



JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİNDE OPTİMUM MEKANİK TASARIM KRİTERLERİ

Optimum Mechanical Design Criteria In Geothermal Power Plants

Gökhan GÖYMEN
Kıvanç KAVLAK

ÖZET

Jeotermal enerji santrallerinde, santralin ana enerji kaynağı olan üretim kuyularının verilerinin değerlendirilmesi son derece kritiktir. Kuyu başlarındaki tasarımlarda, hem optimum separatör seçimleri hem de kısma vanası gereksinimlerinin tasarım aşamasında en uygun şekilde boyutlandırılması gerekir. İleride oluşacak kuyu verileri değişkenliklerine göre esnek çözümler tasarlanmalıdır. Santrallerin brine besleme hatlarının boyutlandırılmaları da esnek ve hem kuyu debi-basınç ilişkilerine hem de sonradan yapılacak bileşik yük değerlendirmelerine cevap verecek şekilde olmalıdır. Ortak boru hattının, optimum basınç ve debide çalışacak akıllı enerji yönetim modellemesiyle çalıştırılması, santral verimliliğini etkilemektedir. Santrale enerji transferinden sonra re-enjeksiyon pompaları ve re-enjeksiyon boru hatları tasarımı da hem işletme giderleri hem de çevresel faktörleri etkileyeceği için en uygun şekilde tasarlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Enerji Santrali, Optimum Tasarım, Mekanik Tasarım.

ABSTRACT

In geothermal power plants, it is crucial to evaluate the data of production wells which are the main energy source for the plants. For wellhead designs, both optimal separator sizing and requirements for reducing valves should be considered during design phase. Flexible solutions should be aimed for possible changes in well parameters. Brine supply pipelines of plants should be flexible to be able to meet the needs due to pressure and flow interconnection of the well, as well as possible load changes. Plant efficiency is affected by the common pipeline which operates with intelligent energy management model implementing optimal pressure and flow rate. After energy transferred to the plant, reinjection pumps and design of reinjection pipelines should be well-considered since they have impact on both management expenses and environmental factors.

Key Words: Geothermal Power Plant, Optimal Design, Mechanical Design.

1. GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilir enerji, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önem kazanmış ve halen gelişmekte olan bir ticari etkinlik olarak göze çarpmaktadır.

Enerjide dışa bağımlılık ve Türkiye’nin giderek büyüyen enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, sürekli büyüyen elektrik talebinin sürdürülebilir ve yerli kaynaklardan karşılanması, enerji gündemindeki en önemli konulardan birisidir.

Bu bildiride jeotermal enerjiyi, jeotermal enerji kuyularından santrale aktarmak için ihtiyaç duyulan kuyu başı ekipmanları ve enerji besleme boruları tasarımdaki optimum mekanik tesisat tasarım kriterlerinden bazıları irdelenmektedir.

2. KUYU BAŞI SEPERATÖR OPTİMUM TASARIMI

Kuyu başlarında bulunan seperatörler, 2 fazlı akış olarak kuyudan temin edilen akışkanın buhar ve kızgın suya ayrılması işleminde kullanılmaktadır.

Doğru seperatör tasarımı, buharın çift fazlı akışkandan yüksek verimlilikte ayrılması ve dolayısıyla santralin daha fazla elektrik üretip daha verimli çalışmasına olanak sağlamaktadır.

2.1. Seperatörde Seperasyon Prosesi

Seperasyon prosesi, termodinamiğin birinci kuralına uygun olarak basit bir ısı kütlesi dengesi uygulamasıdır. Prosesin düzgün çalışabilmesi için optimum seperasyon basıncının belirlenmesi gereklidir.

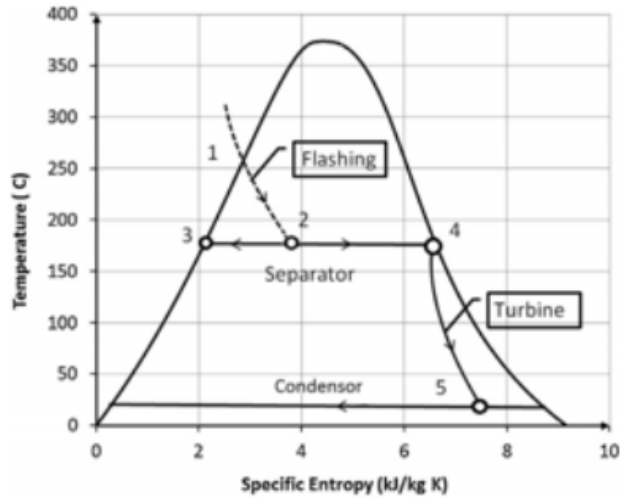
Aşağıdaki Grafik-1'de görüleceği üzere h_1 entalpisine ve m_f kütleli debisine sahip jeotermal akışkan sabit entalpide kuyudan seperatöre hareket ederken flashing operasyonuna maruz kalır. Seperatörün içerisinde doymuş su h_3 ve doymuş buhar h_4 oluşur. Bu durumdaki kütleli denge denklemini aşağıdaki şekilde oluşturulabilir.

