



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Binary Santrallerde Çalışma Akışkanı Olarak Kullanılan n-Pentan'ın Patlama Riskinin İncelenmesi

Ahmet OVEN^{a,*}, Alper ERGÜN^b, Emre ERDOĞAN^c, Gonca AKSOY KOÇ^c, Salih ÖZKAN^c

^a Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE

^b Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

^c Tuzla Jeotermal Enerji A.Ş., Çanakkale, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi : alperergun@karabuk.edu.tr

ÖZET

Günümüzde artan enerji ihtiyacını karşılamak için ülkemiz ve dünya genelinde birçok alternatif çalışma yapılmaktadır. Ülkemizin jeotermal kaynaklar açısından oldukça zengin olduğu bilinmektedir. Modern teknoloji ile birlikte, jeotermal enerjiden elektrik üreten santral miktarı da her geçen gün artmaktadır. Yapılan bu çalışmada, binary santrallerde çalışma akışkanı olarak sıkça kullanılan Pentan'ın 1mm²'lik bir kesit alanından sızması durumunda ortaya çıkan patlama riski incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda n-Pentane akışkanının 2 m yüksekte bir depo veya boru hattında bulunması durumundaki sızıntı debisi, sıvı fazındayken 0,00883 kg/sn, gaz fazında ise 0,000468 kg/sn olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre, herhangi bir sızıntının tehlikeli patlamalara yol açabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pentan patlaması, jeotermal enerji santralleri, Binary.

The Explosion Risk Analysis of n-Pentane, Used in Binary Power Plants

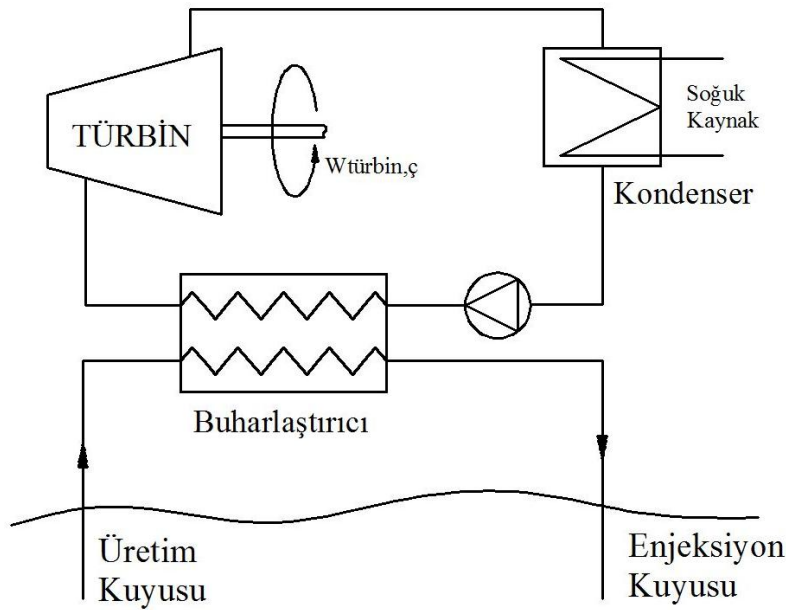
ABSTRACT

Today there are many alternative studies to meet the ever-increasing need of energy. Our country is known to be quite rich with geothermal resources. With modern technology, the number of power plants which generate electricity from geothermal energy is increasing. In this study, the explosion risk of leaking n-Pentane through 1 mm² crack is analyzed, which is used frequently in binary power plants as working fluid. At the end of the study, leaking mass flow rate of n-Pentane fluid while in a depot or pipe-line at 2 m height was calculated as 0,00883 kg/sec in liquid state and 0,000468 kg/sec in gas state. According to these values it was observed that, any leakage can cause the dangerous explosions.

Keywords: Pentane explosion, geothermal power plant, binary.

