

## Türkiye'nin Jeotermal Enerjide Mevcut Durumu ve Potansiyeli

Ali Durmuş<sup>1\*</sup>, Ercan Karaköse<sup>2</sup> ve Abdulkadir Dağlı<sup>1+</sup>

<sup>1</sup>Elektrik ve Enerji Bölümü, Meslek Yüksekokulu, Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup>Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri, Meslek Yüksekokulu, Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

\*Corresponding author: [alidurmus@kayseri.edu.tr](mailto:alidurmus@kayseri.edu.tr)

+Speaker: [abdulkadirdagli@kayseri.edu.tr](mailto:abdulkadirdagli@kayseri.edu.tr)

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

**Özet** – Dünyadaki nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojinin hızlı gelişmesine bağlı olarak enerjinin tüketimi de aynı ölçüde artmıştır. Mevcut fosil yakıt rezervlerinin bu tüketim sonucunda bir gün bitecek olması gerçeği ortadayken ülkelerin yeni nesil yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak enerji ihtiyaçlarını karşılama istediği de kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye duyarlı ve sınırsız enerji kaynakları oluşu da bu kaynakları gelecekte çok daha değerli hale getirecektir. Kömür, petrol, doğal gaz gibi kaynakları tükenen enerji, hidrolik, rüzgâr, güneş, biyogaz ve jeotermal gibi kaynakları da tükenmeyen kaynaklar olarak ifade edebiliriz. Bu çalışmada dünyada sayılı kaynak rezervlerinden birine sahip olan ülkemizdeki jeotermal enerji kaynaklarının literatür bilgileri incelenerek, bu kaynaktan faydalanmanın ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını azaltması için çeşitli tespit ve önerilere yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Yenilenebilir enerji kaynakları, jeotermal enerji, yeşil enerji, sürdürülebilirlik, elektrik enerjisi üretimi

### I. GİRİŞ

Uygun jeolojik koşullar oluştuğunda yer kabuğunun değişik mesafelerinde doğal olarak oluşup ve kendiliğinden yeryüzüne çıkan, sağlıktan enerjiye kadar pek çok alanda kullanılan soğuk ve sıcak doğal sular, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'na göre jeotermal kaynak olarak tanımlanmaktadır [1]. Başka bir ifadeyle, magma tabakasına yakın sıcak bölgelerden yeryüzüne doğru çıkış yapan ve yerkürenin iç ısıyı olarak, jeotermal enerjiyi tanımlayabiliriz. Yeraltında ısınan bu sular şifalı su kaynakları, konut ısıtma ve elektrik üretme gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Dünyada petrol krizinden hemen sonra farklı enerji kaynakları arayışı artış göstermiştir. Jeotermal enerji de bu dönemde ilgiyi üzerine çekerek özellikle hamam sularının ısıtılması gibi teknolojik olmayan alanlarda eski tarihlerden günümüze kadar bu amaç için kullanılmaktadır [2]. Yenilenebilir ve özkaynak enerjilerimizden olmasının yanı sıra çevreci ve ucuz oluşu jeotermal enerjinin önemli avantajlarındandır. Aktif tektonik kuşak üzerinde olan ülkemiz jeotermal enerji kaynağı açısından dünyada sayılı ülkelerdendir. Ülkemizde yaygın olarak Batı Anadolu olmak üzere hemen hemen her bölgesinde yüzlerce doğal çıkışlı jeotermal kaynaklar vardır [3]. Ülkemizde mevcut olan jeotermal kaynaklarımızın büyük bir oranı yaklaşık %90'ı düşük sıcaklıklarda olmasından dolayı termal turizm ve ısıtma amaçlı, ancak %10' u kadar kısmı da elektrik enerjisi üretimi için kullanılmaktadır. 1975 yılında 0,5 MWe gücünde olan Kızıldere Santrali Denizli'de kurularak üretime başlamıştır. 2018 yılı enerji verilerine göre dünyadaki jeotermal enerji kurulu gücü 14.369 GWe seviyelerindedir. Ülkemiz, Amerika, Filipinler ve Endonezya'nın ardından dünyadaki jeotermal enerji üretimi yapan beşinci ülke konumundadır [3]. Bu çalışmada hem dünyada hem de ülkemizde oldukça önemli bir yere sahip olan jeotermal enerji kaynaklarının tarihsel gelişimine, ülkemizdeki potansiyeline, jeotermal enerjinin mevcut durumuna ve çevresel etkilerine yer verilmiş ayrıca yerli bir kaynak olan bu

enerjinin ülkemiz için jeopolitik öneme sahip olduğu gerçeği belirtilmiştir.

