

GEVEN (KÜTAHYA) ALANININ JEOLJİSİ VE JEOTERMAL OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

GEOLOGICAL FEATURES OF GEVEN (KÜTAHYA) FIELD AND EVALUATION OF ITS GEOTHERMAL RESOURCES

Servet YILMAZER¹, Suzan PASVANOĞLU*², Serkan VURAL³

^{1,3} Gayzer Yer Bilimleri Ltd. Şti., 35050, Bornova-İzmir, gayzer@gayzeryerbilimleri.com

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41100, Kocaeli, suzan@kocaeli.edu.tr

Yayına Geliş (Received): 16.02.10, Yayına Kabul (Accepted): 15.03.11

*Sorumlu yazar, corresponding autor

ÖZ : Geven köyü, Kütahya'nın yaklaşık 15 km kuzeybatısında bulunmaktadır. Dumlupınar Üniversitesi adına yapılan araştırmalar sonucunda, Geven köyü çevresinde yeni bir jeotermal alanın varlığı ortaya çıkarılmıştır. Geven bölgesinde ortalama 40 km²'lik bir alanda 1:25000 ölçekli jeoloji haritası yapılarak, stratigrafik konum ve tektonik sistem belirlenmiştir. Araştırma kapsamında 2005 yılında derinliği 500 m olan Geven-1 (G-1) kuyusundan, pompalı üretim debisi 20 l/s ve kuyu başı sıcaklığı 48°C olan jeotermal akışkan elde edilmiştir. Yine Üniversite tarafından 2009 yılında Geven jeotermal alanında açılan OA-1 nolu kuyunun derinliği 600 m, kuyu başı sıcaklığı 55°C ve kompresör debisi 55 l/s'dir. Geven jeotermal alanına uzaklığı yaklaşık 4 km olan Yoncalı jeotermal alanında ise, özel ve resmi kuruluşlar tarafından yapılan sondajlardan üretilen akışkan, sağlık ve termal turizmde kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Geven ve Yoncalı jeotermal alanı suları jeokimyasal olarak karşılaştırılmış ve iki jeotermal alanın benzerlikleri araştırılmıştır. Yoncalı ve Geven jeotermal alanı sularının CaCO₃ bileşimine sahip aynı akiferlerden gelen sular olduğu anlaşılmıştır. Buradan hareketle Geven ve Yoncalı'nın aynı sistem içerisinde kalan farklı iki jeotermal alan olduğu söylenebilir. Ayrıca Yoncalı ve Geven jeotermal alanlarındaki sondaj verilerinden yararlanarak bu alanlar için hesaplanan muhtemel jeotermal potansiyel yaklaşık 10 MWt'dir.

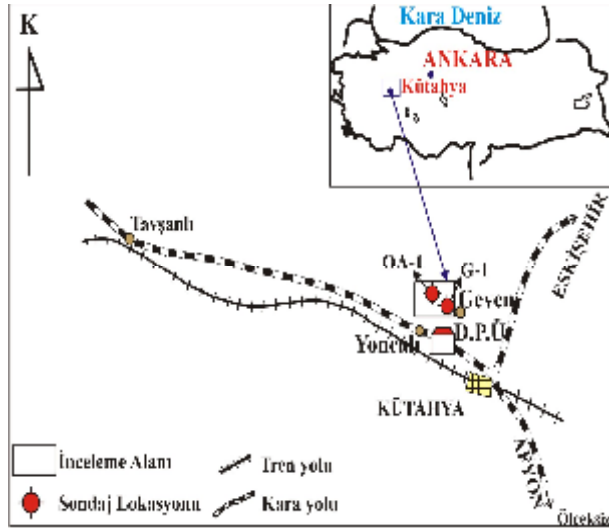
Anahtar Kelimeler: Jeotermal jeoloji, jeokimya, jeotermal potansiyel, Geven, Kütahya, Türkiye.

ABSTRACT : Geven village is located 15 km northwest of Kütahya province. As a result of researches conducted on behalf of Dumlupınar University, existence of a new geothermal area has been discovered around Geven village. In the Geven geothermal region, an area of approximately 40 km², a geothermal geological work was conducted in a scale of 1:25000 and the stratigraphy and tectonic system were clarified. In 2005, from the Geven-1 (G-1) well which is 500 m deep, thermal water production with a capacity of 20 l/s was achieved at a temperature of 48°C obtained from well head. Similarly, the Geven OA-1 well drilled in 2009, has a depth of 600 m and a compressor capacity of 55 l/s at a temperature of 55°C. It is comprehended that waters from Yoncalı (4 km from Geven) and Geven geothermal areas are from the same reservoir having the CaCO₃ component. As a result, it can be stated that Geven and Yoncalı are the two different fields located in the same geothermal system. In addition, a possible geothermal potential for both Yoncalı and Geven geothermal area is calculated and a value of 10 MWt was found.

Key Words: Geothermal geology, geochemistry, geothermal potential, Geven, Kütahya, Turkey.

GİRİŞ

Bu araştırma, Dumlupınar Üniversitesi Rektörlüğü'nün Kütahya Merkez ilçesi Geven köyü sınırları içerisinde kalan jeotermal ruhsatlı sahasında yapılmıştır. Jeolojik ve jeofizik etüt çalışmalarından sonra iki adet araştırma sondajı (G-1, OA-1) yapılarak Geven jeotermal alanının varlığı ortaya konmuştur (Şekil 1). Üniversiteye ait jeotermal ruhsat alanında yapılan Geven-1 ve OA-1 sondajlarının Üniversiteye olan uzaklığı 3-3.5 km'dir.



Şekil 1: İnceleme alanı yer belirleme haritası.

Figure 1: Location map.

JEOLJİ

Stratigrafik Jeoloji

İnceleme alanı ve dolayında Paleozoyik Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayalar yüzeyler (Şekil 2). Temeli, Paleozoyik yaşlı ofiyolitik kayalar oluşturmaktadır. Alanda yaygın olan bu birimi metamorfik şist ve metadetritikler oluşturur (Erdoğan, 1971; Üngör, 1974; Şahin, 1989; Baş, 1986; Öktü ve Tamgaç, 1990; Nuhoglu, 2002).

Sistem	Seri	Kalınlık (m)	T.olojji	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner	0-80		Alüvyon (Çakıl, kum, kil)
	NEOJEN	180-200		Geçek tutturulmuş kumtaşı, çakıltaşı ve beyaz renkli gölsel kireçtaşı Silişleşmiş kayalar; mor, efların, bej renkli.
MESOZOYİK	TRİYAS ?	250 - ?		Rekristalize kireçtaşı, mermer; beyaz, açık gri renkli, çatlaklı, karlıdırında dolomitile kökçülü
PALEOZOYİK		?		Ofiyolitik kayalar
				Rekristalize kireçtaşı, Mermer mercekleri

