

T.C
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE
JEOTERMAL ENERJİNİN DURUMU

Kadir DURGUT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

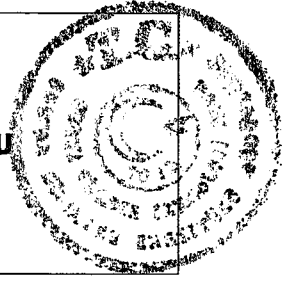
TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Ali ALKUMRU

GEBZE
2005



**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU



Kadir DURGUT'ın tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 07/07/2005 Tarih ve 2005/25 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Enerji Sistemleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof.Dr. Ali ALKUMRU

ÜYE

: Yrd.Doç.Dr. Salim ÖNCEL

ÜYE

: Yrd.Doç.Dr.Ercan ERTÜRK

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

08.09.2005 Tarih ve 2005 / 32 sayılı kararı.



ÖZET



Jeotermal kaynakların tarihsel gelişimi çok uzun bir zaman dilimine yayılmaktadır. Eski çağlardan bu yana varoluşta kullanılan jeotermal kaynaklar gün geçtikçe insanlara daha çok faydalar sağlamaktadır.

Jeotermal kaynakların ömrü diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında sonsuz bir enerji kaynağıdır. Jeotermal kaynaklardan elde edilen enerjinin çevreye zararı neredeyse yoktur. Jeotermal enerji maliyeti açısından ucuz bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerjinin en önemli özelliklerinden biri fosil yakıtlara alternatif olabilecek yeterli nitelikleri taşımasıdır.

Bu çalışmada jeotermal kaynakların ve elde edilen jeotermal enerjinin bölgesel olarak Dünya' daki kaynak kapasiteleri, enerji üretimleri ve bulundukları bölgelere faydaları incelenmiştir. Daha sonra Türkiye' deki jeotermal kaynakların şuanki mevcut durumu ele alınmış ve gelecek hakkında tahmini bilgilere yer verilmiştir. Sonuç olarak jeotermal enerjiden Türkiye' nin nasıl daha çok faydalanacağı incelenmiştir.

SUMMARY



The historical development of geothermal energy (GE) has taken very long time. Geothermal sources existing and serving for a long time, recently has been used very widely for human ease. The life of geothermal energy, compared with the other energy sources, is unlimited. The energy produced by GE has almost no harmful effect to environment. It is also the cheapest energy source because of its low cost. The most important feature of GE is to have sufficient qualifications to be alternative to the fossil fuels.

In this study, the local capacity and production of geothermal energy in the world and its benefits to the region are examined. Moreover, available current situation of geothermal energy in Turkey and projection on GE are mentioned. Finally, how efficiently GE can be used more in Turkey is analysed.

TEŞEKKÜR



Çalışmalarım sırasında her konuda yardımcı olan, desteklerini esirgemeyen ve değerli vakitlerini benim için harcamaktan çekinmeyen, tez danışmanım Prof. Dr. Ali ALKUMRU' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince fikirlerini paylaşmaktan çekinmeyen, yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Araş. Gör. Cihan Gökçöl' e ve araştırma görevlisi arkadaşlarım M. Baha Dinibütün, Bahtiyar Dursun, A.Metin Kaya teşekkür ederim.

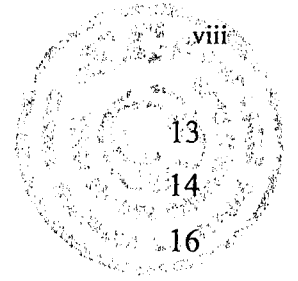
Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri ile beni yalnız bırakmayan, zor günlerimde beni cesaretlendiren aileme, beni her zaman destekleyen abim Mehmet DURGUT ve ailesine, sevgili nişanlım Hilal Demir' e ve ailesine teşekkür ederim.

Kadir DURGUT

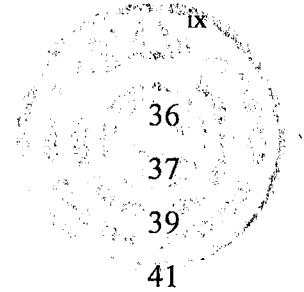
İÇİNDEKİLER DİZİNİ



ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. TANIMLAR VE TANIMLAMALAR	3
2.1. Genel Tanımlar	3
2.1.1. Jeo	3
2.1.2. Termal	3
2.1.3. Jeotermal	3
2.1.4. Jeotermal Saha	3
2.1.5. Jeotermal Sistem	3
2.2. Jeotermal Rezervuar	4
2.2.1. Sıvının Etken Olduğu Jeotermal Rezervuarlar	4
2.2.2. İki Fazlı Jeotermal Rezervuarlar	4
2.2.3. Buharın Etken Olduğu Jeotermal Rezervuarlar	4
2.3. Jeotermal Enerji	5
2.4. Jeotermal Enerji Arama Yöntemleri	7
2.4.1. Prospeksiyon (Görünüşle Arama Yöntemi)	7
2.4.2. Uzay ve Hava Fotoğraflarının Değerlendirilmesi	8
2.4.3. Jeolojik Çalışma	8
2.4.4. Hidrojeolojik Çalışmalar	8
2.4.5. Hidrojeokimyasal Çalışmalar	8
2.4.6. Jeofizik Çalışmalar	9
2.4.6.1. Gravite Yöntemi	9
2.4.6.2. Direnç (Rezistivite) Yöntemi	9
2.5. Sınıflandırılması	10
2.5.1. Düşük Sıcaklıklı Sahalar	10

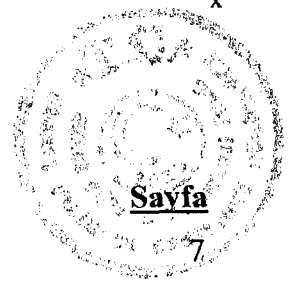


2.6. Jeotermal Enerjiden Faydalanma Alanları	13
2.7. Jeotermal Akışkanın Direk Olarak Kullanımı	14
3. DÜNYADA JEOTERMAL ENERJİ	16
3.1. Jeotermal Enerjinin Tarihi:	16
3.2. Dünyada Mevcut Durum	16
3.2.1. Dünyadaki önemli jeotermal kuşaklar	16
3.2.2. And Volkanik Kuşağı	16
3.2.3. Alp - Himalaya Kuşağı	17
3.2.4. Doğu Afrika Fay Sistemi	17
3.2.5. Karayip Adaları	17
3.2.6. Orta Amerika Volkanik Kuşağı	17
3.2.7. Rusya	19
3.2.8. Japonya	19
3.2.9. Doğu Çin	20
3.2.10. Filipinler	21
3.2.11. Endonezya	21
3.2.12. Amerika Birleşik Devletleri	22
3.2.13. Meksika	22
3.2.14. Arjantin	23
3.2.15. Avusturya	24
3.2.16. Kanada	24
3.2.17. Kosta Rika	25
3.2.18. El Salvador	26
3.2.19. Etiyopya	27
3.2.20. İtalya	27
3.2.21. Fransa	29
3.2.22. Gürcistan	30
3.2.23. Almanya	30
3.2.24. Guadeloupe	31
3.2.25. Guatemala	31
3.3. Jeotermal Enerjide 2005 Yılı Hedefleri	33
4. JEOTERMAL ENERJİNİN TÜRKİYEDEKİ DURUMU	34
4.1. Türkiye’ de Jeotermal enerji Kullanımı	35
4.1.1. Elektrik Üretimi	35



4.1.2. Doğrudan Kullanım	36
4.1.3. Alan Isıtması	37
4.1.4. Isı Pompaları	39
4.1.5. Seralar	41
4.1.6. Sanayi Kullanımı	42
4.2. Türkiye’ deki Jeotermal Enerji’ nin Kullanım Fırsatları	42
4.3. Türkiye’ deki Jeotermal Alanlar	47
4.3.1.Denizli – Kızıldere Jeotermal Sahası	47
4.3.2.Aydın – Germencik Jeotermal Sahası	49
4.3.3.Çanakkale – Tuzla Jeotermal Sahası	49
4.3.4.Aydın – Salavatlı Jeotermal Sahası	50
4.3.5.Afyon – Gecek Jeotermal Sahası	50
4.3.6.Kütahya Bölgesi Jeotermal Sahası	50
4.3.6.1.Simav – Eynal – Çitgöl – Naşa Jeotermal Sahası	51
4.3.6.2.Eynal Sıcak Su Kaynakları	51
4.3.6.3.Gediz – Abide Jeotermal Sahası	52
4.3.6.4.Muratdağı Jeotermal Sahası	52
4.3.6.5.Yoncalı Termal Alanı	52
4.4. Türkiye’ deki Jeotermal Arama Projeleri	52
4.4.1.Aydın – Kuşadası Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi	52
4.4.2.Bingöl–Yayladere Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi	53
4.4.3.Balıkesir Kuzeyi (Balya – Şamlı – Susurluk – Yıldız) Jeotermal Enerji Arama Projesi	53
4.4.4.Manisa – Alaşehir – Kurudere- Dereköy Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi	54
4.4.5.Van – Ayrancı – Özalp Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi	54
4.4.6.Çanakkale – Çan – Etili Sahası Jeotermal Arama Projesi	55
4.4.7.Orta Anadolu Jeotermal Sahaları Geliştirme ve Jeotermal Isı Kaynağı Araştırma Projesi	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	64

ŞEKİLLER DİZİNİ



Sekil

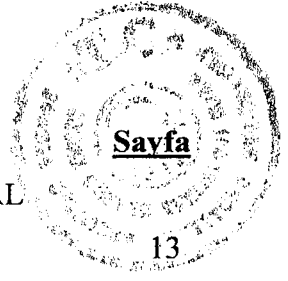
2.1. Yerin Sıcaklık Gösterimi	
2.2. Düşük sıcaklıklı sistemler için ısı kaynağı mekanizması modeli.	11
2.3. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi.	12
2.4. Isı pompalarının kullanım şekilleri	15
3.1. Dünyadaki Jeotermal Kuşaklar	18
4.1. Türkiye'deki Bazı jeotermal kuyular.	36
4.2. 1984 – 2002 yılları arasında Denizli – Kızıldere Jeotermal güç santralinde üretilen elektrik şeması.	48



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo

2.1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanma Yerleri (LİNDAL Diyagramı)	
3.1. Tabloda Dünyadaki jeotermal kaynakların durumu ve geleceğe yönelik planları belirtilmiştir.	33
4.1. Türkiyede kurulu şehir merkezli jeotermal bölge ısıtma sistemleri	38
4.2. Aralık 2003'e kadar türk üniversitelerinde kurulmuş ZKIP'nin ana özellikleri	40
4.3. Türkiyedeki jeotermal enerji ile sera ısıtmacılığını uygulamaları	41
4.4. Türkiye'deki jeotermal bölge ısıtma potansiyeli	43
4.5 Konut kullanımları için açılmış kuyuların üretim değerlerine göre mevcut potansiyelleri	44
4.6 Mevcut jeotermal uygulamaları ve Türkiye'de olası kullanım imkanları	45
4.7. Türkiye'de elektrik üretimine uygun ana jeotermal sahalar ve olası kullanım imkanları	46
4.8. Kütahya – Simav Bölgesi Kuyuları	51





1.GİRİŞ

İnsanoğlu sıcak su kaynaklarını ve buhar çıkışlarını ilk gördüğünde korkmuş, ama aynı zamanda yer içinin sıcak olduğunu da anlamıştır. İlk zamanlardan, 20. yüzyıla kadar sıcak su kaynaklarından sadece tıbbi ve dinlendirici olarak yararlanılmıştır. Bu zengin enerji kaynağının, daha farklı ve ekonomik kullanma tarihi ise yenidir. Jeotermal enerji, ilk kez İtalya'nın Larderello kentinde elektrik üretiminde kullanıma alınmıştır. Bundan sonra, jeotermal enerji potansiyelini kavrayan insanoğlu, bu yöndeki araştırmalara hız vererek, çeşitli alanlarda optimum kullanım yöntemlerini geliştirmiş ve uygulamaya koymuştur. Bugün İzlanda'nın tamamının jeotermal enerji ile ısınması bu çabanın bir ürünüdür.

Jeotermal enerji, elektrik üretimi, tıp, ziraat, ısıtma ve soğutma, çeşitli sanayii kuruluşları, kurutma, turizm gibi sayısız alanlarda kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağının; diğer enerji kaynaklarına göre yenilenebilir özelliği, araştırma ve üretimin ucuz, dolayısı ile maliyetinin düşük olması, yatırımını kısa zamanda amorti etmesi önemli bir avantajdır. Bunlara ilaveten kabuklaşma, korozyon gibi sorunların çözümlenmesi sonucu kullanımı ile temiz bir çevre ortamı sağlaması ve ülkeyi dışa bağımlı kılmaması gibi üstünlüklerinden dolayı önemi ve çekiciliği giderek artmaktadır.

Türkiye; 1300' ü aşkın sıcak su ve maden suyu kaynağı ve buhar çıkışları ile jeotermal aktivitenin fazla; buna karşın jeotermal enerjiden faydalanmanın yetersiz olduğu bir ülkedir. Ülkemizde jeotermal enerji kullanımı; kısmi bir elektrik ve kuru buz üretimi yanında, genel olarak kaplıca, seracılık ve son yıllarda gelişen merkezi ısıtma sistemleri ile sınırlıdır. Bu durum jeotermal enerjiden faydalanmada bilgi birikimine sahip olmamıza karşın, ülkemiz için büyük bir eksikliktir. Bu alana yatırım yapma, daha fazla bu mevcut olan potansiyeli kullanma konularında hem devlete hem de özel teşebbüslere önemli görevler düşmektedir.



Bu çalışmada genel olarak Dünya' daki ve Türkiye' deki jeotermal kaynakların durumu ve jeotermal enerji uygulamaları ortaya konulmuştur.

İkinci kısımda jeotermal ve jeotermal enerji ile ilgili tanımlara ve tanımlamalara yer verilmiştir.

Üçüncü kısımda Dünya' daki jeotermal potansiyeller ve jeotermal enerjinin ülkelere ve bölgelere göre durumu değerlendirilmiştir.

Dördüncü kısımda Türkiye' deki jeotermal potansiyeller ve jeotermal enerjinin bölgelere göre dağılımı incelenmiştir.

Beşinci kısımda jeotermal enerji ile ilgili olarak Türkiye' de ne gibi düzenlemelere gidilebileceği hakkında sonuç sunulmuştur.

2. TANIMLAR VE TANIMLAMALAR

3. Genel Tanımlar

2.1.1. Jeo

Jeo kelime anlamı ile anlaşılacağı gibi yer kabuğu yani yer demektir.

2.1.2. Termal

Sıcaklık manasını taşımaktadır.

2.1.3. Jeotermal

Jeotermal kısaca yer ısısı olup, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su ve buhardır.

2.1.4. Jeotermal Saha

Yeryüzünde bir jeotermal etkinliği gösteren coğrafik bir tanımdır. Eğer yeryüzünde herhangi bir etkinlik yoksa yeraltındaki jeotermal rezervuarın üstündeki alanı tanımlamakta kullanılır.

2.1.5. Jeotermal Sistem

Yeraltındaki hidrolik sistemi bütün parçalarıyla birlikte (beslenme zonu, yeryüzüne çıkış noktaları ve yeraltındaki kısımları gibi) tanımlamakta kullanılır.



2.2 Jeotermal Rezervuar

Doğrudan işletilen jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar. Jeotermal sistemler sınıflandırılırken sistemin fiziksel durumuna bağlı olarak yapılan sınıflandırma literatür’ de daha fazla rağbet görmektedir. Bu yaklaşıma göre 3 farklı rezervuar durumu tanımlanmaktadır.

2.2.1 Sıvının Etken Olduğu Jeotermal Rezervuarlar

Rezervuardaki basınç koşullarında su sıcaklığının buharlaşma sıcaklığından daha düşük olduğu rezervuarları tanımlamakta kullanılır. Rezervuar basıncını sıvı su fazı kontrol etmektedir. Bu tür rezervuarlarda, özellikle basıncın düşük olduğu üretim kuyuları civarında su buharına rastlamak olasıdır.

2.2.2. İki Fazlı Jeotermal Rezervuarlar

Rezervuarda sıvı su ve su buharı birlikte bulunmaktadır ve rezervuar basıncı ve sıcaklığı suyun buhar basıncı eğrisini izler.

2.2.3. Buharın Etken Olduğu Jeotermal Rezervuarlar

Rezervuar basıncındaki akışkan sıcaklığının suyun buhar basıncı eğrisi sıcaklığından daha yüksek olması durumunda bu tür rezervuarlar oluşurlar. Rezervuardaki basıncı su buharı fazı kontrol etmektedir.

Jeotermal sistemlerin ve rezervuarların içinde fiziksel durum yere bağlı olarak değişiklik gösterebilir ve rezervuarlar zamanla durum değişikliği de gösterebilirler. Örneğin sıvının etken olduğu bir rezervuar, üretim sonucu oluşan basınç düşümünden

dolayı, zamanla iki fazlı bir jeotermal rezervuar durumuna dönüşebilir. Rezervuar içinde buhar (veya rezervuardaki suyun yeterli oranda çözünmüş CO₂ içermesi durumunda gaz) başlığı oluşabilir. Düşük sıcaklıklı sistemler genelde sıvının etken olduğu sistemler tanımına girerken, yüksek sıcaklıklı sistemler ise üç gruba da girebilir.

Türkiye’ de buharın etken olduğu rezervuar keşfedilmemiştir.

2.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji’ ye yerkürenin iç ısısıda diyebiliriz. İç ısı merkezdeki sıcak bölgeden yeryüzüne doğru soğuk bölgelere doğru yayılır. Sıcaklığın derinlikle arttığı bilinmektedir (ortalama 1°C/33m). Dünya genelinde yeryüzüne ısı akışı ortalama 82 milliwatt/m² olarak varsayılır. Yerkürenin yaklaşık 10 km derinliği içindeki kayaçların içerdiği ısının dünya enerji gereksinimini 6 milyon yıl karşılayacak büyüklükte olduğu tahmin edilmektedir.

Jeotermal enerji ise jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı her türlü faydalanmayı kapsamaktadır.

Jeotermal enerji yeni. yenilenebilir, sürdürülebilir, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür.

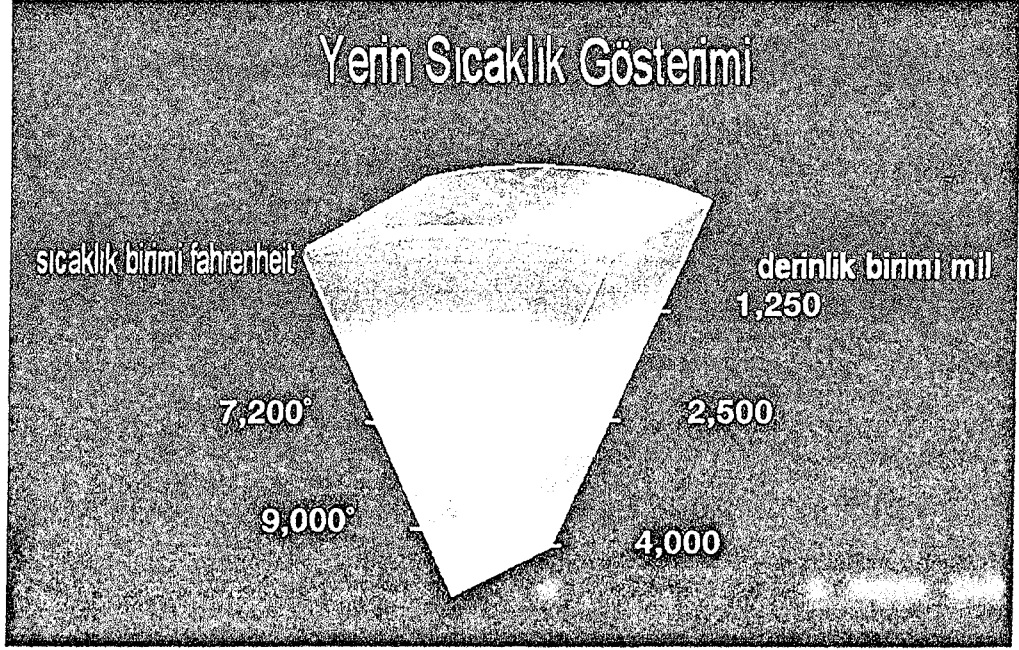
Jeotermal kaynakların üç önemli bileşeni vardır: (1) ısı kaynağı, (2) ısıyı yeraltından yüzeye taşıyan akışkan, (3) suyun dolaşımını sağlamaya yeterli kayaç geçirgenliği.

Jeotermal alanlarda sıcak kaymak ve yüksek yeraltı suyu sıcaklığı normal alanlara göre daha sık yerlerde bulunur. Bunun başlıca nedenleri arasında:

- i) Magmanın kabuğa doğru yükselmesi ve dolayısıyla ısıyı taşıması
- ii) Kabuğun incelendiği yerlerde yüksek sıcaklık gradyanı sonucunda oluşan yeryüzüne ısı akışı
- iii) Yeraltı suyunun birkaç km. derinine inip ısındıktan sonra yüzeye doğru yükselmesi

Elektrik güç üretiminde kullanılan yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynakların çoğunun yukarıda verilen birinci mekanizmayla oluştuğu düşünülürken, düşük ve orta sıcaklıklı kaynakların ise ikinci ve üçüncü mekanizmalarla oluştuğu düşünülmektedir.

Dünyanın belirli bölgelerinde yüzeye doğru yükselen magmanın soğuması sırasında verdiği ısı o bölgelerdeki jeotermal sahaların oluşumunu açıklarken, magmatik etkinliklerin olmadığı yerlerde yerküre mantosunun yüzeye yakın olduğu kısım olan kabuğun jeolojik koşullarındaki değişmeden kaynaklanan ısı birikimi diğer jeotermal sahaların oluşumunu açıklamaktadır.



Şekil 2.1. Yerin sıcaklık gösterimi

2.4. Jeotermal Enerji Arama Yöntemleri

Jeotermal enerji aramalarında, petrol ve maden aramalarındaki aşama ve yöntemler kullanılmakla birlikte bir literatür taramalarından sonra izlenen aşama ve yöntemler aşağıdaki gibidir.

2.4.1. Prospeksiyon (Görünüşle Arama Yöntemi)

Mineralli suların prospeksiyonunda olduğu gibi bölgesel bir jeolojik inceleme olup kar tutmayan alanların, mevcut sıcak su, buhar, mineralli suların çıkış yerleri ve sıcaklıklarının saptanmasında şeklinde kısa süreli ucuz bir arama yöntemidir.



2.4.2. Uzay ve Hava Fotoğraflarının Değerlendirilmesi

Bölgesel olarak ilk uygulanan yöntem olup genel tektonik hatları ve eklem sistemlerini belirlemelerde kullanılan ucuz bir değerlendirmedir.

2.4.3. Jeolojik Çalışma

Prospeksiyon sonucu belirlenen alanda yapılan 1/25.000 topoğrafik haritalar baz olarak yapılan jeolojik incelemede, bölgesel stratigrafi, geniş tektonik kuşaklar, horst ve graben sistemleri, genç volkanik etkinlik, hidrotermal alterasyon, genç tektonik olaylarla açıklık getirmek ve arazi kullanımına ilişkin haritalar elde edilmesi amacıyla jeomorfoloji çalışmasında yapılmaktadır.

2.4.4. Hidrojeolojik Çalışmalar

Litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri saptama amacıyla yapılan hidrojeolojik etütlerde; örtü kaya, rezervuar (akifer) özellikleri taşıyabilecek litolojiler ve rezervuarların beslenme olanakları incelenerek bir hidrojeolojik model oluşur.

Bu amaçla sıcak – soğuk su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ve sıcaklığı ile ilgili olarak incelenir. Ayrıca, jeotermal kaynağın fiziksel, kimyasal özellikleri ve sıcaklığı ile ilgili veriler sağlanması amacıyla hidrotermal alterasyon çalışması yapılır.

2.4.5. Hidrojeokimyasal Çalışmalar

Hem prospeksiyon aşamasında, hem de sahanın işletilmesine yönelik test çalışmalarında hidrojeokimyasal incelemeler yapılmaktadır. Sahada mevcut sıcak ve



soğuk suların, gaz, fümerol çıkışlarında örnekler toplanarak analizler yapılır. Sahanın jeotermal modelinin kurulmasında büyük ölçüde yararlanır.

2.4.6. Jeofizik Çalışmalar

Bütün yeraltı doğal kaynakları ve kayalar jeolojik ve kimyasal özellikleri yanında, yoğunluk, elektriği, ısıyı, mekanik titreşimleri, sesi iletme, mıknatıslık kazanabilme, gözeneklilik, geçirimsizlik gibi fiziksel özelliklere sahiptir. Jeofizik metotlarla aramanın esası yukarıda sayılan özelliklerin çıkarılmasına dayanmaktadır. Günümüzde jeotermal alanlarda uygulanan başlıca jeofizik yöntemler;

2.4.6.1. Gravite Yöntemi

Gravite yöntemi, jeotermal sahalarda temele ait tektoniği ve jeotermal akifleri kontrol eden ketonizmayı ortaya çıkarmak için uygulanmaktadır. Yöntem, fizik birimi olan yoğunluk parametresi üzerine kurulmuştur. Yeraltında değişik özelliklere sahip kütleler aynı şekilde birbirlerine göre farklı yoğunluk değerleri gösterirler. Bu yeraltındaki kayaların farklı konumlarından, aralarındaki yoğunluk farkından dolayıda yüzeyde değişik yer çekimi değerleri meydana getirirler.

2.4.6.2. Direnç (Rezistivite) Yöntemi

Jeotermal akışkanın rezistivite değerleri tuzluluk ve sıcaklık nedeniyle düşüktür. Buna göre sıcak su ve buhar içeren birimler bulundukları ortamı iyi bir elektrolit haline getireceklerinden civardaki ortama göre düşük değerli rezistiviteye sahip olarak belirgin anomali gösterirler.

2.5. Sınıflandırılması

Ülkelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre kabaca üç guruba ayrılır.

- a. Düşük Sıcaklıklı Sahalar (20-70⁰C)
- b. Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150⁰C)
- c. Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (150⁰C'den yüksek)

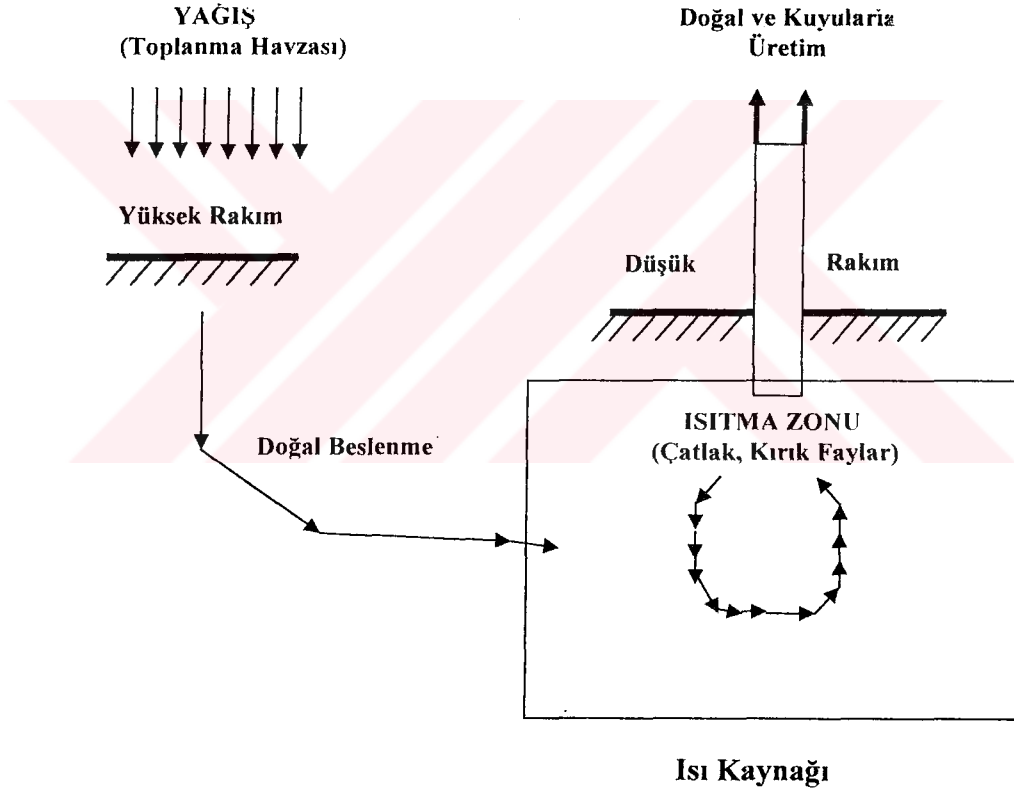
Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugün teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayiinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağırsu, akışkandaki CO₂'den kurubuz eldesinde) kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili sahalarındaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiştir ve kullanıma sunulmuştur.

Yüksek entalpili sahalarından elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanısıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir.

2.5.1. Düşük Sıcaklıklı Sahalar

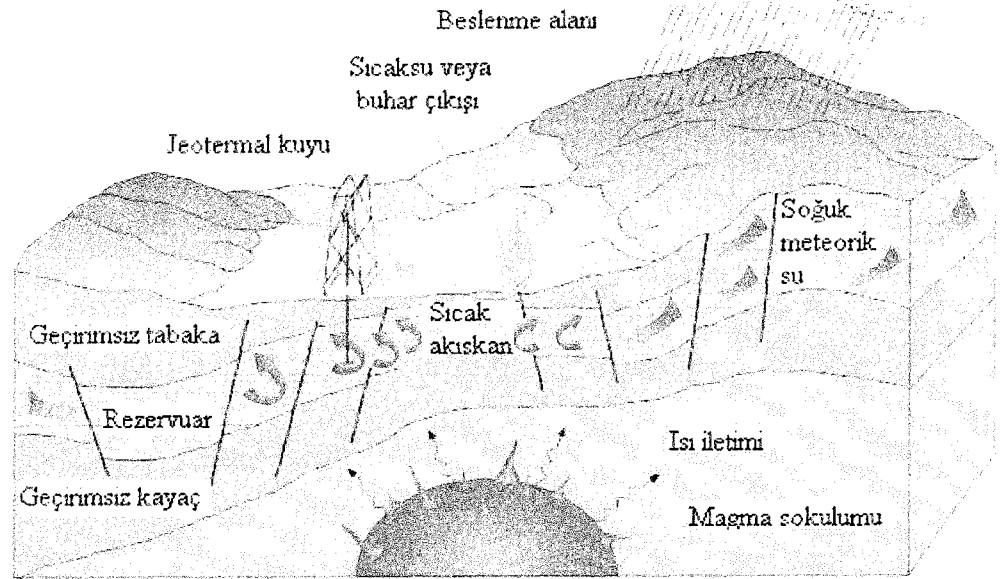
Türkiye'de keşfedilmiş jeotermal sahaların çoğunluğunun düşük sıcaklıklı sahalar olduğu bir gerçektir. Düşük sıcaklıklı sahalar için ısı kaynağı normalden yüksek sıcaklıktaki yer kabuğudur. Süregelen tektonik aktiviteler neticesinde akışa açık olan çatlak, kırık ve faylar, yeraltından ısı taşıyan ve sistem içinde dolaşan su için kanallar oluşturur.

Düşük sıcaklıklı bir sistem için basitleştirilmiş bir model Şekil 2. 2’de gösterilmektedir. Bir toplanma havzasına sahip yüksek rakımlı yerlerde oluşan yağış süzülerek birkaç km derindeki ana kayaca kadar iner. Orada sıcak kayaktan ısı alır, yoğunluğu azaldığından dolayı tekrar yeryüzüne doğru yükselmeye başlar. Toplanma havzası ile sıcak akışkanın yeryüzüne çıkış noktası olan düşük rakımlı yer arasındaki uzaklık değişebilir, ancak ortak özellik ısının derinden sıg formasyonlara su ile taşınmasıdır. Isıtma zonu ile yeryüzü arasındaki bağlantı doğal olabileceği gibi delinmiş kuyularla da sağlanabilir. Isıtma zonu içindeki ve yüzeye kadar uzanabilen çatlak, kırık ve faylar akışkanın ısıtma zonu içindeki hareketini ve yüzeye olan hareketini belirleyen akış kanallarıdır.



Şekil 2. 2. Düşük sıcaklıklı sistemler için ısı kaynağı mekanizması modeli.

İdeal bir jeotermal sistemin şeması şekil 2. 3 ‘de verilmiştir.



Şekil 2. 3. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi.

Jeotermal sistemin mekanizması sıvının ısıyı iletimi üzerinedir. Şekil 2. 3 'de orta sıcaklıklı jeotermal sistemdeki mekanizma basitçe gösterilmektedir. Konveksiyon akım (ısı iletimi) ısınma nedeniyle oluşur ve sonuçta sistemdeki sıvının termal genişlemesine neden olur. Düşük yoğunluklu ısınmış sıvı, sistemde yükselme eğilimindedir. Ve sistemin kenarlarından gelen yüksek yoğunluklu soğuk su ile yer değiştirir. Doğal olarak konveksiyonel akım sisteminde, alt kısımlarda sıcaklık azalma eğiliminde iken üst kısımlarda sıcaklık artma eğilimindedir.

Yukarıda gösterilen modelleme oldukça basittir. Gerçek jeotermal sistemler için yapılacak iyi bir modelleme oldukça zordur. Yapılacak modellemede yüksek sıcaklığa bağlı olarak çok disiplinli ve geniş bir çalışmaya gereksinim vardır. Jeotermal sistem çok değişken jeolojik, fiziksel ve kimyasal karakteristiğinin kombinasyon' una bağlı olarak oluşur. Jeotermal sistem unsurları içerisinde sadece ısıtıcı kaynak doğaldır. Diğerleri sisteme sonradan eklenebilir. Örneğin, elektrik üretiminde kullanılan akışkan faz, su ve buhar olarak ikiye ayrıldıktan sonra atık hale gelen su tekrar yeraltına enjekte edilerek tekrar kullanıma sunulabilir.

2.6. Jeotermal Enerjiden Faydalanma Alanları

Tablo.2. 1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanma Yerleri (LİNDAL Diyagramı)

$^{\circ}\text{C}$	Jeotermal akışkanın kullanım alanları
180	Yüksek konsantrasyon buharlaşması, amonyum absorpsiyonu soğutma
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. Yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's yöntemi ile alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin hızlı kurutulması (Konservelikte)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranın artırılması
110	Çimento kurutulması
100	Organik maddelerin kurutulma, (yosun, et, sebze vb.) yün yıkama
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtma
70	Soğutma
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar
40	Toprak ısıtma
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

Lindal diyagramı jeotermal kaynaklardan faydalanmanın iki önemli yönünü gösterir.

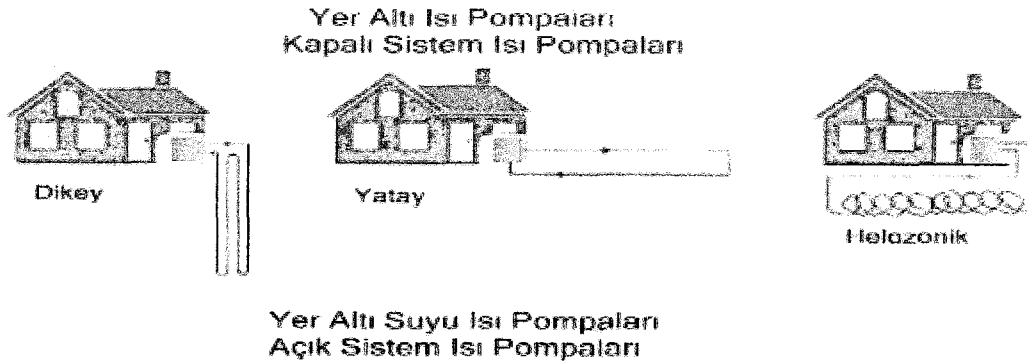
- Faydalanılan akışkanın sıcaklığına bağlı olarak ikinci bir işte kullanılması jeotermal kaynakların kullanılabilirliğini artırır.
- Jeotermal kaynağın sıcaklığı mümkün kullanılma alanını sınırlar.

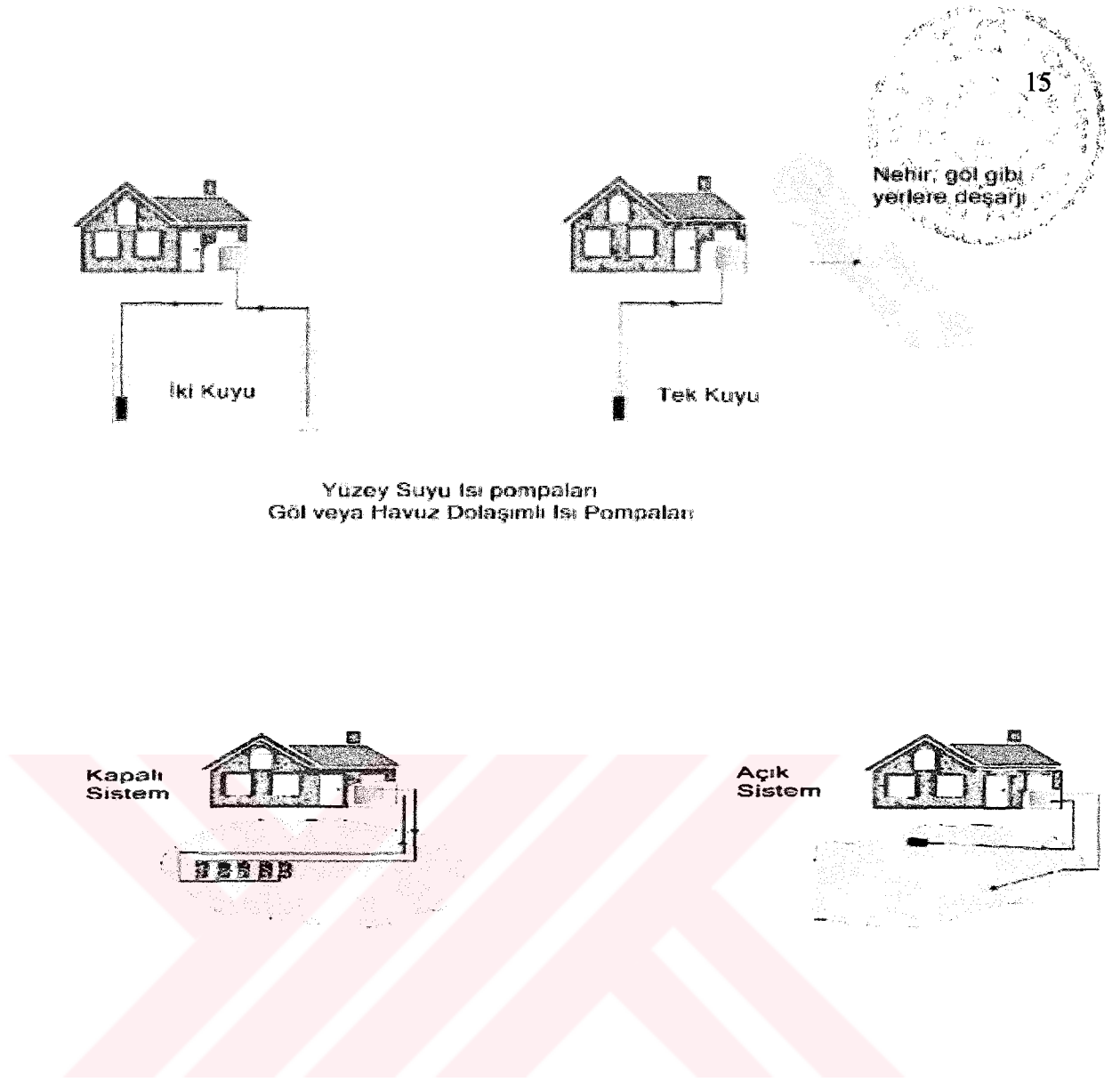
2.7. Jeotermal Akışkanın Direkt Olarak Kullanımı

Direk kullanım yöntemi, jeotermal enerjiden faydalanmanın en eski, çok yönlü ve çok genel kullanım alanlarından biridir. Yer ve bölge ısıtmacılığı, tarımsal uygulamalar, balneolojik uygulamalar ve endüstri uygulamaları jeotermal enerjiden faydalanmanın en çok bilinen yönüdür.

Jeotermal bölge ısıtma sistemi sermaye yoğunluktur. Ana giderler ilk yatırım giderleridir; üretim ve enjeksiyon kuyularının açılması, kuyu dibi ve iletim hatlarında çalışacak pompalar, borular ve dağıtım ağı, gözlem ve kontrol ekipmanları, kontrol ve dağıtım istasyonları ve depolama tankları. Jeotermal ısıtma sistemi geleneksel ısıtma sistemlerinden oldukça ucuzdur.

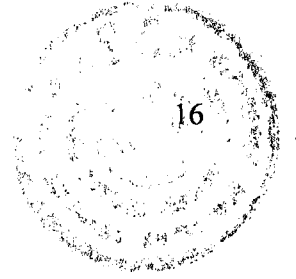
Jeotermal ısıtma sistemi ve soğutma sistemi 1980' li yıllardan sonra ısı pompalarının kullanılmasıyla bir artış göstermektedir. Isı pompalarının çeşitli sistemleri, yer ısısı, sığ akiferler ve havuz gibi düşük sıcaklıklı kütlelerin ısısına bağlı olarak ısıtma ve soğutma için faydalanılmasına olanak sağlamaktadır.





Şekil.2. 4. Isı pompalarının kullanım şekilleri

Tarımsal uygulamaları açık saha uygulamaları ve sera ısıtmacılığını içerir. Açık saha uygulamasında bitkileri sulama ve toprağı ısıtma (toprak altına döşenen borular vasıtasıyla) şeklindedir. Jeotermal akışkanın kimyasal içeriğinin bitkilere zarar vermesini önlemek için devamlı olarak kontrolü yapılmalıdır.



3- DÜNYADA JEOTERMAL ENERJİ

3.1. Jeotermal Enerjinin Tarihi

İlk çağlardan beri ilkel yollarla sağlık amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya' da asitborik elde etmek amacı ile kullanılmıştır. Daha sonra, 1904 yılında Larderello (İtalya) bölgesinde, yine ilk defa jeotermal buhardan elektrik üretimine başlanmış ve 1912 yılında gücü 250 KW_e olan ilk turbo jeneratör kurulmuştur.

1930' larda ise bu enerji İzlanda' nın Reykjavik kentinde ısıtma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1949 yılında, Yeni Zellanda Wairakei sahasında, turistik bir otele sıcak su temini amacı ile başlanan sığ sondajlara, daha sonra elektrik elde edebilmek amacı ile devam edilmiş ve 1954 yılında burada 200 MW_e kapasiteli bir santral kurulmuştur. 1960' da Amerika' da, 1961' de Meksika' da ve 1966' da Japonya' da santraller kurularak jeotermal enerjinin kullanımı Dünya çapında yayılmıştır.[1]

3.2. Dünyada Mevcut Durum

3.2.1. Dünya'daki Önemli Jeotermal Kuşaklar

Dünya jeolojik özellikleri nedeniyle (genç tektonizma ve volkanizma) birçok jeotermal kuşak olmuştur.

3.2.2. And Volkanik Kuşağı

Güney Amerika' nın batı sahillerin de bulunan bu kuşak, Venezuela, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantini kapsamaktadır. Çok sayıda aktif volkanizma



nın oluşması sayesinde yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin gelişmesine yol açmıştır. Ancak buralarda mevcut jeotermal alanlar henüz çok fazla değerlendirilmemiştir.[1]

3.2.3. Alp - Himalaya Kuşağı

Hindistan platosu ile Avrasya platosu' nun çarpışması sonucu oluşan bu jeotermal kuşak Dünya' nın en büyük jeotermal kuşakları arasındadır. 150 km genişliğin de ve 3000 km uzunluğundadır. Bu kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Yunan (Çin), Myanmar (Burma) ve Tayland' ı kapsamaktadır.[1]

3.2.4. Doğu Afrika Fay Sistemi

Aktif olan bu system Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya ve Tanzanya' dadır. [1]

3.2.5. Karayip Adaları

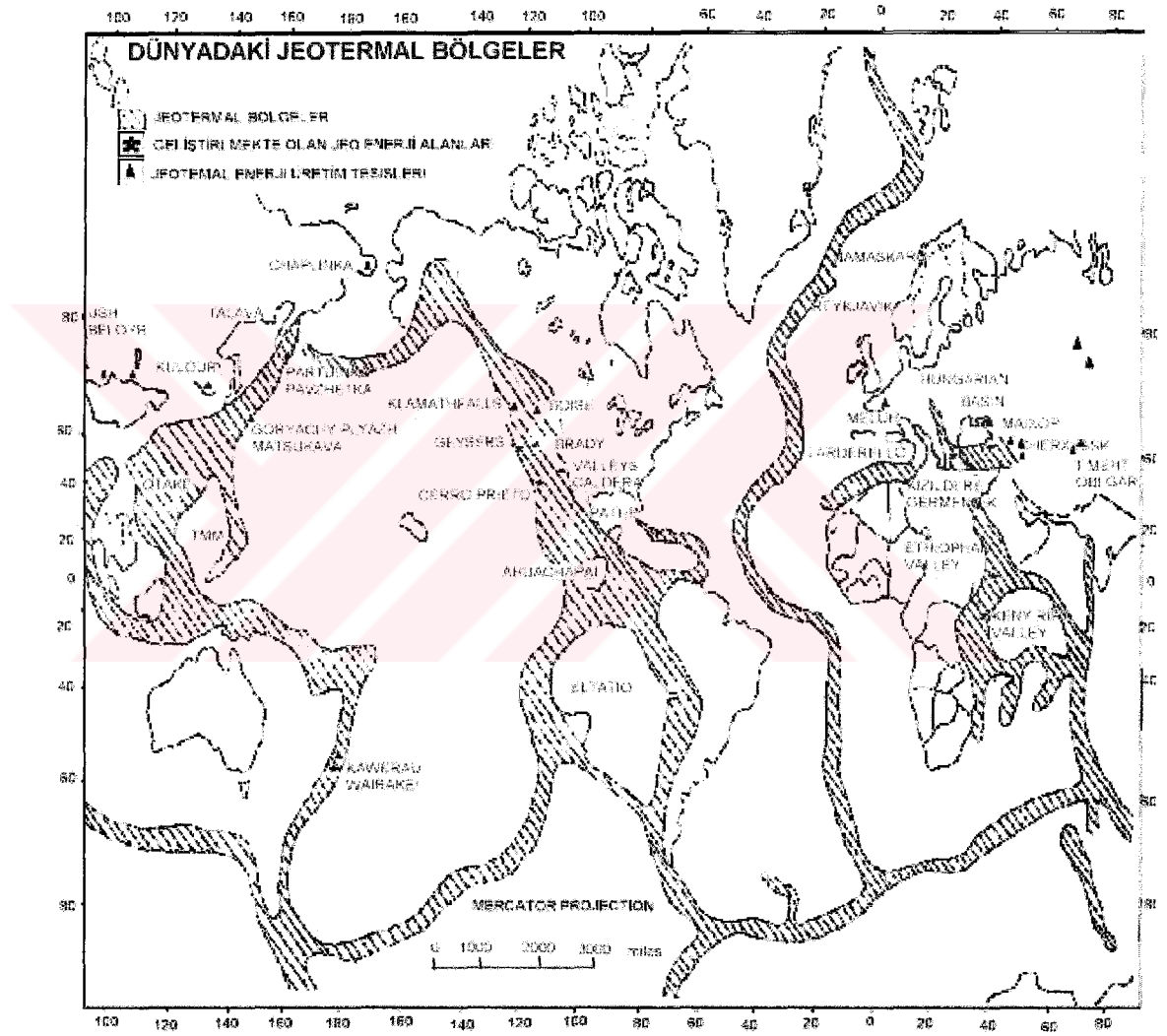
Bu adalarda aktif volkanizma' nın hakim olduğu bu kuşakta önemli potansiyel görülmektedir. Doğu Karayip' teki küçük Antil adaları, küçük tabaka kaymalarını, aktif volkanları vede küçük volkanları akla getirmektedir. Guadeloupe' deki incelemeler 1969' den beri devam etmektedir. Ayrıca Dominik, Monserrat ve St. Lucia' daki incelemeler teşvik edilmektedir. Fakat henüz elektrik üretilmemiştir. [1]

3.2.6. Orta Amerika Volkanik Kuşağı

Guatemala, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama'yı etkileyen bu kuşak aktif çok sayıda jeotermal sistemin oluşmasına yol açmıştır.



Bunların dışında; Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Doğu Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, Meksika, Kuzey ve Doğu Avrupa, Bağımsız Devletler Topluluğu, Gibi farklı tektonik oluşumlar nedeni ile verimli jeotermal sahalara sahiptir. [23]



Şekil.3. 1. Dünya'daki Jeotermal Kuşaklar

3.2.7. Rusya

Eski Sovyetler birliğinde birçok alan deprem bölgelerine yakındır. Japonya' nın kuzeyinde Kamçatka aktif volkanların ve jeotermal ısının fazlaca bulunduğu bir bölgedir. Rusya' nın bu bölgesinde jeotermal elektrik gücü 11 MW_e dir. Bunun haricinde bu bölgede birçok volkan ve geyserler yer almaktadır.

Mutnowsky bölgesi 80 Mw_e kapasiteli elektrik santrali bulunmaktadır. Bu santralde elektrik ile birlikte üretilen sıcak su 80 km'lik borular yardımı ile bir kasabayı ısıtma amacıyla kullanılmaktadır.

Rusya'daki Jeotermal kaynaklar bölge ısıtması (673 GWh/year), yün yıkama, odun kurutma, kağıt ve hazır beton yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca Sibirya' daki yaklaşık 230 hektar' lık sera alanı, bazı balık çiftlikleri ve yüzme havuzlarını ısıtmak için kullanılır. Sibiryada farklı bir uygulama olarak buzlu bölgeleri eritme işleminde jeotermal kaynaklardan faydalanılır ve bu işlem sonucunda temiz su elde edilir.

Gürcistan' da 65 °C deki jeotermal kaynaklardan banyo, sera ısıtma ve kültür balıkçılığında kullanılıyor.[1]

3.2.8. Japonya

Son 20 Milyon senedir Japonya volkanik olarak aktif durumdadır. Japonya jeotermal kaynak bakımından oldukça zengindir. Jeotermal kaynaklar yoğun olarak hamam ve sauna olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple Japonya jeotermal ısının direk olarak kullanıldığı Dünya' nın en büyük ülkesidir. Muazzam seviyede sıcak su kullanımı vardır (8730 GWh/year). İlave olarak 1940 GWh/year ise alan ısıtmasında, üretimde, tarımda, kültür balıkçılığında kullanılmaktadır.[1]

Matsukawa' da 1966 yılından beri faaliyet gösteren kuru buhar santralinden ilk elektrik üretimi 22 MW_e olmuştur.

1982' ye kadar kapasiteleri 10 MW_e ile 55 MW_e arasında değişen 7 adet güç santrali çalışmaya başlamıştır. [2]

3.2.9. Doğu Çin

Doğu Çin deprem bölgesine yakın değildir. Fakat Kuzey Avrupa' daki kayaç yapılarına benzer özellikte kayaçlarda sıcak su barındırırlar. 1995' te jeotermal kaynak kullanımı toplam 4171 GWh/ yıl.

Tianijin ve Beinjin' de 400' den fazla kuyu 6000 kg/saat sıcak suyu, alan ısıtması, elbise kurutma ve kağıt üretiminde kullanmak üzere sağlamaktadır.

Kırsal kesimlerde sıcak su 300 akrelik seralarda, ürün kurutma ve kültür balıkçılığında kullanılmaktadır. Tüm ülkede jeotermal kaynaktan elde edilen sıcak su banyo ve ısıtmada kullanılıyor.

Kuzey Çin' deki jeotermal seracılık, pirinç tarlalarında' da uygulanmıştır ve üretimde bir artış gerçekleşmiştir.

Doğu Çin' de küçük boyutlu jeotermal güç santralleri bulunmaktadır. (300 - 686 KW_e)

Tayvan civarı deprem bölgesine yakındır ve Tatun' da yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlar yer almaktadır. Tatun' daki jeotermal akışkan çok asitlidir.

Ayrıca Chingshui (3 MWe) ve Tuchang (300KWe)' da düşük sıcaklıklı jeotermal güç santralleri yer almaktadır. [23]

3.2.10. Filipinler

Bu adalar topluluğu ülke önemli jeotermal kaynaklara sahiptir. Aktif faylar ve volkanlar yer almaktadır. Buradaki jeotermal alanların elektrik üretimi açısından potansiyeli ortalama 220 MWe dir. Üretimi artırmak için çalışmalar aktif bir biçimde sürmektedir.

Adalarda jeotermal kaynaklardan üretilmekte olan elektrik denizen altından kablolar vasıtası ile diğer adalara taşınmaktadır. Filipinlerde jeotermal hızlı bir gelişim halindedir.

İlk santral 1979 yılında kurulmuştur. 2000 yılı itibarı ile Filipinlerdeki jeotermal güç santrallerinde üretilen elektrik kapasitesi 190 MWe' dir.

Bu elektrik üretim kapasitesi ile Filipinler (Şu anda jeotermal güç üretimi bakımından 2. sırada yer almaktadır.) gelecekte 1. sırada yer alması kuvvetle muhtemeldir. [1]

3.2.11. Endonezya

Avrasya ve Avustralya kıtaları arasında uzanan 4000 km' lik fay hattı üzerinde yaklaşık 200 tane yanardağ ve 100 tane de jeotermal bölge bulunmaktadır. Jeotermal üzerine yapılan ilk çalışmalar 1920' li yıllarda Kamojong bölgesinde sıg buhar kuyularının açılması ile başlamıştır. 1979' da 250 KWe üretim yapan bu alan 1985 yılından bu yana kuru buhardan 140 MWe gücünde üretim yapmaktadır.

Endonozya’ da Salok, Dieng, Lahendong, Bedugul ve Kamejong’ da toplam 589,5 MW_e üretim yapılmaktadır. Lahendong bölgesinde gerçekleştirilen elektrik üretimi, uzak bölgelerde yer alan sanayi kurumlarının faaliyetlerini arttırmaları yönünde cesaret verici bir rol oynamaktadır. [1]

3.2.12. Amerika Birleşik Devletleri

Amerikada’ki jeotermal bölgeler volkanik aktivitelerin ve tektonik hareketlenmelerin olduğu yerlerde bulunmaktadır. California – Geysers bölgesindeki jeotermal güç santralinden 824 MW_e elektrik üretilmektedir. California bölgesinde jeotermal enerjiden toplam elektrik üretimi 1876 Mw_e dır. Nevada’ da 215 Mw_e ,Utah’ da 41 MW_e, Hawai 25 MW_e ve diğer jeotermal kaynaklar 85 MW_e üretim yapmaktadır. Ayrıca Amerika’ da yüzbinlerce ısı pompası kullanımı ile jeotermal akışkanın ısısından faydalanılır

Batı Amerika’ da yüzlerce ev bireysel olarak veya bölgesel olarak jeotermal enerjiyi kullanarak ısınmaktadır. Arizona ve New Mexico’ da seracılık ve kültür balıkçılığında jeotermal enerjiden faydalanılmaktadır. [23]

3.2.13. Meksika

Cerro Prieto ve Doğu Pasifik yükseltisinin off-shore kısmı boyunca muazzam boyutta 280 °C – 360 °C sıcaklıkta jeotermal sistemler bulunmaktadır. Bu alanda 4000 m. ye kadar olan derinlikteki rezervuarlardan 720 MW_e ‘ lik üretim gerçekleşmektedir. Cocos plakasının Kuzey Amerika tabakasının altına daldığı, merkez Meksika Volkanik kemerinde, Los Azufra 88 MW_e, Los Humeros 35 MW_e üretim yapmakta olup, ayrıca 65 MW_e ‘ lik jeotermal güç üretimi planlanmaktadır. Meksika’ da 1500’ ün üzerinde sıcak su kaynağı vardır.

Meksika’ da jeotermal ısının doğrudan kullanıldığı yerler; Ticari çamaşırhaneler, soğutma ve dondurma sanayii, bölgesel ve sera ısıtmaları ve de meyve ve kereste kurutmada kullanılır. [23]

3.2.14. Arjantin

Arjantin, Güney Amerika’nın jeotermal enerji kullanımı açısından önde gelen ülkelerindendir. Batı bölgelerinde, Ant sıradağları boyunca, yüksek sıcaklıklı jeotermal ısıya sahiptir ve ülkenin bazı bölgelerinde düşük sıcaklıklı termal alanlarda azalma olduğu saptanmıştır.

Copahue’deki 670 kW’lık çift- döngülü pilot tesis, 1996’da kapanmıştır. Şu anda ön planda olan, jeotermal enerjinin dolaysız kullanımının geliştirilmesidir. Devlet, bu gelişime yardımcı olmak için, bir Ulusal Jeotermal Plan hazırlamıştır.

Mevcutta şu an, 25.7 MW_t kapasiteyle kurulmuş, 134 dolaysız kullanım projesi bulunmaktadır. Projelerin dağılımı şu şekildedir:

- Güney doğu’da 6 yeni termal alan, eğlence ve tedavi amacıyla istismar edilmektedir.
- And Dağlarının bir uzantısı olan tepelerdeki alanda yer alan Copahue-Caviahue’deki turistik tesiste, bütün bir yıl boyunca uluslar arası termel bir banyo merkezini çalıştırabilecek jeotermal buhar, bir kar eritme projesi için kullanılmaktadır.
- Buenos Aires’ in güneyinde sera ısıtması, karides çiftliği ve tedavi amaçlı merkez. Chubut eyaletinde halen, termal suları kullanan bir balık üretim çiftliği planı gelişme aşamasındadır. [23]

3.2.15. Avusturya

1995'ten bu yana, Avusturya'nın jeotermal kaynaklarında hatırı sayılır bir gelişme olmuştur. Son zamanlara kadar, ülke hepsi yukarı Avusturya'da olmak üzere, 4 jeotermal tesise sahiptir. Toplam kurulum kapasiteleri 27.3 MW_t olan bu tesisler, bölgesel ısıtma, kaplıcaların ısıtılması, banyo, yüzme ve seraların ısıtılması gibi direkt uygulamalarda kullanılmaktadır.

2001 yılının Ocak ayında Altheim'de, bir çift enerjili tesis işletmeye açılmıştır. Kurulum kapasitesi 1 MW_e ve beklenen yıllık üretim ise 3.8 GWh' dir.

Ek olarak, bütün ülkede, toplam kapasitesi 228MW olarak tahmin edilen 19.000 adet ısı pompası kurulumu bulunduğu rapor edilmiştir.[1]

3.2.16. Kanada

1974' den beri yapılan araştırmalar Kanada' nın, bol ve yaygın jeotermal potansiyeli olduğunu ortaya koymuştur. Hidro-elektrik kaynakları bol ve ucuz fosil yakıtı olsa da, bu durum büyük ölçekli gelişmeleri teşvik edici değildir. Yüksek sıcaklıklı jeotermal enerji kaynakları kurulmuş ancak kullanılmaya henüz başlanmamıştır. Tersine, düşük sıcaklıklı kaynakların uygulaması gerçekleşmiştir.

Jeotermal enerji nin dolaylı kullanımını, 4 adım (jeotermal ısı pompaları, akifer termal enerji deposu, mineral sulardan elde edilen enerji ve kaynaklar) izlemektedir ve 377.6 MW_t' lık bir tahmini toplam kurulum kapasitesi ortaya koymaktadır.

Toplam kapasitesi 360 MW_t olan 30.000 ısı pompası ünitesinin, iş yerlerinde ve büyük evlerde ısı ve /veya soğutma için kurulacağı öngörülmüştür. Bazı büyük ölçekli binalarda üniteler ısı değişim araçları ile birleştirilmişlerdir ve aquifer termal enerji depo

teknolojileri ile geri dönüşümü sağlanan jeotermal enerjiden hem ısıtma hem de soğutma sağlanabilmektedir. Nova Scotia’ da kullanılmayan bir kömür madenin deki düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan, yerel bir endüstrideki alanın ısıtılması için, 11 MW_t’ lik bir dolaylı kullanıma sahip jeotermal enerji sağlanacağı tahmin edilmektedir. Batı Kanada, pek çok orta ve yüksek sıcaklıklı sıcak kaynaklara sahip olması ile bilinir ve İngiliz Kolombiyası ve Alberta’ da, eğlence amaçlı, 11 ticari sıcak havuz ve 8 dinlence yeri için, tahminen 6.6 MW_t kapasiteli bir kaynak kullanılmaktadır.

3.2.17. Kosta Rika

Pek çok volkanla ve jeotermal alanla da ortaya konulduğu gibi, Orta Amerika Volkan Kuşağı, Kosta Rika’ dan geçer Miravalles, Tenorio ve Rincon de la Vieja alanları ülkenin güney batısında yer almaktadır ve bu alanlarda detaylı çalışmalar yapılmaktadır.

Bugüne kadar, Kosta Rika’nın jeotermal kaynakları sadece elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır. 1994 yılının Mart ayında Miravelles’ de, 55 MW_e’ lik bir tek-ışıklı yoğunlaşmış ünite görevlendirilmiştir. 1998’ de, akımdan ortaya çıkan ikinci bir 55 MW_e’ lik bir yoğunlaşmış ünite, ülkenin toplam enerji ihtiyacının %20’ sini karşılayan ve bu tesisler tarafından üretilen enerjiyi getirmiştir. 27.5 MW_e’ lik Miravalles 3/Mart/ 2000’ de aktif hale gelmiştir ve 2003’ te, 19 MW_e’ lik bir ekleme daha yapılarak, toplam kapasitenin 161.5 MW_e’ ye getirilmesi umulmaktadır.

Tenorio jeotermal projesinin fizibilite çalışmalarına şimdilerde başlanmıştır. Ve ilk derin 4 kuyu tamamlanmıştır. Buna ek olarak, Rincon de la Vieja projesi için bir ön fizibilite çalışması başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. İki alan da Ulusal Park’ ta yer almaktadır. Eğer bütün çevresel durumlar 2010’ a kadar karşılanırsa, hem Tenorio hem de Rincon de la Vieja, ülkenin jeotermal kapasitesine önemli bir katkı yapacaklardır.

3.2.18. El Salvador

Tıpkı Kosta Rika gibi, El Salvador da Orta Amerika Volkan kuşağında yer almaktadır ve bu nedenle verimli jeotermal kaynaklara sahiptir. En önemli nokta, her ne kadar jeotermal enerjinin dolaysız kullanım potansiyeli olsa da henüz gelişmemiştir, kaynakların, enerji üretimi için kullanılıyor olmasıdır.

Keşifler 1954' te başlamıştır ve 1975' te akımdan ortaya çıkan ilk enerji tesisi ülkenin uzak batısı Ahuachapan' da keşfedilmiştir. Tek ışıklı, 30 MW_e' lik tesisin kapasitesi 1976' da iki katına çıkarılmış ve 1980'de 35 MW_e' lik çift ışıklı bir ünite eklenerek toplam kapasite 95 MW_e' ye çıkarılmıştır. Ancak, 1994' te, jeotermal alanın kapasitenin üstünde çalışması, enerji üretiminin 48 MW_e' ye düşmesine neden olmuştur. 1996' da başlayan bir rehabilitasyon projesi ile enerji üretimi artırılmış ve bu kapasitedeki devamlılığı sağlanmıştır.

Cumhuriyetin doğusunda yer alan Berlin jeotermal alanı, 1960' lardan sonra keşfedilmiştir ve 1992' de, iki adet 5 MW_e' lik geri basınç tesisinin kurulumuna öncülük etmiştir. 1999' un ortasında yoğunlaştırılmış bir 56 MW_e (2x28 MW_e)' lik tesis eklenmiştir.

Olası diğer iki jeotermal alanlardan birisi ülkenin ortasın daki San Vicente' de diğeri ise doğuda Chinameca' dadır ve her ikisinin de tahmini kapasitesi 50 MW_e' dir. Coatepeque, Santa Rosa Lima ve Obrajuelo Lempa' da da geleceğe yönelik araştırmalar planlanmıştır.

El Salvador' da 1996' dan beri, elektrik kanunları ve düzenlemeleri ile ilgili reformlar yapılmaktadır. Jeotermal enerji, açık pazarda (piyasada) şimdilerde diğer favori enerji kaynakları ile rekabet etmektedir ve bütün Orta Amerika'yı birbirine bağlaması düşünülen yapılmakta olan projeler, jeotermal enerjinin başarı şansını etkileyecektir. Sonuç, bir tek büyük piyasa olacaktır ve dahası, Meksika' dan El



Salvador' a ve /veya Kolombiya' dan Panama' ya inşa edilecek bir gaz boru hattının planlanmasının etkileri, elektrik sektöründe tamamiyle hissedilecektir.

3.2.19. Etiyopya

Etiyopya, jeotermal potansiyeline sahip olan Afrika ülkelerinden biridir. Hatırı sayılır sayıda, hem yüksek hemde düşük entalpili jeotermal kaynağa sahiptir ve bu kaynaklar Etiyopya Rift vadisinde ve Afar alçak basınç alanında yer almaktadır.1969' da başlayan keşifler, bugüne kadar, 700 MW_e' lik potansiyele sahip 24 madenin varlığı ortaya çıkarılmıştır.

1998' e kadar, jeotermal enerji, sadece boş zaman geçirmek ve tedavi amaçlı olarak kullanılıyordu ancak bununla ilgili veriler mevcut değildir.1998' in ortasında Aluto-Langano tesisi (iki üniteli, bir düzine 8.5 MW_e' lik tesis) işletilmeye başlanmıştır. 1999' un ortasında commissioning ortaya çıktığında Aluto-Langano, entegre edilmiş akımı ve çift enerji teknolojisini kullanmak üzere, Afrika' nın bir numaralı jeotermal enerji tesisi haline gelmiştir. Tesiste, jeotermal akımla işletilen bir adet 3.9 MW_e' lık birleştirilmiş dönel birim ve bir adet de hem jeotermal deniz suyu hem de alçak basınç akımında çalışan 4.6 MW_e' lık Ormat enerji dönüştürücüsü bulunmaktadır.

Aluto-Langano jeotermal alanına ek olarak, Tendaho' da bir üretim testi ve fizibilite çalışması devam etmektedir. Lakes District, the Main Ethiopian Rift, Southern Afar ve Northern Afar'ın bazı bölgelerinde ise başka keşiflerde yapılacaktır. Etiyopya' nın jeotermal potansiyeli, eğer gelişmeyi destekleyecek yeterli finans sağlanabilirse, sadece temel enerji tüketimi olmayacak aynı zamanda ihraç da edilecektir.

3.2.20. İtalya

İtalya, jeotermal kaynaklarla ilgili olarak dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir. Yüksek- sıcaklık buhar üstünlüğündeki rezervuarlar, Toscana' dan Campania' ya (Napoli yanı) kadar ülkenin batı bölümüne doğru bir kuşak içinden geçer.

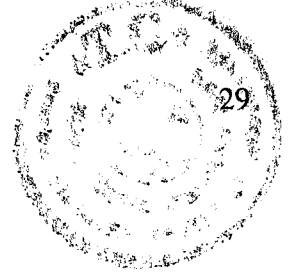
Jeotermal kaynaklardan ticari güç doğuşu, İtalya' da 1913 yılında bir 250 KW birim ile başlamıştır. Daha sonraları temel husus, ısının direkt kullanımından çok gücün üretimini içerir. Jeotermal olarak üretilen elektrik 1999' da tüm zamanların en yüksek rakamı olan 4,4 milyar KWh' e ulaşmıştır, bu rakam toplam elektrik üretiminin yaklaşık %2' sini ifade eder.

20. yüzyılın ilk yarısı sırasında kaynakların sınırlı gelişmesini takiben, 2. yarısında hızlı bir büyüme gözlenmiştir. 1999 yılı sonunda toplam İtalyan jeotermal kapasitesi 621 MW_e ye ulaşmıştır.

2005 yılına kadar bir dizi peryot' ta ek bir 390 MW_e kapasite getirmek planlanmış, bahsedilen 245 MW_e yedeğe alınan (229 MW_e) üniteler ile yer değiştirilecek ve 145 MW_e yeni alanlardaki gelişmeler ile ilgili olacaktır.

İtalya ülke raporları ek olarak 2000 Rusya Jeotermal Kongresinde sunulmuştur, aynı zamanda direkt kullanımlarda bir detaylı analiz sunulmuştur. Analiz birkaç büyük jeotermal balık çiftliği (yaklaşık olarak 110 MW_t), büyük otellere ulaşmıştır ve kaplıca sularında kullanımı (Abano bölgesi ve Ischia adası) ülke raporlarından hariç tutulmuştur.

İtalya'da direkt kullanım (kaplıca/yüzme havuzu kullanımı haricinde) yaklaşık olarak yılda 5000 TJ' lik bir üretim ile 470 MW_t olarak hesap edilebilir. Kaplıca kullanımının sınırlı bir bölümüne denk olarak katılan, yıllık ısı üretimi için 1000 TJ eklenebilir. Düşük – orta sıcaklıklı kaynaklar böyle amaçlar için çoğunlukla Roma' nın kuzey bölgesinde kullanılır.

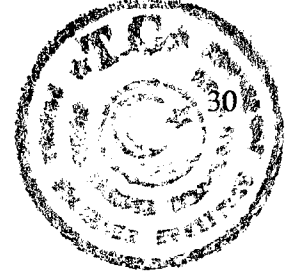


3.2.21. Fransa

Fransa'nın merkezinde sadece iki adet düşük-entalpili kaynak bulunmaktadır. Paris bölgesinde, ilk merkezi jeotermal tesis, 1969 yılında kurulmuş olmasına rağmen jeotermal enerjinin asıl gelişimi, petrol krizini izleyen 70' li yıllarda olmuştur. Kaynaklar, iki büyük tortulu havzada bulunmuştur. Paris havzası ve güneybatıdaki Aquitaine Havzası. Diğer alanların (Alsace ve Limagne) de jeotermal potansiyeli mevcuttur ama kolayca kullanılabildikleri söylenemez. 1986 sonundan itibaren işletimde 74 adet tesis bulunmaktaydı ancak 1999' un sonundan itibaren bu sayı 61' e düşmüştür. Bunların 41' i Paris bölgesinde yer alırken, 15' i Aquitaine Havzası' nda ve geri kalanı da diğer bölgelerdedir. Kurulum kapasitesinin %97' si ısıtma için kullanılmaktadır. Seralar için bu %2 iken, balık ve hayvan çiftlikleri için %1' dir. 1980' lerde Fransa' nın çok düşük enthalpili kaynakları, ısı pompalarının kurulmasıyla birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde çoğu kolektif veya bireysel, bina ısıtma üzerine olan, 7000 tesis bulunmaktadır.

1980'lerde Fransız otoriteleri, Hot Dry Rocks'ın potansiyelini araştırmak için destek vermeye başlamışlardır. Uzun dönem araştırma programlarının üç ana dönemi vardır. 1987- 1997 Soutz- sous-Forest deney alanının bilimsel değerlendirmesi; 1998-2005 bilimsel tesisin inşası ve test edilmesi; 2005' den sonra bir endüstriyel prototip tesisin inşası.

Yeraltı kaynakları ısı pompaları teknolojisini yayılması, metropoliten düşük-enthalpili kaynaklarındaki ileri gelişmeler ve deniz aşırı bölgelerde yüksek entalpi kullanımında yaşanan gelişmeler devam etmektedir.



3.2.22. Gürcistan

Jeotermal kaynaklar, Güney Kafkasya alanı boyunca yaygındır ve hala yoğun olarak kullanılmaktadır. Ülkenin Tiflis alanında kısmen etkili olsa da, oldukça fazla kaynağı olduğu belirtilmiştir. Bölgede dolaysız ısı uygulamalarına yönelik, 250 MW_t olması öngörülen, bir kurulum kapasitesi mevcuttur.

3.2.23. Almanya

Almanya yüksek entalpili enerji deposuna sahip değildir ve bugüne kadar düşük entalpili kaynaklar dolaysız kullanıma daha uygundur ekonomik olarak elektrik üretilmemiştir. Ülkenin Hot Dry Rock (HDR) kaynağı bu durumu değiştirememiştir ve enerji üretimi ile sonuçlanmıştır. Bugünlerde, HDR teknolojisi üzerine yapılan araştırmalar deneme aşamasındadır. Jeotermal kaynaklar, Kuzey Almanya tortul havzasında, Güney Almanya Molasse Havzasında ve Rhine graben boyunca yerleşmişlerdir.

1999' un sonunda jeotermal enerjinin dolaysız kullanımı için toplam kapasite 397 MW_t' de kalmıştır. Bu kapasitenin 55 MW_t' si 27 büyük merkezi tesise aitken 342 MW_t' si küçük küçük yayılmış eart-coupled ısı pompalarına ve yeraltı suyu ısı pompalarına aittir.

27 ünite, ısı tesisleri, termal kaplıcaları (bazen alan ısıtması ile birlikte), seralar ve alan(yer) ısıtması veya soğutması için kullanılan yer ısı dönüştürücü' den oluşmaktadır. Ancak, 27 tesisin sadece 22' si tamamen jeotermal enerji kullanmaktadır, kalan 5 tanesi maksimum talebi karşılamak için depolanmış petrole ve gaz ocağına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, sadece jeotermalin kullanıldığı termal enerjiden yararlanan toplam kurulum kapasitesi 34.9 MW_t olarak kurulmuştur. Şu anda, 2002' den itibaren 81.5 MW_t' lik ek kapasite sağlayacağı düşünülen, 9 adet projenin yapımı devam etmektedir.

Ülke çapında yayılmış küçük ısı pompalarının kesin sayısı henüz belirlenmiştir ancak 18.000' i geçtiği düşünülmektedir. Bu sayı, gelecek yıllarda muhtemelen artacak ve 2002 sonu itibariyle 40 MW_t civarında olacaktır.

3.2.24. Guadeloupe

La Bouillante'deki Guadeloupe'un Fransa Denizaşırı Bölümü' nde (French Overseas Department) 4.2 MW_e' lik çift ışıklı tesis, şu anda, adanın elektrik üretimi için yararlanılan tek jeotermal enerji tesisidir. Tesis 1985 yılında işletilmekteydi ancak 1991-1996 yılları arasında kapatılmıştır.

Fransız Ajansı Çevre ve Enerji Yönetim Kurulu (ADEME), Bouillante' nin yüksek-entalpili alanının planlanan bir sonraki yapım aşamasına katkıda bulunacaktır. 2000 yılında yeni kuyuların açılması için yapılacak maliyetin %20'si karşılanacaktır. Bu gelişme aşamasının hedefi, mevcut üretim kapasitesini, adanın elektrik ihtiyacının %2'sini karşılayarak, ihtiyacın %10' una ve 20 MW_e' ye çıkarmaktır.

3.2.25. Guatemala

Guatemala yeni bulunan 13 jeotermal alana sahiptir. 1996 yılındaki Elektrik Yasası' nın ardından, Ulusal Elektrik Enstitüsü (INDE), bu alanların 5 tanesinin geliştirmek üzere korumaya almıştır. Bu beş alan (Zunil, Amatitlán, Tecuamburro, San Marcos ve Moyuta), güney Guatemala' da, aktif volkan zinciri altında yer almaktadır. INDE, 1972' den beri, jeotermal enerjiye yönelik, araştırmacı ve geliştirmeci bir çalışma yürütmektedir ve bugüne kadar 58 MW_e daha çıkarılması tahmin edilmektedir.

Ülkedeki ilk jeotermal enerji tesisi, Amatitlán alanında inşa edilmiştir. Kasım 1998' de, 5 MW_e' lik bir geri basınç elektrik üretim tesisinin yapımına başlanmıştır. Bu tesis, ulusal elektrik şebekesine 3 yıl boyunca enerji sağlayacaktır. Sonuç olarak,

alanların keşfi ve yoğunlaşmış 25- 30 MW_e tesisin inşası planlanmıştır. Buna ek olarak, Amatitlán alanı beton kalıplarını kurutmak ve ürün kurutma tesisi gibi kullanımlarda, jeotermal enerjinin dolaysız kullanımını da desteklemektedir.

1999' dan beri ikinci bir jeotermal tesis (Zunil I alanında) ticari olarak işletilmektedir. INDE' nin keşif amaçlı kazı çalışmalarının ardından, tesisin özel kurulumu ve işletilmesi için, Ormat' la bir anlaşma imzalanmıştır. 2019' a kadar şirket INDE' den buhar satın alacak ve ulusal şebekeye enerji satacaktır. Zunil II alanındaki keşif amaçlı kazılar 50 MW_e ' lik bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

INDE Elektrik Kanunu' na göre keşif çalışmalarına daha fazla yatırım yapılmayacaktır ve bu nedenle Guatemala' nın jeotermal gelişimi, hükümet organları ve özel sektör arasındaki bağların güçlenmesine bağlıdır.

3.3. Jeotermal Enerjide 2005 Yılı Hedefleri

Tablo 3.1.Tabloda Dünyadaki jeotermal kaynakların durumu ve geleceğe yönelik planları belirtilmiştir. [2]

Ülkeler	Kurulu 2000 (Mwe)	Üretilmiş 2000 (GWh)	Hedeflenen 2005 (Mwe*)
Arjantin ^(a)	0	0	n/a
Avustralya	0.17	0.9	n/a
Çin	29.17	100	n/a
Kosta Rika	142.5	592	161.5
El Salvador	161	800	
Etyopya	8.52	30.05	8.52
Fransa	4.2	24.6 ^b	20
Yunanistan	0	0	n/a
Guatemala	33.4	215.9	33.4
İzlanda	170	1.138	186
Endonezya	589.5	4.575	1,987.5
İtalya	785	4.403	946
Japonya	546.9	3.532	566.9
Kenya	45	366.47	173
Meksika	755	5.681	1.080
Yeni Zelanda	437	2.268	437
Nikaragua	70	583	145
Filipinler	1.909	9.181	2.673
Portekiz	16	94 ^b	45
Rusya	23	85	125
Tayland	0.3	1.8 ^b	0.3
Türkiye	20.4	119.73 ^a	250
A.B.D	2.248	15.470	2.376
TOTAL	7,974.06	49,261.45	11,141.38

a- Bu ülkelerdeki santraller uzun süre çalışmamıştır.

b- Bu şekiller tahmini olarak %67' lik kullanım faktörüne dayanmaktadır. (Mevcut data bulunmuyorsa)

* Tahmin edilmiş

4. JEOTERMAL ENERJİNİN TÜRKİYEDEKİ DURUMU

- İlk jeotermal kuyu 1963 yılında İzmir - Balçova jeotermal sahasında delinmiştir.
- Denizli – Kızıldere jeotermal sahası 1963 yılında keşfedilmiştir.
- Jeotermal enerji ile ilk olan ısıtma uygulaması 1964 yılında Balıkesir – Gönen’ de bir otelde gerçekleşmiştir.
- İlk jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik çalışmalar UNDP desteği ile 1966 yılında Denizli – Kızıldere jeotermal sahasında gerçekleştirilmiştir.
- Ülke genelinde jeotermal enerji araştırmaları 1970’ lerde hızlanmıştır.
- 1974 yılında Denizli – Kızıldere jeotermal sahasında 0,5 MWe kapasiteli pilot bir güç santrali kurulmuştur.
- 1980’ lerin başlarına kadar süren ölçekleme problemlerinden ötürü jeotermal enerjinin kullanımı yeterli yaygınlıkta gerçekleşmemiştir. Bu sebeple, jeotermal enerji kullanımında önemli gelişmeler kaydedilmiştir.
- 1982’ de Aydın jeotermal sahası keşfedilmiştir.
- İlk kuyu dibi ısı değiştirici sistemi, 1983 yılında İzmir – Balçova’ da kurulmuştur.
- Günümüzde Türkiye’ de aktif olarak çalışmakta olan tek santral Denizli – Kızıldere jeotermal sahasında yapılmıştır.
- 1986 yılında jeotermal enerjinin endüstriyel alanda en çok bilinen sıvı CO₂ ve kuru buz üretimi Denizli – Kızıldere güç santraline yakın bir fabrikada başlanmıştır. Bu fabrikanın yıllık kapasitesi 40000 ton’ dur.
- Üniversite seviyesinde yatay döngü konfigrasyonlu jeotermal ısı pompası üzerine ilk deneysel çalışma 1986 yılında ODTÜ’ de gerçekleşmiştir. Bu arada döngüsel konfigrasyonlu olanı ise 2000 yılında Ege üniversitesi Güneş enerjisi enstitüsünde gerçekleşmiştir.
- Jeotermal bölge ısıtma uygulamalarına Türkiye’ de 1987 yılında başlanmıştır. Böylece Balıkesir – Gönen’ de 600 evin ısıtması sağlanmıştır.

- 1990' dan 1995 yılına kadar jeotermal enerjinin direk kullanım uygulamaları % 185 kadar artmıştır. İlk konut için jeotermal ısı pompa sistemi 1998 yılında İstanbul' da 276 m² bir villa' da kurulmuştur.

4.1. Türkiyede Jeotermal Enerji Kullanımı

Türkiye' de 600 civarı jeotermal kaynak ve sıcaklığı 40 °C ve 242 °C arasında değişen 170 jeotermal saha tespit edilmiştir. Toplam belirlenen jeotermal elektrik üretim kapasitesi ise 200 MWe iken direk kullanım kapasitesi 2046 MWt dur. Bu belirlenmiş olan potansiyel, yeni arama ve sondaj çalışmaları ile her sene % 5 artım göstermektedir. Tahmini jeotermal gücü 4500 MWe ve direk kullanımı 31500 MWt olarak tespit edilmiştir.

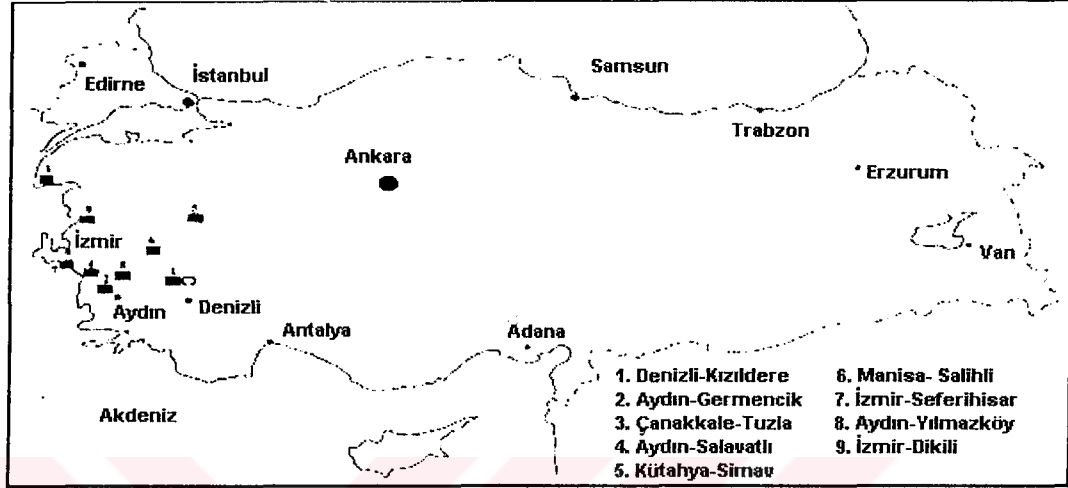
Orta ve düşük sıcaklıklı (< 150 °C) kaynaklara göre Türkiye' deki jeotermal potansiyel genellikle büyüktür. Bu sebeple bu kaynaklar doğrudan kullanım uygulamaları için daha uygundur. [4] [5]

Türkiye' de jeotermal enerji kullanımı iki kategoride incelenmektedir. Bunlar elektrik üretimi ve direk kullanımlar.

4.1.1. Elektrik Üretimi

170 jeotermal sahanın yaklaşık % 95' i düşük – orta entalpili sahalardır. Bunlar doğrudan kullanım uygulamaları için uygundur. Geri kalan 9 saha arasında Denizli – Kızıldere (200 °C – 242 °C), Aydın – Germencik (232 °C), Çanakkale – Tuzla (174 °C), Aydın – Salavatlı (171 °C), Kütahya – Simav (162 °C), Manisa – Salihli (150 °C) ve İzmir – Seferihisar (153 °C) bunlar yüksek entalpili sahalardır. Bu sahalar elektrik enerjisi üretimi için uygundur. [6] [7] [8]

Bu 9 jeotermal sahanın yerleri şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Türkiyedeki Bazı jeotermal kuyular. [7] [9]

4.1.2. Doğrudan Kullanım

Türkiye jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı uygulamalarında 5 lider ülke arasında yer almaktadır.[16] Türkiye jeotermal güç üretimi bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyel Dünya toplam jeotermal potansiyelinin % 12.5’ ne karşılık gelmektedir. Bu potansiyelin çoğu elektrik üretimi için uygun olmayan düşük entalpiye sahiptir. Fakat bu potansiyel doğrudan ısıtma uygulamaları için kullanışlıdır.[17]

Son 36 yılda jeotermal kaynakların doğrudan kullanımı bina ısıtmasından, sera ısıtmasına, sanayi kullanımına kadar hızlı bir genişleme göstermiştir.[5]

1960’ lardan önce jeotermal kaynaklar sadece hamamlarda ve fizik tedavisinde kullanılmaktaydı. Jeotermal enerjili ilk alan ısıtma uygulaması Balıkesir – Gönen’ de bir

otel' de gerçekleşmiştir. İlk bölge ısıtması sistemi ise 1987 yılında yine Gönen' de kurulmuştur.(16,2 MWt)

4.1.3. Alan Isıtması

Jeotermal alan ısıtma sistemlerinin toplam sayısı 37 dir. [18] [19] Büyük ölçekli şehir merkezli ısıtma sistemlerinin sayısı 10 dur.

Türkiye'de bölge ısıtma sistemi uygulamaları büyük ölçekli şehir merkezli jeotermal bölge ısıtma sistemleri ile başlamıştır. Bu bağlamda şehir merkezli jeotermal bölge ısıtma uygulamaları 2 gruba ayrılabilir.

Bunlar;

- a) Düşük sıcaklıklı uygulamalar.
- b) Yüksek sıcaklıklı uygulamalar

Kırşehir' de kurulu 1 adet düşük sıcaklıklı büyük ölçekli şehir ısıtma uygulaması vardır. Bu arada yüksek sıcaklıklı uygulamalar daha fazladır.[20]

Tablo 4.1. de Türkiye'de kurulu şehir merkezli jeotermal bölge ısıtma sistemleri. [20,21,22]

Yer	Şehir	Kapasite (MW _t)	Jeotermal Akışkan Sıcaklığı (°C)	Yetki Tarihi	Alan Isıtma Dağıtım Ağı Çıkış/Dönüş Sıcaklığı ^a (°C)	Kurulu Kapasite (Konut)/ Isıtılan Konut sayısı	Boru Dağıtım Hattı Tipi ^b
Gönen	Balıkesir	32	80	Haziran 1987	-	4500/3400	İkili çevrimli çelik boru sistemi
Simav	Kütahya	25	120	Ekim 1991	65/50	6500/3200	İkili çevrimli polyeater sistemle güçlendirilmiş fiberglas, üçlü çevrimli çelik boru sistemi ile değiştirilmektedir.
Kırşehir ^c	Kırşehir	18	54-57	Mart 1994	48/42	1800/1800	İkili çevrimli çelik boru sistemi
Kızılcahamam	Ankara	25	80	Kasım 1995	-	2500/2500	İkili çevrimli çelik boru sistemi
Balçova (Narlidere)	İzmir	72	115	Ekim 1996	85/60	20000/6697 ^d (1593 ^d)	Üçlü çevrimli çelik boru sistemi
Kozaklı	Nevşehir	11.2	90	1996	-	1250/1000	İkili çevrimli çelik boru sistemi
Afyon	Afyon	40	95	Ekim 1996	60/45	10000/4000	Üçlü çevrimli çelik boru sistemi
Sandıklı ^e	Afyon	45	70	Mart 1998	70/40	5000/1700	İki çevrim; polyeaterle güçlendirilmiş fiberglas içeren jeotermal çevrim, çelik boruların oluşturduğu alan ısıtma çevrimi
Diyadin ^e	Ağrı	42	78	Eylül 1998	78/45	2000/1037	İkili çevrimli çelik boru sistemi
Salihli	Manisa	142	94	Mart 2002	80/43	20000/2250 ^f	Fizibilite ve proje tamamlandı, işleme koyuldu.

^a Ortalama değerler verilmektedir.

^b Üçlü çevrimli sistemde, jeotermal akışkan ile alan ısıtma akışkanı arasında birincil ısı değiştiricisi, alan ısıtma akışkanı ile bina şebekesi arasında ikincil ısı değiştiricisi kullanılırken, ikili çevrimli sistemde, jeotermal akışkan ile alan ısıtma akışkanı arasında bir ısı değiştiricisi kullanılır.

^c Maksimum yıllık buhar kazanı kullanılmaktadır.

^d Konutların toplam sayısı 14400 eve karşılık gelmektedir. Bunlar otelleri, resmi konutları, 9 Eylül hastanesi Ekonomi hastanesini vs. kapsamaktadır.

^e Bölge ısıtması, tarım (sera ısıtması), termal oteller, balık havuzları, endüstriyel işlemler (sıvılaştırılmış karbondioksit ve çökelmiş kalsiyum karbonat üretimi)

^f Hedef kapasitesi.

4.1.4. Isı Pompaları

Aynı zamanda jeotermal ısı pompaları olarak da bilinen zemin – kaynak ısı pompaları (ZKIP), yüksek enerji kullanım verimlerinden dolayı geleneksel ısıtma ve soğutma sistemleri oluşturmaktadır. [24]

Lund ve Freston [25] [26], ZKIP' nin 1995' ten beri çok büyük bir büyüme kaydedildiğini, yıllık olarak %9,7' e karşılık gelen hemen hemen %59' luk bir büyümenin gerçekleştiğini rapor olarak sunmuşlardır. Japonya ve Türkiye gibi ülkeler' de ilgi giderek artıyor olmasına rağmen büyümenin çoğu Amerika ve Avrupa' da gerçekleşmiştir.

2000 yılı başında 27 ülkede kurulu kapasite 6875 MWt ve yıllık enerji kullanımı 23,287 TJ/yıl (6453 GWh/ yıl)' dır. Kurulu 12 KW' lık birimlerin eşdeğer sayısı 570000 adedin üzerinde olması gerekirken, kurulu birimlerin gerçek sayısı 500000 civarındadır. Buna karşın veriler eksiktir. Kurulu 12 KW' lık eşdeğer birimler Amerika ve Batı Avrupa ülkelerinde tipik evlerde kullanılıyor.

Türkiye' de ZKIP' ler üzerine yapılan çalışmalar 3 gruba bölünebilir.

- a) Isı pompa sanayii
- b) Üniversite çalışmaları
- c) Standartlaştırma çalışmaları

ZKIP' lar yıllardan beri gelişmiş ülkelerde kullanılmakta ve bileşenlerinin verimleri iyice belgelenmiş olmalarına rağmen bunların Türkiye' de binalarda kullanılması oldukça yenidir. Bir başka ifade ile ZKIP' lar 1998' den bu yana Türkiye piyasasında yer almaktadır. Henüz Türk ZKIP üreticisi bulunmamaktadır. Ayrıca yüksek gelire sahip olan kesimler bu sistemleri tercih ederler. Şu ana kadar, ülkede 207 birim



kurulmuştur, buda 3 MW'lık toplam kapasiteyi temsil etmektedir. Kurulumların çoğunluğu Marmara bölgesinde bulunmaktadır. 140 birimlik kısım İstanbul şehrinde yer almaktadır.[28] Yürütülmekte olan kurulumları düşünürsek, ileriki zamanlarda büyüme oranının artacağı belirgindir.[29]

Türkiye' deki üniversitelerde ZKIP' lar üzerine sınırlı deneysel çalışmalar yapılmaktadır.[30] [31] Bu tarihe kadar, 4 deneysel sistem kurulmuştur. Bunlar tablo 4.2' de sunulmuştur.[32] [33]

Tablo.4.2. Aralık 2003'e kadar türk üniversitelerinde kurulmuş ZKIP'nin ana özellikleri .[32, 33]

Üniversite	İnşa tarihi	Sistem tipi	Isı pompası kapasitesi (kW)
Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Ankara) [32]	1986	R-12 ile yalnız ısıtma için Tek boru-yatay ısı pompası; 1.5 m derinlikte, 0.6 m aralıklı 10 m'lik zemin sargısı; COP: 1.1-1.3	0.95
Atatürk Üniversitesi (Erzurum) [32]	1999	Sadece R-22 ile yalnız ısıtma için bir su-su jeotermal ısı pompa sistemi; gerçek COP değeri 2.8; 1100 lt/s akış debisinde jeotermal akışkan giriş/çıkış sıcaklık 35/30 °C dır.	7.02
Ege Üniversitesi (İzmir) [32]	2000	Düşey tek, U-büküm ısı değiştiricisi ile hem ısıtma hem de soğutma için bir ZKIP sistemi; 50 m delik derinlikli 4.5 in. delik çapı	5.20
Fırat Üniversitesi (Elazığ) [32]	2002	R-22 ile yalnız ısıtma için yatay ısı değiştiricili bir ZKIP sistem; Gerçek COP değeri 3.46'dır.	2.55

Türk Standartları Enstitüsü tarafından ikisi su – su tipi, ısı pompalarına ait olan 14 adet standart yayınlanmıştır. [34][35]



4.1.5. Seralar

Türkiye’ de jeotermal enerji ile sera ısıtmacılığı daha fazla önem kazanmaktadır. Son yıllarda, yiyecek üretimi ve tarımsal politikaların stratejik önemi, ülkedeki sera ısıtmacılığında mevcut jeotermal enerjinin kullanımına dair yeni yöntemler üzerine araştırma ve geliştirme çalışmalarını canlandırmıştır.[36]

Jeotermal enerji ile ısıtılan toplam sera alanının yaklaşık olarak 36 ha olduğu tahmin edilmektedir. Tablo.4.3’ de gösterildiği gibi toplam ısıtma kapasitesi 2,25 MWt/ha’ lık ortalama ısı yükü için 81 MWt dır.[37]

Tablo.4.3. Türkiyedeki jeotermal enerji ile sera ısıtmacılığını uygulamaları[37]

Bölge	Alan (ha)
Ege Bölgesi	25.66
İç Anadolu	0.39
Karadeniz	0.05
Güney Doğu Anadolu	9.37
Marmara	0.06
Doğu Anadolu	0.20
Akdeniz	---
TOPLAM	35.73

Jeotermal’ le ısıtılan seraların çoğunluğu Ege bölgesinde yer almaktadır. Yakıt maliyetlerindeki artışlardan dolayı son üç yılda jeotermal sera sanayinin büyüme oranı artış sergilemiştir.

4.1.6. Sanayi Kullanımı

Jeotermal enerji üzerine birçok endüstriyel ve proses uygulamaları var olmasına rağmen, Dünya genelinde birkaç uygulama gerçekleştirilmektedir. En eski endüstriyel uygulama İtalya’ da Larderello bölgesinde gerçekleştirilir. Burada, borik asit ve diğer bor bileşikleri, 1790’ den beri jeotermal akışkandan elde edilir.

Türkiye’ deki kullanımları için en çok bilinen uygulama CO₂ ve kuru buz üretimidir. 1986’ den beri bu uygulama, Denizli – Kızıldere jeotermal güç santrali yakınlarında işletmeye açılmış olan 120.000 ton / yıl kapasiteli bir fabrika’ da gerçekleştirilir. Bir başka endüstriyel kullanımı, beyazlatıcı bir malzeme olarak jeotermal kimyasal özelliklerini kullanan tekstil sektöründe gerçekleşmektedir. Balıkesir – Gönen’ de bölge ısıtma sisteminin atık suyu, 54 adet tabakhanenin proses sıcak su arzı için kullanılmaktadır. 2 adet endüstriyel üretim vardır. Bunlar sıvılaştırılmış CO₂ (25 ton/yıl) ve çökelmiş kalsiyum karbonat üretimleridir. Bu üretimler Ağrı – Diyarbakır jeotermal sistem ile entegrasyona sahiptir. [39] [19] [6] [20]

4.2. Türkiye’ deki Jeotermal Enerji’ nin Kullanım Fırsatları

Türkiye’ deki jeotermal kullanımının gelişimine paralel olarak 2010 ve 2020 yıllarına kadar toplam kurulu kapasite alan ısıtması için 3500 MWt ve 8300 MWt iken güç üretimi için 500 MWe ve 1000 MWe’ dir. [21] [26]

Bu tarihe kadar, tüm jeotermal alan ısıtma yatırımları hükümet ve belediyeler desteği ile yerine getirilir.

Türkiye şartları altında, jeotermal alan ısıtma yatırımları içinde boru hattı ağının payı % 70 civarı, üretim ve reenjeksiyon payı % 10, ısıtma merkezi payı % 5 ve mühendislik tasarım payı ise % 5 de dir.[22] [15]

Sera ısıtması, termal turizm, elektrik üretimi, CO₂ ve kuru buz üretimi, Türkiye' nin jeotermal enerji kullanımı içerisinde önemli paya sahiptir. Türkiye' deki tüm jeotermal uygulamaları düşünülürse, doğrudan jeotermal enerjini kullanımının toplam kapasitesi 820 MWt' dır. Diğer taraftan, Türkiye' nin olası jeotermal enerji potansiyeli ise 31500 MWt' dır. Türkiye'deki jeotermal alan ısıtmasının toplam kapasitesi aşağıdaki Tablo.4.4. verilmiştir. Tablo.4.5' de ise konut kullanımları için delinen kuyuların potansiyelleri, üretim değerlerine göre listelenmiştir. Ayrıca, Tablo.4.6' de yeni jeotermal uygulamalar ve bazı jeotermal alanların olası kullanım imkanları verilmiştir.

Tablo.4.4. Türkiyedeki Jeotermal bölge ısıtma potansiyeli

Geotermal Bölge	Potansiyel (Mwt)
Balıkesir – Gönen	11.42
Kütahya – Simav	126.44
Ankara – Kızılcahamam	20.92
İzmir – Narlıdere + Balçova	76.00
Afyon – Sandıklı	32.47
Kırşehir	45.15
Afyon	221.23
Nevşehir – Kozaklı	57.65
Ağrı – Diyadin	87.04
TOPLAM	678.32

Tablo.4.5 Konut kullanımları için açılmış kuyuların üretim değerlerine göre mevcut potansiyelleri [8]

Jeotermal Bölge		Potansiyel (MW _t)
1	Afyon-Bolvadin	18.93
2	Afyon-Cobanlar	7.16
3	Afyon-Gazli Gol	6.31
4	Afyon-Omer Gecek	220.20
5	Afyon-Sandikli	32.47
6	Agri-Diyadin	87.04
7	Ankara-Kizilcahamam	20.92
8	Aydin-Alangullu	0.55
9	Aydin-Ilıcabasi	1.14
10	Balikesir-Bigadic	31.83
11	Balikesir-Derman	5.33
12	Balikesir-Edremit	10.33
13	Balikesir-Gonen	11.42
14	Balikesir-Kizik	1.82
15	Balikesir-Pamukcu	3.81
16	Bursa-Tumbuldek	3.68
17	Canakkale-Hidirler	0.10
18	Canakkale-Kestanbol	4.19
19	Cankiri-Cavundur	3.74
20	Denizli-Golemezli	5.65
21	Denizli-Yenice	20.60
22	Diyarbakir-Cermik	1.41
23	Eskisehir-Sakariilice	2.16
24	Izmir-Aliaga	20.43
25	Izmir-Balcova	67.67
26	Izmir-Cesme-Ilica	6.45
27	Izmir-Dikili	0.04
28	Izmir-Narlıdere	1.84
29	Izmir-Seferihisar	6.25
30	Kirsehir-Karakurt	0.85
31	Kirsehir-Terme	45.15
32	Kutahya-Gediz	36.90
33	Kutahya-Simav-Eynal	117.92
34	Kutahya-Simav-Nasa	8.54
35	Manisa-Alasehir-Kizildere	0.35
36	Manisa-Kula-Emir	16.74
37	Manisa-Kursunlu	35.38
38	Manisa-Saraycik-Borlu	10.06
39	Manisa-Urganli	2.39
40	Nevsehir-Kozakli	57.65
41	Nigde-Acigol	12.89
42	Nigde-Ciftcihan	0.26
43	Rize-Ayder	3.60
44	Rize-Ikizdere-Ilice	1.24
45	Sakarya-Akyazi-Kuzuluk	56.52
46	Samsun-Havza	10.60
47	Tokat-Sulusaray	2.09
48	Van-Ercis-Sorkoy	13.56
49	Yalova-Armutlu	2.83

Tablo.4.6 Mevcut jeotermal uygulamaları ve Türkiye’de olası kullanım imkanları [8]

Jeotermal Bölge	Sıcaklık (°C)	Mevcut Jeotermal Uygulamalar	Olası Kullanım İmkanları
Manisa-Kurşunlu	94	Termal otel, alan ısıtması	Termal otel, alan ısıtması, kurutma, Salihli bölgesi ısıtması
Nevşehir-Kozaklı	93	Termal otel, alan ve sera ısıtması	Termal otel, alan ısıtması, kurutma, Kozaklı bölgesi ısıtması
Balıkesir-Sındırgı-Hisaralan	92	Termal otel, sera ısıtması	Termal otel, sera ısıtması, endüstriyel uygulamalar
Van-Erciş-Sorköy	92	Termal otel	Termal otel, alan ısıtması
Denizli-Gölemezli	88	Termal otel, alan ve sera ısıtması	Termal otel, alan ısıtması
Ankara-Kızılcahamam	86	Alan ısıtması	Alan ısıtması ve diğer uygulamalar
Sakarya-Akyazı-Kuzuluk	84	Termal otel, alan ısıtması	Termal otel, alan ısıtması, kurutma, Akyazı bölgesi ısıtması
Balıkesir-Gönen	82	Termal otel, alan ısıtması	Termal otel, bölge ve sera ısıtması, endüstriyel uygulamalar
Ağrı-Diyadin	78	Termal otel, alan ısıtması	Termal otel, bölge ve sera ısıtması, CO ₂ üretimi
Yalova-Armutlu	77	Termal kaynak	Alan ısıtması ve diğer uygulamalar
Yozgat-Sorgun	75	Termal kaynak	Alan ısıtması ve diğer uygulamalar
Afyon-Sandıklı	70	Termal otel, alan ısıtması	Termal otel, bölge ve sera ısıtması

Tablo 4.6 ’den anlaşılabacağı üzere, jeotermal akışkan sıcaklıkları 70 °C ile 94 °C aralığındadır. Bu sıcaklık aralığı endüstriyel, alan ısıtması gibi çeşitli jeotermal uygulamaları için mevcut bir potansiyeli temsil etmektedir. Elektrik üretimi için uygun ana jeotermal akışkanlar tablo.4.7’de gösterilmiştir. [40]

Tablo.4.7. Türkiye’de elektrik üretimine uygun ana jeotermal sahalar ve olası kullanım imkanları [8,16]

Jeotermal Bölge	Sıcaklık (°C)	Mevcut Kullanım	Olası Kullanım İmkanları
Afyon-Ömer-Gecek	98	Termal ısıtma	Termal ısıtma, bölge ısıtması
Afyon-Sandıklı	70	Termal turizm, Termal ısıtma	Termal ısıtma,termal turizm, sera ısıtması
Ağrı-Diyadin	78	Termal otel, ısıtması	Termal ısıtma,termal turizm, sera ısıtması,CO ₂ üretimi
Ankara-Kızılcahamam	86	Alan ısıtması	Alan ısıtması ve diğer uygulamalar
Aydın-Germencik	232	0.05 ha sera ısıtması	Elektrik üretimi, bölge ısıtması ve soğutması, sera ısıtması, kurutma, tekstil sanayi,termal turizm
Aydın-Salavatlı	171	Termal turizm	Elektrik üretimi, bölge ısıtması ve soğutması, sera ısıtması, kurutma,endüstriyel proses ısısı,termal turizm
Aydın- Yulmazköy	142		Elektrik üretimi, entegre kullanımı
Balıkesir-Bigadiç	98	Termal turizm, termal ısıtması	Termal turizm, sera ısıtması, termal ısıtma
Balıkesir-Gönen	82	Termal turizm, termal ısıtması,alan ısıtması, endüstriyel uygulamalar	Termal turizm, sera ısıtması, termal ısıtma,endüstriyel uygulamalar
Balıkesir-Sındırgı-Hisaralan	92	Termal otel, sera ısıtması (0.2 ha)	Termal turizm, sera ısıtması, termal ısıtma,endüstriyel uygulamalar
Çanakkale-Tuzla	174	Sera ısıtması, alan ısıtması,termal otel, tuz üretimi	Elektrik üretimi, termal turizm ve termal ısıtma, tuz üretimi
Denizli-Gölemezli	88	Termal otel, sera ısıtması, termal ısıtma	Termal turizm, termal ısıtma
Denizli-Kızıldere	242	Elektrik üretimi,sera ısıtması,alan ısıtması,termal otel, CO ₂ üretimi	Elektrik üretimi, bina ısıtması ve endüstriyel uygulamalar,termal ısıtma ve soğutma uygulamaları, kurutma
İzmir-Aliaga	96		Termal ısıtma, termal turizm
İzmir- Balçova	125	Termal turizm, termal ısıtma, bölge ısıtması, sera ısıtması	Termal turizm, termal ısıtma, bölge ısıtması,

Jeotermal Bölge	Sıcaklık (°C)	Mevcut Kullanım	Olası Kullanım İmkânları
İzmir-Dikili	130	Termal otel, 1 ha sera ısıtması	Elektrik üretimi, entegre kullanımı
İzmir-Seferihisar	153	Termal otel, Seferihisar' da 0.6 ha sera ısıtması	Elektrik üretimi, termal turizm, termal ısıtma, bölge ısıtması, sera ısıtması
Kütahya-Gediz	97	Termal turizm, termal ısıtma	Termal turizm, termal ısıtma, sera ısıtması
Kütahya-Simav	162	Termal turizm, termal ısıtma, 12 ha sera ısıtması, 3200 konutluk bölge ısıtması	Elektrik üretimi, termal turizm, termal ısıtma, bölge ısıtması, sera ısıtması, Simavda bölge ısıtma uygulaması
Manisa-Kurşunlu	94	Termal turizm, termal ısıtma	Termal turizm, termal ısıtma, kurutma, Salihli bölge ısıtması
Manisa-Salihli-Caferli	150	Salihli' de 200 konutluk bölgenin ısıtma uygulaması	Elektrik üretimi, termal turizm, termal ısıtma, kurutma
Nevşehir-Kozaklı	93	Termal otel, alan ve sera ısıtması	Termal turizm, termal ısıtma, Kozaklı bölge ısıtması
Sakarya-Akyazı-Kuzuluk	84	Termal turizm, termal ısıtma	Termal turizm, termal ısıtma, Akyazı bölge ısıtması
Van-Erciş-Sorköy	92	Termal otel	Termal turizm, termal ısıtma
Yalova-Armutlu	77	Termal otel	Alan ısıtması ve diğer uygulamalar
Yozgat-Sorgun	75	Termal otel	Alan ısıtması ve diğer uygulamalar

4.3. Türkiye' deki Jeotermal Alanlar

4.3.1. Denizli – Kızıldere Jeotermal Sahası

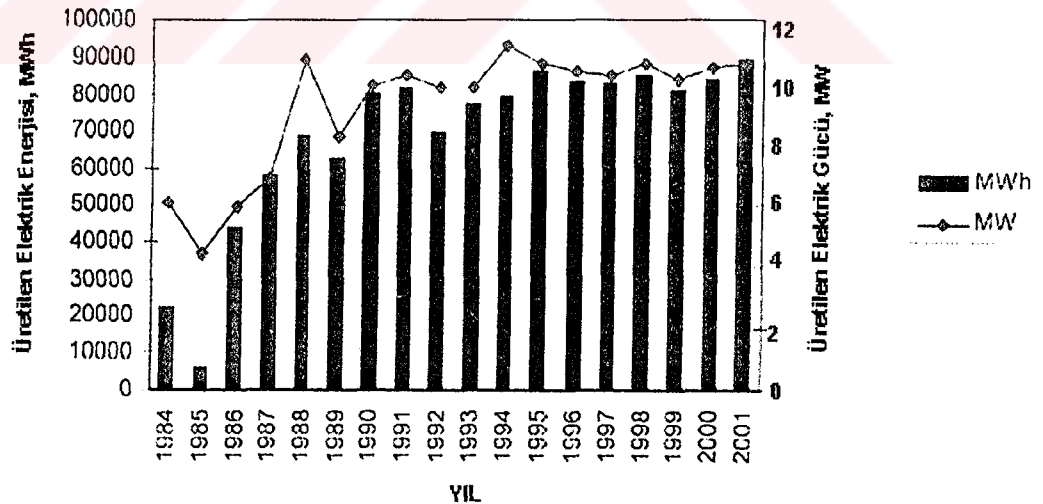
Türkiye' de elektrik üretimi yapan tek jeotermal güç santrali olan Denizli – Kızıldere jeotermal güç santrali Batı Anadolu' da Denizli yakınlarında bulunmaktadır.

Bu güç santralini kurulu güç kapasitesi 20,4 MWe' dir. Sahanın toplam kapasitesi 200 MWe olarak tahmin edilmektedir.

1965 ile 1968 yılları arasında jeoloji, jeofizik, jeokimyasal,, gradyan sondajı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Şuana kadar derinliği 370 ile 1241 m. arasında değişen toplam 20 derin kuyu delinmiştir. Bu arada ratlanılan sıcaklıklar 170 °C ile 212 °C aralığındadır. [10]

Sahanın en önemli karakteristik özelliği yüksek miktarda yoğunlaşamayan gaz içeriyor olması ve bununla beraber % 96,99 oranında CO₂, 100 – 200 ppm H₂S, 72 ppm NH₃ içermesidir. 1986 yılında 40000 ton/yıl kapasiteli CO₂ ve kuru buz üretimi yapan fabrika jeotermal saha civarlarına kurulmuştur. İşleme kapasitesi 2000 yılında 120000 ton/yıl' a çımıştır. Elektrik ve kuru buz üretiminin dışında sera ısıtmacılığı ve santralin çeşitli noktalarının ısıtılmasında faydalanılmaktadır. [7]

1984 ile 2001 yılları arasında Denizli – Kızıldere jeotermal güç santralinin elektrik üretimi şekilde gösterilmiştir. [7] [11]



Şekil.4.2. 1984 – 2002 yılları arasında Denizli – Kızıldere jeotermal güçsantralinde üretilen elektrik şeması. [7] [11]

Bu şekilden anlaşılacağı gibi 1984 – 2001 yılları arasında üretilen ortalama elektrik enerjisi 84,920 MWh’ dir. Aynı periyot’ ta üretilen ortalama elektrik enerjisi 10,45 Mwe gücüne karşılık gelmektedir.

Cerci; Denizli – Kızıldere jeotermal güç santralinin performansını enerji ve exerji analizleri ile değerlendirmiştir. Termodinamiğin 2. kanunu ile göz önünde bulundurularak santralin veriminin % 20,8 olduğu bulunmuştur. Seperatörlerdeki ayrıştırma sürecinden sonra akışkandaki en fazla enerji kaybı Menderes nehrine atılan akışkandan kaynaklanmaktadır. Buda toplam enerji girdisinin % 46,9’ una karşılık gelmektedir.[12]

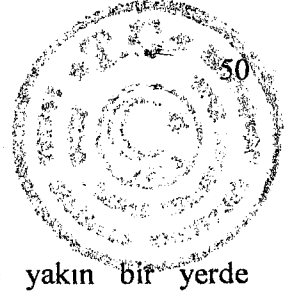
4.3.2. Aydın – Germencik Jeotermal Sahası

Elektrik üretiminde ekonomik değeri açısından ikinci jeotermal saha Aydın – Germencik jeotermal sahası MTA tarafından keşfedilmiştir. 1967 yılında jeotermal çalışmaların başladığı bu saha Büyük Menderes Havzasının batısında bulunmaktadır. Şimdiye kadar derinliği 285 m. ile 2398 m. arasında değişen toplam 9 adet arama kuyusu delinmiştir. Birinci ve ikinci akiferlerin sıcaklıkları sırası ile 203 °C – 214 °C ve 216 °C – 232 °C aralıklarındadır.[10]

Saha kapasitesi 100 Mwe olarak tahmin edilmektedir. İlk aşamada 25 Mwe üretim kapasiteli bir güç santralinin kurulması planlanmaktadır. [13]

4.3.3. Çanakkale – Tuzla Jeotermal Sahası

Güç üretim potansiyel’ li üçüncü saha Kuzey Batı Anadolu’ da bulunan Çanakkale – Tuzla sahasıdır. İlk kuyu 1982 yılında delinmiştir. Rastlanılan sıcaklık 333 – 353 m. derinlikte rezervuar içersinde 174 °C dir. İkinci kuyu 1020 metreye kadar delinmiştir. 174 °C kadar sıcaklıklar kaydedilmiştir. Fakat geçirgenlik düşüktür. Derinlikleri 81 m. ve 128 m. olan diğer iki sıg kuyu ise 146 °C ve 165 °C de akışkan üretmektedir. [14]



4.3.4. Aydın – Salavatlı Jeotermal Sahası

Bu saha büyük Menderes havzasının merkez bölümüne yakın bir yerde bulunmaktadır. Denizli – Kızıldere ve Aydın – Germencik jeotermal sahalarına olan uzaklığı aynıdır. 1510 m. ve 962 m. derinlikte arama kuyuları 1987 ve 1988 yıllarında delinmiştir. Bunların rezervuar sıcaklıkları sırası ile 162 °C ve 171 °C dir. [10]

5 MWe kapasiteli ikili veya kalina çevrim santralinin bu sahada kurulması planlanmaktadır. Fakat bu henüz gerçekleşmemektedir. [15]

4.3.5. Afyon – Gecek Jeotermal Sahası

Dörtbin konutun ısıtılmasının yapıldığı bu sahada son 5 yılda rezervuar basıncının 4,5 bar azaldığı gözlenmiştir. Bu sahada hiç tekrar – basma işlemi yapılmamış ancak son yılda sahanın dış kenarlarında yapılmaya başlanan tekrar basma işlemi saha yerine başka bölgelerde etkili olmuştur. Bugünlerde basıncı hızla düşen ve alarm ve bu sahadan 4000 konutun daha ısıtılması planlanmaktadır.[10]

4.3.6. Kütahya Bölgesi Jeotermal Sahası

Batı Anadolu Bölgesi graben sistemi ve bu sistemi oluşturan kırıklar üzerinde yer alan Kütahya, jeotermal kaynaklar açısından ülkemizin en zengin illerinden birisi olup, bu kaynaklardan kısmen turizm ve ısınmaya yönelik yararlanılmaktadır. İldeki Termal turizmi geliştirmek için yapılan çalışmalar sonucunda 6 merkez, Bakanlar Kurulu kararı ile “ Termal Kaplıca Merkezi “ ilan edilmiştir. Bu merkezler; Ilıca – Harlek, Gediz – Ilıcasu, Gediz – Muratdağı, Emet – Yeşil ve Simav – Eynal kaplıcalarıdır. [41]



4.3.6.1. Simav – Eynal – Çitgöl – Naşa Jeotermal Sahası

Yöre termal turizm açısından hızla gelişmekte olup sıcaksular başlıca; kaplıcacılıkta, konut ısıtmada ve seracılıkta kullanılmaktadır. Sıcaksular ile Simav’ da 5000 konut ile 75,000 m²’ lik alanda sera ısıtmacılığı yapılmaktadır. Yörenin 4,000 – 5,000 dekar seraya kavuşturularak, bunların halka kiraya verilmesine yönelik yoğun proje çalışmaları sürdürülmektedir.[41]

4.3.6.2. Eynal Sıcak Su Kaynakları

Simav ilçesinin 4 km kuzeyinde, alüvyon ve yamaç molozları içinden dört kaynak halinde yüzeylemektedir. Çitgöl Sıcaksu Kaynakları; Eynal Sıcaksu Kaynaklarının 3 km batısında, alüvyon içinden üç kaynak halinde yüzeylemektedir. Naşa Sıcaksu Kaynakları ise; Eynal Sıcaksu Kaynaklarının 3 km kuzeybatısında ve alüvyon üzerinde yedi kaynak halindedir. [41]

Tablo.4.8. Kütahya – Simav Bölgesi Kuyuları [41]

KUYU NO	DERİNLİK, (m)	SICAKLIK (°C)	DEBİ (lt/sn.)
E-1	65.80	142.5	14
E-2	149.50	158	55
E-3	150	149	50
E-4	220	98	1
E-5	300	97	6
EJ-1	727.25	162.4	72
EJ-2	958	157.4	1
Ç-1	101	97	32
N-1	200	42	2



4.3.6.3. Gediz – Abide Jeotermal Sahası

Sıcak akışkandan kaplıcılıkta yararlanılmakta olup, Gediz İlçesinin ısıtılmasına yönelik proje çalışmalarına esas olacak sondaj çalışmaları devam etmektedir. Alanda jeotermal suyun ortalama sıcaklığı 34°C ile 76°C , Toplam debisi ise 80 lt/sn dir. Kuyuların derinliği 301 m. ve 542 m. dir.[41]

4.3.6.4. Muratdağı Jeotermal Sahası

Sıcak akışkandan kaplıcılıkta yararlanılmaktadır. Saha gerek doğal güzellikleri, gerekse debi özellikleri ile büyük bir termal turizm merkezi olabilecek niteliklere sahiptir. Sondajlar sonucunda ortaya çıkarılacak olan potansiyel doğrultusunda, yatırım yapılması halinde önemli turizm geliri sağlanabilecektir. Bölgede jeotermal suyun ortalama sıcaklığı $34^{\circ}\text{C} - 42.5^{\circ}\text{C}$, toplam debisi ise 22.68 lt/sn dir.[41]

4.3.6.5. Yoncalı Termal Alanı

Sıcaksular, Çelik, Dübecik ve Yoncalı hamamları çevresinde yüzeyleyir. Sıcak akışkandan kaplıcılıkta yararlanılmaktadır. Balneoloji ve termal turizmi açısından önem taşıyan alandır. Modern tesisler ile önemli bir turizm geliri sağlanabilir. Bölgede jeotermal suyun ortalama sıcaklığı $32^{\circ}\text{C} - 41^{\circ}\text{C}$, toplam debisi 28.69 lt/sn dir.[41]

4.4. Türkiye’ deki Jeotermal Arama Projeleri

4.4.1. Aydın – Kuşadası Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi

Kuşadası alanı, büyük bir turizm potansiyeline sahip olan Kuşadası ilçesine yakın olması nedeni ile önemli bir konumdadır. Kuşadası bölgesinde düşük entalpili jeotermal sistem vardır. Jeotermal akışkan fay zonlarına bağlı olarak yüzeye çıkmakta ve

yayılmaktadır. Proje kapsamında açılması öngörülen sığ kuyularda özellikle ısıtma uygulaması yapılabilecek değerlerde sıcaklık artışı beklenmektedir. Bu sıcaklık değerine ulaşılması halinde elde edilen jeotermal akışkan ağırlıklı olarak termal turizm, kent ısıtmacılığı, seracılık ve diğer alanlarda kullanılabilecektir. Yapılacak termal turizm sayesinde sezonu bütün bir yıla yaymak mümkün olacaktır. 2004 yılı temmuz ayı içerisinde jeofizik etüt çalışması yapılmıştır. Etüt çalışması sonucu hazırlanan lokasyonda 300 m derinlikte üretim kuyusu delme işlemleri devam etmektedir.[42]

4.4.2. Bingöl–Yayladere Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi:

Güneydoğu Anadolu Bölgesi halen mevcut olan kaynakları ile ülkemiz jeotermal enerji potansiyelinin bir bölümünü oluşturmaktadır. Üç yerde çıkış veren ılıcalardan Alinyazı kaynağı 1 lt/sn debi ve 30 °C sıcaklık, Sabırtaş kaynağı 2 lt/sn debi ve 33 °C sıcaklık ve Hasköy kaynağı 5 lt/sn debi ve 34 °C sıcaklığa sahiptir. Proje alanında 2002 yılında uygulanan jeotermal enerji amaçlı prospeksiyon ve ayrıntılı jeoloji etüdü çalışmalarında elde edilen bilgiler değerlendirilerek belirlenen hedef alanlarda jeofizik etüt çalışmalarına başlanmıştır. Jeoloji ve jeofizik etütler sonucunda belirlenen lokasyon / lokasyonlarda sondajlı çalışmalar ve gerekli testler yapılarak üretilcek akışkanın özelliklerine göre kullanım alanları belirlenecektir.

4.4.3. Balıkesir Kuzeyi (Balya – Şamlı – Susurluk – Yıldız) Jeotermal Enerji Arama Projesi

Balıkesir ili jeotermal kaynaklar yönünden oldukça zengindir. Balya (Şamlı – Ilıca) jeotermal alanı, Balıkesir il merkezinin 25 km kuzey batısındadır. Alanda halen 65 °C sıcaklığa erişen 3.29 lt/sn toplam debili kaynaklar doğal olarak boşalmaktadır. Susurluk – Yıldız jeotermal alanı Balıkesir il merkezinin 33 km kuzeydoğusundadır.

Doğal jeotermal çıkışlar $35^{\circ}\text{C} - 78^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve 18 lt/sn debidedir. Susurluk – Ömerköy ılıcası kaynağı Balıkesir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeydoğusundadır. Teki kaynak halindeki jeotermal çıkış 31°C sıcaklıkta ve 1.4 lt/sn debidedir. 2003 yılı içerisinde jeofizik etüt çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda belirlenecek lokasyon / lokasyonlarda sondajlı çalışmalar gerçekleştirilecektir. Yapılacak çalışmalar sonrasında daha yüksek sıcaklıkta ve debide akışkan sağlanması durumunda bu akışkandan Balıkesir ve Susurluk gibi yerleşim merkezlerinin ısıtılmasında yararlanabilecektir.[42]

4.4.4. Manisa – Alaşehir – Kurudere- Dereköy Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi

Alaşehir – Kavaklıdere – Göbekli sahasında 2003 yılında 1500 m derinliğinde 1 adet derin kuyu açılmıştır. Açılan bu derin kuyudan 182°C sıcaklıkta ve 15 lt/sn debide akışkan elde edilmiştir.

Bu sıcaklık değeri ile Türkiye’ nin elektrik üretimine uygun üçüncü en yüksek entalpili sahası bulunmuştur. Jeofizik etütlerde belirlenen ikinci anomali noktasında 2004 yılında 1500 m derinlikte kuyu açılması ve gerekli testlerin yapılması öngörülmektedir. Bölgede nüfus yoğunluğunun oldukça fazla olduğu yerleşimi brimleri bulunmaktadır. Dolayısıyla alanda üretilecek jeotermal akışkanın elektrik üretimi yanında yaygın kullanım alanı bulunmaktadır. Bu proje kapsamında yapılacak çalışmalarda öngörülen hedefe ulaşılması halinde yöre ekonomisine önemli katkı sağlanacaktır.[42]

4.4.5. Van – Ayrancı – Özalp Sahası Jeotermal Enerji Arama Projesi

Sahada 2002 yılında yapılmış olan etütler sonucunda belirlenen hedef alanlarda 2003 yılında jeofizik etütler yapılmıştır. Elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi

sonucunda belirlenen lokasyonda sondaj çalışmaları yapılmıştır. 452 m derinlikte açılan kuyudan 87 °C sıcaklıkta ve 30 lt/sn debide akışkan üretilmiştir. Yörede yer alan jeotermal kaynakların büyük çoğunluğunun kaynak sıcaklıkları göz önüne alındığında bu illerdeki jeotermal potansiyelden ağırlıklı olarak termal turizm, kent ısıtmacılığı, seracılık ve diğer alanlarda yararlanılabileceğini göstermektedir.[42]

4.4.6. Çanakkale – Çan – Etili Sahası Jeotermal Arama Projesi

Jeotermal kaynakların oluşumuna uygun yapıların geliştiği Çan – Etili sahasında 33 °C – 59 °C arasında değişen 3 kaynak bulunmaktadır. Sahada önceki yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda belirlenen lokasyonda sondaj çalışmaları devam etmektedir. Açılacak kuyudan kaynak sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklıkta akışkan üretimi beklenmektedir. Öngörülen hedefe ulaşılması halinde ortaya çıkarılacak jeotermal potansiyel yöreye önemli bir katkı sağlayacaktır. Yörede yer alan jeotermal kaynakların büyük çoğunluğunun kaynak sıcaklıkları göz önüne alındığında bu illerdeki jeotermal potansiyelden ağırlıklı olarak termal turizm, kent ısıtmacılığı, seracılık ve diğer alanlarda yararlanılabileceğini göstermektedir.[42]

4.4.7. Orta Anadolu Jeotermal Sahaları Geliştirme Ve Jeotermal Isı Kaynağı Araştırma Projesi

Ülkemizin en genç volkanlarından biri olan Hasandağ' da volkanizma faaliyeti etkinliğini tarihsel çağlara kadar sürdürülmüştür. Günümüzde ana kraterden gaz çıkarmaya devam etmekte olup koninin kuzey ve güney yamaçlarında 42 °C ile 33 °C sıcak su kaynakları bulunmaktadır. Proje kapsamında öngörülen derin jeofizik, jeokimyasal çalışmalar, volkanik gaz ölçümleri, hidrotermal alterasyon çalışmaları, izotop çalışmaları sonuçlandırılmıştır.

Bölgede Üst Miyosen – Kuvaterner aralığında etkin olmuş strato volkan tipinde bir volkanizma mevcuttur. Hasandağ volkanizması tarihsel çağlara kadar etkinliğini sürdürmüş olup günümüzde ise kraterinden gaz çıkarmaya devam eden bu volkanizmanın hangi safhada olduğunu ve derinlerde magma odasının varlığının ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi amacı ile kraterden gaz ölçümlerinin yapılarak gaz jeotermometresi uygulanmıştır. Ayrıca Ziga ve Acıgöl alanında derin jeofizik yöntemlerle derinlerde muhtemelen magma sokulumlarının varlığı ve derinliği araştırılmıştır. Sahada daha önce yapılan SFG1 gradient sondajında 3 °C / 10 m gibi yüksek bir gradient artışına rastlanmıştır. Bu alanda yapılacak 1000 m derinlikteki sondajdan yüksek sıcaklık beklenmektedir. Hedeflenen yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılması ve rezervuar oluşturacak kayaçların bulunmaması durumunda kızgın kuru kaya olabilecek bir ortamın tespit edilmesi ve yapay bir jeotermal sistemin geliştirilmesi mümkün olabilecektir.[42]

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Jeotermal enerji temiz ve güvenilir bir kaynaktır. Günümüzde, jeotermal doğrudan kullanım uygulamaları açısından Türkiye beş lider ülke arasında yer almaktadır. Bu rada, jeotermal kaynakların bolluğu açısından Dünya genelinde ilk yedi ülke arasında bulunmaktadır.

- Türkiye enerji ithal eden bir ülke olduğundan jeotermal enerji gelecekte Türkiye' nin enerji arzında önemli bir rol oynama potansiyeline sahiptir.
- Türkiye' de henüz jeotermal yaysı yoktur. Diğer taraftan, Jeotermal yasa taslağı vardır. Eğer bu yasalar etkili olursa, jeotermal enerji gelişimi ciddi biçimde hızlanacaktır.
- Türkiye jeotermal kaynakların gelişimi için henüz kanunları olmamasına ve devlet desteği eksik olmasına rağmen, doğrudan kullanım uygulamaları hızla büyüyor.
- Jeotermal enerji, Türkiye' de farklı tarımsal üretim sektörlerinin gelişimi için teknik ve ekonomik açıdan imkanlar sunmaktadır.
- Türkiye' de enerji sektöründe devlet yatırımı talebin çok gerisindedir. Hızlı büyüyen talebi karşılamak için enerji sektöründe özelleştirme ve tekrar yapılandırma çalışmaları başlamıştır. Özel sektör ve yabancı yatırımlar için gerekli yasalar düzenlenmektedir. Elektrik piyasa kanunu 2001 Mart' ta kararlaştırıldı ve geçiş periyodu Eylül 2002' de tamamlandı. Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) piyasayı ve lisans faaliyetlerini düzenlemek için tam yetki ile donatıldı. Enerji verimi ve yenilenebilir enerjideki yatırımları artırmak için yeni finans mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Jeotermal enerji diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilecek düzeydedir.
- Jeotermal enerjinin ana kullanım alanları, konut ısıtmasında, sıcak su arzı, sera ısıtması, endüstriyel prosesleri, ısı pompaları ve elektrik üretimini kapsamaktadır. Türkiye' deki jeotermal uygulamalarının büyük kısmı alan ısıtma sistemlerinde gerçekleşmektedir.

- Delinen kuyuların değerlerine göre, Türkiye' nin jeotermal güç üretim potansiyeli 764.81 MW_e olarak tahmin edilmektedir.
- Tek çalışmakta olan jeotermal güç santrali Denizli-Kızıldere jeotermal güç santralidir. Kurulu kapasitesi 20.4 MW_e olan santral alan kapasitesi tahmini 200 MW_e olan bir alanda kurulmuştur.
- Türkiye' de elektrik üretimi için uygun 9 saha vardır.
- Jeotermal enerji ile ısıtma geleneksel ısıtma sistemleri ile kıyaslandığında en ucuz olanıdır ve Türkiye' deki kullanıcılar arasında geniş bir kabul görmüştür. Jeotermal enerji soğutma uygulamaları Türkiye' de sınırlıdır. Bundan dolayı, tüm ülkede yaygın olarak bu alana yatırımlar yapılmalıdır.
- ZKIP, Türkiye' de kullanılan geleneksel ısıtma/ pompa sistemlerine göre ekonomik açıdan daha çok tercih edilebilir özellik taşımaktadır. ZKIP piyasasının önündeki birincil engel toplam yatırımın yüksek olmasına neden olan ısı değiştiricileri kurulumunun artan maliyetidir. Ülkede ZKIP' e karşı bir müşteri direnci söz konusudur. Çünkü; Türk ısıtma sistemleri birçok açıdan Amerika' dakilerden farklılık göstermektedir ve ZKIP in ilk kurulum maliyeti geleneksel sistemlerden göreceli olarak daha yüksektir.
- ZKIP' in kurulumu Türkiye' de son iki yılda çok hızlı bir artış göstermiştir ve 3 MW toplam kurulum kapasitesine ulaşmıştır.
- Uzun dönemde jeotermal enerji Türkiye' de temiz güvenilir güç sağlamak için her zaman başvurulabilecek bir seçenek olacaktır.
- Jeotermal enerjideki gelişmeler, jeotermal enerjinin fosil yakıtlara alternatif bir enerji olabileceğini göstermiştir, buna karşın jeotermal gelişmenin çevresel ve sosyal boyutları dikkatli ve düzgün bir biçimde ele alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.geothermaleducationoffice.com>. 20/ 10/ 2004
- [2] Huttner, G.W (2000) "The Status of World Geothermal Power Generation 1995-2000" Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Japan
- [3] A.Hepbasli, L.Özgener/Renewable and sustainable Energy Reviews 8 (2004) 433-460
- [4] TGA (Turkish Geothermal Association). The Importance of geothermal energy in Turkey and the World report 2002 [in Turkish]
- [5] Gokcen G, Kocar G, Hepbasli A. Year – end geothermal development status of Turkey, 2002 Proceedings of International Geothermal Conference (IGC – 2003), 14-17 September, Reyjavik, Iceland, Session 5. 2003, p. 9 – 14
- [6] Gunerhan G, Kocar G, Hepbasli A. Geothermal energy utilization in Turkey. International Journal Energy Research 2001; 25(9):769- 84.
- [7] Gokcen G, Ozturk HK, Hepbasli A. Overview of Kizildere geothermal power plant in Turkey. Energy Conversion and Management 2004;45(1):83- 98
- [8] Akkus I, Aydogdu O, Sarp S. Place of geothermal energy in meeting the energy requirement of our country. Proceedings of Fourth Clean Energy Symposium, 16 – 18 October, Istanbul, Turkey. 2002, p. 619 – 28 [in Turkish]
- [9] Hepbasli A, Ozgener O. Turkey's renewable energy sources: Part 2. Potential and utilization. Energy Sources [in Press]



[10] Simsek S. Present status and future development possibilities of Aydın – Denizli geothermal province. Proceedings of International Geothermal Conference (IGC-2003), 14- 17 September, Reykjavik, Iceland, Session 5. 2003, p. 11 – 6

[11] TEAS, Turkish Electricity Generation and Transmission Corporation. Personal communications on the Denizli – Kizildere geothermal power plant; 2003 [in Turkish]

[12] Cerci Y. Performance evaluation of a single – flash geothermal power plant in Denizli, Turkey. Energy 2003;28: 27- 35.

[13] GRC, Geothermal Resources Council. News briefs. Geothermal Bulletin 1998;27(1):5.

[14] Gokcen G, Ozturk HK, Hepbasli A. Geothermal fields suitable for power generation. Energy Sources [in Press]

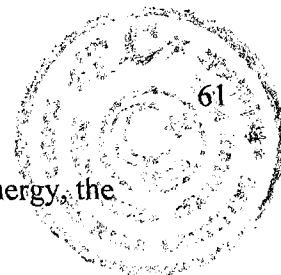
[15] Mertoglu O. Applications of geothermal energy in Turkey and its development. Proceedings of the Geothermal Energy in Local Governements and Geotechnical Applications Symposium, 20- 22 November, Ankara, Turkey. 2000, p. 1- 7 [in Turkish].

[16] Hepbasli A, Canakci C. Geothermal district heating applications in Turkey: a case study of zmir – Balcova. Energy Conversion and Management 2003;44: 1285- 301

[17] Fossil Energy International, FE. An energy overview of the Republic of Turkey.

Available from:

<http://www.fe.doe.gov/international/turkover.html>, October 2003.



[18] Gawell K, Reed M, Wright PM. Preliminary report: geothermal energy, the potential for cleanpower from the Earth. Available from: <http://www.geoenergy.org/PotentialReport.htm>, 17/ 11/ 2004

[19] Batik H, Kocak A, Akkus I, Simsek S, Mertoglu O, Bakir N. Geothermal energy utilization development in Turkey—present geothermal situation and projections. Proceedings World Geothermal Congress, 28 May–10 June, Kyushu-Tohoku, Japan. 2000, p. 85–91.

[20] Hepbasli A. Current status of geothermal energy applications in Turkey. Energy Sources 2003; 25(7):667–77.

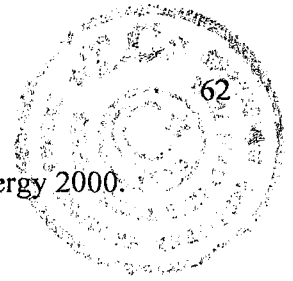
[21] Mertoglu O. Geothermal district heating experience in Turkey. Geo-Heat Center Bulletin 2001;22(2):14–8.

[22] Mertoglu O. Geothermal utilization development experience in Turkey. Fourth International Thermal Energy Congress, ITEC 2001, 8–12 July, Cesme, Izmir. 2001 [unpublished].

[23] Geothermal Education office, Steam Press Journal, 2003

[24] Hepbasli A. Ground-source heat pumps. In: Cutler J, Cleveland CJ, editor-in-chief. The encyclopedia of energy. USA: Academic Press/Elsevier Inc; [in press].

[25] Lund JW, Freeston DH. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. Proceedings World Geothermal Congress. 28 May–10 June, Kyushu-Tohoku, Japan, 10. 2000, p. 1–21.



[26] Lund JW, Freeston DH. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. *Geothermics* 2001;30: 29–68.

[27] Lund JW. Geothermal heat pumps-an overview. *Quarterly Bulletin, Geo-Heat Center* 2001;22(1):1–2.

[28] Yilmaz H. Personal communications on the ground-source heat pumps installations in Turkey, Yesil Cizgi Ltd. 2003.

[29] Hepbasli A, Yilmaz H, Eroglu S. Geothermal (ground source) heat pump applications in Turkey. Fourth Workshop, CD Proceedings of IEA ECES-IA Annex 14, April 19, Istanbul, Turkey. 2001.

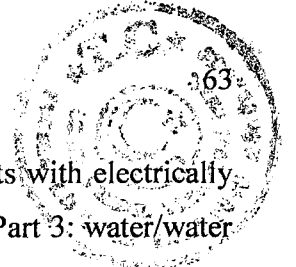
[30] Hepbasli A, Yilmaz H. Geothermal (ground-source) heat pumps in Turkey: past, present and future. CD-Proceedings of Seventh World Congress, CLIMA 2000, Napoli, Italy. 2001.

[31] Hepbasli A. Comparison of three experimental studies on geothermal heat pumps at the Turkish universities. *Proceedings of First International Conference on Sustainable Energy Technologies*, Porto, Portugal. 2002.

[32] Babur N. Design and construction of an earth source heat pump. MSc thesis in Mechanical Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey; 1986.

[33] Esen H, Inalli M. Investigation of performance of a GSHP with horizontal heat exchanger. *Proceedings of First Aegean Energy Symposium*, 22–24 May, Denizli, Turkey. 2003, p. 151–5 [inTurkish].

[34] TS, Turkish Standard 10005. Heat pumps: mechanically driven-water to water type, Ankara, Turkey; 1992. p. 14 [in Turkish].



[35] TS, Turkish Standard prEN 255- 3. Heat pumps: heat pump units with electrically driven compressors for heating only or for heating and for cooling—Part 3: water/water and brine/water–air/ water heat pump units, testing and requirements for marking; 1996. p. 9 [in Turkish].

[36] Kocar G. Heating greenhouses with geothermal energy. FAO Newsletter, Regional Working Group Greenhouse Crop Production in the Mediterranean Region. 1999, p.14–7.

[37] Ozgener O. Personal communications on the geothermal heating applications of greenhouses in Turkey; 2003.

[38] Lund JW. Examples of industrial uses of geothermal energy in the United States. Proceedings of International Geothermal Conference (IGC- 2003), 14–17 September, Reykjavik, Iceland, Session 8. 2003, p. 6–13.

[39] Eltez M, Dogan MA, Durukan M, Hepbasli A. Diyaradin integrated geothermal application. Proceedings of Twenty-sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford (CA): Stanford University; 2001, p. 406–12.

[40] Kentli F. Evolution of Turkey's geothermal energy. Proceedings of Third Clean Energy Symposium, 15–17 November, Istanbul, Turkey. 2000, p. 491–500 [in Turkish].

[41] M.T.A 2003 yılı Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu

[42] <http://www.mta.gov.tr/jeotermal/projeler/> 5/ 02/ 2005



ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Kütahya’da doğdum. İlköğrenimi Kütahya Azot İlkokulu’nda, orta ve lise eğitimimi Kütahya Atatürk Lisesi’ nde tamamladım.1996 yılında başladığım Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünden 2001 yılında mezun oldum. Eylül 2002 tarihinde Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Enerji Sistemleri Bölümü yüksek lisans programına başladım. Halen aynı kurumda araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmekteyim.

