

JEOTERMAL KAYNAKLI ELEKTRİK ÜRETİMİ, TÜRKİYE

Niyazi AKSOY

ÖZET

Türkiye’de elektrik üretimine uygun jeotermal kaynaklar çoğunlukla Batı Anadolu’daki graben sistemlerinde yer almaktadır. Türkiye’de ilk jeotermal kaynaklı elektrik üretimi 1983 yılında Kızıldere-Denzili sahasında devlet tarafından kurulan bir santralde başlamıştır. İlk özel girişim Dora-I santralidir ve 2006 yılında çalışmaya başlamıştır. Jeotermal kaynakların hak sahipliğini ve ruhsat hukukunu düzenleyen yasal düzenleme 2007 yılında yayınlanmıştır. 2011 yılında 0.105 \$/kWh üzerinden 10 yıl süreli tarife garantisi jeotermal kaynaklı elektrik üretim projelerine ilgiyi oldukça artırmıştır. EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu) verilerine göre 2012 yılında jeotermal kaynaklı kurulu güç 160.7 MW, lisans toplamı 700 MW’dır. Türkiye’nin jeotermal kaynaklı elektrik üretim potansiyeline ilişkin tahminler 2000 MW değerlerine kadar çıkabilmektedir. Türkiye’nin elektrik üretiminde kurulu gücü 53,235 MWe’dır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, Türkiye

ABSTRACT

Geothermal resources which are suitable for electricity production in Turkey are mainly located in Western Anatolia. The first geothermal based power plant in Turkey was established in 1983 at the Kızıldere-Denzili field and was state owned. The first private sector plant, Dora-I, has been commissioned in 2006. The act, governing the ownership and licensing rights of geothermal resources, was published in 2007. The incentives were given by law in 2011 and includes the tariff warranty as 0.105 \$/kWh for ten years. This has raised interest on geothermal resources. According to the EMRA (Energy Market Regulatory Authority) 2012 data, geothermal based projects have reached a 160.7 MW installed capacity and total licenced projects have a capacity of 700 MW. Total installed capacity of Turkey is about 53,235 MW.

Key Words: Geothermal energy, Turkey.

1.GİRİŞ

Türkiye’nin elektrik üretimine uygun sahalarının kapasitesinin araştıran bir çalışmada[1] depolanmış ısı yöntemi ile Türkiye’nin orta ve yüksek entalpili en önemli 11 sahasının elektrik üretim potansiyeli 570 - 1,389 MWe arasında hesaplanmıştır. Bu çalışmaya dahil edilmeyen ancak elektrik üretimine uygun 20 kadar saha bulunmaktadır. Bunlarla birlikte Türkiye’nin possible potansiyelin 2,000 MWe olabileceği tahmin edilmektedir.

2006 yılında 15 MWe olan, jeotermal kaynaklı kurulu güç, 2012 yılında 160.7 MWe’a çıkmıştır, inşaatı devam eden projeler tamamlandığında, 2013 yılı sonunda 334.7 MWe olacaktır. EPDK Türkiye’de enerji piyasasını düzenleyen kamu kurumudur. Elektrik üretimi için yatırımcılar projelerini EPD’ya onaylatmak ve lisans almak zorundadır. EPDK’nın verdiği elektrik üretim lisanslarına göre 2015 yılına

kadar kurulu güç 700 MWe' onay bekleyen projelerin kabul edilmesi durumunda 2020 yılından önce 1,000 MWe' kurulu güce ulaşılması beklenmektedir.

Halen kurulu 10 jeotermal elektrik santralin 9'u B Menderes ve 1'i Tuzla sahasında çalışmaktadır. Grabenler içindeki yüksek ısı akısı ve graben ortasında bulunun çatlaklı kayalar ve fay sistemleri jeotermal rezervuarları oluşturmaktadır. Gediz ve B Menders Grabeninde 260°C'yi aşan sıcaklığa erişilmiştir. Gediz grabeninde Salihli Alaşehir civarındaki derin kuyularda (>2500 m), 2000 m civarında tortul birimler içinde petrole de rastlanmıştır.