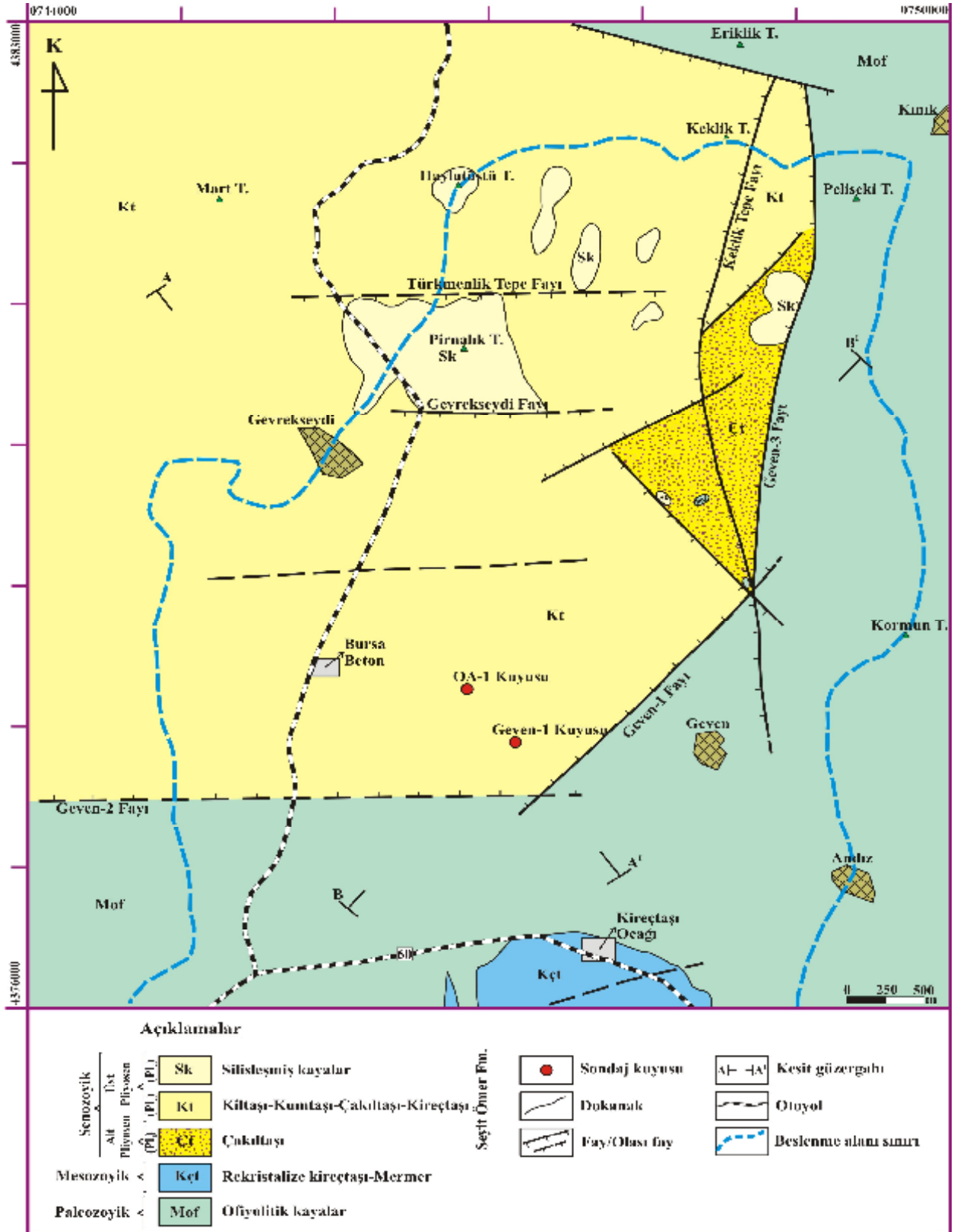
Şekil 2: Çalışma alanının genelleştirilmiş sütun kesiti.

Figure 2: Generalized stratigraphic section of the study area.

MTA tarafından yapılan çalışmalarda, temelde Paleozoyik yaşlı şist ve meta detritiklerin bulunduğu, bunların üzerinde diskordan olarak Mesozoyik yaşlı mermerlerin yer aldığı ve bunların da üzerine Neojen yaşlı kumtaşı, çakıltaşı, kiltası, marn ve kireçtaşı çökellerinin geldiği belirtilmiştir (Erdoğan, 1971; Üngör, 1974; Şahin, 1989; Öktü ve Tamgaç, 1990; Özmutaf vd., 1993).

Kaya (1972) ise, ultrabazik birim olarak ifade ettiği temel kayaların tabakalı çört, re-kristalize kireçtaşı, serpantin, peridotit ve dünitler topluluğundan oluştuğunu belirtmiştir.

Genel olarak ofiyolitik kayalar Üniversite yerleşke alanında yer aldığı gibi Geven köyü çevresinde ve Seyitömer köyü yakınında da izlenebilmektedir (Şekil 3). Bunlar yeşilimsi, kahverengimsi, gri ve morumsu renktedir. Yine çalışma alanı güneyinde kalan Üniversite yerleşke alanında geniş alanlar kaplayan, kısmen mermerleşmiş olarak kristalize kireçtaşları yer alır.



Şekil 3: İnceleme alanının jeoloji haritası.

Figure 3: Geological map of the study area.

Harita alanı dışında kalan mermerlerin, MTA'nın Yoncalı bölgesindeki çalışmalarında Mesozoyik yaşında olduğu vurgulanmıştır. Açık, beyaz ve gri renklerde görünen mermerler yer yer ince tabakalı, bol kırık ve çatlaklı olup, ofiyolitik kayaçların üzerine açılal uyumsuz olarak gelirler. Mermerler inceleme alanı dışında kalan Yassı Tepe batısında, Yalnız çam sırtı boyunca, Enne ile Civli köyleri arasında da görünürler.

Bölgede Paleozoyik yaşlı ofiyolitik kayalardan ve Mesozoyik yaşlı mermerlerden sonra büyük bir stratigrafik boşluk olmuş ve daha sonra Neojen yaşlı tortullar çökelmiştir.

Baş (1986), bu bölgeye yakın kesimlerde yaptığı çalışmada Orta Miyosen'de başlayan Neotektonik evre ile çöküntü havzalarının geliştiğini Pliyosen'de bu havzaların genişlediğini ve bu havzalara akarsu ve gölsel tortulların çökeldiğini işaret etmiştir.

Nuhoglu (2002)'da Seyitömer çevresindeki temel kayaların üzerine stratigrafik uyumsuzlukla Seyitömer formasyonunun geldiğini ve bunların kumtaşı, çamurtaşı, çakıltaşı, laminalı şeyl, silisli kireçtaşı ve killi kireçtaşı üyelerinden oluştuğunu belirtmiştir.

Neojen yaşlı birimler inceleme alanı içerisinde iyi bir şekilde izlenebilmektedir. Birim, alt kesimlerde konglomeratik yapılı olup, içerisinde kırmızı, yeşil, gri ve alacalı renkte çakıllar bulunmaktadır (P₁). Bu çakılların tamamına yakını tabanda yer alan ofiyolitiklerden kaynaklanmaktadır. Bu litoloji özellikle Geven köyü kuzey kesimlerinde görülmektedir (Şekil 3).

Bu birimin üzerine kıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan seviye (P₂) gelir (Foto 1). Doğudan faylar ile sınırlanan bu birim batı yönüne doğru genişleyerek devam eder (Şekil 3). Neojen tortulların üst seviyelerinde bazı kesimlerde sıcak suların etkisi ile oluşmuş silisleşmiş kayaçlar (Sk) bulunmaktadır (Foto 2). Geven-1 kuyusu sondaj verilerine göre Neojen birimin kalınlığı, yaklaşık 180 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4).

Yapısal Jeoloji

İnceleme alanında bulunan ve Pliyosen yaşlı olan tortullar ile Paleozoyik yaşlı ofiyolitik kayalar arasında bulunan dokanak faylıdır (Yılmaz, 2003), (Foto 1). Geven-1 sondajının yeri Neojen tortulları üzerinde bulunmaktadır. Geven-1 sondajının güneyinde ve doğusunda işaret edilen Geven-1, 2 ve 3 fayları aynı zamanda temel kayaçlar ile Neojen tortullarını sınırlamaktadır (Şekil 3). Sondajın güneyinden geçen ve D-B yönlü uzanan Geven-2 fayı jeofizik çalışmalar sonucunda belirlenmiş olup, eğim atımlı normal faydır. Fayın eğim yönü kuzeye doğrudur. Sondajın doğu kesiminde KD-GB, KB-GD ve yaklaşık K-G yönünde

uzanan faylar da eğim atımlı normal faylar olup, eğim yönleri batıya doğrudur (Şekil 3). Jeolojik haritadan izlenebileceği gibi bazı kesimlerde yüzeyde silisli seviyeler izlenmektedir (Şekil 3, Foto 2). Benzer silis seviyeleri sondajda 127 m'de kesilmiştir (Şekil 4). Buradan hareketle sondajın yer aldığı çöküntüyü oluşturan fayların toplam atımının ortalama 225 m olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3, 5).

