

# JEOTERMAL AKIŞLARDAN TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ VE SONUÇLARI

Orhan MERTOĞLU

Bilindiği üzere jeotermal akışkanlar magma enerjisini bünyelerinde taşıyıp yer yüzeyine sıcak su, Sıcak su + Buhar, Kuru Buhar olarak çıkarlar veya çıkarılırlar.

Jeotermal akışkanların elektrığe dönüşümünde aşağıdaki sistemler söz konusudur.

## 1- Kuru Buhar Sistemi :

A- Kondanserli Buhar Türbinli.

B- Atmosferik çıkışlı Buhar Türbinli.

Bu sistemde jeotermal buharın filtreden geçirilip klasik tip buhar türbininde işe dönüşmesiyle olur. Buhar içerisinde kondanse olmayan gazları ağırlık cinsinden % 15'in üzerinde ise türbin atmosferik çıkışlı, eğer altında ise kondanserli olmalıdır, bu sistem jeotermal santrallarının

en ekonomik ve basit yapılışı olup en büyük dönüşüm verimine sahiptir, yaklaşık olarak 0,15 - 0,19 gibi.

Bu sistemde yaklaşık 9 kg buhar, Bir Kwh enerjiye karşılıktır, (kondanserli çalışmada).

## 2- Sıcak su 4- Buhar sistemi (Islak Buhar)

A- Tek buharlaştırmalı Sistem :

- a) Kondanserli buhar türbinli
- b) Atmosferik çıkışlı buhar türbinli.

B- Çift Buharlaştırmalı Sistem :

- a) İki devresi de kondanserli.
- b) Bir devresi kondanserli.

C- Binary Sistem :

- a) Basic Binary cycle.
- b) Regeneratif Binary cycle.
- c) CO2 enjeksiyon uygulamalı Binary cycle.

Bu sistemde akışkan optimum seperatör basıncında % 5'in üzerinde buhar fazına ayrışiyorsa seperatörden alınan buharın yine buhar türbininde enerjiye dönüşümü-ile olmaktadır. Bu sistemde buhar ayrıştırması tek ve çift buharlaştırma olarak iki türdür ve yine kondanser kullanımını gaz oranına bağlı olarak çift buharlaştırmada bir zorunluluktur.

Genel sistem dönüşüm verimi yaklaşık 0,03 ile 0,10 dur, eğer ıslak buhar çok gazlı ise (% 10'dan büyük ağırlık cinsinden) Binary sistem daha verimli olarak gözükmektedir. Jeotermal akışkan enerjisini ikincil akışkana (Freon, izobütan gibi) aktarmakta ve bu ikincil akışkan gazı özel türbinde enerjiye dönüşmektedir.

Bu sistemde dönüşüm verimi 0,1 - 0,2 olmaktadır ve yine bu sistemde sıcaklığı 60 ile 100°C civarında olan sular- dan elektrik enerjisi üretmek mümkün olmaktadır, örnek olarak, 85°C giriş 55°C çıkış sıcaklıkları arasında çalışan bir Binary sistem santraldan 1 Kwh enerjiyi, 0,29 litre/saniye debili jeotermal sıcak sudan elde etmek mümkündür.

D- Total Flow sistemi :

Buhar + Sıcak su + gazların hep birlikte işe dönüştürüldüğü bir sistemdir.

Türbini özel helisel vidalı olup dönüşüm veriminin 0,30'u bile geçtiği gözlenmiştir. Kondanserli ve Atmosferik çıkışlı olabilmektedir. Dünyada halen gelişim halinde olup iki MW gücündeki deneme tesislerinin çok olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Resim 1 'de, Özgül net güç eldesinin rezervuar sıcaklığı ve çeşitli sistemlere bağıntısı gösterilmektedir.