Jeotermal enerji kanununun (Kanun 5686) 2007 yılında kabul edilmesinden sonra Türkiye'deki jeotermal sahaların çok büyük bir kısmı bir devlet araştırma kurumu olan MTA'ya ruhsatlanmış ve MTA elindeki ruhsatların işletme hakkını ihaleler ile devretmiştir. Sadece 20 kadarı elektrik üretimine uygun sahaların ihalesinden MTA 600 milyon dolar gelir elde etmiştir. Jeotermal enerji sektöründe 2007 yılında başlayan canlılık halen devam etmektedir. Şöyle ki 20 tane derin kapasiteli sondaj makinası derinlikleri 3000 m'yi aşan kuyular kazmaktadır, petrol ve gaz aramalarında çalışan kule sayısı 10 civarındadır.

2011 yılı verilerine göre[2] Türkiye'nin elektrik üretimi 211 milyar kWh'dir. Toplam kurulu güç 53,235 MW'dır. Üretiminin %44.7'si doğal gaz, %28.2 si kömür, %22.8'i hidrolik, %1.7' si sıvı yakıt, %2.1 i rüzgar ve %0.5'i jeotermalden sağlanmıştır. Doğal gaz, kömür ve sıvı yakıtların büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Gelecek 10 yılda doğal gazın toplam üretimdeki payı %20'ye indirilmek istenmektedir. Bu arada elektrik talebi yıllık %6.5-7.5 arasında artmaktadır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğe tarife desteği ve yerli ürün kullanım desteği verilmiştir. Jeotermal kaynaklardan üretilen elektriğe, tesisin çalışmaya başlamasından sonra 10 yıl süre ile 10.5 ¢/kWh alım garantisi kanunla güvence altına alınmıştır. Jeneratör, türbin, güç elektroniği ve ejektörlerin Türkiye'de üretilmesi durumunda ilave olarak 2.7 ¢/kWh daha ödenmekte, tarife desteği 13.2 ¢/kWh'e kadar çıkabilmektedir (Kanun 6094). Elektrik üretimi yatırımlarında katma değer vergisi, gümrük vergisi muafiyeti vardır. Santral, kuyu, enerji dağıtımı ve akışkan taşımak için hazine arazilerinin bedelsiz kullanılabilir. Enerji piyasası tamamen serbestleştirilmiş olup (Kanun 4628) elektrik serbest piyasada alınıp-satılabilir.

2.TÜRKİYE'DE JEOTERMAL KAYNAKLI ELEKTRİK ÜRETİMİ

Kızıldere –Denizli Sahası

Türkiye'de ilk jeotermal kaynaklı güç santrali 1983 yılında *Kızıldere-Denizli* sahasında tek buharlaştırmalı buhar türbini ile çalışan 15 MW olarak kurulmuştur. Başlangıçta 6 kuyu ile çalışmaya başlayan santral, CaCO₃ kabuklaşması nedeniyle kısa sürede güç kaybetmeye başlamış ve ortalama 5 MW güçte üretim yapmıştır. Daha sonra 3 yeni kuyu ilave edilerek 2010 yılına kadar ortalama 9 MW kapasitede çalışmıştır. Santralin 150°C olan atık atık suyu ile Sarayköy'de 2,500 konutun ısıtılmasına başlanmış ve ısıtmayı yapan şirket 6.85 MW'lık bir ORÇ (Organik Rankin Çevrimi) santrali sisteme entegre çalışmak üzere 2007 yılında kurmuştur. Ancak bu santralin sıcak su kullanım sözleşmesi olmaması nedeniyle çalışması durdurulmuştur. 2009 yılında saha, Kızıldere jeotermal santral ve sahası özelleştirilebilmiş ve sahanın işletme hakkı Zorlu Enerji AŞ. tarafından alınmıştır. Santralde iyileştirme çalışmaları yapmış, yeni kuyular delmiş ve 15 MW kurulu güçte çalıştırmaya başlamıştır. Aynı sahada yeni delinen kuyular kullanılarak, 80 MW gücünde yeni bir ünite kurulmaktadır. Yeni kurulacak ünitenin 60 MW' buhar türbini ve 20 MW'ı ORÇ ile üretim yapacaktır. Sahanın 2013 yılında tarihinde 95 MW kurulu güce çıkacağı beklenmektedir.