I. GİRİŞ

GÜNÜMÜZDE ilerleyen teknoloji ve gelişmişlik seviyesindeki artış nedeniyle, ülkelerin enerji ihtiyacı da giderek artmaktadır. Ülkemizde hızlı gelişen bir ülkeler arasında yer almakta ve bununla beraber enerji ihtiyacı da her geçen gün artmaktadır. Ülkemiz temel enerji ihtiyacını ithal ederek karşılamaktadır. Bu nedenle küçük seviyede elektrik üreten jeotermal santrallerin önemi giderek artmaktadır. Günümüz teknolojisiyle jeotermal enerjiden binary santraller aracılığıyla elektrik üretmek mümkün hale gelmiştir. Binary santrallerde jeotermal akışkana (brine) ek olarak ikinci bir çalışma akışkanı daha kullanılmaktadır. Bu akışkanlar kapalı devre çalışan ve suya göre daha düşük sıcaklıklarda buhar fazına geçen organik akışkanlardır. Organik akışkanlar kullanılarak çalıştırılan bu çevrime organik rankine çevrimi denilmektedir. Sistemin çalışma prensibi Şekil 1’de gösterilmiştir. Üretim kuyusundan elde edilen jeotermal su bir buharlaştırıcıdan geçerek enjeksiyon kuyusuna gönderilir. Bu sırada buharlaştırıcı içerisinde bulunan organik akışkan ısınarak faz değiştirir, pompa aracılığıyla basınçlandırılan organik akışkan türbinde mekanik işe çevrilir. Kondenserden geçtikten sonra sıvı fazında pompaya gelir ve sistem bu kapalı döngüde devam eder.



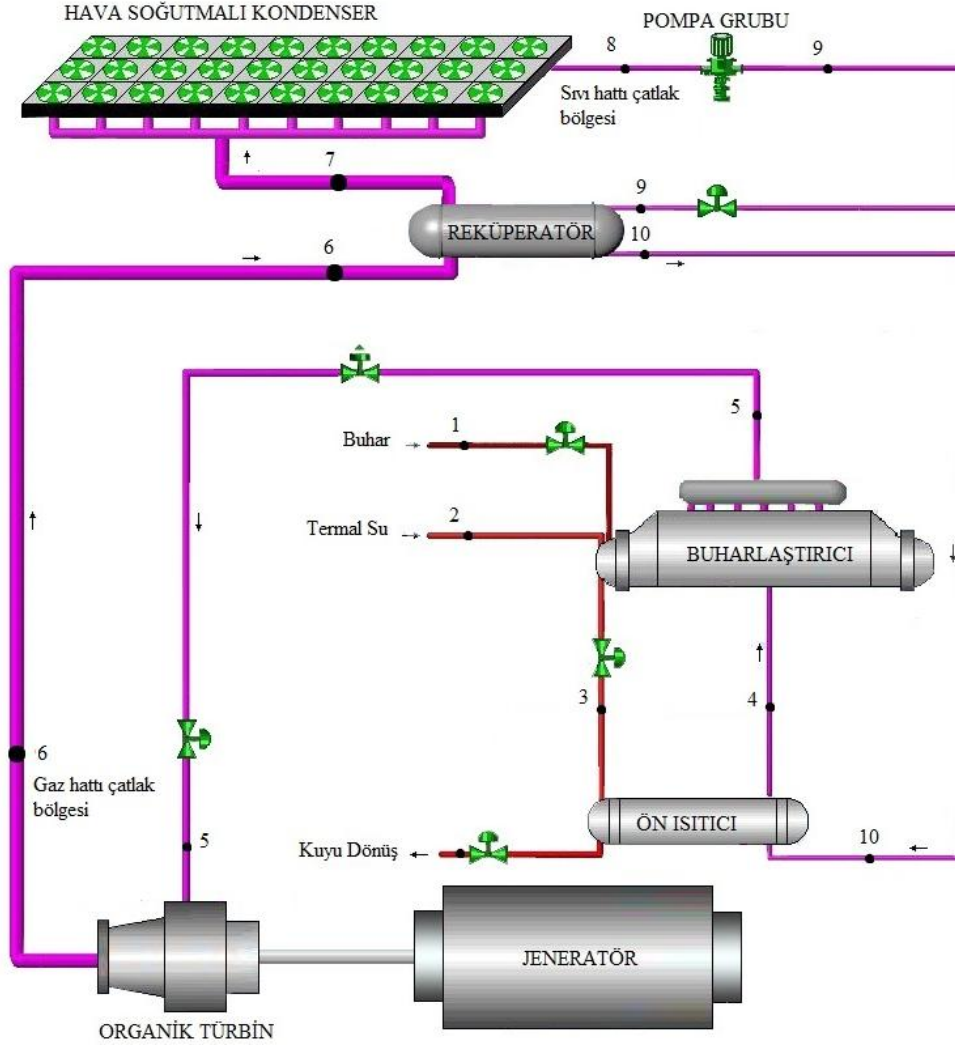
Şekil 1. Binary (ikili) elektrik santrali [1].