Haritalama alanı içerisinde yer alan ofiyolitik kayaçlarda ve bunların içerisinde yer alan kireçtaşlarında yoğun kırık ve çatlaklar izlenmektedir. Neojen tortullarda çatlak oluşumları daha zayıftır. Ancak bunların içerisindeki gösel kireçtaşları ile kumtaşları daha kırıklı ve genellikle yataya yakın tabakalı olup yer yer kıvrımlanmalar göstermektedirler.

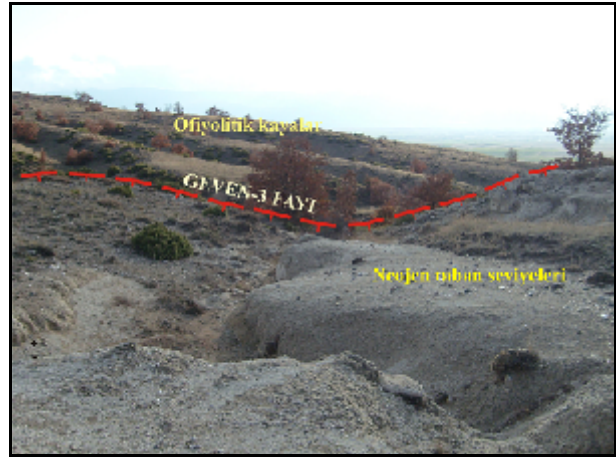
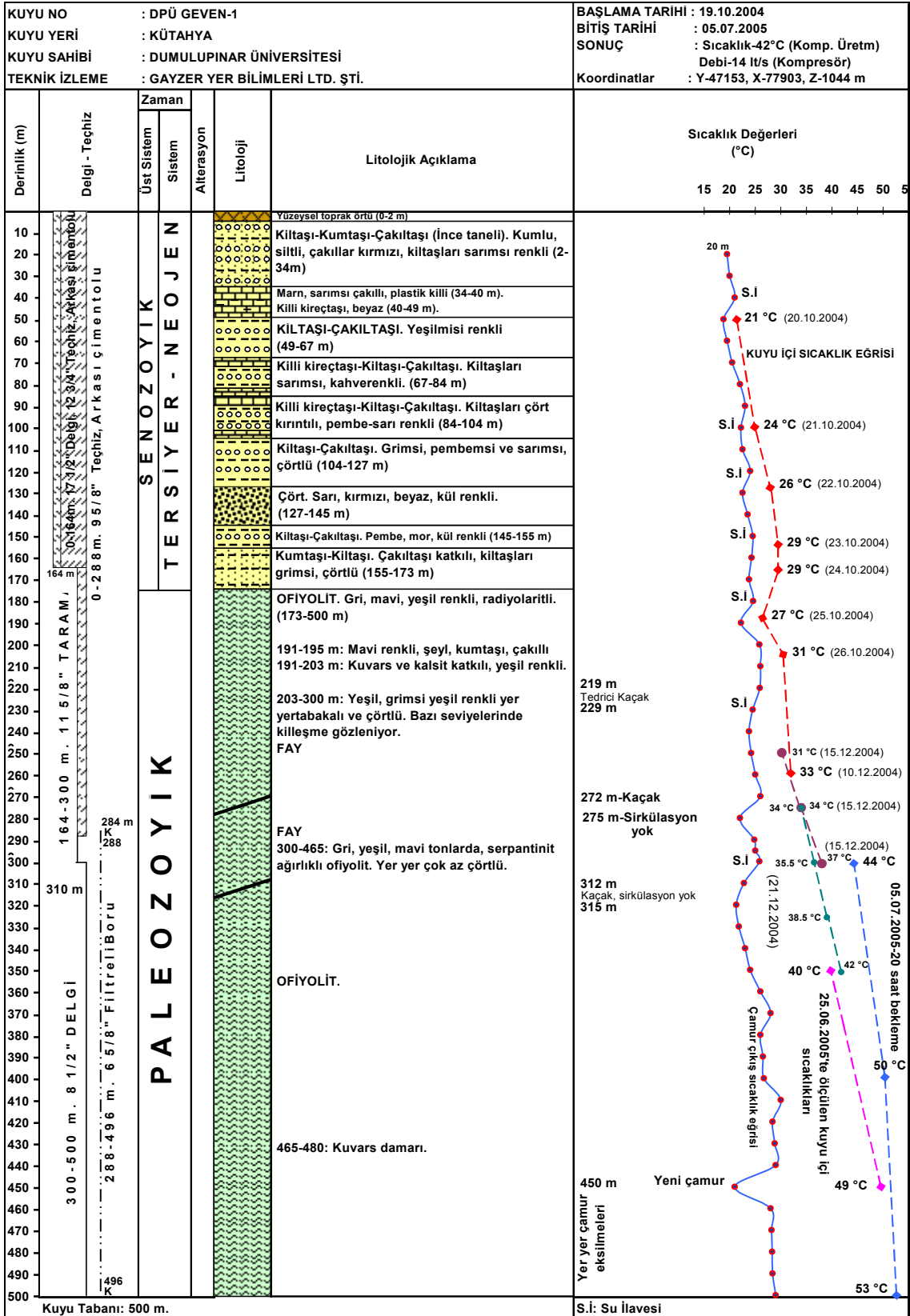


Foto 1: Geven-3 fay zonu ve Neojen taban seviyeleri.
Photo 1: Fault zone of Geven-3 and Neogene base levels.

