

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

85065

TÜRKİYE'DE ÇEVRE DOSTU JEOTERMAL ENERJİDEN
ISITMADA YARARLANMANIN AVANTAJLARI VE
UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Makine Mühendisi Şevket Emre ÖZ

F.B.E. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Ümit Doğay Arınç

Tez Danışmanı: Prof. Ümit Doğay ARINÇ

Prof. Dr. Doğan Özgür

Doç. Dr. Mesut Özgürler

İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	i
TABLO LİSTESİ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tanım.....	1
2. DÜNYADA MEVCUT DURUM.....	2
2.1 Rezervler.....	6
2.2 Tüketim.....	6
2.2.1 Tüketim alanları.....	6
2.3 Üretim.....	10
2.3.1 Üretim yönetimi ve teknoloji.....	11
2.3.2 Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları.....	18
2.3.3 Sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar.....	18
2.3.4 Birim üretim girdileri.....	19
2.3.5 Maliyetler.....	20
2.3.6 Stok durumu.....	22
2.4 Uluslararası Ticaret.....	22
2.4.1 Fiyatlar.....	23
3. TÜRKİYE'DE DURUM.....	24
3.1 Ürünün Türkiye'de Bulunuş Şekilleri.....	24
3.2 Tüketim.....	26
3.2.1 Tüketim alanları.....	26
3.2.2 Tüketim miktar ve değerleri.....	26
3.3 Üretim.....	28
3.3.1 Üretim yöntemleri ve teknoloji.....	28
3.3.2 Sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar.....	28
3.3.3 Üretim miktar ve değerleri.....	29
3.3.4 Birim üretim girdileri.....	29
3.3.5 Maliyetler.....	30
3.4 Türkiye'de ki Jeotermal Enerji Uygulamalarının Ekonomisi ve Jeotermal Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler.....	32
3.4.1 Isı tüketicilerinin ısı yüklerinin teorik hesaplamalar yerine deneysel sonuçlar ile belirlenmesi.....	33
3.4.2 Isı aktarıcısı olarak plakalı eşanjör kullanılması.....	35

3.4.3	suyun taşınmasında ve şehir içi dağıtım hatlarında toprağa doğrudan gömülebilen ön izoleli borulama sisteminin kullanılması.....	36
3.4.4	Üretim, terfi ve sirkülasyon pompalarının kademeli veya frekans konvertörü ile değişken devirli olarak kullanılması.....	38
3.4.5	Şehir ısıtma sirkülasyon devresinde gidiş ve dönüş sıcaklıkları arasındaki maksimum fark ve değişken sirkülasyon debisi ile maksimum verim elde edilmesi.....	41
3.4.6	Yüksek sıcaklıkta çalışabilen derin kuyu içi pompaları ve kuyu elemanlarının kullanılması.....	41
3.5	Türkiye'deki Jeotermal Uygulamalar.....	43
3.5.1	Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı.....	43
3.5.2	Jeotermal elektrik üretimi ve diğer uygulamalar.....	44
3.5.3	Teknoloji.....	44
3.5.4	Ekonomik boyutlar.....	45
3.5.5	İşletme modelleri.....	47
3.6	Jeotermal Enerji İle Bölgesel Isıtma Sistemleri İzmir- Balçova Örneği.....	48
3.6.1	Sistemin tanımı ve tarihçesi.....	50
3.6.2	Jeotermal tesisat merkezi.....	51
3.6.3	Şehir dağıtım şebekesi.....	54
3.6.4	Bina alt istasyonları.....	55
3.6.5	Ekonomik değerlendirmeler.....	56
3.6.6	Geleceğe yönelik plan ve hedefler.....	56
3.6.7	Reenjeksiyon.....	57
3.6.8	Avrupa'daki merkezi ısıtma uygulamaları.....	58
3.7	Çevre Sorunları.....	60
3.7.1	Jeotermalin çevreye olan katkısı.....	62
4.	MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	64
4.1	Altıncı Plan Dönemindeki Gelişmeler.....	64
4.2	Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	66
5.	BEKLENEN GELİŞMELER VE ÖNERİLER.....	67
5.1	Projeksiyonlar.....	67
5.1.1	Talep projeksiyonu.....	67
5.1.2	Üretim hedefleri.....	68
5.2	Beklentiler.....	70
6.	SONUÇ.....	72
	KAYNAKLAR.....	73
	EKLER	74
	Ek1: Türkiye Jeotermal Enerji Envanteri.....	74
	ÖZGEÇMİŞ.....	92

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Dünyadaki jeotermal kuşaklar.....	5
Şekil -2.2 Jeotermal enerji kullanımının gelişimi.....	8
Şekil -2.3 Sıcak su egemen jeotermal elektrik üretim sistemleri.....	12
Şekil 2.4 Binary çevrim jeotermal elektrik üretim sistemi.....	13
Şekil -2.5 Kuyu içi eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemi.....	15
Şekil -2.6: Kuyu dışı eşanjörlü jeotermal merkezi ısıtma sistemi.....	16
Şekil -2.7: Jeotermal ısı pompası sistemi örnek sıcaklık rejimi.....	17
Şekil -3.2 Enerji türleri itibariyle emisyon miktarları.....	63



TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo -2.1: Jeotermal enerjiyi elektrik üretiminde kullanan ülkeler ve kurulu kapasiteleri.....	3
Tablo -2.2: Gelişmekte olan ülkelerde, toplam ve jeotermal enerji kaynaklı elektrik üretim kapasiteleri.....	3
Tablo -2.3: Dünyada, jeotermal enerjinin elektrik üretimi dışında kullanım kapasiteleri.....	4
Tablo -2.4: Dünya enerji rezervleri tahmini.....	7
Tablo -2.5: Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları.....	18
Tablo -2.6: Jeotermal akışkanın çeşidine göre santrallerin yatırım, birim ve diğer işletme maliyetleri.....	21
Tablo -2.7: Çeşitli elektrik üretim sistemlerinde maliyetlerin karşılaştırılması.....	22
Tablo -2.8: %60 kazanım varsayımıyla, 4.5 milyon kg/h'lik Salton Sea jeotermal akışkanın işlenmesi ile elde edilen kimyasal ürünlerin miktar ve değerleri.....	23
Tablo -2.9: 4.5 milyon kg/h'lik Salton Sea jeotermal akışkanından elde edilen elektrik ve termal ısının üretim değerleri.....	23
Tablo -3.1: Halen işletilmekte olan jeotermal ısıtma sistemleri ve kapasiteleri.....	27
Tablo -3.2: İnşa halindeki jeotermal ısıtma sistemleri ve kapasiteleri.....	27
Tablo -3.3: Projelendirilmiş jeotermal ısıtma sistemleri ve kapasiteleri.....	28
Tablo -3.4: Ağustos 1993 değerleriyle Türkiye'de konut ısıtma maliyetleri.....	30
Tablo -3.5: Türkiye'de elektrik üretim maliyetleri.....	31
Tablo -3.6: Jeotermal ısıtma maliyeti ile diğer ısıtma sistemlerinin işletme maliyetlerinin karşılaştırılması.....	31
Tablo -3.7: 1993 Haziran fiyatlarına göre jeotermal merkezi ısıtma sistemleri yatırım ve işletme genel bilgileri.....	32
Tablo 5.1: Üretim hedefleri tahmini.....	68
Tablo 5.2: 2010 yılına kadar üretim hedefleri tahmini.....	69
Tablo 5.3: Jeotermal enerjiye dayalı elektrik üretim kapasitesi tahminleri.....	69
Tablo 5.4: Jeotermal enerjiye dayalı ısı üretim kapasitesi tahminleri.....	69

ÖZET

Günümüzde önemli yeri olan, hidrolik ve fosil yakıtlardan karşılanan enerjinin tükenmesi insanoğlunu alternatif enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Yenilenebilir ve çevre dostu olan jeotermal enerji, yurdumuzda 1961 yılından itibaren ısıtmacılığa yönelik olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bir ülkenin topraklarında çıkan enerjiyi en iyi şekilde değerlendirmesi enerjide bağımsızlığı sağlayan ve ülke ekonomisinin gelişmesini birinci derecede etkileyen faktördür.

Jeotermal enerji merkezi sistem olarak konutların ısıtılması yanı sıra bir çok sanayi sektöründe de kullanılmaktadır. Günümüz imkanları ve yapılan çalışmalardan kazanılan deneyimler sonucu jeotermal enerji yüksek verimle kullanılabilmekte ve bu enerjinin çevreye olan zararlı etkileri tamamen ortadan kaldırılabilir.

Bu çalışmada jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma sistemlerinden 7800 konut kapasiteli, dünyadaki en yeni teknoloji uygulamasına sahip İzmir-Balçova örneği ele alınmıştır. Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin gerek yatırım gerekse işletme maliyetlerinin en aza indirilmesi, sistemdeki cihaz ve malzemelerin kullanım sürelerinin mümkün olduğunca arttırılması ve sistemin toplam veriminin maksimum değere çıkarılması için yapılması gereken çalışmalardan bahsedilmiştir.

Yurdumuz topraklarında kullanılmayı bekleyen yüzlerce jeotermal kaynak en kısa zamanda yeryüzüne çıkarılıp ülkemizin enerji konusunda diğer ülkelere olan bağımlılığı önemli ölçüde azaltılmalıdır.

ABSTRACT

The lack of the energy converted from hydraulic and fossil fuel which have an important role today, forces people to find alternative energy resources. The geothermal energy which can be renewed and be good for nature has been used for heating systems since 1961 in Turkey. Using the country's own energy that lays under its land in the most effective way is the most important factor for that country to be independent in energy providing and raising that country's overall economy.

Geothermal energy is used in house-heating systems as well as many industrial fields. With today's conditions and experimentation resulted from several researches and projects; geothermal energy is being used in the highest effectiveness and the harmful effects to nature of this alternative energy resource can be completely removed and prevented.

In this work the last technology application of the world in Izmir- Balçova sample is studied which has a 7800 flats capacity with geothermal energy in regional heating system. Also reducing financial and operational expenses to the possible and prolonging the usage time of the equipment and the materials of the system in geothermal central heating systems is added. And lastly the works that is needed to be done to increase the total productivity of the system is searched deeply.

Hundreds of geothermal sources waiting to be used under our country's land must be discovered in the fastest way and the dependence to other countries in energy business should be lowered

1.GİRİŞ

1.1. Tanım

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısıнын oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yer altı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki “Sıcak Kuru Kayalar” da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.

Jeotermal Enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısıнын oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20 °C den fazla olan ve çevresindeki normal yer altı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Düşük (20-70°C), orta (70-150 °C) ve yüksek (150 °C’den yüksek) entalpili (sıcaklıklı) olmak üzere genelde üç gruba ayrılmaktadır. Yüksek entalpili akışkandan elektrik üretiminde, düşük ve orta entalpili akışkandan ise ısıtıcılıkta yararlanılmaktadır. Bunların yanısıra jeotermal akışkanlardan, kimyasal madde üretimi, kültür balıkçılığı gibi çok değişik amaçlarla da yararlanılabilmektedir.

Sınıflandırılması:

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

- 1- Düşük Sıcaklıklı Sahalar (20-70 °C)
- 2- Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150 °C)
- 3- Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (150 °C’den yüksek)

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalarda, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtıcılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (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 kullanılabilmektedir.

2. DÜNYADA MEVCUT DURUM

İlk çağlardan beri, sağlık amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya'da, asitborik elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra 1905 yılında Larderello (İtalya) yöresinde yine ilk defa jeotermal buhardan elektrik üretimine başlanmış ve 1912 yılında, gücü 250 kWe olan ilk turbo jeneratör 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 200 MWe kapasiteli bir santral kurulmuştur. 1960 da Amerika'da 1961 de Meksika'da ve 1966 da Japonya'da santraller kurularak jeotermal enerjinin kullanımında önemli gelişmeler sağlanmıştır. 1992 yılı verilerine göre dünyadaki elektrik kurulu güç kapasitesi 6.275,3 MWe ve 1993 yılı verilerine göre ısıtma amaçlı doğrudan kullanım ise 13.044 MWt'a ulaşmıştır (TABLO-2.1,2.2,2.3)

Dünyadaki Önemli Jeotermal Kuşaklar:

Dünyada, jeolojik özellikler nedeniyle birçok jeotermal kuşak bulunmaktadır (ŞEKİL-2.1).

And Volkanik Kuşağı; Güney Amerikanın batı sahillerinde bulunan bu kuşak, Venezuela, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin'i kapsamaktadır. Çok sayıda aktif volkanizmanın varlığı nedeniyle, yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin bulunduğu bu kuşaktaki jeotermal alanlar henüz çok fazla değerlendirilmemiştir.

And Volkanik Kuşağı; Hindistan Plakası ile Avrasya Plakasının çarpışması sonucu oluşan bu jeotermal kuşak, dünyanın en büyük jeotermal kuşakları arasındadır. 150 km genişliğinde ve 3000 km uzunluğunda olan kuşak, İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Yunnan (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; Aktif volkanizmanın hakim olduğu kuşakta, önemli potansiyel görülmektedir.

Orta Amerika Volkanik Kuşağı; Guatamela, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama'yi içine alan bu kuşakta, çok sayıda jeotermal sistem bulunmaktadır.

Bunların dışında; Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Doğu Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, İzlanda, Meksika, Kuzey ve Doğu Avrupa, Bağımsız Devletler Topluluğu gibi ülkeler farklı tektonik oluşumlar nedeniyle verimli jeotermal sahalara sahiptir.

TABLO-2.1: Jeotermal enerjiyi elektrik üretiminde kullanan ülkeler ve kurulu kapasiteleri (1992).

ÜLKELER	KAPASİTE(MWe)
ABD	2.979,2
FİLİPİNLER	893,5
MEKSİKA	725,0
İTALYA	635,2
YENİ ZELANDA	286,0
JAPONYA	270,0
ENDONEZYA	142,8
EL SALVADOR	105,0
NİKARAGUA	70,0
İZLANDA	50,0
KENYA	45,0
ÇİN	30,8
TÜRKİYE	20,0
RUSYA	11,0
FRANSA (GUADELOUPE)	4,2
PORTEKİZ (AZORES)	3,0
YUNANİSTAN(*)	2,0
TAYVAN(*)	3,0
TOPLAM (58 Adet Saha)	6.275.6

(*) Robertson Res. Int. 1988

KAYNAK: Geothermal Energy, Tecnology. Ecology Course Text-Book and Guideline, 1993, Makedonya

TABLO-2.2: Gelişmekte olan ülkelerde, toplam ve jeotermal enerji kaynaklı elektrik üretim kapasiteleri (1989)

ÜLKELER	TOPLAM (MWe)	JEOTERMAL (MWe)	%PAY
EL SALVADOR	703	95	13,5
FİLİPİNLER	7.038	894	12,7
NİKARAGUA	395	35	8,8
KENYA	719	45	6,2
MEKSİKA	27.338	700	2,5
ENDONEZYA	11.030	142	1,3
TÜRKİYE(*)	20.000	20	0,01

(*) Veriler TEK'den alınmıştır.

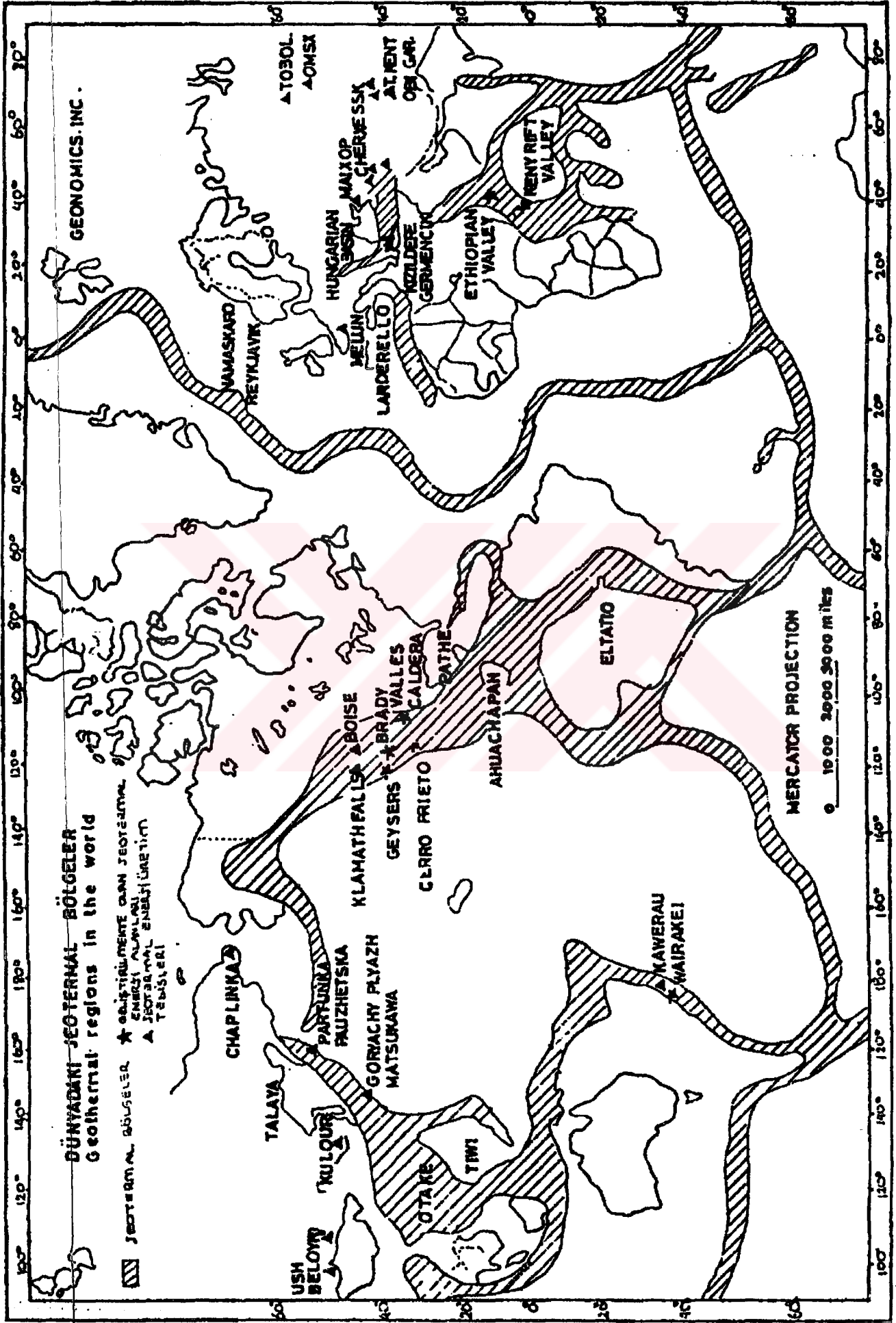
KAYNAK: Geothermal Energy, Technology, Ecology Course Text-Book and Guideline, 1993, Makedonya

TABLO-2.3: Dünyada, jeotermal enerjinin elektrik üretimi dışında kullanım kapasiteleri (1990)

ÜLKELER	KAPASİTE(MWt)
JAPONYA	3.321
CİN	2.154
MACARİSTAN	1.276
B.D.T.	1.133
İZLANDA	900
ABD	463
İTALYA	360
FRANSA	337
BULGARİSTAN	293
YENİ ZELANDA	258
ROMANYA	251
TÜRKİYE(*)	246
ESKİ YUGOSLAVYA	112.7
ESKİ ÇEKOSLAVAKYA	105
BELÇİKA	93
TUNUS	90
ETİOPYA	38
İSVİCRE	23
YUNANİSTAN	18
CEZAYİR	13
KOLOMBİYA	12
AVUSTURALYA	11
GUATEMALA	10
POLONYA	9
ALMANYA	8
AVUSTURYA	4
KANADA	2
İNGİLTERE	2
DANİMARKA	1
TAYLAN	0.4
DİĞERLERİ	1.500
TOPLAM	13.044

(*) Isıtma; 140 MWt, Sağlık ve Turizm Tesisleri; 106 MWt

KAYNAK: : Geothermal Energy, Technology, Ecology Course Text-Book and Guideline, 1993, Makedonya



ŞEKİL- 2.1: DÜNYADAKI jeotermal kuşaklar

KAYNAK: Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı (1996) Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu

2.1 Rezervler

Teorik hesaplamalara göre 0-10 km. derinlik arasında dünyada birikmiş ısı enerjisi, yüksek ısı akılı alanlar için 245×10^6 EJ (exajoules), düşük akılı alanlar için 181×10^6 EJ'dur. Bu enerjinin %0,1'nin işletilebileceği düşünülürse, jeotermal kaynak $0,1 \times 10^6$ EJ'den fazla olacaktır. Bu ise dünyada bugünkü mevcut enerji tüketimine göre 1000 yıllık bir rezerv demektir. Dünyada doğal akiferlerden toplam 0,5 EJ üretim yapıldığı, üretilebilecek ispatlanmış rezervin ise 50 EJ olduğu tahmin edilmektedir (TABLO-2.4).

Bugün için jeotermal enerji, dünyada enerji sektöründe sadece %0,2'lik bir pay almaktadır. Ancak, ülkelere göre bu oran büyük ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin Filipinler'de jeotermal santraller, toplam kapasitenin %17'sini oluşturmaktadır. Bilindiği gibi jeotermal enerji yeni bir kaynaktır ve 1950'lerden bu yana jeotermal santrallerin kurulu kapasitelerinde yıllık %8,5 artış gözlenmiştir. 1970 yılının baz olarak alınması durumunda ise, kurulu kapasitedeki artış hızı %12,2, geliştirilen yeni sahalar için %10 ve jeotermal araştırmalara yeni giren ülkeler için %8 olmuştur. Bu büyüme hızının devam etmesi halinde, 2000 yılında, işletilmekte olan 250 sahadaki toplam kurulu gücün 21.000 MWe'a ulaşması beklenmektedir. Elektrik endüstrisinin bugünkü büyüme hızının sadece %4 veya %5 olduğu göz önüne alındığında, gelecekte elektrik üretiminde jeotermal enerjinin payının giderek artacağı ortaya çıkmaktadır. (ŞEKİL-2.2)

Bugün dünyada, jeotermal enerjiye dayalı elektrik üretim kapasitesi 6.275,3 MWe düzeyindedir. Buna karşılık dünyada, yaklaşık 13.044 MWt karşılığı jeotermal akışkan ısıtmacılıkta kullanılmaktadır. (TABLO-2.1,2.2 ve 2.3).

2.2 Tüketim

2.2.1. Tüketim alanları

Jeotermal enerjinin en önemli kullanım alanları elektrik üretimi ile konut ve sera ısıtmacılığıdır. Jeotermal enerji ayrıca, tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde, hayvan çiftliklerinin, cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde kullanılmaktadır.

Bunların yanı sıra 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 jeotermal akışkandan çeşitli kimyasal maddeler elde edilebilmektedir.

TABLO-2.4: Dünya enerji rezervleri tahmini

YAKIT TÜRÜ	Toplam Yıllık Üretim (EJ)	Görünür Rezerv (EJ)	Muhtemel Rezerv (EJ)	Spekülatif Kaynak (EJ)	Görünür Rezerv Tükenme Süresi (Yıl)
A) TÜKENİR KAYNAKLAR					
1) KATI YAKITLAR	101	20.310	115.100	195.500	201
Taş Kömürü	84	14.300	85.310	80.500	170
Y.Bitümlü Taşkömürü	4	3.280	33.610	87.500	820
Linyit	12	2.580	14.680	25.000	215
Turba	1	150	1.500	2.500	150
2) SIVI YAKITLAR	191,5	8.610	21.220	133.600	3.468
Ham Petrol	125	(*)138,5	1.560	7.800	32
Doğal Gaz	66	(**)138,3	6.670	11.000	61
Bitümlü Şist	0,1	270	11.340	100.000	2.700
Asfaltlı Kumlar	0,4	270	1.650	15.000	675
3) RADYOAKTİF YAK.	16	1.400	1.920	4.500	71
Uranyum	18	1.130	1.360	4.500	71
Toryum	-	270	560	-	-
U-Th(Üretken Eşdeğer)	-	(84.300)	(115.620)	(267.000)	-
4)JEOTERMAK KAY.	0,5	50	480.000	431x10 ⁶	100
Yerkabuğu Isısı	-	-	430.000	430x10 ⁶	-
Doğal Akifer	0,5	50	50.000	1x10 ⁶	100
TOPLAM TÜKENİR K.	309	30.307	618.240	1x10 ¹²	171
B) YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR					
Hidro	22	40	40	290	R
Biyomas	36	150	150	18.000	R
Güneş	0,01	-	10.000	5x10 ⁶	R
Rüzgar	0,01	-	500	5.000	R
Dalga	0	-	10	85	R
Med-Cezir	0,01	-	2	50	R
Termal Okyanus	0	-	200	4.500	R
T.YENİLENEBİLİR K.	58	190	10.902	5,2x10 ⁶	R

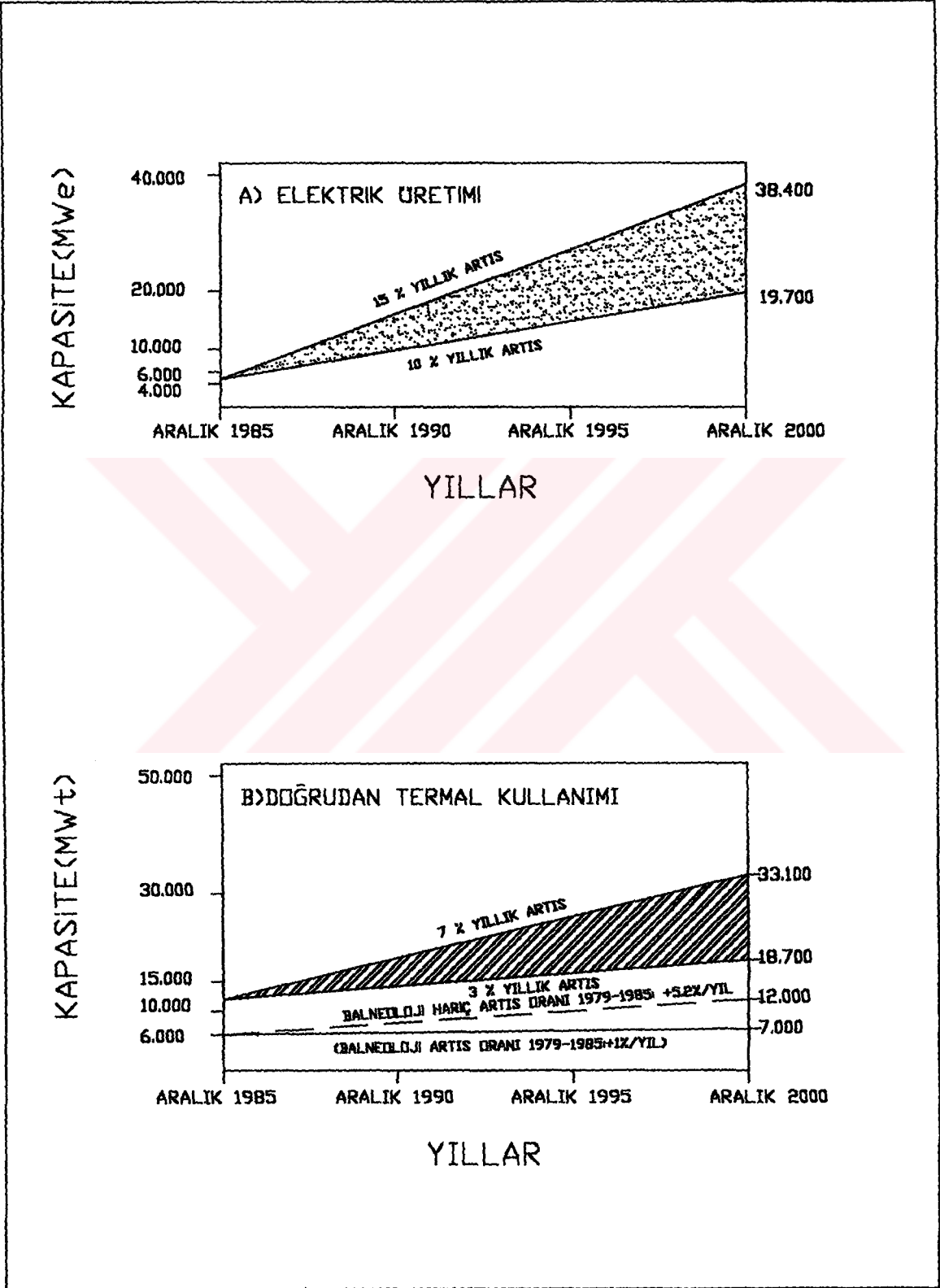
(*) 1992 Sonu İtibariyle toplam görünür ham petrol rezervi (Milyar Ton)

(**) 1992 Sonu İtibariyle toplam görünür doğal gaz rezervi (Trilyon m³), BP World 1993

R: Yenilenebilir

KAYNAK: Robertson Res. Int., 1988

Şekil: 2.2: Jeotermal enerji kullanımının gelişimi



KAYNAK: R. Catoldi, C. Sammarugo WEC86 GEOTHERMMICS Oct 1986

Isıtma Amaçlı Uygulamalar:

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar doğrudan ısıtıcılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca, ısı pompaları yardımıyla sıcaklık 5 °C'ye düşünceye kadar akışkandan yararlanılabilmektedir.