Ülkemizde üretim lisansı alan 27 jeotermal santralin 17 tanesi binary çevrim prensibine göre çalışmaktadır [2,3]. Bu santrallerinde büyük bir kısmında çalışma akışkanı olarak n-Pentane akışkanı kullanılmaktadır. n-Pentane akışkanı patlayıcı ve alev alıcı bir akışkandır. 285°C'yi geçen bir yüzeye temas ettiği zaman tutuşabilir, kaçaklar aracılığıyla ortamda oluşacak pentane gazı, elektrik ekipmanları ile temas ettiği zaman yangın riski ortaya çıkabilir [4,5]. Bu nedenle özellikle iş sağlığı ve güvenliğinin ön plana çıktığı günümüzde bu risklerin doğru bir şekilde değerlendirilip analiz edilmesi gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada, binary santrallerde çalışma akışkanı olarak sıkça kullanılan Pentan'ın 1mm²'lik bir kesit alanından sızması durumunda ortaya çıkan patlama riski incelenmiştir.

II. MATERYAL ve METOD

Binary santrallerde n-Pentane akışkanı buharlaştırıcı çıkışından itibaren gaz fazında ve kondenser çıkışından sonra sıvı fazındadır. Bu nedenle gaz ve sıvı fazı için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma Çanakale ilinde bulunan bir santral üzerindeki verilerden faydalanılarak yapılmıştır. Santrale ait çalışma şeması ve varsayılan çatlak bölgeleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Santralin çalışma prensibi ve çatlak noktaları

Şekilde görüldüğü üzere 6 noktası türbin çıkış noktasıdır ve burada n-Pentane akışkanı gaz fazındadır. 8 noktası ise akışkanın sıvı olduğu noktadır. Bu çalışmada bu iki noktada çatlak olduğu varsayılmıştır. Bu iki noktaya ait termodinamik bilgiler REFPROP programı ile elde edilerek [6,7], tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çatlak noktaları ve bu noktalara ait özellikler

Çatlak noktası	Faz durumu	Sıcaklık (°C)	Basınç (MPa)	Cp (kJ/kgK)	ρ (kg/m ³)
6	Gaz	60	0,15	1,96	626
8	Sıvı	17,7	0,05	2,34	6,36

A. SIVI FAZININ HESABI

n-Pentane akışkanının sıvı fazında olduğu 8 noktasındaki boru hattının yüksekliği 2m dir ve 1mm²'lik bir çatlak kesitinden sızdığı düşünülmüştür. Bu noktadan sızan akışkanın debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır [8].

$$\frac{dG}{dT} = S\sqrt{2\rho\Delta p} \quad (1)$$

Bu eşitlikte S, sıvının salındığı açıklık kesiti (m²), ρ sıvının yoğunluğu (kg/m³), Δp ise açıklık boyunca oluşan basınç farkını göstermektedir. Δp değeri eşitlik 2 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta p = \Delta p_v + \rho g \Delta h \quad (2)$$

Burada Δp_v, sıvının buhar basıncı (Pa), g yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²) ve Δh ise sızıntı yapan sıvının yüksekliğini göstermektedir.

B. GAZ FAZININ HESABI

n-Pentane akışkanının gaz fazında olduğu 6 noktasında sıvı fazında olduğu gibi 2m yüksekliğindedir ve 1mm²'lik bir çatlak kesitinden sızdığı varsayılmıştır. Bu durumdaki gazın debisi ise eşitlik 3 ile hesaplanmıştır [8].

$$\frac{dG}{dT} = S_p \sqrt{\frac{M}{RT} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{P_0}{p} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \left(\frac{P_0}{p} \right)^{1/\gamma}} \quad (3)$$

Bu eşitlikte T, n-pentan hattı içindeki mutlak sıcaklık, R, üniversal gaz sabiti, M, gazın moleküler kütlesi, γ değeri ise adyabatik genişlemenin politropik indeksi olup eşitlik 4 ile hesaplanır.