### II. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya üzerinde doğal olarak bulunabilen ve kendini sürekli olarak yenileyebilen enerji kaynağına yenilenebilir enerji diyoruz [4]. Doğal olarak yeryüzünde bulunması, diğer tüm kaynaklara göre yenilenebilir enerjiyi farklı kılmaktadır. Ayrıca yerli bir kaynak oluşundan dolayı enerjide dışa bağımlı olunmama özelliği, çevresel etkilerinin az olması yenilenebilir enerjinin önemini bir kat daha artırmaktadır. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgâr, güneş, jeotermal, hidrolik ve biyokütle enerjileri sayılabilir. Tablo 1'de yenilenebilir enerji çeşitleri ve bu enerjilerin kaynakları liste halinde verilmiştir [5].

Tablo 1. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri Ve Bu Enerjilerin Kaynakları

Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	Enerji Kaynağı
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

Dünyada ve ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları yüksek potansiyele sahip olmasına rağmen, en fazla tüketilen enerji kaynakları sırasıyla petrol, kömür ve doğal gaz olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklı

elektrik üretim santrallerine verdikleri yatırım desteğiyle birlikte son yıllarda yenilenebilir kaynaklı elektrik üretim santralleri de artmaktadır. Türkiye, jeotermal enerji kaynağı konusunda dünyanın en şanslı ülkelerindedir. Tablo 2'de görüldüğü gibi 2019 yılı verilerine göre ülkemizde 1.272,62 MW Kurulu güce sahip jeotermal elektrik santrali elektrik üretimi yapmaktadır [6].

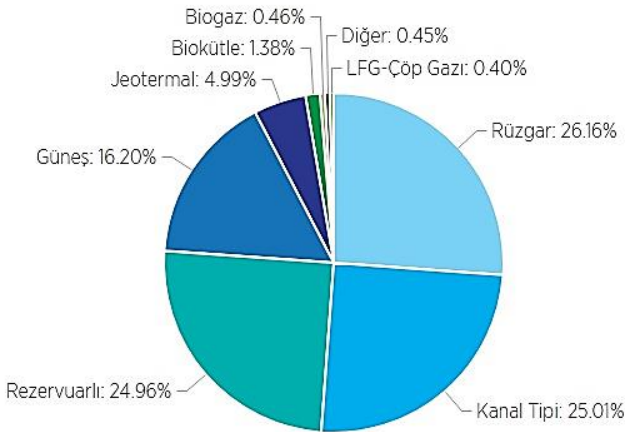
Tablo 2. Ülkemizdeki yenilenebilir enerji santrallerinin üretim miktarları

Kaynak	Lisanslı Kurulu Güç (MW)	Lisanssız Kurulu Güç (MW)	Toplam(MW)
Rüzgar	6.631,55	51,97	6.683,52
Kanal Tipi	6.355,77	21,02	6.376,79
Rezervuarlı	6.367,80	0,00	6.367,80
Güneş	0,00	4.136,52	4.136,52
Jeotermal	1.272,62	0,00	1.272,62
Biokütle	322,03	29,72	351,75
Biogaz	92,77	23,24	116,01
Diğer	0,00	115,84	115,84
LFG-Çöp Gazı	101,18	0,00	101,18
Toplam	21.143,72	4.378,31	25.522,03

Tablodan da görüldüğü üzere jeotermal enerji santrali yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten santrallerimiz arasındaki üretim oranı yaklaşık %5 civarındadır. Bu oran jeotermal enerji kaynağı açısından dünyada sayılı kapasiteye sahip olan ülkemiz için düşük bir değerdir.

Yenilenebilir enerji kaynakları 2019 yılı için jeotermal santrallerin diğer santrallere göre toplam elektrik enerjisi üretimindeki payını gösteren değerler Grafik 1'de verilmiştir [6]. Grafikten görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi istenilen seviyede değildir. Jeotermal enerji potansiyeli yüksek olan ülkemizin bu enerji kaynağını elektrik enerjisi üretimi için etkin bir şekilde kullanması gerekmektedir.

