

ÜLKEMİZDE JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMALARININ GÜNCEL DURUMU

The Current State Of Geothermal Energy Research And Applications In Turkey

Umran SERPEN
Hilal KIVANÇ ATEŞ

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle ülkemizdeki jeotermal enerjinin çağdaş bilim, teknoloji çerçevesinde bugünkü ve gelecekteki durumu incelenmekte; bunu takiben Türkiye'deki jeotermal enerji temel ve uygulamalı araştırma ile uygulama konuları araştırılarak çalışılmakta ve sonunda tartışılarak sonuçları sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, bilimsel araştırma ve teknoloji

ABSTRACT

In this study, first of all actual and future state of geothermal energy in our country is examined within context of science and technology. Afterwards basic and applied research and application subjects for geothermal energy in Turkey are explored, studied and finally after discussion the results are reported.

Key Words: Geothermal energy, scientific research and technology.

1. GİRİŞ

Yurdumuz jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyanın şanslı ülkelerinden biri sayılabilir. Ülkemizde MTA tarafından yapılan araştırmalarla belirlenen yaklaşık 1300 adet termal kaynak bulunduğu, bunlardan 625 adet sıcak su kaynağının jeolojik ve hidrojeolojik incelenmesinin yapıldığı belirtilmektedir [1]. Ülkemizde jeotermal enerji binlerce yıldan beri kaplıcalarda kullanılmış ve kültürümüzün bir parçası kabul edilmesine rağmen, endüstriyel anlamda yaşamımıza girmesi 1960'lı yılların başından itibaren olmuştur. Başlangıçtaki hızlı bir arama aşamasının ardından, 1984 yılında bir elektrik santrali kurulmasını takiben, bir duraklama dönemine girmiş ve 2000'li yılların başlangıç döneminde bir özel sektör santralının kurulumu yanında, Jeotermal Enerji ve Elektrik Piyasası yasalarının kabulü sonrası çok büyük bir ivme kazanarak, bugünkü durumuna erişmiştir. Yukarıdaki gelişmelerden bağımsız olarak ta, 1980'li yılların ortalarından itibaren doğrudan kullanım dalında seracılık yanında, jeotermal kaynağa dayalı 20'den fazla büyük ölçekli merkezi ısıtma sistemi kurulmuştur.

Kısaca özeti yapılan bu geçen 50 yıllık periyod içinde Devlet kurumları [2], Üniversiteler, Özel Sektör içindeki gelişmeler çerçevesindeki süreçlerde bazı araştırmalar, özellikle üniversitelerimizde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaları düşük ve orta entalpili yeraltındaki kaynağa yönelik ve yeryüzü tesisleri olmak üzere çeşitli alanlarda değerlendirmek gerekir. Bu arada, petrol ve makine mühendisliği alanlarındaki eski ve yeni teknolojilerin jeotermal enerji sektörüne aktarmaya önayak olunmuştur.

Jeotermal açıdan büyük güçlere erişen elektrik santral uygulamaları daha parlak bir görüntü vermesine rağmen, özellikle yeraltı ve rezervuar çalışmalarının yetersiz kalması dolayısıyla, kurulan büyük kapasiteli santraller ve bunların zayıf gerçekleşen güncel üretimleriyle dikkat çekmektedir.

Başlangıçta düzensiz ve projersiz kurulan merkezi ısıtma sistemleri daha sonra yapılan teknolojik yatırımlarla kısmen düzeltilmiştir; ancak, yanlış kurgulanan boru hatlarının düzeltilmesi çok zordur.

Yapılan çalışmalar çeşitli ulusal ve uluslararası toplantı ve dergi platformlarında bildiri veya makale olarak yayınlanmıştır. Bunların yurtdışında yayınlanan önemli bir kısmı gerçek bir araştırma çalışması olmayıp, sahalarda yapılan uygulamaları veya Türkiye'deki jeotermal enerji durumunu yansıtan çoğu istatistiki bilgiler veren metinlerdir. Öte yandan, ülkemizde jeotermal enerji konusunda sürekliliği olan atölye çalışmaları ve periyodikler yok denebilir.

Bu çalışmada ülkemizdeki jeotermal enerjinin durumunu yukarıda özet olarak yansıtan çeşitli konular detaylı bir şekilde incelenecek, tartışılacak ve sonuçları sunulacaktır.

2. JEOTERMAL ENERJİ: ÇAĞDAŞ BİLİM, TEKNOLOJİ VE GELECEK

Ülkemizde jeotermal enerji uygulamalarının çağdaş bilime uygun olarak işletildiğini öne sürmek zordur. Teknoloji ise ithal edildiği için bize ait olduğunu söylemek doğru değildir. Bu çerçeveden bakıldığında gelecek pek te umut vermemektedir. Bu durum, hazırlanan bu çalışmada aşağıdaki başlıklar üzerinden incelenecektir.

a. Araştırma Kurumları.

Jeotermal enerji araştırmaları genelde üniversitelerimiz ve bunların bünyesinde kurulan merkezler, enstitüler ve laboratuvarlarda yapılmaktadır. Örneğin, İTÜ Enerji Enstitüsü'nde Jeotermal enerji bir bölümdür. Geçmişte MTA Genel Müdürlüğü'nde bir Enstitü idi ve bu tür araştırmalar orada başlamıştı. Ancak, MTA Yasası'nda 1980'lerde yapılan bir değişiklikle MTA bu işlevini kaybetmiştir.

