



TR1000350

## Jeotermal enerjinin dünyada, Türkiye’de durumu ve İstanbul Teknik Üniversite’sindeki çalışmalar

**Ümran SERPEN<sup>1</sup>**

*İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl., Maslak, İstanbul*

### **Özet**

*Bu çalışmada, jeotermal enerji hakkında verilen kısa bir bilgiden sonra, jeotermal enerjinin yenilenebilirliği kısaca tartışılmaktadır. Jeotermal enerjinin dünyada ve Türkiye’deki doğrudan ve dolaylı kullanımının şimdiki durumu ve potansiyeli rapor edilmektedir. Bundan başka, jeotermal enerji ekonomisi incelenmektedir. Ülkemizdeki jeotermal yasasının eksikliği tartışılmakta ve sonuçlar sunulmaktadır. Son olarak da İTÜ’de jeotermal enerji konusunda yapılan çalışmalar verilmektedir*

---

<sup>1</sup> Ümran Serpen, 212 285 62 80 ; serpen@itu.edu.tr

## Status of geothermal energy in world and Turkey and studies in ITU

### *Extended Abstract*

*After roughly 100 years of the first electricity generation, installed capacity of geothermal power plants have grown to 8900 MW in 25 countries, producing 56830 GWh/year. An estimate of the installed thermal power in the world for direct utilization at the end of 2004 is 27825 MW. Thermal energy used is 261418 TJ/yr. The distribution of thermal energy used by category is approximately 33% for geothermal heat pumps, 29% for bathing and swimming, 20% for space heating (of which 77% for district heating), 7.5% for greenhouse heating and open ground heating, 4% for industrial process heat, 4% for aquaculture and 2% for others uses.*

*A conventional steam cycle power plant with 17.8 MW<sub>e</sub> capacity was installed in Kızıldere geothermal field and has been generating an average gross power of 10 MW<sub>e</sub> since 1984. An air cooled binary cycle power plant with gross capacity of 8.5 MW<sub>e</sub> is being built in Aydın-Salavatlı has been in operation for two months. A decision was made to install another power plant with a capacity of 45 MW<sub>e</sub> in Aydın-Germencik that reservoir assessment studies are being conducted. Direct utilization of geothermal resources in Turkey are about 500 MW, of which 250 MW, is used by district heating, 140 MW, utilized by greenhouse heating and 100 MW, belong to bathing. Turkey's geothermal potential as geothermal resource base was estimated as  $3.1 \times 10^{23}$  J. Later information on the geothermal potential was provided by Serpen and Turkey's geothermal resource base was found  $2.85 \times 10^{23}$  J. Recent studies by Serpen revealed Turkey's convertible energy from geothermal resources in 3 categories as 1.2E22 J for direct use (in two categories) and 1.3E18 J for indirect use.*

*Stochastic studies conducted on economics of geothermal resources in Turkey by Serpen revealed that power generation looks profitable with the electricity selling prices of around 4.5-5 cents/kWh. The payout time for this type of investments reaches 7 to 8 years. District heating systems do not seem to be profitable with actual low fixed rate heat payments (tariffs). On the other hand, greenhouse heating, other type of direct-use, looks very profitable. Health Spa investments looks promising and feasible.*

*It is unfortunate that Turkey, having rich geothermal resources, many utilization opportunities and know-how, has not been able to run her geothermal potential due to lack of a proper geothermal law. There are several draft codes for geothermal energy in circulation; one prepared by Ministry of Energy, another by Ministry of Interior. Neither of drafts could meet Turkey's needs for geothermal energy in a contemporary way.*

*The following results are obtained by this study:*

- *Geothermal resources of the world could provide 8% of the power generation needs of the world in the near future.*
- *Increasing oil prices would enable to improve the economics of developing enhanced geothermal resources in the future and would eventually double power generation from geothermal resources.*
- *Utilization of low grade geothermal resources should replace fossil fuels locally for direct-use in the world and Turkey.*
- *Utilization of geothermal resources instead of fossil fuels will eventually reduce social costs by controlling CO<sub>2</sub> levels.*
- *In Turkey, economics of power generation looks sound, and new projects are in line.*
- *Economics of district heating systems with existing financial model and tariffs in Turkey are not in good shape, and they will not be able to compete with natural gas in the short and mid term.*
- *Turkey has suitable geothermal resources for the utilization of process heating, and this should be emphasized and taken into account by industrialists.*
- *The utilization of geothermal resources of Turkey in greenhouse heating seems economically sound, and industry has already sensed that trend.*
- *Taking into account of Turkey's rich geothermal resources she merits a contemporary geothermal legislation, but the existing official drafts of geothermal law are insufficient and far from to meet actual requirements of Turkey in many aspects.*

## Giriş

Bu yüzyılda insanlık için en önemli görevlerden biri, üçüncü dünya ve gelişmekte olan ülkelerin yoksul halklarına uygun enerji hizmetlerini, onların ödeyebilecekleri bedellerde ve iklim değişikliğine sebep olmadan (karbon dioksit emisyon seviyelerini arttırmadan) sunmaktır. Bu durumda, yaşadığımız yüzyılda yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye girmesi ve önemli rol oynaması beklenmelidir.

Fosil yakıtların çağı bu yüzyılda azalırken, onların oynadığı rolü tek bir enerji kaynağının alamayacağı açıktır. Jeotermal enerji büyük ölçüde yerel olarak kullanılacak ve integrative bir rol oynayacaktır. Öte yandan, eğer bölgesel ve global enerji problemlerine çözümler bulunursa, yerel enerji kaynaklarının hem yerel ve hem de ithal edilen enerjinin en iyi şekilde kullanıldığı ulusal şebekeye katılımı önemli olacaktır. Bundan başka, geçmişte 1970'li ve 1980'li yıllarda olduğu gibi, artan petrol ve gaz fiyatları jeotermal enerjiyi fosil yakıtlarla mukayese edildiğinde daha ekonomik yapacaktır.

## Jeotermal enerjinin dünyadaki durumu

Bilindiği gibi, jeotermal enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanımları vardır. Elektrik üretiminin başlangıcından 100 yıl sonra, jeotermal santrallerin kurulu güç kapasitesi 25 ülkede 8900 MW<sub>e</sub>'a çıkmış olup, 56830 GWh/yıl enerji üretilmektedir (Lund, 2005). Çizelge 1, jeotermal enerjiden elektrik elde eden ülkelerdeki kurulu gücü göstermektedir. Geçen asır içinde elektrik üretimi üç aşamada gelişmiştir. Elektrik üretimi 1920'lerde İtalya'daki Larderello sahasından kuru buhar üretimiyle başlamış, 1950'lerde Y. Zelanda'daki Wairakei'den doymuş buharla geleneksel buhar çevrimlerini kullanarak devam etmiş ve en sonunda 1980'lerden itibaren orta entalpili akışkanlar için Organic Rankin çevrimiyle sürdürülmüştür.