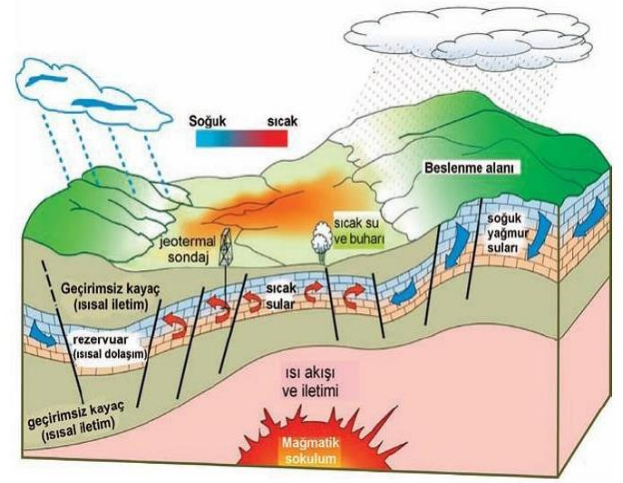
Grafik 1. Ülkemizdeki yenilenebilir enerji santrallerinin üretim oranları



### III. JEOTERMAL ENERJİ

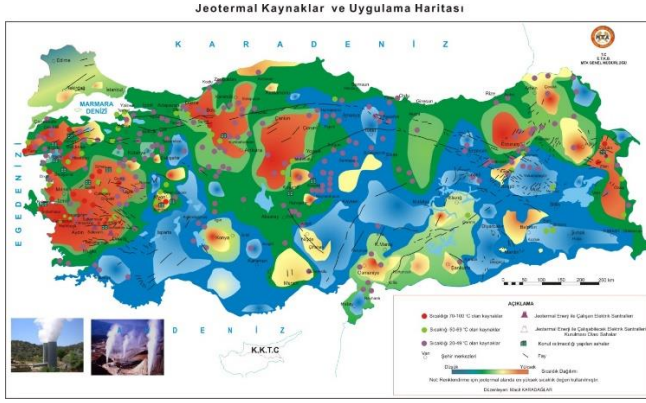
Yunanca kökenli dünya anlamına gelen "geo" ve ısı anlamına gelen "termal" kelimelerinin birleşmesiyle "Jeotermal" terimi oluşmuştur [7]. Bu enerji yerkürenin altında bulunan ve günümüzde çok değerli kabul edilen bir enerji çeşididir. Jeotermal enerji kaynağı olarak yüzyıllardır su

ve ısınma amaçlı kullanıldığı gibi tıbbi tedaviler için de kullanılmıştır [8]. Jeotermal enerjiyi bilimsel olarak ifade edecek olursak; dünyanın yeraltı katmanlarında bulunan ve yeryüzü su kaynaklarının sızmasıyla yeraltında biriken ve yeraltı ısısından beslenen farklı bölgelerde farklı sıcaklıklarda bulunan su ve buhardan oluşan sıcak su kütlelerine denir [9]. Jeotermal enerji, doğrudan ve dolaylı olarak iki şekilde kullanılmaktadır. Genel olarak 150°C 'den düşük sıcaklıklarda jeotermal enerji doğrudan ilgili alanlarda kullanılmaktadır. Doğrudan kullanım alanları, sera ısıtma sistemleri, endüstriyel ısıtma, tarımsal ürün kurutma sistemleri ve kaplıca alanları doğrudan kullanım alanları olarak sayılabilir. Dolaylı kullanım ise jeotermal enerjiden faydalanarak elektrik enerjisi üretme şeklindedir [10]. Şekil 1' de ideal bir jeotermal sistem modeli görülmektedir. Bu modelden de görüldüğü üzere Jeotermal sistem bileşenleri içinde ısı kaynağı hariç diğer tüm faktörler sisteme sonradan ilave edilebilir [11].