$$m_w \times h_1 = m_b \times h_3 + m_s \times h_4$$

m_w : 2 fazlı akışkan kütleli debisi

m_b : brine kütleli debisi

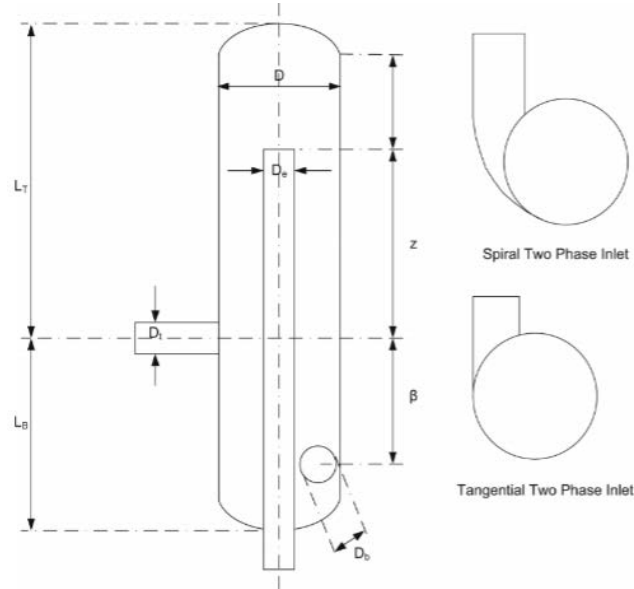
m_s : buhar (steam) kütleli debisi



Grafik 1. Sıcaklık Entropi Diyagramı. [1].

2.2. Dik Tip Seperatör Tasarımı

Dikey tip seperatörler temel prensip olarak, vorteks akımının oluşturduğu santrifüj etki ile sıvıyı seperatör çeperine, buharı ise orta noktada toplamak suretiyle ayrıştırma yapmaktadır.



Şekil 1. Dik Tip Seperatörde Ölçülendirme. [1].

Enerji santralını besleyen kuyu başlarında bulunan seperatör boyutları, yüksek verimli seperasyon için, Bangma (1961) ve Lalalde-Crabtree (1984) tarafından oluşturulan boyut belirleme metodlarına göre düzenlenmelidir.

Tablo 1. Dik Tip Seperatörlerde Boyut Belirleme Metodları. [1].

| Parameter | Bangma (1961) | Lalalde-Crabtree (1984) |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------|
| D | $3D_t$ | $3.3D_t$ |
| D_e | $0.8D_t^a$ or $1D_t^b$ | $1D_t$ |
| D_b | $1D_t$ | $1D_t$ |
| α | $3D_t$ | $-0.15D_t^c$ |
| β | $3D_t$ | $3.5D_t$ |
| Z | $3D_t^a$ or $4D_t^b$ | $5.5D_t$ |
| L_T | $7D_t$ | $\approx 6D_t$ |
| L_B | $4.5D_t$ | $>4.0D_t$ |
| A_o | Circle; $A_o = \frac{1}{4}\pi D_t^2$ | Rectangle; $A_o = A_e \cdot B_e$ |

D_t is inlet pipe diameter.

^a Tangential inlet.