Üniversitelerde araştırma esaslı olarak takip eden DEÜ, Hacettepe, İTÜ ve ODTÜ gibi 4 önemli üniversitesinde yapılmaktadır. Bunlara zaman zaman katılan İYTE, Ankara, Kocaeli, Boğaziçi-Kandilli ve İÜ gibi üniversiteler de vardır. Ayrıca, Tablo 1'de görülen "jeotermal araştırma merkezleri" bulunmaktadır. Balıkesir üniversitesine bağlı Gönen'de de bir araştırma merkezi varlığı biliniyordu ancak, bu üniversite bölündükten sonraki akıbeti bilinmemektedir. Bunların dışında ODTÜ Petrol Mühendisliği'ne bağlı bir petrol laboratuvarı ve TPAO'nun araştırma laboratuvarları bulunmaktadır. Ayrıca, İÜ Çapa Tıp Fak. 'de Hidroklimatoloji bölümünde laboratuvar imkânları bulunmakta ve kaplıca sularının sağlık üzerinde etkisi incelenerek bu konuda araştırma yapılmaktadır.

Tablo 1. Üniversitelerdeki Jeotermal Enerji Merkezleri

Sıra	Merkez Adı
1	Pamukkale Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi
2	Dokuz Eylül Üniversitesi JENARUM-Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi
3	Adnan Menderes Üniversitesi ADÜTEM- Jeotermal Enerji Uygulama ve Araştırma Merkezi
4	Afyon Kocatepe Üniversitesi JUAM- Jeotermal-Mineralli Sular ve Maden Kaynakları Uyg. ve Araş. Merkezi
5	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü JEOMER- Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi
6	Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi

b. Uluslararası organizasyonlar, bilimsel toplantılar.

Ülkemizde uluslararası toplantılar genelde yabancı kurumlar (IGA, EU) tarafından organize edilmektedir. Bunlardan en önemlisi 2005 yılında gerçekleştirilen “Dünya Jeotermal Kongresi, WGC2005” tir. Bunun dışında Avrupa Birliği Çerçeve Programlarına ait bazı projeler üzerinden, özellikle İzmir’de düzenlenen toplantılar bulunmaktadır [3]. Ancak, bunların amaçları net değil ve bu projeler için düzenlemeleri gereken toplantıları, Türkiye’nin jeotermal potansiyelinin adını kullanarak, yaptıkları anlaşılmaktadır. Bunların hiçbir araştırma amaçları yoktur. Daha çok bazı Avrupalı firmaların ülkemize mal satmak ve bu projeler için aldıkları paraları zorunlu oldukları için harcamak amacıyla bu toplantılar düzenlenmektedir. Bunların bilimsel amaçları ve ülkemizdeki jeotermal endüstriye bir katkıları maalesef yoktur.

Daha da kötüsü, bu tür toplantıları TÜBİTAK’ı da ortak ederek [4], Türkiye’de ve yurtdışında gerçekleştirilen bildiğimiz birkaç toplantı vardır. Bunlar da, özellikle Alman firmaların ülkemizi Pazar olarak kullanma amaçlı yaptıkları organizasyonlardır.

Anadolu’da bazı üniversitelerde, bir etkinlik düzenleme amaçlı olduğu sanılan, jeotermal enerji konulu düzenlenen toplantılar (Afyon Dumlupınar Ü.de olduğu gibi) gerçekleştirilmiştir. Bazen de yerel yönetim, MTA, DSİ, İller Bankası gibi kurumlarla birlikte bazı Üniversiteler bir araya gelerek Simav Jeotermal Çalıştayı düzenlemişlerdir [5]. Bunların yanında, her iki yılda bir düzenlenen Petrol ve Doğalgaz Kongresi’nde açılan jeotermal enerji konulu oturumlar bulunmaktadır. Ayrıca, İÜ Çapa Tıp Fak. Hidroklimatoloji bölümünün organize ettiği ve sürekliliği olan toplantılar da bulunmaktadır.

Jeotermal enerji konulu en derli toplu ve içeriği en zengin olan toplantı Tesisat Kongresi içinde bu yıl 9.’su düzenlenecek olan “Jeotermal Enerji Semineri”dir.

c. Temel ve uygulamalı araştırmalar.

Temel araştırma olarak ODTÜ’de doktora tezi olarak su içinde çözünmüş CO₂’in davranışını modelleyen bir çalışma mevcuttur. Orijinal olmamakla birlikte, laboratuvarda gerçekleştirilen ve daha önceki yapılan birkaç çalışmayla benzer sonuçlar elde eden bir çalışmadır. Uygulamalı araştırma olarak sondaj sepiolit çamuru ve sifıra yakın permeabiliteli casing çimentosu konusunda İTÜ’de tasarlanan ve TPAO Araştırma Laboratuvarların işbirliği ile gerçekleştirilen çalışmalar mevcuttur. Bunun yanında, casing çimentolarında kullanmak üzere bazı özel çimento kompozisyonlarının ısı iletkenliği İTÜ-İYTE işbirliğiyle İYTE Laboratuvarlarında çalışılmıştır.

d. Doğrudan kullanımda en yeni (cutting-edge) uygulamalar.

