

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

74  
7J  
1993  
B 37

**TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİNİN ISITMA AMAÇLI KULLANIM  
POTANSİYELİ VE AFYON ŞEHRİNİN HAVA KİRLİLİĞİNİN  
AZALTILMASINDA JEOTERMAL ENERJİDEN YARARLANMA  
İMKANLARI .**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MAKİNA MÜHENDİSİ HİKMET BAŞKIR**

Yıldız Teknik Üniversitesi  
Merkez Kütüphane

İSTANBUL - 1993

## İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZET

SUMMARY

1- GİRİŞ.....	1
2- TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ.....	6
2.1. Batı Anadolu'daki Aktiviteler.....	6
2.1.1. Sındırgı - Balıkesir Jeotermal Sahası.....	7
2.1.2. Simav - Kütahya Jeotermal Sahası.....	7
2.1.3. Gönen - Balıkesir Jeotermal Sahası.....	8
2.1.4. Dikili - İzmir Jeotermal Sahası.....	9
2.1.5. Gemencik - Aydın Jeotermal Sahası.....	9
2.1.6. Salavatlı - Aydın Jeotermal Sahası.....	10
2.1.7. Kızıldere - Denizli Jeotermal Sahası.....	10
2.1.8. Balçova - İzmir Jeotermal Sahası.....	11
2.1.9. Ömer - Gecek ve Gazlıgöl - Afyon Jeotermal Sahası.....	12
2.1.10. Seferihisar - İzmir Jeotermal Sahası.....	13
2.1.11. Tuzla - Çanakkale Jeotermal Sahası.....	13
2.2. Kuzey Anadolu Fay Bölgesindeki Aktiviteler.....	14
2.2.1. Kuzuluk - Sakarya Jeotermal Sahası.....	14
2.2.2. Erzincan Jeotermal Sahası.....	15
2.3. Orta Anadolu'daki Aktiviteler.....	15
2.3.1. Gözlek - Amasya Jeotermal Sahası.....	15
2.3.2. Acıgöl - Nevşehir Jeotermal Sahası.....	15
2.3.3. Sıcakçermik - Sivas Jeotermal Sahası.....	16
2.3.4. Kızılcahamam - Ankara Jeotermal Sahası.....	16

## SAYFA

2.4. Doğu Anadolu'daki Aktiviteler .....	16
2.4.1. Tatvan - Nemrut - Bitlis ve Süphan Jeotermal Sahası .....	17
2.4.2. Zilan - Ercis - Van ve Tendürek Jeotermal Sahası .....	17
2.5. Diğer Aktiviteler .....	18
3- JEOTERMAL ENERJİNİN ÇEVREYE OLAN ETKİSİ .....	30
3.1. Jeotermal Artıkların Çevreye Etkileri .....	30
3.1.1. Bor kirlenmesi .....	30
3.1.1.1. Suya Etkileri .....	31
3.1.1.2. Toprağa Etkileri .....	32
3.1.1.3. Bitkilere Etkileri .....	32
3.2. Çevre Kirlenmesini Önlemek İçin Alınacak Tedbirler .....	35
3.2.1. MTA Çalışmaları .....	35
3.2.2. DSİ Çalışmaları .....	35
3.2.3. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Çalışmaları .....	36
3.3. Sonuç ve Öneriler .....	36
4- HAVA KİRLİLİĞİ .....	39
4.1. Türkiye'de Hava Kirliliği Durumu .....	43
5- TÜRKİYE AÇISINDAN JEOTERMAL ENERJİNİN DİĞER ENERJİ KAYNAKLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI .....	48
5.1. Jeotermal Enerjinin Maliyeti .....	49
5.2. Bölgesel Isıtmanın Avantajları .....	51
6- AFYON İL MERKEZİNDEKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINDA JEOTERMAL ENERJİDEN YARARLANMA İMKANLARI .....	56
6.1. Afyon İli Merkezi İle İlgili Genel Bilgiler .....	56
6.1.1. Afyon İlinin Yeri .....	56
6.1.2. Afyon İlinin Nüfusu .....	56
6.2. Afyon İl Merkezindeki Hava Kirliliği .....	57

SAYFA

6.3. Afyon İlindeki Jeotermal Kaynaklar .....	58
6.3.1. Ömer - Gecek Jeotermal Kaynakları .....	59
6.3.2. Gazlıgöl Jeotermal Kaynakları.....	63
6.3.3. Sandıklı - Hüdayi Jeotermal Kaynakları .....	63
6.3.4. Heybeli Jeotermal Kaynakları.....	64
6.3.5. Araplıdere Jeotermal Kaynakları.....	64
6.3.6. Çay - Karaburun Jeotermal Kaynakları.....	64
6.4. Afyon İl Merkezi İmar Durumu.....	66
6.5. Afyon Şehrinin Jeotermal Enerji İle Isıtılması Projesi .....	68
7- SONUÇ VE ÖNERİLER .....	76
8- LİTERATÜR.....	79
9- TEŞEKKÜRLER .....	83
10- ÖZGEÇMİŞ .....	84
11- EKLER.....	85

## ÖZET

Günümüzde ülkemiz genelinde en önemli sorunlardan ikisi eldeki enerji kaynaklarının bitmeye yüz tutması ve çevre kirliliğidir. Alternatif enerji kaynaklarının yenilenebilir olması avantajını göz önüne alarak bu kaynakların araştırılmasına önem verilmiş, kullanım çalışmalarına öncelik ve hız kazandırılmaya çalışılmıştır. Ülkemizde yenilenebilir ve kullanım potansiyeli yüksek olan jeotermal enerji aramalarına MTA Genel Müdürlüğü'nün 1961 yılında başladığı çalışmalarla ısıtmacılığa yönelik 985.204117 MWt enerji potansiyeli elde edilmiştir.

Günümüz teknolojisi sayesinde daha önceden karşılaşılan ısıtma sistemlerindeki, kuyulardaki problem tamamen çözülmüş, yüksek bir verimle bu kaynaklardan yararlanılmaya başlanmıştır. Jeotermal kaynak reenjeksiyon yapıldığında çevre için bir artık madde problemini doğurmadığı gibi ısıtma sistemiyle de hava kirliliğine yol açmamaktadır. İşte bu yüzden *Jeotermal Enerji Çevreci Bir Enerji*'dir. Isıtma sisteminin maliyetinin düşük oluşu, sistemin kurulma ve kullanım rahatlığı gibi pekçok olumlu faktör jeotermal enerjinin kullanımını desteklemektedir.

Afyon gibi hava kirliliği problemi yüksek ve jeotermal enerji potansiyeline sahip olan yerleşim birimleri öncelikli olmak üzere jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma çalışmalarına hız verilerek jeotermal enerjiden yararlanma imkanları artırılmalıdır.

## SUMMARY

General problems are known as consuming of energy source and environment pollution in our country. It has been thought that some source alternative energy could be renewable therefore they were mainly tried to use.

Geothermal energy which were renewable and highly potential were searched for heating by General Directorate of Mineral Research and Exploration until 1961 in Türkiye then they have had 985.204117 MWt of energy from geothermal source. Early problems of exploratory which well were at the heating system, were completely passed with high efficiency by using geothermal source with new technology. After reinjection, geothermal sources don't make a problem as a wasting material or an air pollution. Therefore using geothermal energy is useful for environment. Cost of establishing and/or using of this method is more less than the others and it has many more positive advantages.

It must be serviced and supported to use for local heating system for some place which have air pollution problem and geothermal energy as Afyon city.

## 1- GİRİŞ :

Dünya'da 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizleri enerji üretimi, enerji tüketimi ve enerji yapılarında önemli değişikliklere yol açmıştır. Enerji tasarrufu politikaları uygulanmış, petrole olan bağımlılık azaltılmaya çalışılmış, kömür ve doğalgaz önem kazanmış, alternatif enerji kaynaklarından daha etkin ve yaygın şekilde yararlanılabilmesi için çalışmalar başlatılmıştır. Enerji eldesinde süreklilik güvenilirlik temizlik ve ekonominin sağlanması, enerji yapılarının tek kaynağa bağımlı kalınmasından kaçınılması genel olarak benimsenen politikalar olmuştur.

Böyle olmasına rağmen 1970'den bu yana dünya birincil (Taşkömürü, linyit, fuel-oil, motorin, hidrolik, vb.) tüketimini yaklaşık % 50, ham petrol tüketimi ise % 25 oranlarında artmıştır. Bu dönemde tüketimin önemli bir bölümü doğalgaz ve kömüre kaydırılmış olmasına rağmen petrol tüketimi azaltılamamıştır. Önümüzdeki yüzyılda fosil enerji yakıtlarının ne kadar dayanabileceği tartışılırken, bu kez dünyamız son derece yamsal bir kriz ile karşılaşmıştır; Cevre kirliliği.

Fosil yakıtların büyük miktarlarda gelişmiş tüketimi dünyamızda yaşamın sürdürülmesini tehdit eder seviyelerde bir çevre sorununa yol açmış bulunmaktadır. Bu şartlarda enerji politikasında gelecek için tek yol kalmaktadır; fosil yakıtların tüketimini azaltmak, hidrolik, güneş, rüzgar, Jeotermal ve dalga enerjisi gibi temiz ve yenilenebilir kaynaklara yönelmek, tabii çevre bakımından sevimsiz görülen nükleer teknolojiler başka bir seçenek olarak sayılmazsa. (1).

Ülkemiz açısından temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlilerinden biride Jeotermal Enerji' dir.

Jeotermal enerji yerkabuğunun işletilebilir derinliklerinde, birikmiş olan ısının oluşturduğu bir enerji türüdür. Özellikle deprem kuşaklarının ve genç volkanların çevresinde bulunan jeotermal enerji gerek doğal olarak kırık ve çatlaklardan, gerekse sondajlarla bulunduğu yerdeki basınç ve sıcaklığa bağlı olarak yeryüzüne sıcaksu, buhar veya su-buharı karışımı şeklinde ulaşmaktadır.

Çıkan su ile birlikte bulunan eriyik halinde çeşitli kimyasal maddeler, buhar ve karbondioksit, hidrojen sülfür gibi gazlar nedeniyle bu akışkana "Jeotermal Akışkan" denilmektedir.

Yerkürenin merkezindeki ısı enerjisi kötü bir iletken olan yerkabuğundan yavaş bir kondüksiyonla yeryüzüne doğru çıkmaktadır. Yerküresi heryıl, ısısından  $250 \times 10^{15}$  kcal kadarını bu nedenle kaybetmektedir. Bu ısı enerjisinin 35.7 milyar ton taşkömürüne eşdeğer olduğu, bu miktarın ise dünyanın yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık beş katı olduğu hesaplanmıştır.(2).

Jeotermal akışkan; yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığıyla derinlere süzülen meteorik sular; bu ısı kaynağı tarafından ısıtıldıktan ve mineralce zenginleştikten sonra yükselirler, yeryüzününün değişik derinliklerinde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve geçirimli hazne kayalarda birikirler. Bu akışkan; kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaşarak termal kaynakları oluşturur yada sondajlarla çıkartılarak ekonomik kullanıma sunulur (*Bak. EK: 1*).

Ayrıca bazı alanlarda bulunan "sıcak kuru kayalar"da herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.

Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli olduklarından, yer altındaki hazneler sürekli beslenmekte ve kaynak yenilenebilmektedir. Bu nedenle pratikte, beslen-



menin üzerinde kullanma olmadıkça jeotermal kaynakların tükenmesi söz konusu değildir. (3).

Jeotermal akışkanın sıcaklığa göre sıralanan değerlendirme alanlarının başlıcaları ;

- 1- Isı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi,
- 2- Direkt olarak ısı enerjisinden ısıtma ve kurutmada yararlanılarak şeker, kağıt, tekstil, bira, ilaç, konservecilik, deri, süt, orman ürünleri gibi endüstrinin çeşitli kollarında kullanımı,
- 3- Seraları, binaları, semtleri ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada veya soğutmada kullanımı,
- 4- Kimyasal tuzlar, tatlı su, CO<sub>2</sub> buzu, ağır su, asit, vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde kullanımı,
- 5- Kaplıca, yüzme havuzu ve diğer turistik tesislerde kullanımı.

Bu enerji türünün genel avantajlarından en önemlileri, yenilenebilir oluşu, diğer enerji kaynaklarına göre çok ucuz oluşu, gerekli teknolojik düzeyinin çok yüksek olmayışı, aynı anda yararlanma olanağının oluşu, *hiç çevre kirliliği oluşturmamasıdır*. Dünyada bu kuşaklarda toplanan jeotermal sahalar rezervuar sıcaklığına göre de üç grupta değerlendirilmektedir:

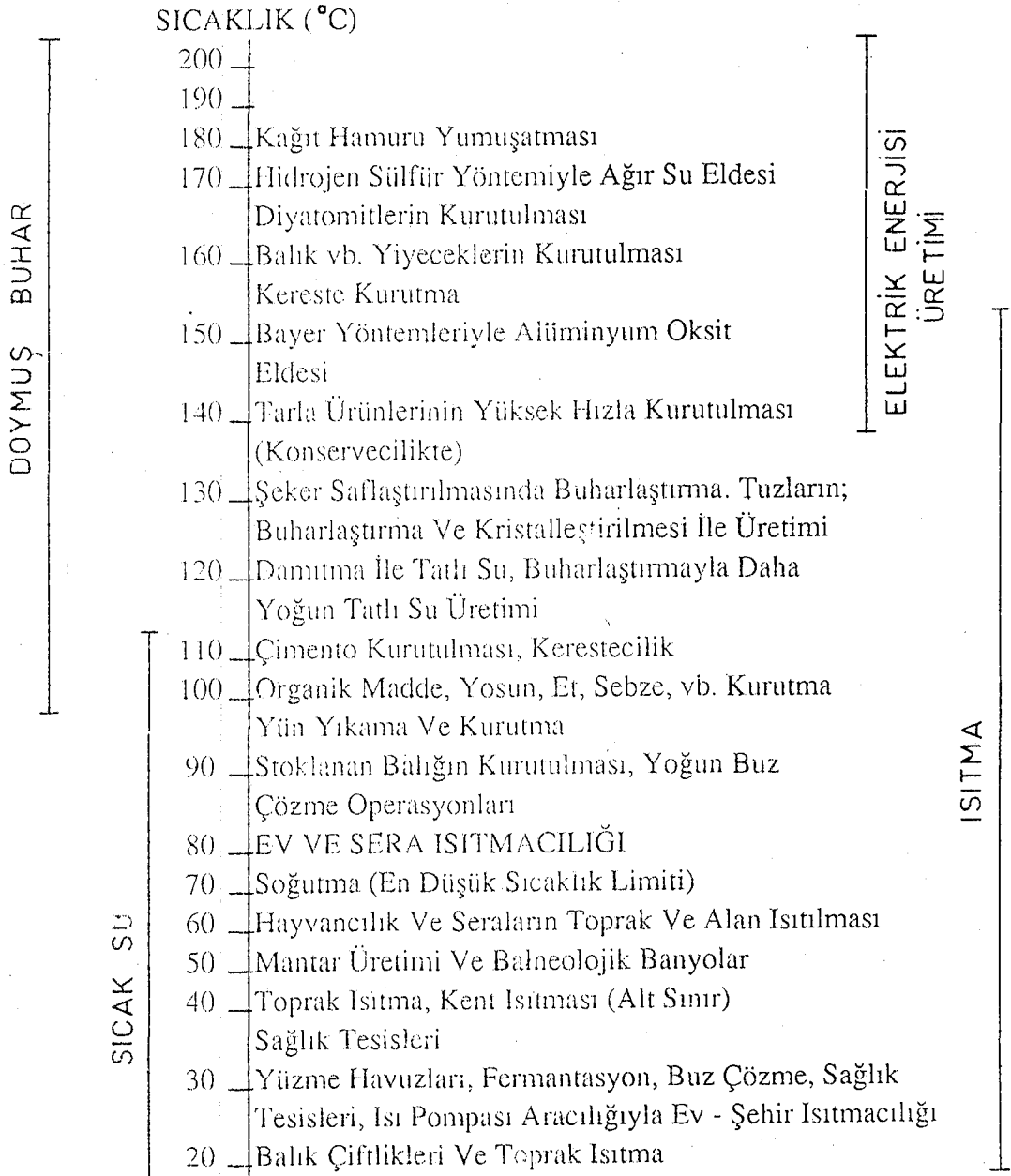
- 1- Yüksek entalpili sahalar: 180° C'den daha yüksek rezervuar sıcaklığı bulunanlar (Elektrik üretimi ve diğer entegre kullanımlar yapılabilir.)
- 2- Orta entalpili sahalar: 180 - 70° C arasında rezervuar sıcaklığı bulunanlar (Isıtma, endüstri uygulamaları.)
- 3- Düşük entalpili sahalar: 70° C'den daha düşük rezervuar sıcaklığı bulunanlar (Isıtma, balneolojik banyolar.) (4).

Jeotermal akışkanların hangi alanlarda değerlendirileceği doğrudan akışkanın sıcaklığına bağlıdır. Lindal diyagramı bu konuda hazırlanmış en iyi örnektir (*Bak. Tablo: 1*). (5).

Jeotermal enerji, alınılmış enerji kaynaklarına göre avantajlara sahip olmakla birlikte, sorunsuzda değildir. Jeotermal sahaların herbiri farklı özellikler gösterdiği gibi, her sahanın farklı kesimleri değişik özellikte olabilmektedir. Jeotermal akışkanlar bazı sahalarda yüzeye kendiliğinden çıkamazlar. Bazı akışkanlar ise, kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı erozyon, korozyon, kabuklaşma ve çevre kirliliği gibi sorunlara neden olduğundan yüzeye çıkartılmadan değerlendirilir. Ayrıca, akışkanların sıcaklıkları yapılarda kullanılan sıcaklık aralıklarından farklı olabilirler. Geliştirilen tekniklerle jeotermal enerjinin kullanımının artacağı gerçeğinden hareketle dünyada ve ülkemizde çalışmalar sürdürülmektedir. (6).

TABLO.1: LİNDAL DİYAGRAMI. (5).

JEOTERMAL AKIŞKANIN SICAKLIĞINA GÖRE  
KULLANIM YERLERİ



## 2- TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ :

Türkiye'de jeotermal aramalar; MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından 1961 yılında sıcak suların araştırılmasıyla başlanmıştır. Araştırmalar sonucunda Türkiye'de çok büyük bir jeotermal enerji potansiyeli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu potansiyelin çok fazla kullanım imkanı olduğu görülmüştür. Türkiye altı jeotermal bölgeye ayrılmıştır ki ayrı ayrı ve sistematik bir şekilde bu bölgelerdeki kaynaklar geliştirilmiştir. 1968'deki ilk jeotermal araştırma sonucunda İzmir'in batısında yer alan Balçova'daki sahada sondaj yapılarak ilk kuyu açılmıştır. 40 metre derinlikte, 124<sup>0</sup> C sıcaklığa ulaşan sıcaqsu ve buhar karışımı jeotermal akışkan elde edilmiştir. Elektrik kullanımına yönelik ilk jeotermal saha Denizli-Kızıldere sahasında keşfedilmiştir. Bu sahadaki çalışmalar 1968 yılında başlamıştır. Şimdiki kullanım sonucunda elektrik santralinin kapasitesi 20 MW'tır.(7).

Çok sıcak bir şekilde dağılmış sıcak su kaynakları Türkiye'deki jeolojik özellikleri kontrol eden iki ana tektonik durumdan dolayı ortaya çıkmıştır. Türkiye'yi dört ana jeotermal bölge olarak göz önüne almak mümkündür. Yani Batı Anadolu, Kuzey Anadolu (Karadeniz) fay kuşağı ile Doğu Anadolu ve Orta Anadolu'nun üçüncü - dördüncü zamana ait volkanik aktivitelerden etkilenen bölgeler olmak üzere sınırlayabiliriz.(8).

Türkiye'deki mevcut kuyu ve termal kaynakların elektrik dışı kullanımına yönelik görünür kapasiteleri Türkiye'nin yedi coğrafik bölgesine göre ayrılmış olarak *Tablo:3'* -te görebiliriz. Ülkemizdeki jeotermal kaynak alanlarının Türkiye üzerindeki yerlerini de *EK: 2'*de görebiliriz.

### 2.1. Batı Anadolu'daki Aktiviteler :

Jeotermal aktivitelerin; sabit davranışlarından dolayı meydana gelen gerilme tek-

tonizması sonucunda Batı Anadolu'da neojen ve kıyı grabenlerinin büyümesiyle geliştiğine inanılır. Jeotermal bölgeler doğal olarak uzanan bu grabenler boyunca araştırılır ve bulunur. MTA öncülüğünde bu çalışmalarda 123 sıcak kaynak bulunmuş ve 36 jeotermal sahaya isim verilmiştir. Bugüne kadar 9 sahada sondaj araştırmaları ve direkt kullanımı gerçekleştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu jeotermal çalışmaları ve durumlarını inceleyecek olursak;

### **2.1.1. Sındırgı - Balıkesir Jeotermal Sahası :**

Bu saha Balıkesir şehrinin 60 km güneydoğusunda yer alır. Sıcak kaynak  $98^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ve 50 kg/sn debidedir.(8). Burada  $2000\text{ m}^2$  sera jeotermal enerjiyle ısıtılmaktadır. Sistemin kapasitesi 450.000 kcal/h (0.45 MWt) olup Ekim 1986'dan beri işletilmektedir. Bu sahadaki kaynak sera ve konut ısıtım için elverişlidir.(4).

### **2.1.2. Simav - Kütahya Jeotermal Sahası :**

Simav grabeni Simav şehrinin kuzeyinde yer alır. Ve kabaca doğu-batı doğrultusunda uzanır. Saha kuzey tarafındaki bölümle Akdağ fay bloğu ile güney tarafındaki arazi yükselmesiyle sınırlıdır. Jeotermal sahalar (Eynal, Çitgöl, Naşa) kuzey tarafındaki bölümde bulunan grabende yer alır. Bu sahada sekiz sıcak kaynak yer alır. Bu kaynakların analizi ve jeotermometrik ölçümleri sonucunda rezervuardaki sıcaklık  $157^{\circ}\text{C}$  ile  $236^{\circ}\text{C}$  arasında değiştiği görülmüştür. Burada altı sondaj yapılmıştır. Bunlardan dördü Eynal, biri Çitgöl, diğeri Naşa sahasındadır.

Eynal'da MTA tarafından yapılan iki kuyu sondajından  $162.5^{\circ}\text{C}$  maksimum sıcaklığa ve 73 kg/sn debide kaynak elde etmiştir. Buradaki termal potansiyel 38.961 MWt'dir. Bu da yaklaşık 4000 konuta yetecek enerji demektir.

Eynal, Çitgöl ve Naşa'daki diğer kuyular içinde sondaj yapılmış ve bu sahada hotel, kaplıca, sera ısıtması için ön çalışmalar başlamıştır.(8-9).

6500 konut kapasiteli Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sisteminin inşaat ve montajı Mart 1991'de başlamış ve Eylül 1992'de işletmeye alınarak Türkiye'deki jeotermal enerji ile şehir ısıtmacılığı yapılan ikinci yer olmuştur.

### **2.1.3. Gönen - Balıkesir Jeotermal Sahası :**

Jeotermal enerjinin Türkiye'de ilk ve en önemli entegre kullanımı 1987 yılında Gönen'de başlamıştır. Entegre sistem aşağıdaki dört kullanımı kapsar.

1- 1400 konut ve 650 yataklı termal otellerin ısıtılması ve tüm yıl kullanım için sıcak su verilmesi,

2- 56 adet tabakhane (deri sanayi) 75° C temiz proses suyu ve deri kurutması için enerji verilmesi,

3- 2000 m<sup>2</sup> seranın ısıtılması,

4- Sıcaklığı 82° C'ye indirilene kadar sanayi ihtiyacı, şehir ve sera ısıtılmasında sistemde direkt olarak kullanılan jeotermal su, kimyasal özellikleri bozulmadan, hava ile temas etmeden kaplıcalarda kullanıma sunulması.

Halen mevcut sisteme 308 ve 504 m derinlikteki iki kuyudan 82° C sıcaklıkta toplam 80 lt/sn üretim yapılmaktadır. Sistemin halihazırda kurulu gücü 14x10<sup>6</sup> kcal/h (16.2MWt) tir. Bunun fuel-oil eşdeğeri 2000 lt/h ve toplam konut eşdeğer kapasitesi 2600'dür.(5).

20 Ekim 1987 tarihinde Gönen'de işletmeye alınan merkezi ısıtma sisteminde konutlar tüm yıl sıcak su ve kışın ısınma için ortalama bir ücretle ayda 56.000.TL (1991 yılı ort.) gibi cüzi bir ücret ödenmektedir. Ayrıca bu ekonomik uygulamaya da ilaveten Gö-

nen'de hava kirliliği önlenmektedir ve jeotermal akışkana reenjeksiyon yapılmaktadır. Gönen'de bacaların yerini jeotermal merkezi ısıtma merkezi almıştır ki bu yüzden *bacasız şehir Gönen* ismini almıştır.(4).

#### **2.1.4. Dikili - İzmir Jeotermal Sahası :**

Jeotermal alan Dikili'nin yaklaşık 10 km doğusundaki Kaynarca mevkiindedir. Bu yörede irili ufaklı 40 kadar sıcak su kaynağı saptanmış ve maksimum 98° C çıkış sıcaklığı ölçülmüştür. Kaynaklardan boşalan toplam debi 200 kg/sn ve ortalama sıcaklık 70 - 80° C'dir. Bu debideki sıcak suyun, sıcaklığının 30° C'ye düşene kadar değişik biçimde kullanılmasından 36.000.000 kcal/h ısı enerjisi çekilecektir. Çekilecek olan ısının linyit karşılığı 9000 kcal/h, fuel-oil karşılığı 3750 kcal/h'tir (1 kg linyit 4000 kcal/h, 1kg fuel-oil 9600 kcal/h alındı.).

Bu sahadaki suların hemen hemen kabuklaşma özelliği göstermemesi oldukça büyük bir avantajdır. Kaynarca'nın yaklaşık 5 km doğusunda zengin soğuk yeraltı sularının olması termal turizm işletmelerinde, seracılıkta ve değişik tarımsal uygulamalarda çok önemlidir.