Çizelge 1. Dünyada Elektrik Santral Kapasitesi (Bertani, 2005)

Ülkeler	1995, (MW)	2000, (MW)	2005, (MW)	Artış, %
Avustralya	0.2	0.2	0.2	-
Avusturya	0	0	1	Yeni giriş
Çin	29	29	28	-
Kosta Rika	55	143	163	14%
El Salvador	105	161	151	-
Etopya	0	7	7	-
Fransa	4	4	15	275%
Almanya	0	0	0.2	Yeni giriş
Guatemala	0	33	33	-
İzlanda	50	170	202	19%
Endonezya	310	590	797	35%
İtalya	632	785	790	1%
Japonya	414	547	535	-
Kenya	45	45	127	182%
Meksika	753	755	953	16%
Y. Zelanda	286	437	435	-
Nikaragua	35	70	77	10%
Papua Y. Gine	0	0	6	Yeni giriş
Filippinler	1227	1909	1931	-
Portekiz	5	16	16	-
Rusya	11	23	79	244%
Tayland	0.3	3.3	0.3	-
Türkiye	17.8	17.8	17.8	-
ABD	2817	2228	2544	3%
Toplam	6795	7972	8910	12%

Çizelge 2, elektrik santral dağılımını beş kategori halinde göstermektedir. Çizelge 2'den görüldüğü gibi, klasik buhar çevrimleri toplam elektrik santrallarının %92'sini oluşturmaktadır. Binary santralların payı yalnız %8 olup, onlar görece olarak yeni santrallardır (1980 sonrası). Başlangıçta, binary santrallar orta entalpili kaynaklar için yapılıyorlardı, çünkü bu çevrimlerin verimliliği 170°C'de maksimuma ulaşıyordu. Yakın zamanlarda kombine çevrimler (klasik buhar+binary), yüksek verimlilikleri dolayısıyla çok popüler hale geldiler.

Çizelge 2. Elektrik Santral Dağılımı (Bertani, 2005)

Kategori	Kurulu Güç Kapasitesi (MW)	Increase, %
Kuru Buhar, kondenserli	2545	29%
Tek Flaş, kondenserli	3294	37%
İki Flaş, kondenserli	2268	25%
Binary, Kombine Çevrim	685	8%
Atmosferik Türbin	119	1%
Toplam	8910	100%

Doğrudan kullanım için 2004 sonu itibarıyla kurulu güç tahmini, 27825 MW'dir. Kullanılan ısı enerjisi ise 261418 TJ/yıl olup, bu da 2000 yılına göre neredeyse %40'lık bir artış göstermiştir (Lund vd., 2005). Çizelge 3 1995-2005 yılları arasında dünyadaki değişik doğrudan kullanım kategorilerini göstermektedir. Çizelge kategoriler temelinde incelendiğinde, jeotermal ısı pompaları için kullanılan ısı enerjisi dağılımı yaklaşık %33, banyo ve yüzme havuzu %29, mekan ısıtması %20 (%77'si merkezi ısıtma), sera ve zemin ısıtması %7.5, endüstriyel proses ısısı %4, akuakültür %4 ve diğer kullanımlar %2 olmaktadır (Lund vd., 2005). Termal kullanım dağılımı doğrudan kullanım için kurulu gücün %56.5'u çok düşük kapasite faktörü olan ısı pompalarından gelmektedir (Çizelge 3). Son on yılda jeotermal ısı pompalarının kurulu kapasite artışı 8.5 kat olmuş ve 2 kat artan diğer doğrudan kullanımları geride bırakmıştır. Dolaylı kullanımın aksine, doğrudan kullanım için kapasite faktörleri düşük veya çok düşük olarak sınıflandırılabilirler. Endüstriyel kullanım için kapasite faktörleri diğerlerine göre görece olarak yüksektir. Merkezi ısıtma sistemlerinin düşük kapasite faktörleri kaynak kullanımını açısından avantajlı kabul edilebilir, çünkü kullanılan periyotta kaynak kendini toplarlar.

Dünyanın jeotermal potansiyeli söz konusu olduğunda, WEC (1980) enerji kaynakları üzerine yaptığı bir çalışmada, EPRI'nin jeotermal temel kaynak listesini kullanmış ve jeotermal kaynakların doğrudan ve dolaylı kullanım potansiyelinin tahmini için bir metodoloji önermiştir. WEC'in metodolojisi kullanılarak, dolaylı kullanım için jeotermal potansiyel  $1.14 \times 10^8$  MWyıl olarak bulunmuş olup, bu değer dünya enerji tüketiminin yaklaşık %70'dir. Öte yandan, doğrudan kullanım için üretilebilir ısı enerjisi  $2.9 \times 10^{24}$  J olarak tahmin edilmiş olup, bu değer de, sıcaklık dereceleri dikkate alınmaksızın, kabaca dünya birincil enerji tüketiminin 10000 katı olmaktadır. Bu rakam çok anlamlı olup, doğrudan kullanım için dünya jeotermal potansiyelinin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Çizelge 3. Dünyada Değişik Doğrudan Kullanım Kategorileri Özeti, 1995-2005, (Lund vd., 2005)

	Kapasite, MW, & Kapasite Faktörü		
	2005	2000	1995
Jeotermal ısı pompaları	15723-0.17	5275-0.14	1854-0.25
Mekan ısıtma	4158-0.4	3263-0.42	25790.47
Sera ısıtma	1348-0.46	1246-0.45	1085-0.46
Akuakültür	616-0.56	605-0.61	1097-0.39
Tarımsal kurutma	157-0.41	74-0.44	67-0.53
Endüstriyel kullanım	489-0.72	474-0.68	544-0.59
Banyo ve yüzme	4911-0.49	3957-0.64	1085-0.46
Soğutma	338-0.18	114-0.3	115-0.31
Diğer	86-0.39	137-0.70	238-0.30
Toplam	27825-0.3	15145-0.4	8664-0.41

Jeotermal Enerji Birliği (GEA) Gawel vd., (1999) tarafından yapılan bir çalışmanın özetini yayınlamış ve bugünün teknolojisini kullanıldığı taktirde jeotermal kaynakların 35448 and 72392 MW<sub>e</sub>'lik elektrik üretimini destekleyecek bir potansiyele sahip olduğunu açıklamıştır. Bugünlerde geliştirilmekte olan ileri teknoloji kullanılarak, jeotermal kaynakların 65576 ve 138131 MW<sub>e</sub> arasında elektrik üretim kapasitesini destekleyebileceği düşünülmektedir (Gawel vd., 1999). Bu analiz tarafından ortaya çıkarılan jeotermal potansiyel, toplam dünya yıllık elektrik üretiminin yaklaşık %8.3'ü temsil etmektedir.

