

Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu

Arda Zaim ^{*1}
Hande Çavşi ²

ÖZ

Dünyada petrol, kömür, ve doğal gaz gibi fosil yakıt rezervlerinin hızlı bir şekilde tükenmesi, nüfusun artması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmaktadır. Doğal yollardan devamlı ve tekrar edilerek ulaşılan kaynaklardan elde edilen enerji, yenilenebilir enerji olarak tanımlanmaktadır. Önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji; günümüzde elektrik üretimi, ısıtma ve kurutma gibi çeşitli proseslerde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Ağustos 2017 itibarıyla toplam kurulu gücü 861 MWe olan Türkiye'deki jeotermal enerji santrallerinin durumu incelenmiş ve jeotermal enerji kullanımının ülkemizdeki geleceği hakkında önerilerde bulunulmuştur. Çalışma kapsamında jeotermal enerji santralleri, termik santrallerle karşılaştırılarak çevreye olan etkileri açısından da değerlendirilmiştir

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji santralleri, sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji kaynakları

Status of Geothermal Power Plants at Turkey

ABSTRACT

At the world, speedy exhaustion of fossil fuel reserves like petrol, coal and natural gas, increasing population and developed technology cause to increase importance of renewable energy sources. Renewable energy is the energy derived from existing energy flows in natural processes to continue. Geothermal energy what one of the important renewable energy sources is used at various processes like electricity production, heating and drying. At this project, geothermal energy plant status of Turkey that total installed power is 861 MWe has examined since August 2017 and this project is made an advise about using geothermal energy in our country's future. Besides geothermal energy plants are compared to the thermal power plants are evaluated with regard to effects of environment by this project.

Keywords: Geothermal power plants, sustainability, renewable energy sources

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 19.08.2017

Kabul/Accepted : 10.10.2017

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, arda.zaim@gmail.com

² Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya, handecavsi43@gmail.com



Jeotermal kaynak, yerkürenin çeşitli derinliklerinde birikmiş halde bulunan ısının oluşturmuş olduğu, sıcaklık değerleri devamlı olarak bölgedeki atmosferik ortalama sıcaklık değerinin üzerinde olan ve çevresindeki normal yerüstü ve yeraltı sularına göre daha fazla çeşitli mineral, tuz ve gaz ihtiva edebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanmaktadır. Jeotermal enerji ise bu kaynaklardan elde edilen dolaylı veya doğrudan her türlü yararlanmayı kapsamaktadır [4].

Şekil 1'de oluşum modeli gösterilen bir jeotermal sistemi meydana getiren parametreler şöyledir; yerkürenin derinliklerinde yer alan ısı kaynağı, ısıyı taşıyan akışkan, akışkanı bünyesinde bulduran rezervuar kayaç ve ısı kaybını engelleyen örtü kayadır. Dünyanın merkezinde sıcaklığı yaklaşık 4200°C olan ve magma adı verilen ergiyik kütle bulunmaktadır. Tektonik hareketlerin neden olduğu kırık ve zayıf bölgelerden kabuk bünyesinde sığ derinliklere veya yeryüzüne kadar ulaşan magma faaliyetleri, jeotermal sistemin ısı kaynağını oluşturmaktadır. Yeryüzünün kırık ve çatlak olan kısımlarından süzülen meteorik sular, derinliklerde ısınmasının ardından gözenekli ve geçirimli olan rezervuar kayaç içerisinde birikmektedir. Bu suların bir kısmı fay hatları boyunca yükselerek jeotermal kaynakları meydana getirmektedir. Üzeri geçirimsiz bir örtü kaya ile kapanmış ve çoğunlukla yeryüzüne ulaşamayan rezervuar kaya bünyesindeki jeotermal akışkan, sondaj çalışmalarıyla yüzeye çıkartılmaktadır [5]. Jeotermal kaynaklar, enerji potansiyeli ve içermiş oldukları mineraller göz önüne alınarak elektrik üretimi, ısıtma veya kurutma gibi proseslerde değerlendirilmektedir.

