



DPT. 2609 – ÖİK. 620

SEKİZİNCİ BEŞ YILLIK KALKINMA PLANI

MADENCİLİK ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU RAPORU ENERJİ HAMMADDELERİ ALT KOMİSYONU JEOTERMAL ENERJİ ÇALIŞMA GRUBU

ANKARA 2001

ISBN 975 – 19 – 2825 – 7 (basılı nüsha)

Bu Çalışma Devlet Planlama Teşkilatının görüşlerini yansıtmaz. Sorumluluğu yazarına aittir. Yayın ve referans olarak kullanılması Devlet Planlama Teşkilatının iznini gerektirmez; İnternet adresi belirtilerek yayın ve referans olarak kullanılabilir. Bu e-kitap, <http://ekutup.dpt.gov.tr/> adresindedir.

Bu yayın 600 adet basılmıştır. Elektronik olarak, 1 adet pdf dosyası üretilmiştir

Ö N S Ö Z

Devlet Planlama Teşkilatı'nın Kuruluş ve Görevleri Hakkında 540 Sayılı Kanun Hükmünde Kararname, "İktisadi ve sosyal sektörlerde uzmanlık alanları ile ilgili konularda bilgi toplamak, araştırma yapmak, tedbirler geliştirmek ve önerilerde bulunmak amacıyla Devlet Planlama Teşkilatı'na, Kalkınma Planı çalışmalarında yardımcı olmak, Plan hazırlıklarına daha geniş kesimlerin katkısını sağlamak ve ülkemizin bütün imkan ve kaynaklarını değerlendirmek" üzere sürekli ve geçici Özel İhtisas Komisyonlarının kurulacağı hükmünü getirmektedir.

Başbakanlığın 14 Ağustos 1999 tarih ve 1999/7 sayılı Genelgesi uyarınca kurulan Özel İhtisas Komisyonlarının hazırladığı raporlar, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı hazırlık çalışmalarına ışık tutacak ve toplumun çeşitli kesimlerinin görüşlerini Plan'a yansıtacaktır. Özel İhtisas Komisyonları çalışmalarını, 1999/7 sayılı Başbakanlık Genelgesi, 29.9.1961 tarih ve 5/1722 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe konulmuş olan tüzük ve Müsteşarlığımızca belirlenen Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu genel çerçeveleri dikkate alınarak tamamlamışlardır.

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı ile istikrar içinde büyümenin sağlanması, sanayileşmenin başarılması, uluslararası ticaretteki payımızın yükseltilmesi, piyasa ekonomisinin geliştirilmesi, ekonomide toplam verimliliğin artırılması, sanayi ve hizmetler ağırlıklı bir istihdam yapısına ulaşılması, işsizliğin azaltılması, sağlık hizmetlerinde kalitenin yükseltilmesi, sosyal güvenliğin yaygınlaştırılması, sonuç olarak refah düzeyinin yükseltilmesi ve yaygınlaştırılması hedeflenmekte, ülkemizin hedefleri ile uyumlu olarak yeni bin yılda Avrupa Topluluğu ve dünya ile bütünleşme amaçlanmaktadır.

8. Beş Yıllık Kalkınma Planı çalışmalarına toplumun tüm kesimlerinin katkısı, her sektörde toplam 98 Özel İhtisas Komisyonu kurularak sağlanmaya çalışılmıştır. Planların demokratik katılımcı niteliğini güçlendiren Özel İhtisas Komisyonları çalışmalarının dünya ile bütünleşen bir Türkiye hedefini gerçekleştireceğine olan inancımızla, konularında ülkemizin en yetişkin kişileri olan Komisyon Başkan ve Üyelerine, çalışmalara yaptıkları katkıları nedeniyle teşekkür eder, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nın ülkemize hayırlı olmasını dilerim.


Dr. Akın İZMİRLIOĞLU
Müsteşar

MADENCİLİK ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU

Başkan	:	İsmail Hakkı ARSLAN	- ETİ GÜMÜŞ A.Ş.
Raportör	:	Ergün YİĞİT	- ETİ HOLDİNG
Koordinatör	:	Pınar ÖZEL	- DPT

ENERJİ HAMMADDELERİ ALT KOMİSYONU

Başkan	:	Prof.Dr.Eran NAKOMAN	- Dokuz Eylül Ün.v. (DEÜ)
Başkan Yrd.	:	Veli ÜNAL	- TKİ
Raportör	:	Saffet DURAK	- MTA

JEOTERMAL ENERJİ ÇALIŞMA GRUBU

Başkan	:	Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK	- Hacettepe Ün.v.-UKAM
Başkan Yrd.	:	Orhan MERTOĞLU	- ORME
Raportör	:	Dr. Ali KOÇAK	- MTA
Raportör	:	Nilgün BAKIR	- ORME
Üyeler	:	İbrahim AKKUŞ	MTA
		İsmail DOKUZ	ORME
		Saffet DURAK	MTA
		Ayşe DİLEMRE	MTA
		Hüdavendigâr ŞAHİN	MTA
		Hafize AKILLI	MTA
		Yaşar SULUDERE	Maden İşleri Gn.Md.
		Canan KARAKAYA	TEAŞ
		Ethem TAN	Balçova Termal Tesisleri A.Ş.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	1
1.GİRİŞ	4
1.1. Tanım ve Sınıflandırma	4
1.2. Sektörde Faaliyet Gösteren Önemli Kuruluşlar	5
2. DÜNYADA MEVCUT DURUM	7
2.1. Potansiyeller	13
2.2. Tüketim	15
2.2.1. Tüketim Alanları	15
2.2.2. Tüketim Miktar ve Değerleri	20
2.3. Üretim	21
2.3.1. Üretim Yöntemi ve Teknolojisi	21
2.3.2. Ürün Standartları	27
2.3.3. Birim Üretim Girdileri	28
2.3.4. Maliyetler	28
2.4. Uluslararası Ticaret	30
2.4.1. Fiyatlar	30
3. TÜRKİYE'DE DURUM	30
3.1. Ürünün Türkiye'deki Bulunuş Şekilleri	30
3.2. Potansiyel	35
3.3. Tüketim	36
3.3.1. Tüketim Miktar ve Değerleri	36

3.4. Üretim	37
3.4.1. Üretim Yöntemi ve Teknoloji	37
3.4.2. Ürün Standartları	38
3.4.3. Mevcut Kapasiteler ve Kullanım Oranları	38
3.4.4. Üretim Miktar ve Değerleri	38
3.4.5. Birim Üretim Girdileri	39
3.5. Dış Ticaret	41
3.5.1. Gümrük Vergileri ve Tavizler	41
3.5.2. Fiyatlar	42
3.6. İstihdam	42
3.7. Jeotermal Enerji ve Çevre	43
4. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ	47
4.1. Yedinci Plan Dönemindeki Gelişmeler	47
4.2. Sorunlar ve Çözüm Önerileri	49
4.3. Dünyadaki Durum ve Diğer Ülkelerle Kıyaslama	51
5. SEKİZİNCİ PLAN DÖNEMİNDE BEKLENEN GELİŞMELER VE ÖNERİLER	51
5.1. Projeksiyonlar	51
5.1.1. Talep Projeksiyonu	52
5.1.2. Üretim Hedefleri	53
5.1.3. İthalat Hedefleri	55
5.2. Teknolojik Alanda Beklenen Gelişmeler	56
5.3. Yatırımlar	56
5.3.1. Muhtemel Yatırım Konuları	56
5.4. Sekizinci Plan Dönemine İlişkin Beklentiler	56

6. POLİTİKA ÖNERİLERİ	59
KAYNAKLAR	53

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo-1: Jeotermal Enerjiyi Elektrik Üretiminde Kullanan Ülkeler ve Kurulu Kapasiteleri	7
Tablo-2: Sanayileşmiş Ülkelerde Jeotermal Enerjiden Üretilen Elektrik Kapasiteleri ve Diğer Toplam Kapasitelerine Göre Oranları (1998)	8
Tablo-3 : Gelişmekte olan ülkelerde toplam ve jeotermal enerji kaynaklı elektrik üretim kapasiteleri (1999)	9
Tablo-4: Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı (1999)	10
Tablo-5: Dünya Enerji Rezervleri Tahmini	14
Tablo-6: Jeotermal Akışkan Sıcaklıklarına Göre Kullanım Alanları	27
Tablo-7: Jeotermal Akışkan Tipine Göre Kurulan Santrallerin Yatırım Birim ve Diğer İşletme Fiyatları	29
Tablo-8: % 60 Kazanım Varsayımıyla 4.5 Milyon kg/h' lik Salton Sea Jeotermal Akışkanının İşlenmesiyle Elde Edilen Minerallerin Toplam Piyasa Değerleri	30
Tablo-9 : Türkiye’de Jeotermal Enerjiden Yararlanabilecek Yörelere	34
Tablo-10: Türkiye’deki Mevcut (Ocak 2000) Jeotermal Kullanım Kategorileri	37
Tablo-11 : Sarayköy Jeotermal Santrali yıllık Üretim Değerleri	38
Tablo-12: 7 Ocak 2000 Rakamlarına Göre Türkiye’de Konut Isıtma Maliyetleri	40
Tablo-13 : Jeotermal ve Termik Santrali Maliyet Mukayesesi	41
Tablo-14 : Jeotermal ısıtma sayesinde egsoz emisyonu açısından trafikten men edilmesine eşdeğer araç sayısı	46
Tablo-15: Jeotermal Elektrik Üretim Hedefleri Tahmini	53
Tablo-16: 2025 Yılına Kadar Olan Üretim Hedefleri Tahmini	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil-1: Jeotermal enerjinin Dünya’da ve Türkiye’de Değerlendirilmesi ve karşılaştırılması	9
Şekil-2: Dünyadaki Jeotermal Kuşaklar	12
Şekil-3: Kuyuyu içi eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemi	17
Şekil-4: Kuyuduşu eşanjörlü jeotermal merkezi ısıtma sistemi	18
Şekil-5: Jeotermal ısı pompası sistemi örnek sıcaklık rejimi	19
Şekil-6: Jeotermal akışkanların dünyadaki kullanımları ile ilgili yüzdesel dağılımı	21
Şekil-7: Binary çevrim jeotermal elektrik üretim sistemi	24
Şekil-8: Sıcaksu egemen jeotermal elektrik üretim sistemleri	25
Şekil-9: Türkiye’nin neotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal Alanları	25
Şekil-10: İzmir-Balçova jeotermal merkezi ısıtma sistemi	33
Şekil-11 : Jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırım oranları	40
Şekil-12: Üretilen Kwh başına sera gazı emisyon miktarları	46
Şekil-13: Türkiye’de jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde konut bağlantı miktar ve oranları	49

ÖZET

8. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu içinde yer alan jeotermal enerji için hazırlanan bu raporda, kaynağın dünyadaki ve Türkiye'deki durumu, potansiyeli, üretimi, tüketimi, teknolojisi ve çevreye katkısı konuları ele alınmıştır.

Jeotermal Kaynak, “yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20°C'den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar” olarak tanımlanabilir. Bunlardan elde edilen her türlü enerjiye jeotermal enerji denir. Düşük (20-70°C), orta (70-150 °C) ve yüksek (150 °C'dan yüksek) entalpili (sıcaklıklı) olmak üzere genelde üç gruba ayrılmaktadır. Yüksek entalpili akışkandan elektrik üretiminde, düşük ve orta entalpili akışkandan ise ısıtmacılıkta yararlanılmaktadır. Ancak, bugünkü gelişen teknolojilerle orta entalpili sahalardan da elektrik üretilebilmektedir. Bunların yanında akışkan, değişik amaçlarda olmak üzere entegre kullanıma da sunulabilir.

Jeotermal enerji, elektrik üretimi, ısıtma (şehir, konut, termal tesis, sera v.b.), kimyasal madde üretimi, kurutmacılık, ağartma, bitki ve balık kültüründe kullanılmaktadır.

Jeotermal akışkandan elektrik üretimi dünyada ilk olarak 1904 yılında İtalya'da gerçekleştirilmiş ve bugün İtalya, Amerika, Japonya, Filipinler ve Yeni Zelanda başta olmak üzere 22 ülkenin jeotermal kaynaklı elektrik üretimi 8274 MW'a ulaşmıştır.

Dünyadaki jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı (ısıtma, termalizm, kültür balıkçılığı v.b.) ise 11.300 MWt'dir. Dünya'da 2 Milyon konut eşdeğerinin üzerinde jeotermal ısıtma yapılmaktadır.

Günümüzde, Dünyada, enerji ihtiyacının büyük bir kısmı hidrolik enerji ve fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bu fosil yakıtların bitmesi ve bunların yerini yeni enerji kaynaklarının alması beklenmektedir. Jeotermal enerji de bunlardan biridir ve gün geçtikçe gelişmektedir.

Jeotermal enerji üretim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür. Bu maliyet, entegre kullanımlar söz konusu olduğunda, daha da düşmektedir. Şöyle ki 110 MWe kapasiteli bir santraldan üretilen elektriğin şebekeye satış bedeli 4 cent/KWh dır.

Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde bulunan ve genç tektonik etkinlikler sonucu gelişen grabenlerin, yaygın volkanizmanın, doğal buhar ve gaz çıkışlarının, hidrotermal alterasyon ve sıcaklıkları yer yer 102 °C'ye ulaşan 1000'in üzerindeki sıcak su kaynağının varlığı Türkiye'nin önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

1962 yılında MTA tarafından başlatılan jeotermal envanter çalışmaları, 1968 yılında elektrik üretimine elverişli Kızıldere-Denizli jeotermal sahasının keşfedilmesi ile hız kazanmıştır. 1982 yılında yine elektrik üretimine uygun Aydın-Germencik ve Çanakkale-Tuzla sahaları da keşfedilerek bu konudaki çalışmalar daha da genişletilmiştir. Bunlardan başka ısıtmacılığa yönelik birçok saha keşfedilmiş olup, Balıkesir-Gönen, Kütahya-Simav, Kırşehir, Kızılcahamam, İzmir-Balçova, Afyon-

Ömer, İzmir-Narlidere, Afyon-Sandıklı, Kozaklı ve Diyardin sahalarında ısıtma uygulamaları yapılmış olup, bu uygulamalar halen devam etmektedir. Türkiye'de halen 51.600 konut eşdeğeri ısıtmacılık yapılmaktadır ve kurulu güç 493 MWt düzeyine ulaşmıştır. Ayrıca, Türkiye'de şu anda, 194 adet kaplıcada sağlık amaçlı kullanım vardır. Bunun da değeri 327 MWt'dir. Böylelikle Türkiye'nin jeotermal doğrudan kullanım kapasitesi 820 MWt olmakta ve Türkiye, bu durumda doğrudan kullanım kapasitesi kurulu gücü ile Dünyada 4. sırada yer almaktadır.

Isıtmacılık konusunda yapılan maliyet hesaplamalarına göre KWh ısının 7 Ocak 2000 tarihi itibarıyla maliyeti şöyledir :

<u>KAYNAK</u>	<u>KWh</u>
Jeotermal enerjiden üretimi	: 7356 - 8425 TL.
İthal kömürden (6000 kcal/kg) üretimi	: 18.127 TL
Linyit kömüründen (5500 kcal/kg) üretimi	: 16.900 TL
Kalorifer yakıtından üretimi	: 21.990 TL
Doğalgazdan üretimi	: 14.990 TL

Türkiye'de elektriğe yönelik uygulama ise Denizli-Kızıldere sahasında 1974 yılında kurulan 0.5 MWe kapasiteli bir pilot tesisle başlamış ve 1984 yılında aynı sahada TEAŞ tarafından yaptırılan bir santralle 20 MWe kapasiteye ulaşmıştır.

Ülkemiz için yapılan talep tahmin projeksiyonunda, Aydın-Germencik, Çanakkale-Tuzla, Aydın-Salavatlı gibi sahalarda da önümüzdeki yıllarda jeotermal enerjiye dayalı santraller kurulması ile ilgili çalışmalar planlanmaktadır.

Türkiye'de kurulacak jeotermal elektrik santrallerinin 2005 yılında 185 MWe, 2010 yılında 500 MWe, 2020 yılında ise 1000 MWe'e ulaşması beklenmektedir.

Jeotermal ısıtmaya yönelik tahminler ise 2005 yılında 2926 MWt, 2010 yılında 3764 MWt ve 2025 yılı için 8182 MWt olarak öngörülmüştür. Bu değerlendirmeye göre en önemli artış ısıtma maksatlı kullanımda düşünülmektedir.

Jeotermal kaynak kullanımında, başta kimyasal sorun olmak üzere, birçok engelleyici faktör çözüme kavuşturulmuştur. Böylece, Türkiye'deki jeotermal enerji kullanımının daha büyük bir hızla artması beklenmektedir.

Sonuç olarak; yeni sahaların keşfedilmesi ve mevcut sahaların geliştirilmesi amacıyla MTA, Üniversiteler, TEAŞ ve özel kuruluşların projelerine Devletçe destek sağlanmalı, Uluslararası kuruluşların bu sektöre yatırım yapması teşvik edilmeli, eğitim amaçlı çalışmalar desteklenmeli, yasal düzenlemeler bir an önce çıkarılmalı, yerel yönetimlere ve vatandaşın bu yatırımlara katılımı sağlanmalıdır. Ucuz ve temiz bir enerji olan jeotermal kaynakların öncelikli olarak devreye alınması, bu kaynağın bulunduğu yörelerimize ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlayacaktır.

1. GİRİŞ

1.1. Tanım ve Sınıflandırma

Jeotermal kaynak, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Jeotermal enerji ise bunlardan dolayı veya doğrudan her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Ayrıca,

herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.

