



Neden Jeotermal Enerji? Türkiye İçin Önemi, Hedefler ve Beklentiler

Petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynakları açısından dışa bağımlılığımız, ülkemiz ekonomisinin üzerindeki olumsuz yüklerin en başında gelmektedir. Bu yükün azaltılması, ancak yerli kaynaklardan daha fazla yararlanarak enerji üretilmesine bağlıdır. Son yıllarda enerji üretimi kaynaklarının çeşitlendirilmesi yaklaşımı, öz varlığımız jeotermal kaynaklara olan ilgiyi ve yatırımları artırmıştır. Jeotermal kaynaklardan yararlanılarak yapılan elektrik üretiminin yanı sıra ısıtma, sağlık ve termal turizm, tarımsal kullanımlar gibi uygulamalar yaygınlaşarak, ekonomiye anlamlı düzeyde katkı sağlamaktadırlar.

İbrahim AKKUŞ

Jeoloji Mühendisi

TMMOB JMO Bilimsel Teknik Kurul Jeotermal Üyesi

TMMOB JOM Jeotermal Kaynaklar ve
Doğal Mineralli Sular Komisyonu II. Başkanı

akkusmta@gmail.com

GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi, Dünya ölçeğinde enerjiye olan talebi her geçen gün artırmaktadır. Ülkeler hem bu talebi karşılayabilmek, hem de tükenbilir olan fosil kaynaklarının maliyetini ve çevre etkilerini de dikkate alarak, enerji politikalarını yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanımına yönelik oluşturmaya

çalışmaktadır. Doğanın kendi döngüsü içinde sürdürülebilirliğini sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji, son yıllarda ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli pay sahibi olmaya başlamıştır.

İhtiyacını yerli kaynaklarıyla karşılayamayan Türkiye, enerji sorununu yoğun biçimde yaşayan, dışa bağımlı ve enerji arzını ithal yoluyla sağlayan bir ülkedir. Dışa bağımlılık oranı da dikkate alındığında, yakın geleceğin de sorunsuz olmayacağı anlaşılmaktadır.

Ülkemizde son yıllarda yenilenebilir kaynaklara olan ilgi ve arayış, olumlu sonuçlarını vermeye başlamış, bu bağlamda jeotermal kaynaklara yapılan yatırımlar hızla artmış, kullanımları yaygınlaşmıştır. Özellikle elektrik üretimi, en hızlı büyüyen sektördür. Bununla beraber, ülkenin sahip olduğu kapasiteye ulaşılması için belirlenecek bir strateji çerçevesinde mevcut sahaların geliştirilmesi, yeni kaynakların bulunmasını sağlayacak en üst düzeyde bilgilerin üretilmesine yönelik geniş perspektifli projeler üretilmesi öncelik taşıyan bir zorunluluktur.

Jeotermal kaynaklarının önemini, günümüzdeki durumunu ve kullanımındaki gelişmelerini sunmayı amaç edinen bu çalışmanın veri tabanı, jeotermal kaynaklarla ilgili faaliyetlerin erişilebilen açık kaynaklı bilgilerine dayanmaktadır. Çalışmanın önemsenen diğer bir amacı, bu bilgiler esas alınarak, ülkenin sahip olduğu jeotermal enerji üretim kapasitesinin gelecekteki hedefine ulaşması için yapılması gereken çalışmaları vurgulamaktır.

Jeotermal Enerjinin Türkiye İçin Önemi

Enerji, toplumların vazgeçilmez bir ihtiyacı, sosyal ve ekonomik olarak gelişmesinin önemli bir aracıdır. Gelişme ve kalkınmaya bağlı olarak ülkemizde her geçen gün artan enerji ihtiyacı, yerli kaynakların yetersizliğinden dolayı ithal yoluyla karşılanmaktadır. Birbirlerini zincirleme etkileyen tüketim ve talep artışı sonucunda, toplam enerjide %72 dışa bağımlılığımızın ekonomiye getirdiği yükün her geçen yıl büyümesi, ülkemiz ekonomisinin en başta gelen sorunları arasında enerjinin yer aldığını somut bir şekilde göstermektedir. Böylesi bir durumda Ülkemiz; dışa bağımlı olmayan

enerji kaynaklarını çeşitlendirmek, geliştirmek, güçlendirmek, üretimini artırmak, kısacası maksimum faydayı üretmek zorundadır. Bu bağlamda; ülkemizin jeolojik zenginliği ve kendi öz varlığımız olan, termal kapasite büyüklüğü, yüksek verimlilik, düşük yatırım maliyeti, yenilenebilir, sürdürülebilir, düzenli, güvenli ve kaliteli, ürünün tümü tüketilen, denetimi ülke kontrolünde olması gibi özelliklere sahip jeotermal kaynaklardan enerji ihtiyacının karşılanmasında yararlanılması büyük önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra olumsuz çevre etkilerinin önlenabilir ve çok düşük seviyelerde olması, başarılı uygulamalarıyla jeotermal enerjiyi ülkemiz için önemli bir enerji kaynağı haline getirmektedir.

Türkiye’de Jeotermal Sektörün Durumu

MTA Genel Müdürlüğü’nün 1960 yılında başlattığı jeolojik araştırmalar ve uluslararası işbirliği projeleri ile sıcak ve mineralli sular envanteri yenileme çalışması, jeotermal enerji araştırmalarının başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de jeotermal aramaların en önemli aktörü olan MTA’nın araştırmalarında 1970-1980 yılları arasındaki süreç, yüksek sıcaklıklı sahaların keşfedildiği bir dönemdir. Aynı zamanda bu dönem, daha sonraki yıllarda yapılan araştırmalara ivme kazandırmanın itici gücüdür. Araştırmaların önemli bir boyut kazandığı 1990’lı yıllarda, potansiyel değerleri yüksek jeotermal kaynaklara yönelik yatırımlar cazip hale gelmiştir. Bu durumu değerlendiren özel teşebbüs ve belediyeler, enerji üretimi ve ısıtma uygulaması yatırımlarıyla süreçte bir dönüm noktası oluşturmuşlardır. Tablo 1, sektörde faaliyet gösteren kamu kurum ve kuruluşları ile yatırımcıların tüm süreci kapsayan arama, araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda oluşan son durumunu özetlemektedir.

a. Jeotermal Sahaların Dağılımı

Jeotermal alanların araştırılmasına yönelik yapılan jeolojik araştırmalarla belirlenen ve jeolojik yapıdaki çeşitlilik, beslenme ve boşalım koşulları, jeolojik unsurlar ve jeodinamik süreçlere bağlı olarak gelişen jeotermal sistemlerdeki kaynaklar, genç tektonizma ve volkanizma ile çok yakın ilişkili olarak Türkiye’nin her yanına dağılmışlardır (Şekil 1 ve 2). Başka bir ifadeyle, yerküre üzerin-