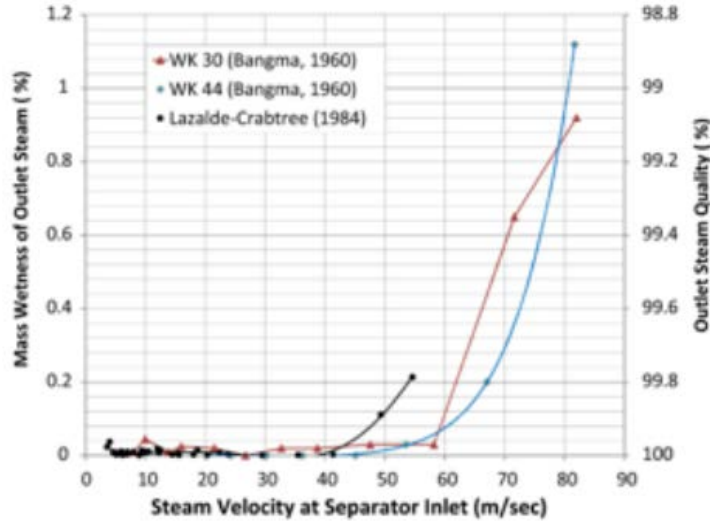
^b Spiral inlet.

^c The negative sign implies it is up in the domed end.

Seperatörden çıkan buharın kalitesi seperatöre giren akışkan koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Akışkan (iki fazlı akışkan) hızı arttıkça belirli bir değere kadar seperatör verimi yüksek kalmakta bu hızı aşan değerlerde ($>42\text{m/s}$) seperatör verimi dramatik olarak düşmektedir.

Aşağıdaki grafikten görüleceği üzere seperatör giriş borusundaki akışkan hızı 30m/s ile 40m/s aralığında seperatör verimi maksimum düzeyde olmaktadır.

Bu veriler ışığında; kuyu başlarında bulunan seperatörlerin, çift fazlı akışkan giriş borusu çaplarının doğru olarak tayini de, seperatördeki seperasyon verimi açısından son derece önemlidir.



Grafik 2. Seperatörlerde Akışkan Giriş Hızına Bağlı Verim Eğrisi. [1].

3. SANTRAL BESLEME HATLARINDA BORU GÜZERGÂHI VE BORU ÇAPI TAYİNİ

Jeotermal enerji sistemleri çok sayıda farklı disiplinin çerçevesinden değerlendirilmesi gereken bütünsel yaklaşım metodlarının toplamıdır. Yaklaşım metodlarını oluşturan disiplinlerden biri de enerji taşınımını sağlayan ve jeotermal enerji santrallerine enerjiyi ulaştıran borulama tesisatıdır.

Borulama tesisatıyla enerji taşınımının tasarımında bir dizi tasarım aşamalarının uygulanması gereklidir. Aşağıda bu tasarım aşamaları sıralanmıştır;

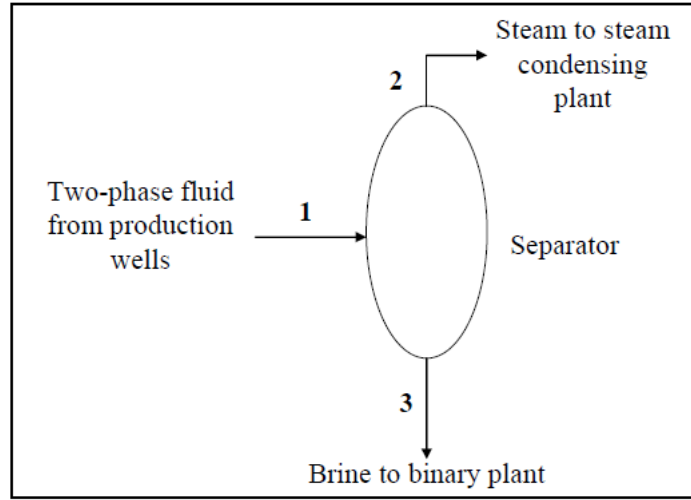
- Enerji santralının yerleşeceği sahanın plankote haritalarıyla kuyu noktaları göz önünde bulundurularak ön borulama güzergahı belirlenir. Borulama güzergahı belirlenirken yerel yaşam alanları, ulaşım yolları, optimum inşaat ve mekanik maliyetler göz önünde bulundurulur.
- Boru tesisatıyla taşınacak akışkanın tip, debi, sıcaklık, basınç vb. bilgilerine göre kullanılacak borudaki sıcaklık ve basınç dayanımı, korozyon direnci seçilerek boru özelliklerine ve hat çaplarına karar verilir.
- Bilgisayar destekli modelleme ve analiz programlarında, belirlenen borulama güzergahları oluşturulur. Genleşme elemanları ve sabit mesnet noktaları belirlendikten sonra, boru hatları için stress analizi yapılarak mesnet yükleri bulunur. Mesnet yükleri hesaplanırken ısı genleşme, boru ağırlık, deprem, rüzgar vb. tasarım parametreleri göz önüne alınmalıdır.
- Buhar ve kondens hatlarında boru eğimlerine karar verilip ve kondens toplama noktaları belirlenir.