Bu sahadaki kaynağı şehir ısıtmacılığında kullanmak istersek 9000 daireyi (bir daire için 4000 kcal/h ısı yeterlidir.) rahatlıkla ısıtabiliriz.(10).

#### **2.1.5. Germencik - Aydın Jeotermal Sahası :**

Bu saha Batı Anadolu'daki Büyük Menderes Grabeni'nin batısında (Kızıldere'nin batısında 100 km uzaklıkta) yer alır. Yapılan jeoloji, jeofizik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda bugüne kadar derinlikleri 285 - 2398 metre arasında değişen dokuz araştırma kuyusu açılmıştır. Sıcaklıklar birinci ve ikinci rezervuarda 203 - 217° C ve 216 - 232° C

arasındadır. Dokuz kuyudan toplam 635.16 kg/sn'lik bir debi ve % 13 - 20 arasında değişen buhar oranı sağlanmıştır.(11). Türkiye'nin en yüksek rezervuar sıcaklığına sahip olan bu sahada açılan 285 metre derinlikteki 4 nolu kuyu, dünya'daki yüksek sıcaklıklı en sığ kuyular arasında yer almaktadır.(3).

Bu veriler sonucunda bugüne kadar Türkiye için en önemli jeotermal potansiyele sahip saha Germencik sahasıdır. Elektrik retimi, direkt ısıtma olarak kullanım, soğutma, endüstri ve turistik balneolojik merkezler için kullanıma yönelik bir potansiyele sahiptir.(11).

#### **2.1.6. Salavatlı - Aydın Jeotermal Sahası :**

Salavatlı - Aydın jeotermal sahası Menderes grabeninde yer alan Kızıldere - Denizli jeotermal sahası ile Germencik - Aydın jeotermal sahasının ortasında yer alır. MTA tarafından iki adet kuyu açılmıştır. Bu kuyulardaki rezervuarlardan 162<sup>o</sup> C ile 171<sup>o</sup> C sıcaklıkta ve toplam 167 kg/sn debide sıcak su elde edilmiştir. Elektrik retimi dışında tarımsal kullanımlara, merkezi ısıtma sistemlerine ve balneolojik banyolar için iyi bir potansiyele sahiptir.(8).

#### **2.1.7. Kızıldere - Denizli Jeotermal Sahası :**

Türkiye'de elektrik üretimine uygun ilk jeotermal alan 1968'de Kızıldere - Denizli sahasında bulunmuştur. Bu saha önemli jeotermal enerji potansiyeline sahip olup, Batı Anadolu'daki Büyük Menderes Grabeni'nin doğu kısmında yer almaktadır. Bu alandaki alışmalar MTA - UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilan) işbirliğiyle gerçekleştirilmiştir. Jeoloji, jeofizik, jeokimya etüdleriyle 108 sığ gradyan (termal) sondajları tamamlanmıştır. Bunlardan sonra ilk derin sondaj ile elektrik üretimine elverişli yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan 1968 yılında KD - 1 kuyusunda keşfedilmiştir. Alanda toplam



derinliği 10786 metreyi bulan 20 derin kuyu açılarak, iki rezervuar belirlenmiştir. Birinci rezervuarın sıcaklığı  $198^{\circ}$  C'dir. Jeotermal akışkanın ortalama buhar oranı % 10'dur. İkinci haznenin derinliği 450 - 1100 metre arasında değişir ve sıcaklığı  $212^{\circ}$  C kadardır. Elde edilen akışkanın buhar oranı % 10 - 12 olup elektrik üretiminde kullanılan kuyular bu rezervuardan üretim yapmaktadır. Sahada ilk deneme santrali 1974 yılında (0.5 MW gücünde) kurularak başarılı sonuçlar alınmış ve çevredeki üç köye elektrik sağlanmıştır.

TEK tarafından yaptırılan ve şubat 1984'te devreye giren 20.4 MW gücündeki santral yurdumuzun ilk ticari jeotermal santrali olmuştur.(12). Jeotermal akışkanda erimiş halde bulunan (% 1.5) karbondioksit gazının sanayinin ihtiyacını karşılamak amacı ile özel sektör tarafından 40000 ton/yıl kapasiteli sıvı karbondioksit ( $-25^{\circ}$  C, 20 bar) üretim — dağıtım tesis ve sistem 1986 yılından beri işletilmektedir. Bu halen dünyadaki tek uygulamadır.(4).

Santralden çıkan  $140^{\circ}$  C yaklaşık 1500 ton/h debili artık akışkanda da yaklaşık 500 dönüm serayı veya 8 - 10 bin konutu ısıtabilecek 100 MW'lık bir ısı enerjisi mevcuttur.(12).

### **2.1.8. Balçova - İzmir Jeotermal Sahası :**

Bu sahadaki ilk jeotermal enerji kuyusu 1968 yılında açılmış olup, 40 metre derinlikte,  $124^{\circ}$  C sıcaklığa ulaşan sıcak su ve buhar karışımı elde edilmiştir. Buradaki hızlı kabuklaşmadan dolayı, kuyu kısa sürede kullanılmaz hale gelmiştir.

Türkiye'de kabuklaşmayı önleyici "kuyu içi eşanjörü" sistemi ilk kez, 1982'de bu sahadaki uygulanmıştır. Bu amaçla açılan ilk kuyu 100 metre derinlikte olup, kuyu dibi sıcaklığı  $115^{\circ}$  C'dir. Bu yeni uygulama ile ısı, kuyu içine yerleştirilen U şekilli boru için-

de dolaştırılan temiz suya aktarılır. Sistemdeki temiz suyun sıcaklığı, dış etkiler ve akış hızına bağlı olarak 50 - 95° C arasında değişmektedir.(12). Kuyu içi eşanjör sisteminin başarı ile sonuçlanmasından sonra sahadan derinlikleri 44 - 250 metre olan dokuz kuyu 1983 yılında, iki kuyuda 1989 yılında olmak üzere toplam onbir kuyu açılarak teçhiz edilmiştir. Halen onbir kuyudan  $5 \times 10^6$  kcal/h ısı çekilmektedir.(13). Bu enerji ile 1981 yılında İzmir - Balçova jeotermal alanında kuyu içi eşanjörünün Türkiye'de ilk uygulanması neticesinde 250 oda kapasiteli otel - motel - TV salonu, vb. yerler 1982 yılından beri ısıtılmaktadır. Sistemin kurulu gücü 6 MWt'dir. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kampüsü, Hastane ve Fakülte binaları (yaklaşık 9000 m<sup>3</sup> hacmindeki ) 2.2 MWt kapasite ile 1983 yılından bu yana Balçova Jeotermal Alanı'ndan ısıtılmaktadır. Yatırım kendisini fuel-oil'e göre altı ayda geri ödemiştir. Türkiye'nin en büyük kapalı yüzme havuzunun (Balçova Termal Tesisleri'nde) jeotermal ısıtma sistemi 1.600.000 kcal/h kapasite ile Şubat 1987'de devreye alınmıştır. Balçova Termal Tesisleri bünyesinde bulunan kaplıca tedavi merkezi (11000 m<sup>2</sup>) jeotermal ısıtma sistemi 1.200.000 kcal/h kapasite ile Eylül 1989'da devreye alınmıştır. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastaneleri ilave 100000 m<sup>2</sup> (1000 konut eşdeğeri ) jeotermal ısıtma sistemi montajı Aralık 1991' de başlamıştır. Sistem kapasitesi 4.800.000 kcal/h (6.5 MWt) dir.(4).

### 2.1.9. Ömer - Gecek ve Gazlıgöl - Afyon Jeotermal Sahası :

Afyon jeotermal sahasında Ömer - Gecek ve Gazlıgöl olmak üzere iki alan bulunmaktadır. Bu sahada hızlı CaCO<sub>3</sub> kabuklaşmasının meydana geldiği sahalardan biridir. Bu sahada ilk araştırma sondajı 1974 yılında yapılmıştır. Ancak; hızlı kabuklaşmadan dolayı jeotermal enerjiden yararlanılamamıştır. 1982 yılından sonra Ömer - Gecek alanında üç kuyu açılarak kuyu içi eşanjör sistemi ile teçhiz edilmiştir. Halen sahada rezervuar sıcaklığı 93 - 106° C olan, 120 -210 metre derinlikte dokuz kuyu açılmıştır. Alanın mevcut ısı kapasitesi  $2 \times 10^6$  kcal/h olup, 35 motel odası, restoran ve kapalı yüzme havuzu jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Sistemde dolaşan temiz suyun sıcaklığı dış etkiler ve akış hızına

bağlı olarak 58 - 95<sup>0</sup> C arasında değişmektedir.

Ömer alanının 20 km kuzeydoğusunda yer alan Gazlıgöl alanında rezervuar sıcaklığı 67<sup>0</sup> C olan 120 metre derinlikte bir kuyu açılmıştır. Bu kuyudan 0.5x10<sup>6</sup> kcal/h ısı çekilmektedir. Bu enerji ile kaplıca tesisleri ısıtılmaktadır. Sahanın geliştirilmesi için ikinci kuyu açılmıştır.(13).

#### 2.1.10. Seferihisar - İzmir Jeotermal Sahası :

Bu saha İzmir'in 40 km kadar güneybatısında yer almaktadır. Yapılan jeoloji, jeofizik, jeokimya etüdüleri ile gradyan ve derin sondaj çalışmaları, sahanın elektrik enerjisi üretimi yanında sera ısıtıcılığı ile, turistik ve sağlık amaçlı tesislerde de kullanılabilinecek elverişli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Bu sahada belirlenen birinci rezervuardaki sıcaklık 145<sup>0</sup> C'dir. İkinci rezervuara erişmek amacı ile 2500 metre derinlikte bir sondaj programlanmış bulunmaktadır.(12).

1986 - 1987 yılları arasında beş kuyuya sondaj çalışması yapılmış ve rezervuar sıcaklığı 153<sup>0</sup> C ölçülmüştür. Buradaki beş kuyuya uygulanan kuyu içi eşanjör sistemi ile 9.7 MWt ısı potansiyeli elde edilmiştir. Tahminlere göre 3600 m<sup>2</sup> alan serayı bu enerjiyi kullanarak ısıtmaya yetecektir.(11).

#### 2.1.11. Tuzla - Çanakkale Jeotermal Sahası :

Kuzeybatı Anadolu'da, Çanakkale'nin 80 km güneyinde ve Ege denizine 5 km uzaklıktadır. Önceki yıllarda yapılan jeoloji, jeofizik, jeokimya ve gradyan sondajlarından önemli ve ümit verici sonuçlar elde edilmiştir. İlk kuyu 814 metre derinlikli olup 1982'de açılmıştır. Bu kuyuda (birinci rezervuarı oluşturan 333 - 553 metreler arasında yer alan

volkanik kayalardan) buhar ve sıcak su karışımı elde edilmiştir. Üretim debisi 130 ton/h olup rezervuar sıcaklığı 174° C ve buhar oranı %13'tür.

Sahada yüksek sıcaklıkta ikinci bir rezervuar bulmak için derin sondaja devam edilecektir.

Bu saha ; elektrik enerjisi üretimi yanında, tarımsal kullanım içinde son derece uygundur ( sera ısıtmacılığı, kurutmacılık, vb. ). Buna ek olarak, kimyasal özelliklerinden dolayı jeotermal akışkan tuz üretiminde de kullanılabilir. Artık su ise, sahanın Ege Denizi'ne yakınlığı dolayısıyla problem yaratmayacaktır.(12).

## **2.2. Kuzey Anadolu Fay Bölgesindeki Aktiviteler :**

Kuzeyinden dağlarla çevrili Anadolu; Avrasya Levhası'nın başlıca yapısal düzeni ve karasal sınırıdır. 37 sıcak su kaynağı 1500 km uzunluğunda Kuzey Anadolu Fayı boyunca dağılmıştır. Bu kaynakların başlıca kullanımı bölgesel olarak balneolojik banyolar olabilir. Bu bölgede 6 jeotermal saha tespit edilmiştir ve son zamanlarda iki kuyuda sondaj araştırmaları yapılmaktadır.(8).

### **2.2.1. Kuzuluk - Sakarya Jeotermal Sahası :**

Kuzuluk jeotermal sahası Akyazı ilçesinin güneyinde ve Kuzey Anadolu Fayı'nın batısında yer alır. Bu sahadaki sıcak kaynaklar 41 - 51° C sıcaklıkta bulunur. Bölgesel yatırımla karşılanan kuyu sondajından 84° C sıcaklıkta ve 41 kg/sn debide su elde edilmiştir. Bu kuyu, kuyu içi eşanjörün ekipmanları ile ve fizibilite çalışmaları ile direkt kullanıma model olacaktır.(8).

### **2.2.2. Erzincan Jeotermal Sahası :**

Erzincan; Kuzey Anadolu Fayı üzerinde özellikle sürekli deprem riskinin olduğu bir bölgededir. Burada çeşitli yerlerde 30<sup>0</sup> C sıcaklıkta sıcak kaynaklar ve mineral özelliğine sahip su kaynakları bulunur. Türk Petrolleri Şirketi iki araştırma kuyusunda 800 m. derinlikte 1989 yılında sondaj yapmıştır.(8).

### **2.3. Orta Anadolu'daki Aktiviteler :**

Yaygın genç yanardağları ve hidrotermal değişimi bu bölgede göz önünde bulundurulmalıdır. 8 jeotermal saha tespit edilmiş ve 44 sıcak kaynak bulunmuştur. Genellikle yapılar güneybatı ve kuzeybatı - kuzey yönündedir. Jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda Ziga ve Acıgöl sahası planlanan sondajlarla ileride yapılacak çalışmalarda örnek saha olacaktır. Bu bölgede Hasandağ ve Erciyes Dağı volkanik özelliğe sahip iki dağ olarak gözümüze çarpar.(8).

#### **2.3.1. Gözlek - Amasya Jeotermal Sahası :**

Bu saha Amasya şehrinin 20 km kuzeybatısında yer alır. Buradaki kuyu sondajından 380 metrede su 10.5 kg/sn debide, 42<sup>0</sup> C kuyu içi sıcaklığında çıkarılmaktadır. Amasya Belediyesi bu kaynağın kullanımını için karar almıştır. Kullanım çalışmaları yapılmaktadır.(8).

#### **2.3.2. Acıgöl - Nevşehir Jeotermal Sahası :**

Bu saha Orta Anadolu'nun güneyinde Hasandağ'ının kuzeyinde Erciyes Dağı'nın güneybatısında yer alır. Yapılmış jeoloji ve jeofizik çalışmaları sığ derinlikte bir ısı kaynağının varlığına işaret etmektedir. Bu nedenle sahada yakın bir gelecek için Kızgın Kuru

Kaya (Hot Dry Rock) projesi planlanmıştır.(12).

### **2.3.3. Sıcakçermik - Sivas Jeotermal Sahası :**

Sıcakçermik sahası Sivas şehrinin 22 km batısında yer alır. Sıcak su kaynakları, 36 - 45° C sıcaklıkta ve 10 kg/sn debide kuzey - güney ve kuzeybatı - güney doğrultusunda uzanan fay boyunca bulunur. Kuyu sondajı çalışmasıyla 55° C sıcaklıkta ve 30 kg/sn debide su elde edilmiştir. Yeni jeofizik çalışmalarla bu sahanın potansiyeli geliştirilmeye başlanmıştır.(8).

### **2.3.4. Kızılcahamam - Ankara Jeotermal sahası :**

Kızılcahamam sahası Ankara şehrinin 70 km kuzeybatısında yer alır. Çeşitli sıcak kaynakların yüzeye çıkış sıcaklığı 50 - 55° C arasında değişir. Kaplıçalarda eski zamanlardan beri bu kaynaklar kullanılmaktadır. Beş gradient kuyusu sahada sondajlanmış ve yüksek jeotermal gradientli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır ancak bunların geçirimsizliğinde göz önünde bulundurulması gereklidir. MTA - 1 ve KHD - 1 kuyularından sıcak akıcı akışkana rastlanılmıştır. Kullanışlı sıcak kaynaklar şimdilik 1400 m<sup>2</sup> seranın, hotelin ısıtılmasında ve balneolojik banyolar amaçlı olarak kullanılmaktadır.(8).

Kızılcahamam'da yine 1000'er konut ve 10000 m<sup>2</sup> sera ısıtması için, proje ve fizibilite çalışmaları tamamlanmış ve yatırıma hazır hale getirilmiştir. Ayrıca Haymana'da iki adet cami 43° C'deki jeotermal su ile tabandan ısıtılmaktadır. Toplam 60000 kcal/h kapasiteli sistemler, Aralık 1988 ve Kasım 1989'da devreye alınmıştır.(4).

## **2.4. Doğu Anadolu'daki Aktiviteler :**

Yaygın volkanik olaylar pliyosen ve en son jeolojik zaman esnasında Doğu Ana-

dolu'da meydana gelmiştir. Taktir edilen jeotermal enerji yedi bölgede tespit edilmiş, iki bölgede de çalışmalar başlamıştır. Yani jeotermal kaynaklar Tatvan (Nemrut) - Bitlis ve Zilan (Van) bölgelerinde başlamıştır. Volkanik patlama sonucu Nemrut, Tendürek, Süphandağı volkanları büyük değerli sıcak kaynaklar ve volkanik duman püskürten küçük delikli yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar olarak ileriye dönük olarak değerlendirilebilir.(8). Genç volkanik etkinlik ve jeokimya verilerine göre bu sahadan "kuru buhar" üretimi beklenmektedir.(12).

#### **2.4.1. Tatvan - Nemrut -Bitlis ve Süphan Jeotermal Sahası :**

Jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal çalışmalar MTA öncülüğünde bu sahada başlamıştır ve volkanik patlama sonucu ortaya çıkan çöküntü 4 km çapında bir alanı oluşturmuştur. Türkiye'de genç volkanik aktiviteler sonucu bu sahada 1441 kaynak meydana gelmiştir. Sıcak gazlar ve sıcak kaynaklar çok yaygındır. Bu sahada Türk Petrol Şirketi ile Unocal Şirketinin İşbirliğiyle araştırmalar yapılmış, beş kuyuda sondaj açılmıştır. Basınç ve sıcaklık ölçümleri gibi kuyu jeolojik verileride beş yıllık anlaşmanın sona ermesiyle açıklanacaktır.(8).

#### **2.4.2. Zilan - Ercis - Van ve Tendürek Jeotermal Sahası :**

Zilan sahası Ercis ilçesinin 15 km kuzeyinde yer alır. Sıcaklıkları 20 - 78<sup>o</sup> C arasında olan sıcak kaynaklara rastlanılmaktadır. En son jeolojik zamanda (volkanik aktiviteler ve yaygın hidrotermal değişimler sonucu) bu saha oluşmuştur. Bu sahada MTA tarafından araştırmalar yapılmış, iki sondaj kuyusu açılmıştır. Biri 1196 metre derinliktedir, diğeri de sığ kuyu (394 m)'dir. Her iki kuyuda da sıcak su ile karşılaşmıştır. Buradaki araştırma çalışmaları devam etmektedir. Erciş ilçesinin ısıtılması için çalışmalar başlamıştır.(8-9-14).

## 2.5. Diğer Aktiviteler :

MTA'nın belirlemiş olduğu değerlere göre Türkiye'deki jeotermal ısı potansiyelimiz 31500 MWt'dir. 31500 MWt'in izahatını 5 milyon evin jeotermal enerji ile ısıtılması olarak yapabiliriz, Türkiye'deki jeotermal enerji potansiyeli 3800 ton/h fuel-oilin yakılmasına eşdeğerdir.

Şu anda Denizli - Kızıldere Jeotermal Santrali'nde elektrik üretiminde kullanılan akışkan (147<sup>o</sup> C'de ve 1500 - 1700 ton/h debide) Menderes Nehri'ne akmaktadır. Bu akışkanın enerjisi saatte 30 milyon TL. fuel-oil eşdeğeridir ve bu akışkan tüm yıl boşakıtılmaktadır. Ayrıca Balıkesir - Sındırgı'da 90<sup>o</sup> C sıcaklığındaki jeotermal su değirmen çevrilmesinde kullanılmaktadır. Bu jeotermal akışkan yüzeye doğal olarak boşalmaktadır. Buna karşın, Fransa'nın baş şehri Paris havzasında normal gradient ile elde edilen 2000 metre derinlikli jeotermal kuyulardan elde edilen 60 ve 80<sup>o</sup> C'lik jeotermal akışkanlar ısıtmada kullanılmaktadır.(4).

Merkezi ısıtma-şehir ısıtmacılığı şu anda (Gönen ve Simav ilçeleri hariç) Türkiye'de yapılmamaktadır. Bölgesel ısıtmacılık daha yaygın durumdadır. Gazlıgöl, Gediz, Havza, Salihli,Hisarköy, Haymana ve Eskişehir'de toplam 28 MWt'lik enerji bölgesel ısıtmacılıkta kullanılmaktadır.(8).

Kozaklı'da 1000'er konut ve 10.000 m<sup>2</sup> sera ısıtması için proje ve fizibilite raporu çalışmaları tamamlanmış ve yatırıma hazır hale getirilmiştir. Gediz, kaphca ve motelleri (20.000 kcal/saat kapasiteli ) 78<sup>o</sup> C'deki jeotermal su ile Kasım 1987'den itibaren ısıtılmaktadır. Ekim 1988'de işletmeye alınan kaphca 60.000 kcal/h kapasitelidir. Salihli Termal Tesisleri'nde 50 adet apart-otelin jeotermal ısıtma sistemi 220.000 kcal/h kapasite ile Kasım 1989'dan beri işletilmektedir.(15).



Gelişen jeotermal teknoloji kendisinin problemlerini artık çözmüştür. Kabuklaşma ve korozyon gibi jeotermal problemler kesinlikle çözülmüş ve jeotermal değerlendirme hız kazanmıştır.(16).

MTA Genel Müdürlüğü'nce bugüne kadar ülke genelinde envanter çalışmaları ve sondajlar yapılmıştır. 1992 yılı itibariyle değerlendirmeye alınan çeşitli sıcaklık ve debideki toplam 116 kaynaktan 284.165314 MWt ve açılan 93 kuyuda 701.038803 MWt olmak üzere toplam 985.204117 MWt potansiyel tespit edilmiştir.

Ege bölgesinde kaynak sayısı (47) ve kuyu sayısının (40) diğer bölgelere göre daha fazla olması nedeniyle potansiyelin en fazla bu bölgede olduğu görülmektedir (788.284840 MWt ).Bu bölgeyi sırayla Marmara Bölgesi (93.650029 MWt ), İç Anadolu Bölgesi (70.065226 MWt ), Doğu Anadolu Bölgesi (17.516610 MWt ), Kuzey Anadolu (Karadeniz) Bölgesi (12.228771 MWt ), Güneydoğu Anadolu Bölgesi (2.319044 MWt ) ve Akdeniz Bölgesi (1.139597 MWt ) ile takip etmektedir.

Sahalarda mevcut kaynakların debileri ve kapasiteleri arttırılmaktadır. Bunlara bazı örnekler verecek olursak; Aydın - Salavath Jeotermal Alanı'nda 38° C ve 0.5 lt/sn debide kaynak mevcutken, derinlikleri 962 ve 1510 m olan 2 kuyu açılarak, 162 -171° C sıcaklıklı rezervuar belirlenmiş ve kuyuların her birinden 300 ton/h akışkan üretimi sağlanmıştır. Elde edilen akışkanın kapasitesi 91.70 MWt'dir.

Aynı şekilde İzmir - Balçova jeotermal alanında sıcaklığı 55° C, debisi 3 lt/sn olan kaynaktan hareket ile, derinlikleri 80 - 182 m ve sıcaklıkları 90 - 126° C arasında değişen toplam 11 sondaj yapılarak 5.5 MWt üretim sağlanmıştır.

Sakarya - Akyazı - Kuzuluk kaplıcasında da toplam debileri 1.15 lt/sn ve sıcaklıkları 31- 44° C arasında değişen toplam 17 kaynak baz alınarak açılan iki kuyudan 84° C

ve toplam 41 lt/sn debide akışkan elde edilmiştir. Elde edilen akışkanın potansiyeli 8.4 MWt olarak hesaplanmıştır.

Kütahya - Simav - Eynal'da ise 66 - 78° C ve 30.5 lt/sn debide kaynak mevcut iken derinliği 725 m , sıcaklığı 162° C ve debisi 72 lt/sn olan akışkan elde edilmiştir. Aynı şekilde; derinlikleri 149.5 ve 150 m olan iki kuyudan 97° C ve toplam 95 lt/sn debideki akışkan üretimi sağlanmış olup, sahadan üretilen akışkanın toplam potansiyeli 62 MWt'dir.

Van - Zilan jeotermal alanında 65° C ve 2 lt/sn debide kaynak baz alınarak; derinlikleri 394 - 1172 m olan iki kuyu açılmış ve 35 lt/sn debide 100° C sıcaklıkta akışkan elde edilmiştir. Tespit edilen potansiyel 9.5 MWt'dir. Sahada açılacak yeni sondajlarla debinin 100 lt/sn'yi aşacağı tahmin edilmektedir. Bu takdirde Erciş ilçesinin önemli bir bölümünün, askeri tesislerin ve çiftliklerin ısıtılması mümkün görülmektedir.

Türkiye'de 1989 yılı itibarı ile tüketim gücü yaklaşık 45 MWt olup bu değer yıllık 15.000 ton eşdeğeri fuel-oil tasarrufudur.

Bir kuyu ve kaynaktan elde edilen jeotermal akışkanın termal potansiyeli hesaplanırken, sıcaklık ve debi parametreleri kullanılmıştır. Hesaplama kullanılan sıcaklık değeri 35° C'nin üzerindedir. Kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$MWt = (T - 35^{\circ} C) * G * 4.186 * 10^{-6} \text{ MW-sect/cal}$$

Bu formül de ;

T : ° C değerinde kullanılacak akışkanın sıcaklığı

G : ml/sn değerinde kullanılacak akışkanın debisi

olarak kullanılacaktır.

Burada potansiyel hesaplanırken doğrudan kaynak veya kuyubaşı çıkış sıcaklıkları alınmıştır. Herhangi bir alanda yapılacak ısıtma projesinde ısı mühendisliği ile ilgili ısıtılacak alanların kaynağa mesafesi, konutların yapısına göre ısı talebi, iklim ve taşıma esnasındaki ısı kayıpları gibi değerlendirmeler göz önüne alınmalıdır. Ayrıca ısıtmada kullanılacak ısı eşanjörü tipi ve özellikleri, mevcut potansiyelden % kaç oranında yararlanılabileceği ortaya çıkmaktadır.(17).

