

Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Düşey ve Yatay Boru Konstrüksiyonu

Hüseyin Günerhan; Mak. Müh. TTMD Üyesi

Abmet Kılıç; Mak. Müh.

ÖZET

Toprak kaynaklı veya jeotermal ısı pompaları, toprağın içindeki sıcaklığın kararlı değişmesi ve soğuk iklimlerde performansını yüksek seviyede tutması nedeniyle enerjinin kullanımında etkili sonuçlar ortaya çıkarır. Bu sebeplerden dolayı birçok ülkede Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının (TKIP) kullanımı Isıtma-Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC) endüstrisi tarafından desteklenmektedir. Günümüzde, TKIP'lerin kullanımının düşük oranda olmasının nedeni, toprak ısı değiştiricisinin projelendirilme yönteminin henüz tam anlamıyla ortaya konulmamasından ve toprak ısı değiştiricisinin maliyetinin yüksek olmasından dolayıdır.

Anahtar Kelimeler: *Toprak kaynaklı ısı pompası, boru uzunluğu, toprak özellikleri*

Vertical and Horizontal Pipe Constructions on the Ground-Source Heat Pumps

ABSTRACT

Ground-source or geothermal heat pumps keep performance at the high levels and heat which is in the soil is not very changeable so using ground-source or geothermal heat pumps are too effective. Because of this, HVAC industries support to use ground-source or geothermal heat pumps in many countries. Nowadays, design methods of the ground heat exchangers are not understandable and ground heat exchangers' cost is too much. Because of this, using of the ground-source heat pumps is at low levels.

Keywords: *Ground source heat pump, length of pipe, soil properties*

1. Giriş

Fosil yakıt rezervlerinin azalması ve bu yakıtların yarattığı çevre kirliliği gibi sorunlar nedeniyle, alternatif enerji kaynağı araştırmaları günümüzde büyük önem kazanmıştır. Bu araştırmalar jeotermal enerji, dalga enerjisi, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, ısı pompaları gibi alanlarda sürdürülmektedir. Bulunan sonuçlar arasında ısı pompaları, düşük enerji tüketimleri, yüksek performans

katsayıları ve çevreye zarar vermemeleri gibi özellikleri ile dikkat çekmektedir [1].

Günlük hayatta kullanılan buzdolabı ve klima gibi cihazların hepsi ısı pompasına örnektir. Basit bir ifade ile ısı pompası, düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından, yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına ısı aktaran makinalardır. Çalışma prensibi soğutma makinası ile aynı, ancak kullanma amacı farklıdır. Isıyı doğal akım yönünün tersine taşıdığı için ısı pompası adını almıştır. Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde ısı pompaları yıllardır yaygın bir şekilde uygulanmakta ve bu devletler tarafından tüm uygulamalar desteklenmektedir. Dünyadaki 26 ülkede yalnız toprak kaynaklı ısı pompalarının kurulu gücü 6875 MW (megawatt) ve yıllık enerji kullanımı ise 23287 TJ (terajoule) değerindedir. Kurulu olan cihazların gerçek sayısı 512700 civarındadır. Isı pompaları, gerekli iyileştirmeler yapıldığı takdirde yüksek performansları ve düşük enerji tüketimleri ile ekonomik anlamda büyük katkılar sağlamaktadır [2].

2. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP), topraktan ısı kaynağı olarak faydalanmak üzere tasarlanmış, kapalı devre kullanan sistemlerdir. Toprağın yaz ve kış aylarında hemen hemen sabit sıcaklıktaki (7°C ile 22 °C arasında değişebilen) enerjisinden faydalanmak için kışın ısıtma, yazın ise soğutma amacıyla kullanılmaktadır. Yazın mahalden alınan ısı, bir ısı pompası vasıtasıyla toprağa aktarılırken, kışın mahali ısıtmak için gerekli ısı, yine aynı cihaz aracılığıyla topraktan çekilmektedir. Toprakla olan ısı alışverişi, toprağa yatay ve dikey olarak gömülmüş toprak ısı değiştiricileriyle gerçekleştirilir. Su veya salamura, toprak ısı değiştiricisini oluşturan borulardan geçirilerek elde edilen ısı enerjisi, ısı pompasındaki buharlaştırıcıda soğutucu akışkana aktarılır. Toprak kaynaklı ısı pompalarında her ne kadar ısı kaynağı toprak ise de ısı, topraktan sıvı akışkan vasıtasıyla çekildiğinden dolayı kullanılan ısı pompaları su-hava, su-su ısı pompalarıdır.

Toprak bağlantılı sistemler, ısı kaynağı olarak havanın kullanılması durumuna göre üç önemli avantaj sağlarlar:

1. Toprak havaya göre genellikle daha uygun sıcaklıktadır.

2. Sıvı-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerinde, hava-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerine oranla daha küçük sıcaklık farkları kullanılabilir.

3. Buzlanma problemi çok daha azdır.

Sonuç olarak toprak bağlantılı ısı pompalarında, hava kaynaklı sistemlerle karşılaştırıldığında, daha yüksek ısıtma tesir katsayılarına ulaşılır [2, 3].

2.1. Kapalı Devre TKIP

Kapalı devre sistemler en yaygın sistemlerdir. Tesisatı uygun olarak kurulduğunda oldukça ekonomik, verimli ve emniyetlidir. Su veya salamura, gömülü olan borular boyunca çevrim halindedir. Boru boyu toprağın sıcaklığına, ısı iletkenliğine, nemliliğine ve sistem tasarımına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Modern TKIP'leri çevrim halinde olan suda meydana gelecek büyük mevsimsel sıcaklık değişikliklerinde bile verimli çalışır. Boru etrafındaki toprağın donması eldeki ısı miktarının tahliyesini kolaylaştırır ve bu genellikle verimi artırır. Bundan dolayı borular içerisinde su ile beraber bir miktar antifiriz çevrimi sağlanırsa, verim artırılmakla kalmayıp ısı pompası donanımları ve borular da donmaya karşı korunmuş olur.

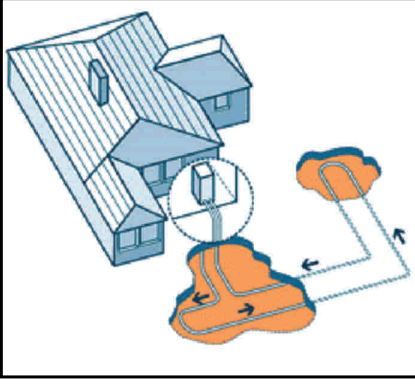
Kapalı devre toprak bağlantılı ısı pompası tesislerinde toprak ısı değiştiricileri yatay veya dikey olarak yerleştirilebilir [2, 3].

2.1.1. Yatay Tip TKIP

Yatay sistemler tek bir hendek veya birbirine yakın hendekler içine birden fazla borunun yerleştirilmesiyle oluşturulur. Isı değiştiricisinin etkinliği borular arasındaki mesafeye bağlıdır.

Yatay sistemler, akış yönüne göre seri veya paralel olarak sınıflandırılabilir. Bununla beraber toplam hendek uzunluğunu kısaltmak amacı ile tek bir hendek içersine birkaç boru yerleştirilebilir. Hendeklerin genişliği 0,6-0,9 m mertebelerindedir.

Ayrıca borular, yüzey şartlarından en az düzeyde etkilenmeleri amacıyla genellikle 0,5 -2,5 m derinlikte döşenirler. Bu mesafe arttıkça, ısı değiştiricisinin yıllık derecesi gerek toprak sıcaklıklarının daha uygun olması, gerekse boruların yüzey şartlarından



Şekil 1. Yatay tip TKIP

daha az etkilenmesi sebebi ile artar. Ancak bu durumda hafriyat masrafları da artacağından gömme derinliğine ekonomik analiz sonucu karar verilmelidir. Tek bir hendek içerisine birkaç adet boru döşenecek ise borular arası kot farkı genellikle 0,3-0,5 m civarında olmalıdır.