Tablo 1: Türkiye'nin jeotermal kaynak tablosu

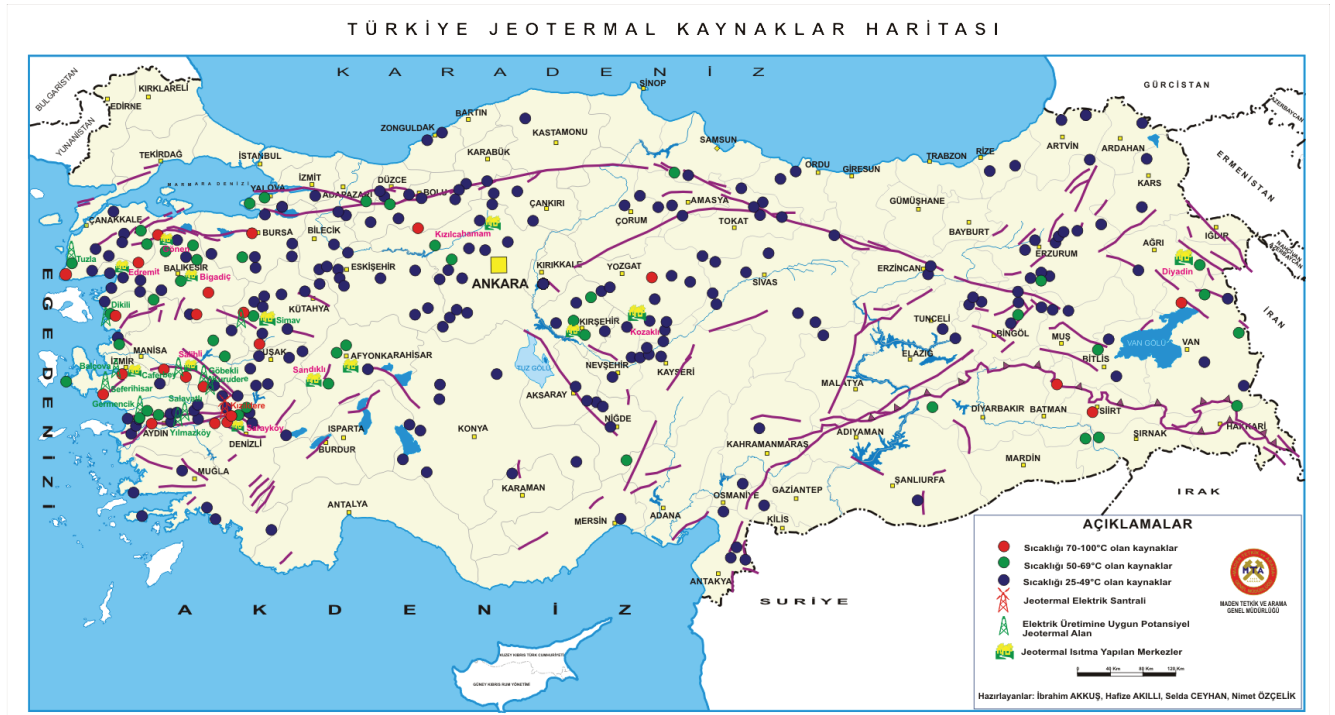
Jeotermal Kaynak Tablosu						
Jeotermal Saha	Saha sayısı Sıcaklığı ($\geq 30^{\circ}\text{C}$)				346	
Doğal çıkış	Kaynak sayısı				600	
Alan dağılımı	Yüksek / Düşük ve orta entalpili alanlar		43/303	% 12 / % 88		
	Elektrik üretimi		43	% 12		
	Isıtma / Termal kullanım		153/135	% 43 / % 45		
Potansiyel	Tahmini teorik potansiyel (MWt)				52700-62000	
	Kullanılabilir potansiyel(MWt)				17000	
Kuyu	Tahmini kuyu sayısı				2200	
Değerlendirme	Doğrudan kullanım	Saha Sayısı	Uygulama	Kurulu Güç	Miktar	
	Merkezi ısıtma	153	18	1033	116.020 K. E.	
	Termal kullanım	135		1005	400 Ad.	
	Sera ısıtması	153		820	4283 Dönüm	
	Termal tesis otel ısıtması	153		420	46.400 K. E	
	Isı pompası	?		42,8		
	Tarımsal kurutma	153	2	1,5		
	TOPLAM			3322,3	369.100 K.E	
	Elektrik Üretimi	Saha Sayısı	Uygulama	Santral	Kurulu Güç	Üretim
		43	19	39	1053	1021,73
CO ₂ Üretimi	Kapasite(ton/yıl)				240.000	

MWt: Megawatt termal

K.E: konut eşdeğeri

de aktif tektonik ve volkanik kuşaklar üzerinde yer alan, buna bağlı olarak tektonik yapısının biçimlendiği ve volkanik etkinliklerin geliştiği Ülkemizi, oldukça zengin jeotermal kaynak varlığına ve bu açıdan ekonomik potansiyele sahip hale getir-

miştir. Türkiye, yüzeye doğal olarak boşalan sıcak su kaynakları (Şekil 2 B, C) ve bazı sahalardaki fümerol çıkışlarıyla (Şekil 2 D) kaynak zenginliği bakımından dünyanın 7. ülkesidir. Sıcaklık alt sınırı 20°C olarak kabul edildiği gözetildiğinde ise,



Şekil 1: Türkiye'nin genç tektonik unsurları ve jeotermal kaynakların dağılımı (1)



Şekil 2. A) Kaynak araştırmalarında jeoloji etüdü



B) Çanakkale-Tuzla sıcak su kaynağı (103,1 °C)

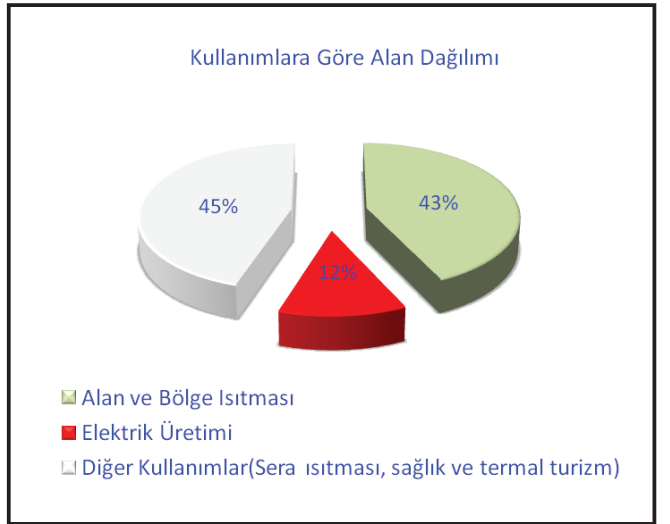


C) Kütahya-Hisarçık Sefaköy sıcak su Kaynağı (44 °C)