Sınıflandırılması :

Ülkelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre kabaca üç gruba ayrılır:

1- Düşük Sıcaklıklı Sahalar	(20-70 °C sıcaklık),
2- Orta " "	(70-150 °C "),
3- Yüksek " "	(150 °C'den yüksek)

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında, başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstriden (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayiinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂' den kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır.

Ancak orta entalpili sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur.

Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir.

1.2. Sektörde Faaliyet Gösteren Önemli Kuruluşlar

Jeotermal enerji sektöründe eğitim, arama, üretim ve teknoloji konusunda faaliyet gösteren uluslararası kuruluşlar aşağıda verilmiştir:

ŞİRKET İSMİ	ÜLKE	ŞİRKET İSMİ	ÜLKE
UNION OIL	A.B.D	ENER SYSTEM	FRANSA
GRC	A.B.D	BRGM (CFG)	FRANSA
ORMAT	A.B.D	SPAC	FRANSA
MAGMA COMPANY	A.B.D	GEOHERMA	FRANSA
GHC Geoheat Cent.	A.B.D	GAUDRIOT	FRANSA
GEOHERMAL DEVELOPMENT ASS.	A.B.D	ORKUSTOFNUN	İZLANDA
GEO HILLS ASSOCIATES	A.B.D	VIRKIR	İZLANDA
GEOHERMAL POWER INCORPORATION	A.B.D	ROBERTSON RESEARCH INTERNATIONAL LIMITED	İNGİLTERE
CALIFORNIA ENERGY	A.B.D	ICE	KOSTA RİKA
JICA	JAPONYA	VAG	İZLANDA
KEPKO	JAPONYA	ASEA	İSVEÇ
WEST-JEC	JAPONYA	PNOC	FİLİPİNLER
JAPEX	JAPONYA	PERTAMINA	ENDONEZYA
MITSUBISHI	JAPONYA	UNOCAL	ENDONEZYA
TOSHIBA	JAPONYA	MNL	ENDONEZYA
NEDO	JAPONYA	PLN	ENDONEZYA
KANEMATSU	JAPONYA	GTN	ALMANYA
GENZL	Y.ZELANDA	TERRAWATT	ALMANYA
DESIGN POWER	Y.ZELANDA	MOL	MACARİSTAN
DSIR	Y.ZELANDA	MTA	TÜRKİYE
ELC ELECTROCONSULT	İTALYA	TEAŞ (elek.üret.)	TÜRKİYE
DAL	İTALYA	ORME JEOTERMAL A.Ş.	TÜRKİYE
ENEL	İTALYA	KARBOGAZ (CO ₂ üretimi)	TÜRKİYE
ERGA	İTALYA	UKAM(Hacettepe Üni. Karst Su Kaynakları Uyg. ve Araşt. Merk.	TÜRKİYE
AQUATER	İTALYA	GAYZER YERBİLİMLERİ	TÜRKİYE
ANSALDO (türbün yap.)	İTALYA	İHLAS	TÜRKİYE
KIRŞEHİR TERMAL TURİZM A.Ş.	TÜRKİYE	DİYADİN JEOTERMAL	TÜRKİYE
SİMSER A.Ş.	TÜRKİYE	GÖNEN KAPLICALARI İŞL.A.Ş.	TÜRKİYE
AFYON-ORUÇOĞLU A.Ş.	TÜRKİYE	BALÇOVA LTD.	TÜRKİYE
AFJET	TÜRKİYE	SANJET A.Ş.	TÜRKİYE
DOĞAN JEOTERMAL Ltd.	TÜRKİYE	KIZILCAHAMAM JEOTERMAL TESİSLERİ A.Ş.	TÜRKİYE

2. DÜNYADA MEVCUT DURUM

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

1930'larda ise bu enerji İzlanda'nın Reykjavik kentinde ısıtma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1949 yılında, Yeni Zelanda Wairakei sahasında, turistik bir otele sıcak su temini amacıyla başlanan sığ sondajlara, daha sonra, elektrik elde edebilmek amacıyla devam edilmiş ve 1954 yılında burada 200 MWe 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. 1999 yılı verilerine göre dünyadaki elektrik kurulu güç kapasitesi 8274 MWe ve 1998 yılı verilerine göre doğrudan kullanım ise 11.300 MWt'dir (Geothermal Energy Association, A.B.D, 1999), (Tablo-1-2-3-4), (Şekil 1).

Tablo-1: Jeotermal Enerjiyi Elektrik Üretiminde Kullanan Ülkeler ve Kurulu Kapasiteleri

Ü LKE	1999 (MWe)
ABD	2850
FİLİPİNLER	1901
MEKSİKA	743
İTALYA	742
YENİ ZELANDA	364
JAPONYA	530
ENDONEZYA	589.5
EL SALVADOR	110
NİKARAGUA	70.0

İZLANDA	110
KENYA	45.0
ÇİN	32.5
TÜRKİYE	20.0
RUSYA	11.0
FRANSA (GUADELOUPE)	5
PORTEKİZ (AZORES)	16
TAYLAND	0.3
GUATEMALA	5
KOSTARİKA	120
ETİYOPYA	8.5
ARJANTİN	0.7
AVUSTRALYA	0.4
TOPLAM	8274

Kaynak : Fridleifsson, Dünya Enerji Kongresi, Teksas Eylül 1998 verilerine ilaveler yapılarak hazırlanmıştır.

Tablo-2: Ülkelerin Jeotermal Enerjiden Üretilen Elektrik Kapasiteleri ve Diğer Toplam Elektrik Kapasitelerine Göre Yüzdesi

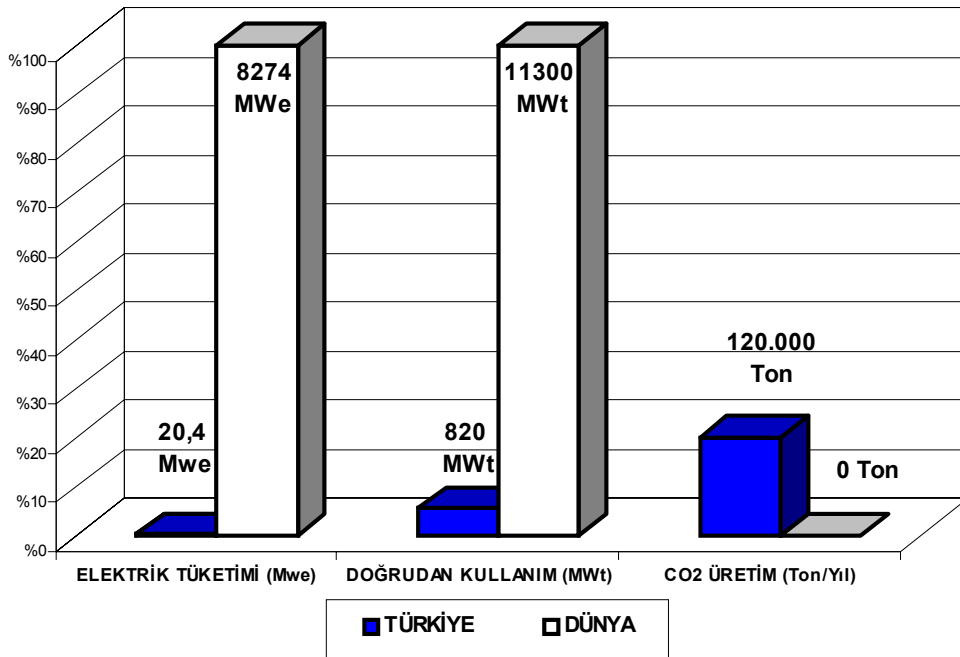
SANAYİLEŞMİŞ ÜLKELER			
ÜLKELER	Toplam Elektrik Kurulu Kapasitesi (MWe)	Jeotermal Elektrik Kurulu Kapasitesi (MWe)	Kurulu Kapasite Toplamının % si
ABD	741589	2816.67(1996)	0.4
JAPONYA	200000	528.7(1996)	0.3
İTALYA	67000	742.2(1998)	1.1
YENİ ZELANDA	8221	341.0(1998)	4.1

Kaynak : Fridleifsson, Dünya Enerji Kongresi, Teksas Eylül 1998

Tablo-3 : Gelişmekte Olan Ülkelerde Toplam ve Jeotermal Enerji Kaynaklı Elektrik Üretim Kapasiteleri

ÜLKELER	TOPLAM (MWe)	JEOTERMAL (MWe)	% PAY
EL SALVADOR(1996)	900	110.0(1996)	12.2
FİLİPİNLER(1996)	10597	1901.0(1998)	17.9
NİKARAGUA(1995)	418	70.0(1996)	16.7
KENYA(1994)	810	45.0(1996)	5.5
MEKSİKA(1995)	40502	743.0(1996)	1.9
ENDONEZYA(1994)	16270	309.5(1996)	1.9
KOSTA RİKA(1998)	1135	120.0(1998)	11.0
TÜRKİYE	22000	20	0.1

Kaynak : Barbier, 1999, Proceedings of the 1999 course, International Geothermal Days-Oregon



Şekil 1: Jeotermal enerjinin Dünyada ve Türkiye'de değerlendirilmesi ve karşılaştırılması

Tablo-4:Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Bölgeler	Kurulu Güç Kapasitesi(MWt)
Avrupa Topluluğu	1.031
Avrupa, Diğerleri	3.614
Avrupa, Toplam	4.645
Kuzey Amerika	1.908
Amerika Toplam	1.908
Asya	3.075
Okyanusya	264
Afrika	71
Ocak 2000'e kadar olan ilaveler	1337
Dünya Toplam	11.300

Kaynak : Stefansson ve Fridleifsson, 1998 verilerine ilaveler yapılmıştır.

Dünyadaki Önemli Jeotermal Kuşaklar:

Dünyada jeolojik özellikleri nedeniyle (genç tektonizma ve volkanizma) birçok jeotermal kuşak oluşmuştur.

And Volkanik Kuşağı; Güney Amerika'nın batı sahillerinde bulunan bu kuşak, Venezuela, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin'i kapsamaktadır ve çok sayıda aktif volkanizmanın oluşması sayesinde yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin gelişmesine yol açmıştır. Ancak buralarda mevcut jeotermal alanlar henüz çok fazla değerlendirilmemiştir.

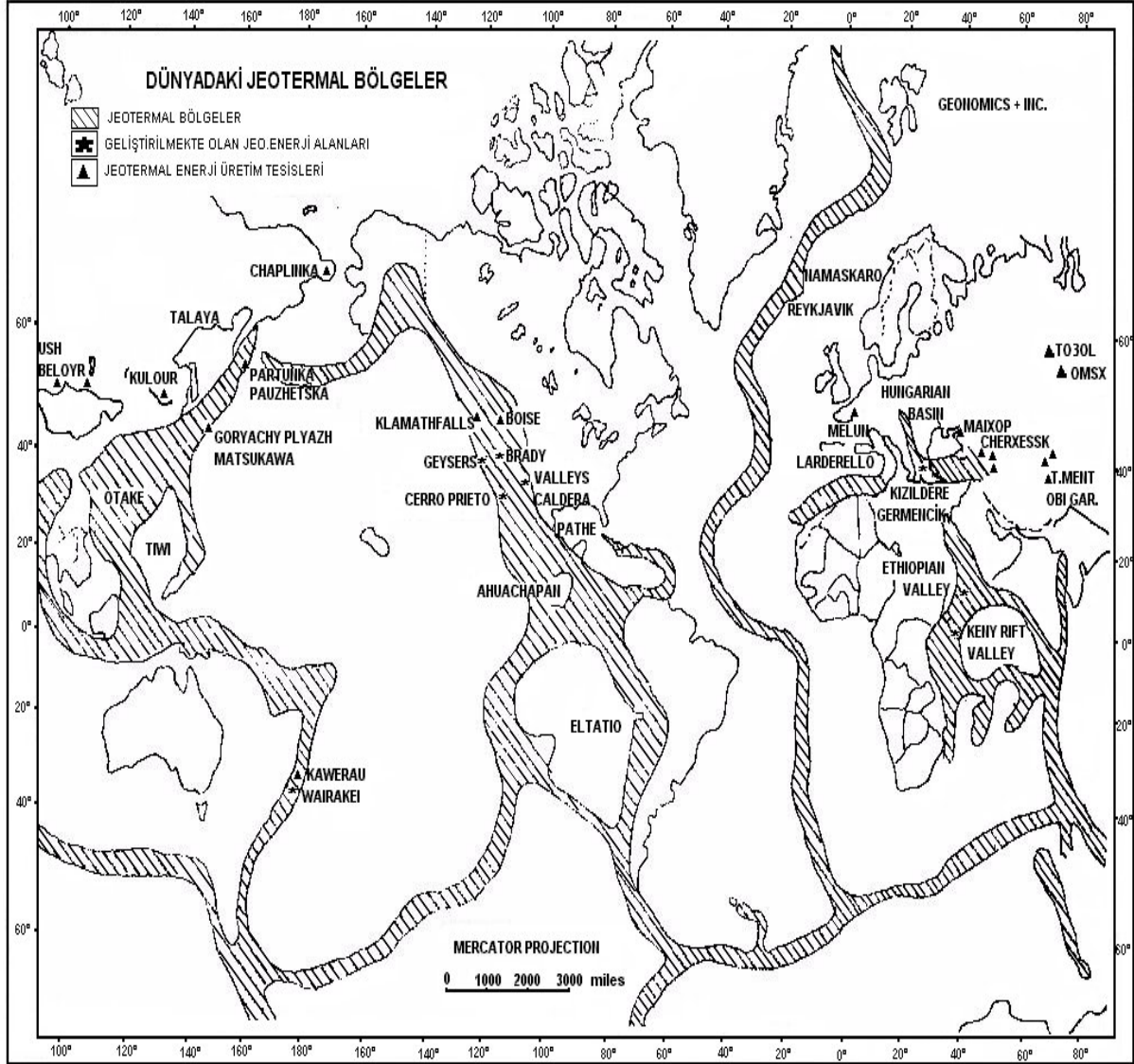
Alp-Himalaya Kuşağı; Hindistan Platosu ile Avrasya Platosu'nun çarpışması sonucu oluşan bu jeotermal kuşak Dünyanın en büyük jeotermal kuşakları arasındadır. 150 km genişliğinde ve 3000 km uzunluğundadır. Bu kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Yunan (Çin), Myanmar (Burma) ve Tayland'ı kapsamaktadır.

Doğu Afrika Rift Sistemi; aktif olan bu sistem Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya, Djibuti gibi ülkeleri içine alır. Aktif volkanizma Kenya, Etiyopya ve Tanzanya'dadır.

Karayib Adaları; bu adalarda aktif volkanizmanın hakim olduğu kuşakta önemli potansiyel görülmektedir.

Orta Amerika Volkanik Kuşağı; Guatamela, 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, İzlanda, Meksika, Kuzey ve Doğu Avrupa, Bağımsız Devletler Topluluğu, gibi farklı tektonik oluşumlar nedeniyle verimli jeotermal sahalara sahiptir (Şekil :2), (Geothermal Education Office, Steam Press Journal, 1993).



Şekil 2 : Dünyadaki Jeotermal Kuşaklar

2.1. Potansiyeller

Teorik hesaplamalara göre, 0-10 km. derinlik arasında dünyada birikmiş ısı enerjisi, yüksek ısı akıllı alanlar için 245.10^6 EJ (exajoules), düşük akıllı alanlar için 181.10^6 EJ'dur. Bu enerjinin % 0.1'inin işletilebileceği düşünülürse jeotermal kaynak $0.4.10^6$ EJ'den fazla olacaktır. Bu ise dünyada bugünkü mevcut enerji tüketimine göre 1000 yıllık bir potansiyel demektir. Dünyada doğal akiferlerden toplam 0.5 EJ üretim yapıldığı, üretilebilecek ispatlanmış rezervin ise 50 EJ olduğu tahmin edilmektedir (Robertson Research Int.;1988).

Bugün için jeotermal enerji, dünyada enerji sektörünün sadece % 0.2'lik bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak, bazı ülkelere göre, bu oran büyük ölçüde değişmektedir. Örneğin Filipinler'de jeotermal santraller, toplam kapasitenin % 17'sidir. Bilindiği gibi jeotermal enerji yeni bir kaynaktır ve 1950'den beri jeotermal santrallerin kurulu kapasitesi % 8.5 artış göstermiştir. Eğer 1970 yılı baz olarak alınırsa, kurulu kapasitedeki artış hızı % 12.2, geliştirilen yeni sahalar için %10 ve jeotermal araştırmalara yeni giren ülkeler için % 8 olmuştur. Bu büyüme hızı devam ettiği takdirde, 2000 yılında, işletilmekte olan 250 sahanın toplam 21000 MWe'e ulaşması beklenebilir. Elektrik endüstrisinin dünyada bugünkü büyüme hızının sadece %4 veya %5 olduğu düşünülürse, gelecekte jeotermal enerjiden elektrik üretimi önem kazanacaktır.

Bugün için dünyada 8274 MWe kurulu güçte elektrik üreten jeotermal santral vardır (Tablo-1). Buna karşılık dünyada 11.300 MWt karşılığında jeotermal akışkan doğrudan kullanımda değerlendirilmektedir (Tablo-1 ve 4).