Salavatlı-Aydın Sahası

Salavatlı-Aydın'da kurulu Dora I jeotermal santrali, Türkiye jeotermal tarihinde özel bir yere sahiptir. Özel sektör tarafından yapılan ilk santraldir. 1996 yılında başlayan çalışmalar, 2006 yılında 7.95 MW'lık ORÇ santralin kurulması ile sonuçlanmıştır. İnhibitör uygulaması ile CaCO₃ scaling oluşumu ilk

defa bu sahada çözümlenmiş ve diğer sahalar için yaygınlaşmasına örnek oluşturmuştur. Türkiye’de ilk kez %100 reenjeksiyon uygulaması planlanmış, başlatılmış ve sürdürülmektedir. Dora I ve II ünitelerinden açığa çıkan CO₂, santrallerin yakınlarındaki CO₂ tesislerinde kurubuz ve gaz tesislerinde işlenmekte ve bu üniteler sıfır emisyonla çalışmaktadır. Sahada 40 dönüm büyüklüğünde cam sera kurulmuş olup, jeotermal su ile ısıtılmaktadır. Dora I ve II projelerinin teknik ve ekonomik başarısı jeotermal kaynaklara ilgiyi artırmış, jeotermal sahaların işletilmesini ve ruhsat hukukunu düzenleyen yasa 2007 yılında çıkarılmasına yol açmıştır. 2011 yılında 9.5 MW gücünde Dora-II kurulmuştur. 2 x17 MW kurulu güce sahip olan Dora IIIa ve Dora IIIb ünitesi 2013 yılında, 1 x17 MW Dora IV 2014 yılında devreye girecektir. Üretim kuyularının derinliği 1300-3250 m arasında, kapasiteleri 5-9 MW arasında değişmektedir. Enjekte edilen akışkanın sahadaki dolaşımı mikrosismik yöntemler[3] ve tracer testleri ile takip edilmektedir. Sahada modüler büyüme yöntemi benimsenmiş olup, Dora I ünitesi 2 üretim ve 1 reenjeksiyon, Dora II, 2 üretim ve 2 reenjeksiyon kuyusu ile çalışmaktadır. Dora IIIa-b ve Dora IV projeleri için 18 kuyu olmak üzere tüm sahada 25 kuyu kazılmıştır. En yüksek sıcaklık 212°C olup, santralleri besleyen kuyuların ortalama sıcaklıkları 165-180°C arasında değişmektedir.

Germencik Aydın Sahası

Germencik Jeotermal Sahası–Aydın saha 200 km²’lik geniş bir alana sahiptir. B Mendere Grabeni içerisinde yer alır. Saha MTA tarafından 4 parçaya ayrılarak farklı işletmecilere ihale ve özel anlaşmalar ile devredilmiştir. Sahada 3 farklı işletmeci Gürmat, Maren ve Burç jeotermal enerji şirketleri faaliyet göstermektedir. Gürmat, 47.4 MW kurulu güce sahip çift buharlaştırmalı türbin kullanarak, 2008 yılından beri enerji üretmektedir. Bu santral Türkiye’nin ilk çift buharlaştırmalı santralidir. Sahanın batı kesiminde yer alan Maren Jeotermal Elektrik Üretim AŞ kurduğu 3 ünite ile 68 MW kurulu güce ulaşmış, 150 MW kurulu güce ulaşmayı hedeflemektedir. Sahanın doğusunu Gürmat Enerji AŞ ile paylaşan Burç Jeotermal AŞ sondaj çalışmalarına devam etmekte olup, sahadaki 168 MW gücünde buhar türbinleri ve binary sistemler kurmayı planlamaktadır. Belirtilen 3 işletme aynı rezervuarı kullanmakta olup, faaliyetlerinin birbirini etkilemesinden endişelenilmektedir. Jeotermal yasa bu konuda her hangi bir düzenleme yapmamıştır.

