

## AFYONKARAHİSAR İLİNDE JEOTERMAL ENERJİ KULLANIMI VE SORUNLARI

### *Geothermal Energy Use and Related Problems in Afyonkarahisar Province*

**Dr. İsmail KERVANKIRAN**  
*ikervankiran@hotmail.com*

#### **ÖZET :**

Nüfusun ve sanayileşmenin artışı ile birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Yıllardır enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların tükenmeye başlaması, ülkeleri yeni enerji kaynakları arayışına yönlendirmektedir. Alternatif enerji kaynaklarından olan Jeotermal enerji bakımından zengin potansiyele sahip Afyonkarahisar ilinde, jeotermal enerjinin kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Geçmişte kaplıçalarda, günümüzde ise termal turizm, evlerin ısıtılması ve seracılık alanlarında kullanılmaktadır. Bununla birlikte jeotermal enerjinin kullanımının çevreye verdiği zararlar da her geçen gün arttığı gözlenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Afyonkarahisar, enerji, jeotermal, çevre.

#### **ABSTRACT :**

With the increase of population and industry, the necessity to energy is rising day by day. Search for renewable energy sources is increasing with the consumption of energy resources. The field of use of the geothermal energy is has risen up in Afyonkarahisar Province which has rich geothermal energy potential that can be considered among recent alternative energy resources. Once used in spa-baths, geothermal energy is recently used in thermal tourism, central heating and green houses. However it is observed that the use of geothermal energy gives damages to environment with an inclining rate everyday.

**Keywords:** Afyonkarahisar, energy, geothermal, environment.

## **1.GİRİŞ**

Mal, hizmetler, insan ve bilginin hareket ettirilmesi (taşınması), tarımın ve sanayi faaliyetlerin gelişmesi enerjiye bağlıdır. Bu faaliyetleri yapabilmek için insan birçok enerji kaynağını kullanmış ve kullanmaktadır. Ancak son 200 yılda meydana gelen teknolojik gelişmeler, fosil yakıtların belli bir süre sonra tükenebileceği konusunu tartışılır hale getirmiştir. Bu yüzden güneş, gel-git ve yerkürenin iç kısmındaki jeotermal enerji gibi yeni enerji kaynakları üzerinde yeni araştırmalar yapılmaktadır (Tümertekin ve Özgüç, 2005).

Günümüzde ülkelerin gelişmesi ve sürdürülebilir kalkınması üzerinde enerji üretiminin ve enerji çeşitlendirmesinin etkisi büyüktür. Dünyadaki birçok ülkede özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyacı ve talebi sürekli artmaktadır. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtların gittikçe azalması ve bu yakıtların çevreye verdiği zararların artması, enerji ihtiyacını bu kaynaklardan karşılayan ülkelerde ciddi çevre sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle son yıllarda dünya genelinde petrol ve doğalgazdan kaynaklanan krizlerin artması, ülkeleri yeni enerji kaynakları bulmaya zorlamaktadır. Yerkürenin altındaki jeotermal enerji, rüzgâr, gel-git, güneş, hidrojen, dalga, biyo-enerji ve su gücünden elde edilen enerjiler önemli alternatif enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Günümüzde alternatif enerji kaynaklarının kullanımı düşük olmasına karşı, gelecekte bu enerji kaynaklarına olan talebin artması beklenmektedir. Çevreye zararlı etkilerinin az olması alternatif enerji kaynaklarının önemini ve değerini de artırmaktadır.

Günümüzde dünya birincil enerji tüketimi içerisinde; fosil yakıtlar (petrol, doğal gaz ve kömür) %80; yenilenebilir enerji kaynakları (biyomas, su, jeotermal, rüzgar, güneş ve dalga) %14; nükleer enerji %6 oranlarına sahiptirler. Jeotermal enerji ise yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde %4'lük bir payı içermektedir (Fridleifsson, 2003).

Teknolojinin ve sanayinin gelişmesi bir taraftan enerji tüketimini artırırken, diğer taraftan da çevreye verdiği zararları da artırmaktadır. Bundan dolayı son yıllarda dünya genelinde enerji üretimi ve çevreye etkileri konusunda yapılan çalışmalarda da artış görülmektedir. 1987 Brundtland Raporu, 1992 Rio Zirvesi, 1997 Kyoto Protokolü ve 2002 Johannesburg Zirvesi gibi uluslararası alanda yapılan antlaşmalarda

çevrenin korunmasına ve doğal ortamın sürdürülebilirliğine yönelik çalışmalar daha fazla önem kazanmıştır. Bu açıdan enerji alanında da, çevreye daha az zarar veren ve yenilenebilir enerji kullanımı teşvik edilmektedir.

Son yıllarda en fazla tartışılan konuların başında enerji sıkıntısı ve doğal çevrenin bozulması gelmektedir. Ülkeler bir taraftan enerji krizleri ile uğraşırken ve enerji ihtiyaçlarına çözüm ararken, diğer taraftan da çevre kirletici emisyonları sınırlandırmak ve kontrol altında tutmak amacıyla jeotermal gibi ucuz ve çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmektedirler.

Yerkabuğunun derinliklerinde var olan ısı kaynağı, henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir. Yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığı ile derinlere süzülen meteorit sular, bu ısı kaynağı tarafından ısıtıldıktan ve mineralce zenginleştikten sonra yükselirler, yeryüzünde değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve geçirimli hazne kayalarda (rezervuar) birikirler. Bu akışkan, kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaşarak termal kaynakları oluşturur yada sondajlarla çıkartılarak ekonomik kullanıma sunulur. Ayrıca bazı alanlarda bulunan sıcak kuru kayalarda herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, “*jeotermal enerji*” kaynağı olarak nitelendirilmektedir (Dickson ve Fanelli, 2004).