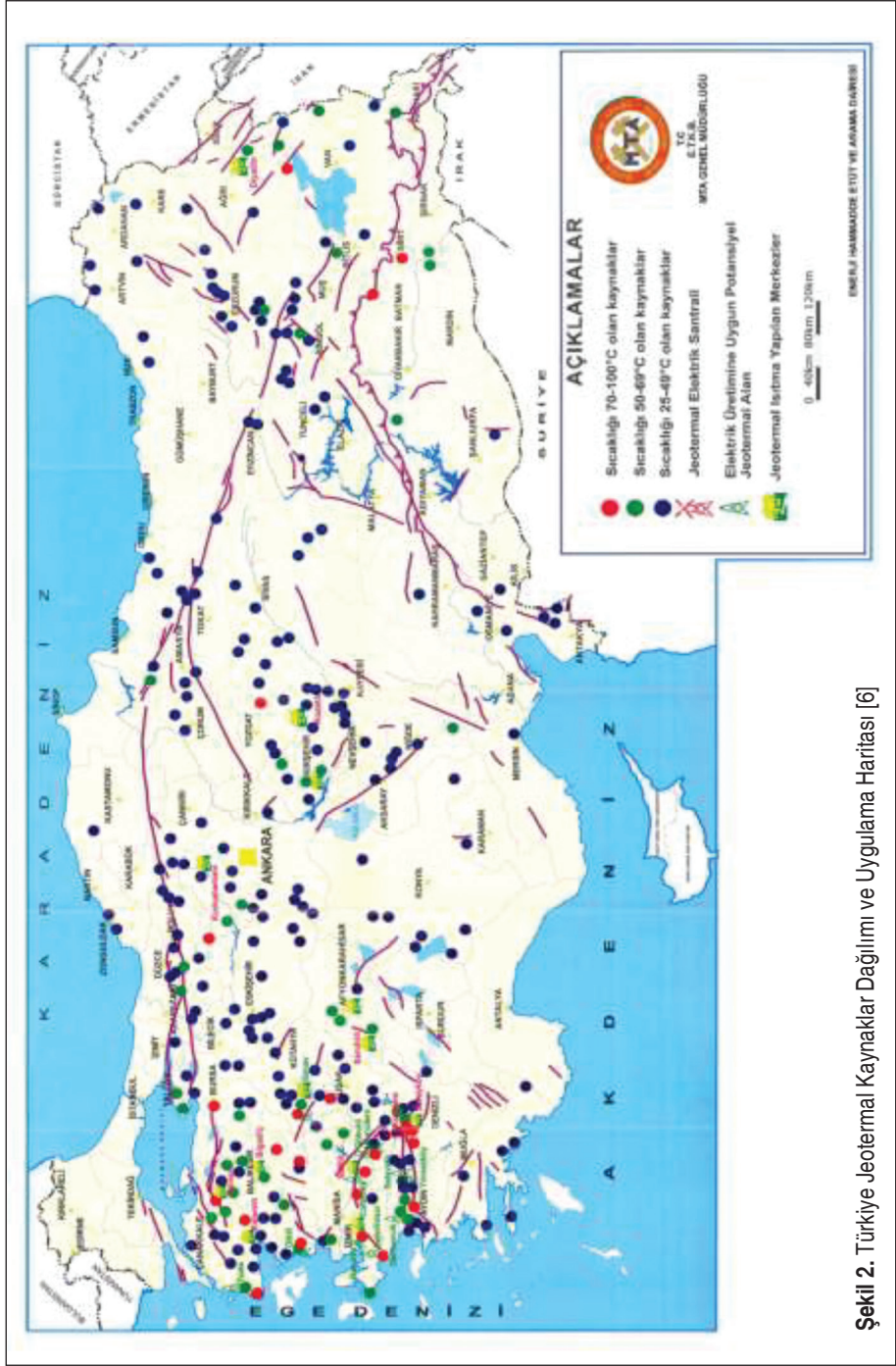
Bu çalışmada, önemli yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan jeotermal enerjinin ülkemizdeki potansiyeline, uygulamalarının tarihsel gelişimine, jeotermal enerji santrallerinin güncel durumuna ve çevreye olan etkilerine yer verilmiş; jeotermal enerji santrallerinin güncel durumunun değerlendirilmesi, jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili önerilerin ve dikkat edilecek hususların belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. TÜRKİYE’NİN JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ

Türkiye tektonik hareketlerin yoğun olduğu bir coğrafyada bulunmaktadır. Ülkemizin her tarafında yayılmış, doğal çıkış şeklinde ve değişik sıcaklıklarda birçok jeotermal kaynak mevcuttur. Bu sebepten ötürü jeotermal enerji ülkemiz için önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Şekil 2’de Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılımı ve Uygulama Haritası görülmektedir.