Şekil 1. İdeal bir jeotermal sistem modeli

Ülkemizde jeotermal enerji uygulaması ilk olarak 1975 senesinde MTA (Maden Tetkik ve Arama) Genel Müdürlüğü bünyesinden 0,5 MW gücünde Kızıldere Elektrik Santrali olarak kurulmuştur. Yapılan ölçüm ve testler neticesinde ülkemizin jeotermal enerji potansiyeli 31.5 MW kadardır. Bu alanların büyük bir kısmı Batı Anadolu'da, %9 kadarı İç Anadolu'da, %7 kadarı Marmara'da, %5'i Doğu Anadolu'da ve kalan küçük bir oranda diğer bölgelere dağılmıştır. Mevcut jeotermal enerji kaynağımızın çok büyük bir kısmı düşük ve orta sıcaklıktadır. Bu sıcaklık seviyelerinde jeotermal enerjiden doğrudan yararlanılmaktadır. %10 kadar olan miktarda dolaylı uygulamalar dediğimiz elektrik üretimi için uygun olduğu tespit edilmiştir. 1962 yılında Jeotermal kaynakları arama çalışmaları başlamış 287,5 °C de yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar tespit edilmiştir. 2004 yılından sonra jeotermal kaynak araştırmaları yeni bir ivme kazanmış ve sondajlarla yapılan araştırmalar neticesinde 2.000 metrelerde aramalar yapılırken bu seviye 28.000 metre seviyelerine kadar artırılmıştır. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu 2008 yılında yürürlüğe girerek özel sektörün de jeotermal aramalara dahil edilmesiyle toplam jeotermal ısı miktarı 15.500 MWt seviyelerine ulaşmıştır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Ülkemizin Jeotermal Kaynakları ve Uygulama Haritası Şekil 2'de görülmektedir [12].



Şekil 2. Ülkemizin Jeotermal Kaynakları ve Uygulama Haritası

150 °C'den büyük sıcaklığa sahip jeotermal kaynaklar yüksek sıcaklıklı kabul edilip elektrik enerjisi üretimi için uygun kaynaklardır. Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynağın kullanım alanlarını klasik Lindal Diyagramı ile tespit edebiliriz. İzlanda'lı kimya mühendisi Baldur Lindal yaptığı araştırmalarla jeotermal enerji alanında detaylı incelemeler yapmış ve bu enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanılmasına yönelik yardımcı olacak kendi adını verdiği bir diyagram geliştirmiştir. Lindal Diyagramı'na göre jeotermal enerjinin endüstriyel alanlardaki kullanımı için bir yol gösterici olmuştur. Tablo 4'te Lindal Diyagramı görülmektedir [11].

Tablo 4. Jeotermal kaynağın sıcaklığına göre endüstriyel kullanım yerleri

Sıcaklık (°C)	Jeotermal Akışkanın Kullanım Alanları
180°C	Elektrik enerjisi üretimi, amonyak absorpsiyonu ile soğutma, yüksek konsantrasyonda buharlaştırma, kağıt sanayi
170°C	Elektrik üretimi, ağır su ve hidrojen sülfid prosesleri, diatomik malzeme kurutma
160°C	Konvensiyel güç üretimi, kereste ve balık kurutma
150°C	Konvensiyel güç üretimi, Bayer yöntemi ile alüminyum eldesi
140°C	Konvensiyel güç üretimi, tarım ürünlerinin hızlı kurutulması
130°C	Konvensiyel güç üretimi, şeker rafinasyonunda buharlaştırma
120°C	Distilasyon ile temiz su eldesi, tuz elde edilmesi, şeker sanayi, damıtma prosesleri
110°C	Çok yönlü buharlaştırma, yün yıkama ve kurutma, çimento kurutulması
100°C	Meyve, sebze ve küspe kurutma
90°C	Hacim ısıtılması
80°C	Lityum bromür yöntemi ile soğutma
70°C	Endüstri proses suyu
60°C	Sera, ahır, kümes ısıtılması
50°C	Mantar yetiştirme
40°C	Toprak ısıtma
30°C	Yüzme havuzları, turizm, sağlık amaçlı banyolar
20°C	Balık çiftlikleri

Makine Mühendisleri Odası'nın hazırladığı Türkiye'nin enerji görünümü raporuna göre yakıt cinslerine göre hesaplanan elektrik üretiminin birim maliyeti maliyeti (ABD dolar-sent/kWh) olarak hesaplanmış ve elde edilen bilgilere göre jeotermal enerji kaynaklarından yararlanarak kurulacak jeotermal elektrik üretim santrallerinin elektrik üretim birim maliyetleri diğer santrallere göre oldukça karlı durumdadır.

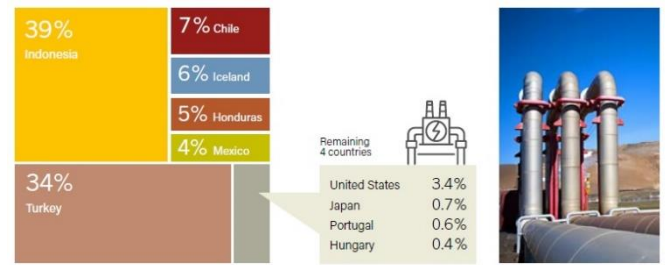
Tablo 5'de kullanılan kaynak cinsine göre elektrik üretimi birim fiyatları görülmektedir (ABD dolar-sent/kWh) [13].