Jeotermal kaynakların kökeninde büyük ölçüde yüzeyden yeraltına sızan sular ile az miktarda juvenil sular (magmatik sular) vardır. Magmatik sular, volkanizma hareketleri sırasında magmadan ayrılan gazların yoğunlaşması sonucu oluşurlar. Yüzeyden sızan sular (meteorik sular), yer kabuğunun derinliklerine inerek ısınırlar ve tekrar sıcak olarak yeryüzüne çıkarlar (Hoşgören, 1979).

Belli şartlarda kendini yenileyebilen, ucuz ve çevreye zararı fosil yakıtlara göre daha az olan jeotermal enerjinin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Elektrik üretimi, konutların ısıtılması, sağlık, tarım, sanayi, turizm gibi birçok alanda jeotermal enerji kullanılmaktadır. Hatta bazı ülkelerde aynı jeotermal suyu birkaç alanda kullanarak, verimliliği artırılmakta ve maliyeti düşürülmektedir. Örneğin turizm alanında kullanılan sıcak sular, ayrıca jeotermal seralarda da kullanılarak, suların verimliliği artırılmaktadır.

Jeotermal enerji kaynakları düşük sıcaklıklı (20-70 °C), orta sıcaklıklı (70-150 °C) ve yüksek sıcaklıklı (150 °C'den yüksek) olmak üzere üçe ayrılır. Düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal alanlarda ısıtma, soğutma, kurutma, sera, kimyasal madde üretimi, turizm ve sanayi alanında kullanılırken, yüksek sıcaklıklı alanlarda ise elektrik üretiminde kullanılmaktadır.

### **1.DÜNYADA JEOTERMAL ENERJİ KULLANIMI**

Jeotermal enerjinin pratik olarak kullanımı, banyo, yıkama, pişirme amaçlı olarak Prehistorik zamanlara dayanmaktadır. Persler, Romanlar, Hindistanlılar, Çinliler, Meksikalılar ve Japonlar çok eski zamanlarda sıcak sulardan faydalanmışlardır. Japonlar bedeni arıtmada termal sulardan faydalanmışlardır. Bunun yanında Romanlar eğlence amaçlı kullanmıştır. Orta çağda Türkler ve Araplar geleneksel kullanım olan, şimdilerde Türk hamamı olarak bilinen termal hamamları kullanmış ve yaygınlaştırmışlardır (Barbier, 2002).

Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk kez 20. yüzyılın başlarında (1904) Larderello Sahası'nda (İtalya) başarıyla uygulanmıştır. İkinci olarak da Yeni Zellanda'da uygulanmıştır. Dünyada, 1995'den 2000 yılına kadar, jeotermal elektrik üretiminde %17, jeotermal elektrik dışı uygulamalarda ise %87 artış olmuştur. Filipinler'de toplam elektrik üretiminin %27'si, Kaliforniya Eyaleti'nde %7'si, İzlanda'da toplam ısı enerjisi ihtiyacının %86'sı jeotermal enerjiden karşılanmaktadır. Dünyada jeotermal elektrik üretiminde ilk 5 ülke sıralaması: ABD, Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya'dır. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke sıralaması: Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir. 2007 yılı itibariyle, dünyadaki jeotermal elektrik üretimi 9700 MWe olup, elektrik dışı kullanımı ise 33000 MWe'dir. Elektrik enerjisi olarak yıllık üretim 80 milyar KWh, 33000 MWt ise 5.2 milyon konutu ısıtmaya eşdeğerdir (www.jeotermaldernegi.org.tr).

Dünyada yüksek sıcaklıklı jeotermal kuşaklar genellikle levha sınırlarında, volkanizma ve depremlerin yaygın olduğu alanlarda bulunurlar. Jeotermal enerji açısından önemli kuşaklar ve ülkeler şunlardır:

- Okyanus ortası kuşak (İzlanda),

- Levha sınırları ve volkanik ada yayları (Japonya, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, ABD, Şili),
- Genç Orojenik Kuşak, Alp-Himalaya kuşağı (İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran, Hindistan),
- Sıcak Noktalar (Hawaii).

## 2. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ KULLANIMI

Türkiye Alpin Orojenik Kuşak üzerinde bulunduğu ve genç oluşumlu bir ülke olduğundan, tektonik olarak hareketli bir bölgede bulunmaktadır. Aktif bir konumda bulunan ülkemizde orojenik hareketler sonucu oluşan faylanmalar, jeotermal enerjinin yeryüzüne çıkışına neden olmaktadır. Ülkemizde bulunan birçok jeotermal enerji kaynakları bu fay hatları ile ilişkilidir (Harita 1). Türkiye, sahip olduğu jeolojik yapı gereğince, jeotermal enerji bakımından zengin bir potansiyele sahiptir. Genellikle ülkemizden çıkan sıcak sular “*düşük ve orta sıcaklıklı*” jeotermal alanlar grubuna girmektedir. Bunun yanında özellikle Batı Anadolu kuşağında yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlar da bulunmaktadır ve bu alanlarda elektrik üretimi yapılmaktadır (Tablo 1).

Ülkemizde faylarla parçalanmış olan Kuzey ve Doğu Anadolu fay kuşakları boyunca, Ege Bölgesi'nde özellikle Gediz Grabeni dahilinde, İzmir ve Çeşme civarında, Pamukkale, Bursa, Yalova, Afyonkarahisar, Haymana, Nevşehir, Acıgöl, Kızılcahamam, Doğu Anadolu'da Ilıca, Dumlu (Erzurum), Pasinler, Erzincan, Muş, Çermik (Diyarbakır), Çiftehan (Pozantı) civarında sıcak su kaynakları çıkmaktadır. Bu kaynaklar kırık hatlar boyunca yeraltına sızan suların derinlerde ısınarak ve bünyesine erimiş halde mineral maddeleri olarak yüzeye çıkmaları ile oluşmaktadır (Atalay, 1994). Ülkemizde geçmişte hamam olarak kullanılan jeotermal sular, günümüzde sağlık, sanayi, tarım, elektrik enerjisi üretimi, konutların ısıtılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Tablo-1).