D) Denizli-Kızıldere sahası fümerol çıkışı

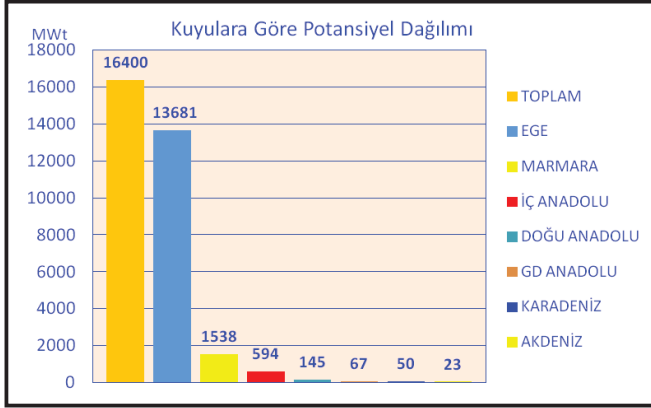
600 kaynak grubuyla Avrupa'da birinci sıradadır. Türkiye, jeotermal sistemlerde yer alan, sıcaklığı 30 °C ve üzerinde olan 346 adet jeotermal sahaya sahip bir ülkedir. Bu rakam delinmiş kuyusu bulunan tanımlanmış sahalarla birlikte doğal kaynakları içermektedir. Bunların dağılımı, doğal kaynak ve kuyu sıcaklık değerleri esasına göre % 88'i düşük ve orta, %12'si sıcaklığı 295 °C a kadar ulaşan yüksek sıcaklıklı sahalar şeklindedir (Tablo 1). Kullanım olanakları dikkate alındığında ise enerji üretimi yapılabilecek alan sayısı 43, oranı %12 dir (Şekil 3). Alan ve bölge ısıtmasında yararlanılabilecek saha sayısı enerji üretilen sahalarla birlikte entegre kullanımla birlikte 153 olup, tüm sahaların %43'ünü oluşturmaktadır. Geriye kalan düşük ve orta sıcaklıkta akışkan içeren %45'lik dilimdeki diğer sahalar, sıcaklık ölçütleri esas alınarak sera, sağlık, termal turizm ve diğer uygulamalardaki kullanımlar için potansiyel alanlardır (Şekil 3).



Şekil 3: Jeotermal alanların kullanım olanaklarına göre dağılımı

Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sistemlerin yer aldığı Batı Anadolu, jeotermal kaynakların yoğun olduğu bir bölgedir ve çok sayıda jeotermal alanı barındırmaktadır. Batı Anadolu'daki yüksek

ısı içeren rezervuarlara sahip bu alanlara karşın, Orta ve Doğu Anadolu'daki alanlar düşük ve orta sıcaklık kategorisindedir. Bunu sırasıyla İç Anadolu, Marmara, Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri izler. Bölgelerdeki potansiyel, yerel jeolojik koşullar, kaynak ve açılan kuyu sayısına göre değişmektedir (Şekil 1 ve 4).



Şekil 4: Potansiyelin (MWt) kuyulara göre bölgesel dağılımı

b. Potansiyel Öngörüsü ve Güncel Durum

Türkiye, sahip olduğu jeotermal kaynak potansiyeli ve kullanımda ulaşılan durum itibarıyla Dünya ülkeleri içerisinde ilk sıralardadır. MTA Genel Müdürlüğü'nün öngördüğü ve resmi veri olarak öteden beri kullanılagelen teorik potansiyel 31.500 MWt dir. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, söz konusu potansiyelin 60.000 MWt düzeyine ulaşabileceği 10. Kalkınma Planı Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nda (2) ifade edilmektedir. Bu rapor'da (2) belirtildiğine göre, Türkiye'nin teorik potansiyelini Türkiye Jeotermal Derneği 62.000, Satman 52.700 ve Yılmaz 55.000-60.000 MWt olarak öngörmektedirler. Güncel kullanılabilir kapasite ise 17.000 MWt dır. Bu değer, mevcut tanımlanmış sahalarda açılan kuyular ve yüzeye boşalan doğal kaynaklar içindir. Üretim değerleri ticari gerekçelerle veya kaçak açıldığı için bilgileri gizlenen ve 2200'ün üzerinde olduğu tahmin edilen kuyular da gözetildiğinde kapasitenin çok daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yandan henüz kuyu açılmayan sahalarda da vardır. Dolayısıyla, delinmiş kuyusu bulunmayan ve henüz geliştirilmemiş sahalarda sondajlı çalış-

maların yapılması ve yenilerinin keşfedilmesiyle, ülkemizin sahip olduğu toplam kapasitenin çok daha yüksek olması beklenmelidir.

c. Elektrik Üretimi İçin Potansiyel Sahalar

Türkiye'de yapılan arama, araştırma çalışmalarının sonuçlarına göre, yüksek sıcaklıkta akışkan içeren rezervuarlara sahip, elektrik üretimine uygun, Çanakkale, Nevşehir ve Niğde illerindeki alanlar dışında kalan tüm sahalarda Batı Anadolu'da yer almaktadır. Aşağıdaki tablo (Tablo 2) sıcaklığı 103-295 °C arasında değişen ve aynı zamanda bazılarının işletmede olduğu elektrik üretimine uygun 43 adet jeotermal sahayı göstermektedir. Sahalardan üretilebilecek elektrik potansiyeli hakkındaki tahminler, kapasitenin 2.000 MW'a ulaşacağını öngörmektedir.

d. Doğrudan Kullanım İçin Potansiyel Sahalar

Alan ve bölge ısıtılması, banyolar, kaplıcalar, spa merkezleri, seralar ve endüstriyel uygulamalar jeotermal enerjinin dorudan kullanım alanlarıdır. Türkiye'de 50 °C üzerinde sıcaklığı olan, alan ve bölge ısıtmasına uygun 110 adet potansiyel jeotermal saha bulunmaktadır. Enerji üretilebilecek sahalardaki entegre kullanım dikkate alındığında toplam saha sayısı 153 olmaktadır (Tablo 3). Ancak bu sahalardan 18 tanesinde şehir-bölge ısıtma sistemi bulunmakta olup yararlanma, henüz çok düşük düzeydedir. Geriye kalan 50 °C den düşük sıcaklıktaki sahalarda ise, neredeyse tamamından kullanımlardaki sıcaklık ölçütlerine göre sağlık ve termal turizm, seracılık, balık çiftlikleri tarımsal kurutma ve ısı pompası gibi diğer uygulamalarda ekonomik olarak yararlanma olanakları bulunmaktadır.