40 °C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkan;

-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 ısıtılmasında (dünyada yaklaşık 10.000 MWt karşılığı jeotermal enerji bu amaçla kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, Türkiye, ABD, Japonya, Meksika, Doğu Avrupa Ülkeleri, Yeni Zelanda ve İzlanda'da 30°C'den fazla sıcaklıktaki akışkan kullanılarak seralar ısıtılmaktadır.),

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

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

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

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

Endüstriyel Uygulamalar:

Jeotermal akışkan;

-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 damıtmada (Japonya),
- Soğutma tesislerinde (İtalya, Meksika),
- Beton blok kurutulmasında (Meksika),
- Soğutularak içme suyu olarak (Macaristan, B.D.T, Tunus, Cezayir),
- Yıkama amaçlı olarak çamaşırhanelerde (Japonya) kullanılmaktadır.

Kimyasal Madde Üretimi Uygulamaları

- Jeotermal akışkan, borikasit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit- D_2O), amonyum sülfat, potasyum klorür vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde (İtalya, ABD, Japonya, Filipinler, Meksika)
- Akışkanın bünyesindeki CO_2 'den kuru buz elde edilmesinde (ABD, Türkiye) kullanılmaktadır.

2.3 Üretim

Jeotermal enerji üretimi; yerin derinliklerinde bulunan sıcak 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 yönetimi ve teknolojisi

Jeotermal enerjide üretim teknolojisi, yer ısısının akışkanlar ve sondajlar aracılığı ile yüzeye çıkartılmasında sonra, bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi, ısı enerjisi şeklinde doğrudan kullanımı, endüstri ve turizm alanında çeşitli yöntemlerle kullanılması şeklinde olmaktadır.

Elektrik enerjisi üretimi:

Gerekli araştırmaları yapılmış olan jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan, seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra, buhar türbinlerine gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir. (Şekil-2.3).

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

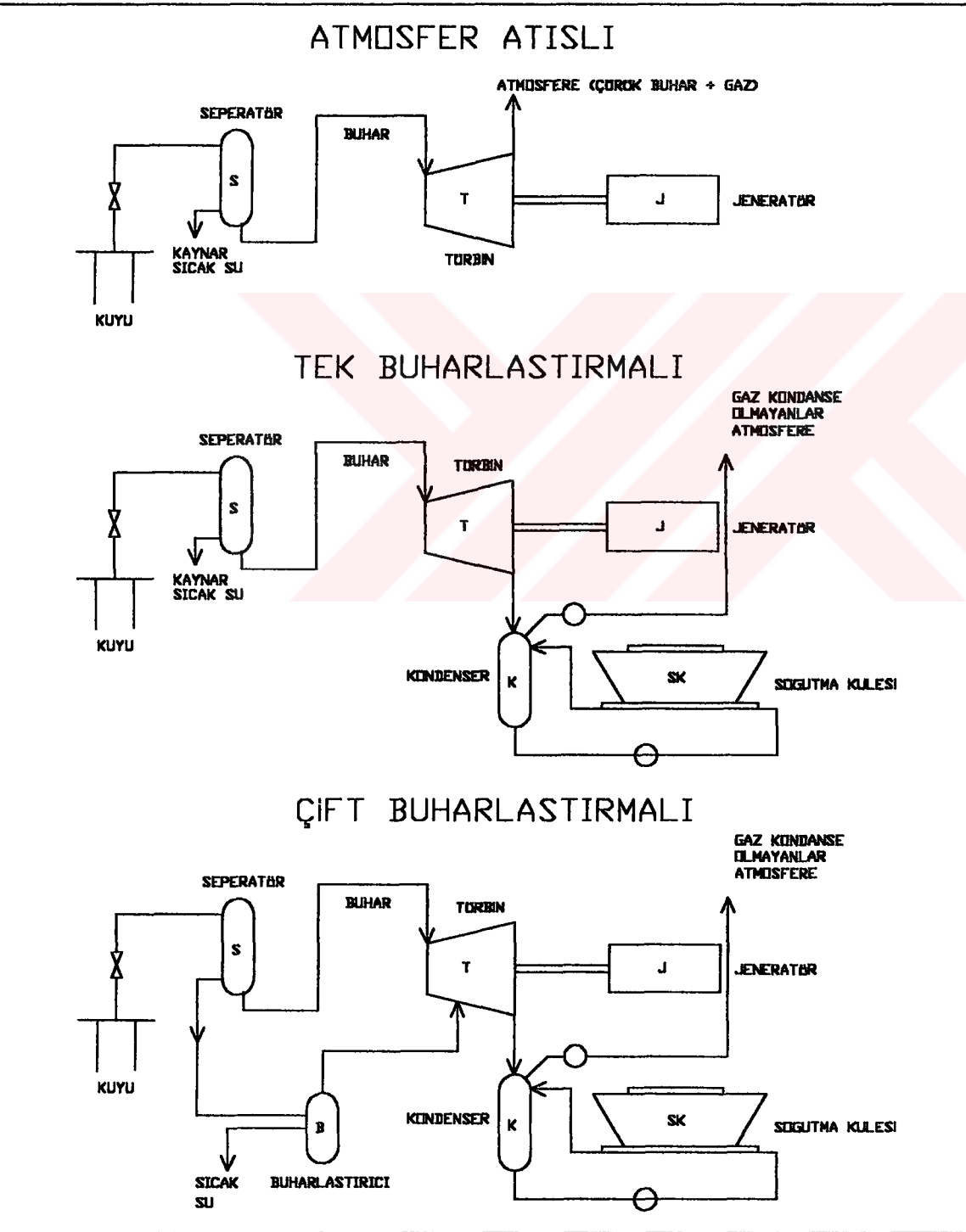
Jeotermal akışkandan elektrik üretimi için tek buharlaşmalı "single flash cycle" sistem yerine, yüksek verimli çift buharlaşmalı "double flash cycle" sistemi 1977 yılından beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca "total flow" ve "binary cycle" tipi santrallerde de verim yüksek olmaktadır. "Double 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 hesaplanmaktadır.

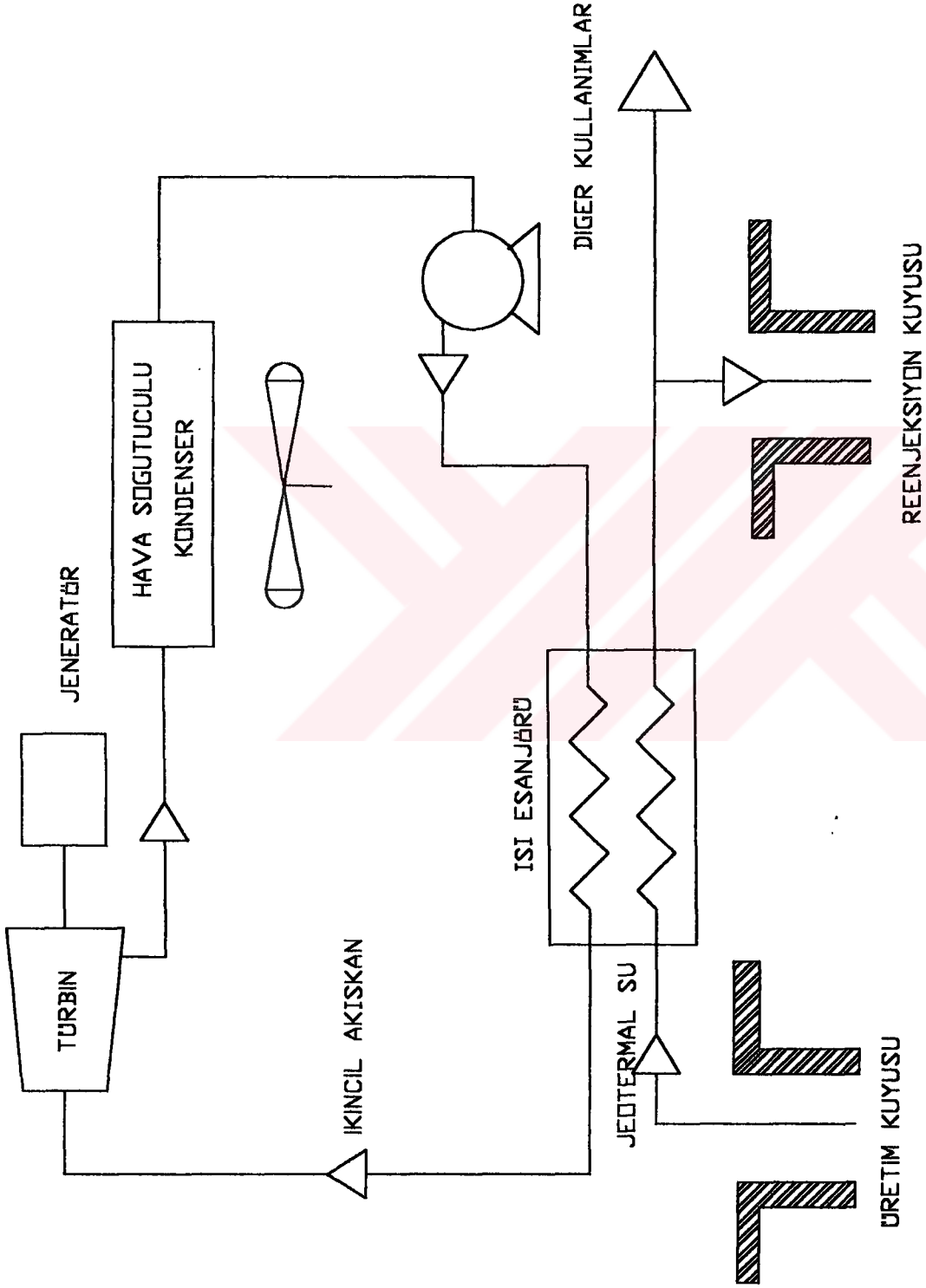
"Single flash" orta büyüklükte, 200 °C dolayındaki sıcaklıklı sahalar için uygundur. Bu sistemde buhar seperatörde ayrılarak doğrudan türbine gönderilir. (Şekil-2.3)

"Double flash" sistemler elde edilen akışkandan maksimum ölçüde yararlanmak için kullanılan sistemlerdir. Akışkan birinci seperatörde ayrıştırıldıktan sonra sıcak su ikinci bir seperatöre gönderilerek tekrar ayrıştırılır ve iki seperatörde ayrıştırılan buhar türbinlere gönderilir (Şekil-2.3).

Binary Çevrim” sistemleri, jeotermal akışkanın flashing edilmeden (buharından, gazından ve yundan ayrıştırılmadan) doğrudan doğruya elektrik üretim amaçlı olarak ısı eşanjörüne girilip, enerjisinin ikincil akışkana aktarılmasından sonra, direkt olarak reenjeksiyona gönderildiği sistemlerdir. Bu sistemler, rezervuar sıcaklığının 100-200 °C olduğu sahalarda en derece olumlu sonuçlar verilmektedir.(Şekil-2.4)

Şekil: 2.3: Sıcak su egemen jeotermal elektrik üretim sistemleri





Şekil 2.4: Binary çevrim jeotermal elektrik üretim sistemi
KAYNAK: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı
 (1996) Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu

Isı enerjisi üretimi:

Jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak, ısıtma sistemleri önemli farklılıklar göstermektedir. Akışkanın kimyasal bakımdan problem yaratıcı nitelikte olmadığı durumlarda, jeotermal akışkanın ısıtılacak alanda radyatör ve uygun borular sistemi aracılığı ile dolaştırılması suretiyle ısıtma sağlanabilmektedir. Akışkanın kimyasal açıdan problem yaratıcı (kabuklaşma, korozyon) nitelikte olduğu durumlarda ise, ısıtma jeotermal akışkanın ısısının ısı eşanjörleri aracılığı ile düşük kimyasal konsantrasyonlu suya (şehir şebeke suyuna) aktarılması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Söz konusu eşanjör sistemleri ise, sahanın ve akışkanın özelliğine göre kuyu başı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde, olabilmektedir. (Şekil 2.5-2.6)

Isıtma sistemlerini verimliliği, sürekliliği veya başarısı uygun teknolojinin seçilmesine bağlı bulunmaktadır.

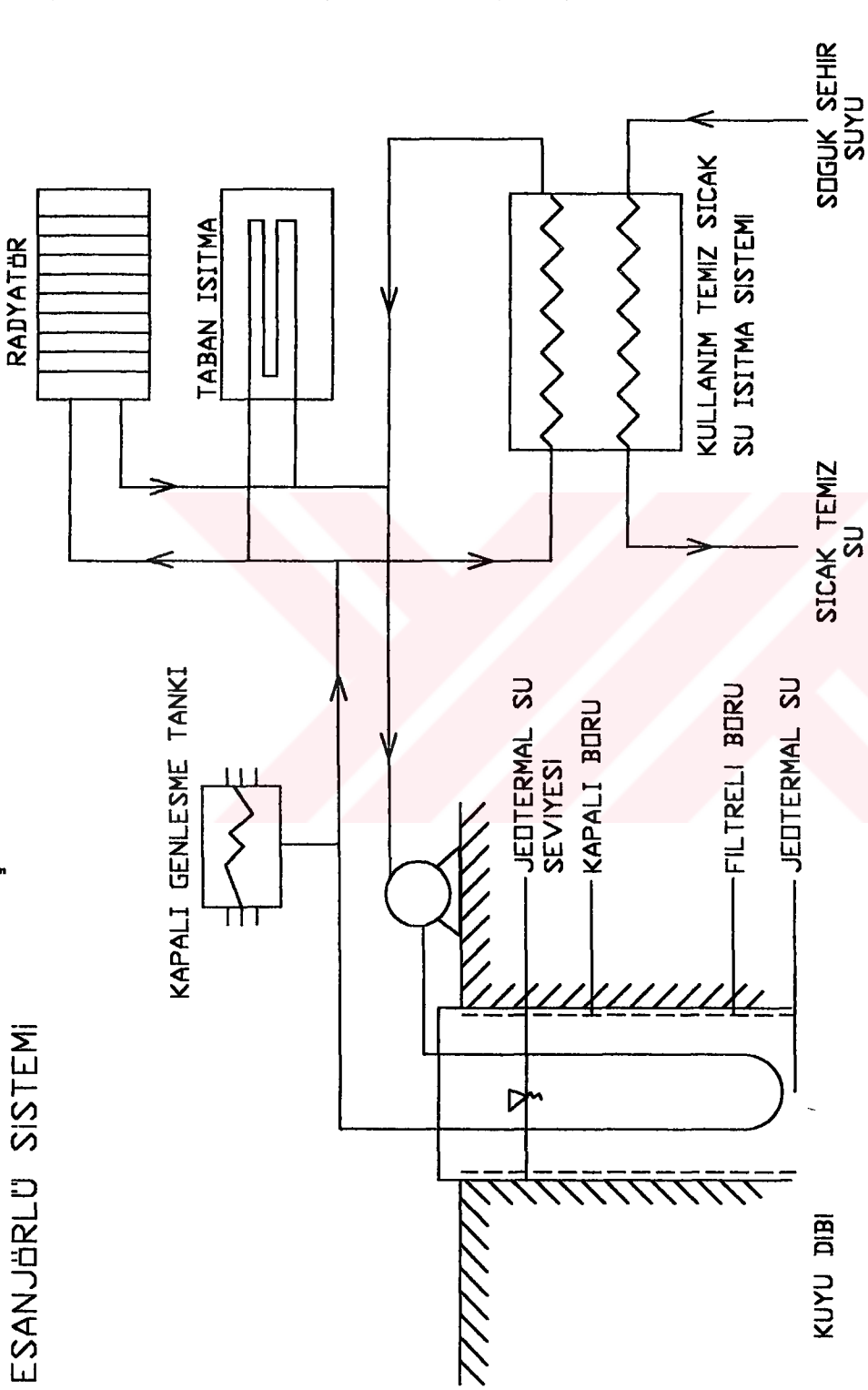
Kimyasal madde içeriğine göre, jeotermal akışkanlardan endüstride beyazlatıcı olarak veya kimyasal madde elde etmek amacıyla da yararlanılmaktadır.

Isı pompaları, daha derin kuyuların açılmasına alternatif olarak sıcaklıkların yükseltilmesinde kullanılmaktadır. Isı pompalarının kullanımında amaç, jeotermal akışkanın debisinin sınırlı olduğu durumlarda, ΔT 'yi büyütürerek akışkandan daha fazla enerji alınmasıdır. 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. (Şekil-2.7)

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

Isı pompası uygulanarak, 30-50 °C sıcaklıktaki jeotermal akışkanlar ekonomik olarak kullanıma sunulabilir. Isı pompası kullanan kapalı bir sistemle, jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının ekonomisi karşılaştırıldığında, ısı pompası sisteminin hem ilk maliyetinin hem de yıllık işletmenin daha düşük olduğu görülmektedir.

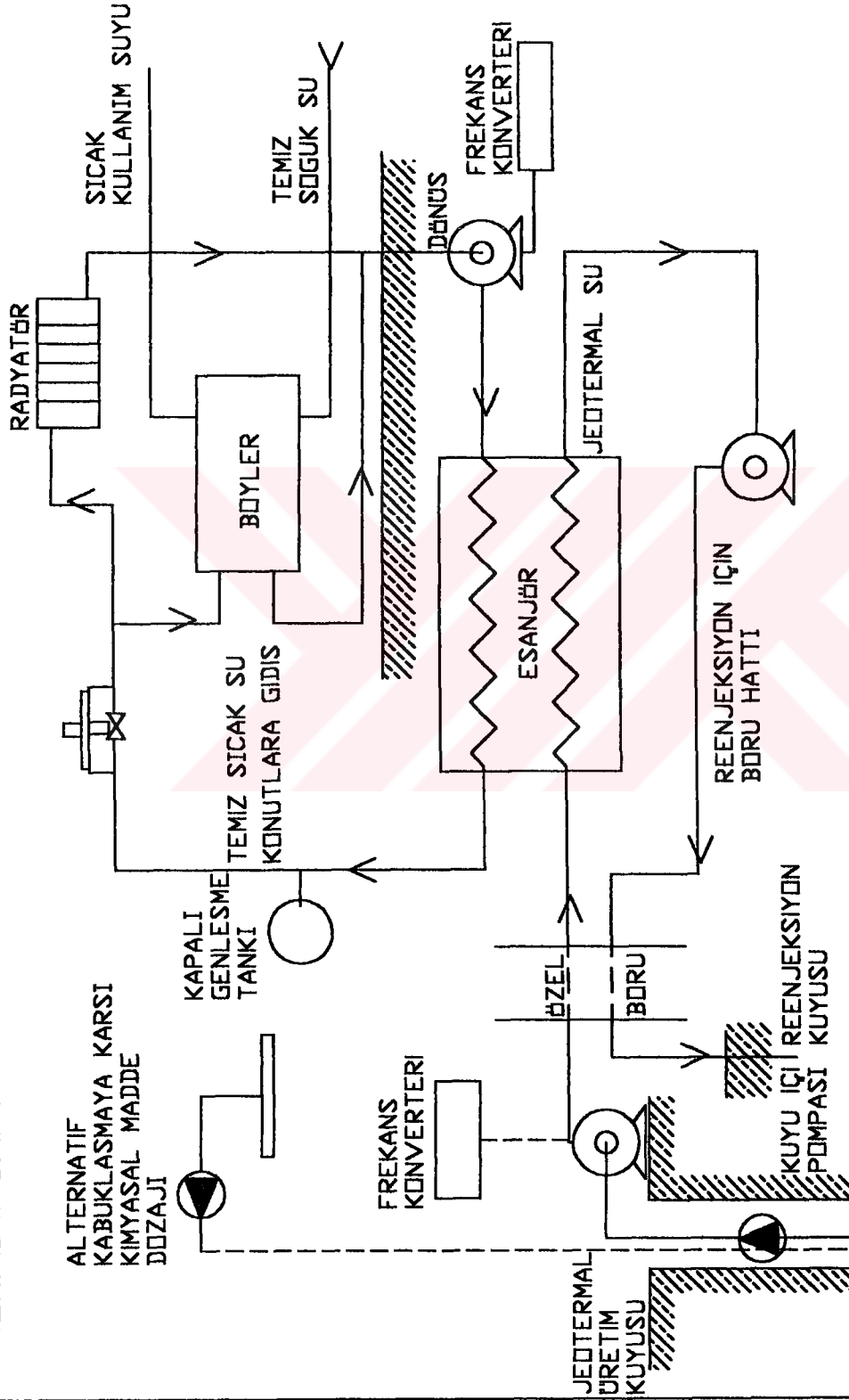
JEO TERMAL ISITMA KUYU İÇİ ESANJÖRLÜ SİSTEMİ



ŞEKİL-2.5: Kuyu içi esanjörlü jeotermal ısıtma sistemi

KAYNAK: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı
(1996) Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu

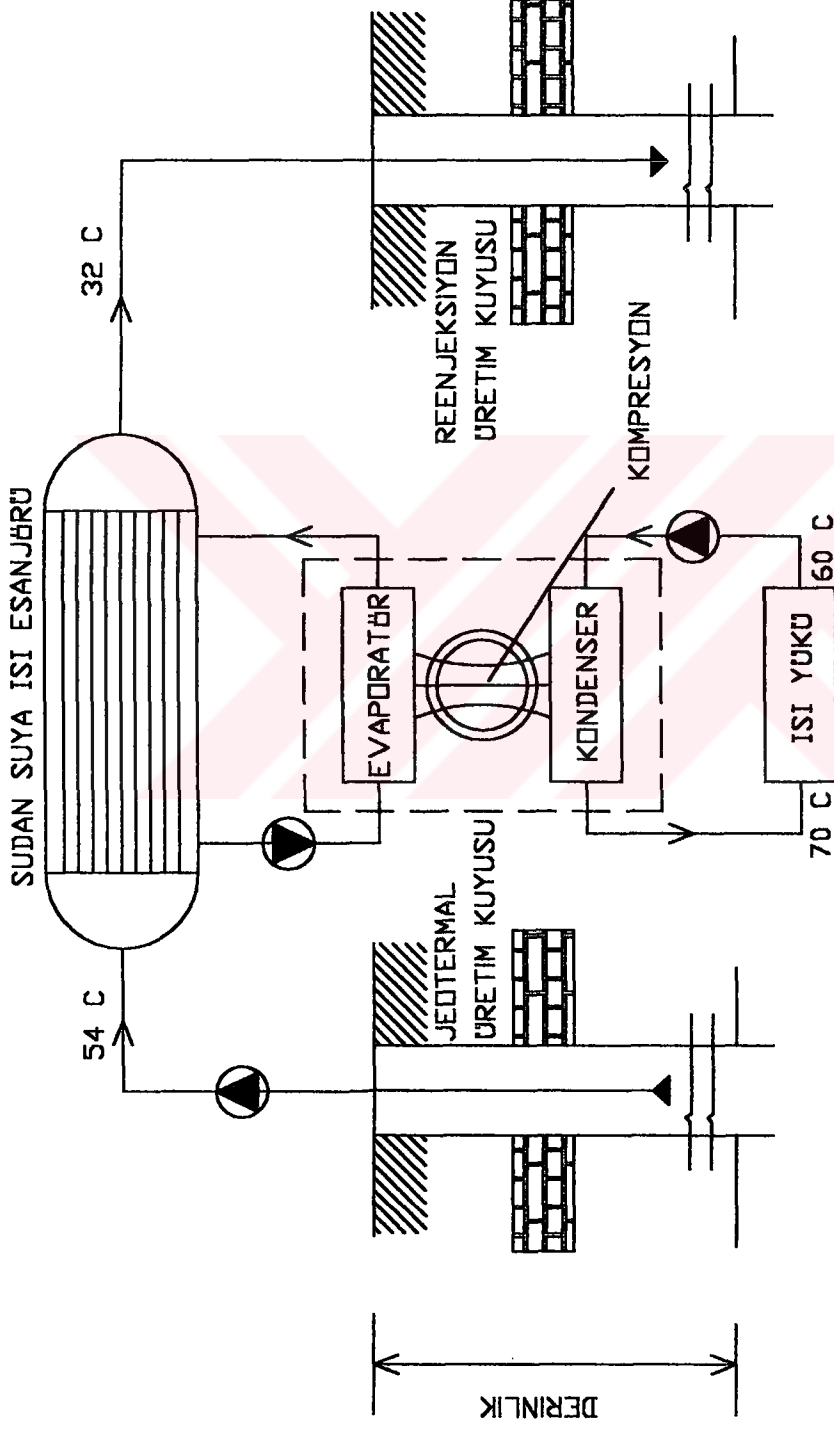
KUYU DİSİ ESANJÖRLÜ JEOTERMAL
MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ



ŞEKİL-2.6: Kuyu dışı esanjörlü jeotermal merkezi ısıtma sistemi

KAYNAK: ORME Jeotermal A.Ş.

