

# JEOTERMAL SANTRALLARDA POMPA UYGULAMALARI

A. Özden ERTÖZ

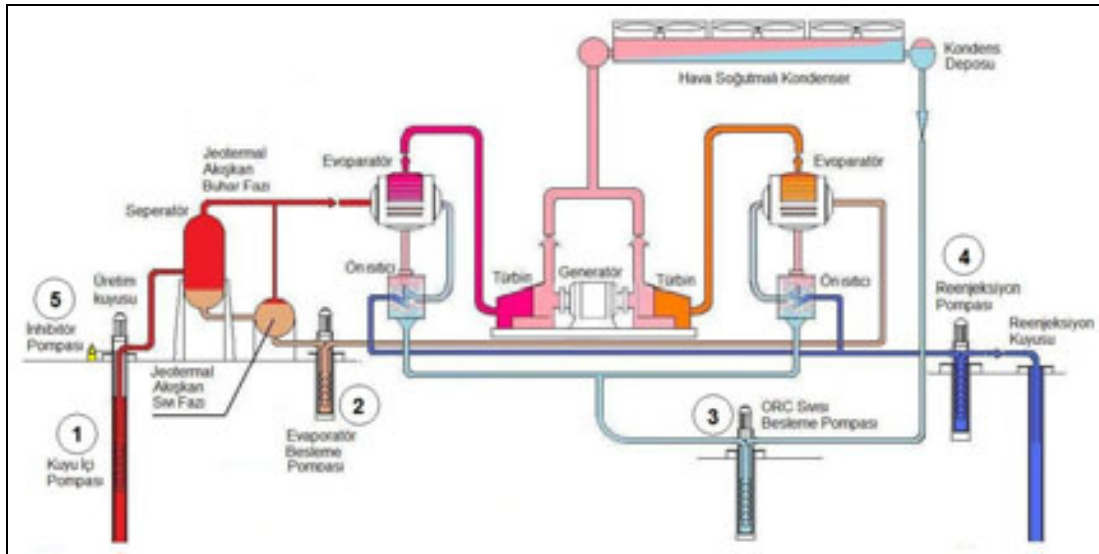
## ÖZET

Jeotermal santrallarda pompalar, jeotermal akışkanın üretilmesinde, üretilen akışkanın seperatörde ayrıştırılmasından sonra sıvı fazın evaporatöre basılmasında, evaporatörden çıkan ısı alınmış akışkanın geri basılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, kuyu içinde kabuklaşmayı ve korozyonu önleyen inhibitör sisteminde ve kondenserde yoğunlaştırılan ORC akışkanının ön ısıtıcı ve evaporatöre basılmasında da pompalar kullanılmaktadır. Bu bildiride kullanım yerlerine göre pompalarda aranan özellikler anlatılmaya çalışılacaktır.

## 1. GİRİŞ

Bir ORC santralının devre şeması Şekil 1' de gösterilmiştir. Bu santrallarda ORC akışkanının basıncını yaratan, jeotermal akışkanı evaporatöre gönderen ve en sonunda da enerjisi alınan akışkanı yeraltına basan da pompalardır. Bunlardan başka yangın pompaları, yatak soğutma pompaları ile kuyu içinde kabuklaşma ve korozyonu önlemek için inhibitörü kuyu içindeki faz ayrışma seviyesinin de altına basan da pistonlu veya diyaframlı pompalardır. Özetle jeotermal santrallarda pompalar başlıca dört maksatla kullanılmaktadır.

