

AYDIN-İMAMKÖY JEOTERMAL ALANIN JEOFİZİK DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ (DES) VE KONTROL KAYNAKLI MANYETOTELLÜRİK (CSAMT) ETÜDÜ

Geophysical Vertical Electrical Sounding (Ves) and Controlled Source Audio Magnetotelluric (Csamt) Surveys For The Exploration of Aydın İmamköy

Mete YÜCEL*

ÖZET

Büyük Menderes grabeninde gerek jeolojik gerekse jeofizik çalışmalar uzun yıllardan beri süregelmektedir. Bu çalışmalar sonucu; Denizli jeotermal alanı, Aydın-Sultanhisar-Salavatlı jeotermal alanı, Aydın-Germencik-İncirliova jeotermal alanı gibi alanlar ortaya çıkarılmıştır. Çalışma alanı, Aydın ili doğusunda olup AYDIN M 19 b3 1/25000 Ölçekli pafta sınırları içerisinde yaklaşık 20 km²'lik bir sahayı kapsamaktadır. DES çalışmaları Schlumberger elektrot dizilimi ile yapılmış ve yarı açılım (AB/2) 1000-4000 m. arasında değişmiştir. CSAMT çalışmalarında 8192 Hz ile 0.25 Hz arasında 16 frekans kullanılmıştır. Her iki yöntemle alınan ölçüler analitik olarak ve aynı zamanda bir iki ve üç boyutlu bilgisayar değerlendirme programları ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar mevcut jeolojik verilerle koordine edilerek ; (i) Sahada hidrotermal akışkan etkisi olarak yorumlanabilecek düşük öz dirençli seviyelerin bulunduğu, (ii) Paleozoik temele ait birimlerin kuzeyde 700 m. 'lerden güneye giderek grabenin ortalarında 1600-2000 m derinliğe ulaştığı, (iii) Çalışma alanında D-B yönlü faylar ve bunu yaklaşık dik kesen K-G yönlü fayların bulunduğu ve (iv) Düşük öz dirençli bölgelerin bu fay sistemleri çevresine denk düştüğü saptanmıştır. Aynı alanda alınan jeoelektrik ve jeoelektromanyetik verilerin uyumluluğu saptanarak uygun bir lokasyona mekanik sondaj önerilmiştir.

ABSTRACT

Both geological and also geophysical works have been underway in the Büyük Menderes Graben for the geothermal energy exploration purposes for a long time. As a result of these studies the Denizli-Kızıldere geothermal area, Aydın-Sultanhisar-Salavatlı geothermal area, Aydın-Germencik-İncirliova geothermal area have so far been determined. The Aydın İmamköy area has same properties as the others. The Study area is placed the east of city Aydın between Yılmazköy-İmamköy-Pınardere settlements and has an areal extent of 20 km² within the map of AYDIN M19-b3 (scale 1/25000). Schlumberger electrode configuration was used in the VES measurements and AB/2 spacings were in between 1000 and 4000m. Also 16 frequencies in between 8192 Hz and 0.25 Hz were used in the CSAMT surveys. Observed data for the both surveys were interpreted analytically using master curves as well as they were treated with computer analysis for 1D, 2D and 3D cases. These results were correlated with the geological data in the study area and the following results were determined; (i) There may be some layers with lower resistivities due to hydrothermal fluids. (ii) The Paleozoic basement reaches to 1600 and 2000 m depths in the middle of graben from 700 m depth in the north, (iii) There are the E-W trending faults and the N-S trending faults cutting them almost perpendicularly, (iv) Lower resistivity zones fall within the intersections of these fault systems. Drilling location has been proposed at a suitable site determined from the results of geoelectrical and geoelectromagnetic surveys.