Ülkemizde, DPT 9. Kalkınma Planında (2007- 2013) jeotermal enerjinin hem üretim miktarının artırılması hem de jeotermal enerjini çeşitlendirilmesi hedeflenmektedir. 2007 yılında Türkiye'nin toplam 1306 MWt'lık doğrudan kullanımının 671 MWt'lık kısmı 15 değişik ilde konut ve tesis ısıtımında, 232 MWt'lık kısmı 1200.000 m<sup>2</sup> sera ısıtımında ve 402 MWt'lık kısmı ise 215 adet termal tesiste yararlanılmaktadır (Tablo 2).

**AFYONKARAHİSAR İLİNDE JEOTERMAL ENERJİ KULLANIMI VE SORUNLARI**

**Tablo 1:** Türkiye’deki Bazı Jeotermal Alanların Sıcaklık, Kapasite ve Kullanım Alanları

Jeotermal Alan	Sıcaklık (°C)	Kapasite-MW	Kullanım Alanı
Germencik-Aydın	232	0.1	Elektrik, Sera
Sultanhisar-Aydın	162	7.95	Elektrik
Kızıldere-Denizli	212	22.8	Elektrik -Sera
Tuzla-Çanakkale	174	9	Sera
Simav-Kütahya	163	61.6	Balneoloji, Isıtma, Sera
Dikili-İzmir	130	2	Sera
Balçova-İzmir	124	143.3	Balneoloji, Isıtma, Sera
Hisaralan-Balıkesir	100	0.49	Sera
Ömer Gecek-Afyon	98	2.6	Balneoloji, Isıtma, Sera
Salihli-Manisa	98	0.37	Balneoloji, Isıtma
Kozaklı-Nevşehir	93	14.9	Isıtma, Sera
Çamköy-Aydın	90	0.7	Balneoloji, Isıtma
<b>Kaynak:</b> www.enerji.gov.tr			

DPT’nin 9. kalkınma planı içerisinde jeotermal enerji tüketiminin 2013 yılında 8000 MWt olması hedeflenmektedir. Bu dönemde (2007 – 2013) jeotermal elektrik üretimi, ısıtma (konut, termal tesis vb), sera ısıtma, kurutma, termal turizm hedeflerine ulaşılması için gerekli olan yatırım tutarları toplamı 3,25 Milyar \$ oluşturmaktadır. Buna karşılık 2013 yılı hedefleri gerçekleştiği takdirde ülkemiz ekonomisine katkısı 16 Milyar \$ olacaktır.

Türkiye’nin teorik jeotermal ısı potansiyeli 31500 MWt olarak kabul edilmektedir. Ülkemiz bu potansiyeli ile dünyada yedinci, Avrupa’da ise birinci konumdadır. Bu potansiyelin ancak yaklaşık %12.5’i (3298 MWt) görünür hale getirilmiş ve bu görünür kapasitenin % 33’ünden doğrudan veya dolaylı olarak yararlanılmaktadır. Jeotermal

kaynaklarımızın %78'i Batı Anadolu'da yer almaktadır. Türkiye'nin 2007 itibari ile jeotermal enerjiyi doğrudan kullanma kapasitesi 1306 MWt'dir. Günümüzde MTA Genel Müdürlüğü'nün ortaya çıkarmış olduğu bu jeotermal potansiyelden elektrik üretimi, konut-sera ısıtılması ve termal turizm gibi alanlarda yararlanılmaktadır (Dağıstan, 2008).

<b>Tablo 2: Türkiye'deki Jeotermal Enerjini Kullanım Alanlarına</b>		
<b>Kullanım</b>	<b>2007 Tüketim</b>	<b>2013 Hedefi</b>
Elektrik	22.4 MWe	550 MWe
Konut ve tesis	671 MWt	4000 MWt
Termal	402 MWt	1100 MWt
Seracılık	232 MWt	1700 MWt
Soğutma	-----	300 MWt
Kurutma	-----	500 MWt
Diğer alanlar	-----	400 MWt
Toplam	1306 MWt	8000 MWt
<b>Kaynak:</b> DPT 9. Kalkınma Planı.		

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olduğu öteden beri dile getirilmekle birlikte bu kaynaklarından üretebilecek enerjinin değerlendirilmesi net olarak yapılmamıştır. Ülkenin yerli enerji potansiyelinin artmasına az da olsa bir olanak sağlayacak jeotermal kaynaklarını enerji arzı portföyüne eklemesi gerekmektedir. Ülkemizin enerji ihtiyacının yaklaşık %75'i ithal edilen ve enerji bağımlılığını arttıran yakıtlardan karşılanmaktadır. Enerji bağımlılığını rüzgar, güneş, jeotermal gibi yenilenebilir kaynakların devreye sokulmasıyla, bir nevi enerji çeşitlendirilmesi yapılarak azaltılması gerekmektedir (Korkmaz Başel vd., 2009).

Türkiye'deki düşük, orta ve yüksek entalpili jeotermal sistemlerin araştırılması, geliştirilmesi, işletilmesi ve korunması büyük önem taşımaktadır. Sıcak suların aranmasının önemli olması kadar bilinen ve bulunan bu enerji kaynaklarından sürekli yararlanabilme konusunun araştırılması büyük önem taşır. Sürekli yenilenebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal sistemler korunmadıkları takdirde gelecekte aynı