*Tablo:2*'de yukarıda bahsedilen formül yardımıyla 35<sup>0</sup> C'nin üstündeki kaynaklar ele alınarak Türkiye'de ısıtmacılıkta kullanılabilinecek kaynak ve sondaj kuyuların termal potansiyelleri gösterilmiştir. *Tablo:3*'de ise yukarıda bahsedilen formül yardımıyla 35<sup>0</sup> C'nin üstündeki kaynaklar ele alınarak Türkiye'de bölgelere göre ısıtmacılıkta kullanılabilinecek kaynakların gösterildiği tablo oluşturulmuştur.

TABLO . 2 : TÜRKİYE'DEKİ JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK DIŞI KULLANIMINA YÖNELİK KAYNAK VE SONDAJ KUYULARININ TERMAL POTANSİYELİ. (4,5,7,8,9,10,12,13,14,15,16,18,19,39).

EGE BÖLGESİ GENEL TOPLAMI	:	788.284840	MWt
MARMARA BÖLGESİ GENEL TOPLAMI	:	93.650029	MWt
İÇ ANADOLU BÖLGESİ GENEL TOPLAMI	:	70.065226	MWt
DOĞU ANADOLU BÖLGESİ GENEL TOPLAMI	:	17.516610	MWt
KARADENİZ BÖLGESİ GENEL TOPLAMI	:	12.228771	MWt
GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ GENEL TOPLAMI	:	2.319044	MWt
AKDENİZ BÖLGESİ GENEL TOPLAMI	:	1.139597	MWt
<i>TÜRKİYE GENEL TOPLAMI</i>	:	<i>985.204117</i>	<i>MWt</i>

Tablo :2 ( devam ) **EGE BÖLGESİ**

İL	SICAKLIK (*C)	DEBİSİ ( m <sup>3</sup> / sn )	TERMAL POTAN - SİYEL ( MWt )	KAYNAK SONDAJ	
<b>AFYON</b>					
1	ARAPLIDERE	63.81	21000	2.532572	KAYNAK
2	ÇAY-KARABURUN	37.5	38000	0.397670	SONDAJ
3	GAZİİGÖL	66	6400	0.830502	KAYNAK
4	BOLVADİN - İHEYBELİ	57	20000	1.841840	SONDAJ
5	SANDIKLI - İHÜDAİ	69	50000	7.116200	KAYNAK
6	ÖMER-GECEK AF-1	98	20000	5.274360	SONDAJ
7	ÖMER-GECEK AF-3	97	35000	9.083620	SONDAJ
8	ÖMER-GECEK AF-4	95	80000	20.092800	SONDAJ
9	ÖMER-GECEK AF-5	79	15000	2.762760	SONDAJ
10	ÖMER-GECEK AF-6	92	10000	2.386020	SONDAJ
11	ÖMER-GECEK AF-7	93	6000	1.456728	SONDAJ
12	ÖMER-GECEK AF-8	91	10000	2.344160	SONDAJ
13	ÖMER-GECEK AF-9	49.5	17000	1.031849	SONDAJ
14	ÖMER-GECEK AF-10	96	100000	25.534600	SONDAJ
15	ÖMER-GECEK R-260	92	20000	4.772040	SONDAJ
<b>AYDIN</b>					
1	GERMENCİK - ALANGÜLLÜ-1	56	2000	0.175812	SONDAJ
2	AYTER-1	71	4600	0.693202	SONDAJ
3	AYTER-2	88	7000	1.553006	SONDAJ
4	DERMAN	51	500	0.033488	KAYNAK
5	GERMENCİK	140	278000	122.189340	SONDAJ
6	MERKEZ - K.K.GİRME	38	31000	0.389298	KAYNAK
7	KUYUCAK - ORTAKÇI	50	3000	0.188370	KAYNAK
8	ORTAKLAR-GÜMÜŞ	41	6000	0.150696	KAYNAK
9	SULTANHİSAR - SALAVATLI-1	162	83300	44.284113	SONDAJ
10	SULTANHİSAR - SALAVATLI-2	171	83300	47.422357	SONDAJ
11	SÜLTANİYE	41	3500	0.087906	KAYNAK
12	SÜLTANİYE - VELİBEY	39.3	10000	0.179998	KAYNAK
<b>DENİZLİ</b>					
1	DEMİRTAŞPINARI	95	2000	0.502320	KAYNAK
2	İNALLI	54	1500	0.119301	KAYNAK
3	KAMARA	38	10000	0.125580	KAYNAK
4	MERKEZ - KARAHAYİT	41.5	1000	0.027209	SONDAJ
5	KIZILDERE	140	417000	183.284010	ARTIK
6	KIZILDERE - KIZILHAMAM	42	1000	0.029302	KAYNAK
7	KIZILDERE - KUBBELİHAMAM	57	10000	0.920920	KAYNAK
8	MERKEZ - TEKKEKÖY	97	20000	5.190640	KAYNAK
9	YENİCE	41.5	1000	0.027209	KAYNAK
<b>MANİSA</b>					
1	SALİHLİ - KURŞUNLU	78	5000	0.899990	KAYNAK
2	MENTEŞE	62	4000	0.452088	KAYNAK
3	SALİHLİ	155	2000	1.004640	SONDAJ
4	D.KÖPRÜ - SARAYCIK	51.5	500	0.034535	KAYNAK
5	SART	51	3000	0.200928	KAYNAK
6	ŞEHİTLER	55	2000	0.167440	KAYNAK
7	TURGUTLU	82	13000	2.557646	KAYNAK
8	URGANLI	90	25000	5.755750	SONDAJ
EGE BÖLGESİ ARA TOPLAMI =			506.104814	MWt	

Tablo : 2 (devam) EGE BÖLGESİ					
	İL JEOTERMAL ALAN	SICAKLIK (°C)	DEBİSİ (ml / sn)	TERMAL POTAN- SİYEL (MWt)	KAYNAK SONDAJ
<b>İZMİR</b>					
1	DİKİLİ - BADEMLİ	70	1000	0.146510	KAYNAK
2	BALÇOVA-1	114	20000	6.613880	SONDAJ
3	BALÇOVA-2	112	5000	1.611610	SONDAJ
4	BALÇOVA-3	111	4000	1.272544	SONDAJ
5	BALÇOVA-4	114	10000	3.306940	SONDAJ
6	BALÇOVA-5	124	15000	5.588310	SONDAJ
7	BALÇOVA-6	93	3000	0.728364	SONDAJ
8	BALÇOVA-7	115	10000	3.348800	SONDAJ
9	BALÇOVA-8	104	4000	1.155336	SONDAJ
10	BALÇOVA-9	124	18000	6.705972	SONDAJ
11	ÇEŞME-ILICA	56	42000	3.692052	SONDAJ
12	MENDERES - CUMA	68	5000	0.690690	KAYNAK
13	BERGAMA - DEREKÖY	45	2000	0.083720	KAYNAK
14	DİKİLİ	90	200000	46.046000	SONDAJ
15	DOĞANBEY	95	50000	12.558000	KAYNAK
16	DOĞANBEY - KARAKOÇ	62	4000	0.452088	KAYNAK
17	NEBİLER	57	2500	0.230230	KAYNAK
18	PAŞA	43.5	500	0.017791	KAYNAK
19	SEFERİHİSAR	153	168714	83.335943	SONDAJ
20	ŞİFNE	42	12000	0.351624	KAYNAK
21	TOPAN	56	5000	0.439530	KAYNAK
<b>KÜTAHYA</b>					
1	DERELİ	41	60000	1.506960	KAYNAK
2	EMET	47	17000	0.853944	KAYNAK
3	GEDİZ	78	8000	1.439984	KAYNAK
4	HAMAMKÖYÜ	51	2250	0.150696	KAYNAK
5	KIZILSİN	44	35000	1.318590	KAYNAK
6	MURATDAĞI	42	7500	0.219765	KAYNAK
7	SİMAV-ÇİTĞÖL	97	28000	7.266896	SONDAJ
8	SİMAV-EYNAL EJ-1	162	72800	38.702082	SONDAJ
9	SİMAV-EYNAL EJ-2	158	50000	25.743900	SONDAJ
10	SİMAV-EYNAL EJ-3	147	50000	23.441600	SONDAJ
11	SİMAV-NAŞA-1	42	9000	0.263718	SONDAJ
12	SİMAV-NAŞA-2	52	2000	0.142324	KAYNAK
13	YENİCEKÖY	49	1000	0.058604	KAYNAK
14	YONCAAĞAÇ	39	2000	0.033488	KAYNAK
15	YONCALI	41	10600	0.266230	KAYNAK
16	YONCALI-1	41.5	30000	0.816270	SONDAJ
17	YONCALI-2	42.2	30000	0.904176	SONDAJ
<b>MUĞLA</b>					
1	KÖYCEĞİZ - SULTANIYE	43	3500	0.117208	KAYNAK
<b>UŞAK</b>					
1	GÜRE - AKBULAK	37	1800	0.015070	KAYNAK
2	AKSAZ	38	28300	0.355391	KAYNAK
3	EMİRFAKİ	38	8000	0.100464	KAYNAK
4	EŞME - ÖRENCİK	37.8	7400	0.086734	KAYNAK
EGE BÖLGESİ GENEL TOPLAMI =				788.284840	MWt

Tablo : 2 ( devam ) MARMARA BÖLGESİ

İL	SICAKLIK	DEBİSİ	TERMAL POTAN-	KAYNAK	
JEOTERMAL ALAN	(*C)	(ml/sn)	SİYEL ( MWt )	SONDAJ	
<b>BALIKESİR</b>					
1	MERKEZ	50	30000	1.883700	KAYNAK
2	DAĞ	63	12000	1.406496	KAYNAK
3	GÖNEN - EKŞİDERE	41	2000	0.050232	KAYNAK
4	GÖNEN G-1	74	14000	2.285556	SONDAJ
5	GÖNEN G-2	82	30000	5.902260	SONDAJ
6	GÖNEN G-3	74	30000	4.897620	SONDAJ
7	GÖNEN G-64A	71.5	15000	2.291835	SONDAJ
8	GÖNENDAĞ	44	14000	0.527436	KAYNAK
9	HİSARKÖY	79	4800	0.884083	KAYNAK
10	İLİCA-KEPEKLER	64	15000	1.820910	SONDAJ
11	KARAKAPLICA	48	300	0.016325	SONDAJ
12	KIZILKOYU	51	2500	0.167440	KAYNAK
13	MERKEZ - PAMUKÇU P-1	53	7000	0.527436	SONDAJ
14	MERKEZ - PAMUKÇU P-2	56	18000	1.582308	SONDAJ
15	SAMLIDAĞ	62	1400	0.158231	KAYNAK
16	SINDIRGI-HİSARALAN	98	50000	13.185900	KAYNAK
17	SUSURLUK - YILDIZ	47	1600	0.080371	KAYNAK
<b>BİLECİK</b>					
1	ÇALTI	36	3000	0.012558	KAYNAK
<b>BURSA</b>					
1	MERKEZ	45.3	28000	1.207242	KAYNAK
2	MERKEZ	83.7	50000	10.192910	KAYNAK
3	ARMUTLU	75	11000	1.841840	SONDAJ
4	DÜMBÜLDEK	44	1500	0.056511	KAYNAK
5	GEMLİK	36	33500	0.140231	KAYNAK
6	KAYA	68	1100	0.151952	KAYNAK
7	OYLAT	40	52000	1.088360	KAYNAK
<b>ÇANAKKALE</b>					
1	ÇAN	46.5	1700	0.081836	KAYNAK
2	TUZLA - GAYZERSUYU	100	1000	0.272090	KAYNAK
3	HIDIRLAR	80	15000	2.825550	KAYNAK
4	KARABİGA	49	9000	0.527436	KAYNAK
5	KESTANBOL	73	20000	3.181360	SONDAJ
6	KÜÇÜKGEÇİT	52	4250	0.302439	KAYNAK
7	K.TUZLASI	55	3000	0.251160	KAYNAK
8	KAZDAĞI - KOCABAŞLAR	36.5	2000	0.012558	KAYNAK
9	KÜÇÜKÇETME	41	10000	0.251160	KAYNAK
10	KUM	69	800	0.113859	KAYNAK
11	TUZLA	102	15000	4.206920	SONDAJ
12	TUZLA	174	30600	17.80442	SONDAJ
<b>İSTANBUL</b>					
1	TERMAL	65	10000	1.255800	KAYNAK
2	YALOVA	57	19000	1.749748	KAYNAK
<b>SAKARYA</b>					
1	AKYAZI-KUZULUK-1	84	21000	4.307394	SONDAJ
2	AKYAZI-KUZULUK-2	84	20000	4.02280	SONDAJ
3	KİL	38	3500	0.043953	KAYNAK
<b>MARMARA BÖLGESİ GENEL TOPLAMI =</b>			<b>93.650029</b>	<b>MWt</b>	

Tablo : 2 ( devam ) İÇ ANADOLU BÖLGESİ

İL	SICAKLIK (*C)	DEBİSİ ( m <sup>3</sup> / sn )	TERMAL POTAN- SİYEL ( MWt )	KAYNAK SONDAJ	
<b>ANKARA</b>					
1	DUTLUCA	51	5000	0.334880	KAYNAK
2	HAYMANA-3	44	52000	1.959048	SONDAJ
3	HAYMANA-4	44	52000	1.959048	SONDAJ
4	KIZILCAHAMAM-1	76	13000	2.231138	SONDAJ
5	KIZILCAHAMAM-2	86	35000	7.472010	SONDAJ
6	MELİKŞAH	43	70000	2.344160	KAYNAK
7	ŞEYHİHAMAMI	43	15000	0.502320	KAYNAK
<b>ÇANKIRI</b>					
1	KURŞUNLU-ÇAVUNDUR	54	47000	3.738098	SONDAJ
<b>ESKİŞEHİR</b>					
1	MERKEZ	44	14000	0.527436	SONDAJ
2	MERKEZ ES-3	45	6000	0.251160	SONDAJ
3	SAKARILICA SK-1	52	3300	0.234835	SONDAJ
4	SAKARILICA SK-3	55	23000 *	1.925560	SONDAJ
5	SARICAKAYA	55	12000	1.004640	SONDAJ
6	YARIKÇI	38	1300	0.016325	KAYNAK
<b>KAYSERİ</b>					
1	MERKEZ - BAYRAMHACI	41	3000	0.075348	KAYNAK
2	TEKGÖZ	40	20000	0.418600	KAYNAK
<b>KIRŞEHİR</b>					
1	BULAMAÇLI	44.5	300	0.011930	KAYNAK
2	MERKEZ - KARAKURT	50	10000	0.627900	KAYNAK
3	MAHİMUTLU	62	28000	3.164616	SONDAJ
4	MERKEZ - TERME-3	40	45000	0.941850	SONDAJ
5	MERKEZ - TERME-4	48	50000	2.720900	SONDAJ
<b>KONYA</b>					
1	ÇİFTTEHAN	52	7500	0.533715	KAYNAK
2	ILGIN	42	160000	4.688320	KAYNAK
<b>NEVŞEHİR</b>					
1	KOZAKLI	90	20000	4.604600	SONDAJ
<b>NİĞDE</b>					
1	AÇIGÖL NAR-2	63	50000	5.860400	SONDAJ
2	AÇIGÖL NAR-3	63	60000	7.032480	SONDAJ
3	ÇİFTTEHAN	53	5000	0.376740	KAYNAK
4	AKSARAY - ZİGA	53	4600	0.346601	KAYNAK
<b>SİVAS</b>					
1	MERKEZ	45	4000	0.167440	KAYNAK
2	SICAKÇERMİK	45	200000	8.372000	SONDAJ
3	YILANLI	36	4000	0.016744	KAYNAK
<b>YOZGAT</b>					
1	MERKEZ - YERKÖY	45	1000	0.041860	KAYNAK
2	BOĞAZLAYAN BAHARİYE BB-2	46	100000	4.604600	SONDAJ
3	SORGUN - KÖHNE	52	920	0.103980	KAYNAK
4	SARIKAYA	46	4000	0.184184	KAYNAK
5	SORGUN YS-1	75	4000	0.669760	SONDAJ
<b>İÇANADOLU BÖLGESİ GENEL TOPLAMI =</b>			<b>70.065226</b>	<b>MWt</b>	



Tablo :2 ( devam ) **DOĞU ANADOLU BÖLGESİ**

İL	SICAKLIK (* C)	DEBİSİ ( ml / sn )	TERMAL POTAN- SİYEL ( MWt )	KAYNAK SONDAJ	
<b>AĞRI</b>					
1	DİYADİN - DAVUT	44	6000	0.226044	KAYNAK
2	TAŞLIÇAY - KÖPRÜ	53	13000	0.979524	KAYNAK
3	DİYADİN - TAZEKENT-2	63	2200	0.257858	KAYNAK
4	DOĞUBEYAZIT - YILANLI	37	3000	0.025116	KAYNAK
<b>BİNGÖL</b>					
1	ACIYAN	62	1000	0.113022	KAYNAK
2	HARUR	52	160	0.011386	KAYNAK
3	KOŞ	41	4000	0.100464	SONDAJ
<b>ELAZIĞ</b>					
1	KOLAN	44	5000	0.188370	KAYNAK
2	KÖPRÜ	53	13000	0.979524	KAYNAK
<b>ERZİNCAN</b>					
1	ILICA	40	11000	0.230230	SONDAJ
<b>ERZURUM</b>					
1	DUMLU	37	10000	0.083720	SONDAJ
2	ILICA	38	20000	0.251160	SONDAJ
3	ILICA E-1	39	6000	0.100464	SONDAJ
4	KIĞIHAMZAN	56	12000	1.054872	KAYNAK
5	NORMAN	45.5	1500	0.065930	KAYNAK
6	OLUR	38	4500	0.056511	KAYNAK
7	PASINLER	43	75000	2.511600	SONDAJ
<b>HAKKARİ</b>					
1	BEYTÜŞEBAP	36	10000	0.041860	KAYNAK
<b>TUNCELİ</b>					
1	BAGIN	39	5000	0.083720	KAYNAK
2	HARIK	39	15000	0.251160	KAYNAK
<b>VAN</b>					
1	DERGEZİN	36	5000	0.020930	KAYNAK
2	HASANABDAL	68	2000	0.276276	KAYNAK
3	ZEREN	55	1000	0.083720	KAYNAK
4	ZILAN	100	35000	9.523150	SONDAJ
<b>DOĞU ANADOLU BÖLGESİ</b>					
GENEL TOPLAMI =			<b>17.516610</b>	<b>MWt</b>	

Tablo : 2 ( devam )

**KARADENİZ BÖLGESİ**

İL	SICAKLIK	DEBİSİ	TERMAL POTAN-	KAYNAK	
JEOTERMAL ALAN	(* C)	( ml / sn )	SİYEL ( MWt )	SONDAJ	
<b>AMASYA</b>					
1	GÖZLEK G-1	42	10500	0.307671	SONDAJ
2	HAMAMÖZÜ	42.5	29000	0.910455	SONDAJ
3	TERZİKÖY	37	12000	0.100464	SONDAJ
<b>BOLU</b>					
1	MERKEZ	44	14500	0.546273	SONDAJ
2	SARIOT	63	1200	0.140650	KAYNAK
<b>ORDU</b>					
1	FATSA	48.5	2500	0.141278	KAYNAK
<b>RİZE</b>					
1	ÇAMLIHEMŞİN AYDER	55.5	14000	1.201382	SONDAJ
<b>SAMSUN</b>					
1	HAVZA SH-C	54	55000	4.374370	SONDAJ
2	HAVZA SH-2	53	11000	0.828828	SONDAJ
3	LADIK KOCAPINAR HH-1	38	40000	0.502320	SONDAJ
<b>TOKAT</b>					
1	SULUSARAY AS-2	53.5	20000	1.548820	SONDAJ
2	SULUSARAY AS-3	53.5	21000	1.626261	SONDAJ
<b>KARADENİZ BÖLGESİ GENEL TOPLAMI =</b>			<b>12.228771</b>	<b>MWt</b>	

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ**

İL	SICAKLIK	DEBİSİ	TERMAL POTAN-	KAYNAK	
JEOTERMAL ALAN	(* C)	( ml / sn )	SİYEL ( MWt )	SONDAJ	
<b>DİYARBAKIR</b>					
1	ÇERMİK	48	10000	0.544180	SONDAJ
<b>MARDİN</b>					
1	GERMAV	40	1000	0.020930	KAYNAK
<b>SİİRT</b>					
1	BİLLURİS	38	65000	0.816270	KAYNAK
2	HİSTAÇERMIĞI	67	7000	0.937664	KAYNAK
<b>GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ</b>			<b>GENEL TOPLAMI =</b>	<b>2.319044</b>	<b>MWt</b>

**AKDENİZ BÖLGESİ**

İL	SICAKLIK	DEBİSİ	TERMAL POTAN-	KAYNAK	
JEOTERMAL ALAN	(* C)	( ml / sn )	SİYEL ( MWt )	SONDAJ	
<b>İÇEL</b>					
1	GÜNEY YOLU	37.5	4300	0.045000	KAYNAK
2	MERSİN	38	1500	0.018837	KAYNAK
<b>KAHRAMANMARAŞ</b>					
1	SÜLEYMANLI-1	44	8110	0.305536	SONDAJ
2	SÜLEYMANLI-2	43	23000	0.770224	SONDAJ
<b>AKDENİZ BÖLGESİ GENEL TOPLAMI =</b>			<b>1.139597</b>	<b>MWt</b>	

**TABLO. 3 :BÖLGELERE GÖRE KAYNAK VE KUYULARIN ELEKTRİK DIŞI KULLANIM  
KAPASİTELERİ (4,5,7,8,9,10,12,13,14,15,16,18,19,39).**

BÖLGE	DEĞERLEN- DİRİLEN KAYNAK SAYISI	KAYNAK TERMAL POTANSİYELİ	DEĞERLEN- DİRİLEN SONDAJ SAYISI	SONDAJ TERMAL POTANSİYELİ	TOPLAM POTANSİYEL KAY + SON (MWt)
EGE	47	227.656573	40	560.628267	788.284840
MARMARA	28	38.881243	14	54.768786	93.650029
İÇ ANADOLU	17	10.791047	19	59.274179	70.065226
DOĞU ANADOLU	17	4.715822	7	12.800788	17.516610
KARADENİZ	2	0.281928	10	11.946843	12.228771
GÜNEYDOĞU ANADOLU	3	1.774864	1	0.544180	2.319044
AKDENİZ	2	0.063837	2	1.075760	1.139597
<b>TÜRKİYE TOPLAMI</b>	<b>116</b>	<b>284.165314</b>	<b>93</b>	<b>701.038803</b>	<b>985.204117</b>

### **3- JEOTERMAL ENERJİNİN ÇEVREYE OLAN ETKİSİ :**

Dünya'daki tüm yerleşim merkezleri ve sanayi tesisleri, kabul edilebilir sınırların üstünde havayı ve biyosferi kirletici maddeyi dışarı atmaktadır. Dünya'daki sosyal gelişmenin devamı için daha fazla enerji üretme amacı ile atmosfere atılan ve asit yağmuruna yol açan gazların etkilerinin azaltılması ihtiyacı bugünün enerji üretim sistemleri ile çelişmektedir. Fosil yakıtları yakmadan yüksek hayat standartlarını sağlayabilen stratejiler ve dışarı çok az veya zararsız madde vererek elektrik enerjisi üretebilen yüksek teknolojiler kullanılmalıdır.

Jeotermal enerjinin geliştirilmesi, konvansiyonel enerji kaynaklarının geliştirilmesine kıyasla çevre için çok daha büyük olumlu etkiye sahiptir.(4).

#### **3.1. Jeotermal Artıkların Çevreye Etkileri :**

##### **3.1.1. Bor kirlenmesi :**

Ülkemizde şu an bizim için problem olan en önemli konu bor, tuz ve sodyum kirlenmesidir. Bu problem Büyük Menderes Nehri'nde ve havzasında görülmektedir. Sarayköy - Kızıldere'de açılan jeotermal kuyuların artıkları ile Germencik - Ömerbeyli yöresindeki kuyuların artıklarının özellikleri birbirine çok benzemektedir. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü'nce her iki yöredeki artıklardan alınan örneklerde yapılan analiz sonucunda aşırı derecede bor, tuz ve sodyum olduğu gözlemlenmiştir. Gözlemlere göre üretim yapılan Kızıldere yöresinde yaklaşık 1 - 1.5 m<sup>3</sup>/sn, test ve sondaj çalışması yapılan Ömerbeyli yöresinde ise şimdilik yaklaşık 0.15 - 0.20 m<sup>3</sup>/sn su çevreye yayılmakta ve büyük kısmı Büyük Menderes Nehri'ne karışmaktadır.(20).

### 3.1.1.1. Suya Etkileri :

Yukarıda belirtildiği gibi kalitece fevkalade bozuk jeotermal artuk suların özellikle sulama mevsiminde (Büyük Menderes Nehri'nin debisinin düşük olduğu devrelerde) Büyük Menderes Nehri'ne karışması ile en önemli sulama kaynağı olan Büyük Menderes Nehri'nin bor ile kirlenmesine neden olmaktadır.