## YURDUMUZDAKİ UYGULAMALAR

İlk Jeotermal saha olan Kızıldağ'de enerji üretmeye elverişli yüksek gazlı ıslak buhar 1968 yılında sondaj neti-

cesinde bulunmuştur. 1973 yılında KD-13 kuyusunun özelliklerine göre 0,5 MW güçlü özel jeotermal buhar türbininin ve tesisinin dizaynı M.T.A. Enstitüsü Atölyelerinde tamamlanması neticesinde yerli işçilik, proje ve % 90' in üzerinde yerli malzeme ile adı geçen atölyelerde imalatı 1,5 yılda tamamlanmıştır. Bu tesis KD-13 kuyusuna 1974 yılında monte edilmiş, yapılan test çalışmaları neticesinde 1975 yılı ilk aylarında devamlı enerji üretimine başlanmış, 1981 Nisan ayına kadar 60.000 saat, % 99.8 zaman verimi ile çalışarak 6 Milyon Kwh tan fazla enerjiyi ücretsiz olarak 3 köye ve çeşitli tesislere vermiştir.

Bu tesis tek buharlaştırmalı atmosferik çıkışlı bir pilot santral olarak aşağıda kısa teknik özelliklere haizdir.

- Türbin gücü, deviri, tipi : 0,5 MW, 4500/1500 d/a, Curtis çift sıralı kanatlı
- Buhar basıncı, sıcaklığı : 4,5 Ata, 153°C
- Kondanse olmayan gazlar: % 22 (Ağırlıkça) (% 97 CO<sub>2</sub>, % 1 H<sub>2</sub>S vs.)
- Buhar debisi : 13.000 kg/saat
- Özgül akışkan tüketimi : 273 kg/Kw hr
- Toplam akışkan değeri : 137.000 kg/hr
- Dönüşüm faktörü (verimi): 0,04

Ayrıca yeni bulunan bir jeotermal sahada küçük bir pilot santrali ile üretim tesisleri yapılması dünyada yaygın bir tekniktir. Adı geçen 0,5 MW santral kullandığı enerji hammaddesi, ve bu santrali oluşturan makina ekipman ve sistemlerinde öz malımız olması bu santralin çok az dışa bağımlılığını göstermektedir.

Bu tesis Türkiye'nin ilk ve tek jeotermal santrali olmakla birlikte ilk yerli yapılan buhar türbinide bu santraldayer almıştır. Tesis maliyeti ithal maliyetinin % 20-25'i civarında olmuştur. Bu tesisin gerçekleştirilmesinde hiçbir lisans, Know how, patent kullanımı söz konusu olmamıştır.

Bu tesisin (1971'den 1981'e kadar) işletilmesi esnasında elde edilen deneyim aşağıya çıkarılmıştır.

- 1- Kabuklaşma, a) Kuyu içinde, b) Kuşu başı sistemlerinde, c) Türbinde.
- 2- Korozyon, Erozyon, a) Borularda, b) Türbinde.

#### AÇIKLAMALARI

1-a) Jeotermal kuyunun bu şartlarda çalışması halinde her üç yılda bir sondaj makinası ile temizlenmesi gerekmektedir.

b) Seperatör ve sıcaqsu + buhar hatlarının 6 ayda bir kabuktan temizlenmesi ile seperatör sıcaqsu çıkış hattına özel dizayn kendisini kabuktan temizleyen butter fly elektrik motoru tahrikli valfin konulması gerektiğini.

c) Türbin buhar girişine özel buhar filtresi konulması ve buharın kuruluşunun çok iyi kontrol edilerek türbine sevk edilmesini gerektiğini bu ıslaklık ve kimyasal kompozisyonun dolaylı türbin seyyarkanatlarının sırtında 5 mm kalınlığında kabuk tabakasının 60.000 saatlik çalışma neticesinde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca buhar içerisindeki H<sub>2</sub>S gazı türbin içinde ve hatlarda siyah koruyucu film tabakası meydana getirmiştir. Bu tabakaya demir sülfür kabuğu demek mümkündür, bu kabuğun tamamen zararsız olduğu gözlenmiştir.

2- a) 10.000 saatlik çalışma neticesinde karbon çeliğinden mamul borularda (Et kalınlığı 5 mm) 0,3 mm derinliğe varan çukurluklar gözlenmiştir.

b) Türbin içerisini korozyondan korumak için her 4.000 saatte bir Molykote kaygan lâk spray uygulamasının gerekliliği görülmüştür.

