

YOĞUŞMAYAN GAZLARIN JEOTERMAL SANTRAL PERFORMANSINA ETKİSİ: KIZILDERE JEOTERMAL SANTRALI

Gülden GÖKÇEN
Nurdan YILDIRIM ÖZCAN

ÖZET

Konvansiyonel jeotermal elektrik santralleri ile fosil yakıtlı santraller arasındaki en önemli farklar; jeotermal santrallerin kapalı çevrim üzerinde çalışmaları ile saf buhar kullanılmamalarıdır. Jeotermal buhar, santral verimini olumsuz etkileyen yoğuşmayan gazlar içerir. Bu nedenle jeotermal elektrik santrallerinin analizinde iki noktanın dikkate alınması gerekir. Bunlardan biri hesaplamalar sırasında buhar içindeki yoğuşmayan gazların ihmal edilmemesi, diğeri ise ölü hal özelliklerinin prosesteki akışkan özelliklerine bağlı olarak değişmesidir.

Kızıldere Jeotermal Santrali'nin termodinamik performansına yoğuşmayan gazların etkisinin belirlenmesi için gerçekleştirilen bu parametrik çalışmada, bir diğer değişken ise türbin giriş sıcaklığıdır.

%0-25 yoğuşmayan gaz oranı ve 140-250°C türbin giriş sıcaklığı değişimleri için türbin girişindeki iş potansiyeli-ekserji, türbin iş üretimi, net iş üretimi ve türbin ekserjetik verim değişimleri incelenmiştir. Düşük sıcaklıklarda yoğuşmayan gazların etkisinin yüksek sıcaklıklara göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Türbin giriş sıcaklığı arttıkça, ekserji kayıplarında yoğuşmayan gaz oranının etkisi daha belirgin hale gelir. Düşük türbin giriş sıcaklıkları ve yüksek yoğuşmayan gaz oranlarında net iş üretimi çok düşüktür ve bu kaynağın elektrik üretiminde kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek için bir ekonomik analiz gerektirir.

1. GİRİŞ

Jeotermal elektrik santrallerinde “yoğuşmayan gaz” deyimi, kondenser basıncını korumak amacıyla buradan uzaklaştırılması gereken, hava ve jeotermal akışkanın orijininin kaynaklanan gazları tanımlamada kullanılır. Bunlar; çoğunlukla karbondioksit (CO₂) ve değişen miktarlarda hidrojen sülfür (H₂S), hidrojen (H₂), azot (N₂), amonyak (NH₃), civa (Hg), bor buharı (B), radon (Rn) ve metan (CH₄) gibi hidrokarbonlar içerir.

Jeotermal buharın içerdiği gazlar, akışkan rezervuar koşullarında yüksek basınç altında iken çözülmüş durumdadırlar. Akışkan, üretim kuyusunda yüzeye doğru ilerledikçe hidrostatik basınç azalır. Kuyu içerisinde belli bir derinlikte basınç kaynama noktasına ulaşır ve flaşlanma başlar, böylece bir kısım akışkan buhara dönüşür. Gazlar akışkan içinde çözüldüğünde, flaşlanma saf buharda olduğundan daha yüksek bir basınçta oluşmaya başlar.

Tipik bir kuyuda, iki fazlı akışkan kuyubaşına ulaştığında, çözülmüş gazların hemen hemen hepsi açığa çıkar. Bu noktada, buhar içindeki gaz oranı göreceli olarak küçüktür. Çünkü flaşlanma sırasında büyük miktarda buhar açığa çıkar.

Seperatörde buhar fazı başlangıçta çözünmüş gazın hemen hemen tamamını içerirken, seperatörü terkeden sıvı küçük bir miktar gaz içerir [1, 2].

Jeotermal buhar, su buharı ile yoğuşmayan gazların karışımından oluşan bir gazdır. Jeotermal buhar içindeki gaz kompozisyonu, buhar içerisindeki % ağırlık olarak ifade edilir. Tablo 1’de çeşitli sahalarda jeotermal buharın ağırlıkça içerdiği gaz miktarları verilmiştir. Gaz miktarları sahadan sahaya hatta aynı saha içinde kuyudan kuyuya değişiklik gösterir [3,4].

Bir başka yoğuşmayan gaz da sisteme sızma ve soğutma suyu ile giren havadır. Jeotermal gaz/hava oranı her santralde değişir ve kullanılan soğutma suyu sıcaklığının bir fonksiyonudur.

Tablo 1. Çeşitli jeotermal sahalara ait jeotermal buhar içindeki yoğuşmayan gaz miktarları [3,4].

Saha	Yoğuşmayan gaz oranı (% ağırlık)
Kızıldere (Türkiye)	10-21
Lardarello (İtalya)	10
Broadlands-Ohaaki (Yeni Zelanda)	3-6
Geysers (ABD)	1
Wairakei (Yeni Zelanda)	0.2

Türbinden elde edilen iş miktarını sınırlayan problemlerden biri jeotermal buharın içerdiği yüksek yoğuşmayan gaz oranıdır. Kızıldere Jeotermal Sahası’nda kuyu içerisindeki akışkanın ağırlıkça %2.5, buharın ise %10-21’ini oluşturan yoğuşmayan gaz oranının üretim verimine etkisi çok belirgindir. Türbinde üretilen enerji miktarının azalması jeotermal akışkanın ekserji kaybı anlamına da gelmektedir. Bu nedenle santralin ürettiği net işin belirlenmesinde yoğuşmayan gazların gözönünde bulundurulması gerekir [5].