MTA Genel Müdürlüğü'nün Büyük Menderes Nehri'nde yedi farklı noktadan örnek alarak yaptığı bor analizlerinin Şubat 1984 ayına ait sonuçları aşağıda verilmektedir:

<u>VERİLERİN ALINDIĞI NOKTALAR</u>	<u>BOR( ppm )</u>
Denizli - Sarayköy Köprüsü .....	0.25
Sarayköy Santral Hizası .....	0.25
Çubukdağ Köprüsü .....	0.32
Çubukdağ Çıkışı .....	0.35
Aydın Girişi .....	0.19
İncirliova Koşarlı Köprüsü.....	0.16
Söke - Bağarası Köprüsü.....	0.17

Menemen Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü'nce Mayıs, Temmuz, Ekim 1984 tarihlerinde Büyük Menderes Nehri'nde; birincisi doğuda Sarayköy yakınlarında Feslek regülatöründen, sonuncusu batıda Ege Denizi kıyısında Balat Köprüsü'nden olmak üzere altı farklı noktadan alınan su örneklerinin bor içeriği aşağıda verilmiştir:

<u>VERİLERİN ALINDIĞI</u>	<u>BOR DEĞERLERİ ( ppm )</u>		
	<u>NOKTALAR</u>	<u>Tarihsiz</u>	<u>30.07.84</u>
Feslek Regülatörü	0.80	0.32	0.30
Nazilli Köprüsü	0.78	0.35	0.40
Çine Köprüsü	0.73	---	0.60

VERİLERİN ALINDIĞI NOKTALAR	BOR DEĞERLERİ ( ppm )		
	Tarihsiz	30.07.84	30.10.84
Koçarlı Köprüsü	0.69	0.30	---
Bağarası Köprüsü	0.74	0.60	1.40
Balatköyü Köprüsü	0.74	1.00	2.50

Yukarıdaki verilerden de görüleceği üzere Büyük Menderes Nehri debisi Şubat ayına oranla Mayıs ayında nispeten azaldığı için, nehir suyunda bor konsantrasyonu daha fazla artacaktır.(20).

### **3.1.1.2. Toprağa Etkileri :**

Jeotermal atıklarla kirlenen Büyük Menderes Nehri'nden sulama yapıldığında sorunsuz alanlarda problemler oluşacak, geniş alanı kapsayan sorunlu arazilerde borluluk, çoraklık, şodyumluk sorunu daha da artacaktır.

Menemen Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü tarafından 1983 - 1984 yılında yapılan bir çalışmada Germencik - Ömerbeyli'de 0 - 100 cm toprak profili analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucu *Tablo:4*'te görülmektedir. Tablodan görüleceği üzere toprak profilinde tuz oranının ortalama 9 - 10 kat ve borluluk oranının 60 - 70 kat arttığı gözlenmiştir. Bu durum üst toprak katlarında (0 - 20, 20 - 40 cm) daha da belirgin olarak saptanmıştır.(20).

### **3.1.1.3. Bitkilere Etkileri :**

Jeotermal kuyulardan çıkan sıcak ve aşırı iz element ihtiva eden buharlar çevresindeki tek yıllık ve çok yıllık bitkilerin yok olmasına neden olmaktadır. Yaklaşık olarak bir kuyu, çevresindeki 300 metre çapındaki alana etki etmektedir.

Ayrıca bu kuyulardan çıkan artıkların karışmasıyla kirlenecek olan Büyük Menderes Nehri suyu ile sulanan toprakta yetişen bora karşı hassas bitkiler uzun vade de etkilenerek verimlikleri azalacaktır. Çeşitli kültür bitkilerin bora dayanıklılıkları *Tablo.5*'te verilmektedir.(20).

Hassas bitkilerin bora olan dayanıklılığı, 1 ppm'i aşmazken, yarı hassas ve dayanıklı bitkilerin dayanıklılığı 2 - 4 ppm arasında değişmektedir. Ne var ki Büyük Menderes Nehri'nden sulanan bitkiler, hassas bitkilerdir.

**Tablo.4 : Jeotermal Artık Sularına Maruz Kalmadan Önceki ve Sonraki (0 - 100 cm) Toprak Katmanlarındaki Tuz ve Bor Durumu (Germencik - Ömerbeyli ). (20).**

TOPRAK DERİNLİĞİ ( cm )	BAŞLANGIÇTAKİ		SONRAKİ	
	Tuz	Bor (ppm)	Tuz	Bor (ppm)
0 - 20	0.349	0.15	4.48	13.90
20 - 40	0.259	0.08	4.03	11.71
40 - 60	0.306	0.11	2.16	2.31
60 - 80	0.251	0.06	1.96	4.49
80 - 100	0.158	0.19	1.93	3.66

**Tablo.5 : Bitkilerin Bora Nisbi Toleransları : (20).**

<u>DAYANIKLI</u>	<u>YARI DAYANIKLI</u>	<u>HASSAS</u>
<u>4.0 ppm</u>	<u>2.0 ppm</u>	<u>1.0 ppm</u>
Ilgın	Ayçiçeği	Ceviz
Kuşkonmaz	Patates	Enginar
Palniye	Pamuk	Kuru Fasulye
Hurma	Domates	Erik

<u>DAYANIKLI</u>	<u>YARI DAYANIKLI</u>	<u>HASSAS</u>
Şeker Pancarı	Bezelye	Armu
Yem Pancarı	Turp	Elma
Yonca	Zeytin	Üzüm
Bakla	Arpa	İncir
Soğan	Buğday	Kiraz
Şalgam	Mısır	Şeftali
Lahana	Yulaf	Kayısı
Marul	Kabak	Portakal
Havuç	Biber	Greyfurt
	<u>Lima Fasulyesi</u>	<u>Limon</u>
2.0 ppm	1.0 ppm	0.3 ppm

Bu yüzden orijinal bor içeriği 0.25 ppm olarak ölçülen ancak kurak aylarda 0.50 ppm'e kadar yükselebileceği tahmin edilen, Büyük Menderes Nehri'nin karışımından sonra 1.0 ppm'i aşmaması için bazı önlemler alınması gerekmektedir.

Büyük Menderes Nehri'nin debisinin (0.35 ppm orijinal bor için)  $17.28 \text{ m}^3/\text{sn}'$  den aşağı düşmemesi durumunda Kızıldere jeotermal artık suyu bir sorun teşkil etmemektedir. Jeotermal artık suyun Büyük Menderes Nehri'ne karıştığı noktaya en yakın rasathanedede, 30 yıllık rasat süresince, en düşük ölçülen debi, istisnai bir kaç durum haricinde  $20 \text{ m}^3/\text{sn}'$  den aşağı düşmemektedir. 30 yıllık rasat süresinin, aylık en düşük debi ortalaması ise,  $27.881 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak göze çarpmaktadır. Bu durumda Büyük Menderes Nehri'nin orijinal bor içeriği 0.50 ppm'e kadar yükselse bile jeotermal artık suyun Büyük Menderes Nehri'ne boşaltılması herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. (20).



### 3.2. Çevre Kirlenmesini Önlemek İçin Alınacak Tedbirler :

#### 3.2.1. MTA Çalışmaları :

MTA kısa dönemde Büyük Menderes Nehri'nin kirlenmesini önlemek için jeotermal enerjinin 10 MW ile sınırlandırılmasını bunun içinde kuyulardan en çok 1000 ton/h subuharı çıkartılmasını öngörmektedir. Uzun vadede de bor mineralinin kimyasal yollarla elimine edilmesini veya akışkanın tekrar rezervuara basılmasını düşünmektedir.

Genel de Büyük Menderes Nehri'nin, geçmiş yıllarda DSİ ve EİEİ tarafından, Burhaniye ve Aydın çevresinde ölçülen akım debileri 1.0 ppm'lik bir bor üst sınırı aşmamak sureti ile Denizli - Kızıldere ve Aydın - Germencik sahalarından boşalacak jeotermal artık su miktarını kabul edebilecek düzeydedir. İçinde bulunduğumuz ve daha sonraki yıllarda da Büyük Menderes Nehri'nin debisi eskisi gibi olursa Denizli - Kızıldere ve Aydın - Germencik jeotermal artık suların nehre verilmesi, bor açısından herhangi bir problem yaratmayacaktır.(21).

Ancak bugün için MTA'ca ampirik olarak hesaplanan jeotermal artıkların Büyük Menderes Nehri'ndeki kirlilik değeri yalnız bor olarak ele alınmış, sodyum ve tuz içerikleri dikkate alınmamıştır.

#### 3.2.2. DSİ Çalışmaları :

DSİ Aşağı Büyük Menderes havzasındaki kirlenmeyi üç ana nedene bağlamaktadır. Bunlar sırasıyla;

\* Yerleşim merkezlerinin ve fabrikaların kanalizasyon artıklarının Büyük Menderes Nehri'ne boşaltılması. Bu durum özellikle sanayinin ve yerleşim merkezlerinin yoğun

olduğu Büyük Menderes Nehri sağ sahilinde önem arzetmektedir.

\* Sarayköy - Kızıldere ve Germencik - Ömerbeyli'de açılan jeotermal kuyulardan çıkan artıkların Büyük Menderes Nehri'ne boşaltılması ile meydana gelen özellikle bor kirlenmesi.

\* Havzada entansif bir şekilde kullanılan tarımsal ilaç artıkları ile meydana gelen kirlenme.

Yukarıda üç madde de toplanan kirlenme sebeplerini ortadan kaldırmak için DSİ 21. Bölge Müdürlüğü yetkilileri ile yapılan görüşmede öncelikle Büyük Menderes sağ sahilinde doğuda Sarayköy yakınlarından başlayıp Büyük Menderes Nehri'ne paralel olarak batıda Ege Denizi'ne ulaşan bir tahliye sistemi planlandığı ve bütün artıkların bu tahliye ile Büyük Menderes Nehri'ne ulaşmadan Ege Denizi'ne tahliyesinin düşünüldüğü öğrenilmiştir.(20).

### **3.2.3. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Çalışmaları :**

Menemen Araştırma Enstitüsü tarafından Germencik - Ömerbeyli ve Sarayköy - Kızıldere jeotermal artıkları ile ilgili bir eted raporu hazırlanmıştır. Bu raporda 1983-1984 yılları içerisinde MTA'ca sondaj ve test, TEK'ce de elektrik üretimi yapılan alanlarda incelemeler yapılmıştır. Ayrıca jeotermal artık su örnekleri periyodik olarak alınmıştır. Bu örneklerle yapılan analizler sonucunda bu iki yöredeki jeotermal artık suların kalitelerinin birbirine çok benzediği ve bu kalitedeki artık suların toprakta kısa zamanda tuz, sodyum ve özellikle bor sorunları yaratacağı saptanmıştır.(20).

### **3.3. Sonuç ve Öneriler :**

Büyük Menderes havzası Türkiye'nin tarımsal potansiyel yönünden en önde gelen havzalarından birisidir. Toprak ve iklim özellikleri her türlü bitkinin yetişmesine im-

kan vermektedir. Yeterli sulama ve drenaj koşulları sağlandığında ikinci ürün bazı kısımlarda da üçüncü ürün alınabilmektedir.

Bu havzanın en önemli sulama kaynağı olan Büyük Menderes Nehri Sarayköy - Kızıldere ve Germencik - Ömerbeyli'de açılan jeotermal kuyulardan çıkan artıklardan, çevredeki yerleşim yerlerinin ve fabrikaların kanalizasyon artıklarından ve yörede yoğun olarak kullanılan tarımsal mücadele ilaçları artıkları ile kirlenmektedir. Bu kirlenme mevcut ve planlanan sulama şebekeleri ile toprağa intikal etmektedir. Tedbir alınmadığı takdirde çoğunluğu sağ sahilde bulunan yaklaşık 130.000 ha'lık sulu tarım alanı tuzluluk ve bor kirlenmesi yönünden ciddi sorunlarla karşı karşıya kalacaktır. Hatta bugün için kısmen sorunlu olan havzanın bazı kesimlerinin sorunları daha çok kısa zamanda sulu tarım yapılamaz hale gelecektir.

Sulama mevsiminde Büyük Menderes Nehri debisi azalmaktadır. Bu durumda denize yakın kısımlarda deniz Büyük Menderes yatağına girmekte, dolayısı ile sulama mevsiminde kirlenme sorunu çok daha ciddi boyutlar kazanmaktadır.

Sarayköy - Kızıldere ve Germencik - Ömerbeyli jeotermal artıklarıyla birlikte Büyük Menderes sağ sahilinde bulunan yerleşim bölgeleri ile, fabrikaların, sanayi artıklarının ve tarımsal mücadele ilaçları artıklarınının Büyük Menderes Nehri'ni kirletmesi önemlidir. Bu konuda DSİ tarafından hazırlanan tahliye sistemi projesi sızıntı yapmayacak şekilde açık kanal veya kapalı sistem olarak en kısa zamanda gerçekleştirilmelidir.

Yukarıdaki proje gerçekleşinceye kadar sulama mevsiminde (Temmuz - Ağustos - Eylül) tüm artıkların Büyük Menderes Nehri'ne karışması kontrollü ve mücadele edilebilir miktarlarda olacak şekilde yapılmalıdır.

MTA'ca kimyasal yollarla (reçine ile absorpsiyonu) bor mineralinin eliminasyonu, akışkanın tekrar rezervuara basılması gibi konularda çalışmalar hızlandırılmalıdır.

Fabrika ve sanayi tesislerinin çevreyi kirletici artıklarını kendi imkanları ile tasfiye etmelerinin sağlanması ve bu durum ilgili Kamu kuruluşlarınca yakından izlenip denetlenmesi sağlanmalıdır.

Büyük Menderes Nehri'nin memba ile mansab arasında belirli noktalardan periyodik olarak su örnekleri alınarak kirliliğin devamlı kontrol edilmesi sağlanmalı ve suluk tarım yapılan belirli arazilerde kirliliğin etkinliğini inceleyen araştırmalar yapılmalıdır.(20).

#### **4- HAVA KİRLİLİĞİ :**

Hava kirliliği yeni bir konu olmayıp, ateşin ilk olarak kullanıldığı taş devrinden günümüze kadar uzanan ve problem olma niteliği gün geçtikçe artan bir sorundur. Günümüzde özellikle kış aylarında büyük yerleşim merkezlerinde hayatı ciddi olarak etkilemektedir. Isınma amacı ile kömürün kullanımı, sülfürlü dumanın oluşumuna ve kirliliğe yol açmış, bu durum şehirleşmeye paralel olarak büyümüştür. Bununla beraber oluşan kirliliğin önlenmesi için gösterilen gayret ve çözüm yollarının aranması da yeni değildir. Londra'da kömürün kullanımının 13.yy.'da yasaklanması, bu konuya ilişkin çarpıcı bir örnektir.

Endüstrileşme ve teknolojik gelişmeler hava kirliliğine yeni boyutlar kazandırmıştır. Petrolün kullanıma girmesiyle, petrol sahaları, rafineriler ve sentetik kimyasal madde üretiminin temel ögesi olan petrokimya üniteleri tesis edilmeye başlanmıştır. Ayrıca zengin maden yataklarının bulunduğu alanlarda maden ocakları açılmış, maden tasfiye fırınları kurulmuştur. Bu unsurların peşi sıra taşıt araçlarının oluşturduğu kirlilik üçüncü derecede yer alır. Egzoz gazının fotokimyasal ürünleri, bilhassa durgun meteorolojik havalarda kendini iyice belli eder. Bu temel etmenlerin kirliliğe katkıları ne yazık ki göz ardı edilmiştir. Ekonomik gelişmişliğin göstergesi olarak, fabrika bacaları ile övünen insanoglu, yaşadığı çevreye verdiği zararı hiç düşünmemiştir. Büyük yerleşim birimlerin her geçen gün artması, şehirleşmenin çarpık gelişimi, hava kirliliğini günden güne körüklemiştir.

Hava kirliliğine CO %52, SO<sub>2</sub> %18, hidrokarbonlar %12, partiküler maddeler %10, NO<sub>2</sub> %6 oranlarında katkıda bulunurlar. Bu kirleticilerin %90'ını oluşturan beş büyük kaynağın ise %60'ını taşımacılık, %18'ini endüstriyel kökenli faaliyetler, %16'sını ısıtma merkezleri, %13'ünü termik santraller ve %3'ünü artık çöpler oluşturur.

Hava kirliliği zaman zaman belirli seviyelere yükselir. Bu seviyelerde insan sağlığı ve yaşam için tamamen zararlı bir hal alır. 1930'da Belçika'da, 1948'de Pensilvanya'da, 1952'de ise İngiltere'de kirlilik oranları eşik değerin üzerine çıkmış ve Belçika'da 65, Pensilvanya'da 20, İngiltere'de 4000 kişinin ölümü ile sonuçlanmıştır. Dünya'da meydana gelen birçok olayda bölge üzerindeki meteorolojik şartlar ölüm ve hastalık oranlarının artmasına neden olmuştur.

Hava kirliliğinin neden olduğu ölümler daha çok yaşlı, kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişilerde meydana gelir. Duman seviyesinin  $0.75 \text{ mg/m}^3$ 'e,  $\text{SO}_2$ 'nin  $0.25 \text{ ppm}$ 'e ulaştığı durumlarda aşırı ölümlerin gözlemlendiği belirtilmektedir.(22).

Hava kirliliği ölçümlerinde ve raporlarında kullanılan tanımlar;

Uzun Vadeli Sınır Değerleri (UVS): Aşılmaması gereken, bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasıdır.

Kısa Vadeli Sınır Değerleri (KVS): Maksimum günlük ortalama değer veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerdir. Çöken tozlar için farklı olarak aşılması gereken maksimum aylık ortalama değerdir.

UVS ve KVS değerleri için öngörülen süreler genellikle 1 yıllık periyotları kapsar. Çeşitli hava kirlleticileri için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli sınır değerleri *Tablo: 6*'da verilmiştir.

50 24 11  
70

**Tablo.6 : Cesitli Hava Kirleticileri İçin Uyulması Gereken Uzun Ve Kısa Vadeli Sınır Değerleri. (23).**

	<u>UVS (ug/m<sup>3</sup>)</u>	<u>KVS (ug/m<sup>3</sup>)</u>
1- Kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> ) Kükürtrtrioksit (SO <sub>3</sub> ) dahil		
a) Genel	150	400 (900)
b) Endüstri Bölgeleri	250	400 (900)
2- Karbonmonoksit (CO)	10.000	30.000
3- Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )	100	300
4- Azotmonoksit (NO)	200	600
5- Klor (Cl <sub>2</sub> )	100	300
6- Klorlu Hidrojen (HCl) ve Gaz Halde		
Organik Klorürler (Cl <sup>-</sup> )	100	300
7- Florlu Hidrojen (HF) ve Gaz Halde		
Organik Florürler (F <sup>-</sup> )	----	10 (30)
8- Ozon (O <sub>3</sub> ) Fotokimyasal Oksitleyiciler	----	---- (240)
9- Hidrokarbonlar (HC)	----	140 (280)
10- Hidrojensülfür (H <sub>2</sub> S)	----	40 (100)
11- Havada Asılı Partikül Maddeler (PM) (10 Mikron ve Daha Küçük Partiküller)		
a) Genel	150	300
b) Endüstriyel	200	400
12- PM İçinde Kurşun (Pb) ve Bileşikleri	2	----
13- PM İçinde Kadmiyum (Cd) ve Bileşikleri	0.04	----
14- Çöken Tozlar (10 Mikrondan Büyük Partiküller Dahil)		
a) Genel	350	650
b) Endüstriyel	450	800
15- Çöken Tozlarda Kurşun ve Bileşikleri	500	----
16- Çöken Tozlarda Kadmiyum ve Bileşikleri	7.5	----

NOT :Parantez içindeki rakamlar referans maksimum saatlik sınır değerleridir.

Kış Sezonu Ortalaması Sınır Değerleri : Kış aylarında, binaların ısıtılmasıyla ortaya çıkabilen hava kirlenmelerine yol açan hava kirleticileri için Ekim - Mart ayları arasında yerleşim bölgelerinde yapılan ölçümlerin ortalamaları, aşılmaması gereken kış sezonu ortalaması UVS sınır değeri ile mukayese edilir.

	<u>Kış Sezonu Ortalaması</u>
Kükürtdioksit	250 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$
Havada Asılı Partikül Madde	200 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$

<u>Hedef Sınır Değerler</u>	<u>SO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{gr}/\text{m}^3</math>)</u>	<u>PM (<math>\mu\text{gr}/\text{m}^3</math>)</u>
Yıllık Aritmetik Ortalama	60	60
Kış Sezonu (Ekim - Mart) Ortalaması	120	120
Maksimum 24 Saatlik Değer	150	150
1 Saatlik Değer	450	----

Hava kirliliğinin çok hızlı artış gösterdiği durumlarda uyarı kademeleri uygulanır. Uyarı kademeleri kükürtdioksit ve partikül maddelerden ileri gelen hava kirlenmeleri için aşağıdaki gibidir.

	<u>SO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{gr}/\text{m}^3</math>)</u>	<u>Havada Asılı Partikül Madde (<math>\mu\text{gr}/\text{m}^3</math>)</u>
1. Kademe	700	400
2. Kademe	1000	600
3. Kademe	1500	800
4. Kademe	2000	1000

NOT : Verilen Değerler 24 Saatlik Ortalamalardır.



Hava kalitesi sınır değerleri açılarak, Hava kirliliği bu kademelere ulaştığında, b6lge 6zelliklerine g6re alınacak tedbirler Valilerce tebliğ halinde yayımlanır.

Her kademe için alınacak tedbirler d6zenlenirken meteorolojik veriler g6z6n6ne alınır. Sis, inverziyon, durgun meteorolojik şartlar ve izotermal durumlarda bir sonraki kademenin tedbirleri veya ilave tedbirler uygulanabilir. Nismi nem miktarının %90'ın 6zerine çıkması halinde yukarıdaki uyarı kademelerindeki kirlilik derecelerinin %10 eksikliğinde bile ilgili kademenin tedbirleri uygulanır.(23).

#### **4.1. T6rkiye'de Hava Kirliliği Durumu :**

1980 yılından beri T6rkiye'de Hava Kirliliği 6zellikle kış sezonlarında (Ekim - Mart) bazı şehir merkezlerinde 6nemli bir problem halini almıştır.

Bu y6zden D.İ.E., Hava Kirliliğinin g6stergesi olan parametrelerin il merkezi d6zeyindeki miktarlarını değerlendirebilmek amacıyla Sağlık Bakanlığı ile işbirliği içinde bir çalışma yapmıştır.

Yapılan alışma s6resince dikkati çeken en 6nemli konunun hava kirletici parametreler olarak bilinen k6k6rtdioksit, duman, karbonmonoksit, karbondioksit ve hidrokarbonların emisyonlarının hiç 6l6lmediği; hava da k6k6rtdioksit, duman, azotoksit, kloroflorkarbon konsantrasyonları (yoğunlukları) ve asit yağışlarındaki hava kirliliği parametrelerinin yoğunluklarından sadece atmosferdeki k6k6rtdioksit ve duman parametrelerinin 1985 yılından itibaren il merkezlerinde 6l6lmeye başlandığı ve 1990 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından 65 il merkezi ve 3 ile merkezinde 6l6ld6ę6 tespit edilmiştir.

İl merkezlerinde Hava Kalitesinin Korunması Y6netmeliğine g6re K6k6rtdioksit, duman kirleticileri için tespit edilmiş kısa vadeli sınır (KVS) değerlerini açan g6nlere, sa-

Çanakkale, % 116 ile Malatya ve % 79 ile Çorum, en çok azalış gösterenlerin ise; % 37 ile Kastamonu, % 31 ile Gaziantep, % 29 ile Amasya, % 28 ile Eskişehir, % 26 ile Kahramanmaraş olduğu gözlenmiştir.

1989-1990 kış sezonunda  $467 \text{ ug/m}^3$  kükürtdioksit ortalaması ve  $273 \text{ ug/m}^3$  duman ortalaması ile Diyarbakır en kirli il merkezi olarak;  $28 \text{ ug/m}^3$  kükürtdioksit ortalaması ile Adana ve  $42 \text{ ug/m}^3$  duman ortalaması ile Kırklareli kirliliğin en az olduğu il merkezi olarak tespit edilmiştir.

1980 yılına göre 1989 yılında Türkiye ve bölgelere göre hava kirliliğini etkileyen başlıca emenlerden ısınma amaçlı linyit tüketimi Türkiye'de % 59.7 oranında artış gösterirken, Marmara bölgesi % 234.3 ile en yüksek, Ege bölgesi % 0.7 ile en düşük artış göstermiştir.

1980-1989 yılları arasında Türkiye'de kişi başına düşen ısınma amaçlı tüketilen linyit miktarı 0.19 tondan 0.24 tona yükselmiştir. Marmara bölgesinde 0.18 tondan 0.46 tona yükselirken, Ege'de 0.41 tondan 0.33 tona, İç Anadolu'da ise 0.34 tondan 0.29 tona düştüğü ve Türkiye ortalamasının üstünde bir artış oranlarına sahip oldukları görülmüştür.

Ayrıca Doğu Anadolu'da 0.13 ten 0.17 ye, Karadeniz'de 0.08 den 0.10'a, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde 0.05 tondan 0.06 tona yükselmesine rağmen Türkiye ortalamasının altında bir artış oranının olduğu gözlenmiştir.(24).

**TABLO.7: 1989 - 1990 Ekim - Mart Ayları ( Kış Sezonu) SO<sub>2</sub> Ortalamaları**  
**KVS İtibariyle Kirlilik Sırasına Göre İl Ve İlçe Merkezler. (24).**

ORTALAMA DEĞERLERE GÖRE				KVS DEĞERİNİN AŞILDIĞI GÜNLERE GÖRE	
İLLER	SO <sub>2</sub> DEĞERİ	İLLER	SO <sub>2</sub> DEĞERİ	İLLER	KVS GÜNLERİ
Diyarbakır	467	Van	139	İstanbul	131
Bursa	385	Ağrı	138	Diyarbakır	89
Malatya	385	Bolu (Düzce)	119	Malatya	69
İstanbul	356	Manisa	119	Sivas	66
Kütahya	299	İzmir	115	Bursa	64
Eskişehir	297	Balıkesir	107	Kocaeli	51
Sivas	296	Muğla	106	Kütahya	48
Kocaeli	295	AFYON	105	Erzurum	45
Ankara	267	Kars	105	K.Maraş	44
K.Maraş	258	Zonguldak	101	Konya	42
Samsun	246	Amasya	96	Çanakkale	35
Erzurum	244	Kırklareli	95	Eskişehir	33
Elazığ	243	İçel	91	Kırıkkale	32
Çanakkale	230	Aydın	79	Kayseri	28
Konya	230	Bolu (Merkez)	70	Elazığ	24
Yozgat	229	Mardin	59	Yozgat	23
Uşak	199	Trabzon	50	Sakarya	22
Sakarya	193	Antalya	32	Samsun	21
Kayseri	190	Adana	28	Çorum	11
Çorum	180			Isparta	11
Isparta	179			Kastamonu	11
Gaziantep	177			Erzincan	10
Erzincan	170			Burdur	6
Tokat	165			Tekirdağ	6
Tekirdağ	163			Tokat	6
Hatay (İskenderun)	158			Edirne	3
Edirne	157			Niğde	2
Kastamonu	157			Artvin (Murgul)	1
Denizli	144			Balıkesir	1
Adıyaman	141			Manisa	1
Burdur	140			Muğla	1

**TABLO.8: 1989 - 1990 Ekim - Mart Ayları ( Kış Sezonu) Duman Ortalamaları  
Ve KVS İtibariyle Kirlilik Sırasına Göre İl Ve İlçe Merkezleri (24).**

ORTALAMA DEĞERLERE GÖRE				KVS DEĞERİNİN AŞILDIĞI GÜNLERE GÖRE	
İLLER	DUMAN DEĞERİ	İLLER	DUMAN DEĞERİ	İLLER	KVS GÜNLERİ
Diyarbakır	273	Burdur	84	Diyarbakır	91
Elazığ	223	Bolu (Düzce)	81	Elazığ	53
Erzincan	166	K.Maraş	81	İstanbul	53
Malatya	164	Konya	80	Erzurum	37
İstanbul	161	Amasya	79	Erzincan	26
Hatay (İskenderun)	158	Manisa	79	Zonguldak	24
Bursa	154	Kastamonu	76	Bursa	22
Ankara	152	Kars	73	Malatya	22
Sivas	149	Sakarya	73	Kayseri	14
Zonguldak	147	Yozgat	71	Konya	11
Erzurum	131	Edirne	70	Tokat	9
Gaziantep	126	Eskişehir	70	Hatay(İskenderun)	8
Tokat	125	Antalya	69	Kocaeli	8
Van	125	Samsun	60	Muş	7
Kocaeli	121	Adana	59	Isparta	5
Kayseri	121	Bolu(Merkez)	49	Şivas	5
Ağrı	118	Mardin	46	Adıyaman	3
AFYON	116	Çanakkale	44	Antalya	3
İzmir	116	Muğla	43	Kütahya	3
Adıyaman	113	Kırklareli	42	İçel	3
Kütahya	113			İzmir	3
Isparta	112			Balıkesir	1
Çorum	109			Denizli	1
Uşak	105			Eskişehir	1
Tekirdağ	96			Kastamonu	1
Denizli	89			K.Maraş	1
İçel	89			Manisa	1
Trabzon	87				
Balıkesir	86				
Aydın	84				

## **5- TÜRKİYE ACISINDAN JEOTERMAL ENERJİNİN DİĞER ENERJİ KAYNAKLARI İLE KARSILASTIRILMASI :**

Türkiye yönünden jeotermal enerjinin önemi büyüktür. Jeotermal enerji ülke içinde elde edildiği için enerji ithalatını azaltacağı gibi Türkiye'nin petrole olan bağımlılığını da hafifleterek sınırlı döviz imkanlarının daha başka alanlarda kullanılabilmesine yardımcı olacaktır. Jeotermal enerji, hidrolik, güneş, rüzgar gibi tükenmez enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Bundan dolayı az veya çok zaman sonra tükenmesi kesin olan petrol, doğalgaz, kömür, bitümlü şist kaynaklarına nazaran çok daha avantajlıdır.

Jeotermal enerji kaynakları yurt yüzeyinde genel enerji ihtiyacına uygun bir şekilde yayılmıştır. Orta ve Doğu Anadolu'da ısıtma amacına uygun düşük entalpili kaynaklar yer alırken, elektrik enerjisi ihtiyacı yüksek Batı ve Kuzeybatı Anadolu'da elektrik üretimine uygun yüksek entalpili kaynaklar bulunmaktadır.

İlk yatırım masraflarından sonraki işletme masraflarının çok düşük olması sebebiyle jeotermal kaynaklardan elde edilen enerjinin maliyeti, diğer kaynaklardan üretilen enerjinin maliyetine göre % 50-80 oranında daha ucuz olmaktadır. TEK'in 1983'te yayınladığı verilerden, çeşitli üretim maliyetlerinin TL/KWh olarak şöyle olduğu görülmektedir: Motorin (30.80), taş kömürü (15.50), fuel-oil (12.00), linyit (6.83) ve hidrolik (0.40). Aynı birimle değerlendirildiğinde 20 MW'lık Kızıldere Jeotermal Santrali'nden üretilen elektriğin maliyeti 2.32 TL'dir. Artık suların sera vb. ısıtma tesislerinde kullanılması, CO<sub>2</sub>'ten yan ürün elde edilmesi gibi yollarla bu maliyet 0.40 TL'sına düşebilecektir. Ucuzluk faktörü, ısıtma içinde söz konusudur. Jeotermal enerjiden elde etme teknolojisi dışında, gerekli diğer tesislerin Türkiye'de imalide mümkün bulunmaktadır.

Jeotermal kaynakların araştırılması için gerçekleştirilen sondajların daha sonra

üretim sırasında da kullanılabilmesi, bu tür tesislerin kuruluş ve üretime geçme sürecinin daha kısa ve ekonomik olmasını sağlamaktadır.

Jeotermal kaynakların önemi ve faydası yanında uygulamada dikkate alınması gereken bazı hususlar aşağıdaki şekilde belirtilebilir:

\* Jeotermal enerji kaynaklarının yeri, kaynağın değerlendirilmesi açısından çok önemlidir. Eğer kaynağın yakınında ısıtılacak yerleşim sahası yoksa bu kaynaktan ısıtma için yararlanmak mümkün olmayacağı gibi, arazi dağlık ve çoraksa sera kurulmasında mümkün olmamaktadır. Hatta elektrik sistemlerine ve tüketim malzemelerine uzak ve belli bir büyüklükte olmayan elektrik santralleri daha ekonomik olmamaktadır.

\* Yeryüzüne çıkan jeotermal akışkanda istenmeyen maddeler olduğu takdirde (bor, tuz, vb.) bu akışkan üretime elverişli olduğu halde çevre kirliliği yönünden zararlı olabilmektedir. Bu durumda, ya bu zararlı maddelerin temizlenmesi yönüne gidilmeli veya üretim, bu akışkanın çevreye zarar vermeyeceği bir seviyede tutulmalıdır.(25).

\* Fosil veya nükleer kaynaklı enerji üretimlerine kıyasla, çok daha az ve genellikle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalan bir ölçüde çevre sorunlarına sebep olduğu da göz önüne alınmalıdır.

\* Arama sondajları aynı zamanda üretim sondajı olabildiğinden uygulamaya geçiş süresi kısadır.(12).

### **5.1. Jeotermal Enerjinin Maliyeti :**

Hava kirliliğini önleyen, ekonomi ve ucuzluk getiren jeotermal merkezi ısıtma sisteminin bütün unsurlarını bir araya getirdiğimiz zaman kuyular, boru hattı, eşanjör merkezi, kontrol sistemi, şebeke sistemi dahil konut başına yatırım tutarı 1992 yılı rakamlarına göre 4 milyon TL'si civarında bulunmaktadır. Jeotermal ısınmanın ısınma maliyeti kömürle ısınmanın 1/6'ine, doğalgazın 1/10'ine mal olmaktadır. Dolayısıyla jeotermal merkezi ısınmanın yatırımında doğalgaz ile takriben aynı fakat işletmede 1/10'ine mal olduğu

göz önüne alındığında jeotermal merkezi ısıtmanın cazipliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca jeotermal ısıtma değerlendirme sistemleri kendini en geç 4 - 5 yılda geri ödeyen yatırımlar olarak görülmektedir. Jeotermal ısıtma işletmeciliğinin hiçbir problemi olmamasıda gözardı edilmeyecek bir avantajdır. (4).

Bir jeotermal ısıtma sisteminin maliyeti aşağıdaki faktörler doğrultusunda hesaplanmaktadır:

\* Sistem Dizaynı Maliyeti : Jeotermal sistemin geçeceği hattın dizaynı, hattaki basınç değişimleri, kullanılacak malzemelerin irdelenmesi, ekonomikliğinin hesaplanması, kullanılmış jeotermal akışkanın reenjekte veya bir kanal yardımıyla tasfiyesi gibi mühendislik hizmetlerinin maliyeti sözkonusudur.

\* Sondaj Maliyeti : Ülkemiz genelinde birçok verimli jeotermal sondaj kuyuları açılmıştır. Sistemin kapasitesini büyütmek veya açılmış olan kuyuda yapılacak revizyonlar, kuyunun temizlenmesi (kabuklaşmadan dolayı) gibi maliyetler söz konusudur.

\* Ana Enerji Taşıma Hattı Maliyeti : Jeotermal kaynak sahası ile ısıtılması düşünülen alandaki jeotermal eşanjör merkezi arasına dönecek boru hattının ; boru malzemesi, işçilik, montaj ve boru hattının geçeceği yol için kaba yol inşaatı masrafları (Çoğu jeotermal kaynak yakınında balneolojik amaçlı yerler bulunduğu buralara daha önceden yapılmış kara yolu bulunmaktadır.) gibi maliyetler söz konusudur.

\* İzolasyon Maliyeti : İzolasyon türü, kalınlığı, işçilik gibi maliyetler söz konusudur.

\* Mesnetler İçin Zemin Hazırlama Maliyeti : Zemin malzemesi, kalıp, işçilik, nakliye gibi masraflar söz konusudur.

\* Pompalama Gücü Maliyetleri : Tabii akım ve kot farkları gözönünde bulundurulurken boru hattı boyunca sürtünme basınç kayıpları ile her basınç düşümü değeri için uygun pompa seçimi ve pompa sisteminin maliyeti söz konusudur.

\* Otomatik Kontrol Sistemi Maliyeti : Gerekli debiyi, basınç düşümleri gibi kontrol altında olması gereken değerlerin sürekliliğini sağlamak için kurulacak otomatik

kontrol sisteminin maliyetidir.(26).

*Tablo: 9'* da jeotermal enerjiden elde edilen enerjinin Fuel-oil, taşkömürü ve linyite göre ekonomik katkısı görülmektedir. Balıkesir - Gönen'de jeotermal enerji ile yapılan ısıtmacılığın diğer fosil yakıtların birim fiyatları ile karşılaştırılması aşağıdaki gibidir:(17).

**OCAK 1992 RAKAMLARINA GÖRE TÜRKİYE'DE KONUT  
ISITMA MALİYETLERİ (4).**

ELEKTRİK BAZLI ISITMA :	500 TL/KWh ısı
FUEL-OİL BAZLI ISITMA :	230 TL/KWh ısı
KÖMÜR BAZLI ISITMA :	160 TL/KWh ısı
JEOTERMAL BAZLI ISITMA :	30 TL/KWh ısı

Jeotermal akışkanın ısıtmacılık dışında termal turizm amacıyla kullanımı gözönüne alındığında maliyeti daha da düşük olmaktadır. Gönen'de konutlardan ısıtma ve sıcaksu temini için aylık 77.000 TL'si ücret alınmaktadır.

Halen jeotermal enerjiden yararlanılarak ısıtılan İzmir - Balçova, Afyon - Ömer - Gazlıgöl, Balıkesir - Havran gibi alanlarda da benzer ekonomik durum görülmektedir. Bu nedenlerle jeotermal kaynak bulunan alanlarda yararlanma amacıyla talepler hızla artmaktadır.(17).

**5.2. Bölgesel Isıtmanın Avantajları :**

Eğer birden fazla bina, her binada ayrı ayrı kazan daireleri tesis etmek yerine, bu binaların dışında tesis edilecek bir tek kazan dairesinden ısıtılırsa, böyle bir ısıtma sistemi-



ne Bölgesel Isıtma, ortak kazan dairesine ise Bölgesel Isıtma Santrali denir.

Isıtılacak bölge, çok büyük ve yoğun bir yerleşim bölgesi olabilir. Bu taktirde bir Kent Isıtması sözkonusudur. Kent ısıtmasında, hem konut binalarına, hem de fabrikalara, gerek bina ısıtması gerekse endüstriyel üretim için gerekli ısı satışı yapılır.

Bir yerleşim bölgesinin, bir ısıtma santralından mı yoksa birkaç ısıtma santralından mı ısıtılmasının daha doğru olacağı, dikkatli ve ayrıntılı yapılacak bir fizibilite etüd sonucunda ortaya konulabilir.

Bölgesel ısıtma sistemleri; büyük bina grupları için özellikle uygulanır; örneğin: Hastaneler, kırsallar, konut siteleri, üniversite kampüsleri, endüstriyel üretim tesisleri gibi.

Konut sitelerinin bir merkezden bölgesel olarak ısıtılması ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü, konunun yalnızca teknik yönden çözümlenmiş olması yeterli olmamakta, hukuki, ticari ve idari yönlerden de eksiksiz bir çalışma yapılması gerekli olmaktadır.

Merkezi ısıtma şebekesi; yol şebekesi ve elektrik şebekesi gibi bir altyapıdır. Isıtma mühendisinin görevi vaziyet planı veya imar planı yapılırken başlamalıdır.

Bölgesel ısıtma santralının yeri tayin edilirken ısıtma şebekesinin maliyeti optimum olacak şekilde ısı santralının yeri seçilmeli ve inşaat programının yapılmasında ısı santralının da yeri dikkate alınmalıdır.

Bölgesel ısıtma sistemi projelendirilirken, ısıtıcı akışkanın cinsi (sıcak su, kızgın su veya buhar), akışkan gidiş ve dönüş sıcaklıkları yada basıncı dikkatli ve ayrıntılı yapılacak bir fizibilite etüdü ile ortaya konulmalıdır.

Bölgesel ısıtma santralleri ve ısıtma şebekeleri sayesinde her binada ayrı ayrı gereksinim olan ısıtma sistemlerine gerek kalmaz. Elde edilen hacimler başka amaçlar için kullanılabilir. Merkezi ısıtma şebekesi, hem bina ısıtması, hem de kullanma sıcak suyu üretimi için gerekli ısıyı sürekli hazır tutar. Her binaya veya sarf noktalarına verilen ısı dolaylı yöntemlerle hesaplanabileceği gibi, en doğrusu *ısı sayaçları* ile ölçülür.

Isıtma mühendisi, daha imar planına başlarken göreve başlamalı, çevre düzenlemesini yapan mimarı, imar bürosunu, idareyi, iş sahibini veya müteahhit imar firmasını yukarıdaki hususlarda uyarmalı, aydınlatmalı, ayrı ayrı ısıtma sistemleri yerine bölgesel ısıtma sistemleri kurulması için yol göstermeli ve yön vermelidir.(27).

**TABLO . 9 : JEOTERMAL ENERJİNİN DİĞER ENERJİ KAYNAKLARI İLE EKONOMİK AÇIDAN KARŞILAŞTIRILMASI.**

BÖLGELER	TERMAL POTANSİYEL (MWt)	FUEL-OİL (lt/saat)	TAŞKÖMÜRÜ (Kg/saat)	LİNYİT (Kg/saat)
EGE	788.28484	67792.496	96801.378	225922.435
MARMARA	93.650029	8053.902	11500.224	26840.098
İÇ ANADOLU	70.065226	6025.609	8604.010	20080.694
DOĞU ANADOLU	17.51661	1506.428	2151.040	5020.260
KARADENİZ	12.228771	1051.674	1501.693	3504.766
GÜNEYDOĞU ANADOLU	2.319044	199.438	284.779	664.638
AKDENİZ	1.139597	98.005	139.943	326.609
TÜRKİYE	985.204117	84727.554	120983.066	282359.500

BÖLGELER	TERMAL POTANSİYEL (MWt)	FUEL-OİL (ton/yıl)	TAŞKÖMÜRÜ (ton/yıl)	LİNYİT (ton/yıl)
EGE	788.28484	593862.267	847980.074	1979080.532
MARMARA	93.650029	70552.186	100741.958	235119.261
İÇ ANADOLU	70.065226	52784.339	75371.125	175906.877
DOĞU ANADOLU	17.51661	13196.313	18843.108	43977.481
KARADENİZ	12.228771	9212.667	13154.831	30701.748
GÜNEYDOĞU ANADOLU	2.319044	1747.075	2494.661	5822.229
AKDENİZ	1.139597	858.527	1225.896	2861.090
TÜRKİYE	985.204117	742213.374	1059811.654	2473469.219

1 MWt = 86.0 lt/saat (fuel-oil için)

1 MWt = 122.8 kg/saat (taşkömürü için)

1 MWt = 286.6 kg/saat (linyit için)

1 KW elektrik eldesi için 1620 gr linyit, 874 gr taşkömürü gereklidir.

**TABLO . 9 : JEOTERMAL ENERJİNİN DİĞER ENERJİ KAYNAKLARI İLE EKONOMİK AÇIDAN KARŞILAŞTIRILMASI.(Devamı)**

BÖLGELER	TERMAL POTANSİYEL (MWt)	FUEL-OİL TAŞKÖMÜRÜ LİNYİT (ton/4000 saat) (4600 saat kullanımına göre)		
EGE	788.28484	271169.985	387205.513	903689.741
MARMARA	93.650029	32215.610	46000.894	107360.393
İÇ ANADOLU	70.065226	24102.438	34416.039	80322.775
DOĞU ANADOLU	17.51661	6025.714	8604.159	20081.042
KARADENİZ	12.228771	4206.697	6006.772	14019.063
GÜNEYDOĞU ANADOLU	2.319044	797.751	1139.114	2658.552
AKDENİZ	1.139597	392.021	559.770	1306.434
TÜRKİYE	985.204117	338910.216	483932.262	1129438.000

BÖLGELER	TERMAL POTANSİYEL (MWt)	FUEL-OİL TAŞKÖMÜRÜ LİNYİT (Maliyet değerleri ; TL.-/4000 saat) (4000 saat kullanımına göre)		
EGE	788.28484	1.96E+11	1.16E+11	1.36E+11
MARMARA	93.650029	2.32E+10	1.38E+10	1.61E+10
İÇ ANADOLU	70.065226	1.74E+10	1.03E+10	1.20E+10
DOĞU ANADOLU	17.51661	4.34E+09	2.58E+09	3.01E+09
KARADENİZ	12.228771	3.03E+09	1.80E+09	2.10E+09
GÜNEYDOĞU ANADOLU	2.319044	5.75E+08	3.42E+08	3.99E+08
AKDENİZ	1.139597	2.83E+08	1.68E+08	1.96E+08
TÜRKİYE	985.204117	2.44E+11	1.45E+11	1.69E+11

NOT : (1989 yılı itibarı ile)

1 ton fuel-oil 721.000 TL.-

1 ton taşkömürü 300.000 TL.-

1 ton linyit 150.000 TL.-

**6- AFYON İL MERKEZİNDEKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN**  
**AZALTILMASINDA JEOTERMAL ENERJİDEN**  
**YARARLANMA İMKANLARI :**

Ülkemizde merkezi sistem ısıtıcılığına elverişli birçok jeotermal alan bulunmaktadır. Ülkemizdeki jeotermal enerji kaynaklarının büyük bir çoğunluğu hava kirliliği yüksek olan birçok yerleşim birimine yakın mesafelerde yer almaktadır. Son yıllar da hava kirliliği ile insanların rahatsız eden il merkezlerimizden biri de *Afyon İl Merkezi* dir.

**6.1. Afyon İl Merkezi İle İlgili Genel Bilgiler :**

**6.1.1. Afyon İlinin Yeri :**

Afyon ili Ege Bölgesinin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Afyon ilinin kuzeyinde Eskişehir ve Kütahya, doğusunda Konya, güneyinde Isparta ve Burdur, batısında Denizli ve Uşak bulunmaktadır. Şehir merkezinin deniz seviyesine göre yüksekliği 1021 metredir (*Bak. EK: 3.*).

**6.1.2. Afyon İlinin Nüfusu :**

Afyon ilinin şehir merkezinin nüfusu yüksek olmayan bir hızla artmaktadır. 1980 yılı ile 1992 yılları arasındaki değişimini *Tablo: 10'* da görmekteyiz.

**Tablo.10 : Afyon İlinin ve İl Merkezinin Nüfusunun 1980 - 1992 Yılları Arasındaki Değişimi. (24-29-34).**

<u>YILLAR</u>	<u>İL NÜFUSU</u>	<u>ŞEHİR MERKEZİ NÜFUSU</u>
1980	597.516	74.562
1981	607.000	76.900
1982	620.500	79.300
1983	634.300	81.800
1984	648.400	84.400
1985	666.978	87.033
1986	677.200	89.800
1987	692.300	92.600
1988	707.700	95.500
1989	723.400	98.500
1990		105.000
1992		107.689

### **6.2. Afyon İl Merkezindeki Hava Kirliliği :**

Afyon il merkezinde ısıtmacılıkta fuel-oil yakıtı kullanılmamakta yalnızca kömür - odun yakıt türleri kullanılmaktadır. Afyon Şehri'ndeki tüm resmi kuruluşlarda kalorifer ısıtma sistemi bulunmakla birlikte 1992 - 1993 kış döneminde yakıt olarak tunçbilek taş-kömürünün kullanılması öngörülmüştür.

Afyon il merkezindeki hava kirliliğinin etmenleri araştırıldığında ;

\* Şehir merkezinde oturmaya yönelik kaloriferli konut sayısının yaklaşık 6500 hane olduğu ve bunun tüm konutlara oranının yaklaşık % 25'i oluşu,

\* Kullanılan yakıtın (seyitömer taşkömürü) düşük enerjili ve kükürtlü oluşu tam yanmanın sağlanamaması,

\* Çimento fabrikasının şehir merkezinde oluşu,

\* Hava sirkülasyonunun (rüzgarlı gün sayısının) çok az oluşu gibi etmenlerle karşılaşmıştır. (28-29).

Afyon'daki hava kirlilik oranları günlük olarak ölçülmektedir. 1989 - 1990 ile 1991 - 1992 yılları arasında kalan son üç ısıtma sezonundaki hava kirlilik değerleri *Tablo: 11*'de verilmektedir. Bu tabloyu incelediğimiz zaman SO<sub>2</sub> için KVS değerinin aşıldığı toplam gün sayısını 11 (bu değerlerin tamamı Aralık 1991 ile Mart 1992 ayları arasında yani son ısıtma sezonunda), UVS değerinin aşıldığı toplam gün sayısını 102 (72 günü son ısıtma sezonuna aittir.) olduğunu görürüz. Duman için KVS değerinin aşıldığı toplam gün sayısını 5 (bu değerlerin tamamı Aralık 1991 ile Mart 1992 ayları arasında yani son ısıtma sezonunda), UVS değerinin aşıldığı toplam gün sayısını 87 (51 günü son ısıtma sezonuna aittir.) olduğunu görürüz. En yüksek hava kirlilik değeri SO<sub>2</sub> için 6 Ocak 1992 günü 1136 ug/m<sup>3</sup> olarak ve yine aynı gün duman için 455 ug/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. (30).

### **6.3. Afyon İlindeki Jeotermal Kaynaklar :**

Yurdumuzda jeotermal enerji aramalarına yönelik ayrıntılı çalışma yapılan yörelerimizden birisi de Afyon jeotermal alanlarıdır.

İlk jeoloji çalışmaları 1968 yılında başlamıştır. Jeofizik - gravite ve rezistive çalışmaları ise 1969 - 1970 yıllarında gerçekleştirilmiştir.

Afyon bölgesinde yer alan jeotermal alanlar Afyon grabeni olarak adlandırılan KB - GD uzanan ana çöküntü boyunca yer almışlardır (*Bak. EK: 4.*).

Yörede belirlenen jeotermal alanlar aşağıda verilmiştir:

A - Ömer - Gecek jeotermal alanı

- B - Gazlıgöl jeotermal alanı
- C - Sandıklı - Hüdai jeotermal alanı
- D - Heybeli jeotermal alanı
- E - Araplidere jeotermal alanı
- F - Çay - Karaburun jeotermal alanı

### **6.3.1. Ömer - Gecek Jeotermal Kaynakları :**

Bu jeotermal alan Afyon ovasının batı kesiminde yer alır. İki jeotermal kaynak alanlarının birbirine uzaklıkları yaklaşık 3 km kadardır. Ömer jeotermal alanı Afyon il merkezine karayolundan 16 km uzaklıktadır. Gecek jeotermal alanı ise Afyon - İzmir tren yolu üzerinde 18. km'de yer alır. Bu jeotermal alanın deniz seviyesine göre yüksekliği 1050 metredir. Şehir merkezi ile jeotermal kaynak alanı arasında bir yükselti farkı yok gibidir. Şehir merkezinin deniz seviyesine göre yükseltisi 1021 metredir.(31).

Afyon Jeotermal Araştırma Sahasındaki (Ömer - Gecek, Gazlıgöl) sıcak sularının ısıtmacılıkta ve balneolojide kullanımına yönelik etüd, sondaj ve test çalışmaları MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1966 yılından beri sürdürülmektedir. Ancak kabuklaşma sorunu, sıcak suların ısıtmacılıkta kullanımını uzun yıllar engellemiştir.

1970 - 1971 yıllarında, iki sıcak su sondaj kuyusu açılmıştır. Derinlikleri 120 m ve 165 m olan kuyuların birincisinden (R - 240) 82<sup>o</sup> C sıcaklıklı ve 20 lt/sn debili, İkincisinden (R - 260) 92<sup>o</sup> C sıcaklıklı ve 20 lt/sn debili akışkan üretilerek Gecek kaplıcalarından sıcaksu gereksinimine çözüm getirilmiştir. Teçhiz edilemeyen R - 240 kuyusu daha sonra yıkıntı yaparak tıkanmıştır.

Sondaj kuyularının sıcak akışkan yönünden olumlu sonuç vermesi üzerine, bu enerji kaynağından yararlanılarak Afyon kentinin bir bölümünün ısıtılması amacıyla 1971



yılında geniş kapsamlı proje çalışmalarına başlanmıştır. Bu proje çalışmaları sonucunda Sandıklı'dan Afyon - Çay yörelerine kadar yaklaşık 4000 km<sup>2</sup>'lik alanın sıcaksu kaynakları ve sıcaksu sondaj kuyularının jeokimyasal analizleri de tamamlanmıştır.

1974 yılına kadar ara verilen çalışmalar, söz konusu yılın başlarında yeniden başlatılmış, biri 905 m (AF - 1), diğeri 250 m (AF - 3) derinlikli iki sıcaksu sondaj kuyusu daha açılmıştır. Bu kuyulardan 97 - 98<sup>o</sup> C sıcaklıklı ve 20 - 35 lt/sn debili akışkan elde edilmiştir.