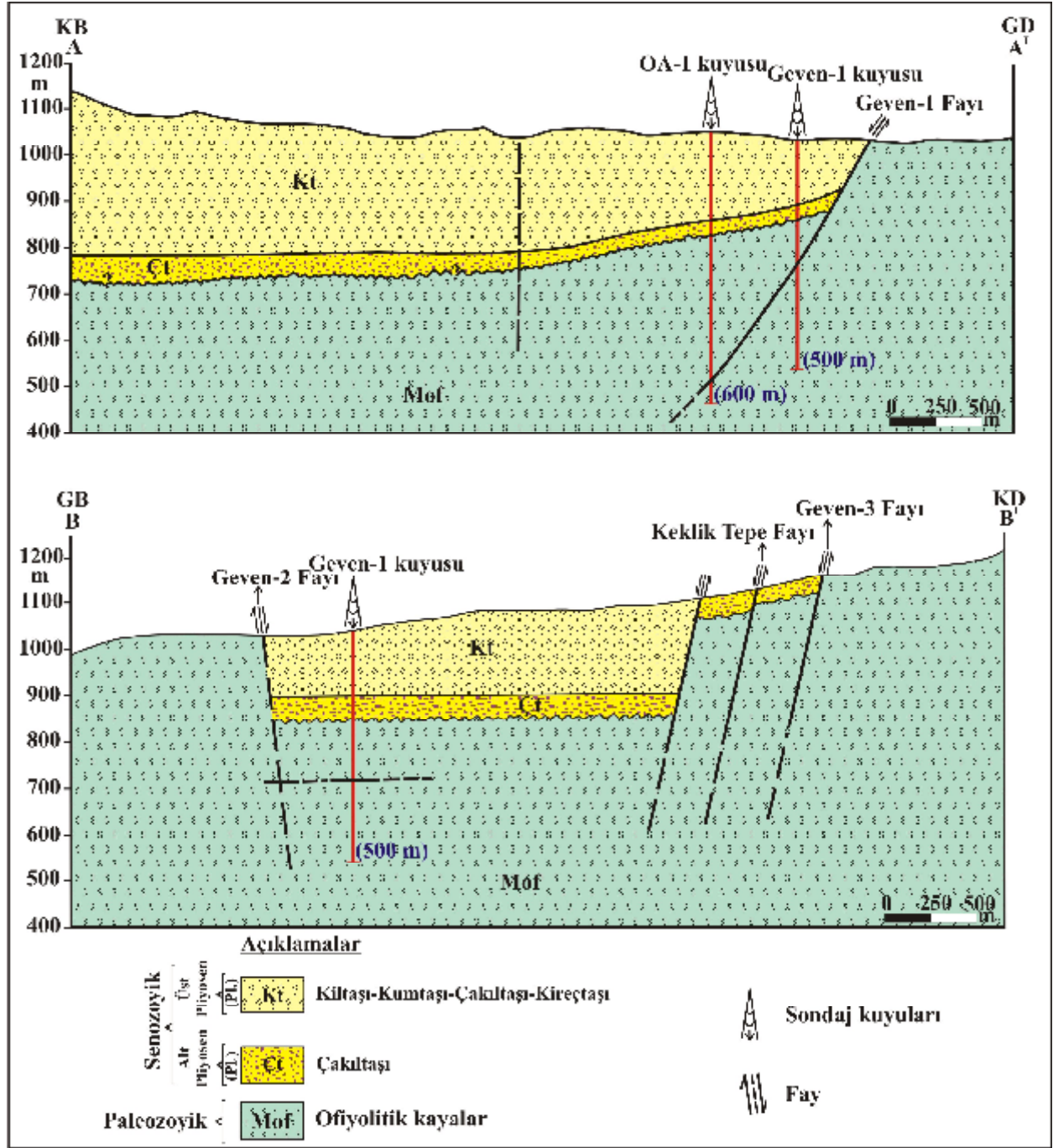


Foto 2: Neojen tortullarındaki silisleşmiş kayalar.
Photo 2: Siliceous rocks in the Neogene sediments.



Şekil 4: Geven-1 kuyu logu.

Figure 4: Geven-1 Well log.



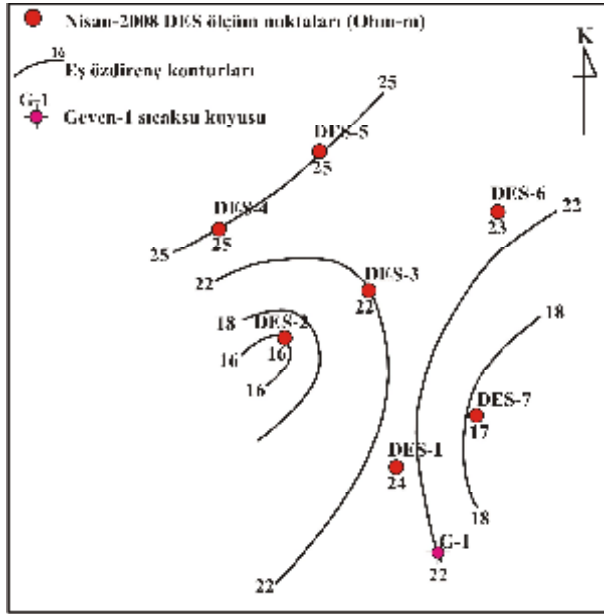
Şekil 5. İnceleme alanından geçen A-A' ve B-B' jeoloji enine kesiti.
Figure 5. A-A' and B-B' Geological cross section of study area.

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Jeofizik yöntemlerden oldukça sık kullanılan düşey elektrik sondaj (DES) yöntemi yaygın olarak hidrojeolojide uygulanmaktadır. Schlumberger elektrot dizilimi ile düşey elektrik sondaj (DES) yöntemi uygulanarak gerçekleştirilen bu yöntem, potansiyel akım şiddeti bağıntısından yer seviyelerinin resistivite

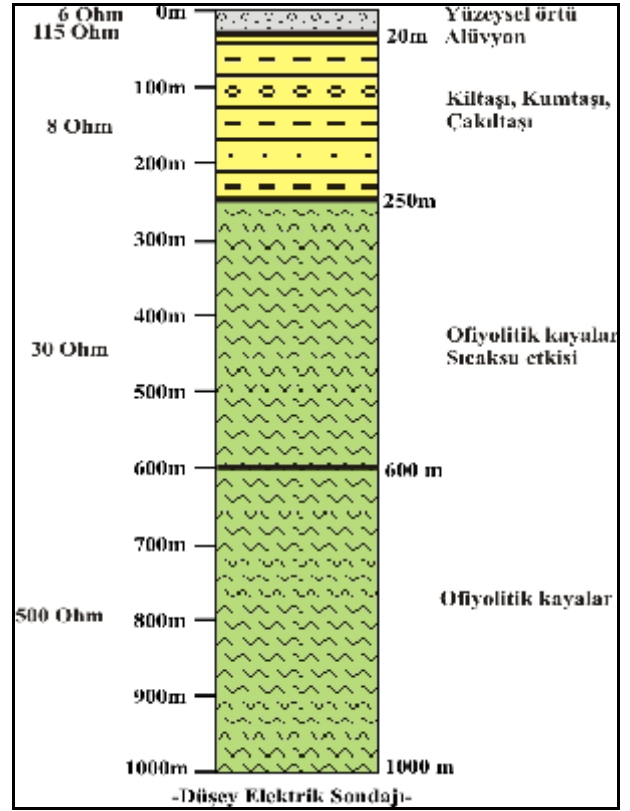
ve kalınlık değerlerinin hesaplanması prensibine dayanır (Schlumberger, 1920; Başokur, 1984). Üniversiteye ait jeotermal ruhsat alanı ve çevresinde sıcak su araştırması için Mayıs-2003'te 16 noktada, Nisan-2008'de 7 noktada jeofizik resistivite çalışması yapılmıştır. Yapılan jeofizik değerlendirmeler neticesinde önerilen DES noktalarına 2005 yılında G-1 kuyusu, 2009 yılında

da OA-1 kuyusu yapılmış ve sonuca ulaşılmıştır. Nisan-2008'de yapılan DES noktalarına ait 700 m'den geçen eş özdirenç seviye haritası Şekil 6'da, OA-1 kuyusunun yapıldığı DES-2 noktasının jeoelektrik yapı kesiti Şekil 7'de örnek olarak verilmiştir. Eş özdirenç haritasına bakıldığında DES-7 ve DES-2 çevresi düşük özdirençli anomali değerleri göstermektedir. Burada, 700 m için 16 Ohm-m olan bu değer, arazide ölçülen değerlerin düzeltilmesinden sonra elde edilen grafikteki özdirenç değeridir. Jeoelektrik yapı kesitinde ise 5 tabakalı bir ortam tanımlanmış olup bu tabakalar ve özdirenç değerleri düzeltilmiş özdirenç grafiğinden abaklar yardımı ile elde edilmiştir. Şekilde 500 Ohm-m'lik direnç gösteren kesim 600-1000 m arasındaki tabakanın değerlendirilmiş özdirenç değeridir ve ofiyolitik kayalar temsil etmektedir. 30 Ohm-m'lik direnç gösteren orta kesim yine ofiyolitik kayaları temsil edip düşük direnç değerleri sıcaksu etkisini göstermektedir. Üst bölgeler ise, Neojen tortullarını ve alüvyonu ifade etmektedir. Buradan elde edilen verilere göre, bu nokta araştırma sondaj lokasyonu açısından uygun bulunmuş olup, buraya derinliği ortalama 800 m olacak şekilde sondaj önerilmiştir. Önerilen bu noktada, 2009 yılında, 600 m derinliğinde OA-1 nolu jeotermal kuyu çalışması gerçekleştirilmiştir (Gayzer Yerbilimleri, 2003; 2008).



Şekil 6: 700 m derinlik için eş özdirenç haritası.

Figure 6: Co-resistivity map for 700 m depth.



Şekil 7: DES noktası jeoelektrik yapı kesiti.

Figure 7: Geoelectrical structure cross section of DES-point.