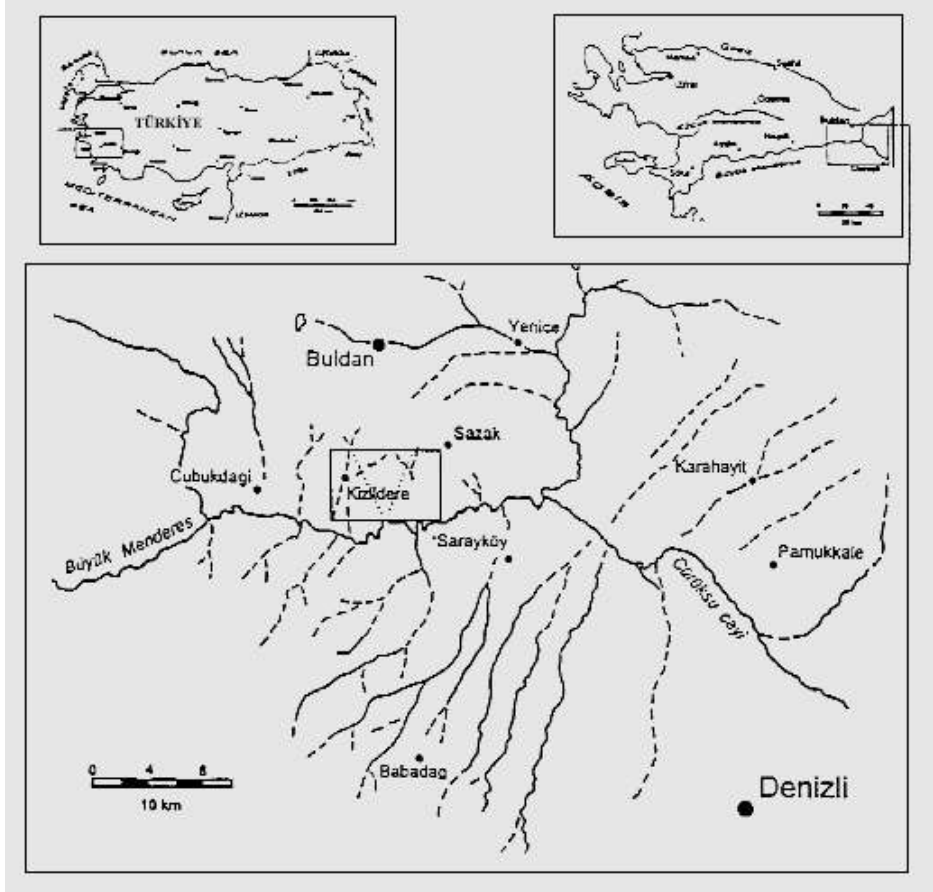
Jeotermal güç santrallerinde yüksek yoğuşmayan gaz oranlarının yarattığı problemlerden bazıları aşağıda listelenmiştir [2, 6, 7]:

- Yoğuşmayan gazların kondenserde birikmesi nedeniyle basıncın yükselmesi, dolayısıyla türbinin ürettiği enerji miktarının azalması,
- Türbinden geçen buhar debisinin bir kısmını buhardan düşük spesifik enerjiye sahip yoğuşmayan gazların oluşturması nedeniyle türbinin daha az enerji üretmesi,
- Yoğuşmayan gazların yüzey tip kondenserlerde borular etrafında direnç yaratarak ısı geçişini azaltmaları,
- Yoğuşmayan gazları kondenserden uzaklaştırmak için kullanılan gaz alma sistemlerinin ilk yatırım ve işletme masraflarının fosil yakıtlı santrallerde kullanılanlara göre daha pahalı olması,
- CO₂ ve H₂S gibi korozif gazların suda çözünmesi, buhar ve yoğuşkan ile temas eden ekipman ve borularda korozyona neden olmaları,
- H₂S gazının atmosfere salındığında yarattığı genel çevresel etkiler,
- Türbin beslemesinde ve santral çevresinde yüksek H₂S konsantrasyonunun korozif etkilerinden dolayı oluşan ekipman hasarları ve yapılarda dış korozyon,
- Türbinde kirlilik (fouling).

2. KIZILDERE JEOTERMAL SAHASI VE SANTRALI

Kızıldere jeotermal sahası, Denizli’nin 40 km batısında Sarayköy ilçesi yakınlarında, Büyük Menderes nehrinin batı ucunda yer alır [8, 9]. Kızıldere jeotermal sahası yer bulduru haritası Şekil 1’de verilmiştir [10].

Kızıldere jeotermal sahası, rezervuar sıcaklığı 200-242°C arasında olan sıvı baskın bir sistemdir ve kuyubaşlarında buhar oranı %10-20 arasında değişir. Sahanın en çarpıcı özelliği yüksek yoğunlaşmayan gaz oranına (rezervuarda % 1-2.5, buharın hacimce %5, ağırlıkça %10-21'si) sahip olmasıdır. Bu gazların %96-99'sünü CO₂ oluşturmaktadır. Gazlar, kondenserden kompresörler aracılığı ile alınır ve Saha'da bulunan sıvı CO₂ ve kurubuz üretim tesisine gönderilir.

