



**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
GAMA MESLEK YÜKSEKOKULU  
ELEKTRİK VE ENERJİ BÖLÜMÜ  
ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI  
TEKNOLOJİSİ**

**ELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİ  
8. HAFTA**

# İçindekiler

## Jeotermal Enerji Santralleri

- Jeotermal Enerji
- Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Türlerine Üstünlükleri
- Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Alanları
- Jeotermal Alanların Oluşum Koşulları
- Jeotermal Alan Modelleri

# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

## JEOTERMAL ENERJİ

- Jeotermal Enerji, arz kabuğu içinde bulunan aşırı ısınmış kaya, yüksek sıcaklık ve basınçtaki su ile bunlardan türeyen buhar veya buhar ve gaz gibi tüm maddelerin oluşturduğu enerjidir.
- Bu aşırı sıcak akışkan, çevresindeki yeraltı sularına göre daha çok erimiş mineral, türlü tuz ve gazları içerir.
- Bu enerji sondajlarla yeryüzüne sıcak su, buhar + sıcak su veya kuru buhar şeklinde çıkabilir.
- Bir bölgede aşırı ısınmış kaya söz konusu ise bu kuşağa sondajlar yapılarak enjekte edilecek soğuk sudan da aşırı sıcak su veya buhar elde edilebilir.
- Elde edilen bu kuru buhar veya sıcak su + buhar karışımından elektrik üretimi, tarım, mekan ısıtmacılığı, sportif tesisler, türlü endüstri kolları vb. de yararlanır.
- Yeraltında ısıtıcının bulunduğu uygun jeolojik yapılarda yüksek basınçta ( $\leq 25$  atmosfer) ve  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  kadar yüksek sıcaklıkta, çok uygun koşullarda bu akışkana rastlanabilir.

# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

## JEOTERMAL ENERJİNİN DİĞER ENERJİ TÜRLERİNE ÜSTÜNLÜKLERİ

1. Jeotermal enerji, hidrolik, güneş, rüzgar vb. gibi tükenmez enerji kaynaklarındandır. Tükenirlikleri kesin olan kömür, petrol, doğalgaz, bitümlü şist, nükleer enerji kaynaklarına göre çok daha uzun ömürlüdür yani tükenmezdir.
2. Diğer enerji türlerine göre jeotermal enerjinin maliyeti çok daha ucuzdur.
3. Fosil ve nükleer kaynaklı enerji üretimlerine oranla yok denecek kadar az bir ölçüde çevre sorunlarına neden olmaktadır (Örneğin, kömür yataklı santrallerdeki CO2 atımı, eski tip jeotermal santrallerdekine oranla 1600 kat daha fazladır).
4. Jeotermal akışkan, tedavi amaçlı kullanıldığında içerdiği minerallerle birçok hastalık ve organ rahatsızlıklarının giderilmesinde yararlıdır.
5. Elektrik üretimi dışındaki kullanım alanlarına uygun ulusal bir teknoloji geliştirilebilir. Ülkemizin yerli enerji kaynağı olan jeotermal enerji, ithal edilen petrole olan bağımlılığı azaltacaktır.
6. İlk saha araştırması, sondajlar, üretime geçiş ve tesislerin kurulma süresi, diğer enerji türlerine oranla daha kısadır.
7. Jeotermal akışkanın içerdiği kimyasal maddelerin, uygun tekniklerle akışkandan alınması ekonomiye katkı da sağlayabilmektedir. Bu şekilde borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (D2O), amonyum sülfat, kuru buz (CO2 buzu) gibi endüstride kullanılan maddeler elde edilmektedir.

# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

## JEOTERMAL AKIŞKANIN SICAKLIĞINA GÖRE KULLANIM ALANLARI

### Elektrik Üretiminde Kullanım

- Halen, hazne sıcaklığı genellikle 150°C'tan daha yüksek sıcaklıktaki jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca son zamanlarda geliştirilen, buharlaşma noktaları düşük (Freon, izobütan vb.) gazlar kullanılarak, 60-90°C sıcaklıktaki sulardan da elektrik üretiminde yararlanılabilmektedir.
- Halen jeotermal akışkandan elektrik üretimi, başta A.B.D ve İtalya olmak üzere Japonya, Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İzlanda, Filipinler, Endonezya gibi ülkelerde yapılmaktadır. 1930 yılındaki toplam kurulu güç 2462 MW' tır.

### Isıtmada Kullanım

- Düşük sıcaklıklı hidrotermal sistemlerden elde edilen sular, doğrudan ısıtmada kullanılmaktadır. Halen bu iş için kullanılmakta olan sıcaklık aralığı 30°C—150°C olmakla beraber, yeni geliştirilen ısı pompaları yardımıyla, kullanılan akışkanın alt sıcaklık düzeyi 5°C'a kadar düşürülebilmektedir.

# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

## Isıtmada kullanımın başlıca uygulama alanları:

a) Seraların Isıtılması: Dünyanın çeşitli ülkelerinde seraların jeotermal enerji ile ısıtılması suretiyle turfanda sebzeçilik meyvecilik ve çiçekçilik yapılmaktadır. 1980 yılı verilerine göre bu amaç için toplam 6298 termal MW karşılığı enerji kullanılmaktadır. Örneğin, Rusya'da 2500 dönüm sera, 5000 termal MW karşılığı jeotermal enerji ile ısıtılmakta ve 1 milyon ton sebze elde edilmektedir. Benzer şekilde 30 °C 'in üzerindeki jeotermal akışkanlarla Macaristan, İtalya, A.B.D, Japonya, Yeni Zelanda ve İzlanda'da da geniş çapta sera ısıtmacılığı yapılmaktadır.

b) Bina Isıtılması: Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve sıcak kullanma suyu şebekelerinde (İzlanda, Fransa, Japonya, A.B.D., S.S.C.B., Yeni Zelanda ve Macaristan da olduğu gibi) 40°C'in üzerindeki sıcaklıkta jeotermal akışkanlar kullanılmaktadır.

c) Toprak, cadde vb. ısıtılması

d) Havaalanı pistlerinin ısıtılması

e) Tropikal bitki, balık, timsah yetiştirmede: Japonya'da

f) Tavuk, domuz vb. hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında: (Japonya, ABD, Yeni Zelanda, Macaristan, Rusya)

g) Yüzme havuzu, fizik tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde kullanım: (İtalya, Japonya, ABD, İzlanda) (30° —40° aralığında).

# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

## Endüstri Kollarındaki Uygulamalar

- a) Yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde (konservencilikte) (Örneğin Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler).
- b) Kerestecilik ve ağaç kaplama işlerinde: Yeni Zelanda
- c) Kağıt (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya) ve dokuma endüstrisinde: Yeni Zelanda, İzlanda) ağartma maddesi olarak kullanım.
- d) Şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında: (Japonya)
- e) Bira vb. endüstride: Mayalama ve damıtmada (Japonya)
- f) Soğutma tesislerinde: (İtalya)
- g) Derilerin kurutulması ve işlenmesinde: (Japonya, İzlanda)
- h) Diyatomitlerin kurutulmasında: (İzlanda)

## Kimyasal Uygulamalar

- a) Deniz suyundan tuz üretmede (Japonya, Filipinler)
- b) Jeotermal akışkandaki CO<sub>2</sub> gazından kuru buz elde edilmesinde (ABD)
- c) Jeotermal akışkandan asit borik, amonyum bikorbanat, ağır su (=D<sub>2</sub>O = Döteryum oksit), Amonyum sülfat vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde (ABD)
- d) Deniz suyundan tatlı su ve kimyasal maddeler elde edilmesinde (Japonya ve Filipinler)
- e) Volkanlardan çıkan doğal gazlardan kükürt elde etmede (Japonya, İtalya) ve benzeri daha birçok işlerde kullanılmakta ve böylece ekonomiye büyük katkılar sağlamaktadır.

# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

## JEOTERMAL ALANLARIN OLUŞUM KOŞULLARI

- Bir jeotermal alanın oluşabilmesi için pek çok şartın bir araya gelmesi gerekmektedir. En önemlisi beslenme ve ısı kaynağıdır. Jeotermal akışkanın %90'dan fazlasının meteorik kökenli akışkanla beslendiği belirlenmiştir. Eskiden jeotermal akışkanın çoğunun mağmatik kökenli juvenil sular olduğu kabul ediliyordu. Yeryüzünden derinlere doğru sızan sular bir sıcak su akiferine ulaşarak üstündeki geçirimsiz tavan nedeniyle derinlerden gelen ısı akışı ile daha çok ısınmaktadır. Derinlerden, buhar, gaz gibi düşük yoğunluktaki maddeler de kırıklar boyunca gelebilir. Jeotermal alan oluşumu için aşağıdaki koşulların bir araya gelmesi gereklidir (Sek.4):
  1. Genç post-orojenik bir sübsidans kuşağı. Miyosen, Pliyosen veya sonrasında oluşmalıdır.
  2. Büyük ve genç bir mağmatik etkinlik ile asidik karakterde intrüzif bir sokulumun varlığı ve bunun yeryüzünde küçük belirtileri.
  3. Anatektik bir mağmadan oluşmuş ignimbiritik ürünün varlığı.
  4. Yüzeide görülmeyen, ancak derinlerdeki varlıkları jeolojik, jeofizik ve jeosismik yöntemlerle anlaşılabilen küçük intrüzif kütlelerin varlığı.
  5. Gözenekli sedimanter bir seri (kumtaşı, kireçtaşı vb.) ile bunun üzerinde geçirimsiz bir örtünün varlığı (marn, kil vb.).
  6. Sıcak su kaynakları, fümeroller (CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S'li su buharı çıkaran volkanizma sonrası 1. evre), yüzeide ve derinlerde yüksek ısı anomalilerinin varlığı.



# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

## JEOTERMAL ALAN MODELLERİ

**1-Sıcak Su, Sulu Buhar, Kuru Buhar Kuşakları ve Modelleri:** Serbest akiferler atmosfer basıncı ile denge halinde olduğundan buralardan  $100^{\circ}\text{C}$ ' ın üzerinde sıcaklıklı bir akışkan beklenemez.

- Jeotermal akışkanın meteorik kökenli oluşu, bir beslenme alanının varlığını gerektirmektedir (Basıncılı akiferler gibi). Alt ve üstten geçirimsiz tabaka ile sınırlı böyle bir ortamda  $200^{\circ}\text{C}$  sıcaklık buhar oluşturmuştur.
- Burada, sıcak kaynak, fümerol gibi yüzey belirtilerini ve hangi koşullarda kuru buhar, hangi koşulda sulu buhar çıkacağı veya hiçbir çıkışın olmayacağını açıklamak mümkündür.
- Sondajda kuyu başı düzeyi, sıcak su akiferinin basınç yüzeyinin altında, kuyu tabanı akiferde sıvı fazda akışkana inmişse kuyudan fişkırarak sıcak su + buhar karışımı elde edilir. Sondajda kuyu başı, basınç yüzeyinin üzerinde ve kuyu tabanı da buhar şapkası bulunmayan bir akifere inmişse, kuyudan fişkırmayan artezyen suyu elde edilir.
- Kuyuda su, basınç yüzeyine kadar yükselir. Sondajda kuyu başı, basınç yüzeyinin üzerinde, kuyu tabanı sıvı fazın içine girerse, gaz basıncından dolayı başlangıçta fişkırma gözlenir. Sonra akışkan gelişi biter.
- Akiferde basınç oluşturacak yeni gaz birikimi olursa fişkırma belirli aralıklarla tekrarlar. Kuyuda, kuyu başı hangi topografik düzeyde olursa olsun, kuyu tabanı buhar şapkasının içerisinde kalırsa fişkırarak kuru buhar elde edilir.

# JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ

- Bir sıcaklık—derinlik (veya basınç) eğrisi; akiferin belirli bir noktasındaki basınç ve sıcaklık bilindiğine göre suyun o noktada buhar veya sıvı fazında olup olmadığının belirlenmesine yarar. Eğri, her basınç için suyun hangi sıcaklıkta kaynadığını gösterir.
- Su, buhar fazına geçtikten sonra ısıtılmaya devam edilecek olursa, buhar fazında sıcaklığı yükselmeye devam eder. Böylece aşırı ısınmış buhar oluşur. Basınç sıcaklık eğrisi ile sıcaklık eksenini arasında akışkan buhar fazında, basınç eksenini ile arasında sıvı fazında bulunur. Her 10 metrelik su sütununun 1 kg/cm<sup>2</sup> basınç yaptığı göz önüne alınarak, grafikten basınç değerleri de hesaplanabilir.

## Kızgın Kuru Kaya Modeli

- Nispeten sık sayılabilecek bir derinlikte (-6-8 km) yer alan, henüz soğumamış magma ceplerinden 3000-4000 m derinlikte bulunan çok düşük poroziteli granitik veya sedimanter bir ortama kondüksiyon yoluyla yüksek ısı potansiyeli ulaşır.
- Bu potansiyelin yeryüzüne aktarımı için, birbirine çok yakın açılacak 3000-4000 m derinlikteki kuyulardan bir tanesinden soğuk su enjeksiyonu yapılır. Diğer kuyudan sıcak su+buhar karışımı fişkırarak akışkan elde edilir. Kuyu tabanında yapay gözeneklilik ve geçirimsizlik, bu kızgın kuru kayanın nükleer veya klasik patlayıcılarla patlatılması ile sağlanır.

# KAYNAKLAR

- <http://kitaplar.ankara.edu.tr/dosyalar/pdf/675.pdf>