HİDROJEOLJİ

Kayaların Hidrojeolojik Özellikleri

İnceleme alanı içerisinde yer alan ofiyolitik kayalar genel olarak yer altı suyu açısından fakir kayalardır. Ofiyolitler içerisinde bulunan kireçtaşları kısmen olumlu özellikler göstermekte ise de bunlar genelde devamsız kayalar olduğundan hidrojeolojik açıdan bir önem göstermemektedirler. Ancak bu kayaların çatlaklı kesimlerinin oluşturduğu ikincil geçirimsizlik ile bir miktar su verdikleri açıktır. Yine temel kayalar içerisinde yer alan grovackların çatlaklı kesimleri kısmen yer altı suyu içermekle beraber çok önemli değildirlir.

Bu bölgede, daha ziyade Yoncalı kaplıcaları dolayında görülen mermerler yeraltı sıcak ve soğuk suları için hazne kayalardır. Mesozoyik yaşlı mermerler yoğun kırık ve çatlaklı olduklarından dolayı Yoncalı jeotermal alanında sıcak su akifer kayalardır.

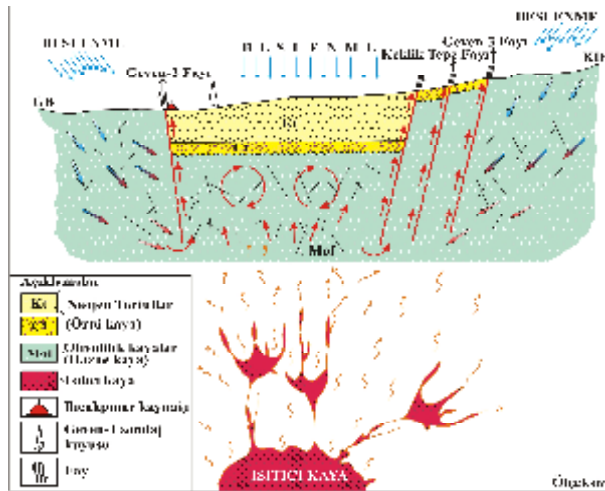
Üst seviyelerde bulunan Neojen tortullar kısmen hazne kaya özelliği gösterebilir de kalınlıklarının az oluşu nedeniyle sıcaksu akiferi olması açısından önemsizdirler. Ancak Neojen tortullarını kesen kırıkların bu kayaçların rijit kesimlerinde geliştirdikleri ikincil permabilite su açısından önemli olabilir.

Su Kaynakları

Geven-1 sondajı yakınında hiç bir dere yoktur. Sondaja uzak kesimlerde mevsimsel olarak yağış sularını direne eden küçük akaçlamalar bulunmaktadır. Geven-1 kuyusunun yaklaşık 50 m kadar güneyinde debisi yaklaşık 0.01 l/s kadar olan ve sıcaklığı 20-22°C arasında değişen ılıcak pınar kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynağın suyu yaz döneminde oldukça azalmaktadır.

Jeotermal Değerlendirme

Yeraltı su beslenmesi doğrudan yağışlarla ilgilidir. Yer altına süzülen sular, 10-12 bin metre derinliğe yerleşen olası bir magma ocağının yaydığı sıcaklıkta ısınır, çekim fayları boyunca yükselerek yeryüzüne ulaşmaktadır. Faylar, yükselen sıcak ve mineralli sular için hidrotermal oluk görevi yapmaktadır. Isınan sular yine yer derinliklerinde hazne özelliği gösteren kayaçlar içerisinde birikerek rezervuarı oluştururlar. Geven jeotermal alanı için hazırlanan modele göre; örtü kaya Neojen yaşlı tortullar, hazne kaya olarak ise ofiyolit olarak tanımlanan kaya birimleri bulunmaktadır. Isıtıcı kaya kesin olarak bilinmemekle beraber, Kütahya bölgesine yakın olan volkanitler olmalıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Geven jeotermal alanının kavramsal oluşum modeli.

Figure 8. Conceptual model of Geven geothermal area.

Sondaj Verileri

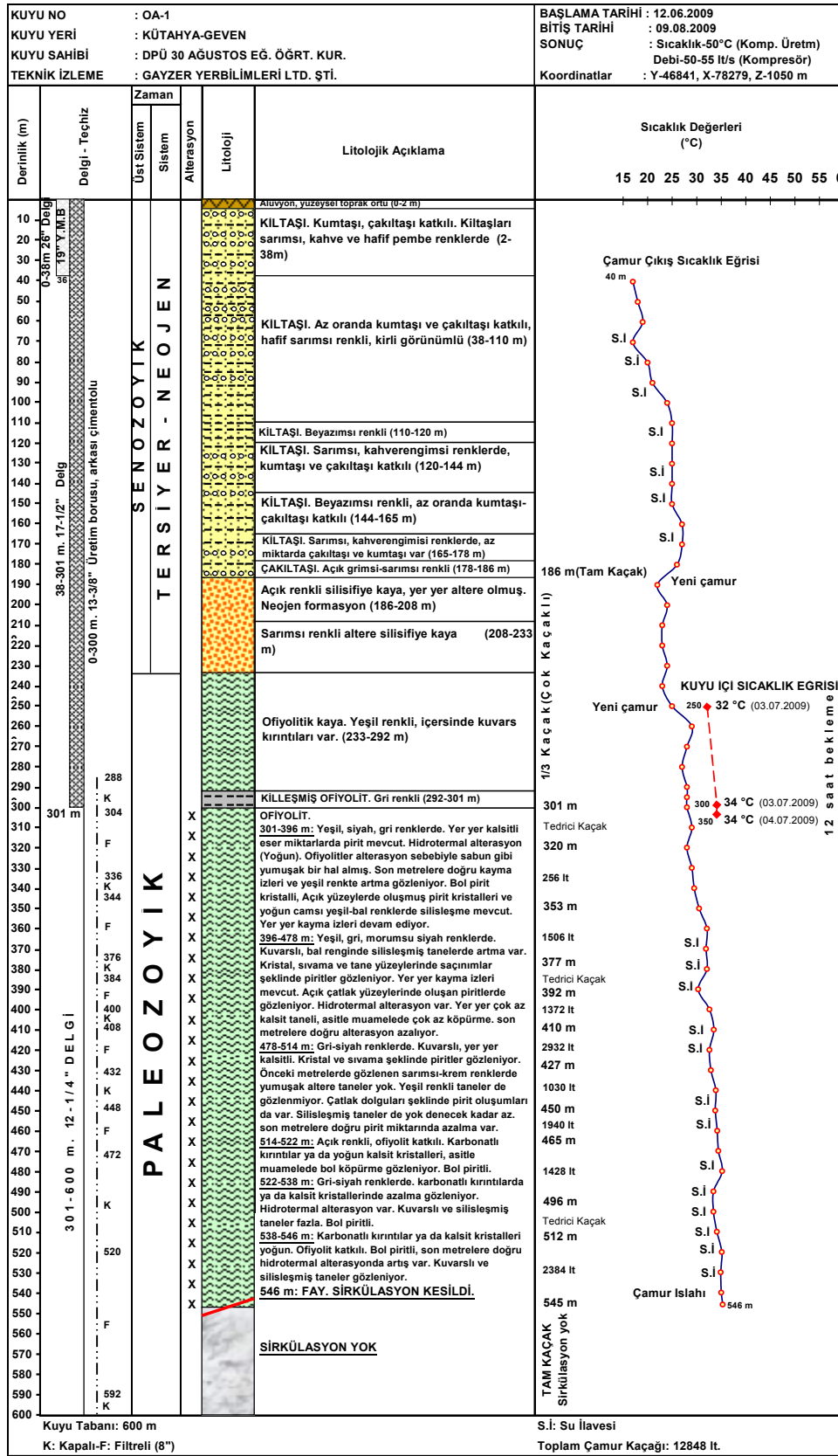
Geven-1 Kuyusu, inceleme alanında açılan ilk kuyudur. Bu kuyunun teknik özellikleri Şekil 4'te