1. Jeotermal akışkanın pompalanmasında (1-2-4)
2. ORC veya Kalina çevrimlerinde akışkanın pompalanmasında (3)
3. İnhibitörün kuyu içine basılmasında (5)
4. Yangın pompaları



Şekil 1. ORC jeotermal enerji üretim şeması

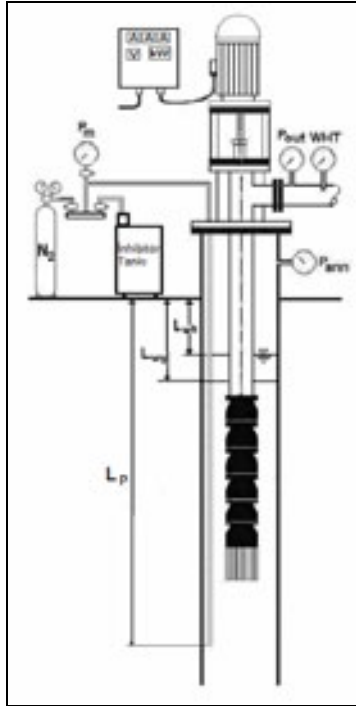
## 2. JEOTERMAL TESİSLERDE KULLANILAN POMPALAR

### 2.1. Kuyu İçi Pompaları

Jeotermal akışkanın üretilmesinde kullanılan dik milli pompalar montaj uzunlukları ve sıcaklık dayanımları ile dikkat çekmektedir. Başlıca üç tip Jeotermal pompa vardır. 60~80°C sıcaklıklara kadar kullanılan yatakları sıcağa dayanıklı hale getirilmiş derin kuyu pompaları maliyet avantajı sebebi ile kullanılmakta olup ömürleri azdır.

Daha yüksek sıcaklıklar için yapılan pompalarda en büyük problem pompanın çalıştırılması sırasında ilk gelen sıcak sular ile kolon boruları ve miller aynı hızla ısınmadıkları için uzama farklılıkları meydana gelmekte, pompa çarkları bu fark yüzünden yukarı doğru çekilmektedir. Bu yukarı çekilme iyi hesaplanmamışsa pompa çarkları ara çanaklara sürtmekte aşınma ve arızalara sebep olmaktadır. Ayrıca millerin pompalanan akışkanla temas edip kum vs. ile aşınmasının önlenmesi için miller mil muhafaza borusu içine alınmaktadır. Mil muhafaza boruları her 1,5 m aralıkla sıcaklığa dayanıklı özel yatak-manşonlarla birbirine eklenerek mil koruma altına alınmaktadır. Bu yapımın su ile yağlanan ve yağ ile yağlanan olmak üzere iki tipi bulunmaktadır. Su ile yağlamalı jeotermal pompalar, pompa çıkışından alınıp filtre edildikten sonra, yağlama sistemine bağlanan jeotermal akışkan ile yağlanmaktadır.

Memleketimizde Jeotermal akışkan üretiminde kullanılan en uzun dik milli pompa 220 metre uzunlukta olup en sıcak jeotermal akışkan pompası ise 145°C derecedir.



**Şekil 2.** Kuyu içi Pompası

Enerji üreten jeotermal tesislerimizde akışkan üretimi, artezyen yapan kuyulardan sağlanmakta olduğundan şimdilik kuyu içi pompasına ihtiyaç bulunmamaktadır. Yeraltında CO<sub>2</sub> basıncı azalmadığı sürece kuyu içi pompaları gerekmeyecektir.

1981 yılında ABD enerji bakanlığı pompa imalatçılarının jeotermal dalgıç pompa üretimini cesaretlendirmek ve ürettikleri pompaları gerçek şartlarda denenmeleri için East Mesa jeotermal sahasında bir pompa deneme istasyonu kurarak (EMPTF-East Mesa Pump Test Facility) pompa üreticilerinin kullanımına sunmuştur. ABD, Almanya ve Japonya'da, 200°C ye dayanıklı dalgıç pompalar üretilmektedir [1], [2], [3]. Jeotermal akışkan üretiminde dalgıç pompa kullanımı pompa montaj derinliği 200 m den daha fazla veya kuyularda eğrilik varsa kullanılmaktadır.