Akışkan sıcaklıklarına göre jeotermal enerji kaynakları üç sınıfa ayrılmaktadır;

- Düşük entalpili sahalar (20 – 70°C sıcaklık)
- Orta entalpili sahalar (70 – 180°C sıcaklık)
- Yüksek entalpili sahalar (>180°C sıcaklık)



Şekil 2. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılımı ve Uygulama Haritası [6]



Elektrik enerjisi üretimi için yüksek entalpili sahalardan yararlanılmaktadır. Orta entalpili sahalar çeşitli kurutma işlemlerinde, sera ve konut ısıtmasında kullanılmaktadır. Düşük entalpili sahalardan ise yüzme havuzları, balneolojik banyolar ve balık çiftlikleri gibi tesisler faydalanmaktadır. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanım alanları, bölge koşullarına ve akışkan sıcaklığına göre büyük farklılıklar göstermektedir. Jeotermal enerjinin verimli ve ekonomik bir şekilde değerlendirilebilmesi için akışkanın kaynağına yakın bölgelerde kullanılması gereklidir [7]. Ülkemizdeki bazı önemli jeotermal alanlarımıza ait rezervuar sıcaklıkları Tablo 1'de gösterilmiştir. Sıcaklıklarına göre Germencik – Ömerbeyli (Aydın), Kızıldere (Denizli), Tuzla (Çanakkale), Salavatlı (Aydın) ve Eynal-Simav (Kütahya) bölgeleri yüksek entalpili sahalalar olarak sınıflandırıldığı için elektrik enerjisi üretimi için uygun bölgelerdir.

Türkiye dünyanın 7. büyük jeotermal enerji potansiyeline sahip ülkedir. Ülkemizin jeotermal enerji potansiyelini belirlemek amacıyla Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 1962 yılında çalışmalara başlamıştır. Günümüze kadar MTA tarafından 227 adet jeotermal bölge keşfedilmiş, doğrudan kullanım ve elektrik üretimi amaçlı 550 tanesi MTA tarafından olmak üzere toplamda yaklaşık 1100 adet jeotermal sondaj ku-

Tablo 1. Türkiye'de Elektrik Üretilen ve Üretilebilecek Jeotermal Enerji Sahaları

Saha Adı	Rezervuar Sıcaklığı (°C)
Kızıldere (Denizli)	212 - 242
Germencik-Ömerbeyli (Aydın)	232
Kurudere (Salihli)	213
Tekkehamam (Denizli)	210
Göbekli (Salihli)	182
Tuzla (Çanakkale)	174
Salavatlı (Aydın)	171
Eynal-Simav (Kütahya)	162
Caferbeyli (Salihli)	155
Seferihisar (İzmir)	153
İmamköy (Aydın)	142
Balçova (İzmir)	136
Dikili (İzmir)	130

yusu açılmıştır. Türkiye'nin teorik jeotermal enerji potansiyeli 31.500 ile 60.000 MWt (megawatt ısı) arasında tahmin edilmekte olup fiili kullanılabilir teknik kapasitesi ise 4809 MWt olarak hesaplanmaktadır. Bugüne kadar öngörülen teknik kapasitenin 2880 MWt'lik bir kısmı kanıtlanmıştır. Ülkemizde sıcaklıkları 20-242 arasında değişen 1500 adet sıcak ve mineralli su kaynağı mevcuttur. Günümüz itibarıyla Türkiye'de;

- 90.000 konut eşdeğeri bina
- 3.000.000 m² sera
- 400 spa tesisi

jeotermal enerjiyle ısıtılmaktadır [8].

Türkiye'de jeotermal uygulamalar 2000'li yılların başından itibaren hız kazanmış, Tablo 2'de görüldüğü üzere, 2002 yılında ısıtma ve termal kullanım için kullanılan kapasite 675 MWt iken 2017 yılında bu değer 2843 MWt'ye yükselerek artış göstermiştir. 2002 yılında elektrik üretimi için kullanılan kurulu güç miktarı 15 MWe'den (megawatt elektrik), elektrik üretimine elverişli jeotermal sahaların keşfedilmesi ve yapılan jeotermal enerji santrali yatırımlarıyla bugün 861 MWe'ye yükselmiştir.

