

# Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi ve Aydın-Salavatlı Sahası Elektrik Üretim Santrali

Mehmet Hilmi ÖZTEMİR

## ÖZET

Günümüz dünyasında ENERJİ ekonomik, sosyal ve hatta siyasal içerikli politikaların oluşturulmasında rol oynamaktadır. Artan talep karşısında, dışa bağımlı olmadan YENİ ve Yenilenebilir enerji kaynaklarımızı harekete geçirmek mecburiyeti vardır. Üretimin çevreye olan etkisi asgari seviyede olmalıdır.

Türkiye, jeotermal enerji kaynağı zenginliği açısından dünyada yedinci ülkedir. Yurdumuzda jeotermal kaynaklardan ELEKTRİK üretim sahaları çok azdır. Elektrik üretimi için jeotermal suyun sıcaklığı ve debisi çok önemlidir. Jeotermal enerji çevre dostu bir enerji kaynağıdır.

Elektrik üretimi için değişik buhar çevrimi uygulamaları bulunmaktadır. Jeotermal sahalarda kullanılan sıcak su separatörlerde ayrılıp, türbine gönderilen buhar genleşerek ELEKTRİK enerjisi üretimini sağlar. Arta kalan sıcak su rezervuarlara tekrar basılması uygundur.

Türkiye’de özel sektör olarak Elektrik üretiminde bir ilki gerçekleştiren MEGE A.Ş. Aydın-Salavatlı sahasında, iki üretim kuyusundan alınan sıcak su (171 °C) ile ELEKTRİK üretim Santralını gerçekleştirmiştir. İkinci santral ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

Aydın-Salavatlı Santralinde özel bir teknoloji uygulanmaktadır. Kullanılan Teknoloji “BİNARY SYSTEM” şeklinde olup, türbini çeviren buhar “PENTAN” gazının özelliklerinden faydalanılarak elde edilmektedir.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde oluşan teknolojik gelişmeler ve sanayinin büyümesi; konutların ısıtılması ve ulaşımdaki gelişmeler neticesinde, enerji kaynaklarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır.

Türkiye’nin sahip olduğu bu jeotermal zenginliği ile 2010 yılında 500 bin konutun jeotermalle ısıtılması, 1 milyar m<sup>3</sup> doğalgaza eş değer olduğu gibi yaz aylarında merkezi soğutma, kurutmacılık ve endüstriyel kullanım olarak 1 milyar m<sup>3</sup> daha doğalgaza eş değer kullanımı söz konusudur. Şuanda jeotermal potansiyelimizin %2’si değerlendirilmektedir.

## Abstract:

In today’s world, ENERGY plays a role in the formation of economic, social and even political policies. The rising demand compels us to mobilize our NEW and Renewable energy resources without being dependant on outside sources. The impact of production on the environment should be kept to a minimum.

Turkey ranks seventh among countries of the world in the richness of its geothermal energy resources. Sites where ELECTRICITY is generated from geothermal sources are very scarce in our country. The temperature and flow rate of geothermal water are very important for electricity generation. Geothermal energy is an environmentally friendly energy source.

Various steam cycle applications are available for electricity generation. Hot water used in geothermal sites is separated at separators, and the steam conveyed to the turbine expands, facilitating the generation of ELECTRICAL energy. The remaining hot water can be pumped back to the reservoirs.

MEGE A.Ş. which has achieved a first in Turkey in terms of Electricity generation by the private sector has implemented the first ELECTRICAL power plant at the Aydın-Salavatlı site, from the hot water obtained from two production wells (171°C). Work is underway on the second power plant.

A special technology is implemented at the Aydın-Salavatlı Power Plant. The Technology used is the “BINARY SYSTEM”, where the steam that spins the turbine is obtained by taking advantage of the properties of the “PENTANE” gas.

## Makale

Fosil yakıt kaynaklarının her geçen gün dünyadaki rezervleri azalmakta, ihtiyaç ise hızla artmaktadır. Bu durumda dışa bağımlı olan ülkemizin enerji ihtiyaçlarını, kendi yerli kaynaklarımızdan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını acilen gündeme getirmek mecburiyetindeyiz.