Tablo-5: Dünya Enerji Rezervleri Tahmini

YAKIT TÜRÜ	Toplam Yıllık Üretim (EJ)	İşletilebilir Rezervler Görünür İlave (EJ)		Spekülasyona Tabii Kaynak (EJ)	Görünür Rezerv Tükenme Süresi (yıl)
A)TÜKENİR					
KATI YAKITLAR					
Taş Kömürü	84	14300	85310	80500	170
Yarı Bitümlü Taşkömürü	4	3280	33610	87500	820
Linyit	12	2580	14680	25000	215
Turba	1	150	1500	2500	150
Toplam Katı Yakıtlar	101	20310	115100	195500	201
SIVI YAKITLAR					-
Ham Petrol	125	138.5*	1560	7800	32
Tabii Gaz	66	138.3**	6670	11000	61
Bitümlü Şist	0.1	270	11340	100000	2700
Asfaltlı Kumlar	0.4	270	1650	15000	675
Toplam Sıvı Yakıtlar	191.5	8610	21220	133800	
RADYOAKTİF KAYNAKLAR					
Uranyum	18	1130	1360	4500	71
Toryum	-	270	560	-	-
U ve Th (Üretken Eşdeğer)	-	(84300)	(115620)	(267000)	-
Toplam Fissel Yakıtlar	18	1400	1920	4500	71
FÜZYONLU YAKITLAR					
D	-	-	-	1.10 ¹²	-
Li	-	-	-	5.10 ⁶	-
Toplam Tükenen Yakıtlar	310.5	30320	138240	10 ¹²	
B)YENİLENEBİLİR					
Jeotermal Kaynaklar	0.5	50	480.000	431.10 ⁶	100
Yerkabuğu Isısı	-	-	430000	430.10 ⁶	-
Doğal akifer	0.5	50	50000	1.10 ⁶	R
Hidro	22	40	40	290	R
Biyomas	36	150	150	18000	R
Güneş	0.01	-	10000	5.10 ⁶	R

Rüzgar	0.01	-	500	5000	R
Dalga	0	-	10	85	R
Med-Cezir	0.01	-	2	50	R
Termal-Okyanus	0	-	200	4500	R
Toplam Yenilenebilir	58.5	240	490902	4.36*10 ⁸	R

*1992 sonu itibariyle toplam görünür ham petrol rezervi (milyar ton)

**1992 sonu itibariyle toplam görünür Tabii Gaz rezervi (trilyon m³) BP World 1993 Kaynaklar:Yenilenebilir (Robertson Res. Int., 1988'den revize edilerek alınmıştır)

2.2. Tüketim

2.2.1. Tüketim Alanları

Belirtildiği gibi, jeotermal akışkan, önemli ölçüde elektrik ve ısı enerjisi eldesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde, hayvan çiftliklerinin ve cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde de yararlanılmaktadır.

Bunların yanında, yiyeceklerin kurutulması ve sterilizasyonunda, konservecilikte, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayiinde, kağıt ve dokuma endüstrisinde ağartma maddesi olarak, derilerin kurutulması ve işlenmesinde, şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında, soğutma tesislerinde kullanılmaktadır. Ayrıca, akışkanın içinden kimyasal maddeler elde edilebilmektedir.

Isıtma :

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar doğrudan ısıtmacılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca, ısı pompaları yardımıyla suların sıcaklığı 5 °C 'ye düşünceye kadar akışkandan yararlanılabilmektedir. Şöyle ki :

- 40 °C 'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve de sıcak kullanma suyu olarak (İzlanda, Fransa, Japonya, Yeni Zelanda, Türkiye, B.D.T., Macaristan, Kanada, Çin, Meksika, Arjantin, Kuzey Avrupa Ülkeleri),

- Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmakta ve dünyadaki jeotermal doğrudan kullanım değerinin önemli bir bölümü sera ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, Türkiye, ABD, Japonya, Meksika, Doğu Avrupa Ülkeleri, Yeni Zelanda ve İzlanda'da 30 °C'den fazla sıcaklıktaki akışkan kullanılarak seraların ısıtılmasında,

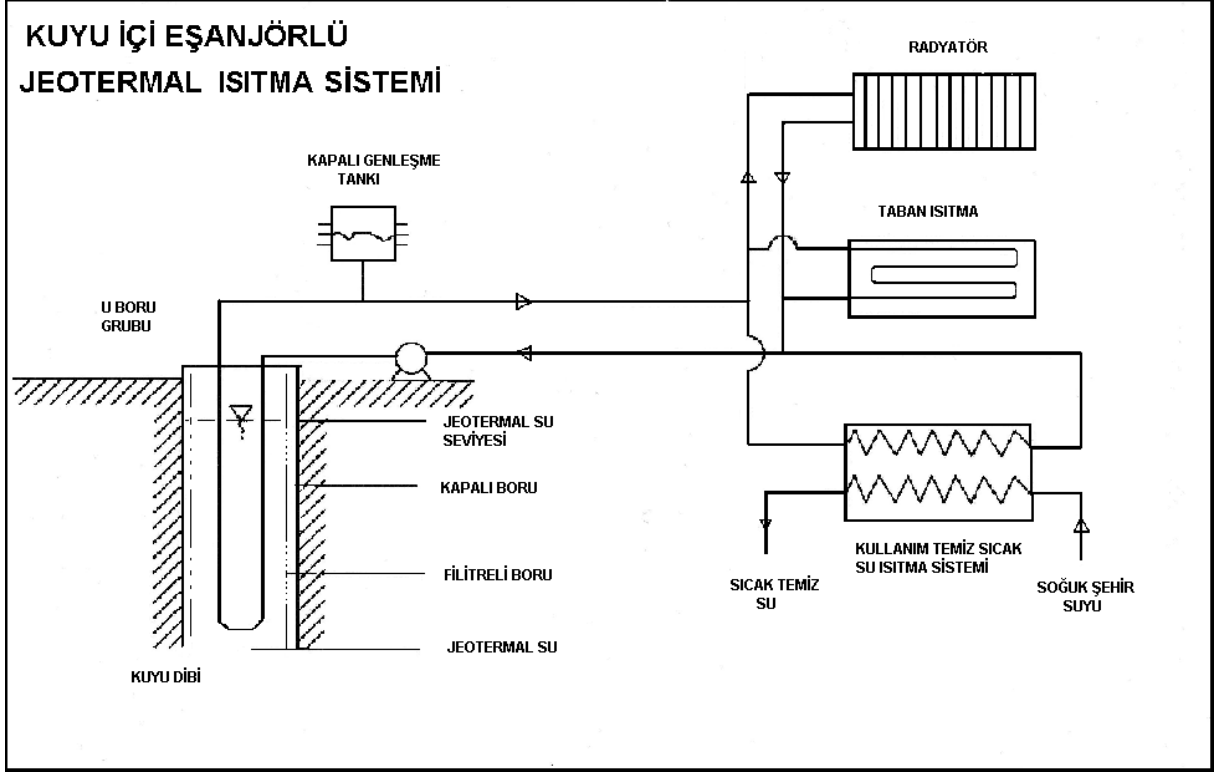
- Tropikal bitki (Japonya) ve balık (Japonya'da timsah yetiştiriciliği dahil) yetiştirilmesinde (Filipinler, Çin, İzlanda),

- Tavuk ve hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında (Japonya, ABD, Yeni Zelanda, Macaristan, B.D.T),

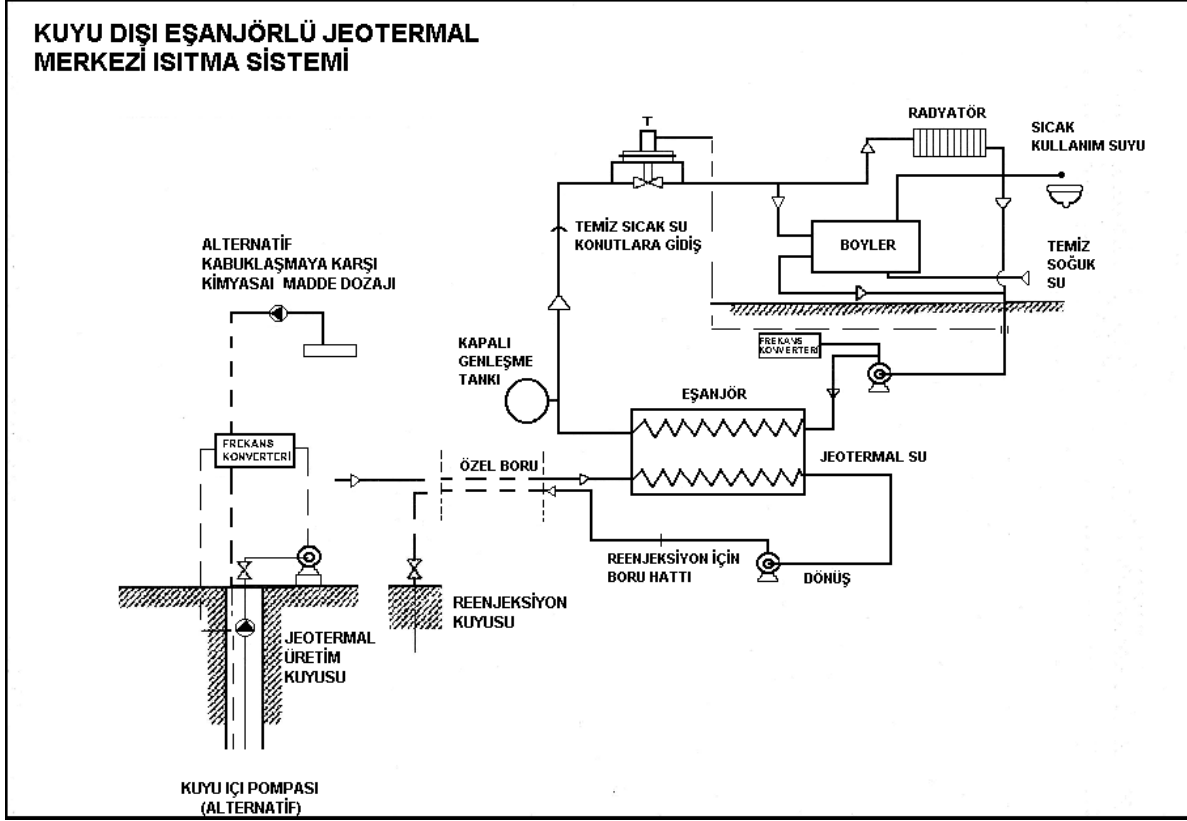
- Toprak, cadde, havaalanı pistlerinin (Sibirya) vb. ısıtılmasında ve

- Yüzme havuzu, termal tedavi ve diğer turistik tesislerde (İtalya, Japonya, ABD, İzlanda, Türkiye, Çin, Endonezya, Yeni Zelanda, Arjantin, Doğu Avrupa Ülkeleri, B.D.T) kullanılmaktadır.

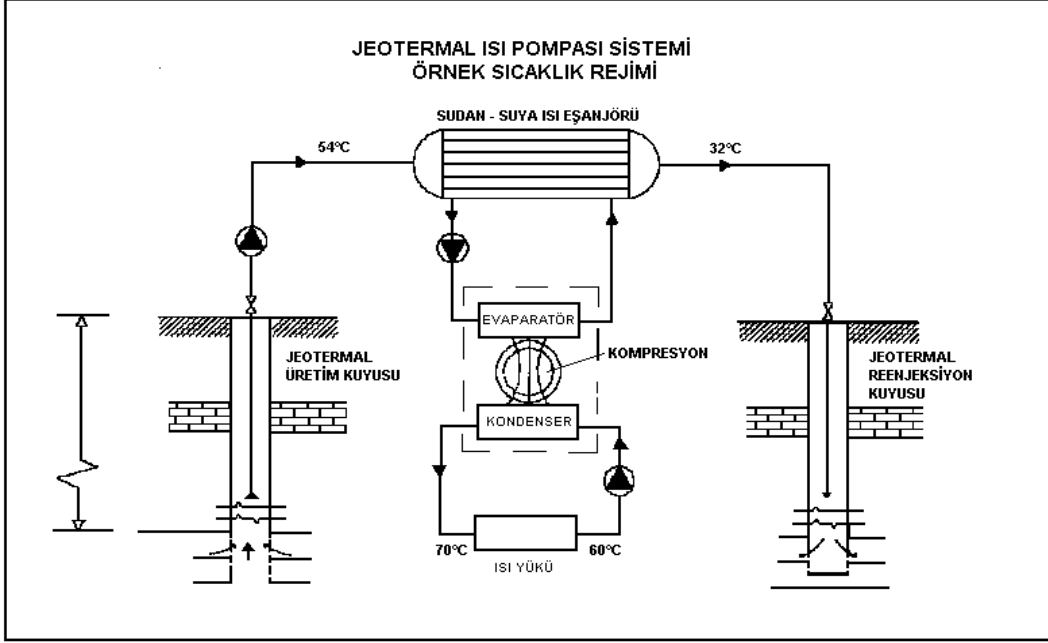
Kuyuiçi ve kuyudışı eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemleri ile jeotermal ısı pompası sistemlerine dair şemalar Şekil 3, 4 ve 5'de gösterilmektedir.



Şekil 3: Kuyuiçi Eşanjörlü Jeotermal Isıtma Sistemi



Şekil 4: Kuyudışı Eşanjörlü Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi



Şekil 5: Jeotermal Isı Pompası Sistemi Örnek Sıcaklık Rejimi

Endüstriyel Uygulamalar :

Jeotermal akışkan endüstriyel uygulamalar çerçevesinde;

- Yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, konservecilikte (Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler, Yeni Zelanda, Tayland),
- Kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayiinde (Yeni Zelanda, Meksika, B.D.T),
- Kağıt (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya, Çin, B.D.T), dokuma ve boyamacılıkta (Yeni Zelanda, İzlanda, Çin ve B.D.T),

- Derilerin kurutulması ve işlenmesinde (Japonya vb.),
- Bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtma (Japonya),
- Soğutma tesislerinde (İtalya, Meksika) ve
- Beton blok kurutulmasında (Meksika) kullanılmaktadır. Ayrıca, bunlara
- Soğutularak içme suyu olarak kullanımını (Macaristan, B.D.T, Tunus, Cezayir) ve
- Yıkama amaçlı olarak çamaşırhanelerde kullanımını (Japonya) ilave etmek gerekir.

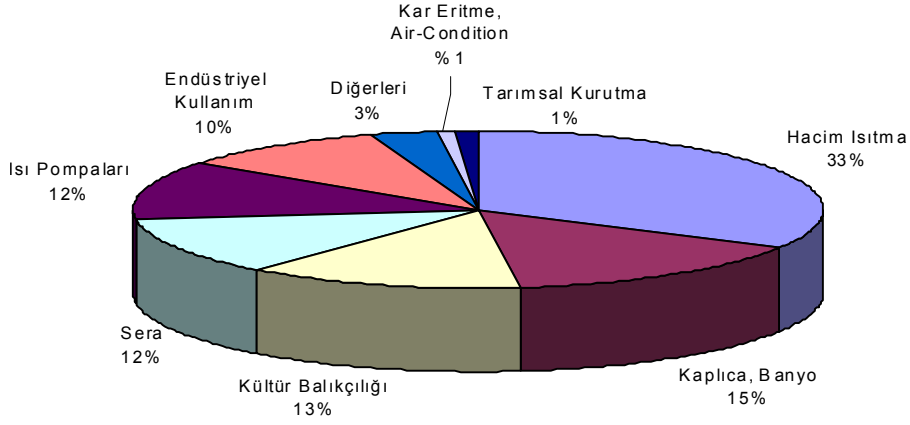
Kimyasal Madde Üretimi :

Kimyasal madde üretimi çerçevesinde;

- Jeotermal akışkan borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit:D₂O), amonyum sülfat, potasyum klorür vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde (İtalya, ABD, Japonya, Filipinler, Meksika),
- Jeotermal akışkandaki CO₂ 'den kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır (ABD, Türkiye) (Geothermal Education Office, Steam Press Journal., 1993, USA).

2.2.2. Tüketim Miktar ve Değerleri

Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanıma imkanları oldukça geniştir. Jeotermal akışkanların dünyadaki kullanımları ile ilgili yüzdesel dağılım aşağıdaki gibidir (Şekil 6) :



Şekil 6 : Jeotermal akışkanların dünyadaki kullanımları ile ilgili yüzdesel dağılımı

2.3. Üretim

Jeotermal enerji üretimi; yerin derinliklerinde bulunan akışkanın sondajlar aracılığı ile üretilerek doğrudan veya dolaylı olarak ekonomik kullanıma sunulması ile olur. Bu enerji türünde arama kuyuları da, olumlu sonuç alındığı ve uygun teknoloji ile teçhiz edildiği takdirde üretim kuyusu olarak kullanılabilir.

2.3.1. Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

Jeotermal enerjide üretim teknolojisi, yer ısısının akışkanlar ve sondajlar aracılığı ile yüzeye çıkartılması ve bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi, ısı enerjisi şeklinde doğrudan kullanımı, endüstri ve turizm alanında yararlanılması şeklindedir.

Elektrik enerjisi üretimi :

Gerekli araştırmaları yapılmış olan bir jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan, seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar, türbinlere gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir.

Jeotermal sistemler; buhar hakim ve su hakim sistemler olarak ikiye ayrılırlar. Santral kurulmasında, sahanın durumu da göz önüne alınarak, en ekonomik ve verimli teknolojiyi seçmek gereklidir.

Jeotermal akışkandan elektrik üretimi için tek buharlaşmalı "single flash cycle" sistem yerine, yüksek verimli çift buharlaşmalı "double flash cycle" sistemi 1977 yılından beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca "total flow" ve "binary cycle" tipi santrallarda da verim yüksek olmaktadır. "Double flash cycle" sisteminde akışkan, iki aşamada iki ayrı seperatörde buharlaştırılarak türbine gönderilir. Santralin verimi "single flash cycle" sistemine göre %15 ile %20 daha fazladır. KWh başına net maliyetin %10 ile %20 daha düşük olduğu belirtilmektedir.

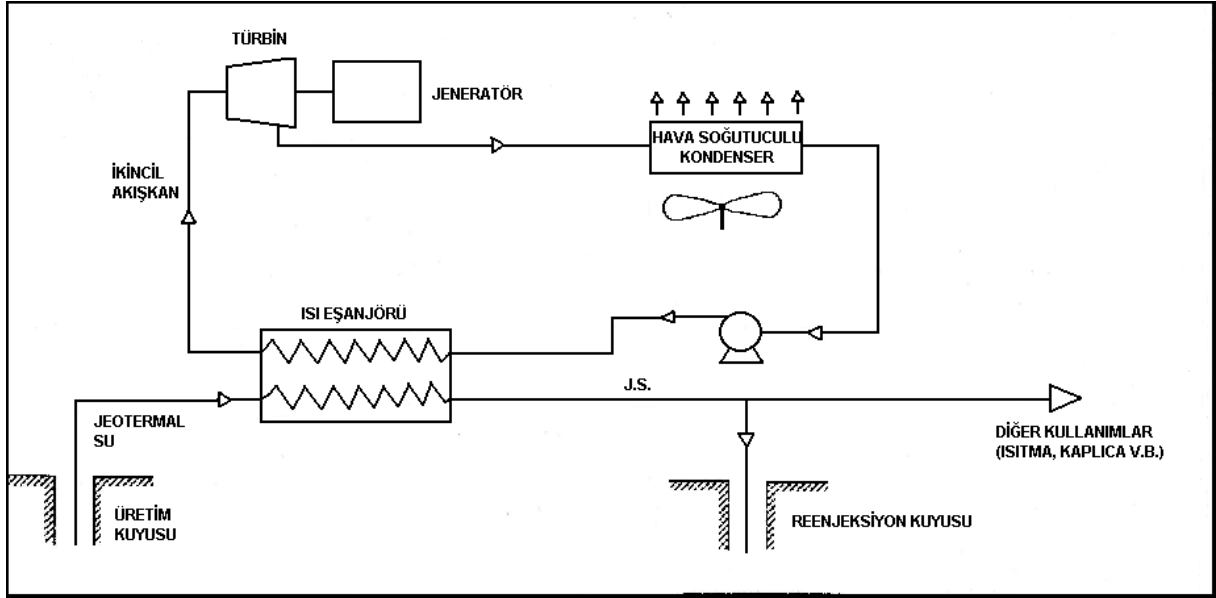
"Binary Çevrim" sisteminin esası jeotermal akışkanın hiç bir şekilde flashing edilmeden, buharından, gazından ve suyundan ayrıştırılmadan doğrudan doğruya elektrik üretim amaçlı olarak sistemin ısı eşanjörüne verilip, bu akışkanın enerjisini ikincil akışkana aktarıp direkt olarak reenjeksiyona gittiği bir sistemdir (Şekil 7). Rezervuar sıcaklığının 100-200 °C olduğu sahalar için son derece uygun optimum çözüm sistemlerdir.

"Single flash" orta büyüklükte 200 °C dolayındaki sıcaklıklı sahalar için uygundur. Bu sistemde buhar separatörde ayrılarak doğrudan türbine gönderilir.

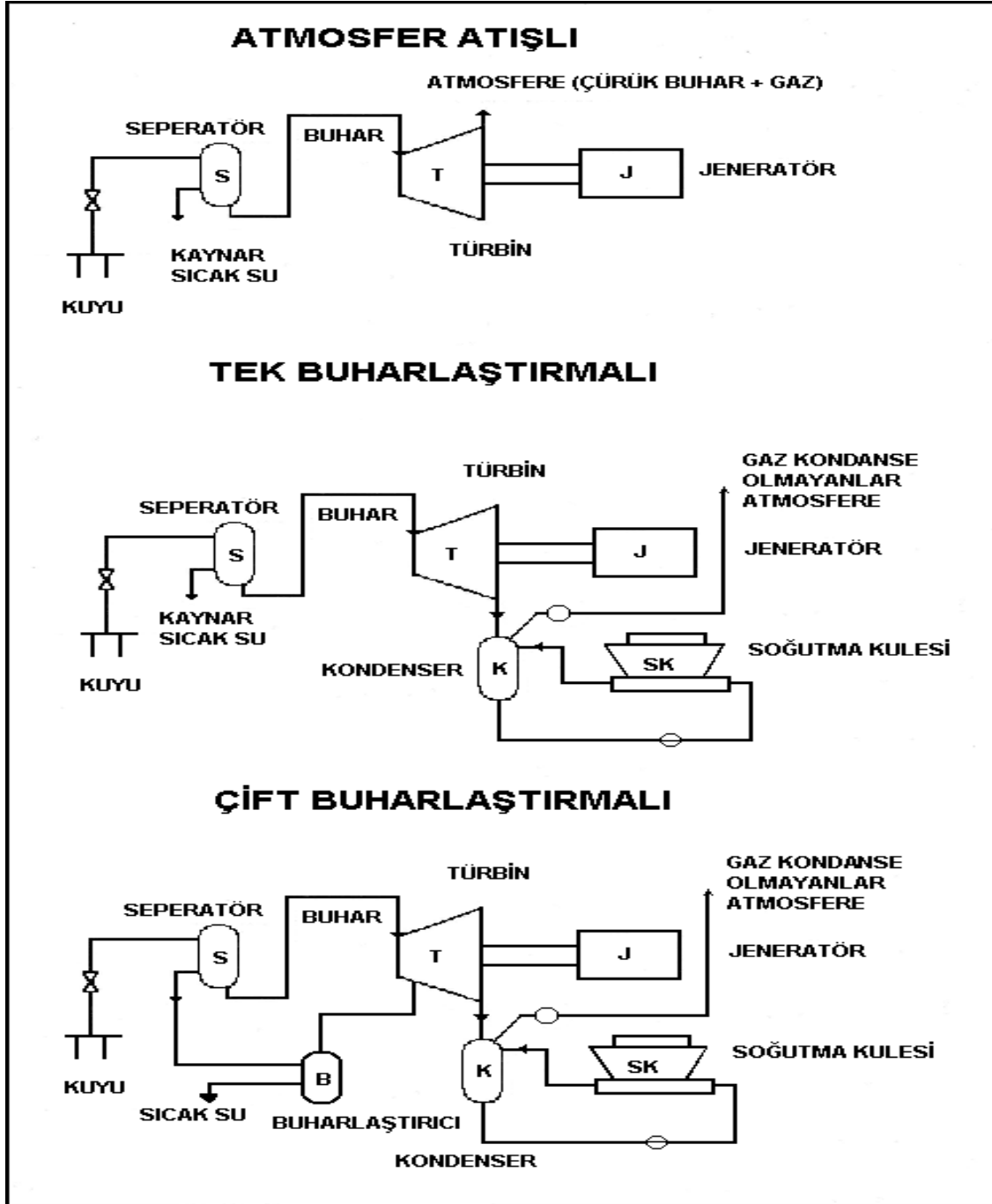
"Double flash" sistemler elde edilen akışkandan maksimum ölçüde yararlanmak için kullanılan sistemlerdir. Akışkan birinci yüksek basınç seperatöründe ayrıştırıldıktan sonra sıcak su ikinci bir seperatöre (orta kademe) gönderilerek tekrar ayrıştırılır ve iki seperatörde ayrıştırılan buhar türbinlere gönderilir (Şekil 8).

Bilinen jeotermal elektrik üretim santral tipleri şunlardır :

- Kuru buharlı jeotermal santraller,
- Buhar ayırmalı (tek, çift faz) santraller,
- Binary-Kalina çevrim santraller,
- Faz dönüşüm+Binary çevrim kombine santraller,
- Hibrit jeotermal santraller,
- Toplam akış sistemleri.



Şekil 7: Binary Çevrim jeotermal elektrik üretim sistemi



Şekil 8: Sıcaksu egemen jeotermal elektrik üretim sistemleri

Isı enerjisi üretimi:

Jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak ısıtma sistemleri önemli farklılıklar göstermektedirler. Jeotermal akışkan, kimyasal özelliğine göre, problem yaratmayacaksa, ısıtılacak alanda radyatör ve uygun borular sistemi aracılığı ile dolaştırılarak, kimyasal açıdan problem yaratacaksa (kabuklaşma, korozyon) ısı eşanjörleri aracılığı ile ısı düşük kimyasal konsantrasyonlu suya (şehir şebeke suyuna) aktarılmakta ve ısıtma sağlanmaktadır. Bu eşanjör sistemi ise kuyu başı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde, sahanın ve akışkanın özelliğine göre kurulmaktadır.

Isıtma sistemlerinin verimliliği, sürekliliği veya başarısı teknolojisine uygun olarak kullanılmasına bağlıdır.

Kimyasal madde içeriğine göre jeotermal akışkanlardan endüstride beyazlatıcı olarak ve "kimyasal madde" eldesinde yararlanılır.

Isı pompaları daha derin kuyuların açılmasına alternatif olarak sıcaklıkların yükseltilmesinde kullanılmaktadır. Bu, jeotermal akışkan debisinin sınırlı olduğu durumlarda ΔT 'yi büyülterek akışkandan daha fazla enerji alınması ile sağlanır. Endüstriyel ısı pompaları, 15 ile 55 °C arasındaki sıcaklıkları, tersinmez ısı pompası ilkesi ile yükselterek kullanılabilir seviyeye getirirler. Isı pompaları sayesinde günümüze kadar elde edilen en yüksek sıcaklık 110 °C olmuştur.

Genellikle sıcaklık yükseltilmesi (ısıtma suyu sıcaklığı ile atık jeotermal akışkan sıcaklığının farkı) 44 ile 50 °C arasında olur.

Proseslerde ısı pompası uygulanarak, 30-50 °C sıcaklıktaki jeotermal akışkanlar ekonomik şartlar incelenmek koşuluyla kullanıma sunulabilir.

Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları Tablo 6'da verilmiştir.

2.3.2. Ürün Standartları

Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre çok çeşitli kullanım alanları vardır. (Tablo-6).

Tablo-6: Jeotermal Akışkan Sıcaklıklarına Göre Kullanım Alanları (Lindal Diyagram)

ISI (°C)	KULLANIM ALANI	Elektrik Üretimi	Isıtma
180	Yüksek konsantrasyon solüsyonun buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma	+	
170	Hidrojen sülfid yoluyla ağır su eldesi, Diyatomitlerin kurutulması	+	
160	Kereste, balık vb. yiyeceklerin kurutulması	+	
150	Bayer's yoluyla alüminyum eldesi	+	
140	Çiftlik ürünlerinin kurutulması (Konservecilik)		+
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi		+
120	Temiz tuz eldesi, tuzluluk oranının artırılması		+
110	Çimento kurutulması		+
100	Organik maddeleri kurutma (Yosun, et, sebze vb.) Yün yıkama ve kurutma		+
90	Balık kurutma		+
80	Ev ve sera ısıtma		+
70	Soğutma (Alt sıcaklık sınırı)		+
60	Kümes ve ahır ısıtma		+
50	Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar		+
40	Toprak ısıtma, kent ısıtma (alt sınır), sağlık tesisleri		+
30	Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri		+
20	Balık çiftlikleri		+

2.3.3. Birim Üretim Girdileri

Jeotermal değerlendirme sistemlerinde, elektrik enerjisi üretimi, ısıtma ve diğerlerinde birim üretim girdileri, yani birim üretim maliyet girdilerinin payları aşağıda belirtilen giderleri kapsar:

Elektrik enerjisi üretiminde: İşçilik, bakım, sistemin kendi iç elektrik tüketimi, kimyasal madde ve kuyuların bakım giderleridir (amortisman ve faizler hariç).

Jeotermal ısıtma sistemlerinde ise: Elektrik enerjisi gideri (iç tüketim), işçilik, bakım, kimyasal madde gideri olarak açıklanabilir.

Bir başka türlü açıklanacak olunursa, işletme gelirinin takriben % 25'i bakım + işçilik + elektrik enerjisi + kimyasal madde tüketim gideridir (amortisman ve faiz hariç).

2.3.4. Maliyetler

Jeotermal üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarına oranla düşük değerdedir. Bu maliyet, entegre sistemler söz konusu olduğu zaman, daha da düşmektedir.

Yatırım analizleri 5 kısımda incelenebilir:

- 1- Arama faaliyetleri (jeoloji, hidrojeoloji, jeofizik, jeokimya, sondaj, test),
- 2- Kuyudan üretim,
- 3- Üretimin kuyudan santrale (elektrik veya ısı) taşınması,
- 4- Santralde elektrik üretilmesi veya ısı enerjisinin kullanıma sokulması, üretimde akışkanın niteliği (buhar yüzdesi veya sıcak su) üretim ve taşıma maliyetini etkileyecek faktörlerdir.
- 5- Yöresel, yasal ve diğer teknolojik koşullar: İklim, kuyu derinlikleri ve mesafeleri, akışkanın sıcaklığı ve kimyasal özellikleri, santral tipi, atık akışkanın entegre

kullanımı, vergiler gibi faktörlerde maliyet üzerinde etkendirler.

Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde toplam maliyetin %40'ı arama faaliyetlerini de kapsayan rezervuar için tespit çalışmaları, üretim ve reenjeksiyon kuyuları, %50'si santral kurulması ve geri kalan %10'u ise diğer faaliyetler için harcanmaktadır. Jeotermal akışkan sıcaklığı 200 °C ve yukarısı için büyük kapasiteli jeotermal santraller (100 MW) için maliyet 1000 USD/KW, küçükler (2.5-10) için ise 1250-1500 USD/KW olarak verilmektedir (Tablo-7).

Bugün için jeotermalden üretilen elektriğin tahmin edilen satış fiyatı 4-6 US cent/KWh arasındadır. Bu aralıkta, farklı jeolojik yapılar, buharın kalitesi, kuyu verimi ve santral tipi etkili olmaktadır.

Tablo-7: Jeotermal Akışkanın Tipine Göre Kurulan Santrallerin Yatırım Birim Ve Diğer İşletme Fiyatları (USD)

KAYNAK KURULUŞU TIPI	KURULU SANTRAL MALİYETİ (USD/kW)	AMORTİSMAN (cent/kWh)	İŞLETME-BAKIM MALİYETİ (cent/kWh)	KUYU YA DA AKIŞKAN MALİYET (cent/kWh)	TOPLAM (cent/kWh)	SANTRAL SÜRESİ (YAPIM SÜRESİ, YIL)
KURU BUHAR	300	0.4	0.1	1.3	1,8	3
TEK BUHARLAŞ-TIRMALI	500-800	0,7-1,1	0.3	1.7-2.7	2,7-4,1	3
ÇİFT BUHARLAŞ-TIRMALI	500-950	0,7-1,4	0.3	1.5-2.5	2,5-4,2	3
BINARY ÇEVİRİM SİSTEMİ	1200 - 2000	1,7-2,8	1,2	1,5	4,4-5,5	2

- + % 80 işletme zaman verimi ve % 10 Amortismanına dayanır (7008 saat/yıl kapasiteli)
- + Gayzer sahasındaki durum
- + 150-500 ton/saat akışkan debili, 200 °C sıcaklıklı kaynaklar

Kaynak: Geothermal Energy Hand Book, 1982. Ancak amortisman değerleri ve Binary Çevrim Sistemi 1992'ye göre revize edilmiştir.

2.4. Uluslararası Ticaret

Jeotermal enerji alanında uluslararası ticaret, esas olarak, jeotermal akışkanın aranması, üretimi ve değerlendirilmesine yönelik teçhizat ve jeotermal akışkandan elde edilen kimyasal maddelerin ticareti şeklinde olmaktadır.

2.4.1. Fiyatlar

Toplam çözünmüş maddelerin 10.000 ppm'den daha fazla olduğu akışkanlarda minerallerin değeri enerji üretiminden daha çok önem taşımaktadır. Salton Sea'de jeotermal akışkandan toplam minerallerin üretim değeri 148 Milyon USD/yıl'dır (Tablo-8).

Tablo-8: %60 Kazanım Varsayımıyla, 4.5 Milyon kg/h'lik Salton Sea Jeotermal Akışkanının İşlenmesiyle Elde Edilen Minerallerin Toplam Piyasa Değerleri

ÜRÜN	PİYASA FİYATI (USD/ton)	MIKTAR (10 ³ ton/yıl)	ÜRETİM DEĞERİ (10 ⁶ USD/yıl)
NaCl	1	3.240	3.20
KCl	62	780	48.30
CaCl ₂	60	1.980	18.00
Zn	700	12	8.40
MnO ₂	175	55	9.60
LiCl	1.900	32	60.80
TOPLAM			148.30

3 . TÜRKİYE'DE DURUM

3.1. Ürünün Türkiye'de Bulunuş Şekilleri

Türkiye'de 40 °C'nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 170 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Bunlardan Aydın-Germencik (232 °C), Denizli-Kızıldere (242 °C),

Çanakkale-Tuzla (173 °C), Aydın-Salavatlı (171 °C) elektrik üretimine uygun, gelişen teknolojilere ve gerekli desteğin temin edilmesine göre Manisa-Salihli-Caferbeyli(155 °C), Kütahya-Simav(162 °C), İzmir-Seferihisar (153 °C)-Dikili(130 °C), Denizli-Gölemezli (arama aşamasında) elektrik üretilebilir, diğerleri ise doğrudan kullanıma uygundur.

Aydın-Germencik sahasının 150 MWe kapasitesi olduğu tahmin edilmiştir.

Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalarda genelde genç tektonik etkinlikler sonucu oluşan grabenlerden dolayı Türkiye'nin batısında yer almaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalarda ise volkanizmanın ve fay oluşumlarının etkisi ile Orta ve Doğu Anadolu'da ve Kuzey Anadolu Fay hattı boyunca da kuzeyde yer almaktadır (Şekil 9).

Türkiye'de elektrik üretimine yönelik ilk uygulamalar 1968 yılında Denizli-Kızıldere sahasının geliştirilmesi ile başlamış ve 1974'de 0.5 MWe kapasiteli pilot santral devreye girmiştir. Daha sonra 1984 yılında TEAŞ tarafından 20.4 MWe kapasiteli bir santral kurulmuştur. Aydın-Germencikte ise kapasitesi 50-100 MWe arasında değişebilecek bir santralin kurulmasına yönelik girişimler sürdürülmektedir.

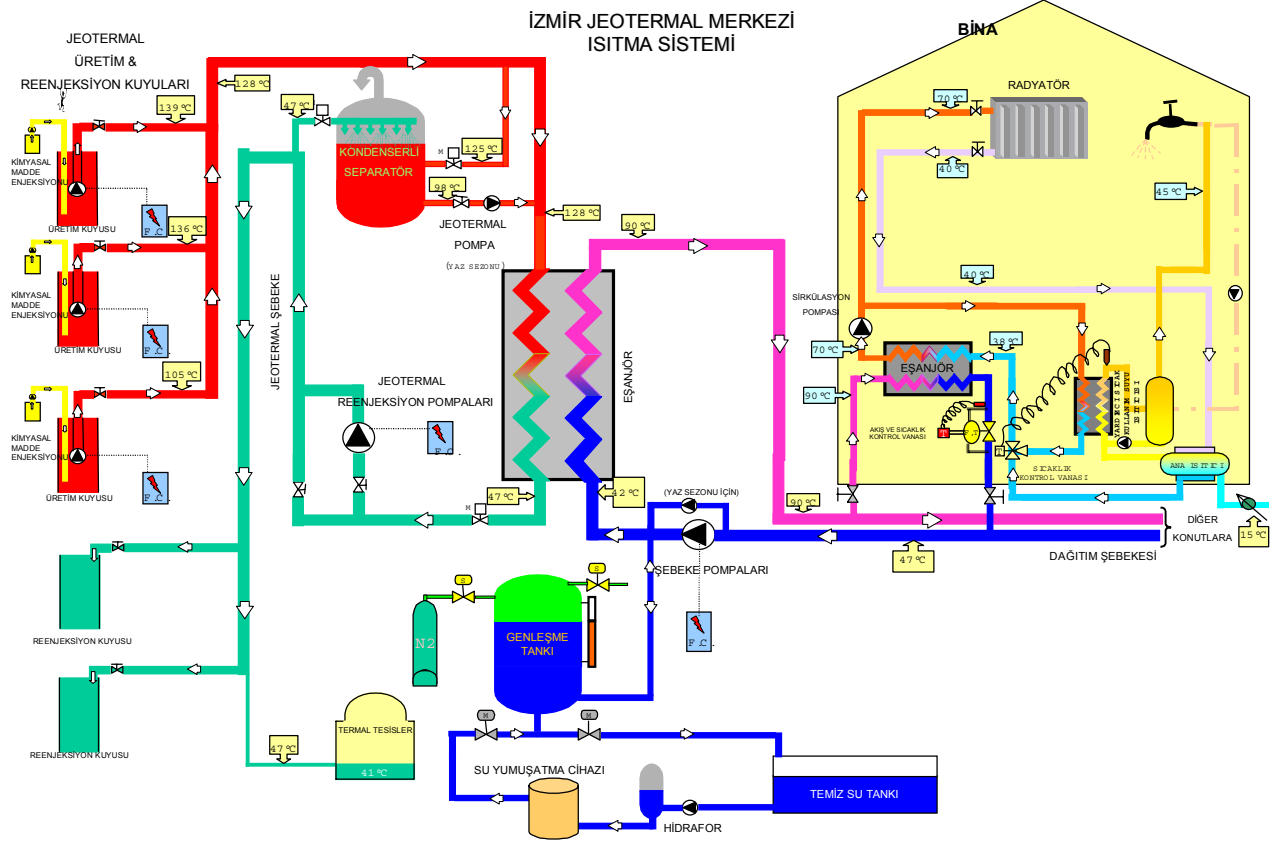
Türkiye'de ilk jeotermal ısıtma uygulaması 1964 yılında Gönen Park Otelinin ısıtılması ile olmuştur. Balıkesir-Gönen'de 1987 yılından beri ısıtma yapılmaktadır. Günümüzde ise 32 MWt kapasiteli 3400 konut eşdeğeri ısıtma yapılmakta ve 54 adet tabakhane için proses sıcak su ihtiyacı karşılanmaktadır. Sistem 4000 konuta büyütülmektedir.

Türkiye'de halen işletilmekte olan başlıca jeotermal ısıtma sistemleri arasında, 143,3 MWt kapasite ile Balçova'da konut eşdeğeri ısıtma (Şekil 10), 100.000 m² sera ısıtması ve Dokuz Eylül Üniversitesi kampüs ısıtması Türkiye'nin en büyük ve önemli jeotermal uygulaması olarak öne çıkmaktadır.

25 MWt kapasite ile Simav'da 3200 konut ısıtılmaktadır. Yörede ayrıca 2. etap için toplam 6500 konut ısıtması projelendirilmiştir. Kırşehir'de 1800 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi 29 Ekim 1993 tarihinde yapılarak devreye alınmış olup, halen 1800 konut ısıtması yapılmaktadır.

Sandıklı jeotermal merkezi ısıtma sistemi 9318 m'lik jeotermal su taşıma hattına sahip olup şu anda 1600 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Konut bağlantıları devam etmektedir.

Diğer sahalara ilişkin bilgiler (Ek-2) de verilmiştir.



Şekil 10: İzmir-Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi

Fizibilitesi hazırlanmış olan bazı jeotermal ısıtma sistemleri ve kapasiteleri şöyledir :

- ◆ İzmir 40.000 konut jeotermal merkezi ısıtma sistemi,
- ◆ İzmir 34.000 konut ısıtma ve 5000 konut soğutma sistemi,
- ◆ Denizli 25.000/30.000 konut ısıtma sistemi,
- ◆ Aydın 18.000 konut ısıtma ve 3500 konut soğutma sistemi,
- ◆ Afyon 16.000 konut ısıtma sistemi,
- ◆ Van-Erciş 10.000 konut ısıtma sistemi (önfizibilite),
- ◆ Kırşehir toplam 8400 konut ısıtma sistemi,
- ◆ Salihli 7000 konut ısıtma 1000 konut soğutma sistemi,
- ◆ Salihli 7000 konut jeotermal merkezi ısıtma sistemi,
- ◆ Simav toplam 6500 konut ısıtma sistemi,

- ◆ Balçova 5000 konut ısıtma ve 1000 konut soğutma sistemi,
- ◆ Sandıklı 5000 konut ısıtma sistemi,
- ◆ Kırşehir 4200 konut kapasiteli ısıtma sistemi,
- ◆ Kızılcahamam 2250 konut ısıtma sistemi,
- ◆ Sakarya-Kuzuluk 1500 konut ısıtma sistemi,
- ◆ Nevşehir-Kozaklı 1100 konut ısıtma sistemi,
- ◆ Tokat-Reşadiye 1000 konut ısıtma sistemi.

2000 yılı itibarıyla Türkiye'de 210.000 civarında jeotermal konut ısıtmasının fizibilitesi ve projesi tamamlanmıştır. Halen 51.600 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır.

Bugünkü teknoloji ile 35 °C' nin üzerindeki (ısı pompası hariç) jeotermal akışkanlar ile ısıtma yapılmaktadır. Buna örnek olarak, Havza Kaplıcaları, Haymana'da 2 adet caminin 43 °C sıcaklıktaki jeotermal akışkanla ısıtılması, Afyon- Oruçoğlu Termal Resort tesisleri (49 °C) ve Rize-Ayder kür merkezi ve kaplıca tesisi (54 °C) verilebilir.

Türkiye'de bulunan 170 jeotermal sahanın mevcut durum ve sahaların geliştirilmesi halinde yapılabilecek uygulamalar özet olarak Ek-1'de verilmektedir.

Türkiye'de jeotermal olarak merkezi ısıtma imkanı bulunan yerleşim birimleri Tablo-9'da belirtilmiştir :

Tablo-9 : Türkiye'de jeotermal enerjiden yararlanabilecek yöreler

BALIKESİR	İZMİR	GEDİZ	SANDIKLI	RESADIYE	İNCİRLİOVA
GÖNEN	BALÇOVA	YONCALI	HEYBELİ	SİVAS	NAZİLLİ
SUSURLUK	NARLIDERE	BANAZ	İLGİN	SICAK- ÇERMİK	SALAVATLI
PAMUKÇU	SEFERİHİSAR	SARAYCIK	İSMİL	ŞANLIURFA	SULTANHİSAR
BALYA	ÇEŞME	YALOVA	ZİGA	ÇERMİK	DENİZLİ
HİSARALAN	DİKİLİ	ARMUTLU	NARKÖY	ERZURUM	SARAYKÖY
HAVRAN	ALİAĞA	KEMALPAŞA	ÇİFTEHAN	PASINLER	GÖLEMEZLİ
SINDIRGI	GÜZELBAHÇE	AKYAZI	KIRŞEHİR	İLİCA	KARAHAYIT

BİGADİÇ	BAYINDIR	KUZULUK	MAHMUTLU	KÖS	KIZILDERE
EDREMİT	ÇİĞLİ- ULUKENT	BOLU	ÇİÇEKDAĞ	TATVAN	BULDAN
GÜRE	BERGAMA	KARACASU	HAVZA	ERCİŞ	YENİCE
LAPSEKİ	MANİSA	SEBEN	HAMAMÖZÜ	DİYADİN	BUHARKENT
ÇAN	TURGUTLU	KIZILCAHAMAM	SULUSARAY	İKİZDERE	
EZİNE	AHMETLİ	AYAŞ	GÖZLEK	AYDIN	
GÜRPINAR	SALİHLİ	HAYMANA	KOZAKLI	GERMENCİK	
AYVACIK	ALAŞEHİR	ÇAVUNDUR	BOĞAZLIYAN	ALANGÜLLÜ	
TUZLA	KÜTAHYA	AFYON	SORGUN	DAVUTLAR	
KALKIM	EMET	BOLVADİN	SARIKAYA	ORTAKLAR	
	SİMAV	GAZLIGÖL	YERKÖY	SÖKE	

3.2. Potansiyel

Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiyede toplam 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı vardır. Bilinen jeotermal alanların %95'i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına uygundur. Türkiye'de az sayıda da olsa yüksek entalpili jeotermal alanlar da keşfedilmiştir. Ancak ülkemizde jeotermale dayalı elektrik üretimi düşük seviyede kalmıştır. Halen 20.4 MWe brüt kurulu güce sahip Denizli-Kızılderne santrali günümüzde net 12 MWe elektrik üretmektedir. Aydın-Germencik'te (232 °C) ise aşamalı olarak yaklaşık 150 MWe gücüne ulaşacak portable üniteler için Yap-İşlet-Devret modeline göre işlemler sürdürülmektedir. Balneolojik amaçlı kullanımlar için sıcaklık alt sınırı 20 °C olarak kabul edilmekte olup 600 kaynak grubuyla ülkemiz Avrupa'da birinci sırayı almaktadır. Sadece kaynakların boşalimleri değerlendirildiğinde potansiyel 600 MWt civarındadır. MTA Genel Müdürlüğü'nün 35 yıllık süre içerisinde açtığı toplam 120.000 m derinliğindeki 305 adet jeotermal amaçlı sondaj ile bu potansiyele yaklaşık 2000 MWt katkı sağlanmıştır. Böylelikle, Türkiye'nin ispatlanmış termal kapasitesi (kuyu+kaynak) 2600 MWt civarına ulaşmıştır. Muhtemel jeotermal potansiyelimiz ise 31.500 MWt'dir (5.000.000 konut eşdeğeri). Bu da Türkiye'deki konutların en az

% 30'unun jeotermal kaynaklarla ısıtılacağı anlamına gelmektedir. Bu da 30 Milyar m³ doğalgaz eşdeğeridir.

3.3. Tüketim

Türkiye'de jeotermal enerji elektrik üretiminde, ısıtmacılıkta, kimyasal madde üretimi (sıvı karbondioksit) ve deri işlemesine kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

Bugüne kadar başlıca tüketim alanı ısıtmacılık (konut, sera) ve sağlık turizmi olmuştur. Türkiye'deki jeotermal enerji tüketiminin % 94'ü ısıtma amaçlı olmaktadır. En son yapılan uygulamalar da göz önüne alındığında Türkiye'de işletmeye alınmış merkezi ısıtma sistemleri ve termal tesis ısıtmalarının toplam kapasitesi 1999 yılı itibariyle 493 MWt'dir.

3.3.1. Tüketim Miktar ve Değerleri

Ülkemizde jeotermal enerji yukarıda söz edildiği gibi elektrik üretimi, ısıtmacılık, CO₂ üretimi ve sağlık turizmi amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Isıtma amaçlı olarak kullanılan jeotermal kaynak alanlarında kurulmuş olan ısıtma tesislerinin kapasiteleri Ek-2'de verilmiştir.

Ocak 2000'e göre Türkiye'deki jeotermal kullanım kategorileri Tablo-10'da verilmiştir.

Tablo-10: Türkiye'deki mevcut (Ocak 2000) jeotermal kullanım kategorileri

TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT JEOTERMAL KULLANIM KATEGORİLERİ	KAPASİTE
JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMLERİ (ŞEHİR, KONUT, TERMAL TESİS, SERA v.b.)	51.600 KONUT EŞDEĞERİ 493 MWt
KAPLICA KULLANIM	194 KAPLICA 327 MWt
MEVCUT OCAK 2000 HALINE GÖRE TOPLAM DOGRUDAN KULLANIM	820 MWt = YILLIK 104 TRİLYON TL KARŞILIĞI 495 BİN TON* FUEL-OIL
ELEKTRİK ÜRETİMİ	20 MWe
KARBONDİOKSİT ÜRETİMİ	120.000 Ton/yıl

* Isıtmada yük faktörü ort. % 45, balneolojik amaçlı kullanımda ise % 90 alınmıştır.

3.4. Üretim

3.4.1. Üretim Yöntemi ve Teknoloji

Jeotermal enerjinin aranması, üretimi ve kullanımıyla ilgili olarak dünyada kullanılan teknolojilerin hemen tamamı Türkiye'de de uygulanmaktadır. Özellikle jeotermal enerjinin aranması ve üretimi konularında teknolojik bakımdan herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Sondajlarda uygulanan bazı teknolojiler henüz kullanılmamaktadır (Örneğin; directional drilling gibi).

Gelişen jeotermal teknolojisi kendisinin işletme problemlerini artık çözmüştür. Kabuklaşma ve korozyon gibi jeotermal işletme problemleri sorun olmaktan çıkmış ve jeotermal değerlendirme hız kazanmıştır.

3.4.2. Ürün Standartları

Ürün standartları ile ilgili bilgiler 2.3.2.'de açıklanmıştır.

3.4.3. Mevcut Kapasiteler ve Kullanım Oranları

Bölüm 3.3.1'de konuyla ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir.

3.4.4. Üretim Miktar ve Değerleri

Ülkemizde jeotermal enerjiden elektrik üreten bir tek santral vardır ve kurulu gücü 20 MWe olup üretim değerleri Tablo-11'de verilmiştir:

Tablo-11: Sarayköy jeotermal santrali yıllık üretim değerleri

YILLAR	ÜRETİM(kWh)	ORTALAMA ÜRETİM(MW)
1984	22.169.400	6.065
1985	5.950.300	4.426
1986	43.539.300	5.948
1987	57.874.900	6.870
1988	68.396.300	10.741
1989	62.645.400	8.248
1990	80.112.200	9.873
1991	81.307.400	10.226
1992	69.598.800	9.807
1993	77.596.800	9.811
1994	79.110.500	11.156
1995	85.993.100	10.590
1996	83.688.800	10.312
1997	82.744.800	10182
1998	85.056.400	9.855
1999	79.000.000	9.486

Kaynak: TEAŞ, Sarayköy Jeotermal Santrali yıllık faaliyet raporu, 1999

3.4.5. Birim Üretim Girdileri

Jeotermal Enerji Araştırma Maliyetleri;

Jeotermal enerji araştırmalarında uygulanan jeoloji, jeofizik etüt ve sondajlı çalışmaların maliyetleri, sahalarda yapılan sondaj sayısı ve derinliklerine bağlı olarak 1 Milyon - 4 Milyon USD arasında değişmektedir.

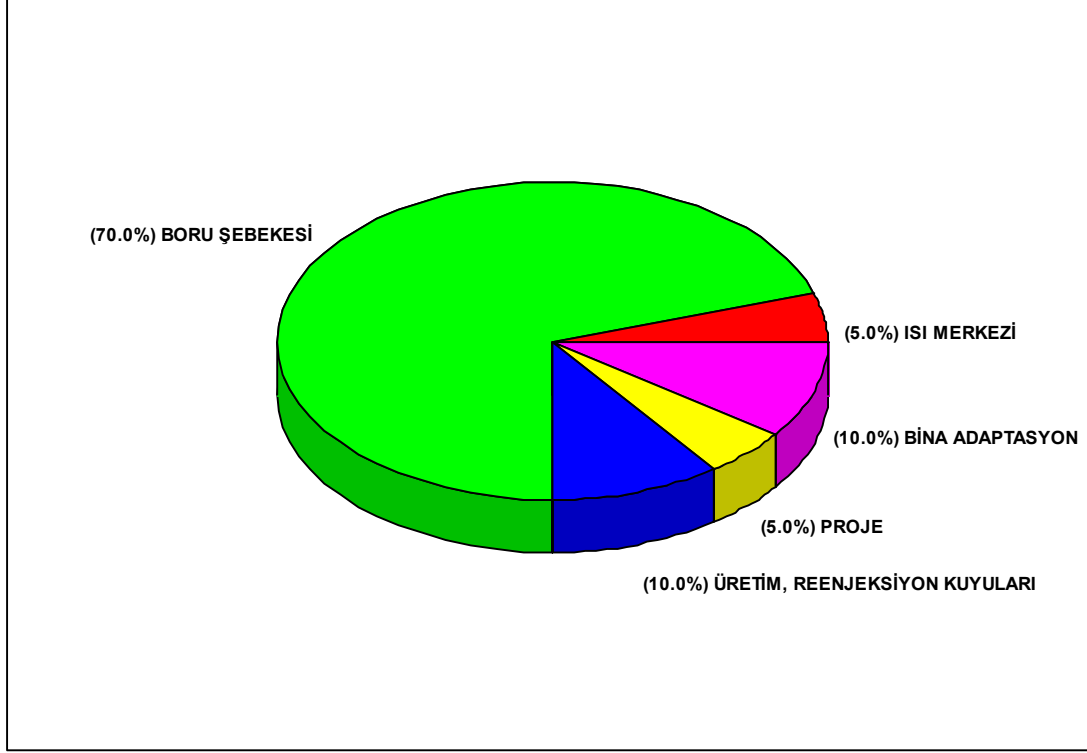
Jeotermal Isıtma Maliyetleri;

Bir jeotermal merkezi ısıtma sistem maliyetinin yaklaşık % 60'ını borular oluşturmaktadır. Bu borular, kuyu başından jeotermal akışkanın alınıp jeotermal merkeze getirilmesi ve jeotermal akışkanın enerjisinin temiz suya aktarılmasından sonra jeotermal akışkanın reenjeksiyon için taşınması ve temiz şebeke sirkülasyon suyunun evlere gönderilmesi sırasında kullanılmaktadır. Toplam boru maliyetinin yaklaşık % 20'si montaj+fittings bedeli olarak alınmaktadır.

Ayrıca, boru hatlarının döşeneceği yerlere şebeke yapılması sırasında, kazı yapılması birtakım inşaat işleri maliyetini beraberinde getirmektedir.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemini oluşturan unsurlardan birisi de jeotermal ana merkez ısıtma eşanjörüdür. Üretim, reenjeksiyon ve sirkülasyon pompaları jeotermal merkezi ısıtma sistemini oluşturan diğer elemanlardır.

Balçova jeotermal merkezi ısıtma sistemi örneğinden de görülebileceği gibi 10.000 konut kapasiteli bir jeotermal merkezi ısıtma sisteminde işletme giderleri toplam gelirin %21'i kadardır. Ayrıca, jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırım oranları şekil 11'de gösterilmektedir.



Şekil 11: Jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırım oranları

Tablo-12: 7 Ocak 2000 rakamlarına göre Türkiye'de konut ısıtma maliyetleri

YAKIT	TL/1000 Kcal	TL/KWh
DOGAL GAZ (Ankara)	17.431	14.990
KALORİFER YAKITI (İstanbul)	25.477	21.990
MOTORİN (İstanbul)	46.195	39.727,7
ELEKTRİK (İstanbul)	48.842	42.004
İTHAL KÖMÜR (Ankara)	21.078	18.127
LPG 12 kg (İstanbul)	35.985	30.947
JEOTERMAL	8430-9700	7250-8400

Kaynak : ORME Jeotermal A.Ş., Ucuz Isınma, Temiz Hava için; Jeotermal Merkezi Isıtmanın, Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi, Ocak 2000.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin konut eşdeğeri (100 m²) başına genel toplam maliyeti 1500-2500 USD arasında değişim göstermektedir. Konutların ödediği jeotermal dönüşüm gideri ise daire başına 100 USD civarındadır. Ocak 2000'de Balçova ve Sandıklı jeotermal merkezi ısıtma sisteminde konutların ısıtma ve sıcaksu için ödedikleri miktar bir yıl sabit olmak üzere ayda 9.000.000 TL, Simav'da ise 13.000.000 TL'sidir.

Jeotermal elektrik santrallerinde toplam maliyetin yaklaşık % 70'ini santral kurma maliyeti, %30'unu ise kuyu maliyeti oluşturmaktadır.

Jeotermal santralin ilk yatırım maliyeti termik santrale göre yaklaşık %40 pahalı olmasına rağmen, elektrik üretim maliyeti jeotermal santralde 1,54 cent/kWh, termik santralde ise 2,44 cent/kWh'dir.

Tablo-13: Jeotermal ve Termik Santral Maliyet Mukayesesi

	SARAYKÖY JEOTERMAL SANTRALI Cent/KWh	TERMİK SANTRAL Cent/KWh
Birim yakıt maliyeti	0,4	1,4769
Birim direkt işletme gideri	0,1333	0,1542
Birim-bakım onarım gideri	0,2333	0,2571
Birim yatırım bedeli maliyeti	0,7782	0,5558
TOPLAM	1,5449	2,4440

Kaynak : TEAŞ ve Şakir Şimşek, Ocak 2000

3.5. Dış Ticaret

3.5.1. Gümrük Vergileri ve Teşvikler

Jeotermal enerji yatırımlarında kullanılan teşvikler sırasıyla şöyledir:

- Yerli ve ithal (Yerli ve yurt içinden temin edilen ithal malzeme) malzemede KDV istisnası,
- % 100 yatırım indirimi,
- Gümrük muafiyeti (Uzakdoğu, ABD ve benzeri ülkelerden gelen malzemeler dahil),
- Vergi, resim ve harç istisnası,
- İthalatta %5 fon muafiyeti,
- Fondan kredi tahsisi,
- Arsa tahsisi,
- Elektrik enerjisi teşviki (Jeotermal işletmeler temiz enerji yatırımı olup elektrik tarifesinin düşük tutulması gerekir. Bu sayede işletme maliyeti düşecek ve böylelikle işletme desteklenmiş olacaktır),
- Gelişmiş yörelerde teşvik uygulama (Çevreyi korumaya yönelik altyapı, YID, AR-GE vb. yatırımlarda),
- Valilik ve Belediyelerin jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımlarında halkın %50 maddi katkısı dışında kalan kısmı için Devletin kredi teminatını vermesi

3.5.2. Fiyatlar

İthalatta ve ihracatta jeotermal enerjinin ürünleri olarak elektrik enerjisi ve jeotermal enerji ile ısıtma yapılan seraların ürünleri, jeotermal akışkanlardan elde edilen kimyasal maddeler olabilir.

Elektrik'in şebekeye satış bedeli : 4 cent/kWh

Isı Üretimi : 1,3 – 1,5 cent/kWh,

Sıvı CO₂ fabrika çıkış fiyatı : 250 USD/ton

3.6. İstihdam

Jeotermal elektrik üretiminde ve konut ısıtmasında önemli istihdam yaratmaktadır, Ancak, seracılık ve termal turizm uygulamalarında istihdam değeri daha da yüksek görünmektedir.

3.7. Jeotermal Enerji ve Çevre

Bugün jeotermal enerji kullanımı sonucunda, fosil yakıtlarının tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atmosfere atımından dolayı meydana gelen zararlı etkiler azaltılmıştır.

Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal santrallerde CO₂, NO_x, SO_x atımı çok daha düşük olup, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır.

Yeni kuşak modern jeotermal santrallerinde (Binary Cycle Sistem), yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemleri tarafından dışarı hiç bir şey atılmaz. Eski tip jeotermal santraller, üretilen her MWh elektrik için en fazla 0,136 kg karbonu dışarı verirler. Bu değer konvansiyonel sistemlerle kıyaslandığında, doğalgaz ile çalışan bir santral için 128 kg/MWh, 6 nolu fuel-oil ile çalışan bir santral için 190 kg/MWh ve kömür ile çalışan bir santral içinse 226 kg/MWh 'tır (Goddard ve diğ., 1989).

Eski tip jeotermal santraller, fosil yakıtları ile çalışanların sadece %1'i kadar kükürt atarlar. Ayrıca azot-oksit atışı da fosil yakıtlı santrallere göre çok daha düşüktür.

Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atımı, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu da, kömür ve petrol yakan santrallerinkinden 1000 kat daha azdır (Goddard ve diğ., 1989).

Netice olarak yeni kuşak Binary jeotermal elektrik santralleri ile jeotermal merkezi

Isıtma sistemlerinde hiç bir atım yoktur. Yani tüm istenmeyenler sıfır olup, bu enerji çevre dostudur.

ABD ve Avrupa 'da birçok yerleşim bölgelerinde fuel-oil, kömür beslemeli merkezi şehir ısıtma sistemleri vardır. Bunlar hava kirliliğini önleyen ve buna ilaveten yakıt ekonomisi sağlayan alt yapı tesisleridir. Bu merkezi ısıtma sistemleri ucuz bir ısı kaynağı olan jeotermal enerjiye dayalı hale getirildiği takdirde, ülke ekonomisi önemli artı değerler kazanacak, bunun yanında çevreye olumlu katkılar sağlanacaktır.

Türkiye'de, şu anda, Gönen, Simav, Kırşehir, Kızılcahamam, Afyon, İzmir (Balçova + Narlıdere), Sandıklı, Kozaklı ve Diyarın jeotermal merkezi şehir ısıtma sistemleri bulunmaktadır. Buralardaki konutlar ve binalar jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Türkiye, jeotermal enerji (ısıtma amaçlı) potansiyeli olarak, Dünyada önde gelen ülkeler arasına girmektedir.

Jeotermal enerji yeni ve yenilenebilen bir enerji türü olup, Türkiye potansiyelinin yaklaşık % 95'i ısıtmaya uygun jeotermal sahalardan oluşmaktadır.

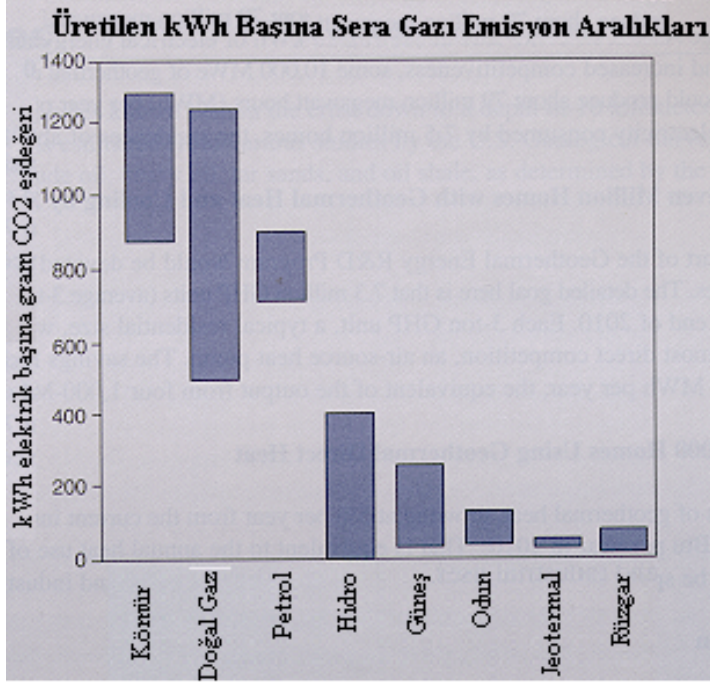
Gelişen teknolojiye ve duyulan ihtiyaca göre atık su içindeki bazı kimyasal maddeler üretilerek, akışkan bu yönden zararsız hale getirilebilmektedir. Ayrıca, dinlendirme havuzlarında bekletilerek bazı bileşenler havuzlarda çöktürülmekte ve su arındırılmaktadır. Denize yakın bazı jeotermal alanlarda, akışkan kimyasal yönden deniz suyu karakterindedir ve atık suyun denize gönderilmesi bir problem yaratmayacaktır. Atık suların tekrar yeraltına reenjeksiyonu hem çevre hem de rezervuar parametrelerinin korunması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle birçok jeotermal alanda bu yöntem kullanılmaktadır.

Sıcaklık ve gürültü, jeotermal sahaların genellikle yerleşim alanlarından uzakta olmaları nedeniyle, bu konuda büyük problemler yaratmamaktadır.

Jeotermal Santrallarda;

- Yakıt yakılmadığından, azot emisyonu oluşmamaktadır, sülfür dioksit emisyonu ise çok düşüktür;
- Binary jeotermal santrallar sayesinde gaz emisyonu hiç bulunmamaktadır;
- Binary jeotermal santrallar ile yüzeye akışkan atılmamaktadır;
- Santrallar az alan kaplamakta ve görüntüyü bozmamaktadır.

A.B.D. Enerji Bakanlığı'nın verilerine (1998, Jeotermal Enerji Stratejileri ve Hedefleri) göre sera etkisi yaratan karbondoksit emisyonunun jeotermalde sifıra yakın olduğu ve diğer fosil ve alternatif enerji kaynaklarında ise çok daha fazla olduğu saptanmıştır. Örneğin bu değer kömür'de 850 - 1300 g/KWh, Doğal gaz'da 500- 1250 g/KWh, Güneş enerjisinde 20 - 250 g/KWh, Rüzgar enerjisinde 20-50 g/KWh iken, Jeotermal enerjide 20 - 35 g/KWh'dır (Şekil 12). Modern jeotermal santrallarda ise zararlı emisyon değeri sıfırdır.



Şekil 12 : Üretilen kWh başına sera gazı emisyon miktarları

Türkiye’de jeotermal enerji ile 51.600 konut eşdeğeri ısıtmanın sonucunda yılda ortalama 516.000 ton karbondioksit emisyonu havaya atılmamış olmaktadır. Bu değer aynı zamanda trafikteki 310.000 aracın yarattığı eksoz kirliliğine eşdeğerdir (Ocak ayı için) (Tablo-14).

Tablo-14 : Jeotermal ısıtma sayesinde egsoz emisyonu açısından trafikten men edilmesine eşdeğer araç sayısı

	Konut Eşdeğeri/MWt	Egsoz emisyonu açısından trafikten men edilmesine eşdeğer araç sayısı
2000	51.600, 493 MWt	310.000
2010	540.455, 3765 MWt	3,2 Milyon
2020	765.465, 6365 MWt	4,6 Milyon

4. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Yedinci Plan Dönemindeki Gelişmeler

7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Döneminde jeotermal kaynakların araştırılması ve uygulamaya yönelik değerlendirmeler aşağıda verilmiştir:

Şu anda Türkiye’de jeotermal ısıtma kapasitesi olan 493 MWt’in; yaklaşık 100 MWt’lik bölümünü sera ısıtması, 60 MWt civarındaki bölümünü termal tesis ısıtması ve geri kalanını da şehir – konut ısıtması oluşturmaktadır. Ayrıca, 327 MWt kapasitede jeotermal kaplıca (tedavi) amaçlı kullanım vardır.

Elektrik üretimine yönelik 20 MWe’lik Denizli-Kızıldere sahası dışında Aydın-Germencik sahasında fizibilite çalışmaları yapılmış, bu sahada elektrik üretimine dayalı santral kurulabileceği belirlenmiştir. Birkaç yıl içerisinde 25 MWe’lik kapasite ile üretime alınması beklenmektedir.

Jeotermal kaynaklardan kimyasal madde üretimi ticari anlamda Denizli-Kızıldere’de yılda 120.000 ton kapasiteli olarak kurulan CO₂ fabrikasında gerçekleştirilmektedir.

Jeotermal enerjinin en önemli ve yaygın uygulama şeklinin hızla yaygınlaşan konut ısıtmacılığı olabileceği belirlenerek bu alanda araştırma ve uygulamalara hız verilmiştir.

İlk jeotermal ısıtma uygulaması 1964 yılında Gönen Park Oteli’nin ısıtılması ile olmuş, bugün 3400 konut, 56 adet tabakhane ve otellerin ısıtma, tabakhanelerin proses sıcak suyu sistemi 1987’den bu yana başarılı bir şekilde Gönen’de işletilmektedir (32 MWt).

Şu anda Türkiye'nin en büyük jeotermal merkezi ısıtma sistemi olan İzmir (Balçova-Narlidere) jeotermal merkezi ısıtma sistemi 1996'dan bu yana 9600 konut eşdeğeri kapasite (273.369 MWt/yıl) ile faaliyettedir. Konut bağlantıları devam etmektedir.

Kuyuiçi eşanjörünün Türkiye'de 1981 yılında İzmir-Balçova ilk kez uygulaması sonucu Balçova Termal Tesisleri işletilmektedir. Ayrıca, 1994 yılından bu yana Balçova Termal Princess Otel ile birlikte kurulu güç 13,6 MWt'e ulaşmıştır. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastaneleri (1500 konut eşdeğeri) jeotermal ısıtma sistemi mahal ısıtma+kullanım sıcak suyu montajı Şubat 1992'de başlamış ve sistem Kasım 1992'de devreye girmiştir. Sistem kapasitesi bugün 21,7 MWt'dir.

Ayrıca, Kırşehir'de 1800, Simav'da 3200, Kozaklı'da 1000, Sandıklı'da 1600, Kızılcahamam'da 2500, Afyon'da 4000 ve Diyarbakır'da 400 konut eşdeğeri jeotermal merkezi ısıtma yapılmaktadır.

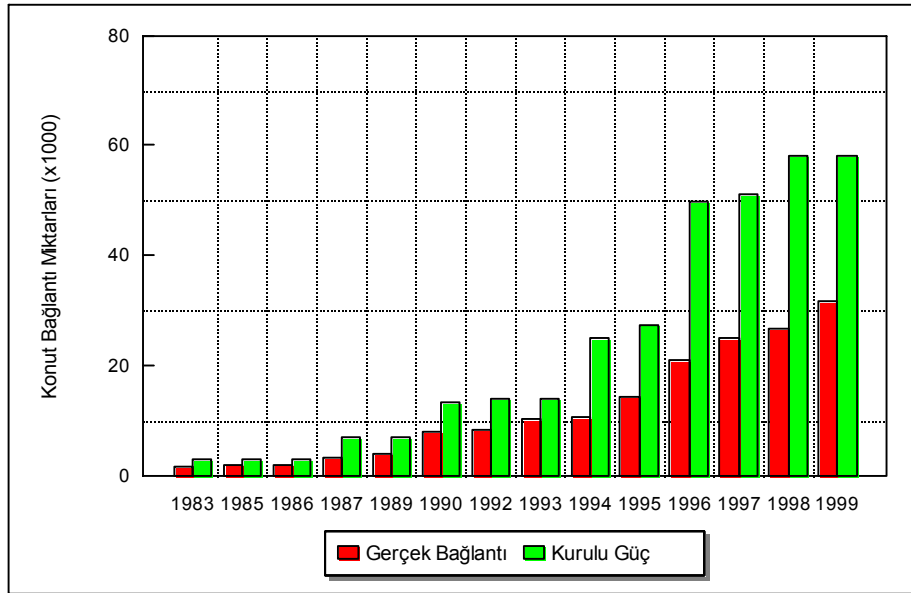
İşletmeye alınmış olan diğer jeotermal ısıtma ve termal su (kaplıca) sistemleri ise Rize – Ayder kür merkezi (55 °C), Haymana'da cami ısıtması (44 °C), Sivas-Sıcak Çermik kaplıcaları (46 °C), Salihli termal tesisleri, Afyon Oruçoğlu Termal Tesisleri (48 °C), Çanakale – Kestanbol Termal Turistik tesisleri v.b.dir.

Jeotermal işletmeciliğin sorunları (kabuklaşma, korozyon) tamamen çözümlenmiştir.

7. Beş Yıllık Plan Döneminde (1995-1999) MTA Genel Müdürlüğü tarafından kendi projeleri kapsamında ve yerel yönetimlere yapmış olduğu toplam derinliği 33967.30 m. olan sondaj ile 543.01 MWt olarak mevcut kapasiteye katkı sağlanmıştır.

Özetle 7. Beş Yıllık Kalkınma Dönemi, jeotermal sahalarda problem yaratan sorunların çözüldüğü, ısıtmacılığa yönelik çalışmaların hızlandığı ve uygulamaların yaygınlaştığı bir dönem olmuştur.

1983 yılından bu yana Türkiye'deki jeotermal merkezi ısıtma uygulamalarındaki konut bağlantı miktarlarındaki yıllık artış oranı ortalama % 23 civarında gerçekleşmiştir (Şekil 13).



Şekil 13 : Türkiye'de jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde konut bağlantı miktar ve oranları.

4.2. Sorunlar ve Çözüm Önerileri

1- Finansman, Yedek Parça ve Makine Donanımı:

Jeotermal enerji aramalarında gerekli etüdüden sonra sahada, gerçek potansiyeli

belirlemek amacıyla sığ ve derin sondajlar yapılmaktadır. Finansman güçlüğü, derin sondaj çalışmalarını büyük ölçüde aksatmaktadır.

2- Yetişmiş Elemanların Devlet Sektöründe Tutulamaması:

Konu üzerinde deneyim kazanmış ve kurslara katılmış elemanlar çeşitli nedenlerle kamu sektöründen ayrılmakta ve bu nedenle zaman zaman uzman kadro sıkıntısı çekilmektedir.

MTA'nın daha fazla araştırmaya yöneltilmesi ve işletmelere ortak olabilmesi sorunun aşılmasını sağlayacak önemli bir faktördür.

3- Kimyasal Sorunlar:

a) Atık Akışkan Sorunu: Sondajlı çalışmalar sonucu üretilen akışkanda zaman zaman kimyasal kirleticilerle karşılaşmaktadır (bor vb.). Ancak bu problem, uygun koşullarda reenjeksiyon yapılarak aşılmaktadır.

b) Kabuklaşma ve Korozyon Sorunu: Kuyu içinde ve tesisatta basıncın yüksek tutulması veya kimyasal inhibitör enjekte edilmesi sonucunda CaCO_3 kabuklaşmasına ekonomik ölçekte engel olunmaktadır.

4- Jeotermal Kaynaklar İle İlgili Yasanın Olmayışı :

Bu konuda en önemli sorun jeotermal enerjinin gelişmesi konusunda yasal boşluğun olmasıdır. Özellikleri nedeniyle halen yürürlükte olan maden, yer altı suları, kaplıcalar

ve madensuları ile ilgili yasalar çerçevesine alınmasında büyük sakıncalar olan bu kaynak için hazırlanmış olan yasa taslağının incelemeleri gerekli komisyonlarda yapılarak biran önce yürürlüğe girmesi, ülkemizde büyük bir potansiyele sahip kaynakların aranması ve kullanılması için büyük yarar sağlayacaktır. Ayrıca, kaynakların gelişigüzel kullanılması ve israfını önleyecektir.

5- Jeotermal Yatırımların Yeterince Destek Görmemesi :

Örneğin ; Almanya'da jeotermal kullanımı teşvik için jeotermalden üretilen 1 KWh'lik ısı devlet tarafından 9 cent'e (USD) satın alınmaktadır. Böyle bir devlet desteğinin Türkiye'de de olması halinde 9 sahadan elektrik üretimi uygun olacaktır. Böylelikle, jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi potansiyelimiz de yaklaşık iki katına çıkacaktır.

4.3. Dünyadaki Durum ve Diğer Ülkelerle Kıyaslama

Ayrıntılı bilgi 2. bölümde verilmektedir.

5. SEKİZİNCİ PLAN DÖNEMİNDE BEKLENEN GELİŞMELER VE ÖNERİLER

5.1.Projeksiyonlar

Yeraltı kaynaklarımızın aranması ile görevlendirilmiş olan MTA Genel Müdürlüğü 1960'li yıllardan beri jeotermal enerji aramaları konusunda prospeksiyon, detay, jeoloji, jeokimya, jeofizik etütler ve sondajlı çalışmalarla, bugünkü gelişmiş teknolojilere uygun araştırmalar yaparak büyük bir bilgi birikimi ve deneyime sahip olmuş ve zaman zaman yurt dışına eleman göndererek yeni gelişmeleri izlemiş ve uluslararası projeler aracılığı ile yeni ve modern ekipmanlar sağlanmıştır.

Halen Hacettepe Üniversitesi tarafından jeotermal kaynakların hidrojeolojik ve balneolojik araştırmaları yapılmaktadır.

Elektrik enerjisi üretimi konusunda ise TEAŞ Genel Müdürlüğü, bir İtalyan firmasına kurduğu santralde elektrik üreterek bu konuda deneyime sahip olmuştur.

Isıtma uygulamaları konusunda özel firmalar olan ORME JEOTERMAL A.Ş. ile DOĞAN JEOTERMAL Ltd. bu konudaki çalışmalarını sürdürmektedirler.

5.1.1. Talep Projeksiyonu

Türkiye'de 8. Beş Yıllık Plan Döneminde ucuz ve yerli kaynaklara talep artacağından Talep ve Üretim projeksiyonu birlikte değerlendirilmiştir (Ek-1).

Elektrik üretim hedeflerine göre 1999'da Denizli-Kızıldere'de 20 MWe olan kurulu gücün 8. Beş Yıllık Plan Dönemi sonunda (2001-2005) Germencik, Tuzla ve diğer sahalardaki üretimle birlikte 185 MWe'e ulaşması Komisyonca beklenmektedir.

Isı üretim hedeflerine göre 2000 yılında 493.44 MWt olan kurulu gücün 2005 yılında 2890 MWt'e ulaşması beklenmektedir. Bu dönemde en önemli üretimin İzmir-Seferihisar, Balçova, Balıkesir-Gönen, Edremit, Kırşehir, Kütahya-Simav, Uşak-Banaz, Dikili, Kızılcıhamam, Tokat-Reşadiye, Manisa-Salihli, Aydın, Denizli-Kızıldere, Sarayköy, İzmir-Aliğa ve diğer sahalardan sağlanması beklenmektedir.

Yukarıda belirtilen gerek elektrik gerekse ısı üretim hedefleri ve talep tahmini hazırlanırken aşağıdaki kriterler göz önüne alınmıştır:

- a- Türkiye'de jeotermal alanların büyük bir bölümünde ön etütlerin tamamlanacağı ve birçok sahada üretime geçilebileceği,
- b- Etüt, arama, geliştirme ve yatırım açısından MTA, Üniversiteler, TEAŞ ve diğer kamu kuruluşları ile özel kuruluşlara gerekli mali desteğin sağlanacağı,
- c- Jeotermal kaynaklarımızın gerek yurt içinde gerekse yurt dışında tanıtılarak uluslararası kuruluşlarla ortak yatırım yapılacağı varsayılmaktadır.

5.1.2.Üretim Hedefleri :

MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1960'lı yıllardan beri yapılan çalışmalarla 1984 yılında Denizli-Kızıldere sahasında TEAŞ tarafından kurulan 20 MWe kapasiteli bir santralde elektrik üretilmektedir. Bu sahanın geliştirilmesi ile 2005 yılında üretimin (Tekkehamam sahası ile) 50 MWe olabileceği tahmin edilmektedir (Tablo-15).

Tablo-15 : Jeotermal Elektrik Üretim Hedefleri Tahmini (MWe)

YER/YIL	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010	2020	2025
Germencik		25	25	25	35	50	100	125	150
Kızıldere	20	20	20	20	30	50	50	50	75
Tuzla				25	25	40	40	40	40
Salavatlı				10	10	15	25	30	40
Simav						5	10	15	15
Seferihisar						5	10	15	20
Salihli						10	25	40	50
Dikili						5	10	15	20
Gölemezli						5	10	15	20
TOPLAM	20	45	45	80	100	185	280	345	430

Kaynak: MTA ve ORME, Ocak 2000

Yeni jeotermal sahaların keşfi, teknoloji gelişimi ve Kızgın Kuru Kayaların da elektrik üretiminde değerlendirilmesi ile jeotermal elektrik üretimi kapasiteleri 2010 yılında 500 MWe, 2020 yılında ise 1000 MWe olarak 1. Enerji Şura'sında olduğu gibi hedeflenmelidir. Bu çerçevede elektrik ve ısı üretim hedeflerini aşağıdaki tabloda olduğu gibi tahmin etmek mümkündür (Tablo-16).

Tablo-16: 2025 Yılına Kadar Olan Üretim Hedefleri Tahmini

YIL	KAPASİTE (MWe)	ELEKTRİK ÜRETİMİ(GWh)	ISI ÜRETİMİ (MWt)	TEP (x1000)* (Isı)
2000	20	90	493	212,427
2001	45	202,5	785	338,246
2002	45	202,5	1187	511,462
2003	80	360	1715	738,971
2004	100	450	2122	914,341
2005	185	832,5	2926	1.260,774
2010	500	2250	3765	1.622,288
2020	1000	4500	6365	2.742,610
2025	1250	5625	8182	3.525,660

*Yük faktörü %45, fuel-oil ısı değeri 9700 Kcal/kg, ortalama verim ise % 80 alınmıştır.

Kaynak: MTA ve ORME, Ocak 2000

Mevcut jeotermal üretim kuyularından üretilebilecek ve ısıtmaya baz oluşturacak kullanılabilir kapasite (ispatlanmış, görünür) Eylül 1999 itibariyle 2028 MWt'dir. Buna 600 MWt dolayında bir değere sahip olan doğal kaynakların kapasiteleri (ispatlanmış, görünür) de ilave edildiğinde 2628 MWt değerine ulaşılmaktadır.

Yukarıda sözü edilen kapasite değerleri (sadece sondajlarla elde edilen 2028 MWt) göz önüne alındığında, jeotermal kapasitenin yıllık kömür eşdeğeri 3.767.212* ton /yıl, petrol eşdeğeri ise 1.506.885** ton/yıl'dır. Bunun bugünün değeri ile (fuel-oil = 210.000 TL/kg) parasal karşılığı ise 316 trilyon TL'dir. 1.506.815** ton/yıl petrol eşdeğerinin % 85'i ısıtmadan ve % 15'i de elektrik üretiminden gelmektedir.

Sondajlardan elde edilen bu kapasiteye kaynaklardan elde edilen kapasite de katılırsa toplam 2628 MWt'in yıllık kömür eşdeğeri 4.881.773 ton*, petrol eşdeğeri 1.952.709 ton/yıl*, parasal karşılığı ise 410 trilyon TL olmaktadır.

2000 yılı itibariyle Türkiye'nin jeotermal doğrudan kullanım (ısıtma, kaplıca v.b. toplam) kapasitesi 820 MWt'dir. Bu değer sağladığı fuel-oil tasarrufu ise yılda 495 bin ton olmaktadır (Yük faktörü %45 alınmıştır). Bunun parasal karşılığı ise yılda 104 trilyon TL olmaktadır (fuel-oil=210.000 TL/kg). Buna çevresel etki değerlendirmedeki katkı payı ve öz kaynak oluşumu da dahil edilirse değer birkaç kat daha artmış olacağı görülür.

*Yük faktörü %100 ve 1 kg kömür 4000 kcal kabul edilmiştir.

**Yük Faktörü %100 ve 1 kg petrol 10000 kcal kabul edilmiştir.

5.1.3. İthalat Hedefleri

Jeotermal santraller ve merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılacak Türkiye'de imalatı olmayan makine ve cihazların ithalatı işletme ve yatırım için 5 yılda 200 Milyon USD'dir ve bu değer 5 yıldaki petrol ikamesi 1 Milyar USD tutmaktadır.

Bunu takip eden 5 yılda ise 10 Milyon USD ithalata karşın 1 Milyar USD petrol ikamesi olacaktır.

5.2. Teknolojik Alanda Beklenen Gelişmeler

Jeotermal uygulamalarda gerekli olan kimyasal madde inhibitörü, plate tip eşanjörler ve epoxy cam elyaf borularının Türkiye'de yapımı 5 yılın sonundaki yatırım ve işletme maliyeti olan 200 Milyon USD' ı 1/4 oranında azaltacaktır.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan frekans konvertörleri sayesinde jeotermal akışkan ve elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmaktadır.

Ayrıca, düşük sıcaklıklarda elektrik üretimi günümüzde Kalina Cycle metodu ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknolojinin ülkemizde de uygulanması 80 °C'lik birçok jeotermal sahada elektrik üretiminin gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.

5.3. Yatırımlar

5.3.1. Muhtemel Yatırım Konuları

Türkiye'de kimyasal madde inhibitörü, Plate tip eşanjör üretimi ve yüksek sıcaklıklarda kullanılacak epoxy cam elyaf boru üretimi gerçekleştirilebilir.

5.4. Sekizinci Plan Dönemine İlişkin Beklentiler

8. Beş Yıllık Kalkınma Planına göre jeotermal enerji potansiyelimizin önemli bir bölümünün devreye girmesi beklenmektedir.

Bu plana göre 2005 yılında 185 MWe gücünde jeotermal elektrik üretimi ve toplam 2890 MWt ısı kullanım kapasitesi hedeflenmelidir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi, ancak, aşağıda sıralanan önerilerin gerçekleşmesi ile mümkün olacaktır:

1) Plan döneminde hedeflerin tümüyle gerçekleştirilebilmesi amacıyla yeni sahaların keşfedilmesi, mevcut sahaların özellik, kapasite ve kullanım olanaklarının belirlenmesine yönelik çalışmalara, M.T.A, üniversiteler ve özel kuruluşların araştırma- geliştirme ve uygulama projelerine devlet desteği sağlanmalıdır.

2) Santral seçiminde yüksek verimli buhar türbini ile verimi yüksek yeni tip binary çevrim sistemlerine öncelik verilmelidir. Isıtmacılıkta uygun teknolojinin kullanılması sağlanmalıdır. Örneğin pompaların işletiminde F.C. (Frekans Konverteri) kullanımı ve değişken debi sistemi tercih edilmelidir.

3) Jeotermal enerji ile ilgili dünyadaki yeni gelişmelerin yakından takibi, ilgili uzmanların bu konularda yeterince bilgi birikiminin geliştirilmesine özen gösterilmeli, deneyim kazanmalarına ve sektörde tutulmalarına destek sağlanmalıdır.

4) Uluslararası kuruluşlarla ortak projeler yapılarak know-how transferi, eğitim, finans ve malzeme sorunlarının aşılması için gerekli destek sağlanmalıdır.

5) Türkiye'de jeotermal enerjinin gelişimini hızlandıracak yasal düzenlemelerin bir an önce yürürlüğe girmesi sağlanmalıdır.

6) Jeotermal alanların kullanım imkanlarının belirlenerek entegre tesisler halinde planlanması ve bu suretle en yüksek faydanın sağlanması teşvik edilmelidir.

7) Jeotermal elektrik üretimine yönelik yatırımlar özendirilmeli, Yap-İşlet-Devret yöntemine jeotermal enerji kullanımı konusunda işlerlik kazandırılmalıdır. Doğrudan kullanımda ise iyi örnekleri mevcut olan halkın yatırıma doğrudan katılması yöntemi özendirilmelidir (Balçova örneği gibi).

8) Isıtma ile ilgili jeotermal kaynaklar özel idare ve belediyelere önemli kazançlar sağlayan bir altyapı ve çevre yatırımı olarak kabul edilmelidir. Yaşam standardını yükseltici birer yatırım olarak da düşünölebileceğinden bu yatırımların öncelikle İl Özel İdare/Belediye veya Belediyeler tarafından yapılması gerekli görölmektedir. Ayrıca bu sektör ile ilgili yatırım ve girişimlerin de İller Bankası tarafından finans yönüyle desteklenmesi gerekmektedir.

9) Uluslararası kuruluşların Türkiye'de yatırım yapmaları özendirilmelidir. Devlet tarafından, MTA, TEAŞ ve yerel yönetimlerin uluslararası kuruluşlar ile jeotermal kaynaklı arama ve işletme amaçlı ortaklık kurabilmesi sağlanmalıdır.