Kuyulardan elde edilen sıcak akışkanın ısıtmacılık için uygun sıcaklıkta olması nedeni ile 1976 yılında "Afyon Şehrinin Jeotermal Enerji İle Isıtılması Önfizibilite Raporu" hazırlanmış, ancak o günün koşullarında borularda tıkanmalara neden olan kabuklaşma (CaCO<sub>3</sub> kabuklaşması) sorununa bir çözüm bulunamadığı için projeden vazgeçilmiştir. (32).

Termal su sisteminde bazı kabuklaşmalar ki bu kuyu içi, kuyu başı, taşıma hattı, depolama, pompalamalarda meydana gelmektedir. Kabuklaşmanın ağırlıklı oluşumu depolama tankına getirilmiştir.

Jeotermal akışkanların yarattığı işletme sıkıntıları olan kabuklaşma ve korozyon a) fiziksel tedbirler b) uygun malzeme seçimi gibi yollarla ekonomik boyutlarda artık çözümlenmektedir. a) ve b) ile çözülemiyenler kimyasal methodla kesinlikle çözülmektedir. Bunun Dünya'da ve Türkiye'de çok örnekleri vardır. Zaten kabuklaşma ve korozyon birer kimyasal olaylardır. (33). Kasım 1989'da işletmeye alınan bu tesiste kabuklaşmayı % 100 önleyen özel sistem (kimyasal method) uygulanmaktadır. (34).

Kabuklaşmayı önlemek amacıyla ısı eşanjörü testleri yapmayı planlayan MTA Genel Müdürlüğü 1981 yılından itibaren konu ile ilgili geniş kapsamlı bir test ve değer-

lendirme projesinin uygulamasına geçilmiştir. İlk olarak AF - 1 kuyusunda uygulanan kuyu başı eşanjör testleri sonucunda kabuklaşma önlenmiş ve kuyudan 1.071.000 Kcal/h enerji çekilebileceği anlaşılmıştır.

1982 - 1984 yılları arasında AF - 4, AF - 5, AF - 6, AF - 7 ve AF - 8 sıcaksu sondaj kuyuları açılmıştır. Derinlikleri 125.70 m - 250 m arasında değişen, 79 - 95° C sıcaklıklı ve 5 - 80 lt/sn debili akışkan üretilen bu kuyularda yapılan kuyu içi eşanjör uygulaması sonucunda iletim borularındaki kabuklaşma sorununa çözüm getirilmiş ve bunlardan 3.871.000 Kcal/h ısı çekilebileceği de anlaşılmıştır.

Kuyu içi ve kuyu başı eşanjör uygulamaları ile iletim boruları içindeki kabuklaşma önlenmiş olmakla beraber kuyu içi ve dışındaki ekipmanda beliren kabuklaşma zamanla kuyunun verimini düşürmüştür. Zaman zaman mekanik temizliği gerektiren bu olumsuzluğu önlemek amacıyla 1988 yılında inhibitör (Aktipos - 620) testlerine başlanmıştır. Sahada en yüksek kabuklaşma hızına sahip olan AF - 3 kuyusunda yapılan testlerde 14.06 gr/ton, 11.47 gr/ton, 9.06 gr/ton dozajlarında kullanılan Aktipos - 620'nin kabuklaşmayı engellediği gözlenmiş, 6.875 gr/ton dozaj noktasının ise kritik noktaya çok yakın nokta olduğu tespit edilmiştir. Böylece kuyu içi ve kuyu başı düzenlerinde beliren kabuklaşma sorunu da tamamen giderilerek balneolojik kullanım ile birlikte ısıtmacılık yönünden de sahadan daha fazla yararlanma olanağı doğmuştur.

1990 yılında MTA Genel Müdürlüğü ile Oruçoğlu Yem Sanayii Turizm ve Tic. A. Ş. (Afyon) ve Turunç A. Ş. arasında yapılan sözleşmeler gereğince, sahadan, özel sektör adına, iki sondaj kuyusu (AF - 9 ve AF - 10) daha açılmıştır. 320 metre derinlikli kuyulardan birincisinden 49.5° C sıcaklıklı ve 17 lt/sn debili, ikincisinden 96° C sıcaklıklı ve ilk verilere göre 100 lt/sn debili sıcaksu elde edilmiştir. Kuyular 18.12.1992 tarihinde açılmış tesislerin ve seraların ısıtılmacılığında ve balneolojide kullanılmaktadır.

MTA Genel Müdürlüğü'nün 1990 yılında Ömer - Gecek yöresinde yaptığı çalışmalardan biri de koruma alanları etütleri olmuştur. AF - 9 ve AF - 10 kuyularının koruma alanlarının etütlerinin yanısıra, Afyon Valiliği'ne sunulmak üzere, geniş kapsamlı "Afyon Ömer - Gecek Kaplıcaları Yöresindeki Sıcaksu Kaynaklarının Koruma Alanları Etüdü" tamamlanmıştır. Sıcaksu sondajları ve sıcaksu sondajlarının korunma alanları ve uygun korunma yöntemlerinin ortaya konulduğu bu çalışmada, ayrıca özel girişimcilerin MTA'nın izni olmadan mülklerinde sondaj kuyusu açtırarak hidrotermal sisteme müdahalesinin önlenmesinin gerekliliği üzerinde önemle durulmuştur.

Halen, Ömer - Gecek yöresindeki sıcaksu kaynaklarından bazıları (AF - 6, AF - 7, AF - 8) eşanjör ve inhibitör uygulaması vasıtasıyla yaklaşık 5000 m<sup>2</sup> seralar, motel tipi villalar, restoran ve yüzme havuzunun kabinlerinin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, bu kuyulardan balneolojik yarar da sağlanarak motel tipi villaların banyolarına, yüzme havuzuna ve Ömer kaplıca tesislerine termal su verilmektedir. Yine AF - 3, AF - 4 kuyularından da kaplıca tesislerine sıcak su sağlamak suretiyle balneolojik kullanımında faydalanılmaktadır. (32-33).

Bugün, MTA Genel Müdürlüğü, kabuklaşma problemi tamamen çözülmüş bulunan Ömer - Gecek yöresi sıcaksu kuyularının Afyon kentinin bir bölümünün ısıtılmasında kullanılması ile ilgili bir proje hazırlığı içerisinde girmiş ve "Afyon İlinin Jeotermal Enerji ile Isıtılması İçin Merkezi Isıtma Raporu" adlı çalışmayı tamamlamıştır.

Bu sahada ilk kuyu 1970 yılında (R - 240) açılmıştır. Bugüne kadar derinlikleri 120 - 905 metre arasında değişen 9 kuyuda toplam 2444 metre sondaj yapılmıştır. Bu kuyulardan sıcaklıkları 79 - 98<sup>0</sup> C arasında değişen yaklaşık toplam 313 lt/sn debide sıcak su elde edilmiştir. Bu değer kuyular açılmadan önceki kaynak debileri toplamından 6 - 7 misli daha fazladır.

Sahadan fazla miktarda akışkan çekilmesi halinde rezervuar parametrelerinin korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi amacı ile artık suların reenjeksiyonu gerekli olacaktır.(31).

### **6.3.2. Gazlıgöl Jeotermal Kaynakları :**

Afyon il merkezinin 22 km kuzeyinde, Afyon - İhsaniye karayolu üzerindedir. Kendi adını verdiği istasyonu vardır. Deniz seviyesine göre yüksekliği 1045 metredir. (35). Frigyalılardan bu yana kaplıca olarak kullanılmaktadır. Bu bölgede ikisi eskiden kalma, biri yeni yapılmış üç hamam vardır. İki eski hamamın su kaynağı hamamın içlerindedir. Bunların birinden içme olarakta kullanılmaktadır. Daha küçük olan öteki hamamda iki kaynak bulunur. Hamamların suları 46 - 47° C sıcaklıktadır. Yeni hamamın suyu ise dışarıdaki sondaj kuyusundan çıkartılarak hamama getirilmektedir. Bu kaynağın sıcaklığı 80° C'dir. Gazlıgöl kaplıcaları Fransa'nın meşhur Vişi kaplıcasının ayarında belki taşıdığı elemanlar bakımından ondanda üstün durumdadır.(36). Bu bölgede sıcaksu temini amacıyla 1974 yılında (G - 1) 138 metre derinliğinde açılan kuyudan 67° C sıcaklıklı, 6 lt/sn debili sıcak su sağlanmıştır. Sahada uygulanan inhibitör enjeksiyonu ile kuyuda kabuklaşma önlenmiştir. Yeni tesislere sıcaksu sağlanması amacıyla yeni kuyular açılması planlanmıştır.(31). 1990 yılında ise (G-2) 300 metre derinlikli sondaj kuyusundan 51° C'li ve 0.4 lt/sn debili sıcaksu üretimi sağlanmıştır.(32). Elde edilen sıcaksu sayesinde 120 odalı 300 yataklı dinlenme evleri ısıtılmakta ve bir kısmına da sıcaksu verilmektedir.

### **6.3.3. Sandıklı - Hüdayi Jeotermal Kaynakları :**

Sandıklı ilçesinin 5 km doğusunda yer alan kaplıca yöresinde 62 - 69° C sıcaklığında yaklaşık 50 lt/sn debide termal su mevcuttur. Sahada jeolojik çalışmalar yapılmıştır. Balneolojik kullanım ve konut ısıtım için çok uygun bir alandır. Sahada jeofizik etüdü takiben sondaj yapılması halinde mevcut akışkanın debi ve sıcaklığı artırılabilir (31).

lir.(31).

#### **6.3.4. Heybeli Jeotermal Kaynakları :**

Afyon - Çay karayolu üzerinde yola 3 km uzaklıkta Kızılkilise köyü yakınlarındadır. Afyon'a 30 km uzaklıktadır. Bolvadin - Çay yoluna 1 km uzaklıkta yer alır.(35-36). Bu alanda kaplıca tesislerine sıcaksu sağlamak amacı ile 250 metre derinliğinde bir kuyu açılmıştır. Bu kuyudan  $57^{\circ}$  C ve 64 lt/sn debide sıcaksu elde edilmiştir. Ancak kuyunun 20 yıllık olması, tıkanma ve korozyon nedeni ile debisi 20 lt/sn'ye düşmüştür. Tesislerde sıcaksu ihtiyacının artması nedeniyle Bolvadin Belediyesi tarafından MTA'ya yeni bir kuyu açılması talep edilmiştir.(31).

#### **6.3.5. Araplıdere Jeotermal Kaynakları :**

Afyon - Kütahya asfaltı üzerinde Afyon'a 21 km uzaklıktadır. Deniz seviyesine göre 1050 metre yükseklikte  $68^{\circ}$  C sıcaklıkta ve 10 lt/sn debide bir sıcaksu kaynağıdır. Buraya 150 - 200 metre uzaklıkta Uyuzhamamı yer alır. Uyuzhamamı'nda  $45^{\circ}$  C'de ve 1 lt/sn debide sıcaksu bulunur. Yine bu bölgede Kızık İlçesi'nde  $61.5^{\circ}$  C ve 10 lt/sn debili sıcaksu kaynağı mevcuttur.(37).

#### **6.3.6. Çay - Karaburun Jeotermal Kaynakları :**

Afyon - Konya karayolunun 30 km'sinde bulunan bu yörede  $29 - 30^{\circ}$  C sıcaklıkta kaynaklar bulunur. Bu alanda açılan 394 metre derinliğinde kuyudan  $37.5^{\circ}$  C'de 38 lt/sn debide sıcaksu elde edilmiştir.(31).

**Tablo.12 : Afyon Jeotermal Arastırma Sahasındaki Doğal Kaynakların ve Açılan Kuyuların Termal Potansiyelleri. (31-32-33-36-37).**

<b>JEOTERMAL ALAN</b>	<b>SICAKLIK (°C)</b>	<b>DEBİ (lt/sn)</b>	<b>TERMAL POTANSİYEL (MWt)</b>	<b>KULLANIM</b>
<b>ÖMER - GECEK</b>				
R - 260.	92	20	4.77204	-----
AF - 1	98	20	5.27436	-----
AF - 3	97	35	9.08362	BALNEOLOJİ
AF - 4	95	80	20.0928	BALNEOLOJİ
AF - 5	79	15	2.76276	-----
AF - 6	92	10	2.38602	BAL + ISITMA
AF - 7	93	6	1.45673	BAL + ISITMA
AF - 8	91	10	2.34416	BAL + ISITMA
AF - 9	49.5	17	1.03185	-----
<u>AF - 10</u>	<u>96</u>	<u>100</u>	<u>25.5346</u>	-----
<b>TOPLAM</b>	$T_{ort} = 92$	<b>313</b>	<b>74.73894</b>	
<b>GAZLIGÖL</b>				
G - 1	67	6	0.80371	BALNEOLOJİ
<u>G - 2</u>	<u>51</u>	<u>0.4</u>	<u>0.02679</u>	BAL + ISITMA
<b>TOPLAM</b>	$T_{ort} = 66$	<b>6.4</b>	<b>0.83050</b>	
<b>SANDIKLI</b>				
HÜDAİ	69	50	7.11620	BAL + ISITMA
<b>BOLVADİN</b>				
HEYBELİ	57	20	1.84184	BAL + ISITMA
<b>ARAPLIDERE</b>				
ARAPLIDERE	68	10	1.38138	BALNEOLOJİ
UYUZHAMAMI	45	1	0.04186	BALNEOLOJİ

JEOTERMAL ALAN	SICAKLIK (°C)	DEBİ (lt/sn)	TERMAL POTAN- SİYEL (MWt)	KULLANIM
KIZIK ILCASI	61.5	10	1.10929	BALNEOLOJİ
TOPLAM	$T_{ort} = 58.17$	21	2.53253	
ÇAY				
KARABURUN	37.5	38	0.39767	BALNEOLOJİ
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b><math>T_{ort} = 81.6</math></b>	<b>448.4</b>	<b>87.45768</b>	

#### 6.4. Afyon İl Merkezi İmar Durumu :

Afyon şehir merkezinde ortalama hane halkı büyüklüğü ortalama 3 - 4 kişi ve ortalama konut büyüklüğü 100 m<sup>2</sup>'dir. Bu rakam Türkiye standartlarına yakın bir büyüklüktür.

İl merkezi genelinde binaların % 80'i tuğla duvarlı, % 20'si yığma (kargir) dir.

Yerleşme içinde ortalama kat adeti 4 - 5'tir. Şehir merkezinde ortalama 6 kat, kenar mahallelerde 2 kattır. Şehir merkezinde verilen imar hakkı yol boyu bitişik nizam 7 kattır. Dışa doğru yol boyu ayrı 7 ve bitişik 7 kattır. Mahalle içlerinde ortalama 4 kattır.

Kentin eski tarihi dokusunda yapılar ahşap veya taş 2 kat ve tek kattır.

Yerleşim merkezinde ısıtma genelde soba ile olmakta, kentin imarlı ve düzenli konut dokusunda ise kalorifer ile yapılmaktadır.

Afyon şehir kalesini odak kabul edersek kuzey ve doğuya doğru gelişmiş ve bugünkü şeklini almıştır. Kentin ana aksları İzmir - Ankara yolu, Konya yolu bağlantısı ve merkezden geçen Milli Egemenlik Caddesi akslarıdır. Kentin kuzey ve doğusunda çi-

mento fabrikası ve diğer imalat sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Kentin imarlı dokusu, hemen Milli Egemenlik Caddesinin kuzeyinden başlayan ve İzmir - Ankara yolunun arasında kalan kısımdır. Bu kesimde yüksek katlı konut yapılaşmaları vardır.

Kentin tarihi dokusu kale civarı ve güneyleridir. Bu mahallelerde doku organik ve orjinal şekliyle durmaktadır. Afyon'un düzensiz (kaçak ve gecekondu türü) konutları ise genelde çimento fabrikasından itibaren doğu ve güneydoğu kesimleridir. Kentin imar planı ile öngörülen gelişme konut alanları kuzeybatıda Eskişehir - İhsaniye yolunun batısındaki 6000 konutluk (Uydu Kent Projesi) gelişme alanıdır. Bu kesim Ömer - Gecek'ten gelecek jeotermal boru hattının yakınında olup düşünülen jeotermal merkeze 1 - 2 km mesafededir.(34).

Şehir merkezini dört ayrı bölgeye ayırarak incelediğimizde (*Bak. EK: 5.*);

1. Bölge: Dumlupınar Mah., Cumhuriyet Mah., Marulcu Mah., Dervişpaşa Mah.'leri yer alır. Bu bölgede yaklaşık 8350 hane ve 33.400 kişi yaşamaktadır. Buradaki binaların yaklaşık %70'si kaloriferli binalardır. Yani yaklaşık 5850 hane kaloriferli binadır. Ayrıca bu bölgede Doğumevi, Devlet Hastanesi, SSK Hastanesi, Şehrin Ortaokulları ve Liseleri, Kütüphanesi yer almaktadır.

2. Bölge: Bu bölgede Karaman Mahallesi yer alır ve yaklaşık 1265 kişi yaşamaktadır. Buradaki binaların yaklaşık %50'si kaloriferli binalardır. Burada yaklaşık 150'si kaloriferli olmak üzere 320 hane bulunmaktadır. Bu bölgenin %50'sine yakın alanında resmi kuruluşlar bulunmaktadır.

3. Bölge : Güvnevler Mah., Örnekevler Mah., Kayadibi Mah., Mecidiye Mah., H. Karahisar Mah. ve Karamanoğlu Mahalleleri bulunmaktadır. Bu bölgede yaklaşık 1750 hanede 7000 kişi yaşamaktadır. Buradaki binaların % 20'si yani yaklaşık 350 hane kaloriferlidir. Bu bölgede resmi binalar ve büyük ticaret merkezleri bulunmamaktadır.

4. Bölge : Bu bölge şehrin geri kalanını kapsamaktadır ve kaloriferli bina yok de-



necek kadar azdır.

Bu durumu irdelediğimizde kaloriferli bina sayısının tüm konut sayısına göre oranı yaklaşık %25'tir diyebiliriz. Ayrıca Hüseyin Tiryakioğlu Cad.- Milli Egemenlik Cad. ve Kurtuluş Caddesi'nin kuzeyinde kalan binaların tamamına yakını kalorifere dönüşebilecek durumda imar şartlarına uygun betonarme veya yığma binalardan oluşmuştur. Eğer bu bölgenin tamamı kaloriferli ısıtma sistemine dönüştürülürse şehirdeki kaloriferli bina sayısı tüm binalara oranı % 40'ı bulacaktır. Bunun dışında 6000 konutluk Uydu Kent Projesinin (Buradaki konutların tamamı jeotermal enerji ile ısıtılması planlanmıştır) gerçekleşmesi durumunda şehirdeki hava kirlilik değeri yaklaşık % 40 düşecektir ki şehir halkı epey rahatlayacaktır.(29).

### **6.5. Afyon Şehri'nin Jeotermal Enerji ile Isıtılması Projesi :**

Afyon Şehri'nin ısıtılmasında kullanılacak kaynak Ömer - Gecek jeotermal sahasındaki kaynaktır. Buradaki kaynağın seçilme sebepleri;

\* Afyon Şehri için diğer kaynaklara göre en yakınıdır ve termal potansiyeli 74.73894 MWt'dir

\* Kaynak (rakım 1050 m.) ile Şehir merkezi (rakım 1021 m.) arasında bir yükselti bulunmamaktadır

\* Kaynak Afyon - İzmir tren yoluna ve karayoluna yaklaşık 1 km uzaklıktadır ve bu yollara karayolu ile ulaşım sağlanabilmektedir. Bu da boru hattının döşenmesinde ek bir yol problemini ve arazinin olumsuz şartlarını önceden önlemiş olur.

\* Sondaj kuyuları açılmış, bu bölgedeki potansiyelin artabileceğine dair fizibilite çalışmaları tamamlanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Sahada açılmış jeotermal sondaj kuyularından elde edilen veriler *Tablo: 12'* de verilmiştir. Sahadaki kaynağın ortalama sıcaklığı 92<sup>0</sup> C civarındadır. Sahada kuyu dibinde

106° C sıcaklığa ulaşılmıştır. Şu anda bu sahadan 74.73894 MWt enerji elde edilmektedir. Bu sahadaki mevcut kuyulardan üretilebilir toplam 313 lt/sn debili kaynak vardır. Fakat kuyu içi pompaları ve ilave kuyular ile debinin 3 - 5 misli olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda toplam 940 lt/sn debi elde edilir ki (ortalama sıcaklığın değişmediği kabul edilirse) o zaman sahadan toplam 224.286 MWt enerji elde edilir.

Ömer - Gecek alanından şehir merkezine döşenecek boru hattı için üç alternatif vardır. Bunlardan birincisi 15.500 km'lik karayolundan döşenebilecek hat, ikincisi 15.250 km'lik demiryolu hattı boyunca döşenebilecek hat ve 14.375 km'lik direkt (kuş uçuşu) olarak döşenebilen üçüncüsü hat.

Ömer - Gecek alanında üretilecek akışkan, kuyu içinde kimyasal inhibitörle dozajlanıp, Afyon şehrine jeotermal merkeze yaklaşık 3° C'lik bir sıcaklık kaybıyla gelecektir.

Afyon Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi yatırımında şehir içi hatlarında sıcaklık kaybı kilometrede 0.5° C olarak hesaplanmıştır. Evlere giden ısı sistemi 80 - 85/40° C olarak çalışacaktır. Ancak kullanım, çamaşır, bulaşık suyu ısıtması, apartmanlarda bulunan boylerler aracılığı ile yapılacağı için jeotermalle ısıtılmış temiz suyun, şebekeye dönüş sirkülasyon sıcaklığı 30 - 35° C'lere kadar düşecektir. Bu da jeotermal akışkandan daha fazla yararlanmayı gerektirmektedir.

Afyon şehrinin ısıtılması hesaplamalarında Afyon 3. ısı bölgesinde ve dış hava sıcaklığı -12° C ve rüzgarlı olarak kabul edilmektedir. (27). Fakat Afyon meteorolojisinin elde ettiği 1929 - 1980 yılları arasındaki verileri incelediğimiz zaman en düşük ortalama hava sıcaklığın Ocak ayında 0.2° C olduğunu, en düşük sıcaklığın 28 Ocak 1954 yılında -27° C olduğunu, en düşük sıcaklık ortalamasının -3.9° C olduğunu görmekteyiz. (38). Bir jeotermal merkezi ısıtma sisteminde, sistem dizaynını -12° C'ye göre yapmak

ve buna göre hesap etmek yerine ilave ısı enerjisi vererek veya jeotermal suyu depolayarak, jeotermal akışkanın  $-5^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar mahal ısıtmada kullanılmasını, dış hava sıcaklığını  $-5^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşüğü saatlerde ki bu takriben yılda 300 saatin altındadır, ilave ısı enerjisi verilmesi veya depolaması jeotermal enerjiden daha fazla yararlanma imkanı sağlayacaktır. Bu da takriben % 29 büyüme sağlayacaktır ve ekonomik yönü bir gerçektir. Ayrıca,  $-5^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki zamanların çoğu gece yarısından sonraya rastladığı için bu sıcaklık farkı da, fazla fark edilemeyeceği için bu uygulama dünyada tamamen oturmuş ve önemli bir avantajdır. (34). ORME JEOTERMAL A.Ş.'nin Afyon şehrinin ısıtılmasında  $-5^{\circ}\text{C}$  dış hava sıcaklığı ve  $+20^{\circ}\text{C}$  oda sıcaklığındaki jeotermal sistem için  $21.6\text{ kcal/m}^3\text{h}$  ısı değerini kullanmıştır. Ayrıca ısıtma sisteminde temiz su kullanılacağı için konut ısıtılmasının dışında yazın - kışın kullanım + yıkama sıcaksu ihtiyacının jeotermal su ile karşılanması uygun olduğunu daha önceden bahsetmiştik. Buna göre;

sıcaksu ihtiyacı ısı enerjisi değeri :

$$q_{ss} = qx(1+p)$$

Formül 1

burada;

$q_{ss}$  : Mahal + sıcaksu ısıtma için toplam ısı enerjisi ( $\text{kcal/m}^3\text{h}$ )

$q$  : Birim hacim ısı ihtiyacı ( $\text{kcal/m}^3\text{h}$ )

$p$  : Yerlere bağlı katsayı (0.12 değeri kabul edilmiştir.)