Bu 0,5 MW santralin başarısından sonra 5 MW güçlü yeni bir jeotermal enerji santralının imalatı için ön proje ve dizayn çalışmaları 2-3 yıl kadar sürmüştür. Bu santralin Kuyu başı sistemlerinin imalatına M.T.A. atölyelerinde 1976 yılında başlanmış ve içinde bulunduğumuz yılda büyük ölçüde tamamlanmıştır.

Söz konusu 5 MW santralin buhar türbininin döner tekerleklerinin özel çelik dövme işlemleri çok deneme ve uğraşığı gerektirmiş ve bunlar 3-4 yıl kadar sürmüştür.

Buhar Türbini ve tesisinin kısa özellikleri aşağıya çıkarılmıştır.

Tesis Tipi : Tek ve Çift Buharlaştırmalı, ilk etapta atmosferik çıkışlı.

Türbin Tipi : Tek taraflı, aksiyon, 6 kademe.

Türbin gücü, deviri : 5 000 KW, 3 000 d/d

Giriş basıncı, sıcaklığı : 3,5 Ata, 148°C

Buhar debisi : 53 500 Kg/saat

Kondanse olmayan gazlar oranı : % 20 (maksimum ağırlıkta)

Kondanser: Barometrik, Tray tırp.

Bu 5 KW kapasiteli tesis atmosferik çıkışlı olarak çalıştığı zaman 2,3 MW üretim yapacaktır. Bu santralin gerçekleştirilmesinde de 0,5 MW'ta olduğu gibi hiçbir lisans, patent, Know-how kullanımı söz konusu değildir ve bu güçte yerli yapılan ilk jeotermal santral ve ilk buhar türbini olma özelliğine sahiptir.

Bu tesisin girdi değerleri geniş olacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu özellik tesisin her jeotermal sahada küçük verim düşüklükleri ile çalıştırılabilmesini mümkün kılacaktır.

Bu özelliğinden dolayı bu santrala "Üniversal Jeotermal Enerji Santrali" demek mümkündür. 5 MW santralin bu özelliği Birleşmiş Milletler Küçük Enerji Kaynakları Konferansında (9-18 Eylül, Los Angeles, ABD) tartışılmış ve otoriteler tarafından kabul edilmiştir.

Bu tesiste yaklaşık olarak ithal maliyetinin % 20'sinin gerçekleşmesi planlanmaktadır. Bu santralde Alternatör bazı ölçü aletleri ve rulmanlar dışındaki tüm yapı elemanları yerli olarak yapılacaktır.

Buhar Türbinindeki döner kanatlar dışındaki büyük bir bölüm tamamlanmıştır. Bu santralin 1982 yılı ortalarında atmosferik çıkışlı olarak çalışabilecek şekilde tamamlanması planlanmaktadır. Bu tesisin Çanakkale-Tuzla veya Aydın-Germencik'te uygun jeotermal akışkan bulunursa bu sahalara, bulunmadığı halde Kızıldere'ye ikinci ünite olarak kurulması düşünülmektedir. Bu santral halen M.T.A. Atölyelerinde imalat ve montaj halindedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Halen Dünya'da Jeotermal akışkanlardan en büyük ölçüde yararlanma için çalışmaları hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Ülkemiz Jeotermal Akışkanları özellikleri göz önüne alınarak aşağıdaki tekniklerin uygulamalarının örnekleri belirtilecektir.

1- Buhar + Sıcaksu + Gazın birlikte işe dönüştürüleceği total flow teknolojisi yurdumuza getirilmeli ve bizim sahalamızda pilot çapta ilk testler yapılmalıdır. Bu ülkemiz jeotermal sahaların değerlendirilmesi için bir zorunluluktur.

2- Yine ıslak buharlı ve gazlı sahalar için binary tip yüksek verimli bir sistem olmaktadır. Total-Flow teknolojisinde olduğu gibi bu sistemin test edilmesi ile birlikte özel ısı eşanjörleri ve özel freon veya izobütan teknolojilerini benimsemek ve üzerinde çalışmalara bir an evvel başlamak gereklidir.