10) Çevre açısından atık su sorununa çözüm seçenekleri son yıllarda geliştiğinden (reenjeksiyon gibi) keşfedilmiş sahaların hızla devreye alınması gerekmektedir.

11) Kabuklaşma ve korozyon gibi sorunlar kimyasal madde enjeksiyonu sayesinde tamamen sorun olmaktan çıkmıştır. Dolayısıyla, jeotermal sahaların biran önce devreye alınması yolunda yatırımların hızlandırılması sağlanmalıdır.

12) Jeotermal enerji maliyetinin gerek elektrik üretimi ve gerekse ısıtıcılıkta alternatif kaynaklara göre oldukça düşük olması nedeniyle jeotermal kaynakların bulunduğu yörelerde öncelikli enerji kaynağı olarak devreye alınması, bu yörelere ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlayacaktır.

13) Mümkün olan yerlerde jeotermal ev ısıtması yapılmasına öncelik verilmelidir. Doğalgaz ise elektrik üretiminde ve sanayide kullanılmalıdır. Türkiye’de, doğalgaza verilen önem jeotermale de verildiği takdirde Türkiye’nin %30’u jeotermal kaynak ile üçte bir oranında daha az maliyet ile ve çevre dostu olan bu kendi doğal kaynağımızla ısıtılmış olacaktır.

Yapılan değerlendirmelerden, gerek jeotermal elektrik üretiminin gerek jeotermal ısıtmanın maliyetinin ucuz olması ve çevre sorunu yaratmaması nedenleriyle jeotermal kaynaklar bulunduğu yörelerde öncelikli enerji kaynağı olarak kullanılmalıdır.

Sonuç olarak;

Ucuz, ekonomik ve temiz enerji sağlayan jeotermal kaynakların öncelikli olarak devreye alınması bu yörelere ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlayacaktır.

6.POLİTİKA ÖNERİLERİ

Türkiye’de 1960’lı yıllardan başlayan jeotermal enerji aramaları sonunda, birçok jeotermal alan keşfedilmiş ve elektrik üretimi, ısıtıcılık (şehir, konut, termal tesis,

sera v.b.), kimyasal madde üretimi ile sağlık ve turizm amacıyla tek ve entegre jeotermal projeleri gerçekleştirilmiştir.

Fosil yakıtlara dayalı enerji üretimine oranla daha ucuz, yenilenebilir, temiz ve yerli enerji kaynağı olması nedeniyle jeotermal kaynakların araştırılması ve geliştirilmesine öncelik verilmeli, bu sektörde yatırımlar özendirilmelidir.

Türkiye’de 40 °C’nin üzerinde kaynak sıcaklığı bulunan 170 jeotermal sahadan 5 tanesinin ekonomik olarak elektrik üretimine uygun olduğu, teknoloji gelişimi ve gerekli destek sağlandığı takdirde bu rakamın 9’a ulaşacağı belirlenmiştir. Bu sahaların elektrik üretimi ve entegre kullanımı ile yukarıda sözü edilen 170 sahanın termal kullanıma yönelik geliştirilmesine hız verilmelidir.

Bugün İzmir’de ve Kızılcahamam’da 1 yıl sabit kalmak üzere ayda 9 Milyon TL’ye jeotermal ısıtma yapılmakta ve sıcaksu sağlanmaktadır. Doğalgazın 1/3-1/4’ine halka ısı satışı yapılan bu jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin yatırımı (100 m²) konut başına 1500 ile 2500 USD arasında olurken, doğalgazlı ısıtma için aynı bazda bakıldığında, Rusya’dan gazın getirilmesi, şehirde gazın dağıtılması, vatandaşın onu alarak evindeki tesisatı doğalgaza göre dönüşüm yapmasının global tutarı 2500 USD olmaktadır.

Ülkemizde mevcut jeotermal sahalardan elektrik üretimi TEAŞ, ısıtma uygulamaları İl Özel İdaresi ve Belediyeler ve özel kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. Sahaların keşfi ve geliştirilmesi amacıyla yatırımlar ve riskler bu kuruluşlar tarafından karşılanmaktadır. Jeotermal sahalarda arama faaliyetleri bir altyapı çalışması niteliğindedir. Bu nedenle, jeotermal sahaların potansiyellerinin belirlenmesi ve yeni

sahaların keşfedilmesine olanak sağlamak üzere MTA'ya, Üniversitelere ve diğer araştırmacı kuruluşlara yeterli kaynak sağlanmalıdır.

Halen Türkiye'nin 1/10'u oranında potansiyeli bulunan Romanya'da bile açılan kuyu sayısı 1000'in üzerindedir. Türkiye'de ise 305'i MTA tarafından açılmış olmak üzere yaklaşık 400 jeotermal kuyu bulunmaktadır. Bu kuyu sayısı Türkiye'nin jeotermal potansiyeline oranla çok yetersiz düzeyde kalmaktadır.

Türkiye'de açılan kuyulardan %65'i Valilikler ve Belediyeler tarafından finanse edilmiştir.

Jeotermal enerji kaynağı olarak konut ısıtma teorik potansiyeli 5.000.000 konut eşdeğeri (31.500 MWt) olmasına rağmen, bugünün teknik ve ekonomik kullanılabilirlik ve enerjii tüketecek mevcut talep ve pazar büyüklüğü yönünden ısıtılacak konut kapasitesi yaklaşık 500.000 konuttur.

2010 yılı hedefi olan 540.455 konutun ısıtılması sayesinde yılda 1 Milyar m³ daha az doğalgaz, 2020 yılında ise yılda 2.5 Milyar m³ daha az doğalgaz tüketilmiş olacaktır. 540.455 konutun jeotermalle ısıtılmasının 1 Milyar m³'e eşdeğer olmasının yanında yaz aylarında değerlendirme açısından baktığımızda, merkezi soğutma, kurutmacılık ve endüstriyel kullanımı olarak 1 Milyar m³ doğalgaz eşdeğeri daha enerji kullanımı söz konusu olacaktır. Yani 2010 yılı hedefi olarak kabul edilen 540.455 konutun jeotermalle ısıtılması sisteminin ısı eşdeğeri yılda 2 Milyar m³ doğalgaz olacaktır. 2020 yılı hedefi olan 765.465 konut ile yılda 3 Milyar m³ doğalgaz tasarrufunun sağlanması mümkün olacaktır.

Türkiye'nin jeotermal muhtemel ısı potansiyeli olan 31.500 MWt'in karşılığı 5 Milyon konut ısıtmasıdır. Bu da yılda 30 Milyar m³ doğalgaz eşdeğeridir.

Jeotermal enerji yatırımlarının ucuz özellikli kredilerden yararlandırılması büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'nin tüm jeotermal potansiyelinin (31.500 MWt) değerlendirilmesi halinde (şehir ısıtma, elektrik üretimi, soğutma, sera ısıtma, termal tesis ısıtma, balneolojik kullanım, sanayide kullanım v.b. dahil) getireceği yıllık net yurtiçi katma değer çok büyük rakamlara ulaşmaktadır.

Türkiye'de jeotermal kaynakların değerlendirilmesinde mevcut yasalara göre elektrik dışındaki sahalar fiilen Özel İdareler ve Belediyelerin kullanımındadır. Merkezi şehir ısıtma sistemleri ve kaplıca tesisleri gibi yatırımlar Özel İdareler ve Belediyelere önemli bir gelir kaynağı olmuş, bunun yanında da halkın yaşam standardını yükselten bir altyapı ve çevre yatırımı haline gelmişlerdir. Ayrıca, kaplıca tesislerini yapıp, işletmesini Özel Sektöre veren veya kendisi işleten Belediyeler önemli bir gelir kaynağı elde etmişler ve bunun yanında da önemli bir istihdam imkanı yaratmışlardır. Ayrıca, bu kaplıca tesisleri zamanla Belediyelerin sahipliğinde özel sektör işletmesi haline gelmiş olup bugün için Özel İdarelerin ve Belediyelerin jeotermal alan kullanımında özel sektörün yatırımları haline dönüşmüştür.

Türkiye jeotermal kaynakları sınırsız yatak kapasitesi sağlamaktadır. Bunun karşılığında öne çıkan pazar ve yatırım kriterleri doğrultusunda yerli ve yabancı özel sektörün bu konuya özendirilmesi gerekmektedir. Bu yatırımların Özel İdare/Belediye veya Belediyeler tarafından yapılması zorunludur. Çünkü; jeotermal alan kullanım hakkı İl Özel İdarelerine aittir, şehiriçi dağıtım hatları, boru hatlarının gideceği

güzergah altyapı yatırımı olarak Belediyeler açısından önem kazanmıştır, Belediye yetki alanları dışında kalan il sınırları içinde enerji taşıma hatlarının geçeceği güzergah İl Özel İdarelerince koordine edilebilir.

Türkiye’de jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımının yaklaşık %50’si vatandaş tarafından karşılanır hale gelmiştir. Bu karşılama 1250 USD v.b katılım ücretlerinin dolar taksitleri şeklinde ödenmesi ve vatandaş tarafından 2 yıllık ısıtma parasının peşin ödenip, 3 yıl ücretsiz ısıtma avantajı sağlanması, bu yatırımların kendi finansmanını kendi yaratması modelleri Türkiye’de yerleşmiştir.

Jeotermal yatırımlar modelinin şu şekilde olması önerilmektedir :

Birinci yöntem: Yerinden yönetim ilkesinin ve yerel yönetimin güçlendirilmesi amacı ile elektrik üretimi dışında kalan tüm jeotermal sahaların her türlü tasarrufunun İl Özel İdare ve Belediyelerin olması öngörülmektedir. Bu amaçla jeotermal merkezi ısıtma yatırımları, yani Belediyeler %10 özkaynak koyarak %50’sini vatandaş katkısıyla, geriye kalanını da iç ve dış kredilerle bu yatırımı yapar hale gelmişlerdir. Bunun içindir ki bu yatırımların organizasyonu için Özel İdare/Belediye veya Belediye Şirketi kurulmalıdır. Bu şirketin yöneticisi Vali veya Belediye Başkanı, Bayındırlık Müdürlüğü ise bu şirketlerin teknik müşaviri olacak şekilde, Bayındırlık Usul ve Kuralları, Devletin usul ve kuralları geçerli olmak üzere tesis edilmesi, bu şirketlerin vatandaştan para toplaması, ön kayıt ile para alması, bunları taksitlendirmesi ve bu topladıkları parayı değerlendirmesi, teşvik alması kendi imkanları ile yatırımın gerçekleştirilmesidir. Bu uygulamalar yürürlükteki yasal mevzuat ile de uyumludur.

İkinci yöntem ise; Özel İdare/Belediye veya Belediye şirketinin teknik ve ekonomik olarak yetersiz kalması halinde, yatırımların onayının DPT’den geçmesi lüzumludur.

Önerilen projenin teknik şartname, teknik müşavirlik, proje ve finansman yönünden İller Bankasınca desteklenmesi gerekmektedir. Bu hizmetlerin İller Bankası tarafından yapılması halinde Özel İdare/Belediye veya Belediyelerin iç ve dış kredi temin etmeleri yollarını denemeleri ve halktan toplanan parayı yatırımda öz kaynak payı olarak kullanmaları söz konusudur. İller Bankası'nın yapacağı borçlandırma payı bu adı geçen Özel İdare/Belediye veya Belediye şirketi tarafından Belediye ve/veya Özel İdare kanalıyla İller Bankasına ödenebilecektir.

Jeotermal ön aramalar MTA ve özel sektörün devlet tarafından desteklenmesi ile uygulanmalıdır.

Jeotermal elektrik üretimi hemen, şehir ısıtma yatırımları uzun vadede yap, işlet, devret kapsamında düşünülmelidir.

Jeotermal elektrik üretimi konusunda yetişmiş eleman açığı hızla kapatılmalıdır.

Rezervuar parametrelerinin korunması ve çevreye jeotermal akışkanın atılmaması için reenjeksiyon mutlaka yapılmalıdır.

Mevcutların dışında diğer bazı üniversitelere de jeotermal eğitim programı konulmalıdır.

Almanya jeotermal kullanımı teşvik için 1 KWh'lik ısıyı 9 cent'e (USD) satın almaktadır. Böyle bir devlet desteğinin Türkiye'de de olması halinde 9 sahadan elektrik üretimi mümkün olacaktır. Böylelikle, jeotermal enerjiden elektrik üretimi kapasitesi de yaklaşık iki katına çıkacaktır.

Jeotermal sahalarda yapılacak değerlendirme yatırımları için, sahanın potansiyelini belirlemeye yönelik ön fizibilite çalışmaları tamamlanmalıdır. Bu kapsamda yerbilimleri çalışmaları ve yeterli sayıda sondaj ile potansiyel belirlemeye yönelik testler yapılmalıdır. Bu çalışmalar gerçekleştirilmeden uygulama projelerinden olumsuz sonuç alınmakta ve sektörün gelişimi engellenmektedir. Bu olumsuzluğu giderebilmek ve ülke boyutunda çok yaygın ve çevre dostu olan bu enerji kaynağını bir disiplin altında uygulamaya sokabilmek için konu ile ilgili yasal düzenlemelerin devreye sokulması artık zorunlu hale gelmiştir.

Büyük bir bilgi birikimine sahip MTA Genel Müdürlüğü bünyesinde, bu araştırmaların ilk aşamada ayrı bir Daire Başkanlığı tarafından (çok disiplinli bir çalışma gerektirmesi ve ülke potansiyelinin büyük olması nedeniyle) eğitim de dahil olmak üzere yürütülmesi, kaynağın optimum kullanılması açısından yararlı olacaktır. Ayrıca, zaman içerisinde bu birimin TKİ, TPAO ve DSİ gibi bir Genel Müdürlük düzeyine getirilmesi, gelecekte artan oranda kullanılacak yenilenebilir enerji kaynakları içinde yer alan jeotermal enerji için gerekli görülmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Aumento, F. & Antonelli, G. Generation of Electrical Energy from Low Temperature Geothermal Sources in Rural Areas. FAO/CNRE Technical Consultation on Geothermal Energy an Industrial Thermal Effluents, 1985, Rome.
- Amerika Birleşik Devletleri, Jeotermal Enerji Stratejik Hedefleri ve Planı, A.B.D 1999
- Barbier, E. The Status of The World Geothermal Development. Direct Utilization of Geothermal Energy, Proceedings , Oregon 1999
- Cataldi, R., Sammaruga, WEC 86 and Geothermics, 1986.
- Dickson, H. Mary, Fanelli, M., Applications of Geothermal Energy. Geothermal Energy, Technology, Ecology Course Text-Book and Guideline, 1993, International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy, Macedonia.
- Dickson, M. H., Fanelli, M., Geothermal R & D in Developing Countries, 1988.
- Edward, L.M., Chilingar, G.V., Rieke III, H.H. and Ferti W.H. Handbook of Geothermal Energy. Gulf Publishing Company, Book Division, 1982, USA.
- Freeston, D., H. Direct Uses of Geothermal Energy in 1990, Geothermal Resources Council Bulletin, vol. 19, 1990, USA.
- Geothermal Resources Council Bulletin, September 1993, USA.
- Fridleifsson, I., B., Dünya Enerji Kongresi, Teksas Eylül 1998
- Lindal, B., Industrial and other Applications of Geothermal Energy, Armstead, H. C. H, Geothermal Energy, UNESCO, 1973, Paris.
- MTA Jeotermal Enerji Raporları
- Koçak, A., Jeotermal Sistemler ve Hidrolojik Modelleme. Ulusal 1. Hidrojeoloji Sempozyumu, A.Ü.F.F. Jeoloji Müh. Bölümü, 1988.
- Koçak, A., Türkiye'de Jeotermal enerji Potansiyeli ve Kullanımı, Türkiye 6. Enerji Kongresi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 1994, İzmir.

- Koçak, A., Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Uygulamaları, Türkiye 8. Enerji Kongresi, , Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2000, Ankara (Yayımda).
- Mertoğlu, O., Mertoğlu, F., M., Jeotermal Isıtma Sistemleri, Dizayn Kriterleri ve Uygulamalar. TMMOB 1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Nisan 1993, İzmir.
- Mertoğlu, O., Mertoğlu, F., M., Geothermal District Heating Applications in Turkey. Geothermal Energy for Greenhouses and Aquaculture in Central and East European Countries, EC "Let's Go East" Project, 1993, Macedonia.
- Mertoğlu, O., Mertoğlu, F., M., Başarır, N., H., Direct Use of Heating Applications in Turkey. Utilities and Geothermal: An Emerging Partnership, Geothermal Resources Council Transactions, vol. 17, p. 19-22, 1993, San Francisco.
- Robertson Research Int. Ltd., Geothermal Division Brochure, 1988.
- Steam Press, The Journal for Geothermal Education, Geothermal Education Office, Spring 1993, USA.
- Şimşek, Ş., Importance of Geothermal Energy in Turkey. International Mediterranean Congress on Solar and Other New-Renewable Energy Resources, 1988, Antalya, Türkiye.
- United Nations Energy Series, Economics of High and Low Enthalpy Geothermal Resources. Department of Technical Cooperation For Development, TCD/DNRE/E. 9. New York, USA.
- ORME Jeotermal A.Ş., Ucuz ısıtma, Temiz Hava için; Jeotermal Merkezi ısıtmanın, Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi, Ocak 2000
- 2. İstanbul Uluslararası Sürdürülebilir Enerji Toplantısı, CNR, 18-21 Kasım 1999
- 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Jeotermal Enerji Çalışma Raporu, 1996, Ankara.
- Geothermal Education Office, Steam Press Journal, 1993
- TEAŞ, Sarayköy Jeotermal Santrali yıllık faaliyet raporu, 1999