Hat boyutlandırılmaları; hem değişken olabilen kuyu debi değerleri ve sisteme giriş yapması muhtemel kuyular göz önüne alınarak esnek şekilde, hem de ilk yatırım ve işletme maliyetleri düşünülerek mümkün olduğunca optimum şekilde yapılmalıdır.

Alttaki görselde, kuyudaki çift fazlı akışkanı seperatöre ileten (1), seperasyon sonucu santrali besleyen buhar (2) ve brine (3) hatları şematik olarak verilmektedir.

Yapılan literatür çalışmalarında 2 ve 3 nolu boru hatları için maksimum hız kriterleri aşağıdaki gibi olmaktadır. [2].

- 2 numaralı buhar hattı için maksimum hız 30 m/s
- 3 numaralı brine hattı için maksimum hız 1,5 m/s



Grafik 2. Buhar ve Brine Hatları Şematik Gösterimi. [3].

4. KUYU BAŞI SEPERASYON BASINCI TAYİNİ VE BRINE TRANSFER POMPASI SEÇİMİ

Kuyu başı seperasyon noktası tayini ve brine transfer pompası seçimi, kuyulardan alınacak enerjinin verimliliği ve elektrik iç tüketim maliyetleri açısından kritiktir.

Pompalı üretim yapan tesislerde, brine pompası seçiminde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Kuyu başı seperasyon basıncı (seperatör çıkış basıncı)
- Kuyu basınç ve debi değerleri
- Kuyu başı ile reenjeksiyon havuzu arasındaki kot farkı
- Santral giriş basıncı ve boru basınç kaybı (hidrolik analiz)

4.1. Seperasyon Basıncı Tayini

Kuyubası seperasyon basıncı, seperatör içerisinde flashing operasyonu sonucunda akışkan içerisindeki sıvı ve gazların ayrıştırıldığı basınçtır.

Seperatörde ayrılan buhar ve akümülatörde biriken sıvı, akümülatör tankı ile seperatör arasındaki yastıklama hattı nedeniyle eş basınçlardadır. Yani başka bir deyişle; akümülatör tankı ile seperatör, birleşik kaplar olarak kabul edilip, içerisinde de buharı ile dengede olan sıvı bulunmaktadır.

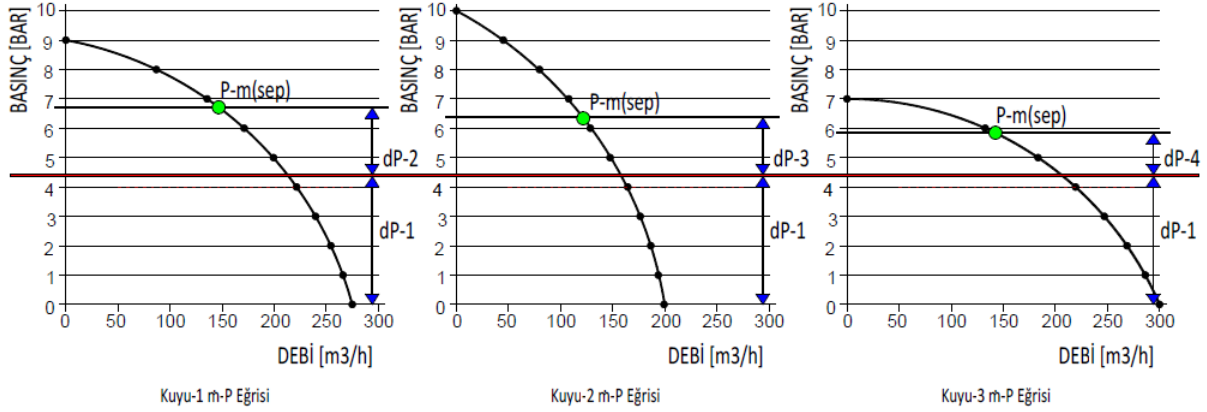
Akümülatör tankından pompalanmak üzere emilen brine, birden fazla kuyu başı brine transfer pompasının pompalama yaptığı bir boru ağına iletilmektedir.

Benzer şekilde; buhar ise, sadece seperasyon basıncı sayesinde ve herhangi bir sıkıştırma işlemi olmadan, buhar boru ağına iletilip santrale ulaşmalıdır.