### Jeotermal enerjinin Türkiye'deki durumu

Türkiye'de jeotermal enerji araması 1960'lı yılların ilk yarısında başlamıştır. Başlangıçtaki arama çabaları, elektrik üretim potansiyeli olan yüksek entalpili sahalar üzerinde odaklanmış ve Kızıldere, Germencik gibi sahalar keşfedilmiştir. Daha sonraki arama çalışmaları Seferihisar, Simav, Salavatlı, Tuzla, Dikili, Caferbeyli gibi bazı orta entalpili sahaların keşfini sağlamıştır. Bununla birlikte, keşfedilen orta entalpili sahaların detaylı araştırıldığı söylenemez. Uygun arama yöntemleri uygulanıp, yatırım da yapılırsa, bazı sahalarda daha yüksek entalpili akışkanlar keşfedilebilir. Adı geçen sahaların bazılarında muhtemel yüksek sıcaklıkları destekleyen jeokimyasal göstergeler vardır. Yakın zamanda, Kavaklıdere adlı yüksek entalpili jeotermal saha keşfedilmiştir.

Kızıldere jeotermal sahasına 17.38 MW<sub>e</sub> kapasiteli klasik buhar çevrimli elektrik santrali kuruldu ve 1984 yılından beri yaklaşık ortalama 10 MW<sub>e</sub> güçle elektrik üretmektedir. Gross kapasitesi 8.5 MW<sub>e</sub> olan, hava soğutmalı binary çevrimli bir jeotermal santral Salavatlı jeotermal sahasına monte edilmektedir ve yıl sonundan itibaren elektrik üretimine başlayacaktır. Germencik-Ömerbeyli jeotermal sahasına 25 MW<sub>e</sub> kapasiteli binary santral kurulması kararı verilmiş olup, bugünlerde rezervuar değerlendirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir ve 7-8 kuyuluk bir sondaj programı üzerinde çalışılmaktadır.

Türkiye'de jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı daha çok merkezi ısıtma sistemleri vasıtasıyla gerçekleşmiştir. İlk merkezi ısıtma sistemi 1987'de kurulmuş ve 1991-2004 yılları arasında 11 merkezi ısıtma sistem daha, ilkinin takip etmiştir. Çizelge 4'ten de görüldüğü gibi, merkezi ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 250 MW<sub>e</sub>'a erişmiştir. Bu merkezi ısıtma sistemlerinin kabaca 35000 konutu ısıttığı tahmin edilmektedir.

Çizelge 4. Türkiye'nin Merkezi Isıtma Sistemleri, (Erdoğan vd., 2006)

Yer	Tarih	Kurulu Güç, (MW <sub>t</sub> )
Gönen-Balıkesir	1987	10.6
Simav-Kütahya	1991	26.2
Kırşehir	1994	5.6
Kızılcahamam-Ankara	1995	17.6
Balçova-İzmir	1996	71.3
Afyon	1996	33.9
Kozaklı-Nevşehir	1996	16.7
Sandıklı-Afyon	1998	29.3
Diyadin-Ağrı	1998	10.9
Salihli-Manisa	2002	17.0
Sarayköy-Denizli	2002	8
Edremit-Balıkesir	2004	6
Toplam		253

Türkiye'deki jeotermal enerjinin diğer bir doğrudan kullanım alanı seracılıktır. Çizelge 5 önemli sera ısıtmacılığı yerlerini ve bu alanları ısıtmak için sağlandığı tahmin edilen güçleri göstermektedir. Jeotermal enerji ile sera ısıtmacılığı son zamanlarda popüler hale gelmiştir. Bundan ötürü, 809 dekar'lık mevcut sera alanına ilaveten 800 dekarlık yeni sera ısıtma alanı şimdilerde projelendirilmektedir ve bunlar çok yakın bir zamanda kurulacaklardır. Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi, büyük sera tesisleri 142 MW<sub>t</sub>'lık güç kullanılmaktadır ve küçük tesisler de dikkate alırsa, bu miktar 150 MW<sub>t</sub>'a erişecektir. Öte yandan, Türkiye'nin karbon dioksit içeren jeotermal kaynakları seralarda bitkilerin gelişimi için kullanılan gerekli CO<sub>2</sub>'i kolaylıkla sağlayabilirler. Jeotermal enerjinin diğer bir doğrudan kullanım alanı gıda kurutmadır. Bu konuda, Urganlı jeotermal alanında TÜBİTAK tarafından desteklenen bir pilot uygulama bulunmaktadır.

Çizelge 5. Türkiye'deki Büyük Sera Alanları (Aksoy, N., 2005)

Yer	Sera Alanı, (dekar)	Tahmini Güç, (MW <sub>t</sub> )
Dikili	240	42
Urganlı	20	3.5
Simav	180	31.5
Gümüşlük-Kuşadası	80	14
Edremit	50	9
Tuzla	50	9
Gediz	9	1.5
Afyon	20	3.5
Alaşehir	20	3.5
Urfa	60	10.5
Balçova	80	14
Toplam	809	142

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı, balneoloji ve turistik veya tedavi amaçlı havuzlarda harcananlardır. Türkiye'de birçok kaplıca işletmesi bulunmaktadır. Onların kullandıkları gücü kontrol etmek, sayısallaştırmak veya kayıt altında tutmak oldukça zordur. Bundan ötürü, bilinen büyük kaplıcaların ısı güç gereksinimleri diğer küçüklerle birlikte mevcut veriler kullanılarak hesaplanmış ve birçok küçük kaplıcanınkiler ise, bilinenler temel alınarak tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, balneoloji ve yüzme için toplam 110 MW<sub>t</sub>'lık bir güç gereksinimi tahmini yapılmıştır.

Türkiye’de jeotermal kaynakların tüm büyük doğrudan kullanımının toplanması durumunda, ortaya 500 MW<sub>i</sub>’lık bir güç çıkmaktadır.