Doğrudan kullanımda merkezi ısıtma sistemlerinde verimliliğini arttırmak amacıyla, Balçova ve Afjet’te ısı ölçer ve sistem otomasyon kullanımı aynı kaynakla daha fazla aboneye hizmet imkânı sağlamıştır.

e. Dolaylı (indirek) kullanımda en yeni (cutting-edge) uygulamalar.

Jeotermal sahalarındaki basınç düşümleri dolayısıyla, üretimleri sabit tutabilmek amaçlı şaftlı ve ESP pompaların kullanılması ve bazı sahalarda kurulan tüm kuyularda uygulanan bu sistem, pompa basıncı altında CO₂’in ayrışmasını engellediği için, inhibitör kullanımı ve reenjeksiyon pompası kullanımı gereksinimlerini ortadan kaldırması dolayısıyla, ülkemiz uygulamalarında önemli bir yeniliktir.

3. TÜRKİYE’DE JEOTERMAL ENERJİ TEMEL VE UYGULAMALI ARAŞTIRMALAR, UYGULAMALAR.

Jeotermal açıdan büyük güçlere erişen elektrik santral uygulamaları daha parlak bir görüntü vermesine rağmen, özellikle yeraltı ve rezervuar çalışmalarının yetersiz kalması dolayısıyla, kurulan büyük kapasiteli santraller ve bunların yetersiz gerçekleşen güncel üretimleriyle dikkat çekmektedir.

a. *Jeotermal Enerji Araştırmaları.*

a1. *Araştırma Kurumları ve araştırma olanakları*

Araştırma kurumları olarak bir önceki bölümde adı geçen Üniversiteler, onlara bağlı laboratuvarlar ve araştırma merkezleri bulunmaktadır. Tüm araştırma kurumlarında sınırlı laboratuvar imkânları bulunmaktadır. Araştırma merkezlerinde ise, bunlar da yoktur. Araştırma merkezlerinin araştırmacı bilim adamı kadroları da yoktur. Bu nedenle, bu merkezlerde yapılan araştırma yok gibidir. Aslında, bir araştırma yapılıyorsa da, bunlar daha çok bilgisayar modelleme çalışmalarıdır.

- Alanda çalışan bilim insanları
 - Öğretim üye ve elemanları bu çalışmaları yürütmektedirler.
 - Lisansüstü eğitim potansiyeli
- Önceki bölümde adı geçen Üniversitelerin jeotermal enerjiyle ilgili bölümleriyle (petrol, yerbilimleri ve makina) bazı enstitü (İTÜ enerji enstitüsü) ve bazı araştırma merkezlerinde (Jenarum) bu tür eğitim yapılmaktadır.

a2. *Ulusal ve Uluslararası yayınlar*

- Ulusal ve Uluslararası periyodikler.
- Ulusal periyodik olarak çok eskiden beri varolan prestijli MTA dergisinden bahsedilebilir. Bunun yanında, Termodinamik ve Petrol (son zamanlarda yayını durdu) dergileri söz konusu olabilir. Bunun dışında, düzenlenen atölye çalışmaları, seminer ve sempozyumların kitapçıklarında yayınlanan çalışmalar bulunmaktadır.

Uluslararası periyodiklerin en önemlisi Geothermics dergisidir. Bunun yanında jeokimya, yerbilimi, makina ve enerji konularında yayın yapan değişik dergiler bulunmaktadır. Jeotermal enerji alanında uzun yıllardır her yıl düzenlenen Stanford Workshop, NZ Workshop gibi atölye çalışmaları ile GRC Kongreleri ve 5 yılda bir düzenlenen Dünya Jeotermal Kongresi (WGC) bulunmaktadır. Bu etkinliklerin her biri yayınlarını kitapçıklar (proceedings) halinde endüstriye sunmaktadırlar.

a3. *Ulusal Jeotermal Enerji Uygulamaları*

- Jeotermal Enerji Sahaları

Türkiye’de 64 adet jeotermal enerji santrali [6], 20’den fazla merkezi ısıtma sistemi, yine 20’den fazla büyük sera işletmesi ve çok sayıda jeotermal kaynaktan beslenen turizm tesisi bulunmaktadır. Tüm bu işletmeler birbirleriyle ilişkili olarak belli jeotermal kaynaklardan besleniyorlar. Bu işletmelerin önemli bir kısmı Ege Bölgesi’nde bulunmaktadır. Sıcaklıklarına bağlı olarak bazıları sadece elektrik, bazıları merkezi ısıtmaya tahsis edilmişlerdir. Sıcaklıkları daha düşük olan birtakımı da hem merkezi ısıtma hem seracılık ve hem de turizm amacıyla kullanılmaktadır.

- Tanımlanmış sahalar

BMenderes ve Gediz Graben’lerinde bulunan ve MTA tarafından sınırları cetvel ile çizilen çok sayıda jeotermal ruhsatın daha az sayıda tanımlanmış jeotermal kaynaktan türetildiği gerçeği görmezlikten gelinmektedir. Örnek olarak, Yılmazköy-İmamköy (Umurlu-Serçeköy), Salavatlı-Sultanhisar ve Kızıldere-Tekkehamam ile etrafındaki 3 ruhsat yanında, Kavaklıdere ile etrafındaki Mevlutlu ve diğer ruhsatlarla Kurşunlu kaynakları civarındaki ruhsatlar gösterilebilir. Dominco ve Şamilgil, (1970) bildirisinde Kızıldere jeotermal kaynağının civardaki Pamukkale’ye (Yenice, Gölemezli, vb) kadar olan tüm kaynakların orijinin aynı olduğunu iddia etmiş ve jeokimyasal kanıtlarını sunmuştur [7]. Aynı kaynak üzerine çeşitli ruhsatların verilmesi ve hepsinin aynı kaynaktan üretim yapması, ruhsat sahipleri arasında sorun yaratma yanında, jeotermal kaynağın aşırı üretim nedeniyle çabuk tükenmesine sebep olabilir.