Tablo 5. Kullanılan kaynak cinsine göre elektrik üretimi birim fiyatları

Santral Yakıt/Kaynak Türü	Üretim Maliyeti (\$/kWh)
Kömür	0,11 – 0,12
Doğal Gaz	0,053 – 0,11
Nükleer	0,096
Rüzgar	0,044 – 0,20
Güneş (PV)	0,058
Güneş (Termal)	0,184
Jeotermal	0,05
Biyokütle	0,098
Hidrolik	0,064

Yenilenebilir Enerji Kaynakları 2018 Global Durum Raporu REN21 verilerine göre dünyadaki jeotermal enerji kapasitesi açısından Endonezya'dan sonra ikinci sırada olan ülkemizin bu kapasiteyi elektrik enerjisine dönüştürme kapasitesi açısından 4. Sırada yer aldığı belirtilmiştir. Tablo 6' dan görüldüğü üzere neredeyse dünyanın jeotermal kaynaklarının 1/3'ü ülkemizde bulunmaktadır [14].

Tablo 6. Yenilenebilir enerji kaynakları 2018 global durum raporu



#### IV. SONUÇ

Ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını azaltması için yerli kaynakları kullanmaya yönelmesi sürdürülebilir ve çevreci kalkınma için oldukça önemlidir. Günümüzde dünya genelinde yenilenebilir enerji kullanımı oranı yüzde 20 civarındadır. Geleneksel yakıtlardan faydalanarak elektrik üretme düzeyi hala yüksek olmasına karşın ilerleyen yıllarda bu oran yenilenebilir kaynaklar lehine değişecektir. Ülkemiz bulunduğu jeopolitik konumu itibarıyla hemen hemen bütün yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma şansına sahiptir. Literatür taramalarından edinilen bilgiye göre ekonomisi gelişmiş birçok devletle ülkemizin yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli karşılaştırıldığında çok daha fazla kaynak rezervlerine sahip olduğumuz görülmektedir. Bu kaynaklardan elektrik üretme noktasında istenilen düzeyde olmadığı söylenebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilginin artmasıyla enerjide dışa bağımlılığın azalacağı ve enerjide kendi kendine yetecek bir ülke olması mümkün olabilecektir.

#### KAYNAKLAR

- [1] (2019) Resmi Gazete, "Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu," 2007. Resmi Gazete, Kabul Tarihi: 3.6.2007, Kanun No:5686, Ankara.
- [2] F. Ç. Kılıç, "Geothermal Energy in Turkey", \*, Energy & Environment, vol.27, pp. 360-376, ISSN: 0958-305X, DOI: 10.1177/0958305X15627544, 2016.
- [3] (2019) T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı IEEE website. [Online]. Available: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>
- [4] (2019) Australian Renewable Energy Agency, website. [Online]. Available: <http://arena.gov.au/about-renewable-energy>
- [5] (2019) BBC, website. [Online]. Available: [http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/energy\\_resources/energy\\_rev2.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/energy_resources/energy_rev2.shtml)
- [6] (2019) Exist Platform website. [Online]. Available: <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/yekdem/kurulguc.xhtml>
- [7] U. İnce, "A Case Study of Material Testing For Corrosion In Low Temperature Geothermal Systems," The School of Engineering and Science of Izmir Institute of Technology, Master Thesis, Izmir, 2005.
- [8] F. Dur, "The Usage of Stochastic and Multicriteria Decision-Aid Methods Evaluating Geothermal Energy Exploitation Projects," The School of Engineering and Science of Izmir Institute of Technology, Master Thesis, Izmir, 2005.
- [9] E. Arslan, "Jeotermal Enerjiden Yararlanılarak Kuyu İçi Eşanjörü Yardımıyla Konut Isıtılması ve Sıcak Su İhtiyacının Karşlanması," Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2006.
- [10] J. W., Lund, & D. H. Freeston, "World-wide direct uses of geothermal energy 2000," *Geothermics*, vol.30(1), pp. 29-68, 2001.
- [11] A. Özdemir, "Jeotermal Enerji Ve Elektrik Üretimi," *Jeofizik Bülteni*, vol. 55, pp.300-310, 2007.
- [12] (2019) Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü website. [Online]. Available: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>
- [13] TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu, "Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018," Yayın No: MMO/691, Ankara, 2018.
- [14] (2019) Renewable Energy Policy Network for the 21st Century website. [Online]. Available: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf)