

## JEOTERMAL SAHA ARAŞTIRMA PROGRAMI

### 1. Aşama Çalışmaları

Büro çalışması çerçevesinde yürütülecek çalışmalar sırasında bölgelerde yapılmış jeolojik, jeofizik ve jeokimya çalışmaları varsa incelenmekte, ayrıca bölgenin uydu fotoğrafları temin edilip veri işlemden geçirilerek tektonik çizgisellikler ve alterasyon zonları belirlenmektedir.

### 2. Aşama Çalışmaları

Bu aşamada, I. aşama çalışmaları kapsamında derlenen bilgilerin yerinde görülmesi ve bu bilgilerin zenginleştirilmesi amacıyla arazi çalışmaları yapılmakta, bu çalışmalar sonucunda sahaların potansiyeli hakkında daha detaylı veriler elde edilmektedir. Bu çalışmaların detayı aşağıda verilmiştir.

#### • Jeolojik Revizyon

Elde edilen jeolojik bilgilerin sahada gözlenmesi ve doğrulanması, yeni bulgularla zenginleştirilmesi çalışmalarını kapsamaktadır.

#### 2-2. Jeokimya Çalışmaları

Sahada belirli aralıklarla kareyaj yapılarak belirlenecek noktalarda toprak gazı ölçümleri (CO<sub>2</sub>) çalışmaları yapılmaktadır. Derinlerde bulunan ve jeotermal potansiyel içeren çatlak zonlarından serbest kalan gazlar düşük viskoziteleri nedeniyle örtü kayaçları kat ederek yüzeye kadar ulaşırlar. Yüzeydeki toprak içerisinde yapılacak gaz ölçümlerinde elde edilen yüksek gaz değerleri yeraltındaki jeotermal akışkanların varlığını ve konumunu belirlemede yardımcı bilgi olarak kullanılmaktadır.

Hedef sahada bulunan su çıkışlarında hem kaynak başında hem de laboratuvarında su kimyası analizleri yapılmakta olup bu analizler jeotermal akışkanın varlığını gösterdiği gibi suyun orijinal sıcaklığını hesaplama olanağı da sağlamaktadır.

#### • Jeofizik Çalışmalar

Jeotermal potansiyeli olan ve gerek jeolojik bulgular gerekse jeokimya çalışmalarıyla daraltılan bölgelerde elektrik özdirenç, manyetik ve sismik yansıma ölçümleri yapılmaktadır. Yeraltında sıcak su içeren zonlar, hem suyun bol mineralli olması nedeniyle iletken olması hem de sıcak suyun bulunduğu kayaçları bozarak killeştirip iletken yapması nedeniyle civar kayaçlara göre düşük özdirenç değeri vermektedir. Elektrik özdirenç çalışmalarında iki ayrı yöntem ile veri toplanmaktadır. Birinci yöntemde Schlumberger elektrot dizilimi kullanılarak düşey elektrik sondaj (DES) uygulaması ile nokta bazında 1500 metre derinliğe kadar yer altı elektrik iletkenlik özellikleri ölçülmektedir. İkinci yöntemde ise belirlenen profiller boyunca modern çok kanallı kaydediciler ve geliştirilmiş veri işlem - veri yorumlama programları kullanılarak yeraltının iki boyutlu ve üç boyutlu tomografisi çıkarılmaktadır.

Manyetik ölçümlerde ise; fay zonlarında oluşan alterasyonlar nedeniyle ortaya çıkan mineralizasyon değişimleri manyetik anomalilere neden olmakta ve fay araştırmalarında destek bilgiler vermektedir.

Sismik yansıma çalışmaları ise yeraltının en net fotoğrafını veren ancak maliyeti yüksek, uygulama sürati yavaş bir yöntemdir. Bu nedenle diğer tüm çalışmalar tamamlandıktan sonra mümkün olduğunca az sayıda profil ile diğer çalışmalarda gözlenen tektonik yapıları daha net olarak görmek ve nihai sonucu almak üzere sismik yansıma profilleri kaydedilmektedir.

### 3. Aşama Çalışmaları

Bu aşamada, elde edilen tüm veriler değerlendirilerek sahalara ait genel rapor hazırlanmakta ve raporda sondaj lokasyonları önerilmektedir.

- **Toprakta CO<sub>2</sub> Ölçümü**

Ölçümlerde, yüksek hassasiyetli toprak gazı ölçüm cihazı kullanılmaktadır. Çalışma sırasında, ölçüm yapılacak noktada bir çelik kazık vasıtasıyla 30-40 cm derinliğinde bir delik açılmakta, daha sonra ölçüm probu bu deliğe sokularak etrafı sıkıca kapatıldıktan sonra o noktadaki toprak içerisinde bulunan CO<sub>2</sub> gazı ölçülmektedir.

Ölçümler başlangıçta 250mx250m bir kareajda yapılmakta olup, harita üzerinde koordinatları belirlenen bu noktalar arazide Crescent marka DGPS cihazı ile belirlenmektedir. Differential GPS özelliği olan Hemisphere Crescent cihazı  $\pm 60$  cm duyarlıkla X,Y ve Z koordinatlarını arazide belirleyebilmektedir. Tüm ölçümler tamamlandıktan sonra, yüksek CO<sub>2</sub> değeri okunan bölgeler 100mx100 kareajda detaylandırılmakta ve sahanın toprakta çözünmüş CO<sub>2</sub> contour haritası hazırlanmaktadır.

- **Elektrik Özdirenç Çalışmaları**

Bu çalışmalarda IP/Resistivite etüdlerinde kullanılan Transmitter ve Receiver kullanılmaktadır. Transmitter 5 / 10 kWatt gücünde transmitterlerimizle 3000 volta veya 10 Ampere kadar elektrik enerji üretip yeraltına göndermektedir. Transmittere güç ünitesi transmittere özel elektrik üreten motor jeneratör kullanılmaktadır. Receiver ise 11 kanal ile 10 dipolu aynı anda okuma kapasitesine sahiptir.

Nokta ölçümü DES çalışmalarında, ölçülen noktanın iki tarafına simetrik açılım yapılarak transmitter ile yere akım verilmekte, receiver ile okuma yapılan noktalar arasında oluşan potansiyel farkı kaydedilmektedir. Akım ve potansiyel farkı değerleri kullanılarak yerin özdirenç özellikleri hesaplanmakta ve inversion programları yardımıyla yer altı jeolojik modellenmesi yapılmaktadır.

Profil ölçümü (continuous resistivity profiling) Pole-Pole çalışmalarında ise, sahada belirlenen hatlar boyunca 120-150 metre aralıklarla 9 alıcı pot (8 dipole) yerleştirilerek transmitter ile yere akım verilmekte, yeraltından gelen elektrik sinyalleri de receiver aracılığı ile kaydedilmektedir. Yeraltındaki jeolojik yapıların daha sağlıklı görüntülenebilmesi için 120 metre aralıklı pot dizilimine karşın akım elektrotları 60 metre aralıklarla, 150 metre açılımlı pot diziliminde ise 75 metre aralıklarla ilerletilmekte, bu uygulama sonucu kaydedilen veriler iki defa yoğunlaştırılmaktadır. 8 dipole 120 metre aralıkta yapılacak pole-pole ölçümleri ile yeraltının 900-950 metre, 8 dipole 150 metre aralıkla yapılacak pole-pole ölçümlerinde ise yeraltının 1200 derinlerinden sinyal kaydedilmekte ve yeraltının iki boyutlu inversion kesitleri çıkartılmaktadır. Bu kesitlerin hazırlanmasında Ters çözüm modelleme programı kullanılmaktadır.

Sahada en az altı-sekiz adet profilin eşit aralıklı kaydedilmesi durumunda 3D Ters çözüm modelleme programı kullanılarak üç boyutlu seviye haritaları hazırlanması mümkün olmaktadır.

- **Manyetik Çalışmaları**

Manyetik çalışmalarında total manyetik alan ölçen manyetometre kullanılmaktadır. Manyetik çalışmalar için belirlenecek profiller, rezistivite ve sismik çalışmaların yoğunlaştığı yerlerde ve bu çalışma aralıklarından daha sık aralıklarda gerçekleştirilmektedir.

- **Sismik Yansıma Çalışmaları**

Sismik yansıma çalışmalarında en önemli parametre enerji kaynağıdır. Normalde en iyi enerji kaynağı dinamittir. Belirli derinliklerde açılan kuyular içerisinde patlatılan dinamit ideal bir sismik kaynaktır. Ancak terör nedeniyle son 15-20 yıldır hem Türkiye’de hem de dünyada dinamit kullanılması aşırı güvenlik önlemleri nedeniyle olanaksız hale gelmiştir. Dinamite alternatif olarak vibroseis olarak tanımlanan, bir araç üzerine kurulu olan ağırlık sisteminin yere darbeler vurarak dinamite eşdeğer akustik enerji sağlayan sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerin sınırlı enerji üretmesi nedeniyle aynı noktada birden fazla aracın çalışması gerekmektedir. Örneğin dinamit kullanılarak gerçekleştirilen petrol araştırmalarında 25-30 metre derinlikteki bir kuyu içerisine yerleştirilen 6-8 Kg dinamit ile sağlanan akustik enerji 6-8 Km derinliklerden rahatlıkla yansıtılabilmektedir.

Buna eşdeğer vibroseis sistemi ise en az 5 aracın aynı anda yeri dövmesi ile sağlanabilmektedir. Vibroseis montajlı araçların büyük iş makineleri olması nedeniyle birçok topoğrafik koşullarda kullanım imkanı bulunmamaktadır.

Enerji kaynağının yetersizliği söz konusu olduğunda kaynak sayısının artırılarak daha derinlere ulaşılması mümkündür.

Sismik yansıma çalışmalarında 48 kanallı sismik kayıt sistemi kullanılmakta, arazide 5 metre aralıklarla jeofonlar serilerek ölçü alınmaktadır. Yüzeydeki 5 metre jeofon aralıkları yeraltında 2.5 metre yanal duyarlılık sağlamaktadır. Kayıt sistemi olarak 48 kanallı Geometrics Geode sistemi kullanılmakta, sismik veri işlemi ise W Geosoft Visual SUNT Sismik Yansıma Yazılımıyla gerçekleştirilmektedir.