Borular döşendikten sonra dikkat edilecek bir başka husus da, toprak ve boru arasındaki ısı geçimini iyileştirmek amacı ile hendekten çıkarılan toprağın yerine tekrar yerleştirilirken yoğunluğunu artırmak için sıkıştırılması gereğidir.

Yaygın yatay ısı değiştiricilerinin $_$, 1, 1 $_$ inçlik, tek borulu, 0,5 - 0,25 m derinliğe ve birbirlerinden 0,6 - 0,25 m aralıklarda döşenmiş yatay ısı değiştiricilerdir. Bu tip ısı değiştiriciler genelde temel kabul edilir ve diğer ısı değiştiricilerinin iyilik dereceleri bunlara göre karşılaştırılır. Yatay toprak ısı değiştiricilerinde 700 m boru boyu, 2 inç boru çapı ve 1 l/s akışkan debisi kullanılabilir üst sınır değerleri olarak kabul edilir [2, 3].

Yatay tip TKIP'ları 3 grupta sınıflandırılır:

- 1) Tek tabakalı
- 2) İki tabakalı
- 3) Dört tabakalı

2.1.1.1. Tek Tabakalı Yatay Tip TKIP

Tek tabakalı yatay tipte tesisat kurumu en kolay sistemdir. Boru tesisatı kazılan çukurun içine döşenir. Su, bu tek tabakalı boru tabakası içinde çevrim yapar ve ısı kaynağı ile ısı alışverişinde bulunur.

Tek tabakalı yatay boru sisteminde 1 $_$ " ile 2" lik borular kullanılır. Boruların toprak yüzeyinden 1,2 m ile 1,8 m'lik derinliğe gömülmesi gerekmektedir. Kullanılan toplam boru

uzunluğu ise her 3,5 kWh'lik soğutma kapasitesi için 100 m ile 160 m arasında değişmektedir. Boru boyunun uygunsuzluğundan dolayı bu sistem küçük boyutlu birimlerde veya çukur alanının çok fazla olduğu yerlerde kullanılmalıdır [3].

2.1.1.2. İki Tabakalı Yatay Tip TKIP

İki tabakalı yatay borulama sistemi, tek tabakalı sistemdeki borularda aynı çukura borulardan iki tane yerleştirilerek elde edilir. Bu sistemde çukurun iki defa doldurulması gerekmektedir. Boru uzunluğunun yarısı kadarı çukur tabanına serildikten sonra üzeri toprakla doldurulur. Doldurulan bu toprak tabakasının kalınlığı yaklaşık 0,6 m dir. İkinci tabaka, boru serildikten sonra doldurulur. Tüm ısı kaynağı suyunun tek borudan aktığı yerlerde, bu sistem tek boru sistemidir. Çünkü iki katlı boru, boru çevresindeki toprağın sıcaklığını ve ısı içeriğini etkiler. Bu yüzden istenilen ısı transferini gerçekleştirmek için daha çok boruya ihtiyaç vardır.

Bu tip sistemlerde genelde, 3,5 kWh lik bir enerji için yaklaşık 130 m ile 180 m lik boru kullanılır [3].

2.1.1.3. Dört Tabakalı Yatay Tip TKIP

Yüksek nemlilik değeriyle birlikte yüksek ısı absorpsiyon veya emisyon oranlarına sahip toprak yapısı söz konusu olduğunda dört tabakalı yatay borulama sistemi uygulanabilir. Bu da, en az yer gereksinimini doğurur. Her bir boru grubu için 1,8 m lik bir hendek açılır. Borular, en alttaki 1,8 m derinlikte olmak üzere sırasıyla 1,5 m, 1,2 m ve 0,9 m derinliğe gömülür. Borular arasında yaklaşık 0,3 m mesafe olmalıdır. Boruların dağıtıcıya bağlantıları, boruların alt yarı kısmından suyun verilebilecek biçimde ve üst yarı kısmından suyun geri alınabilecek biçimde yapılması gerekmektedir. Bu olayın faydası, havanın sistemden tahliye edilip, hava kilitlerine mahal vermeme biçiminde olur.

Genelde $_$ " den 1" e kadar borular kullanılır. Eğer $_$ " lik boru kullanılırsa enerji düşümünü minimum seviyede tutmak için her bir boru grubu başına maksimum 150 m boru kullanılmalıdır. 1 " lik boru kullanımında ise maksimum boru uzunluğu 230 m olmalıdır [3].

2.1.2. Dikey Tip TKI

Dikey tip ısı değiştiricileri yerleştirme şekilleri kesit geometrilerine göre sınıflandırılabilir. Sınıflandırma U-tüp, bölünmüş tüp ve eşksenli tüp olarak isimlendirilir.

2.1.2.1. U kıvrımlı ısı değiştiricisi

U-tüp tertipleri boru çapları $_$ " - 2" arasındadır. Isı değiştiricileri derinlikleri, basınç düşmesi ve ısı performans göz önünde bulundurularak seçilen boru çaplarına göre 15-185 m arasında değişir [3].

2.1.2.1.1. Tek U kıvrımlı Dikey Isı Değiş-tiricileri

Kazı alanının çok sınırlı olduğu durumlarda boru yüzeyini artırmak için dikey uygulamalar yapılır. Bu tip sistem için, boru çapının 5 katı çapında kazılan çukur, sistem kapasitesi için gerekli olan derinlikte açılır. Toplam derinlik 3,5 kWh'lik bir soğutma kapasitesi için 35 m ile 55 m arasındadır. Boru boyu ise 60 m ile 110 m arasındadır.

Borular seri bağlanabildiği gibi paralelde bağlanabilir. Paralel bağlandığında daha çok boruya gereksinim duyulmasına rağmen akış direncinde önemli ölçüde düşüş kaydedilir[3].

2.1.2.1.2. Çift U kıvrımlı Dikey Isı Değiş-tiricileri

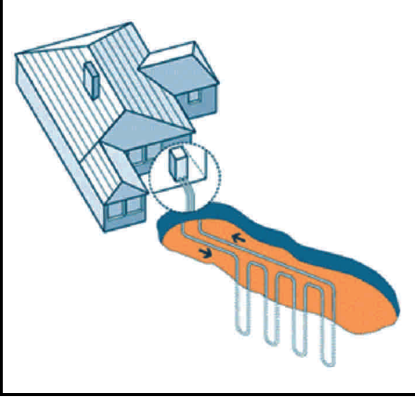
Çift U kıvrımlı dikey ısı değiştiricileri sisteminde tek çukura iki boru yerleştirilir. Çukur sayısı azalmasına rağmen her çukurun boru çapının 10 katına çıkmaktadır. Bu sistemde en iyi 15 m'nin altındaki çukur derinliklerinde yüksek toprak nemliliği ve ısı absorpsiyonu olan yerlerde kullanılır. Tesisatlandırılması ve dengelenmesi en zor sistemdir [3].

2.1.2.2. Bölünmüş Tip Isı Değiş-tiricileri

Bölünmüş tip ısı değiştiricileri İsveç'te kullanılmıştır. Isı değiştiricisi PVC'den, boruyu iki kısma ayıran ara bölme ise polietilenden imal edilmiştir. Isı değiştiricileri boyu 10 m ve çapı 2" tir. T bağlantısındaki hava ventili sistemden hava çıkışını sağlamak amacı ile yerleştirilmiştir [3].

2.1.2.3. Eşksenli Dikey Isı Değiş-tiricileri

Eşksenli ısı değiştiriciler daha geniş çaplıdır ve daha fazla su hacmine sahiptir.[3].



Şekil 2. Dikey tip TKIP

3. Toprak Isı Değiştiricileri Boru Malzemeleri

Toprak bağlantı sisteminde kullanılacak uygun bir borunun seçilmesi önemlidir. Bu seçim uygun çap ve çeper kalınlığının yanı sıra uygun bir malzeme seçimini de içerir. Bazı toprak ısı değiştiricilerinde, boru malzemesi olarak çelik ve bakır kullanılmakla birlikte çoğunlukla PVC, polibütilen ve polietilen gibi plastik borular kullanılır. Gerçekte iyi mukavemet ve ısıl özelliklere sahip ucuz plastik boruların varlığı, toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanımını artırmıştır.

Her ne kadar PVC borular toprak bağlantı sistemlerinde geniş olarak kullanılmışlarsa da, bağlantı yerlerindeki sızıntı ve ısıl genişleme sonucu meydana çıkan gerilmelere dayanma problemlerinden ötürü, son yıllarda kullanımı azalarak, polietilen ve polibütilen boru kullanımı artmıştır.

4. Salamuralar

Toprak ısı değiştiricilerinde kullanılan sıvının seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmiştir:

- Fiyat
- Termofiziksel özellikler ve akışkan karakteristikleri
- Zehirlilik
- Paslandırma etkisi
- Donma noktası
- Buharlaştırma basıncı
- Tutuşma özelliği

En önemli termofiziksel özellikler aşağıda verilmiştir:

Viskozite: Dolaşım pompasının gücünü azaltmak için viskozitenin düşük olması lazımdır.

Isı kapasitesi: Enerji depolama açısından ısı kapasitesi yüksek olmalıdır.

Isıl iletkenlik: İyi bir ısı transferi sağlamak açısından ısıl iletkenlik değeri yüksek olmalıdır [3].

Tüm faktörler gözden geçirildiğinde, donma probleminin söz konusu olmadığı durumlarda, en uygun akışkan sudur. Su, ucuz temin edilir, kolay bulunur ve ısıl özellikleri iyidir. Dezavantajları ise, donma sıcaklığının yüksek olması ve donma anında hacminin fazla artmasıdır. Ayrıca plastik ve bakır borular haricinde paslanmaya neden olurlar. Donma ihtimalinin söz konusu olduğu durumlarda ise kullanılan başlıca akışkanlar aşağıda verilmiştir:

4.1. Etilen Glikol

Etilen glikol su eriyikleri, kokusuz ve renksizdirler. Etilen glikol, izafi olarak ucuzdur ve tedariki kolaydır. Bu eriyikler, suyun korozif etkisini azaltmakla beraber, ısıl özellikleri suya nazaran daha zayıftır. En büyük dezavantajları ise zehirli olmalarıdır. Bu yüzden kullanılmaları durumunda sızıntıya karşı çok iyi önlem alınması gerekmektedir. Kaynama sıcaklıklarında, oksijenli ortamlarda korozif olduklarından, periyodik bakım ve bazı durumlarda ise katkıları gerektirirler [5].

4.2. Propilen Glikol

Propilen glikolün etilen glikole benzer özellikleri vardır; ancak etilen glikole nazaran daha az zehirli ve daha az viskozdur. Yüksek sıcaklıklarda ve zengin oksijenli ortamlarda korozyona neden olduğundan koruyucu katkılara ve periyodik bakıma ihtiyaç duyar. Ancak yine de, çelik borularla kullanımında fazlaca bir mahsur yoktur. Propilen glikolün daha yüksek olan viskozitesi, etilen glikole nazaran daha düşük ısıl özelliklere neden olur [5].

4.3. Kalsiyum Klorid

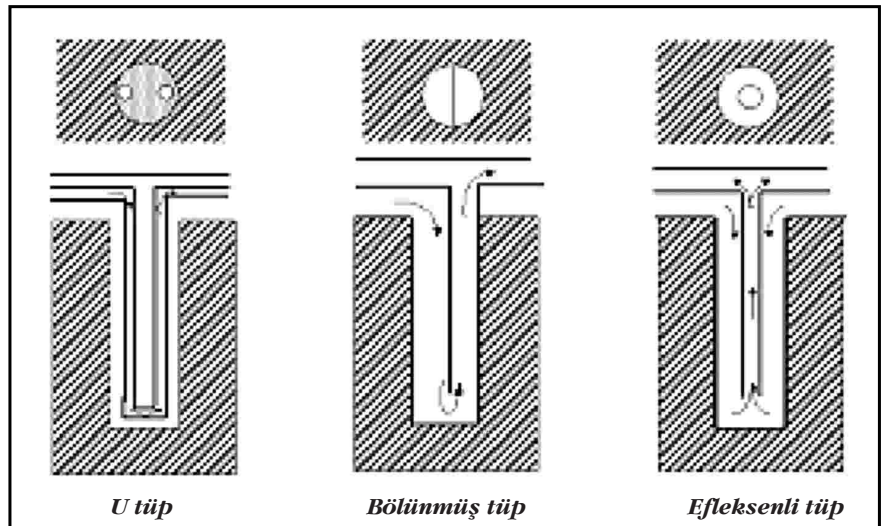
Kalsiyum klorid salamuraları, toprak ısı değiştiricilerinde, düşük fiyatları ve iyi ısıl özellikleri nedeniyle kullanılırlar. Piyasada toz, katı ve eriyik halde satılırlar [5].

5. Toprak Özellikleri

Toprak ısıl davranışını kontrol eden en önemli üç özellik yoğunluk, nem içeriği ve toprak taneceklerini oluşturan materyallerdir.

5.1. Yoğunluk

Toprağın yoğunluğu bileşimine ve doğal konumundaki yerleşme veya yerleştirilme şekline bağlıdır. Isıl iletkenlik değerlerini tahmin edebilmek için, kuru yoğunluk ve nem miktarı belirlenmelidir. Toprağın nem miktarına bağlı olarak buna karşı gelen bir kuru yoğunluk değeri vardır. Toprak kuru yoğunluk değeri yükseldikçe, nem içeriği değeri azalır [5].



Şekil 3. Boru kesitleri

5.2. Nem İçeriği

Nem içeriğinin önemi belli bir yoğunluk için nem miktarı artışının, toprak ısı direncindeki düşüşe neden olduğu gözlenerek anlaşılabilir. Sabit kuru yoğunlukta, nem içeriği arttıkça, daha düşük iletkenlik değerine sahip olan hava yerini suya bırakır [5].

5.3. Tanecik Materyalleri

Toprağın ısı davranışını, katı taneciklerin ısı iletkenlikleri önemli ölçüde etkiler. Yüksek yoğunluğu ile kuartz tercih edilen bir materyaldir. Bu materyal nem tutucu özelliğe sahip olduğundan ve kil ile bağlantılı olarak bulunmasından ötürü, killi topraklar tercih edilen topraklar arasında ilk sırayı alırlar [5].

5.4. Toprak Yapısı

Toprak içerisinde çeşitli ayrıklar vardır ve her toprak ayrığının miktarı toprak yapısını belirler. Toprak içerisinde genellikle üç temel ayrık bulunur. Bunlar kum, kil ve alüvyondur. Bu ayrıkların toprak içindeki miktarlarına göre toprağın cinsi Amerikan Tarım Birliği tarafından hazırlanmış Şekil 4 yardımı ile saptanabilir [5].

6. Toprak Isı Değiştiricisinin Uzunluğunun Hesaplanması

Bir ton soğutma, bir cihazın soğutma kapasitesinin belirlenmesi kullanılan bir ölçüdür. 24 saatte bir ton buz eritmeye eşit soğutma etkisidir. Başka bir deyişle, 0°C sıcaklıkta bir ton suyu 24 saatte 0°C sıcaklıkta bir ton buza dönüştürmek için çekilmesi gereken ısı enerjisi eşittir. Bir ton soğutma, 3.5 kW veya 12000 BTU/h'a eşdeğerdir [2].