JEOTERMAL ISI POMPASI SİSTEMİ ÖRNEK SICAKLIK REJİMİ



ŞEKİL-2.7: Jeotermal ısı pompası sistemi örnek sıcaklık rejimi

KAYNAK: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı
(1996) Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu

2.3.2. Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları

TABLO-2.5: Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları

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	Seker endüstrisi, tuz eldesi		+
120	Temiz tuz eldesi, tuzluluk oranının artırılması		+
110	Çimento kurutulması		+
100	Organik maddeleri kurutma (Yosun, et, sebze vb.)		+
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, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri		+
20	Balık çiftlikleri		+

2.3.3 Sektörde Üretim Yapan Önemli Kuruluşlar

UNION OIL (A.B.D.)

GRC (A.B.D.)

ORMAT (A.B.D.)

MAGMA COMPANY (A.B.D.)

GHC Geoheat Cent. (A.B.D.)

GEO THERMAL DEVELOPMENT ASSOCIATES (A.B.D.)

GEO HILLS ASSOCIATES (A.B.D.)

GEO THERMAL POWER COMPANY INCORPORATION (A.B.D.)

JICA (JAPONYA)

KEPKO (JAPONYA)

WEST-JEC (JAPONYA)

JAPEX (JAPONYA)

MITSUBISHI (JAPONYA)

TOSHIBA (JAPONYA)

NEDO (JAPONYA)
GENZL (YENİ ZELANDA)
KRTA (YENİ ZELANDA)
DSIR (YENİ ZELANDA)
DAL (İTALYA)
ENEL (İTALYA)
AQUATER (İTALYA)
ANSALDO (İTALYA; türbin yapımı)
ENER SYSTEM (FRANSA)
BRGM (CFG) (FRANSA)
SPAC (FRANSA)
ORKUSTOFNUN (İZLANDA)
VIRKIR (İZLANDA)
ROBERTSON RESEARCH INTERNATIONAL LIMITED (İNGİLTERE)
ASEA (İSVEÇ)
PNOC (FİLİPİNLER)
PERTAMINA (ENDONEZYA)
MTA (TÜRKİYE)
ORME JEOTERMAL ENERJİ (TÜRKİYE)
TEK (TÜRKİYE; elektrik üretimi)
KARBOGAZ (TÜRKİYE; CO₂ üretimi)
UKAM (TÜRKİYE- Hacettepe Üniversitesi; Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi;)

2.3.4. Birim üretim girdileri

Jeotermal enerjinin, elektrik üretimi ve ısıtmacılıkta kullanımına ilişkin önemli maliyet unsurları aşağıda belirtilmiştir.

Elektrik enerjisi üretiminde: İşçilik, bakım, iç tüketim, kimyasal madde ve kuyuların bakım giderleri (amortisman ve faizler hariç)

Jeotermal ısıtma sistemlerinde: Elektrik enerjisi gideri, işçilik, bakım, kimyasal madde giderleri

2.3.5. Maliyetler

Jeotermal enerji üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarına oranla oldukça düşüktür. Entegre sistemler söz konusu olduğunda, maliyet daha da düşmektedir.

Jeotermal enerji yatırımları 5 kısımda incelenebilir:

- 1- Arama faaliyetleri (jeolojik, hidrojeolojik, jeofizik, jeokimya, sondaj, test)
- 2- Kuyudan üretim,
- 3- Üretimin kuyudan santrale (elektrik veya ısı) taşınması,
- 4- Santralde elektrik üretilmesi veya ısı enerjisinin kullanıma sokulması,
- 5- Yöresel, yasal ve diğer teknolojik koşullar.

İklim, vergiler, kuyu derinlikleri ve mesafeleri, akışkanın sıcaklığı ve niteliği (buhar yüzdesi veya sıcak su), kimyasal özellikler, santral tipi, atık akışkanın entegre kullanımının varlığı veya yokluğu gibi faktörler maliyet üzerinde etkilidirler.

Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde toplam maliyetin yaklaşık %40'ını arama faaliyetlerini de kapsayan rezervuar tespit çalışmalarıyla üretim ve reenjeksiyon kuyularının açılması, %50'sini santral inşaatı, geri kalan %10'unu ise diğer faaliyetler oluşturmaktadır. Büyük kapasiteli jeotermal santraller (100 MW) için maliyet, 1.999 US\$/kW, küçükler (2,5-10 MW) için ise, 1.250-1.500 US\$/kW olarak verilmektedir. Bugün için jeotermal den üretilen elektriğin tahmini birim maliyeti, 4-6 Cents/kWh arasındadır. Jeolojik yapı, buharın kalitesi, kuyu verimi ve santral tipi maliyete etki eden en önemli unsurlardır (TABLO-2.6,2.7)

TABLO-2.6: Jeotermal akışkanın çeşidine göre santrallerin yatırım, birim ve diğer işletme maliyetleri(A.B.D.)

MALİYETLER	KAYNAK TİPİ			
	Kuru Buhar	Tek Buharlaştırılmalı	Çift Buharlaştırılmalı	Binary Çevrim Sistemi
Kurulu Santral Maliyeti (\$/kW)	300	500-800	500-950	1.200-2.000
Amortisman Maliyetleri (Cent/kWh)	0,4	0,7-1,1	0,7-1,4	1,7-2,8
İşletme-Bakım Maliyetleri (Cent/kWh)	0,1	0,3	0,3	1,2
Kuyu ve Akışkan Maliyet (Cent/kWh)	1,3	1,7-2,7	1,5-2,5	2,5
Toplam Maliyet (Cent/kWh)	1,8	2,7-4,1	2,5-4,2	4,4-5,5
Santral Kuruluşu Süresi (Yıl)	3	3	3	2

NOT: %80 işletme zamanı verimi ve %10 amortismana dayanır. Gayzer sahasındaki durum 150-500 ton/saat akışkan debili, 200 °C sıcaklıklı kaynaklar. (Geothermal Energy Hand Book-1982 esas alınmıştır. Ancak amortisman değerleri ve Binary Çevrim Sistemi 1992 yılına göre revize edilmiştir.)

TABLO-2.7: Çeşitli elektrik üretim sistemlerinde maliyetlerin karşılaştırılması

	KAYNAK TÜRÜ						
	Jeotermal	Kömür (40\$/Ton)	Nükleer	Hidro	Pertol (30\$/v)	Petrol (15\$/V)	Petrol (10\$/v)
Kapasite(MWe)	110	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Santralin Yatırım Maliyeti (\$/kW)	1.125	1.950	3.975	2.800	1.500	1.500	1.500
Y.Süresi (Yıl)	2-3	6-8	12-15	8-12	3-5	3-5	3-5
Yıllık Masraflar (Cent/kWh) (*)	2,7	4,6	9,6	6,7	3,6	3,6	3,6
Yıllık İşletme ve Bakım Giderleri (Cent/kWh)	0,4	0,4	0,3	0,15	0,3	0,3	0,3
Yakıt Masrafları (Cent/kWh)	(**)	4,0	1,3	-	7,5	4,0	2,8
T.Enerji Maliyeti (Cent/kWh)	3,1	9,0	11,2	6,85	11,4	7,9	6,7

(*)Yıllık %17 masraf oranı ve %80 yük faktörüne göre (7000 saat/yıl kullanım)

(**)Jeotermal enerjinin (sıcak su ve buhar) satış rakamları Türkiye’de bulunmamaktadır. Ancak, TEK, jeotermal saha, santral işletmecisi, elektrik satıcısı olduğu için bu değer sıfır alınmıştır.

(Robertson Res. Int. –1988; 1992’ye göre ORME Jeotermal A.Ş. tarafından revize edilmiştir.)

2.3.6. Stok durumu

Teknolojik olarak jeotermal enerjinin stoklanması söz konusu değildir. Bununla birlikte, jeotermal akışkanlardan elde edilen kimyasal maddelerin stoklarından söz edilebilir. Jeotermal akışkanlardan üretilen, ticari değeri olan başlıca kimyasal maddeler, sıvı karbondioksit, kuru buz, sodyum klorür, potasyum klorür, kalsiyum klorür, çinko, bor, mangandioksit, lityum klorür, kalsiyum sülfat, stronsiyum sülfat, kurşun sülfat ve baryum sülfattır.

2.4. Uluslararası Ticaret

Jeotermal enerjinin uluslar arası ticareti teknolojik olarak, sınır bölgelerinde mümkün olmakla birlikte, jeotermal enerji alanında uluslararası ticaret esas olarak, jeotermal enerjinin aranması, üretimi ve değerlendirilmesine yönelik teçhizat ve jeotermal akışkandan elde edilen kimyasal maddelerin ticareti şeklinde olmaktadır.

2.4.1. Fiyatlar

Jeotermal akışkanın uluslararası ticareti olmaması nedeniyle jeotermal enerji maliyetlerinin diğer enerji türleriyle kıyaslanması ve jeotermal akışkandan elde edilen kimyasal maddelerin ekonomik değerleri konusunda literatürden derlenen bilgiler aşağıda verilmiştir.

Çeşitli ısıtma sistemlerinde ortalama maliyetler:

- 1) Jeotermal bazlı : 1 Cent/kWh ısı
- 2) Fuel-Oil bazlı : 6 Cent/kWh ısı
- 3) Elektrik bazlı :
 - a) Ev tarifesi : 5 Cent/kWh ısı
 - b) Ticari tarife : 9 Cent/kWh ısı

Toplam çözünmüş maddelerin 10.000 ppm'den daha fazla olduğu akışkanlarda minerallerin değeri daha çok önem taşımaktadır.

Salton Sea'de jeotermal akışkandan elde edilen minerallerin toplam üretim değeri 148 Milyon \$/yıl'dır. (Tablo-2.8)

TABLO-2.8: %60 kazanım varsayımıyla, 4.5 milyon kg/h'lik salton Sea Jeotermal akışkanın işlenmesi ile elde edilen kimyasal ürünlerin miktar ve değerleri

ÜRÜN	PİYASA FİYATI (\$/Ton)	ÜRETİM MİKTARI (1000Ton/Yıl)	ÜRETİM DEĞERİ (Milyon\$/Yıl)
NaCl	1	3.240	3.2
KCl	62	780	48.3
CaCl ₂	60	1.980	18.0
Zn	700	12	8.4
MnO ₂	175	55	9.6
LiCl	1.900	32	60.8
TOPLAM			148,3

TABLO-2.9: 4.5 milyon kg/h'lik Salton Sea jeotermal akışkanından elde edilen elektrik ve termal ısının üretim değerleri

ÜRETİM	BİRİM	BİRİM DEĞER (\$/Birim)		YILLIK DEĞER (Milyon\$)	
		Tesiste	Dağıtımda	Tesiste	Dağıtımda
Elektrik, 80MWe	MWh	5	20	3,5	14
Termal ısı, MWt	10 ⁶ Btu	2	3	67,6	101

NOT: Değerleri bugünkü fiyatlara dönüştürmek için 1,6 katsayısı kullanılmalıdır.

KAYNAK: Wahl, E.F., Geothermal Energy Utilization, 1981, California

3. TÜRKİYE'DE DURUM

3.1. Ürünün Türkiye'de Bulunuş Şekilleri

Ülkemizde dünya standartlarına uygun olarak

- a) yüksek sıcaklıklı ($>150\text{ }^{\circ}\text{C}$),
- b) orta sıcaklıklı ($150-70\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve
- c) düşük sıcaklıklı ($<70\text{ }^{\circ}\text{C}$) olmak üzere birçok saha bulunmaktadır.

Türkiye'de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 140 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Bunlarda Aydın-Germencik ($200-232\text{ }^{\circ}\text{C}$), Denizli-Kızıldere ($200-212\text{ }^{\circ}\text{C}$), Çanakkale-Tuzla ($173\text{ }^{\circ}\text{C}$), Aydın-Salavatlı ($171\text{ }^{\circ}\text{C}$) elektrik üretimine uygun, diğerleri ise merkezi ısıtmaya uygundur.

Aydın-Germencik sahasının 100 MWe kapasiteli olduğu tahmin edilmiştir.

Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalar genç tektonik etkinlikler sonucu oluşan grabenlerden dolayı Türkiye'nin batısında yer almaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar ise volkanizmanın ve fay oluşumları etkisi ile Orta ve Doğu Anadolu'da ve Kuzey Anadolu fay hattı boyunca Kuzeyde yer almaktadır.

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 TEK 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 jeotermal ısıtma uygulamaları 1964 yılında Gönen Park Otel'i'nin ısıtması ile başlamıştır. Balıkesir-Gönen'de 1987 yılından beri 16,3 MWt kapasiteli ısıtma (konutlar, sera ve otel) yapılmakta ve 54 adet tabakhane'nin sıcak proses suyu ihtiyacı karşılanmaktadır.

Türkiye'de halen işletilmekte olan jeotermal ısıtma sistemleri arasında 17,8 MWt kapasiteli Balçova termal tesisleri ve Dokuz Eylül Üniversitesi kampüs ısıtması, 66 MWt kapasiteli

Simav'da 1. etap 3.500 ve 2. etap toplam 6.500 konut ısıtma+sıcak su ve 2,2 MWt kapasiteli Simav-Eynal termal tesisleri, kaplıca, otel ve sera jeotermal ısıtmaları en önemlilerini oluşturmaktadır (TABLO-3.1).

Toplam 1.800 konut kapasiteli Kırşehir Jeotermal Merkezi ısıtma sistemi 29 Ekim 1993 tarihinde 500 konut eşdeğeri kapasiteyle devreye alınmıştır. Isıtılan konut sayısı her geçen gün artmaktadır.

İnşaat halinde olan başlıca jeotermal merkezi ısıtma sistemleri arasında 56 MWt kapasiteli Dikili (7.000 konut ısıtma, 1.000 konut soğutma (air,conditioning)), 3,37 MWt kapasiteli Çanakkale-Ezine-Kestanbol Termal Tesisleri ısıtması, 1,05 MWt kapasiteli Afyon-Bolvadin kaplıca ve oteli jeotermal ısıtmaları sayılabilir (TABLO-3.2).

Fizibilite ve projesi tamamlanmış olanlar arasında ise İzmir (168 MWt, 25.000 konut ısıtma+sıcak su), Kozaklı (11,1 MWt, 1.etap 1.100 konut ısıtması + sıcak su), Salihli (47 MWt, 7.000 konut ısıtma ve 1.000 konut soğutma), Aydın (174 MWt, 18.000 konut ısıtma ve 3.500 konut soğutma), Afyon (107,3 MWt, 16.000 konut ısıtma ve sıcak su), Kırşehir (65 MWt, toplam 6.400 konut ısıtma ve sıcak su), Simav (20 MWt, toplam 80.000 m² sera ısıtılması) sayılabilir (TABLO-3.3).

Türkiye'de jeotermal olarak merkezi ısıtma imkanı bulunan bazı yerleşim birimleri aşağıda belirtilmiştir:

AFYON	AKYAZI	AYDIN	BADEMLİ
BALÇOVA	BALIKESİR	BALYA	BİGADIÇ
BOLVADİN	BULDAN	BURSA	DENİZLİ
DİKİLİ	EDREMİT	EMET	ERCİŞ
ERZURUM	GEDİZ	GERMENCİK	GÜRE
HAVRAN	HAVZA	HİSARALAN	ILGIN
ILICA	İZMİR	KARACASU	KIZILCAHAMAM
KOZAKLI	KUZULUK	NAZİLLİ	SARAYKÖY
PAMUKÇU	PASINLER	REŞADİYE	SAKARYA
SALAVATLI	SALİHLİ	SANDIKLI	SEBEN
SEFERİHİSAR	SINDIRGI	SİVAS	SORGUN
SUSURLUK	TURGUTLU	YENİCE	YOZGAT

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 jeotermal akışkanla ısıtılması uygulaması, Afyon-Oruçoğlu termal resort tesisleri (48 °C) ve Rize-Ayder kür merkezi ve kaplıca tesisi (54 °C) verilebilir.

Türkiye'de kaynak sıcaklığı 40 °C'nin üzerinde olan yaklaşık 140 saha bulunmaktadır. Bu sahalardaki mevcut durum ve sahaların geliştirilmesi halinde yapılabilecek uygulamalar özet olarak EK-1'de verilmiştir.

3.2 Tüketim

3.2.1 Tüketim alanları

Türkiye'de jeotermal enerji, elektrik üretiminden, ısıtmacılığa, kimyasal madde üretimine (sıvı karbondioksit) ve deri işletmesine kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

Bugüne kadar en önemli tüketim alanları ısıtmacılık (konut, sera) ve sağlık turizmi olmuştur. Türkiye'de toplam jeotermal enerji tüketiminin % 87'sinin ısıtma amaçlı olduğu hesaplanmaktadır. Türkiye'deki jeotermal sahalarının % 95'i ısıtmaya uygun niteliktedir.

En son yapılan uygulamalar da (1993) göz önüne alındığında Türkiye'de işletmeye alınmış merkezi ısıtma sistemleri ve termal tesis ısıtmalarının toplam kapasitesi 140 MWt, inşaat halinde olan sistemlerin kapasiteleri 90,4 MWt, fizibilite çalışmaları tamamlanmış olan projelerin kapasitesi ise 635,56 MWt düzeyindedir.

3.2.2 Tüketim miktar ve değerleri

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

Kızıldere'de bulunan ve 20 MWe kurulu güce sahip santralden üretilen elektriğin tamamı tüketilmektedir.

Isıtma amaçlı olarak kullanılan jeotermal kaynak alanlarında kurulmuş olan ısıtma tesislerinin kapasiteleri aşağıda verilmiştir.

TABLO-3.1: Halen işletilmekte olan jeotermal ısıtma sistemleri ve kapasiteleri

YER	KAPASİTE(MWt)	AÇIKLAMA
Gönen	16,20	1.400 konut eşdeğeri ısıtma, 20.000m ² sera ve 60 adet tabakhane
Balçova	17,80	Balçova termal tesisleri ve 9 Eylül Üniversitesi Kampüs ısıtması
Kızılcahamam	0,76	Kaplıca oteli ısıtması
Gediz	0,61	Kaplıcalar ısıtma sistemi
Havza	0,07	Türk hamamı ve kaplıca ısıtması
Salihli	0,26	50 apart otelin ısıtılması
Afyon-Ömer	2,60	35 apart otel, restoran, kaplıca, sera ısıtılması
Afyon-Oruçoğlu	2,73	Otel ve kür merkezi ısıtma sistemi
Afyon-Gazlıgöl	0,64	Kaplıca tesisleri ısıtması
Simav	66,00	3.500/6.500 konut ısıtma ve sıcak su
Simav-Eynal	2,20	Termal tesis, kaplıca, otel ve sera ısıtması
Rize-Ayder	0,24	Kür merkezi ısıtması
Diğerleri (Havran, Hüdai, Hisaralan vd.)	30,00	Bazı sera ve küçük kaplıca ısıtması
TOPLAM	140,00	20.000 konut eşdeğeri ısıtma, 6.000 m² sera (*)

(*): Toplam yaklaşık 100 bin m² büyüklüğünde olan diğer sahalardaki seralar hariç.

TABLO-3.2: İnşa halindeki jeotermal ısıtma sistemleri ve kapasiteleri

YER	KAPASİTE (MWt)	AÇIKLAMA
Çanakkale- Ezine	3,37	Kestanbol termal tesisleri ısıtması
Balıkesir- Pamukçu	1,60	Balpaş termal tesisleri ısıtması
Kütahya- Yoncalı	0,93	Yoncalı termal tesisleri ısıtması
Afyon- Bolvadin	1,05	Kaplıca ve otel ısıtması
Dikili	56,00	Merkezi ısıtma ve soğutma sistemi
Kırşehir (*)	18,25	1.800 konutluk merkezi ısıtma sistemi
Kütahya- Simav	12,20	1.500 konutluk merkezi ısıtma sistemi
TOPLAM	90,40	13.000 konut eşdeğeri

(*): 29 Ekim 1993 tarihinden itibaren 500 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır.

TABLO-3.3: Projelendirilmiş jeotermal ısıtma sistemleri ve kapasiteleri

YER	KAPASİTE (MWt)	AÇIKLAMA
İzmir	168,00	25.000 konut ısıtma, 2.500 konut soğutma
Reşadiye	7,16	1.000 konut ısıtma ve sıcak su
Kozaklı	11,10	1. etap 1100 konut ısıtma ve sıcak su (toplam 3.500 konut)
Dikili	56,00	7.000 konut ısıtma, 1000 konut soğutma
Salihli	47,00	7.000 konut ısıtma, 1000 konut soğutma
Aydın	174,00	18.000 konut ısıtma, 3500 konut soğutma
Afyon	107,30	16.000 konut ısıtma ve sıcak su
Kırşehir	65,00	6.500 konut ısıtma ve sıcak su
Simav	20,00	80.000 m ² sera ısıtması
TOPLAM	635,56	91.000 konut, 80.000 m² sera ısıtması

3.3 Üretim

3.3.1. Üretim yöntemleri ve teknoloji

Jeotermal enerjinin aranması, üretimi ve kullanımıyla ilgili olarak dünyada kullanılan teknolojilerin hemen tamamı Türkiye’de de kullanılmaktadır. Özellikle jeotermal enerjinin aranması ve üretimi konularında teknolojik bakımdan herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Gelişen teknolojiye, jeotermal enerjiye ilişkin işletme problemleri büyük ölçüde çözülmüştür. Kabuklaşma ve korozyon gibi jeotermal enerjiye ilişkin en önemli işletme problemleri, bu gün için büyük ölçüde sorun olmaktan çıkmıştır.

3.3.2. Sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar

TEK

MTA

SİMAV BELEDİYESİ

KIRŞEHİR TERMAL TURİZM A.Ş.

SİMSER A.Ş.

GÖNEN KAPLICALARI İŞLETMESİ A.Ş.

BALÇOVA LTD.

AFYON- ORUÇOĞLU A.Ş.

KARBOGAZ

ORME JEOTERMAL A.Ş.

3.3.3. Üretim miktar ve değerleri

Ülkemizde jeotermal enerjiden elektrik üreten bir tek santral vardır. Denizli-Kızıldere'deki bu santralin kurulu gücü 20 MWe olup 4 yıldaki üretimi aşağıdadır:

1990	80.112.200 kWh
1991	81.307.400 kWh
1992	69.598.800 kWh
1993	52.760.300 kWh (Ağustos sonu itibariyle, TEK)

3.3.4. Birim üretim girdileri

Jeotermal enerjiye dayalı elektrik üretimi ve jeotermal ısıtma sistemlerindeki önemli maliyet unsurları aşağıda verilmiştir.

Elektrik enerjisi üretiminde: İşçilik, bakım, iç tüketim, kimyasal madde ve kuyuların bakım giderleri...

Jeotermal ısıtma sistemlerinde: Elektrik enerjisi, işçilik, bakım, kimyasal madde gideri... Bu bölümde amortisman ve faizler dikkate alınmamıştır.

Örneğin KOZAKLI 1.100/3.500 konut kapasiteli merkezi ısıtma sisteminin yıllık işletme giderleri, toplam 3.119.000.000 TL'dir(1996). İşletme giderlerinin %31'ini (980.000.000 TL/yıl) elektrik enerjisi gideri, % 15'ini (427.000.000 TL/yıl) kabuklaşmaya engel olmak için kullanılan kimyasal maddelerle ilgili giderler, % 35'ini (1.092.000.000 TL/yıl) yönetim, personel ve işçilik giderleri, %11'ini (350.000.000 TL/yıl) bakım giderleri, % 8'inin ise (270.000.000 TL/yıl) genel+beklenmeyen giderler oluşturmaktadır.

Amortisman için (25 yıl için) 3.275.337.600 TL/yıl, faiz ise dolar bazında % 9'dur.

Gelirin yıllık % 10'u (1.407.000.000 TL/yıl) elekterik ve kimyasal madde giderlerine, % 7'si (1.092.000.000 TL/yıl) işçilik ve personel giderlerine, % 2'si (350.000.000 TL/yıl) bakım giderlerine ve yine % 2'si (270.000.000 TL/yıl) beklenmeyen giderlere ve genel giderlere gitmektedir.

Bir başka şekilde ifade edilecek olursa, işletme gelirinin takriben % 10'u bakım, işçilik, elektrik enerjisi için sarf edilmektedir.

3.3.5. Maliyetler

Jeotermal enerjide üretim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına göre (özellikle fosil yakıtlara göre), çok daha düşük değerdedir. Entegre kullanımların söz konusu olduğu durumlarda maliyet daha da düşük olmaktadır. (TABLO-3.4, 3.5, 3.6, 3.7).

Jeotermal Isıtma Maliyetleri

Bir jeotermal merkezi ısıtma sisteminin maliyetinin yaklaşık % 60'ını borular oluşturmaktadır. Bu borular, jeotermal akışkanın kuyu başından alınıp jeotermal merkeze getirilmesi ve enerjisinin temiz suya aktarılmasından sonra reenjeksiyon için taşınması ve temiz şebeke sirkülasyon suyunun konutlara gönderilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Toplam boru maliyetinin yaklaşık % 20'sini montaj ve fittings bedeli oluşturmaktadır. Ayrıca boru hatlarının döşenmesi için kazı yapılması ihtiyacı, birtakım inşaat işleri maliyetlerini de beraberinde getirmektedir.

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

TABLO-3.4: Ağustos 1993 değerleriyle Türkiye'de konut ısıtma maliyetleri (Amortisman ve faiz dahil):

SİSTEM	MALİYET (TL/kWh)
Elektrik Bazlı Isıtma	1.245,8
Fuel-Oil Bazlı Isıtma	591,2
Doğal Gaz Bazlı Isıtma(*)	504,7
Kömür Bazlı Isıtma	408,4
Jeotermal Bazlı Isıtma	12,4-59,4

(*): Ankara değeri

Jeotermal ısıtma sistemlerinin konut başına toplam tesis maliyeti, 1500 \$ değerindedir. Konutların diğer ısıtma sistemlerinin jeotermal ısıtma sistemine dönüşüm giderleri ise, daire başına 50.000.000 ile 65.000.000 TL arasında değişmektedir.