GİRİŞ

Batı Anadolu Graben havzalarından Büyük Menderes Grabeninin orta kısımlarında yer alan Aydın İmamköy

jeotermal alanında Şekil (1), jeoelektrik DES ve jeoelektromanyetik CSAMT çalışmaları ;

* MTA EGE BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ, İZMİR

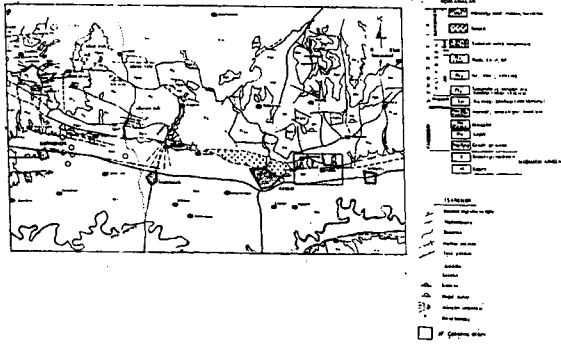
1-Sahada yüzeyden itibaren istiflenen Kuvaterner, Neojen ve Paleozoik birimlerin jeoelektrik özelliklerinin saptanması,

2-Kuvaterner ve Neojen birimlerin kalınlıkları ve paleozoik temele ait birimlerin derinliklerinin saptanması,

3-Jeotermal akışkan etkisiyle oluşan düşük öz dirençli seviyelerin ve bu seviyelerin sahadaki yayılımının saptanması,

4-Neojen öncesi taban topoğrafyasının çıkarılması,

5-Yapılacak mekanik sondajın derinlik ve lokasyonunu belirlemek amacıyla yapılmıştır.



Şekil 1: Aydın Bölgesi jeoloji haritası ve Aydın-İmamköy jeotermal alanının konumu.

Figure 1: Geological map of Aydın region and the location of Aydın İmamköy geothermal area.

BÖLGENİN JEOLJİSİ

Jeolojik bilgiler "Aydın-Sultanhisar-Salavatlı jeotermal sahası jeolojisi, Karamandere (1990)" raporundan alınmıştır. Aydın-İmamköy jeotermal sahası Büyük Menderes vadisinin orta bölümünde yer alır. Sahadaki jeolojik istif Menderes masifi metamorfileri ile bunların üzerinde yer alan Tersiyer sedimanlardan ibarettir. Bölgesel istif, yapılmış olan haritalama ve sondaj verilerine göre çizelge(1) de verilmiştir.

Çizelge 1 Jeolojik birimler

YAŞ	LİTOLOJİ	
	Halosen (Qal)	Alüvyonlar, Taraçalar Yamaç molozları
		Diskordans
KUVATERNER	Pleistosen (P14)	Tutturulmamış konglomera, kum-
	Pleistosen (P13)	çakıl-mil-kil karmaşığı
		Diskordans
	Fliosen (P12)	Gevşek çimentolu kumtaşı, Konglomera-Miltaşı ardalanması
	Fliosen (P11)	Kumtaşı, kil, marn, ki li kireçtaşı, ardalanması
NEOJEN		Diskordans
	Orta Miyosen (M2)	Gnays, mikaşist, mermer, kireçtaşı, konglomera çakıllı

	Orta Miyosen (M1)	Alt seviyeleri kömürlü, kumtaşı, miltaşı, killi ardalanması
PALEZOİK	(G, Pmş, Pmr)	Gnays, mikaşist, mermer, grafitist

Bölge genel olarak kırıklı bir graben sahasıdır. Büyük Menderes grabeni ise üç yönlü kuvvetlerin etkisi ile oluşmuştur. Graben sahasının oluşumuna bağlı olarak basamak tipli fayların bulunacağı muhakkaktır. Bölgede ana faylar Büyük Menderes Grabeni 'ni oluşturan D-B uzanımlı faylardır. D-B uzanımlı faylar özellikle ilk oluşmuş faylardır. K-G uzanımlı faylar ise daha sonra gelişmiştir.

Bölgede kıvrımlar daha çok kristalen temeldedir ve bu kristalen temelde çeşitli yönlerde kıvrım teşekkülü görmek mümkündür. Neojen çökellerinde ise herhangi bir orojenezeye bağlı kıvrım teşekkülü yoktur. Ancak faylanma neticesi teşekkül etmiş bükülmeler görülmüştür.