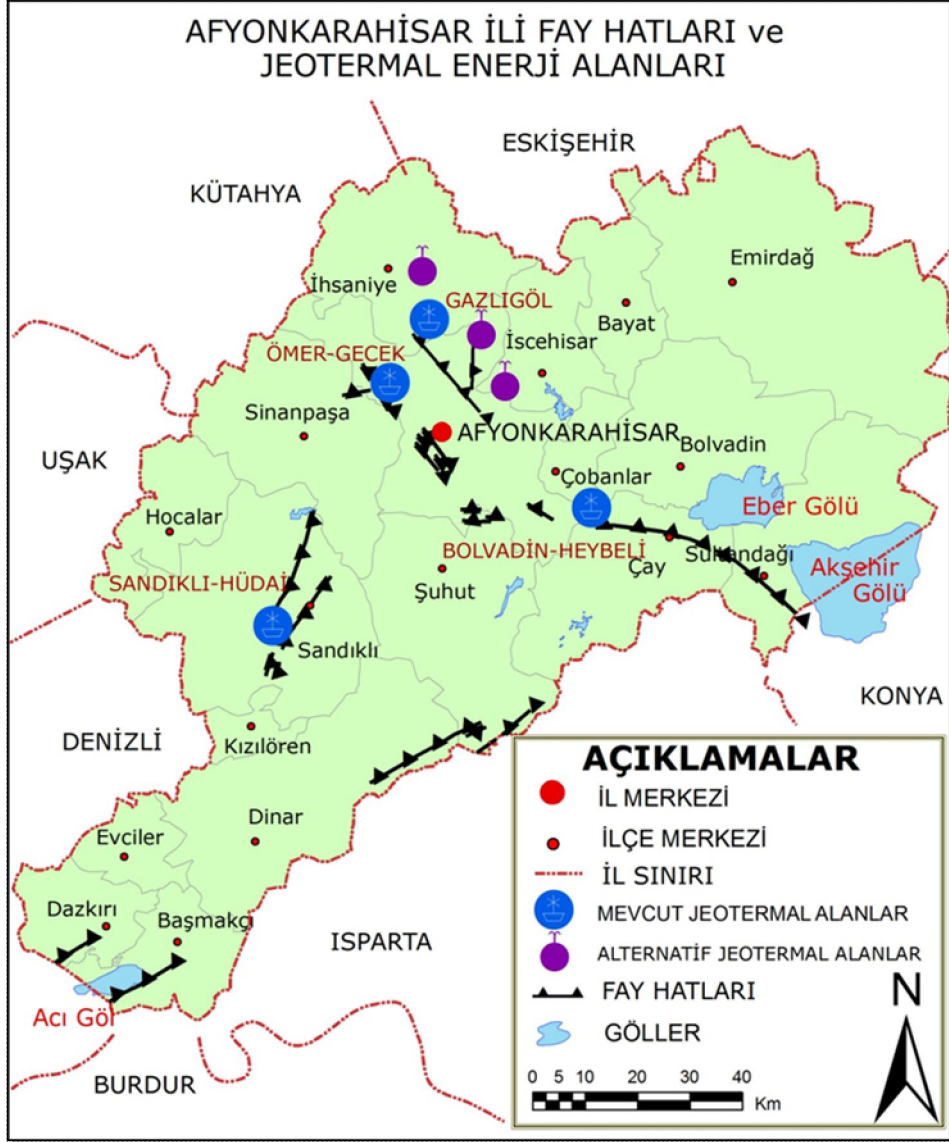
verimlilikte olmadıkları ve hatta tamamen yok olabilecekleri hiçbir zaman bellekten çıkarılmamalıdır. Zira bu sular şifalı olduklarından hidro-jeokimyasal özelliklerinin bozulmadan kalmaları ayrı bir önem taşır (Bulut ve Filiz, 2005).

### 3. AFYONKARAHİSAR İLİNİN JEOTERMAL ENERJİ SAHALARI VE KULLANIM ALANLARI

Afyonkarahisar ilindeki jeotermal kaynakların oluşumunda, bölgenin jeolojik yapısının ve tektonik hareketler sonucu oluşan fay hatlarının etkisi büyüktür. Bölgede N-S ve NW-SE doğrultusunda uzanan fay hatları üzerinde ya da yakınında çıkan sıcak sular, ilin en önemli jeotermal kaynaklarını oluşturmaktadır (Harita 1). İlde fay hatları boyunca çıkan bu sıcak sular, “orta sıcaklıklı” jeotermal alanlar grubuna dahildir. Bu alanlar aynı zamanda ilin Termal Turizm Merkezlerini, dolayısı ile turizm faaliyetlerinin de en önemli çekiciliklerini oluşturur.

Afyonkarahisar İli jeotermal alanlarının lokasyonları ve jeolojik yapıları birbirine benzerlik göstermektedir. Genellikle termal merkezler, en genç birim olan alüvyonların üzerinde kurulmuşlardır. Bu merkezlerin hemen gerisinde ise, alanın en yaşlı birimi olan Paleozoik’e ait formasyonlar bulunmaktadır. Bu formasyonların yine bütün jeotermal alanlarda rezervuar kayaç niteliği taşıdığı görülmektedir. Yine jeotermal alanların benzer özelliklerinden biri de kırık çizgileridir. Her jeotermal merkezin hemen yakınında kırık çizgileri geçmektedir. Demek ki jeotermal kaynaklar kırık çizgileri tarafından yüzeye ulaşmaktadır. Kırık çizgilerinin genel doğrultuları ve düşey atımlı olmaları benzerlik göstermektedir. Ayrıca dikkat edildiğinde jeotermal kaynakların çıktığı kırık çizgilerinin üzerinde ve çevresinde traverten çökmesi görülmektedir. Bu durum doğal sıcak suların içerisinde, tortu ve kabuk yapıcı kimyasal madde (Ca, O ve bor) miktarının fazla olduğunu işaret etmektedir (Yılmaz, 1999).





**Harita 1:** Afyonkarahisar İli Mevcut ve Alternatif Jeotermal Alanları

Afyonkarahisar jeotermal sahaları bölgedeki jeolojik yapı ile doğrudan ilişkili olup çok evreli sistemlerdir (Harita 1). Jeodinamik evrim devam ettiği için bölgedeki jeotermal sahaların sınırları çok zor çizilebilecek yapıdadır. Bu konuda çok kapsamlı çalışmaların çok

disiplinli olarak araştırılması gerekmektedir. Bölgedeki yer altı sularını koruyacak DSİ ile jeotermal sahaları koruyacak veya işletecek kuruluşlar arasında kapsamlı görev bölümlerinin çok hızlı bir şekilde yapılması önemlidir (Karamanderesi, 2008).