- Saha geliştirmeleri

Ülkemizde jeotermal enerjiden elektrik enerjisi elde edilmesinde son yıllardaki çok hızlı gelişim yeni sahaların devreye alınmasından çok, aynı sahalarda gerçekleştirilen geliştirmelerle olmuştur. Bu bakımdan, saha geliştirme konusu son derece kritik olup, kaynakların bütünleşik (integre) bir yöntemle sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini tehlikeye sokabilir. Bu durum özellikle B. Menderes Grabeninin iki ucundaki Germencik ve Kızıldere ile ortasındaki Pamukören yörelerindeki aşırı gelişmelerde kendini göstermektedir. Buralardaki gelişmeler, dünyada bilinen büyük jeotermal kaynakların üretimleriyle boy ölçüşür seviyelere gelmiştir. Bunların sağlıklı olup, olmadığı, ne devlet katında, ne de üniversite ortamlarında bilimsel olarak tartışılmamış ve herhangi bir kurum tarafından da denetlenmemiştir.

- Uygulamalar

- Doğrudan kullanım uygulamaları

Ülkemizde jeotermal enerjinin doğrudan kullanım uygulamaları sağlık turizmi, merkezi ısıtma ve seracılık gibi 3 ana dalda gerçekleştirilmektedir. Takip eden bölümde bu uygulamaların tarihçesi hakkında bilgi sunulmaktadır

Türkiye jeotermal enerjinin bir dışavurumu olan kaplıcalar açısından çok zengin bir ülkedir. Kaplıcalar gibi doğal kaynaklarımız yüzyıllardır Anadolu insanı tarafından şifa bulmak için kullanılmaktadır. Aslında bu kaplıcalar ve içmeler, Anadolu'da yaşamış eski Yunan'lılardan başlayarak Roma ve Osmanlı egemenlikleri sırasında da insanlar tarafından şifa amaçlı olarak yoğun bir biçimde kullanılmışlardır. Örnek olarak İzmir Balçova'da Agamemnun, Bergama'da Kleopatra Kaplıcası'nı ve Bursa Çekirge'deki Osmanlılar'dan kalan kaplıca, Pamukkale'nin yanında kurulan antik şehri gösterebiliriz. Termal turizm açısından en gelişmiş bölge Afyon İli'nin Ömer-Göcek Kaplıca sularının kullanıldığı yöreye yapılan otellerdir. Bunun yanında, Gönen, Simav, Salihli-Kurşunlu, Bursa-Çekirge, Kükürtlü ve Yalova gibi yerler şifa arayan toplum için çekiciliğini korumaktadır. Bunların dışında ülkemizde çok sayıda irili ufaklı kaplıca bulunması 625 adet sıcak su çıkışı [1] tespit edilen ülkemiz için normaldir.

Türkiye'de jeotermal enerji kullanımı, konut ısıtma sistemleriyle (doğrudan) uygulama alanı bulmuştur. Bu uygulama 1980'li yılların ortasında Gönen ile başlamıştır. 2000 yılına gelindiğinde Afyon, Balçova, Simav, Kırşehir yanında Kızılcahamam, Kozaklı, Narlıdere ve Sandıklı'nın da ilavesiyle 350 MW'te çıkmıştır [8]. Şimdilerde işletmeye alınan irili ufaklı sistemlerin sayısı 38 adet olup 80000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır.

Seracılıkta endüstriyel anlamda jeotermal enerji kullanımı İzmir-Dikili'de başlamış, gelişmiş ve Simav, Denizli ve Salihli-Manisa ve Aydın olmak üzere Ege Bölgesinde yaygınlaşmıştır. Ege Bölgesi dışında, son yıllarda Yozgat, Adıyaman'daki petrol sahalarından üretilen sıcak sular, Urfa-Harran ovasında, Ağrı-Diyadin ve Van İl'indeki jeotermal kaynaklardan çıkan sularla seracılık yapılmaya başlanmıştır. Ülkemizde 2013 yılında jeotermal enerji kaynaklı sera ısıtma sistemleri Tablo 2'de sunulmaktadır.

• Dolaylı kullanım uygulamaları

Türkiye'nin jeotermal enerjiyle ilişkisi 1963 yılında İzmir Balçova'da yaptığı sondaj ile başlamıştır. O yıllarda UNDP ve MTA'nın ortak projesi olarak geliştirilen Kızıldere jeotermal sahasında bugün bir elektrik santrali bulunmaktadır. Yetmişli yıllarda MTA jeotermal kaynaklar konusundaki aramalarına yalnız devam ederek, en önemlisi Germencik olmak üzere birçok hidrotermal kaynağı ortaya çıkarmıştır.