Tuzla Çanakkale Sahası

Tuzla- Çanakkale sahası çok yüksek tuzluluğa sahip (>60.000 ppm) Na-Cl bileşimli, volkanik bir sahadır. Sahada 7.5 MW’lık çift çevrim santral kuruludur. Yüksek tuzluluktan kaynaklanan mineral çökelmeleri, ısı eşanjörlerini sık sık tıkamakta ve temizliği üretim kaybına neden olmaktadır.

Jeoden Gerali Denizli Sahası

Jeoden Babadağ Denizli jeotermal santrali, 0.84 MW kurulu güçte, 101°C kaynak sıcaklığı ile Türkiye’nin en düşük sıcaklıkta çalışan santralidir. 3 adet 280 kW’lık ünitelerden oluşmaktadır. Gelecekte 9 ünite ile 2.52 MW’a ulaşılması hedeflenmektedir. Dış ortam sıcaklığı 24°C iken, 60 kg/s debi ile 600 kW brüt ve 480 kW net üretim yapabilmektedir. Sadece bir üretim kuyusu ile çalışmaktadır, henüz reenjeksiyon kuyusu kazılmamıştır.

Pamukören Aydın Sahası

Pamukören- Aydın’da kurulmakta olan 45 MW gücünde çift çevrim santral 2013 Haziran ayında devreye girecektir. 2x22.5 MW binary santraller 150-191°C aralığında sıcaklığı değişen 10 kuyudan üretilen 2800 t/sa akışkanı kullanacaklardır. Akışkan giriş sıcaklığı 161°C, çıkış sıcaklığı 80°C olarak planlanmıştır. Reenjeksiyon kuyuları halen delinmektedir.

Devam eden diğer çalışmalar

Karadeniz Enerji (Umurlu-Aydın), Çelikler Enerji (Sultanhisar-Aydın), Alres Enerji (Atça-Aydın), Burç Enerji (Germencik-Aydın), Mis Energy (Kemaliye-Alaşehir-Manisa), Kiper Enerji (Nazilli- Aydın), Kipaş Energy (Yılmazköy-Aydın), Türkerler Enerji (Piyadeler-Alaşehir-Manisa), Zorlu Enerji (Alhan-Alaşehir-Manisa), Maspo Enerji (Kavaklıdere-Alaşehir-Manisa), MTN Energy (Tuzla-Çanakkale) sahalarında elektrik üretimine uygun orta ve yüksek entalpili kaynak bulunmuş olup, sahaların geliştirilmesi için

sondaj çalışmaları devam edilmektedir. Belirtilen sahalara için yapılan lisans başvurusu 500 MW kadardır.

3. JEOTERMAL PROJELERİN GELİŞTİRİLMESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

3.1. Kaynak Riski

Kaynak riski, yüksek yatırım maliyeti, yüksek ihale bedelleri ve sahalara arası etkileşim sektörün önde gelen sorunlarıdır. Düşük sıcaklık, düşük geçirgenlik ve derin kuyular (>3000 m) yatırım maliyetlerini artırmaktadır. Yüksek saha bedelleri (110 milyon USD'ye ulaşan) fizibiliteyi olumsuz etkilemektedir. Jeotermal kaynaklı elektrik üretimindeki hızlı büyüme, jeotermal anomalilerin parçalanarak bütünlüğünün bozulacak şekilde ayrılması ve işletme haklarının satılması, yasal alt yapının eksikliği ve büyük ölçekli üretim ve enjeksiyon nedeniyle sahalarda soğuma riski yakın gelecekte ciddi sorunların yaşanması kaçınılmazdır. Elektrik üretim lisanslarının, ülkenin tahmin edilen potansiyelinin yarısına ulaşması, halen inşası devam eden ve çalışmakta olan santrallerin bir kısmının yakın gelecekte ciddi kaynak yetersizliği riski ile karşı karşıya kalacağını göstermektedir. Depolanmış Isı Modeli [4,5,6] ile saha potansiyelinin belirlenmesi jeotermal sahalara geliştirilmesi aşamasında kullanılan çok tercih edilen ve önerilen yöntemdir [7]. Son yıllarda Türkiye'de de yaygın olarak kullanılan bu yöntemin geçerliliğinin tartışıldığı çalışmalarda [8,9] bu yöntemin 4-5 kat aşırı yüksek tahminlere neden olduğu iddia edilmektedir.