Tablo 2. Türkiye'de Jeotermal Uygulamalar [9]

Kullanım Yeri	2002	2013	2017
Elektrik Üretimi	15 MWe	311 MWe	861 MWe
Konut Isıtması	275 MWt	813 MWt	1033 MWt
Sera Isıtması	100 MWt	600 MWt	760 MWt
Termal Kullanım	300 MWt	600 MWt	1050 MWt

3. TÜRKİYE'DEKİ JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

Jeotermal enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi amacıyla çeşitli teknolojilerden faydalanılmaktadır. Bu teknolojileri kuru buhar, buhar püskürtmeli ve binary santraller olmak üzere 3 ana başlıkta toplamak mümkündür. Elektrik üretimi için kullanılan en basit ve en ucuz çevrim Direkt-Buharlı çevrimdir. Bu tip santraller genellikle buhar ağırlıklı rezervuarlarda kullanılmaktadır. Buhar püskürtmeli sistemler, artezyen kuyulardaki buhar ve sıvı fazdan oluşan iki fazlı bir akışkanı kullanmaktadır. Sıvı faz ve buhar fazı arasındaki yoğunluk farkı sayesinde, fazlar santrifüj hareket yardımıyla ayrıştırılmaktadır. Yalnızca bir adet yüksek basınç türbininin kullanıldığı santraller tek kademe püskürtmeli, hem yüksek basınç hem de düşük basınç türbininin



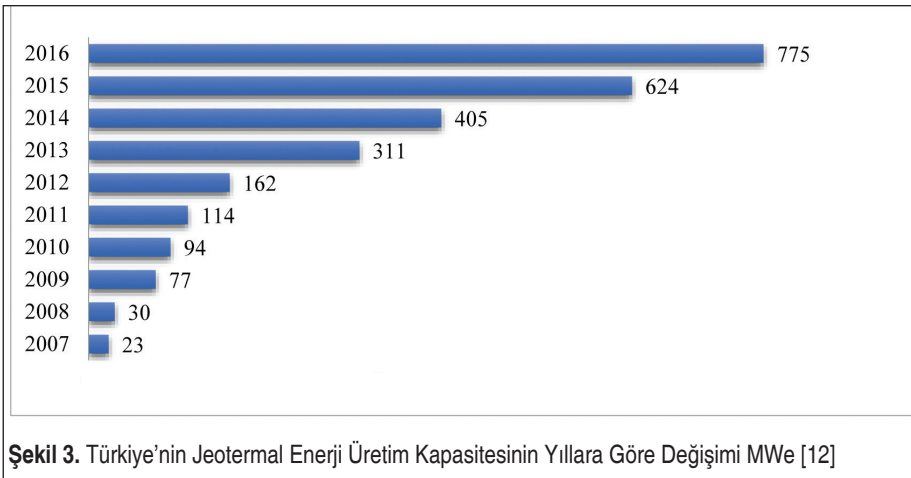
kullanıldığı santraller ise çift kademe püskürtmeli santraller olarak adlandırılmaktadır. Binary santraller ise çoğunlukla 85°C üstü ve 175°C altındaki jeotermal sistemler ve kuru sıcak kayalık sistemlerinin akışkanları için en verimli çevrimler olarak kabul edilmektedir [10]. Türkiye’de işletmede olan jeotermal enerji santralleri “Doğrudan Buharlaşma – Yoğuşma Çevrimli Santral” (Flash-F) ve “İki Akışkan Çevrimli Santral” (Binary-B) olarak iki farklı tiptedir.

Türkiye jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üretimine ilk olarak 1974 yılında Kızıldere Sahasında Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından 0.5 MWe gücünde bir pilot türbinde deneme amaçlı olarak başlanmış, ticari anlamda ilk elektrik üretimi ise 15 MWe kurulu güce sahip Kızıldere jeotermal santralinde 1984 yılında TEAŞ tarafından gerçekleştirilmiştir [11]. Ülkemizde bugün itibarıyla toplam kurulu gücü 861 MWe olan aktif durumda toplam 33 adet jeotermal enerji santrali bulunmaktadır. Elektrik üretimi için farklı teknolojileri kullanan jeotermal enerji santralleri kurulu güçlerine göre Tablo 3’te sıralanmıştır.