1984 yılında bir elektrik santrali kurulmasını takiben, jeotermal enerji arama çalışmaları bir duraklama dönemine girmiş ve 2006 yılında Salavatlı'da bir özel sektör binary santralının kurulumu yanında, bir başka yatırımcı 2009 yılında ikinci jeotermal santrali (buhar) kurmuştur. Jeotermal Enerji ve Elektrik Piyasası yasalarının kabulü sonrası, doğrudan olmayan yatırımlar çok büyük bir ivme kazanarak, bugünkü 1380 MWe erişmiştir [6].

Ancak, jeotermal açıdan büyük güçlere erişen elektrik santral uygulamaları daha parlak bir görüntü vermesine rağmen, özellikle yeraltı ve rezervuar çalışmalarının yetersiz kalması dolayısıyla, kurulan büyük kapasiteli santraller ve bunların zayıf gerçekleşen güncel üretimleriyle dikkat çekmektedir.

Tablo 2. Jeotermal Kaynaklı Sera Isıtma yerleri, alanları ve güçleri.

Yer	Sera alanı (m ²)	Tahmini güç (MWt)
Afyon	50000	9.80
Afyon-Sandıklı	81475	15.97
Ağrı-Diyadin	2000	0.4
Ankara-Kızılcahamam	500	0.1
Aydın-Gümüşköy-	134000	19.87
Germencik-Sultanhisar		
Denizli-Gölemeli	110000	21.56
Denizli-Yenicekent	53400	29.94
Denizli-Sarayköy	152740	29.94
İzmir-Balçova	17000	3.33
İzmir-Bergama	80000	18.68
İzmir-Dikili	880000	172.48
Kırşehir-Mahmutlu	100000	19.6
Kütahya-Simav-Eynal	310000	60.76
Manisa-Salihli	250000	49
Nevşehir-Kozaklı	67000	13.13
Urfa-Karaali	424000	33.32
Yozgat-Sarıkaya	97415	9.29
Yozgat-Sorgun	47391	2
Yozgat-Yerköy	10200	11.16
Yozgat-Boğazlıyan	56916	11.16
TOPLAM	2,924,037.00	506.7

a4. Endüstri Platformu

Endüstriyel açıdan bakılınca, ülkemiz artık jeotermal santrallerle dolmuştur (64 kadar). Bazı türbin-jeneratör gibi ana elemanları, verilen bol teşvik nedeniyle, yerel olarak üretilmesine rağmen, bunlar çoğunlukla montaj ağırlıklıdır. Bunların tasarımları ve malzeme metalürjisi knowhow'ları herbiri farklı türbin (eksenel, radyal inflow ve outflow tipleri) üreten yabancı firmaların tekelindedir. Bu türbin ve diğer santral elemanlarının ülkemizde montaj yoluyla yapılmasının endüstriyel olarak Türkiye'ye bir yararı yoktur. Ülkemizde yeteri kadar ve hatta fazla sayıda santral olmuştur. Bundan sonra üretilecek bu türbinleri ihraç potansiyelimiz varlığı konusuna endüstrinin bir yanıt vermesi gereklidir. Bunları pazarlayacak imalatçılar neden kendi mallarını değil de ülkemiz markası altında satsınlar? Bu soruların yanıtı bu tür bir endüstriyel gelişimin (tıpkı Diyarbakır'da 1970'lerde üretilmeye başlanan su türbinleri gibi) kadük olacağı yönündedir. Montajları yapılan jeotermal türbinlerin 3 farklı tip olması da bir dezavantajdır. Bunun dışında, ülkemizde yapılmaya başlanan aşağıdaki donanımlar giderek önem kazanmaktadır:

- Isı değiştiricileri (preheater, evaporator, vb.) başarılıdır ve bunların ihraç potansiyeli her zaman olabilir.
- ORC içindeki ve BOP'de kullanılan borular ülkemizde üretilmektedir. Bunların da ihracat potansiyeli vardır ve yapılmaktadır da.
- Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan izolasyonlu borular da yıllardır ülkemizde üretilmekte ve hatta ihraç ta edilmektedir. Ülkemizde şimdilerde bulunan 4 ana firma yurtdışındaki imalatları için bunları kullanabilirler.
- Sıcak su ve atık su (renejeksiyon) pompaları yatay ve düşey olarak ülkemizde imal edilmektedir.
- Giderek belki de kuyularımızın %70'inden fazlasında kullanılacak kuyu içi pompaların şaftlı tipleri ülkemizde 20 yıldan fazladır imal edilmekle beraber, imalatçıların kendi iç dinamikleri dolayısıyla bugünlerde ilgileri azalmıştır. Devletin bu sektöre teşvik vermesinde hem santral ekonomisi hem de ülke ekonomisi açısından yararlı olacaktır.

- Tasarım

Bu konuda santral elemanı ve sistem tasarımı yok denecek kadar azdır. Isı değiştiricilerinin tasarımı ve imalatı yerel olarak yapılabilir görünmektedir ve bunun örnekleri de mevcuttur. Öte yandan, jeotermal kaynaklı merkezi ısıtma ve seraların tasarım ve imalatının tamamen yerli olarak yapmak mümkündür.

Jeotermal santrallerin en kritik elemanı olan türbinler de ülkemizde tasarlanabilir. Bu tür tasarımlar üzerinde CFD kullanarak, çalışan üniversite öğretim üyeleri bulunmaktadır. Yerli türbin tasarlama, bu elemanların bulunduğu üniversitelerin desteklenmesiyle sağlanabilir.