Ülkemizde jeotermal dalgıç pompa üretimi, normal sarılabilir dalgıç motorların daha yüksek sıcaklık dayanımlı (PE2+PA) tellerle sarılması ile üretilmeye çalışılmaktadır. En fazla 70-80°C ye kadar dayanabilen bu pompaların ömürleri uygulamada 5-6 ay civarında olmaktadır. 2~3 L/s debili ve düşük sıcaklıklı kuyularda yağ ile yağlanan 4" çapında motorlar ve metal yapılı pompalar kullanılmaktadır. Jeotermal dalgıç pompaların tümünde motorlar gereğinden bir veya iki boy büyük seçilerek motorun az ısınması hedeflenir.

Dik milli pompalarla dalgıç pompaların karşılaştırması Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Dik milli ve dalgıç pompaların karşılaştırılması

<b>Dik milli pompalar</b>	<b>Dalgıç pompalar</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daha az arıza yaparlar.</li> <li>• Kuyu eğriliklerine karşı hassastır.</li> <li>• Montajı zordur.</li> <li>• Geçici rejimlerde mil ve kolon borusu uzama farklılıkları hesaplanıp ona göre üretilmelidir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montajı daha kolaydır</li> <li>• Eğri kuyularda kullanılabilir.</li> <li>• Özel yapılmış elektrik motoru, özel kablo gerektirir.</li> <li>• Daha sık arızalanır.</li> </ul>

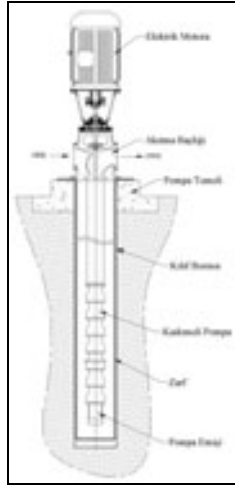
ABD'de enerji üretiminde kullanılan 450 m'ye indirilmiş dik milli pompalar bulunmaktadır. Bu pompalarda termal denge oluşuncaya kadar kolon borusu ve mil uzama farklılıklarının dengelenmesi çok önemlidir. Jeotermal kuyu içi pompaları ABD de yağ ile yağlamalı olarak imal edilmektedir. Ülkemizde üretilen akışkanın balneolojik maksatla da kullanılması için, su ile yağlamalı sistemler tercih ve imal edilmektedir.

Kuyu içi pompalarının belirlenmesi için Kuyunun debi-düşüm karakteristiği, faz ayrışma seviyesi, teçhiz planı, sıcaklık, süre-debi bilgileri, çıkış basıncı bilinmelidir.

## 2.2. Evaporatör Besleme Pompaları

Jeotermal akışkan seperatörde sıvı ve buhar fazına ayrıştırılır. Buhar kendi basıncı ile evaporatöre giderken, sıvı fazın evaporatöre pompa ile basılması gerekir. Burada dikkat edilecek nokta, seperatör sıvı seviyesi ile pompa mili arasındaki yükseklik farkının, seperatör ile pompa emişi arasında bulunan boru, dirsekler, pislik tutucu, vana gibi armatürlerde olan kayıpların toplamı ile pompanın NPSH (net pozitif emme yüksekliği) gereksinimi karşılayacak yükseklikten daha büyük olmasıdır.

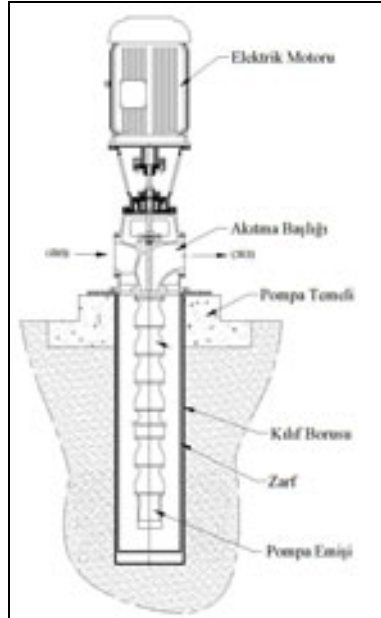
Uygulamada kayıplar ve NPSH toplamı 5 m. civarındadır. Halbuki seperatör sıvı seviyesi ile pompa mili arasındaki yükseklik farkı 1,5 m. civarında olmaktadır. Bu durumda ilk kademesi zeminden 3,5 m. aşağıda olan zarflı dik milli pompa kullanılması kaçınılmaz olacaktır Şekil 3. Bu yükseklik farkı gerçekleştirilemez ise pompa emişindeki pislik tutucuda akışkan buharlaşma sonucu kısa sürede kabuklaşma ile geçiş kesitleri gittikçe daralacak ve pompada kavitasyon şiddetlenecektir.