3- Yurdumuzda sıcak suların varlığı büyük değerlerdedir. Sıcaklığı 80-90°C civarında olan kendinden akışlı 1500 lt/saniye debili olan bu suların elektrik enerjisine dönüşümünün pilot uygulamaları vakit geçirmeden yapılmalıdır. Bu gaye için freon 113 kullanan Binary tip 100 KW güçlü tesis dizayn edilmiştir. Bu tesis 80°C sıcak sudan enerji üretebilecektir. Bu tesis ile Jeotermal santrallerin atık sıcak suyundan enerji üretmekte mümkündür. Yurdumuzda sıcaklığı bu civarda olan her 10000 lt/saniye debili sıcak su yılda 400 milyon Kwh enerjiye karşılık olacaktır.

4- Yukarıda bahis edilen jeotermal santrallerin atık sularının elektrik enerjisi üretiminden başka ısı enerjilerinin de kullanımı için özel ısı eşanjörleri ile ilgili çalışmalara başlamak gerektir, örneğin, halen 20 MW gücünde Kızıldere'de kurulan tek buharlaşmalı kondanseri santraldan atılacak sıcak su 110 MW (termal) enerji içermektedir. Bu atık *suyun* değerlendirmesi ile günde yaklaşık 8 milyon TL. fuel-oil karşılığı enerji kazanılacaktır, veya bu

atık suyun bir kompleks içerisinde değerlendirilmesi ile 5000 KW kadar elektrik üretimine ilaveten ısı enerjisi eldesi mümkündür.

5- Sol kabuklaşma yapma özelliği olan yurdumuz sıcak sularından yararlanmada diğer bir alternatifte kuyudibi tipi ısı eşanjörlerinin kullanımının ve işletilmesinin test edilmesidir. (Isıtma amaçlı) İzmir Agememnun'da 30000 Kcal/saat kapasiteli bir sistemin önümüzdeki birkaç ay içerisinde test edilmesi planlanmıştır.

6- Yurdumuzda yapılacak daha ileriki aramalarda halihazırda bilinen jeotermal akışkan karakteristiği değişmez ise o sahalara kurulacak olan santral tipi kesinlikle Binary tip veya Total Flow olmalıdır. Şu anda Kızıldere'de bulunan tek buharlaşmalı kondanseri tip 20 MW bürüt güç verdiği halde Binary tip santral 48 MW güç verebilecektir. (Kuyu içi pompalı veya CO2 enjeksiyon çalışması ile) bu teknikler 1975 yılından sonra uygulamaya koyulmaktadır. Heber'de (ABD) 50 MW güçlü tesis bulunmaktadır.