Santrallerin BOP otomasyonu ülkemiz şirketleri tarafından yapılabilmektedir. Eğer desteklenirlerse, ORC sistem otomasyonunu da yapabilirler.

- Bileşen- Sistem Üretimi

Jeotermal enerjiden verimli elektrik üretimi “Kaynak-Santral” ilişkisinin doğru kurgulanması ve tasarlanmasından geçiyor. Ülkemiz kaynakları çoğunluğu orta entalpi sınıfında olan jeotermal oluşumlardır. Entalpisi yüksek sahası olan birkaç işletmemiz bulunmaktadır [6]. Buralara kurulan santrallerin jeotermal kaynağı tam verimli işletme konusu tartışılmış [9], [10] ve “bottoming-binary” ve kombine-santral önerileri yapılmıştır. Son kurulan santrallerin “bottoming binary” tipi olması, kaynak kullanımı açısından yararlı olmuştur.

a5. Kullanıcı Platformu

Kullanıcı açısından bakıldığında elektrik santral performansları, eğer ısı kaynağı tasarlandığı gibi sağlanırsa, yeterli görünmektedir. Üretim debisi ve basınçlarının düşmesi gibi saha sorunları nedeniyle, performans düşüklüğü ülkemizde yoğun bir şekilde yaşanmaktadır. Bunu, kurulu gücün ancak %60'ının üretilmesinden anlaşılmaktadır. Bunun nedeni, mevcut sahaların önemli bir kısmının yeterli ısı kaynağını sağlayamamasıdır.

- Performans

Jeotermal ısı kaynağı girdisi dışında kalan santrallerin performansını yaptığımız çalışmalarla belirlenebilmekte ve sorunlar teşhis edilebilmektedir. Bunlar genelde ısı değiştiricilerinde oluşan çökme ve havayla çalışan kondenserlerin yetersiz kalmalarından kaynaklanmaktadır. İthal edilen santrallerin orijinal olarak proseslerinde sahip olmadıkları bazı enstrümanları koyarak bu sorunların yerlerini teşhis etmemiz mümkün olmaktadır. Bunun yanında, bu santrallerin verimini artırma yönünde yapılan VFD kullanımı ve ek eşanjörlerin (recuperators) yerleştirilmesi yararlı olmaktadır. Ayrıca, yapılan performans değerlendirmelerinde de ısı değiştiricilerindeki çökelmeleri teşhis edilebilmektedir.

- Saha sorunları

Saha sorunları daha çok yanlış tasarım kurgulamalarından kaynaklanmaktadır. Genelde, kuyuların bireysel üretimlerinin toplamı, toplu üretim miktarının epeyce altında olabilmektedir. Bunun yanında, teşviklere yetişebilmek ve bir an önce nakit akışı sağlayabilmek amacıyla, santraller bir ve/veya iki kuyu performansına göre sipariş edilmektedir. Yapılacak kuyu performanslarının beklentileri karşılamaması durumunda hem santral, hem de BOP performansında sorunlar yaşayabilmektedir.

Sahanın bulunduğu topoğrafyanın doğru değerlendirilmemesi sonucunda akışkanların uzak ve aşırı yüksek kotlara pompalanması, üretilen gücün önemli bir kısmının bu işlere sarf edilmesi dolayısıyla, işletmenin kaybı ve bu arazide yapılan aşırı hafriyat nedeniyle, yatırımın artması da proje fizibilitesini olumsuz etkilemektedir. Bunun yanında, performansları farklı ve gelecekte böyle olma potansiyelleri olan kuyuların birkaçının aynı separatöre bağlanması, zamanla bunların birbirlerini etkileyerek devre dışı bırakmasına da neden olmaktadır. Ayrıca, farklı basınçlarla ORC'a gelen buharların aynı buhar eşanjörüne bağlanamaması sorunu da önceden düşünülerek santraldaki farklı proses düzenlemeleriyle çözümlenmelidir. Yüksek entalpili ve yüksek CO₂ içeren sahalar kurulan buhar santrallerinin ürettikleri gücün önemli bir kısmı kondansörde biriken gazın atılması için harcanmaktadır.

Büyük sahalarımızda yüksek kapasiteli santrallerin kurulması ekonomik açıdan anlamlı olabilir. Ancak, yapılan çok sayıdaki kuyunun santrale bağlanması için uzun boru hatlarının kullanılması tarım havzası olan B. Menderes ve Gediz Graben'lerinde yaşayanları rahatsız etmektedir. Öte yandan, modüler gelişim yaklaşımının seçimi, santrale çok sayıda kuyu bağlanmasını engellediği gibi, belli bir güç ile kurulan santralin üretimine rezervuarın tepkisini izleme fırsatı vermesi yanında, bu santralden elde edilen nakit akışının sonraki santralleri finanse etme olanağı sağlamaktadır.

Bazı sahalarımız dışında genelde bir korozyon sorunu yok gibi görünse de bu konuya hiç odaklanılmamaktadır. Ortaya çıktığında da, maliyeti yüksek olan bir sorundur. Konu hakkında ülkemizde bilgi birikimi sınırlı ve problem olduğunda yabancı uzmanlarla muhatap olunmakta ve onlar da doğru olmasa da, hep imalatçı firmaların lehine karar vermektedirler.