Tablo 3. Aktif Durumdaki Jeotermal Enerji Santralleri [8]

No	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç (MWe)	Santral Tipi	İşletmeye Alınma Yılı
1	Efeler	Aydın	Gürüş Holding	115	Binary	2014
2	Kızıldere 2	Denizli	Zorlu Enerji	80	Flash+Binary	2013
3	Pamukören	Aydın	Çelikler Enerji	68	Binary	2013
4	Galip Hoca	Aydın	Gürüş Holding	47	Flash	2009
5	Alaşehir	Manisa	Zorlu Enerji	45	Flash+Binary	2015
6	Maren	Aydın	Kıpaş Holding Enerji Grubu	44	Binary	2011
7	Dora 3	Aydın	MB Holding	34	Binary	2014
8	Greeneco	Denizli	Greeneco Enerji	26	Binary	2016
9	Enerjeo	Manisa	Enerjeo Kemaliye Enerji Üretim	25	Binary	2016
10	Mehmethan	Aydın	Kıpaş Holding Enerji Grubu	25	Binary	2016
11	Deniz	Aydın	Kıpaş Holding Enerji Grubu	24	Binary	2012
12	Ken Kıpaş	Aydın	Kıpaş Holding Enerji Grubu	24	Binary	2015
13	Kerem	Aydın	Kıpaş Holding Enerji Grubu	24	Binary	2014
14	Kubilay	Aydın	Çevik Grup	24	Binary	2016

15	Türkerler Alaşehir 2	Manisa	Türkerler Holding	24	Binary	2016
16	Türkerler Alaşehir	Manisa	Türkerler Holding	24	Binary	2014
17	Özmen 1	Manisa	Özmen Holding, Sis Enerji	24	Binary	2016
18	Pamukören 2	Aydın	Çelikler Enerji	23	Binary	2013
19	Pamukören 3	Aydın	Çelikler Enerji	23	Binary	2013
20	Dora 4	Aydın	MB Holding	17	Binary	2016
21	Kızıldere	Denizli	Zorlu Enerji	15	Flash	1984
22	Gümüşküy	Aydın	BM Holding Enerji Grubu	13	Binary	2013
23	Karkey Umurlu	Aydın	Karadeniz Enerji	12	Binary	2015
24	Umurlu 2	Aydın	Karadeniz Enerji	12	Binary	2015
25	Maspo Enerji JES 4	Aydın	Gürmen Group, Maspo Enerji	10	Binary	2013
26	Ken 3	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	9,8	Binary	2016
27	Dora 2	Aydın	MB Holding	9,5	Binary	2010
28	Babadere	Çanakkale	MTN Enerji	8	Binary	2015
29	Dora 1	Aydın	MB Holding	7,95	Binary	2006
30	Sultanhisar	Aydın	Çelikler Enerji	7,5	Binary	2017
31	Tuzla	Çanakkale	Enda Enerji	7,5	Binary	2010
32	Bereket	Denizli	Bereket Enerji	6,85	Binary	2008
33	Tosunlar	Denizli	Akça Enerji	3,81	Binary	2015





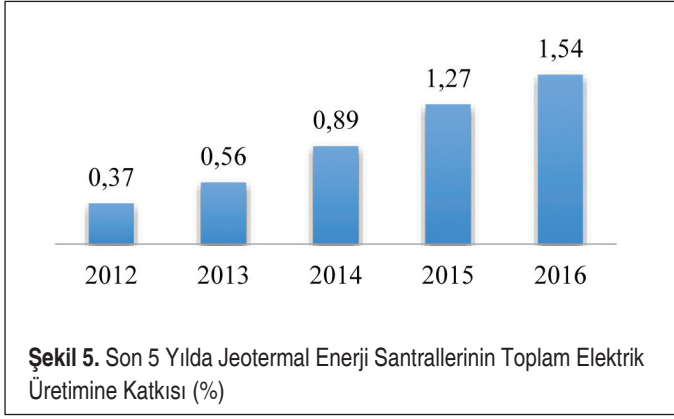
Şekil 3'te görüldüğü üzere, 2007 yılında 23 MWe olan kurulu güç, 10 yılda 752 MWe artarak 2016 yılında 775 MWe'ye ulaşmıştır. Önümüzdeki yıllarda devreye girmesi planlanan; kurulumu devam eden 109 MWe, üretim lisansı alınan 254 MWe, önlisans alınan 432 MWe ve proje aşamasında 144 MWe olmak üzere toplam kurulu gücü 939 MWe olan jeotermal enerji santrallerinin devreye girmesiyle, jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisi miktarı artış gösterecektir [8].