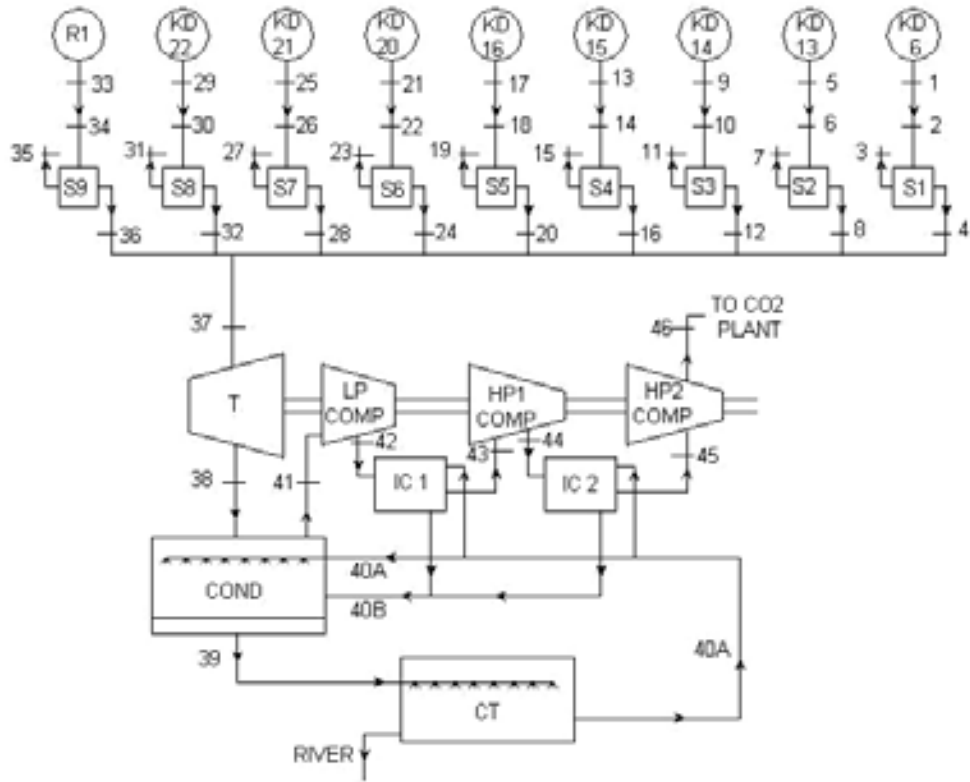


Şekil 1. Kızıldere jeotermal sahası yer bulduru haritası [10].

Kızıldere jeotermal santrali, 6 adet üretim kuyusundan beslenen 20.4 MW_e kapasite ile 1984 yılında kurulmuştur. Sahada günümüze kadar açılan toplam 23 adet kuyudan 9 tanesi üretim kuyusu olarak kullanılmaktadır. Türbine giden ortalama buhar debisi 33.3 kg/s'dir. Kızıldere jeotermal santrali akış şeması Şekil 2'de [11], Saha ve Santral'e ait özellikler ise Tablo 2'de verilmiştir [12, 4].

Kuyubaşında sıvı, buhar ve yoğunlaşmayan gazlardan oluşan jeotermal akışkan, seperatörde sıvı ve gaz fazlarına ayrılır. Gaz fazında kalan su buharı ve yoğunlaşmayan gazlar elektrik üretmek üzere türbine gönderilir. Sıvı fazın bir kısmı R2 enjeksiyon kuyusu ile rezervuara geri gönderilirken bir kısmı Büyük Menderes Nehri'ne, bir kısmı ise Sarayköy Bölgesel Isıtma Sistemi'ne gönderilir.

Santralde, yoğunlaşmayan gazlar kondenserden kompresörler ile çekilerek kurubuz ve sıvı CO₂ üretim tesisine gönderilir.



CCOND	kondenser	IC	ara gaz soğutucu
CT	soğutma kulesi	T	türbin
HP	yüksek basınç	S	seperator
LP	alçak basınç	CO ₂	karbondioksit

Şekil 2. Kızıldere jeotermal santralı akış şeması [11].

Tablo 2. Kızıldere jeotermal sahası ve santralına ait özellikler [12, 4].

Rezervuar sıcaklığı	(°C)	200-242
Kuyubaşı basıncı	(MPa)	1.28-1.58
Kuyubaşı sıcaklığı	(°C)	180-190
Toplam debi	(t/h)	1155
Kuyubaşı buhar oranı	(%)	10-12
Toplam çözünmüş katı miktarı (TDS)	(ppm)	2500-3200
Buhardaki ağırlıkça yoğuşmayan gaz miktarı	(%)	10-21 (ort. 15)
CO ₂ miktarı	(%)	96-99
H ₂ S miktarı	(ppm)	100-200
Seperator basıncı	(MPa)	0.48-0.55
Türbin giriş basıncı	(MPa)	0.47
Türbin giriş sıcaklığı	(°C)	148
Santral kurulu kapasitesi	(MW _e)	20.4
Kompresör tüketimi	(MW _e)	2.38

3. PERFORMANS ANALİZİ

Bir jeotermal santral iki bölümde incelenebilir; a) buhar sahası, b) güç üretim ünitesi. Buhar sahası; üretim ve enjeksiyon kuyuları, seperatörler, buhar hattı ve sahadaki diğer ekipmanları içerir. Güç üretim ünitesi ise; türbin, kondenser, gaz alma sistemi ve soğutma kulesini içine alır. Bu çalışmada, güç üretim ünitesine ait türbin ve gaz alma sistemi ele alınarak yoğuşmayan gaz oranı (%0-25) ve türbin giriş sıcaklığı (140-250°C) değişiminin santral performansına olan etkileri parametrik olarak incelenmiştir.

3.1. Kabuller

- Tek kademeli çevrimler dikkate alınmıştır.
- Rezervuardaki çözünmüş yoğuşmayan gazların tamamı buhar fazına geçmiştir, sıvı fazda çözünmüş gaz yoktur.
- Yoğuşmayan gaz karışımının büyük bir yüzdesi (>%80) CO₂'den oluştuğu için tamamı CO₂ olarak kabul edilebilir [13]. CO₂, prosesin her bir kademesinde ideal gaz davranışı gösterir.
- Sistem; bir izentropik türbin, bir izotermal kondenser ve bir izentropik tek kademeli kompresörden oluşur.
- Kondenser çalışma sıcaklığı ve basıncı 43°C ve 0.01 MPa olarak sabittir.
- Kondenserde basınç kaybı ihmal edilmiştir.
- Türbin ve kompresör verimleri %75, jeneratör verimi ise %90 olarak kabul edilmiştir.
- Kondenserde yoğuşma oranı %96'dır.
- Ölü hal özellikleri, türbin girişindeki akışkan kompozisyonuna, çevre sıcaklığı (T_o), 18°C, ve basıncına (P_o), 0.101 MPa (~1 atm) bağlı olarak değişir.