3.2. Çevre ile İlgili Sorunlar

Güneş, rüzgar, dalga, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının, çevreyle dost ve sera gazı azaltımına önemli katkılar sağladıkları bilinir. Bloomfield vd.[10] ABD'de elektrik üretiminde kullanılan kaynakları karşılaştırarak, en düşük CO₂ emisyonunun jeotermal kaynaklardan olduğunu belirtmişlerdir. Bertani ve Tahain [11]'e göre tüm dünyadaki jeotermal santrallerin %2'si 0.5kg/kWh ve üzerinde, %50'si 0.1 kg/kWh'den daha düşük CO₂ emisyonuna sahiptir. CO₂ renksiz, kokusuz ve yanma sonucu açığa atmosfere salınan bir gazdır. Çevre ve insan sağlığını etkiler. Uzmanlar atmosferdeki CO₂ artışının buzulların erimesi, global ısınma, sel riski, orman yangınları, deniz seviyesinin yükselmesi ve biyoçeşitliliğin azalmasına neden olduğunu belirtir. Türkiye'deki jeotermal sahalarda CO₂ emisyonu, yukarıda açıklanan istatistiksel değerlerden oldukça farklıdır. CO₂'nin kaynağına yönelik olarak alınan tek örnekte deltaC13 oranı 0.86 per mil olarak bulunmuştur. Bu değer CO₂'nin denizel kökenli karbonatlı kayalar olabileceğini göstermektedir. Denizel kökenli karbonatlı kayaların, yüksek ısı akısı etkisiyle hidrolizi sonucu CO₂ oluştuğu düşünülmektedir. Jeotermal kaynaklardan açığa çıkan CO₂ tamamen doğal bir üründür. Yerkabuğunun birçok yerinden faylar ve volkanlar yoluyla atmosfere CO₂ yayılmaktadır. Türkiye'deki jeotermal sahalarda kurulu elektrik santralleri, sanılanın aksine, sera gazı emisyonunu azaltmak bir yana, kömür yakan termik santrallerden bile daha fazla CO₂ gazını atmosfere salmaktadırlar. Yeni nesil termik santraller kömür yakarak atmosfere 06-0.8 kg CO₂/kWh salarken; Büyük Menderes Grabeninde yer alan Kızıldere jeotermal santralinde bu oran 1.2 kg/kWh'dir. Daha düşük entalpiye sahip jeotermal kaynakla çalışan çift çevrimli (binary) santrallerinde bu değer 1.5-2 kg/kWh değerlerine kadar ulaşmaktadır. Kaynak sıcaklığı azaldıkça, daha çok jeotermal akışkan kullanılmakta ve daha çok CO₂ açığa çıkmaktadır. Gediz grabenindeki jeotermal akışkanların, B. Menderes grabenine göre CO₂ içeriğinin ortalama 2 kat daha fazla olduğu dikkate alındığında, Gediz grabeninde kurulacak jeotermal santrallerin de, kömür yakan santralalara göre 3-4 kat daha fazla CO₂ salacakları ortaya çıkmaktadır. Bu durum büyük ölçüde Türkiye'ye özgü bir sorun olarak görünmektedir.