Debi ve basınç değerleri birbirinden farklı karakteristikte olan kuyuların, özellikle buhar transferi düşünüldüğünde, aynı boru ağına, yani aynı hidrolik devrede, birbirleri ile uyumlu olarak çalışabilmesi için, boru ağındaki basıncın mümkün olduğunca eş seçilmesi gereklidir. Bu nedenle kuyubası seperasyon basıncının doğru belirlenmesi, kuyulardan alınan enerjinin santrale ulaştırılması için son derece kritiktir.

Örnek olarak; aşağıdaki grafikte, birbirinden farklı üç kuyunun debi – basınç değişim eğrisi verilmektedir. Grafik üzerindeki sabit çizgi, ortak boru ağı için seçilen eş basınç (dP1) değerini temsil etmektedir. Bahsedilen eş basınç değeri, santral için belirlenmiş olan eşanjör minimum giriş basıncı ve kuyu çıkış basınçları göz önüne alınarak belirlenmelidir. Grafik üzerinde belirtilen diğer basınç değerleri ise (dP2, dP3, dP4), buharın boru hattı ile santrale kat ettiği yol boyunca gerçekleşen basınç düşümlerini ifade etmektedir.

Yukarıda ifade edilen yöntem ile kuyubaşı seprasyon basıncı belirlendikten sonra, bu basınç değerine karşılık gelen debi üzerinden kuyubaşı brine pompası boyutlandırılabilir. Kuyubaşı brine pompa seçimi, bir sonraki başlıkta detaylı olarak açıklanmaktadır.

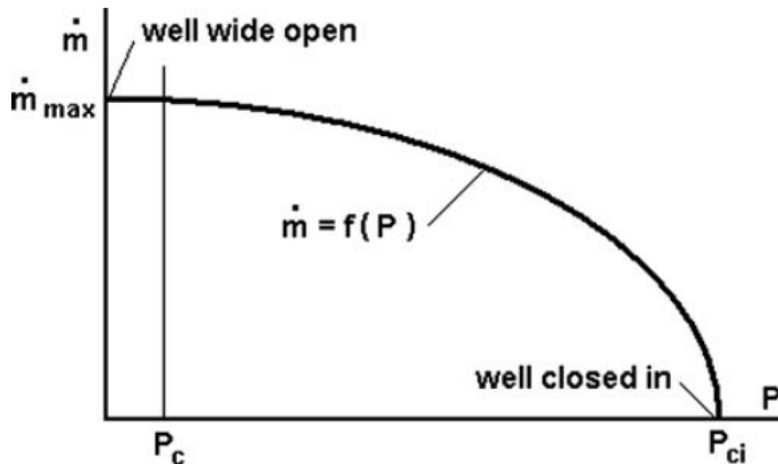


Grafik 3. Kuyu Örnek Basınç-Debi Eğrileri ve Kuyubaşı Seperasyon Noktası.

- dP(1) = Boru ağı ortak basıncı [bar]
dP(2) = Kuyu-1 buhar hattı basınç düşümü [bar]
dP(3) = Kuyu-2 buhar hattı basınç düşümü [bar]
dP(4) = Kuyu-3 buhar hattı basınç düşümü [bar]
P-m(sep) = Kuyu başı seprasyon noktası

Yukarıdaki yöntem alternatif olarak; kuyunun vana tam-açık ve vana tam-kapalı debi-basınç parametreleri biliniyor ancak vana yarı-açık debi-basınç parametreleri bilinmiyor ise herhangi bir vana yarı-açık durumu için basınç değerlerini, debinin bir fonksiyonu olarak kullanıp, debi değeri hesaplanabilir.

$$\dot{m} = \dot{m}_{max} \sqrt{1 - (P/P_{ci})^2}$$



Grafik 4. Kuyu Basınç-Debi Eğrisi Fonksiyonu. [4].



4.2. Brine Pompası Seçimi

Aynı boru ağına pompalama yapan ve farklı kuyu başlarında bulunan pompaların basınç – debi değerleri arasındaki ilişki, kuyulardan alınacak enerji miktarı ve pompa verimliliği açısından önem teşkil etmektedir.

Kuyu başı pompasının doğru seçimi için, pompa terfi değerinin, yani pompanın basınçlandığı akışkanın santrale kadar izlediği güzergâh boyunca kaybettiği basıncın iyi analiz edilmesi gereklidir.

Akışkanın boru içerisinde kat ettiği yol boyunca meydana gelen basınç kayıpları ikiye ayrılmaktadır.