Çalışma alanında jeotermal enerji sahaları şunlardır:

### 3.1. Ömer- Gecek Jeotermal Enerji Sahası

Ömer-Gecek jeotermal sahası, ilin kuzeybatı yönünde, Afyonkarahisar şehir merkezine 15 km uzaklıkta ve Afyonkarahisar-Kütahya yolu üzerinde bulunmaktadır (Harita 1). Ömer ve Gecek jeotermal sahası, sularının birçok hastalığa iyi gelmesinden dolayı geçmişte uzun süre kaplıca olarak kullanılmıştır. Bu saha, günümüzde de modern termal turistik tesislerinin artmasıyla tercih edilen bir mekandır.

Ömer-Gecek bölgenin jeolojisine ait bilgiler Erişen (1976)'dan alınmıştır. Alanda en yaşlı birim Paleozoyik'e ait metamorfik şistlerdir. Metamorfik şistlerin üzerinde geçişli olarak kristalize kireçtaşları (mermer) yer alır ve bunlar yer yer mikaşist ve kalkşistlerle ardalanmalıdır. Neojen birimi çakıltaşı, kumtaşı, kil, kireçtaşı, marn, tüfit-aglomera, çört ve lahar çökelleri ile temsil edilir. Traverten çökelleri ve alüvyon ise en genç birimleridir. Magmatik etkinlikle ilgili en yaşlı kayalar, Afyon trakitik volkanizmasına bağlı trakitik, trakiandezitik ve andezitik volkanitler ile bunların tüfit, aglomera ve lahar gibi kırıntılı ürünleridir. Alanda daha genç volkanizmayı bazalt lavlarına en genç kırık zonlarına bağlı olarak yüzeyleyirler. Kırık çizgilerinin genel istikameti KD-GB, KB-GD olup, bunlar Neojen sonu ve sonrası yaşlıdır. Yapılan arazi etütleri ve sondajlı çalışmalara göre, Paleozoyik yaşlı kuvarsit, kalkşist, kuvarslı şist ve kristalize kireçtaşları (mermer), Neojen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, bazalt, kireçtaşı ve yöredeki tüm fay zonları rezervuar kaya niteliğindedir. Bölgede açılan sondajlarda derinlik 60 m.-905 m. arasında, debi 5-100 (l/s) arasında, sıcaklığı ise, 50-98 °C arasında bulunmaktadır (MTA, 2005).

Ömer-Gecek jeotermal sahasındaki sular kaplıcalarda, turizm tesislerinde, konutların ısıtılmasında ve son yıllarda seracılık alanında kullanılmaktadır. 1994 yılında Afyonkarahisar şehir merkezindeki konutların ısıtılması amacı ile AFJET kurulmuş ve 1998 yılından itibaren, bu sahadan getirilen sıcak su ile şehir merkezinin bir bölümü

ısıtılmaktadır. Ayrıca 2009 yılında bu termal kaynağa yakın 40.000 metrekare alan kaplayan jeotermal sera yapılmıştır.

### **3.2. Sandıklı-Hüdai Jeotermal Enerji Sahası**

Sandıklı-Hüdai jeotermal enerji sahası Afyonkarahisar şehir merkezinin güneybatısında ve Afyonkarahisar-Antalya karayolu yakınında bulunmaktadır (Harita 1). Halk arasında “Hüdai Kaplıcası” olarak bilinen saha, ilin önemli turistik çekim merkezlerinden biridir. Bu saha, kaplıca tesisleri yanında, şifalı suları, çamur banyoları ve yeni modern tedavi ünitelerinin bulunduğu tatil merkezidir.

Sandıklı-Hüdai jeotermal alanında temel paleozoyik yaşlı dolomitik kireçtaşı, kalkşist, yeşil şist, milonitik kireçtaşı, kuvarsit ve silisifiye çakıltası tarafından temsil edilmektedir. Mesozoyik kireçtaşı alanının güney batısında her taraftan faylarla çevrili bir horst şeklinde gözlenir. kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyon sahadaki en genç birimleri temsil eder. Alanda paleozoyik yaşlı kuvarsit, silisifiye çakıltası, kalkşist ve kireçtaşları ile Mesozoyik yaşlı kireçtaşı ve marnlı plaket kireçtaşları rezervuar kaya niteliğindedir. Bölgede kırık hatları genellikle K-G,D-B,KB, GD ve KD-GB yönlüdür. Sıcak su kaynakları ise K-G ve D-B yönlü fayların kesişme noktalarında yer almaktadır. Bölgede açılan sondajlarda derinlik 50 m.-226 m. arasında, debi 25-105 (l/s) arasında, sıcaklığı ise, 40-70 °C arasında bulunmaktadır (MTA, 2005).

Bu sahadan çıkarılan jeotermal sular kaplıca, turizm, konutların ısıtılması ve jeotermal seralarda kullanılmaktadır. Bölgede 40.000 metrekare alana jeotermal sera kurulmuştur. Bölgede jeotermal sera yatırımları devam etmektedir.

### **3.3. Bolvadin-Heybeli Jeotermal Enerji Sahası**

Heybeli jeotermal enerji sahası Afyonkarahisar şehir merkezinin 30 km. doğusunda ve Afyonkarahisar-Konya karayolu üzerinde bulunmaktadır (Harita 1). Geçmişte “Kızılkilise”, günümüzde ise “Heybeli Kaplıcası” olarak bilinmektedir.