Jeotermal Sistem

Bir alanın jeotermal enerji üretim alanı olması için şu dört ana unsura sahip olması gerekmektedir. Bunlar sahadaki özdeşleriyle birlikte şöyledir;

- 1-Hazne Kaya:Çalışma sahasında görülen gnayslar ve mermerler ideal kayalardır.
- 2-Örtü kaya:Çalışma sahasında örtü kaya olabilecek litolojik birimler kristalen temeldeki mikaşistler ve orta miyosen çökelleridir.
- 3-Isıtıcı:Büyük Menderes Grabeninin kırıklı bir bölgede oluşu, çevrede bol kuvars filonlarının bulunması, grabenin çeşitli yerlerinde ve çalışma sahasında sıcak su kaynaklarının bulunması bölgede bir ısıtıcının varlığını göstermektedir.
- 4-Beslenme:Büyük Menderes Grabeninde beslenme olanakları yeterlidir. Hazne kayadaki su bütünlemesi çöküntünün her iki yanındaki yükselimlerden ve geniş çöküntü ovasından kırıklar yardımıyla olmaktadır.

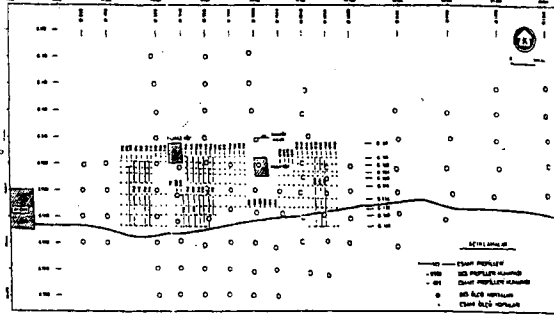
JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

DES Çalışmaları

Des çalışmaları Schlumberger elektrot dizilimi kullanılarak uygulanmıştır. Açılım yönleri genelde D-B olarak seçilmiştir. Ölçülere temel kaya derinlikleri saptanana kadar devam edilmiş ve AB/2: 4000 m. yarıaçılım derinliğine kadar açılım yapılmıştır. Ölçü noktaları 500 m. aralıklı olarak K-G yönlü profiller oluşturulabilecek şekilde seçilmiş ve yer yer 250 m. aralıklı ölçüler alınmıştır Şekil (2). Tüm DES ölçülerinin tek tek değerlendirilmesiyle iki boyutlu olarak hazırlanan elektrik yapı kesitlerinin saha bazında üç

hazırlanan elektrik yapı kesitlerinin saha bazında üç boyutlu değerlendirilmesiyle şu bulgular elde edilmiştir

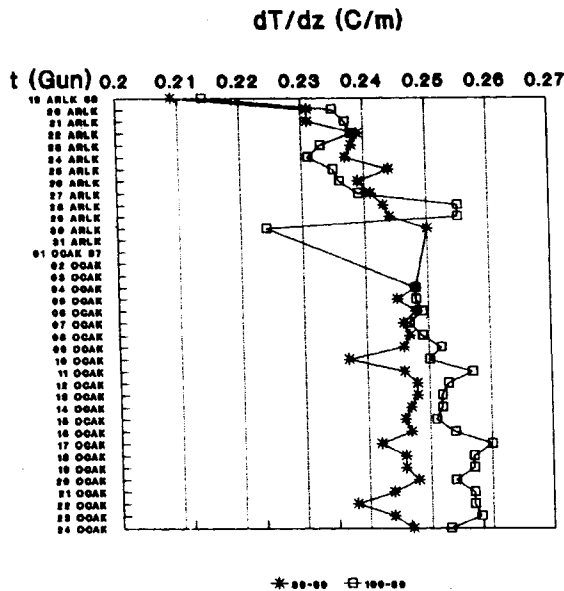
-Sahada jeolojik birimlerle denestirilebilen üç farklı özdirenç seviyesi saptanmıştır Şekil(3).



Şekil 2: Aydın-İmamköy jeotermal alanında gerçekleştirilen DES ve CSAMT ölçü noktaları lokasyon haritası.