Jeotermal Kaynakların Ekonomik Boyutu

Jeolojik zenginliğimiz olan jeotermal kaynakların ekonomik önemi, öncelikli olarak kendi öz varlığımız olmasından, ikinci olarak da Ülkemizin jeotermal enerji alanında oldukça büyük bir yatırım potansiyeli taşımasından kaynaklanmaktadır. Yenilenebilir ve sürdürülebilir özellikleri, kaynağa yönelik başarılı uygulamalar ve yatırımcı ilgisi,

Tablo 2: Elektrik Üretimine Uygun Potansiyel Jeotermal Sahalar

Saha Adı		Sıcaklık (°C)	Saha Adı		Sıcaklık(°C)
Niğde	Çiftlik-Bozköy	295	Aydın	Germencik-Ömerbeyli(*)	239
Manisa	Alaşehir-Köseali(*)	287		Yılmazköy(*)	192
	Salihli-Caferbey(*)	260		Pamukören(*)	188
	Alaşehir-Kurudere-Alkan(*)	214		Gümüşköy(*)	181
	Alaşehir-Kavaklıdere	188		Köşk-Salavatlı(*)	171
	Salihli-Göbekli	182		Umurlu(*)	155
	Alaşehir-Kemaliye(*)	170		Merkez-Kalfaköy	151
	Sarıgöl-Alemşahlı	125		Hıdırbeyli(*)	146
	Salihli-Kurşunlu	117		Sultanhisar(*)	145
	Kızıldere (*)	242		Bozyurt	140
	Denizli	Sarayköy-Tekkeköy(*)	168	Nazilli-Güzelköy	127
Bölmekaya		147	Atça	124	
Buharkent		144	Kuyucak-Yöre(*)	160	
Karataş		137	Kütahya	Şaphane	181
Sarayköy-Gerali		125		Simav	162
Sarayköy-Tosunlar(*)		103	Çanakkale	Tuzla	174
İzmir	Seferihisar-Cumalı	153		Babadere	126
	Dikili-Hanımınçiftliği	145	Nevşehir	Merkez-Göre	183
	Balçova	145		Merkez-Kepez	124
	Seferihisar-Akyar	141		Derinkuyu-Suvermez	117
Dikili-Kaynarca	130	Afyon	Ömer-Gecek(*)	125	
Balıkesir	Sındırgı-Hisaralan	116			

(*) İşletmede olan sahalar

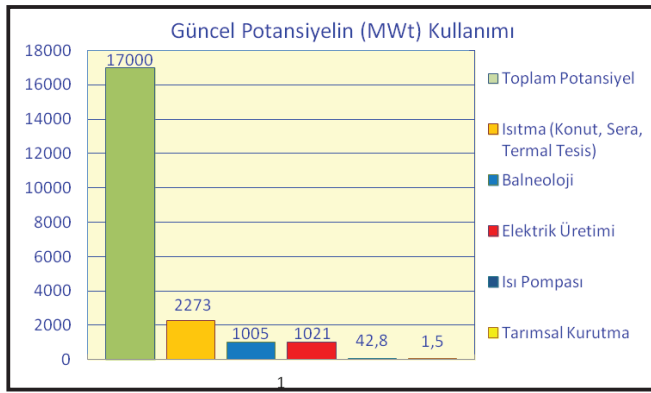
Tablo 3: Isıtmaya uygun potansiyel jeotermal sahalar

İl	Saha Adı	İl	Saha Adı
Afyon	Ömer-Gecek(*), Sandıklı(*), Bozhüyük, Heybeli, Bolvadin, Gazlıgöl, Erkmen, Çobanlar	Balıkesir	Gönen(*), Güre(*), Edremit(*), Bigadiç(*), Derman, Kepekler, Balya, Pamukçu
Kütahya	Gediz, Eynal(*), Naşa(*), Çitgöl(*), Üçbaşı, Şaphane, Dumlupınar, Andız, Demirciköy,	Denizli	Sarayköy(*), Gerali, Bölmekaya, Gölemezli, Karahayıt, Yenicekent, Tekkehamam, Buharkent, Kızıldere
Aydın	Alangüllü, Atça-Yağdere, Gümüş, Pamukören, Ilıcabaşı, Sultanhisar, Germencik, Hıdırbeyli, Kalfaköy, Yılmazköy, Salavatlı, Kuyucak, Güzelköy, İsbeyli, Serçeköy, Ortakçı, Çiftlik, Davutlar, Bozyurt,	İzmir	Balçova(*), Narlıdere*, Dikili(*), Bergama(*), Aliğa, Foça, Çeşme, Güzelhisar, HelvacıSeferihisar, Torbalı
		Manisa	Salihli(*), Alaşehir, Caferbey, Kula, Sarıgöl, Kurşunlu, Saraycık, Urganlı, Kurudere, Göbekli, Menteşe
Çanakkale	Tuzla, Babadere, Bardakçılar, Etili, Hıdırlar, Kestabol	Ankara	Kızılcahamam(*), Çamlıdere, Sincan, Beypazarı, Ayaş, Çağa, Melikşah
Nevşehir	Kozaklı(*), Ortaca, Göre, Suvermez, Kepez	Yozgat	Sorgun(*), Boğazlıyan, Sarıkaya, Yerköy, Akdağmadeni
Van	Şorköy, Hasanabdal, Ayrancılar, Saray	Sakarya	Akyazı-Kuzuluk
Ağrı	Diyadin(*)	Çankırı	Çavundur
Diyarbakır	Çermik	Bingöl	Karlıova
Bolu	Kesenözü, Taşkesti	Erzurum	Pasinler, Hızırilyas
Eskişehir	İsmetpaşa, Şerefiye, Sakarılıca	Bursa	Kaynarca, Tümbüldek
Samsun	Havza	Hatay	Narlıhopur-Deliçay
Sivas	Suşehri-Akçaağıl	Aksaray	Şahinkalesi
Tokat	Sulusaray	Kırşehir	Terme(*), Mahmutlu, Karakurt
Uşak	Banaz-Hamamboğazı	Yalova	Armutlu, Termal
Niğde	Acıgöl, Çiftehan	Rize	Ayder, İkizdere

(*) Isıtma yapılan sahalar

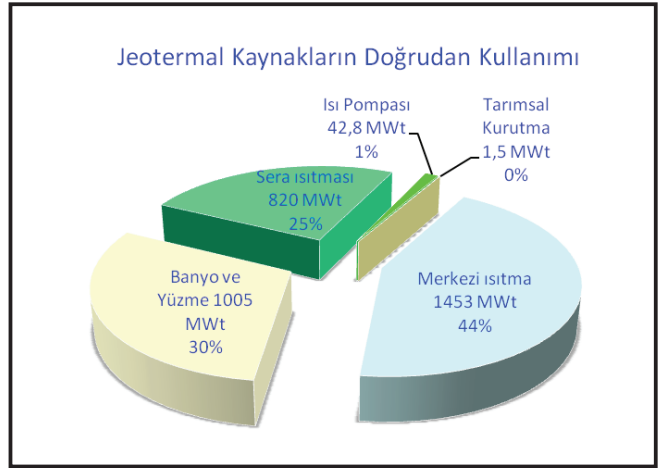
1990'lı yıllardan başlayarak kaynağın kullanımını hızla artırdı, merkezi şehir ısıtma ve termal uygulamalar yaygınlaştı. Jeotermal enerji santrallerine elektrik alım garantisi verilmesi de girişimcilerin hızla bu alana yönelmesini sağladı.