<u>P</u>	<u>YERLER</u>
0.03	Fabrikalar, atölyeler
0.12	Evler
0.26	Hastaneler, klinikler

$$q_{ss} = 21.6 \times (1 + 0.2) = 24.2 \text{ kcal/m}^3\text{h} \quad \text{bulunur.}$$

Derece - Gün metodundan yaklaşık olarak bir konutun ihtiyacı olan yıllık ısı

ihtiyacı ( $Q_t$ ):

$$Q_t = q_{ss} \times V$$

Formül 2

burada ;

$Q_L$  : Bir konutun jeotermal sistem kapasitesi

$V$  : Bir konutun hacmi ( $m^3$ )

Bir konutu  $100 m^2$  ve yüksekliğini  $2.8 m$  olarak kabul edersek hacmi  $V = 280 m^3$

ve  $Q_t = 24.2 (kcal/m^3h) \times 280(m^3) = 6776 kcal/h$

bulunur.

$$Q_a = a \times b \times c \times Q_L$$

Formül 3

burada ;

$a$  : O aya ait ısı yükü oranı

$$a = \frac{\text{iç hava sıcaklığı} - \text{aylık sıcaklık ortalaması}}{\text{iç hava sıcaklığı} - \text{dış hava sıcaklığı}}$$

Formül 4

$$a = \frac{20^\circ C - T_{ort}}{20^\circ C - (-5^\circ C)}$$

$b$  : O aya ait ısıtma yapılan gün sayısı

$c$  : Bir günde yapılan ısıtma süresi (jeotermal sistemde 24 saat/gün)

### ORTALAMA SICAKLIKLAR (33).

	<u>a</u>	<u>Q<sub>a</sub></u>
OCAK = $T_{ort} = 0.2$	0.792 30	3992744.5
ŞUBAT = $T_{ort} = 1.7$	0.732 30	3333141.5
MART = $T_{ort} = 5.0$	0.600 30	3024806.4
NİSAN = $T_{ort} = 10.3$	0.388 20	1892943.4
EKİM = $T_{ort} = 12.2$	0.312 15	1572899.3
KASIM = $T_{ort} = 7.1$	0.516 30	2517419.5
ARALIK = $T_{ort} = 2.3$	0.708 30	3569271.6

Bir konutun bir yıllık ısı ihtiyacı :

Bir konutun bir yıllık ısı ihtiyacı =  $\sum Q_a$  (ısıtma sezonu)

Bir konutun bir yıllık ısı ihtiyacı =  $19903226.2 kcal/yıl \cong 20 \times 10^6 kcal/yıl$

Yazın kullanılacak sıcaksu ihtiyacı ( $Q_b$ ):

$$Q_b = n \times m \times z \times (T_1 - T_{ort})$$

Formül 5

burada ;

$n$  : Bir konuttaki kişi sayısı

$m$  : Bir kişinin bir günde harcadığı sıcaksu miktarı

$z$  : Isıtma sezonu harici gün sayısı

$T_1$  : Kullanım suyu sıcaklığı

$T_{ort}$  : Aylık ortalama şebeke suyu sıcaklığı

Bir evde 4 kişinin yaşadığını, bir kişinin bir günde harcadığı sıcaksu miktarını 50 lt/gün ve ısıtma sezonu (Ekim - Nisan) harici gün sayısını (Mayıs - Eylül) 153 gün olarak kabul ederek

Isıtma sezonu dışındaki ayların  $T_{ort}$  sıcaklıkları (33):

$$T_{Mayıs} = 12.2^{\circ} C$$

$$T_{Haziran} = 15.4^{\circ} C$$

$$T_{Temmuz} = 18.3^{\circ} C$$

$$T_{Ağustos} = 20.2^{\circ} C$$

$$T_{Eylül} = 19.7^{\circ} C ,$$

ise tamamının :  $T_{ort} = 17.16^{\circ} C$  olarak bulunur. Buradan da;

$$Q_b = 4 \times 50 \times 153 \times (60 - 17.16) = 1310904 \text{ kcal/yaz dönemi bulunur.}$$

Bir konutun yıllık toplam ısı ihtiyacı ( $Q_{top}$ ):

$$Q_{top} = Q_a + Q_b = 20 \times 10^6 + 1.31 \times 10^6 = 21.31 \times 10^6 \text{ kcal/yıl bulunur.}$$

Ömer - Gecek jeotermal sahasının termal potansiyeli :

$$Q = (T - T_d) \times M \times C_p \times 3600$$

Formül 6

burada ;

$T$  : Jeotermal suyun kullanım sıcaklığı (  $50^{\circ}$  )

$T_d$  : Reenjeksiyon jeotermal suyun sıcaklığı (15°C)

$M$  : Jeotermal kullanım suyun debisi

$C_p$  : Jeotermal suyun özgül ısısı

$$Q = (92 - 35)313 \times 1 \times 3600 = 64227600 \text{ kcal/h} \quad \text{bulunur.}$$

Isıtılabilinecek konut sayısı :

$$\text{Isıtılabilinecek konut sayısı} = \frac{Q \times 0.96 (\text{şehir içi hat kaybı})}{q_{ss} \times V} = \frac{64.23 \times 10^6 \times 0.96}{24.2 \times 280}$$

Isıtılabilinecek konut sayısı = 9100 Konut ısıtılabilir.

Bir konut için yıllık jeotermal su miktarı =  $Q_{top} = 21.31 \times 10^6 \text{ kcal/yıl}$  idi.

$$\frac{m}{\text{yıl}} = \frac{Q_{top} \times k \times l}{(T - T_d) \times 1000}$$

burada ;

$k$  : Şehir içi hat ısı kaybı faktörü = 1.04 kabul edildi.

$l$  : Regülasyon, dengeleme kontrol, hata faktörü = 1.06 kabul edildi.

$$\frac{m}{\text{yıl}} = \frac{21.31 \times 10^6 \times 1.04 \times 1.06}{(92 - 35) \times 1000}$$

$$\frac{m}{\text{yıl}} = 412.143 \text{ ton/yıl (1 Konut için)}$$

$$= 0.013069 \text{ lt/sn}$$

10000 konut kabul edilirse  $(m/yıl) = 130.69 \text{ lt/sn}$  bulunur.

Reenjeksiyon konusunda MTA'nın görüşlerinin belirlilik kazanması nedeniyle jeotermal akışkan Ömer - Gecek jeotermal alanını besleyen rezervuara reenjekte edilecektir.

Bu jeotermal merkezi ısıtma sistemi yatırımıyla Afyon'da bacaların ve kalorifer kazanlarının yerini jeotermal merkezi ısıtma sistemi alacaktır. Dolayısıyla ısıtmadan kay-

$$412.143 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} = 1129.43 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

naklanan hava kirliliğine kesinlikle engel olunacaktır En az 67 milyar TL/yıl kömür ekonomisi sağlanacaktır. Ocak 1992 rakamlarına göre jeotermal enerji ile ısıtma maliyeti 30 TL/KWh ısı olmasına karşın, bu rakam kömürde 160 TL/KWh ısı, fuel-oil'de 230 TL/KWh ısı ve elektrikte 500TL/KWh ısı olmaktadır.(34).

Jeotermal kuyuların şehir merkezine uzaklığı 15 km civarındadır. Jeotermal kaynak sahadan düşünülen jeotermal eşanjör merkezine  $3^{\circ}\text{C}$  farkla geleceği ve şehir içinde  $\text{km}^2$ 'de  $0.5^{\circ}\text{C}$  ısı kaybı olacağı hesaplanmaktadır. Şu anda 10 adet kuyu mevcut olup ortalama sıcaklık  $92^{\circ}\text{C}$  ve toplam debi miktarı 313 lt/sn'dir. Bu sahanın termal potansiyeli 64227600 kcal/h ve yaklaşık 9100 konuta yetecek kadardır. Kullanılan jeotermal suyun ise Gecek kaplıcasının birkaç km doğusuna reenjekte edilmesi planlanmıştır. Bunun yanında bir kısmı akarçaya bir kısmının da şehir kanalizasyonuna verilmesi planlanmıştır.

**TABLO.11 : EKİM 89 - KASIM 92 Tarihleri Arasında Afyon'da Ölçülen Hava Kirlilik, UVS ve KVS Değerleri. (30).**

DEĞERLERİN ÖLÇÜLDÜĞÜ AYLAR	AYLIK ORTALAMA		MİNİMUM DEĞER (ug/m <sup>3</sup> )		MAKSİMUM DEĞER (ug/m <sup>3</sup> )		KVS VE UVS SINIRLARININ AŞILDIĞI GÜN SAYISI			
							SO <sub>2</sub>		DUMAN	
	SO <sub>2</sub>	DUMAN	SO <sub>2</sub>	DUMAN	SO <sub>2</sub>	DUMAN	KVS>400	UVS>150	KVS>300	UVS>150
EKİM 89	90	114	27 (8)	56 (1)	142 (23)	156 (23)	0	13	0	16
KASIM 89	127	136	101 (15)	112 (14)	150(23)	162 (23)	0	0	0	5
ARALIK 89	143	155	60 (27)	65 (27)	216 (15)	232 (15)	0	0	0	1
OCAK 90	127	137	71 (4)	76 (4-5)	268 (14)	296 (14)	0	10	0	10
ŞUBAT 90	83	88	40 (28)	44 (28)	121 (5)	132 (25)	0	0	0	0
MART 90	62	68	41 (21)	50 (4-27)	93 (17)	101 (10)	0	0	0	0
NİSAN 90	65	69	31 (24)	34 (24)	120 (6)	123 (6)	0	0	0	0
EKİM 90	100	110	29 (2)	31 (2)	168 (20)	183 (20)	0	2	0	4
KASIM 90	117	116	60 (30)	66 (30)	148 (3)	140 (15)	0	0	0	0
ARALIK 90	105	105	81 (10)	87 (14)	135 (30)	132 (29-30)	0	0	0	0
OCAK 91	137	126	102 (1)	110 (1)	164 (12)	142 (5)	0	5	0	0
ŞUBAT 91	121	113	105 (28)	96 (24-28)	139 (12)	130 (12)	0	0	0	0
MART 91	103	93	88 (27)	81 (27-30)	123 (3)	112 (16)	0	0	0	0
EKİM 91	64	68	38 (2)	43 (7)	131 (31)	138 (31)	0	0	0	0
KASIM 91	138	143	96 (2)	100 (16)	195 (23)	212 (23)	0	7	0	8
ARALIK 91	276	175	108 (1)	96 (1)	722 (18)	382 (17)	5	24	2	16
OCAK 92	349	202	205 (21)	98 (29)	1136 (6)	455 (6)	5	29	3	23
ŞUBAT 92	171	136	113 (23)	86 (2)	433 (9)	285 (9)	1	12	0	4
MART 92	106	95	78 (31)	66 (31)	132 (6)	121 (6)	0	0	0	0
KASIM 92	126	133	64 (2)	72 (2)	423 (17)	233 (17)	1	5	0	8

NOT : Parantez içindeki değerler verilerin ölçüldüğü günü göstermektedir.



### 7- SONUC VE ÖNERİLER :

1 - Ülkemizde ısıtmacılığa elverişli çok sayıda jeotermal kaynak vardır

2 - Akışkanın fiziksel ve kimyasal özellikleri ne olursa olsun ısıtmacılıkta faydalanmak mümkündür.

3 - Sıcaklığı 35° C ve daha üstünde bulunan jeotermal kaynakları ısıtmacılıkta kullanmak mümkündür.

4 - Jeotermal kaynağın bulunduğu yerde değerlendirilmesi ekonomikliği arttıracığından, akışkan kaynağa en yakın bölgede kullanılmalıdır.

5 - Isıtma sistemi; ısının kaynağı, ısının taşınması ve kullanılması olmak üzere üç ana grupta toplanır. Kaynağın bulunduğu her iklim bölgesinde faydalanma faktörü farklıdır. Çeşitli alternatifler göz önüne alındığında optimal çözüm için mutlaka fizibilite etüdüleri konunun uzmanları tarafından yapılmalıdır.

6 - Jeotermal kaynağın ve üretilen akışkanın fiziko-kimyasal karakterlerini belirtmek amacı ile her türlü test çalışmaları yapılmadan ekonomik anlamda yatırım yapılmamalıdır. (6).

7 - Türkiye'de enerji tüketiminin % 43'ü ısıtmacılıkta kullanılmaktadır. (39).

8 - 1980 yılı öncesi hemen hemen yok denecek ısıtmacılık günümüzde 45 MWt düzeyine ulaşmış, 4000 konut karşılığı jeotermal ısıtmacılık, 100.000 m<sup>2</sup> sera ve 40.000 ton/yıl kapasiteli CO<sub>2</sub> üretimi, kauçuk tutkal ve dokuma fabrikalarında proses ısısı, sağlık ve turistik amaçlı kullanım birçok alanda yaygınlaşmıştır. Elektrik dışı kullanımda 15.000 ton/yıl fuel-oil tasarrufu sağlanmaktadır. (17).

9 - Afyon ilimizde bulunan önemli jeotermal alanları; Ömer - Gecek, Gazlıgöl, Heybeli, Çay, Uyuzhamamı ve Sandıklı'dır. Bu alanlarda termal turizm ve ısıtmacılık birlikte entegre olarak uygulanabilir.

10 - Ömer - Gecek jeotermal alanında yüksek debide akışkan çekilmesi halinde rezervuar parametrelerinin korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla artık sula-

rin reenjeksiyonu gerekecektir.

11 - Mevcut potansiyelin kullanımı ile yıllık 10<sup>9</sup> TL.- fuel-oil tasarrufu gerçekleştirilebilecektir. Açılan kuyularla önemli ısı potansiyeli belirlenen Aydın; Germencik ve Salavatlı (Sultanhisar), Denizli il merkezi, İzmir; Dikili - Doğanbey ve Seferihisar, Kütahya; Simav, Balıkesir; Sındırgı (Hisaralan), Bursa il merkezinin bir bölümü, Çanak-kale; Tuzla, Sakarya; Akyazı, Ankara; Kızılcahamam, Niğde; Acıgöl, Sivas; Sıcakçermik, Van; Zilan gibi alanlar öncelikli olarak ısıtmacılık ve sağlıkla ilgili entegre kullanım alanları gerçekleştirilebilecek özelliktedir. Ayrıca, halen entegre kullanımı bulunan Balıkesir - Gönen, İzmir - Balçova ve Afyon - Ömer - Gecek sahalarındaki uygulamalar geliştirilebilir.

12 - Jeotermal kaynaklara yakın ve hava kirliliği yüksek yerleşim merkezleri (Afyon, Uşak, Eskişehir, Denizli, v.b.) için bölgesel jeotermalle ısıtma çalışmalarına öncelik ve destek sağlanmalıdır.

13 - Hava kirliliği yaratmadığı gibi diğer enerji kaynakları ile birlikte kullanıldığında hava kirliliğini azaltıcı etkisi vardır.

14 - Jeotermal ısıtma sistemlerinde CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> atımı çok daha düşük ve çoğu zaman sıfırdır ve dolayısıyla asit yağmurlarına sebep olmazlar yani asit yağmuru riski yoktur. Ayrıca kaynak veya sondaj kuyusunun yakınlarından veya yeraltı sularının bulunduğu bölgelere kullanılmış jeotermal akışkanı yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bunlarda atım kesinlikle sıfırdır. Böylece dünyada yakıt artıklarından doğan kirliliğin azaltılmasında önemli bir rolü vardır.

15 - Eşanjörlü reenjeksiyonlu jeotermal ısıtma sistemleri havaya, tabiata hiç birşey atmazlar, yani hiçbir artıkları yoktur. Jeotermal enerji, çevreci temiz enerji'dir. Çevreyi kirleten enerjiler yerine ikame edildiği için bacaların yerini alır.

16 - Konutlarda, merkezi ısıtma sistemli yerlerde hacimsel tasarruf sağlar.

17 - Emniyetli işletme kolaylığı vardır.

18 - Konfor ve yakıt tasarrufu sağlar.

19 - Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ve ısıtmacılıkta kullanım, diğer enerji kaynaklarına oranla % 50 - 80 daha ucuzdur. Entegre tesisler kurulması halinde ise daha

da ekonomik bir enerji kaynağı olmaktadır.(12).

20 - Jeotermal enerjinin diğer kaynaklara oranla ekonomikliliği yanında yenilenebilirliği, devreye girme çabukluğu, *yerli kaynak* olması ve kullanılması için özellikle ısıtmacılıkta, yerli teknolojinin yeterli olması gibi üstünlükleri vardır.

21 - Enerji açığı gittikçe büyüyen ve tükettiği enerjinin önemli bir bölümünü döviz ödeyerek ithal edilen petrolden ve doğalgazdan karşılayan Türkiye için jeotermal enerji kaynaklarının değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yenilenebilir olması yanısıra, diğer enerji kaynaklarına göre ucuz ve temiz olması jeotermal enerjinin kullanımını çekici kılmaktadır. Ülkemiz genelinde ısıtmada kullanılan fosil ve katı yakıtların doğurduğu kirlenme sorunu jeotermal kaynaklara yakınlığı bilinen illerimizde jeotermal enerjiyi alternatif kaynak olarak gündeme getirmektedir.

Jeotermal enerjinin avantajları sayesinde gelecek yıllarda jeotermal enerjinin kullanımı hızla artacak ve bunla ilgili değerlendirmeler, teknolojik gelişim daha hızlı olacağı için daha ekonomik, daha çarpıcı hale gelecektir.(4).

### 8- LİTERATÜRLER :

- 1 - TAN, Melih. ; "Enerji Politikasında Yeni Bir Yol." Enerji Bülteni - no : 9 , E.İ.E. Yayını. , OCAK 1992 , ANKARA.
- 2 - T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI. ; "1985 Enerji Politikaları - 4." ARALIK 1984 , ANKARA.
- 3 - MTA. ; "Geothermal Energy." MTA Genel Müdürlüğü Yayını., 1989, ANKARA.
- 4 - ORME JEOTERMAL A.Ş.. ; "Jeotermal Enerji Nedir? Dünya'da Ve Türkiye'de Jeotermal Enerji Kullanımı Özet Bilgi." ORME JEOTERMAL A.Ş. Yayını - no: 92/01 , OCAK 1992 , ANKARA.
- 5 - DOKUZ, İsmail. ; "Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi." 1989 Sana-yi Kongresi Bildirileri , MMO Yayını , no: 134/1 , 4 - 9 ARALIK 1989
- 6 - DOKUZ, İsmail - GEVREK, A. İhsan. ; "Jeotermal Enerjiye Dayalı Isıtma Teknik-leri." Türkiye 4. Enerji Kongresi - Özel Oturum Tebliğleri , 1986, İZMİR.
- 7 - KARUL, Kadir. ; "Geothermal Activity In Turkey." Geothermics - vol : 17-no: 2/3 1988.
- 8 - ŞİMŞEK, Doç. Dr. Şakir - OKANDAN, Ender. ; "Geothermal Energy Develop-ment In Turkey." Geothermal Resources Council Transactions - vol : 14 - part 1 , AUGUST 1990.
- 9 - DOKUZ, İsmail. ; "Erciş ve Simav İlçelerinde Jeotermal Merkezi Isıtma İmkanla-rı." Türkiye 5. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri -2 , 1990 , ANKARA.
- 10 - YILMAZER, Dr. Servet - GEVREK, A. İhsan. ; "Dikili (İzmir) Jeotermal Sistemi ve Yöre Sularının Isıtmada Kullanılması." Türkiye 5. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri - 2 , 22 - 26 EKİM 1990 , ANKARA.
- 11 - ŞİMŞEK, Şakir. ; "Importance of Geothermal Energy In Turkey." Proceedings of International Mediter Congress on Solar & Other New-Renewable Energy Resour-ces. , NOVEMBER 14 - 19 , 1988 , ANTALYA - TURKEY.

- 12 - ŞİMŞEK, Şakir. ; "Türkiye'de Jeotermal Enerji Aramaları ve Beklentiler." Türkiye 4. Enerji Kongresi Özel Oturum Tebliğleri - 1 , 1986 , İZMİR.
- 13 - AKKUŞ, Dr. Mehmet F. ; "Türkiye'de Jeotermal Enerji İle Konut ve Sera Isıtılmasında Yeni Gelişmeler." Türkiye Jeotermal Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri - 2. , 22 - 26 EKİM 1990 , ANKARA.
- 14 - DOKUZ, İsmail. ; "Zilandere Jeotermal Alanından Erciş İlçesinin Isıtılması Ön Değerlendirme Raporu." MTA Genel Müdürlüğü - Sondaj Dairesi Raporu. , OCAK 1990 , ANKARA.
- 15 - MERTOĞLU, Orhan. ; "Jeotermal Kaynaklarımızın Değerlendirilmesi." Anatolia.
- 16 - MERTOĞLU, Orhan. ; "Türkiye'de Jeotermal Isıtma Sistemleri Üzerine Özel Görüşmeler." ORME JEOTERMAL A.Ş. , NİSAN 1992 , ANKARA.
- 17 - ŞİMŞEK, Doç. Dr. Şakir - DEMİR, Alev. ; "Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Elektrik Dışı Kullanım Potansiyeli, Mevcut ve Muhtemel Uygulamalar." Türkiye 5. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri - 2 , 22 - 26 EKİM 1990 , ANKARA.
- 18 - BÜLBÜL, Alev. ; "Türkiye'deki Jeotermal Enerji Potansiyeli Üzerine Özel Görüşme." MTA Genel Müdürlüğü , NİSAN 1992 , ANKARA.
- 19 - BÜLBÜL, Alev. ; "Türkiye'deki Kuyu ve Termal Kaynakların Elektrik Dışı Kullanımına Yönelik Görünür Kapasiteleri." MTA Genel Müdürlüğü - Enerji Hammadde Etüd Ve Arama Dairesi Yayını. , MART 1992, ANKARA.
- 20 - ÖZKARA, M. Mükremin - ŞENER, Dr. Sabri. ; "Jeotermal Artıkların Büyük Menderes Nehri'ne Karışmasının Aşağı Büyük Menderes Havzasının Tarımsal Yapısına Etkileri." Çevre 1986 Sempozyumu. , 2 - 5 HAZİRAN 1986 , İZMİR.
- 21 - YILDIRIM, Nazım. ; "Denizli - Kızıldere ve Aydın - Germencik Jeotermal Alanlarından Çıkan Artık Suyun Büyük Menderes Nehri'ne Verilebilme Olanakları." MTA Genel Müdürlüğü - Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesi Yayını , 1985 , ANKARA.
- 22 - TRAŞ, Bünyamin. - BAŞ, A.Levent. ; "Hava Kirliliği." TÜBİTAK - Bilim Ve Teknik Dergisi - sayı : 290 , OCAK 1992 , ANKARA.

- 23 - T.C. BAŞBAKANLIK ÇEVRE GENEL MÜDÜRLÜĞÜ. ; “Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği.” 1986 , ANKARA.
- 24 - T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET İSTATİSTİK ENSTİTÜSÜ. ; “Çevre İstatistikleri - Hava Kirliliği 1980 - 1990.” OCAK 1992 , ANKARA.
- 25 - TÜRKİYE ÇEVRE SORUNLARI VAKFI. , “Türkiye’nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları - Jeotermal Enerji.” 1984 , İSTANBUL.
- 26 - ŞAMİLGİL, Dr. Erman - KURAL, Hüsnü. ; “Ankara’nın Hava Kirliliğinin Azaltılmasında Jeotermal Enerjinin Rolü.” 1984 Türkiye Jeolojisi Kurultayı Konferans Dizisi , MTA Genel Müdürlüğü , 1984 , ANKARA.
- 27 - TMMOB - MMO. ; “Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları.” MMO Yayını - no : 84 , 1989 , İSTANBUL.
- 28 - AYŞAKAR, Mustafa. ; “Hava Kirliliği ve Afyon’daki Hava Kirliliği Üzerine Özel Görüşme.” Afyon İl Sağlık Müdürlüğü - Afyon Halk Sağlığı Laboratuvarı. , 20 ARALIK 1992 , AFYON.
- 29 - GÜNGÖR, Eyüp. ; “Afyon İl Merkezinin İmar Durumu Üzerine Özel Görüşme.” Afyon Belediyesi - İmar Müdürü , 17 - 21 ARALIK 1992 , AFYON.
- 30 - AYŞAKAR, Mustafa. ; “Afyon İline Ait Hava Kalitesi Ölçüm Sonuçları Raporları (Aylık Hava Kirlilik Raporları : 1989 - 1992).” Afyon İl Sağlık Müdürlüğü - Afyon Halk Sağlığı Laboratuvarı. , 1989 - 1992 , AFYON.
- 31 - ŞİMŞEK, Doç. Dr. Şakir. ; “Afyon Belediyesi Jeotermal Alanları.” Beldemiz Dergisi - Afyon Belediyesi Yayını - sayı : 17 , 1989 , AFYON.
- 32 - MTA RAPORU. ; “Afyon Jeotermal Sahasında Yürütülen Değerlendirme Çalışmaları.” MTA Genel Müdürlüğü Yayını. , 23 KASIM 1990 , ANKARA.
- 33 - ORME JEOTERMAL A.Ş.. ; “Afyon Ömer - Gecek Jeotermal Tesisleri Jeotermal Sistem Raporu.” ORME JEOTERMAL A.Ş. Yayını - MART 1988 , ANKARA.
- 34 - ORME JEOTERMAL A.Ş.. ; “Afyon İlinin Jeotermal Enerji İle Isıtılması İçin Elektrik Üretimi, Merkezi Isıtma Teknik ve Ekonomik Fizibilite Raporu.” ORME JEOTERMAL A.Ş. Yayını , OCAK 1992 , ANKARA.

- 35- "Afyon İl Yıllığı - 1967" 1968 , İSTANBUL.
- 36 - YURT ANSİKLOPEDİSİ. ; "Afyon." Anadolu Yayıncılık - cilt : 1 , 1968 , İSTANBUL.
- 37 - AYGİN, Dr. Mehmet Sadettin. ; "Afyonkarahisar Kaplıcaları ve Maden Suları." 1979 , AFYON.
- 38 - T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ. ; "Ortalama, Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni (Günlük - Aylık) - (1929 - 1980)." 1984 , ANKARA.
- 39 - DOKUZ, İsmail. ; "Türkiye'deki Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Jeotermal Isıtma Sistemleri Üzerine Özel Görüşmeler." MTA Genel Müdürlüğü, NİSAN - EKİM 1992 , ANKARA.

**9- TESEKKÜRLER :**

Bu konunun araştırılmasında, yöntem ve temel esasların tesbitinde, çalışmalarımın her aşamasında ve karşılaştığım her türlü aksaklıkta bana yakın ilgi gösteren, değerli bilgi ve düşüncelerini esirgemeyen tez yöneticisi hocam Sayın Prof. Ümit Doğay ARINÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bunun yanında bugün meslek açısından bulunduğum seviyeye gelmemde değerli görüş ve bilgilerinden yararlandığım saygıdeğer tüm hocalarıma bu vesile ile teşekkür etmek, benim için onurlu bir görev olacaktır.

Ayrıca gerek kaynak açısından bana yardımcı olan ve gerekse bu konu hakkında görüşlerine başvurduğum Sayın İsmail DOKUZ Beye, Sayın Alev BÜLBÜL Hanıma, Sayın Orhan MERTOĞLU Beye en içten teşekkürlerimi sunarım. Döküman temini konusunda yardımlarını eksik etmeyen MTA Genel Müdürlüğü Çalışanlarına, Afyon Belediye Başkan Yardımcısı Sayın Osman KORKMAZ Beye, Afyon Belediyesi Fen İşleri Dairesi Çalışanlarına, Sayın Sema BOLKOL Hanıma, Sayın Hayriye TÜMERKAN Hanıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazımında değerli imkanlarını sunan Sayın Mehmet ULUTAŞKIN Beye ve Anadolu Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi Çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm tez çalışmalarım süresince bana gösterdikleri anlayış ve sabırlarından dolayı başta ailem olmak üzere, tüm yakınlarıma ve arkadaşlarıma sonsuz şükranlarımı sunarım.