Jeotermal santrallerden açığa çıkan gazların tipik bileşimi CO₂ %98-99 saflıkta olup, endüstriyel CO₂ ve kurubuz üretilmektedir. Kızıldere jeotermal sahasında 15 MW kapasiteli santralin saldığı CO₂'yi saflaştırıp kuru buz ve gaz olarak satan 120,000 ton/yıl kapasiteli bir tesis çalışmaktadır. Dora I ve Dora II ünitlerinde de CO₂ fabrikaları bulunmakta ve 100,000 ton /yıl kapasite ile çalışmaktadır. Bölgede gereksinim duyulan CO₂ dan daha fazlası işlendiği için, yeni jeotermal santrallerden açığa

çıkan CO₂'e talep yoktur. Sonuçta 160 MW kurulu güce sahip santrallerden Kızıldere, Dora I ve Dora II dışında kalan jeotermal santrallerden 130 t/saat CO₂ atmosfere salınmaktadır.

Bir başka çevre sorunu da sondajlar sırasında yaşanmıştır. 2012 ilkbaharında, Alaşehir civarındaki bir kuyuda 1011 m derinlikte sondaj sırasında fışkıрма meydana gelmiştir. Preventer kapatıldıktan sonra basınç yükselmeye devam etmiş ve kısa süre sonra kuyunun 100 m kuzey-batısından yüzeye sıcak sular çıkmaya başlamıştır. Daha sonra 200 m lik bir çevrede 3 yeni çıkış daha oluşmuş ve çıkışların çevresinde 2-8 m arasında çökmeler oluşmuştur. Kuyuya çimento enjeksiyonu yapılarak, fışkıрма zaman zaman kesilmiş ancak her seferinde yer değiştirerek başka bir yerden çıkmıştır. Kule ve çevresinde formasyonun yırtılması ve bazı karavanların hasar görmesi üzerine sondaj kulesi demonte edilerek sahadan uzaklaştırılmıştır. Ardından kuyu yakınlarında çok büyük bir patlama olmuş ve patlama ile birlikte çamur, taş ve kayalar 100 m çapında bir alana yayılmıştır. Kuyunun 250 m kuzeyinde bir kontrol kuyusu delinerek kuyuya ulaşma ve kontrol etme çalışmaları da sonuçsuz kalmıştır. Sondaj lokasyonunun çevresi üzüm bağları ile çevrilidir. 400 dönüm bağ patlamalar etkisiyle kurumuştur. Kuyuya 500 m uzaklıkta bulunan köyde halk patlamalara ve sondaj çalışmalarına tepki göstermektedir. Kontrol edilemeyen kuyuda akış azalarak halen devam etmektedir. Kuyudan çevreye yayılan sular yüksek oranda kirleticilerin (B, As) tatlı su akiferlerini kirlenmesinden endişe edilmektedir.

Kızıldere jeotermal santrali kurulduğu 1983 yılından sonra reenjeksiyon yapmadan çalışmış ve ortalama 700 t/sa debide atık akışkanı B. Menderes Nehrine deşarj etmiştir. B. Menderes ve Gediz Grabenleri başta olmak üzere, bu grabenlerde yer alan verimli ovalar ve buralarda yer alan B Menderes ve Gediz nehirleri işletme ve sondaj-test dönemlerinde jeotermal akışkanla termal ve kimyasal olarak kirlenmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Aynı anomaliyi farklı yatırımcıların paylaştığı sahalarda kaynağın sürdürülebilirliğini sağlamak için tüm işletmecilerin ortak hareket etmesi ve işletme stratejilerini birlikte belirlemesi gerekir. 1920'li yıllarda petrol endüstrisindeki karmaşayı önlemek için gerçekleştirilen çalışmaların benzerlerinin, jeotermal sektörü için de geliştirilmesi gerekmektedir. Ortak anomaliye sahip sahalarda ortak işletme, ortak işletme stratejisi belirleme gibi çözümlerin bulunması gereklidir. Türkiye'de Jeotermal enerji yaygın bir şekilde bölgesel ısıtmada kullanılmaktadır. Bu sahaların bazılarında üretim kuyularının soğuduğu belirlenmiştir. 18.4 MW kurulu ısıtma gücüne sahip ve 2,500 konut eşdeğeri alanı ısıta Gönen-Balıkesir jeotermal sahası 1987 yılında işletilmeye başlanmıştır. Bu sahanın 1987 yılındaki ve 2003'de kuyularda ölçülen maksimum sıcaklıkları kullanılarak hazırlanan rezervuar sıcaklığı dağılımı haritasında sahanın ¼ 'ün önemli ölçüde soğuduğu ortaya çıkmıştır. Soğumanın saha içerisinden yapılan, hatalı reenjeksiyon uygulaması sonucu gerçekleştiği rapor edilmiştir [12]. Benzer sorunların elektrik üretiminde yaşanmaması kaynak yönetimine ağırlık verilmelidir.