Halen Balçova merkezi ısıtma sisteminde konutların ısıtma ve sıcak su için ödedikleri miktar ayda 6.000.000 TL, Gönen'de ise 9.000.000 TL'dir.

TABLO-3.5: Türkiye'de elektrik üretim maliyetleri

SİSTEM	1992		1993	
	Üretim (kWh)	Maliyet (TL/kWh)	Üretim (kWh)	Maliyet (TL/kWh)
Hidroelektrik	24.537.662.981	15,7	28.182.500.000	17,14
Termik	36.935.929.809	195,33	30.065.285.069	372
Jeotermal	69.598.800	149,81	67.126.899	320

KAYNAK: TEK

TABLO-3.6: Jeotermal ısıtma maliyeti ile diğer ısıtma sistemlerinin işletme maliyetlerinin karşılaştırılması (1993 Ağustos değerleriyle)

	10 ⁶ Kcal Isı Maliyeti (İşletme Gid+Amort.) TL	10 ⁶ Kcal Isı Maliyeti (Kredi Faizi Yüğü) TL	10 ⁶ Kcal Isı Maliyeti (Toplam) TL
Jeotermal (Gönen) (Uygulama)	28.600	-	28.600
Jeotermal (Balçova) Uygulama	12.513	-	12.513
Jeotermal (Afyon) Fizibilite	32.175	22.344	54.519
Jeotermal (Kırşehir) Fizibilite	49.775	10.107	59.882
Jeotermal (Simav) Uygulama	38.363	7.700	46.063
Doğal Gaz (*)	-	-	517.000
Fuel-oil (*)	-	-	556.875
Kömür (*)	-	-	398.750

KAYNAK: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı (1996) Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu

TABLO-3.7: 1993 Haziran fiyatlarına göre jeotermal merkezi ısıtma sistemleri yatırım ve işletme genel bilgileri(*)

	PROJENİN ADI							
	Kozaklı	Ankara	Kızılca- hamam	Gönen	Simav	Afyon	Aydın	Kırşehir
Nihal Satış Fiyatı (TL/kWh)	68	151,3	50,15	117,3	78,2	45,9	37,74	78,2
Faiz Hariç Satış Fiyatı(TL/kWh)	27,2	-	109,65	-	34	27,54	27,2	68
Eşanjör Maliyeti (Milyon TL)	391	3904,9	1003	629	404,6	6222	2067	850
Jeotermal Su Pompası (Milyon TL)	21,7	601,3	33,04	-	57,12	1020	957,1	816
Kuyuiçi Pompası (Milyon TL)	-	5011,6	78,9	392,7	-	850	467,5	-
Sirkülasyon Pompası (Milyon TL)	28,9	1528	47,6	367,2	170	722,5	1878	204
Şebeke (Milyon TL)	4190,5	38580	3740	5755	6248	28050	14620	3570
Reenjeksiyon Kuyusu (Milyon TL)	-	19716	-	1170	-	2465	2933	476
Kuyular (Milyon TL)	-	64811	-	3512	-	3400	4583	357

(*) Fizibilite raporları sonuçları... (Geri ödeme süreleri 3-4 yıl, Finansman; %40 öz kaynak, %60 kredi, Kredi faiz oranı %11)

3.4. Türkiye'deki Jeotermal Enerji Uygulamalarının Ekonomisi ve Jeotermal Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler

Alp Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer alan ve jeotermal kaynaklar açısından yüksek potansiyele sahip olan ülkemiz bu özelliği nedeni ile jeotermal potansiyel zenginliği açısından Dünyanın yedinci ülkesi konumundadır. Türkiye'de ki jeotermal kaynaklar sahip oldukları sıcaklıklar göz önünde bulundurulduğunda ağırlık olarak merkezi ısıtma (şehir, termal tesis, sera v.b.) ve balneolojik uygulamalara imkan vermektedirler.

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü rakamlarına göre şu andaki mevcut jeotermal kuyu ve kaynaklarımıza göre kesin ispatlanmış jeotermal potansiyeli 2420 MWt' dir. Muhtemel teorik potansiyelimiz ise 31.500 MWt' dir.

Türkiye’de 1987 yılından beri uygulanan jeotermal merkezi şehir ısıtması günümüzde 50.000 konut eşdeğerine ulaşmıştır. İlk jeotermal merkezi sisteminin yer aldığı Gönen’de 3000 konut eşdeğeri merkezi olarak jeotermalle ısıtılmaktadır. Buna müteakip, Simav (2700 konut), Kırşehir (1800 konut), Kızılcahamam (2250 konut), Afyon (4000 konut), Kozaklı (1000 konut), İzmir Balçova + Narlıdere (8000 konut, Sandıklı (1000 konut) jeotermal merkezi şehir ısıtma sistemleri vardır. Bu sistemlerin çoğunda konut bağlantıları devam etmektedir ve bunların dışında Türkiye’de termal tesis ve jeotermal sera ısıtması mevcuttur (toplam 50.000 konut eşdeğeri, 350 MWt). Bunların yanı sıra Türkiye genelinde 190 adet kaplıcada jeotermal akışkanlar balneolojik (termal tedavi) amaçlı kullanılmaktadır (285 MWt). Özetle Türkiye’de ki jeotermal doğrudan kullanım kapasitesi ısıtma ve balneolojik amaçlı kullanım toplam 635 MWt’e ulaşmış bulunmaktadır.

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı dışında Türkiye’deki diğer uygulamaları, 20.4 MWt e kurulu güce sahip Kızıldere jeotermal elektrik santrali ile bu santrale entegre olan sıvı karbondioksit ve kuru buz fabrikasıdır.

Merkezi ısıtmanın yapılabilirliğinde jeotermal enerji ana unsur olmakla birlikte klasik ısıtma sistemleri anlayışının dışında dinamik ısı yüklerine uygun teknoloji seçimi yapılarak gerek ilk yatırım gerekse işletme giderleri açısından daha ekonomik çözümlerin üretilmesi jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sistemlerinin hayata geçirilmesini sağlamıştır.

3.4.1 Isı tüketicilerinin ısı yüklerinin teorik hesaplamalar yerine deneysel sonuçlar ile belirlenmesi

15 yıldan fazla süre içinde yapılan gözlemler, ultrasonik debi ölçerli kalorimetreler ile yapılan ölçümler ve deneyimler sonucunda mevcut kullanılan hesap yöntemleri ile belirlenen ısı yüklerinin, gerçekleşen ısı yüklerinden ortalama üç kat fazla olduğu belirlenmiştir. Bunun nedenleri;

- a) Hesaplamalarda kullanılan dış hava dizayn değerleri müspet yönde artış göstermektedir. Yalnızca bu durum %20 fazla ısı yükü hesaplamasına ve ilk yatırımın yüksek tutulmasına neden olmaktadır.

Kullanılan hesaplama yöntemleri durgun şartları dikkate almaktadır. Oysa ısı kaybı ve kazancı dinamik bir olaydır. Isı yükü hesabındaki en büyük fark dinamik etkenlerin dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri, mahal ısıtmasının yanında kesintisiz kullanım sıcak suyu hazırlama enerjisi de sağlamaktadır. Isı yükünün belirlenmesinde klasik hesap yöntemlerinde olduğu gibi kullanım sıcak su yükü mahal ısıtma yüküne doğrudan eklenmez. Bunun iki nedeni vardır. Jeotermal enerjiden maksimum faydalanmanın yolu dönüş sıcaklığını mümkün olan en düşük sıcaklığa indirmektir. Mahal ısıtmasından dönüş suyu sıcaklığı 40 °C civarındadır. Kullanım suyu sıcaklığı ise 45-50 °C' dir. Ortalama 15 °C deki soğuk suyun 43 °C' ye kadar ısıtılması için merkezi sisteme ilave bir yük gelmemektedir, atılacak olan enerjiden yararlanılmaktadır. Kullanım sıcak suyu hazırlama yükü bir günde ortalama 10 dakikalık bir periyotta gerçekleşmektedir.

Yalnızca dış hava sıcaklığı, dizayn değerini altında iken günde iki defa 10 dakika boyunca mahal ısıtma yükünden fedakarlık etmek, oda sıcaklığını konfor sıcaklığının altına indirmemektir. Hatta ölçülebilir bir değişiklik bile gözlenmemektedir. Bunun nedeni konutu oluşturan malzeme ve eşyaların ısı tutumudur.

Ayrıca sıcak su hazırlayıcılarını ani sıcak su hazırlayıcı yerine, depolu veya kısmi depolu yapmak sıcak su yükünü mahal ısıtma yüküne bir ilave yapmaksızın rahatlıkla karşılamamızı sağlamaktadır.

Merkezi sistem ile mahal ısıtmasında amaç binadaki odaları tek tek ısıtmak değil, yapının tümünden (dış cephesinden) kaybolan ısıyı binaya vermektir. Bu durumda güneş, insan, cihaz ve armatürlerden oluşan ısı kazancı, binaya verilecek enerjiyi azaltmaktadır.

Jeotermal merkezi ısıtma sisteminin kurulacağı yerlerde daha önce klasik hesaplama yöntemlerine göre dizayn edilip yapılmış kalorifer tesisatlarının (radyatör yüzey alanlarının) gerçekleşen ısı yükünden yaklaşık üç kat daha büyük olması özellikle düşük sıcaklıklı akışkanlar ile ısıtma yapmayı mümkün hale getirmektedir. Dış hava dizayn sıcaklığı -12 °C olan ve kış mevsimi sert geçen Kırşehir'de 54 °C' deki jeotermal akışkan ile radyatör yüzeylerinde artırım yapılmaksızın ısıtma ekonomik olarak 6 Mart 1994'den beri başarıyla yapılmaktadır.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri uygulamasında statik ısı yükleri yerine deneysel sonuçların kullanılması hem ilk yatırımı hem de işletmeyi ekonomik hale getirmektedir.

3.4.2 Isı aktarıcısı olarak plakalı eşanjör kullanılması

Kimyasal içeriği veya sıcaklığı nedeniyle jeotermal suların doğrudan ısıtma maksatlı olarak kullanılması hemen hemen imkansızdır. Bu nedenle jeotermal akışkanın enerjisini, tüketicilere sunmak için ısı taşıyan temiz suya aktarmak gerekir. Isı aktarmanın minimum kayıp ile gerçekleştirilmesi sistemin hem ilk yatırım hem de işletme maliyetini doğrudan azaltır.

Plakalı ısı eşanjör kullanımından önce shell and tube eşanjörlerin boyut ve bakım olumsuzluklarının yanında bu eşanjörler ile ısıtan ve ısınan akışkanların sıcaklıklarının birbirine verimli olarak yaklaştırılmayışi sorun teşkil etmekteydi. Ayrıca suyun kimyasal içeriği ve diğer şartlarına uygun malzeme kullanımı çok pahalı ve zor olmaktadır (TITANYUM, HASTOLLEY, v.b.). Böyle bir eşanjörde jeotermal suyun atım sıcaklığı, şehir gidiş sıcaklığının minimum 7 °C üzerinde gerçekleşebilir. Şehir devresi sıcaklık rejimi 50 °C/40 °C olan bir sistemde shell and tube eşanjör kullanıldığında jeotermal akışkan 57 °C' de atılmak zorundadır.

Örneğin jeotermal su üretim sıcaklığı 54 °C olan Kırşehir jeotermal merkezi ısıtma sisteminde shell and tube eşanjör ile ısı temiz suya aktarılamaz. Oysa plakalı ısı eşanjörleri marifetiyle ve diğer optimizasyonlar ile 54 °C deki jeotermal akışkanın, sıcaklığı 41 °C ye indirgenebilmektedir. Yaklaşık 200 l/s jeotermal akışkandan 10,8 x 10⁶ kcal/h ısı enerjisi kullanılır hale getirilmektedir. Böylece 54 °C deki jeotermal akışkan ile doğrudan ısıtma yapılmaktadır.

Plakalı ısı eşanjörünün tesirine örnek olarak; jeotermal akışkan üretim sıcaklığı 70 °C olan bir jeotermal merkezi ısıtma sisteminde plakalı ısı eşanjörü yerine shell and tube eşanjör kullanılması jeotermal su ihtiyacını 2,3 kat, şehir sirkülasyon debisini ise 2,6 kat arttırmaktadır. Bu durum aynı zamanda ilk yatırımı ve işletme maliyetlerini arttırmaktadır.

Şu anda plakalı ısı eşanjörleri yabancı teknoloji gerektiren cihazlar olup tamamına yakın bölümü ithaldir.

3.4.3 Jeotermal suyun taşınmasında ve şehir içi dağıtım hatlarında toprağa doğrudan gömülebilen ön izoleli borulama sisteminin kullanılması

Kullanılan borulama sisteminin konvansiyonel sistemlere göre iki büyük farkı vardır. Bunlardan birincisi ve en önemlisi boruların toprağa doğrudan gömülmesidir. Bu yöntem galeri konsol v.b. inşai imalatları ortadan kaldırmaktadır. Galeri maliyeti çoğu zaman (iki boru için) boru maliyetinden daha fazladır. Jeotermal merkezi ısıtma sisteminde toplam yatırımın %50-%70'inin borulamanın oluşturduğu dikkate alındığında, toprağa doğrudan gömülebilen borulama sistemi toplam yatırımında %10-20'ye varan tasarruf getirmektedir.

Jeotermal merkezi ısıtma uygulaması yapılan yerleşim birimleri, alt yapısı daha önce inşa edilmiş şehirlerdir. Dolayısı ile ısıtma borularının güzergahında önceden döşenmiş, içme suyu, kanalizasyon, elektrik, telefon hatları vardır. Böyle bir altyapıda galeri inşası oldukça zor ve yüksek maliyet getirmektedir. Toprağa doğrudan gömülebilen boru teknolojisi altyapı, ayrıca yatırımda ciddi ekonomi sağlamıştır.

İkinci farklılık(cam elyaf takviyeli polyster ve yapışık çelik borularda) boruların sıcaklık tesiri ile uzamasına izin verilmemesidir. Yani boru hattında genişleme elemanı (kompanzator, omega) kullanılmaz. Bu sıcaklık tesiri ile oluşan uzama kuvvetlerinin borunun mukavemetinden küçük kalacak şekilde yapılan dizayn ve uygulama ile mümkün olmaktadır. Ancak böyle bir boru şebekesini projelendirmek ve uygulamasını yapmak özel ihtisas gerektirmektedir.

Cam elyaf takviyeli borular hammadde hariç %100 yerli olarak üretilmektedir. Cam elyaf takviyeli reçineli kompozit malzeme teknolojisi dünyada hızla gelişmektedir. Hafif, mukavim, anti korozif ve malzeme yorulmasına dayanıklı olması birçok avantaj sağlamaktadır. Jeotermal merkezi ısıtma sisteminde CTP boruların sağladığı avantajları kısaca özetleyecek olursak;

- Toprağa doğrudan gömülebilen bir sisteme uygundur.
- Genleşme parçalarına ihtiyaç yoktur.
- İç yüzeyi daha az sürtünme direncine neden olmakta, daha az pompalama enerjisine ihtiyaç olmaktadır. Katı partikül tutulması çok daha az olmaktadır.
- Cam elyaf liflerini bağlayıcı olarak kullanılan reçine çok değişik çeşitlerde kullanılmaktadır. İzofthalik, ortoftalik, vinlyester, atlac, epoxi v.d.

- CTP borular suyun kimyasal içeriğinden oluşan korozyon tehdidine, bakteri korozyonu tehdidine, korozyon pili oluşmasına karşı %100'e yakın dayanıklıdır.
- Isı iletkenliği son derece küçüktür.(0.4 W/mK) . Bu nedenle çoğu zaman reenjeksiyon ve şehir dönüş hatlarında izolasyonsuz olarak kullanılabilir. Bu da yine yatırımda ekonomi sağlamaktadır.
- Yapıştırma, muflu oringli, flanşlı, kilitli birleştirme şekilleri çok kolaylıkla uygulanabilmektedir.
- İzolasyon olarak iç boru üzerine poliüretan dış kovan ile birlikte uygulanmaktadır. Böyle izolasyonlu bir CTP boru ile 70 °C deki bir akışkan 0.1°C/km sıcaklık kaybı ile taşınabilmektedir.

CTP borunun uygulanabilirliği su sıcaklığına bağlıdır. Yerli üretim CTP boruların uygulama sıcaklığı 80 °C civarındadır. Sıcaklık ve optimizasyon gereği bazen CTP boru kullanmak uygun olabilir. Bu durumda suyun kimyasal içeriğine uygun iç boru, sıcaklığa uygun izolasyon malzemesi ve dış kovan değişik şekillerde uygulanabilir.

İç boru ST 37 çelik, paslanmaz çelik v.b. metaller olabilir. Bu durumda da yine boru ve boru elemanları toprağa doğrudan gömülebilir şekilde üretilir ve montajı yapılır.

İç boru çelik kullanıldığında kullanılan kompanzatorler, vanalar v.b. elemanların tamamı toprağa doğrudan gömülebilir şekilde ve izolasyonludur.

Çelik boruyu korozyona karşı korumak için özel önlemler gerekir. Öncelikle izolasyon üstü mukavim ve sızdırmaz kovan ile kaplanır. Hem çelik boruyu korozyona karşı korumak hem de izolasyonu korumak için bu borular su kaçağını haber veren kontrol sistemi ile teçhiz edilmiştir. Sistem bir merkezden sürekli kontrol edilir. Bu tip borulama sisteminin dizaynı, üretimi ve uygulaması da yine özel ihtisas gerektirmektedir. Gerek CTP gerek ön izoleli çelik borulama sisteminin diğer bir önemli özelliği boru sisteminin(boru, vana, dirsek, TE, v.b.) bakım gerektirmemesidir.

İç borunun çelik olarak kullanılması durumunda da sıcaklık tesiri ile oluşan gerilmenin, malzemenin dayanımından(Fe_{33} için 150 N/mm²) eşit veya az olduğu uygulamalarda genleşme elemanı(kompanzator) kullanılmaz. Tıpkı CTP boruda olduğu gibi borunun

uzamasına izin verilmez. Serbest montaj yerine ön gerilmeli montaj tekniği kullanılarak kompanzatsız kullanım sıcaklığı artırılabilir.

Çelik boruda da en çok kullanılan izolasyon malzemesi yoğunluğu $60-80 \text{ kg/m}^2$ olan genişletilmiş poliüretandır. Dış koruyucu kovan olarak CTP veya yüksek yoğunluklu polietilen kullanılabilir. Bu ön izoleli boru ve ekipmanları izolasyon ve kovan hammaddesi hariç yerli olarak temin edilmektedir. Bu boruların dışında özellikle küçük bağımsız evlerin bağlantısında son derece etkili olan flexbıl borularda kullanılmaktadır. Flexbıl boruda, iç boru olarak oksijene karşı yalıtılmış Pex veya bakır, çelik kullanılabilir. Bu borular sürekli üretim olup kesintisiz boyu 200 metre kadar olabilmektedir. İç boru cinsini sıcaklık v.d. şartların optimizasyonu belirlemektedir. Flexbıl borularda gidiş ve dönüş borusunun bir kovan ve izolasyon içine alınmış olanlarının uygulaması hem ekonomik hem de pratiktir. Ancak flexbıl boruların tamamı ithaldir.

Gerek yurtdışında yapılan çalışmalar gerekse yerli imalatçılar ile yapılan çalışmalar neticesinde toprağa doğrudan gömülebilen boru ve ekipmanları, vana, kompanzator yerli olarak imal edilir hale gelmiştir. Su kaçağını izleme sistemi %100 yerli olarak üretilebilmekte ve kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar sayesinde önemli derecede teknoloji transferi sağlanmış, jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımları ekonomisi iyileştirilmiştir.

3.4.4 Üretim, terfi ve sirkülasyon pompalarının kademeli veya frekans konvertörü ile değişken devirli olarak kullanılması

Elektrik enerjisi, jeotermal su, kimyasal madde tüketimini azaltarak tasarruf ve işletme ekonomisi sağlamak gayesi ile pompalama kademeli veya frekans konvertörleri ile değişken devirli olarak dizayn edilerek çalıştırılmaktadır.

Merkezi ısıtma sistemlerinde ısı tüketimi dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişkendir. Bu değişkenliğe uygun olarak tüketicilere gönderilen ısı enerjisinin de değişken olması gereklidir. Bu değişken iki şekilde sağlanabilir.

Birincisi ve alışlagelmiş şekli, gidiş sıcaklığını değiştirmektir. Buna kısaca değişken sıcaklık diyebiliriz. Değişken sıcaklık uygulamasında yıllık işletme verimi son derece düşük ve maliyetleri çok yüksektir. Ayrıca değişken sıcaklık uygulaması özellikle merkezi sistem

yatırımını %60-70'ini oluşturan boru şebekesinin ömrüne son derece olumsuz tesir etmektedir. Değişken sıcaklık uygulamasında pompaları kademeli veya değişken devirli çalıştırmak imkansızdır. Bu nedenle bir tasarruf söz konusu değildir.

Değişken sıcaklık sisteminde tüketicilerde meydana gelen ısı talebi değişikliklerine sistemin cevap verme süresi çok uzundur ve ısı talebi değişiklikleri tam olarak karşılanamaz. Günümüzde İsveç ve bazı kuzey Avrupa ülkelerinde bina sirkülasyon pompalarını bile değişken devirli kullanma zorunluluğu getirilmiştir.

Değişen ısı yükü talebini karşılamanın ikinci yöntemi ise tüketicilere gönderilen suyun debisini değiştirmektir. Buna kısaca değişken debi diyebiliriz. Bu durumda tüketicilere giden ve tüketicilerden dönen suyun sıcaklığı sabit tutulur. Değişen ısı yükü talebine göre sirkülasyon debisi değiştirilir. Üretim, terfi ve sirkülasyon pompalamasını değişken devir ile çalıştırılabilmeyi sabit sıcaklık değişken debi sistemi ile yapabilmek mümkündür. Bu sistemin sağladığı avantajlar şunlardır:

- Sabit sıcaklık değişken debi sistemi ısı değişkenler nedeniyle oluşan boru şebekesindeki yorulmayı ortadan kaldırır.
- Tüketicilerde meydana gelen ani ısı yükü taleplerine tam ve anında cevap verebilir.
- Jeotermal su, elektrik ve kimyasal madde tasarrufu sağlayacak olan frekans konvertörü ile değişken devirli pompalama yapılmasına imkan verilmektedir. İşletme maliyetleri çok daha az olmaktadır.

Merkezi ısıtma sisteminin hitap edeceği tüketicilerin yıllık ısı talebinin zaman grafiğine göre frekans konvertörü ile değişken devirli pompa ve/veya sabit hızla çalışan pompa kademelendirilmektedir. Frekans konvertörü alternatif akımlı motorlarda akımın frekans değerini değiştirerek motorda devir kontrolünü sağlayan cihazdır.

İyi bir optimizasyon ve tam otomatik kontrol ile desteklenen değişken devirli bir pompalama sisteminde yıllık %63'e varan elektrik tasarrufu sağlanır. Enerji tam otomatik olarak kontrol edilmez ve frekans konvertörleri bu enerji kontrolüne göre otomatik olarak çalıştırılmaz ise bir enerji tasarrufundan bahsetmek imkansızdır.

Frekans konvertörleri ile değişken devir uygulaması, gerektiği enerji tasarrufunun yanı sıra özellikle kuyu içi pompaları başta olmak üzere pompa ve sistemde bulunan tüm elemanların ömrünü de uzatmaktadır.

İyi optimize edilmiş kademeli pompalama uygulamasına örnek olarak Sandıklı Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemini verebiliriz. Bu sistemde jeotermal kuyu ile tesisat merkezi arası mesafe 9318 m'dir. Tesisat merkezi jeotermal kaynağa kadar olan optimizasyon sonunda pompa yerleşimi ve kademelendirme aşağıdaki gibidir.

- a. Kuyu içi pompaları; (Frekans konvertörü ile değişken devir)
- b. Pompalama istasyonu(Jeotermal kuyulara ortalama 100 m)
- c. Pompalama istasyonu(Jeotermal kuyulara 4600 m)
- d. Pompalama istasyonu(Tesisat merkezi içinde, jeotermal kuyulara 4618 m)

- Enerji ihtiyacı %15'e kadar; kuyu içi pompaları ihtiyaç olan debiyi tek başına tesisat merkezine terfi ettirmektedir. Başka terfi pompası çalışmamaktadır.
- Enerji ihtiyacı %15-%25 arasında; kuyu içi pompaları düşük devirde 1. Pompa istasyonu terfi ettirmekte, 1. Pompa istasyonundaki minimum debi pompaları ihtiyaç debiyi terfi ettirmektedir.
- Enerji ihtiyacı % 25-%50 arasında; kuyu içi pompaları düşük devirde ihtiyaç debiyi 1. Pompa istasyonuna terfi ettirmekte, 1. Pompa istasyonundaki orta debi pompaları 2. Pompa istasyonuna terfi ettirmekte, 2. Pompa istasyonundaki orta debi pompaları terfi işlemine tamamlamaktadır.
- Enerji ihtiyacı %50-%100 arasında; kuyu içi pompaları ihtiyaç debiyi 1. Pompa istasyonuna, 1. Pompa istasyonundaki maksimum debi pompaları 2. Pompa istasyonuna, 2. Pompa istasyonundaki maksimum debi pompaları tesisat merkezine, tesisat merkezindeki maksimum debi pompaları reenjeksiyona terfi ettirmektedir.

Jeotermal su terfi pompaları ile uyumlu şekilde şehir sirkülasyon pompaları kademelendirilmiştir. Bu sistemde kuyu içi pompaları frekans konvertörü ile değişken devirli çalıştırılmaktadır. Diğer terfi pompalarından kademeler arası debi, vana kısılarak ayarlanmaktadır. Yukarıda açıklanan sistemle ihtiyaç olan ısı enerjisi ile orantılı elektrik ve jeotermal su sarfiyatı hedeflenmiş ve gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yapılan bu kademelendirme ile ilk yatırım maliyeti de azaltılmıştır.