Figure 2: Location map of the carried out in the Aydın-Germencik area VES and CSAMT measurements.

KIZILDERE - 5 Gradyanın Zamanla Değişimi



Şekil 3: 940 profili görünür özdirenç ve elde edilen yapı kesiti.

Figure 3: Sections of apparent resistivity and determined structure for the profile 940

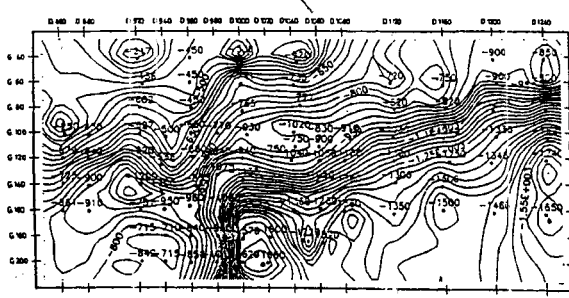
Birinci Özdirenç Seviyesi : Ortalama kalınlığı 50-70 m arası değişir. Özdirenç içindeki malzemenin cinsine, tane büyüklüğüne, porozitesine bağlı olarak 200-1000 ohm.m aralığında değişir. 1000 ohm.m civarı yüksek değerler sahanın kuzeyinde yer alır ve grabenin orta-

larına yani güneye indikçe tedrici olarak 200 ohm.m değerlerini alır. Bu durum kuzeyde iri taneli olan malzemenin grabenin ortalarına doğru, tane çaplarının küçüldüğünü, kil oranının arttığını ve porozitenin düştüğünü göstermektedir. Bu seviye jeolojik istif ve özdirenç değerleri gözönüne alınarak kuvars, kuvarsit, gnays, mikaşist taneli kabakum, çakıldan oluşan kuvaterner alüvyon serileriyle denestirilmiştir.

İkinci Özdirenç seviyesi :Yukarda belirtilen Birinci Özdirenç Seviyesi ile bölgede temel kabul edilen seviye arasında yer alır ve özdirenç 3-60 ohm.m arası değişir. Bu seviye elektriki temeldeki derinleşmeye bağlı olarak güneye doğru kalınlaşan bir yapı gösterir. Grabenin ortalarında 1500-1600 m. kalınlıklara ulaşır. İkinci Özdirenç seviyesi olarak adlandırdığımız katman, Paleozoik temel içerisinde örtü oluşturan ve tüm grabeni kaplayan Pliyosen ve Miyosen serilerinden oluşan neojen birimlerle denestirilmiştir. Bu birimler içerisinde özdirençleri 30-60 ohm.m arası değişen ve ortalama kalınlıkları 100-300 m. olan kesimler çakıtaşı, kiltası, kumtaşı, kil, silt, kum, çakıldan oluşan üst Pliyosen birimleriyle denestirilmiştir. Derinlere doğru özdirenç değerleri düşmektedir. Bu düşüş gerek neojen birimlerdeki kil oranının artması, gerekse jeotermal akışkan etkisiyle formasyonların doğal özdirençlerinin düşmesi olarak yorumlanabilir. Bu nedenle elektrik yapı kesitlerinde Ait Pliyosen serileriyle Miyosen serilerinin ayrımı her yerde tam olarak yapılamamıştır.

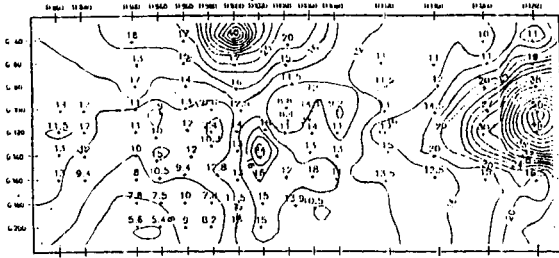
Üçüncü Özdirenç Seviyesi : 80-100 ohm.m özdirençli üçüncü özdirenç katmanı Paleozoik yaşlı metamorfitten oluşan ve Büyük Menderes Grabeni'nin temelini oluşturan jeolojik birimlerle denestirilmiştir. Grabenin ortalarında 1500-1700 m. derinliklere kadar ulaşır. Temel kayadaki bu derinleşme, görünür özdirenç kesitleri, noktalar arasındaki derinlik farklılıkları ve grabenin genel yapısı dikkate alınarak birlikte yorumlandığında basamaklı faylarla açıklanmaya çalışılmıştır.