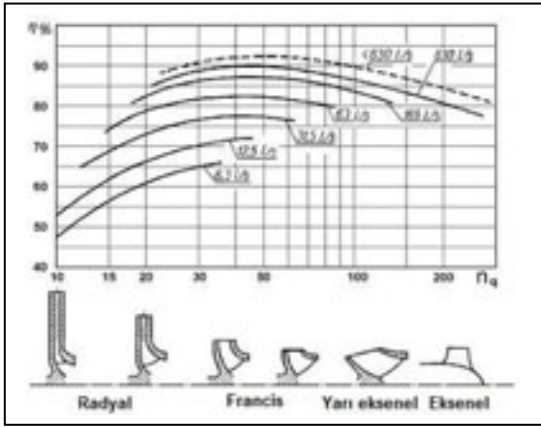
**Şekil 3.** Evaporatör besleme pompası.

### 2.3. Geri Basım Pompaları

Jeotermal akışkanın geri basılmasında pompa basınçları oldukça yüksek değerlere çıkmaktadır. Bu basınçlarda yatay milli kademeli pompalar yerine, zarflı pompa diye adlandırdığımız, in-line dik milli pompalar kullanılırsa hem yerden hem de enerji tüketiminden tasarruf yapılmış olacaktır. Şekil 4, 6. Bu konuyu biraz açacak olursak: Yatay milli kademeli pompalar, pompa uzunluğunu kısaltmak için çark çapları büyük olarak tasarlanır. Bunun sonucu olarak ta genişliği az çapı büyük olan çarklar elde edilir. Çark kanalları dar ve uzun olur. Çark sürtünme kayıpları çapın beşinci kuvveti ile orantılı olduğundan bu tip pompaların verimleri düşük olur. Şekil [5] (radyal çarklar). Dik milli pompalarda mil uzunluğu mil sehimli etkilemediği için daha çok kademeli yapılır. Kademe başına basma yükseklikleri az olduğundan çark çapları küçük kanal genişlikleri fazla daha çok kademeli olur. Çark tiplerine göre pompa verimlerini gösteren Şekil 5, debilere göre verim farklılıklarını göstermektedir [3].



**Şekil 4.** Geri basım pompası.



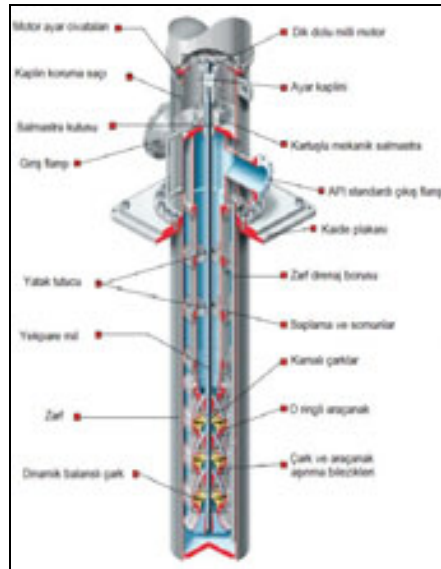
Şekil 5. Pompaların tiplerine ve debilerine göre verimleri [3]