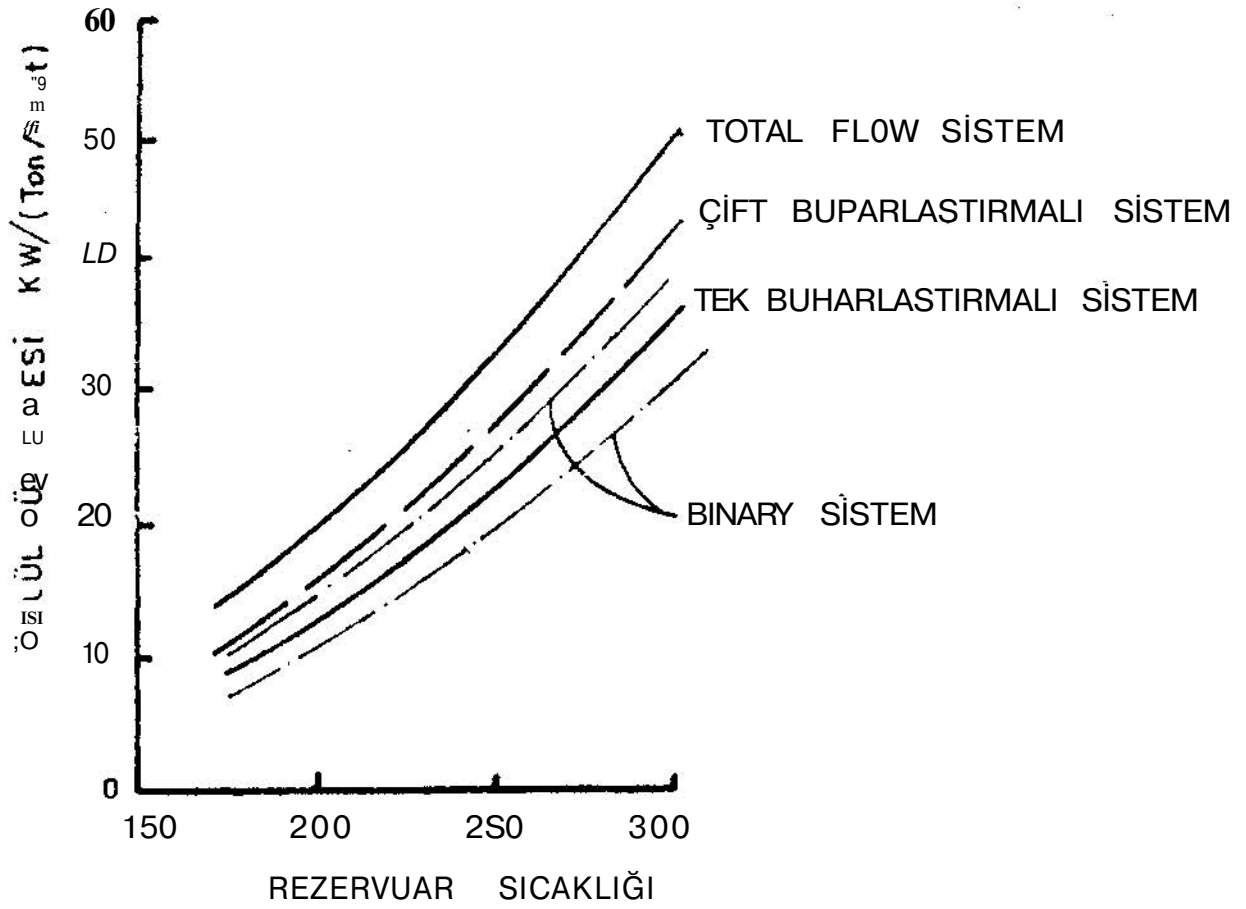
7- Kızıldere sahasındaki kabuklaşma sahadan enerji üretimini % 100'e yakın ölçüde düşürmektedir. Kabuklaşmanın oluşumuna tam veya kısmi engel olmak için teknolojiler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.

8- Jeotermal ısıtma amaçlı çalışmalara ağırlık verilmeli ve hızlandırılmalıdır. M.T.A. Atölyeleri imalatı ve dizaynı olan 2 ayrı tip özel jeotermal ısı eşanjörlerinin, Afyon jeotermal sahasındaki testi çok olumlu ve yararlı sonuçlar vermiş bu sahadaki kuyuların değerlendirilmesine ışık tutmuştur. Testler 20000 Kcal/saat ısı kapasitesinde gerçekleştirilmiştir.

9- Yukarıda 0,5 ve 5 MW'lık yerli jeotermal santrallerinin imalinde çok büyük güçlüklerle karşılaşmıştır, şu andaki imkânlara göre bu yapabilirlik sınırı 5-10 MW'tır bu değeri 50 MW'a çıkarmak için teknolojik girişimlere gereksinim vardır. Bu girişimler enerji üretimimizdeki dışa bağımlılığı kaldıracaktır.

10- Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde jeotermal enerji Türkiye için en önde gelen enerji kaynağıdır. Tüm sektörlerin bu kaynağın değerlendirilmesi üzerine çok daha fazla gitmeleri ulusal bir görevdir. Ayrıca jeotermal akışkanların değerlendirilmesinde ısı pompası uygulamasının bir an evvel devreye girmesinde yarar bulunmaktadır. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli göz önüne alınıp iyi bir değerlendirme programı ile seksenli yılların sonunda jeotermal enerjisinin ulusal enerji sistemine katkısı % 4'e yaklaşması veya geçmesi ile ısı enerjisi olarakta genel ısı tüketiminin % 20-25'ini karşılması mümkün görülmektedir.

Not : Dönüşüm verimi, dönüşüm faktörü ile aym anlamda alınmıştır.



ön kabuller :

- a -Türbin verimi : %75
- t -Totat FLOW türbini verimi: % 70
- c -% 10 işletimciğin kayıplar.
- d -% 0 kondanse olmayan gazlar.
- e -Voğujtur/na sıcaklığı; 50 \*C

( RESİM 1 )