Birincisi; akışa ters yöndeki sürtünme kuvvetinden meydana gelen kayıplardır. Bu kayıplara sürekli kayıplar denir. Sürekli kayıplar, düz bir boruda meydana gelen kayıplardır.

İkincisi ise akım yönünde veya akış kesitinde meydana gelen değişimler sonucu oluşan kayıplardır. Bu kayıplara yerel kayıplar denir. Yerel kayıplar, dirsekler, ani daralma ve genişlemeler, bağlantı elemanları gibi etkenler ile ortaya çıkan kayıplardır.

Bu kayıpların bilinmesi, doğru pompalama gücünün hesaplanmasında, doğru sistem tasarımı yapılmasında oldukça önemlidir.

Hazen-Williams formülü, türbülanslı akış şartlarında ($Re \geq 2000$) her türlü sıvı ve gaz akışkanlar için, dolu akış şartlarında (basıncılı akış şartlarında) ve yüksek hızlı olmayan ($V \leq 7-8$ m/s) akışlar için, sürekli ve yerel kayıpların hesaplanabilmesi için uygulanabilir bir eşitliktir.

$$\Delta p = 6.819L \left(\frac{V}{C} \right)^{1.852} \left(\frac{1}{D} \right)^{1.167} (\rho g)$$

| | |
|------------|--|
| Δp | = Birim borudaki basınç düşümü (Pa) |
| L | = Eşdeğer boru boyu |
| V | = Akışkanın boru içindeki hızı (m/s) |
| C | = Sürtünme katsayısı |
| C | = 120 (yeni olmayan çelik boru için) |
| D | = Akışın olduğu borunun iç çapı (m) |
| ρ | = Akışkanın yoğunluğu (kg/m ³) |
| ρ | = 960 kg/m ³ |
| g | = Yerçekimi ivmesi (m/s ²) |
| g | = 9,81 m/s ² |

Sürekli kayıpların hesaplanabilmesi için borunun gerçek uzunluk değerinin bilinmesi yeterli iken, yerel kayıpların hesabında ise eşdeğer boru boyunun bilinmesi gereklidir.

Eşdeğer boru boyu; borular üzerinde bulunan vana ve fittingslerin basınç düşümlerinin boru uzunluğu (m) cinsinden değerlerinin toplamıdır. Eşdeğer boru boyu hesaplamalarında aşağıdaki tablodaki değerler kullanılmalıdır.

Tablo 2. Vana ve Fittings Eşdeğer Boru Uzunlukları. [5].

| Equivalent Loss Lengths for Various Fittings | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Diameter | 90° Standard Welded Elbow (long radius) | Welded Tee Straight Through | Welded Tee Through Branch | Globe Valve, Full Open | Gate Valve, Full Open | Butterfly Valve (same as gate valve) | Check Valve (same as globe valve) |
| | m | m | m | m | m | m | m |
| DN150 | 3.00 | 3.00 | 9.00 | 52.00 | 2.10 | 2.10 | 52.00 |
| DN200 | 4.00 | 4.00 | 12.00 | 62.00 | 2.70 | 2.70 | 62.00 |
| DN250 | 4.90 | 4.90 | 15.00 | 85.00 | 3.70 | 3.70 | 85.00 |
| DN300 | 5.80 | 5.80 | 18.00 | 98.00 | 4.00 | 4.00 | 98.00 |
| DN350 | 7.00 | 7.00 | 21.00 | 110.00 | 4.60 | 4.60 | 110.00 |
| DN400 | 7.90 | 7.90 | 24.00 | 125.00 | 5.20 | 5.20 | 125.00 |
| DN450 | 8.80 | 8.80 | 26.00 | 140.00 | 5.80 | 5.80 | 140.00 |
| DN500 | 10.00 | 10.00 | 30.00 | 160.00 | 6.70 | 6.70 | 160.00 |
| DN600 | 12.00 | 12.00 | 35.00 | 186.00 | 7.60 | 7.60 | 186.00 |
| DN650 | 14.40 | 14.00 | 39.00 | 206.00 | 8.50 | 8.50 | 206.00 |
| DN700 | 17.40 | 16.00 | 42.00 | 228.00 | 9.50 | 9.50 | 228.00 |
| DN750 | 20.40 | 18.00 | 46.00 | 250.00 | 10.60 | 10.60 | 250.00 |