verilmiştir. Kuyu 500 m olarak açıldıktan sonra 250 m'den kompresör ile üretime açılmıştır. Kompresörlü üretim sırasında ölçülen sıcaklık kuyu ağzında 42°C, debi ise 14 l/s'dir. Artezyen üretim yapmayan bu kuyuda daha sonra kuyu içerisine 180 m derinliğe pompa indirildikten sonra yapılan üretimde su sıcaklığı kuyu ağzında 54°C, debi 20 l/s olmuştur. Rezervuar basıncının olmadığı Geven-1 kuyusunda üretim yalnızca pompajla yapılabilmektedir. Bu nedenle bu kuyuda sadece kompresör ve pompajla üretim testleri yapılmıştır. Kompresör ile sabit metreden (250 m), 9 saatlik bir üretim yaptırılmış ve bu esnada ölçülen debi 14 l/s olarak sabitlenmiştir. Pompa 180 metreye inildikten sonra sabit debide üretim bir hafta boyunca devam ettirilmiş ve bu esnada ölçülen debi 20 l/s, kuyu başı sıcaklığı 48°C olarak sabitlenmiştir. Geven-1 kuyusundan sonra, üniversite tarafından Geven jeotermal alanında Ağustos 2009'da ikinci olarak açılan OA-1 nolu kuyunun derinliği 600 m'dir. Kuyu tamamlandıktan sonra 240 m'den kompresör ile üretim yapılmıştır. Bu sırada kuyu başı sıcaklığı 55°C ve kompresör debisi 55 l/s olarak ölçülmüştür (Şekil 9, Foto 3).

Yapılan sondajlı çalışmalardan sonra Yoncalı-Geven jeotermal sisteminin muhtemel jeotermal potansiyeli yaklaşık 10 MWt olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, Hochstein (1975) bağıntısından ve WEST JEC-JETRO (2000) şirketinin Türkiye'de yaptığı çalışmalardan yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, muhtemel potansiyel (Rezervuar Kapasitesi) hesaplamasında (1) nolu formülde verilen parametreler kullanılmıştır. Bunlar: A: Rezervuar alanı (3km²); TH: Rezervuar kalınlığı (0.5km); Tr: Rezervuar sıcaklığı (43°C); Tf: Son Kullanım sıcaklığı (35°C); Φ: Gözeneklilik (0.1); ρw: Sıcak suyun yoğunluğu (900 kg/m³); ρr: Kayaç yoğunluğu (2600 kg/m³, Goodmans 1989); Cpw: Sıcak suyun özgül ısısı (4.2 kJ/kg°C); Cpr: Kayaçın özgül ısısı (0.8 kJ/kg°C); ayrıca sistemin 25 yıl %95 verimle çalışması için yenilenme faktörü 0.3 olarak hesaba katılmıştır.

Bu hesaplamalarda alanın jeoloji, tektonik, hidrotermal alterasyon, jeofizik özellikleri ile sondajlardan yararlanılmıştır (Yılmaz, 1997; 2009; Pasvanoğlu vd., 2005). Hesaplamalarda gerçek rezervuar sıcaklığı yerine, rezervuar sıcaklığından %20 kadar az olan ortalama üretim sıcaklık değerleri alınmıştır. Rezervuar için, akışkanın sondajlarla ekonomik olarak alınabileceği kalınlıklar belirlenmiş ve rezervuarın porozitesi 0.1 olarak alınmıştır. 0.1 olarak alınan porozite değerinden daha küçük kabullerle hesaplamalar tekrarlanmış ancak sonuç çok değişmemiştir. Yoncalı-Geven jeotermal sistemi için yapılan muhtemel potansiyel hesaplamasında; alan: 3 km², rezervuar kalınlığı: 0.5 km, sıcaklık aralığı: 43°C-35°C olarak alınmıştır.



Şekil 9: OA-1 sondajı kuyu logu.

Figure 9: OA-1 Well log.

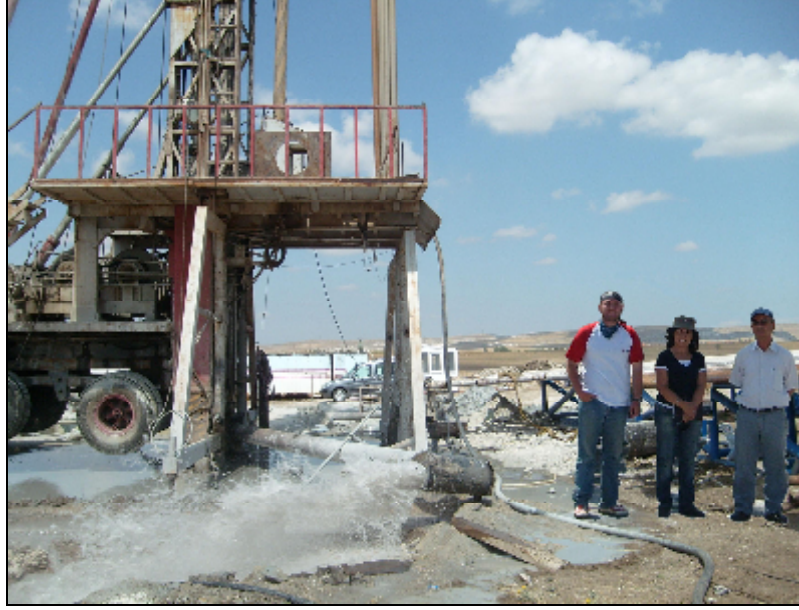


Foto 3: OA-1 üretim kuyusu.
Photo 3: OA-1 production well.

Dumlupınar Üniversitesine ait jeotermal ruhsat sahasında açılan G-1 ve OA-1 nolu kuyulardan üretilen sıcak suyun kullanımı ile ilgili olarak hazırlanacak fizibilite raporları doğrultusunda 2011-2012 döneminde ısıtma

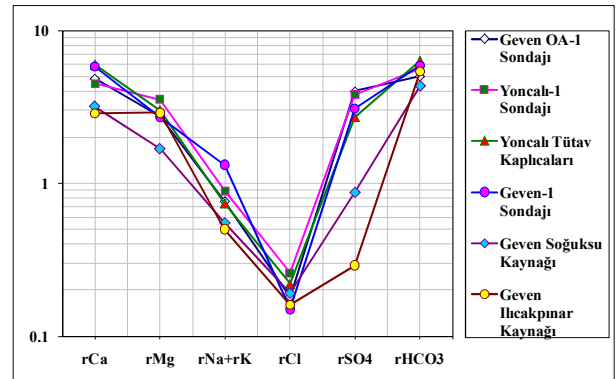
amaçlı proje çalışmaları geliştirilecektir. Bunun yanı sıra Üniversite bölgesindeki termal havuz ve termal otel projeleri sürdürülecektir.

$$MW_t = (A \times TH)(Tr - Tf) \times ((1 - \Phi) \times \rho r Cpr + \Phi \rho w \times Cpw) \quad (1)$$

Suların Hidrojeokimyasal Özellikleri

Hidrojeokimyasal değerlendirmelerde karşılaştırma amacıyla MTA'nın 2005 yılında açtığı Yoncalı-1 kuyusunun analizi ile OA-1, Yoncalı Tütav, Geven-1, Geven soğuk su ve Ilıcak pınar sularından 2009 yılında su örneği alınmış ve kimyasal analizleri yaptırılmıştır. Ayrıca suların sıcaklık, pH ve EC değerleri de kaynak ve kuyu başında ölçülmüştür (Tablo 1). Burada Ilıcak pınar: 23°C, Yoncalı-1: 42°C, Yoncalı Tütav: 38°C, Geven-1 kuyusu 47°C, OA-1 kuyusu ise 47°C dir. Sıcak su sondaj kuyularında EC değeri 700-2528 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, sıcak su kaynağında 1047 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Geven soğuk su kaynağında 929 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. pH değerleri sıcak su sondaj kuyularında 6.83-7.80 arasında, sıcak su kaynağında 7.21, Geven soğuk su kaynağında ise 6.66 dir.

Schoeller diyagramında Yoncalı jeotermal alanı ile Geven jeotermal alanı sularının CaCO_3 bileşimine sahip aynı akiferlerden gelen sular olduğu anlaşılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Schoeller diyagramı.
Figure 10. Schoeller diagram.