Heybeli-Çay-Çobanlar alanında en yaşlı birim paleozoyik yaşlı şistlerdir. Sahada en genç birimler traverten çökelleri ve alüvyon örtüsüdür. Genç volkanik etkinliğe bağlı kayalar Neojen çökelleri

arasındaki tüfitler ile Neojen sonu ve/veya sonrası yaşlı bazaltlardır. Alanda gözlenen genel kırık hatları KD-GB ve KB-GD yönlü eğim atımlı normal faylarla temsil edilir ve bu kırık çizgileri Neojen sonu ve/veya sonrası yaşlıdır. Sahada rezervuar kaya paleozoyik yaşlı kuvarsit, kalkışist, kristalize kireçtaşı (mermer) ve kalkışistler ile Neojen'e ilişkin çakıltası, kumtaşı, kireçtaşı kaya birimleri tarafından temsil edilir. Bölgede açılan sondajlarda derinlik 146 m.-394 m. arasında, debi 7-64 (l/s) arasında, sıcaklığı ise, 37-56 °C arasında bulunmaktadır (MTA, 2005).

Heybeli jeotermal sahasından çıkan sıcak sular, kaplıca ve jeotermal seracılıkta kullanılmaktadır. Bölgede 2008 yılında 50.000 metrekare alan kaplayan jeotermal saha kurulmuştur. Bölgede jeotermal sera yatırımları devam etmektedir.

### **3.4. Gazlıgöl Jeotermal Enerji Sahası**

Gazlıgöl jeotermal enerji sahası Afyonkarahisar şehir merkezinin 22 km kuzeydoğusunda ve Afyonkarahisar-Eskişehir karayolu üzerinde bulunmaktadır (Harita 1). Ülkemizin en eski kaplıcalarından olan Gazlıgöl kaplıcası, geçmişte birçok medeniyetler tarafından kullanılmıştır. Kaplıcanın suyu şifa kaynağı olup, bazı hastalıkların tedavisinde kullanılır.

Gazlıgöl jeotermal alanında temeli şist ve kuvarşistlerin yer aldığı paleozoyik yaşlı metamorfite oluşurmaktadır. Bu birimin üzerine Neojen yaşlı kil, kum taşı ve çakıl taşı ardışıklı çökeller uyumsuz olarak gelir. Sahadaki en genç birimler kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonlar tarafından temsil edilmektedir. Kırık çizgilerinin genel uzanım KD-GB, K-G ve KB-GD yönlüdür. Bu kırık hatları Neojen sonu ve/veya sonrası yaşlıdır. Sahada Paleozoyik'e ait kuvarşistler, kuvarslı şistler ile bunları kesen fay zonları rezervuar kaya niteliğindedir. Bölgede açılan sondajlarda derinlik 120 m.-300 m. arasında, debi 1,7-28 (l/s) arasında, sıcaklığı ise, 51-74 °C arasında bulunmaktadır (MTA, 2005).

Gazlıgöl jeotermal sahasından çıkarılan sıcak sular, kaplıcada ve turizm tesislerinde sağlık amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu sıcak su kaynaklarından önümüzdeki yıllarda jeotermal seralarda ısıtma kaynağı olarak istifade edilmesi düşünülmektedir.

#### 4.SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Jeotermal kaynakların çevresel etkileri konusunda günümüze kadar gerçekleştirilmiş olan ve devam eden çalışmalarda birtakım sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlar; jeotermal sistemin işletmeye alma aşaması, işletme aşaması, jeotermal akışkanın kullanım aşaması ve nihai bertaraf aşaması şeklinde sınıflandırılabilir (Tokgöz ve Türkman, 2001).

Çalışma alanı olan Afyonkarahisar ilinde jeotermal enerjinin yüzeye çıkarılması, kullanımı ve kullanım sonrası çevreye bırakılması aşamasında bazı problemlerin yaşandığı görülmektedir. Bu problemlerin başında jeotermal suların yüzeye çıkarılması ve kullanım sonrası reenjeksiyon yapılmaması ya da arıtma yapılmadan doğaya bırakılmasıdır. Kontrolsüz bir şekilde doğaya bırakılan bu sular; akarsuları, gölleri, yeraltı sularını, bu alanlarda yaşayan canlıları, toprağı ve havayı olumsuz olarak etkilemektedir.

Ayrıca jeotermal suyun bünyesinde bulunan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), amonyak (NH<sub>3</sub>) ve civa (H<sub>g</sub>) gibi gaz emisyonların atmosfere yayılması, başta insan sağlığını etkilemesi yanında, hayvan ve bitki yaşamına da zarar vermektedir (Topbaş vd., 1998).

Afyonkarahisar ilinde jeotermal akışkanın içinde bulunan bor, arsenik, civa, kurşun ve krom gibi ağır metallerin kullanıldıktan sonra arıtılmadan doğaya salınması (Fotoğraf1), insan sağlığını, bitkilerin büyümesi ve gelişimini ve toprağı olumsuz olarak etkilemektedir. Bununla birlikte kullanılan jeotermal akışkanın doğaya salındığı yerlerin yakınında turistik tesislerin yapılması (Fotoğraf 2), bölgeye şifa amacıyla gelen insanların sağlığını tehdit etmektedir. Oysa Japonya, ABD ve İzlanda gibi jeotermal enerjiyi kullanan ülkelerde çoğunda “reenjeksiyon” (*Binary Cycle Sistem*) adı verilen modern sistemler uygulanmakta ve jeotermal akışkan bünyesindeki gazlarla birlikte rezervuara geri basılmakta ve çevreye olumsuz etkisi bu şekilde önlenmektedir. Bu sistemin olmadığı jeotermal alanlarda ise mevcut arıtma teknolojilerinin uygulanması, ortamların korunması açısından bir zorunluluktur.