3.4.5 Şehir ısıtma sirkülasyon devresinde gidiş ve dönüş sıcaklıkları arasındaki maksimum fark ve değişken sirkülasyon debisi ile maksimum verim elde edilmesi

Jeotermal suyun enerjisinden maksimum faydalanmanın şartı jeotermal suyun reenjeksiyon sıcaklığına(eşanjörden çıkış) minimuma indirmektir. Bunu gerçekleştirmek için iyi bir enerji kontrolü gerekmektedir. Enerji kontrolünün birinci basamağı ısı tüketicilerinde başlar. Bu amaçla her tüketici binada dönüş sıcaklığı ve binaya giren ısıtıcı akışkan debisini(binanın tükettiği enerjiyi) kontrol altında tutan yardımcı enerjisiz, otomatik çalışan merkezi ısıtma vanaları bulunur.

Bir merkezi bilgisayar, ölçüm değerlerine göre şehre gönderilecek debi karşılığındaki sirkülasyon pompası devrini ayarlayarak gerekli enerji şehre gönderilmiş olur. Bunun karşılığında şehir gidiş sıcaklığı sabit tutulacak şekilde jeotermal su devresindeki pompaların devri(debileri) ayarlanarak gerekli jeotermal su temin edilir. Bu şekilde ihtiyaç olan enerji minimum maliyet ile tüketimdeki değişkenliklere tam cevap verebilir şekilde konutlara ulaştırılmış olur. Böyle bir sistemde tüketicilerin yıllık ısı yükü dağılımına en uygun pompa kademelendirilmesi yapılmalıdır. Çünkü serbest fanlı sirkülasyon veya terfi pompaları %0-%100 arasında her devirde aynı verimlilikle çalışmazlar. Verimi maksimum yapacak ekonomik bir kademelendirme yapmak zorunludur. Aksi halde frekans konvertörü ile değişken devir çalıştırmaktan beklenen tasarruf elde edilemez.

Jeotermal uygulamalardaki en son teknolojilerin kullanıldığı, işletme maliyetinin en az olduğu Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi tam otomatik olarak 1996 yılından beri başarı ile çalışmaktadır. Ayrıca, Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma dünya çapındaki başarılı jeotermal uygulamaların arasında yer almaktadır.

3.4.6 Yüksek sıcaklıkta çalışabilen derin kuyu içi pompaları ve kuyu elemanlarının kullanılması

Bu sistemde tüm kuyu içi pompaları, reenjeksiyon pompaları ve sirkülasyon pompaları frekans konvertörü ile değişken devirli çalışmaktadır. Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemine enerji kaynağı olarak MTA tarafından derin kuyular açılmıştır. Derin kuyuların birisinde üretim artezyenik karakterdedir.

Diğer birisinde kuyularda üretim artezyenik olarak gerçekleşmemiş ve kuyu testleri sonunda dinamik seviyelerin 40 m-100 m arasında olacağı tespit edilmiştir. Üretim sıcaklığının 140 °C olması sonucunda ve yapılan araştırma ve bilgi işbirliği ile bu kuyularda çalışabilecek pompa yurt dışından ithal edilmiş üç numaralı kuyuda 150 m derinliğe indirilmiş, bir yıldan fazla teste tabi tutulmuş ve netice çok başarılı olmuştur.

Şu anda Balçova sahasında en verimli ve birim enerji maliyeti en ucuz üretim bu pompalar ile yapılan üretimde sağlanmaktadır. Büyük masraflar yapılarak açılan ve atıl kalacak olan bu kuyular yapılan teknoloji transferi ile en verimli halde üretim yapar hale getirilmiştir. Jeotermal enerji kullanımı bir kademe daha sıçramıştır. Ayrıca yerli pompa imalatçıları bu güne kadar soğuk yada düşük sıcaklıklı sular için pompa yapma konusunda tecrübeliydiler. Ancak şimdi yeni teknoloji pompa yapmak için çalışmaktadır. Yakın zamanda çalışmaların başarıya ulaşacağı beklenmektedir.

Yüksek sıcaklıklı kuyularda dinamik seviye 100 m'den fazla olunca, kimyasal madde enjeksiyon borusunu çok daha derinlere indirmek zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. 350 m gibi mesafeye 140 °C suyun içine dozaj borusu ve ekipmanı indirmek bilinen malzeme ve teknikle imkansız olmaktadır. Bu nedenle sahada yabancı uzmanlar ile yapılan çalışma neticesinde böyle uygulamalar için boru ve dozaj sistemi geliştirilmiş, ithal edilmiş ve şu anda başarıyla uygulanmaktadır.

Uygulanan bu teknolojik yenilikler sayesinde Türkiye'de kurulmuş bulunan bazı jeotermal merkezi ısıtma sistemlerindeki ekonomik değerler şöyledir. Ocak 1999 rakamlarına göre 1 yıl sabit kalmak üzere, jeotermal ısıtmalarda birim konut için ödenen İzmir-Balçova'da 6.000.000 TL/ay, Gönen'de 9.000.000 TL'dir. Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin çoğunda yatırımın yaklaşık %30-50'si kullanıcı vatandaş tarafından katılım payı depozite vb. adı altında finanse edilmiştir.

Ülkemiz, üzerinde bulunduğu tektonik kuşak sayesinde jeotermal potansiyel açısından dünyada 7. sırada yer almaktadır. Jeotermal enerji sıcaklığına bağlı olarak bir çok alanda değerlendirilmekle beraber Türkiye'de ki en geniş değerlendirme alanı bölgesel ısıtma olmuştur. Ülkemizde ilk merkezi ısıtma sistemleri jeotermal enerjiye dayalı olarak

kurulmuştur. Doğru uygulama ve teknoloji seçimi yapıldığında, jeotermal merkezi ısıtma sistemleri ilk yatırım ve işletme giderleri açısından en ucuz, çevreye en duyarlı sistemlerdir.

Dünya’da her konuda hızlı yenilikler olurken jeotermal enerjinin kullanılmasında da araştırmalar ve yenilikler çok hızlı gelişmektedir. Bu sektörde hizmet vererek bu gelişmeleri çok yakından takip ederek, kendi kaynaklarımızın özelliklerine uygun değerlendirilmelerini gerçekleştirmek, yenilikleri uygulamak ve bilgi alışverişi sağlamanın getireceği faydalar büyüktür.

3.5 Türkiye’deki Jeotermal Uygulamalar

Jeotermal enerjinin Türkiye’deki başlıca kullanım alanları; ısıtmacılık(konut, sera, termal tesis,sera) kaplıca turizmi ve elektrik üretimidir. Jeotermal Merkezi Isıtma’da teknik ve ekonomik olabilirliği getiren en önemli parametreler, jeotermal sahanın büyüklüğü, jeotermal akışkanın sıcaklığı, muhtemel jeotermal potansiyel debisi, jeotermal alan ile şehir arasındaki mesafe ve şehir büyüklüğü(uygun ev sayısı yani Pazar büyüklüğü) ile konvansiyonel yakıt türlerine göre jeotermal enerjinin daha ucuza elde edilmesidir.

3.5.1 Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı

Sahip oldukları sıcaklıklar ele alındığında jeotermal kaynaklarımız daha çok merkezi ısıtmaya, endüstride proses ısısı olarak kullanıma ve buna entegre kaplıca maksatlı kullanımda değerlendirilmesine uygundur. Ülkemizde sadece dört saha elektrik üretimine teknik ve ekonomik olarak uygunluk göstermektedir. Bunlar Aydın-Germencik (200-232 °C), Denizli-Kızıldere (200-212 °C), Çanakkale-Tuzla (173 °C) ve Aydın-Salavatlı (171°C) sahalarıdır.

Türkiye’de yaklaşık 50.000 konut eşdeğeri(350MWt) ısıtma değerine 190 adet kaplıca maksatlı kullanımda (285 MWt) dahil edildiği zaman jeotermalin doğrudan kullanım kapasitesi olan 635 MWt’e ulaşılmaktadır.. Bu değer ile Türkiye’nin jeotermal enerjiden doğrudan yararlanma kapasitesi dünyada altıncı sıraya yükselmektedir.

Türkiye'deki jeotermal ısıtma uygulaması 1964 yılında Gönen'de bir otelin ısıtılması ile başlamıştır. Şu anda Türkiye'de yaklaşık 50.000 konut eşdeğeri jeotermal ile merkezi olarak ısıtılmaktadır. Jeotermal ile Türkiye'de merkezi olarak ısıtılan yerler; Gönen(3000 konut, devreye alma:1987), Simav(2700 konut,devreye alma:1991), Kırşehir(1800 konut, devreye alma:1994), Kızılcahamam(2000 konut, devreye alma:1995), Balçova(8000 konut, devreye alma:1996), Narlidere(800 konut, devreye alma:1998), Sandıklı(1000 konut, devreye alma:1998), Afyon(4000 konut, devreye alma: 1996), Kozaklı(700 konut, devreye alma 1996). Sayılan bu sistemlere konut bağlantıları devam etmektedir. Birçok jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde reenjeksiyon (yeraltına geri verme) uygulanmaktadır.

1983 yılından bu yana Türkiye'deki jeotermal merkezi ısıtma uygulamalarındaki konut bağlantı miktarlarındaki yıllık artış oranı %23 civarındadır.

3.5.2 Jeotermal elektrik üretimi ve diğer uygulamalar

Denizli-Sarayköy'de 1984 yılından beri faaliyet gösteren 20.4 MWe kurulu güce sahip Kızıldere jeotermal enerji santrali bulunmaktadır. Bu jeotermal elektrik santraline entegre olarak da Dünya'da ilk ve tek uygulama olan sıvı karbondioksit ve kuru buz üretim(40.000 ton/yıl) tesisi bulunmaktadır ve Türkiye'nin meşrubatlarda(Coca-Cola, Fanta v.b.) kullanılan karbondioksit ihtiyacının yaklaşık %50'si buradan karşılamaktadır.

Elektrik üretimine teknik ve ekonomik olarak uygun olan diğer sahalarımız Aydın-Germencik, Salavatlı, Denizli-Sarayköy ve Çanakkale-Tuzla jeotermal sahalarıdır.

3.5.3 Teknoloji

Türkiye'de merkezi(bölgesel) ısıtma ancak jeotermal enerji ile yapılabilmektedir ve ekonomik olarak işletilmektedir. Bu yapılabilirlik jeotermal kaynağın karakteristiğinin optimizasyonu sonucu yapılan sistem dizaynı ve teknoloji seçimi ile gerçekleşmektedir.

Bilinen teknolojilerde ısrar edilerek ülkemizde jeotermal merkezi ısıtma yapılmaya çalışılsa idi, gerçekleşme şansı pek olmayacaktı. Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin klasik anlayış ve uygulamalarının dışına çıkarak sağladığı teknolojik yenilikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Tüketicilerin ısı yükleri teorik hesaplamalara göre değil, deneysel sonuçlara göre belirlenmektedir.

Isı aktarıcısı olarak akışkan sıcaklıklarının birbirine yaklaşım aralığı çok küçük olan plakalı tip eşanjörler kullanılmaktadır.

Jeotermal suyun taşınmasında ve şehir dağıtım hatlarında korozyona karşı mukavim(30 yıl ekonomik ömür), sürtünme direnci çok az, ısı izolasyonu çok iyi ve toprağa doğrudan gömülebilen ve genleşme parçaları gerektirmeyen borular kullanılmaktadır.

Üretim, terfi ve sirkülasyon pompaları kademeli veya frekans konvertörü ile değişken devirli yapılmakta ve çalıştırılmaktadır.

Isıtma sirkülasyon devresinde gidiş dönüş sıcaklık farkı maksimum ve sabit, debi değişken olacak şekilde dizayn edilerek minimum elektrik ve minimum jeotermal su sarfiyatı ile maksimum enerji taşınması gerçekleştirilmektedir.

Yüksek sıcaklıkta çalışabilen derin kuyu içi pompaları kullanılabilir (Balçova örneğindeki 140°C'de olduğu gibi).

Son uygulamalarda cam elyaf takviyeli plastik borular (CTP) suyun uzun mesafelerde taşınmasında kullanılmakta, herhangi bir paslanma, çürüme ve çökelim(kireçlenme) sorunu olmadan toprağa gömülmektedir. Ayrıca bu borular fabrikasında ısı izolasyonlu imal edilebildiğinden, su sıcaklığı 1 kilometrede ancak 0.1°C-0.5°C düşmektedir. CTP boruları Türkiye'de imal edilmektedir.

Jeotermal suyun meydana getirdiği kabuklaşma ve korozyon gibi işletme problemleri artık tamamen çözümlenmiştir.

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar ile yer ısısından faydalanan ısı pompaları ısıtmada ve soğutmada Dünya'da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, Türkiye şartlarında ekonomik cazibesi şu anda bulunmamaktadır.

3.5.4 Ekonomik boyutlar

Jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımları kendilerini en geç 5-10 yılda geri ödeyen, alt yapı hizmeti getiren, kömür, fuel oil, doğal gaz, elektrik ve dolayısıyla döviz tasarrufu sağlayan enerji üretimi ve çevre koruma yatırımlarıdır. Konut başına düşen jeotermal merkezi ısıtma sisteminin yatırım maliyeti(şebeke ve sistem dahil, ev içi kalorifer tesisatı hariç) 2000 \$ civarında olmaktadır.

Bugün Türkiye’de 40-45⁰C’lik jeotermal sular ile mahal ısıtması yapılmaktadır(ısı pompası hariç). Ayrıca jeotermal akışkanların 40⁰C’nin üzerindeki sıcaklıklarının değerlendirilmesi ile 40⁰C’ye düştükten sonra da kaplıca termal suyu elde edilerek değerlendirilmesi jeotermal akışkanların entegre kullanımlarının sağlamakta, teknik ve ekonomik üstünlük getirmektedir. Örneğin; Kızılcahamam’da 80 ⁰C sıcaklık ile 25 lt/sn. jeotermal su konutları ısıttıktan sonra 45⁰C’de kaplıca maksatlı olarak kullanılmaktadır. Kızılcahamam örneğinde 1 m³ temiz suyun sıcaklığını 800.000 TL’nin üzerindedir. Bu suyu tüm yılın %50’sinde değerlendirildiğini söyleyecek olursak yılda bir kuyunun ürettiği jeotermal suyun fuel-oil eşdeğeri 750 milyar TL’dir. Bu da 75 Milyar TL’ye mal olan bir kuyunun yılda 750 milyar TL’ye fuel-oil eşdeğeri ısı ürettiği anlamına gelmektedir.

MTA ‘nın Türkiye Jeotermal Derneği’nin bazı değerlerine göre 31.500 MWt olan Türkiye’nin muhtemel üretimi potansiyeli(kaplıca kullanımı ile birlikte) muhtemel teorik bir potansiyeldir. Şayet bu potansiyeli değerlendirdiğimiz düşünülür ise yılda 1.875.000.000 \$ ciro, bunun yanında 1.750.000.000 \$ net yurtiçi katma değer ve 9.000.000.000 \$ petrol ikramiyesi elde etmek mümkündür.

Yine bunun yanında çevre kirliliğini önlemek için milli kaynaklarımızı değerlendirmek için yapacağımız toplam yatırım maliyeti ise 7.500.000.000 \$ civarında kalmaktadır. Tekniğine uygun sistemlerin ömrü en az 30 yıl olduğunda, sağladığı gelire göre yatırım maliyeti çok uzun olmaktadır. Ayrıca, muhtemel ısı üretim potansiyeli olan 31.500 MWt’e entegre olarak sınırsız sayıda termal kaplıca için imkan ortaya çıkmaktadır.

Jeotermal elektrik santrallerinin birim kuruluş maliyetleri 850-1250 \$/kW düzeyindedir. Ancak, jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde tüm yatırımın(kuyu, şebeke, ev bağlantısı dahil) kuruluş maliyeti 300-350 \$/kWh ısı’dır.

Kasım 1998 rakamlarına göre 1 yıl sabit kalmak üzere jeotermal ısıtmalarda Türkiye’de bir evin (100 m²) ödediği aylık ısınma ve sıcak su ücreti İzmir-Balçova’da 6.000.000 TL, Gonen’de 9.000.000 TL’dir. Bu da bu kaynağın değerlendirilmesi ile ucuz ısınmanın sağlandığının(değişik teknoloji ile uygulanmış jeotermal ile ısınma, doğal gazla ısınmanın sadece 1/4-1/7’sidir.) bir göstergesidir. Dolayısıyla halkın doğrudan yararına, yaşam ekonomisine müspet etkisi bulunmaktadır ve çevre kirletilmeden milli kaynaklarımız değerlendirilmektedir. Mevcut jeotermal merkezi ısıtma sistemleri yatırımlarının takriben

%30-50'si vatandaş tarafından (katılım payı depozito, 2 yıllık ısınma bedelinin peşin alınması v.b.) finanse edilmiştir.

500.000 konutun jeotermal ile ısıtılması sayesinde 4000 MWt kurulu güç karşılığı, yılda 1.5 milyon ton fuel-oil, yani 110 trilyon TL ikame tasarruf sağlanabilecektir. Kaplıca maksatlı kullanımda ise sınırsız sayıda ve milyonlarca yatak kapasitesi potansiyeli ortaya çıkmaktadır. Tüm jeotermal potansiyelimizi(31.500 MWt) değerlendirdiğimizde(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 (20 milyar\$'ın üzerinde) ulaşmaktadır. Aralık 1998 rakamlarına göre Türkiye'de konut ısıtma maliyetleri şunlardır.

ELEKTRİK BAZLI ISITMA	: 29.363 TL/1000 kcal
FUEL-OİL BAZLI ISITMA(kal,yakıtı)	: 9.343 TL/1000 kcal
DOĞALGAZ	: 8.856 TL/1000 kcal
KÖMÜR BAZLI ISITMA(ortalama)	: 13.480 TL/1000 kcal
JEOTERMAL BAZLI ISITMA	: 715-1.285 TL/1000 kcal

3.5.5 İşletme modelleri

Jeotermal Merkezi Isıtma:

Türkiye'de jeotermal kanunu yoktur ve jeotermal sahanın sahibi Özel İdare'dir. Jeotermal sahada üretilecek ısının tüketileceği şehir ile Belediye ilgilendiğinden Özel İdare ve Belediyelerin bir araya gelmesini gerektiren bir yatırım ve işletme söz konusu olmaktadır. Özel sektör bu alana girememektedir. Mevcut yasalar doğrultusunda da girmesi mümkün değildir. Şu anda mevcut yatırım ve işletmeler ve/veya Belediyelerin kurdukları anonim şirketler tarafından yapılmakta ve işletilmektedir. Ancak, bu işletmeler belki zamanla özel sektöre kiralanabilir. Dolayısıyla jeotermal Merkezi Isıtma sisteminde belli bir süre daha yatırım ve işletmede özel idarelerin, belediyelerin ve bunların ortaklıklarının kurulması zorunlu olarak görülmektedir. Dünyada da bugün 2 milyona yakın ev jeotermal enerji ile ısınmaktadır. Ve bunların tümü devlet ağırlıklı kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmişlerdir.

Jeotermal Elektrik Üretimi:

Yap-İşlet-Devret modeli ile jeotermal elektrik üretimi için yatırım yapılması mantıklı bir yaklaşımdır.

Jeotermal elektrik üretimi mevcut yasalar ve kurallar gereği şu anda tek santral olan Kızıldere (Denizli) Jeotermal Elektrik Santralına TEAŞ tarafından yatırım yapılmıştır ve aynı kurum tarafından işletilmektedir. TEDAŞ'a ise elektrik enerjisi verilmektedir. Yapılan yeni bir anlaşma ile Germencik Jeotermal Elektrik Santrali Yap-İşlet-Devret modeli ile bir Konsorsiyum tarafından yapılacaktır. Ancak daha gerçekleşmemiştir.

Termal Turizm:

Tedavi amaçlı kullanılan Kaplıca Tesisleri öncelikle Özel İdare ve Belediyeler tarafından yapılmıştır. Ancak su ve arsa tahsisi ve satın alınma yoluyla özel sektör bu alana girebilmiştir. Onun için özel sektörün bu alanda gelişmesi mümkün olmuştur. Ancak bu konuda gerekli düzenlemeler ve yönetmelikler olmadığı için özel sektör bu konuda kontrol edilememektedir. Bu kontrol mekanizması, Turizm Bakanlığı ile birlikte yapılması gereken bir organizasyondur.

3.6 Jeotermal Enerji İle Bölgesel Isıtma Sistemleri İzmir- Balçova Örneği

Batı'da petrol krizlerinden sonra önemi artan merkezi ısıtma sistemleri yalnızca konfor sağlamakla kalmamakta, hava ve çevre kirliliğini azaltmakta, enerji tasarrufu sağlamaktadır. Dünya'da elektrik santrallerinin kombine kullanılması ile yani santralin hem elektrik hem de ısı kaynağı olarak kullanılması ile enerjinin optimum şekilde değerlendirme şansı ortaya çıkmıştır. Türkiye'de bulunan şehir bazlı büyük ısıtma sistemlerinde ise enerji kaynağı jeotermal sıcak su olarak kullanılmaktadır. İzmir Balçova Jeotermal Isıtma Sistemi, bu sistemlerin en büyüğüdür. Balçova jeotermal alanından hedeflenen toplam kapasite ise 25.000 konutun jeotermal enerji ile ısıtılmasıdır.

Türkiye'de şehir bazındaki ilk merkezi ısıtma sistemi uygulamaları yeni, yenilenebilen, çevre dostu kendi enerji kaynağımız olan jeotermal enerjinin kullanılması ile başlamıştır. İlk jeotermal merkezi ısıtma uygulaması 1987 yılında Gönen'de başlamış, sırasıyla Simav, Kırşehir, Kızılcahamam, Afyon ve İzmir şehirlerinde devam etmiştir.

İzmir Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi, Türkiye’de bugüne kadar yapılmış merkezi ısıtma sistemleri içinde, modern bir teknolojinin kullanıldığı, dünyadaki en yeni uygulamaların yurdumuza taşındığı bir örnektir.

Sistemde kullanılan ön izoleli paket çelik borular en son teknoloji ile üretilmiş ve yeni montaj teknikleri uygulanarak döşenmiştir. Bu borulama sistemi ile 90 °C deki akışkan 0.2 °C/km sıcaklık kaybı ile nakledilebilmektedir.

Sistem frekans konverteri ve bilgisayar kontrollü otomasyon sistemi ile tam otomatik olarak çalışmaktadır. Jeotermal su ve sirkülasyon pompaları devirleri frekans konverteri ile dış hava sıcaklığına ve ısı tüketim noktalarındaki talebe bağlı olarak kontrol edilmesi ile değişken debi ile ihtiyaç enerji anında tüketim noktalarına ulaştırılmaktadır. Elektrik ve jeotermal su tasarrufu yapan frekans konvertörlü jeotermal sistem teknolojisi Türkiye’de ilk defa İzmir’de uygulanmıştır. Bu tesis ile 29 Ekim 1996 tarihinde bir bölüm binalar ısıtmaya başlanmış, ısıtma işlemine ara verilmeksizin sistemin kapasitesi artırılmış, yeni binalar sisteme bağlanmış bir kısım bağlantı devam etmektedir.

İzmir Jeotermal Merkezi Isıtma Sisteminin konvansiyonel ısıtma sistemlerinkinden en büyük farklılığı değişken debi ve sabit sıcaklık farkına göre çalışmasıdır. Bu sistemde dönüş sıcaklığı 40 °C olarak tutulmakta ve böylelikle jeotermal kaynaktan daha fazla yararlanılmaktadır. Elde edilen büyük sıcaklık farkı, daha az pompalama maliyeti, küçük boru çapları ve daha ekonomik bir yatırım gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Bu en ekonomik yatırım ile ayrıca en ekonomik işletme maliyetinin optimasyonu yapılmıştır.

İzmir Jeotermal Merkezi Isıtma Sisteminde 3 kapalı 1 açık çevrim bulunmaktadır. Bunlar:

1. Çevrim enerjinin üretildiği çevrimdir. İzmir sisteminde bu çevrim jeotermal sıcak sudur. Jeotermal su rezervuardan üretilir, enerjisi alınır ve rezervuara geri gönderilerek çevrim tamamlanır. 2. Çevrim enerjinin dağıtılması çevrimidir. Binalardan 40 °C’de dönen temiz su ısı aktarma eşanjöründe jeotermal suyun enerjisi ile sıcaklığı yükseltilir. Bu su binalara ulaşır. Bina altındaki eşanjörde enerjisini bina kalorifer devresine aktararak sıcaklığı 40 °C’ye düşen temiz su tekrar ilk noktaya döner böylece kapalı çevrim tamamlanır. Enerji dağıtıcı olarak temiz sıcak su kullanılmaktadır. Akışkan taşıma borusu olarak kullanılan özel borulama

sistemi sayesinde sıcaklık kaybı gradyanı $0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ olmakta ve klasik sistemlere göre, boru galerili sistemlere göre çok daha az genişleme parçası kullanılmaktadır. 3. Çevrim enerjinin tüketim çevrimidir. Bu devrede radyatör ile ısınma enerjisi, sıcak su hazırlayıcıları ile de kullanım sıcak suyu hazırlanmaktadır. Çevrimlerin kesişim noktalarında plakalı ısı aktarıcıları kullanılmaktadır. 4. Açık çevrim kullanım sıcak suyu devresidir. Şehir şebekesinden soğuk olarak gelen, bina kapalı devre suyu ile ısınan su kullanım noktalarına (duş, eviye) ulaşır.

3.6.1 Sistemin tanımı ve tarihçesi

İzmir- Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi ilk etapta 2500 konut jeotermal merkezi ısıtma ve 500 konut jeotermal merkezi soğutma olarak dizayn edilmiştir. Daha sonra, görülen potansiyel ve gelen talep üzerine sistem 5000 konut jeotermal merkezi ısıtma ve 1000 konut jeotermal merkezi soğutmaya çıkarılmıştır. Jeotermal merkezi soğutma için absorpsiyonlu sıvı soğutucular kullanılacaktır.

Sistemde, şu anda 7800 konut eşdeğerinde tamamlanma çalışmaları yapılmaktadır. Bir konut eşdeğeri ise 100 m^2 kullanım alanı olan 2.8 m yüksekliğe sahip bir daire olarak kabul edilmektedir.

Şehirde döşenmiş olan ana hat dağıtım boruları ve jeotermal merkez ana ekipmanları ki bunlar arasında jeotermal devresi pompaları, şehir devresi sirkülasyon pompaları ve ısıtma eşanjörleri 10.000 konut ısıtmaya yetecek şekilde dizayn edilmiştir.