Jeotermal rezervuarların içerdiği enerji konveksiyon ve kondüksiyon ile taşınan ve rezervuarda depolanmış olan enerjinin toplamından oluşur. Çoğunlukla kondüksiyonla taşınan enerji ihmal edilebilecek kadar azdır. Jeotermal rezervuarların ömrünü doğal beslenme ve depolanmış ısı enerjisi belirlemektedir. Birçok jeotermal sistemin doğal beslenmesi, üretim miktarının çok altındadır. Depolanmış ısı enerjisi rezervuar potansiyelini belirleyen birinci faktör olmaktadır. Rezervuar jeotermal akışkan ve kayaçtan oluşur. Depolanmış ısının %90'a yakını kayaçtır[6]. Jeotermal sistemden daha fazla enerji üretmenin tek yolu vardır, bu da kayaçtaki ısı enerjisinin üretilmesidir. Üretilen ve sıcaklığı düşen suların tekrar rezervuara basılması (reenjeksiyon) kayaçtaki ısının süpürülmesi için iyi bir araçtır. Reenjeksiyon rezervuar basıncının korunması, daha çok üretim ve çevrenin korunması için zorunlu bir uygulamadır. Türkiye'nin en verimli ovaları ve bunları sulayan akarsuların bulunduğu alanlarda yer alan jeotermal sahaların çevresinde tarım, çevre ve enerji üretimini, birlikte ve sürdürülebilir kılacak planlamalara gereksinim vardır.

Kyoto protokolüne taraf olan ülkeler kendi aralarında ya da protokola taraf olmayan bir başka ülkede sera gazları emisyonunu azaltan projelere yatırım yapabilmekte veya o ülkelerdeki sera gazı emisyonunu azaltan projelerin sertifikaları, sertifikanın satın alındığı ülkenin karbon azaltım hesabına işlenmektedir. Tüm sera gazlarının atmosferde yarattıkları hasar dikkate alınarak, CO₂ eşdeğeri olarak bir karşılığı bulunmaktadır. Çevreye duyarlı firmalar kendi faaliyetleri boyunca atmosfere saldıkları CO₂ miktarını hesaplamakta (bu işlem karbon ayak izi olarak adlandırılmakta) ve sera gazı salmayan projelerin sertifikalarını satın alarak kendi faaliyetlerinden doğan olumsuz çevre etkilerini dengelemekte ve azaltmaktadırlar. Böylece, dünya çapında bir karbon pazarı oluşmuştur. Sektörlere göre atmosfere salınmayan CO₂ gazının bedeli, gönüllü pazarda 5-15 Eurocent/ton arasındadır. Karbon ticareti dünyanın en hızlı büyüyen pazarı konumundadır. Türkiye’de bazı jeotermal kaynaklı elektrik projeleri karbon ticaretinden yararlanmakta ve kurulu güçlerine göre yıllık 20.000 USD/MW civarında ek bir gelir elde edebilmektedirler. Bu projelerde çevrimden açığa çıkan NCG tesislerin yakınında kurulu CO₂ işleme tesislerine satıldığı için sıfır emisyonlu üretim yapabilmektedirler. Ancak, Türkiye’de ticari pazarı CO₂ piyasası doyma noktasındadır ve yeni projelere bu yol büyük ölçüde kapalıdır. Geline noktada jeotermal enerji sektörü için büyük bir risk kapıda beklemektedir. Şu anki gönüllü pazar fiyatları ile kurulu güç için 20.000 USD/MW olan karbon geliri, kaybedileceği gibi çok yüksek CO₂ emisyonları nedeniyle, karbon emisyonlarını dengelemek için, birim üretim başına kömür santrallerinin 3-4 katı miktarda karbon sertifikası satın almak zorunda kalacaklardır. Türkiye’nin karbon azaltımını taahhüt etmesiyle, ülke içindeki karbon sertifikası fiyatlarının çok daha yükseleceği düşünülmektedir. Bu senaryonun gerçekleşmesi, Türkiye jeotermal endüstrisi için büyük bir darbe olacaktır.