- Eğitilmiş personel

Santral performansının sürdürülebilirliğini sağlayacak personeli yetiştirecek formal bir eğitim ve öğretim sistemi ülkemizde maalesef yoktur. Bunlar iş üzerinde yapılıyor ve yetişmiş personel sık iş değiştirme imkânına sahip görünmektedir. Bu da bazı işletmeciler için sıkıntı yaratırken, diğerlerinin işini kolaylaştırmaktadır. Sonuçta yeni eleman yetişmiyor ve kaybeden firmanın kurumsal hafızası da kaybolmaktadır.

Jeotermal enerji üretimi çok disiplinli bir alan olduğu için, genelde işletmeciler yeraltı konuları için yerbilimcileri, santral ve kuyu-santral bağlantıları için makine ve elektrik mühendisleri yanında, petrol, kimya ve otomatik kontrol mühendislerini istihdam ederek işletmeyi yürütmektedir. İşletmede çalışacak mühendisleri, özellikle makine ve elektrikçileri imalatçılar belli kurslara tabi tutarak yetiştirilmektedir.

Sondaj konusunda petrol mühendisleri oldukça yetkindirler. DEÜ.'si Sondaj Meslek Yüksek Okulu'ndan yetişen sondaj teknisyenleri de çok başarılılardır. Ülkemizdeki sondaj endüstrisi de başarılı ve yatırım maliyetlerini de aşağı çekmektedir.

BOP tasarımı ve imalatı konusunda da yabancı imalatçıların da takdir ettiği, başarılı işler yapan mühendislerimiz ve bir firmamız mevcuttur. Bunlar kendi kendilerini iş üzerinde eğiten elemanlardır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ülkemizde jeotermal enerji konusunda yapılan araştırma çalışmalarını sadece temel ve uygulama bazında mercek altına almak, sağlıklı bir değerlendirme olmayabilir. Aşağıdaki disiplinler temelinde yapılan değerlendirmenin daha iyi sonuç verebileceğini düşünüyoruz.

- Yerbilimleri disiplini jeoloji, jeofizik ve jeokimya olarak kategorize edilebilir. Bu disiplinlerde yapılan çalışmalar arama odaklı olup, araştırmayla karıştırılmaktadır. Kaliteli bir jeolojik çalışma sonunda oluşturulacak bir jeolojik modeli yapmak ve özellikle jeotermal sistem modelini belirleyecek yapısal süreksizlikleri ortaya koyan jeofizik yöntemleri belirlemek, doğru yönde yapılmış arama uygulamalarıdır, ama araştırma değildir. Ama buluş içeren (innovasyon) orijinal yerbilimi çalışmaları yoktur. B. Menderes Grabeni üzerine yerbilimciler tarafından bir kollokyum [11] gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, hala bu yapının bir rift olduğunda iddia eden yerbilimciler var olup, tartışma sürmektedir. Tüm yerbilimcilere bu bakımdan ışık tutacak yayınlar sınırlı ve yetersizdir. Yerbilimleri konusunda ikinci önemli sorun, kullanılan jeokimyasal yöntemlerin volkanik ortamlar için tasarlanmış olmasıdır. Ülkemize şimdiye dek çalışılan sahalarda metamorfik birimlerle karşılaşmıştır. Bu ortamda dolaşan suların volkanizmayla değil de, çekme gerilmesi çevresinde metamorfik kayalarla etkileşim halinde olması aşikârdır. Ülkemizde yapılacak su kimyası araştırmalarının metamorfik kayalar için düzenlenmemesi ülke araştırmacıları açısından son derece büyük bir eksiklik olup araştırmacıları yanıltır. Bu tür çalışmalar evrensel bilime de katkıda bulunacaktır.

- İkinci alan mühendislik araştırma ve çalışmalarıdır. Bunlar, sondaj, rezervuar ve makine mühendisliği dallarıdır.

Sondaj teknoloji ağırlıklı bir disiplin olduğu için teknoloji konusunda ülkemiz araştırmalarının bu konuda yetersiz olacağı düşünülmektedir. Sondaj teknolojisi dışında, çamur ve çimento alanlarında İTÜ’de başarılı araştırma çalışmaları yapılmış ve yapılmaktadır. Bunların bir kısmı geçmiş Teskon Kongreleri jeotermal seminerlerinde ve uluslararası dergilerde sunulmuştur.

Rezervuar mühendisliği araştırmaları daha çok model çalışmaları üzerinden yürütülmektedir. Araştırmacılar model yapanlar ve hazır programları kullananlar olarak sınıflandırılabilir. Model yapan araştırmacı sayısı çok az ve yetersizdir. Hazır model kullananların da ne kadar başarılı sonuçlar elde ettiği konusu tartışmalıdır.

Bu alandaki en son konu santral ve merkezi ısıtma sistemlerinin proses mühendisliği ve tasarımıdır. Bunlar da bilimsel çalışmadan çok mühendislik uygulamalarıdır. Bu alanda jeotermal kaynağa uygun santral seçimi konusunda mühendislik araştırmaları sonuçları uluslararası toplantı ve dergilerde yayınlanmış (Kıvanç Ateş ve Serpen, 2016) olup, endüstriye jeotermal kaynaklara uygun santral seçimi önerilerinde bulunulmuştur.