3.2. Ekserji

Bir sistemde, bilinen iki hal arasında tersinir bir proses gerçekleştiğinde elde edilebilecek maksimum iş "ekserji" olarak adlandırılır. Jeotermal akışkan kuyubaşına ulaştığında sahip olduğu enerji ile belli bir iş yapabilme gücüne sahiptir ve iş dönüşümü için bir seri prosesten geçer. Bu prosesler sırasında akışkan ile çevresi arasında ısı transferi gerçekleşir ve çevreye ısı atılır. Bilinen bir halde akışkanın sahip olduğu iş potansiyeli-spesifik ekserjisi, Eşitlik 1'e göre hesaplanır.

$$e = [(h - h_0) - T_0 (s - s_0)] \quad (\text{kJ/kg}) \quad (1)$$

e; özgül ekserji (kJ/kg), h; özgül entalpi (kJ/kg), T; sıcaklık (K), s; özgül entropi (kJ/kgK), o; ölü hal

Ekserji hesabında kullanılan ölü hal özellikleri Bölüm 3.1'de verilmiştir. Türbin ekserjetik verimi Eşitlik 2'e göre hesaplanır.

$$\varepsilon_t = \frac{w_t}{e_{t,in} - e_{t,out}} \quad (-) \quad (2)$$

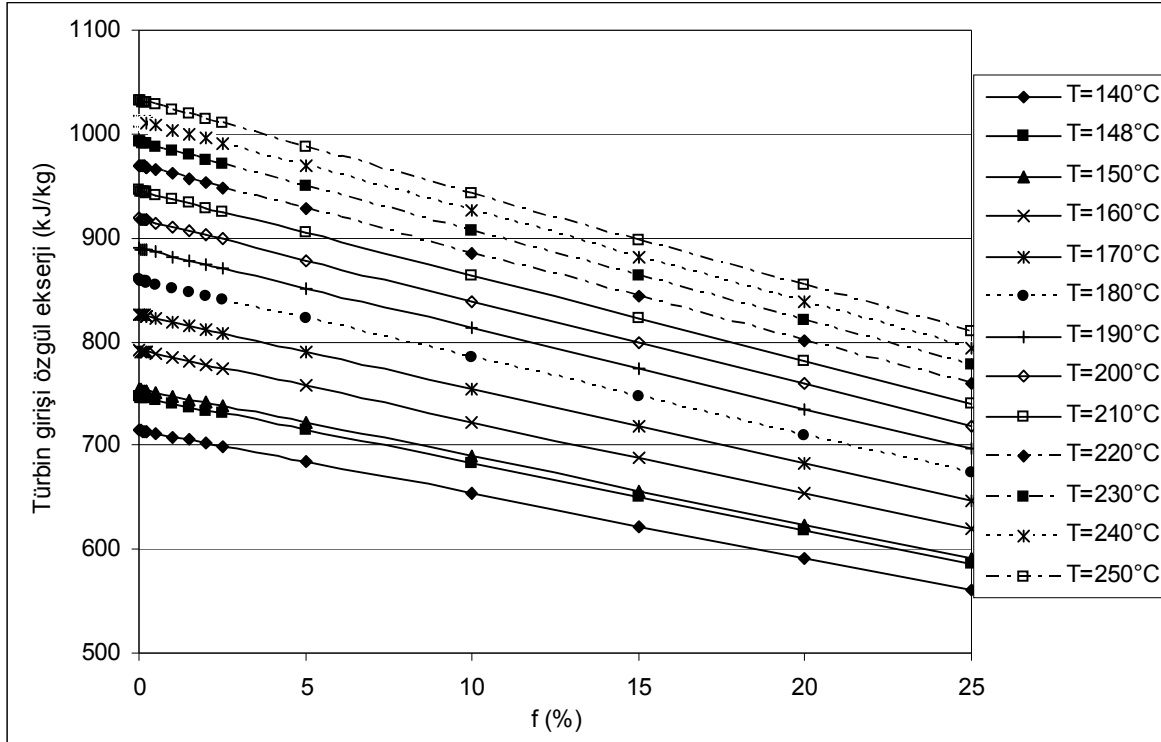
ε; ekserjetik verim (-), W; özgül iş (kJ/kg), t; türbin, in; giriş, out; çıkış

Buhar fazı, verilen sıcaklık ve basınçta su buharı ve CO₂ karışımı olarak kabul edilir. Karışımın özgül entalpi ve entropisi Eşitlik 3'e göre hesaplanır.

$$\begin{aligned} h_{mix} &= f h_{\text{CO}_2, @T} + [1 - f] h_{s, @T} & (\text{kJ/kg}) \\ s_{mix} &= f s_{\text{CO}_2, @T} + [1 - f] s_{s, @T} & (\text{kJ/kg}) \end{aligned} \quad (3)$$

f; yoğuşmayan gaz oranı (%), mix; karışım, CO₂; karbondioksit, s; buhar

Şekil 3, çeşitli türbin giriş sıcaklıkları (140-250°C) için türbin girişindeki özgül ekserjinin yoğuşmayan gaz oranı (%0-25) ile değişimini göstermektedir. Yoğuşmayan gaz oranı %1 arttığında, akışkanın ekserji kaybı %0.86 olmaktadır. Şekil 3 aynı zamanda yüksek türbin giriş sıcaklıklarında sıcaklık değişiminin ekserji değişimine olan etkisinin azaldığını göstermektedir.



Şekil 3. Çeşitli türbin giriş sıcaklıkları ve yoğuşmayan gaz oranlarına bağlı olarak türbin girişindeki özgül ekserji değerleri.

3.3. Türbin İş Üretimi

Türbin girişindeki doymuş buhar ve CO₂ karışımı, türbinde kondenser sıcaklık ve basıncına genişler (43°C, 0.01 MPa).

Türbin çıkışındaki kuruluk derecesi yoğuşmayan gaz oranına bağlı olarak değişir ve Eşitlik 4'e göre hesaplanır [14];