**HABERLEŞME ADRESİ :**

Kırmızı Toprak Mah. Tandoğan Sk. No : 2/1  
26020 - ESKİŞEHİR

**SAYGILARIMLA  
HİKMET BAŞKIR  
MAKİNA MÜHENDİSİ**



### **10- ÖZGEÇMİŞ :**

17 Mart 1968 günü İsviçre'nin Baden Kasabasında doğdum. İlk 8 yıl İsviçre'de kaldıktan sonra öğrenim hayatıma başlamak üzere Türkiye - Eskişehir'e temelli geldim. İlkokul öğrenimimi 1975 - 1980 yılları arasında Eskişehir Porsuk İlkokulunda tamamladım.

Ortaokul ve lise eğitimimi, Eskişehir Cumhuriyet Lisesinde 1980 - 1986 yılları arasında tamamladım.

1986 yılında Anadolu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünde yüksek öğrenim hayatına başlayarak 1990 yılında mezun oldum.

1990 yılında Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı Isı Proses Bilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladım. Aynı zamanda Yıldız Üniversitesi Dağcılık Kulübüne katıldım. Halen yüksek lisans eğitimime devam etmekteyim.

1991 - 1992 yılları arasında Marmara Ereğlisi Sıvılaştırılmış Doğal Gaz Depolama Rafinerisi Şantiyesinde Kalite Kontrol Mühendisi olarak çalıştım.

**II- EKLER :**

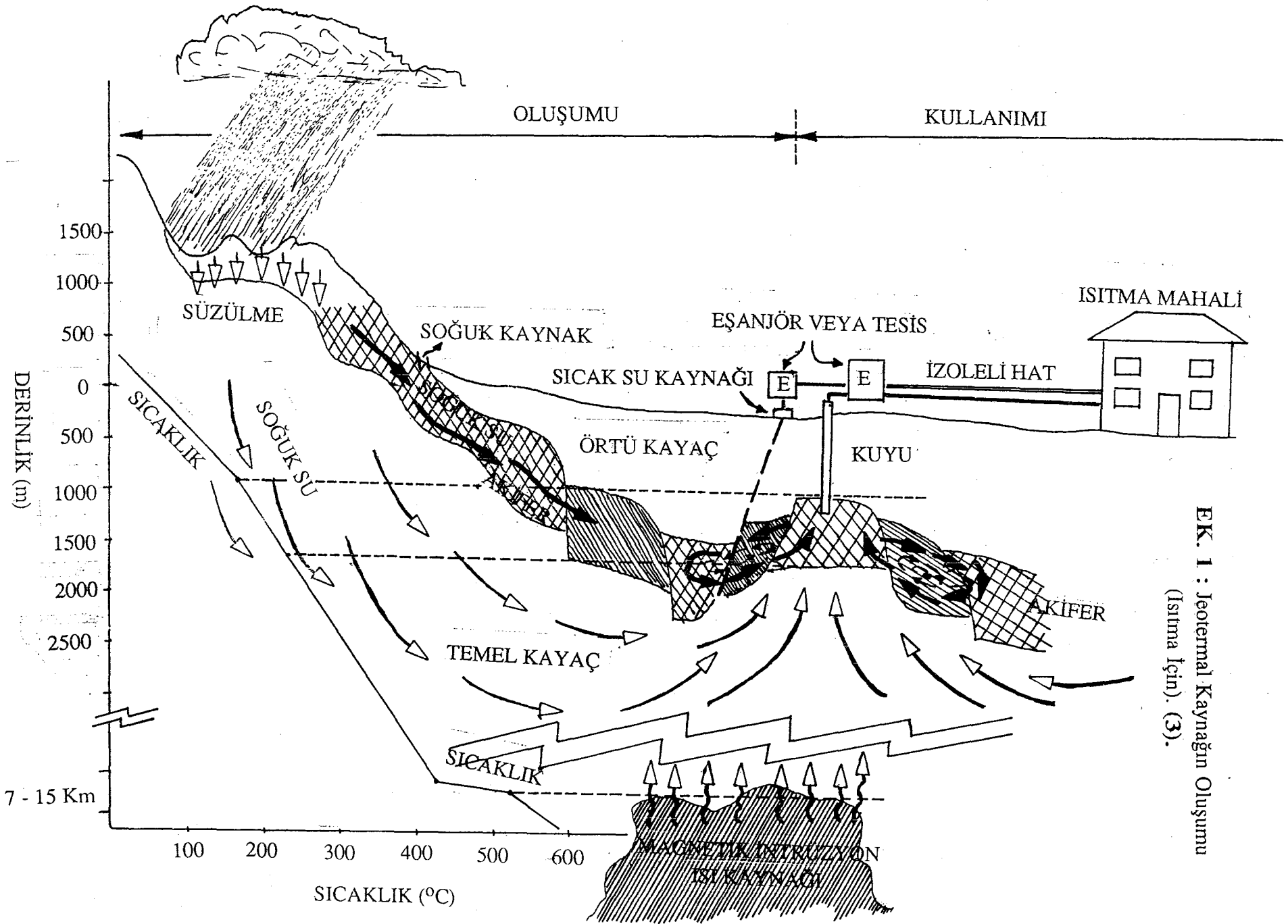
EK 1 : Jeotermal Kaynağın Oluşumu (Isıtma İçin).

EK 2 : Ülkemizde Isıtmacılığa Yönelik Jeotermal Enerji Kaynakları Ve İl Merkezlerine Göre Havadaki SO<sub>2</sub> Ve Duman Konsantrasyonlarının Haritası.

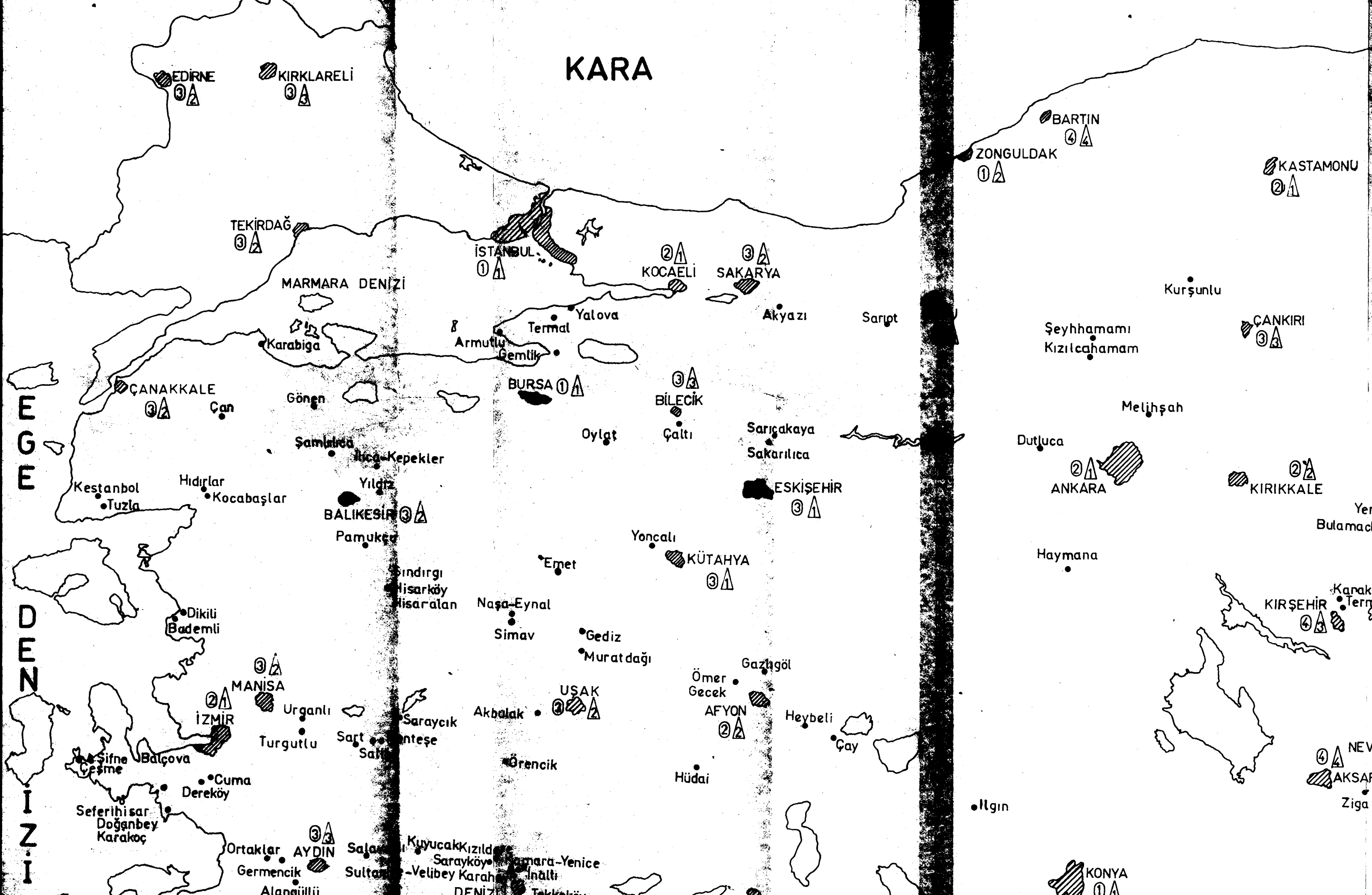
EK 3 : Afyon İl Haritası.

EK 4 : Afyon İlindeki Jeotermal Enerji Kaynakları Haritası.

EK 5 : Afyon İl Merkezi Haritası.



EK. 1 : Jeotermal Kaynağın Oluşumu  
(Isıtma İçin). (3).



KARA

MARMARA DENİZİ

EĞE DENİZİ

EDİRNE

KIRKLARELİ

BARTIN

ZONGULDAK

KASTAMONU

TEKİRDAĞ

İSTANBUL

KOCAELİ

SAKARYA

Karabiga

Armutlu

Gemlik

BURSA

BİLECİK

Sarıcakaya

Sakarılıca

ESKİŞEHİR

Şeyhhamamı

Kızılcahamam

ÇANKIRI

Melişşah

ÇANAKKALE

Çan

Gönen

Şamlıca

İlca-Kepekler

Yıldız

BALIKESİR

Pamukç

Oylat

Çaltı

Sarıcakaya

Sakarılıca

Dutluca

ANKARA

KIRIKKALE

Yerköy

Bulamaclı

Kestanbol

Tuzla

Hıdırlar

Kocabaşlar

Şamlıca

İlca-Kepekler

Yıldız

BALIKESİR

Pamukç

Yoncalı

KÜTAHYA

Emet

Sındırgı

Hisarköy

Hisaralan

Naşa-Eynal

Simav

Gediz

Murat dağı

Dikili

Bademli

MANISA

Urganlı

İZMİR

Turgutlu

Sarı

Anteşe

Akbalak

UŞAK

Ömer Gecek

AFYON

Gazlıgöl

Heybeli

Çay

Sifne

Cesme

Balçova

Cuma

Dereköy

Seferihisar

Doğanbey

Karakoç

Ortaklar

AYDIN

Germencik

Alangüllü

Sarı

Sultan

Alangüllü

Kuyucak

Kızılda

Sarayköy

Marmara-Yenice

İnaltı

Tekkeköv

Hüdai

İlgin

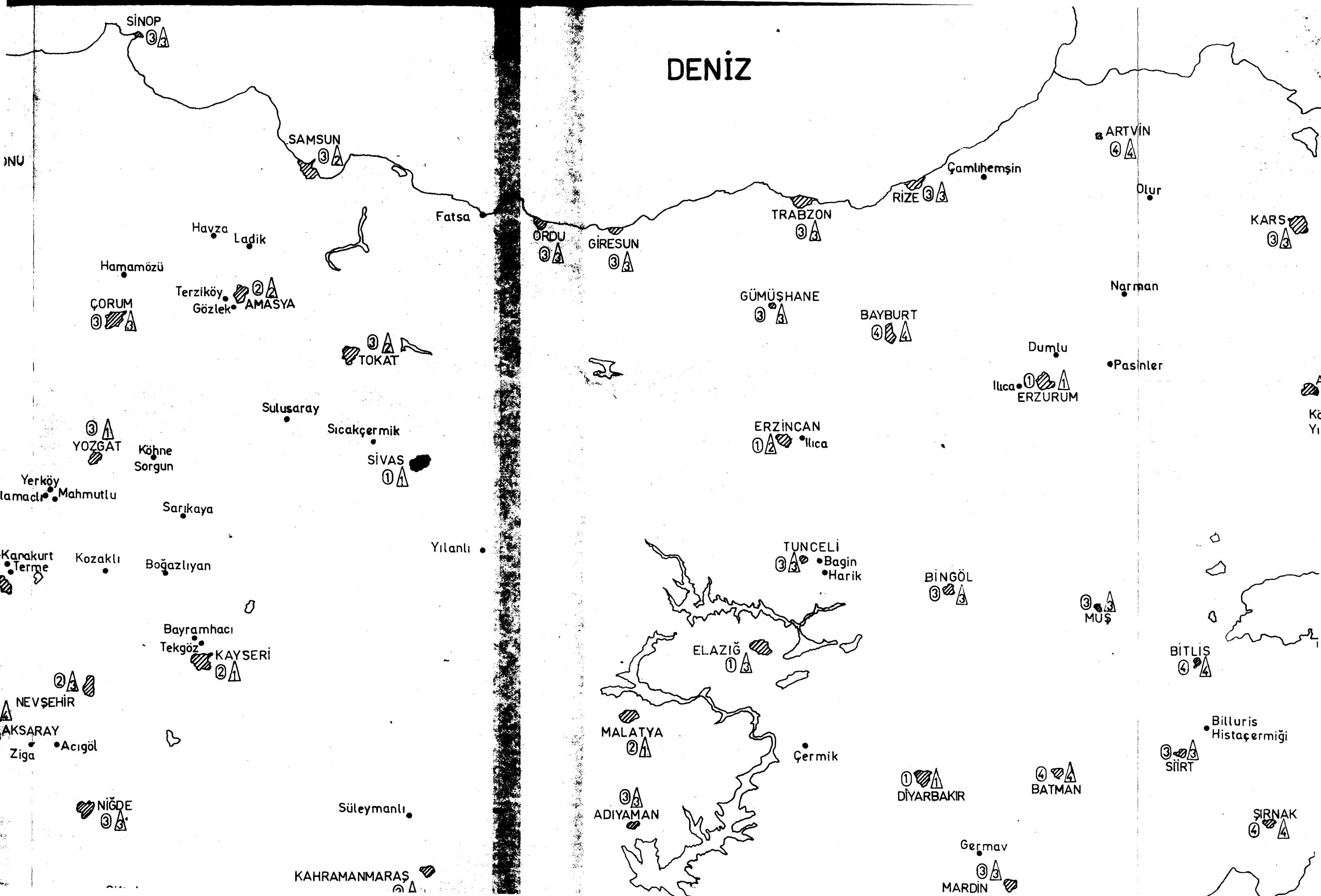
NEVŞEHİR

AKSARAY

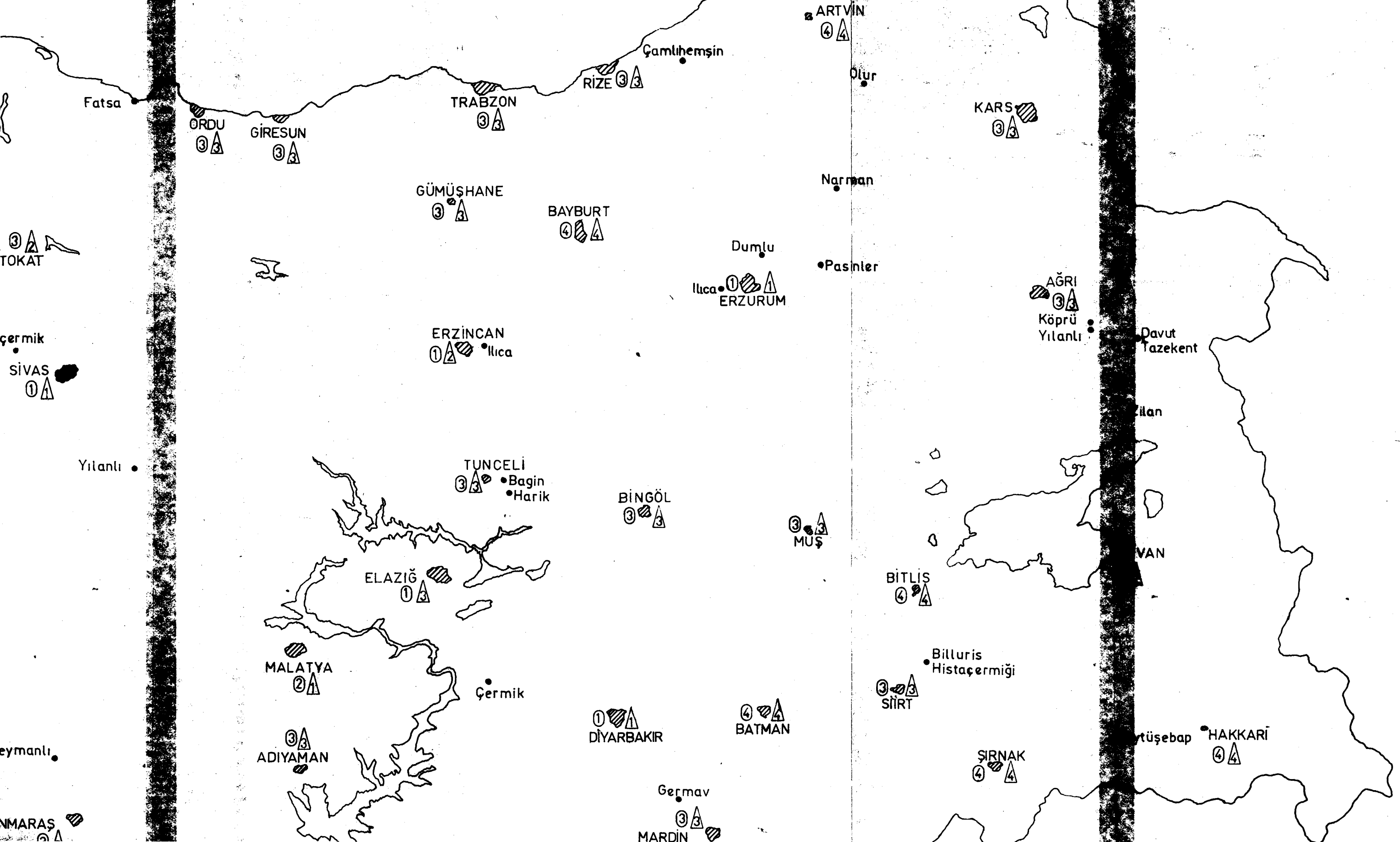
Ziga

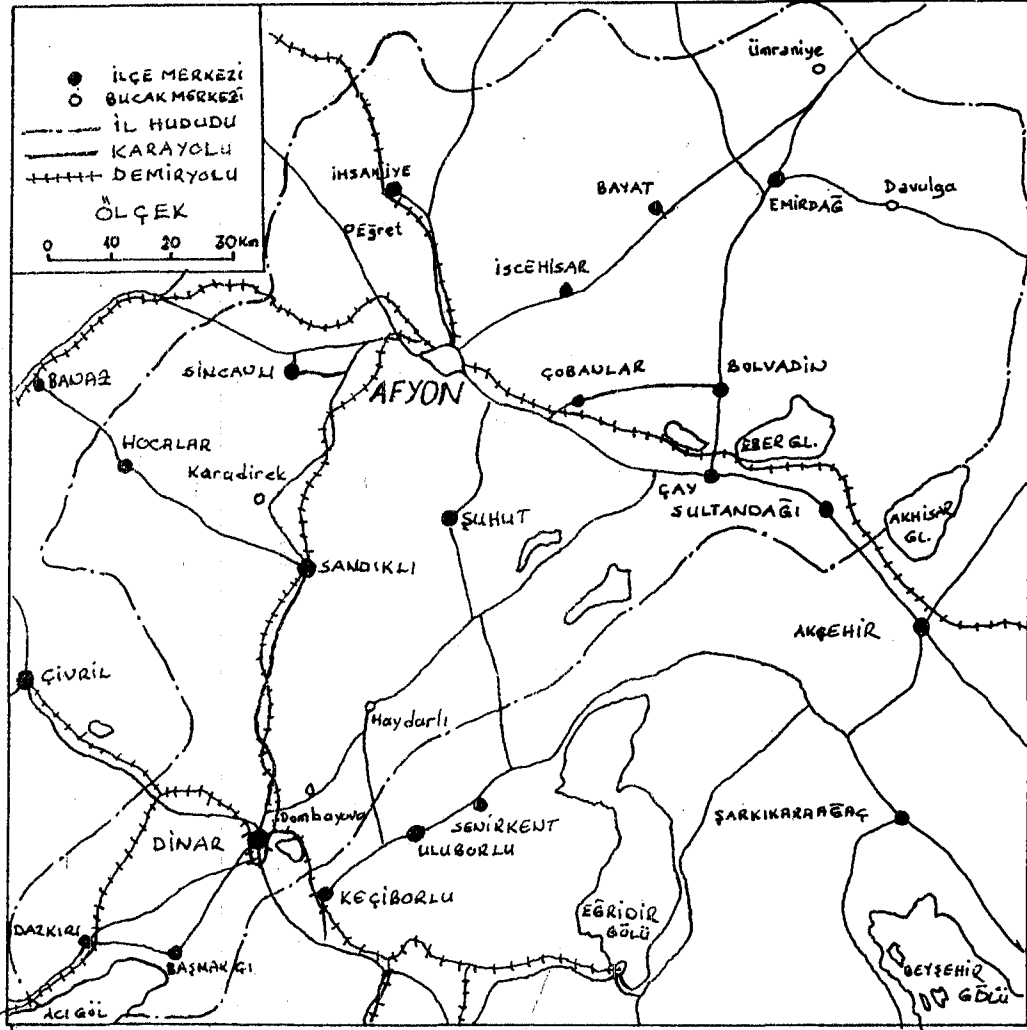
KONYA

1

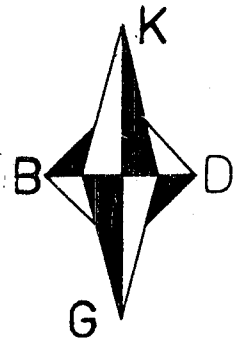


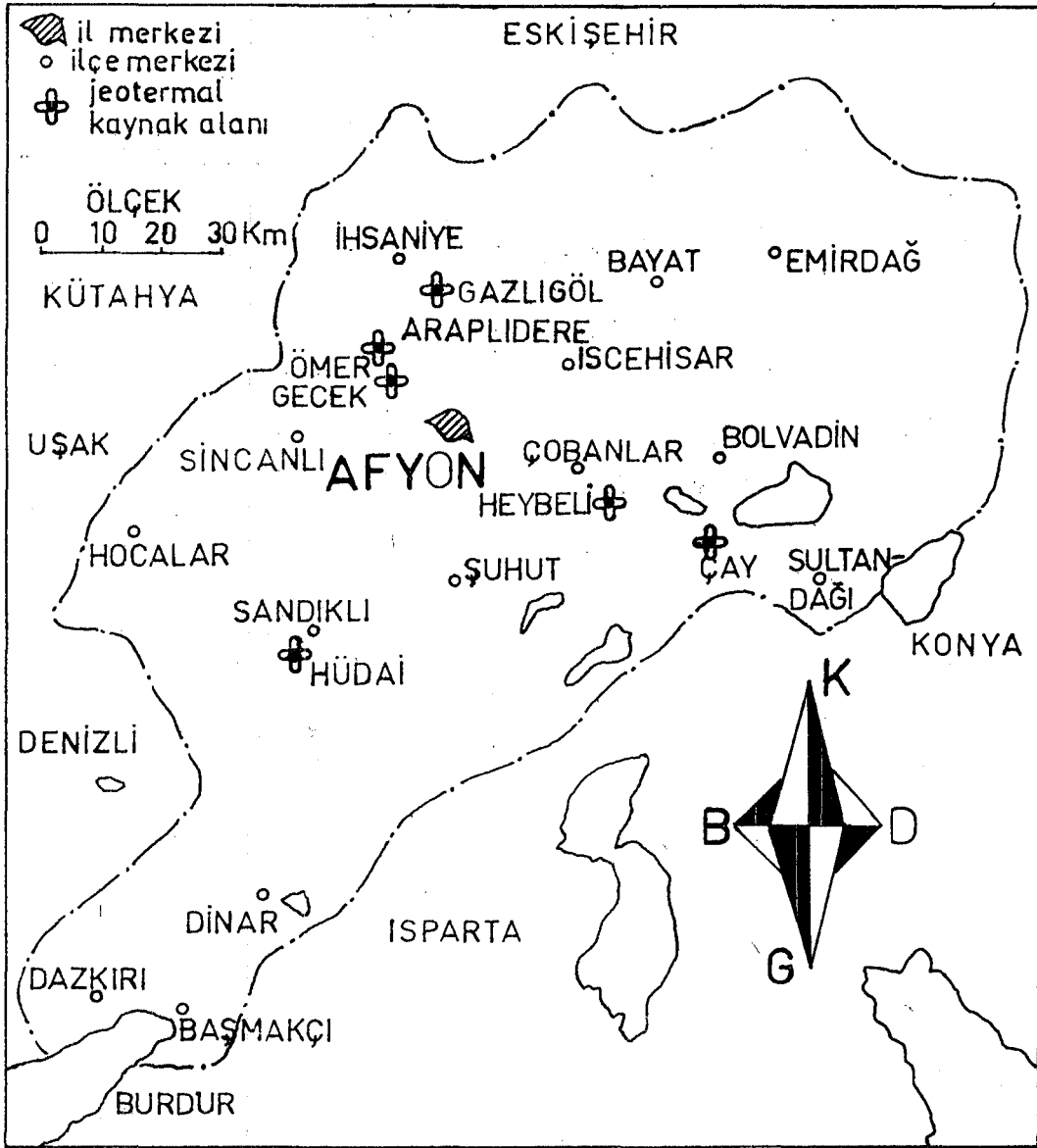
DENİZ





EK. 3 : Afyon İl Haritası. (35,36).





**EK. 4 : Afyon İlinde Bulunan Jeotermal Enerji Kaynakları Haritası. (31,32,33,34,37).**