Türkiye Jeotermal Enerji kaynağı yönünden zengin olmasına rağmen, gereğince faydalanılmamaktadır. Ülkemiz Jeotermal Enerji kaynağı açısından, dünyanın 7. ülkesidir. Türkiye’de yüzey sıcaklığı 40 °C’nin üzerinde olan 140 adet jeotermal saha vardır.

Bu sahaların tümü;

- Merkezi Isıtma ( Toplu Konut),
- Sera Isıtmasında,
- Endüstriyel Proseste,
- Kaplıca Kullanımına,
- Elektrik Üretiminde Kullanılmaya Uygunur.

Yukarıda belirtilen sahalardan, üç saha elektrik üretimine teknik ve ekonomik olarak kullanılmaya müsaittir.

Bu sahalar;

1. DENİZLİ – Sarayköy (sıcaklık 200-212°C)
2. AYDIN – Germencik (Sıcaklık 230°C), AYDIN – Salavatlı (Sıcaklık 171°C)
3. ÇANAKKALE–Tuzla (Sıcaklık 173°C) Şeklindeki sahalardır.

1996 yılı sonu itibariyle Türkiye’de mevcut 20 MW kurulu güçteki jeotermal elektrik santrali vardır. Türkiye, kurulu jeotermal elektrik gücü olarak dünyada 14. Sıradadır.

Jeotermal enerji yenilenebilir çevre dostu bir enerji türüdür. Jeotermal akışkanlar yeraltından üretilip enerjisi alındıktan sonra, özellikleri korunarak, yer altına tekrar geri gönderilir.

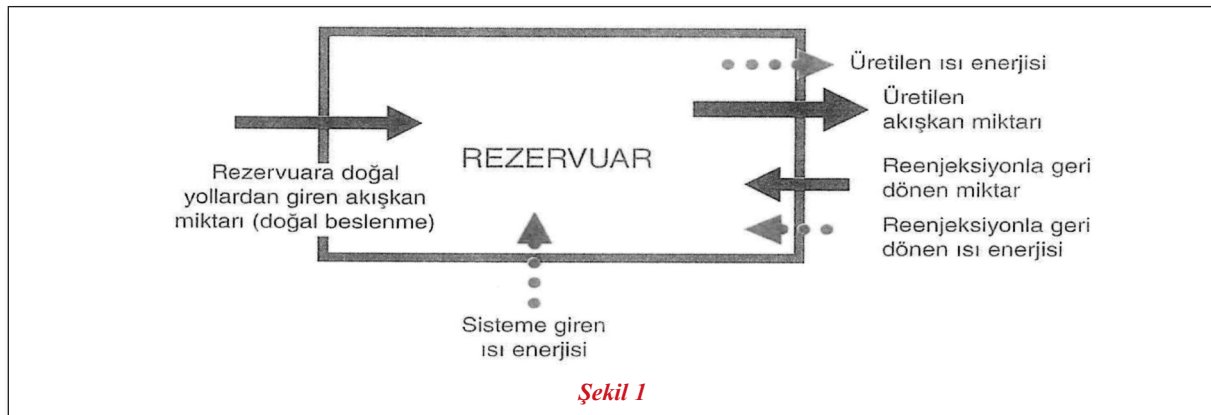
## 2. ELEKTRİK ÜRETİMİ

Jeotermal kaynakların elektrik üretiminde kullanılması 1904 yıllarında başlamış ise de artan gelişmeler neticesinde 1980’li yıllarda üretim kapasitesi artırılmış gelişen teknoloji ve malzeme teknikleri ile kapasitenin 12000 MW sınırlarına ulaşmıştır. Bu hızlı artışın en büyük sebeplerinden biri jeotermal enerjinin çevre dostu olmasıdır.

Rezervuarlar akışkan ve kayaktan oluşmaktadır. Başlangıçta akışkan ve kayacın sıcaklıkları eşittir. Hacim olarak ancak % 3-5’i akışkandır. Geri kalan kayaktır. Burada üretilen çoğunlukla “ısı enerjisidir”. Jeotermal saha işletmesi özünde bir ısı madenciliğidir. Oysa jeotermal rezervuarlardaki enerjinin sadece %15 kadarı akışkandır. Geri kalan ise kayacın depolanmaktadır. Bu durumda kullanılan ve nispeten soğumuş suların tekrar rezervuarlara basılıp kayaktan ısı soğurularak yeniden üretimi için en iyi yöntemdir.

Aşağıdaki şekilde bir jeotermal sisteme giren ve çıkan ısı ve akışkan dengesini göstermektedir. (Şekil-1)

Kullanılan suların uygun bir şekilde jeotermal sisteme geri verilmesine “geri basım” denir. Geri basımın gerekçesi olarak çok sayıda neden sıralanabilir, en önemli üç tanesi şunlardır:



- Çevrenin kirlenmesini önlemek
- Rezervuar basıncını korumak
- Daha çok ısı enerjisi üretmek

Eğer kullanılan sular doğaya salınırsa, içinde bulunan kimyasal maddeler, toprağa ve tatlı suları kirletir. Diğer taraftan rezervuardaki akışkan kütlesi azalacak ve rezerv düşecektir.

## 2.1- JEOTERMAL ENERJİSİNİN KULLANIM YOLLARI

Jeotermal sistemler ve rezervuarlar, rezervuar sıcaklığı, akışkan entalpisi, fiziksel durumu, doğası ve jeofizik yerleşimi gibi özelliklere göre sınıflandırılır. Sıcaklıklarına bağlı olarak sistemleri üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar;

- Düşük entalpili sistemler :  $< 90\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Orta entalpili sistemler :  $90\text{ }^{\circ}\text{C} - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Yüksek entalpili sistemler :  $>150\text{ }^{\circ}\text{C}$  şeklindedir.

Sistemleri sıcaklıklarına göre ayırmak mümkün olduğu gibi entalpilerine göre de iki gruba ayırmak mümkündür.

- $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de  $800\text{ kJ/kg}$ . olan düşük entalpili
- $850\text{ kJ/kg}$ 'dan büyük olanlar ise yüksek entalpili sistemler olarak ayırmak mümkündür.

Jeotermal sistemler sınıflandırılırken, sistemin fizik-

sel durumuna bağlı olarak 3 farklı rezervuar durumu tanımlana bilir. Bunlar;

- Sıvının etken olduğu rezervuarlar,
- İki fazlı jeotermal rezervuarlar,
- Buharın etken olduğu rezervuarlar şeklinde olur.

### 2.1.1- DOĞRUDAN KULLANIM

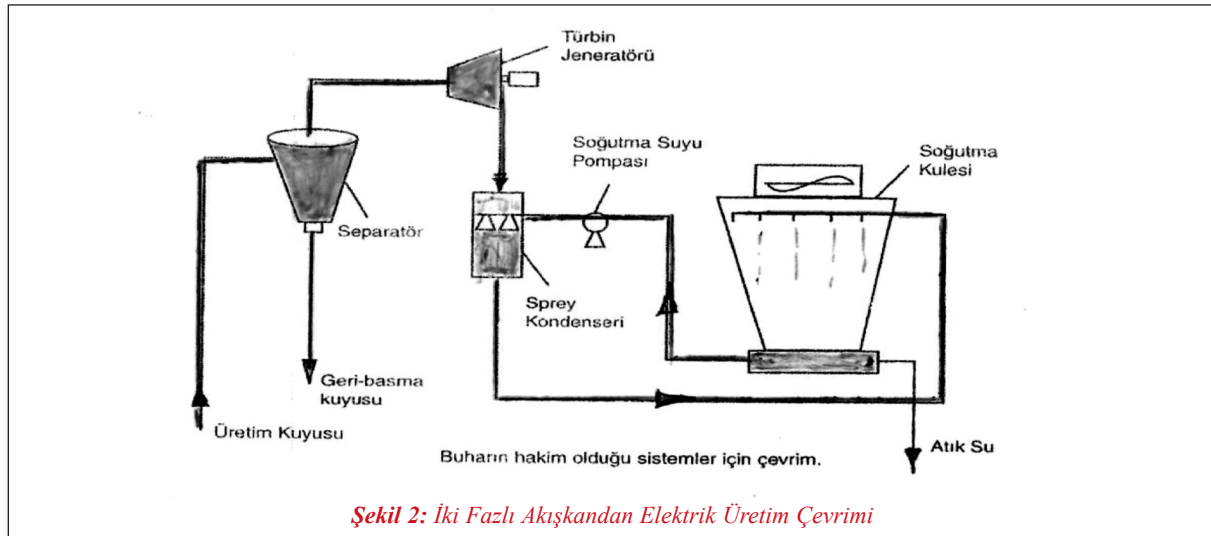
Jeotermal akışkanın enerjisinin ısıtmada veya sıcak kullanım suyu üretiminde kullanılmasıdır. En büyük ikinci doğrudan kullanım alanı ise sera ısıtmasıdır. Termal turizm tesisleri de doğrudan kullanımı oluşturmaktadır, doğrudan kullanım çerçevesinde akışkanın ısı, endüstriyel proseslerde de kullanılabilir.

Jeotermal sistemler, gaz yakıtlı sistemlerden %48, sıvı yakıtlı sistemlerden ise %75 daha verimlidir.

### 2.1.2- DOLAYLI KULLANIM

Elektrik üretimi için değişik buhar çevrimi uygulamaları bulunmaktadır. Suyun hakim olduğu jeotermal sistemlerde üretilen akışkan iki fazlı olduğundan, bunların türbine girmeden önce sıcak sudan ayrılması gereklidir. Böyle sahalarda kullanılan çok kademeli ayrışım çevrimlerinin bir şeması (Şekil – 2) sunulmaktadır. Bu çevrim dünyanın birçok ülkesinde kullanıldığı gibi Türkiye'de de kullanılmaktadır.

Bu çevrimde doymuş buhar, daha düşük bir basınçta



## Makale

yüzeyde bulunan seperatörlerde ayrılır. Daha sonra türbine gönderilen buhar, burada genişerek elektrik enerjisi üretimini sağlar.

İki fazlı akışkan daha fazla verim elde etmek için iki kademeli sperasyon sistemiyle birlikte çift giriş basıncına sahip türbinler kullanılır (Şekil – 3). Burada birinci kademe ayrıştımdan sonra alınan sıcak su, daha düşük basınçlı buhar, türbine ait kondansatöre verilerek elektrik üretimi bir miktar artırılır.

### 3. JEOTERMAL ELEKTRİK SANTRALLERİ ÇEŞİTLERİ

Çıkarılan jeotermal akışkanın haline bağlı olarak elektrik üretimi için farklı çevrimler kullanılır. Türbinin bir enerji kaynağını, dönüş hareketine çevirmesi için buhar kullanılır. Anılan buharın direk rezervuarlardan gelen akışkan olması durumu ya da kullanılan akışkanın farklı olması durumuna göre elektrik santralleri üçe ayrılır. Kullanılan ikili akışkanın kaynama noktası daha düşük olduğu için kısmen düşük sıcaklıktaki rezervuarlarda kullanılabilir. (Rezervuarlarda en düşük sıcaklık 150°C üzerinde olması tavsiye edilir). Bu durumda ısı değiştiriciler birinci akışkan ile ikili akışkan arasında ısı transferini sağlarlar.

Sistemler;

- Direkt Buhar
- Flaş Buhar
- İkili Akışkan (Binary Plants) şeklindedir.

### 3.1. DİREK BUHAR SANTRALLERİ

Buhar etken rezervuarlarda; kuru, doymuş ya da aşırı ısınmış buharın direk olarak türbinde kullanıldığı çevrimlerdir. En basit ve en ekonomik jeotermal çevrim yoğuşturucu kuru buhar çevrimidir. Bu sistemde buhar doğrudan atmosfere atılır.

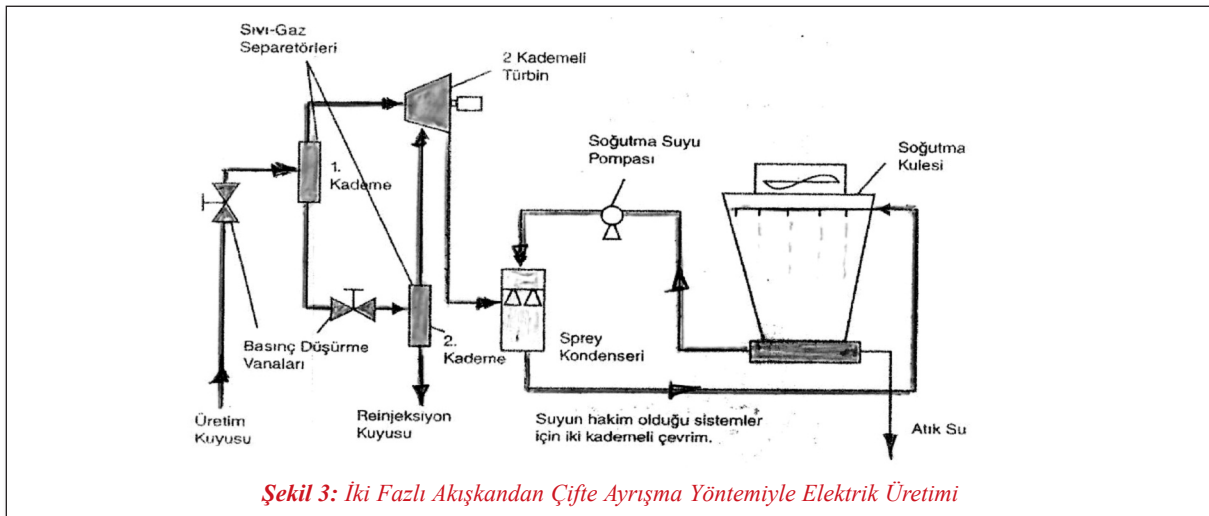
### 3.2. FLAŞ BUHAR SANTRALLERİ

En sık karşılaşılan rezervuar tipi iki fazında beraber bulunduğu rezervuardır. Özellikle artezyen kuyularda su ve buhar karışımına rastlanır. Çıkarılan jeotermal akışkan genellikle doymuş sıvı-buhar karışımıdır. Bu durumlarda buhar yüzdesi yeterince yüksekse buhar sıvıdan ayrılır ve buhar türbine gönderilerek kalan sıvıda yer altına enjekte edilir. Buhar yüzdesi düşük olduğu veya jeotermal akışkanın tamamen sıvı fazında olduğu durumlarda püskürtmeli buhar çevrimleri kullanılır.

### 3.3. ÇİFT AKIŞKANLI SANTRALLER (BINARY PLANTS)

Düşük sıcaklıkta ve sıvı ağırlıklı jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminde ikili çevrim diye adlandırılan bir çevrim kullanılır. Bu çevrimde türbinde geçen aracı akışkan jeotermal buhar olmayıp ikili akışkan adı verilen ve kaynama sıcaklığı çok düşük olan bir akışkandır.

Bu çevrimde, doymuş buhar, daha düşük bir basınçta yüzeyde bulunan seperatörlerde ayrılır. Daha sonra türbine gönderilen buhar burada genişerek



Şekil 3: İki Fazlı Akışkandan Çifte Ayrışma Yöntemiyle Elektrik Üretimi

“ELEKTRİK ENERJİSİ” üretimini sağlar. İki fazlı akışkanın ayrışmasından arta kalan sıcak su olarak yeryüzüne bırakılır. Ancak işin doğrusu rezervuara suyun tekrar basılmasıdır.

İki fazlı akışkanlardan daha fazla verim almak için iki kademeli sperasyon sistemi ile birlikte çift giriş basıncına sahip olan türbinler kullanılır. Burada birinci kademe ayrıştımdan sonra alınan sıcak su daha sıcak su daha düşük basınçta ikinci bir ayrıştıma tabi tutulur. Buradan alınan düşük basınçlı buhar, türbinin alt kademesine verilerek üretilen elektrik enerjisine katılarak miktar artırılır.

#### 4. MEGE (AYDIN – SALAVATLI) ELEKTRİK SANTRALİ

Temel faaliyet alanı jeotermal enerjiden “ELEKTRİK” üretimi olan şirket, Aydın’da kuruludur. Şirket MB HOLDİNG şirketler grubuna dahildir. Şirket Türkiye’de kurulu bulunan ve jeotermal enerjiden elektrik üreten ilk “ÖZEL” şirket olma özelliğine sahiptir.

ÜRETİM KUYULARI	DERİNLİK (m)	ISI DERECESİ(°C)	AKIŞ (lt/san)
AS-1	1510	168	93,4
AS-2	962	172	80,3

Şirkete ait jeotermal saha AYDIN–Salavatlı’da 16 km<sup>2</sup> rezerv havzası olan ve AS-1, AS-2 adlarında iki üretim kuyuları bulunmaktadır. Bu kuyular ile ilgili bilgiler yukarıda belirtilmiştir.

Mege, ilk olarak 8.5 MW kurulu güçle O,E,C’den mevcut üretim kuyuları için açılmış iki reaksiyon kuyusunu kullanarak elektrik üretimine 2008 tarihinde başlamış bulunmaktadır. Nihai kurulu güç kapasitesi 200 MW olacaktır. Şuanda ise 11,5 MW kapasitesinde enerji santrali projeleri tamamlanmış olup gerekli makina ve teçhizat bağlantıları yapılmış 2010 tarihinde işletmeye açılması planlanmıştır.

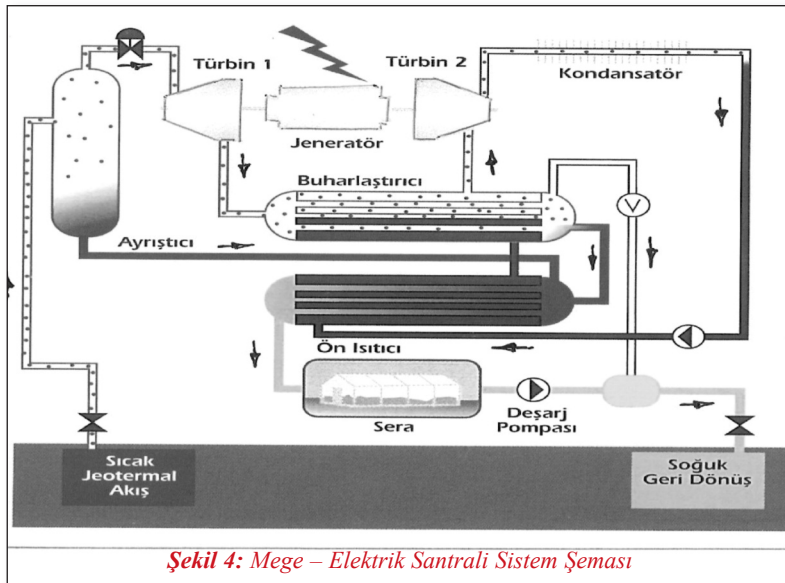
Kurulu bulunan enerji santralinin enerji üretimine ilişkin veriler:

- Jeotermal Akışkan Isısı 160°C
- Üretim Kuyusu 2 adet
- Reaksiyon Kuyusu 2 adet
- Jeotermal Akışkan Kuyuları Basıncı 7 borg
- Toplam Akış Miktarı 173kg /sec
- Hava Soğutmalı Kon dansör ısısı 171°C
- Ortalama Brüt Üretim 8500 kw/h
- Ortalama Net Üretim 7500 kw/h

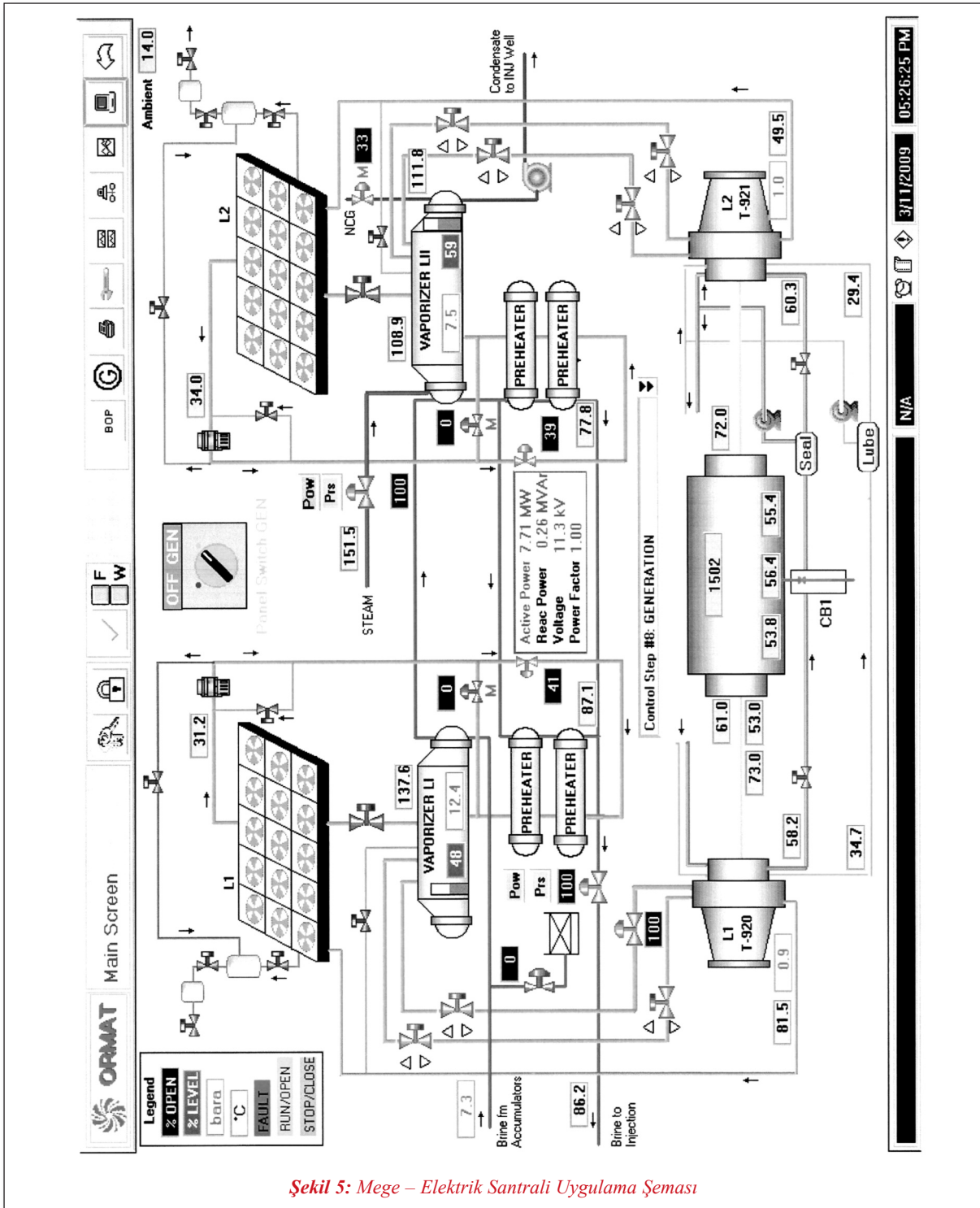
#### 4.1- MEGE- ELEKTRİK ÜRETİM SİSTEMİ (BİNARY)

Temel “Binary Santralleri” genellikle 176°C altındaki jeotermal sistemler ve/veya kuru sıcak kaya sistemlerinin akışkanları için en verimli çevrimlerdir. Bu çevrimler söz konusu olunca ortaya ORC (organic rankin cycle) ve (Kalina cycle) olmak üzere iki tür çevrim ortaya çıkmaktadır. Binary sistemler iki fazlı, kombine ve modüler olarak geliştirilmiş ve dönüşüm verimliliğinde kazanımlar elde edilmiştir (Şekil - 4).