Ülkemizde jeotermal ürünün başlıca tüketim alanları elektrik üretimi, konut, sera, termal tesis ısıtması, termal ve sağlık turizmi, endüstriyel uygulamalar, ısı pompası ve tarımsal kurutmadır. Araştırmalarla kullanılabilir hale getirilen potansiyelden günümüzde birçok alanda yararlanılmaktadır (Şekil 5). Kapasite olarak elektrik üretimi, ısıtma uygulaması ve termal kullanım yoğunluktadır.



Şekil 5: Güncel potansiyelin kullanım alanlarına göre dağılımı

Doğrudan kullanım kapasitesi Kasım 2017 itibariyle 3322,3 MWt dir (3). Bina, şehir, konut,



Şekil 6: Doğrudan kullanım kapasiteleri ve dağılımı

termal tesis vb ısıtma sistemleri %44'lük oran ve 1453 MWt (4) kullanım kapasitesi ile tüketimdeki en büyük paya sahiptir. Sera ısıtması, 820 MWt (3) kapasiteyle kullanımın %25 ini oluşturur. Termal tesis ve Spa'da balneolojik kullanım ise 1005 MWt kapasite ve %30 oranındadır. Meyve ve sebze kurutmanın yapıldığı tarımsal uygulamada 1,5 MWt, jeotermal ısı pompasında 42,8 MWt kapasite kullanılmaktadır(4) (Şekil 6). Bu kullanım kapasitesiyle Türkiye, dünya ülkeleri arasında doğrudan kullanımda ABD, Çin, İsveç ve Almanya'dan sonra dördüncü sırada yerini almıştır (Tablo 4).

a. Alan ve Bölge Isıtması, Tarımsal Kullanım

Jeotermal kaynaktan merkezi ısıtma sistemlerinde ekonomik olarak yararlanılabilmesi, bu sistemle-

Tablo 4: Doğrudan kullanımda Dünya (5) ve Türkiye'nin kapasite değerleri (3(**) ve 4), ülke sıralaması

Uygulama	Dünya	Türkiye	Doğrudan Kullanım	
	Kapasite (MWt)			
Jeotermal ısı pompası	49.898	42,8	1	ABD
Merkezi ısıtma	7.556	1453	2	Çin
Sera ısıtma	1.830	820	3	İsveç
Su ürün. Hav. ısıt.	695	?	4	Türkiye
Tarımsal kurutma	161	1,5	5	Almanya
Endüstriyel kul.	610	?		
Banyo ve yüzme	9.140	1005		
Soğutma/Kar erit.	360	-		
Diğer	79	-		
Toplam	70.329	3.322,3		



Şekil 7 A: Afyon şehir ısıtması (AFJET'ten alınmıştır)



Şekil 7- B) Ağrı-Diyadin jeotermal sahasında sera uygulaması (7)



Şekil 7- C) Şanlıurfa-Karaali sahasında sera uygulaması

rin kaynağa uzak olmayan yerleşim yerlerinde kurulmasını gerektirir. Türkiye’de bu alanda gerçekleştirilen oldukça başarılı projelerle ekonomik uygulama yapılan 18 yerleşim birimindeki ısıtma sistemlerinde 116.020 konut eşdeğeri merkezi ısıtma yapılmaktadır (6) (Tablo 5). Merkezi ısıtma uygulamaları Türkiye’de jeotermal enerjinin değerlendirilmesi bakımından özel bir yere sahiptir. Ömer-Gecek sahasından üretilen akışkandan Afyon şehir merkezi ısıtmasında yararlanılması, bu uygulamanın ekonomik örneklerinden biridir (Şekil 7 A). Türkiye’nin enerji sorununun çözümüne anlamlı düzeyde katkı yapacağı öngörülen ısıtma uygulamasının, döviz tasarrufu sağlamanın yanı sıra hava kirliliğini önlemesi bakımından da önemli katkısının olduğu tartışılmazdır.

Jeotermal enerjinin tarımsal amaçlı kullanımı konusunda seracılık ön sırada yer almaktadır (Şekil 7 B, C). Sera ısıtmasındaki toplam kapasite 4.283 dönümdür (3) (Tablo 6). Son yıllarda önemli bir

gelişme gösteren ısıtılan konut sayısı ve sera miktarlarına sürekli yeni değerler eklenmektedir (Şekil 7 A, B, C). Ağrı-Diyadin (7, 8) (Şekil 7 B), Van-Çaldıran ve Şanlıurfa Karaali (Şekil 7-C) jeotermal sahaslarındaki sera uygulamaları, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin koşulları göz önüne alındığında, hem sözü edilen bölge illerinin ekonomisine katkı sağlamakta, hem de bu yörede yaşayanlar için önemli bir istihdam alanı oluşturmaktadır. Öte yandan kış aylarında dış ortam ısısının eksi 40-46 °C’a kadar düştüğü Ağrı-Diyadin, Van-Çaldıran sahaslarında bu uygulamanın yapılabilir olması, bölgeye yatırım yapmakta çekinceli davranan yatırımcıların yeniden değerlendirme yapmalarına yol açacaktır. Verilen bu örneklerin dışında, giderek yaygınlaşan diğer sahalardaki uygulamalarla, jeotermal enerjiyle ısıtılan seralarda yetiştirilen ürünler, yurt içinde tüketildiği gibi, ihraç edilerek döviz getirisi de sağlanmaktadır.

Tablo 5: Merkezi Isıtma Uygulamaları ve Isıtılan Eşdeğer Konut Sayısı(6).

Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı	Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı
Balıkesir-Gönen	80	3.400	İzmir-Dikili	125	1.500
Kütahya-Simav	120	14.500	Nevşehir-Kozaklı	92	3.000
Ankara-Kızılcahamam	80	2700	Ağrı-Diyadin	70	570
İzmir-Balçova-Narlıdere	98-125	35.000	Manisa-Salihli	94	9.000
Afyon-Sandıklı	70	11.000	Denizli-Sarayköy	140	2.300
Kırşehir-Terme	57	1.600	Balıkesir-Edremit	60	5.000
Afyon-Ömer-Gecek	95	24.950	Balıkesir-Bigadiç	96	1.500
Balıkesir-Güre	65	850	Yozgat-Sorgun	80	1.500
Sındırgı	98	2.300	İzmir-Bergama	65	450
TOPLAM					116020

Kaynak(7)

Tablo 6: Sera Isıtma Uygulamaları ve Isıtılan Sera Miktarı

Alan Adı	Miktarı (Dönüm)
İzmir-Dikili, Bergama	1.200
Manisa-Salihli, Urganlı	305
Kütahya-Simav	310
Denizli-Kızıldere-Tosunlar	200
Şanlıurfa-Karaali	474
İzmir-Balçova	200
Diğerleri	1594
TOPLAM	4283

b. Elektrik Üretimi

Jeotermal kaynak kullanımında 2010-2017 yılları arasında en büyük gelişme, jeotermal elektrik üretiminde görülmektedir (Şekil 8). Türkiye, uzun bir süre 15 MWe düzeyinde sabit kalan fiili üretim kapasitesini son yıllarda yapılan yatırımlarla geliştirerek, jeotermal enerjide dünyada en hızlı büyüyen ülke oldu. Kasım 2017 itibarıyla ulaştığı 1053,1 MWe kurulu güç ile dünya sıralamasında Meksika, İtalya ve Yeni Zelanda'yı geride bırakarak dünya dördüncülüğüne yükseldi (Tablo 7).

Son 5 yılda 5 kat büyüyen jeotermal kaynaklı elektrik üretim sektörü, 10. Kalkınma Planı'nda 2018 yılı hedefi olarak öngörülen 750 MW'ı (2) çoktan aşarak 1021,7 MW üretime ulaşmıştır (Şekil 8-A, Tablo 8). Lisanslanmış ve kurulumu devam eden ve 3 yıl içerisinde tamamlanma-

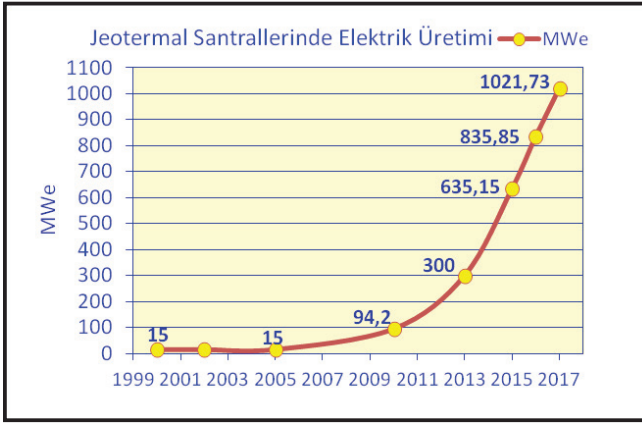
Tablo 7: Dünyada jeotermal kaynaklardan elektrik üreten ülkeler sıralaması ((9)'dan değiştirilerek)

Elektrik Üretiminde İlk 10 Ülke Sıralaması (Bertani, 2015 ⁽²⁾ ten değiştirilerek)		
	Ülke	MWe
1	ABD	3567
2	Filipinler	1868
3	Endonezya	1699
4	Türkiye	1021,7
5	Y. Zelanda	980
6	İtalya	944
7	Meksika	926
8	Kenya	676
9	İzlanda	665
10	Japonya	542

sı hedeflenen santraller devreye alındığında ise toplamda 1.750 MW elektrik üretilmesi beklenmektedir (Şekil 8-B). Elektrik üretilen bazı alanlardaki akışkandan, entegre kullanım ile konut ve sera ısıtımında da yararlanılmaktadır (Şekil 9).

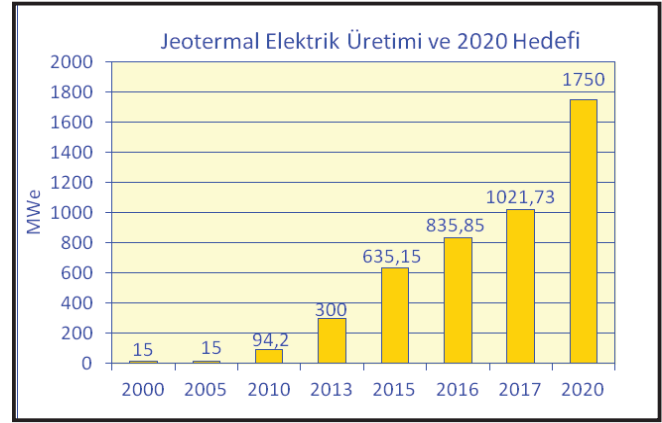
c. Termal Kullanım ve Diğer Uygulamalar

Fiziksel, kimyasal ve şifa özellikleri, ulaşımı kolay coğrafi konumları itibarıyla üstün nitelikler taşıyan ve öteden beri klasik kaplıca anlayışıyla yararlanılan termal sular, günümüzde gelişmiş ülkelerin standartlarına ulaşan, yerli ve yabancı turistlerce tercih edilen modern tesislerde de hizmete sunulmaktadır (Şekil 10). İzmir-Balçova'daki tesisler,



Şekil 8-A) Jeotermal kaynaktan enerji üretiminin yıllara göre gelişimi

akredite olan ve gelişmiş ülkeler standardındaki ilk örnektir. Son yıllardaki gelişmeyle çok sayıda termal tesis, 5 yıldızlı otel kalitesinde hizmet vermeye başlamışlardır (Tablo 9). Termal turizm yatırımlarında son 2 yılda kaydedilen artış oranı



Şekil 8- B) Elektrik üretiminde 2020 hedefi

%20 dir. Balneolojik amaçlı kullanımlarda 400 kaplıca ve termal tesisten yılda 16 milyon yerli ve 10.000 yabancı turist yararlanmaktadır (4).