Sistem dizayn edilirken, esas alınan değerler şöyledir:

- Dış hava sıcaklığı: :0 °C
- Ortam dizayn sıcaklığı: :22 °C
- 1 konut eşdeğeri için birim ısı yükü: :5320 kcal/h
- Sistemin çalışma prensibi: :Değişken debili, sabit sıcaklık farkına göre çalışmaktadır.
- Dizayn sıcaklıkları: :Sistem; 115-98/45 °C jeotermal 90/42 °C şehir devresi, 70/38 °C bine devresi olmak üzere üç farklı çevrim sıcaklığında dizayn edilmiştir.
- Jeotermal su ortalama üretim sıcaklığı: :140 °C

3.6.2 Jeotermal tesisat merkezi

İzmir Balçova Jeotermal Tesisat Merkezi; sisteminin ihtiyacı olan enerjinin jeotermal akışkandan alınarak şehir devresinde dolaşan işlenmiş yani yumuşatılmış ve korozyona karşı kimyasal madde enjekte edilmiş suya aktarıldığı, korozyona karşı son derece dayanıklı titanyum plakalı ısı iletimi yüksek olan plakalı eşanjörler, pompalar, hidrofor, su deposu, su yumuşatma cihazı, kimyasal dozajlama pompaları, frekans konvertörleri ve kondenserli seperatörden oluşmaktadır.

Plakalı eşanjörler, çağımızın en iyi ve en verimli ısı transfer ekipmanlarıdır. Bu cihazlarla, birbirine ısı aktaran akışkanlar birbirlerine 2 °C' ye çok ekonomik olarak istenildiğinde 0.2 °C ye kadar yaklaşım sağlanmaktadır. İşletme ve bakım kalaylığı sağlayan eşanjörler, az yer kaplamakta ve yılda sadece bir kere temizlik gerektirmektedir. Kompakt bir cihaz olan eşanjör, maksimum 2-3 m² alan kaplamakta, kapasitesi ise tek cihazda sıcaklık programına bağlı olarak 20-100 milyon kcal/h'e ulaşabilmektedir. Eşanjörün temizliği, jeotermal akışkanın kimyasal kompozisyonuna bağlı olmakla beraber, işletme sırasında inhibitör kullanılıp kullanılmamasına da bağlıdır.

Şehir devresinde ve jeotermal devrede kullanılan pompalar serbest fanlı, santrifüj pompa olup, pompaların fan ve milleri AISI 316 paslanmaz çelikten yapılmıştır. Korozif bir akışkan olan

jeotermal su içerdiği elementler ve sıcaklığı nedeniyle kullanılan ekipmanlar için tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle, malzeme seçiminde yüksek hassasiyet gerektirmektedir.

Büyük bir merkezi ısıtma sistemi ve şebekesinde su takviyesi mutlaka gerekmektedir. Su kaçağı, hatta başka çalışmalardan dolayı verilebilecek bir zarar nedeniyle veya yeni konut bağlantısı için yapılan hat alma çalışmaları sırasında olabilmektedir. Bu nedenle sisteme su takviyesi gerekmekte, takviye edilen her litre su yeni bir kabuklaşma kaynağı olduğu için bu suyun yumuşatılması ve olası büyük takviyelere karşı depolanması gerekmektedir. Hidrofor, su deposu ve yumuşatma cihazının neden kullanıldığı buradan anlaşılmaktadır.

Jeotermal akışkanın içerdiği maddeler, özellikle klor korozyon için büyük tehlikedir. Ayrıca içerdiği CaCO_3 kabuklaşmaya, boru ve ekipmanların yüzeyinde kabuk oluşmasına neden olmaktadır. Bu tuzların konsantrasyonu kabuk oluşum hızında en önemli etkidir. Günümüz teknolojisi ile kabuk oluşumunu minimuma indirmek ve daha uzun süre sorunsuz işletme yapabilmek mümkün hale gelmiştir. Aynı kimyasal maddenin yani inhibitörün bütün kuyularda etkili olması beklenemez. Bu da jeotermal akışkanın sıcaklığıyla, inhibitörün o sıcaklıkta etkili olabilmesi ile ilgilidir. Ayrıca inhibitörün etkili olabilmesi için dozajın, kuyuda flaş noktasının diğer bir deyişle sıvı haldeki gazların basınç düşümüyle gaz fazına geçtikleri noktanın en az 50 m altına yapılmalıdır. Enjeksiyon boru sistemi, kuyu sıcaklığına ve inhibitörün kimyasal karakterine karşı da dayanıklı olmak zorundadır.

İzmir- Balçova'da kullanılan enjeksiyon sistemi üretilen jeotermal akışkanın debisine göre otomatik olarak ayarlanmakta ve gerekli dozda verilmektedir. Kullanılan kimyasal enjeksiyon boru sistemi yüksek sıcaklığa ve darbelere karşı dayanıklı olup, 6 mm çapında AISI 316 paslanmaz çelik iç boru, 15 mm dış çapında PES kaplamadan oluşmaktadır. PES kaplama ile çelik boru arasında takviye ve rijitliği sağlamak amacıyla çelik halatlar kullanılmıştır. Bu halatların bir fonksiyonu da kuyu dibine indirilebilecek bir sensör ile data transferine olanak sağlamasıdır.

İzmir- Balçova Jeotermal Merkezi ısıtma sistemini Türkiye'deki diğer sistemlerden ayıran en önemli özelliklerden bir tanesi de sistemin dış hava sıcaklığı ve kritik diferansiyel basınca göre çalışan frekans konvertörlü olmasıdır. Sistem, daha önce de belirtildiği gibi sabit sıcaklık farkı ve değişken debi esasına göre çalışmaktadır. Bina altı eşanjörüne giriş ve bu eşanjörden çıkış sıcaklığı devamlı olarak aynı değerde tutulmaya çalışılmakta ve sağlanmaktadır. Bu

şekilde çalıştırmanın en önemli avantajı; sistemde ortaya çıkabilecek ani ihtiyaçlara (yaz döneminde sıcak su kullanımında oluşabilecek ani talepler) anında cevap verebilme olanağını sağlaması ve malzemede sıcaklık değişiminden dolayı ortaya çıkabilecek yorulmaları minimuma düşürmesidir. Sıcaklık farkında bir değişim olmadığından, talepte meydana gelebilecek artışlar debi artırılarak hidrofor gibi davranarak anında karşılanmakta sisteme bir kıvraklık kazandırmaktadır. Sistem değişken gibi çalıştığından, kritik devredeki basınç farkı sürekli kontrol edilerek talep enerjinin karşılığı debi anında şebekede dağıtılmaktadır. Jeotermal tesisat merkezinde oluşturulan ihtiyaç debi suyun sıkıştırılmaz olması ve süreklilik denklemi gereği anında kullanım noktasına ulaşmaktadır. Bu durum uzun şebeke hatları olan bölgesel ısıtmada çok önemlidir. Bir sıcak su kullanım süresi ortalama on dakikadır. Bunu, kritik noktalardaki diferansiyel basınç sensörlerinden aldığı data'lara göre debiyi artırarak veya azaltarak frekans konvertörleri sağlamaktadır. Değişken sıcaklık sabit debili sistemde 10 dakikalık periyotta oluşan enerji talebini karşılamak ekonomik olarak imkansızdır.

Frekans konvertörleri, bütün bunları yaparken sistemde gereksiz debi dolaşımını önlemekte pompaların fazla elektrik tüketmesini önlemekte, sistemin dengesini sürekli korumasını sağlayarak işletme maliyetlerini aşağı çekmektedir.

Pompaya 3 km uzaklıktaki bir binada oluşan ani sıcak su talebini klasik sistem ile karşılamak imkansızdır. Zira talep olan enerjinin karşılığı tesisat merkezinde hazırlanan sıcaklıktaki akışkanın tüketim yerine ulaşması 1,5 saat sürer. Ayrıca talebi algılamak çok güçtür. Üstelik az ısı talebinde de çok ısı talebinde de aynı miktar elektrik enerjisi ve jeotermal su tüketilir. Bu ise işletmenin ekonomikliği açısından felakettir.

İzmir- Balçova Jeotermal Merkezi ısıtma sisteminde, şu anda BD2 kuyusu kullanılmaktadır. Bu kuyu 40 l/sn artezenik üretimi yapmaktadır. Kuyu başı basıncı üretim sırasında 0.5-1.2 bardır. BD3 kuyusuna monte edilecek kuyu içi pompası ile bu kuyuda üretime alınacaktır. Üretilen akışkan sıcaklığı 135 °C'dir. Yüksek sıcaklıklı akışkan, H₂S, CO₂ vb. gazlar+buhar+su içermektedir. Kondenserli seperatörde, eşanjörde sıcaklığını bırakmış yaklaşık 45 °C'lik akışkan üretilen akışkan ile karıştırılmakta, burada buharın enerjisi alınmakta ve sıcaklık 98 °C'ye düşürülmektedir. Ayrıca, korozif gazlar akışkandan uzaklaştırılmaktadır. Bu tertiplemeyle, diğer cihaz ve ekipmanlar aşırı sıcaktan korunmakta, gereksiz ve yüksek yatırım maliyetlerinden kaçınılmaktadır. Kuyu içi pompası üretime alındığı zaman, BD3 kuyusundan yapılacak üretim basınç altında tutulacağından herhangi bir

seperasyon işlemine gerek kalmayacak, bu gazlar sıvı halde tutulacağından zararlı etkisi ortadan kaldırılacak ve devamlı sıvı fazla tutulabileceklerdir. Kuyu içi pompası ile yapılan üretim, jeotermal tesisat merkezindeki jeotermal pompaların basma kollektörüne direk verilerek eşanjörden geçirilecek, ayrıca bir pompalama maliyeti olmayacaktır.

3.6.3 Şehir dağıtım şebekesi

İzmir Balçova Jeotermal Merkezi ısıtma şebekesi, ön izoleli paket çelik borulardan oluşmaktadır.

Akışkan taşıyan boru, St37 çelik borudur. Bu boru EN Normlarına göre(1) gerekli kalınlıkta poliüretan ile izole edilmektedir. Çelik boru, poliüretan izole ve cam elyaf dış kılıftan oluşan boru, monte edilmesini müteakip basınç testine tabi tutulmakta daha sonra kaynaklı bağlantı yerleri prefabrik poliüretan köpük+cam elyaf kılıf ile izole edilmektedir.

Borular, kayar ve yapışkan olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kayar borularda, taşıyıcı ana boru izole içinde hareketlidir. Sabit iki nokta arasına konulan kompansatörle uzamalar absorbe edilmekte boruya aşırı stres yüklenmesi önlenmektedir. Yapışkan borularda ise çelik boru, poliüretan izole ve cam elyaf kılıf bir bütündür ve birlikte hareket eder. Bu boruların en önemli özelliği uzamaları kısmen borunun absorbe etmesi ve kullanılan kompansatör sayısının azalmasını sağlamasıdır.

Kullanılan poliüretan yalıtım, 40-50 kg/m³ yoğunlukta olup, su emmesi, kapalı gözenek yüzmesi bakımından EN Normlarına göre yapılmaktadır. Standart izolasyon kalınlığı için verilen izolasyonlu dış boru çaplarına göre cam elyaf dış boru üretilmekte dolayısıyla buna göre izolasyon kalınlığı ortaya çıkmaktadır. Bu standarda göre yapılmış ve döşenmiş borularda sıcaklık kaybı boru çapına göre 0.2⁰C/km olarak gerçekleşmektedir. En uzak konut ile, şu anda bu takriben 1500 metredir, jeotermal merkez arasında sıcaklık farkı dijital termometre haricinde gözlenmemektedir.

Boru izolasyonu içindeki nem miktarı çelik borunun korozyona uğramaması ve izolasyonun özelliğini kaybetmemesi için montaj sırasından itibaren sürekli kontrol edilmektedir. Boru şebekesinin tamamı sensör telleri ile donatılmış ve bunlardan gelen bilgiler sürekli izlenebilmektedir. Böylece gerek izolasyon kılıfından gerekse çelik borudan izolasyona olan

su sızmaları bu izleme sistemi ile tespit edilmektedir. Su kaçağının tam yeri ölçülebilmekte ve anında müdahale edilebilmektedir.

3.6.4 Bina alt istasyonları

İzmir Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma sistemi üç çevrimden oluşmaktadır. İkinci ve üçüncü çevrim(Bina ısıtma sirkülasyon) arasında plakalı tip eşanjör bulunmaktadır. Bu eşanjör, şehir ısıtma sirkülasyon devresi ile bina ısıtma sirkülasyon devresini birbirinden ayırarak, bina yüksekliğinden gelen statik basıncı şehir devresine etki ettirmemektedir. Ayrıca, kullanıcı ile sistemin sorumluluğu birbirinden ayırarak, bina yüksekliğinden gelen statik basıncı şehir devresine etki ettirmemektedir. Ayrıca, kullanıcı ile sistemin sorumluluğu birbirinden ayrılmakta, kullanıcının davranışları ne sistemi ne de diğer binaları etkilemektedir. Sisteme yapılabilecek suistimalleri yani sistemden illegal yolla su alınmasını engellemektedir.

Pompa merkezine göre ısı kullanıcıların dağılımı çok farklıdır. Bu durum farklı dirençler oluşturmaktadır. Bir zaman dilimindeki ısı kullanımı binalara göre değişkenlik arz ettiğinden sabit bir reglaj yapmak imkansız olmaktadır. Bu yüzden konut bazına bir ısı ihtiyacı hesaplanmış ve buna karşı gelen sıcak su debisi bulunmuştur. Merkezi ısıtma sistemlerinde, bütün binaların ihtiyacı kadar debi ve ısı alması gerekmekte, ısı merkezine uzaklığın buna etkisinin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bunun için her bina altı istasyonuna debi ve sıcaklık kontrolü için otomatik olarak ayar değerini koruyan, hiçbir şekilde harici güç almayan mekanik olarak çalışan vanalar takılmıştır.

Bu vanalar, dönüş sıcaklığını ve bina alt eşanjöründen geçen debiyi sınırlamaktadır. Her bina için gerekli maksimum debi hesaplanıp, vana ayarlanmakta, dönüş sıcaklığı 40 °C ile sınırlanmaktadır. Böylelikle basınç farkının yüksek olduğu binalarda fazla debi geçip diğerlerinden gerekenden az debi geçmesi engellenmektedir. Dönüş sıcaklığının sınırlanması ile yüksek sıcaklıklı akışkan dönüşü engellenmekte, jeotermal kaynak yüksek sıcaklık farkında çalıştırıldığından kullanılan debi azaltılmakta, sirkülasyon maliyetleri azaltılmaktadır. Artan dönüş suyu sıcaklığında veya artan basınç farkında vana otomatik olarak kendini kapatmaktadır. Bu şartların ortadan kalmasından sonra yeniden devreyi açmaktadır.

3.6.5 Ekonomik değerlendirmeler

1. Yatırım Maliyetleri:

1995 Ekim ayında 1. Etap 2500 konut olarak başlayan Balçova 7500 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımının konut başına maliyeti 1500 \$'dır.

2. İşletme Maliyetleri:

Sistemin işletme maliyeti (faiz ve amortisman hariç) %100 kapasitede (7500 konut eşdeğeri) 330.000 \$'dır. İşletme giderleri elektrik, inhibitör, bakım-onarım, genel ve beklenmeyen giderlerden oluşmaktadır. Denizli'de bu maliyet 5000 \$ civarındadır.

3. Isı Tarifeleri:

Aylık ısınma ve sıcak su kullanım bedeli olarak 14.500 TL/m² ücret uygulanmaktadır (Kasım 1996 – Eylül 1997)

3.6.6 Geleceğe yönelik plan ve hedefler

İzmir Balçova ile başlatılan jeotermal merkezi ısıtma uygulama çalışmalarının, İzmir'in jeotermal kaynak bulunan ve ekonomik olarak uygun bulunan bütün yerleşim yerlerini kapsaması hedeflenmektedir. Balçova'da ise hedef 10.000 konut kapasiteye ulaşmaktır. Yapılan sistemin ana ekipmanları ve dağıtım şebekeleri bu kapasiteye yetecek boyuttadır.

Yaygınlaştırma amacı doğrultusunda İzmir Narlıdere'de bir jeotermal merkezi ısıtma sistemi kurma çalışmaları başlatılmıştır. Sistem dizayn kapasitesi, 5000 konut eşdeğeridir. 1. Etapta 1500 konut eşdeğerinin jeotermal enerji ile ısıtılması planlanmıştır. Sistem en kısa sürede 5000 konut eşdeğeri kapasiteye çıkarılacaktır.

Bu sistemlerin ısı kaynağı jeotermal kuyulardır. Balçova Jeotermal Alanı kaynak açısından zengindir ve MTA tarafından çok sayıda kuyu açılmıştır. Her kuyuyu ayrı ayrı değerlendirmek yerine, ısıtma sistemleri kapsamında kombine ve optimum şekilde değerlendirmek için Balçova'da bir jeotermal su şebekesi kurulması planlanmaktadır. Kuyu

içi pompası ile üretime alınacak kuyular bir şebeke ile birbirine bağlanacak, hem pompaların termal dengesi sürekli korunmuş olacak hem de pompaların herhangi birinde oluşabilecek arızalar tüketicilere yansıtılmayarak ısı konforu sürekli sağlanacaktır.

3.6.7 Reenjeksiyon

Dünyada reenjeksiyon, sadece üretilen jeotermal akışkanın bir yere boşaltılması şeklinde başlamış, daha sonra rezervuar yönetimindeki yeri ve önemi anlaşılmıştır. Reenjeksiyon yapılmadan rezervuardaki jeotermal enerjinin sadece küçük bir bölümü alınabilecektir.

Reenjeksiyon, jeotermal kaynakların kullanılmasında karşılaşılan çok karmaşık yöntemlerden bir tanesidir. Çok değişkenli bir yöntem olduğu için, jeotermal akışkan kimyasını, su kayaç etkileşimini, rezervuar mühendisliği ve makine mühendisliğini bilmek başarı için gereklidir.

Türkiye’de de olduğu gibi, reenjeksiyon işletmecilere, jeotermal akışkanı yüzeye boşaltmalarına izin vermeyerek başlamıştır. İşletmeci açısından reenjeksiyon masraflı ve çevresel zorunluluk olarak değerlendirilmektedir. Halbuki, bu rezervuar yönetimi yani kaynağın verimli ve en iyi biçimde kullanımı için gereklidir. Doğru reenjeksiyon, kaynağın ömrünü uzatabilir ve rezervuardan daha verimli enerji alınmasını sağlayabilir.

Reenjeksiyon uygulamasında endişe edilen en önemli olay, termal etkileşim ve rezervuar soğumasıdır. Reenjeksiyondan dolayı oluşabilecek rezervuar soğuması hiçbir jeotermal sahada sorun değildir. Üretim kuyularında termal etkileşim ve rezervuar soğuması gözlenebilir, tecrübeler göstermiştir ki esnek reenjeksiyon stratejisi gereklidir. Yani, herhangi bir üretim-reenjeksiyon kuyu çifti için termal etkileşim çok belirgin ve önemli olabilir. Bu durumda, üretim veya reenjeksiyon olabilir, kuyu dinlendirilir ve sıcaklık geri kazanılır veya kuyular arasındaki mesafe artırılır.

İzmir Balçova’da reenjeksiyon B2 kuyusuna yapılmaktadır. BD2 Jeotermal Üretim Kuyusundan üretilen 30-35 l/sn debideki akışkan ısı alandıktan sonra eşanjör çıkışındaki suyun sıcaklığı 45-50 ° C olmakta ve bu 30-35 l/sn debideki akışkanın 10-15 l/sn’si Balçova Termal Tesislerinde ve Kaplıcada kullanılmakta, diğer kalan miktarı B2 reenjeksiyon kuyusuna enjekte edilmektedir. Yaklaşık reenjeksiyon kuyu başı basıncı B2 Jeotermal Reenjeksiyon Kuyusunda 1 bardır. Bu değer reenjeksiyon edilen akışkana göre 0.5 ile 1 bar

arasında değişmektedir. Reenjeksiyon sırasında Balçova Jeotermal Alanında bulunan BD1, BD2, BTF-3, B10, B4, B9, B11 kuyularında gözlemlene ve kimyasal analizler devamlı yapılmış olup ileriye yönelik stratejileri belirleme çalışmaları yapılmaktadır.

3.6.8 Avrupa'daki merkezi ısıtma uygulamaları

Avrupa'da merkezi ısıtma bundan 40-50 yıl öncesi başlamış bulunmaktadır. Günümüzde yapılan çalışmalar, bu sistemlerin yenilenmesi, modern teknolojiye ve işletme tekniğine adapte edilmesi yönündedir. Merkezi ısı kaynağı ise Birleşik Isı ve Güç santralleridir. Bu tip uygulamalara ait örnekler;

Bükreş Merkezi Isıtma sistemi de bunlardan biridir. Bu sistem 1961 yılında Bükreş'in merkezini kapsayacak şekilde yapılmış ve devreye alınmıştır. Çalışma esası sabit debi ve değişken sıcaklık şeklindedir. Taşıma hattı dizayn sıcaklığı 160-170 °C 'dir ve bu % 23'lere varan büyük kayıplara neden olmaktadır.

-Yapılan çalışmalar neticesinde:

- Dizayn sıcaklığının 130 °C' ye düşürülmesine,
- Su kalitesinin yükseltilmesine,
- Sistemin değişken debi ve sabit sıcaklık farkı esasına göre çalıştırılmasına, böylelikle yüksek üretim verimliliği ve pompalama maliyetlerinde azalma sağlanacağına karar verilmiştir.

Gdansk Merkezi Isıtma Sistemi de yine aynı sistemle yapılmış ve 1960 yılında devreye alınmıştır, sistemden yararlanan kullanıcıların toplam talebi yapılan hesaplamalara göre 932.6 MW'tır. Bunun 768.5 MW'ı ısıtma 92.5 MW'ı kullanım sıcak suyu, 71.6 MW'ı ise vantilasyon amaçlıdır. Toplam şebeke uzunluğu 290 km'dir. 180 km'lik kısım ana hat ve dağıtım şebekesi, 40 km ise bina bağlantılarında kullanılmıştır. Boru çapları Ø 1000 mm'den Ø 32 mm'ye kadar değişmektedir. Ø 600 mm boru ana hatta çokça kullanılan bir boru çapıdır. Boruların büyük bir kısmı yeraltında kanallar için döşenmiş, çok az bir kısmı ise yerüstünde döşenmiştir. Bunlar genellikle endüstriyel bölgelerde, tersanelerin olduğu bölgelerde yapılmıştır.

Dünya Bankasından sağlanan krediyle yürürlüğe konulan yenileme programı iki aşamaya ayrılmıştır. Bu, 5 yıllık kısa dönem ve 15 yıllık uzun dönem yenileme programlarıdır. Yenileme programı, enerji tüketimini azaltmak ve tüketicilere daha iyi ısı verilmesini öngörmektedir. Isı kayıplarını ve su kaçaklarını azaltmak diğer bir hedefdir. Su kaçaklarını azaltmak için ise:

- Klasik kanal teknolojisini bırakıp, ön izoleli prefabrik boruların döşenmesi ve eskimiş, korozyona uğramış fittingslerin yenileriyle değiştirilmesi, yeni merkezi ısıtma küresel vanalarının monte edilmesi gerekmektedir.
- Tüketicilere daha iyi ısı sağlayabilmek için ise bina alt istasyonlarının yeni ve modern teknoloji ekipmanları ile değiştirilmesi gerekmektedir. Yenileme programının uygulanmasından sonra:
- Su kaçakları önemli ölçüde azaltılmıştır. Isıtma sezonunda 160 ton/h olan kaçan 80 ton/h'e, yaz sezonunda 100 ton/h olan kaçak 50 ton/h'e indirilmiştir. 80 ton/h değeri sistemde dolaşan debinin % 0,7'sine karşı gelmektedir.
- Termal gücün daha efektif kullanımı ile; pompalama maliyetleri azaltılmış verilen ısıdan %20 tasarruf sağlanmış, sistemin bir parçası olan lokal ısıtıcı istasyonlarından kaynaklanan sülfürdioksit, nitrojen bileşikleri ve kül emisyonunda %50 azalma olmuştur.

2. aşama yenileme çalışmaları 1996-2010 yılları arasında yürütülecektir.

İzmir Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma sistemi öncelikle çevre dostu, kendi kaynağımız, yeni ve yenilenebilen bir enerji kaynağı kullanılmaktadır. Çevreye H₂S, CO₂, NO_x bileşikleri emisyonu kesinlikle yoktur.

Sistem, ucuz ısınma ve ısı konforunun yanı sıra yaz-kış konutlara sıcak su da sağlayacaktır. Ancak jeotermal enerji ile yapılan her ısıtma sistemi veya merkezi ısıtma sistemi ekonomik olmayabilir. Bir jeotermal merkezi ısıtma sistemi planlanırken aşağıdaki ana parametreler çok iyi değerlendirilmelidir. Her ne kadar enerjinin kaynağı bedelsiz gibi görünse de yatırım ve işletmenin maliyeti kesinlikle küçümsenemez. Hele hele teknolojisine uygun olmayan malzeme ve montaj kullanıldığında işletme tam bir felaket olur.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemi planlanmasındaki ana kriterler:

- Jeotermal kaynak

- Akışkan sıcaklığı
- Debisi
- Üretim kuyu derinliği
- Akışkan türü
- Üretim ve reenjeksiyon kuyu ve kuyuları ile ısı istasyonu arasındaki mesafe
- Gidiş dönüş sıcaklıkları karakteristiği
- Isı tüketicilerinin karakteristiği
- Isı artış oranı
- Isı üretim istasyonu karakteristiği
- Elektrik ve yakıt üretim karakteristiği

3.7. Çevre Sorunları

Jeotermal enerji, fosil yakıtlarının tüketimi ne bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmurları gibi çevre sorunlarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu durum öncelikle, jeotermal enerjinin çevre yönünden diğer enerji türlerine kıyasla sahip olduğu doğal üstünlüklerden kaynaklanmaktadır. Öte yandan, jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili olarak söz konusu edilebilecek çevre sorunlarının çözümü konusunda son zamanlarda önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu durum, jeotermal enerjinin çevre açısından önemini daha da artırmıştır.

Jeotermal enerjiye dayalı modern santrallerde CO₂, NO_x, SO_x atımı çok düşük, düzeylere indirilmiştir. Özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde söz konusu gazlarla ilgili sorun tümüyle çözümlenmiş durumdadır.

Yeni kuşak modern jeotermal santrallerde, yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Söz konusu modern jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemlerinde dışarıya hiçbir atık bırakmaz. Eski tip jeotermal santrallerde ise, üretilen her MWh elektrik için en fazla 0,136 kg karbon dışarı atılır. Bu değer, doğal gaz ile çalışan bir santralde 128 kg/MWh'dir.