Tablo 1. Suların kimyasal analiz sonuçları.**Table 1.** Results of chemical analyses of water.

Numune adı	OA-1	Yoncalı-1	Yoncalı Tütav	Geven-1	Geven Soğuk	Ilıcak Pınar
Tarih	11.08.2009	20.12.1989	07.08.2009	07.08.2009	09.08.2009	07.08.2009
T(°C)	55	42	38	48	18	22
pH	7.65	7.80	6.83	7.20	6.66	7.21
EC (µS)/cm	2528	700	2234	2441	929	1047
Ca	97.02	90.00	119.28	116.27	64.00	57.53
Mg	33.28	43	36.60	32.70	20.46	35.11
Na	16.06	19	15.40	28.93	12.37	10.42
K	2.61	2.60	2.74	2.55	0.42	1.87
Cl	6.49	9.3	7.76	5.45	6.63	5.90
SO ₄	192.53	182.0	130.17	147.97	41.80	13.81
HCO ₃	306.50	342.0	384.63	357.85	264.43	327.53
SiO ₂	59.48	28.0	49.94	69.02	32.90	88.10
Katyonlar	rCa>rMg r(Na+K)	rCa>rMg >r(Na+K)	rCa>rMg >r(Na+K)	rCa>rMg >r(Na+K)	rCa>rMg >r(Na+K)	rCa>rMg >r(Na+K)
Anyonlar	rHCO ₃ >SO ₄ >rCl	rHCO ₃ >SO ₄ >rCl	rHCO ₃ >SO ₄ >rCl	rHCO ₃ >SO ₄ >rCl	rHCO ₃ >SO ₄ >rCl	rHCO ₃ >SO ₄ >rCl
Su tipi	Ca-HCO ₃ ,SO ₄	Ca-HCO ₃ ,SO ₄	Ca-HCO ₃ ,SO ₄	Ca-HCO ₃ ,SO ₄	Ca-HCO ₃ ,SO ₄	Ca-HCO ₃ ,SO ₄

Kimyasal tahlillere göre sıcak ve mineralli sulara katyonlar $rCa > rMg > rNa+rK$ ve anyonlar $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ tarzında sıralanmıştır. Sulardaki baskın iyon Ca, HCO₃ ve SO₄'tür. HCO₃ iyon konsantrasyonu, meteorik suların yüzeyden derinlere süzülmesi ve derinlerdeki dolaşım sırasında CO₂'li ortamlarda suların kireçtaşı ve mermerlerle etkileşmesi sonucu sulara geçmiştir (Yılmaz vd., 2008).

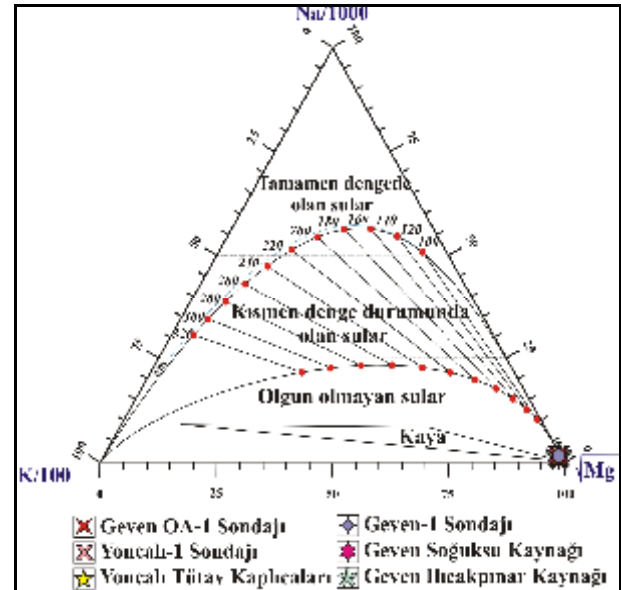
Sulardaki (Ca+Mg)/Alkalinite oranının 1'den fazla olması, karbonat minerali çözünmesinin hakim reaksiyon olduğuna işaret etmektedir

SO₄ iyonu ofiyolitler içerisindeki pirit ve diğer sülfürlü minerallerin sulu ortamda oksidasyonu ile sıcak sulara geçmiş olmalıdır. Sıcak sularda Na⁺, Mg²⁺ ve Cl⁻ iyonlarının düşük, Ca²⁺ ve HCO₃⁻ iyonlarının yüksek oluşu sistemi besleyen akışın hızlı ve kısa sürede hazneye ulaştığını, dolayısıyla su-kayaç etkileşiminin etkili olmadığı karışım suları olduğunu gösterir.

Sonuç olarak yüksek konsantrasyondaki SO₄²⁻ ve HCO₃²⁻ iyonları klorür konsantrasyonuna göre sedimanter kayaları yansıtmaktadır (Schoeller, 1934). Bu sonuçlar litolojik verilerle de örtüşmektedir. Sonuç olarak Yoncalı ve Geven jeotermal alanları aynı sistem içerisinde yer alan farklı jeotermal alanlardır.

Kütahya Geven sahasındaki sıcak suların rezervuar sıcaklığını tespit etmek amacıyla, çeşitli silika ve katyon jeotermometreleri kullanılmıştır (Tablo 2). Geven sıcak suların tespit edilmiş hazne kaya sıcaklık değerleri farklı olması, kaynaklarda silika ve iyon değerlerinin farklı nedenlerden (karışım, buharlaşma gibi) dolayı etkilenmesinden ve değişik araştırmacıların jeotermometrelerinde uyguladığı farklı sabitelerden

kaynaklanmaktadır. Giggenbach tarafından rezervuar sıcaklığının tahminine yönelik olarak hazırlanan üçgen diyagram Şekil 11'de verilmiştir (Giggenbach, 1991).

**Şekil 11.** Giggenbach diyagramı.**Figure 11.** Giggenbach diagram.

Silika jeotermometre sonuçlarına göre kuvars ve kalsedon jeotermometresi ile hesaplanan rezervuar sıcaklığı sırasıyla 64-130°C ve 45°C -102°C olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Jeotermometre sonuçları**Table 2.** Results of Geothermometers

Örnek Adı	OA-1	Yoncalı-1	Tütav	Geven-1	Ilıcakpınar
Ölçülen Örnek Sıcaklıkları (°C)	55	42	38	48	22
Jeotermometreler	Hesaplanan Sıcaklık Değerleri (°C)				
*SiO ₂ (Quartz-no steam loss)	110.24	76.73	101.90	117.63	130.39
*SiO ₂ (Quartz-max. steam loss)	109.83	80.72	102.66	116.16	127.00
°SiO ₂ (Quartz-no steam loss)	99.41	64.11	90.57	107.26	120.91
°SiO ₂ (Quartz-max. steam loss)	108.59	79.24	101.35	114.98	125.93
◆SiO ₂ (Chalcedony-no steam loss)	80.95	45.24	71.97	88.98	102.95
◆SiO ₂ (Chalcedony-max. steam loss)	83.49	51.47	75.51	90.58	102.83
SiO ₂ (Chalcedony-no steam loss)	81.63	48.12	73.25	89.09	102.04
SiO ₂ (Chalcedony-max. steam loss)	84.50	54.22	76.99	91.16	102.63

* Fournier, 1977; ° Arnorsson, 1983b; ◆ Fournier 1973.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Geven jeotermal alanında ortalama 40 km²'lik bir alanda 1:25000 ölçekli genel jeoloji, jeotermal jeofizik rezistivite ve hidrojeoloji çalışmaları yapılmıştır. Dumlupınar Üniversitesine ait jeotermal ruhsat sahası içerisinde 500 m (G-1) ve 600 m (OA-1) derinliklerde olmak üzere iki adet derin jeotermal kuyu açılarak sıcak akışkan elde edilmiştir. Böylece Yoncalı jeotermal alanından ortalama 3 km uzaklıkta bulunan ve 10°C daha fazla sıcaklığı olan Geven jeotermal alanının varlığı ortaya konmuştur. Geven jeotermal alanında Temmuz 2005 yılında açılan G-1 nolu kuyunun suyu Üniversiteye taşınarak kullanılmaya başlanmıştır. Ağustos 2009'da açılan OA-1 nolu kuyu ise fizik tedavi ve termal turizm amaçlı kullanılması planlanmaktadır.

