

YERALTI ENERJİ KAYNAKLARIMIZIN TESPİTİNDE JEOFİZİK ÇALIŞMALARIMIZ VE BU ÇALIŞMALARIMIZIN MEMLEKET KALKINMASINDA DAHA ETKİLİ VE VERİMLİ HALE GETİRİLMESİ*

Dr. Sırrı KAVLAKOĞLU
Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

ÖZET. — "Yeraltı enerji kaynaklarımızın tespitinde jeofizik çalışmalarımız ve bu çalışmalarımızın memleket kalkınmasında daha etkili ve verimli hale getirilmesi" adlı tebliğde yeraltı enerji kaynaklarımızdan, petrol, tabii gaz ve jeotermal yatakların jeofizik değerlendirilmeleri ele alınmıştır.

Sondajlı aramalardan önce muhtemel sahalara ait jeofizik-jeolojik modelin ortaya konması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Memleketimizin gerek petrol, gerek tabii gaz ve gerekse jeotermal yataklarının muhtemelen geniş sahaları kapladıkları işaret edildikten sonra, bunların bir an önce jeofizik araştırmalarının yapıp jeofizik-jeolojik modellerinin meydana getirilmesi lüzumu belirtilerek bu enerji kaynaklarının en seri şekilde memleket hizmetine sunulabileceği ifade edilmiştir.

Halen memleketimizdeki bütün jeotermal ve kapalı bölgelerdeki petrol ve tabii gaz yataklarının tespiti bir devlet müessesesi tarafından yapılmaktadır. Müessesenin jeofizik yönden bu aramaları ilmin ve tekniğin bütün icaplarını kullanarak yaptığını, yapılan araştırmalara ve saha çalışmalarına istinaden gösterilmiştir.

Petrol ve tabii gaz araştırmalarının gizliliği dolayısıyla bu konulara mecburen az yer verilmiş, jeofizik değerlendirmeler yönünden hepsini kaplayabildiği, araştırmalar ve aramaların açıklanmasında bir sakınca olmadığı için jeotermal yataklar üzerinde geniş mukayeseler yapılmış, araştırmalar ve aramalardan bahsedilmiş ve günün konusu haline gelmiş olan jeotermal enerji akiferleri üzerinde bilhassa durulmuştur.

Sarayköy - Denizli bölgesinde, adı geçen devlet müessesesi tarafından, Türk jeolog ve jeofizikçilerinin üç yıl süreklili olarak yapmış oldukları araştırmalar sonunda bir jeotermal akifer keşfedilmiştir. Aynı müsbet zihniyetin sonucu olarak bu müessesenin 25 yıl önce Raman petrol sahasını keşfettiği anlatılmıştır.

* Bu yazı, (24-30 Kasım 1968) tarihleri arasında, Ankara'da yapılan "Türkiye Mühendisler ve Mimarlar I. Teknik Kongresi'ne yazar tarafından tebliğ olarak sunulmuştur.

Yeraltı enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde aramalara paralel, araştırmaların da yapılmasının şart olduğuna değinilerek, jeotermal akiferlerin jeofizik modellerinin ortaya konmasında önemi olan bir araştırmadan bahsedilmiş ve bu, ehemmiyetine binaen detaylı olarak yayınlanmıştır.

Bu araştırmaya göre, akifere dolan meteorik ve juvenil suların akiferde ortak bir yüzey meydana getirecekleri gösterilmiş, bunun yerinin ve şeklinin ne olacağı, suyun sınır hızının sızıntı yüzeyine doğru artacağı teorik olarak gösterilmiştir. Bunlar lâboratuvar tecrübeleri ile de doğrulanmıştır.

Sonuç olarak, petrol, tabii gaz ve jeotermal enerji yataklarının memleket hizmetine bir an önce verilmesi için;

1 — Jeofizik ekipmanın çoğaltılması,

2 — Veya dışardan ekipman kiralanması, gerektiği üzerinde durulmuş, ancak konunun hassasiyeti ve döviz harcamalarına mâni olmak bakımından bizzat ve en iyi şekilde yapabildiğimiz gerekçesiyle jeofizik malzemenin dışardan getirilmesi üzerinde durulmuştur. Bir adım daha atarak yedek elektronik malzeme ithal edilmek suretiyle memleketimizde bazı jeofizik cihazların yapımına gidilebileceği ve böyle bir sanayi nüvesinin de halen atılmış olduğu iddia edilmiştir.

GİRİŞ

Memleketimizin kalkınmasında, yeraltı enerji kaynaklarımızdan petrol, tabii gaz ve jeotermal yatakların önemi meydandadır. Burada sadece bu enerji kaynakları ve bunların jeofizik yönden değerlendirilmeleri ele alınmıştır,

II Enerji Kongresi (Eylül 1968, Ankara) genel raporundan aldığım önemli birkaç paragrafı buraya koyuyorum: 1) Petrol tüketimi 1950 yılında toplam ticarî enerji tüketiminin %19,9'u iken 1967 yılında %51,8'ine yükseldiği bilinmektedir.

2) 2000 yılına kadarki ticarî enerji tüketiminin karşılanmasında, memleketimizdeki bilinen taşkömürü kaynaklarımızın mahdut, yüksek kaliteli linyitlerimizin ise kifayetsiz olması sebebiyle, ağırlığın petrol ve tabii gaza yöneldiği görülmektedir.

3) 2000 yılına kadarki elektrik enerjisi tüketiminin karşılanmasında ekonomik sebeplerden dolayı linyitlerin kullanılması yanında petrol, tabii gaz ve jeotermal enerjiye de gidilmesi gerekmektedir.

4) Bugün bilinen yerli petrol rezervlerimizin çok mahdut oluşu dolayısıyla, yeni sahalar bulunmadıkça yerli petrol üretimimizin kısa bir müddet devam edebileceği, ondan sonra ise petrol ihtiyacımızın tama-

mının ithal suretiyle karşılanmak zorunda kalınacağı anlaşılmaktadır. Memleketimizin ticarî enerji tüketiminin 1964 yılında ancak %27,7'si ithal suretiyle karşılanırken 2000 yılında bu miktarın %80,7'ye yükselmesi beklenebilir. Bu hususun dış ticaret dengemizi büyük ölçüde etkileyeceği şüphesizdir.

5) Son yıllarda birçok memleketlerde tabii gaz, enerji kaynakları arasında, önemli bir yer almıştır. Bu yüzden Irak'tan tabii gaz ithali düşünülmektedir.

6) Petrol ve tabii gaz gibi önemli enerji kaynaklarının dışardan ithali hem dış ticaret açığını daha da arttıracak, hem de buna bağlı sanayi in gelişmesi endişeler içinde olacaktır.

Bu sorunlar bizi, ister istemez yerli kaynaklarımızı geliştirmeğe ve yenilerini bulup çıkarmağa zorlamaktadır.

Karalarımız ve bir o kadar da denizlerimizle büyük bir sahayı kaplayan memleketimiz petrol, tabii gaz bakımından büyük çapta sahaları içine almaktadır. Kalın sedimantasyon ve petrol sızıntıları muhtemelen büyük imkânları işaret etmektedir.

Jeotermal yataklarımızın, muhtemel olarak bütün memleket sathında yaygın olarak buldukları, volkanolojik etüdler ve bilhassa mevcut sıcak su kaynaklarından anlaşılmaktadır.

Görülüyor ki, ana dâva mevcut yatakları genişletmek ve muhtemel enerji yataklarımızı da en kısa zamanda devlet emrinde olmak üzere ortaya koymaktır.

Bu tip muhtemel yatakların en kısa zamanda müsbet olarak değerlendirilmeleri konusunda, jeolojik etüdüleri müteakip çok pahalı derin sondajlara gitmeden önce, yeraltı jeofizik-jeolojik modelinin meydana çıkarılması için gerekli bütün jeofizik çalışmaların yapıldığı bilinmektedir.

Jeofiziğin tarihi yeni olmasına rağmen, ekonomik gayelere yönelmiş olması itibariyle kısa zamanda ön plâna geçmiştir. Bugün petrol, tabii gaz ve jeotermal muhtemel sahalarında detaylı jeofizik yapılmadan, yeraltının jeofizik-jeolojik modeli teferruatlı olarak ortaya konmadan, derin sondaj noktası verilmemektedir. Aksi halde büyük masraflar bir yana, önemli sahaların menfi olarak terkedilmesi mümkündür.

Ülkemizin gömülü olan petrol, tabii gaz ve jeotermal potansiyelinin bir an önce ortaya konmasının önemi ortadadır. Bu gerçek bize bahsi

geçen potansiyeli tespit etmek için, bugünkü jeofizik (Burada "jeofizik", "tatbikî jeofizik" anlamında kullanılmaktadır) imkânlarımız nelerdir? Ne kadarını veya ne kadar fazlasını yapmağa muktediriz? Ülkemiz enerji kaynaklarını bir an önce millet hizmetine israf etmeden sunmamız için ne yönde hareket etmemiz gerekecektir, gibi soruların cevabını ve jeofizik hizmetlerinin yurt kalkınmasında daha etkili ve verimli hale getirilmesi imkânlarını araştırmış olacağız.

Petrol, tabii gaz ve jeotermal enerji kaynaklarının jeofizik usullerle araştırılmaları hakkında bizden ve dış ülkelerden bazı klâsik örnekler vermek enteresan olacaktır. Bu sayede mukayeseler yapma imkâm kazanılacaktır.

Petrol, tabii gaz araştırmalarının gizliliği dolayısıyla bunlar üzerinde detaylı olarak durulmayacak, fakat günün önemli konusu olması ve burada yapılan jeofizik çalışmalar ve araştırmalar diğer enerji kaynaklarına da teşmil edilebileceği için, jeotermal enerji kaynağı jeotermal akiferlerin jeofizik etütlerinden detaylı olarak bahsedilecektir.

Kısım: I

JEOTERMİK ENERJİ KAYNAĞI JEOTERMAL AKİFERLERİN JEOFİZİK ETÜDLERİNDE UYGULANAN USULLER, BİR ARAŞTIRMA VE İMKÂNLARIMIZ

Muhtemel jeotermal saha ile ilgili olarak yapılacak jeofizik çalışmalar şöylece sıralanabilir:

1 Rekonessans etütler:

- a) Uçakla veya yerden manyetik prospeksiyon
- b) Gravimetrik prospeksiyon
- c) Sismik refraksiyon
- d) Derin rezistivite vs.

2 Detay etütler:

- a) Manyetik
- b) Gravimetrik
- c) Derin rezistivite
- d) Sismik refleksiyon ve refraksiyon
- e) Termal ölçüler
- f) Termal gradient vs.

Yukarıda sıralanan jeofizik metotlar gerektiğinde kullanılmakta ve bunlara istinaden jeofizik-jeolojik bir model tasarlanmaktadır. Meselâ İtalya'da, rezistivite tabanı bulmak için yapılan derin rezistivite etüdüleri sonucu Larderollo sahasına ait rezistivite taban haritası (Şekil: 1, 2), gravite ve rezistivite etüdüleri sonucu elde edilen iki boyutlu jeofizik kesitler (Şekil: 3) buraya konmuştur.

Bunlar İtalya'da yapılmış olan jeofizik etüdülerdir. Bunların sonucu buhar sahaları genişletilmiş ve yeni buhar sahaları bulunmuştur.

Jeotermal akiferlerin keşfi ve enerji kaynağı olarak kullanılmaları çok yenidir. Dünyada birkaç bölgeye inhisar eden bu enerji kaynağı hakkında pek az çalışma ve araştırma yapılmıştır.

Daha ziyade jeolojik çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalara yardımcı olabilmek gayesiyle klâsik jeofizik metodlar uygulanmıştır.

Genellikle termodinamik kanunlara uygun olarak meydana gelmiş bulunan akiferler hakkında bu yönden pek az kimse araştırma yapmıştır. Bunlar arasında bilhassa J. Goguel¹ bahsedilebilir.

J. Goguel, jeotermal akifer için ısının konveksiyonu ile mukayese edilebilecek gerekli termodinamik esasları kurmağa çalışmıştır.

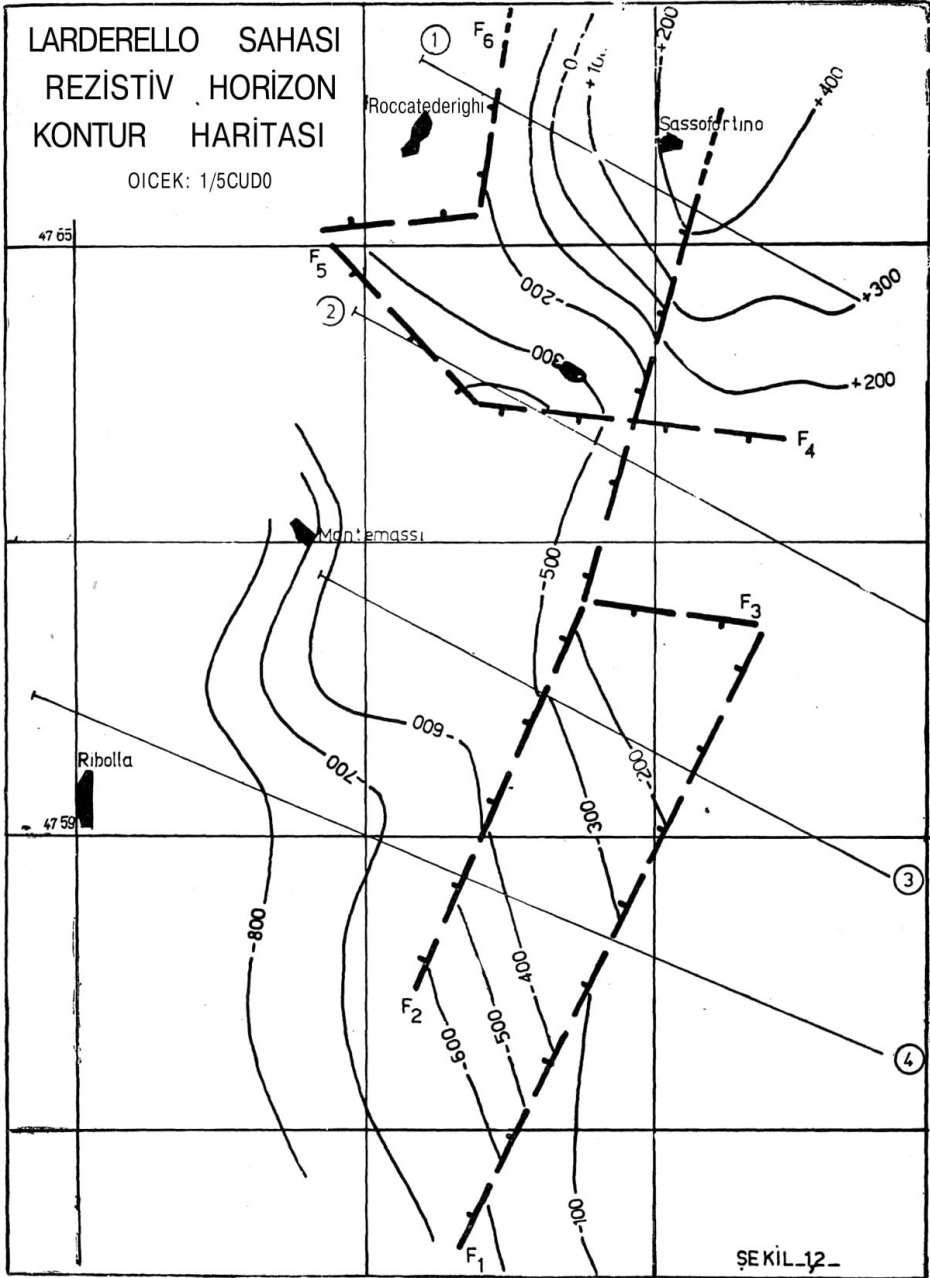
Termodinamik kanunlara uygun olarak yapılan çalışmaların hiçbiri bir jeofizik model tasavvuruna yardımcı olmamıştır.

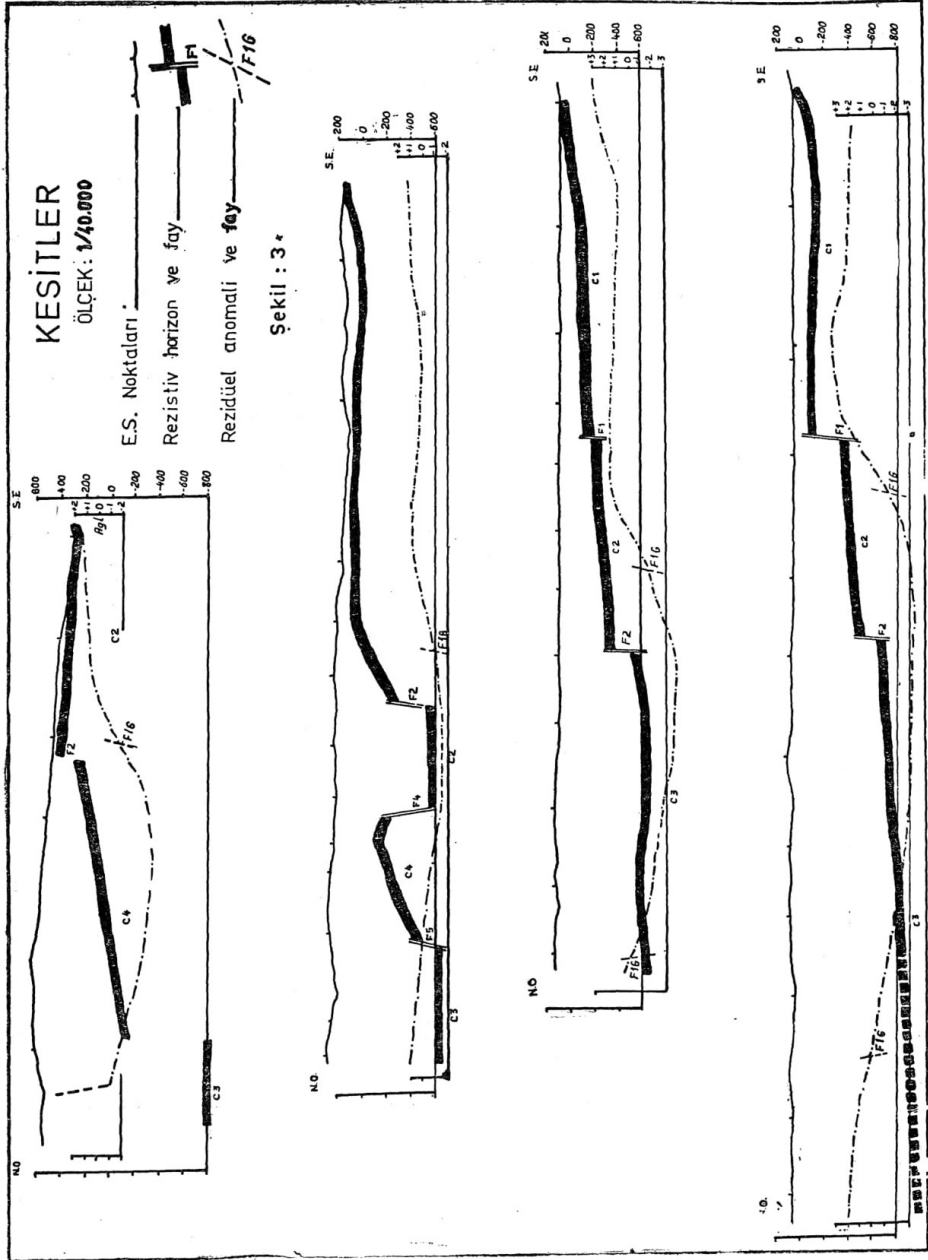
Biz, akifer olabilecek jeolojik bir ortam teşekkül ettikten sonra birinin menşei meteorik, diğerininki satha çıkmamış ve kristalize hale gelmekte olan bir granitten (granit burada genel olarak kullanılmıştır) kurtulan suyun termodinamik kanunlara uygun olarak akiferde yer almaları hâdisesini ele aldık.

Bilindiği gibi, jeotermal akiferler için, 1. akifer olabilecek geçirgen, gözenekli bir kayacın, örtü tabakasının mevcudiyeti, 2. meteorik suyun akiferde dolması için gerekli jeolojik ve jeomorfolojik yapının, ayrıca derinlerdeki juvenil suyun taşınabilmesi için, genellikle derinlere kadar devam eden faylanmanın olması gerektiği ve 3. juvenil ve meteorik suların Darcy kanununa uygun olarak akiferde ortak bir yüzey meydana getirmeleri ve bundan sonra konveksiyon akımlarının ele alınması gerektiği ortaya konmuştur².

¹ J. Goguel, Le Régime Thermique De L'eau Souterraine, Paris Imprimerie Nationale, 1953.

² S. Kavlakoğlu, Jeotermik Enerji Kaynağı Jeotermal Akiferler Hakkında Yeni Bir Görüş, Sarayköy Sahası için Uygulama, Ankara 1968.





Jeotermal akiferlerde iki farklı sıvının olması, bunların ortak yüzeylerinin şekillerinin bilinmesi rezervuarların jeofizik model olarak değerlendirilmesi bakımından çok önemlidir.

Sarayköy'e ait jeolojik kesitte (Şekil: 4) $y - y^1$ fayının juvenil suyu taşıdığını farzedelim. Bir fay zonu olarak düşünülmesi gereken $y - y^1$ 'nin akifer bölgesindeki kısmı (Şekil: 5)'te gösterilmiştir. Juvenil su bu fay zonunda yükselecektir. Akifer içinde meteorik suyun akması juvenil suyla sınırlanacaktır.

Sınır şartları muhtemelen Sarayköy jeotermal akiferine uygun olarak seçilen bir akiferde meteorik su ve juvenil suların ortak yüzeylerinin yeri ve şekli ve sınır velositelerinin değişimi hakkında yaptığımız teorik çalışmalarımızı buraya koyuyorum³.

Teorik formüllerin çıkartması: E A B C D E iki boyutlu akifer olsun, taranmış alanda fay zonu olsun (Şekil: 5).

Kordinat eksenleri x, iy olsun ve Şekil: 5'teki gibi seçilmiş olsunlar.

$z = x + iy$ düzleminde alınmış olan iki boyutlu homojen akifer için Darcy kanununu, velosite potansiyeli ϕ olduğuna göre,

$$u = \partial\phi/\partial x ; \quad v = \partial\phi/\partial y \quad (1)$$

olacaktır.

Süreklilik denklemi

$$\partial u / \partial x + \partial v / \partial y = 0 \quad (2)$$

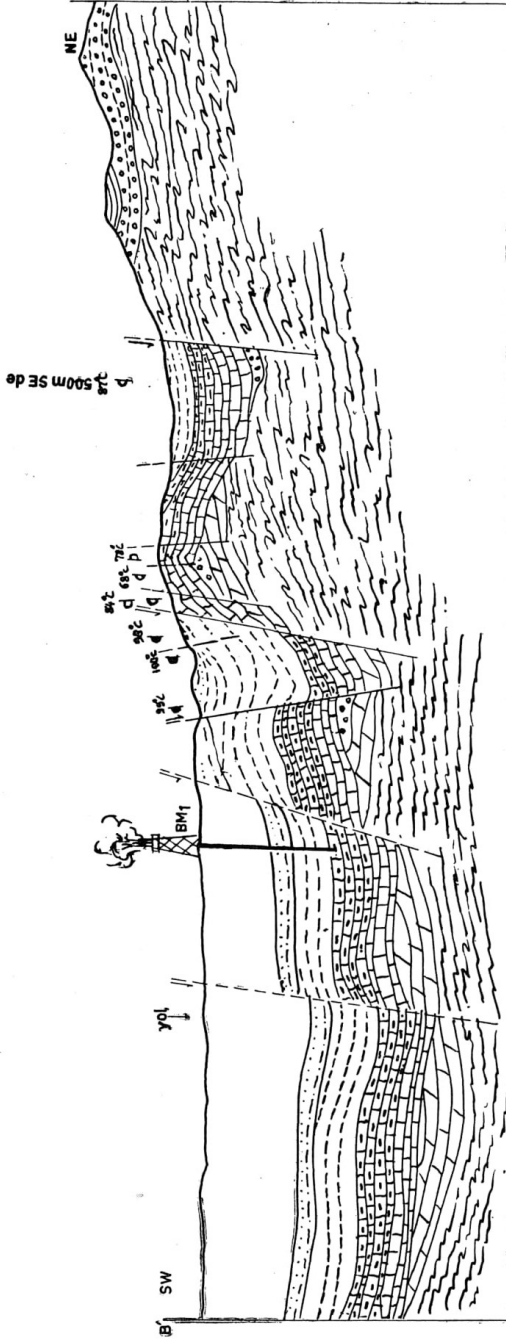
olduğuna göre, 0

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (3)$$

Laplas diferansiyel denkleminde münce olur.

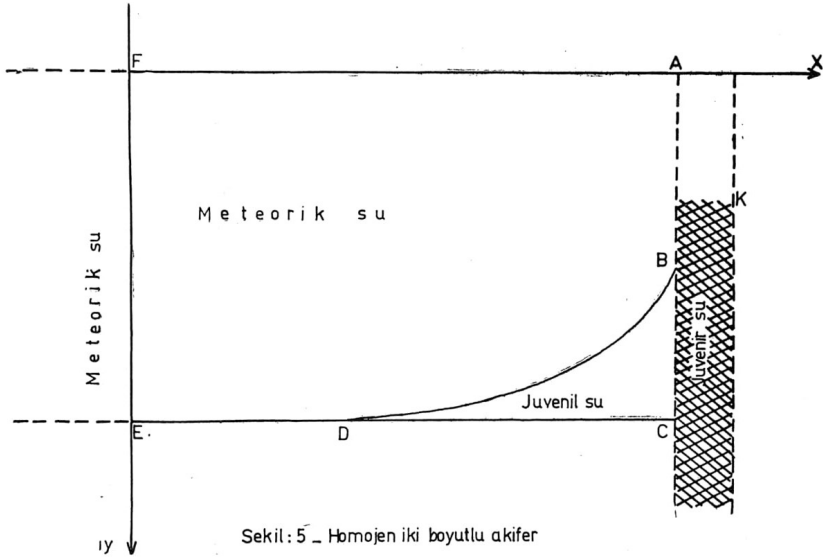
ϕ potansiyel fonksiyonuna dik olan stream fonksiyon ψ , Cauchy-Riemann denklemleri vasıtasıyla yazılabilir. Şimdi, $f(z)$ bir kompleks velosite fonksiyonu,

³ S. Kavlakoglu, Jeotermik Enerji Kaynağı Jeotermal Akiferler Hakkında Yeni Bir Görüş, Sarayköy Sahası İçin Uygulama, Ankara 1968.



LEJAND: ALÜVYON (Küsterler) KUMTAŞI (Plio-Pleistosen) KIZILBURUN SERİSİ (Plio-Pleistosen) KUNTAŞI-MARN SERİSİ (Pleistosen)
 MARNLI SERİ (Üst miosen) TABAKALI ve MARNLI KALKERLER (Orta alt miosen) SERT TABAKALI KALKERLER (Orta alt miosen)
 KONGLOMERALAR MESOKRİSTALİN KALKERLER MUSKOVİT - KUVARS - ŞİST

Şekil: 4 - SARAYKÖY JEOTERMAL BÖLGESİNE AIT JEOLOJİK KESİT
 (H. Uyselli' den alınmıştır)



$$f(z) = \varphi + i\psi \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir.

Pek tabii olarak, kompleks konjuge velosite fonksiyonu,

$$\bar{Q} = u + iv = f'(z) \quad (5)$$

şeklinde olacaktır.

φ potansiyel fonksiyonunun BD kesişme çizgisi ve AB sızıntı yüzeyi boyunca olan değişmesi juvenil sudaki tazyik vasıtasıyla kontrol edilir. (Suların immiscible ve juvenil suyun hareketsiz olduğu kabul edilebilir.)

Şu halde AB ve BC boyunca (Şekil: 5),

$$\varphi = \varphi_0 + k'y \quad (6)$$

şeklinde olacaktır.

Burada, φ_0 sabit potansiyel fonksiyon ve γ aşağıya doğrudur (Şekil: 5).

$$k' = \frac{\bar{k}(\gamma_j - \gamma_m)}{\gamma_m} \text{ şeklinde olup;}$$

γ_j : Juvenil suyun spesifik ağırlığı

γ_m : Meteorik suyun spesifik ağırlığı

\bar{k} : Akiferin permiabilitesi ve

k' : Buoyancy ve permiabilitenin çarpımıdır.

AB sızıntı yüzeyi boyunca φ 'nin $\frac{\partial \varphi}{\partial y}$ diferansiyeli

$-\frac{\partial \varphi}{\partial y} = v$ olduğu bilinmektedir. $\varphi = \varphi_0 + k'y$ denkleminin

y 'ye göre diferansiyeli alınırsa, $\frac{\partial \varphi}{\partial y} = k' \frac{\partial y}{\partial y}$

(7)

$$k' + v = 0$$

bulunur.

Bu (u, v) hadograf düzleminde bir doğru denklemdir (Şekil: 6). Ayrıca kesişme eğrisi BD boyunca (6) denkleminin S değişkenine göre diferansiyeli alınacak olursa,

$$\frac{\partial \varphi}{\partial s} = k' \frac{\partial y}{\partial s}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial s} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial s} = k' \frac{\partial y}{\partial s} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial s}$$

Denklemin ikinci tarafını $\frac{\partial y}{\partial y}$ ile çarpalım,

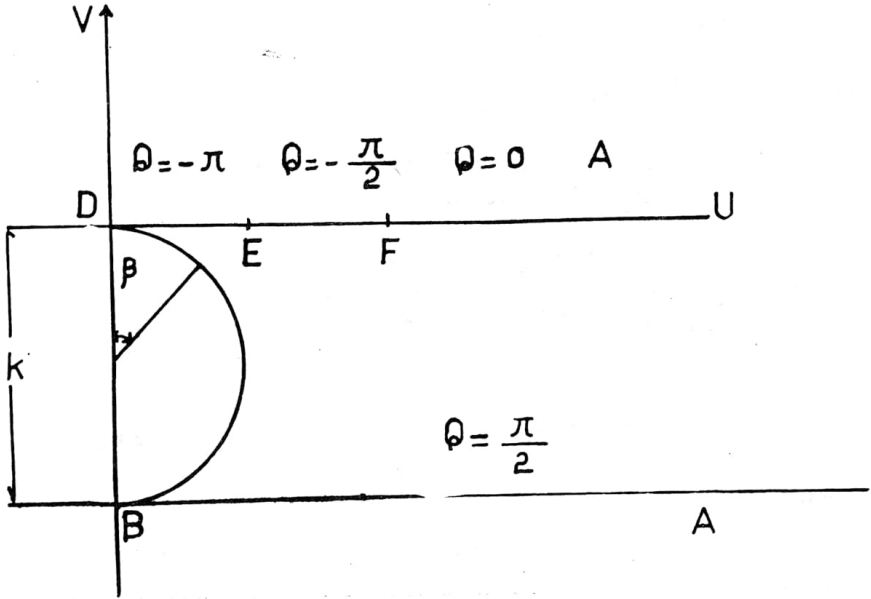
$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial s}\right)^2 = k' \frac{\partial \varphi}{\partial y} \cdot \left(\frac{\partial y}{\partial s}\right)^2 \text{ elde edilir.}$$

Buradan,

$$u^2 + v^2 = -k'v$$

$$u^2 + v^2 + k'v = 0 \quad (7)$$

denklemini bulunur.



Şekil: 6 - $\vartheta = u + jv$ düzlemi

Bu (u,v) hadograf düzleminde (Şekil: 6) BD çaplı bir yarı çemberdir.

Şimdi,

$$Q_1 = \frac{i\bar{Q}}{k'} + 1 \quad (8)$$

dönüştürümünü yapalım.

Q_1 düzlemi bir modifiye hadografıdır (Şekil: 7).

Q_1 düzlemindeki yarı çember tarafındaki sıfır açılı üçgenin (Şekil: 7) üst yarı düzleme transformasyonu, eliptik modüler fonksiyon kullanılmak suretiyle yapılabilir (Nehare, Zeev).

$$Q_2 = 1 - \frac{1}{Q_1} \quad (9)$$

dönüştürümü yapılacak olursa,

$$\lambda(Q_1) = J(Q_2) \quad (10)$$

elde edilir (Şekil: 8).

λ 'n değerleri, eliptik modüler fonksiyonun inversi kullanılarak hesap edilebilir (Muskat, Morris).

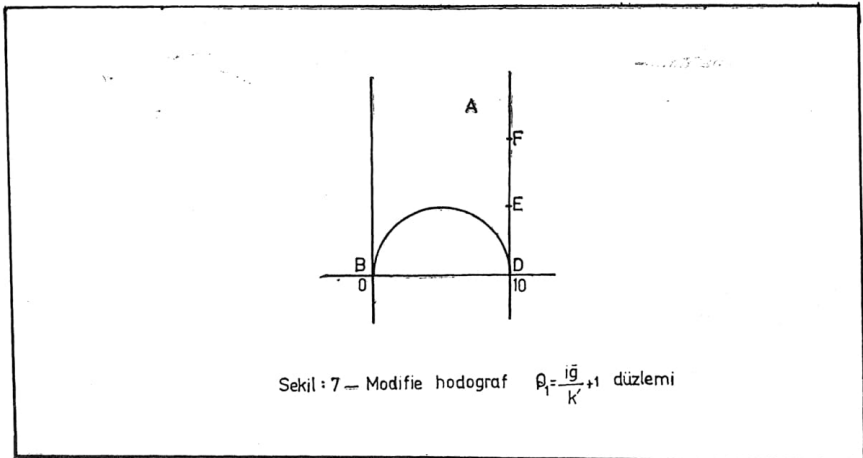
$$1 - \frac{1}{Q_1} = \frac{ik'(\lambda)}{k(\lambda)} \equiv \frac{ik'}{k}(\lambda) \quad (11)$$

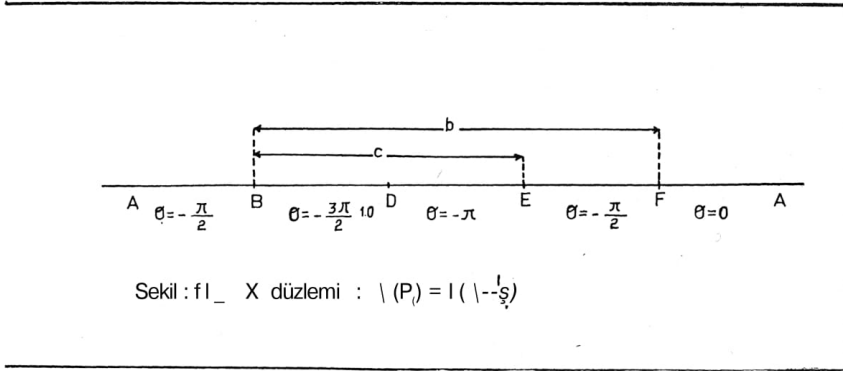
λ 'nin

$$\lambda \quad 0 < \lambda < 1 \quad (12)$$

aralığındaki değerler için

K'/K değerleri verilmiştir (Hayashi).





Böylece λ 'nın verilen aralıktaki bu değerler için (eşitsizlik) (12) Hayashi tarafından verilmiş olan K'/K değerleri vasıtasıyla (denklem) (1) Q_1 değerleri hesap edilebilir.

λ 'nın diğer değerleri için basit linier transformasyonlardan sonra tabüler değerlerin kullanılması icabeder. λ 'nın;

$-\infty < \lambda \leq 0$ aralığındaki değerler için,

$$\frac{1}{1-\lambda} = J(Q_1) \quad (13)$$

linier transformasyonu kullanılır.

Buradan eliptik modüler fonksiyonun inversi kullanılarak,

$$Q_1 = \frac{ck'}{k} \left(\frac{1}{1-\lambda} \right) \quad (14)$$

ve gene aynı şekilde,

$1 \leq \lambda < \infty$ değerleri için

$$\frac{1}{\lambda} = J(Q_1 - 1) \quad (15)$$

buradan

$$Q_1 - 1 = \frac{ik}{k} \left(\frac{1}{\lambda} \right) \quad (16)$$

elde edilir.

Böylece λ düzleminde (Şekil: 7) üst yarı düzlemdeki bütün değerlerine karşılık Q_1 dolayısıyla Q değerleri (Şekil: 7) elde edilir.

Problemin tam çözümü için, $f(z)$ kompleks potansiyel fonksiyonu, yahut entegre edilebilen Q 'nin terimleri cinsinden, bazı $f(z)$ fonksiyonunu ifade etmek gerekir. Çünkü AB üzerinde ψ stream fonksiyonunun dağılımı bilinmektedir (Şekil: 5).

$$\psi + i\theta = \ln[-f''(z)] \quad (17)$$

konumunu yapalım (Hamel, 1934).

Burada $z = x + iy$; $-f''(z)$ fonksiyonunun argümenti ve

$$-f''(z) = \frac{d(u - iv)}{d(x + iy)} = \frac{du - idv}{dx + idy} \quad (18)$$

dir.

Hodograf (Şekil: 6, 8) ve denklem (18) den

$$\theta_{AB} = -\frac{\pi}{2} ; \quad \theta_{BD} = -\frac{3\beta}{2} \quad (19)$$

$$\theta_{DE} = -\pi ; \quad \theta_{EF} = -\frac{\pi}{2} ; \quad \theta_{FA} = 0$$

(β açısı $Q=U+iv$ düzleminde gösterilmiştir.)

λ düzleminde (Şekil: 6) reel eksenin bütün noktalarında θ değerlerinin bilindiklerini görüyoruz.

Şu halde θ bir Fourier entegrali çözümü vasıtasıyla üst yarı düzlemin bütün noktalarında bilinir. Bundan sonra, τ 'nin değerleri θ ve τ için Cauchy-Riemann denklemleri vasıtasıyla elde edilirler.

Bunun için genelleştirilmiş poisson formülünü kullanacağız (Muskat, 1937)⁴.

$$\psi \times i\theta = \tau_0 + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\theta(t)(\lambda t + 1) dt}{(t-\lambda)(1+t^2)} \quad (20)$$

Burada τ_0 keyfi bir sabittir. Yukarıdaki entegralin (20) geliştirilmesi ve denklem (17)'ye tatbikinden sonra $-(f''(z))$ için,

$$-f''(z) = \frac{\sqrt{\lambda(c-\lambda)(b-\lambda)}}{1-\lambda} \exp. \left(-\tau_0 + \frac{3}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\beta(t) dt}{t-\lambda} \right) \quad (21)$$

bulunur.

Burada c ve b, λ düzleminde sırasıyle F ve E noktalarının koordinatlarıdır (Şekil: 8).

Z değişkeni için (denklem (5) ve denklem (21))

$$\bar{z} = C_1 \int \exp. (\tau + i\theta) d\bar{Q} + C_2 \quad (22)$$

elde edilir.

Burada,

$$\exp \tau = \frac{1-\lambda}{\sqrt{\lambda(c-\lambda)(b-\lambda)}} \exp. \left(-\frac{3}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\beta(t) dt}{t-\lambda} \right) \quad (23)$$

dir.

Hammel, Gunther (1935) ve Muskat (1935) λ' 'nin fonksiyonu olarak,

$$\exp. \left(-\frac{3}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\beta(t) dt}{t-\lambda} \right) \quad \text{yi grafikler ve tablolar halinde}$$

vermişlerdir.

⁴ Muskat, Morris: The Flow of Homogeneous Fluids Through Porous Media, McGraw-Hill, New-York, 763 pp, 1937.

Şu halde, sınır velositeleri, meteorik ve juvenil suların ortak çizgilerinin yeri ve şekli (15), (18) veya (20) denklemlerinde λ 'nın uygun seçilmiş reel değerlerini koymak suretiyle ve sonradan (22)'nin numerik entegrasyonu veya grafik çözümü vasıtasıyla hesap edilebilir.

Bir dereceye kadar bir basitlik temin etmek bakımından, jeotermal akiferler için B ve E noktalarının çakıştığını kabul edelim. Bu takdirde,

$\varphi_E = \varphi_D$ olacaktır. Buradan,

$$\exp(\tau) = \sqrt{[(1-\lambda)/(\lambda(b-\lambda))]} \exp \left[-3/2\pi \int_0^1 \beta(t)/(t-\lambda) dt \right] \quad (24)$$

şeklinde olur.

Sınır velosite eğrisinin ve kesişme yüzeyine ait ortak eğrinin yeri ve şekli ile ilgili eğrinin çizilmesi için, hesap merkezlerinde hesaplamalar yapılması gerektiği meydandadır. Ben burada, Muskat'ın başka mak-satlar için yapmış olduğu hesaplamalar ve grafiklerden istifade ederek, meteorik su akiferinde juvenil intruziyonun grafiğini (Şekil: 0) ve UAF/k'nün değişimini gösterir eğriyi (Şekil: 10) vermeğe çalıştım. Bunlar yaklaşık olarak çizilmişlerdir.

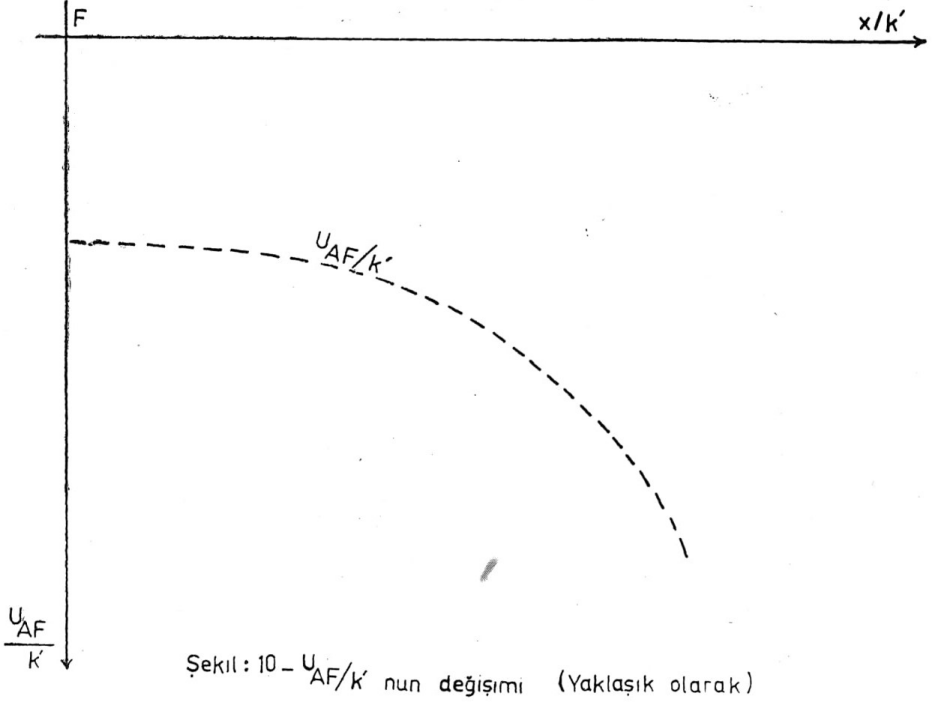
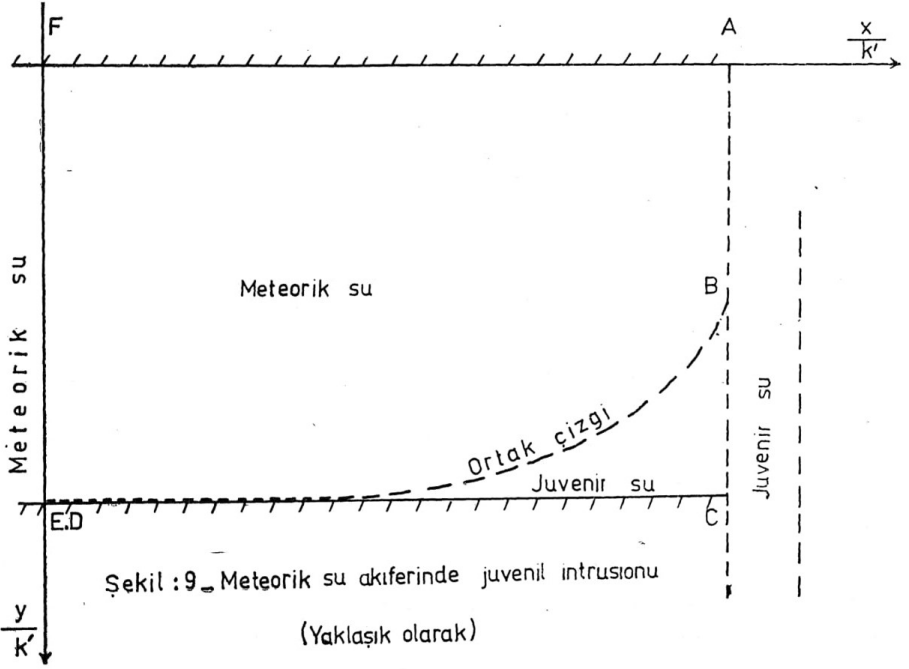
Burada, lâboratuvar tecrübeleri ile de sağlanmış olan ve tamamen termodinamik kanunlara uygun olarak teşekkül eden jeotermal akiferler hakkında, jeofizik çalışmalara yön verecek yeni bir görüşü ortaya atmış ve ispatını vermiş oluyoruz.

Buna paralel olarak Sarayköy ve diğer muhtemel jeotermal sahalar-da yaptığımız jeofizik çalışmaları şöylece sıralıyabiliriz:

1) Muhtemel sahayı veya sahaları içine alabilen bölgenin umumi tektoniği ve substratumun durumunu ve süseptibilitesi yüksek gömülü kayaları genel olarak ortaya koymak bakımından bölgeyi kapsayan re-konessans gravite ve uçakla manyetik etüdler.

2) Muhtemel jeotermal sahada, tektoniğin ve substratumun durumu hakkında bilgi toplamak için detay gravimetrik (K. Tezcan 1965, F. Erden 1965) ve manyetometrik etüdler.

3) Substratumun şekli, tabaka kalınlıkları ve faylanmalarla ilgili sis-mik etüdler (G. Demirseren 1968).



4) Elektrik sondajlarla rezistiv tabanı tespit etmek ve faylar hakkında fikir edinmek bakımından derin rezistivite etüdüleri (K. Tezcan 1965, B. Özçiçek 1968).

5) Satha yakın ısı kaynaklarının dağılımı ile ilgili termik etüdüler (K. Tezcan 1964).

6) Isınan kayacın rezistivitesinin düşmesi dolayısıyla, bunların dağılımının tespiti için rezistivite etüdüleri (K. Tezcan 1966).

7) Sıcak suyun moleküler yapısına istinaden ve sınır velositesi değişimine binaen Over-Woltage etüdüleri (S. Kavlakoğlu 1968)⁵.

8) Yukarıda sıralanan jeofizik etüdülere ve bahsedilen araştırmaya ve jeolojik etüdülere istinaden jeofizik-jeolojik model çalışmaları.

9) Jeotermal akifere kadar yapılması gerekli buhar sondajının lokasyonu ile ilgili olarak kuyularda termik gradyent etüdüleri (M. Etemirörer 1968).

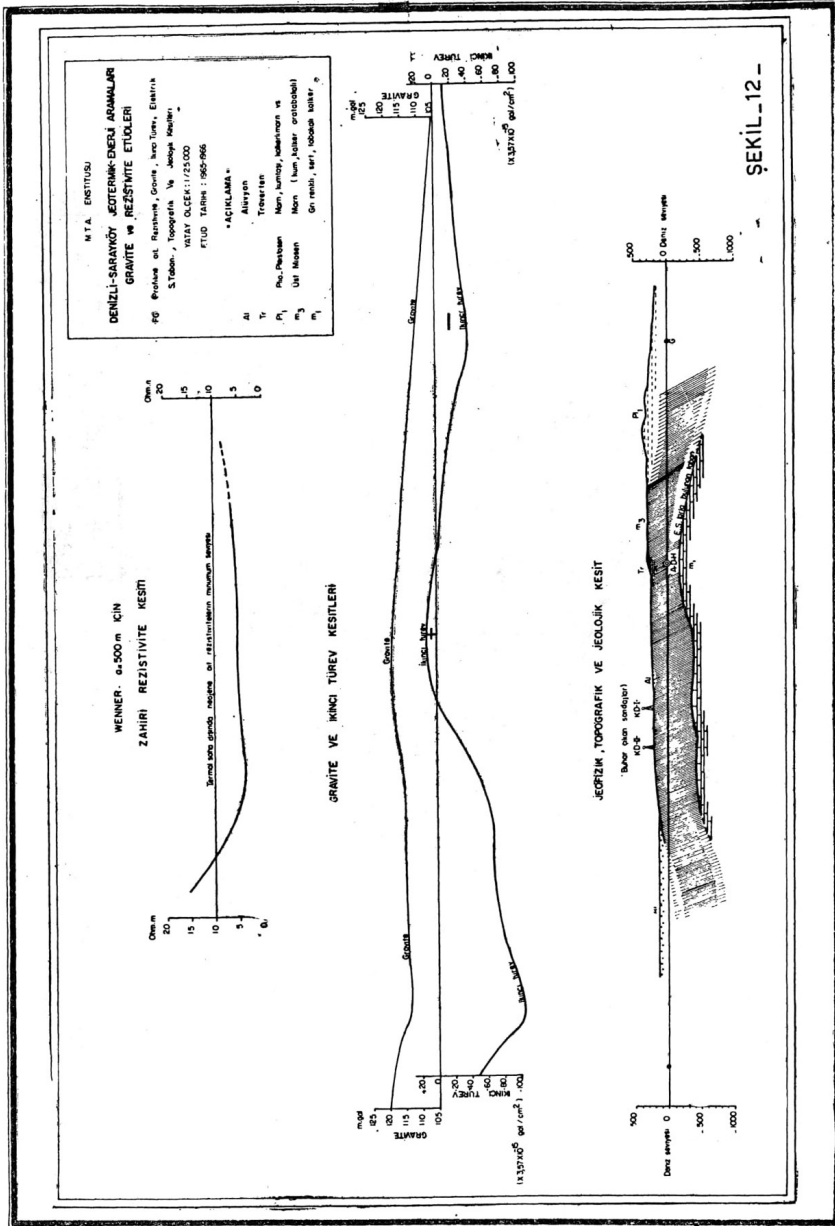
Yukarıda zikredilen etüdüler Batı Anadolu bölgesinde ve bilhassa Sarayköy bölgesinde üç yıl millî bir müessesenin sürekli çalışmaları esnasında tatbik edilmiştir. Bunlar arasında enteresan olmaları bakımından buraya, K. Tezcan⁶ tarafından yapılan derin rezistivite etüdülerinden bir iki örnek koyuyorum. Böylece İtalya'da yapılanlarla bir mukayese imkânını da bulmuş olacağız.

Sarayköy jeotermal sahasına ait rezistiv tabanın kontur haritası (Şekil: 11) bu haritadan alman FG kesitine ait jeoloji, elektrik sondajlarla bulunan taban haritasını, termal saha dışında neojene ait rezistivitelerin minimum seviyesi ile ilgili, zahirî rezistivite kesiti ve aynı profile ait Bouguer ve ikinci türev gravite kesitlerini (Şekil: 12) görüyoruz. Burada ayrıca kesit üzerine düşen buhar sondajları konmuştur (KDI, KDII).

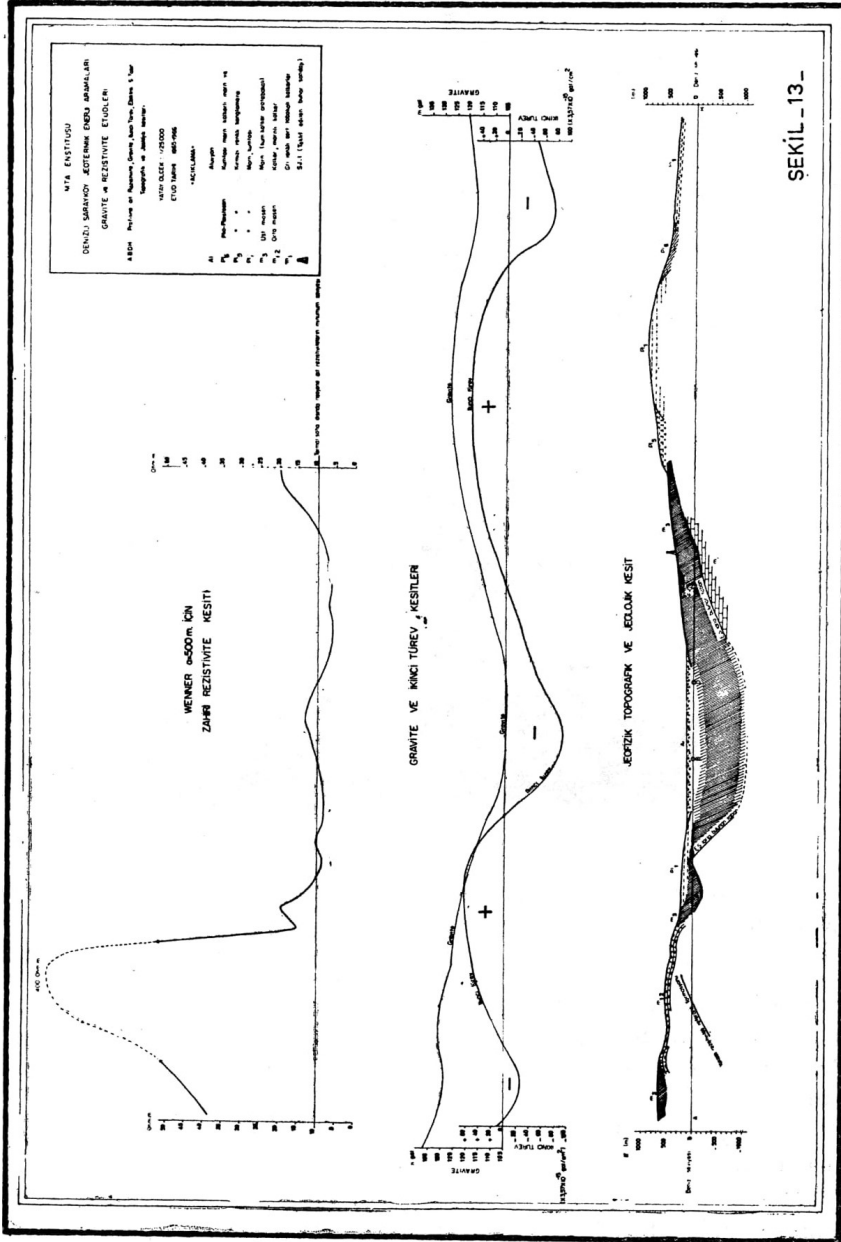
Aynı rezistiv taban kontur haritasından alınan ABDH kesitine ait jeoloji, elektrik sondajlarla bulunan taban kesiti zahirî rezistivite kesiti, Bouguer ve ikinci türev gravite kesitlerini (Şekil: 13) görüyoruz. Bu ikinci kesitte muhtemelen akifer tavanın yükseldiği kısmı ki bu buhar istihali bakımından önemlidir. Bu açıdan etüdü yapan burada sondaj teklif etmiştir. SJ. I bunu işaret etmektedir.

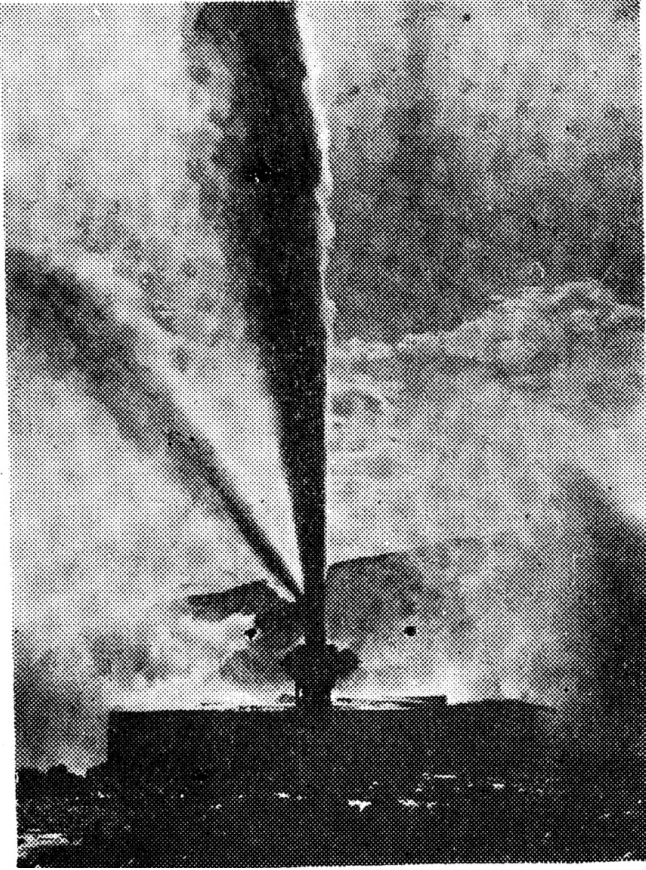
⁵ S. Kavlakoğlu, Jeotermik Enerji Kaynağı Jeotermal Akiferler Hakkında Yeni Bir Görüş, Sarayköy Sahası için Uygulama, S. 25, Ankara 1968.

⁶ K. Tezcan, Denizli - Sarayköy Jeotermik-Gravite ve Rezistivite Etüdüleri (Rapor), M.T.A. Enstitüsü, Ankara 1966.



ŞEKİL-12-





Resim: 1 – KD. I buhar kuyusu.

Bütün bu çalışmaların neticesi olarak, Türkiye'de Sarayköy jeotermal sahası, adı geçen millî müessese tarafından keşfedilmiştir.

Sarayköy sahası yukarıda incelediğimiz ve gücü 370 MW civarında olan Larderollo-İtalya jeotermal sahasının birkaç mislidir. Bu sahada yapılan K.D.I. sondajından (Şekil: 12) sıcaklığı en az 180° olan ve 9,5 kg/cm² tazyikli buhar - su karışımı fişkırmıştır (Resim: 1).

Sarayköy jeotermal sahasından başka aynı şekilde etüdleri ikmal edilmiş üç önemli saha daha vardır. Diğer taraftan memleketimizin jeotermal enerji kaynakları yönünden büyük bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu bakımdan bu konu üzerinde millî müessesemiz devamlı jeolojik ve jeofizik çalışmalar yapmaktadır.

Kısım: II

PETROL VE TABİİ GAZ YATAKLARININ JEOFİZİK ETÜTLERİNDE UYGULANAN USULLER VE İMKÂNLARIMIZ

Jeotermal enerji kaynağı hakkında jeofizik çalışmalarımızdan teferruatlı olarak bahsedildiği için petrol ve tabii gaz aramalarında detaya girilmeyecektir. Konunun gizliliği dolayısıyla ana hatlara temas etmekle yetinilecektir.

Burada bahsedilen tabii gaz yeraltından çıkan ve bazı kimyasal işlemler hariç, doğrudan doğruya kullanılabilen gazlardır.

Bilindiği gibi tabii gazın oluşumu, ham petrol oluşumunun aynıdır. Yer altında tamamen gaz halinde, yoğunlaşmış halde ham petrol içinde çözülmüş şekilde veya petrol üzerinde ayrı bir gaz tabakası halinde bulunur. Meselâ Orta Doğu ülkelerinde bütün tabii gaz rezervleri petrol ile müşterektir. Birleşik Amerikadaki gaz rezervlerinin %75'i ise petrolden müstakildir. Zaten dünyada mevcudiyeti tespit edilen tabii yeraltı gazlarının takriben yarısı petrolle müşterektir.

Bu bakımdan jeofizik araştırmaları yönünden aynı paragraf altında mütalâa etmekteyiz.

Petrol ve tabii gaz aramalarında jeolojik yapı çok önemlidir. Birkaç çeşit jeolojik yapı teorisi içinde, bilhassa antiklinal teorisinin bunların arasında özel bir durumu vardır. Burada konuyu dağıtmamak için antiklinal teorisi ile ilgili jeofizik etüdler üzerinde durulacaktır.

Muhtemel petrol ve tabii gaz antiklinal kapanlarının tespitinde jeofizik çalışmalar şöylece sıralanabilir:

1. Rekonessans etütler:

- a) Uçakla veya yerden manyetometre etüdları
- b) Gravite etüdları
- c) Sismik etüdlar
- d) Tellerük vs. etüdlar.

2. Detay etüdlar:

- a) Gravite etüdları
- b) Manyetik etüdlar
- c) Sismik etüdlar

d) Well-Logging etüdüleri

e) Tellürük, manyeto tellürük vs. etüdüleri.

Yukarıda sıralanan jeofizik metodlar gerektiğinde kullanılmakta ve bunlara istinaden jeofizik-jeolojik bir model tasarlanmaktadır. Meselâ Ras Gharib sahasında sismik refleksiyon kesiti (Şekil: 14) gömülü antiklinali yansıtmaktadır. Buraya ait gravite, sismik refleksiyon ve jeolojik kesitler vasıtasıyla ortaya konmuş jeofizik-jeolojik iki boyutlu model (Şekil: 15) görünmektedir. Ayrıca (Şekil: 16-17) Wild Goose gaz sahasına ait sismik refleksiyon kesitini, refleksiyon kontur haritasını ve aeromanyetik kontur haritasını göstermektedir.

Memleketimizde adı edilen millî müessese, petrol ve tabii gaz sahalarında etüdüler yapmaktadır. Beş yıldan beri bilhassa kapalı sahalarda sürekli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar jeotermal sahaların değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalar mertebesinde ve aynı paralelde yürütülmektedir. Beş senelik sürekli ve müsbet çalışmalar neticesinde önemli olabilecek sahalara ortaya konmuştur.

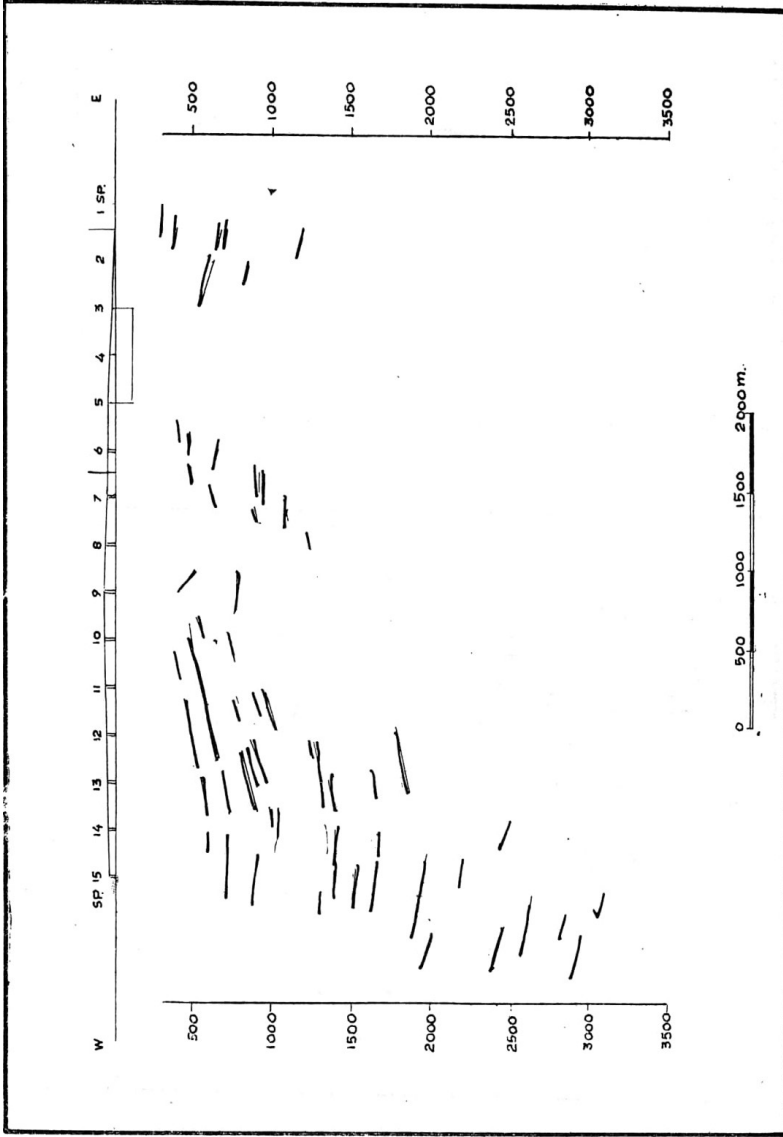
Bu millî müessese aynı olumlu zihniyetin sonucu, bundan 25 yıl önce Raman petrol sahasını ortaya koymuştur.

Gizliliğine binaen burada detaya girilememiştir. Ancak yukarıda sıralanan bütün rekonesans ve detay ekipler senelerce önce teşkil edilmiştir. Bunlar sürekli olarak çalışmalar yapmaktadırlar. Ayrıca Türkiye'nin özel jeolojik yapısına uygun jeofizik araştırmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Bunların neticesi olarak birçok önemli bölge tespit edilmiştir. Bu bölgeler derin sondajlara hazırlanmış durumdadır.

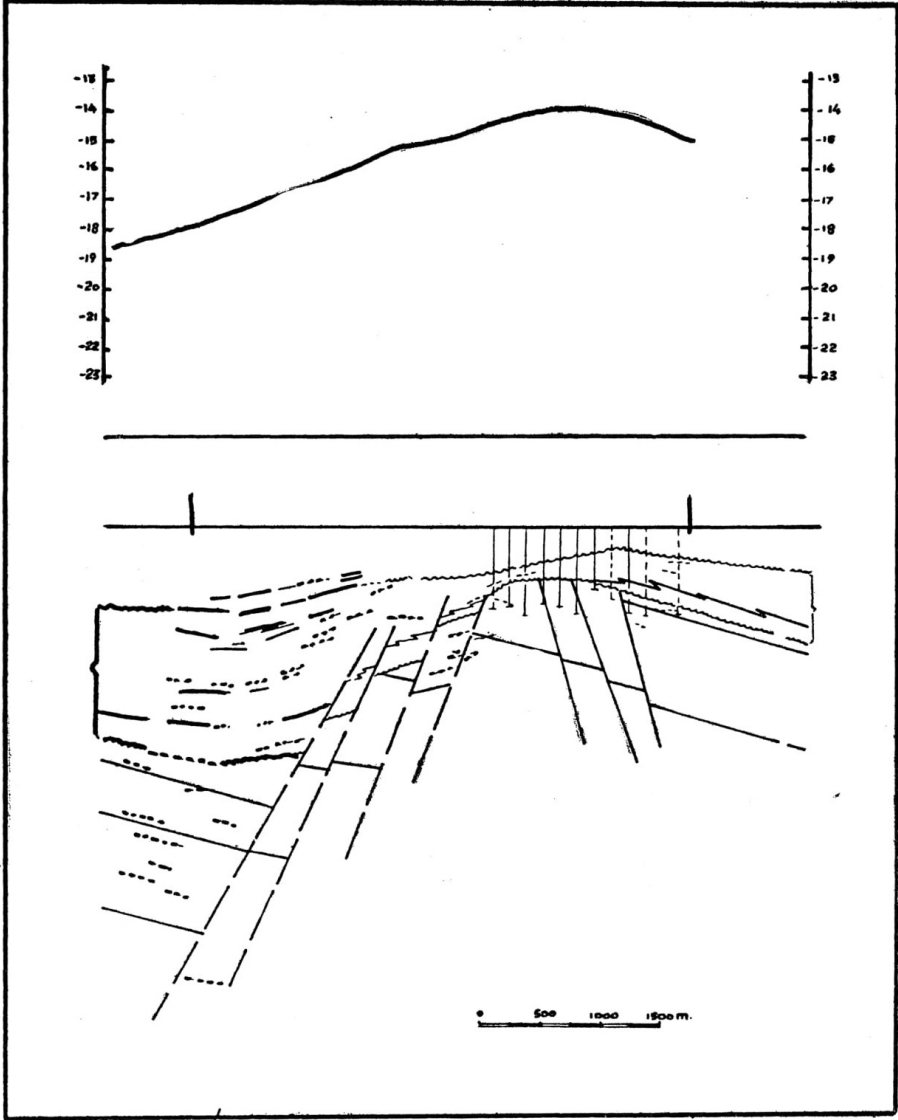
NETİCE

Memleketimizin birinci derecede olan enerji kaynaklarından, petrol, tabii gaz (kapalı sahalarda) ve jeotermal (bütün memleket sahasında) yataklarının tespitinde bir devlet müessesesi sürekli olarak çalışmış ve çalışmaktadır. Bu müessese adı geçen bölgelerde çok önemli olacak sahalara tespit etmiştir.

Kapalı sahalardaki muhtemel petrol yataklarının büyüklükleri ve önemleri ve ayrıca bütün memleket sahasındaki muhtemel jeotermal yatakların potansiyelleri hakkında:



Şekil :14 = Sismik refleksiyon kesiti



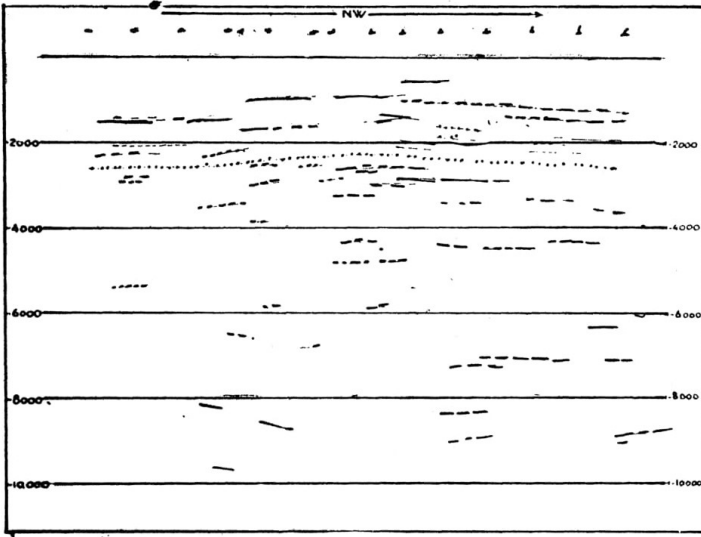
Şekil:15 – Sismik ve jeolojik kesit
ile gravite profili

1) İlmin ve tekniğin bütün icaplarını kullanarak,
 2) Geniş araştırmalar yaparak, bu konulardaki çalışmalarını, olumlu raya oturtmuştur.

Açıktır ki; çok geniş bölgeleri kaplayan,

- 1) Petrol
- 2) Tabii gaz
- 3) Jeotermal

sahaların tamamının israf edilmeden bir an önce memleket hizmetine sunulması, jeofizik ekipmanın çoğaltılmasıyla mümkün olacaktır.

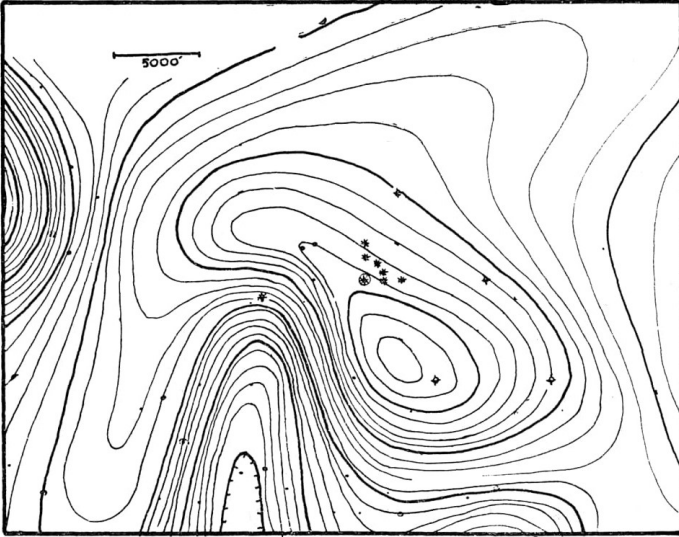


Şekil : 16 - Wild Goose gaz sahasına ait sismik refleksiyon kesiti

Bu,

- 1) Dış ülkelerden cihaz satın almak veya,
- 2) Dış ülkelerden ekip kiralamak suretiyle mümkün olabilecektir.

Ancak tablo I'in tetkikinde görülmektedir ki, ekipman satın almak ekip kiralamaya nazaran kıyas edilemeyecek kadar ucuza mal olmakta, dolar sarfı önlenmekte ve bilhassa bunu en iyi şekilde başarabilme yeteneğinde olan memleketimiz bu konuda daha da güçlendirilmiş olmaktadır.



Şekil: 17 — Wild Goose gaz sahasına ait sismik refleksiyon kontu haritası ve aeromanyetik harita

Böyle bir gayret içinde olmak "Bu konuda var olmak veya olmamak" sorununu aydınlığa çıkaracaktır.

TABLO: I

Aletin ismi	Ekipman halinde ithal fiatı	Kira fiatı	Not
Sismik Prospeksiyon	1.000.000 TL.	600.000 TL./ayda	Akaryakıt dinamit topagraf hariç %60'ı döviz olarak ödenmek üzere.
Well-Logging	1.000.000 TL.	500.000 TL./3500 m. kuyu	3500 m/lik bir kuyuda ölçü ücreti %60'ı döviz olarak ödenmek üzere.

REFERANSLAR

1. Türkiye Genel Enerji Raporu, Eylül 1968, Ankara.
2. J. Gougel: Le Régime Thermique De L'eau Souterraine, Paris 1953.
3. K. Tezcan: Denizli . Sarayköy jeotermal enerji araştırmaları gravite rezistivite etütleri raporu, M.T.A. Enstitüsü, 1966.
4. S. Kavlakoglu: "Jeotermik enerji kaynağı jeotermal akiferler hakkında yeni bir görüş, Sarayköy sahası için uygulama", Ankara 1968.
5. F. Seitz: The modern theory of Solids McGraw-Hill, London 1940.
6. W. L. Russell: Principles of petroleum Geology, McGraw-Hill, London 1951.
7. P. L. Lyons: Geophysical case histories, V.H.1956. The Society of Exploration Geophysicists.
8. J. R. Wait: Overvoltage Research and Geophysical Applications, 1959.
9. J. A. Strotton, Electromagnetic Theory, 1941.
10. E. T. Whittaker, A. Course of Modern Analysis, 1940.
11. J. Fourier, Analytical theory of Heat.
12. Muskat, Morris, The Mow of Homogeneous Fluids through Porous Media, McGraw-Hill, New-York, 1937.
13. Muskat, Morris, The seepage of water through Dams with vertical Faces, Physics, 6, 402-415, 1935.
14. G. Marinelli, L'énergie Géothermique en Toscane Extrait des Annales de la Société Géologique, 1963.