Kömür yakıtlı santrallerdeki CO₂ atımı, eski tip jeotermal santrallerdekine oranla 1600 kat daha fazladır. Bu karşılaştırmalar, jeotermal enerjinin çevre yönünden sahip olduğu üstünlüğü açık olarak ortaya koymaktadır.

Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atımı, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu da, kömür ve petrol yakan santrallerden 1000 kat daha azdır.

ABD ve Avrupa'da birçok yerleşim bölgesinde fuel-oil veya kömüre dayalı merkezi şehir ısıtma sistemleri bulunmaktadır. Bunlar hava kirliliğini önleyen ve buna ilaveten yakıt ekonomisi sağlayan alt yapı tesisleridir. Bu merkezi ısıtma sistemlerinin ucuz ısı kaynağı olan jeotermal enerjiye dayalı hale getirilmesi durumunda, çevre ve ülke ekonomisi açısından çok daha ileri düzeyde olumlu sonuçlar almak mümkün olabilecektir.

Türkiye, jeotermal enerji (ısıtma amaçlı) potansiyeli açısından, dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer almaktadır. Jeotermal enerji yeni ve yenilenebilen bir enerji türü olup, Türkiye potansiyelinin yaklaşık %95'i ısıtmaya uygun niteliktedir. Söz konusu potansiyelin değerlendirilmesi, özellikle ısıtmacılıkla ilişkili hava kirliliği sorunlarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de, jeotermal enerjinin üretilmesi ve kullanılmasıyla ilişkili çevre sorunlarının önlenmesi konusunda önemli gelişmeler sağlanmıştır. Gelişen teknolojiye ve duyulan ihtiyaca göre atık su içindeki bazı kimyasal maddeler üretilerek, akışkan bu yönden zararsız hale getirilebilmektedir. Ayrıca, atık akışkan dinlendirme havuzlarında bekletilerek bazı bileşenler havuzlarda çöktürülmekte ve su arındırılmaktadır. Denize yakın bazı jeotermal alanlarda ise, akışkan kimyasal yönden deniz suyu karakteristiğindedir. Bu nedenle, bazı durumlarda atık suyun denize gönderilmesi bir sorun yaratmamaktadır. Atık suların tekrar yer altına reenjeksiyonu ise, hem çevre hem de rezervuar parametrelerinin korunması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle, Türkiye'de de reenjeksiyon uygulamalarının yaygınlaştırılmasına önem verilmektedir.

Sonuç olarak, yeni kuşak jeotermal elektrik santralleri ile jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde, dışarıya gaz ve partikül olarak herhangi bir zararlı madde atımı söz konusu değildir.

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

Sıcaklık ve gürültü; jeotermal sahalar genellikle yerleşim alanlarından uzakta olmaları nedeniyle, bu konuda önemli problemler yaratmamaktadır.

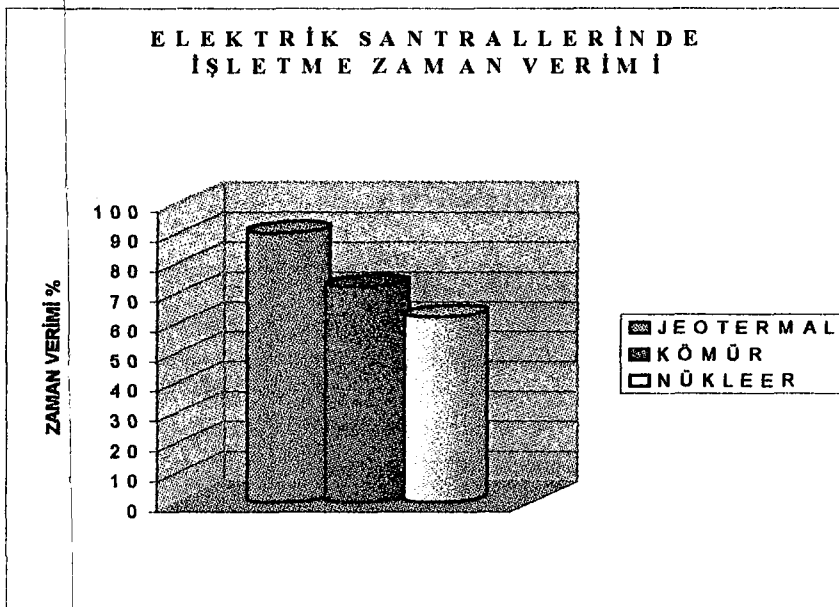
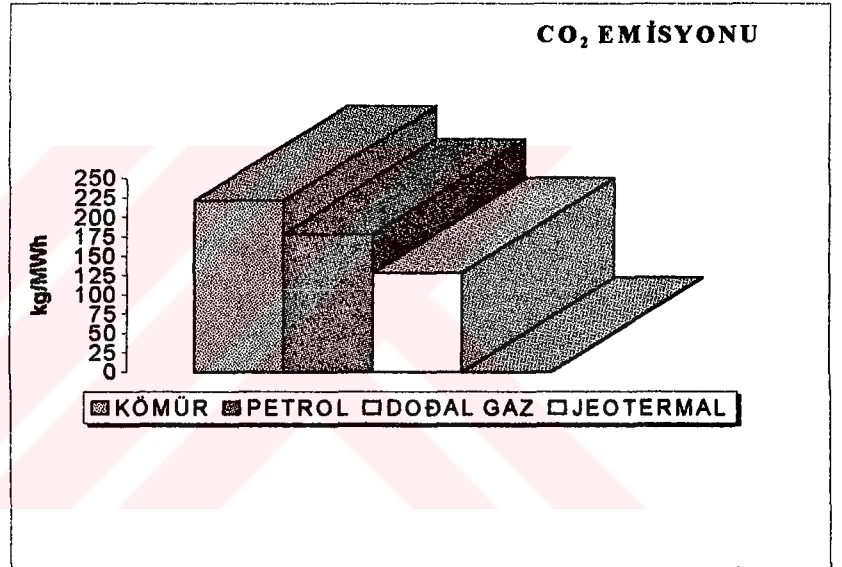
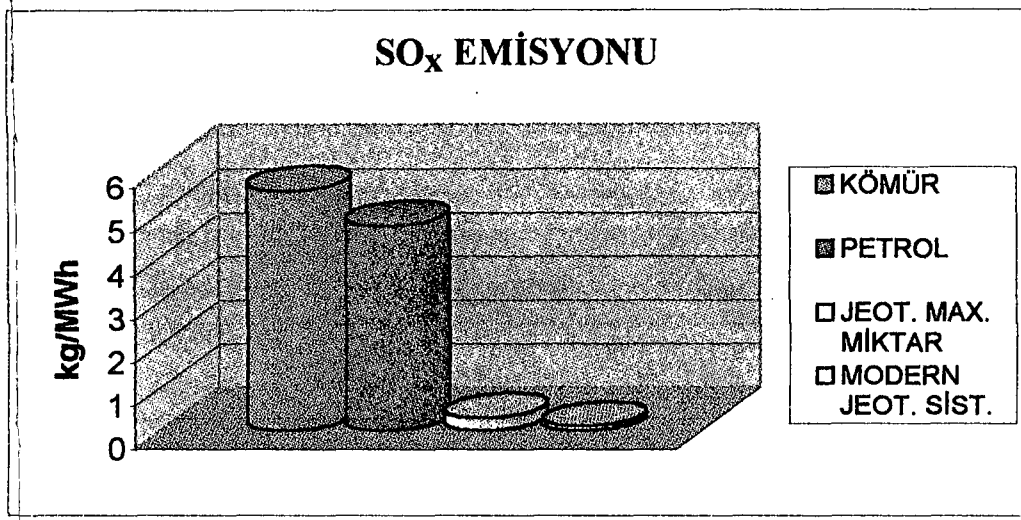
3.7.1 Jeotermalın çevreye olan katkısı

A.B.D. Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre sera etkisi yaratan karbondioksit emisyonunun jeotermal de sifıra yakın olduğu ve diğer fosil ve alternatif enerji kaynaklarının ise çok daha fazla olduğu saptanmıştır. Örneğin; bu değer kömürde 900-1300 g/kWh, güneş enerjisinde 20-250 g/kWh, rüzgar enerjisinde 20-50 g/kWh iken jeotermal enerjide 20-35 g/kWh'dır. Modern jeotermal santrallerde ise zararlı emisyon değeri sıfırdır.

Bu konuda, Türkiye'den verilebilecek en bariz örneklerden birisi Kırşehir olup, bu ilimizde jeotermal merkezi ısıtma sistemi işletmeye alındığından itibaren hava kirliliği oldukça net bir şekilde azalma göstermiştir.

Türkiye'de jeotermal enerji ile 50.000 konut eşdeğeri ısıtmanın sonucunda yılda 700.000 ton karbondioksit emisyonu havaya atılmamış olmaktadır.

YENİ ISITMA SİSTEMLERİNDE EMİSYON "SIFIR" DIR



ŞEKİL-3.2: Enerji türleri itibariyle emisyon miktarları
KAYNAK: ORME Jeotermal A.Ş.

4. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Altıncı Plan Dönemindeki Gelişmeler

Jeotermal kaynakların araştırılmasına ve uygulamaya yönelik gelişmeler:

- Aydın-Germencik sahasında yapılan çalışmalar sonucunda, bu sahada da elektrik üretim amaçlı santral kurulabileceği belirlenmiştir.
- Türkiye’de jeotermal enerjinin en önemli ve yaygın uygulama şeklinin ise ısıtmacılıkta olabileceği belirlenerek bu alanda araştırma ve uygulamalara hız verilmiştir.

Türkiye’deki ilk ısıtma uygulaması 1964 yılında Gönen Park Otel’inin ısıtması ile olmuştur.

1976-1978 yıllarında, Gönen Kaplıcaları İşletmesi A.Ş.’ye ait olan Yıldız Otel ve Yeşil Otelin ısıtma uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İzmir-Balçova jeotermal alanında kuyu içi eşanjör sisteminin Türkiye’deki ilk uygulamasıyla, otel, motel, TV salonu vb. yerlerin (250 oda karşılığı) ısıtılması projesi, 1982 yılında tamamlanmıştır. Sistemin kurulu gücü 6 MWt’dir.

Balıkesir-Sındırgı’da 2.000 m² sera, jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Sistemin kapasitesi 450.000 Kcal/h olup, Ekim 1986’dan beri işletilmektedir.

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kampüsü, Hastane ve Fakülte binaları (yaklaşık 90.000 m³ hacmindeki) 2,2 MWt kapasite ile, 1983 yılından bu yana Balçova Jeotermal Alanı’ndan ısıtılmaktadır. Yatırım kendisini, fuel-oil karşılığı hesaplamaya göre, 6 ayda geri ödemiştir.

Gönen’de 1.400 konut, 56 adet tabakhane, 20.000 m² sera ve otellerin ısıtma, tabakhanelerin sıcak proses suyu ihtiyacını karşılamayı amaçlayan projeye, Nisan 1987’de başlanmış ve Ekim 1987’de başarılı bir şekilde işletmeye alınmıştır. Toplam kurulu kapasite 14 Milyon Kcal/h (16.2 MWt) dir.

Kozaklı ve Kızılcahamam’da yine 1.000’er konut ve 10.000 m² sera ısıtması için, projelendirme ve fizibilite çalışmaları tamamlanmış ve proje yatırıma hazır hale getirilmiştir.

Gediz kaplıca ve motelleri (200.000 Kcal/h kapasiteli) 78 °C'deki jeotermal su ile Kasım 1987'den bu yana ısıtılmaktadır.

Rize Ayder'deki (denizden yüksekliği 1.700 m) kür merkezi ve kaplıca tesisi 54 °C'deki jeotermal su ile ısıtılmaktadır.

Haymana'da iki adet cami, 43 °C'deki jeotermal su ile tabandan ısıtılmaktadır. Toplam 60.000 Kcal/h kapasiteli sistemler, sırasıyla Aralık 1988 ve Kasım 1989'da devreye alınmıştır.

Salihli Termal Tesisleri'nde 50 adet apart-otelin jeotermal ısıtma sistemi 220.000 Kcal/h kapasite ile Kasım 1989'da işletmeye alınmıştır.

Türkiye'nin en büyük kapalı yüzme havuzunun (Balçova Termal Tesislerinde) jeotermal ısıtma sistemi, 1.600.000 Kcal/h kapasite ile Şubat 1987'de devreye alınmıştır.

Balçova Termal Tesisleri bünyesinde bulunan kaplıca tedavi merkezi (11.000 m²) jeotermal ısıtma sistemi 1.200.000 Kcal/h kapasite ile Eylül 1989'da devreye alınmıştır.

Afyon-Ömer Termal Tesisleri'nde 35 adet apart-otel, restoran, kaplıca ve 5.000 m² seraya jeotermal ısıtma uygulanmış ve 2.200.000 Kcal/h kapasite ile Kasım 1989'da işletmeye alınmıştır. Bu tesise kabuklaşmayı %100 önleyen özel sistem uygulanmıştır.

3500/6500 konut kapasiteli Simav Jeotermal Merkezi ısıtma sisteminin, inşaat ve montajı Mart 1991'de başlamış. Aralık 1992'de işletmeye alınmıştır.

110.000 m² (1.100 konut eşdeğeri) kapasiteli, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastaneleri 2. Bölüm, ısıtma+sıcak kullanım suyu sistemi montajı Şubat 1992'de başlamış ve sistem Kasım 1992'de devreye girmiştir. Sistem kapasitesi 6.900.000 Kcal/h (8MWt)'dir.

Kırşehir'de 1.800 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemi 1993 Ekim ayı sonunda 500 konut eşdeğeri ısıtma ile devreye alınmıştır.

Türkiyenin jeotermal potansiyel açısından en zengin bölgesi olan Ege bölgesinde Dünya'nın tek üniteden beslenen en büyük jeotermal ısıtma ve soğutma sistemi olan 25.000/34.000 konut

merkezi ısıtma ve 5000 konut soğutma kapasiteli İzmir Jeotermal Sistemi Projesi ve projelendirme ve fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır. Bu sistem Seferhisar- Narlıbahçe-Balçova ve Hatay semtlerini kapsamaktadır.

Jeotermal kaynaklardan kimyasal madde üretimine ticari anlamda Denizli- Kızıldere'de 40.000 ton/yıl kapasiteli CO₂ fabrikasında başlanmıştır.

4.2. Sorunlar ve Çözüm Önerileri

1- Finansman, Yedek Parça ve Makine Donanımı:

Jeotermal enerji aramalarında, gerekli etütlerden sonra sahadaki gerçek potansiyeli belirlemek amacıyla sığ ve derin sondajlar yapılmaktadır. Finansman gücü nedeniyle derin sondaj makinesi ve yedek parçaların sağlanamaması çalışmaları büyük ölçüde aksatmaktadır.

2- Yetişmiş Elemanların Devlet Sektöründe Tutulamaması:

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

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 CaCO₃ kabuklaşmasına ekonomik şekilde engel olunmaktadır.

4- En önemli sorunlardan birisi de jeotermal enerjinin aranması ve üretilmesi konusundaki yasal boşluktur. Özellikleri nedeniyle, halen yürürlükte olan maden, yer altı suları, kaplıcalar ve maden suları ile ilgili yasalar çerçevesinde ele alınmasında büyük sakıncalar olan bu kaynak için hazırlanmış olan yasa taslağının bir an önce yasallaşmasının sağlanması ülkemizde büyük bir potansiyele sahip olan jeotermal kaynakların geliştirilmesi açısından büyük yarar sağlayacaktır. Ayrıca, kaynakların gelişi güzel kullanılması ve israfının önlenmesi de mümkün olabilecektir.

5. BEKLENEN GELİŞMELER VE ÖNERİLER

5.1. Projeksiyonlar

Yer altı kaynaklarımızın aranması ile görevlendirilmiş olan M.T.A. Genel Müdürlüğü, 1960'lı yıllardan bu yana jeotermal enerji aramaları konusunda prospeksiyon, detay jeoloji, jeokimya, jeofizik etütler ve sondajlı çalışmalarla, gelişmiş teknolojilere uygun araştırmalar yaparak büyük bir bilgi birikimi ve deneyime sahip olmuştur. Zaman zaman yurt dışına eleman göndererek yeni gelişmelerin takipçisi olmuş ve uluslararası projeler aracılığı ile yeni ve modern ekipmanlar sağlamıştır.

Aramalar konusunda bir devlet kuruluşu olan MTA ile elektrik üretimi konusunda yine bir devlet kuruluşu olan TEK ve ısıtma uygulamaları konusunda özel bir firma olan ORME Jeotermal A.Ş. bu konudaki çalışmaları etkin olarak sürdürmektedir.

5.1.1 Talep projeksiyonu

Türkiye'de 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde ucuz ve yerli kaynaklara talebin artması beklendiğinden, talebin üretime eşit olacağı varsayılarak, talep ve üretim birlikte değerlendirilmiştir.

Jeotermal enerjiye dayalı elektrik üretim kapasitesinin 7. Beş Yıllık Plan döneminde (1995-1999), Denizli-Kızıldere'deki 20 MWe olan kurulu güce ilave olarak, Germencik ve Tuzla sahalarında yeni santrallerin kurulmasıyla, 125 MWe ulaşması beklenmektedir.

Isı üretim hedeflerine göre, 1993'te 140 MWt olan kurulu gücün 1999 yılında 2.065 MWt'a ulaşması beklenmektedir. Bu dönemde en önemli üretimin Balıkesir-Gönen, Kırşehir, Kütahya-Simav, İzmir-Seferihisar, Balçova, Dikili, Tokat-Reşadiye, Manisa-Salihli, Aydın, Denizli-Kızıldere ve diğer sahalardan sağlanması beklenmektedir.

Yukarıda belirtilen elektrik ve ısı üretim hedeflerinin belirlenmesinde, 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, TEK ve diğer kamu kuruluşları ile özel kuruluşlara gerekli mali destek ve teşvik imkanlarının verileceği,
- c- Jeotermal kaynakların gerek yurt içinde gerekse yurt dışında tanıtılarak uluslar arası kuruluşlarla ortak yatırımlar yapılacağı varsayılmıştır.

5.1.2 Üretim hedefleri

Bugün Denizli-Kızıldere sahasında TEK tarafından kurulan 20 MWe kapasiteli bir santral da elektrik üretilmektedir. Bu sahanın geliştirilmesi ile 2000 yılında üretim kapasitesinin (Tekkehamam sahası ile birlikte) 35 MWe olabileceği tahmin edilmektedir.

Ayrıca, 100 MWe (50 görünür, 50 muhtemel) civarda kapasiteye sahip olduğu tahmin edilen, Aydın-Germencik sahasında santral kurulmasına yönelik fizibilite çalışmaları sürdürülmektedir.

Çanakkale-Tuzla sahasında yetrli sondaj araştırmaları yapılmamış olmasına rağmen bu sahanın da kapasitesinin yaklaşık 15 MWe civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Bunların dışında İzmir-Dikili,Seferihisar, Aydın-Salavatlı, Kütahya-Simav gibi sahalar da oldukça önemli potansiyellere sahip bulunmaktadır.

TABLO-5.1: Üretim hedefleri tahmini

YIL	KAPASİTE (MWe)	Elektrik Üret. (GWh)	Isı Üretimi (MWt)	TEP (*1000)
1993	20	90	140	$0,62 \times 10^5$
1995	30	135	585	$2,4 \times 10^5$
1996	40	180	802	$3,26 \times 10^5$
1997	60	270	1192	$4,85 \times 10^5$
1998	90	400	1725	$7,10 \times 10^5$
1999	100	450	2065	$8,4 \times 10^5$
2000	125	562	2520	$10,2 \times 10^5$

TABLO-5.2: 2010 yılına kadar üretim hedefleri tahmini

YIL	KAPASİTE (MWe)	Elektrik Üret. (GWh)	Isı Üretimi (MWt)	TEP (*1000)
1995	30	135	585	2,4x10 ⁵
2000	125	562	2520	10,2x10 ⁵
2005	150	675	3570	14,4x10 ⁵
2010	258	1165	6500	26x10 ⁵

TABLO-5.3: Jeotermal enerjiye dayalı elektrik üretim kapasitesi tahminleri

SAHALAR	YILLARA GÖRE KAPASİTE (MWe)						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Aydın-Germencik	-	-	15	30	50	50	70
Denizli-Kızıldere	20	20	25	25	25	30	30
Çanakkale-Tuzla	-	-	-	5	5	10	15
Diğerleri	-	-	-	-	10	10	10
TOPLAM	20	20	40	60	90	100	125

Not: Yıllık üretim zaman verimi 570 alınabilir.

TABLO-5.4: Jeotermal enerjiye dayalı ısı üretim kapasitesi tahminleri

SAHALAR	YILLARA GÖRE KAPASİTE (MWt)							
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2010
İzmir-Balçova	28	40	50	70	100	120	180	350
Balıkesir-Gönen	21	25	35	35	40	50	55	300
Denizli-Kızıldere	5	10	40	80	120	160	200	600
İzmir-Seferihisar	20	50	80	120	150	250	260	450
Çanakkale-Tuzla	-	60	100	200	300	380	500	900
Kütahya-Simav	80	80	80	100	120	160	200	340
Afyon	10	50	70	90	110	140	180	500
İzmir-Dikili	20	30	40	50	70	90	100	300
Tokat-Reşadiye	5	7	10	12	15	20	25	100
Nevşehir-Kozaklı	11	11	25	35	50	70	90	300
Manisa-Salihli	20	47	47	80	100	110	110	400
Aydın (*)	-	60	100	200	300	380	500	1600
Diğerleri	100	120	150	175	215	260	310	600
TOPLAM	320	585	802	1192	1775	2065	2520	6500

(*): Germencik+ Salavathı

NOT: 1 MWt Saat= 120 kg Taşkömürü

5.2. Beklentiler

Jeotermal enerji potansiyelimizin önemli bir bölümünün devreye girmesi beklenmektedir. Bu dönemde gerçekleştirilmesi ön görülen hedefler aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Plan döneminde, elektrik üretimi kapasitesinin 100 MWe'a, ısıtma kapasitesinin ise 2065 MWt'a ulaştırılması için gerekli yatırımlar yapılmalıdır.
- 2) Yeni sahaların keşfedilmesi, mevcut sahaların özellik ve kapasite belirleme çalışmalarının devamı amacıyla M.T.A., üniversiteler ve özel kuruluşların araştırma- geliştirme ve uygulama projelerine destek sağlanmalıdır.
- 3) Santral seçiminde yeni tip yüksek verimli santrallere öncelik verilmelidir. Isıtmacılık da uygun teknolojilerin seçilmesi sağlanmalıdır.
- 4) Jeotermal enerji ile ilgili dünyadaki yeni gelişmeler yakından takip edilmeli, ilgili uzmanların bilgi birikimlerinin geliştirilmesine özen göstermeli, deneyim edinmelerine ve sektörde tutulmalarına destek sağlanmalıdır.
- 5) Uluslar arası kuruluşlarla ortak projeler yapılarak know-how transferi, eğitim, finans ve malzeme sorunlarının aşılmasına destek verilmelidir.
- 6) Türkiye'de jeotermal enerjinin gelişimini hızlandıracak yasal düzenlemelerin bir an önce yürürlüğe girmesi sağlanmalıdır.
- 7) Jeotermal alanların kullanım imkanları belirlenerek, entegre kullanımları öngören projeler özellikle desteklenmelidir.
- 8) Jeotermal enerjinin elektrik ve elektrik dışı kullanımına yönelik yatırımlar özendirilmeli, Yap-İşlet-Devret yöntemine işlerlik kazandırılmalıdır.
- 9) Uluslar arası kuruluşların Türkiye'de yatırım yapmaları özendirilmelidir. İlgili Bakanlık, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, TEK ve yerel yönetimlerin uluslar arası kuruluşlar ile ortaklık kurulmasında yardımcı olmaları yarar sağlayacaktır.
- 10) Atık su sorununa çözüm seçenekleri (reenjeksiyon gibi) son yıllarda geliştiğinden, jeotermal enerjinin geliştirilmesine, enerji politikasının yanısıra, çevre politikası açısından da önem verilmelidir.
- 11) Önceki yıllarda, jeotermal enerjinin işletilmesinde sorun yaratan kabuklaşma ve korozyon sorunları kimyasal madde inhibitörü enjeksiyonu ile tamamen çözümlenmiştir. Dolayısı ile jeotermal sahaların biran önce devreye alınması yolunda yatırımların hızlandırılması sağlanmalıdır.

Jeotermal enerji maliyetinin, gerek elektrik üretimi ve gerekse ısıtmacılıkta alternatif kaynaklara göre oldukça düşük olması nedeniyle, jeotermal kaynaklar bulunduğu yörelerde, öncelikli enerji kaynağı olarak dikkate alınmalıdır. Ucuz, ekonomik ve temiz enerji sağlayan jeotermal kaynakların öncelikli olarak devreye alınması bu yörelere ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlayacaktır.



6. SONUÇ

Milli kaynağımızın değerlendirilmesi ile halkın yaşam standardı arttırılmakta, konforu yükseltmekte bu yükselen konforun karşısında da maliyet düşmektedir. Yani konfor ucuzlaştırılmaktadır.. jeotermal merkezi ısıtma sistemi bir alt yapı, enerji, çevre ve bir hizmet yatırıdır.

Jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımları kendilerini en geç 5-10 yılda geri ödeyen, alt yapı hizmeti getiren, kömür, fuel oil, doğalgaz, elektrik ve döviz tasarrufu sağlayan enerji üretimi ve çevre koruma yatırımlarıdır. Jeotermal merkezi ısıtma sistemi öncelikle, çevre dostu, kendi kaynağımız, yeni ve yenilenebilen bir enerji kaynağı kullanmaktadır. Çevreye H₂S, CO₂, NO_x bileşikleri emisyonu kesinlikle yoktur.

Jeotermal enerji ile yapılan her ısıtma sistemi veya merkezi ısıtma sistemi ekonomik olmayabilir. Bir jeotermal merkezi ısıtma sistemi planlanırken ana parametreler çok iyi değerlendirilmelidir. Her ne kadar enerjinin kaynağı bedelsiz gibi görünse de yatırım ve işletmenin maliyeti kesinlikle küçümsenemez.

Türkiye’de jeotermal kanununun olmaması, jeotermalin sahibinin, kontrol mekanizmasının ve jeotermal aramalara devlet katkısının bulunmaması, jeotermal kuyu riskinin devlet tarafından üstlenilmemesi, yeterince finansman ve kredi temin edilememesi, jeotermalin yeterince değerlendirilememesi sonucunu ortaya çıkarmıştır. Jeotermal sondaj yapılmasına hız ve önem verilmesi gerekmektedir. Türkiye’de yılda en az 100 kuyu açılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu 8-14 Mart 1999 İZMİR.