Türkiye’nin jeotermal potansiyeli üzerine ilk bilgiler Roberts (1978) tarafından verilmiştir. Roberts Türkiye’nin Jeotermal Temel Kaynak Potansiyelini  $3.1 \times 10^{23}$  J olarak tahmin etmiştir. Türkiye’nin Jeotermal Temel Kaynak Potansiyeli hakkında ikinci bilgiler Serpen, (2000) tarafından sağlanmış ve potansiyel  $2.8 \times 10^{23}$  J olarak tahmin edilmiştir. Türkiye için hesaplanan her iki potansiyel değeri detaylı bir şekilde Çizelge 6’da gösterilmektedir. Heriki tahminde bilimsel çalışmalar kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 6. Türkiye’nin Jeotermal Kaynak Temeli (Serpen, 2000)

Sıcaklık Aralıklarında 3 km derinlikteki Kaynak Temeli, J					
	< 100°C (1. Sınıf)	100-150 (2. Sınıf)	150-250 (3. Sınıf)	> 250°C (4. Sınıf)	Toplam
Roberts	19.0E22	8.4E22	2.3E22	1.4E22	3.10E23
Serpen	16.0E22	9.25E22	3.21E22	-	2.85E23

Çizelge 7’de görüldüğü gibi, 250°C üzerindeki sınıf dışında her iki tahmin birbirine yakındır. Sıcaklığı 250°C üzerinde hiçbir kaynak keşfedilmediği için, yazarın tahmini gerçek durumu daha sağlıklı yansıtmaktadır. Serpen, (2000)’nin Türkiye için gerçekleştirdiği tahmin dikkate alınıp, Roberts’in yaptığı tahminle karşılaştırılırsa, Türkiye’nin jeotermal temel kaynağı dünyanınkinin %0.7’si olarak bulunur.

Türkiye’nin jeotermal temel kaynak potansiyeli üzerinde Serpen ve Mıhçakan (1999) tarafından daha detaylı bir stokastik model çalışması, daha sonra gerçekleştirilmiştir. Jeotermometreler ve sıcaklık gradyanları üzerine bina edilen ısı akısı haritaları, Türkiye’nin altında depolanan ısı enerjisini tahmin etmek için kullanılmıştır. Bu haritalardan hesaplanan depolanmış ısı değerleri kullanılarak, jeotermal kaynaklar 3 grupta toplanmışlardır: (1)  $T < 100^\circ\text{C}$ , (2)  $100^\circ\text{C} > T > 180^\circ\text{C}$  ve (3)  $T > 180^\circ\text{C}$ . Elde edilen veriler üzerinde Monte Karlo simülasyonu uygulanmış ve beklenen jeotermal enerji temel kaynağı ile dönüşebilir enerji tahminleri, her bir grup için hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları Çizelge 8’de görülmektedir.

Öte yandan, yakınlarda İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl.’de, jeotermal gradyan dağılımıyla birlikte kayaçların ısı iletkenlikleri kullanılarak, yüzeyden ısı deşarj ile ısı akısı üzerine bir çalışma (Ahlatçı, 2005) tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye yüzeyinden 84.2 GW<sub>i</sub>’lık ısı enerjisi dışa atımı olduğu ve  $109 \text{ mW}_v/\text{m}^2$ ’lik ısı akısı meydana geldiği belirlenmiştir. Türkiye’nin ısı akısı ve enerji dışa atımı değerleri diğer çalışmalarla uyumludur (Serpen ve Mıhçakan, 1999 ve İlkışık, 1992). Dünyanın ısı dışa atımının tahmini  $40 \times 10^6$  MW<sub>i</sub> olduğu bilindiğine göre, Türkiye yüzeyinden dışa atılan ısı, dünyanınkinin sadece %0.2’si kadardır.

Eğer Çizelge 7 dikkatle incelenirse, en büyük potansiyelin 2. Sınıf jeotermal kaynaklarda bulunduğu, görülebilir. Bu sınıfın sıcaklık aralığı, jeotermal enerji doğrudan kullanımının endüstriyel olanlarını kapsamaktadır. Bununla birlikte, bu kaynakların üst sınırına yakın olanlar, binary çevrimler kullanılarak elektrik üretimi için de kullanılabilirler. Öte yandan, ülkemizde düşük entalpili akışkanlara sahip, mekan ve sera ısıtmacılığı, yiyecek kurutma, akuakültür, vb. alanlarda kullanılacak, bol miktarda kaynak bulunmaktadır.

*Çizelge 7. Türkiye'nin Dönüştürülebilir Jeotermal Enerji Kategorileri Serpen ve Mihçakan, 1999)*

Sıcaklık Aralığı, (°C)	Dönüştürülebilir Enerji, (J)
1. Sınıf, (<100°C), doğrudan kullanım	4.9 E21
2. Sınıf, (100-180°C), doğrudan kullanım	8.0 E21
Class 3, (180-250°C), dolaylı kullanım	1.3 E18

### **Jeotermal enerji kullanımının ekonomisi**

Jeotermal enerji yatırımlarının sermaye yoğunluklu olduğu bilinmektedir (Serpen, 2000). İlk 4-5 yıl yatırım yapılmakta ve daha sonra nakit akışı başlamaktadır. Yakın zamanda Serpen (2005) tarafından Türkiye'de jeotermal kaynak ekonomisi üzerine stokastik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Elektrik satış fiyatlarının 4.5-5 cent/kWh civarında olması durumunda, ülkemizde jeotermal enerjiden elektrik üretimi karlı görünmektedir. Bu tür yatırımların geri ödemesi 7-8 yılda gerçekleşmektedir. Karlılık ısı kalitesi (entalpi) ve kaynağın fiziksel büyüklüğü ile artmaktadır.

Öte yandan, benzeri stokastik bir ekonomik çalışma, birçoğu halen kurulu olan merkezi ısıtma sistemleri için gerçekleştirilmiştir. Merkezi ısıtma sistemlerinin ekonomisi var olan çok düşük ve sabit ısıtma tarifeleriyle karlı görünmemektedir. Birçok jeotermal kaynak için merkezi ısıtma sistemi çalışılmış, ancak bir tanesi çok az da olsa karlı bir yatırım olarak bulunmuştur. "Balçova'nın Geliştirilmesinin Kavramsal Planlanması" (Toksoy vd., 2005) gibi diğer çalışmalar, Seferihisar-Cumalı jeotermal kaynakları için gerçekleştirilen ekonomik analiz (Öztürk ve Serpen, 2005) mevcut tarifelerle negatif net şimdiki değer ve iç karlılık oranı ile sonuçlanmıştır.

Diğer taraftan, sera ısıtmacılığı, diğer tip doğrudan kullanım, oldukça karlı görünmektedir. Yüz dekarlık bir sera alanını inşa etmek yaklaşık 5 milyon \$'a malolmakta ve iki yıl içinde geri ödemektedir. Yaklaşık aynı miktarda enerji tüketen bir jeotermal santralin maliyeti 12 milyon \$'ı bulmakta ve geri ödemesi 8 yılda olmaktadır. Seracılığa yatırım yapmak, elektrik üretmekten daha karlı görünmektedir.