Şekil 6. Geri basım pompaları

## 2.4. ORC/KALINA Çevrim Pompaları

ORC akışkanı genellikle pentan, izopentan gibi, sıvı halde viskozitesi düşük olan akışkanlardır. Kondenserde yoğuşan akışkanı evaporatöre basan bu pompanın basıncı, kuyu sıcaklığındaki ORC akışkan buhar basıncı ile en soğuk havadaki buhar basıncı farkından basınç kayıpları toplamı kadar daha büyük olmalıdır. Bu pompaların en yüksek ortam sıcaklığında kavitasyonsuz çalışabilecek kadar derine monte edilmesi gerekir. ORC akışkanının salmastralardan dışarıya kaçmaması için mutlaka mekanik salmastralı olmaları gerekir. Mekanik salmastralarda ORC akışkanına karışmaya uygun sıvılı bir dışarıdan basınçlandırma sistemi kullanılması tercih edilir. Bu pompalar da evaporatör besleme pompaları gibi zarflı tip pompalar olup ilave birtakım detayları vardır.



Şekil 7. ORC akışkan pompası

## 2.5. Dozaj Pompaları

Dozaj pompaları inhibitörü kuyuya basan pompalardır. Her ne kadar inhibitör aşağıya gönderilecekse de dozaj pompasının basıncının, kuyu başı basıncına inhibitör borusundaki sürtünmeleri ilave ederek bulunacak değere inhibitörün hareketsiz kalarak jelleşme tıkanıklığını açabilmek için de gerekli basıncın eklenmesi yararlı olacaktır. Yüksek basınçlı dozaj pompaları diyaframa hidrolik bir piston tarafından basınç uygulanarak çalışmaktadır. İnhibitörün kuyu dibinden gelen jeotermal akışkanla iyice karışmasını sağlamak için inhibitör borusu faz ayrışma derinliğinden takriben 50 m. daha aşağıya kadar uzatılmalıdır.



Şekil 8. Dozaj pompası

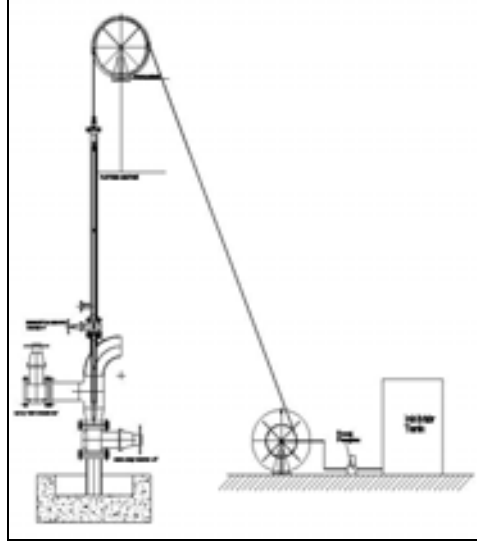
### 2.5.1. İnhibitör Dozaj Sistemi

İnhibitör dozaj sistemi şematik olarak şekil 9 da gösterilmiştir. Sistemin en alt ucunda bulunan ağırlık inhibitör borularının kuyu içinde gergin durmasını ve akışkanla sürüklenmesini önler. Ağırlığın üst ucunda difüzör bulunur. Difüzörün kuyu merkezinde bulunduran merkezleyicidir (centrilizer). İnhibitör borusunun difüzöre bağlandığı bölgede seviye ölçme hassasiyetini arttırmak amacıyla gaz hücresi bulunur. İnhibitör boruları 1/4" veya 5/16" ve kalın etli olup çok korozif olmayan kuyularda SS316L malzemeden yapılır. Kuyunun yeryüzündeki kısmında çıkış dirseği üzerine monte edilen adına lubrikatör denilen ağırlık ve difüzörü kuyuya indirip çıkarmaya yarayan bir düzenek vardır. Lubrikatör üst kısmında inhibitör borusu ve gerekirse kuyu içine indirilecek ölçme aygıtlarının (telin) sızdırmazlık sistemi bulunur. En yukarıda inhibitör borusunun lubrikatöre düzgün girmesini sağlayan yönlendirme tekeri ve çalışma platformu vardır.