MEGE – Jeotermal elektrik santralinde iki fazlı akışkandan elektrik üreten kombine ORC sistemdir. Bu kombine çevrim ünitesinde, yüksek basınçlı buhar atmosferik çıkışlı bir türbine (1. türbine) gönderilir. Birinci türbin seviyesinden gelen düşük basınçlı buhar ise binary sistemin buharlaştırıcısında yoğunlaştırılırken çalışma sıvısı buharları 2. türbine yönlendirilir. Sferatörde ayrılan sıcak su ise, ayrı bir binary



Şekil 4: Mege – Elektrik Santrali Sistem Şeması



Şekil 5: Mege – Elektrik Santrali Uygulama Şeması

çevriminde ek güç elde etmek için kullanılır. Bur da çalışma sıvısı (penton) türbini döndürdükten sonra hava soğutmalı kondansatörlerin organik çalışma sıvısı ile kullanımı, düşük basınçlı buharın kondansatörde vakum yaratmasından daha etkindir. Çünkü

yoğuşma ortamında pozitif basınca sahip çalışma sıvısı, düşük basınçlı buhardan daha az hacim kaplar. Yukarıdaki şema MEGE-ELEKTRİK santrali sistem şeması olup sistem ile ilgili çalışma şekli görülmektedir.(Şekil - 5)

### MEGE-Elektrik santrali sistem şemasından görüleceği veçhile;

1. Rezervuardan gelen sıcak su devresi: Buharlaştırıcılara (Vaporizer L1, L2) girdikten sonra, ön ısıtıcılara (Preheoter) girmekte oradan ise geri dönmektedir. (Enjeksiyon)
2. Buharlaştırıcılarda bulunan ikincil akışkan (Penton) buharlaşarak, Türbinlere girmektedir. (L1, L2) burada oluşan dönme ile alternatörde elektrik üretilmektedir.
3. İkincil akışkan (Penton), düşük basınçlı buhar olarak, hava soğutucularına gelmekte ve orda tekrar sıvılaşmaktadır. Sıvı penton tekrar buharlaştırıcılara gelmektedir.

Sistemden görüleceği gibi, iki buharlaştırıcı kullanılarak, jeotermal akışkanın ısısından yararlanmak suretiyle elektrik üretiminde ikinci türbin (L2) ile artı güç elde edilmektedir.

### SONUÇ:

Ülkemiz jeotermal enerji kaynakları açısından zengin potansiyele sahip bir ülkedir. Ancak, bu kaynaklardan

yeterince istifade edilmemektedir. Elektrik üretmek için yeterli saha miktarı azdır. Buna rağmen, elektrik üretimi için sahalar fazla kullanılmamaktadır.

Aydın – Salavatlı sahasında Türkiye bir ilk olan özel sektör (MEGE – Elektrik Üretim A.Ş.) tarafından kurulmuştur. Üretimde olan 8.5 MW'lık santrale ilaveten 11.5 MW santral inşaatı da devam etmektedir.

Bu tip santrallerin kurulması teşvik edilmelidir. Ancak bu şekilde yerel enerji kaynaklarının kullanılması ile enerjideki dışa bağımlılık azalabilecektir.

### KAYNAKLAR:

- Genel Enerji Kaynakları - Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.
- ISISAN – Yenilenebilir Enerjiler – Alternatif Sistemler Yayın No: 375.
- Jeotermal Enerji Seminer Kitabı - 2003 MMO Yayın No: 2003 / 328-4.
- MMO Enerji Etkinlikleri Sonuç Bildirgesi.
- MEGE- Menderes Geothermal Elektrik Üretim A.Ş. AYDIN.