Türkiye'de kaplıca işletmeciliği gelişen bir iş koludur ve kaplıcalarımız 4 milyon yerli müşteri tarafından ziyaret edilmektedir. Fakat, kaplıcalarımızın genel durumu hiçte iç açıcı değildir. Türkiye, her biri ayrı bir müşteri grubuna hizmet veren birçok kaplıcaya sahiptir. Eğer bu kaplıcalar yeniden düzenlenip uygun sağlık hizmetlerini sağlayabilirlerse, Türkiye bunlara, bu tür tesislerin ve kaynakların bulunmadığı veya bulunup ta fiyatların çok yüksek olduğu ülkelerden çok sayıda yabancı turist ve hasta çekebilir.

### **Türkiye jeotermal enerji yasası**

Zengin jeotermal kaynaklara, birçok kullanım fırsatına ve bilgi birikimine sahip olan Türkiye'nin, kendi jeotermal potansiyelini harekete geçirecek çağdaş bir jeotermal enerji yasasına sahip olamaması bir talihsizliktir. Anayasaya göre, tüm doğal kaynaklar kamuya ait olup, devlet bu kaynakların işletmesi için izin ve ruhsat verir. Türkiye'nin jeotermal kaynakları 1920'li yıllardan beri jeotermalle ilgili yetersiz 927 sayılı yasayla idare edilmektedir. Bu yasa kaplıca ve tesisatlarını yönetmeye yönelik olarak hazırlanmış idi. Bilindiği üzere, o zamandan beri birçok teknolojik gelişme olmuş ve jeotermal kaynaklardan çeşitli şekillerde enerji elde edilmeye başlanmış, fakat yasada herhangi bir değişiklik yapılamamıştır. 1980'li yılların başında jeotermal kaynakların idaresi kısa bir müddet için Maden İşleri Genel Md.'e verilmiş, ancak kaynakların idaresinde oluşan sorunlar nedeniyle, yasa iptal edilmiştir. Şimdi aynı hataya bir jeotermal yasa tasarısında düşülmektedir.



Görüldüğü gibi, zengin jeotermal rezervlerimizi idare edebilmek için uygun bir jeotermal yasamız bulunmuyor ve bu nedenle jeotermal enerji için yatırım yapan yatırımcılar önlerini açıkça göremiyorlar. Şimdideki, yalnız kamu iktisadi kurumları (EÜAŞ), belediyeler ve il özel idareleri jeotermal projelere yatırım yapmışlardır. Ancak, artık IMF tarafından zorlanması nedeniyle, devletin politika olarak yatırım yapmak istememesi ve bu tür yatırımlara harcayacak kaynaklarının bulunmaması dolayısıyla, jeotermal kaynaklara yatırım yapmak sadece özel sektöre kalıyor.

Türkiye’de jeotermal kaynakların gelişimini etkileyen birçok sorun vardır ve bunlar 3 grupta toplanabilir: (1) teknik, (2) ekonomik ve (3) yasal sorunlar. Tüm bu hususlar detaylı bir şekilde incelenmiş, açıklanmış ve çözüm önerileri Toksoy ve Serpen (2001) tarafından sunulmuştur. İki önceki İzmir Valisi, yasal boşluğun tehlikelerini sezdiği ve gözlemlediği için (delinen yasal olmayan kuyular vb.), İzmir İli’ndeki jeotermal kaynakların idare edilip, korunması ve boşluğun doldurulması amacıyla, bir yönetmelik talebinde bulunmuştu (Serpen ve Toksoy, 2001). İzmir İli jeotermal kaynakları için yönetmelik, bu çalışmanın yazarı ve Jeotermal Yüksek Danışma Kurulu işbirliği ile İzmir MMO sponsorluğunda “İntegre Kaynak İdaresi Filozofisi” kullanılarak, hazırlanmış, ancak valinin değişimi bu gelişmeyi engellemiştir.

Biri Enerji Bakanlığı ve diğeri İç İşleri Bakanlığı esas olmak üzere birçok jeotermal enerji yasa tasarısı piyasada dolaşmaktadır. Mecliste muhalefetin hazırladığı ve Enerji Bakanlığı tasarısına çok benzeyen bir taslak daha bulunmaktadır. Bu çalışmanın yazarı, dünya ölçeğinde kazandığı deneyimi kullanarak ve önemli jeotermal enerji üreticisi ülkelerin yasalarını dikkate alarak, çağdaş bir jeotermal enerji yasa tasarısı hazırlamış (Serpen, 2002) ve geçmişte Enerji Bakanlığına da sunmuştur. Hazırlanan bu taslak “İntegre Kaynak İdaresi Filozofisi” üzerine bina edilmiştir. Öte yandan, bu çalışmanın yazarı bir başka taslağın hazırlanmasında yardımcı olmuş (Öngür ve Serpen, 2004) ve ayrıca, Enerji Bakanlığının hazırladığı tasarı hakkında yapılan toplantılarda tartışmalara katılarak katkıda bulunmuştur.

Yukarıdaki kavramları uygulamaya sokarak, jeotermal kaynaklar uygun ve çağdaş bir şekilde işletilebilir.

### **İTÜ’de jeotermal enerji çalışmaları**

İTÜ’de jeotermal enerji çalışmaları Petrol Müh. Böl.’de yapılan konusu Kızıldere jeotermal sahasında reenjeksiyon modellemesi olan bir Tübitak projesi ile 1980’li yılların başında başlamıştır. Jeotermal enerji ders olarak ilk kez yine Petrol Müh. Böl.’de 1987 yılında verilmiş ve o zamandan beri devam etmektedir. Yine 1980’li yılların sonunda, İTÜ-ETH üniversiteleri arasındaki bir anlaşma ile Türkiye’deki bazı jeotermal alanlar üzerinde yerbilimi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu arada Petrol Müh. Böl.’de de bilimsel araştırmalar başlamış olup, halen devam etmektedir.

İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl.’de jeotermal enerji ile ilgili olarak şimdideki 3 doktora, 5 yüksek lisans ve çok sayıda lisans tezi tamamlanmış olup, halen bir doktora ve tamamlanmak üzere olan iki yüksek lisans çalışması bulunmaktadır. Jeotermal enerji ile ilgili olarak 1 DPT, 3 Tübitak ve 2 Araştırma fonu projesi yanında 6 adet endüstri projesi gerçekleştirilmiştir. Bu endüstriyel projelerden Balçova ve Afyon Ömer-Gecek jeotermal alanları için gerçekleştirilen projeler, jeotermal alanların nasıl geliştirilip işletileceği konusunda Türkiye için örnek oluşturmuşlardır. Öte yandan, İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Bölümü EİE için jeotermal enerji konusunda bir kısa kurs düzenlemiş ve İller Bankası için de jeotermal enerji projeleriyle ilgili 11 adet şartname hazırlamıştır.

