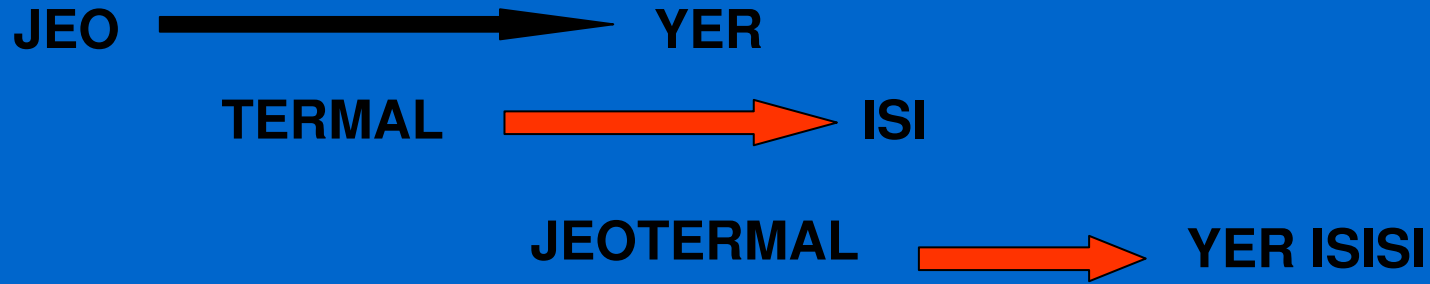


# **Jeotermal Enerji ve Türkiye**

**Doç. Dr. Mehmet ŞENER  
Niğde Üniversitesi  
Müh. Mim. Fak.  
Jeoloji Müh. Bölümü**



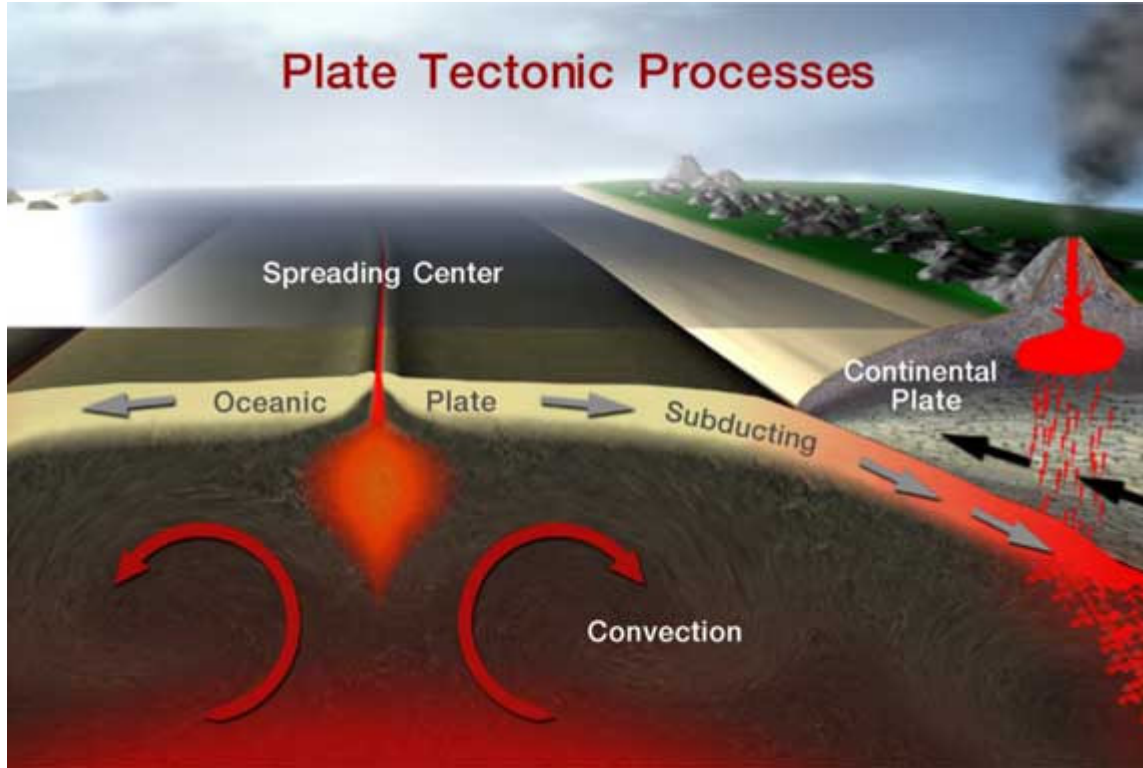


**Jeotermal: Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır.**

**Jeotermal Enerji ise; bu jeotermal kaynaklardan ve bunların oluşturduğu enerjiden doğrudan veya dolaylı yollardan faydalanmayı kapsamaktadır.**

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

Jeotermal enerji;  
Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde anomali yaratacak şekilde birikmiş ısıнын oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yer altı ve Yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir.



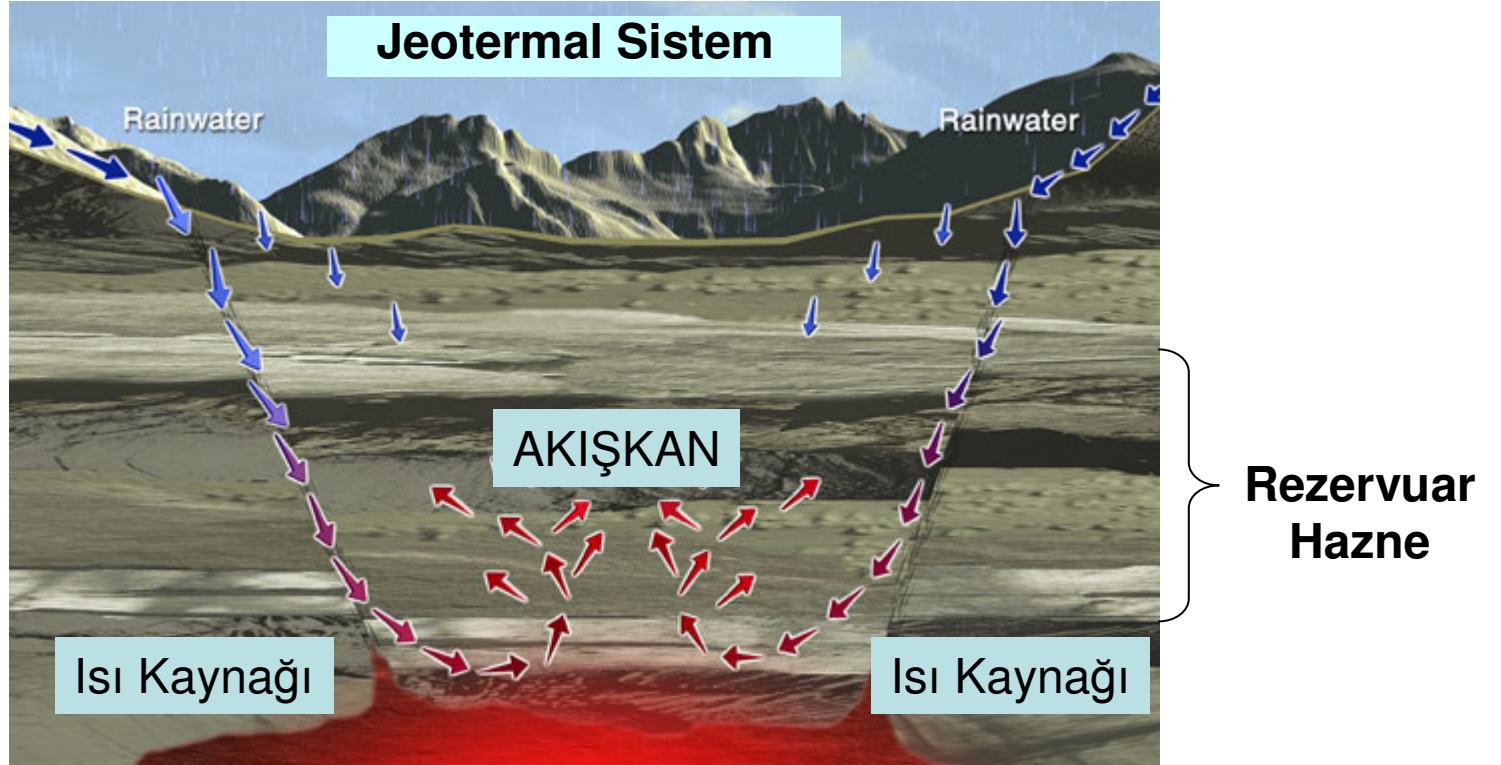
Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli olduklarından, Yeraltındaki hazneler sürekli beslenmekte ve kaynak yenilenebilmektedir.  
**Bu nedenle pratikte, beslenmenin üzerinde kullanım olmadıkça jeotermal Kaynakların tükenmesi söz konusu değildir.**

Bu tanımlamaya ek olarak, bazı alanlarda bulunan **“sıcak kuru kayalar”** Akışkan içermemesine karşın jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.

## JEOTERMAL SİSTEM

Jeotermal sistem, dört ana unsurdan oluşur:

1. Isı Kaynağı
2. Rezervuar ve/veya hazne
3. Isıyı Taşıyan Akışkan
4. Örtü kaya



**Isı Kaynağı:** Plaka hareketleri sonucu mantoda oluşan yersel veya bölgesel düzensizlikler mantoda ısı anomalileri oluşturur.

Bu anomalilerin tektonik hatlar ve/veya kuşaklar boyunca yer kabuğuna ulaştığı noktalardaki ısı anomali zonları ve/veya sıcak noktalar (hot spots) jeotermal sistemler için ısı kaynağını oluşturur.

**Isıyı Taşıyan Akışkan ve/veya Jeotermal Akışkan:** Meteorik kökenli yağmur suları yeryüzüne düştükten sonra çatlaklı zonlardan süzülerek derinlerdeki ısı anomalisi etkisi ile ısınmış kayalarındaki ısıyı süpürerek yüzeye, ekonomik anlamda erişilebilecek sığ derinliklere taşıyarak sistemin çalışan jeotermal akışkanı olur.

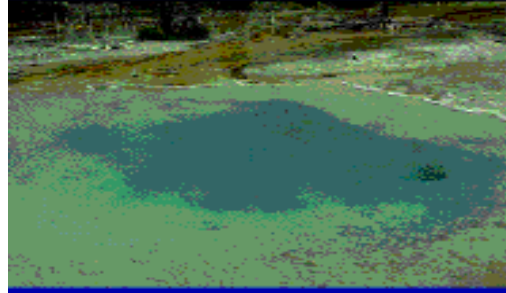
### **Jeotermal Rezervuar:**

İşletilmekte olan jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar. Jeotermal sistemler ve rezervuarlar; rezervuar sıcaklığı, akışkan entalpisi, fiziksel durumu, doğası ve jeolojik yerleşimi gibi özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Örneğin jeotermal rezervuarda 1 km derinlikteki sıcaklığa bağlı olarak sistemleri iki gruba ayırmak olasıdır.

a.) Rezervuar sıcaklığının 150 °C' dan düşük olduğu, düşük sıcaklıklı sistemler: Bu tür sistemler genelde yeryüzüne ulaşmış doğal sıcak su veya kaynar çıkışlar gösterirler.

b.) Rezervuar sıcaklığının 200 °C' dan yüksek olduğu yüksek sıcaklıklı sistemler: Bu tür sistemler ise doğal buhar çıkışları (fumeroller), kaynayan çamur göletleri ile kendini gösterir..

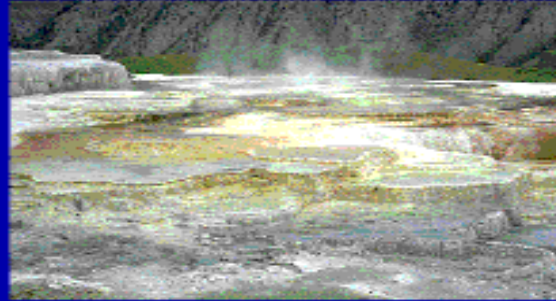




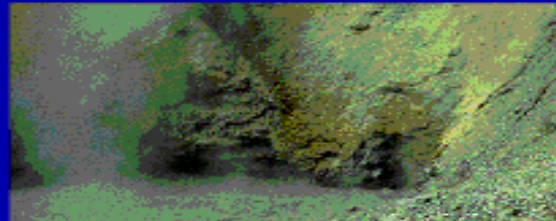
**Kaynar  
Çıkış**



**Fumerol  
(Buhar  
Çıkışı)**



**Traverten**



**Çamur Göleti**

## **REZERVUAR**

Jeotermal sistemlerin fiziksel durumlarına bağlı olarak sınıflandırılmaları durumunda, üç farklı rezervuar durumu tanımlanabilir.

### **1. Sıvının etken olduğu jeotermal rezervuarlar :**

Rezervuardaki basınç koşullarında su sıcaklığının buharlaşma sıcaklığından daha düşük olduğu rezervuarları tanımlamakta kullanılır. Rezervuar basıncını sıvı su fazı kontrol etmektedir.

### **2. İki fazlı jeotermal rezervuarlar :**

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

### **3. Buharın etken olduğu jeotermal rezervuarlar :**

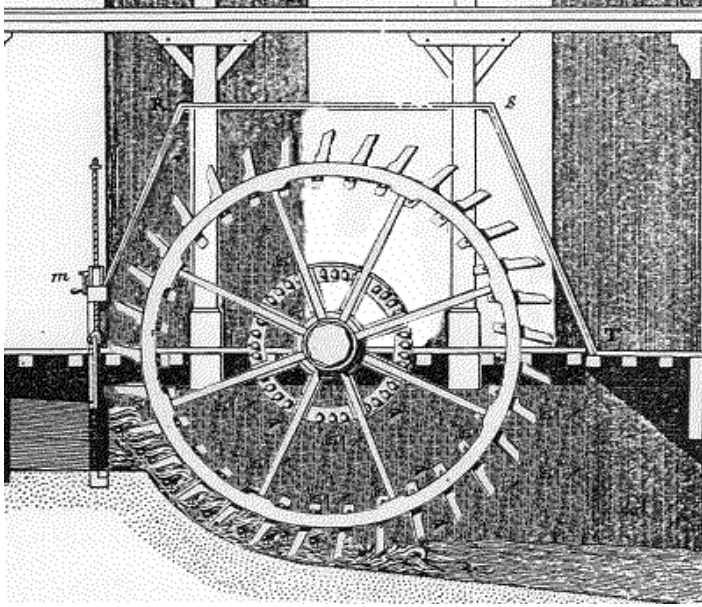
Rezervuar basıncındaki akışkan sıcaklığının suyun buhar basıncı eğrisi sıcaklığından daha yüksek olması durumunda bu tür rezervuarlar oluşurlar. Rezervuardaki basıncı su buharı fazı kontrol etmektedir.

Bir jeotermal rezervuarın fiziksel durumu ve kimyasal özellikleri zamana bağlı olarak değişiklik gösterebileceği gibi aynı rezervuar içerisinde de bir noktadan diğerine farklılıklar gösterebilir. Örneğin sıvının etken olduğu bir rezervuar, üretim sonucu oluşan basınç düşümünden dolayı, zamanla iki fazlı bir jeotermal akışkan durumuna dönüşebilir.

Jeotermal Enerji,

Ülkeler ve kökenlerine göre değişik sınıflandırmalar olmasına karşın, Sıcaklık içeriklerine göre;

1. Düşük Entalpili Sahalar (20-70 °C)
2. Orta Entalpili Sahalar (70-150 °C)
3. Yüksek Entalpili Sahalar (150 °C den yüksek) olmak üzere Kabaca üç gruba ayrılır.



(ENTALPİ: TOPLU ISI )

**Yukarıda verilen sınır değerler ülkemizle birlikte birçok ülkede de Kullanılmaktadır. Ancak jeotermal kaynak yönünden ülkemize göre daha yüksek entalpili sahalara sahip olan bazı ülkelerde bu değerler Yüksek tutulmaktadır.**

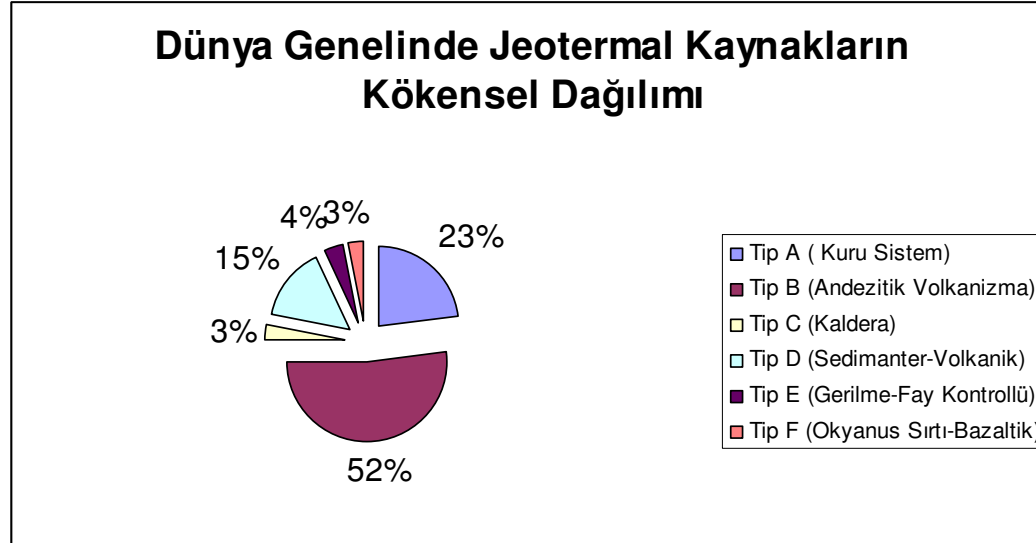


**3.1. Kökenlerine göre sınıflandırma:** Bu sınıflandırmada Tip A dan Tip F ye kadar uzanan ve aşağıda kısaca özetlenen sınıflandırılmalar kullanılmaktadır.

|       |                                                                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Tip A | Magma ısıtılmalı kuru sistem kaynaklar (Gayser)                                       |
| Tip B | Andezitik volkanizmaya bağlı kaynaklar (Filipinler, Endonezya, Orta ve Güney Amerika) |
| Tip C | Kaldera kaynakları ( Medicine gölü, Valles Kalderası, Yellowstone)                    |
| Tip D | Sedimanter ortamlarda volkanizma ile ilişkili kaynaklar (Imperial Vadisi)             |
| Tip E | Gerilme Tektoniği, Fay kontrollü kaynaklar (Great Baseni)                             |
| Tip F | Okyanus ortası sırtı, bazaltik kaynaklar (Hawai, İzlanda, Azor Adaları)               |

Bu tiplere göre dünya genelindeki jeotermal kaynak dağılım yüzdelerine bakıldığında andezitik volkanizmaya bağlı Tip B türü kaynaklar % 52 lik bir oranla birinci sırada yer almaktadırlar .

Dünya genelinde kullanılan bu sınıflandırma bazında ülkemiz kaynaklarının kökeni hakkında herhangi bir yorum getirme olanağımız günümüz koşullarında bile olanaklı değildir.



| ISI (°C) | Kullanım Alanı                                                                   | Elektrik Üretimi | Isıtma |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|
| 180      | Yüksek konsantrasyon çözeltisinin buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma | +                |        |
| 170      | Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, Diyatomit kurutulması                   | +                |        |
| 160      | Kereste, balık ve yiyeceklerin kurutulması                                       | +                |        |
| 150      | Bayer's yöntemi ile Aliminyum eldesi                                             | +                |        |
| 140      | Çiftlik ürünlerinin kurutulması (konservacilik)                                  |                  | +      |
| 130      | Şeker endüstrisinde kullanım ve tuz eldesi                                       |                  | +      |
| 120      | Temiz tuz üretimi ve tuzluluk oranının arttırılması                              |                  | +      |
| 110      | Çimento kurutulması                                                              |                  | +      |
| 100      | Organik maddelerin kurutulması                                                   |                  | +      |
| 90       | Balık kurutma                                                                    |                  | +      |
| 80       | Ev ve sera ısıtma                                                                |                  | +      |
| 70       | Soğutma (alt sıcaklık sınırı)                                                    |                  | +      |
| 60       | Kümes ve ahır ısıtma                                                             |                  | +      |
| 50       | Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar                                          |                  | +      |
| 40       | Toprak ısıtma, kent ısıtma                                                       |                  | +      |
| 30       | Yüzme havuzları, fermantasyon                                                    |                  | +      |
| 20       | Balık çiftlikleri                                                                |                  | +      |

## JEOTERMAL ENERJİ VE TÜRKİYE

Jeotermal enerjinin çok yönlü kullanım alanları göz önüne alınarak Dünya geneline bakıldığında;

Filipinler'de toplam elektrik üretiminin %27'si,

Kaliforniya Eyaleti'nde %7'si,

Papua Yeni Gine'de 56 MWe kapasiteli jeotermal elektrik üretimi yapılmakta olup,

Altın Madenciliği İşletmesinin enerji ihtiyacının %75'i jeotermalden karşılanmaktadır.

İzlanda'da toplam ısı enerjisi (şehir ısıtma) ihtiyacının %86'sı jeotermal enerjiden karşılanmaktadır.

Elektrik üretimi açısından bakıldığında Dünyada jeotermal elektrik üretiminde ilk 5 ülke sıralaması:

A.B.D.

Filipinler,

Meksika,

Endonezya ve

İtalya olarak ortaya çıkmaktadır.

Isıtmacılık açısından bakıldığında ise,

**Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke sıralaması:**

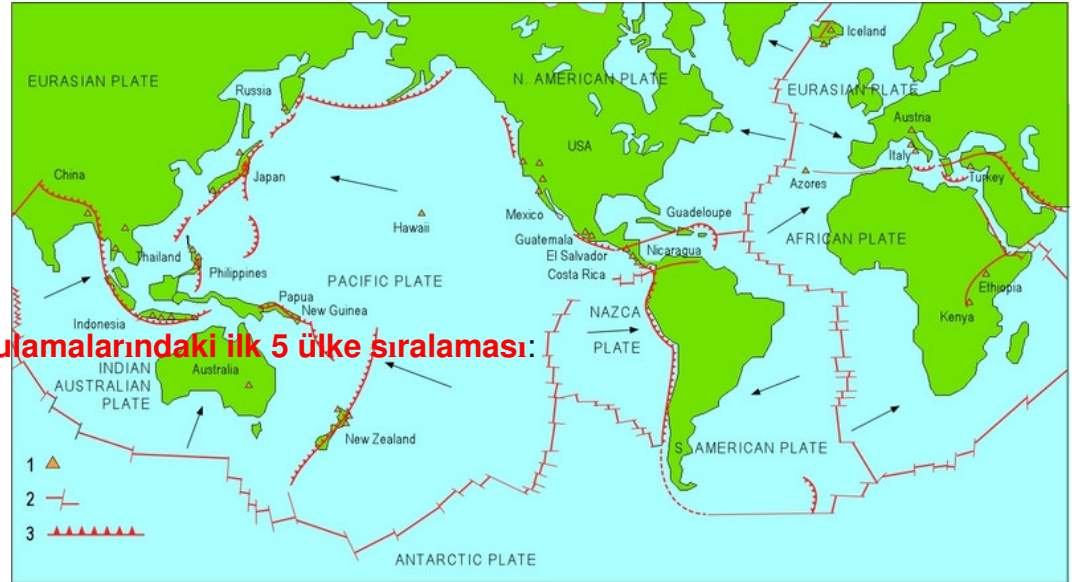
A.B.D,

İsveç,

Çin,

İzlanda ve

**TÜRKİYE** şeklinde gözlenmektedir.

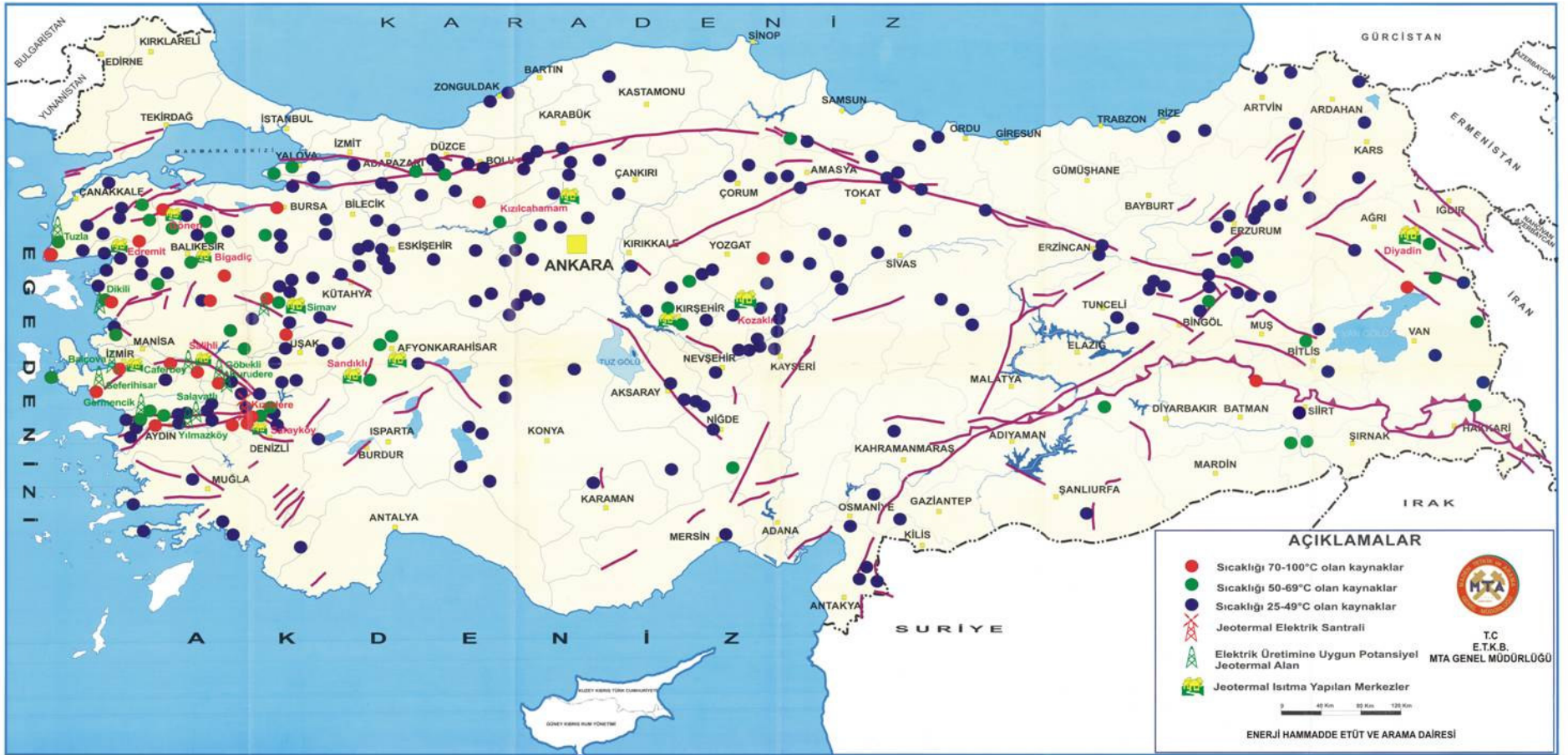


Bu veriler ışığında dünya genelinde 1995-2005 yılları arasında jeotermal enerjiden yararlanma oranları giderek artmaktadır .

|                                        | 1995     | 2005                 | % Artış  |
|----------------------------------------|----------|----------------------|----------|
| Hacim Isıtma (Konut, Termal Tesis Vb.) | 2579 MWt | 4158 MWt             | 61       |
| Sera Isıtması                          | 1085 MWt | 1348 MWt             | 24       |
| Elektrik Üretimi                       | 6798 MWt | 9732 MWt (2007 yılı) | 43       |
| Balneolojik Uygulamalar                | 1085 MWt | 4911 MWt             | Yak. 350 |



## TÜRKİYE JEOTERMAL KAYNAKLAR DAĞILIMI VE UYGULAMA HARİTASI



### **Türkiye’de elektrik üretimine uygun sahalar**

|                            |           |          |
|----------------------------|-----------|----------|
| 1. Aydın-Germencik         | (232 °C), |          |
| 2.Denizli-Kızıldere        | (242 °C), |          |
| 3.Manisa-Alaşehir-Kurudere | (184 °C)  |          |
| 4.Manisa-Salihli-Göbekli   | (182 °C)  |          |
| 5.Çanakkale-Tuzla          | (174 °C)  |          |
| 6.Aydın-Salavatlı          | (171 °C)  |          |
| 7.Kütahya-Simav            | (162 °C)  |          |
| 8.İzmir-Seferihisar        | (153 °C)  |          |
| 9.Manisa-Salihli-Caferbey  | (150 °C)  |          |
| 10.Aydın-Yılmazköy         | (142 °C)  |          |
| 11.İzmir-Balçova           | (136 °C)  |          |
| 12.İzmir-Dikili            |           | (130 °C) |

## **Türkiye’de kent ısıtmacılığına uygun kentler**

Türkiye’de jeotermal olarak merkezi ısıtma imkanı bulunan bazı yerleşim birimleri

|             |           |           |              |
|-------------|-----------|-----------|--------------|
| Afyon       | Akyazı    | Aydın     | Bademli      |
| Balçova     | Balıkesir | Balya     | Bigadiç      |
| Bolvadin    | Buldan    | Bursa     | Denizli      |
| Dikili      | Edremit   | Emet      | Erciş        |
| Erzurum     | Gediz     | Germencik | Güre         |
| Havran      | Havza     | Hisaralan | Ilgın        |
| Ilıca       | İzmir     | Karacasu  | Kızılcahamam |
| Kozaklı     | Kuzuluk   | Nazilli   | Sarayköy     |
| Pamukçu     | Pasinler  | Reşadiye  | Sakarya      |
| Salavatlı   | Salihli   | Sandıklı  | Seben        |
| Seferihisar | Sındırgı  | Sivas     | Sorgun       |
| Susurluk    | Turgutlu  | Yenice    | Yozgat       |

## SONUÇ

Yer altı kaynak potansiyeli açısından son derece zenginiz.

Yer altı kaynaklarımızın toplam değeri milyarlarca dolar eder.

Zengin madenlerin fukara bekçileri olmayalım türünden söylemlerin her zaman geçerli olduğu ülkemizde jeotermal kaynaklarımızda ülke ekonomisini bir çırpıda düze çıkaracakmış havasında değerlendiriliyor.

Mostra madenciliğinin bittiği ve/veya biteceği gibi kaynak jeotermalciliğinin bitebileceği kimsenin aklına gelmiyor.

1962 yılından bugüne kadar jeotermal kaynaklarımızın nasıl ele alındığı, neler yapıldığı ve neler yapılması gerektiği hakkında değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar son günlerde yapılanlar dışında sanki yok gibi.

Vanaları açılıp elektrik üretiminin hemen yapılıvereceği ve ülkemiz enerji açığının büyük ölçüde karşılanacağı gibi söylemlerin arkasındaki sorunlar hiç tartışılmıyor veya tartışmalar dinlenmek istenmiyor.

Yıllardır beklenen yasa sonunda çıkarıldı.

Jeolojik oluşum tiplerini bilmeden, kaynak ve faylara bağlı verilen sondaj lokasyonlarının artık tükendiği ülkemizde, jeotermal potansiyelimiz gerçekten yıllar önce üstadımız Tahir Öngür'ün kendi ifadesi ile kabaca hesaplanmış olan 31500 MWt midir. Yoksa bunun altında veya çok çok üstündedir?

Türkiye genelindeki tüm jeotermal sahalar tek modelli bir sistemde mi oluşmuştur?

Yoksa her saha kendine özgü jeolojik koşullar ve unsurlarını sahiptir?