Kimyasal madde üretimi (sıvı karbondioksit),

Tablo 8: Elektrik Üretilen Alanlar ve İşletme Kapasiteleri

İl / İlçe	Saha Adı	Firma	İşletme Kapasitesi
Denizli/Sarayköy	Kızıldere	Zorlu Elek.	194,5
		Bereket Enerji	6,85
	Tekkeköy	Greeneco Enerji	51,2
	Tosunlar	Akça	3,807
Manisa/Alaşehir	Kurudere-Alkan	Zorlu Elek.	45
		Türkerler Jeot.	48
	Kemaliye	Enerjeo	24,9
	Alaşehir	Sis Enerji	23,52
		Maspo Enerji	10
Manisa/Salihli	Caferbey	Sanko	15
Aydın/Germencik	Ömerbeyli	Gürmat Elek.	162,4
	Hıdırbeyli/ Bozköy	Kipaş Holding	150,6
	Turanlar	Beştepeler Enj.	24
	Gümüşköy	Gümüşköy Jeot.	13,2
Aydın/ Kuyucak	Yöre	Turcas	18
	Pamukören	Çelikler Jeot.	112,55
Aydın/Sultanhisar	Sultanhisar		7,5
		Menderes Geot.	7,951
Aydın/ Köşk	Salavatlı		60,5
	Umurlu	Karkey	24
Çanakkale/Ayvacık	Tuzla	Tuzla Jeot.	7,5
	Babadere	MTN Enj.	8
Afyon	Ömer-Gecek	AFJET	2,755
Toplam Kurulu Güç	1053,1	Toplam Üretim	1021,73



Şekil 9: Aydın-Germencik Ömerbeyli sahasında entegre kullanım-Elektrik üretimi ve sera ısıtması, (Gürmat'tan alınmıştır)



Şekil 10: Denizli-Tekkehamam sahasındaki modern termal tesis

kuru buz, deri işleme, tarımsal kurutma, ısı pompası, jeotermal kaynağın diğer tüketim alanlarıdır. Denizli-Kızıldere sahasında sıvı CO₂ ve kuru buz üretimi gerçekleştirilmektedir. Aydın-Salavatlı sahası yan ürün olarak CO₂ üretimi yapılan diğer jeotermal alandır (Şekil 11). Ülkemizin yıllık CO₂ üretim kapasitesi 240.000 tondur (3).

Tarımsal kurutma henüz yaygınlaşmamış olup, Afyon, Kızılcahamam ve Kırşehir'de toplam 1,5 MWt kapasitede uygulanmaktadır. Sıcaklığı 5 ile 30°C arasında değişen yüzey ve yeraltı suyunu



Şekil 11: Kızıldere sahasında yan ürün olarak CO₂ üretimi

kullanan, ısıtma ve soğutmayı bir arada sağlayan ısı pompalarının Ülkemizdeki kapasitesi 42,8 MWt ile %1 düzeyindedir (4). İstanbul ve Ankara'daki alışveriş merkezlerindeki uygulamalar dışında ülkenin değişik yörelerinde alışveriş merkezi, show-room, villa vb mekanların ısıtma ve soğutma ihtiyacı ısı pompası uygulamasıyla karşılanmaktadır.

Araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan potansiyelin değerlendirilmesinin-

Tablo 9: Yüksek Hizmet Standardına Sahip Termal Tesisler

Termal Tesislerin Bulunduğu Sahalar		
İzmir-Balçova	Balıkesir-Edremit-Güre	Ankara-Ayaş
Afyon-Merkez	Balıkesir-Hisaralan	Ankara-Kızılcahamam
Afyon-Sandıklı	Sivas-Sıcakçermik	Ankara-Haymana
Nevşehir-Kozaklı	Gaziantep-Durantaş	Sakarya-Akyazı
Denizli-Tekkehamam	Hatay	Kütahya-Harlek
Kütahya-Gediz	Kütahya-Emet	Kırşehir-Terme

de jeotermal kaynakların Türkiye'deki son durumu, Tablo 10 da özetlenmiştir.

Hedefler ve Beklentiler

Enerji kaynaklarının ihtiyacı karşılamadaki kapasitesinin yetersizliği nedeniyle Ülkemiz, alışlagelmiş enerji kaynaklarının yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirerek toplumun hizmetine sunmak ve daha fazla yararlanılmasını sağlamak durumundadır. Bu bağlamda jeotermal enerji, kapasite büyüklüğü, kullanım olanakları, ekonomikliği, çevreye olan olumsuz etkilerinin önlenilebilirliği gibi ölçütlerle, önemli bir yerli ve yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ülkenin her yanında yaygın jeotermal sistemlerde, enerji üretimi ve doğrudan kullanımlar olmak üzere değişik amaçlı yararlanmalara uygun sahalara keşfedilmiştir. Ancak aramalarda, 1990'lı yıllara kadar daha

ziyade sıcak su kaynakları gibi en güçlü yüzey belirteçlerinin olduğu alanlar seçilmiştir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, bu tür projelendirme anlayışıyla araştırmalar, sıcak su kaynaklarını içeren alanlarla sınırlı kalmıştır. Daha sonraki yıllarda yüzeyde izleri belirgin olmayan ancak potansiyel taşıma olasılığı güçlü alanlara da yönelerek başarılı sonuçlar alınmıştır. Kütahya-Şaphane-Karacaderbent, Kütahya-Şaphane-Üçbaş, Şanlıurfa-Karaali, Ankara-Beypazarı sahalara gibi araştırmacıları cesaretlendiren örnekler, saklı sistemlerin de aranmasına, araştırılmasına birer örnek olmuştur.

Jeotermal kaynak, keşfi yapıldıktan sonra gelişen teknolojiyle potansiyeli arttırılabilecek bir kaynaktır. Bu olgu, geliştirme çalışmalarının gerekliliğini başka bir şekilde ifade eder. Dolayısıyla mevcut

Tablo 10: Jeotermal kaynakların değerlendirilmesi (Kaynak: (*)6, (**)4 (***)3)

Elektrik üretimi	1021,7	MWe
Merkezi ısıtma (Şehir, Konut)	116.020(*)	Konut Eşdeğeri(1033 MWt)
Kaplıca, termal oteller, devre mülk tesislerinin ısıtılması	46.400(**)	Konut Eşdeğeri(420 MWt)
Sera ısıtması	4283	Dönüm (820 MWt)
Jeotermal ısı pompası	42,8(**)	MWt
Tarımsal kurutma	1,5(**)	MWt
Toplam jeotermal ısı kullanımı	3322,3(**)	MWt (369.000 konut eşdeğeri)
Kaplıca, termal tesis ve spada balneolojik kullanım	400(**)	Adet (1005 MWt) (Yılda 18,5 Milyon Kişi)
Karbondioksit üretimi	240.000(**)	Ton/Yıl

(Kaynak: (**)(3), (*) (6))

sahaların geliştirilmesi yanında, yeni kaynakların bulunmasını sağlayacak bilimsel, teknik nitelikleri taşıyan ve en üst düzeyde bilgilerin üretildiği, geniş perspektifli, uzun vadeli projeler üretilip, uluslararası normlar ve gelişen teknolojiler de kullanılarak yeni sahaların keşfedilmesi öncelik taşımaktadır. Araştırma ve geliştirme çalışmalarına önem verilmesi gereken diğer bir alan, geliştirilmiş jeotermal sistemler (EGS, Enhanced Geothermal System) ve kızgın kuru kaya (HDR, Hot Dry Rock) dir. Bu arada sözü edilen çalışmalarla Ülke kaynaklarının gerçek kapasitesini belirlemek hedefine ulaşılmasının, aramacılık faaliyetlerinde yaşanan sorunlara çözüm üretilmesi, parasal kaynaklarla desteklenmesi ve güçlendirilmesiyle mümkün olabileceğini de özellikle belirtmek gerekir (10).