Tüm jeotermal enerji ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda uluslararası dergilerde 10 kadar makale yayınlanmış, 50 kadar bildiri uluslararası kongre ve sempozyumlarda sunulmuştur. Geçen yıl gerçekleştirilen Dünya Jeotermal Kongresinde Türkiye’den sunulan bildirilerin yarısından fazlası İT Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl. tarafından sunulmuştur. Özellikle, lkemizde jeotermal enerji ile ilgilenen kişi ve kurumları bilgilendirmek ve Türkçe literatür oluşturmak amacı ile 150 kadar bildiri ve makale bölümümüz elemanları tarafından sunulmuş ve yayınlanmıştır. Ayrıca, Jeotermal Enerji adlı bir kitap ta 2000 yılında yayınlanmıştır.

### **Tartışma ve Sonuçlar**

Yukarıda bahsedilenlerden anlaşılacağı gibi, dünyada ve özellikle Türkiye’de önemli rezervler var görünüyor. Gawel vd., (1999)’nin de işaret ettiği gibi, varolan teknolojiyi kullanarak konduktif sistemlerden destekli jeotermal enerji üretimi yapılırsa, elektrik güç gereksinimlerin %8’i karşılanabilir. Öte yandan, düşük-orta entalpili kaynaklar çok fazla olup, enerji üretimindeki rolleri uzun süreli olacaktır. Reistad (1975), kullanım sıcaklığına bağlı olarak enerji kullanımını tartıştıktan sonra, dünya yıllık fosil yakıt tktiminin yaklaşık %40’nın termodinamik açıdan aşırı bozulduğu sonucuna varmıştır. Tipik olarak, 1000-1500°C’lık fosil yanma sıcaklıkları, 250°C altındaki mekan ısıtma ve/veya proses ısısı olarak kullanılmaktadır. Fosil yakıtların yakılmasıyla, önemli miktarda enerjinin bacalarda kaybedildiği unutulmamalıdır. Düşük-orta entalpili jeotermal kaynaklar, ideal olarak bu tür doğrudan kullanımların yerini alabilirler.

Diğer önemli bir husus ta ekonomidir. Bazı devirlerdeki düşük petrol fiyatları (1950-1970 ve 1983-2003) jeotermal kaynakların gelişimini engellemiştir. şimdilerde petrol fiyatları artan bir eğilim içinde olduğuna göre, jeotermal enerji gelişimi için bir şans bulunmaktadır. Gelecekte petrol fiyatlarının nasıl değişeceğine bağlı olarak, destekli jeotermal enerji üretimi yapılan kaynaklar devreye girecek ve enerji gereksinimlerimize katkıda bulunacaklardır. Öte yandan, hiç kimse enerji kullanımının sosyal maliyetini tartışmamaktadır. Fosil yakıt kullanımı dolayısıyla gelecekte oluşacak tıbbi harcamalar vb. sosyal maliyetler (Serpen, 2000), çok önemlidir. Bunun yanında, CO<sub>2</sub> emisyonları nedeniyle oluşan sera etkisi gibi evre sorunları, hayatımızı etkileyeceği için dikkate alınmalıdır.

Yakın zamandaki enerji konusunda Türkiye kendi özel sorunları ile mücadele edecektir. Bu problemlerden ilki, kendi ekonomisinin dinamikleridir. Yakın zamanlarda, doğal gaz boru hatları neredeyse ülkemizdeki tüm büyük şehirlere ulaşmış durumdadır. Serbestleştirilmiş gaz pazarı, endüstri ve ısıtma için çok rekabetçi gaz fiyatlarının oluşmasına neden olmuştur. Konutlara gaz bağlamak 180\$ gibi çok ucuz bir fiyata yapılmaktadır. Çok sıkı rekabet dolayısıyla, deposit bedelleri de düşmeye başlamıştır (149\$). Botaş’tan dağıtım şebekesini devralan Bursa Gaz’ın yeni sahipleri, yakın zamanda agresif bir kampanya uygulayarak, mevcut abone sayılarına 84000 yeni abone eklemişlerdir. Bu koşullar altında jeotermal enerjinin doğal gazla rekabet şansı kalmamış görünüyor. şimdiye dek yapılan jeotermal merkezi ısıtma sistem projeleri, her bir aboneden yaklaşık 2000\$ toplanarak gerçekleştirilmiştir. Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri bu toplanan para ve bir miktar yerel yönetim desteği kullanılarak kurulmuştur. Halk artık bu modeli kullanmaz, nk bu devirde bu meblağ onlar için yıkım anlamına gelebilir ve bu nedenle jeotermal yerine gaz şebekesine çok düşük bir bedelle abone olabilir. Ülkemizde hiç bir merkezi ısıtma sistemi finansal olarak anlamlı bir proje üzerine kurulmamıştır. Gerçi ısıtma tarifeleri, potansiyel aboneleri çekebilmek için çok düşük tutulmaktadır, fakat bu tarifelerle gerçekleştirilmiş projeler hiç bir zaman geri ödememiştir. Bundan ötürü, yerel yönetim desteği olan bedeller hiç bir zaman geri alınamamış olup, aboneler paralarını kaybetmektedirler.

Öte yandan, uygun bir şekilde projelendirip kurulmayan merkezi ısıtma sistemlerini ilgilendiren başka sorunlar da vardır. Bazı merkezi sistemlerin dağıtım şebekelerinde çok ciddi su kayıpları vardır (Toksoy ve Serpen, 2001). Bunlardan bazıları öyle yanlış tasarlanmışlardır ki, işletme maliyetleri pahalıdır ve hiç birinde bir hidrolik proje yapılmamıştır. En önemli husus da, jeotermal kaynağın tamamen ihmal edilmesidir ve bundan ötürü, bazı kaynaklar aşırı abone sayısı ile şişirilmiş merkezi ısıtma sistemlerine yeterli ısıyı sağlayamamaktadır. Yakın zamanda en kötüsü olmuş ve bir Belediye Başkan'ı sisteme bir kömür kazanı bağlayarak jeotermal suyu ısıtıp, abonelere ancak ısınabilecekleri bir ısı sağlamıştır. Böyle bir çözüm, ulusal jeotermal çevreler için üzüntü verici bir durumdur.

Bu sektörde en önemli sorun, bazı yerel hükümet ilgililerinin jeotermal enerji kullanan merkezi ısıtma sistemlerini yeniden değerlendirmeye başlamalarıdır. Bu yerel görevliler mevcut jeotermal merkezi ısıtma sistemlerini sökerek, konutları ısıtma için doğal gaz sistemlerine bağlanmayı ciddi bir şekilde düşünmeye başlamalarıdır. Öte yandan, yerel görevliler jeotermal kaynakları son sıralarda çok popüler olan sağlık turizmi için tahsisi düşünmeye başlamışlardır.

Daha önce bahsedildiği gibi, ülkemizin jeotermal kaynaklarının önemli bir kısmı proses ısısı için çok daha uygun olmasıdır. Fakat, bu durum bizim ulusal endüstrimiz tarafından ihmal edilmektedir. Kırk yıl önce bir tekstil fabrikasının Kızıldere jeotermal sahasından doğal olarak deşarj olan suyu kullandığı hatırlanmaktadır. Bu amaçla fabrika sahipleri 8 km uzunluğunda boru hattı döşemişlerdi. Taşdıkları ısıya ilaveten, jeotermal sular kumaş yıkamada çok faydalı olan silika içermektedir. Ege Bölgesi tekstil endüstrisi bundan faydalanmalıdır.

Ülkemizde doğrudan kullanımda sera ısıtmacılığı hızla gelişmektedir. Bildiride belirtilen 800 dekar'ın çok üstündeki projeler gündemdedir. Eğer paketleme endüstrisi de gelişime ayak uydurabilirse, seralarda üretilen gıdalar önemli ölçüde artacaktır. Böyle bir gelişme ülkemizden yapılan gıda ihracatını artıracaktır. Büyük sera işletmecileri ürettiklerini zaten ihraç etmektedirler.

Elektrik üretimi konusunda, durum daha iyi görünüyor. Jeotermal elektrik santral yatırımlarının, nakit akışları başlamadan önce uzun yatırım süreçleri sahip olmaları ve geri ödeme zamanlarının uzun olmalarına rağmen, jeotermal projeler hala karlı görünüyor. Fakat, yatırımcılar yasal boşluk nedeniyle tedirginler ve bürokrasi ile mücadele ederek vakit kaybetmek istemiyorlar.

Bildirinin daha önceki bölümlerinde bahsedildiği gibi, yasal boşluk kaos yaratıyor ve jeotermal endüstri içinde ve resmi kurumlar arasında da çıkar çatışmaları yaratıyor ve gelecekte de yaratmaya devam edebilecek. Her ne kadar birçok taslak varsa da, yalnız iki tanesi hükümetin görüşüne sunulacak gibi görünüyor. Her şeyden önce söylenmesi gereken, her iki taslağın da çağdaş olmayıp, ülkemizde jeotermal sorunların çözümüne yardımcı olmaktan uzak olmasıdır. Aslında, her iki taslak da Türkiye'nin maden yasasından kopya edilmişlerdir. Madencilik ve jeotermal enerji birbirinden uzak kavramlardır. Birincisi bir madde iken, öbürü bir enerji şeklini ifade etmektedir. Maden yatakları statik varlıklar iken, jeotermal sistemler dinamik varlıklardır ve su jeotermal sistemlerde enerjiyi taşıdığı için dinamizmi sağlayan maddedir. Bundan ötürü, söz konusu taslakların kavramları yanlış konulmuşlardır. Enerji Bakanlığının taslağı, hiçbir bilimsel ve teknolojik temeli olmaksızın yatırımcılar üzerine yersiz ve ağır kontroller koyar ve sahaların bütünlüğünü tehdit ederken, hiçbir teşvik öngörmüyor. Bu bağlamda, taslağın öngördüğü jeotermal sahaların bölünmesi çok tehlikeli bir yaklaşım olup, sonuçta kaynakların elden çıkıp, bozulmalarına neden olabilir. Öte yandan, aynı taslak mevcut vergilere ek vergiler getiriyor. İç İşleri Bakanlığının hazırladığı diğer taslak, şimdiki hükümetin yaklaşımı olan yerel yönetimlere yetki devri ile son derece uyumlu ve tutarlı. Bu taslak yerel yönetimlere jeotermal kaynakların yönetimi ile ilgili tüm yetkiyi veriyor.

Yerel yönetimler, maalesef, jeotermal enerji için karmaşık bir mücadeleyi gerektiren bir görevi yerine getirmeyi sağlayacak yeterli altyapıya sahip değiller. Öte yandan, her iki taslak ta riskli yatırımlar için teşvik öngörmüyor.

Yukarıda bahsedilenlerin ışığı altında, bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Artan petrol fiyatları, yakın gelecekte destekli jeotermal sistemlerden enerji üretiminin ekonomisini geliştirecek ve jeotermal sistemlerden elektrik üretimini ikiye katlayabilecektir.
- Dünyada ve Türkiye’de düşük dereceli jeotermal kaynakların kullanımı, yerel olarak doğrudan kullanımda fosil yakıtların yerini alacaktır.
- Fosil yakıtların yerine jeotermal kaynakların kullanımı, CO<sub>2</sub> seviyelerini kontrol ederek sosyal maliyetleri düşürecektir.
- Türkiye’de elektrik üretiminin ekonomisi olumlu görünüyor ve yeni projeler sırada.
- Türkiye’de merkezi ısıtma sistemlerinin ekonomisi, mevcut finans modeli ve ısınma tarifeleriyle iyi durumda görünmüyor ve bu ekonomik durumla, kısa ve orta vadede doğal gazla rekabet etmesi mümkün görünmüyor.
- Türkiye’nin jeotermal kaynaklarından proses ısısı elde edilmesi uygun görünüyor. Bu durum vurgulanmalı ve endüstri tarafından dikkate alınmalıdır.
- Türkiye’nin jeotermal kaynaklarının sera ısıtmacılığında kullanımı ekonomik olarak anlamlı görünüyor ve endüstri bunu zaten algılamış durumdadır.
- Türkiye’nin zengin jeotermal kaynakları dikkate alındığında, ülkemiz çağdaş bir jeotermal yasa sahibi olmayı hakediyor. Fakat, hükümetin önerdiği yasa taslakları yetersiz ve Türkiye’nin şimdiki gereksinimlerini karşılamaktan uzaktır.

### **Kaynaklar**

- Ahlatçı, B., (2005). Estimation of Surface Thermal Energy Discharge and Heat Flux for Areal and Stratigraphic Distribution of Lithology in Turkey, Graduation Thesis, Dept. Of Petroleum and Natural Gas Engineering of Istanbul Technical University, İstanbul.
- Aksoy, N., (2005). Kişisel İletişim.
- Bertani, R., (2005) World Geothermal Generation 2001-2005: State of Art, *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey*, 24-29 April.
- Erdogmus, B., M. Toksoy, B. Ozerdem and N. Aksoy, (2006). “Economic Assessment of Geothermal District Heating Systems: A Case Study of Balcova-Narlıdere, Turkey.” *Energy and Buildings*, in print.
- Gawel, K., Reed, M., Wright, M., (1999). Geothermal Energy, the Potential for Clean Power from the Earth, Preliminary Report by GEA.
- İlkışık, O.M., (1992). Silica Heat Flow Estimates and Lithospheric Temperatures in Anatolia, *Proceedings 11<sup>th</sup> Congress of World Hydrothermal Organization*, held in İstanbul and Pamukkale, 13-18 May.
- Lund, J.W., (2005) 100 Years of Geothermal Power Product. *Proceedings*, 30<sup>th</sup> Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, USA Jan. 31<sup>st</sup>-Feb.2<sup>nd</sup>.
- Lund, J.W., Freeston, D.H., Boyd, T.L., (2005). World-Wide Direct Uses of Geothermal Energy 2005. *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey*, 24-29 April.
- Öngür, T. ve Serpen, U., (2004). Jeotermal Enerji Yasa Taslağı.
- Öztürk, M., Serpen, U., (2005). Seferihisar İlçesinin Jeotermal Enerji ile Isıtılmasının Ekonomik Değerlendirilmesi, *Termodinamik*, Aralık ayı sayısı.
- Reistad, G.M., (1975). Potential for Nonelectrical Applications of Geothermal Energy and Their Place in National Economy, in “Tectonic and Hydrologic Control of Nature and Distribution of