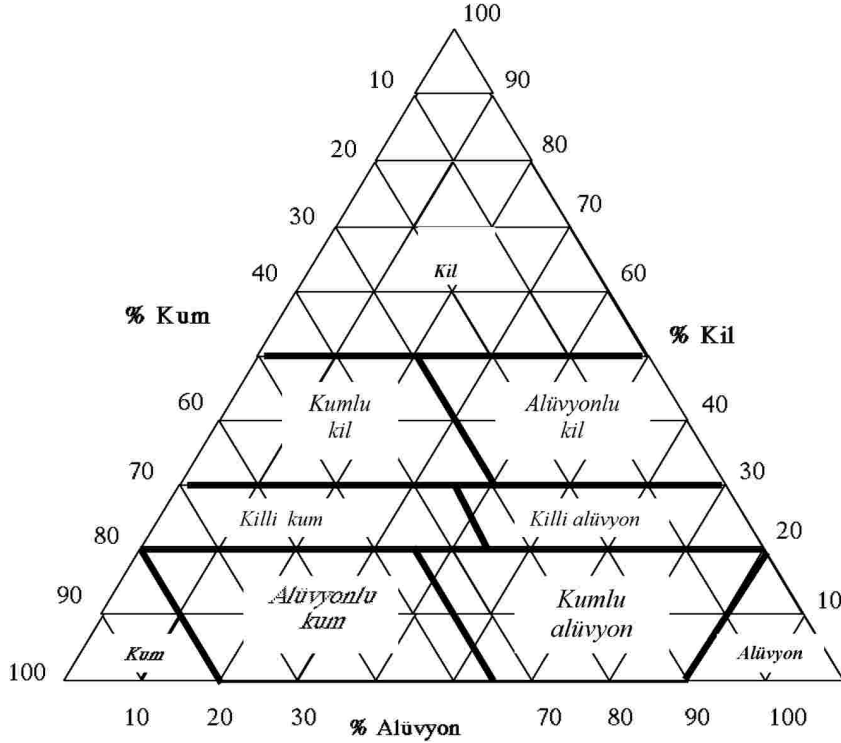
Etkinlik katsayısı ile kW/ton arasındaki ilişki Denklem (1) ile verilmiştir:

□□

□

$$EK = \frac{12000}{3412} \frac{-\text{Btu/h}}{\text{kW/ton}} \quad (1)$$

Daha önce belirlenen faktörler kullanılarak, toprak ısı değiştiricisinin ısı transfer yüzeyi aşağıda verilen bağıntılardan hesaplanabilir [2,6].



Şekil 4. Ayrıkların yüzdesine göre toprak sınıflandırması

Isıtma modundaki gerekli toplam boru uzunluğu Denklem (2) ile,

$$L_{\text{ısıtma}} = \frac{572 \frac{\text{COP}_1 - 1}{\text{COP}_1} [R_b + (R_t * F_t)]}{T_1 - T_{\text{min}}} \quad [\text{m/kW}] \quad (2)$$

Soğutma modundaki gerekli toplam boru uzunluğu Denklem (3) ile verilmiştir [2, 6]:

$$L_{\text{soğutma}} = \frac{572 \frac{\text{COP}_s + 1}{\text{COP}_s} [R_b + (R_t * F_t)]}{T_{\text{max}} - T_h} \quad [\text{m/kW}] \quad (3)$$

7. Sonuç

Bir binada ısı pompası uygulamasına başlarken önce ısı kaynağının detaylı irdelenmesi gerekir. Örneğin, ısı kaynağı toprak ise toprak ısı direnci, yıllık ortalama toprak sıcaklığı, toprak yapısı; ısı kaynağı hava ise yıllık sıcaklık değişimi, hava kalitesi gibi parametreler incelenmelidir. Bu parametreler ilk yatırım ve işletme giderlerini etkileyecek önemli hususlardır. Ön araştırması iyi yapılmamış bir sistem ekonomik olmayacaktır.

Isı kaynağı olarak toprak geç ısınıp geç soğuduğu için, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performans katsayısı kararlı bir yapıdadır ve dış hava sıcaklığından fazla etkilenmez. Ayrıca toprak kaynaklı ısı pompasının belirli sıcaklık aralıklarında pasif soğutma (kompresör kullanılmadan sadece akışkanın toprak içersinde dolaştırılması) ile de çalışabileceği düşünülürse hava kaynaklı sisteme göre önemli bir avantaja sahiptir. Hava ısı kaynağı olarak kararlı olmadığı için, hava sıcaklığının değişmesi sonucu ısı pompasının performans katsayısındaki kararlılıkta sürekli değişir.

Bu çalışmada, toprak kaynaklı ısı pompası tasarımında ve uygulamasında dikkat edilmesi gereken durumlar üzerinde durulmuş, yatay ve düşey boru konstrüksiyonu ve toprak ısı değiştiricisinin uzunluğu üzerine temel bilgiler verilmiştir.

8. Gösterimler

- $L_{\text{ısıtma}}$: 12000 BTUH ısıtma kapasitesi için gerekli olan boru uzunluğu
 $L_{\text{soğutma}}$: 12000 BTUH soğutma kapasitesi için gerekli olan boru uzunluğu
 COP_1 : Seçilen cihazın ısıtma etki katsayısı
 COP_s : Seçilen cihazın soğutma etki katsayısı
 R_t : Toprak direnci
 R_b : Boru direnci
 T_1 : Yılın düşük nokta gününde düşük toprak sıcaklığı (°C)
 T_h : Yılın pik gününde yüksek toprak sıcaklığı (°C)
 T_{min} : Cihaza giren minimum su tasarım sıcaklığı (°C)
 T_{max} : Cihaza giren maksimum su tasarım sıcaklığı (°C)
 F_h : Isıtma çalışma faktörü
 F_s : Soğutma çalışma faktörü

9. Kaynaklar

- 1.Kıncay O, Temir G, “Toprak ve Hava Kaynaklı, Isı Pompalı Sistemlerin Ekonomik İncelenmesi”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Teknik Dergisi, No:68, İstanbul.
- 2.Hepbaşlı A, Hancıoğlu E, 2001, “Toprak Kaynaklı (Jeotermal) Isı Pompalarının Tasarımı, Testi, Fizibilitesi”, V.Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi Bildiri Kitabı, İzmir.
- 3.Bose JE, Parker JD, McQuiston FC, 1985, “Design-Data Manual for Closed-Loop Ground-Coupled Heat Pump Systems”, ASHRAE Inc, Atlanta-USA.

4.<http://www.heatpumpcentre.org/tutorial/home.htm>

5.Ataman H, 1991, “Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Tasarımı”, İTÜ-Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

6.Miles L, 1994, “Heat Pumps: Theory and Service”, Delmar Publishers Inc., NY.

Yazar,

Hüseyin Günerban,

1966 tarihinde Urla-İzmir’de doğdu. 1983 yılında İzmir Atatürk Lisesini bitirdi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü (Termodinamik-Enerji) 31.01.1990 tarihinde, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Enerji Teknolojisi Anabilim Dalında yaptığı yüksek lisans öğrenimini 03.08.1992 tarihinde ve Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalında yaptığı doktora öğrenimini 11.01.1999 tarihinde tamamladı. 23.01.1991-21.08.2001 tarihleri arasında, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Enerji Teknolojisi Anabilim Dalında öğretim elemanı ve araştırma görevlisi ünvanı ile çalıştı. 15.03.2001 tarihinden beri Ege Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (EBİLTEM)- Enerji Verimliliği ve Yönetimi Ar-Ge Biriminde (EVYAB) kurucu üye olarak çalışmaktadır. 22.08.2001 tarihinde Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalında öğretim üyesi görevi ve yardımcı doçent doktor ünvanı ile çalışmaya başlamıştır. İngilizce bilmektedir.