$$x(f) = f + x_{is} * (1 - f) \quad (-) \quad (4)$$

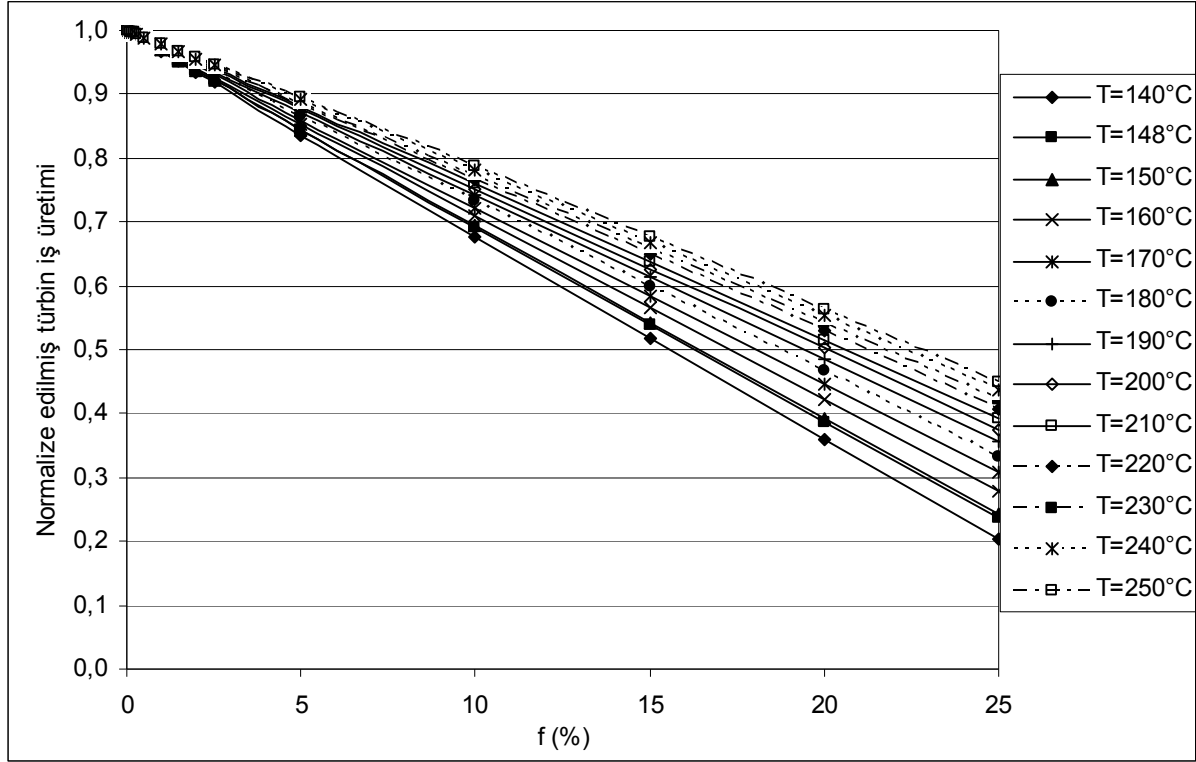
x; kuruluk derecesi (-), is; izentropik

Türbinin gerçek özgül iş üretimi Eşitlik 5'e göre hesaplanır.

$$w_{t,act} = x(f) * w_{t,is} \quad (kJ/kg) \quad (5)$$

act; gerçek

Çeşitli türbin giriş sıcaklıkları (140-250°C) ve yoğuşmayan gaz oranları (%0-25) için normalize edilmiş türbin gerçek özgül iş üretimi Şekil 4'de verilmiştir. Gerçek iş üretimi, belli bir yoğuşmayan gaz oranına sahip akışkanın ürettiği işin yoğuşmayan gaz içermeyen akışkanın ürettiği işe oranlanması ile normalize edilir. Şekil 4'den de görüleceği gibi yoğuşmayan gaz oranının artışı türbin güç üretimini önemli ölçüde etkiler. 140°C-türbin giriş sıcaklığı ile %5 ve %25 yoğuşmayan gaz oranları için ekserji kaybı sırasıyla %16 and %80'dir. 250°C-türbin giriş sıcaklığında ise aynı değerler %11 ve %55'dir.



Şekil 4. Değişik türbin giriş sıcaklıkları ve yoğuşmayan gaz içeriklerine bağlı normalize edilmiş özgül türbin iş üretimi değişimi.

Çeşitli türbin giriş sıcaklıkları ve yoğuşmayan gaz oranları için türbin ekserjetik verimi Şekil 5'de verilmiştir. %7.5 yoğuşmayan gaz oranına kadar, düşük türbin giriş sıcaklıklarında verim daha yüksektir. %7.5'un üzerinde ise, türbin giriş sıcaklığı arttıkça verim artar.

Normalize edilmiş türbin ekserjetik verimi ise Şekil 6'da verilmiştir. Şekil, yüksek yoğuşmayan gaz oranları ile düşük türbin giriş sıcaklıklarında verimin dramatik olarak düştüğünü gösterir.

3.4. Gaz Alma Sistemi

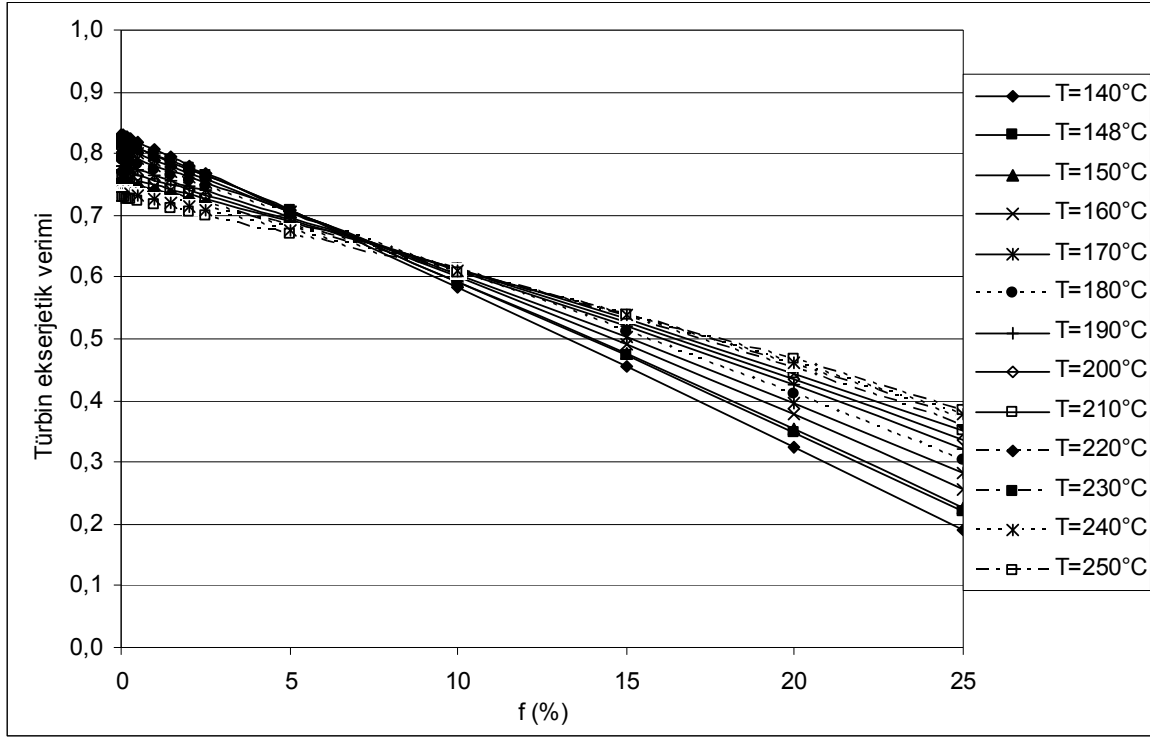
Yoğuşmayan gaz oranı artışına bağlı olarak artan yoğuşmayan gaz debisi, kompresörlerin enerji gereksinimini de artırır. Santralin özgül net iş üretimi Eşitlik 6'ya göre hesaplanır.

$$w_{net} = w_{t,act} - w_{c,act} \quad (\text{kJ/kg}) \quad (6)$$

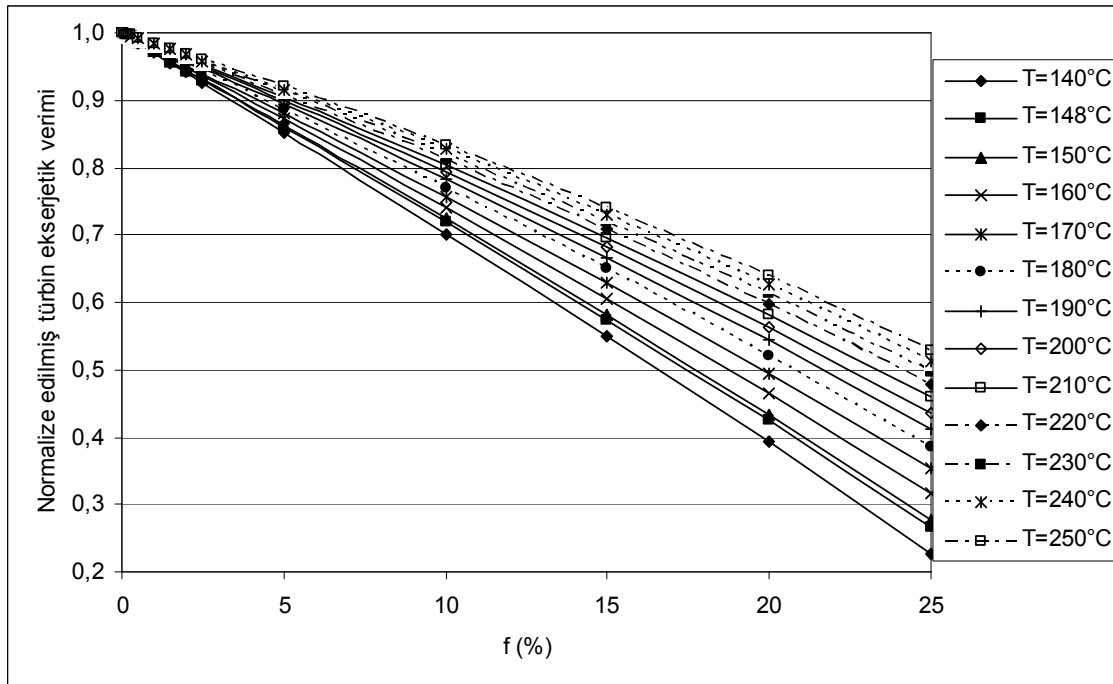
net; net, c; kompresör

Şekil 7a'da, santralin özgül net iş üretimi farklı türbin giriş sıcaklıkları ve yoğuşmayan gaz oranları için verilmiştir. Türbin giriş sıcaklığı arttıkça net güç üretimi de artar. Yüksek yoğuşmayan gaz oranlarında bu artış %40'a kadar çıkmaktadır. Yoğuşmayan gaz oranına bağlı olarak net iş üretimindeki kayıp, türbin çıkışında görülen kayıp ile aynı davranışı gösterir. Yoğuşmayan gaz oranının %1'lik artışı, net iş üretiminde %3.7'lik bir kayba neden olur.

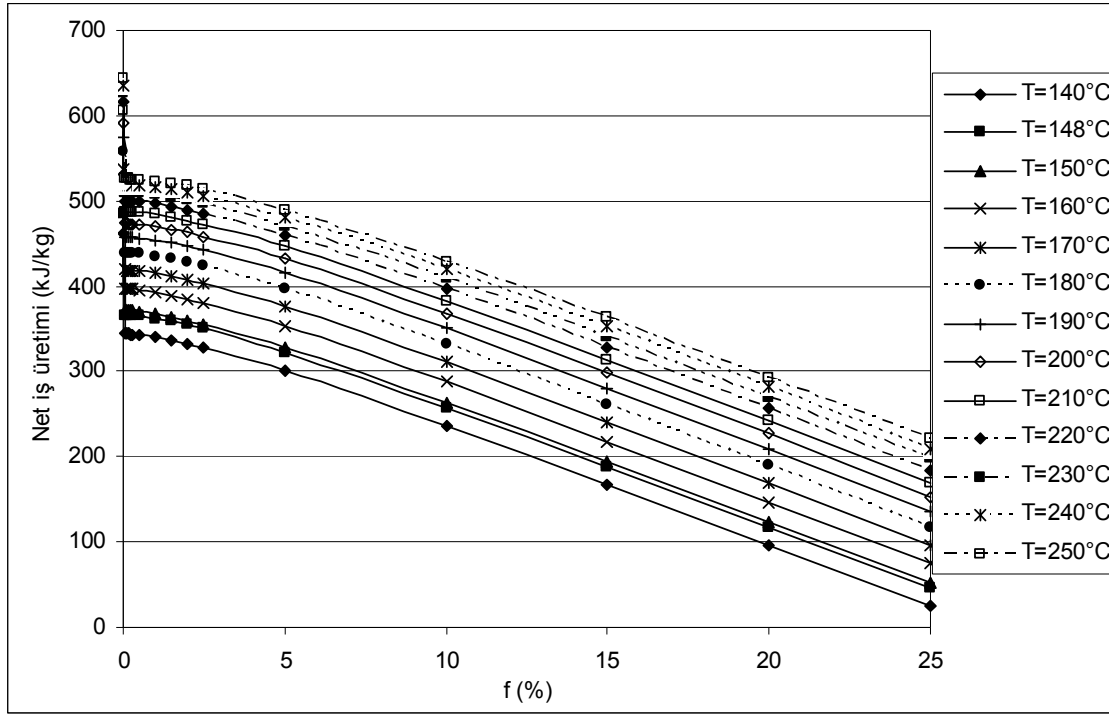
Net iş üretimi; 140°C ve %25 yoğuşmayan gaz oranında 25.86 kJ/kg iken, 250°C ve %25 yoğuşmayan gaz oranında 209.61 kJ/kg'dır. %0-0.25 yoğuşmayan gaz oranı aralığı Şekil 7b'de daha detaylı olarak görülebilir. %0'dan %0.1 gaz oranına çıkıldığında net iş çıkışıdaki kayıp %25.5'dur.