- Geothermal Resources” by Muffler, L.J.P., *Proceedings of 2nd UN Symp. On development and Use of Geothermal Resources*, Vol.1.
- Serpen, U., (2002). Jeotermal Enerji Yasa Taslağı, [www.pmo.org.tr](http://www.pmo.org.tr), 22 Ekim.
- Serpen, U., and Mıhçakan, M., (1999). Heat Flow and related Geothermal Potential of Turkey, *GRC Transactions* Vol. 23 , San Diego, Cal. USA.
- Serpen, U., (2000). *Jeotermal Enerji*, Petrol Müh. Odası, Ankara.
- Serpen, U., Toksoy, M., (2001). Regional Geothermal Management Policy in Turkey-A Regulatory Draft”, *GRC Transactions* Vol. 25, Aug. 29-31, San Diego, 267-271.
- Serpen, U., (2005). Unpublished study on the Economics of Exploitation of Geothermal Resources, İstanbul.
- Toksoy, M., Gülşen, E., Serpen, U., (2005). Conceptual Planning for the Extension of Balçova District Heating System, *Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey*, 24-29 April.
- Toksoy, M., Serpen, U., (2001). Institutional, Technical and Economic Problems in Direct Use Geothermal Applications in Turkey, *GRC Transactions* Vol. 25, Aug. 29-31, San Diego, 71-75.
- WEC (World Energy Council), (1980). World Energy Resources: 1985-2020, *World Energy Conference*, London.

## JEOTERMAL ENERJİDE BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİ

ENKÜS 2006 ÇALIŞTAYI

Cahit SERTESER  
AFJET A.Ş. Genel Müdürü

## A. BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİ TEMEL UNSURLARI

1. JEOTERMALSU ÜRETİM ve DEŞARJ KUYULARI
2. JEOTERMALSU İLETİM BORULARI
3. SU TOPLAMA ve POMPA MERKEZİ
4. İSALE HATTI
5. ISI TRANSFERİ MERKEZİ
6. ŞEHİR BÖLGE ve DAĞITIM ŞEBEKESİ
7. BİNA ALTI ISI TRANSFER TESİSATI
8. BİNA DAHİLİ ISITMA ve SİRKÜLASYON TESİSATI

## B. SİSTEM UNSURLARI ÖZELLİK ve ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

### 1. JEOTERMALSU KUYULARI

#### 1.1. ÜRETİM KUYULARI

- |                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| a) SICAKLIK     | : 95-98 °C                   |
| b) BASINÇ       | : 1.5-2.5 bar                |
| c) DERİNLİK     | : 120-280 m. (sığ kuyularda) |
| d) ÜRETİM ŞEKLİ | : Artezyenik                 |
| e) DEBİ         | : 20-60 lt/sn muhtelif       |

#### 1.2. DEŞARJ KUYULARI

- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| a) KAPASİTE | : 150 lt/sn. ve üzeri |
|-------------|-----------------------|

### 2. İLETİM BORULARI

- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| a) ANA BORU           | : Çelik (St 37)               |
| b) İZOLASYON          | : Poliüretan                  |
| c) KORUYUCU KILIF     | : PE                          |
| d) KORUYON KORUYUCUSU | : Bitüm emdirilmiş cam elyafı |

### 3. SU TOPLAMA ve POMPA MERKEZİ

- |                      |   |
|----------------------|---|
| a) SU TOPLAMA HAVUZU | : 1500 m <sup>3</sup>                           |
| b) POMPA İSTASYONU   | : 600 m <sup>3</sup> /saat tek ve yedekli pompa |

### 4. İSALE HATTI

#### 4.1. GİDİŞ HATTI

- |                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| a) BORU CİNSİ        | : Çelik St 37            |
| b) BORU ÇAPİ         | : 450 mm.                |
| c) KORUMASI          | : Poliüretan, Polietilen |
| d) BOYU              | : 15 Km.                 |
| e) AKIŞKAN SICAKLIĞI | : 98 °C                  |

#### 4.2. DÖNÜŞ HATTI

- |                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| a) BORU CİNSİ        | : Çelik St 37                 |
| b) BORU ÇAPİ         | : 450 mm.                     |
| c) KORUMASI          | : Bitüm emdirilmiş cam elyafı |
| d) BOYU              | : 15 Km.                      |
| e) AKIŞKAN SICAKLIĞI | : 45 °C                       |

### 5. ISI TRANSFER MERKEZİ

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| a) KAPALI DEVRE BÖLGE SAYISI  | : 5 Bölge                        |
| b) ISI TRANSFER DÜZENİ        | : Plakalı eşanjör sistemi        |
| c) AKIŞKAN DEVİR DÜZENİ       | : Santrifüj pompa                |
| d) DAĞITIM HATTI SU SICAKLIĞI | : 80 °C                          |
| e) TOPLAMA HATTI SU SICAKLIĞI | : 45 °C                          |
| f) KUMANDA SİSTEMİ            | : Frekans konvertörleri          |
| g) İSALE DÖNÜŞ HATTI POMPASI  | : Santrifüj pompa tek ve yedekli |

### 6. ŞEHİR BÖLGE ve DAĞITIM ŞEBEKESİ

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| a) DAĞITIM HATTI             | : Muhtelif çapta ısı korumalı paket boru |
| b) TOPLAMA HATTI             | : Muhtelif çapta korozyon korumalı boru  |
| c) BİNA İLETİM-DÖNÜŞ HATLARI | : Cam elyaf izoleli PPR borular          |

### 7. BİNA ALTI ISI TRANSFER TESİSATI

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| a) ISI TRANSFER DÜZENİ | : Plakalı eşanjör sistemi |
|------------------------|---------------------------|

### 8. BİNA DAHİLİ ISITMA ve SİRKÜLASYON SİSTEMİ

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| a) TESİSATIN ÖZELLİĞİ | : Katı yakıtlı 90-70 °C çalışma düzenli |
|-----------------------|---|