Abmet Kılıç,

1982 Eskişehir’de doğuludur. İlköğretimi Melabat Üniğür İlköğretim okulunda 1993 yılında tamamladı. 2000 yılında Kılıçoğlu Anadolu Lisesini bitirdikten sonra aynı yıl Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü kazandı. Halen aynı bölümde lisans öğrenimine 4.sınıf öğrencisi olarak devam etmektedir.

Jeotermal Enerjinin Endüstriyel Uygulamaları

Akın B. Etemoğlu; Mak. Müh.
Mubiddin Can; Mak. Müh.

ÖZET

Dünya'daki enerji darboğazları ve enerji ihtiyacındaki genel artış, çevresel faktörlerle birleşerek, araştırmaları zorunlu olarak doğal kaynakların kullanımındaki teknolojinin geliştirilmesine yönlendirmektedir. Bu olgu, bilimsel çevreleri, enerji dönüşüm araçlarını yeniden değerlendirmeye ve var-olan sınırlı enerji kaynaklarından daha çok yararlanabilmek için yeni yöntemler geliştirmeye zorlamaktadır. Ülkemiz enerji potansiyeli içerisinde jeotermal kaynakların yeri ve önemi oldukça büyüktür. Yenilenebilir, ucuz, temiz, düşük teknoloji seviyeli ve çevre dostu olan jeotermal enerji yerkürenin ısıdır. Bu çalışmada, jeotermal enerjinin endüstriyel uygulamaları incelenmiş, ayrıca değişik uygulamalarda ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir.

Anabtar Kelimeler : Çevresel etki, ekonomik analiz, jeotermal kaynaklar, yenilenebilir enerji.

Industrial Applications Of Geothermal Energy

ABSTRACT

The investigations have been directed to technology development in the usage of natural resources as a result of ever increasing in the world energy demand associated with environmental factors. It has also sparked interest in the scientific community to take a closer look at the energy conversion devices and develop the new techniques to better utilize the existing limited sources. Geothermal resources have a great importance for the energy potential in our country. The geothermal energy is the heat of the earth and the advantages of the geothermal energy are renewable, cheap, simple technological level and zero environmental impact. In this paper, industrial application of geothermal energy is examined and economical analysis is also given.

Keywords : Environmental impacts, economical analysis, geothermal resources, renewable energy.

1. Giriş

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş, sıcaklıkları atmosferik sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineraller ve çeşitli tuzlar içerebilen sıcak su, buhar ve gazlar olarak tanımlanabilir. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki "sıcak kuru kayalarda" jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. En geniş anlamda yerkabuğunda depolanan ısı enerji, jeotermal enerjiyi oluşturmaktadır. Yerkürenin merkezi çok sıcak olduğundan yüzeye doğru ısı transferi olmakta ve dolayısıyla yüzeyden derine doğru inildikçe sıcaklık artmaktadır.

Jeotermal kaynaklar genellikle içerdiği ısı ve kimyasal maddeler nedeniyle değerlendirilmektedirler. Jeotermal enerjinin akışkan sıcaklığına göre başlıca faydalanılma alanları şunlardır:

1. Isı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi
2. Doğrudan ısı enerjisinden endüstriyel amaçlı ısıtma ve kurutma işlemlerinde yararlanılması (şeker, tekstil, kağıt, ilaç, konservecilik vb. ürünlerde)
3. Merkezi sistemle ısıtma ve soğutmada kullanımı (sera, toplu konut, kampüs vb. ısıtılması ve soğutulması)
4. Kimyasal madde üretimi (tatlı su, mineral ve kimyasal tuz üretimi vb)
5. Turistik ve tedavi amaçlı kaplıca, yüzme havuzu ve turistik tesislerde kullanımı. [1, 2]

Jeotermal enerjinin temel avantajları ise şunlardır :

1. Jeotermal enerjinin öncelikle, birden çok amaca gerekirse aynı anda hizmet etmesi, çevre ve ekonomik açıdan sahip olduğu önemli avantajlarının başında gelmektedir.
2. Jeotermal kaynaklar, yeraltındaki rezervuarlar tarafından sürekli beslenmekte, ayrıca kullanılan jeotermal akışkanın yeraltına tekrar basılmasıyla (reenjeksiyon) kaynak yenilenebilmektedir.
3. Diğer enerji kaynaklarına göre oldukça ekonomiktir. Doğaldır, kendi kaynağımız

olan jeotermal enerji dışı bağımlı değildir ve politik ilişkilerden etkilenmez. Büyük yatırımlar gerektirmemesi, yapılan yatırımı kısa sürede geri ödeyebilmesi ekonomik fayda oranının yüksekliğini işaret eder.

4. İhtiyaç duyduğu teknoloji seviyesini çok yüksek olmaması jeotermal enerjiye yapılacak yatırımı cazip kılmaktadır.
5. Jeotermal enerjinin kullanılması ile havaya karbonmonoksit, azot oksitler ve kükürt oksitler atılmamakta ve çevre kirletilmektedir (Bkz. Tablo 4). [1, 2]

Bir endüstriyel tesiste maliyet, kalite ve güvenilirlik göz önünde bulundurulması gereken en önemli parametrelerdir. Jeotermal enerji ürün başına maliyeti düşürmek ve tesis ömrü süresince sürekli, kaliteli ve yeterli miktarda enerji sağlamak kaydıyla endüstrinin pek çok alanda kullanılabilir. Şekil 1'de, jeotermal enerjinin kullanılabilmesi için bazı endüstriyel ve zirai uygulamalar ve sıcaklık aralıkları görülmektedir. [3]

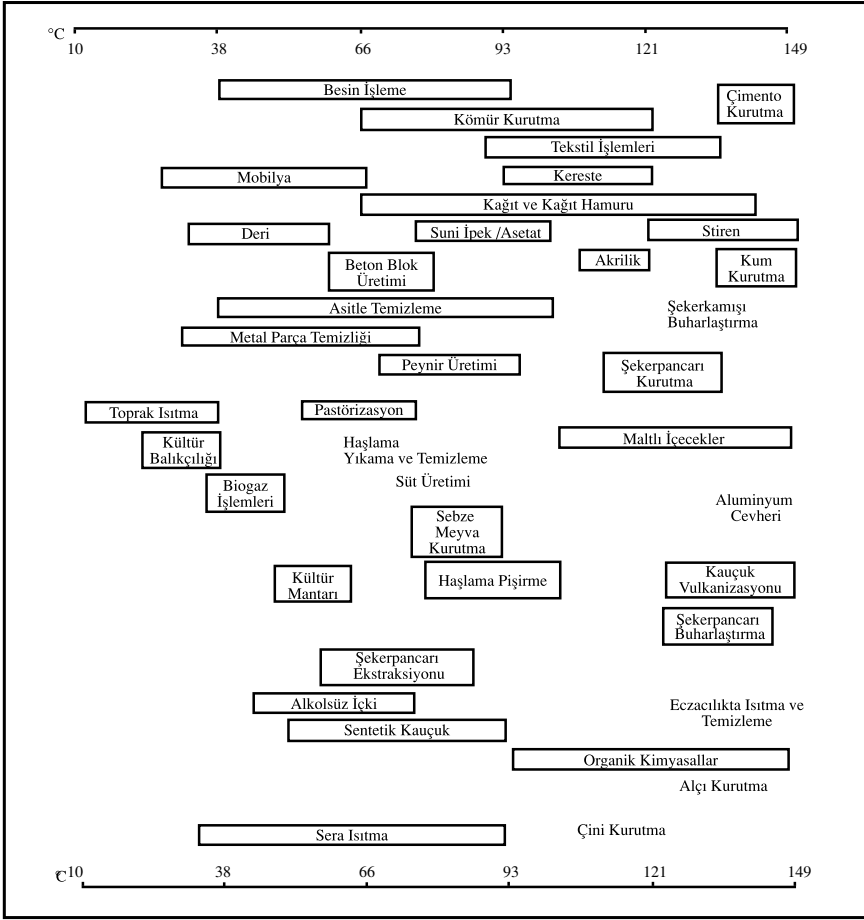
Tablo 1 ve Tablo 2'de sırasıyla ülkelerin jeotermal enerjiyi elektrik üretimi ve direkt olarak kullanım kapasiteleri verilmektedir.

Türkiye, Hindistan Plakası ile Avrasya Plakasının çarpışması sonucu oluşan Dünyanın en büyük jeotermal kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Kuşağı üzerindedir. 150 km genişliğinde ve 3000 km uzunluğunda olan kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Yunan (Çin), Myanmar (Burma) ve Tayland'ı kapsamaktadır [6].

Dünya jeotermal kaynakları içinde Türkiye 7. en zengin potansiyele sahip ülke olup, sahip olduğu avantajlar ve kullanım alanlarının yoğunluğu gözönüne alındığında jeotermal kaynakların Türkiye'de kullanımının yaygınlaştırılması ve milli servet israfının önlenmesi gerekmektedir. Şekil 2 dünya üzerindeki jeotermal alanları ve kıvrıkları göstermektedir. [7]

2. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri

Jeotermal ısıdan faydalanılırken büyük miktarlarda su ve buhar kullanılmaktadır. Kullanılan jeotermal akışkanın kimyasal içeriği rezervin nitelikleriyle (sıcaklık,



Şekil 1. Jeotermal enerjinin endüstriyel ve zirai uygulamaları ve sıcaklık aralıkları.

Tablo 1 ve Tablo 2’de sırasıyla ülkelerin jeotermal enerjiyi elektrik üretimi ve direkt olarak kullanım kapasiteleri verilmektedir. [4, 5]

	1995 (MWe)	2000 (MWe)	2005 (MWe-tahmin)	1995-2000 (MWe-artış)
Arjantin	0.67	0	-	0.67
Avustralya	0.17	0.17	-	0
Çin	28.78	29.17	-	0.39
Kosta Rika	55	142.5	161.5	87.5
El Salvador	105	161	200	56
Etiyopya	0	8.52	8.52	8.52
Fransa	4.2	4.2	20	0
Guatemala	0	33.4	33.4	33.4
İzlanda	50	170	186	120
Endonezya	309.75	589.5	1987.5	279.75
İtalya	631.7	785	946	153.3
Japonya	413.705	546.9	566.9	133.195
Kenya	45	45	173	0
Meksika	753	755	1080	2
Yeni Zelanda	286	437	437	151
Nikaragua	70	70	145	0
Filipinler	1227	1909	2673	682
Portekiz	5	16	45	11
Rusya	11	23	125	12
Tayland	0.3	0.3	0.3	0
Türkiye □	20.4 □	20.4 □	250 □	0
ABD	2816.7	2228	2376	588
TOPLAM	6833.375	7974.06	11414.12	2318.725

Tablo 1. Ülkelere göre jeotermal kaynaklardan elektrik üretim kapasiteleri, 1995-2000.

debi vs.) doğrudan ilişkilidir. Tablo 3’de dünyadaki bazı jeotermal kaynakların kimyasal içerikleri görülmektedir. [8]

Tablo 3’ten anlaşılacağı üzere, jeotermal uygulamalarda da çevreye bir miktar istenmeyen atık bırakılması ihtimaller içerisindedir ve bu noktada dikkate değer ana parametrenin karbondioksit ve kükürtoksit emisyonlarının olduğu görülmektedir. Tablo 4, jeotermal ve fosil yakıtlı güç santrallerinden yayılan karbondioksit ve kükürtoksit miktarlarının karşılaştırmasını vermektedir. [8]

Tablo 4’ten jeotermal kaynakların, kömür veya fuel-oil kullanan santrallere göre çok daha çevre dostu bir enerji kaynağı olduğu açıkça görülmektedir. Jeotermal kaynaklar, fosil yakıtlı santrallerden farklı olarak azot-oksit emisyonu yaymazlar.

Bir güç santralinin kurulmasında kullanılan toprak oranı da önemli bir faktördür. Tablo 5, değişik güç üretim teknolojilerindeki ortalama toprak kullanım miktarlarını vermekte ve jeotermal enerji santrallerinin bir diğer avantajını daha gözler önüne sermektedir. [9]

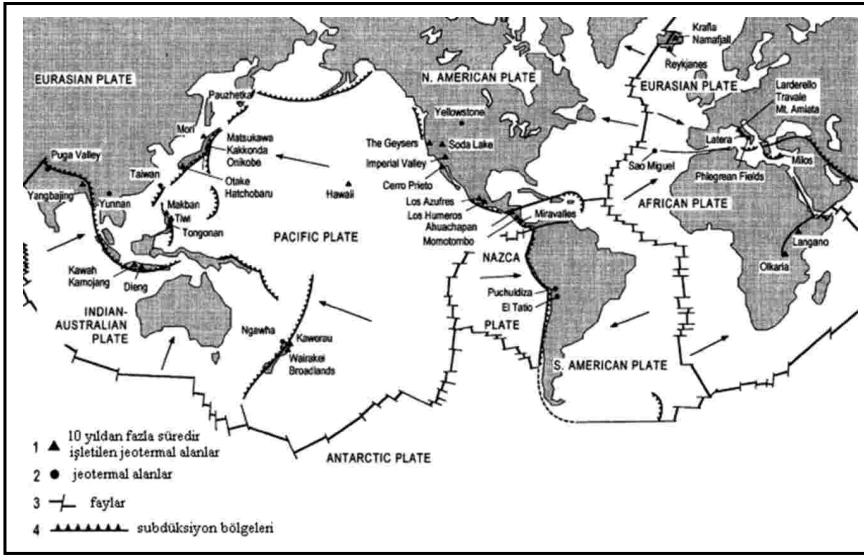
3. Ekonomik Analiz

Isıtma, elektrik üretimi ve soğutma işlemlerinde kullanılabilecek sistemlere ait şematik gösterimler sırasıyla Şekil 3, 4 ve 5’te ayrıntılı olarak verilmektedir. Bu sistemler, tek bir kaynak esas alınmak suretiyle ekonomik açıdan değerlendirilmiştir.

Jeotermal enerjinin ele alınan ısıtma, elektrik üretimi ve absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanımı sonucunda elde edilebilecek potansiyel kazanç Tablo 6’da verilmektedir. Batı Anadolu’daki jeotermal kaynak sıcaklıklarının %11’lik kısmı 190-200°C sıcaklık aralığındadır [11]. Bu nedenle, Tablo 6’da ele alınan kaynak sıcaklığı 190°C seçilmiştir. Jeotermal su çıkış sıcaklıkları, pratik uygulamalar esas alınarak, ısıtma ve soğutma işlemlerinde 50-95°C aralığında, ikili jeotermal güç santrallerinde 70-100°C aralığında kabul edilebilir [12, 13]. Tipik enerji dönüşüm verimleri güç üretimi, ısıtma ve soğutma işlemleri için sırasıyla 0.12, 1 ve 1.1 olarak alınmıştır [14]. Isıtma işlemlerinde, yakıt olarak doğalgaz düşünülmüş ve yanma verimi, κ , 0.93 olarak, elektrikli soğutma işlemlerinde ise harcanan birim iş başına elde edilen soğutma miktarı değeri (soğutma tesir katsayısı, STK) 3 olarak alınmıştır [12, 13].