Kondanse olmayan gazlar buhar tübinleri ve binary santral tiplerinde üretim kaybına neden olmaktadır. Buhar türbinlerinde NCG kısmi basıncı nedeniyle, türbin çıkışında ilave bir basınç oluşmakta ve türbin gücü düşmektedir. Buhar türbin çıkışlarında ejekter veya kompresörle NCG alınmaktadır. Bu işlem için %20 civarında güç kaybına neden olmaktadır. Binary santrallerde eşanjörlerde geniş hacim kaplayan NCG’ler, eşanjör veriminin düşmesine ve güç kaybına neden olmaktadır. Artan NCG oranı ile birlikte, buhar türbinlerinde güç kaybı, binary santrallere göre daha fazla olabilmektedir. Daha düşük verimle çalışan üniteler olmalarına rağmen binary santraller bazı koşullarda buhar türbinlerinden daha fazla net güç üretebilmektedir. Bu durum yüksek oranda NCG’ye sahip Türkiye jeotermal sahalarında yatırımcıların dikkate alması gereken bir başka önemli faktördür.

KAYNAKLAR

- [1] SERPEN, U., AKSOY, N., ONGUR, T., KORKMAZ, E. D., “Geothermal Energy in Turkey: 2008 Update”. Geothermics 38, 227–237, 2009.
- [2] EÜAŞ, “Elektrik Üretimi Sektör Raporu”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011.
- [3] GURBUZ, C., SERPEN, U., ONGUR, T., AKSOY, N., DINCER, C., “Tracing Rejected Waters by Seismic Monitoring”, Proceedings in: Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 31 - February 2, 2011.
- [4] BOLTON, R.S., “Management of a Geothermal Field”, In Geothermal Energy- Review of Research and Development, (Armstead, H.C.H., Ed.) UNESCO, Paris, pp. 175-184, 1973.
- [5] WHITE, D.E., WILLIAMS, D.L., (Eds.), “Assessment of Geothermal of the United States-1975. U.S. Geol. Survey Circular”, 726, 155pp, 1975.
- [6] MUFFLER, P., CATALDI, R., “Methods for Regional Assessment of Geothermal Resources”, Geothermics 7, 53-89, 1978.
- [7] AGE, “Geothermal lexicon for Resources and Reserves Definition and Reporting”, Australian Geothermal Energy Group, 105 pp, 2008.
- [8] GRANT, M.A., “Geothermal Resource Proving Criteria.” Proceedings World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, 2000.
- [9] STEFANSSON, V., “World Geothermal Assessment”, Proceedings, World Geothermal Congress paper 00101, 2005,.
- [10] BLOOMFIELD, K.K., MOORE, J.N., and NEILSON, R.N., “Geothermal Energy Reduces Greenhouse Gases”. Geothermal Resources Council Bulletin 32, 77-79, 2003.

- [11]BERTANI, R., Thain, I. Geothermal power generating plant CO2 emission survey. IGA News 49, 1–3, 2002.
- [12]SERPEN, U., AKSOY, N., “Reinjection Experience in Gonen Field of Turkey”. Proceedings in: Twenty-Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 26-28, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Niyazi AKSOY

1984 yılında İTÜ Petrol Mühendisliği Bölümünü tamamladı. 1984–1995 arasında MTA Genel Müdürlüğü jeotermal projelerinde sondaj ve test mühendisi olarak görev yaptı. 2001 yılında DEÜ Uygulamalı Jeoloji ABD'den doktora derecesi aldı. Halen DEÜ'de Doçent olarak görev yapmakta olup, jeotermal enerji projelerinde sondaj, test, saha yönetimi konularında danışmanlık yapmaktadır.