*Fotoğraf 1: Sandıklı'da Kullanılan Kaplıca Sularının Hemen Yakınında Bulunan Turistik Tesisler*



*Fotoğraf 2: Gazlıgöl'de Kaplıca Sularının Aktığı Dere Kenarında Yapılan Turistik Tesisler*

Ömer-Gecek, Gazlıgöl ve Heybeli kaplıcalarında kullanılan termal suların arıtılmadan, kaplıca yakınından geçen Akarçay'a

gönderilmesi, hem Akarçay'da, hem de Akarçay'ın döküldüğü Eber Gölü'nde kirliliğe neden olmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, Afyon Akarçay Havzasında su karışımının göstergesi olarak kullanılan Na+K, Cl, Li, B, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik parametrelerinin alansal dağılımında yer altı suyundaki kirlenmenin jeotermal alanlara yakınlık derecesi ile ilişkili olduğu saptanarak yer altı suyunda sulama, içme ve kullanma suyu kriterleri açısından jeotermal su katkısına bağlı kirlenmenin meydana geldiği belirlenmiştir. Bölgede yaklaşık 125 l/sn debili jeotermal akışkan her yıl Ekim-Nisan döneminde 6-7 ay süre ile ısıtmada kullanıldıktan sonra Akarçay Nehri'ne boşaltılmaktadır. Ayrıca, gelecek yıllarda projenin 625 l/sn'lik akışkan debisine ulaşacak şekilde genişletilmesi de planlanmıştır (Doğdu ve Bayarı, 2002).

Kaynak koruma alanı çalışmaları; jeoloji ve hidrojeoloji çalışmaları, çevre mevzuatında yer alan kriterlere göre yüzeysel kirlenme unsurların belirlenmesi, kaynağın kirlenme unsurlardan korunması amacıyla, koruma alanı zonları ve bu zonlarda alınması gereken tedbirleri içerir. Koruma alanı çalışmaları; rezervuarın korunmasına yönelik alınması gereken tedbirler amacına yönelik, kaynağın işletmeye alınmasından önce yapılmış olan üretim testleri sonucunda belirlenen rezervuar parametrelerine göre kuyu bazında ve bu kuyulardan alınabilecek toplam üretim miktarını, kullanımdan dönen akışkanın miktarı ve bu akışkanın yeraltına reenjeksiyon için uygun lokasyonlar ve uygun kapasitede kuyu sayılarını, üretim testleri sırasında yapılmış ve yapılacak kimyasal testlerle çatlaklı zonların ve üretim kuyularının kısmen veya tamamen tıkanmasına yol açacak bileşiklerin tespit edilmesi durumunda sürdürülebilir üretimin sağlanması için gerekli uygulamaları içerir. Bu amaçla jeotermal alanlarda sürdürülebilir üretimin sağlanması için, reenjeksiyon mutlaka yapılmalıdır. Jeotermal rezervuar parametrelerinin korunması ve çevreye jeotermal akışkanın kontrolsüz atılmaması ve reenjeksiyonu mutlaka denetlenmelidir (Dağıstan, 2008).

Jeotermal enerjiyi kullanan birçok ülkede reenjeksiyon sisteminin kurulması ve işletilmesi zorunludur. Reenjeksiyon yapılmadığı takdirde; rezervuar basıncının düşmesi, jeotermal suların yüzeysel sularına ve yer altı içme sularına karışması, jeotermal havzadaki su sıcaklığının

değişmesi gibi, hem yeraltındaki rezervuarda, hem de doğal çevrede sorular oluşturmaktadır. Çalışma alanında sadece Ömer-Gecek jeotermal sahasında iki kuyuda reenjeksiyon yapılmaktadır. Reenjeksiyon sistemi pahalı bir sistemdir. Ancak, bu sistemin kurulması ve işletilmesi uzun dönemde oluşabilecek çevre sorunlarını önleme açısından önemlidir.

Afyonkarahisar jeotermal alanlarında jeotermal akışkan sınırlıdır. Bu akışkandan optimum yararlanmak için çok akışkan üretmek yerine kayaçların ısısından yararlanmak ve çekilen akışkanın aynı şartlarda rezervuara verilmesi sürdürülebilir jeotermal gelişim için çok önemlidir. Ömer-Gecek ve Heybeli jeotermal ortak özelliği kuyuların derin olmayışı ve rezervuarın tam olarak kesilememesidir. Çok kuyu açmak yerine 2. ve 3. rezervuarın kullanılabilmesi daha derin kuyular açmak daha faydalı olacaktır. Gazlıgöl sahasında kontrolsüz kuyu açılması nedeniyle rezervuar basıncında azalma ve soğumalar meydana gelmeye başlamıştır. Bundan sonra sahaya yeni kuyu açmak yerine Bozüyük, Ablak, Akören gibi alternatif jeotermal sahalar araştırılmalıdır (Harita 1). Bu sahalar için farklı zamanda farklı kurumlarca yapılan münferit çalışmalar yerine Afyon Kocatepe Üniversitesi, DSİ, MTA ve İller Bankası gibi kuruluşların oluşturulacağı Afjet, Oteller Birliği ve Ticaret Odası gibi kuruluşlarca desteklenen bir proje ile bölgenin jeolojisi, jeotermal özellikleri ve potansiyeli gibi parametrelerin ortaya konması ve jeotermal organizasyonunun tek elden yürütülmesi Afyonkarahisar için sürdürülebilir bir jeotermal için çok önemlidir (Türker vd., 2008).

Çalışma alanındaki jeotermal enerji potansiyelinin ortaya çıkarılması ve bilimsel verilerin elde edilmesi, jeotermal enerjinin kullanımını, sürdürülebilirliğini ve bölgeye yapılacak yatırımları etkilemektedir.

Afyonkarahisar ve çevresinde jeotermal-mineralli sular ve maden kaynaklarıyla ilgili olarak bilimsel çalışmalar yapmak amacıyla Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ) bünyesinde, 2009 tarihinde Jeotermal-Mineralli Sular ve Maden Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin (JUAM) kurulması, jeotermal kaynakların bilimsel olarak izlenmesine, değerlendirilmesine, analiz edilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Jeotermal-Mineralli Sular ve Maden Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (JUAM), öncelikle Ömer-Gecek havzası olmak üzere bölgedeki önemli jeotermal alanlarda arazi çalışmalarına başlamış



ve bu çalışmalarla Afyonkarahisar ve çevresindeki derin jeotermal yapıyı ortaya çıkarmak ve bölgedeki jeotermal havza veya havzaların yanal ve düşey yöndeki dağılımını belirlemek amaçlanmıştır. Diğer bir çalışma alanı da Heybeli Termal Tesisleri içerisinde bulunduğu bölgede yapılan çalışmaların amacı jeotermal rezervuar, ısıtıcı kayaç, örtü kayaç ve tektonik hatlar gibi jeotermal sistemin önemli parçalarının bölgedeki yayılımının belirlenmesidir. Jeotermal enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği, taşıma kapasitesinin belirlenmesine bağlıdır. Bunun için bilimsel olarak yapılacak ölçümler, testler gerekmektedir. Jeotermal-Mineralli Sular ve Maden Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin (JUAM) yapacağı bilimsel değerlendirmeler, bölgenin jeotermal su kapasitesinin belirlenmesi ve bölgeye yapılacak yatırımlar açısından büyük önem taşımaktadır (Kervankıran 2011).