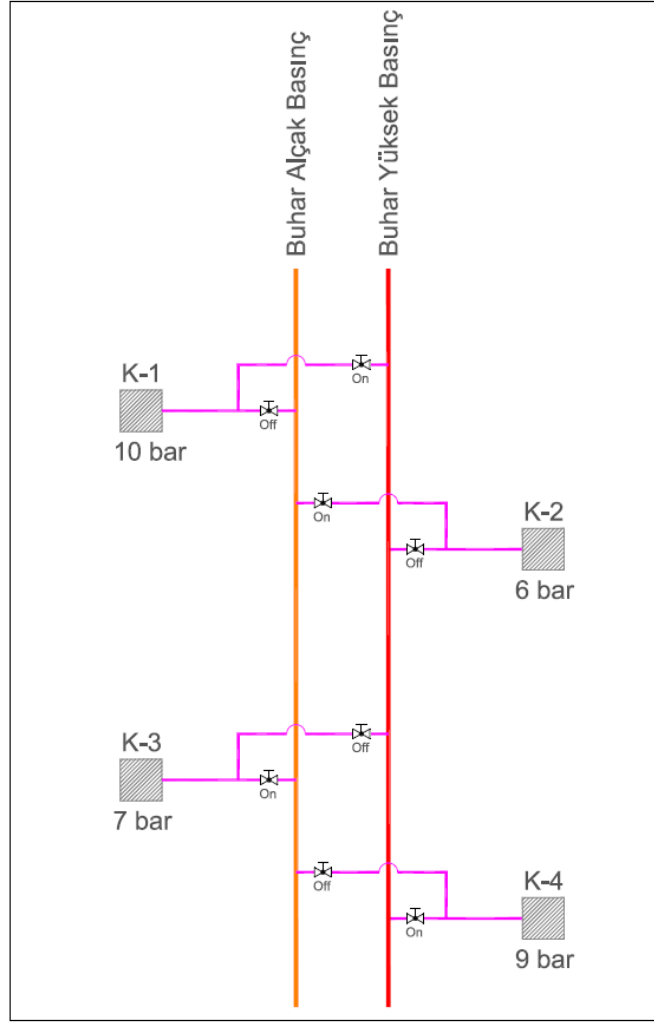
5. BUHAR TRANSFERİ İÇİN ALTERNATİF YAKLAŞIM METODU

Jeotermal enerji sistemlerinde kuyuların enerji davranışları jeolojik etmenlere, kuyu kullanımına ve saha işletmesine bağlı olarak dönemsel değişiklikler göstermektedir. Bu enerji değişkenlikleri nedeniyle hedef üretim kapasitesini yakalayabilmek ve buhar boru hatlarında basınç değişimlerini en aza indirebilmek işletmeler için önemli hususlardan biridir.

Kuyu çıkış hatlarındaki buhar basıncı, artezyenik kuyu çıkış basıncına ve buna bağlı olarak seperatörde oluşan seperasyon basıncına bağlıdır. Bu bilgiye istinaden; santral boru ağına bağlanan kuyu çıkışı boru buhar basıncı ile kuyu basınç-debi değerleri arasında güçlü bir ilişki vardır.

Kuyu çıkış basıncının zaman içerisinde değişimi veya santral boru ağına yeni kuyular eklenmesi nedeniyle, boru ağındaki denge basıncı değişiklik gösterebilir. Bu değişimin bir sonucu olarak, bazı kuyulardan alınan buhar, basınç yetersizliği sebebiyle santrale iletilmeyebilir.

Kuyu buhar basınçlarındaki değişkenliklere cevap verebilecek ve bakım periyotlarında da esneklik sağlayabilecek alternatif buhar transferi metodu; yüksek basınçlı ve alçak basınçlı kuyuların kabul edilebilir buhar basınç aralıklarına göre gruplanarak bağımsız iki ayrı hat ile yani yüksek basınçlı buhar hattı ve alçak basınçlı buhar hattı olarak santrallere ulaştırılmasıdır.



Grafik 5. Buhar Hatları Alternatif Bağlantı Şeması

Yukarıda, örnek bir santral için oluşturulan alternatif bağlantı şemasından da görülebileceği gibi; her kuyu başında, kuyu testleri sonucunda ortaya çıkan basınç değerleri verilmiştir. Grafikten takip edilebileceği üzere; santral sahasında bulunan dört kuyunun da kabul edilen basınç değerleri birbirlerinden farklıdır.

Kuyu buhar hatlarının, göreceli olarak, alçak basınç ve yüksek basınç sınıflarında gruplandırılması sırasında, enerji santralinin minimum giriş basıncı ve seçilecek olan kuyu başı seperasyon basınçları göz önüne alınmalıdır.