Temeli oluşturan Paleozoik yaşlı metamorfitten yukarıdan aşağı doğru gnays-mikaşist-kuvarsit-mermer-grafit gibi birimlerden meydana gelmektedir. Jeoelektrik DES ölçümleriyle elde edilen DES eğrilerinde birbirleriyle olan sınırlarını saptamak mümkün olmamıştır. Bu nedenle Neojen birimlerden sonra ölçülen yüksek özdirençli katman Paleozoik Temel tanımıyla genel olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4: Deniz seviyesine göre Aydın-İmamköy alanının Teme'l Kaya derinlik haritası.

Figure 4: Aydın-İmamköy area basement rock depth map according to the sea level.



Şekil 5: Aydın-İmamköy görünür öz direnç haritası (AB/2 = 1000 m.)

Figure 5: Aydın-İmamköy apparent resistivity map (AB/2=1000 m.)

Paleozoik tezenele ait eş derinlik haritası, Şekil(4) de görüldüğü gibidir. Burada D-B ve K-G yönlü faylar açık olarak izlenmektedir. Sahada 10 ohm.m ve altı düşük öz dirençler 1000 m. yarı açılım derinliğinde geniş yayılım gösterirler Şekil (5). En düşük değerler fay sistemleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

Controlled Source Audio Magnetotelluric (CSAMT) Çalışmaları.

CSAMT yöntemi Goldstein (1971) ve Stranway (1975) tarafından AMT (Audio-MagnetoTelluric) ve MT (Magneto-Telluric) yöntemlerinden yararlanılarak geliştirilmiştir. MT yöntem hidrokarbon ve jeotermal araştırmalarında kullanılır. MT yöntemde 0.00001 Hz - 100 Hz arasında yerin doğal elektrik ve manyetik alan bileşenleri kullanılır. MT ve AMT yönteminde yapay kaynak kullanılmaz. Bundan dolayı doğal sinyallerin genliklerinin küçük olması bir olumsuzluktur. Kaynağı yapay olan CSAMT yönteminin avantajları şöyle sıralanabilir; (i) Sinyal kuvvetli olduğundan dolayı alıcı ünitenin AMT ve MT yönteminde kullanılan alıcılar kadar duyarlı olması gerekmez. (ii) Kaynaktan istenilen frekansta sinyal yaratılıp ölçüldüğü için, sinyal ayrımı diye bir sorun yoktur. Böylece sinyal analizi işlemi daha kolay olmaktadır. (iii) CSAMT yöntemi AMT ve MT yöntemine göre daha hızlıdır. CSAMT yönteminde kaynağa paralel olarak iki elektrot aracılığıyla ölçülen elektrik alan ve oldukça duyarlı bir manyetik bobin

aracılığıyla elektrik alana dik ölçülen manyetik alan ve bu iki alanın fazları ölçülür. Bu değerlerden aşağıdaki Cagniard bağıntıları kullanılarak görünür öz direnç ve faz farkı hesaplanır.

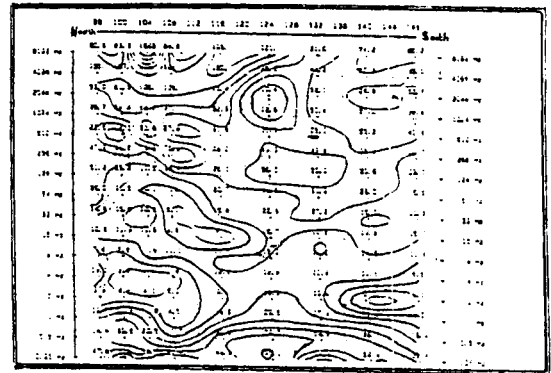
$$\rho_2 = 1 / 5f \left| \frac{E}{H} \right|^2$$

$$\theta = \theta_c - \theta_b$$

burada ρ^2 , görünür öz direnç (ohm.m), f frekans, E elektrik alan magnitudü (mV/ km), H ise elektrik alana dik manyetik alan (gamma)dir. θ faz farkı, θ_c ve θ_b ise sırasıyla elektrik ve manyetik alan fazıdır (Kaya 1991).