## **5.SONUÇ**

Afyonkarahisar ili bulunduğu konum ve jeolojik yapısından dolayı, jeotermal enerji alanında zengin bir potansiyele sahiptir. Bölgedeki jeotermal sular eski çağlardan beri sağlık amaçlı olarak kullanılmaktadır. Günümüzde ise bu sular; turizm, sağlık, seraların ve konutların ısıtılması alanlarında kullanılmaktadır.

Geçmişte jeotermal suların üretim miktarı ve kullanım alanı az iken, günümüzde bu kaynakların üretim miktarı ve kullanım alanları artmıştır. Bundan dolayı jeotermal enerjinin çıkarılması, kullanımı ve uygulamalarında sorunlar oluşmaya başlamıştır. Bu sorunların çözülmesi veya etkilerinin en aza indirilmesi için gerekli yasal ve teknik önlemlerin yerine getirilmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Öncelikle, Almanya, İtalya ve Japonya'da olduğu gibi, jeotermal suların tek elden çıkarılması ve dağıtımının tek elden yapılması, kaynakların rasyonel kullanımı açısından zorunludur. Bunun için idari makamların ve yerel yönetimlerin daha etkin olması gerekmektedir.

İkinci olarak, ildeki jeotermal enerjinin sürdürülebilirliği, jeotermal rezervuarının beslenme-boşaltım dengesinin korunmasına bağlıdır. Bundan dolayı hem rezervuardaki suyun korunması, hem de yüzeye çıkarılan suların çevreye zararlı etkilerinin azaltılması için, jeotermal sahalarda reenjeksiyon sisteminin kurulması zorunludur. Kısa

vadede ise, kullanılan jeotermal sularda arıtma sistemlerinin uygulanması, doğal ortamın korunması açısından önemlidir.

Bu tür önlemlerin alınmaması durumunda; akarsu, göl ve yer altı sularına ağır metallerin karışması, bölge ekosisteminin bozulması, toprağın kirlenmesi ve doğal dengenin bozulması gibi sorunlar artacaktır. Kısa, orta ve uzun vadede alınması gerekli önlemler alınmadığı takdirde, oluşacak çevresel sorunları, insan sağlığını tehdit etmeye devam edecektir.

### **KAYNAKLAR**

- Ardos, M., 1978, Afyonkarahisar Bölgesinin Jeomorfolojisi, İ.Ü. Edeb. Fak. Yayınları No: 2418, Coğrafya Enst. Yayınları No: 97, İstanbul.
- Atalay, İ. 1994, Türkiye Coğrafyası. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Barbier E., 2002, Geothermal Energy Technology And Current Status: An Overview. Renew Sustain Energy Rev, 6: 3–65.
- Bulut, M. ve Filiz, Ş., 2005, Bayındır Jeotermal Sahasının Hidrojeolojisi, Hidrokimyası Ve İzotopik Özellikleri (İzmir, Batı Anadolu, Türkiye), MTA Dergisi, 131.
- Dağıstan, H. 2008. Yenilenebilir Enerji ve Jeotermal Kaynaklarımız. 24-25 Nisan 2008 Termal ve Maden Suları Konferansı Bildiriler Kitabı.
- Dickson M.H. ve Fanelli M., 2004, What is Geothermal Energy? Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR , Pisa, Italy.
- DPT Müsteşarlığı, 2006, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Kom. Jeotermal Enerji Çal. Gb.Rap. Yay. No: 2441.
- Fridleifsson, I.B., 2003. Geothermal Energy in the World, UNP-GTP, Iceland, unpubl.
- Hoşgören, Y. 1979. Hidrografyanın Ana Çizgileri I. İstanbul Üniv. Yay. No 2619, Coğrafya Enst. Yay. No.111. İstanbul.

- Kervankıran, İ., 2011, Afyonkarahisar İlinde Başlıca Doğal, Tarihi ve Kültürel Kaynakların Sürdürülebilir Turizm Açısından Değerlendirilmesi  
Afyon Kocatepe Üniv. Sosyal Bil. Enst. (Yayınlanmamış Doktora Tezi).  
Afyonkarahisar.
- M.T.A., 2005, Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, Env. Serisi: 201.
- Korkmaz Başel, E.D., Satman, A. ve Serpen, Ü. 2009, Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli. TMMOB Jeotermal Kongresi, 23 - 25 Aralık 2009, Ankara.
- Serpen U., 2005. Geothermal Energy and Its Utilization in the World and Turkey, Proceedings of the 1st International Symposium and Exhibition on Environment-Friendly Energy Sources and Technologies, 5-7 September, Izmir,
- Tokgöz, S. ve Türkman, A., 2001, Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (Yeksem '2001), TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, s: 33-38, İzmir.
- Topbaş, M.T., Brohi, R. ve Karaman, R., 1998, Çevre Kirliliği. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Tümertekin, E., Özgüç, N., 2005, Ekonomik Coğrafya, Çantay Kitabevi, İstanbul
- Yılmaz, Ö., 1999, Jeotermal Enerji ve Afyon'da Kullanımı, İleri Ofset Matbaacılık, Afyonkarahisar.
- [http:// www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr) (Erişim Tarihi: 12.08.2011)
- <http://www.jeotermaldernegi.org.tr> (Erişim Tarihi: 26.12.2011).