## 2.6. Yangın Pompaları

Bütün ORC santrallerinde kullanılan ORC akışkanı son derece yanıcı ve parlayıcı özellikler taşır. Bundan dolayı yangından korunma çok önemlidir. Santralin herhangi bir yerinde yangın çıkarsa ORC tankının emniyeti için hemen ORC tankının soğuk tutulması için duşlama başlamalıdır. Bütün yangından korunma sistemi NFPA (National Fire Protection Association) kurallarına göre yapılmalıdır. Yangın pompalarının uyması gereken standart NFPA-20 dir. Bu standartta yangın pompalarının performans ve malzeme özelliklerine bazı şartlar getirilmiştir. Yangın pompalarında Çalışma ömrü boyunca maksimum güvenilirlik ve basınç değerlerinin sağlanması öngörülmüştür. Genel amaçlı pompalarda ise maksimum verim ve en düşük ömür boyu maliyet hedeflenir.

Yangın pompalarının gövdeleri GG 25 pik veya sfero döküm, pompa çarkları paslanmaz çelik veya bronz olmalıdır. Pompa milleri AISI-316 salmastraları yumuşak salmastra olmalı yatakları gres ile yağlanmalıdır. Pompa karakteristik eğrileri oldukça yatay olmalı kapalı vana durumunda basıncı tasarım basıncının %140'ını geçmemelidir. %150 debide de basıncı tasarım basıncının % 65 inden az olmamalıdır. Yangın pompaları hem yatay santrifüj, hem de dik milli olmakta, sigorta şirketleri bu kurallara uyulmasını şart koşmaktadır.



**Şekil 9.** İnhibitör dozaj sistemi

## SONUÇ

Jeotermal enerji den elektrik üretiminde pompalar önemli bir yer tutmaktadır. Henüz artezyenik olmayan kuyulardan elektrik enerjisi üretimi için bir girişim yoktur. Gerektiğinde uygun pompa üretimi de gündeme gelecektir. Bu gün için önemli olan, pompaların işletme güvenilirliği ile enerji tüketiminin az olması yani yüksek verimli pompaların kullanılmasıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] ICHIKAWA, S., YASUGA, H., TOSHA, T., KARASAWA, H., "Development of downhole pump binary cycle power generation using geothermal water". In: Proceedings of World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan, pp.1283-1288, 2000.
- [2] Baker Hughes "Centrilift Geothermal Brochure".
- [3] STEPHANOF A. J., "John Wiley & Sons", 1957
- [4] Barber Nichols Engineering, "East Mesa Pump Test Facility", DOE/SF/11556—T2 DE 004483

## ÖZGEÇMİŞ

### A. Özden ERTÖZ

1934 yılında İzmir'de doğdu. 1960 yılında İ.T.Ü.'den Makine Mühendisi olarak mezun oldu. 1960-1961 yıllarında Finlandiya'da pompa araştırma mühendisi olarak çalıştı. 1964 yılında Vansan Makina Sanayii'ni kurarak pompa imalatına başladı. 1964 yılından bugüne kadar çeşitli tipte dik milli pompalar üretti. Jeotermal pompalar konusunda uzun yıllar önce başladığı çalışmaları hala devam etmektedir. Pompalarda enerji verimliliği konusunda yaptığı çalışmalar ve sunduğu bildiriler ile jeotermal tesislerde enerji verimliliğini arttırmak için geliştirdiği zarflı pompalar, Balçovada sirkülasyon pompası, Salavatlıda reenjeksiyon pompası olarak kullanılmaktadır. Pompa Sanayicileri Derneği (POMSAD) kurucularındandır. Vansan Makina Sanayii adlı kendi firmasında derin kuyu pompaları, jeotermal pompalar, dalgıç pompalar, pis su pompaları ve çekvafler imal etmekte olup öğretim görevlisi olarak Dokuz Eylül ve Ege Üniversitelerinde 10 yıl Makina Mühendisliği Bölümü'nde Hidrolik Makineler dersi vermiştir.