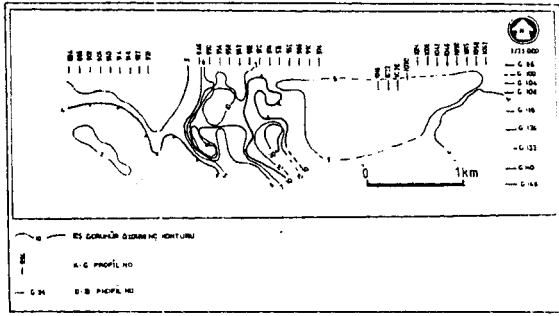
Ölçü düzenegi olarak D-B yönlü profiller halinde alınan CSAMT ölçüleri DES profillerine uygun bir şekilde K-G yönlü olarak değerlendirme için hazırlanmıştır. Toplanan veri sayısı çok fazla olmakla birlikte, manyetik bobini etkileyen yüzey ve çevre şartlarının (Enerji nakil hatları, trafolar, demiryolları, yerleşim birimleri vs..) çalışılan alanda oldukça fazla olması nedeniyle gürültülü ölçüler elimine edilmiştir.

Tüm CSAMT profillerinde 2Hz frekansına ait derinliklerde jeotermal akışkan etkisi olarak yorumlayabileceğimiz düşük öz dirençli ortamlar gözlenmektedir (Şekil 6). Görünür öz direnç değerlerinin yanıl yönde devamlılığını izlemek amacıyla çeşitli seviyelerde görünür öz direnç seviye haritaları hazırlanmıştır. En düşük değerler 2 Hz derinliğinde gözlemlenmektedir (Şekil 7). Gerek DES ve gerekse CSAMT çalışmalarıyla elde edilen anomali değerlerinin aynı alanlara denk düştüğü saptanmış ve jeotermal alan daha net olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6: Kuzey-Güney doğrultulu 946 no'lu CSAMT profilinin frekansa göre görünür öz direnç kesiti.

Figure 6: Apparent resistivity section against frequency for the CSAMT profile 946 in the north-south direction.



Şekil 7: 2 Hz için CSAMT görünür öz direnç haritası.

Figure 7: CSAMT apparent resistivity map for 2 Hz.

SONUÇLAR

Yapılan jeoelektrik ve jeoelektromanyetik çalışmalar sonucu aranılan düşük öz dirençli seviyeler saptanmış ve sahanın jeotermal enerji potansiyeline sahip olduğu

belirlenmiştir. Paleozoik temelin basamaklı faylarla güneye doğru derinleştiği, graben içinde horst yapılarının varlığı, sahaya hakim olan D-B yönlü faylarla birlikte K-G yönlü fayların da varlığı ve saha içerisindeki konumları belirlenmiştir. Düşük öz dirençli anomalilerin kırık-çatlak zonlarında yoğunlaşmaları sonucu, sahadaki sistemin tektonik yapıyla bağıntılı olduğu kanısına varılmıştır. D-B ve K-G yönlü fayların kesim bölgelerinde mekanik sondaj yapılmasına uygun bir lokasyonda 1000 +/-100 m.lik sondaj önerilmiştir.

KAYNAKLAR

Karamandere, İ.H.1990, Aydın Sultanhisar Salavatlı ve civarının jeolojisi. MTA raporu.

Kaya, C. 1991, CSAMT yönteminin maden ve jeotermal enerji aramalarında kullanımı (seminer) A.Ü.Fen Bil. Ens. Jf. Müh. Ana Bil. Dalı, Ankara.