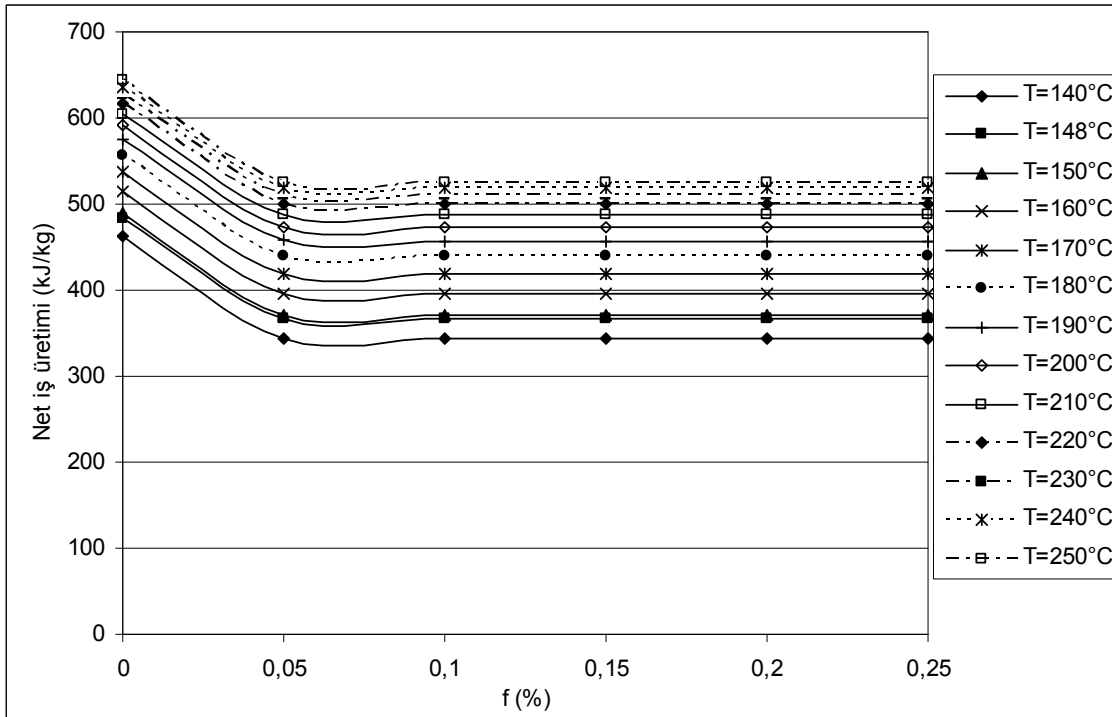
Şekil 5. Çeşitli türbin giriş sıcaklıkları ve yoğuşmayan gaz oranlarında türbin ekserjetik verimi.



Şekil 6. Çeşitli türbin giriş sıcaklıkları ve yoğuşmayan gaz oranları için normalize edilmiş türbin ekserjetik verimi.



(a)



(b)

Şekil 7. Türbin giriş sıcaklıkları ve yoğuşmayan gaz oranlarına bağlı olarak santral net iş üretimi. (a) $f = \%0-25$, (b) $f = \%0-0.25$

4. TARTIŞMA

Kızıldere jeotermal santral verileri kullanılarak bir jeotermal santralin türbin ve kompresörü üzerinde yoğunlaşmayan gazların ve türbin giriş sıcaklığının etkisi incelenmiştir. Türbin giriş sıcaklığının 140-250°C, yoğunlaşmayan gaz oranının %0-25 arası değerleri için parametrik bir çalışma yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki gibi yorumlanmıştır:

- Yoğunlaşmayan gaz oranının türbin girişinde jeotermal akışkanın sahip olduğu iş yapabilme potansiyeli-ekserjiye olan etkisi, türbin giriş sıcaklığının etkisinden daha fazladır. Ekserji kaybı, %25 gaz oranında en yüksek değerini alır ve yoğunlaşmayan gazın mevcut olmadığı duruma göre %22 daha fazladır. Kızıldere jeotermal santralında; 148°C türbin giriş sıcaklığı ve %15 yoğunlaşmayan gaz oranı için, türbin girişinde ekserji kaybı 96,4 kJ/kg'dır ve yoğunlaşmayan gazın mevcut olmadığı duruma göre iş üretimi %13 daha düşüktür.
- Yoğunlaşmayan gaz oranı %1 arttığında, türbin girişinde ekserji kaybı %0.86 olmaktadır.
- Ekserji kaybı ve net iş üretimi üzerinde yoğunlaşmayan gaz oranının etkisi türbin giriş sıcaklığı değişiminin etkisinden daha fazladır.
- Yoğunlaşmayan gaz oranı artışı ile birlikte türbin giriş sıcaklığı azalırsa güç üretimi dramatik olarak azalır. Düşük yoğunlaşmayan gaz oranlarında, türbin giriş sıcaklığının etkisi önemsizdir, fakat gaz oranı arttıkça türbin giriş sıcaklığının etkisi de belirgin hale gelir.
- Yoğunlaşmayan gaz oranı %7.5'un altında olduğunda, türbin ekserjetik verimini artırmak amacıyla türbin giriş sıcaklığı düşük tutulabilir. Diğer yandan, yoğunlaşmayan gaz oranı %7.5'un üstünde ise türbin giriş sıcaklığı ile verim artışı doğru orantılıdır. Kızıldere jeotermal santralında; 148°C türbin giriş sıcaklığı ve %15 yoğunlaşmayan gaz oranı için, türbin ekserjetik verimi %47.6'dır. Türbin giriş sıcaklığı 10°C artırıldığında ekserjetik verim %3 artar. Fakat bunun üzerindeki sıcaklık artışlarında verim artış hızı azalır.
- Düşük türbin giriş sıcaklıkları ve yüksek yoğunlaşmayan gaz oranlarında, kompresör iş ihtiyacı türbinin ürettiği işe eşit yada daha fazla olabilir. Bu durumda, bu kaynak üzerinde elektrik santral inşaatı yerine akışkandan sıvı CO₂ ve kurubuz üretmek daha ekonomik olacaktır.
- Yoğunlaşmayan gaz oranı artışı türbin çıkışında basıncın yükselmesine, dolayısıyla da iş üretiminin düşmesine neden olur. Bu çalışmada, türbin çıkış sıcaklığı sabit tutulmuştur. Bir başka çalışmada bu artışın gözönünde bulundurulması yararlı olur.

KAYNAKLAR

- [1] DUKLER, A.E., ELLIOTT, L.C., FARBER, A.L., WONG, C., TOMALIN, P.G. "Section 3: Process design of multistage flash evaporators", 3.1-3.23, Distillation Plant Data Book, US Department of Interior, Contact No:14-01-0001-2099, 1971.
- [2] COURY, G., "Geothermal gas abatement", Report on Development of Geothermal Energy for Power and Non-Electric Uses, PHI/85/003, 1987.
- [3] HALL, N.R., "Gas extraction systems", Geothermal Utilisation Engineering, Dunstall, M.G. (Ed.), Geothermal Institute, The University of Auckland, 1996.
- [4] MTA, "Buhar sahası ve santral verileri", kişisel görüşme, 1996-2000.
- [5] VORUM, M., FRITZLER, E.A., "Comparative analysis of alternative means for removing non-condensable gases from flashed-steam geothermal power plants", NREL/SR-550-28329, 2000.
- [6] DUTHIE, R.G., NAWAZ, M., "Comparison of direct contact and kettle reboilers to reduce non-condensables in geothermal steam", Transactions Geothermal Resources Council 13, 1989, 575-580.
- [7] MONTERO, G., "Evaluation of the net work of a turbine operated by a mixture of steam and non condensable gases", *Proc. of 12th New Zealand Geothermal Workshop*, Vol.11, pp.163-174, 1990.
- [8] SERPEN, Ü., SATMAN, A., KASAP, İ., "Assessment of well testing in Kızıldere geothermal field", *Transactions Geothermal Resources Council*, 22:589-594, USA, 1998.

-
- [9] ŞAMİLGİL, E., “Jeotermal Enerji”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kocaeli Mühendislik Fakültesi-Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sayı:262, İstanbul, 43s., 1992.
- [10] VOGEL, M., “Zur geologie und hydrogeologie des Kizildere geothermalfeldes und seiner umgebung in der riftzone des Buyuk Menderes, W-Anatolien/Turkei”, Diploma Thesis, Free University, Berlin Fac. of Geosciences, 1997.
- [11] YILDIRIM, E.D., GÖKCEN, G., “Exergy Analysis and Performance Evaluation of Kizildere Geothermal Power Plant, Turkey”, *International Journal of Exergy*, 1, 2004, 316-333.
- [12] SARIKURT, H., “Kızıldere Jeotermal Santrali”, yayımlanmamış rapor, 1988.
- [13] MICHAELIDES, E.E., “The influence of non-condensable gases on the network produced by geothermal steam power plants”, *Geothermics*, Vol.11, pp.163-289, 1982.
- [14] KHALIFA, H.E., MICHAELİDES, E., “The Effect of Non-condensable gases on the performance of geothermal steam power systems”, US Department of Energy, Report No.CATMEC/28, 1978.

ÖZ GEÇMİŞLER

Gülden GÖKÇEN

1968 yılı İzmir doğumludur. 1990 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1992 yılında Yüksek Mühendis, 2000 yılındada Doktor ünvanı almıştır. 1996 yılında Auckland Üniversitesi Jeotermal Enstitüsü'nde “Jeotermal Enerji Teknolojisi Diploma Kursu”na katılmıştır. 1997 yılında NATO A2 bursu ile ABD’de “Jeotermal Elektrik Santralleri’nde Reboiler Teknolojisi” üzerine dört aylık bir çalışma yapmıştır. 1991-2000 yılları arasında Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılından itibaren İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır. Jeotermal elektrik santrallerinde verim artırma yöntemleri, ısı değiştirgeçleri, jeotermal enerji kullanım yöntemleri ve jeotermal enerjinin çevresel etkileri konularında çalışmaktadır.

Nurdan Yıldırım ÖZCAN

1977 Kütahya doğumludur. 1999 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. 2003 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü'nden Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Makina Mühendisliği Bölümünde doktora eğitimine devam etmektedir ve 2000 yılından beri aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Ayrıca 2002 yılında İzlanda'daki 6 aylık Birleşmiş Milletler Üniversitesi Jeotermal Eğitim Programına ait sertifikası bulunmaktadır. 2004-2005 yılları arasında da Belçika’da Von Karman Institute Diploma kursuna katılmıştır. Jeotermal Bölgesel ısıtma sistemleri, jeotermal ısı pompaları, jeotermal elektrik santralleri konularında çalışmaktadır. Evli ve bir kız çocuğu annesidir.