

**TR32 DÜZEY 2 BÖLGESİ
(AYDIN, DENİZLİ, MUĞLA)
JEOTERMAL KAYNAKLARI ve JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ
ARAŞTIRMA RAPORU**



İçindekiler

ÖZET	2
1. GİRİŞ	3
2. TR32 DÜZEY 2 BÖLGESİ JEOTERMAL SAHALARI.....	7
2.1 Aydın İli Jeotermal Sahaları.....	7
2.2 Denizli İli Jeotermal Sahaları.....	13
2.3 Muğla İli Jeotermal Sahaları	17
3. TR32 DÜZEY 2 BÖLGESİ JEOTERMAL SANTRALLERİ.....	18
SONUÇ.....	26
KAYNAKÇA:.....	27

ÖZET

Dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmını fosil yakıtlardan ve hidrolik kaynaklardan sağlamaktadır. Ancak fosil yakıtların giderek tükenmesi tüm dünyayı alternatif enerji kaynakları arayışına itmiştir. Jeotermal enerji, fosil yakıtlara alternatif enerji kaynakları arasında en önemlilerden birisi durumundadır.

Türkiye sahip olduğu jeotermal potansiyeli açısından diğer ülkeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır.

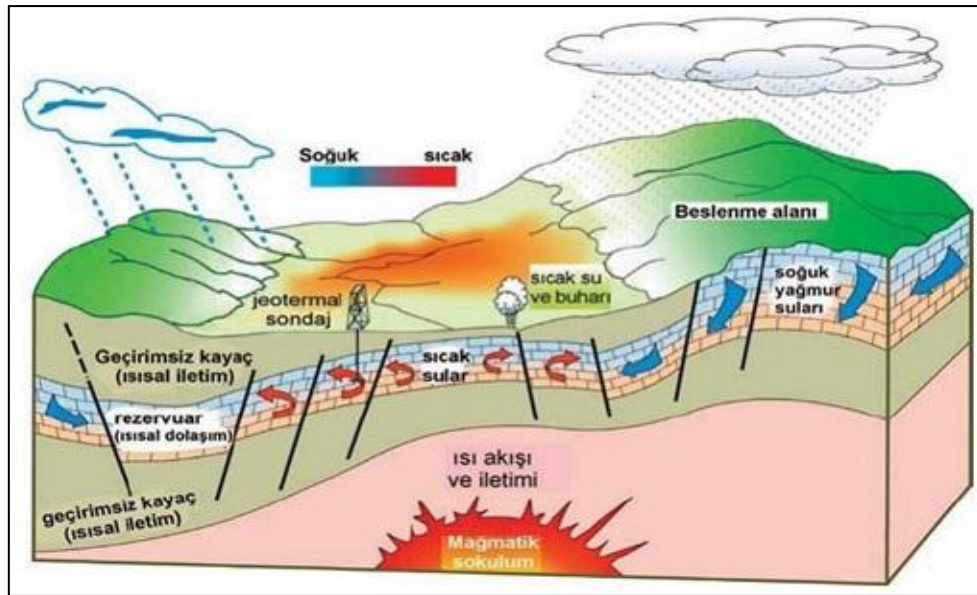
Türkiye'nin en önemli jeotermal bölgesi olan Büyük Menderes Havzası'nda yer alan TR32 Düzey 2 Bölgesi illerinden Aydın ve Denizli ülkenin jeotermal enerji potansiyelinin büyük bir kısmına sahiptir. Bölgede jeotermal enerjiden birçok alanda faydalanılmakta olup jeotermal enerjiden elektrik üretiminin önemli bir kısmı yine bu bölgeden sağlanmaktadır.

Bu çalışmada jeotermal enerjinin TR32 Düzey 2 Bölgesi'ndeki (Aydın-Denizli-Muğla) mevcut durumu bölgenin jeotermal kaynak sahaları ve jeotermal enerji santralleri konu başlıkları altında incelenmiştir.

1. Giriş

Jeotermal kaynak kısaca yer ısısı olup yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerji ise jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Jeotermal enerji yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmeyen, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür.

Yağmur, kar, deniz ve magmatik suların yeraltındaki gözenekli ve çatlaklı kayac kütlelerini besleyerek oluşturdukları jeotermal rezervuarlar, yeraltı ve re-enjeksiyon koşulları devam ettiği müddetçe yenilenebilir ve sürdürülebilir özelliklerini korurlar. Kısa süreli atmosferik koşullardan etkilenmezler.



Şekil 1. Jeotermal Sistem Modeli
Kaynak:(Özdemir,b.t)

Isı kaynağı, rezervuar ve ısıyı taşıyan akışkan jeotermal sistemi oluşturan üç ana unsurdur. Isı kaynağı derinlikle birlikte artan sıcaklık ya da yüzeye yakın yüksek sıcaklıklı magmatik sokulumlar olabilir. Jeotermal rezervuar ise sıcaklık ve jeokimyasal açıdan doğal bir denge içinde bulunup bir bütünlük ifade eden, değişik şekillerde dışardan beslenen yarı açık veya kapalı sıcak su ve/veya buhar üretim ortamıdır.

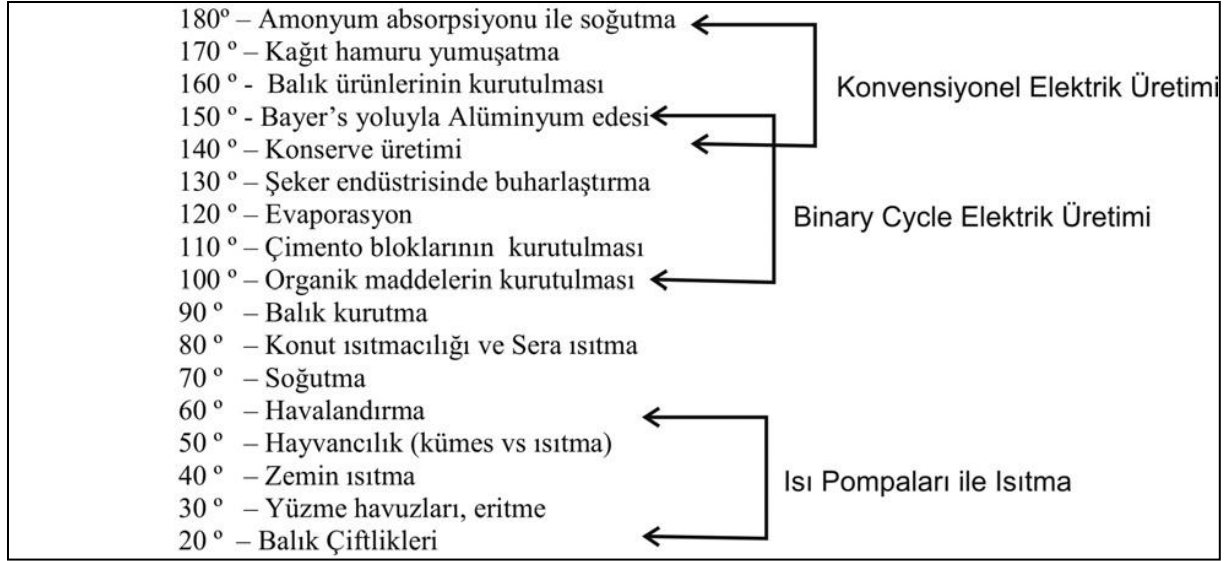
Rezervuarların üzerinde genellikle geçirimsiz tabakalar bulunmaktadır. Jeotermal akışkan ise kaynaktan elde edilen su, su buharı ve gazdır; sıcaklık ve basınca bağlı olarak buhar veya sıvı halde olabildiği gibi CO₂, H₂S gibi gazlar içerebilir.

Sıvının ısıyı iletmesi jeotermal sistemin mekanizmasını oluşturur. Isı iletimi (konveksiyon akım) sistemdeki sıvının ısınmasına ve termal genişlemesine neden olur. Düşük yoğunluklu ısınmış sıvı yükselerek yüksek yoğunluklu su ile yer değiştirir.

Jeotermal enerji kaynakları en çok jeotermal sıvının entalpisine (sıvının ısı içeriği) göre sınıflandırılır:

- Düşük 20-70°C
- Orta 20-150°C
- Yüksek 150°C den yüksek

olarak üç gruba ayrılmaktadır. Kaynağın sıcaklığına göre de jeotermal enerjinin kullanım alanları değişmektedir.



Şekil 2. Lindal Diyagramı
Kaynak:(Aksoy,2003)

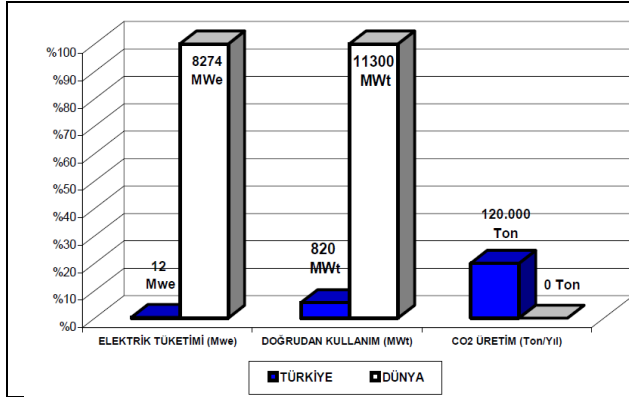
Elektrik üretiminde yüksek sıcaklıklı akışkanlar kullanılırken, düşük ve orta sıcaklıklı akışkanlardan ısıtmacılıkta yararlanılmaktadır.

MTA verilerine göre Türkiye'nin teorik jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MWt olarak kabul edilmektedir. "Yapılan yeni çalışmalar ışığında görünür jeotermal potansiyelde artışlar gözlenirken,olası jeotermal potansiyel için yeni bir sonuç getirilmemistir."(Yılmaz, b.t) Ülkemiz bu potansiyeli ile dünyada yedinci Avrupa'da ise birinci konumdadır. Türkiye'nin bugün jeotermal enerjiyi doğrudan kullanım kapasitesi 1.192 MWt'dir. Doğrudan kullanım açısından ise dünyada beşinci durumdadır. Bu jeotermal potansiyel elektrik üretimi, konut-sera ısıtması, termal turizm gibi alanlarda kullanılmaktadır.

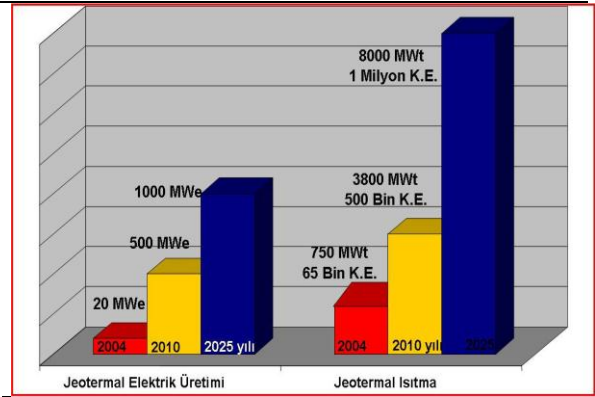
Tablo 1. Türkiye'deki Jeotermal Uygulamaların Karşılaştırılması ve 2013 Hedefleri

Kullanım (Kurulu Kapasite)	2002	2007	2013 Hedefleri	2013 Yatırım büyüklüğü (Milyon ABDS)
Sera ısıtması (dönüm)	500	1200	4000	200
Isıtma (Konut + Termal tesis)	30 bin	65 bin	150 bin	500
Termal Kullanım	175	215	300	500
Elektrik Üretimi Kurulu Kapasite	15 Mwe	27,4 Mwe	600Mwe	1,3
Jeotermal sondajlarla ortaya çıkarılan + doğal çıkışlar	3000 MWt	4000 MWt	7500MWt (250 bin metre sondaj)	150
Toplam				2.65 Milyar \$

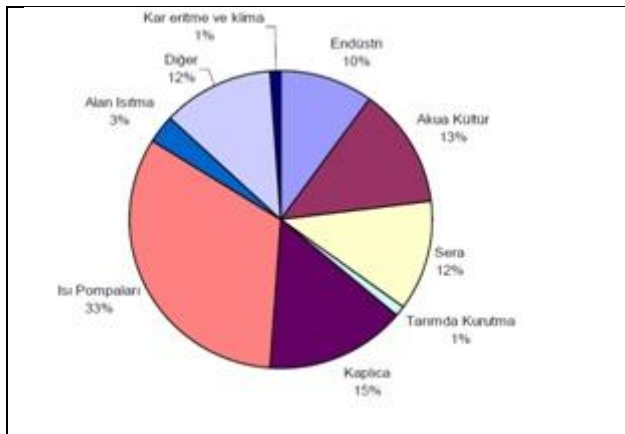
Kaynak: (MTA,2008)



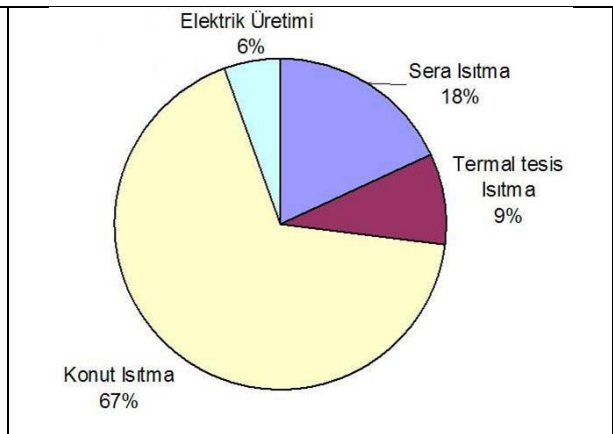
Şekil 3. Jeotermal enerjinin Dünyada ve Türkiye'de değerlendirilmesi ve karşılaştırılması
Kaynak : (Yörükoğlu,2007)



Şekil 4. Türkiye'de jeotermal enerjinin mevcut durumu ve geleceği.
Kaynak : (Özdemir, b.t)

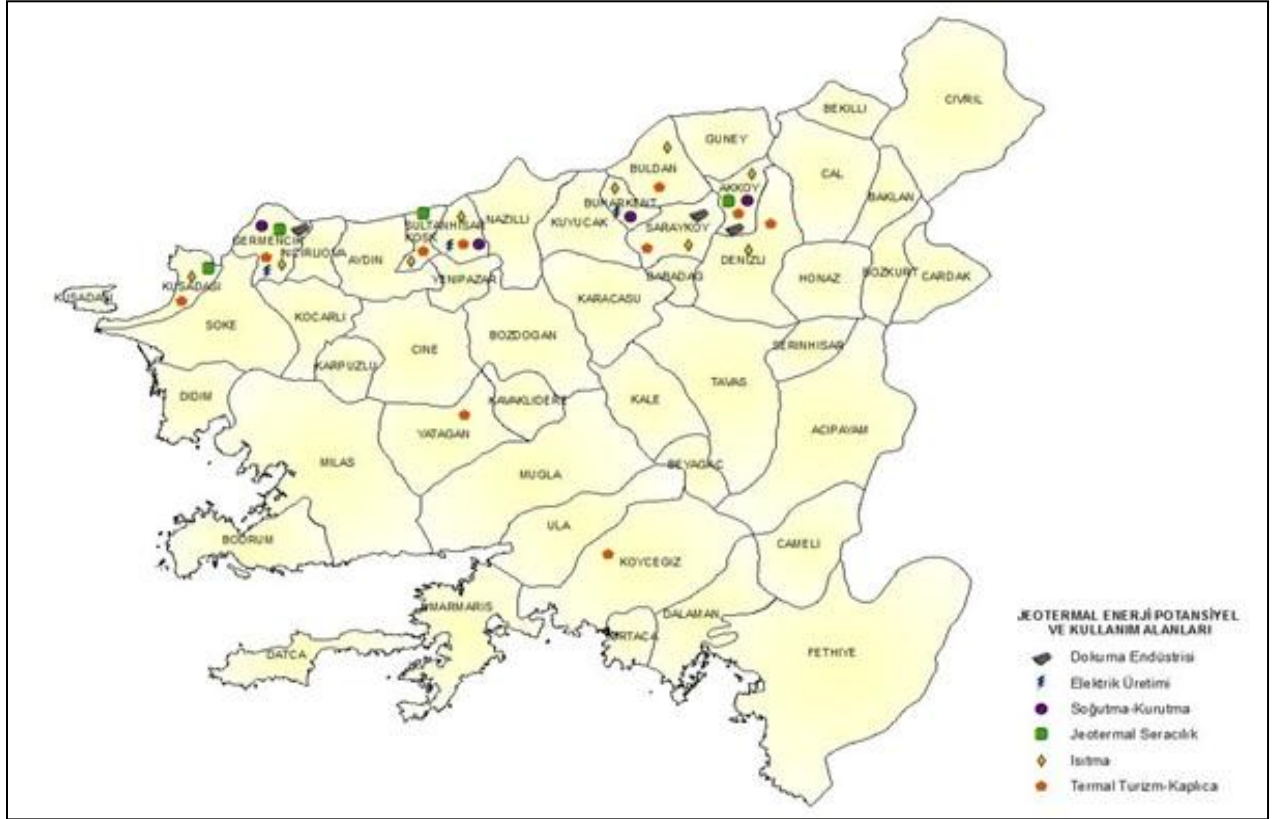


Şekil 5. Dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanım durumu
Kaynak : (Yörükoğlu,2007)



Şekil 6: Türkiye'deki mevcut jeotermal enerji uygulamalarının yüzde dağılımı
Kaynak : (Özdemir, b.t)

TR32 Düzey 2 Bölgesi özellikle Aydın ve Denizli illeri jeotermal enerji kaynakları açısından oldukça zengindir. Türkiye’de elektrik üretimine uygun yüksek entalpili jeotermal sahaların büyük bir kısmı bu bölgede yer almaktadır. Bölgede jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi, jeotermal seracılık, ısıtma, termal-turizm, kurutma-soğutma gibi alanlarda faydalanılmaktadır.



Harita 1. Bölgedeki Jeotermal Enerji Potansiyel ve Kullanım Alanları
Kaynak: (GEKA,2010)

metresi Aydın'da gerçekleştirilmiştir. Nitekim Türkiye'nin jeotermal potansiyelinin büyük bir kısmı Aydın'da bulunmaktadır.

Tablo 2. Aydın ili jeotermal kaynakları olası potansiyelleri

Jeotermal Alanın Adı	Yüzey Alanı(km ²)	Kuyu-Kaynak Ölçülen Sıcaklık(°C)	Kullanım Sıcaklığı(°C)	Rezervuar Kalınlığı(km)	Olası Potansiyel (MW _e)
Ortakçı Horsunlu	50	>100	100	0.5	1320
Pamukören Kuyucak	50	188	120	0.5	1730
Nazilli	60	170	100	0.5	1587
Atça-İsabeyli	40	127	100	0.5	1058
Sultanhisar	50	145	120	0.5	1730
Salavatlı	50	170	140	0.5	2135
Umurlu	100	155	100	0.5	2645
Aydın-Çiftlik	50	60	60	0.5	508
Ömerbeyli	40	230	150	0.5	1870
Çamur-Bozköy-Hıdırbeyli	60	145	110	0.5	1830
Ortaklar-Gümüş	50	130	60	0.5	508
Davutlar-Kuşadası	10	45	45	0.5	80
Söke-Bağarası	50	60	50	0.5	300
Üzümlü-Turanlı	100	>100	80	0.5	1830
Ortakçı-Aydın arası Bloke Alan	280	>100	80	0.5	5120
Toplam Potansiyel					24251

Kaynak : (Yılmaz, b.t)

2.1.1 Ilıcabaşı-İmamköy Jeotermal Sahası

Saha Aydın il merkezinin doğusundan başlamakta ve 8 km boyunca doğuya yönünde uzanmaktadır.

Tablo 3. Ilıcabaşı İmamköy jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
İmamköy	37-38	3
Nardere	37	-
Ilıcabaşı	38	kuru

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 4. Ilıcabaşı-İmamköy Jeotermal sahasında açılan kuyular

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
İlica kuzey-1	1975	10-15	34.8	-	-
Tekstil fabrikası-2	1973	149	70	-	-
09/30434(DSİ)	-	200	40	12	Artezyen
09/30434/B(DSİ)	-	200	56	10	Kompresör
Ayter-1	1989	471.25	84.5	5-7	Artezyen
Ayter-2	1989	355	101.5(KD)	2	Artezyen

Kaynak: (Doğdu,2006)

DPT ve MTA'nın Ilıcabaşı jeotermal sahasıyla ilgili olarak yapılan değerlendirmelerine göre bölgede bu kaynaklardan termal turizm, termal tesis ısıtmasında faydalanabileceği belirtilmiştir.

2.1.2 Yılmazköy Jeotermal Sahası

Jeoloji ve jeofizik çalışmaları sonucunda, Yılmazköy yakınlarında belirlenen ve MTA tarafından 1999 yılında delinen 1.501 m'lik AY-1 kuyusunda 142 °C sıcaklık ve 40 l/s debi elde edilmiştir.

AY-1 kuyusu bölgenin ciddi bir jeotermal potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bölgede jeotermal kaynaklardan kaplıcada ve kaplıca tesisi ısıtılmasında faydalanılmaktadır.

2.1.3 Germencik-Ömerbeyli Jeotermal Sahası

Aydın'nın 15 km batısında Ömerbeyli-Alangüllü yerleşim yerleri sınırları içinde yer alan yüksek sıcaklıklı bir sahadır. Sahada arama ve geliştirme amaçlı olarak MTA tarafından 1982-1999 yılları arasında 11 adet sondaj çalışması yapılmıştır. 2002 yılında MTA tarafından yapılan jeofizik değerlendirme raporu sonuçları, Germencik jeotermal anomalisinin yaklaşık 50 km²'lik bir alana yayıldığını göstermektedir.

Tablo 5. Germencik-Ömerbeyli jeotermal sahasında açılan kuyular.

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
ÖB-1	1982	1000	203 (KD)	92	Buhar+Su+Gaz
ÖB-2	1982	975.5	232(KD)	144	Buhar+Su+Gaz
ÖB-3	1983	1196.7	221	145.6	Buhar+Su+Gaz
ÖB-4	1984	285	213	535	Buhar+Su+Gaz
ÖB-5	1984	1302	212	136.5	Buhar+Su+Gaz
ÖB-6	1984	1100	217	450	Buhar+Su+Gaz
ÖB-7	1985	2398	223	143	Buhar+Su+Gaz
ÖB-8	1986	2000	221	343	Buhar+Su+Gaz
ÖB-9	1986	1464.7	216	425	Buhar+Su+Gaz
A-1	1989	148.9	56	2	Artezyen
A-2	1999	488	70	3	Kompresör

Kaynak: (Doğdu,2006)

Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. Germencik jeotermal santralinin jeotermal akışkan üretimi ve atık jeotermal su enjeksiyonu için 9 adet yeni jeotermal kuyuyu 2007-2008 yılları arasında, uygun yeni sondaj teknolojileri uygulayarak açmıştır.

DPT ve MTA'nın Germencik-Ömerbeyli jeotermal alanıyla ilgili olarak yapılan değerlendirmelerine göre bölgede bu kaynaklardan elektrik üretimi, şehir ısıtması ve soğutması (Aydın-Germencik-Söke-İncirliova), sera ısıtması, kurutmacılık, tekstil endüstrisi,

soğuk hava depoları, termal turizm, termal tesis ısıtılması alanlarında faydalanılabileceği belirtilmiştir.

2.1.4 Bozköy-Çamur Jeotermal Sahası

DPT ve MTA'nın değerlendirmelerine göre basit kaplıca uygulamalarının bulunduğu Bozköy-Çamur jeotermal sahasının mevcut durumunun geliştirilmesiyle termalizm, termal tesis ısıtması, sera ısıtması, şehir ısıtması alanlarında faydalanılabileceği belirtilmiştir.

Tablo 6. Bozköy-Çamur Jeotermal alanındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Bozköy	62	2
Kavşak Ilıcısı	62	0.5(l/s)
Çamurlu	36-92	1.5

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.1.5 Sultanhisar-Salavatlı Jeotermal Sahası

Saha Aydın il merkezinin 20 km doğusunda yer almaktadır. DPT ve MTA'nın Sultanhisar - Salavatlı jeotermal sahasıyla ilgili olarak yapılan değerlendirmelerine göre bölgede bu kaynaklardan elektrik üretimi, şehir merkezi ısıtması (Sultanhisar-Atça-Nazilli-Aydın), sera ısıtması, endüstriyel proses ısısı, merkezi şehir soğutması, termal turizm, termal tesis ısıtması alanlarında faydalanılabileceği belirtilmiştir.

Tablo 7. Sultanhisar jeotermal alandaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Güvendik	30	0.5
Salavatlı	38	0.5

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 8.Sultanhisar jeotermal alanında açılan kuyular

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
SH-1	2005	988	145	80	Artezyen
SH-2	2006	985	146	111	Artezyen
AS-1	1987	1510	167	93	Artezyen
AS-2	1988	962	172	91	-
ASR-1		1419	156.7		
ASR-2	2005	1300	98	100	Artezyen

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.1.6 Malgaçemir Jeotermal Sahası

Tablo 9. Malgaçemir jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Malgaçemir	30	0.2
Malgaç Mustafa	30.5	0.55

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.1.7 Gümüş Jeotermal Sahası

Kaynağın debisi mevsimlere bağlı olarak değişmektedir.

Tablo 10. Gümüş jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Gümüş	38.7	Kuru

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 11. Gümüş jeotermal sahasında açılan kuyular

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
Gümüş-1	2004	600	-	-	-
DSİ-52225	-	92	50	-	-
Bakkaloğlu-2	-	50	40	11	Pompaj
Bakkaloğlu-1	-	40	40	10	Pompaj
Harzadın-1	-	35	41	8.5	Pompaj
Harzadın-2	-	40	41	11	Pompaj
G.Harzadın-1	-	35	41	8	Pompaj
G.Harzadın-2	-	30	40	-	-

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.1.8 Söke-Sazlıköy Jeotermal Sahası

Söke-Sazlıköy jeotermal alanı kaynağın sahip olduğu düşük sıcaklık nedeniyle düşük jeotermal potansiyele sahiptir.

Tablo 12. Söke-Sazlıköy jeotermal sahasında açılan kuyular.

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Sazlıköy	27	Ölçüm Yok

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.1.9 Buharkent-Ortakçı Jeotermal Sahası

Tablo 13. Buharkent-Ortakçı jeotermal sahasında açılan kuyular

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Ortakçı	51	0.3

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.1.10 Nazilli-Gedik Jeotermal Sahası

Tablo14. Buharkent-Ortakçı jeotermal sahasında açılan kuyular

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Gedik	27-32	Ölçüm Yok

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.1.11 Davutlar-Kuşadası Jeotermal Sahası

Tablo 15. Davutlar-Kuşadası jeotermal sahasında açılan kuyular

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Davutlar	42	Ölçüm Yok
Ilıca	26	Ölçüm Yok
Bataklık(Karina)	26	Ölçüm Yok

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 16. Davutlar-Kuşadası jeotermal sahasında açılan kuyular

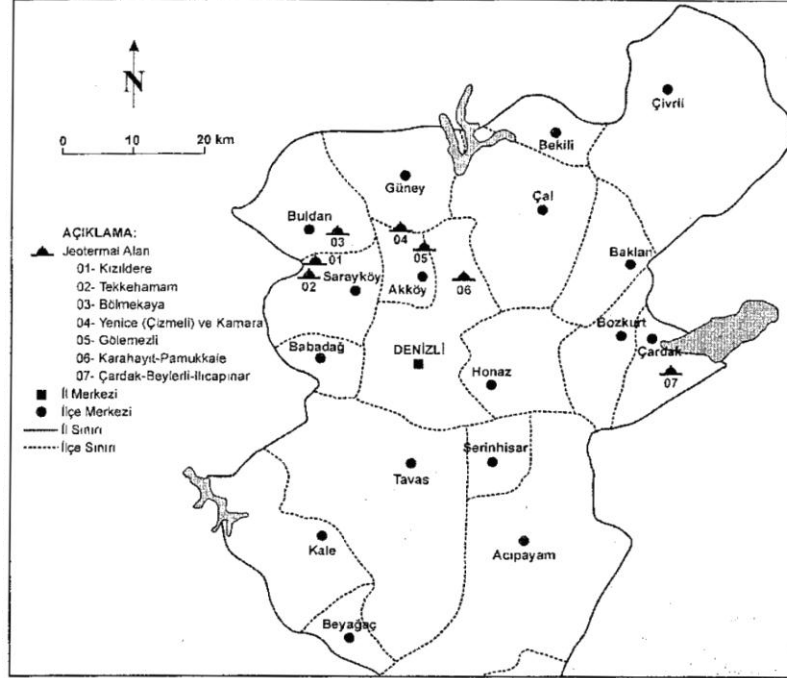
Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
KA-1	2003	550	25	1.5-2	Kompresör
Pine-Bay	2002	170	28.2	30	Kompresör
Davutlar Belediyesi	1996	200	42	50	Pompaj
Radon Ilıca	-	250	42.5	6	Pompaj
Natur-Med	-	172	35	-	-

Kaynak: (Doğdu,2006)

Ayrıca MTA tarafından keşfedilmiş diğer sahalardan Aydın-Umurlu, Aydın-Hıdırbeyli, Aydın-Yılmazköy Aydın-Atça ve Aydın-Sultanhisar'da gerek sözleşme, gerekse ihale yolu ile yatırımcılara devredilmiş sahalarda santral inşa çalışmaları devam etmektedir.

Aydın ilinde jeolojik ve jeofizik çalışmalara göre yukarıdaki sahaların dışında 2009 yılında Kuyucak sahasında 1.900 m'de 140.31 °C, 53lt/s debide (AK-1) kuyusu açılmıştır. İsabeyli sahasında 2009 yılında 1.150 m'de 266 m derinlikte 56 °C, 2 lt/sn debide (IS-1) kuyusu açılmıştır. Pamukören sahasında 2009 yılında 1.050 m derinlikte 183 °C ve 217 lt/sn debide (AP-3) kuyusu yine Pamukören sahasında 2009 yılında 1.150 m derinlikte, 188 °C ve 58 lt/sn debide (AP-2) kuyuları açılmıştır.

2.2 Denizli İli Jeotermal Sahaları



Harita 4. Denizli ili jeotermal alanları

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 17. Denizli ili jeotermal kaynakların olası jeotermal potansiyelleri

Jeotermal Alanın Adı	Yüzey Alanı(km ²)	Kuyu-Kaynak Ölçülen Sıcaklık(°C)	Kullanım Sıcaklığı(°C)	Rezervuar Kalınlığı(km)	Olası Potansiyel (MW _i)
Kızıldere	20	240	160	1	2035
Tekkehamam-Sarayköy	15	168	120	1	1037
Bölmekaya	10	85	70	0.5	140
Yenice-Kamara	3	67	55	0.5	25
Gölemezli	3	88	65	0.8	58
Karahayıt-Pamukkale	10	51	45	0.2	16
Toplam Potansiyel					3331

Kaynak: (Yılmaz, b.t)

2.2.1 Kızıldere Jeotermal Sahası

Kızıldere Jeotermal Sahası Denizli ile Aydın illeri arasında Büyük Menderes Grabeni'nin batı ucunda yer almaktadır. Türkiye'nin enerji üretim amaçlı keşfedilen ilk alanı olan Kızıldere sahası aynı zamanda Türkiye'nin en yüksek sıcaklığa sahip akışkanının elde edildiği sahadır. Sahada ilk jeolojik ve jeofizik çalışmalar MTA tarafından 1965 yılında başlatılmıştır.

Tablo 18. Kızıldere jeotermal sahasında açılan kuyular

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
KD-1	1968	540	203	Gözlem	-
KD-1/A	1968	456	188	Gözlem	-
KD-2	1968	705	175	Gözlem	Artezyen
KD-111	1969	505	164	Terk	-
KD-3	1696	370	171	-	Artezyen
KD-4	1969	368	166	-	Artezyen
KD-6	1970	851	190	38	Artezyen
KD-7	1970	645	205	Gözlem	-
KD-8	1970	567	185	Gözlem	-
KD-9	1970	1241	170	Gözlem	-
KD-12	1970	404	146	Kuru	-
KD-13	1971	760	195	32	Artezyen
KD-14	1971	597	205	35	Artezyen
KD-15	1971	508	205	42	Artezyen
KD-16	1973	666	205	55	Artezyen
KD-17	1975	350	157	-	
KD-20	1986	810	200	38	Artezyen
KD-21	1985	897	200	51	Artezyen
KD-22	1985	887	195	31	Artezyen
R-1	1998	2261	242	103	Artezyen
R-2	1999	1428	204	83	Re-enjeksiyon
R-3	2006	2250	241	111	Re-enjeksiyon

Kaynak: (Doğdu,2006)

DPT ve MTA'nın Kızıldere Jeotermal Alanı ile ilgili olarak yapılan değerlendirmelerine göre bölgede mevcut kaynaklardan elektrik üretimi ve re-enjeksiyon koşullarına bağlı ısıtma uygulaması, CO2 üretimi, dokuma endüstrisi, Sarayköy, Denizli ve Buharkent'in ısıtmasında, endüstriyel uygulamalarda, kurutma ve soğutma (soğuk hava deposu) yapılması alanlarında faydalanılmaktadır.

2.2.2 Tekkehamam Jeotermal Sahası

Tablo 19. Tekkehamam jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Tekkehamam(17 Kaynak)	19-97.2	30
İnatlı-Uyuz(4 Kaynak)	83.5-98	
Çavuşoğlu(4 Kaynak)	67-78	7-8
Babacık	62	2
Demirtaş	94	10
Gerenlik Gölü Kaynakları	25-78	30

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 20.Tekkehamam jeotermal sahasında açılan kuyular

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
TH-1	1968	615,5	114	15	-
TH-2	1997	2001	168	12	Artezyen
KB-1	2001	115	120	20	Artezyen
KB-2	2001	202	100	20-25	Artezyen
KB-3	2002	161	100	10	Artezyen
KB-4	2002	253	100	20	Artezyen

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.2.3 Bölmekeya Jeotermal Sahası

Bölgenin en düşük sıcaklıklı ve en düşük debili kaynağıdır.

Tablo 21. Tekkehamam jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Bölmekeya	36	0.2

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.2.4 Yenice-Kamara Jeotermal Sahası

Tablo 22. Yenice-Kamara jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Yenice	39	1.8
Kamer	51-56.8	0.5

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 23.Yenice-Kamara jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
YK-1	2002	54	57	20	Pompaj
YK-2	2002	238	65	100	Artezyen
YK-3	2002	250	36	4	Artezyen

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.2.5 Gölemezli Jeotermal Sahası

Tablo 24. Gölemezli jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Gölemezli	50-57	6

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 25. Gölemezli jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
DG-1	2001	1500	88	15	Artezyen
DG-2	2002	696.8	72	140	Artezyen
DG-3	2002	549	68	110	Artezyen
DG-4	2003	750	66	45	Artezyen
DG-5	2003	750	62	35	Artezyen
Kokarhamam Sondajı	1998	110	61	6	Artezyen

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.2.6 Pamukkale-Karahayıt Jeotermal Sahası

Tablo 26.Pamukkale-Karahayıt jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Kırmızı Su	51	kuru
Pamukkale	35	325
Jandarma	34.5	130
Gözlem İstasyonu	57	0.5
Öküzini	38	-
Dalaklık-1	32	25
Dalaklık-2	32	20

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.2.7 Çardak-Beylerli Jeotermal Sahası

Tablo27. Çardak-Beylerli jeotermal sahasındaki kaynaklar

Kaynak Adı	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)
Ilıcıpınar	31	Kuru

Kaynak: (Doğdu,2006)

Tablo 28. Çardak-Beylerli jeotermal sahasındaki kuyular

Kuyu Adı	Açılış Yılı	Derinlik(m)	Sıcaklık(°C)	Debi(l/s)	Üretim Şekli
Beylerli	1998	53	39.5	3	Pompaj

Kaynak: (Doğdu,2006)

2.3 Muğla İli Jeotermal Sahaları



Harita 5. Muğla ili jeotermal alanları

Kaynak: (Yılmazer,b.t)

Tablo 29. Muğla ili jeotermal kaynakların olası jeotermal potansiyelleri

Jeotermal Alanın Adı	Yüzey Alanı(km ²)	Kuyu-Kaynak Ölçülen Sıcaklık(°C)	Kullanım Sıcaklığı(°C)	Rezervuar Kalınlığı(km)	Olası Potansiyel (MW _e)
Köyceğiz-Sultaniye	6	41	40	0.2	5
Yatağan-Bodrum Karada-Fethiye Gebeler-Ortaca-Dutçu		<35	Değerlendirmeye alınmadı		
Toplam Potansiyel					5

Kaynak : (Yılmazer,b.t)

Turizm potansiyeli bakımından Türkiye'nin önde gelen illerinden biri olan Muğla'da jeotermal enerji kullanılarak turizm 12 aya yayılmak istenmektedir. Bu amaçla MTA, Köyceğiz, Dalaman ve Fethiye'de etüt ve rezistivite çalışmaları yapmış çalışmaların değerlendirilmesi sonucu sondaj lokasyonlarının belirlenmesi aşamasına gelinmiştir.

3. TR32 Düzey 2 Bölgesi Jeotermal Santralleri

Jeotermal enerji üretiminin ticari uygulanabilirliği; arazi, üretim/enjeksiyon kuyuları, santralin sermaye masrafları, santralden üretilen ve satılan enerji miktarı, üretilen enerjinin pazar değeri ve sahanın ömrüne bağlıdır. Jeotermal santrallerin inşasında fosil yakıtlı enerji santrallerine göre daha yüksek sermayeye ihtiyaç duyulur ancak fosil yakıtlı enerji santralleri dışa bağımlıyken, jeotermal kaynakların dışa bağımlılığı yoktur.

Türkiye’de elektriğe yönelik uygulama ise, Denizli-Kızıldere sahasında 1974 yılında kurulan 0,5 MWe kapasiteli bir pilot tesisle başlamıştır. Aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi Türkiye’de jeotermal enerjiden elektrik üretimine uygun sahaların çoğu bu bölgede yer almaktadır.

Tablo 30. Türkiye’de Elektrik Üretimine Uygun Sahalar ve Potansiyelleri

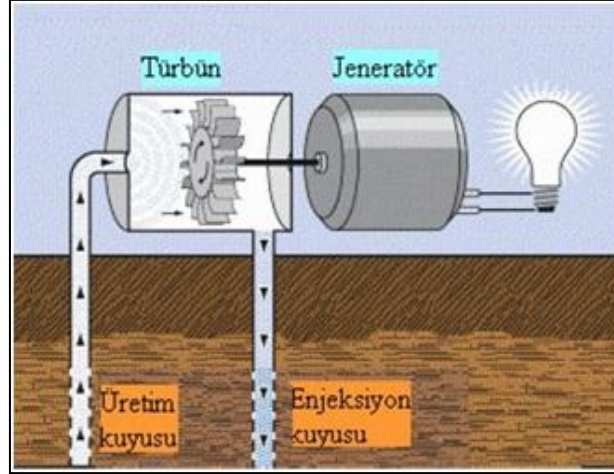
Jeotermal Alan	Sıcaklık (°C)	2013 Potansiyeli (MWe)
Denizli-Kızıldere	200-242	85
Aydın-Germencik	200-232	130
İzmir-Balcova	136	5
İzmir-Dikili	130	30
Çanakkale-Tuzla	174	80
Aydın-Salavatlı	171	65
Kütahya-Simav	162	35
İzmir-Seferihisar	153	35
Manisa-Salihli-Caferbey	150	20
Aydın-Sultanhisar	145	20
Aydın-Yılmazköy	142	20
Aydın-Hıdırbevlı	143	10
Aydın-Atça	124	5
Manisa-Alaşehir-Kavaklıdere	213	30
Aydın-Umurlu	155	25
TOPLAM : 15 ADET SAHA		600

Kaynak: (MTA,2008)

MTA’nın 2013 projeksiyonuna göre Türkiye genelindeki jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin % 60’ı TR32 Bölgesi’nden elde edilecektir.

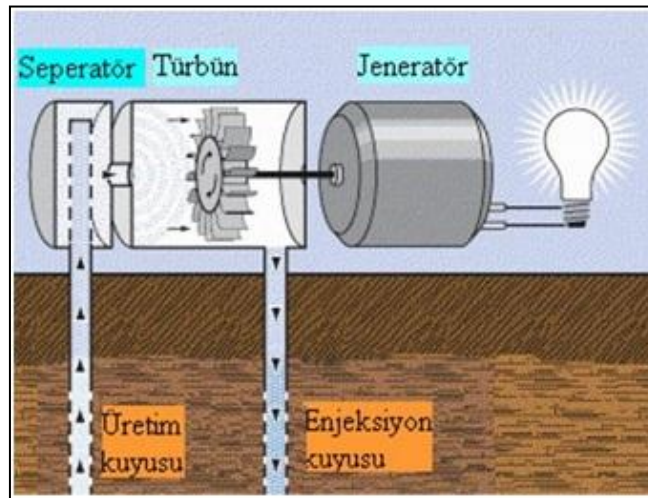
Genelde elektrik üretimi, jeotermal kaynağın karakteristiğine bağlı olarak üç tip santralde yapılmaktadır:

- a) **Kuru buhar santralleri:** Doğrudan çıkan sıcak su buharının türbinlere iletilmesiyle elektrik üreten santral tipidir.



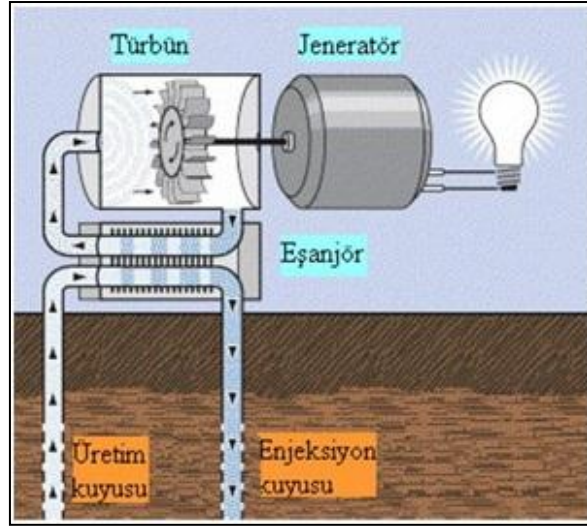
Şekil 7. Kuru Buhar Santrali
Kaynak: (Özdemir,b.t)

- b) **Anlık flaş buhar santralleri:** Yeryüzünün derinlerine inerek basınçlı sıcak su çıkarıp düşük basınçlı tanklarda buhara çevirerek kullanan santral tipidir.



Şekil 8. Anlık Flash Buhar Santrali
Kaynak: (Özdemir,b.t)

- c) **Binary cycle santralleri (çift çevrim):** Jeotermal akışkanın sıcaklığından faydalanılarak sudan daha az buharlaşma sıcaklığına sahip akışkan eşanjörde (heat-exchanger) buharlaştırılır ve buharlaşan bu akışkan ile türbinin döndürülmesi sağlanır.



Şekil 9. Binary Cycle Santrali
Kaynak: (Özdemir, b.t)

Tablo 31. TR32 Düzey 2 Bölge elektrik üretimine uygun sahalar ve potansiyelleri

Jeotermal Alan	Sıcaklık (°C)	Durum	2013 (MWe)	Potansiyeli
Denizli-Kızıldere	200-242	Kurulu gücü 15 Mw olup saha ihale edildi.	85	
Aydın-Germencik	200-232	47,4 Mw santral kurma çalışması devam etmektedir.	130	
Aydın-Salavatlı	171	Mevcut 7,4 Mwe kurulu güce ilave 9,4 Mwe proje aşamasında.	65	
Aydın-Sultanhisar	145	MTA tarafından ihale edilecek	20	
Aydın-Yılmazköy	142	MTA tarafından ihale edilecek	20	
Aydın-Hıdırbeyli	143	MTA tarafından ihale edilecek	10	
Aydın-Atça	124	MTA tarafından ihale edilecek	5	
Aydın-Umurlu	155	MTA tarafından ihale edilecek	25	

Kaynak: (MTA,2008)

Tablo 32. TR32 Düzey 2 Bölgesi jeotermal enerji santralleri.

Yer	İşletmeye Alındığı Yıl	Kurulu Kapasite (MWe)
Kızıldere (Denizli)	1984	17.8
Dora I Salavatlı (Aydın)	2006	7.35
Bereket Enerji (Denizli)	2007	7.5
Gürmat (Germencik)	2009	47.4
Dora II (Aydın)	2010	9.7

Kaynak: (Başel,Serpen,Satman,2009)

3.1 DORA-1 Jeotermal Enerji Santrali



Şekil 10. Dora-1 Jeotermal Enerji Santrali
Kaynak: (Karaman,2009)

Aydın Sultanhisar-Salavatlı Jeotermal Sahası'nda 8,5 MWe kurulu gücündeki DORA-1 Jeotermal Elektrik Santrali yatırımı Menderes Geothermal Elektrik Üretimi A.Ş. tarafından gerçekleştirilmiştir. Aydın-Nazilli arasında Aydın'a 26 km uzaklıktaki santralin yatırım çalışmalarına 2004 yılında başlanmış bu kapsamda sahada iki yeni kuyu daha açılmıştır. 2006 yılında deneme üretimine başlanmıştır.

Santral sahada AS-1 ve ASR-2 olarak adlandırılan iki kuyudan üretim yapmaktadır, AS-2 kuyusu ise re-enjeksiyon kuyusu olarak kullanılmaktadır. Bu kuyulardan AS-1 üretim kuyusu 1.510 metre derinlikte olup bu kuyudan 168 °C jeotermal akışkan üretimi yapılmaktadır. ASR-2 kuyusu 1.300 metre derinliğe sahip olup bu kuyudan 166 °C de jeotermal akışkan üretilmektedir.

Sıcak su ve buharı ayrı eşanjörlere girerek türbini döndürecek olan ikincil pentan akışkanını ısıtarak buharlaştırır. Jeotermal akışkanın sıcaklığı 78°C ye kadar düşer ve buradan da AS-2 re-enjeksiyon kuyusuna pompalanır. Bu sayede jeotermal akışkanın sirkülasyonu sağlanır.

DORA-1 jeotermal santrali ikincil çevrim (binary cycle) teknolojisini kullanarak elektrik enerjisi üretmektedir. Santralin otomasyonu SCADA sistemiyle sağlanmış; türbinin ihtiyacına göre kuyuların debisi otomatik olarak azaltılmakta veya artırılmaktadır.

3.2 DORA-2 Jeotermal Enerji Santrali



Şekil 11. DORA-2 Jeotermal Enerji Santrali
Kaynak: (Karaman,2009)

Salavatlı jeotermal sahası içerisindeki DORA-2 Jeotermal Enerji Santrali 9.5 MWe kurulu güce sahiptir. Aydın il merkezine 26 km uzaklıktaki santral Sultanhisar ve Köşk sınırları dâhilinde bulunmaktadır. Menderes Geothermal Elektrik Üretim A.Ş. tarafından gerçekleştirilen ikinci jeotermal enerji santralidir. İki Dora-1 Jeotermal Enerji Santrali bu santrale 4 km uzaklıktadır ve aynı teknik özelliklere sahiptir.

İkincil çevrim (binary cycle) teknolojisi kullanılan santralde jeotermal akışkan kapalı devre sisteminde kullanıldıktan sonra re-enjeksiyon kuyularına aktarılmaktadır.

3.3 Germencik-Ömerbeyli Jeotermal Enerji Santrali



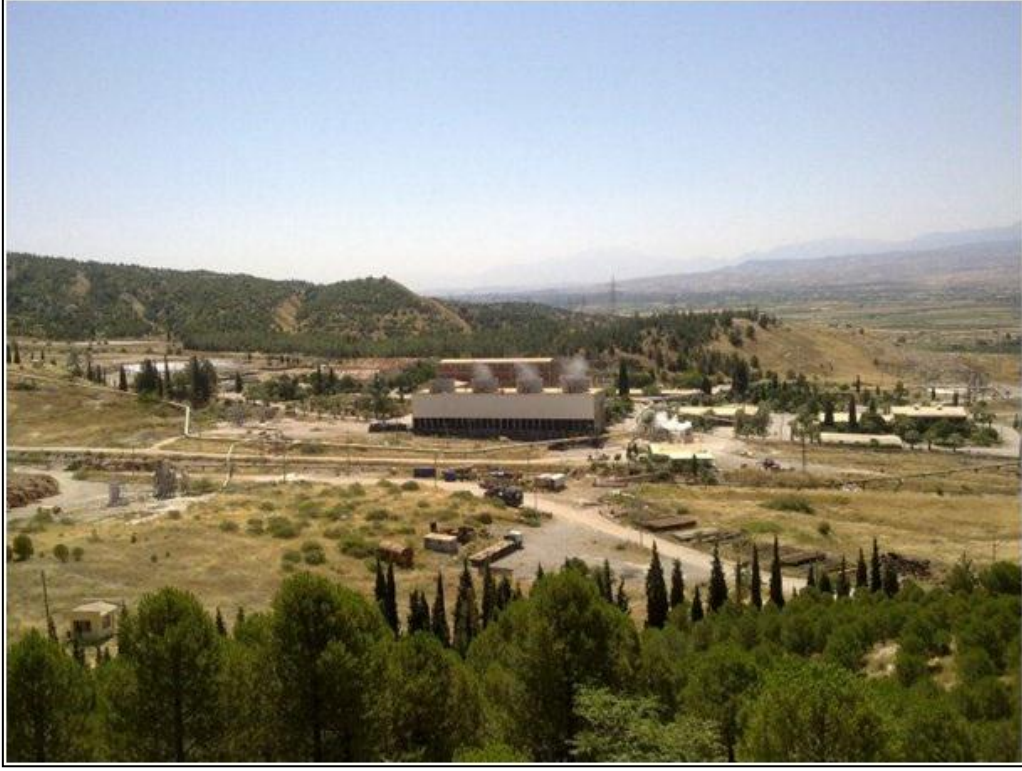
Şekil 12. Germencik-Ömerbeyli Jeotermal Enerji Santrali
Kaynak: (Karaman,2009)

Aydın-Germencik Jeotermal Santrali 47.4 MWe'lik kurulu gücü ile Türkiye'nin en büyük Jeotermal Santrali'dir. Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. tarafından Aydın Germencik-Ömerbeyli jeotermal sahasında kurulan santral 2009 yılı Mart ayında üretime başlamıştır.

Ömerbeyli Jeotermal Sahası'nda MTA tarafından 1982-1986 yılları arasında dokuz adet arama ve üretim kuyusu açılmıştır. Jeotermal santralin jeotermal akışkan üretimi ve atık jeotermal su enjeksiyonu için 9 adet yeni jeotermal kuyu açılmıştır. ÖB-5, 6, 8, 10, 11, 14, 17 ve 19 no.lu kuyular üretim, ÖB-9, AG-22, 24, 25 ve 26 no.lu kuyular jeotermal su enjeksiyon ve ÖB-3 kuyusu ile kondense su enjeksiyonu için kullanılmaktadır.

Santral, rezervuar sıcaklığının ortalama 220 °C'nin üzerinde olması ve su baskın bir rezervuar olması nedeniyle, ekonomik ve güvenilir özellikleriyle öne çıkan Double Flash (Çift Kademeli Besleme) sistem olarak tasarlanmıştır. Bu sistem Single Flash (Tek Kademeli Besleme) sistemlere göre aynı miktar buhar kullanarak yüzde 10-15 daha çok enerji üretimi sağlamaktadır.

3.4 Denizli Jeotermal Santrali



Şekil 13. Denizli Jeotermal Enerji Santrali
Kaynak: (Karaman,2009)

Santral ülkemizde geliştirilen en büyük jeotermal saha olan Kızıldere Jeotermal Sahası'nda yer almaktadır. MTA'nın raporlarında sahada açılan 6 adet kuyunun elektrik enerjisi üretimine uygun olduğunun belirtilmesinden sonra 1984 yılında TEK (şimdiki adı ile EÜAŞ) tarafından 17.4 MWe kapasiteli bir santral kuruldu ve devreye alındı. Santral en son açılan R1 kuyusu ile birlikte toplam 9 kuyudan üretim yapmaktadır. R1 kuyusu 244 °C'lik sıcaklık değeri ile Türkiye'nin en sıcak kuyusudur. 1 Eylül 2008 tarihinde ADÜAŞ özelleştirme ihalesiyle santral Zorlu Doğal Elektrik Üretim A.Ş yönetimine geçmiştir.

Kuyulardan saatte yaklaşık olarak 1.000 ton akışkan alınmaktadır. Elektrik üretiminden arta kalan 147 °C'deki su 2004 yılından beri Sarayköy Belediyesi'ne konut ısıtması amacıyla verilmektedir. Geri kalan sıcak suyun bir kısmı re-enjeksiyon edilmekte bir kısmı da Büyük Menderes Nehri'ne atılmaktadır.

Debi yetersizliği, santralin atık suyunda bulunan bor mineralinin Büyük Menderes sulama suyunu olumsuz etkilemesi nedeniyle DSİ tarafından durdurulması gibi nedenlerden dolayı sürekli tam güçte çalıştırılmayan santralin, özelleştirilmesinden sonra yapılan kapasite artırımı çalışmalarından sonra kapasitesi 6MWe den 14MWe ye çıkarılmıştır.

3.5 Bereket Jeotermal Enerji Santrali



Şekil 14.Bereket Jeotermal Enerji Santrali
Kaynak: (Karaman,2009)

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda, Kızıldere'den 2.5 km uzaklıkta Denizli-İzmir karayolu üzerinde kurulu olan santral Bereket Jeotermal A.Ş. tarafından 2008 yılında işletmeye alınmıştır. Santral 6,85 MWe kurulu güce sahiptir ve çift çevrimli santraldir.

Kızıldere Jeotermal Santrali'nden deşarj edilen 145 °C'deki jeotermal akışkan Bereket Enerji Jeotermal Santrali'nde alçak ve yüksek basınç devrelerindeki ön ısıtıcılarda ve buharlaştırıcılarda enerjisini türbin devresi akışkanına (pentane sıvısına) aktarmaktadır. Buharlaşan pentane türbinlerden geçmekte ve türbine entegre edilmiş jeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisi elde edilmektedir. Daha sonra jeotermal akışkan santrali terk etmekte ve Sarayköy Bölge Isıtma Sistemine ait ısı değiştirgeçlerine gönderilmektedir burada 50 °C sıcaklığına düşen akışkan re-enjeksiyon hattıyla rezervuara geri gönderilmektedir.(Demir,2006)

SONUÇ

Her geçen gün biraz daha tükenen fosil enerji kaynaklarına alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. Enerji politikalarının, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji gereksinimlerini sürekli ve kesintisiz bir şekilde ve olabilen en az maliyetle karşılanması üzerine belirlendiği dünyamızda yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etme çalışmaları hız kazanmış yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi artmıştır. Jeotermal enerji özellikle kWh başına düşük maliyetiyle tüm dünyada benimsenen bir alternatif enerji kaynağı haline gelmiştir.

Dünyada jeotermal enerjinin kullanımı aşağıda belirtilen sebeplerden dolayı daha fazla ön plana çıkmaktadır.

- Jeotermal enerji maliyetlerinin diğer enerjilerin maliyetlerine oranla daha az olması
- Genellikle daha az ve kabul edilebilir sınırlarda çevre sorunlarına neden olması
- Yerli teknolojinin yeterliliği ve kısa bir sürede jeotermal santralin kurulabilmesi
- Jeotermal enerjinin dünya genelinde teknik ve ekonomik açıdan geçerli bir enerji kaynağı olduğunun benimsenmesi.
- Jeotermal projelerin finansmanını sağlayan örgütlenmelerin artması

Türkiye, jeotermal kaynak zenginliği bakımından dünyada ön sıralarda yer almaktadır. Yüksek sıcaklıklı jeotermal sahalarıyla TR32 Bölgesi illerinden Denizli ve Aydın Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelinin büyük bir bölümüne sahiptir. Nitekim Türkiye'de elektrik üretimine uygun on beş jeotermal sahanın sekizi bölgede yer almaktadır. Bu durum Türkiye'nin mevcut ve gelecek enerji politikalarında bölgenin önemini artırmaktadır.

Bölge Türkiye'deki jeotermal enerji projelerinin ilk örneklerini barındırmakta ve bu konuda Türkiye'de öncülük etmektedir. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelinin büyük bir kısmına sahip olan bölgenin mevcut durumunun iyileştirilmesi ve verimliliğin artırılması amacıyla;

- Mevcut sahaların özellikleri ve güncel kapasiteleri tam olarak belirlenmelidir.
- Jeotermal enerji alanındaki yenilikler takip edilmeli ve bu yenilikler jeotermal sahalardan en yüksek faydayı sağlamak amacıyla kullanılmalıdır.
- Elektrik üretimine yönelik yatırımlar teşvik edilmelidir. Doğrudan kullanımda ise belediyeler özendirilmeli ve desteklenmelidir.
- Jeotermal enerjinin sürdürülebilirliğini sağlamak için akışkanın kullanım sonrası tekrar rezervuara basılması (re-enjeksiyon), uzun dönemli gözlemlerle oluşturulan saha modellemeleri, kullanımları ve sığ derinlikli ve düşük entalpili sahalarda ısı pompalarının kullanılması
- Jeotermal Enerji kullanımı teşvik edilmeli Jeotermal Enerji Politikası oluşturulmalıdır.

KAYNAKÇA:

- [1] Nilgün Doğdu (2006), Büyük Menderes Grabeni'nde Jeotermal Enerji Arama Çalışmaları, TMMOB Aydın İl Koordinasyon Kurulu Jeotermal Enerji ve Aydın'daki Geleceği Sempozyumu
- [2] DPT. (1996) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu
- [3] MTA. (2005) Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri
- [4] Dr. Abdülkerim Yörükoğlu, Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Çevre
- [5] MTA.(b.t) Denizli İli Maden ve Enerji Kaynakları
- [6] Macit Toksoy,Niyazi Aksoy (2003),Aydın Jeotermal Gelişme Projesi, İzmir Institute of Technology Geotermal Energy Research Development Test and Education Center
- [7] MTA. Aydın İli Maden ve Enerji Kaynakları
- [8] Füsün Servin Tut Haklıdır (2008), Türkiye'deki Jeotermal Alanlar ve Bu Alanlardaki Farklı Güncel Uygulamalara Bakış, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu
- [9] Adil Özdemir(b.t),Jeotermal Enerji ve Elektrik Üretimi, Jeofizik Bülteni
- [10] http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/jeotermal_enerji_5.pdf
- [11] MTA.(2009) Yılı İlk Altı Aylık Faaliyet Raporu
- [12]MTA.(2008) Mehmet Üzer, Jeotermal Kaynaklarımızın Durumu, Arama Politikaları ve Değerlendirilmesi
- [13] E. Didem Korkmaz Başel, Umran Serpen, Abdurrahman Satman, Türkiye Jeotermal Kaynaklarının Değerlendirilmesi
- [14] Muharrem Balat (2006), Sultanhisar Salavatlı (Aydın) Jeotermal Sahası Doral Jeotermal Enerji Santrali Yatırımı,TMMOB Aydın İl Koordinasyon Kurulu Jeotermal Enerji ve Aydındaki Geleceği Sempozyumu
- [15] EÜAŞ (2009),Elektrik Üretim Sektör Raporu
- [16] Orhan Demir (2006), Bereket Enerji Jeotermal Projeleri, TMMOB Aydın İl Koordinasyon Kurulu Jeotermal Enerji ve Aydındaki Geleceği Sempozyumu
- [17] GEKA,TR32 Düzey 2 Bölgesi (Aydın-Denizli-Muğla) 2010-2013 Bölge Planı
- [18] Engin Çetin, Ali Rıza, Edip Alpan, Erim Arıcı, Cevat Uçman, Talat Karaman (2009), Denizli İli Enerji Üretim İncelenmesi, Ege Bölgesi Enerji Forumu
- [19] Servet Yılmaz (b.t), Batı Anadolu'nun Olası Jeotermal Potansiyelinin Belirlenmesi