Ülkemiz jeotermal kapasitesine ilişkin çalışmalarda araştırmacıların öngördüğü teorik potansiyel dikkate alındığında, kaynağın günümüzdeki kullanılabilir kapasitesi, öngörülenin çok uzağında. Bunun diğer bir nedeni, yukarıda ifade edilen araştırma tercihinin yanında, her fırsatta dile getirildiği gibi açılan kuyu sayısının yetersizliğidir. Enerji üretilen sahaların dışında çoğu alanda, henüz rezervuara ilişkin parametreleri belirleyecek, kapasiteyi ortaya koyabilecek ve ekonomik kullanıma temel oluşturacak yeterlikte kuyu açılmamıştır. Dahası henüz hiç kuyu açılmamış potansiyel sahalar bulunmaktadır. Saha sayısına göre, tahmin edilen toplam kuyu sayısı gözetilerek yapılan oranlamada her sahaya düşen 6,5 sondaj sayısı, gelişmiş ülkelerdeki değerin çok altındadır. Bunun en belirleyici nedeni kuyu maliyetleridir. Bu konuda önemli bir gelişme, Türkiye Kalkınma Bankası ile Dünya Bankası arasında jeotermal enerji yatırımlarının teşvikine yönelik 2016 yılında hibe ve kredi anlaşmasının imzalanmasıdır (11). Hibe anlaşması çerçevesinde Kalkınma Bankası'nda oluşturulan Risk Paylaşım Mekanizmasıyla sektördeki yatırımcılar için önemli risk içeren ilk evre arama ve doğrulama kuyu açma maliyet risklerinin paylaşılması amaçlanmaktadır. Bu kaynak ile jeotermal projeleri için; kapasite geliştirme/üretim sondaj aşaması ve buhar toplama ve güç tesisi inşa aşamaları için finansman sağlanacaktır. Uygulama maliyetini düşürerek yatırımcıyı rahatlatmasının yanında, potansiyelin

belirlenmesine de katkı sağlayacaktır. Özetle jeotermal enerji sektöründe temel hedef, keşfedilmiş sahaların geliştirilmesi yanında gelişen teknolojiler kullanılarak yeni sahaların keşfedilmesi, geliştirilmiş jeotermal sistem araştırma çalışmalarının yoğunlaştırılmasıdır. Böylece önemli bir enerji kaynağının ülke düzeyinde kapasitesi ve sahaların işletilebilir potansiyeli belirlenebilecek, yapılacak yatırımlarla enerji sorununa ve ekonomiye katkısı, hak ettiği düzeye ulaşacaktır.

Ülkemiz enerji stratejisinde jeotermal kaynaklara ilişkin süreçlerin doğru yönetilmesi için herhangi bir stratejik hedefimiz bulunmamaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca katılımcı bir anlayışla hazırlanacak "Jeotermal Kaynaklar Ulusal Stratejisi", gerek kamu gerekse de özel sektörün yapacağı orta ve uzun dönem projeksiyonlarının bu yapılanma çerçevesinde yürütülmesini sağlayacak, toplumsal faydanın artırılmasına yönelik bir beklentiyi karşılayacaktır (10). Bu aynı zamanda sektörün, jeotermal kaynaklardan en ekonomik ve en verimli bir biçimde yararlanmada, yeni teknikler veya geliştirilmiş yeni teknolojileri kullanmak ve geliştirmek, elektrik üretim projelerinde entegre kullanımlara yönlendirmeler yapmak, düşük kapasiteli jeotermal elektrik santralleri kurmak, jeotermal kullanımlarda açığa çıkan CO₂ ve diğer gazları değerlendirmek gibi bir dizi hedefin gerçekleştirilmesine de olanak sağlayacaktır.

Teşekkür

Yazar, değerlendirmeleri ve düzeltmeleri ile makaleye katkıda bulunan derginin editörü Sayın Prof. Dr. Halil Gürsoy'a, yazıda kullanılan fotoğraflar için Sayın Prof. Dr. Şakir Şimşek'e, Gürmat Genel Müdürü Sayın Ali Karaduman'a, AFJET Genel Müdürü Sayın Dr. Yusuf Ulutürk'e, Diyardin Jeotermal Turizm Seracılık ve Ticaret A.Ş.'ne içtenlikle teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

(1)MTA Genel Müdürlüğü. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Envanteri. Envanter Serisi-201. 2005, Ankara

- (2)T.C. Kalkınma Bakanlığı 10. Kalkınma Planı (2014-2018) Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu. S. 63. 2015 Ankara
- (3)Başarı, N., 2017. Türkiye’de ve Dünyada Jeotermal Gelişmeler ve Son Durum. JMO Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineraller Komisyonuna Yapılan Sunum. Mart 2017
- (4)Mertoğlu, O., Şimşek, Ş., Başarı, N. 2015, Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2015) Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Australia, 19-25 April 2015
- (5)Lund J. W. and Boyd T. L., 2015. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Australia, 19-25 April 2015
- (6)Türkiye’nin Jeotermal Isıtma Potansiyeli ve Yeni Bir Finans Modeli Projesi Dokümanı. Jeotermal Kaynaklı Belediyeler Birliği. Kasım 2017
- (7)diyadinjeotermal.com.tr (Erişim tarihi 14.12.2017)
- (8)Kaya, F., 2015. Diyardin (Ağrı) ilçesinde jeotermal seracılık, The Journal of Academic Social Sciences Studies, International Journal of Social Sciences, 37, 21-38.
- (9)Bertani, R., 2015. Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report Proceedings World Geothermal Congress 2015.
- (10) Akkuş, İ., Alan H., 2016. Türkiye’nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 123, Şubat 2016 Ankara
- (11) Türkiye Kalkınma Bankası web sayfası (Erişim tarihi 14.12.2017)



Mavi Gezegem



**TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

Meşrutiyet Cad. Hatay Sokak No. 21 Kocatepe/ANKARA
Tel: (+90) 312 432 30 85 Faks:(+90) 312 434 23 88
www. jmo.org.tr e-posta: jmo@jmo.org.tr