	Kurulu Kapasite (MWt)	Üretim (GWh/yıl)
Çin	2282	10531
Japonya	1167	7482
ABD	3766	5640
İzlanda	1469	5603
Türkiye □	820 □	4377
Yeni Zelanda	308	1967
Gürcistan	250	1752
Rusya	308	1707
Fransa	326	1360
İsveç	377	1147
Macaristan	473	1135
Meksika	164	1089
İtalya	326	1048
Romanya	152	797
İsviçre	547	663

Tablo 2. Jeotermal enerjiden direkt kullanımda en fazla yararlanan ülkeler.



Şekil 2. Dünya üzerindeki jeotermal alanlar

İçerik (g/kg)	Geysers ABD	Larderello İtalya	Matsukawa Japonya	Wairekei Yeni Zelanda	Cerro Prieto Meksika
H ₂ O	959.9	953.2	986.3	997.5	984.3
CO ₂	3.3	45.2	12.4	2.3	14.1
H ₂ S	0.20.8	1.2	0.	1.5	-
NH ₃	0.2	0.2	-	-	0.1
CH ₄ +H ₂	0.2	0.3	-	-	-
Diğerleri	0.2	0.3	0.1	0.1	-

Tablo 3. Jeotermal alanlar ve kimyasal içerikleri.

Enerji	Kaynak	CO ₂ Emisyonu (g/kWh)	SO _x (g/kWh)
Jeotermal	Wairekei - Yeni Zelanda	13	0.5
	Geysers - ABD	33	1.9
	Krafla - İzlanda	96	6.0
	Cerro Prieto - Meksika	175	4.2
	Tiwi - Filipinler	272	-
	Larderello - İtalya	380	3.5
	Broadlands - Yeni Zelanda	-	6.4
Fosil Yakıt	Doğalgaz	453	0.005
	Fuel-oil	906	11
	Kömür	1042	11

Tablo 4. Jeotermal ve fosil yakıtlı güç santralleri için CO₂ ve SO_x emisyon karşılaştırılması.

4. Sonuç

Jeotermal enerjinin kullanım alanları içinde elektrik üretimi, ısıtma, soğutma ve kojenerasyon sistemleri olarak dört senaryo ele alınmış ve elektrik üretimine göre normalleştirilmiştir. Bu şartlar altında, tek başına elektrik üretimine göre, ısıtmada kullanım halinde 2.58, absorpsiyonlu soğutma halinde 2.90 ve kojenerasyon tesisi halinde 1.72 kat yüksek kazanç tespit edilmiştir. Bu sonuç, ekonomik bir gösterge olarak, gerek akademik araştırmacılara ve gerekse endüstriyel amaçlı kullanıcılara, jeotermal enerji kullanımı konusunda tatmin edici bir fikir vermektedir. Bu yapıyla gelecekteki araştırmalara, konu üzerindeki çalışmalarda üniversite-endüstri ilişkilerinin gelişimine faydası olacağı düşünülmektedir.

Jeotermal enerji, yenilenebilir, en ucuz ve en temiz alternatif enerji kaynağıdır. Kendi öz varlığımız olan, dışa bağımlı olmayan, teknik ve ekonomik avantajlara sahip olan, çevre dostu jeotermal kaynakların maksimum ölçüde değerlendirilmesi enerji ekonomisi çalışmalarında önemli yer tutmaktadır. Bu doğrultuda, Dünya jeotermal potansiyeli içerisinde ilk sıralarda yer alan ülkemizde jeotermal enerji kullanımının hızla artırılması gereklidir. Bu yolla milli servet israfı önlenmiş olacaktır.

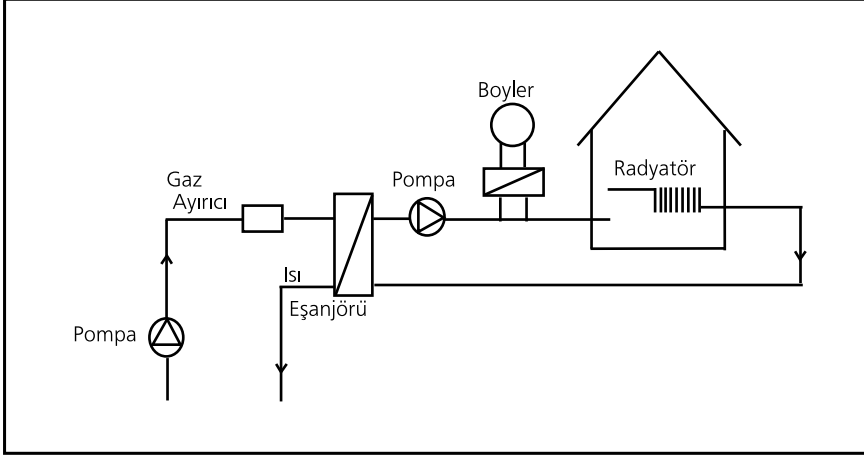
Jeotermal araştırma ve uygulamalarda, disiplinler arası ortak çalışma yapılmalıdır. İlk aşamada yapılacak jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal araştırma ve çalışmaları takiben makine, çevre, inşaat, mimarlık, elektrik, tıp, fizyoterapi, rehabilitasyon, ziraat ve turizm gibi birçok disiplinin ortak çalışmasıyla jeotermal enerjiden en üst düzeyde yarar sağlanmaya çalışılmalıdır.

Özellikle jeotermal potansiyelin bulunduğu bölgelerde başta MTA, yerel yönetimler, üniversiteler, DSİ, ilgili diğer kurumların ortaklaşa ve koordineli olarak çalışmaları hızla yürütmeleri gereklidir. Özellikle rezerv özelliklerinin korunması, jeotermal akışkanın çevreye kaybının önüne geçilmesi için reenjeksiyon sistemlerinin proje başından itibaren planlanarak sistemde yer almasının sağlanması gereklidir.

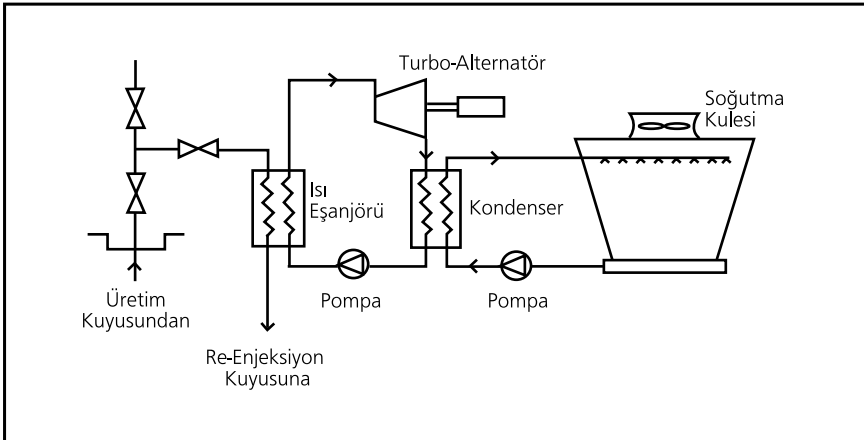
Yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları

Güç Üretim Teknolojisi	Toprak Kullanım Miktarı (m ² /GWh)
Kömür	3642
Güneş Enerjisi	3561
Fotovoltaik	3237
Rüzgar	1335
Jeotermal	404

Tablo 5. Değişik güç üretim teknolojilerinde toprak kullanımının karşılaştırılması.



Şekil 3. Jeotermal enerjinin ısıtma sistemlerinde dolaylı kullanımı.



Şekil 4. İkili çevrim güç santrali ile jeotermal enerjiden elektrik üretimi.