Yukarıda tanımlanan çalışma alanlarından üretilen yayınlar, özellikle uluslararası dergi, Kongre ve Sempozyumlarda sunulanları kategorize edilirse:

- (1) ülkemizdeki jeotermal etkinlikleri ve durumu sağlıklı ve uydurma verileri sunan çok sayıda yayın, (bunlar içinde bazı dergilerde alındıktan bir gün sonra kabul edilenler vardır),
- (2) sahalarda uygulanmış, araştırma kategorisine girmeyen, yerbilimi çalışmaları,
- (3) önemli bir kısmı hazır programlarla modelleme üzerine olan rezervuar çalışmaları,
- (4) jeotermal enerji çalışmalarına katkıda bulunmayan exerji ile ilgili yayınlar ortaya çıkmaktadır.

Bir uluslararası toplantıda WGC yönetici bilimadamı, dünya jeotermal kongresine ülkemizden 90 civarında özet yollandığını ve en çok olanlardan biri olduğunu işaret etmiştir. Bu rakam dünyada bu konuda bilimsel çalışma ve teknoloji üreten ülkelerden de fazladır.

Jeotermal yasa çıktıktan sonra ülkemizde jeotermal enerji konulu birçok üniversite, resmi kurum, sivil toplum kuruluşları tarafından bireysel ve işbirliği içinde çok sayıda etkinlik ve toplantı düzenlenmiştir. Bu etkinlikler toplumu bilgilendirme ve bilinçlendirme konusunda ne kadar başarılı olmuştur bilinmemektedir. Ancak, toplumda bir gerçeklik yarattığı muhakkaktır. Eskiden ilgisiz iken, son zamanlarda toplum jeotermal enerjiye eskiye göre daha olumsuz yaklaşmaktadır.

Sonuç olarak, ülkemizden çok sayıda yayın üretilmesine rağmen bunların bilimsel ve teknolojik olarak karşılığı yok gibidir. Toplumsal ve endüstrideki hızlı gelişmeler, maalesef bilimsel ve teknoloji tarafına pek yansımamış görünüyor. Bunun nedenleri ayrıca tartışılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Erisen, B., Akkuş, I., Uygur, N., Koçak, A. (1996). Geothermal Inventory of Turkey. Printing Office of MTA, Ankara.
- [2] Çağlar, K.O., 1948. Türkiye maden suları ve kaplıcaları fasikül 2, MTA Enstitüsü Yayın Serisi.
- [3] Alman Türk Ticaret ve Sanayi Odası/Türkiye’de Jeotermal Enerji Sempozyumu 8 Aralık 2015 Swisshotel Grand Efes İzmir.
- [4] Alman TU-9 Üniversiteleri ve Tübitak MAM Sürdürülebilir Enerji” Çalıştayı, 12-14 Kasım 2008.
- [5] MTA, DSİ, İllerbankası DEÜ., Dumlupınar, Anadolu Ü., Simav Jeotermal Çalıştayı, 3-4 Temmuz 2010.
- [6] Aksoy, N., 2019. Türkiye’de Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi, 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 17-20 Nisan 2019/İzmir.
- [7] Dominco, E. and Şamılgıl, E., 1970. Geochemistry of the Kızıldere Geothermal Field, in the Framework of the Sarayköy-Denizli Geothermal Area, UN Symposium on Development and Utilization of Geothermal Resources, Vol. 2, Part 1, Pisa.
- [8] Serpen, U., 1999. Jeotermal Enerji, Türkiye Petrol Mühendisleri Odası.

- [9] Kaplan, U., and Serpen, U., 2010. Developing Geothermal Power Plants for Geothermal Fields in Western Turkey, Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia, 25-29 April.
- [10] Kıvanç Ateş, H., and Serpen, U., 2017. Power plant selection for medium to high enthalpy resources of Turkey, Energy 102 (2016) 287-301.
- [11] Menderes Masifi Kollokyumu 5-10.11.2007, DEÜ.

ÖZGEÇMİŞ

Umran SERPEN

1945 yılı İzmir doğumludur. 1967 yılında İTÜ Petrol Mühendisliği Bölümü'nden mezun olduktan sonra, 1974 yılına kadar TPAO ve MTA'da petrol ve jeotermal sahalarında çalışmıştır. 1988 yılına kadar İtalyan ELECTROCONSULT mühendislik ve danışmanlık şirketinde El Salvador, Guatemala, Meksika, Nikaragua, Kosta Rika, Arjantin, Şili, Etiyopya, Kenya, Filipinler, Rusya ve İtalya gibi ülkelerde çeşitli jeotermal projelerde danışmanlık yapmıştır. 1988 yılından itibaren öğretim görevlisi olarak hizmet verdiği İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü'nde 2010 yılında Doçent ünvanı aldıktan kısa bir süre sonra emekli olmuştur. Daha sonra NTU jeotermal Danışmanlık şirketini kurmuş ve ülkemizdeki değişik projelerin geliştirilmesinde çalışmıştır.

Hilal KIVANÇ ATEŞ

1983 yılı Edirne doğumludur. 2005 yılında İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. lisans programını ve 2010 yılında İTÜ Enerji Bilimi ve Teknoloji ABD yüksek lisans programını tamamlamıştır. Mezun olduktan sonra Fiogaz A.Ş firmasında yurt dışı satın alma ve proje mühendisi olarak; 2006-2012 yılları arasında Zorlu Enerji Grubu'nda kıdemli proje uzmanı olarak çalışmıştır. Halen NTU Jeotermal Danışmanlık şirketinde çalışmaktadır.