{E}_x	Ekserji akımı (kW)
\dot{F}	Yakıtın ekserji akımı (kW)
h	Özgül entalpi (kJ/kg)
\dot{I}	Tersinmezlik (kW)
IP	İyileştirme potansiyeli akımı (kW)
\dot{m}	Kütleli debi (kg/s)
\dot{P}	Üretimin ekserji akımı (kW)
s	Özgül entropi (kJ/kg K)
\dot{Q}	Isı akımı (kW)
T	Sıcaklık (K, °C)
\dot{W}	Güç (kW)

Yunan Harfleri

η	Verim (-)
ψ	Özgül ekserji (kJ/kg)
δ	Yakıt tüketim oranı (-)
ε	Ekserji verimi (-)
ξ	Üretim eksikliği (-)
χ	Bağıl tersinmezlik (-)

Alt İndis

ç	Çıkış
d	Deşarj
en	Enerji kaybı
eks	Ekserji kaybı
g	Giriş
ID	Isı deęiřtirgeci
i	Eleman sayısı (i=1,2,3...)
r	Re-enjeksiyon
sis	Sistem
Top	Toplam
ts	Termal su

Kısaltma

JBIS	Jeotermal bölgesel ısıtma sistemi
------	-----------------------------------

TEŞEKKÜR

Yazarlar, gerek mevcut çalışmanın gerekse de bununla ilintili diğer jotermal çalışmaların yapılmasında sağladıkları destekler (JBIS'lerin incelenmesi ve gerçek işletme verilerin oluşturulması) için, Balçova Jeotermal A.Ş.'ye, Manisa-Salihli Belediyesi'ne ve Gönen Jeotermal A.Ş.'ye teşekkürü bir borç bilir. Bu arada, özellikle, Sayın Fasih KUTLUAY, Z. Şükrü OĞURTAN ve Adem AYVAZ'a sağladıkları destekler için de teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] OZGENER, L., "Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Ekserjik ve Ekonomik Analizi", E.Ü. Fen Bilimler Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 102 Sayfa, 2005.
- [2] OZGENER, L., HEPBASLI A., DINCER I., "Thermo-mechanical Exergy Analysis of Balçova Geothermal District Heating System in Izmir, Turkey", ASME-Journal of Energy Resources Technology, Cilt No: 126, Sayfa No: 293-301, 2004.
- [3] OZGENER, L., HEPBASLI A., DINCER I., "Energy and Exergy Analysis of Geothermal District Heating Systems: An Application", Building and Environment, Cilt No: 40, Sayfa No: 1309-1322, 2005.
- [4] OZGENER, L., HEPBASLI A., DINCER I., "Effect of Reference State on the Performance of Energy and Exergy Evaluation of Geothermal District Heating Systems: Balçova Example", Building and Environment, 2005 (Baskıda).
- [5] OZGENER, L., HEPBASLI A., DINCER I., "Energy and Exergy Analysis of Salihli Geothermal District Heating System in Manisa, Turkey", International Journal of Energy Research, Cilt No: 29, Sayfa No: 393-408, 2005.
- [6] OZGENER, L., HEPBASLI A., DINCER I., "Energy and Exergy Analysis of the Gonen Geothermal District Heating System, Turkey", Geothermics, 2005 (Baskıda).

- [7] OZGENER, L., HEPBASLI A., DINCER I., "Thermodynamic Analysis of a Geothermal District Heating System", International Journal of Exergy, Cilt No: 2(3), Sayfa No: 231-245, 2005.
- [8] OZGENER, L., HEPBASLI A., DINCER I., "Energy Analysis of Geothermal Heating Systems", Energy and Buildings, 2005 (Baskıda).
- [9] DICKSON, M. H., FANELLI, M., "Geothermal Energy and its Utilization", (Editörler: Dickson MH ve Fanelli M), *Small Geothermal Resources*, UNITAR/UNDP Center for Small Energy Resources, Rome, Italy, Sayfa No: 1-29, 1990.
- [10] LEE, K.C., "Classification of Geothermal Resources by Exergy". Geothermics, Cilt No: 30, Sayfa No: 431-442, 2001.
- [11] VAN GOOL, W., "Energy Policy: Fairly Tales and Factualities", (Editörler: O.D.D. Soares, A. Martins da Cruz, G. Costa Pereira, I.M.R.T. Soares ve A.J.P.S. Reis), *Innovation and Technology-Strategies and Policies*, Kluwer, Dordrecht, Sayfa No: 93-105, 1997.
- [12] HAMMOND, G.P., STAPLETON, A.J., "Exergy Analysis of the United Kingdom Energy System". Proc Instn Mech Engrs, Cilt no: .215(2), Sayfa No: 141-162, 2001.
- [13] XIANG, J.Y., CALI, M., SANTARELLI, M., 2004, "Calculation for Physical and Chemical Exergy of Flows in Systems Elaborating Mixed-Phase Flows and a Case Study In An IRSOFC Plant". International Journal of Energy Research, Cilt No: 28, Sayfa No: 101-115, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Leyla ÖZGENER

1975 yılı Denizli doğumludur. 1998 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Bir müddet özel kuruluşlarda proje ve satış mühendisi olarak çalışmıştır. 2002 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilimdalı'nda yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2005 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü'nden Doktor ünvanını almıştır. Sanayide Enerji Yöneticisi sertifikasına sahip olup, jeotermal enerji, enerji, ekserji ve eksorgoekonomik analizler üzerine, uluslararası prestijli hakemli SCI kapsamındaki çeşitli dergilerde ve ulusal/uluslar arası toplantılarda çalışmaları mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynakları, jeotermal enerji, ekserji analizi ve enerji yönetimi konularında çalışmaktadır. Halen, Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu'nda, iklimlendirme ve soğutma bölümünde, bazı meslek derslerini vermektedir. Evli ve bir erkek çocuk annesi olup, İngilizce bilmektedir.

Arif HEPBAŞLI

1958 yılında İzmir'de doğmuştur. 10 yıllık sanayi deneyimi olup, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Profesör olarak çalışmaktadır.

İbrahim DİNÇER

1964 doğumlu olup, Kanada'ki University of Ontario Institute of Technology'nin Faculty of Applied Engineering and Sciences' da Profesör ve Bölüm Başkanı olarak çalışmaktadır.