Şekil 4'te Türkiye'de jeotermal enerji santrallerinin kurulu gücünün, elektrik üretiminde kullanılan toplam kurulu güce göre son 5 yıldaki değişimi gösterilmektedir. Buna göre; 2012 yılında 57059 MW'nin 162 MW'sini, 2013 yılında 64007 MW'nin 311 MW'sini, 2014 yılında 69520 MW'nin 405 MW'sini, 2015 yılında 72863 MW'nin 624 MW'sini ve 2016 yılında 77737 MW toplam kurulu gücün 775 MW'sini jeotermal enerji santralleri oluşturmuştur. 2012 yılında jeotermal kaynaklı üretim kurulu gücünün toplam kurulu güç içerisindeki payı 2012 yılında %0,28 iken %0,71 artışla 2016 yılında %0,99 olmuştur [13, 14, 15].

Jeotermal enerji santrallerinin elektrik enerjisi üretim miktarı da kurulu gücün artmasıyla birlikte günden güne artış göstermektedir. Ülkemizde 2012 yılında üretilen 239947 GWh elektrik enerjisinin 899 GWh'ı, 2013'te üretilen 241730 GWh'ın 1364 GWh'ı, 2014 yılında üretilen 251960 GWh'ın 2252 GWh'ı, 2015 yılında üretilen 261330 GWh'ın 3318 GWh'ı ve 2016 yılında üretilen 272560 GWh elektrik enerjisinin 4214 GWh'ı jeotermal enerji santralleri tarafından üretilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi, jeotermal enerji santrallerinin toplam elektrik üretimine katkısı 2012 yılında %0,37 iken %1,17 artışla 2016 yılında %1,54 olmuştur [13, 14, 15].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması,





atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi amacıyla; Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin 5346 sayılı Kanun 18.05.2005 tarihli 25819 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretmek isteyen yatırımcılara Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması kapsamında çeşitli mali destekler sağlanmaktadır. Tablo 4’te enerji türlerine göre son 5 yıldaki YEKDEM katılımcı sayıları gösterilmiştir. 2016 yılı itibarıyla YEKDEM’den faydalanan jeotermal enerji santrali sayısı 20’ye ulaşmıştır.

Tablo 5’te enerji türlerine göre YEKDEM kullanıcıların son 5 yıldaki kurulu gücü gösterilmiştir. Buna göre; 2012 yılında YEKDEM kullanıcısı olan jeotermal enerji santrallerinin kurulu gücü 72 MW, 2013’te 140 MW, 2014’te 228 MW, 2015’te 389 MW ve 2016 yılında 599 MW olarak kayda geçmiştir. 2016 yılında YEKDEM kullanıcılarının toplam kurulu gücünün %3.97’sini jeotermal enerji santralleri oluşturmuştur.

Tablo 4. Son 5 Yıldaki YEKDEM Katılımcı Sayıları [15]

Enerji Türü	2012	2013	2014	2015	2016
Hidrolik	44	14	40	126	388
Rüzgar	22	3	21	60	106
Biyokütle	8	15	23	34	42
Jeotermal	4	9	9	14	20
Genel Toplam	78	38	93	234	556

**Tablo 5.** YEKDEM Kullanıcılarının Son 5 Yılda Kurulu Gücü (MW) [15]

Enerji Türü	2012	2013	2014	2015	2016
Hidrolik	930	217	598	2116	9960
Rüzgar	685	76	825	2732	4319
Biyokütle	73	101	147	185	203
Jeotermal	72	140	228	389	599
Genel Toplam	1760	534	1798	5422	15081

Tablo 6. YEKDEM Kullanıcılarının Son 5 Yılda Elektrik Üretimi (GWh) [15]

Enerji Türü	2012	2013	2014	2015	2016
Hidrolik	2296	528	1072	5683	25520
Rüzgar	2081	234	2378	8275	14163
Biyokütle	374	750	925	1050	1306
Jeotermal	487	857	1436	2710	3706
Genel Toplam	5238	2369	5811	17718	44695

Tablo 6'da enerji türlerine göre YEKDEM kullanıcılarının son 5 yıldaki elektrik üretimi gösterilmiştir. Buna göre; 2012 yılında YEKDEM kullanıcısı jeotermal enerji santrallerinden 374 GWh, 2013'te 857 GWh, 2014'de 1436 GWh, 2015'de 2710 GWh ve 2016 yılında 3706 GWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Üretilen enerji miktarı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen düzensiz enerji miktarına göre sürekli artış göstermiştir. 2016 yılında YEKDEM kullanıcıları tarafından üretilen toplam elektrik miktarının %8.3'ü jeotermal enerji santralleri tarafından karşılanmıştır.

4. JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRE

Fosil yakıtların yanmasıyla açığa çıkan CO₂ gazı atmosfere karışarak dünya üzerinde sera etkisi yaratmaktadır. Güneşten gelen ışınlar yeryüzünden yansdıktan sonra atmosfer dışına çıkamayarak dünyanın sıcaklığını artırmaktadır. Meydana gelen sıcaklık artışı, buzulların erimesi, kış mevsimlerinde kar yağmaması gibi çeşitli iklim değişikliklerine, yani küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınmanın önüne geçmek için CO₂ emisyon miktarının azaltılması gerekmektedir. CO₂ emisyonu etkin enerji yönetimiyle sağlanacak verimli enerji kullanımıyla azaltılabilir. Fakat bu yön-

tem küresel ısınmayı tam anlamıyla önlemek için yeterli değildir. Küresel ısınmayı tam anlamıyla önlemek amacıyla konvansiyonel fosil yakıt kaynaklı enerji üretim yöntemleri bilhassa termik santral yöntemi terk edilerek, kaynağı tükenmeyen ve çevre dostu olan rüzgar, hidrolik, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklı enerji üretim yöntemleri benimsenmelidir. Jeotermal enerji santralleri, proseslerinde yanma reaksiyonu olmamasına rağmen jeotermal akışkan bünyesindeki CO₂ nedeniyle az miktarda CO₂ emisyonu oluşturmaktadır.

Enerji kaynakları içerisinde önemli paya sahip olan kömürün yakılması durumunda oluşacak CO₂ miktarı ile jeotermal enerjinin kullanımı halinde oluşacak CO₂ miktarı Tablo 7’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 7. Kömür ve Jeotermal Enerji CO₂ Emisyonları [16]

Jeotermal Üretim (MWt)	Mcal Karşılığı	Kömür Karşılığı (t/h)	Jeotermal CO ₂ Emisyonu (t/h)	Kömür CO ₂ Emisyonu (t/h)	Kömür CO ₂ Emisyon Fazlalığı (t/h)
3042,91	2616902,6	1090,3	0,76	1595,2	1594,4 t/h
Kömür 4000 Kcal, kazan verimi %60, jeotermal akışkandan CO ₂ çıkışı %0,15, kömür bünyesindeki elementer C %39,9 olarak kabul edilmiştir. (3042,91 lt/sn jeotermal üretim)					

Bu karşılaştırmada görüldüğü üzere, kömür yerine jeotermal enerji kullanılması halinde saatte 1594,4 ton daha az CO₂ oluşmaktadır. Bu hesaplamada kömürden çıkan element sadece elementer C olarak, jeotermalden çıkan ise CO₂ olarak ele alındığı halde bu şekilde bir sonuçla karşılaşılmaktadır. Ayrıca jeotermal akışkan içerisinde CO₂ uygun teknoloji kullanıldığı halde buz veya sıvı CO₂ olarak elde edilerek ticari kullanıma sunulabilmektedir [16].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

2016 yılı sonu itibarıyla ülkemizin toplam kurulu gücü 78497,4 MW’a ulaşmış, brüt elektrik enerjisi talebi bir önceki yıla göre yaklaşık %4,7 artarak 278,3 milyar kWh olmuş ve puant güç talebi ise 44733,9 MW olarak gerçekleşmiştir. Toplam 273,4 milyar kWh üretim gerçekleştirilirken 6,4 milyar kWh ithalat yapılmış, arz edilen toplam elektrik enerjisinden ise 1,4 milyar kWh ihracat gerçekleştirilmiştir [17]. Türkiye enerji sorunu yaşayan ülkeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Enerji üretimi ve arzıyla ilgili veriler bu durumu açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Mevcut kaynaklarından elde ettiği enerjiden fazlasını tüketen ve enerji ithal eden Türkiye, enerji kaynaklarını geliştirmek ve üretim kapasitesini artırmak zorundadır. Fosil yakıt rezervlerinin tükenmek üzere olduğu ve tüketimin sürekli arttığı fakat üretimin yetersiz kaldığı bu durumda ülkemizin dışa bağımlılığını azaltmak için bünyesindeki



yenilenebilir enerji potansiyelinin verimli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ülkemizdeki jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili öneriler ve dikkat edilecek hususlar aşağıdaki gibidir.