Parametre	Güç Üretimi		Absorpsiyonlu Soğutma	Güç Üretimi + Isıtma	
	Güç Üretimi	Isıtma		Güç Üretimi	Isıtma
Jeotermal su miktarı	15000 kg	15000 kg	15000 kg	15000 kg	15000 kg
Jeotermal kaynak sıcaklığı	190°C	190°C	190°C	190°C	90°C
Jeotermal suyun çıkış sıcaklığı	90°C	50°C	95°C	90°C	50°C
Jeotermal ısı miktarı	6270000 kJ 1743.06 kWh	8778000 kJ 2440.284 kWh	5956500 kJ 1655.907 kWh	6270000 kJ 1743.06 kWh	2508000 kJ 697.224 kWh
Enerji dönüşüm verimi [14]	0.12	1	1.1	0.12	1
Faydalanan enerji miktarı	209.1672 kWh	2440.284 kWh	1821.4977 kWh	209.167 kWh	697.224 kWh
Jeotermal kaynakla kazanılan birim	Elektrik	Doğalgaz, $\eta=0.93$	Elektrik, STK=3	Elektrik	Doğalgaz, $\eta=0.93$
Birim fiyat	158344 TL/kWh	32695.06 TL/kWh	158344 TL/kWh	158344 TL/kWh	32695.06 TL/kWh
Potansiyel kazanç	33120371.12 TL	85370202.91 TL	96141077.27 TL	33120371.12 TL	23935570.91 TL
Toplam potansiyel kazanç	33120371.12 TL	85370202.91 TL	96141077.27 TL	57055942.03 TL	
Potansiyel kazanç oranı	1.00	2.58	2.90	1.72	

Hesaplamalarda 14 Kasım 2003 tarihine ait birim fiyatlar kullanılmıştır.

Tablo 6. Jeotermal enerjinin değişik alanlarda kullanımıyla elde edilebilecek potansiyel kazanç.

ile ilgili mevcut yasa ve yönetmelikler, günün şartlarına uygun, koordinasyonsuzluğun önüne geçen, yetki kargaşasına izin vermeyen bir yapıya kavuşturulmalı, bu tip enerji kaynaklarının kullanımı ve yapılacak yatırımlar özendirilmelidir.

5. Kaynaklar

[1] Çan M (1994) Bursa'da Jeotermal Enerjinin Merkezi Isıtma Sistemlerinde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 13,44-49.

[2] Lund JW, Lienau PJ, Lunis BC (1998) *Geothermal Direct-Use Engineering and Design Guidebook*, United States Department of Energy, Idaho, 454 p.

[3] Dickson MH, Fanelli M (1995) *Geothermal Energy*, John Wiley & Sons, New York, 214 p.

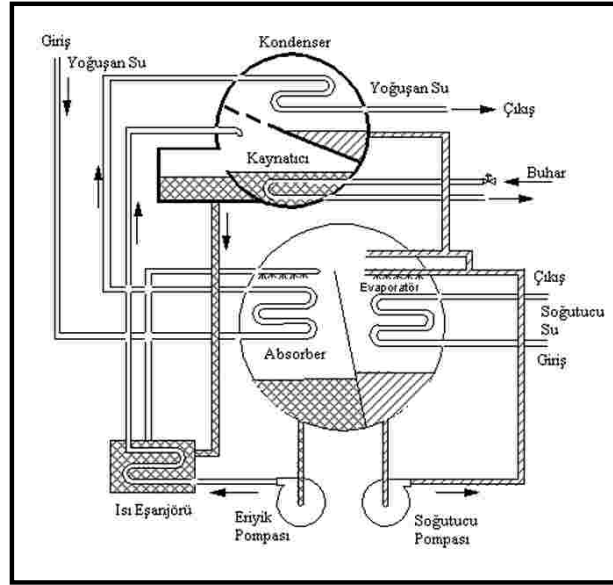
[4] Huttrer GW (2001) The Status of World Geothermal Power Generation 1995-2000, *Geothermics* 30,1-27.

[5] Eridleifsson IB (2001) Geothermal Energy for the Benefit of the People, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 299-312.

[6] Anonim (2001) *Madencilik özel ibtisas komisyonu raporu-enerji hammaddeleri alt komisyonu-jeotermal enerji çalışma grubu*, TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Yayın No:DPT:2609-ÖİK:620, 67 s.

[7] Barbier E (2002) Geothermal Energy and Sustainable Energy Reviews, 1,1-69. Technology and Current Status: An Overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6,3-65.

[8] Barbier E (1997) Nature and Technology of Geothermal Energy : A Review, *Renewable*



Şekil 5. Absorpsiyonlu soğutma sistemi.

- [9] Brophy P (1997) Environmental Advantages to the Utilization of Geothermal Energy, *Renewable Energy*, 10,367-377. [10] American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (1983), 1983 Handbook of Fundamentals ASHRAE, Atlanta, GA, pp. 14.1-14.8.
- [11] Akkuş I, Koçak A, Batık H (1998) Geothermal Energy and MTA, 4th National Balneology Congress, İstanbul.
- [12] Kanoğlu M, Çengel AY (1997a) Performance Evaluation of a Binary Geothermal Power Plant in Nevada, *Proc. of the ASME Advanced Energy Systems Division AES*, 37,139-146.
- [13] Kanoğlu M, Çengel AY (1997b) Getting the Most Out of Geothermal Energy : Economics of Power Generation, Heating and Cooling, *Proc. of the ASME Advanced Energy Systems Division AES*, 37,173-179.
- [14] Kanoğlu M, Çengel AY (1999) Economic Evaluation of Geothermal Power Generation, Heating and Cooling, *Energy*, 24,501-509.

Hakem Görüşü;

Bu yazının, her anlamda sektöre katkısı olacağına inanıyoruz. Sonuç bölümünde belirtildiği gibi mevcut yasa ve yönetmelikler günün şartlarına uygun hale getirilmediği sürece sistemin önü tıkalıdır. Çünkü yürürlükte olan ilgili kanunda "şifalı sıcak ve soğuk maden sularının rüsum ve temettü hisseleri vilayet bususu idarelerine aittir" denilmektedir. Bu sebeple, jeotermal potansiyelin değerlendirilmesi için Özel İdarenin izni gerekmektedir. Özel İdareler ise yeterli teknik donanımına sahip olmadıkları için MTA veya üniversitelerden görüş istemektedirler. Olumlu görüş alınsa dahi yine de gerekli izin verilmemekte, verilse bile çok uzun sürede gerçekleşmektedir.

Özellikle jeotermal sondaj kuyusunun açılması için gerekli olan izin ve sonrasında ruhsat alımı zorluklarla doludur. Fakat mevcut yasa ve yönetmeliklerin düzenlenmesi için oluşturulan komisyon çalışmalarına devam etmektedir. Ümit ediyoruz ki bu komisyonun çalışmaları kısa sürede tamamlanır ve günün şartlarına uygun yasa ve yönetmelikler yürürlüğe girer. Böylece ülkemizde jeotermal enerjinin kullanım alanlarının artmasıyla milli servetimiz değerlendirilir.

Orban Uç

Yazarlar;

Prof. Dr. Mubiddin Can,

1974'te Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Ardından Milli Eğitim Bakanlığı bursiyeri olarak İngiltere'ye gitti. 1981'de Bath University'den Yüksek Mühendis (M.Sc.) ve 1985'te UMIST'ten Doktor (Ph.D.) derecelerini aldı. 1996 yılında Profesör unvanını aldı. Isı-kütle transferi uygulamaları, kurutma tekniği, çarpan hava jetleri ile ısı transferinin artırılması, merkezi ısıtma sistemleri, jeotermal enerji, ısı ekonomisi, ısı eşanjörleri, ısı konfor, doğal gaz uygulamaları, deniz suyundan tatlı su eldesi, SCADA uygulamaları konularında araştırmalar yapmakta ve Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde 1985 yılından beri öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

Öğr. Gör. Dr. Akın Burak Etemoğlu,

1972'de İstanbul'da doğdu. 1994'te Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1995 yılında aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. U.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü'nden 1996'da Yüksek Lisans ve Ocak-2003'te'de Doktor derecelerini aldı. Yazar, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Öğretim Görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.