Başkır, H, (1992) Yüksek Lisans Tezi, Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Isıtma Amaçlı Kullanım Potansiyeli ve Afyon Şehrinin Hava Kirliliğinin Azaltılmasında Jeotermal Enerjiden Yararlanma İmkanları

Kalorifer Tesisatı, No:153 Nisan 1997, İSTANBUL Isısan Çalışmaları

M.M.O. Yayınları No: 84, Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Esasları

ORME Jeotermal A.Ş. 1996, Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Fizibilite Raporu

ORME Jeotermal A.Ş. Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Hesap Raporu

ORME Jeotermal A.Ş. 1995, Sandıklı Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Fizibilite Raporu

ORME Jeotermal A.Ş. Sandıklı Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Hesap Raporu

ORME Jeotermal A.Ş. Sandıklı Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Hesap Raporu

ORME Jeotermal A.Ş. 1997-1998 Balçova, Kızılcahamam, Sandıklı Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi İşletme Raporları

Özkaymaz, A (1996) Yüksek Lisans Tezi, Doğalgazın Önemi ve Kullanılması ile Konutlarda Isınma Sisteminin Ekonomik Seçimi

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı (1996) Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu

<http://geothermal.marin.org/index.html> , Geothermal Education Office

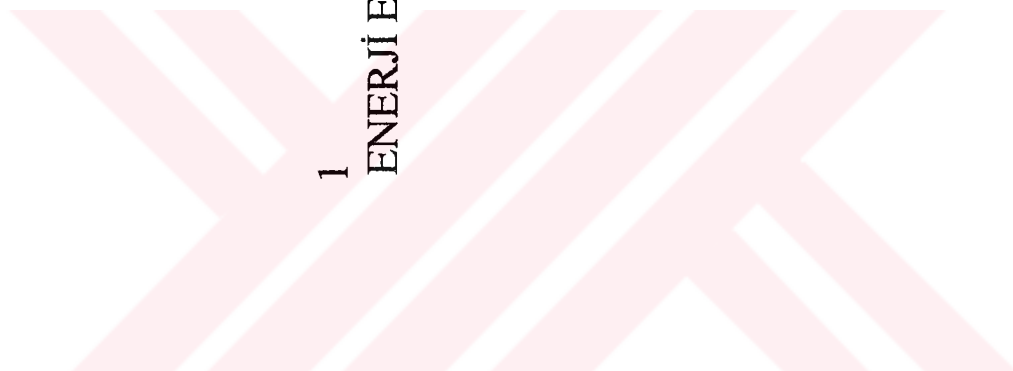
<http://www.eren.doe.gov/geothermal/> U.S. Departmant of Energh

<http://www.brgm.fr/socomine/> Geothermal Energy Research in Europe

<http://www.cc.utah.edu/> The University of Utah

<http://www.doe.gov/get/gethome.html> Geothermal Energy Research Titles Listing

1 ENERJI ENVANTERI



İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
AFYON	1	ÖMER – GECEK	62-69	98	A) TERMALİZM, 3 ADET KAPLICA 33 ADET TERMAL MOTEL, TER HAVUZU YA TERMAL SUYU OLARAK B) ADAKI TESİSLERİN İŞİTİLMESİ C) 500m ² JEOT. SERA İŞİTİLMESİ D) ÖZEL SEKTÖRE AIT 200 YAŞ. TERM. OTEL VE KÜRMEYER İNŞA HALİNDEDİR	A) AFYON ŞEHİRİNİN İŞİTİLMESİ, ŞEHİR YAKLAŞIK 15 km MESAFEDEDİR B) SERA İŞİTİLMESİ C) ENDÜSTRİYEL İSTİKLANIMI D) ÇİFTLİK, HAYVANCILIKTA KULLANIMI E) ELEKTRİK ÜRETİMİ MÜMKÜN DEĞİLDİR F) SOĞUK HAVA DEPOSU İŞİTİLMESİ	A) ŞEHİR İŞİTİLMESİNDE KAPASİTE BÜYÜYECEK B) DİĞER KULLANIMLAR ARTACAK C) SOĞUK HAVA DEPOSU İŞİTİLMESİ
	2	ARAPDERESİ UYUZ HAMAMI	50-70	70-75	A) YOKTUR	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ C) SERA İŞİTİLMESİ D) ÇİFTLİK VB. İŞİTİLMESİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ C) SERA İŞİTİLMESİ D) ÇİFTLİK VB. İŞİTİLMESİ E) AFYON İŞİTİLMESİNİN KATIĞI
	3	HEYBELİ (KIZIL KİLİSE)	56	57	A) TERMALİZM	A) HEYBELİ KÖYÜ İŞİTİLMESİ B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ C) SERA İŞİTİLMESİ	A) HEYBELİ KÖYÜ VE BOLVADİN İLÇESİ İŞİTİLMESİ B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ C) SERA İŞİTİLMESİ
	4	GAZLI GÖL	51	67	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ
	5	HÜDAİ (SANDIKLI)	67	50	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ	A) TERMALİZM GELİŞTİRİLMESİ B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ C) SERA İŞİTİLMESİ	A) SANDIKLI İLÇESİNİN İŞİTİLMESİ B) SERA İŞİTİLMESİ
AĞRI	1	DIYADIN KÖPRÜÇERMİK YILANLI	34-71	20	A) BASIT KAPLICA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ C) SERA İŞİTİLMESİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İŞİTİLMESİ C) SERA İŞİTİLMESİ D) DIYADIN İLÇESİ VE ÇİFTLİK İŞİTİLMESİ

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
AMASYA	1	HAMAMÖZÜ	38-40	42	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) SERA İSİTİMİ
	2	GÖZLEK	38	40	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) SERA İSİTİMİ
ANKARA	1	KIZILCAHAMAM	36-50	73-86	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) SERA İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) SERA İSİTİMİ D) KIZILCAHAMAM İLÇESİNİN İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) SERA İSİTİMİ D) KIZILCAHAMAM İLÇESİNİN İSİTİMİ
	2	HAYMANA	43	44	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) CAMİ İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) CAMİ İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) CAMİ İSİTİMİ
	3	SEYHAMAMI	43	15	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM GELİŞTİRİLMESİ B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ
	4	DUTLUCA	40-51	5	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) SERA İSİTİMİ
	5A	AYAŞ	30	30	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ
	5B	AYAŞ-ÇOBAN	50	15	YOK	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) ÇİFTLİK İSİTİMİ D) SERA İSİTİMİ	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS İSİTİMİ C) ÇİFTLİK İSİTİMİ D) SERA İSİTİMİ

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
AKSARAY	1	ZİGA	53	4,6	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM, TERMAL TESİS B)ÇİFTLİK İSİTİMİ, SERA İSİTİMİ	A)TERMALİZM, TERMAL TESİS B)ÇİFTLİK İSİTİMİ, SERA İSİTİMİ
AYDIN	1	GERMANCIK ÖMERBEYLİ	101	200-232 500	A)YOKTUR	A)ELEKTRİK ÜRETİMİ B)ŞEHİR İSİTİMİ VE SOĞUTMASI C)SERA İSİTİMİ D)KURUTMACLIK E)TEKSTİL ENDÜSTRİSİ F)SOĞUK HAVA DEPOLARI G)TERMALİZM H)TERMAL TESİS İSİTİMİ	A)ELEKTRİK ÜRETİMİ B)ŞEHİR İSİTİMİ VE SOĞUTMASI C)SERA İSİTİMİ D)KURUTMACLIK E)TEKSTİL ENDÜSTRİSİ F)SOĞUK HAVA DEPOLARI G)TERMALİZM H)TERMAL TESİS İSİTİMİ
	2	ÇAMKÖY BOZKÖY	61-90	3,5 56	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESİS İSİTİMİ	A)TERMALİZM B)TERMAL TESİS İSİTİMİ C)SERA İSİTİMİ D)ŞEHİR İSİTİMİ E)ELEKTRİK ÜRETİMİ
	3	SALAVATLI	38	0,5 162-171 150	A)TERMALİZM	A)ELEKTRİK ÜRETİMİ B)ŞEHİR MERKEZİ İSİTİMİ C)SERA İSİTİMİ D)KURUTMACLIK E)ENDÜSTRİYEL PROSES İSİSİ F)MERKEZİ ŞEHİR SOĞUTMASI G)TERMALİZM, TERMAL TESİS İSİTİMİ	A)ELEKTRİK ÜRETİMİ B)ŞEHİR MERKEZİ İSİTİMİ C)SERA İSİTİMİ D)KURUTMACLIK E)ENDÜSTRİYEL PROSES İSİSİ F)MERKEZİ ŞEHİR SOĞUTMASI G)TERMALİZM, TERMAL TESİS İSİTİMİ
	4	AYDIN ŞEHİR İÇİ LİCABAŞI	38	0,1 71-88 12	YOK	A)TERMALİZM B)TERMAL TESİS İSİTİMİ	A)TERMALİZM B)TERMAL TESİS İSİTİMİ
	5	GÜMÜŞKÖY	41	6	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESİS İSİTİMİ	A)TERMALİZM B)TERMAL TESİS İSİTİMİ

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
AYDIN	6	DAVUTLAR	—	65	YOKTUR	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI
	7	ORTAKÇI	50	—	A) SOĞUTARAK İÇME SUYU KULLANIMI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI
BALIKESİR	1	GÖNEN	77	82	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) ŞEHİR İSTİMASI 1400 KONUT D) TABAKHANELER PROSES SICAK SUYU E) ENDÜSTRİYEL KULLANIM (KAUÇUK FABRİKALARI) F) SERA İSTİMASI 2000 m ²	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) ŞEHİR İSTİMASI 1400 KONUT D) TABAKHANELER PROSES SICAK SUYU E) ENDÜSTRİYEL KULLANIM (KAUÇUK, TUTKAL FAB.) F) SERA İSTİMASI 2000 m ²	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) ŞEHİR İSTİMASI 1400 KONUT D) TABAKHANELER PROSES SICAK SUYU E) ENDÜSTRİYEL KULLANIM (KAUÇUK, TUTKAL FABRİKASI) F) SERA İSTİMASI 2000 m ²
	2	HISARALAN	56-98	100	A) BASIT KAFIÇA UYGULAMASI B) SERA İSTİMASI 2000 m ²	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SINDIRGI İSTİMASI D) SERA İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SINDIRGI İSTİMASI D) SERA İSTİMASI
	3	HISARKÖY	85	90	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI KESON KUYU	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI D) EK GADİÇ İSTİMASI
	4	PAMUKÇU	54	60	A) BASIT KAFIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI D) YAKIN ÇEVREDEKİ TESİSLERİN İSTİMASI POLİS AKADEMİSİ, ASKERİ LOJMANLAR

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ		KUYU		MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
			°C	lt/sn	°C	lt/sn			
BALIKESİR	5	KEPEKLER	54-60	8,3	54	15	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI C) SERA İSİTMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI C) SERA İSİTMASI
	6	HAVRAN DERMAN	59	3	60	30	A) SERA İSİTMASI B) BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) SERA İSİTMASI B) THERMALİZM	A) THERMALİZM B) HAVRAN İLÇESİNİN İSİTİLMESİ C) SERA İSİTMASI
	7	DAĞILJIASI EKŞİDERE	41	21	—	—	A) BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI
	8	GÜRE	53	3	58	10	A) BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) THERMALİZM, SERA İSİTMASI B) THERMAL TESİS İSİTMASI	A) THERMALİZM, SERA İSİTMASI B) THERMAL TESİS İSİTMASI
	9	KIZIKÖY MANYAS	51	2,5	—	—	A) BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI	A) THERMAL TESİS İSİTMASI B) THERMALİZM, SERA İSİTİLMESİ
	10	YILDIZ	47	15	—	—	A) BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) THERMALİZM, THERMAL TESİS İSİTMASI	A) THERMALİZM, THERMAL TESİS İSİTMASI B) SÜRÜKLÜK İSİTMASI
	11	ŞAMLIDAĞ	62	1,4	—	—	A) BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI
BİNGÖL	1	KÖS	36-47	125	47	15	A) BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI	A) THERMAL TESİS İSİTMASI B) THERMALİZM C) SERA İSİTMASI
	2	HACIKÖY	62	1	—	—	YOKTUR	YOKTUR	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI
	3	HARUR	52	0,16	—	—	YOKTUR	YOKTUR	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI
	4	HOZAVİT	48	0,09	—	—	YOKTUR	YOKTUR	A) THERMALİZM B) THERMAL TESİS İSİTMASI

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
BİTLİS	1	NEMRUT	18-66	1	YOKTUR	YOKTUR	A)TATVAN ISITIMASI B)ELEKTRİK ÜRETİMİ
	2	İLİÇAKÖY	44	1,3	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
BOLU	1	MERKEZ	44	14,5	20	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI
	2	SARIOT	63	1,2	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
	3	KÖSENÖZÜ SEBEN	73	4	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI D)İPEEN İSİTİMASI
	4	EFTENİ	42	3,5	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI
BURSA	1	ÇEKİRGE	36-47	10	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
	2	KARAMUSTAFA KAYNARCA	77-83	15	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)KESMİBURSA İSİTİMASI
	3	ARMUTLU	50-70	22	11	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)ARMUTLU İSİTİMASI

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ		KUYU		MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
			°C	lt/sn	°C	lt/sn			
BURSA	4	KEMALPAŞA	46	15	—	—	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI D)KEMALPAŞA İSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI D)KEMALPAŞA İSİTİMASI
	5	OYLAT	24-40	52	—	—	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
	6	KAYA-SADA (ORHANELİ)	42-68	1	—	—	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
ÇANAKKALE	1	TUZLA	38-102	20	174	100	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI D)TUZ ÜRETİMİ	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI D)TUZ ÜRETİMİ E)ELEKTRİK ÜRETİMİ F)GÜPİVAR İSİTİMASI
	2	KESTANBOL	62-68	3	75	25	A)TERMALİZM B)SERA İSİTİMASI 1000m ²	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI
	3	HIDIRLAR	38-81	8	58	1	YOK	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI
	4	KUMILICASI YENİCE	67-69	0,8	—	—	YOK	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERA İSİTİMASI D)KALKIM İSİTİMASI
	5	OZANCIK	65	10	—	—	YOK	YOK	
	6	KIRKGEÇİT	52	3,2	—	—	YOK	YOK	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
ÇANAKKALE	7	KARA	39-48	9	YOK	YOK	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI
	8	ÇAN	46	1,7	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) KİSİMİ ŞEHİR İSTİMASI
	9	KÜÇÜKÇETİMİ	41	10	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI
ÇANKIRI	1	ÇAVUNDUR	34	0,3	YOK	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI D) KURŞUNLU LÜÇESİ İSTİMASI
DENİZLİ	1	KIZILDERE	63-100	10	A) ELEKTRİK ÜRETİMİ B) SERA İSTİMASI C) BİNA İSTİMASI D) CO ₂ ÜRETİMİ E) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI F) DOKUMA ENDÜSTRİSİ	A) SARAYKÖY, DENİZLİ VE BUHARKENT İSTİMASI B) ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR C) KURUTMA YAPILMASI D) TERMALİZM E) TERMAL TESİS İSTİMASI F) SOĞUTMAÇILIK (SOĞUK HAVA DEPOSU)	A) KAPASİTE ARTIRIMI
	2	TEKKEHAMAMI KABAĞAĞAÇ UYUZ İNALTI UYUZDEMİRTAŞ	57-100	30	A) SERA İSTİMASI B) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI	A) ELEKTRİK ÜRETİMİ B) SARAYKÖY İSTİMASI C) SERA İSTİMASI D) ENDÜSTRİYEL KULLANIMI E) SOĞUTMA F) KURUTMA G) TERMALİZM H) TERMAL TESİS İSTİMASI

İL	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
DENİZLİ	3	GÖLEMEZLİ	38-55	6,1	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMALARI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)DENİZLİSİTİMASINAKAİKİ B)SERAİSİTİMASI C)TERMALİZM D)TERMAL TESSİSİTİMASI E)KURUTMA YAPILMASI F)DOKUMANENDÜSTRİSİNDE
	4	KARAHAYIT	56	10	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
	5	KAMARAYENİÇE	33-56	12	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
	6	PAMUKKALE	36	450	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM
DIYARBAKIR	1	ÇERMİK	48	3 51	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)ÇERMİK İLÇESİNİN İSİTİLMESİ
ELAZIĞ	1	KOLAN	42	5	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
ERZURUM	1	ILICA	39	6 39	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)ILICA İLÇESİNİN KISMEN İSİTİLMESİ
	2	PASINLER	30-41	15	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)KESİMİ PASINLER İLÇESİNİN İSİTİLMESİ
	3	KAĞIHAZMAN	56	12	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	
ERZURUM	4	MEMAN	45	1,5	YOK	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI		
ESKİŞEHİR	1	SARICAKAYA SAKARILICA	43-48	3	54	26	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI C) SERA İSİTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI C) SERA İSİTİMASI
	2	MERKEZ	38-45	50	45	6	A) BASİT KAPLIÇA UYGULAMASI B) CAMİ İSİTİMASI C) ÇİME SUYUNA KATKI	A) BASİT KAPLIÇA UYGULAMASI B) CAMİ İSİTİMASI C) ÇİME SUYUNA KATKI
İSTANBUL	1	YALOVA	48-66	19	—	—	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI C) SERA İSİTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI C) SERA İSİTİMASI
İZMİR	1	BALÇOVA	63	3	107-133	60	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI C) YÜZMEHAVUZU İSİTİMASI D) ÜNİVERSİTE KAMPÜSÜ İSİTİMASI E) SERA İSİTİMASI 55000m ²	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI C) YÜZMEHAVUZU İSİTİMASI D) ÜNİVERSİTE KAMPÜSÜ İSİTİMASI E) SERA İSİTİMASI 55000m ²
	2	SEFERİHİSAR CUMAKARAKOÇ DOĞANBEY TUZLASI	55-93	40	90-153 (MAX)	175	A) BASİT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI C) SEFERİHİSARDAN BALÇOVAYA KADAR SERA ENDÜSTRİYEL TESSİS, KONUT İSİTİMASI YAPILABİLİR
	3	DOĞANBEY BURNU	64	—	—	—	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİTİMASI

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	DOĞAL ÇIKIŞ lt/sn	KUYU °C	KUYU lt/sn	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
İZMİR	4	DİKİLİ KAYNARCA	100	200	—	—	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI C) DİKİLİSİTMASI D) BERGAMA İSİTMASI E) SERA İSİTMASI ENDOÜS UYGULAMA	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI C) DİKİLİSİTMASI D) BERGAMA İSİTMASI E) SERA İSİTMASI ENDOÜS UYGULAMA
	5	BADEMLİ	41-70	1	—	—	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI C) SERA İSİTMASI
	6	ÇEŞME	56	10	56	42	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI
	7	ŞİFNE	42	12	—	—	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM
	8	NEBİLER	55-57	2,5	—	—	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI	
	9	PAŞA	39-43	0,5	—	—	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI	
	10	ALIAĞA	58	5	—	—	YOK	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI C) PROSES İSİTMASINI D) ALIAĞA İSİTMASI
	11	BAYINDIR DEREKÖY	45	2	—	—	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI
KAYSERİ	1	TEKGÖZ	40	20	—	—	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESIS İSİTMASI

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	
KAYSERİ	2	BAYRAMHACI	40	6	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	
KIRŞEHİR	1	TERME	41	12	255	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) KIRŞEHİR İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) KIRŞEHİR-MERKEZİ İSTİMASI	
	2	MAHMUTLU	63-70	28	YOK	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI	
	3	KARAKURT	50	5	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI	
	4	BULAMAÇLI	44	1,5	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM, TERMAL TESİS İSTİMASI B) SERA İSTİMASI	A) TERMALİZM, TERMAL TESİS İSTİMASI B) SERA İSTİMASI	
KONYA	1	ILGIN	41	2	110	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM, TERMAL TESİS İSTİMASI B) YAKIN YERLEŞİM BÖL. İSTİMASI	
KÜTAHYA	1	EYNAL	66-78	3,5	147 ORT.	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI D) SİMAV İLÇESİNİN İSTİMASI E) ENDÜSTRİYEL KULLANIM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI C) SERA İSTİMASI D) SİMAV İLÇESİNİN İSTİMASI E) ENDÜSTRİYEL KULLANIM	
	2	NAŞA	43-52	2	42	9	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI
	3	ÇİFTGÖL	50-80	2	24	A)BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİS İSTİMASI	

İL	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	lt/sn	KUYU °C	lt/sn	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLİR DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLİR DEĞERLENDİRMELER
KÜTAHYA	4	ABİDE GEDİZ	78	80	—	—	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI C) GEDİZ İLÇESİ İSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI C) GEDİZ İLÇESİ İSİMASI
	5	YONCALI	32-41	11	42	67	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI
	6	KIZILSIN (ILJCAKÖY)	28-44	35	—	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM
	7	EMET	43-47	17	—	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI C) KISMİ EMET İSİMASI
	8	YENİCEKÖY	47-49	1	—	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI	A) TERMALİZM
	9	DERELİ GÜNLÜCE	39-41	60	—	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM
	10	SAMRIK	46	0,2	—	—	YOK		
	11	MURATDAĞI	34-42	9	—	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM
	12	HAMAMKÖY	51	2,2	—	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESİSİSİMASI

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
MANİSA	1	KURŞUNLU	94	98	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI C) KURUTMACILIK D) SALIHLI İSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI C) KURUTMACILIK D) SALIHLI İSİMASI E) SOĞUTMA (SOĞUK HAVA DEPOSU)
	2	URGANLI	34-83	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI C) TURGUTLU, AHİMEİLİ MERKEZİ ŞEHİR İSİMASI D) SERA İSİMASI
	3	SART	54	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI
	4	SARAYCIK	51	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI C) SERA İSİMASI
	5	MENTEŞE	63	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMASI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI
	6	ŞEHİTLER (EMİR KULA)	55	—	—	—	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI
MUĞLA	1	VELİBEY	39	—	YOK	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİSİSİMASI
	2	SULTANIYE	37-41	—	A) BASIT KAPLIÇA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
NEVŞEHİR	1	KOZAKLI	35-91	92	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMALARI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI C)KOZAKLIİLÇESİ İSTİMASI D)SERAIİSTİMASI ENDÜS UYGULAMA	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI C)KOZAKLIİLÇESİ İSTİMASI D)SERAIİSTİMASI ENDÜS UYGULAMA
	2	ACIGÖL	--	200 TAHMİNİ	--	--	SICAK KURUKAYAARAMASI NETİCESİ OLJUMLU OLDUĞU TAKTİRDE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ, NEVŞEHİR ACIGÖL İSTİMASI YAPILABİLİR
NİĞDE	1	NARKÖY	43	63	YOK	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI C)SERAIİSTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI C)SERAIİSTİMASI
	2	ÇİFTEHAN	52	--	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI C)ÇİFTEHANİSTİMASI
ORDU	1	FATSA	49	2,5	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM
RİZE	1	AYDER	47	55	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI
K.MARAŞ	1	SÜLEYMANLI	39,5	44	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI C)KONUTİSTİMASI
MARDİN	1	GERMLAB	61	--	A)BASITKAPLIÇA UYGULAMALARI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİS İSTİMASI

İLİ	H NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU		MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
				°C	lt/sn			
SAKARYA	1	AKYAZI	41-51	84	42	A)BASITKAPLICA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM, AKYAZI ISITIMASI B) TERMAL TESSİS ISITIMASI	A) TERMALİZM, SERA ISITIMASI B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) AKYAZI ISITIMASI
SAMSUN	1	HAVZA	51	54	55	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) HAVZA İLÇESİ KİSMİ ISITIMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) HAVZA İLÇESİ KİSMİ ISITIMASI
	2	LADIK	36	38	30	A) BASIT KAPLICA UYGULAMASI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM
SİRT	1	BİLLURIS	38	—	—	A) BASIT KAPLICA UYGULAMASI	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM
	2	HİSTAÇERMİĞİ	67	—	—	A) BASIT KAPLICA UYGULAMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI
SİVAS	1	SICAKÇERMİK	36-45	50	200	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) SİVAS ISITIMASI
	2	AKÇAĞIL	43	—	—	A) BASIT KAPLICA UYGULAMASI		
TOKAT	1	SULUSARAY	50	54	25	A) TERMALİZM	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) SULUSARAY KİSMİ ISITIMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) SULUSARAY ISITIMASI
	2	REŞADİYE	55	55	33	A) BASIT KAPLICA UYGULAMALARI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) REŞADİYE İLÇESİNİN KİSMİ ISITIMASI	A) TERMALİZM B) TERMAL TESSİS ISITIMASI C) REŞADİYE İLÇESİNİN ISITIMASI
URFA	1	KARAAĞILI	—	48	70	YOK	YOK	YOK

İLİ	H. NO	YERİ	DOĞAL ÇIKIŞ °C	KUYU °C	MEVCUT DEĞERLENDİRME (HAZİRAN-1991)	MEVCUT JEOTERMAL ÇIKIŞ İLE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER	SAHANIN GELİŞTİRİLMESİ HALİNDE YAPILABİLECEK DEĞERLENDİRMELER
UŞAK	1	BANAZ	22-37	55	5	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM
	2	EŞME ÖRENCİK	38	40	20	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
VAN	1	HASANABDAL- ZILAN(ERCİŞ)	63-68	90	35	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)ERCİŞİTİMASI D)SERASİTİMASI
	2	ZERENİ	55	—	YOKTUR	YOKTUR	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
YOZGAT	1	KÖHNE (SORGUN)	59-61	78	10	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)KISMİ SORGUNİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SORGUNİTİMASI D)SERASİTİMASI
	2	CAVLAK (BOĞAZLIYAN)	31	46	100	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI
	3	SARIKAYA	45	—	A)TERMALİZM	A)TERMALİZM, TERMAL TESSİSİTİMASI	A)TERMALİZM, TERMAL TESSİSİTİMASI
	4	YERKÖY (UYUZ)	45	—	A)BASITKAPLI CA UYGULAMALARI		A)TERMALİZM, TERMAL TESSİSİTİMASI
	5	KARADİKMEN	40	0,05	YOK	YOK	
	6	KARAMAĞARA (SARAYKENT)	40	1	10	A)BASITKAPLI CA UYGULAMASI	A)TERMALİZM B)TERMAL TESSİSİTİMASI C)SERASİTİMASI

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	07.09.1976	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1990-1993	Kabataş Erkek Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1997-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurum

1996-1999

Buz-Pan Mühendislik End. Mutfak
Ekipmanları San. ve Tic. A.Ş.