Geven jeotermal alanı ile Yoncalı jeotermal alanı aynı sistem içerisinde kalmaktadır. Geven-Yoncalı jeotermal sistemi için hesaplanan muhtemel jeotermal potansiyel 10 MWt civarındadır.

Yoncalı jeotermal alanı ile Geven jeotermal alanı sularının CaCO₃ bileşimine sahip aynı akiferlerden gelen sular olduğu anlaşılmıştır. Yoncalı ve Geven jeotermal alanları aynı sistem içerisinde yer alan farklı jeotermal alanlardır. Uygulanan silis jeotermometre sonuçlarına göre rezervuar sıcaklığı maksimum 130°C olarak bulunmuştur.

Yapılan araştırma ve gözlem verilerine göre Kütahya il sınırlarında kalan Altıntaş, Tavşanlı bölgelerinde de jeotermal araştırma çalışmaları yapılmalıdır.

SUMMARY

Geven village is located 15 km northwest of Kütahya province. As a result of researches conducted on behalf of Dumlupınar University, existence of a new

geothermal area has been discovered around Geven village. Within the geothermal field research for Geven, after carrying out geological and geophysical studies, by conducting research drilling, hot water production was implemented. In the Geven geothermal region, an area of approximately 40 km², geothermal geological work was conducted a in a scale of 1:25000, and stratigraphy and tectonic system were clarified. In 2005, from the Geven-1 (G-1) well, which is 500 m deep, thermal water production was achieved with a capacity of 20 l/s at a temperature of 48°C obtained from well head. The thermal water obtained from this well was conveyed to the Dumlupınar University campus area with the help of insulated pipes. Similarly, the Geven OA-1 well drilled in 2009, has a depth of 600 m and a compressor capacity of 55 l/s at a temperature of 55°C. The distance between Geven and Yoncalı geothermal areas is approximately 4 km. Institutions and private companies are producing hot water from Yoncalı geothermal area, and its being used for health and thermal tourism. In that terms, hot waters from Geven and Yoncalı drillings are geochemically compared and similarities are investigated for both of these geothermal fields. It is comprehended that waters from Yoncalı and Geven geothermal areas are from the same reservoir having the CaCO₃ component. As a result, it can be stated that Geven and Yoncalı are the two different fields located in the same geothermal system. In addition, a possible geothermal potential for both Yoncalı and Geven geothermal area is calculated and a value of 10 MWt was found.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, değerli görüş ve katkılarından dolayı makaleyi değerlendiren hakemlere teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H., 1983b**, The chemistry of geothermal waters In Iceland. III. Chemical geothermometry investigations. *Geochim.Cosmochim. Acta* 47, p. 567-577.
- Baş, H., 1986**, Domaniç-Tavşanlı-Kütahya-Gediz Yöresinin Tersiyer Jeolojisi, Jeoloji Mühendisliği sayı: 27, sayfa no: 11-18.
- Başokur, A.T., 1984**, Düşey elektrik sondajı, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, 261 sayfa.
- Erdoğan, E., 1971**, Yoncalı (Kütahya) Kaplıcası MTA Derleme Rapor No: 4676.
- Fournier, R.O., 1973**, Silica in thermal waters: laboratory and field investigations. In: Proceedings of international symposium on hydrogeochemistry and biogeochemistry, Tokyo, pp 132-139.
- Fournier, R.O., 1979**, A revised equation for the Na-K geothermometer. *Geothermal Res. Council Trans Vol 3*, 221-224 pp.
- Gayzer Yerbilimleri Ltd. Şti., 2003-2008**, Dumlupınar Üniversitesi Adına Yapılan (Kütahya) Jeotermal Enerji Araştırma Raporu, İzmir.
- Giggenbach, W.F., 1991**, Collections and Analyses of Geothermal and Volcanic Water and Gas Discharge, D'Amore, F., (Coordinator), Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development, UNITAR/UNDP Publications, Rome, 199-144.
- Goodmans, R. 1989**, Rock mechanics 2nd edition. Wiley- Sons New York.
- Hochstein, M.P., 1975**, Geophysical exploration of the Kawah Kamojang geothermal field, W.Java. Proc. 2nd UN Symposium on Development of geothermal resources, 1049-1058.
- Japan External Trade Organization (JETRO), Commissioned by the Ministry of International Trade and Industry, WEST JEC (West Japan Engineering Consultants, INC.), 2000**, The Feasibility Study on Geothermal and Fresh Water Resource Survey for İzmir District Heating System and on (Manisa, Salihli, Turgutlu, Balıkesir, Susurluk, Bigadiç) District Heating Systems for Surrounding Municipalities in Turkey,
- Kaya, O., 1972**, Tavşanlı Yöresinin Ofiyolit Sorununun Ana Çizgileri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, cilt:15, sayı no:1.
- Nuhoğlu, İ., 2002**, Seyitömer Linyit İşletmesi için Asliye Hukuk Mahkemesi'ne hazırlanan Bilirkişi Raporu, Dosya no: 2002/479.
- Öktü, G., Tamgaç, Ö.F., 1990**, Kütahya Yoncalı Kaplıcası Sıcaksu Sondajları (YON-1, YON-2) Kuyu Bitirme Raporu, MTA Derleme Rapor No: 9051.
- Özmutaf, M., Hamut, M.N., 1993**, Kütahya Yoncalı Kaplıcası Sıcaksu Sondajı (YON-3) Kuyu Bitirme ve koruma Alanları Raporu, MTA Derleme Rapor No: 9546.
- Pasvanoğlu S., Canik, B., Arıgün, Z., 2005**, Geothermal Potential of the Banaz-Hamamboğazı Thermal and Mineral Waters, Proceedings, World Geothermal Congress 2005, Türkiye Jeotermal Derneği ve International Geothermal Association (IGA), 8pp., 24-29.
- Schlumberger, C., 1920**, Etude sur la prospection électrique du sous-sol, Gaultier-Villars et Cie., Paris.
- Schoeller, H., 1934**, Les échanges de bases dans les eaux souterraines; trois exemples es Tunisie. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 4, 389-420.
- Şahin, H., 1989**, Kütahya Yoncalı Sıcaksu Alanı Jeoelektrik Etüt Raporu, MTA Derleme Rapor No: 8786.
- Üngör, A., 1974**, Kütahya Yoncalı Kaplıcaları Hidrojeoloji Etüdü, MTA Derleme Rapor No: 5892.
- Yılmaz, S., 1997**, Batı Anadolu'nun Görünür Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Değerlendirilmesi", Türkiye 7. Enerji Kongresi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, O.D.T.Ü. Kültür ve Kongre Merkezi, Cilt: 3, Ankara, s.219-231, 3-8.
- Yılmaz, S., Pasvanoğlu, S., Yakabağ, A., Vural, S., 2008**, Urganlı Jeotermal Alanının (Turgutlu-Manisa) Jeolojisi ve Sondaj Verileri Işığında Yeniden Değerlendirilmesi, Termal ve Maden Suları Konferansı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Afyon, 151-165, 24-25.
- Yılmaz, S., 2009**, Batı Anadolu'nun Olası Jeotermal Potansiyelinin Belirlenmesi, Türkiye 11. Enerji Kongresi, Tepekule Kongre Merkezi, İzmir.
- Yılmaz, S., Pasvanoğlu, S., Vural, S., 2010**, The Relation of Geothermal Resources With Young Tectonics in the Gediz Graben (West Anatolia, Turkey) And Their Hydrogeochemical Analyses, World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 10pp.,1151-1161.