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} \quad (4)$$

Gaz debisi hesabı yapılırken, n-Pentane akışkanının kritik basıncı, P_c (33.3 atm) gaz hattı dışındaki P₀ basıncından (1 atm) büyük olduğu için gazın hızı kısıtlanmamıştır yani bu akış subsoniktir.

Boşaltma açıklığındaki gazın vektörel hızı ise eşitlik 5 ile bulunmuştur.

$$v_0 = \frac{dG/dT}{\rho_0 S} \quad (5)$$

Bu eşitlikteki ρ₀ genişmiş gazın yoğunluğu olup, eşitlik 6 ile hesaplanır.

$$\rho_0 = \rho \left(\frac{P_0}{p} \right)^{1/\gamma} \quad (6)$$

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada, Çanakkale ilinde bulunan bir jeotermal elektrik santralının çalışma akışkanının patlama riski incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, 8 noktasında akışkanın sıvı olduğu durumda, boru hattı üzerinde oluşacak bir çatlak neticesinde bu noktadan akacak akışkan debisi 0,00883 kg/sn olacaktır. Akışkanın gaz olduğu 6 noktasında oluşacak bir çatlakta ise akışkan debisi 0,000468 kg/sn dir. Bu değerler çok küçük olarak görülmesine rağmen özellikle elektrik ile çalışan ekipmanlar da oluşabilecek bir kıvılcımın, akışkanla temas etmesi durumunda büyük bir tehlike ortaya çıkacağı açıktır. Ayrıca gaz hattında oluşabilecek çatlaktaki debi küçük olmasına rağmen, bu noktada Eşitlik 5 ile hesaplanan vektörel hız 113 m/s değerindedir. Bu değer çatlaktan sızan akışkanın bir saniyede ne kadar yüksek bir hızla yol aldığını göstermektedir.

IV. SONUÇ

Günümüzde, içerisinde patlama riski olan bir akışkan ile çalışan birçok tesis mevcuttur ve iş sağlığı güvenliği kanunlarına göre bu tesislerde mutlaka patlama hesaplarının yapılması gerekmektedir. Yapılan bu çalışma, herhangi bir tesiste patlama hesabının nasıl yapıldığını göstermektedir. Bu hesapların tesisteki kritik yerlere uygulanması ve risk faktörlerinin belirlenip her hangi bir iş kazası olmadan tedbirlerin alınması, iş güvenliğinin son derece önemli olduğu şu zamanlarda bir mecburiyettir.

V. KAYNAKLAR

- [1] A. Ergün, *Organik Rankine Çevrimi Prensibine Göre Çalışan Bir Jeotermal Elektrik Santralinin Termodinamik Analizi*, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük-Türkiye (2014).
- [2] N. Aksoy *Renewable Energy*, **68**(2014) 595-601.
- [3] Anonim, <http://lisans.epdk.org.tr/epvys-web/faces/pages/lisans/elektrikUretim/elektrikUretimOzetSorgula.xhtml> (*Erişim tarihi: 12th of Feb, 2016*).
- [4] A. Günyol, EPS prosesinde “Pentan” Kaynaklı Yangın ve Patlama Risk Değerlendirmesi, *EPŞHABER*, **4**, (2014) 15.
- [5] C. Çanakçı, K.C. Özdemir, *Jeotermal Santrallerin Akışkan Toplama, Taşıma ve Güvenlik Tesisatları*, **VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildirileri**, İzmir-Türkiye (2007) 245-259.
- [6] Y.A. Cengel, M.A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, Fifth edition, McGraw-Hill (2006).
- [7] Anonim, <http://www.nist.gov/srd/nist23.cfm>. National Institute of Standards and Technology, NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database (REFPROP), (*Erişim tarihi: 15th of July, 2012*).
- [8] *Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Patlayıcı gaz atmosferler. Türk Standartları Enstitüsü*, TS EN 60079-10-1, 2009.