Hidrolik olarak birbirinden ayrılmış yüksek basınç ve düşük basınç buhar transfer hatlarının, santral sahasında da birbirinden farklı eşanjörlere bağlanması gereklidir. Böylece; kuyudan santrale kadar, farklı basınçlarda oluşturulmak istenilen hidrolik devreler birbirlerinden tamamen ayrılmış olur. Farklı eşanjörlere bağlanması istenilen hatların debilerinin, eşanjör tasarım debilerini sağladığından da emin olunmalıdır.

Açıklanan yöntem ile boru ağında yapılan herhangi bir değişiklik nedeniyle, kuyulardan buhar alınamama sorununun önüne geçilmesi ve işletmesel esneklik hedeflenmektedir.

Önerilen yöntem henüz hiçbir santral BOP tasarımında denenmemiş olup, zaman içerisinde karşılaşılan sorunlar sonucunda geliştirilen bir çözüm yaklaşımıdır ve tartışmaya açıktır.

6. SONUÇ

Günümüzde, giderek artan enerji ihtiyacı ve enerji kaynaklarına ulaşımındaki zorluk, enerji temin maliyetlerini yukarı çekmektedir. Bu sebeple ülkemizde, enerji ihtiyaçlarının yerli kaynaklar ile karşılanarak enerjide dışa olan bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir.

Bu bağlamda, ülkemizde ve dünyada sürdürülebilir enerji kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Günümüzde, dünya genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık yüzde 20'si yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilirken, ülkemizde ise toplam elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 35'i sürdürülebilir enerji kaynaklarından temin edilmektedir. [6].

Jeotermal enerji ile elektrik üretimi, son yıllarda ülkemizde de önem kazanmaya başlamıştır. Türkiye genel kapasite bakımından dünyada sekizinci sırada yer almakla birlikte, 2015 yılında gerçekleşen kapasite artışı bakımından ise dünyada ilk sıradadır. [6].

Enerjiye ulaşımın zor, üretimin ve iletimin zahmetli ve maliyetli olduğu düşünüldüğünde, jeotermal enerji transferinin de verimli, esnek ve işletmenin zaman içerisinde değişen taleplerine cevap verebilecek nitelikte olarak tasarlanması gereklidir.

Yapılan BOP tasarımları bu perspektiften düşünülmeli, yatırımcı tarafında ise dış saha mekanik projelerine gereken önem verilmelidir. Bu sayede enerji, santrale daha verimli şekilde ulaştırılırken, gereksiz enerji kayıplarının da önüne geçilmiş olur.

KAYNAKLAR

- [1] Sadiq J. Zarrouk, Munggang H. Purnanto, 2014: Geothermal steam-vapor separators: Design overview
- [2] SKM, 2005: NW-Sabalan geothermal feasibility study. SUNA and Sinclair Knight Merz
- [3] Behnam Radmehr, 2005: PRELIMINARY DESIGN OF A PROPOSED GEOTHERMAL POWER PLANT IN NW-SABALAN AREA, AZERBAIJAN-IRAN
- [4] Ronald DiPippo, Geothermal Power Plants, Table 7.13
- [5] Mohinder L. Nayyar, Piping Handbook, Table C9.10aM ve Table C9.10bM
- [6] E. Karagöl, İ. Kavaz, Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, 2017

ÖZGEÇMİŞ

Gökhan GÖYMEN

1983 yılı Ankara doğumludur. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. 2008 yılında GMD Mühendislik'te iş yaşamına başlamış ve halen GMD Mühendislik'te Makina Mühendisi olarak iş yaşamını sürdürmektedir. Bina mekanik tesisat dizaynı, jeotermal santral BOP projelendirme, doğalgaz kompresör istasyonları BOP ve proses projelendirme, eşanjör tasarımı, bilgisayarlı akışkanlar dinamiği, bina enerji analizleri konularında çalışmaktadır.

Kıvanç KAVLAK

1988 yılı Ankara doğumludur. 2011 yılında Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. 2012 yılında GMD Mühendislik'te iş yaşamına başlamış ve halen GMD Mühendislik'te Makina Mühendisi olarak iş yaşamını sürdürmektedir. Bina mekanik tesisat dizaynı, jeotermal santral BOP projelendirme, bilgisayarlı akışkanlar dinamiği, bina enerji analizleri konularında çalışmaktadır.