1. Ülkemizin jeotermal enerji potansiyeli devlet destekli jeotermal tesis yatırımlarıyla değerlendirilmeli ve jeotermal enerji santrallerinin elektrik üretimindeki katkısı artırılmalıdır.
2. Bu alandaki nitelikli personel ihtiyacını karşılamak için lisansüstü eğitim programları yaygınlaştırılmalı ve jeotermal sahaların yoğun olduğu bölgelere AR-GE merkezleri kurulmalıdır.
3. Jeotermal enerji kaynaklı elektrik üretimi ve ısınma konularında, referans niteliğinde enerji üretim stratejisi ve yol haritası hazırlanmalı, ülke genelinde uygulanması zorunlu uygulama esasları ve standartlar oluşturulmalıdır.
4. Bu alandaki yatırımların planlanması, projelendirilmesi, işletilmesi ve izlenmesi için Jeotermal Enerji Genel Müdürlüğü gibi bir kamu kurumuna ihtiyaç vardır.
5. Ülkemizdeki jeotermal enerji kaynaklarının çoğunluğu tektonik hareketlerin yaşandığı fay hatlarına yakın bölgelerde konumlanmış durumdadır. Bu bölgelere kurulacak enerji santralleri depreme dayanıklı olacak şekilde inşa edilmelidir.
6. Fosil yakıt kaynaklı enerji santrallerine kıyasla daha çevreci olan jeotermal enerji santrallerinde enerji kaynağı olarak jeotermal akışkan içerisinde bulunan minerallerin çevreye ve yer altı sularına zarar vermemesi için, çevrim sonrasında akışkan reenjeksiyon uygulamasıyla rezervuara yeniden beslenmelidir.

KAYNAKÇA

1. **Akkoyunlu, A.** 2006. "Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri," Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu Bildiri Kitabı, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, s.131-145.
2. **Külekcı, Ö. C.** 2009. "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi." Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, sayı 1 (2), s. 83-91.
3. **Çukurçayır, M. A., Sağır, H.** 2008. "Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları," Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, sayı 20, s. 257-278.
4. **Kendirli, B., Çakmak, B.** 2009. "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı," Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, sayı 2 (1), s. 95-103,
5. **Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç.** 2001. "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli," Jeotermal Enerji Semineri Bildiri Kitabı, İzmir, s. 21-28.
6. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. 2017. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılımı

ve Uygulama Haritası, Enerji Haritaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

7. **Şimşek, N.** 1998. “Enerji Sorununun Çözümünde Jeotermal Enerji Alternatifi,” Ekoloji ve Çevre Dergisi, cilt 8, sayı 29, s. 15-20.
8. **Kaya, T.** 2016. Jeotermal Enerji: Türkiye’nin Enerji Görünümü, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Oda Raporu, Yayın No: 659, Ankara, s. 247-254.
9. **Türkyılmaz, O. Bayrak, Y., Aytaç, O.** 2017. Türkiye’de Enerji Görünümü Panel Bildirisi Kitabı, ODTÜ MD, Ankara, s. 99-105.
10. **Arslan, O.** 2008. “Kütahya-Simav Jeotermal Kaynaklarının Hassas Değerlendirmesi: Entegre Sistem Tasarımı ve Enerji-Ekserji Analizleri,” Doktora Tezi, Eskişehir Osman-gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
11. **Akkuş, İ., Alan, H.** 2016. Türkiye’nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar ve Öneriler Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No: 123, Ankara.
12. Geothermal Energy Capacities IRENA. 2017. Renewable Capacity Statistics 2017, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
13. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. 2014. Elektrik Piyasası 2013 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara, s. 55.
14. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. 2015. Elektrik Piyasası 2014 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara, s. 56.
15. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. 2017. Elektrik Piyasası 2016 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara, s. 97.
16. **Koçak, A.** 2005. “Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli,” TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Beşinci Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, Ankara, s. 217-233.
17. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. 2017. 2016 Yılı Türkiye Elektrik İletimi Sektör Raporu, Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ankara, s. 18.